

MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SÜRDÜRÜLEBİLİR YAPI TASARIM İLKELERİNİN
YAŞAYAN BİNA PROGRAMI KAPSAMINDA İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Serdar VARDAR

Anabilim Dalı: Mimarlık

Programı: Yapı Bilgisi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Özlem EREN

MAYIS 2019



Serdar Uysal tarafından hazırlanan Sürdürülebilir Yapı Tasarım İlkelerinin Yapısal Bina Programı Kapsamında adlı bu Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım. İncelenmesi

Prof. Dr. Özlem Eren

Tez Danışmanı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Mimarlık Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Özlem Eren

Üye : Prof. Dr. Selin Gündoğdu

Üye : DOĞ. DR. ECE CEYLAN BABA

Üye : _____

Üye : _____

Bu tez, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzuna uygun olarak yazılmıştır.



Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna 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 etik kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ücret karşılığı başka kişilere yazdırmadığımı (dikte etme dışında), uygulamalarımı yaptırmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

Serdar VARDAR



SÜRDÜRÜLEBİLİR YAPI TASARIM İLKELERİNİN YAŞAYAN BİNA PROGRAMI KAPSAMINDA İNCELENMESİ

ÖZET

Binalar, dünyadaki enerji tüketiminin yaklaşık üçte birinden sorumlu tutulmaktadır. Binaların enerji kullanımından kaynaklı sera gazı salınımlarının yüzde 80'den fazlası, binanın kullanımı süresince ihtiyaç duyulan enerjinin karşılanmasından kaynaklanmaktadır. Küresel ısınma dolaylı olarak ekolojik dengenin bozulmasına sebep olurken, öte yandan insanın doğaya direkt müdahalesi de söz konusu dengenin bozulmasında büyük etken oluşturmaktadır. Bu bağlamda yapılaşmış çevrenin ekolojiye etkisi, sadece karbondioksit salınımı sebebiyle küresel ısınmaya ve dolayısıyla çevresel sorunlara sebep olması bağlamından değil, ayrıca doğrudan doğaya yapmış olduğu müdahaleler çerçevesinde de değerlendirilmelidir.

Son çeyrek yüzyılda binaların enerji tüketimini, dolayısıyla karbon ayak izini azaltacak birçok standart geliştirilmiş ve binalara değişik kategorilerde sertifikalar verilmeye başlanmıştır. Geçen süreç içinde değişen sertifika programları, bugün sadece binaların enerji kullanımının yaratmış olduğu çevresel etkileri değil, binanın inşası sırasında kullanılan malzemeden, inşa yerine, kullanıcısının sağlığına etkisinden ürettiği atıklara kadar bir bütün olarak değerlendirme yapmakta ve binanın sürdürülebilirliğini ekolojik, ekonomik ve sosyal bakımdan değerlendirmektedir.

1990 yılında İngiltere'de BREEAM'in kurulmasının ardından, birçok ülke kendi sertifika sistemlerinin geliştirmiş ve geliştirmeye devam etmektedir. Bugün dünya çapında büyük kabul görmüş BREEAM, LEED gibi sertifika programlarına göre çok daha yeni bir program olan Yaşayan Bina Program'ı, çok daha katı bir program olarak da öne çıkmaktadır. Söz konusu Program, bir binanın ne kadar sürdürülebilir olması gerektiği sorusuna ekolojik, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirlik bağlamında katı kurallar koyarak ve insanın nasıl yaşaması gerektiğine dair felsefi bir yaklaşım belirleyerek cevaplar vermekte ve yüzde yüz sürdürülebilir yapı tasarımını teşvik etmektedir.

Yeşil bina sertifika programları, mimarlar için tasarımı sınırlandıran veriler olarak düşünülebilir. Oysa, söz konusu programlar, sürdürülebilir yapı inşa etmede yüz yıllardır kullanılan tasarım ilkelerinin ve günümüz teknolojisi ile kazanılan diğer ilkelerin sadece varsayım boyutunda kalmasının önüne geçmekte, dahası bunların sayısal veriler ile kanıtlanmasına da ön ayak olmaktadır. Dolayısıyla, tasarım sürecine etki eden bu sertifika programları bütünlük bina tasarımını mecbur hale getirmektedir.

Bu tez çalışmasında, ilk olarak sürdürülebilirlik kavramı ele alınmış ve sürdürülebilir yapı tasarım ilkeleri hakkında literatür bilgisi aktarılmış ve kavram bireysel çalışmalar ile desteklenmiştir. Bölüm üçte Yaşayan Bina sertifikası (Living Building Challenge) ve kuralları incelenmiştir. Bu bölüm Yaşayan Bina Programı'nın nasıl

işlediğini anlayabilmek ve sürdürülebilir tasarım sürecine etkisinin değerlendirebilmek için gerekli olan standartların tercümesini içermektedir.

Tezin dördüncü bölümünde, Yaşayan Bina sertifikası almış örnek yapılar, ikinci bölümde bahsedilen sürdürülebilir tasarım ilkeleri çerçevesinde incelenmiş ve bu ilkeler ile Programı'nın kurallarının binanın tasarımına etkisi değerlendirilmiştir.

Tezin beşinci bölümünde ise tasarım ilkelerinden faydalanılarak örnek bir proje oluşturulmuştur. Çoğunlukla enerji etkin yapı tasarım ilkelerinin kullanımı ve performans analiz programlarının yardımıyla tasarlanan örnek projede, ayrıca Yaşayan Bina Programı'nın bina tasarımına etki eden diğer kurallarına da değinilmiştir.

Anahtar kelimeler: Sürdürülebilirlik, Sürdürülebilir Tasarım İlkeleri, Yaşayan Bina Sertifikası, Yeşil Mimarlık, Bütünleşik Tasarım, Performans Bazlı Tasarım, Enerji Etkin Yapı Tasarımı



AN EXAMINATION OF SUSTAINABLE DESIGN STRATEGIES IN RELATION TO LIVING BUILDING CHALLENGE

ABSTRACT

Buildings are responsible for one third of the greenhouse gas emission and energy usage on Earth. Eighty percent of the gas emission of the buildings is caused by the production of the energy that is used for the operation of the buildings. Today greenhouse gas emission is considered one of the main reasons for global warming. While global warming caused by humans is affecting ecological balance and habitats indirectly, direct human intervention in nature also has a significant impact on environmental balance and habitats. These direct interventions include deforestation, mining, the enlargement of the built environment, and the wasteful use of natural resources. The ecological impact of the built environment should be appraised in both these contexts: as causing global warming by the emission of carbon, and as a direct human intervention in nature.

In the last quarter century, many building standards have developed and non-profit organizations have started to issue different types of building certificates. Since then, these certificate programs have been marked by an increasing concentration on environmental issues. Consequently, the programs have begun to evaluate the ecological, economic, and social sustainability of the built environment as a whole system, from construction material, sites, and occupants' well-being through to waste generation.

After the first sustainability assessment method BREEAM was developed in the UK in 1990, many other world countries have followed and developed their own assessment programs. Although the Living Building Challenge is relatively new in comparison to the world's leading assessment programs like BREEAM and LEED, with its stringent rules it represents as the most rigorous of these programs. The Living Building Challenge answers the question of how sustainable a building has to be by enforcing twenty strict imperatives addressing ecological, economic and social sustainability issues, while suggesting how humans should live on the earth as its central philosophy.

The Living Building Challenge and other certificate programs may be considered a list of parameters that helps architects to shape their design by providing certain restrictions. These programs also prove the effectiveness of sustainable design strategies that have been used for centuries with real numerical data instead of mere assumptions. The direct impact of these programs is to make integrated building design crucial and inevitable.

This study firstly refers to the concept of sustainability in a broad perspective before reviewing the research on sustainable design strategies and introducing supporting case studies. In the third chapter, the Living Building Challenge and its imperatives are scrutinized. This chapter translates the imperatives in order to demonstrate how

the program works and to determine the effect of the program's imperatives on building design. The following chapter reviews the existing Living-certified buildings in the context of the described sustainable building design strategies. The last chapter of this thesis comprises a personal case study in the form of a building design that uses the mentioned sustainable design strategies and building performance analysis software, and refers to the role that the imperatives of the Living Building Challenge play in transforming the design.

Keywords: Sustainability, Sustainable Design Strategies, Living Building Challenge, Green Architecture, Integrated Design, Performance-based Design, and Energy-Efficient Building Design



ÖNSÖZ

Öncelikle lisans eğitimimden başlayarak yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam süresince ender bulunan insani değerleri, yapıcı tutumu, sabrı ve bilgi birikimi ile bana yol gösteren, tükenmeyen desteği ile her zaman yanımda olan sevgili hocam ve tez danışmanım Prof. Dr. Özlem Eren'e en içten teşekkürlerimle; o olmasaydı bu tezi yazmış olamazdım.

Ayrıca yüksek lisans eğitimime katkıda bulunan Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Öğretim Üyelerine, Columbia Üniversitesi'nde tezim için yapmış olduğum araştırmalarım ve çalışmalarım sırasında bana destek olan ve yol gösteren Prof. Davidson Norris'e ve Prof. Craig Schwitter'a, her türlü anlayışı gösteren işverenlerim Damir Sehic ve Paul Freitas'a teşekkürlerimi sunarım.

Eğitimim sırasında bana maddi ve manevi destek olan sevgili anneme ve babama, manevi desteğini hiç esirgemeyen, akademik bilgi ve birikimi ile bana her zaman destek olan sevgili ablam Çigdem Vardar Sygusch'a, ve Columbia Üniversitesi'ndeki çalışmalarım sırasında bilgi ve tecrübesi ile bana yardımcı olan, manevi desteğini ile hep yanımda olan, sevgili arkadaşım Ralph Richard Whyte'a da teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak gerek Türkiye'de ki eğitimim ve kariyerim için gerek Columbia Üniversitesi'ndeki çalışmalarım ve New York'taki kariyerim için yıllardır hiçbir maddi ve manevi desteği esirgemeyen, her zaman arkamda olan, benim bugün bulunduğum yere gelmeme en büyük katkıyı yapmış, güvenini ve inancını hiç yitirmemiş olan sevgili Can Ahmet Berber'e özel teşekkürlerimi sunarım.

Nisan, 2019

Serdar VARDAR

İÇİNDEKİLER

ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
ÖNSÖZ	xi
İÇİNDEKİLER.....	xii
TABLO LİSTESİ	xv
ŞEKİL LİSTESİ	xvii
KISALTMALAR.....	xxiii
SEMBOLLER	xxvii
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Konusu ve Amacı	2
1.2 Çalışmanın Kapsamı	3
1.3 Çalışmanın Yöntemi	3
2. SÜRDÜRÜLEBİLİR YAPI TASARIM İLKELERİ.....	5
2.1 Sürdürülebilirlik Kavramı	5
2.1.1 Ekonomik, Sosyal ve Ekolojik Sürdürülebilirlik	6
2.1.2 Sürdürülebilir Bina	9
2.1.3 Sürdürülebilir Bina Tasarımında Temel Prensipler.....	9
2.1.3.1 Isı transfer yöntemleri	10
2.1.3.2 Vücudun çevresi ile ısı değişimi.....	11
2.1.3.3 Isıl Konfor: Psikrometri ve Beklenen Ortalama Karar (PMV)	14
2.1.3.4 Örnek Uygulama	18
2.1.3.5 Dünyanın Güneşe Göre Konumu	25
2.1.3.6 Bölgesel iklim koşulları	28
2.1.3.7 Sürdürülebilir Bina Psikrometrileri ve İçsel Isı Kazanım	32
2.2 Konum Stratejileri ve Yer Seçimi	34
2.3 Sürdürülebilir Yapı Tasarımında Enerji Korunum İlkeleri	36
2.3.1 Pasif Tasarım Teknikleri	37
2.3.1.1 Güneşsel Yönelim ve Isıl Kütle	37
2.3.1.2 Çift Cidarlı Cephe.....	38
2.3.1.3 Toprağa Gömme	40
2.3.1.4 Yüzey-Hacim Oranı.....	41
2.3.1.5 Pencere ve Cam Cephe	43
2.3.1.6 Yalıtım	44

2.3.1.7	Serin Çatı ve Isınım Bariyeri	45
2.3.1.8	Havalandırma ve Sirkülasyon	46
2.3.2	Aktif Tasarım Teknikleri	52
2.3.2.1	Güneş Enerjisi	53
2.3.2.2	Rüzgar Enerjisi	55
2.3.2.3	Jeotermal Enerji	56
2.3.2.4	Mikro Hidro Tribünler	57
2.3.2.5	Yakıt Hücreleri	58
2.4	Aydınlatmada Verimlilik ve Gün Işığı Kullanımı	59
3.	YAŞAYAN BİNA PROGRAMI (LIVING BUILDING CHALLENGE)	65
3.1	Yaşayan Bina Programı'nın Sertifika Sistemi ve Felsefesi	65
3.2	Sertifika Sisteminin Kuralları Ve İşleyişi	66
3.3	Taç-Yaprak Performans Kategorileri Ve Şartlar	69
3.3.1	Alan	69
3.3.1.1	Büyüme Sınırları	70
3.3.1.2	Kentsel Tarım	70
3.3.1.3	Habitat Değişimi	71
3.3.1.4	İnsan Gücüyle Çalışan Yaşam	72
3.3.2	Su	72
3.3.2.1	Net Pozitif Su	72
3.3.3	Enerji	74
3.3.3.1	Net Pozitif Enerji	75
3.3.4	Sağlık ve Mutluluk	76
3.3.4.1	Uygar Çevre	76
3.3.4.2	Sağlıklı İç Ortam	76
3.3.4.3	Biyofilik Ortam	77
3.3.5	Malzemeler	80
3.3.5.1	Kırmızı Liste	80
3.3.5.2	İkincil (Dolaylı) Karbon Ayak İzi	81
3.3.5.3	Duyarlı Endüstri	82
3.3.5.4	Yaşam Ekonomisi Kaynakları	83
3.3.5.5	Net Pozitif Atık	84
3.3.6	Adalet	85
3.3.6.1	İnsan Ölçeği + İnsani Alanlar	86
3.3.6.2	Doğaya ve Alana Evrensel Erişim	86
3.3.6.3	Adil Yatırım	88
3.3.6.4	JUST Organizasyonu	89
3.3.7	Güzellik	90
3.3.7.1	Güzellik ve Ruh	91

3.3.7.2	İlham ve Eğitim	92
---------	-----------------------	----

4. YAŞAYAN BİNA SERTİFİKASI ALMIŞ YAPILARIN SÜRDÜRÜLEBİLİR

TASARIM İLKELERİ BAĞLAMINDA İNCELENMESİ 93

4.1 Örnek Projeler.....93

4.1.1 Bullitt Center, Seattle, WA ABD, 2013 93

4.1.2 Hawaii Preparatory Academy Enerji Laboratuvarı ve Araştırma Merkezi,
Kamuela, HI ABD, 2011 99

4.1.3 Omega Center For Sustainable Living, Rhinebeck, NY ABD, 2010 102

4.1.4 Brock Environmental Center, Virginia Beach, VI ABD, 2015 105

5. SÜRDÜRÜLEBİLİR YAPI TASARIM İLKELERİ KULLANILARAK ÖRNEK

BİR BİNA OLUŞTURULMASI VE TASARIM SÜRECİNİN ANALİZİ 109

5.1 Climate Consultant Programı ile Sürdürülebilir Tasarım Stratejilerinin
Önem Sırasının Belirlenmesi. 111

5.2 Proje Alanı Belirlenmesi..... 114

5.3 Binaların Proje Alanı İçinde Konumlandırılması ve Birbirleriyle
İlişkilerinin İncelenmesi 122

5.4 Bina Kütlesinin Oluşturulması ve Cephe Malzemesi Belirlenmesi 128

5.5 Belirlenen Cephe Stratejilerinin Sefaira Bilgisayar Programı Desteğiyle
İncelenmesi 132

5.6 Ara Değerlendirme 143

5.7 Elde Edilen Sonuçlarla Tasarımın, İklim Koşullarının ve Proje Alanının
Tekrardan Gözden Geçirilmesi 144

5.8 Pasif Isıtma Stratejilerinin Entegrasyonu..... 156

5.9 PV Panellerin Entegrasyonu..... 158

5.10 Pasif Soğutma ve Havalandırma Stratejilerinin Entegrasyonu 163

5.11 Doğal ve Yapay Aydınlatma Stratejileri..... 169

5.12 Sonuç Değerlendirmesi 181

6. SONUÇ..... 191

KAYNAKLAR..... 193

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1. Birleşmiş Milletler 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri ile Yaşayan Bina Programının Şartlarının eşleştirilmesi.	8
Tablo 2.2. Isıl Duyum Skalası.	18
Tablo 2.3. Değişik mekanlara göre tipik günışığı katsayıları (Lechner, 2015).	61
Tablo 2.4. Değişik mekanlara göre tipik günışığı katsayıları (Kwok & Grondzik, 2018).	61
Tablo 3.1. Yaşayan Bina Programının Şartları (URL4, 2019).	67
Tablo 3.2. Gıda üretimi için proje alanı yüzdeleri (International Living Future Institute, 2016).	71
Tablo 3.3. Biyofilik tasarım unsurları ve karşılık gelen tasarım elemanları (Kellert, Heerwagen, & Mador, 2011).	79
Tablo 3.4. Kırmızı Liste (International Living Future Institute, 2017e).	80
Tablo 3.5. Mecburi malzeme geri dönüşüm miktarları.	85
Tablo 3.6. Maksimum Gölge Yüksekliği (International Living Future Institute, 2017f).	88
Tablo 4.1. Bullitt Center Künye.	93
Tablo 4.2. Hawaii Preparatory Acedemy Enerji Laboratuvarı Künye.	99
Tablo 4.3. Omega Center For Sustainable Living Bina Künyesi.	102
Tablo 4.4. Brock Environmental Center Künye.	105
Tablo 5.1. Farklı Mevsimlere göre CC verilerinin karşılaştırılması.	113
Tablo 5.2. Yer Karşılaştırması.	119
Tablo 5.3. Elektrik üretimlerinin karşılaştırılması.	162



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Konduksiyon yolu ile moleküller arası ısı transferi (Moore, 1993).	10
Şekil 2.2. Radyasyon yolu ile ısı transferi (Moore, 1993).	11
Şekil 2.3. Konveksiyon yolu ile ısı iletimi (Moore, 1993).	11
Şekil 2.4. İnsanın çevresi ile ısı değişimi (Olgyay, 2015).	12
Şekil 2.5. Şematik biyoklimatik cetvel (Olgyay, 2015).	15
Şekil 2.6. Isıl Konfor Hesaplama Aracı Ara yüzü (Hoyt, ve diğerleri, 2017).	16
Şekil 2.7. PMV ve PPD değeri arasındaki ilişki (Fanger, 1970).	18
Şekil 2.8. Kış Mevsimine Ait Konfor Grafiği - Doğal Mevcut Sıcaklık.	19
Şekil 2.9. Kış Mevsimine Ait konfor grafiği – Manipüle edilmiş sıcaklık.	20
Şekil 2.10. Yaz Mevsimine Ait konfor grafiği – Doğal Mevcut Sıcaklık.	21
Şekil 2.11. Yaz Mevsimine Ait konfor grafiği – Manipüle edilmiş sıcaklık.	21
Şekil 2.12. Kış Mevsimine Ait verilerin Kullanıldığı ve Değişik senaryoların önerildiği çalışmayı gösteren Excel Tablosu (Norris, 2018-C2).	22
Şekil 2.13. Yaz mevsimine ait verilerin kullanıldığı ve değişik senaryoların önerildiği çalışmayı gösteren Excel tablosu (Norris, 2018-C2).	24
Şekil 2.14. Dünyanın Ekvator düzleminin yörünge düzlemi ile yaptığı açının 21 Haziran ve 21 Aralık tarihlerindeki durumu.	26
Şekil 2.15. Güneş yükseklik açısı ve azimut açısı (Szokolay, 2004).	26
Şekil 2.16. Güneşin gökyüzü düzleminde izlediği yörünge'nin önemli tarihlerdeki görünümü (Szokolay, 2004).	27
Şekil 2.17. Atmosfer kütlelerinin güneş ışınlarının şiddetine etkisi (Mazria, 1979).	27
Şekil 2.18. Güneş enerjisinin yoğunluğunun geliş açısı ile oranı (Mazria, 1979).	28
Şekil 2.19. Antalya, Ankara, Ardahan illerine ait iklim verileri ve HDD ve CDD değerleri (URL7, 2019).	30
Şekil 2.20. Değişken öğrenci yoğunluğundaki sınıf düzenleri.	33
Şekil 2.21. Çift cidarlı ev ve ofis örneği (Allen, 2005).	39
Şekil 2.22. Mardin evleri iklimsel analizi (Aidan, 2017).	40
Şekil 2.23. Monterey Bay Shores Ecoresort, Wellness Spa, and Residences (Monterey Bay Shores , 2008).	41
Şekil 2.24. Cephe yüzey-Hacim oranı (Bergman, 2012).	41

Şekil 2.25. Değişik bölgelerde basit formlar ve bina şekilleri (Olgyay, 2015).	42
Şekil 2.26. Radyan Bariyerinin serinletici etkisi (Bergman, 2012).	46
Şekil 2.27. İran yöresel yapılarında rüzgar bacaları ve qanat sistemi (Bergman, 2012).	48
Şekil 2.28. PNC Plaza Çift Cidarlı Cephe Çalışma Mekanizması (Berg, 2016).	49
Şekil 2.29. PNC Plaza Hava Sirkülasyon Şeması (Berg, 2016).	49
Şekil 2.30. PNC Plaza Yapı Bileşenleri (Marvin, 2015).	50
Şekil 2.31. Bina Pencere konum ve şekillerine göre rüzgar basınç alanları (Moore, 1993).	51
Şekil 2.32. Hava sirkülasyon hızının analizi (DeKAY & Brown, 2014).	52
Şekil 2.33. Aktif ve pasif güneş enerji sistemi (Lechner, 2015).	53
Şekil 2.34. Güneş kolektörlerinin farklı ihtiyaçlara göre yerleştirilmesi (Lechner, 2015).	54
Şekil 2.35. Fotovoltaik panellerin değişik iklim koşullarına elektrik üretim verimlerinin artırılması için gereken montaj açıları (Lechner, 2015).	55
Şekil 2.36. Yüzeydeki engellerden oluşan rüzgar türbülans alanı (Kwok & Grondzik, 2018).	56
Şekil 2.37. Mikro Hidro Tribün işleyiş şeması (Kwok & Grondzik, 2018).	58
Şekil 2.38. Gün ışığının bina içine girme şekilleri (Lechner, 2015).	60
Şekil 2.39. Mekan içinde değişik konumlarda belli bir yükseklikte gün ışığı katsayısı (DF) ve aydınlanma değerleri (Kwok & Grondzik, 2018).	63
Şekil 3.1. Yaşayan Bina Sertifikası – Omega Center for Sustainable Living Binası (Serdar Vardar, Rhinebeck, NY, Mayıs 2019)	68
Şekil 3.2. Proje Öncesi arazideki kapalı devre su döngüsü (International Living Future Institute, 2017b).	73
Şekil 3.3. Proje sonrası arazideki kapalı devre su döngüsü (International Living Future Institute, 2017b).	74
Şekil 3.4. Yıllık net-sıfır enerji dengesi üretim>tüketim.	75
Şekil 3.5. Karbon dengeleme sistemi çalışma prensibi (URL2, 2019).	82
Şekil 3.6. Declare Ürün Etiketleri (URL3, 2019).	83
Şekil 3.7. İstanbul da yapılacak bir projenin malzeme teminat sınırları. Sınırlar Dünya Siyasi Haritası (URL6, 2015) üzerinde gösterilmiştir.	84
Şekil 3.8. L1-L6 Geçiş alanlarında proje alanı ve yüzey otopark alanı orantısı (International Living Future Institute, 2017f).	86

Şekil 3.9. Tablo 3.6'daki verilenin şematik gösterimi (International Living Future Institute, 2017f).....	88
Şekil 3.10. JUST etiketi (International Living Future Institute, 2017f).	90
Şekil 4.1. Bullitt Center (URL9, 2019).....	94
Şekil 4.2. Bullitt Center Bir Yıllık Enerji Kullanımı ve Üretimi (Liljequist, 2016)..	94
Şekil 4.3. Bullitt Center yüzey/hacim tasarım alternatifleri ve enerji kullanım yoğunlukları (Peña, 2014).	96
Şekil 4.4. Bullitt Center doğal aydınlatma ve havalandırma için kütle alternatifleri (Peña, 2014).	96
Şekil 4.5. Bullitt Center, Farklı pencere boyutları ile yapılan günışığı analizleri (Peña, 2014).	97
Şekil 4.6. Bullitt Center'ın farklı kat yüksekliklerine göre günışığı analizi (Peña, 2014).	98
Şekil 4.7. Hawaii Preparatory Academy (Hoy, 2010).	99
Şekil 4.8. Hawaii Preparatory Academy Doğal Havalandırma Şeması (Dispenza, 2011).	100
Şekil 4.9 .Binanın hesaplamalı akışkanlar dinamiği ile yapılan havalandırma analizi (Dispenza, 2011).	100
Şekil 4.10. Çatı açıklıkları ve doğal aydınlatma (Liljequist, 2016).	101
Şekil 4.11. Omega Center For Sustainable Living Binası (Serdar Vardar, Rhinebeck,NY, Mayıs 2019)	102
Şekil 4.12. Omega Center ilk eskiz çalışmaları (Berkebile, McDowell, & Lesniewski, 2010).	103
Şekil 4.13. Pasif ve aktif sistemlerin şematik gösterimi (URL10, 2019).	104
Şekil 4.14. Binaın havalandırma şeması (Coffield, Lappano, & Mella, 2016).	106
Şekil 4.15. Binaın gün ışığı kullanım şeması (Coffield, Lappano, & Mella, 2016).	106
Şekil 4.16. Gün ışığı analiz sonuçları (Mella, 2013).	107
Şekil 5.1. Climate Consultant Programı ile hazırlanan Psikrometrik Diyagram-Yıllık.	111
Şekil 5.2. Climate Consultant Programı ile hazırlanan Psikrometrik Diyagram-Dönemlik.	112
Şekil 5.3. Proje alanının gölge diyagramı.....	114
Şekil 5.4. Central Park Alan Seçim şeması.	115

Şekil 5.5. Kış tüm saatler.	116
Şekil 5.6. Yaz 6am-6pm.....	117
Şekil 5.7. Aktif Rüzgar Yönleri.	117
Şekil 5.8. Yer Önerileri.....	118
Şekil 5.9. Seçilen Alanın Gölge Diyagramı (Shading mask ile oluşturulmuştur). ..	120
Şekil 5.10. Seçilen Alanın Yıllık Rüzgar Diyagramı (CC ile oluşturulmuştur).	121
Şekil 5.11. Binaların birbiriyle ilişkisi.	122
Şekil 5.12 Binaların birbiriyle mesafesinin gölgelemeyi azaltmak için hesaplanması (DeKAY & Brown, 2014).....	122
Şekil 5.13. Binaların arasındaki mesafenin diyagramı.	123
Şekil 5.14. Gölgeleme mesafesi, 21 Haziran Saat 13.00 Mesafe 10.67 m (35').....	123
Şekil 5.15. Gölgeleme Mesafesi, 21 Mart Saat 13.00 Mesafe ~ 24.38m (80').....	124
Şekil 5.16. Gölgeleme Mesafesi, 21 Haziran Saat 8.00 Mesafe 26.82m (88').....	124
Şekil 5.17. Gölgeleme Mesafesi 21 Haziran, Saat 18.15 Mesafe 26.82m (88').....	125
Şekil 5.18. 21 Aralık, Öğlen.	125
Şekil 5.19. 21 Mart, 9AM-5PM.....	126
Şekil 5.20. Kış Ayları Rüzgar Diyagramı (Hakim rüzgar: Kuzey-Kuzeydoğu).....	127
Şekil 5.21. Binaların araziye ilk yerleşim şeması.	127
Şekil 5.22. İlk kütle, yapı bileşen ve malzeme diyagramı.	128
Şekil 5.23. İlk plan diyagramı.....	129
Şekil 5.24. Yapı Bileşen Önerileri 1.	130
Şekil 5.25. Bina kütlesi üzerinde öneriler.....	131
Şekil 5.26. Yapı Bileşen Önerileri 2.	131
Şekil 5.27. İkincil Cephenin Sabit Pencere Olarak Atanması.	132
Şekil 5.28. İkinci Cephenin Kapatılması.	132
Şekil 5.29. ASHREA 90.1-2013 Standartları kullanılarak yapılan ilk analiz.....	133
Şekil 5.30. Çatı yalıtım değerlerinin iyileştirilmesinden sonra yapılan analiz.	133
Şekil 5.31. Duvar yalıtım değerlerinin iyileştirilmesinden sonra yapılan analiz.	134
Şekil 5.32. Pencere performans değerlerinin iyileştirilmesinden sonra yapılan analiz	134
Şekil 5.33. İnfiltrasyon değerlerinin iyileştirilmesinden sonra yapılan analiz.....	135
Şekil 5.34. Aydınlatma değerlerinin iyileştirilmesinden sonra yapılan analiz.	135
Şekil 5.35. SHGC değerlerinin değiştirilmesi ile yapılan analiz 1.	136

Şekil 5.36. SHGC değerlerinin değiştirilmesi ile yapılan analiz 2.	137
Şekil 5.37. İçsel ısı kazanım değerlerinin değiştirilmesi ile yapılan analiz.	138
Şekil 5.38. Aydınlatma enerji tüketim değerlerinin değiştirilmesi ile yapılan analiz.	139
Şekil 5.39. İlk değerlendirme analizi sonucu elde edilen enerji tüketimi.	140
Şekil 5.40. Çift cidarlı cephenin iptal edildiği durumu gösteren analiz sonucu.	141
Şekil 5.41. Çift cidarlı cephe analizi.	142
Şekil 5.42. Binanın tam güneye döndürülmesi.	146
Şekil 5.43. Tam güneye döndürülmüş bina ile 30 derecelik açı yapan binanın enerji tüketim değerlerinin karşılaştırılması.	146
Şekil 5.44. Pencere boyutlarının küçültülmesi.	147
Şekil 5.45. Pencere yükseklik analizi.	149
Şekil 5.46. Güneş kırıcılarının analiz sonucu.	150
Şekil 5.47. Çatı penceresinin iptali.	151
Şekil 5.48. Değiştirilmiş Sirkülasyon.	152
Şekil 5.49. Değiştirilmiş Cephe.	153
Şekil 5.50. Küçültülmüş Kütle.	153
Şekil 5.51. Binaların arazideki konumlarının ilk durumu.	155
Şekil 5.52. Değiştirilmiş arazi yerleşim planı.	156
Şekil 5.53. Pasif Isıtma Pencere Alanı Öneri Tablosu (DeKAY & Brown, 2014)..	157
Şekil 5.54. PV Panel hesaplama çizimi ve bina çatı kesiti.	159
Şekil 5.55. Seçenek 1'e ait elektrik üretimi.	160
Şekil 5.56. Seçenek 2'ye ait elektrik üretimi.	160
Şekil 5.57. Seçenek 3'e ait elektrik üretimi.	161
Şekil 5.58. Seçenek 4'e ait elektrik üretimi.	161
Şekil 5.59. Yapının yıllık gölgelenme ihtiyaçlarını gösteren grafikler.	163
Şekil 5.60. Gerçek Güney ve 15 Derece Doğu Yönelim.	164
Şekil 5.61. Doğal havalandırmanın etkisinin psikrometrik diyagramda tespiti.	165
Şekil 5.62. CC verilerine göre yıllık toprak sıcaklık değerleri.	166
Şekil 5.63. Tasarımı değiştirilen binanın kesit ve plan şeması ve doğal havalandırma stratejileri.	167
Şekil 5.64. Sefaira Programı'nda birim alanda kullanılan farklı aydınlatma değerlerinin analiz sonucu.	169
Şekil 5.65. Okul binalarının birbiriyle ilişkisi ve ışık bloke açıları (Vardar, Ekim,	

2018).	170
Şekil 5.66. Güneş ışığı kullanımı için pencere boyutlandırması.....	171
Şekil 5.67. Pencere Analizi (URL15, tarih yok).....	172
Şekil 5.68. Enerji Performansına Göre Sıralanmış Pencere Seçenekleri.....	173
Şekil 5.69. Güneş ışığı Geçirgenlik Performansına Göre Sıralanmış Pencere Seçenekleri.....	174
Şekil 5.70. Pencere Performans Değerlerinin Girişi ile Analiz 1.	175
Şekil 5.71. Pencere Performans Değerlerinin Girişi ile Analiz 2 ve Analiz 3.....	175
Şekil 5.72. Pencere Performans Değerlerinin Girişi ile Analiz 4.	177
Şekil 5.73. Gün Işığı Görselleme ve Analizi1.	178
Şekil 5.74. Analizde kullanılmak için seçilen camın performans değerleri (URL 16, tarih yok).....	179
Şekil 5.75. Pencere Performans Değerlerinin Girişi ile Analiz 5.	179
Şekil 5.76. Son arazi yerleşimi.	181
Şekil 5.77. Binaların Park İçindeki Konumlarının Google Map kullanılarak görselleştirilmesi.	182
Şekil 5.78. Bina Zemin ve 1. Kat Planları.	183
Şekil 5.79. Bina 2.Kat Planı ve Kesitleri.	184
Şekil 5.80. ASHREA 2013 Standartları Kullanılarak Yapılan İlk Analizin Sonucu.	185
Şekil 5.81. İyileştirilmiş Tasarım ve Yüksek Performanslı Yapı Bileşeni ve Sistemlerinin Kullanımıyla Yapılan Son Analizin Değerleri.	186
Şekil 5.82. Binanın Üç Boyutlu Görselleri.	189
Şekil 5.83. Bina Kesiti.	190

KISALTMALAR

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AIA	: American Institute of Architects (Amerikan Mimarlar Enstitüsü)
ANSI	: The American National Standards Institute
ASHRAE	: The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
BM	: Birleşmiş Milletler
BPA	: Bisphenol A
BREEAM	: BRE Environmental Assessment Method (BRE Çevre Değerlendirme Metodu)
BTS	: Bütünleşik Tasarım Süreci
C	: Celsius (Selsiyus)
CC	: Climate Consultant
CBE	: Center for the Built Environment
CDD	: Cooling Degree Days (Soğutma Gün Derecesi)
CDPH	: California Department of Public Health
CER	: Certified Emission Reduction
CFC	: Klorofluorokarbonlar (Chlorofluorocarbons)
cm	: Santimetre
CNC	: Computer Numerical Control
CPVC	: Klorlu Polivinil Klorür (Chlorinated polyvinyl chloride)
DF	: Daylight Factor
DOE	: Department of Energy (ABD Enerji Bakanlığı)
EFTE	: Ethylene tetrafluoroethylene
EPA	: Environmental Protection Agency
EUI	: Energy Use Intensity (Enerji Kullanım Yoğunluğu)

EWC	: Efficient Windows Collective
f ²	: Square Feet
FAR	: Floor Area Ratio
FSC	: Forest Stewardship Council
HCFC	: hidrokloroflorokarbonlar (hydrochlorofluorocarbons)
HDD	: Heating Degree Days (Isıtma Gün Derecesi)
HFR	: Halogenated flame retardant
ILFI	: International Living Future Institute (Uluslararası Yaşayan Gelecek Enstitüsü)
kBTU	: Kilo British Thermal Unit
Kcal	:Kilo kalori
kg	: Kilogram
kWh	: Kilowatt hour (Kilovat saat)
l	: Litre
LED	: Light Emitting Diode
LEED	: Leadership in Energy and Environmental Design (Çevreci Tasarım ve Enerji Liderlik)
LBC	: Living Building Challenge
LCC	: Living Community Challenge
LFC	: Living Food Challenge
LPC	: Living Product Challenge
LPD	: Lighting Power Density
m	: Metre
m ²	: Metrekare
MIT	: Massachusetts Institute of Technology
M.Ö.	: Milattan Önce
M.S.	: Milattan Sonra

NREL	: National Renewable Energy Lab
PAFC	: Phosphoric acid fuel cells
PCB	: Poliklorlu bifeniller (Polychlorinated biphenyls)
PDD	: The predicted percentage of dissatisfied
PEM	: Proton exchange membrane
PFC	: Perfluorinated compounds
PMV	: The predicted mean vote
PV	: Photovoltaic
PVC	: Polyvinyl Chloride
PVDC	: Poliviniliden klorür (Polyvinylidene chloride) (PVDC)
SHGC	: Solar Heat Gain Coefficient (Solar Isı Kazanım Faktörü)
UCLA	: University of California, Los Angeles
UN	: United Nations (Birleşmiş Milletler)
US EPA	: United States Environmental Protection Agency
USGBC	: US Green Building Council (ABD Yeşil Bina Konseyi)
UV	: Ultraviolet
VER	: Verified Emission Reduction
VOC	: Volatile Organic Compounds
VLT	: Visible Light Transmission
VT	: Visible Transmittance
y	: yıl



SEMBOLLER

° : Derece

‘ : Feet

“ : Inch

~ : Yaklaşık

CO₂ : Karbon Dioksit





1. GİRİŞ

Sürdürülebilirlik kavramı, ilk olarak yapının tasarımıyla ve devamında yapı bileşenlerinde kullanılan malzemelerle ve nihayetinde yapının kullanım süreciyle doğrudan ilişkilidir. Artan nüfus ve kentleşmenin barınma ihtiyacı üzerinde yarattığı baskının sonucu olarak, kavramın mimari tasarımda geniş bir uygulama alanı bulması giderek zorunlu hale gelmeye başlamıştır. Gelişen teknolojilerin de etkisiyle, günümüz yapıları artık taşıyıcı sistem ve diğer yapı bileşenlerinin yanı sıra, akıllı bina teknolojileriyle yaşayan organizmalara dönüşmüş; sadece enerji ve doğal kaynakları tüketen sistemler olmaktan çıkmış, ihtiyacından fazla enerji üretebilen ve doğal kaynak kullanımını sıfıra indirebilen kendi kendine yeten sistemler haline gelmiştir.

Yakın zamana kadar sürdürülebilirlik kavramı, çoğunlukla binaların enerji tüketimi, petrol, kömür gibi karbondioksit salınımı yüksek enerji kaynaklarının kullanımı ve kullandığımız kağıt ve plastikten üretilen tüketim ürünlerinin geri dönüşümü ile bağdaştırılıyordu. Ancak iklim değişikliği, yitirilen doğal yaşam alanları gibi küresel problemlerin artması ve bunların dünya üzerindeki canlıların geleceği için ciddi tehlikeler yaratması, sürdürülebilirlik bağlamında daha etkili ve geniş çaplı önlemler almamız gerektiği düşüncesinin yaygınlaşmasına sebep olmuştur. Son 20 yılda binaların enerji tüketimini, dolayısıyla karbon ayak izini azaltacak birçok standart geliştirilmiş, binalara değişik kategorilerde sertifikalar verilmeye başlanmıştır.

Endüstri devrimiyle birlikte üretim ve tüketimin artması, teknolojinin hızla gelişmesi bazı çevreciler tarafından günümüzde yaşadığımız çevre problemlerinin sorumlusu olarak gösterilmektedir. Çoğu zaman, yanlış uygulamalar içinde olduğumuz ve bunları değiştirmemiz gerektiği düşüncesi ortaya atılmaktadır. Bu değişimin nasıl olması gerektiği tartışılırken, birçok çevreci daha duyarlı olmak adına modern konforlarımızdan fedakârlık etmemiz gerektiğini savunmaktadır. David Bergman 2012 tarihli Sürdürülebilir Tasarım kitabında bu düşünceye yer verirken önemli bir noktaya vurgu yapmaktadır: Hiç kimse alışmış olduğu modern konfor koşullarını bırakıp, endüstri devrimi öncesinde yaşadığımız gibi yaşamaya geri dönmeyecektir.

Bergman, teknolojiden vazgeçmenin bütün problemlerin çözümü olmayacağını savunurken, bazı durumlarda teknolojinin kullanılmamasının daha kötü sonuçlar getireceğini ve pek de çevreci olmayacağını söylemektedir. (Bergman, 2012)

Birleşmiş Milletler Ekonomi ve Sosyal İlişkiler Dairesinin 10.07.2014 tarihli Raporu'na göre dünya nüfusunun %54'ü kentsel alanlarda yaşamakta ve bu kentsel nüfusun 2050'ye kadar dünya nüfusunun 3/4'üne erişmesi beklenmektedir (United Nation, 2014). 2018 yılında yayınlanan raporda bu oranlar %55 ve %68 olarak görülmektedir. (United Nation, 2018). Dört yıl içinde kentsel nüfus %54'ten %55'e yükselerek %1 oranında bir artış göstermiştir. Yaşam alanlarımızın hızla kentsel dokuya dönüşmesi sonucunda doğal ışıkla, doğal malzemelerle ve dahası doğanın kendisiyle olan ilişkimiz azalmaya başlamıştır.

1.1 Çalışmanın Konusu ve Amacı

Günümüzde sürdürülebilir bina sertifika programları içinde en katı kurallara sahip olan Yaşayan Bina Programı (YBP) (Living Building Challenge) (LBC), enerji etkin bina tasarımını teşvik etmesinin yanı sıra, aynı zamanda insan sağlığını, yaşam kalitesini, diğer doğal kaynak kullanımını ve doğal yaşam alanlarının korunmasını da göz önünde bulundurmaktadır (Thomas, 2016). Bu çalışmanın konusu, Yaşayan Bina Programı'nın (YBP) şartlarının yerine getirilmesinde, sürdürülebilir tasarım ilkelerinin kullanımının değerlendirilmesi ve yapı bileşenlerinde malzeme seçiminin, tasarım sürecine nasıl faydalı olabileceğinin incelenmesidir. Çalışmayla amaçlanan (i) enerji etkin ya da net sıfır enerjili (net zero) bina inşa etmede puanlamalara dayalı sertifika sistemlerinin dayatmalarının ötesinde, gezegenimizde nasıl yaşamamız gerektiğini ya da nasıl yaşayabileceğimizi anlatan bir felsefenin ürünü olan Yaşayan Bina Programı'nın (YBP) koymuş olduğu somut şartlar yardımı ile yaşanabilir bir gelecek için enerji kullanımlarının azaltılmasının ötesinde başka önlemler de alınmasının gerekliliğine dair farkındalığın artmasını sağlamak, (ii) ihtiyacından fazla enerji üretebilen, doğal kaynak tüketimini ve atık salınımını sıfıra indiren, inşaat öncesinde başlayıp kullanım süresince devam etmesi öngörülen, doğaya saygılı, kullanıcının fiziksel ve ruhsal sağlığını korumaya odaklı binalar hedefleyen bu Program'ın verdiği Yaşayan Bina Sertifikası'nı almaya giden süreçte, sürdürülebilir bina tasarım ilkelerinin etkili bir biçimde nasıl kullanılabileceğinin, yapı bileşen ve malzeme seçiminin söz konusu ilkelerle bağlantısının önemini

incelemektir.

1.2 Çalışmanın Kapsamı

Çevreye duyarlılığın artması ve yeşil bina düşüncesinin yaygınlaşmasının neticesinde 1990 yılında İngiltere’de BREEAM’in kurulmasının ardından günümüze kadar birçok ülke kendi sertifika sistemlerini geliştirmiş ve geliştirmeye devam etmektedir. Yaşayan Bina Sertifikası, günümüzde dünya çapında büyük kabul görmüş BREEAM, LEED gibi sertifika programlarına göre çok daha yenidir ve çok daha katı bir program olarak öne çıkmaktadır. Ancak, Yaşayan Bina Sertifikası ile diğer sertifikaları karşılaştırmak ya da sürdürülebilir tasarım ilkelerinin diğer sertifika programlarıyla ilişkisini incelemek, bu tezin kapsamına dahil değildir. Öte yandan, sürdürülebilir tasarım ilkelerinin incelenmesi de yukarıda bahsedilen sertifika sistemlerinin karşılaştırılması gibi, geniş bir içeriği barındırmakta ve bu konular kendi başlarına birer tez konusu oluşturmaktadır. Dolayısıyla bu tezin kapsamı, sürdürülebilir tasarım ilkelerinin Yaşayan Bina Sertifikası odağında tartışılıp incelenmesinden ziyade, Yaşayan Bina Sertifikası kazanımında nasıl faydalı olabileceklerinin, yapı bileşenlerinde malzeme seçiminin bu süreçte nasıl etki edebileceğinin araştırılmasıyla sınırlı tutulmuştur. Çalışma kapsamında Yaşayan Bina Sertifika Programı’nın seçilmesinde ki amaç programın sosyal, ekonomik ve ekolojik sürdürülebilirlik bağlamında mevcut sertifika programları içinde en katı kurallar getiren program olmasıdır. Amaç, en zor olan sertifika sisteminin seçilmesinden ziyade tam sürdürülebilirlik ve yaşayan bir gelecek kurmak için aslında ne kadar çok çaba gösterilmesinin gerekliliğinin ve bu çabadan ne kadar uzakta olunduğunun algılanmasına destek olmaktır.

1.3 Çalışmanın Yöntemi

İlk olarak sürdürülebilir yapı tasarım ilkeleri ve Yaşayan Bina Programı (YBP) hakkında literatür araştırması yapılmış ve çalışmayı destekleyecek temel bilgiler elde edilmiştir. Yaşayan Bina Sertifikası almış bina örnekleri incelenmiş, sürdürülebilir tasarım ilkeleri, örnek olarak seçilmiş binalar hakkında yayınlanmış kaynaklar kullanılarak ve kaynakların yetersiz olduğu durumlarda kişisel çalışmayla analiz edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca, örneklerin incelenmesi sırasında yapı bileşen ve malzemelerinin sürdürülebilir bina tasarım ilkelerinin kullanılabilmesine ve sertifika

kazanımına etkisi de incelenmiştir.

Çalışmaya, bulunduğu yerin, iklim ve alan koşullarının seçildiği, boyutlarının sınırlandırıldığı bir okul projesinin tasarımı ile devam edilmiştir. Çalışma sürdürülebilir yapı tasarım kriterleri kullanılarak ve bilgisayar programları vasıtasıyla elde edilen somut verilerin karşılaştırılması ile oluşturulmuştur. Bina tasarımı, tasarım tekniklerinin ve yapı malzemelerinin incelenmesi hedeflendiği ve karşılaştırmaların kolay anlaşılır olması için basit tutulmuştur. Yöntem olarak olay incelemesinin seçilme sebebi yapılan literatür araştırmasında incelenen konuların uygulamaya geçirildiği zaman karşılaşılabilecek problemlerine somut örnekler getirmek ve karşılaştırmalar yaparak literatür araştırmasını desteklemektir.



2. SÜRDÜRÜLEBİLİR YAPI TASARIM İLKELERİ

Genel olarak sürdürülebilir yapı tasarımı ve enerji korunum tekniklerinin ele alındığı bu bölümde, öncelikle sürdürülebilirlik hakkında genel bilgi verilmiş ve sonrasında mimarlık bağlamında sürdürülebilir bina tasarımında temel prensiplere değinilmiştir. Ardından sırasıyla tasarım ilkelerinden olan konum stratejileri, su verimliliği, enerji korunum ve kullanım teknikleri ve doğal aydınlatma teknikleri ele alınmıştır. Devamında iç ortam hava kalitesi ve sürdürülebilir bina tasarımında yapı bileşenleri ve malzeme seçimine değinilmiş ve tez boyunca kullanılması öngörölmüş sürdürülebilir bina tasarımına ilişkin literatür incelenmiştir.

2.1 Sürdürülebilirlik Kavramı

Ham madde talebi ve bunun çevre üzerindeki etkisi insanlık tarihi boyunca sürekli bir sorun olmuştur. Bugün sürdürülebilirlik problemleri olarak adlandırabileceğimiz, ormansızlaşma, tuzlanma ve toprak verimliliğinin kaybı gibi çevresel problemlerin çıkışı Eski Mısır, Mezopotamya, Yunan ve Roma medeniyetlerine kadar geri gitmektedir.¹ M.Ö. 5. Yüzyılda Platon, M.Ö. 1. Yüzyılda Strabo ve Columella ve M.S. 1. Yüzyılda Pliny the Elder, çiftçilik, kütük imalatı ve madencilik gibi insan faaliyetlerinden kaynaklanan farklı çevresel problemleri tartışmışlardır.^{2 3 4 5} Çevresel bozulmanın farkında olan bu yazarların aynı zamanda dünyanın “sonsuz

¹ Van Zon H. 2002. Geschiedenis & duurzame ontwikkeling. Duurzame ontwikkeling in historisch perspectief: enkele verkenningen. Nijmegen/Groningen: Werkgroep Disciplinaire Verdieping Duurzame Ontwikkeling (Pisani, 2006)

² ibid.

³ Pliny the Elder. 1938. Natural history (Naturalis historia) in ten volumes, vol. 1 (praefatio, libri I&II). English translation by H. Rackham. Cambridge, MA: Harvard University Press. (Pisani, 2006)

⁴ Strabo. 1949. The geography, vol. II, Book V. English translation by Horace Leonard Jones. 1949 printing. London:Heinemann. (Pisani, 2006)

⁵ Columella LJM. 1948. Res rustica. Lucius Junius Moderatus Columella on agriculture, vol. 1 (Books I – IV). English translation by Harrison Boyd Ash. 1948 reprint. Cambridge, MA: Harvard University Press. (Pisani, 2006)

gençliğini” korumak için önerdiklerini, bugün sürdürülebilir uygulamalar olarak adlandırdık⁶ (Pisani, 2006). Tarih öncesinden 19. Yüzyıla geldiğimizde, Darwin’in canlıların değişen çevre koşullarına adapte olarak evrimleşmesini ortaya koymasıyla birlikte, canlı organizmaların yaşam ve çevre etkileşimi bilim dünyasında dikkate alınmaya başlanmış ve araştırmalara konu olmuştur (Baarschers, 1996). Değişik alanlarda kendine uygulama bulan sürdürülebilirlik kavramı, çevresel bozulmalar sonucunda çevresel sürdürülebilirlik olarak ön plana çıkmaya başlamıştır. Birleşmiş Milletler (BM) tarafından 1972 yılında düzenlenen ve dünya genelinde çevre sorunlarını ele almış ilk toplantı olan Stockholm Konferansı’nda ilk defa ekonomik kalkınma ile çevre arasında bir uzlaşmanın nasıl sağlanacağına dair tartışmalar yapılmış, sürdürülebilirlik tasarımı kalkınma planlarında kendini göstermeye başlamış ve böylece ekonomik sürdürülebilirliğin temelleri de atılmıştır. 1987 yılına geldiğimizde BM Dünya Çevre ve Gelişim Komisyonu’nca hazırlanan raporda, sürdürülebilirliğin kalkınma ve gelişim için önemi tekrar vurgulanmış ve sürdürülebilirlik, *“bugünün ihtiyaçlarını gelecek nesilleri kendi ihtiyaçlarını karşılama olanağından mahrum etmeden karşılamak”* olarak tanımlanmıştır. Ekonomik sürdürülebilirliğin yanı sıra, söz konusu raporda sürdürülebilirliğin ancak sosyal eşitlik ile sağlanabileceğine vurgu yapılmış ve böylece sürdürülebilirliğin sosyal boyutuna da değinilmiştir (Tıgılı, 2018). Yeni bin yıla gelindiğinde, sürdürülebilirlik artık ekonomik, sosyal ve ekolojik bir boyut kazanmıştır.

2.1.1 Ekonomik, Sosyal ve Ekolojik Sürdürülebilirlik

BM, Stockholm Konferansı’ndan kırk yıl sonra, 2012 yılında yayınladığı “BM Sistemi içinde Ekolojik ve Sosyal Sürdürülebilirliğin Geliştirilmesi” Raporu’nda sürdürülebilir kalkınmayı ekonomik, sosyal ve ekolojik boyut olmak üzere üç temele dayandırmaktadır. Birbiri ile doğrudan bağlantılı olan bu üç kavram, yine BM tarafından 2015 yılında yayınlanan “2030 Yılı Sürdürülebilir Kalkınma” Raporu’nun gündeminde yer alan 17 hedefin belirlenmesindeki temel ilkelerdir (United Nation, 2015).⁷ Birbirlerinden oldukça farklı alanlar olmalarına rağmen, bu tezin çalışma kapsamında olan Yaşayan Bina Programı’nın (YBP), BM’nin aşağıda listesi verilen

⁶ Columella LJM. 1948. (Pisani, 2006)

olan söz konusu 17 hedefi ile nasıl yakın ilişki içinde olduğu görülmektedir. Aşağıda, BM'nin hedefleri ile Yaşayan Bina Programı'nın (YBP) zorunlu kurallarına atıfta bulunulmuş, benzerlikler ilişkilendirilmiş ancak detaylı bir anlatım yapılmayarak, inceleme üçüncü bölüme bırakılmıştır. **Tablo 2.1**'de yer alan bu ilişkilendirme sonucunda, Uluslararası Yaşayan Gelecek Enstitüsü'nün (UYGE) (International Living Future Institute) (ILFI), Yaşayan Bina Programı'nın (YBP) kurallarını oluştururken sürdürülebilirlik kavramının bu üç temel boyutunu göz önünde bulundurmaktadır. Enstitü, ekonomik, sosyal ve ekolojik sürdürülebilirliği desteklemek amacıyla, Yaşayan Bina Programı'nın (YBP) yanı sıra, Yaşayan Toplum Programı'nı (YTP) (Living Community Challenge) (LCC), Yaşayan Ürün Programı'nı (YÜP) (Living Product Challenge) (LPC) ve şu anda deneme aşamasında olan Yaşayan Gıda Programı'nı (YGP) (Living Food Challenge) (LFC) geliştirmiştir. Bu programlara yine üçüncü bölümde, Yaşayan Bina Sertifika Programı dahilinde daha detaylı değinilecektir. Dünya genelinde yaşanan ekonomik, sosyal ve ekolojik problemlerin bina ya da bir topluluk seviyesine indirgenmesi elbette ki imkansızdır. Ancak burada, Uluslararası Yaşayan Gelecek Enstitüsü'nün (UYGE) sadece enerji etkin binalar ya da ürünler yaratmaktan ziyade, ekonomik, sosyal ve ekolojik sürdürülebilirliği hedeflediğini ve bu bağlamda global sorunlara ürün boyutundan başlayıp (YÜP ile), bina (YBP ile) ve toplum (YTP ile) boyutuna ulaşarak çözüm yolları aradığını ve sertifika programlarında belirttiği şartların da bu doğrultuda olduğunu görmekteyiz. Bu bağlamda, Uluslararası Yaşayan Gelecek Enstitüsü'nün (UYGE), her alanda sürdürülebilirliğe evrensel boyutta ulaşabilmenin küçük ölçekten – ürün (YÜP) ile – başlayarak büyük ölçeğe – yani toplum (YTP) seviyesine – yayılan bir sürdürülebilirlikle mümkün olabilmektedir.

1972 Stockholm Konferansı ile sorgulanmaya başlanan çevre ve kalkınma ilişkisi bugün ekonomik, sosyal ve ekolojik sürdürülebilirlik boyutuna ulaşmıştır. Bu bağlamda dünya çapında araştırmalar yaparak raporlar hazırlayan BM günümüzde ekonomik, sosyal ve ekolojik anlamda sürdürülebilir bir yaşam yaratmak adına çalışmalar yapan güvenilir bir örgüt konumundadır. Yaşayan Gelecek Enstitüsü'nün sürdürülebilir yaşam felsefesi sadece ekolojik sürdürülebilirliği değil, “BM 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri'nde (URL1, 2019) gördüğümüz gibi ekonomik ve sosyal sürdürülebilirliği de hedeflemektedir. **Tablo 2.1**'de Yaşayan Bina Programı'nın (YBP) BM hedefleri ile benzerlik gösteren şartları eşleştirilmiştir.

Hedef	Hedef İçeriği	Yaşayan Bina Eşleştirmesi
1	Yoksulluğın tüm biçimlerinin her yerde ortadan kaldırılması	Adalet
2	Açlığın sona erdirilmesi, gıda güvenliği ve daha iyi beslenme güvencesinin sağlanması; sürdürülebilir tarımın desteklenmesi	şart 02-Kentsel Tarım
3	Sağlıklı yaşıamların güvence altına alınması ve her yaşıta esenliğin desteklenmesi	Sağlık ve Mutluluk
4	Kapsayıcı ve eşitlikçi, nitelikli eğitimin güvence altına alınması ve herkes için yaşıam boyu öğrenimin desteklenmesi	şart 20- İlham ve Eğitim
5	Toplumsal cinsiyet eşitliğinin sağlanması ve tüm kadınların ve kız çocuklarının güçlenmesi	Adalet
6	Herkes için suyun ve sıhhi koşulların erişilebilirliği ve sürdürülebilir yönetiminin güvence altına alınması	şart 05-Net Pozitif Su
7	Herkesin uygun fiyatlı, güvenilir, sürdürülebilir ve modern enerjiye erişiminin güvence altına alınması	şart 04-Net Pozitif Enerji
8	Kesintisiz, kapsayıcı ve sürdürülebilir ekonomik büyümenin, tam ve üretken istihdamın ve herkes için insana yakışır işlerin desteklenmesi	şart 13-Yaşıam Ekonomisi Kaynakları, şart 18-Just Organizasyonu
9	Dayanıklı altyapıların inşası, kapsayıcı ve sürdürülebilir sanayileşmenin desteklenmesi ve yenilikçiliğin güçlendirilmesi	şart 12-Duyarlı Endüstri
10	lkeler içinde ve arasında eşitsizliklerin azaltılması	Adalet
11	şehirlerin ve insan yerleşimlerinin kapsayıcı, güvenli, dayanıklı ve sürdürülebilir kılınması	şart 07-Uygar evre
12	Sürdürülebilir tüketim ve üretim kalıplarının güvence altına alınması	şart 10-Kırmızı Liste
13	İklim değişikliği ve etkileri ile konusunda acilen eyleme geçilmesi	
14	Sürdürülebilir kalkınma için okyanuslar, denizler ve deniz kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir kullanımı	şart 03-Habitat Değişimi
15	Karasal ekosistemlerin sürdürülebilir kullanımının korunması, geliştirilmesi ve desteklenmesi, ormanların sürdürülebilir yönetimi, lleşme ile mücadele, karasal bozulmanın durdurulması ve iyileştirilmesi ve biyoçeşitlilik kaybının engellenmesi	şart 03-Habitat Değişimi şart 01-Büyüme Sınırları
16	Sürdürülebilir kalkınma için barışıl ve kapsayıcı toplumların desteklenmesi, herkes için adalete erişimin sağlanması ve her düzeyde etkili, hesap verebilir ve kapsayıcı kurumların inşası	
17	Uygulama araçlarının güçlendirilmesi ve Sürdürülebilir Kalkınma için Küresel Ortaklığın canlandırılması	

Tablo 2.1. Birleşmiş Milletler 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri ile Yaşayan Bina Programının şartlarının eşleştirilmesi.

2.1.2 Sürdürülebilir Bina

Bilim insanları, her ne kadar 19. yüzyıldan beri uyarılarda bulunsa da endüstri devriminin ikinci yüz yılında dünya çapında yaşanan enerji ve petrol krizleri ilk defa yöneticilerin ve politikacıların durumun ciddiyetini anlamasını sağlamış ve binalarda enerji kullanımını azaltacak önlemlerin ve tasarruf yöntemlerinin araştırılmasını bir derece hızlandırmıştır. Bunun yanı sıra, ihtiyaç duyulan enerjinin doğal rezervlerden ziyade kesilmeksizin dünya yüzeyine ulaşan güneş ışınlarından karşılanması yönündeki çalışmalar da hız kazanmıştır. Buckminster Fuller Critical Path (1981) kitabında, enerji elde etmek için kullandığımız doğal rezervleri birikim hesabı ve güneşten gelen enerjiyi aylık gelir olarak nitelemekte ve aylık gelirimiz dururken neden birikim hesabımızdan harcama yaptığımızı sorgulamakta, insanın birim zaman da tükettiği enerjinin yüzde birinin birim zamanda güneşten gelen enerjinin dört milyonda birine eşit olduğuna değinmektedir (Fuller, 1981). 20. Yüzyılın sonlarına yaklaşırken kanun koyucular, Buckminster Fuller gibi konunun öncülerinin düşünce ve yazılarından esinlenerek ve çevreye duyarlı tasarımcıları ve iş adamlarını bir araya toplayarak çözüm yolları aramaya başlamışlardır (USGBC, 2014). Ancak, devlet liderleri ve ekonomi liderleri tarafından verilen bu desteğin ekolojik kaygılar sebebiyle mi yoksa doğal rezervlerin – birikim hesabındaki miktarın – azalması sonucu mu hız kazandığı sorgulanmaktadır. Fuller yine aynı kitabında, “*vergi açtıkları devlet liderleri*” ve “*kar açtıkları ekonomi liderlerinin*” (Fuller, 1981, s. xvii) yenilenebilir enerji kaynakları ile kullanıcı arasına sayaç yerleştirmeyi aşırı derecede zor bulduklarını ve dolayısıyla, insanın bu bedava olan enerjinin keyfini çıkarmasının mümkün kılınmasına pek de yardımcı olmadıkları fikrini sunmaktadır (Fuller, 1981). Ekonomi liderleri ve devlet liderlerinin bu yavaş tutumu karşısında, birçok çevreci örgüt ve kar amacı gütmeyen kuruluş çalışmalarını hızlandırmış ve sürdürülebilir bir yaşamı sağlamak için öncülük vazifesi yüklenerek yapılaşmış çevrede sürdürülebilir bina tasarımları için rehber niteliğinde sertifika programları başlatmışlardır.

2.1.3 Sürdürülebilir Bina Tasarımında Temel Prensipler

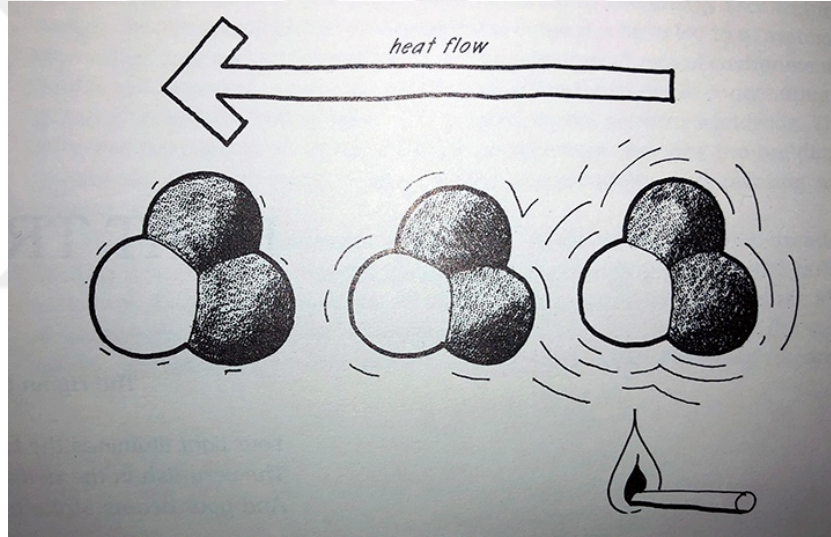
Sürdürülebilir bina tasarım ilkelerinin çalışma prensiplerinin anlaşılması ve doğru kullanımlarının sağlanması açısından, bu başlık altında incelenen temel prensip, terim ve veriler önem teşkil etmektedir. Bazı fiziksel, matematiksel ve anatomik bilgilerin yanında, sürdürülebilir bina tasarım sürecini destekleyen ve bu tez

sürecinde kullanılan diğer internet veri tabanları, program ve araçlara da değinilmiştir.

2.1.3.1 Isı transfer yöntemleri

1. Kondüksiyon

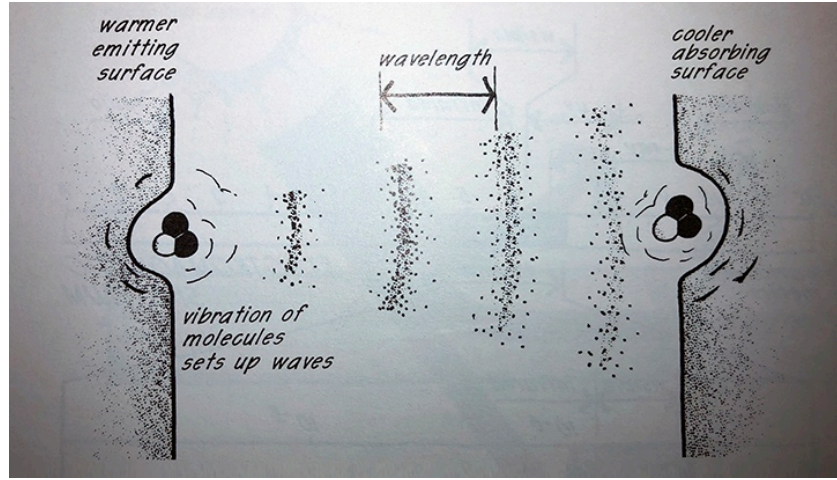
Kondüksiyon, titreşim enerjisinin moleküller arası iletimidir. İletim her zaman sıcak (hızlı titreşen) taraftan soğuk (yavaş titreşen) tarafa doğru gerçekleşir. İletim yerçekiminden bağımsız olarak her yöne doğru (aşağı, yukarı, yana) gerçekleşir. Bu fizik kuralının mimari ortamlar ilişkilendirilmesi kullanılan yapı malzemelerinin yoğunluğu ile gerçekleşir. Kullanılan madde ne kadar yoğunsa ısı iletimi o kadar çok olmaktadır. Alüminyum, çelik ve bakır iyi iletkenlerdir. Hava düşük yoğunluğundan dolayı iyi bir yalıtım malzemesidir (Şekil 2.1) (Moore, 1993).



Şekil 2.1. Kondüksiyon yolu ile moleküller arası ısı transferi (Moore, 1993).

2. Radyasyon-Işınım

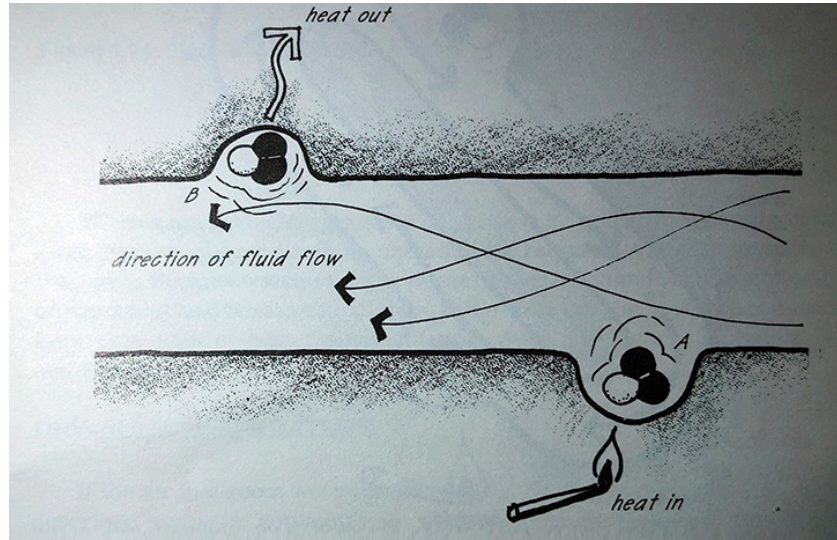
Isısal radyasyon, ısıнын (moleküler boyutta titreşim enerjisi) elektromanyetik dalgalar ile transferidir. Maddenin yüzeyinde bulunan titreşim halindeki moleküller elektromanyetik radyasyon biçiminde radyan enerji yayarlar. Kondüksiyon gibi enerji sıcak taraftan soğuk tarafa transfer olmaktadır. Kondüksiyon dan farklı olarak moleküllerin birbiri ile ilişkisi gerekmemektedir. Radyasyon en hızlı şekilde tamamen havası emilmiş ortamda gerçekleşir (Şekil 2.2) (Moore, 1993).



Şekil 2.2. Radyasyon yolu ile ısı transferi (Moore, 1993).

3. Konveksiyon

Konveksiyon ısı'nın akışkan akımı ile transferi olarak tanımlanmaktadır. Hava ya da su akışı ile gerçekleşebilir. Teknik olarak konveksiyon, kondüksiyon ve radyasyonun birleşmiş biçiminin akışkanlar ile hareket etmesidir. Bir noktada ısı yayan madde kondüksiyon ve radyasyon yolu ile akışkana (hava,su) ısı transferi yapmaktadır. Isı akışkan vasıtası ile hareket ederek başka bir maddeye yine kondüksiyon ve radyasyon yolu ile taşıdığı ısıyı iletir. Mimari ortamda hava akımı ile ısı transferi gerçekleşmektedir (Şekil 2.3) (Moore, 1993).

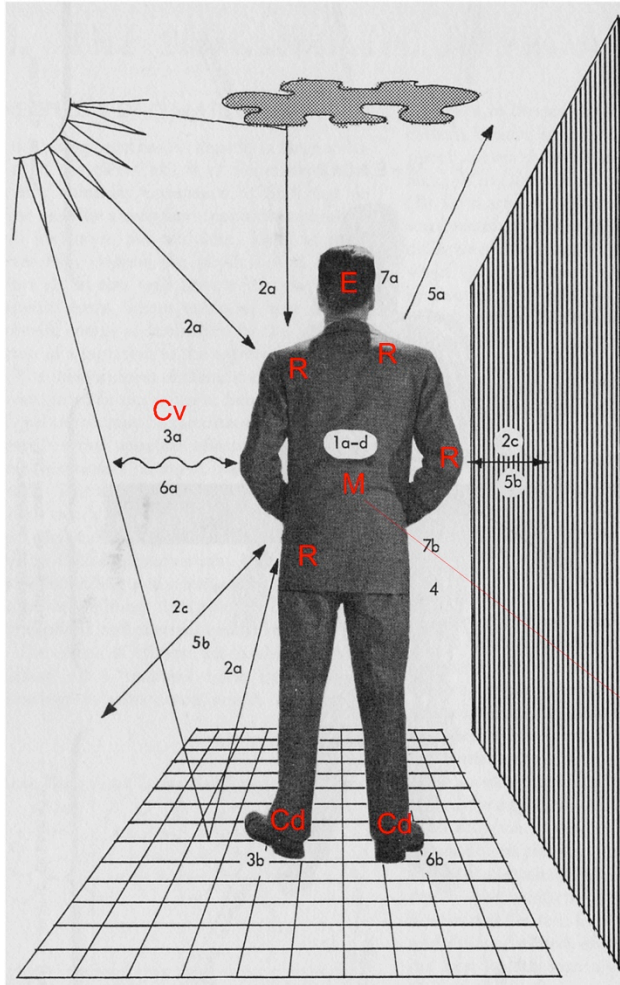


Şekil 2.3. Konveksiyon yolu ile ısı iletimi (Moore, 1993).

2.1.3.2 Vücudun çevresi ile ısı değişimi

İnsan vücudu kendi metabolik çalışması sırasında devamlı olarak ısı üretmektedir. Değişik aktivitelere göre farklı miktarlarda ortaya çıkan bu ısı enerji, bir şekilde

vücuttan dışarıya atılmalıdır. Aksi takdirde vücut ısısı yükselecek ve kişi rahatsızlık duyacaktır. Vücut iç sıcaklığı normalde 37°C olmakla beraber, deri yüzeyinde 31°C ile 37°C arasında değişkenlik göstermektedir (Szokolay, 2004). **Şekil 2.4**'de vücudun metabolik faaliyeti sırasında ürettiği ısı enerjisi dışarıya nasıl attığı ve dış ısı kaynaklarından hangi yollarla ısı kazanımı sağladığı görsel bir biçimde tarif edilmeye çalışılmaktadır.



Şekil 2.4. İnsanın çevresi ile ısı değişimi (Olgay, 2015).

Kazanç

1. Isı üretimi
 - a) Bazal metabolizma
 - b) Aktivite
 - c) Sindirim, vb vücutsal faaliyet
 - d) Soğuğa karşı kasların kasılması ve titremesi
2. Radyan ısı kazancı
 - a) Direkt yada yansıma ile güneşten
 - b) Ateşli ısıtıcıdan
 - c) Ateşli ısıtıcı olmayan sıcak objeden
3. Kondüksiyon yolu ile vücuda ısı transferi
 - a) Vücut sıcaklığından yüksek derecede olan havadan
 - b) Sıcak objeler ile temastan
4. Havadaki nemin yoğunlaşması

Kayıp

5. Radyan ısı kaybı
 - a) Havaya
 - b) Etraftaki Soğuk Cisimlere
6. Kondüksiyon yolu ile vücuttan ısı transferi
 - a) Vücut sıcaklığından düşük derecede olan havaya
 - b) Soğuk objeler ile temastan
7. Buharlaşma
 - a) Solunum Yolu ile
 - b) Deriden

Vücutun ısı dengesi aşağıdaki denklem ile sağlanmaktadır:

$$Q = M + R + C_v + C_d - E$$

Q: Vücutun ısı değişim değeridir. Bu değerın sıfır olması vücutun çevresi ile ısı dengesi kurduğunu göstermektedir. Bu da ısısal konforun sağlandığını belirtmektedir. Bu değer pozitif ise vücut ısı kazanmış, negatif ise ısı kaybetmiş demektir (Olgyay, 2015).

M: Metabolik ısı kazancını temsil eder. Vücutun bazal ve fiziksel çalışması sırasında açığa çıkan ısıdır. Vücut bu ısıyı kendisi üretir ve her zaman Q'yu pozitif yönde etkiler. Değişik aktiviteler vücutun değişik miktarlarda ısı üretmesini sağlamaktadır.

Bazal metabolizma 60-70 kcal/h ısı üretimi sağlarken, sadece oturuyor olmak 90-100kcal/h ve 4km/h hızda yürüyüş 210-270kcal/h ısı üretimi sağlar (Givoni, 1969). Bu metabolik değerler, değişik işlevlere hizmet eden mekanlarda ısısal konforun sağlanmasında önem teşkil etmektedir. Bir kütüphane ile spor salonunun sıcaklık değerlerinin farklı derecelerde tutulması, içindeki kullanıcıların farklı aktivite içinde olmasından ve buna bağlı olarak metabolik ısı üretimlerindeki farklılıklarının bir sonucudur (Olgyay, 2015).

R: Radyan enerjiyi ya da diğer bir deyişle ışıınım yoluyla ısı transferini ifade eder. Bu değer kişinin ısı kaybetmesi ya da ısı kazanmasına bağlı olarak pozitif ya da negatif olabilir (Olgyay, 2015).

C_v: Konveksiyon yoluyla ısı transfer değerini simgeler. Yukarıda belirtildiği gibi ısı enerjisinin hava molekülleriyle taşınması (yayılması) sonucunda meydana gelir. Vücutun ısı kazanıp kaybetmesine bağlı olarak bu değer pozitif veya negatif olabilir. Eğer ortam sıcaklığı vücut sıcaklığından az ise vücut ısı kaybedecek, ortam sıcaklığı vücut sıcaklığının üzerinde ise vücut ısı kazanacaktır. Konveksiyon yolu ile ısı transferinde solunum sistemi de dahil edilmektedir (Olgyay, 2015).

C_d: Kondüksiyon yolu ile ısı transfer değerini simgeler. Konveksiyondan farklı olarak vücutun herhangi bir madde ile doğrudan teması sonucunda ısı kazanması veya kaybetmesidir. C_v gibi C_d değeri de pozitif ya da negatif olabilir. Vücut kendi sıcaklığından düşük sıcaklıktaki bir madde ile temas halinde ise vücuttan bu maddeye doğru ısı transferi gerçekleşecek ve vücut ısı kaybedecektir (Olgyay, 2015).

E: Buharlaşma (terleme) ya da solunum yolu ile vücuttan atılan ısıdır. Isı kaybı yaşandığı için Q değerini her zaman için negatif etkiler (Olgyay, 2015).

2.1.3.3 Isıl Konfor: Psikrometri ve Beklenen Ortalama Karar (PMV)

Olesen'e göre ısı konforu, çoğu zaman bir insanın bir ortamdaki tatmini olarak ifade edilir (Olesen, 1982). Ancak, burada kastedilen tatmin aslında Szokolay'ın tanımladığı gibi kişinin zihninin, ortamın ısısal özelliklerini öznel bir şekilde değerlendirmesidir ve söz konusu olan bu değerlendirme psikolojik ve fiziksel faktörlerin ötesinde bir durumdur. (Szokolay, 2004). Genel anlamıyla konfor tanımı yapıldığında, kişinin fizyolojik memnuniyetinin yanı sıra psikolojik, sosyal ve kültürel memnuniyeti de söz konusu olmaktadır. Isıl konfor tanımı her ne kadar öznel bir değerlendirme içeriyor olsa da, aslında vücudun ısı seviyesindeki değişimin, bir önceki bölümde ele alınan vücudun ısı dengesinin bulunmasını sağlayan denkleme göre sıfır olduğu durumlarda sağlanmaktadır. Bu da aslında mekânın ısısal değerlerinin ayarlanmasında bazı nesnel dayanak noktaları yaratmaktadır. Isısal konforun sağlanması konfora etki eden faktörlerin hesaba katılması gerekmektedir. Szokolay bu faktörleri Introduction to Architectural Science (2004) kitabında üç ana başlık altında toplamıştır (Szokolay, 2004):

Çevresel Faktörler:

Hava sıcaklığı, hava hareketi, nem ve radyasyon çevresel faktörler olarak görölmektedir.

Kişisel Faktörler:

Metabolizma hızı, giysi, kişinin sağlık durumu ve iklime alışabilme kişisel faktörlerdir.

Katkıda Bulunan Faktörler:

Yiyecek ve içecek, vücut şekli, vücudun deri altı yağ oranı, yaş ve cinsiyet diğer katkıda bulunan faktörlerdir.

Şekil 2.5'de sabit bir şekilde oturmakta olan bir kişinin bazal metabolizması için uygun olan konfor alanını gösteren tablo verilmiştir. Tablo üzerinde değişik sıcaklık ve nem seviyelerine göre **bölüm 2.1.3.2** de ki denklemi destekleyecek şekilde ısısal konforun sağlanması için öneriler getirilmiştir. (Norris, 2018-C3)

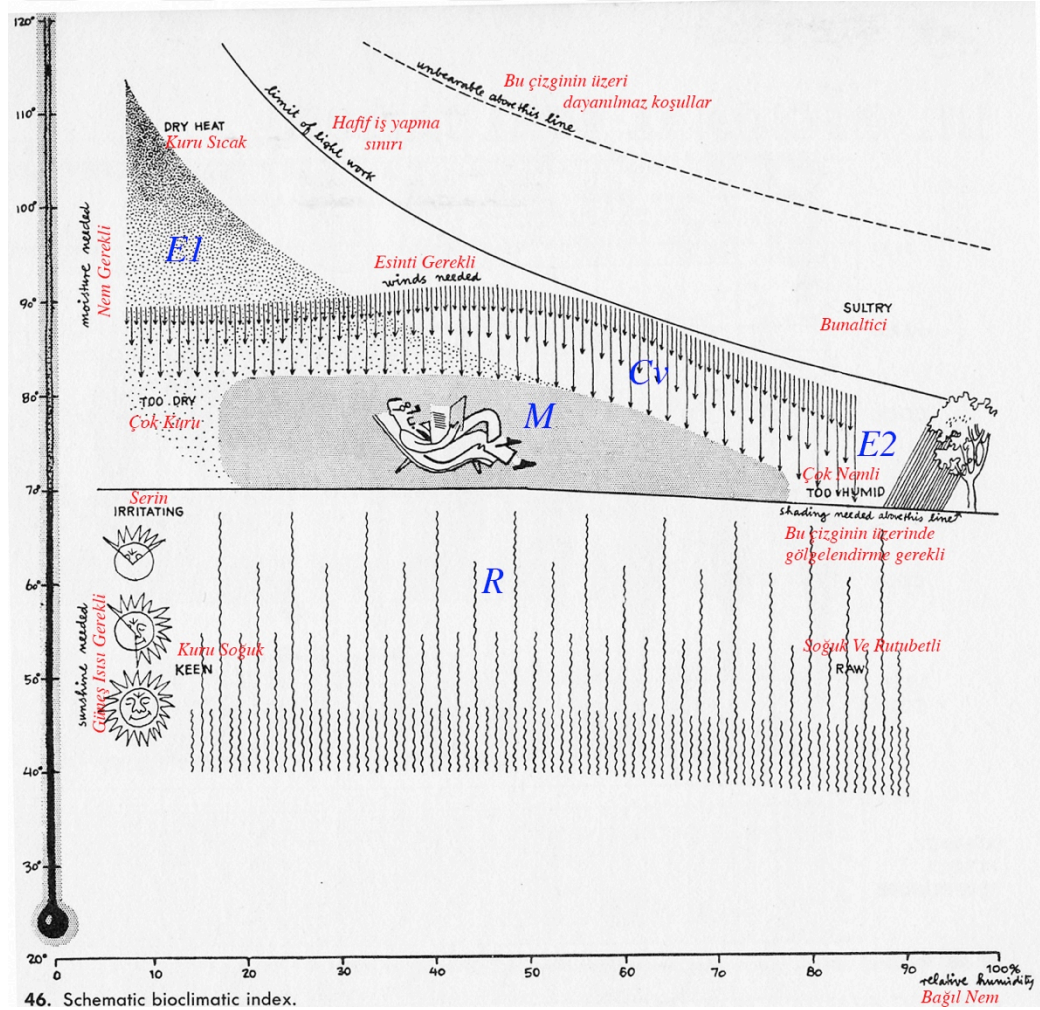
Şekilde M ile gösterilen alan ısısal konforun sağlandığı sıcaklık ve nem dengesini göstermektedir.

E1 ile işaretlenmiş kuru sıcak ortamı konfor seviyesine çekmek için mekâna nem ilave edilmelidir.

E2 ile gösterilen alanda ise hava çok nemli olduğu için ya havayı kurutucu önlem alınmalı ya da rüzgar hızı artırılarak vücuttan deri yoluyla buharlaşmanın hızlanması sağlanmalıdır.

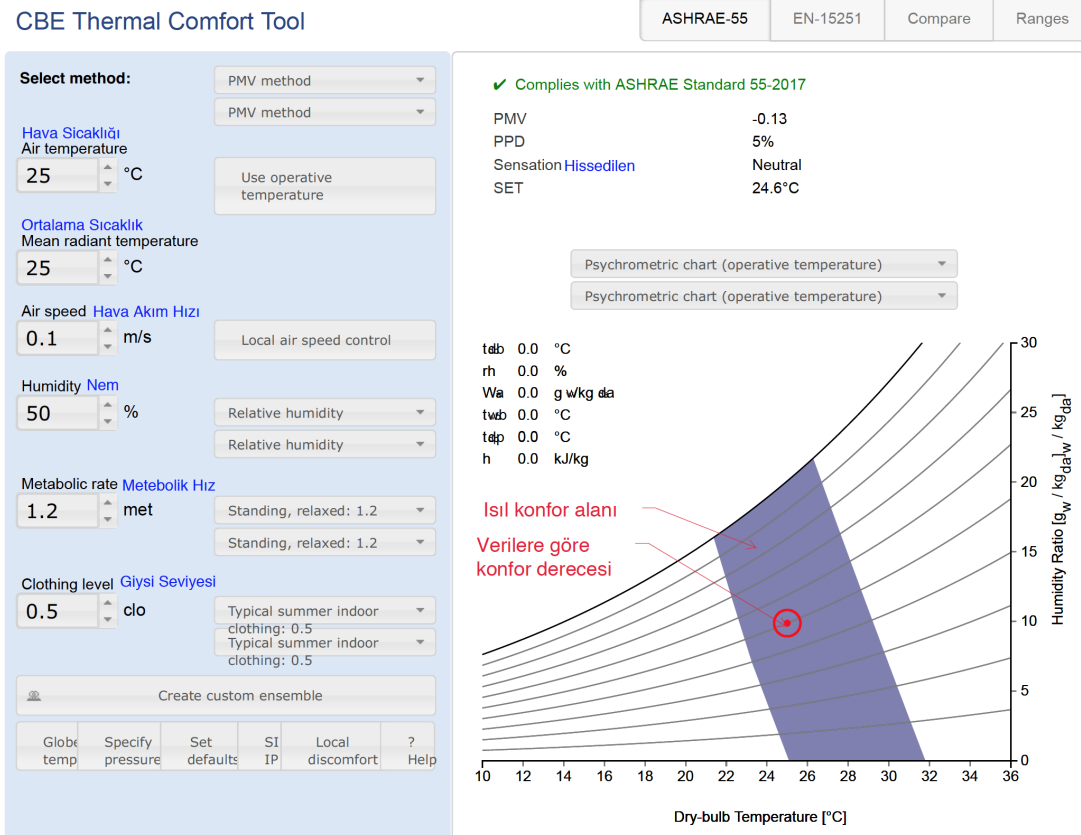
R ile gösterilen alanda hava serin olduğu için, güneşlenme artırılmalı ve radyan ısınma sağlanmalıdır.

Cv ile gösterilen alanda rüzgar hızı artırılarak konveksiyon yoluyla serinleme sağlanmalıdır.



Şekil 2.5. Şematik biyoklimatik cetvel (Olgay, 2015).

Bu nesnel veriler, konforlu mekanlar yaratılmasında ve iklimlendirme sistemleri geliştirilmesinde yıllarca araç olmuş ve 70’li yıllarda Danimarka’lı bilim insanı P. O. Fanger’in konforun ölçülmesinde kullanılacak bir metot geliştirmesini desteklemiştir. Isıl konfora etki eden kişisel ve çevresel faktörlerin bileşenlerinin matematiksel veriler ile ifade edilmesine olanak sağlayan Fanger’in bu metodu, insanların bulunduğu ortamı nasıl algıladıklarını gösteren matematiksel bir parametre oluşturmaktadır. PMV (The predicted mean vote) (Beklenen Ortalama Karar) olarak adlandırılan bu değer kullanılarak , ortamdaki kişilerin yüzde kaçının ısı konfor içinde olduğunu gösteren PPD (The predicted percentage of dissatisfied) (İnsan Rahatsızlığı Yüzdesi) değeri de hesaplanabilmektedir. (Fanger, 1970) Kaliforniya Berkeley Üniversitesi’ne bağlı Center for the Built Environment (CBE) Araştırma Merkezi, bilim dünyasına kabul gören Fanger’in bu metodunu kullanarak ısı konfor değerlerinin belirlenmesinde kullanılacak psikrometri diyagramını oluşturan bir yazılım geliştirmiştir (Hoyt, ve diğerleri, 2017). Isıl Konfor Hesaplama Aracı (Thermal Comfort Tool) adı verilen bu yazılımın ara yüzünün açıklanması ve kullanımına dair örnek bir çalışmaya aşağıda yer verilmiştir.



Şekil 2.6. Isıl Konfor Hesaplama Aracı Ara yüzü (Hoyt, ve diğerleri, 2017).

Hava Sıcaklığı (Air Temperature): Ölçülen Hava Sıcaklığı

Ortalama Sıcaklık (Mean Radiant Temperature): Binanın içindeki tavan, duvar, pencere gibi yüzeylerin radyasyon yoluyla yaydıkları ısıya ya da başka bir kaynaktan gelen radyasyon ışınımının ortalama sıcaklığı (Norris, 2018-C2).

Hava Akım Hızı (Air Speed): Bina içerisindeki hava sirkülasyonunun hızını simgeler. Saniyedeki hız metre olarak (m/s-meter per second) ya da dakikadaki hız feet (f/m- feet per minute) olarak ölçülür (Norris, 2018-C2).

Nem (Humidity): Havadaki su buharının yüzdelik oranını temsil eder. Yüzde yüzlük miktar havanın yağış ya da yoğunlaşma gerçekleşmeden önce tutabildiği en fazla nem oranıdır (Norris, 2018-C2).

Metabolik Hız (Metabolic Rate): İnsan vücudunun üretmiş olduğu enerji miktarını sembolize eder. Vücut yüzeyinde W/m^2 olarak ölçülür. 1 metabolik birim (1Met) $58W/m^2$ ye eşit olup, oturmakta olan bir kişinin üretmiş olduğu enerjiye tekabül etmektedir (Norris, 2018-C2).

Giysi Seviyesi (Clothing Level): Giysi miktarını ve aynı zamanda açıkta kalan ve kapalı olan deri yüzeyinin miktarını sembolize eder. Bu vücudun ısı kaybına etki eden bir faktördür. Değer aralığı çıplaktan (0.00), iş takımına (1.0-1.5) ve kutup giysisine (3.0) kadar değişik seviyelerde olur (Norris, 2018-C2).

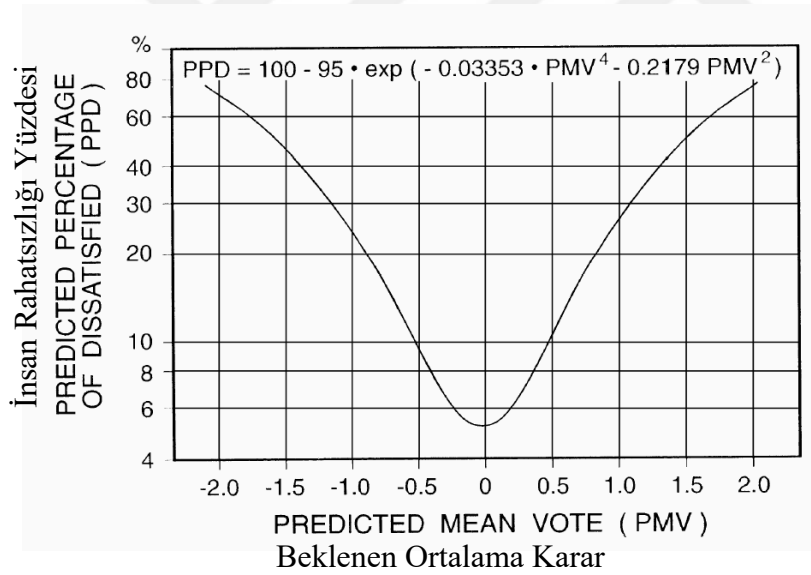
Beklenen Ortalama Karar (Predicted Mean Vote-PMV): Fanger tarafından geliştirilen insanların bulunduğu ortamı nasıl algıladıklarını gösteren matematiksel bir parametredir. Kişisel ve çevresel faktörlerin kullanılması ile hesaplanmaktadır. Fanger'in yaptığı matematiksel işlemler sonucunda elde ettiği formül $PMV = 3.155(0.303e^{-0.14M} + 0.028) L$ 'dir. Beklenen Ortalama Karar (PMV) çok sayıda insanın vermiş olduğu tepkilerin ortalamasıdır. Göreceli ve öznel bir değer olmasına karşın bir çok sayıda kişinin memnuniyet seviyesine hitap eden bir değer olmaktadır (Fanger, 1970).

PMV Değeri	Anlam	Yorum
3	Aşırı Sıcak	Bunaltıcı ve tolere edilemez
2	Sıcak	Çok Sıcak
1	Hafif Sıcak	Tolere edilebilir sıcak
0	Nötr	Konforlu
-1	Hafif Serin	Tolere edilebilir serin
-2	Serin	Çok serin
-3	Soğuk	Tolere edilemez, soğuk

Tablo 2.2. Isıl Duyum Skalası.

İnsan Rahatsızlığı Yüzdesi (Percentage People Dissatisfied- PPD): Kişinin bulunduğu ortamdaki ısısal konfor bağlamında memnuniyetsizliğini gösteren oran.

Ortamdaki insanların memnuniyetsizlik yüzdesini veren PPD değeri ile PMV değeri arasındaki ilişki **Şekil 2.7**'de görülmektedir. Olesen, makalesinde bu grafiğe dayanarak en konforlu ortamlarda bile insanların %5'inin ortam koşullarından memnun olmadığını ifade etmektedir (Olesen, 1995; Olesen, 1982).



Şekil 2.7. PMV ve PPD değeri arasındaki ilişki (Fanger, 1970).

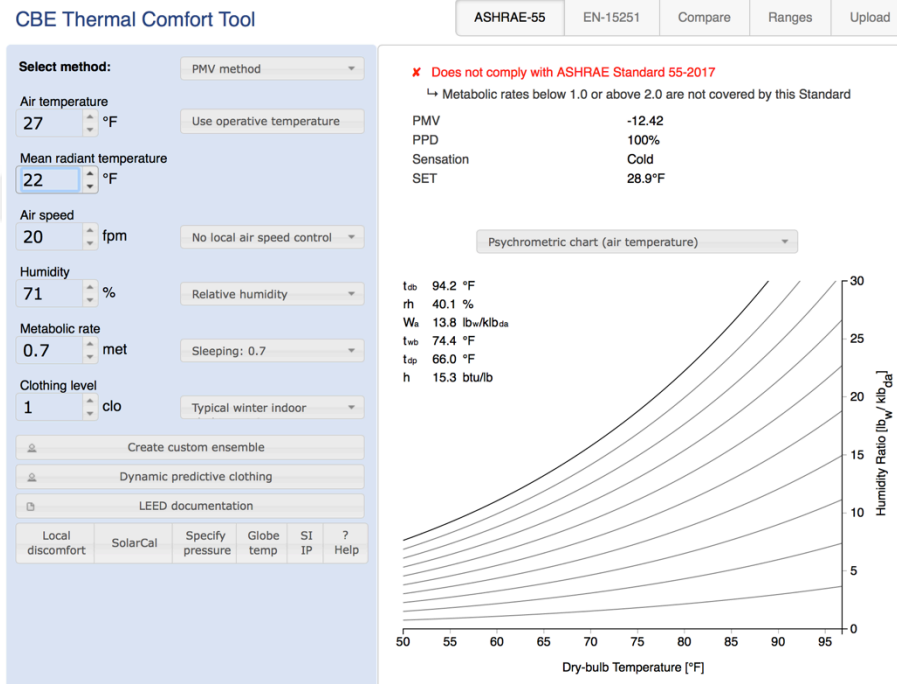
2.1.3.4 Örnek Uygulama

Problem: New York şehrinde tek odalı küçük bir binada uyuyan ve ağır iş yapan bir kişi için sürdürülebilir program oluşturulması.

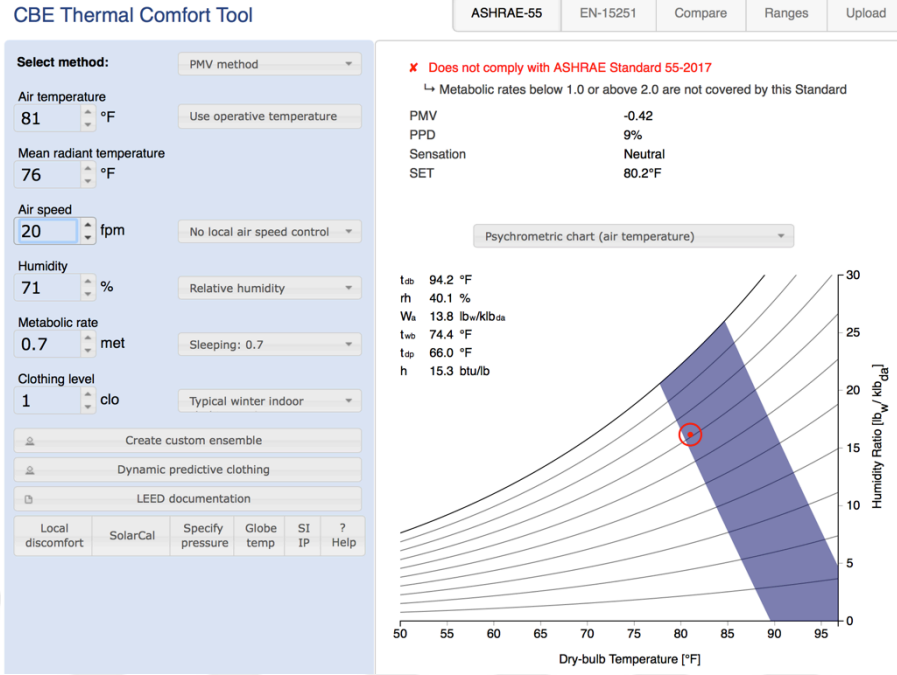
Amaç: Yerel iklime göre işçinin üzerinde baskı kuran ısısal değerleri iki kritik zaman diliminde belirlemek (Yazın 16.00 da çalışırken ve Kışın 03.00 da uyurken) ve ardından işçiye minimal enerji harcanacak şekilde ısısal konfor sağlayacak özel çözümler önermek (Norris, 2018-A2).

Çalışma, CBE Isıl Konfor Hesaplama Aracı (Thermal Comfort Tool) ve Profesör Davidson Norris'ten temin edilen Excel dokümanı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Şekil 2.8'de görüldüğü üzere sıcaklık, nem ve hava akım hızı New York şehri için verilen kış mevsimine ait değerlere göre yazılıma girilmiştir. Ayrıca yazılımın sunduğu seçeneklerden metabolik hız olarak Uyuma (Sleeping): 0.7 seçilmiş ve giysi seviyesi de tipik kış iç mekan olarak seçilmiştir. Bu veriler ile elde edilen sonuç kişinin konfor alanında olmadığı ve soğuk (cold) hissettiğidir. **Şekil 2.9'**da görüldüğü üzere mevcut doğal sıcaklık üzerinde oynama yapılmış ve odanın koşulları konfor alanı içine getirilebilmiş ve hissedilen değer (sensation) Soğuktan Nötr (natural) konuma yükseltilmiştir. Sıcaklığın 27 °F'tan (-2.78 °C), 81 °F'a (27.22 °C) yükseltilmesinde herhangi bir sürdürülebilir tasarım stratejisi düşünülmemiş ve ısıtmanın mekanik yolla yapılacağı varsayılmıştır.



Şekil 2.8. Kış Mevsimine Ait Konfor Grafiği - Doğal Mevcut Sıcaklık.



Şekil 2.9. Kış Mevsimine Ait Konfor Grafiği – Manipüle edilmiş sıcaklık.

Şekil 2.10’da görüldüğü üzere sıcaklık, nem ve hava akım hızı New York şehri için verilen yaz mevsimine ait değerlere göre yazılıma girilmiştir. Ayrıca yazılımın sunduğu seçeneklerden metabolik hız olarak Ağır Makina ile Çalışma (Heavy Machine Work): 4.0 seçilmiş ve giysi seviyesi de tipik yaz iç mekan olarak seçilmiştir (pantolon ve tişört). Bu veriler ile elde edilen sonuç kişinin konfor alanında olmadığı ve sıcak (hot) hissettiğidir. Şekil 2.11’de görüldüğü üzere mevcut doğal sıcaklık üzerinde oynama yapılmış ve kişi konfor alanı içine getirilebilmiş ve hissedilen değer (sensation) Sıcaktan Nötr (natural) konuma iyileştirilmiştir. Sıcaklığın 92 °F’tan (33.33 °C) 65 °F’a (18.33 °C) düşürülmesinde herhangi bir sürdürülebilir tasarım stratejisi düşünülmemiş ve soğutmanın mekanik yolla yapılacağı varsayılmıştır.

ASHRAE-55	EN-15251	Compare	Ranges	Upload
-----------	----------	---------	--------	--------

Şekil 2.10. Yaz Mevsimine Ait konfor grafiği – Doğal Mevcut Sıcaklık.

ASHRAE-55	EN-15251	Compare	Ranges	Upload
-----------	----------	---------	--------	--------

Şekil 2.11. Yaz Mevsimine Ait konfor grafiği – Manipüle edilmiş sıcaklık.

Örnek bağlamında basit bir inceleme yapıldıktan sonra, Profesör Davidson Norris'ten temin edilen Excel dokümanı kullanılarak değişik senaryolar oluşturulmuş, CBE Isıl Konfor Hesaplama Aracında farklı nem, giysi ve metabolizma hızları manipüle edilerek mekanik ısıtmanın ve soğutmanın minimum miktarda yapılması için ne gibi önlemler alınabileceği sorgulanmış ve öneriler getirilmiştir. Şekil 2.12 de görülen Excel tablosu kış koşulları için oluşturulan değişik senaryo seçeneklerini içermekte ve CBE Isıl Konfor Hesaplama Aracı kullanılarak yapılan değişikliklerin sonuçlarını yansıtmaktadır.

WINTER		data	notes
Date:		1.21	
Time of Day		3:00 AM	
Metabolic state		sleeping	
Climate data (from hourly climate data)			
wind (mph)		7	
Temperature (air)		27	
Temperature (mean radiant)		22	
Relative humidity		71	
Baseline thermal conditions (enter all values below)			
Windspeed in MPH*	8	input from weather data	
Conversion to ft/min	704	spreadsheet calculates	
Windspeed fpm max available in building (25%)	176	Close windows to minimize impact of cold air velocity. Set to 20fpm for required vent air.	
Temperature (air)*	27	input from weather data	
Temperature (mean radiant of surrounding surfaces)	22	set 5° below air temp to account for thermal lag	
Relative humidity (%)	71	input from weather data	
Base metabolic rate (met)**	0.7	sleeping from CBE tool	
Clothing level**	1	typ winter sleep wear from CBE clo tool	
PPD for base conditions**	100%	CBE calculates	
Sensation**	cold	enter CBE comfort conclusion	
Mechanical thermal comfort			Mech energy consumption in degrees F 54
Added Temp (air) necessary to achieve comfort	84	enter from CBE tool	%9 Neutral
Mechanical energy consumption	54	T(mech)-T(air)	
Passive thermal comfort (test individual modifications to CBE inputs for their thermal comfort efficacy)			
Test humidity, air velocity and clo:	PPD	For each test describe results below	
1. Max PPD improvement with humidity only	no improvement	This would require added moisture - a mechanical solution	0-100% doesn't effect the cold condition
2. Max PPD improvement with air velocity only	NA	See windspeed note above	20 or even 0 velocity don't effect.
3. Max PPD improvement with clo only	9%	List recommended clothing items.	clo:10 (need extra cover above clothes)
4. Max PPD improvement with met	10%	Option explores impact of higher met output = sleep more active	sleep walking 4mph met 3.8 (unlikely)
Passive thermal comfort (recommended strategies)			Mech energy consumption in degrees F 40
List recommended passive changes to CBE inputs	PPD impact	Describe recommendation	
1 clo:10 with temp 27 hum 71	9%	using extra clothing and cover / neutral (humidity 40 or above) 100% Passive	
2 67 F air temp with hum:71 clo:3	10%	neutral	mech energy consumption: 40
3 70 F air temp with lower hum:25 Clo3	10%	neutral	mech energy consumption: 43
4 81 F air temperature with clo 1	9%	neutral	mech energy consumption: 54
5 Met:3.8 to met 4.8 (given parameters)	10% 9%	neutral	mech energy consumption: 100% Passive
Combined PPD with recommended strategies			
Reduced Temp (air) necessary to achieve neutral comfort	67	enter from CBE tool. If 0 enter 0	option 2
Mechanical energy consumption	40	T(air)-T(mech)	
WINTER SUMMARY			
Given the baseline condition occupant was cold. Option 1 suggest extra clothing and cover. Web site could reach this level when adding almost everything on the list. In reality, it might be achieved by using extra blanket, cover etc. rather than sleeping by wearing several layer of clothes. option 2 brings the air temperature up to 67 F with mechanical heating and clothing level 3. (possible realistic clothing somehow) option 3 shows the same clothing with lower humidity in the room. lower humidity requires more heating. in this scenario room needs to be heated up to 70F meaning that 43 energy consumption. Using the given parameters, it is needed to heat to room up to 81F. (opt4) This requires 54 energy consumption. Option 5 suggest changing the activity type. occupant can be in comfort zone if he/she walks 4mph, do heavy machine work or play tennis. It was observed that if metabolism level increases more than 4.8, occupant starts to feel warm. Foreexample, if he/she plays basketball, he/she will feel hot. As a result, if the occupant wants to sleep with a regular winter indoor clothes, rooms needs to be heated up to 81F mechanically. high humidity level helps to achieve comfort level but given humidity level was already high.			
Clo:3 Long underwear bottoms, Long underwear top, Sweatpants, Long-sleeve sweat shirt, Calf length sock, Coveralls, Overalls, Long-sleeve long wrap robe, Long-sleeve pajamas (thick)			
* from climate data			
** from CBE tool			

Şekil 2.12. Kış Mevsimine Ait verilerin Kullanıldığı ve Değişik senaryoların önerildiği çalışmayı gösteren Excel Tablosu (Norris, 2018-C2).

Yapılan çalışma sonunda varılan sonuçlar şöyledir;

Baz alınan verilere göre kullanıcının soğuk hissettiği görülmüştür. 1. seçenekte mekânın sıcaklığı ve nem değeri esas alınan seviyede tutulmuş ve kullanıcıya daha kalın giysiler giydirilerek normal hissetmesi sağlanmıştır. Program sadece giysi miktarı ve türü ile işlem yaptığı için birden çok giysi programa girilerek giysi değeri (Clo) 10 yapılmıştır. Normal şartlarda kullanıcının ekstra giysi yerine üzerini örterek normal hissedebileceği öngörülmüştür. 2. seçenekte mekânın sıcaklığı 67°F'a (19,4°C) yükseltilmiş, nem oranı 71 olarak ve giysi seviyesi (Clo) 3 olarak girilmiştir ve kişinin normal hissetmesi sağlanmıştır. 3. seçenekte giysi seviyesi aynı (Clo:3) tutulmuş ve nem oranı 25'e düşürülmüştür. Kullanıcının normal hissedebilmesi için düşük nem oranı olan mekânın sıcaklığının 67°F'tan (19,4°C) 70°F'a (21,1°C) yükseltilmesi gerekmiştir. 4. seçenekte kullanıcının giysi seviyesi kış uykusu seviyesi olan (Clo) 1 seviyesinde tutulduğundan mekânın sıcaklığının 81°F'a (27,2°C) yükseltilmesi gerekmiştir. Mekanik ısıtmadan dolayı enerji tüketimi 54 seviyesine çıkmıştır. 5. seçenek kullanıcının metabolizma hızının değiştirilmesi yönünde yapılmıştır. Kişi saatte 4 mil hızla yürürse metabolizma değeri 3.8'e çıkmakta ve kişi üzerinde bulunan kış uykusu giysi seviyesi (Clo) 1 ile normal hissetmektedir. Ancak bu çözüm çok gerçekçi bir çözüm değildir. Bu durumda eğer kişi giysi seviyesi (Clo) 1 ile üzerine başka bir şey örtmeden uyumak istiyorsa mekanın sıcaklığının 81°F'a yükseltilmesi gerekmektedir.

Aynı çalışma yaz mevsim koşulları için tekrarlanmış ve değişik senaryolar **Şekil 2.13**'te görülen Excel tablosunda sunulmuştur.

Esas alınan veriler doğrultusunda bakıldığında kullanıcının çalışırken sıcak (hot) hissettiği görülmüştür. 1. seçenekte kullanıcının baz alınan giysisi (yaz çalışma giysisi – pantolon ve kısa kollu gömlek) çıkartılıp, tişört ve şort ile çalışması sağlanmıştır. Giysi seviyesi Clo:0.57'den Clo: 0.15'e düşürülmüştür. Bu koşullarda kullanıcı hafif sıcak (warm) hissetmektedir. 2. seçenekte mekana tavan vantilatörü eklenmiştir ve kullanıcının şort ve tişörtle çalışırken normal hissetmesi sağlanmıştır. Verilen rüzgar hızı ve binanın bu rüzgarı kullanabilme durumu, mekanı pasif yolla serinletmeye yetmemektedir. Bu durumda ya mekanik soğutma sağlanmalı ya da kullanıcı metabolizma hızı daha yavaş başka bir aktivite yapıyor olmalıdır. Kullanıcının mekanik soğutma olmadan normal hissetmesi için ya şort ve tişörtle uyuması ya da giysisiz bir biçimde daktiloyla yazı yazıyor olması gerekmektedir.

(3. Ve 4. Seçenekler). Dolayısıyla kişi gerçek koşullar içinde çalışacaksa, mekanik soğutma kaçınılmaz olacaktır. 5. seçenekte odanın sıcaklığı 92°F'tan (33,33°C) 79°F'a (26.11°C) düşürülmüş ve kullanıcının şort ve tişörtle çalışırken normal hissetmesi sağlanmıştır. Mekan mekanik olarak soğutulurken havadaki nem oranı da düşeceğinden, bu seçenekte nem oranı %50'den %30'a düşürülerek 79°F'ta (26.11°C) konfor sağlanabilmiştir. Eğer nem oranı %50'de tutulmak istenirse, bu durumda konfor sağlamak için sıcaklığın 77°F'a (25°C) düşürülmesi gerekmektedir.

Location and hourly weather data		NYC
SUMMER		data notes
Date:	7.21	
Time of Day	4:00 PM	
Metabolic state	heavy machine work	
Climate data (from hourly climate data)		
wind (mph)	5	
Temperature (air)	92	
Temperature (mean radiant)	87	
Relative humidity	50	
Baseline thermal conditions (enter all values below)		
Windspeed in MPH*	5	input from weather data
Conversion to ft/min	440	spreadsheet calculates
Windspeed fpm max available in building (25%)	110	Open windows to max impact of air velocity cooling
Temperature (air)*	92	input from weather data
Temperature (mean radiant of surrounding surfaces)	87	set 5° below air temp to account for thermal lag
Relative humidity (%)	50	input from weather data
Base metabolic rate (met)**	4	heavy machine work met from CBE tool
Clothing level**	0.57	typ summer work wear: trousers, short sleeve, underwear, shoes from CBE clo tool
PPD for base conditions**	100%	CBE calculates
Sensation**	Hot	enter CBE comfort conclusion
Mechanical thermal comfort		Mech energy consumption in degrees F -27
Reduced Temp (air) necessary to achieve comfort	65	enter air temp from CBE tool
Mechanical energy consumption	-27	T(mech)-T(air)
Passive thermal comfort (test individual modifications to CBE inputs for their thermal comfort efficacy)		
Test humidity, air velocity and clo:	PPD	For each test describe results below
1. Max PPD improvement with humidity only	67%	This would require a mechanical dehumidifier or AC solution
2. Max PPD improvement with air velocity only	88%	Assumes ceiling fan with max velocity of 800cfm
3. Max PPD improvement with clo only	68%	List recommended clothing items. Naked is an option.
4. Max PPD improvement with met	51%	Option explores impact of lower met output = work slower
Passive thermal comfort (recommended strategies)		Mech energy consumption in degrees F -13
List recommended passive changes to CBE inputs	PPD impact	Describe recommendation
1 decreased clothing clo 0.15	88%	T-shirt and short shorts
2 ceiling fan 900fpm	10%	with 0.15 clothing level
3 nap/ 0.7 met	5%	with 0.15 clothing level, open window 110fpm
4 typing naked/ 1.1 met	9%	no clothing level, open window 110fpm
5 heavy machine work with T-shirt and shorts	10%	clo 0.15, met 4, air temp 79 hum:30
Combined PPD with recommended strategies		
Reduced Temp (air) necessary to achieve neutral comfort	79	enter air temp from CBE tool. If 0 enter 0
Mechanical energy consumption	-13	T(air)-T(mech)
SUMMER SUMMARY		
Given the baseline conditions occupant was hot while he was working. Option one suggests removing some clothes and having T-shirt and short shorts. This makes the occupant warm. Option 2 adds a ceiling fan and occupant reaches to comfort zone. Given the max air speed in the building (1625) is not enough for passive ventilation for this work environment. Either mechanical system is required or occupant needs to do other low met activities to be in comfort zone. Such as (opt3) having a nap with T-shirt and short shorts or typing naked. Given the real world conditions, mechanical cooling is an inevitable option. Option 5 shows occupant doing heavy machine work with T-Shirt and Shorts and 79 F is enough to keep him in the comfort zone, in this option, it was assumed that mechanical cooling would also decrease the humidity in the room at the same time. Therefore humidity level was decreased to 30% from 50%. (Note: If humidity level is kept at 50%, room need to be at 77F)		
* from climate data		
** from CBE tool		

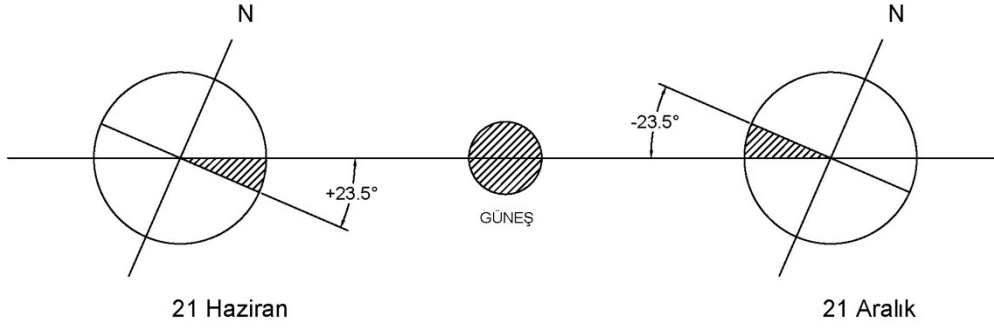
Şekil 2.13. Yaz mevsimine ait verilerin kullanıldığı ve değişik senaryoların önerildiği çalışmayı gösteren Excel tablosu (Norris, 2018-C2).

CBE Isıl Konfor Hesaplama Aracı kullanılarak yapılan bu çalışmanın esas hedefi kişinin termal konforuna etki eden faktörlerin gözlemlenmesi ve anlaşılmasıdır. Basit gibi görünen bu çalışma aslında sürdürülebilir bina tasarımları yapılırken ısı konfor alanları oluşturmada değişik verilerden hangilerinin daha etkin olduğunun belirlenmesine yardım etmekte ve tasarıma başlarken kullanılabilecek basit yöntemlerin belirlenmesine ilişkin temel bilgi sağlamaktadır. Bugün yapılan küçük çaplı binaların birçoğunda komplike enerji hesaplama teknikleri kullanılmamaktadır. Bu bağlamda CBE Isıl Konfor Hesaplama Aracı tasarımcı için bazı somut veriler elde etmede kullanılabilecek basit bir program olarak da görülebilir.

2.1.3.5 Dünyanın Güneşe Göre Konumu

Sürdürülebilir bina tasarımında en önemli verilerden biri de kuşkusuz iklim koşullarıdır. Sayısal verilerin yanı sıra, sürdürülebilir bina tasarımı oluşturulurken bilinmesi gereken en temel bilgi dünyanın güneşe göre konumu ve bunun sonuçlarıdır. Güneş enerjisinin etkin bir biçimde binalarda nasıl kullanılacağına dair bilgi, bu bölüm içinde pasif ve aktif tasarım teknikleri altında ele alınmıştır. Ancak enerji etkin bina tasarımında kritik bir rol oynayan bu tekniklerin düzgün bir biçimde kullanılabilmesi ve anlaşılabilmesi için, en büyük enerji kaynağımız olan güneşten dünya yüzeyine ulaşan ışınların atmosfere, yeryüzüne ve yapılara olan değişken etkisinin temel fizik kuralları çerçevesinde belirlenmesi önem teşkil etmektedir.

Dünya güneş etrafındaki yörüngesini bir yıl içinde tamamlarken, güney kutbundan kuzey kutbuna uzanan kendi eksenini etrafındaki dönüşünü de 24 saat için tamamlar. Bu eksen dünyanın güneş etrafındaki yörünge düzlemi ile 23.5 derecelik bir açı yapar. Bu açı, dünya üzerindeki bir noktanın yılın değişik zamanlarında aynı saat diliminde farklı güneş ışınlarına maruz kalmasına sebep olmaktadır. Ayrıca iklimlerin oluşmasına sebep olan bu açının anlaşılması, tasarım aşamasında gerek pasif gerek aktif tasarım ilkelerinin kullanımında önemli rol oynamaktadır.



Şekil 2.14. Dünya'nın Ekvator düzleminin yörünge düzlemi ile yaptığı açının 21 Haziran ve 21 Aralık tarihlerindeki durumu.

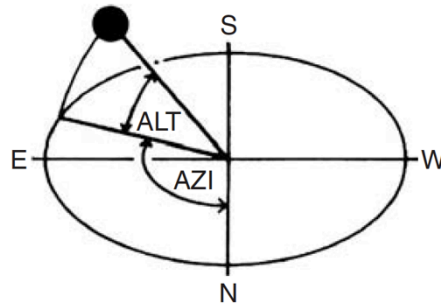
Dünya'nın eksen eğikliği olarak adlandırılan 23.5 derecelik bu eğiklik, yılın değişik zamanlarında Ekvator düzleminin yörünge düzlemi ile yaptığı açının değişmesine neden olmaktadır.

+ 23.45°, 21 Haziran Kuzey Gündönümü

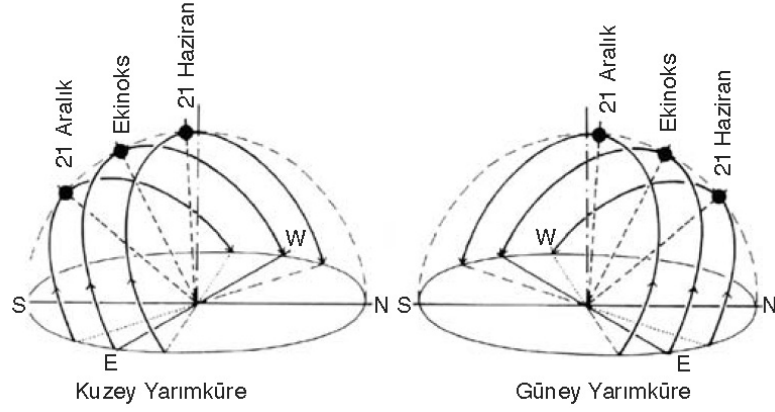
0°, 21 Mart ve 21 Eylül Ekinoks günleri

-23.45°, 21 Aralık Güney Gün Dönümü

Söz konusu bu değişimin sonucu olan güneşin yer ile olan pozisyonundaki değişimin belirlenmesinde iki açı kullanılmaktadır. **Şekil 2.15** de ALT (Altitude) Güneş ışınlamı ile yatay yüzey arasındaki açı ve AZI (Azimuth) yüzey azimut açısı görülmektedir. Açı, yatay olarak kuzeyden başlayarak ölçülür ve doğuda 90°, güneyde 180°, batıda 270° ve kuzeyde 360° ye uzanır (Szokolay, 2004).



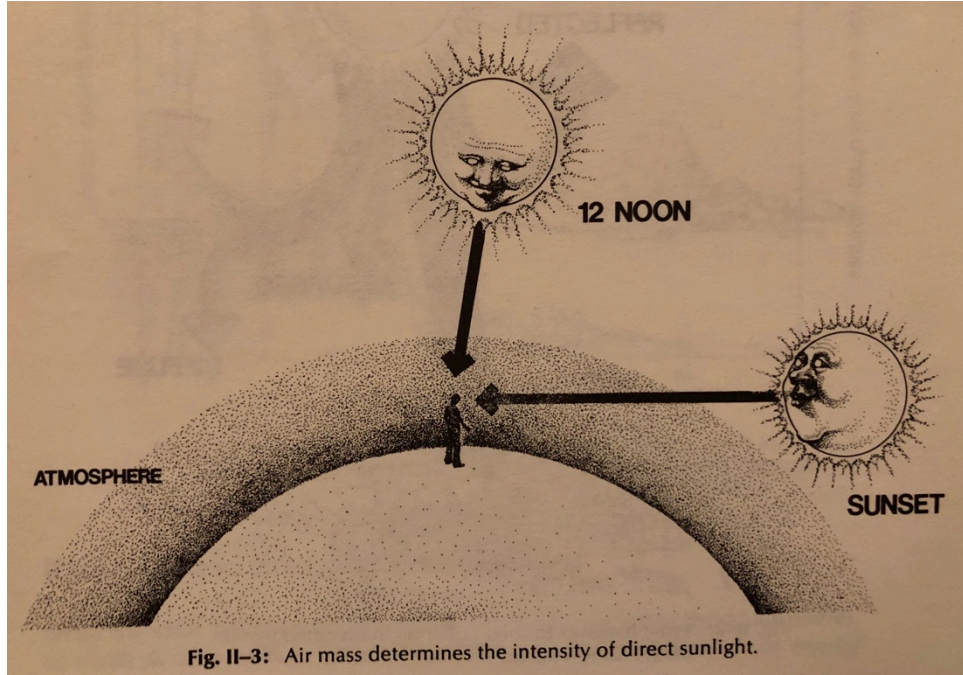
Şekil 2.15. Güneş yükseklik açısı ve azimut açısı (Szokolay, 2004).



Şekil 2.16. Güneşin gökyüzü düzleminde izlediği yörüngesinin önemli tarihlerdeki görünümü (Szokolay, 2004).

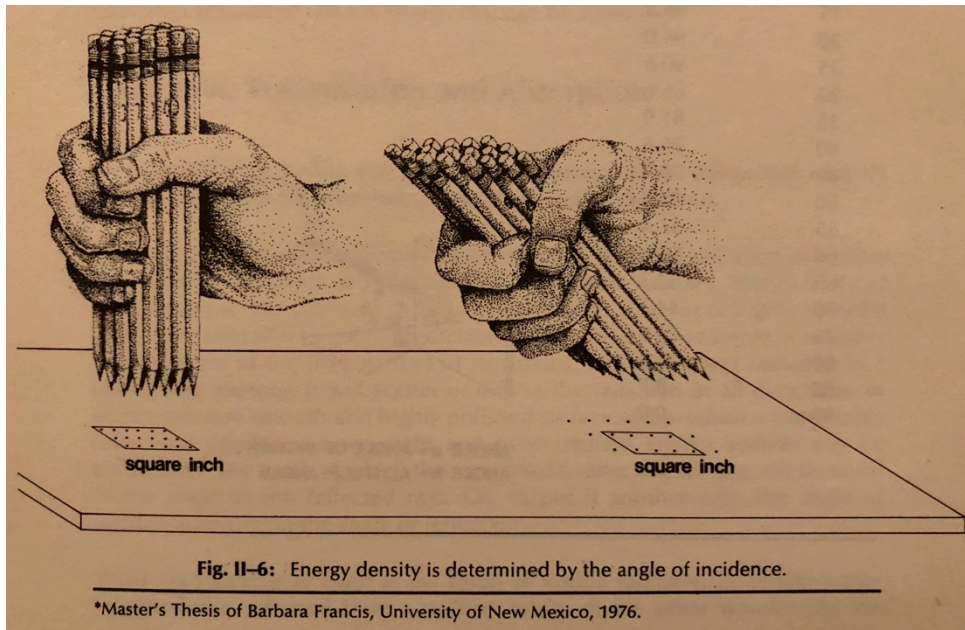
Şekil 2.16, güneşin yılın önemli tarihlerindeki yüksekliğini (ALT) göstermektedir. Buna göre kuzey yarım kürede güneş 21 Haziran'da en yüksek konumda olurken, güney yarım kürede bu konuma 21 Aralık tarihinde ulaşmaktadır. Güneşin bu değişken yükseklik açısı özellikle güneş kırıcılar, gölge boyu hesaplama, termal kütle kullanımı ve güneş panellerinin konumlandırılmasında kullanılmaktadır (Szokolay, 2004).

Güneş enerjisinin kullanımında güneşin yıl boyunca değişen konumunun yanı sıra gün içinde değişen konumunun da ayrı bir önemi bulunmaktadır.



Şekil 2.17. Atmosfer kütlelerinin güneş ışınlarının şiddetine etkisi (Mazria, 1979).

Şekil 2.17'de görüldüğü üzere, öğle saatlerinde güneş ışınları atmosfer boyunca daha az yol aldığı için daha şiddetli hissedilmektedir. Günbatımına doğru yer düzlemine eğik gelen güneş ışınları atmosfer boyunca daha uzun yol aldığı için yer yüzeyindeki etkisi azalmaktadır. Edward Mazria (1979) kitabında ayrıca eğik gelen güneş ışınlarının etkisini Barbara Francis'in 1976 yılında yazmış olduğu tezdeki çizimini kullanarak şöyle açıklamaktadır. Kurşun kalemlerin güneş ışınlarını sembolize ettiğini var saydığımızda, eşit sayıda kurşun kalem kullanılarak oluşturulan noktaların sayısı kalemler dik tutulduğunda birim alanda daha sık olmakta, kalemler eğik tutulduğunda birim alanda azalmaktadır (Mazria, 1979).



Şekil 2.18. Güneş enerjisinin yoğunluğunun geliş açısı ile oranı (Mazria, 1979).

2.1.3.6 Bölgesel iklim koşulları

İklim koşulları, insanın kendine barınak yapmaya başladığı yerleşik hayata geçişle ve şehirlerin oluşmaya başladığı ilk zamanlardan beri mimari üzerinde etkili olmuş ve gerek iç mekânda gerek dış mekânda ısısal konforun sağlanmasında önemli bir veri teşkil etmiştir. İklim koşulları kullanılarak bina tasarlamak gelişen teknolojiler ve kentleşme ile etkinliğini kaybetmiş olsa da sürdürülebilir bina tasarımında temel ve göz ardı edilemez bir öğedir. Hava sıcaklığı, nem, rüzgar yönü ve hızı, güneşli ve yağmurlu gün sayısı gibi birçok değişken veriden oluşan iklimsel şartları, tasarıma iki şekilde etki etmektedir. Bu bağlamda söz konusu şartlar ilk olarak binanın kütle, şekil ve yönelimi ile ilgili kararların alınmasında, ikinci olarak ise binada kullanılacak mekanik sistemlerin tasarımında etkili faktörlerdir. Örnek verecek

olursak, duvarlarda kullanılacak yalıtım malzemesinin kalınlığının belirlenmesinde yapının yapıldığı bölgenin ortalama sıcaklıkları dikkate alınmalıdır. En düşük ölçülen sıcaklığa göre yalıtım malzemesinin belirlenmesi doğal kaynakların ve malzemelerin gereksiz bir şekilde israfına neden olacaktır. Aynı şekilde, soğutma için kullanılan mekanik sistemlerin ölçülen en yüksek sıcaklığa göre hesaplanması da gereksiz olup, sistemin maliyetli olmasına ve dolayısıyla kaynak israfına neden olacaktır. (Moore, 1993)

Ortalama hava sıcaklığı, nem gibi verilerin yanında, sürdürülebilir bina tasarımında Isıtma Gün Derecesi HDD (Heating Degree Days) ve Soğutma Gün Derecesi CDD (Cooling Degree Days) verileri de kullanılmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) HDD ve CDD hesaplaması yapılırken konfor sıcaklığı 65°F (18.33°C) kabul edilirken, Türkiye' de HDD için 15°C ve CDD için ise 22°C kabul edilmektedir. (URL7, 2019)

Merkez	G/D	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	Yıllık
ANTALYA	HDD	216	126	61							0	27	193	623
	T _≥ 15 °C	31	25	16							0	6	31	109
	CDD				8	60	114	228	221	154	25			810
	T>22 °C				5	23	30	31	31	30	17			167
ANKARA	HDD	462	321	246	70	20				11	92	271	458	1951
	T _≥ 15 °C	31	28	30	11	5				2	14	30	31	182
	CDD					0	17	77	97	20	0			211
	T>22 °C					1	11	30	29	5	0			76
ARDAHAN	HDD	766	643	466	342	207	103	6	15	143	320	502	682	4195
	T _≥ 15 °C	31	28	31	30	31	21	2	4	24	31	30	31	294
	CDD							1			0			1
	T>22 °C							2			0			2

ANTALYA	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ölçüm Periyodu (1930 - 2018)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	10.0	10.7	12.9	16.4	20.6	25.3	28.4	28.4	25.2	20.5	15.4	11.6	18.8
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	14.9	15.6	18.0	21.4	25.6	30.7	34.1	34.0	31.1	26.5	21.2	16.7	24.2
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	6.0	6.4	8.0	11.2	15.2	19.6	22.7	22.7	19.4	15.2	10.8	7.6	13.7
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	5.1	5.8	6.7	7.9	9.7	11.3	11.7	11.2	9.7	7.8	6.3	4.8	98.0
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	12.5	10.6	8.6	6.6	5.3	2.5	0.6	0.6	1.7	5.6	7.5	11.9	74.0
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	234.2	154.5	97.0	51.8	31.9	10.0	2.5	2.6	14.3	71.3	129.7	258.5	1058.3
Ölçüm Periyodu (1930 - 2018)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	23.9	26.7	28.8	36.4	38.7	44.8	45.4	44.6	42.5	38.7	33.0	25.4	45.4
En Düşük Sıcaklık (°C)	-4.3	-4.6	-1.6	1.4	6.7	11.1	14.8	13.6	10.3	0.9	0.0	-1.9	-4.6
ANKARA	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ölçüm Periyodu (1927 - 2018)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	0.2	1.7	5.8	11.3	16.1	20.1	23.5	23.4	18.8	13.0	7.1	2.5	12.0
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	4.2	6.4	11.5	17.4	22.4	26.6	30.3	30.4	26.0	19.9	13.0	6.4	17.9
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-3.3	-2.4	0.6	5.3	9.6	12.9	15.8	15.9	11.8	7.0	2.5	-0.9	6.2
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2.7	3.9	5.2	6.6	8.5	10.2	11.4	10.8	9.2	6.7	4.6	2.6	82.4
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	12.2	11.3	10.7	11.1	12.3	8.6	3.5	2.7	4.0	6.9	8.2	11.7	103.2
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	39.7	35.1	39.1	41.9	51.8	34.3	13.5	11.4	17.6	27.9	31.7	44.1	388.1
Ölçüm Periyodu (1927 - 2018)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	16.6	21.3	27.8	31.6	34.4	37.0	41.0	40.0	37.7	33.3	24.7	20.4	41.0
En Düşük Sıcaklık (°C)	-24.9	-24.2	-19.2	-7.2	-1.6	3.8	4.5	5.5	-1.5	-9.8	-17.5	-24.2	-24.9
ARDAHAN	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ölçüm Periyodu (1958 - 2018)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	-11.2	-9.8	-3.3	4.6	9.5	13.0	16.4	16.3	12.3	6.7	-0.1	-7.6	3.9
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	-5.0	-3.3	2.7	10.8	16.1	20.1	23.9	24.6	20.7	14.3	6.3	-2.0	10.8
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-16.8	-15.9	-8.9	-1.2	3.2	5.8	8.8	8.5	4.3	-0.1	-5.5	-12.7	-2.5
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2.5	3.4	4.7	5.1	6.3	7.9	8.3	8.0	7.1	5.1	3.7	2.4	64.5
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	9.6	9.8	11.6	13.7	17.1	15.5	11.5	11.0	7.7	9.8	9.0	9.8	136.1
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	19.8	20.5	31.0	51.2	83.6	93.7	69.9	62.6	35.3	37.5	27.9	22.8	555.8
Ölçüm Periyodu (1958 - 2018)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	11.0	11.0	18.4	25.0	26.4	29.1	34.3	35.0	31.3	26.0	18.2	14.0	35.0
En Düşük Sıcaklık (°C)	-39.8	-38.7	-33.2	-22.2	-8.5	-4.5	-2.2	-2.8	-5.8	-15.0	-28.9	-36.3	-39.8

Şekil 2.19. Antalya, Ankara, Ardahan illerine ait iklim verileri ve HDD ve CDD değerleri (URL7, 2019).

Şekil 2.19, Meteoroloji Genel Müdürlüğü internet sayfasında alınan illere göre istatistiklerden derlenmiş örnek bir çizelgedir. Bu veriler vasıtasıyla şu sonuçlara varılabilir.

Antalya’da soğutma gün derecesi (CDD) ısıtma gün derecesinden (HDD) daha yüksek olduğu için Antalya soğutma baskın iklime sahiptir. Diğer taraftan Ardahan’a baktığımız zaman ısıtma baskın iklim olduğu çok net görülmekte ve soğutma gün sayısının 1 olması Ardahan’da soğutma sistemi ihtiyacının olmayışını göstermektedir. Soğutma ve Isıtma gün derecelerinin yanı sıra, yapılan şu hesaplamayla, $360 - [109 \text{ (HDD gün)} + 167 \text{ (CDD gün)}] = 84$ gün, Antalya’da havanın 84 gün 15°C ile 22°C arasında olduğunu anlıyoruz, ki bu neredeyse yılın dörtte birinde ısıtma ve soğutma sistemine ihtiyaç duyulmadığı anlamına gelmektedir. Aynı hesaplamayı Ankara için yaptığımızda ise bu rakam 104 olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu değerler bize binanın Antalya için 84 ya da Ankara için 104 olan gün sayısında, sadece doğal havalandırma yöntemleri ile temiz hava temininin sağlanabileceğini göstermektedir.

Bu verilerden elde edilebilecek örnek bir diğer sonuç ise şöyledir: Antalya’da Ekim ayında ortalama sıcaklık 20.5°C’dir ve bu baz değerler arasındadır. Isıtma ve Soğutma gün dereceleri tablosuna baktığımız zaman, Ekim ayında 17 gün sıcaklığın 22°C üzerine çıktığını ancak CDD’nin sadece 25 olduğunu görmekteyiz. Bu durum bize orantılı bir şekilde dağıtım yapıldığı takdirde, bu 17 gün boyunca günde yaklaşık 1 saat soğutma ihtiyacı olduğunu göstermektedir ki, bu doğal havalandırma yöntemleriyle çözümlenebilecek bir durumdur.

Şekil 2.19’daki verilerin kullanıldığı başka bir varsayımda ise bina kullanım programı iklim analiziyle birleştirilerek bir sonuç elde edilmiştir. Örnek alınan Ankara şehrinde soğutma gün derecelerinin en yoğun Temmuz ve Ağustos aylarındadır. Bu durum, bize yazın tatile giren bir okulun soğutma sistemine ihtiyacı olmadığını net bir şekilde göstermektedir. Haziran ve Eylül aylarında görünen toplam 37 CDD, doğal serinletme yöntemleri ile çözümlenmeye çalışılabilir.

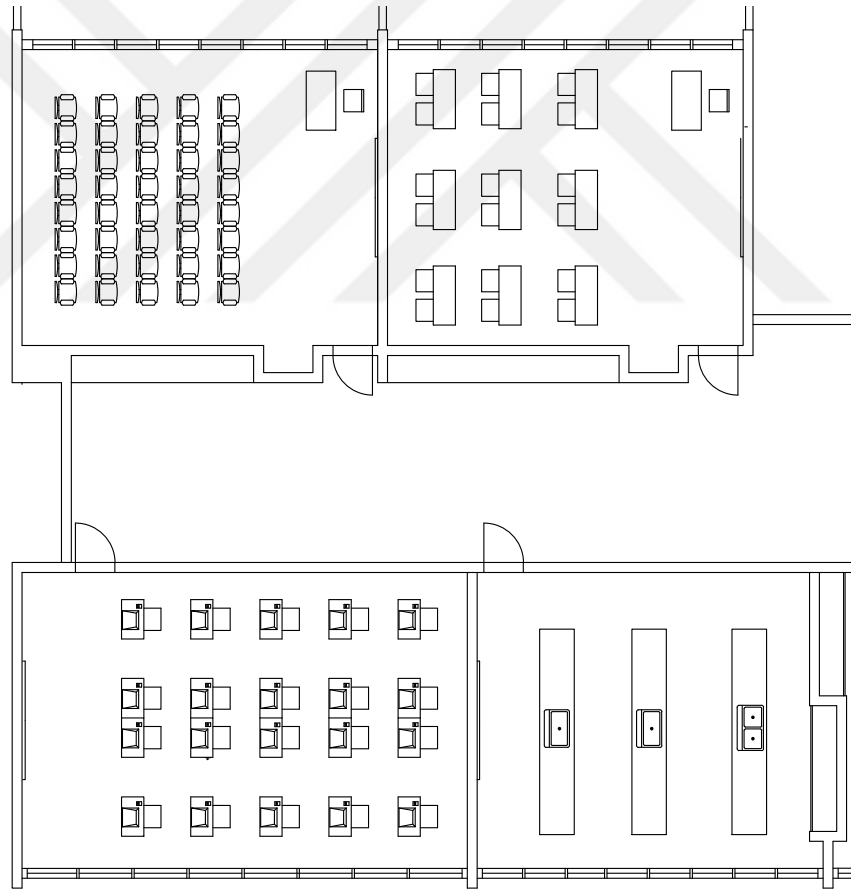
Rastgele seçilen ve özet bir inceleme yapılan bu örneklerden anlaşılabileceği gibi herhangi bir projeye başlamadan önce bölgenin iklimsel verilerinin titiz bir analizi, sürdürülebilir bina tasarımının temel tasarım ilkelerini belirlemede yardımcı olan bir unsurdur. Bu verilerin analizi ve bina hakkındaki diğer verilerin birleştirilmesi sonucunda tasarımın şekillendirilmesi, sürdürülebilir bina tasarımı açısından önem arz etmektedir.

2.1.3.7 Sürdürülebilir Bina Psikrometrileri ve İçsel Isı Kazanım

Psikrometrik Diyagram: İçinde bulunduğumuz mekanların ısı konfor dengesini kurmak ancak birçok verinin bir araya getirilmesi ile sağlanabilmektedir. Bu verilerden bir tanesi de havadaki nem miktarıdır. Isıl konfor alanları yaratmada sıklıkla kullanılan Psikrometrik diyagram, nemli havanın termodinamik özelliklerini diğer değişken verilerle birleştirerek tasarım sürecinde yol gösterici bir rol üstlenmektedir(Norris, 2018-C3). Bölüm 2.1.3.3'te Center for the Built Environment (CBE) ısı konfor hesaplama aracına limitli ve belli başlı değişkenlerin veri girişiyle oluşturulmuş basit psikometrik diyagram kullanılarak nasıl ısı konfor alanları oluşturulabileceğine değinilmişti. Konunun temelini ve değişik metabolizma ve giysi derecelerinin, hava sıcaklık ve nem dengesi ile nasıl etkileşim gösterdiğinin anlaşılmasında psikrometrik diyagramın etkin bir araç olarak kullanıldığından söz edilmişti. Ancak, sürdürülebilir bina tasarımı çok sayıda değişkenin veri olarak girişinin yapıldığı daha kompleks analizlere ihtiyaç duymaktadır. University of California, Los Angeles (UCLA) tarafından geliştirilen ve kullanıma sunulan Climate Consultant programı psikrometrik diyagram oluşturmak ve diğer değişken verilerin analizini yapmak için kullanılan ücretsiz bir programdır. Program mekanik ısıtma ve soğutma sistemlerinin belirlenmesinde kullanılabileceği gibi, pasif tasarım ilkelerinin entegrasyonunu da yaparak kullanıcı için sürdürülebilir bina tasarımında kullanılabilecek sayısal veriler oluşturmaktadır (Hoyt, ve diğerleri, 2017). Bölüm 5'da örnek proje çalışması sırasında Climate Consultant programının nasıl kullanıldığına ve tasarım sürecine nasıl etki ettiğine dair daha geniş kapsamlı bilgi verilmiştir.

İçsel Isı Kazanımı (Internal Heat Gain): İçsel ısı kazanımı bina içindeki insanlardan, aydınlatmalardan ve elektronik ürünlerden elde edilen ısı olarak tanımlanmaktadır ve enerji analizleri yapılırken hesaba katılmaktadır. Özellikle sınıf, tiyatro gibi birim alana düşen insan sayısının yoğun olduğu mekanlarda önem teşkil etmektedir. Gelişen teknolojiler sonucu ve özellikle LED aydınlatma elemanlarının yaymış olduğu ısı sebebiyle, azalmış olsa da yine de bir ısı yayımı söz konusu olmaktadır. Ayrıca gelişen teknoloji ile binalarda kullanımı ve miktarı artan elektronik aletlerin üretmiş olduğu ısı miktarı geçmiş döneme göre artmıştır. Kimi durumlarda avantaj kimi durumlarda dezavantaj sağlayan içsel ısı kazanımı, tasarım aşamasında göz ardı edilmemesi gereken bir unsurdur. **Şekil 2.20**'de sol üst köşedeki sınıf, amfi şeklinde

bir oturma düzenine sahiptir ve öğrenci sayısı yanındaki sınıfa göre daha fazla olduğundan söz konusu sınıfın içsel ısı kazanımı daha yüksek olacaktır. Bu, aynı boyutta ve aynı yöne bakan iki sınıfın farklı ısıtma ve soğutma için farklı miktarda enerjiye ihtiyaç duymalarına sebep olmaktadır. Yoğunluğun fazla olduğu sınıfta soğutma ihtiyacı fazla olacağından ve ısıtma ihtiyacı daha az olacağından diğer sınıfa göre konumunun farklılaştırılması düşünülebilir. Örneğin, doğrudan güneş ışınlarına maruz kalmayacak kuzey cepheye yerleştirilebilir. Aynı durum yine **Şekil 2.20**'de sol alt köşede bulunan bilgisayar odası için de geçerlidir. Bilgisayarların ürettiği enerji içsel ısı kazanımına sebep olacaktır, ki bu sebeple soğutma enerji seviyesinin düşürülmesi adına güneşsel ısı kazanımının daha az olacağı şekilde konumlandırılmalıdır. Bir başka yöntem bilgisayar odasındaki ısıyı diğer mekanlara ulaştırılması olabilir.



Şekil 2.20. Değişken öğrenci yoğunluğundaki sınıf düzenleri.

2.2 Konum Stratejileri ve Yer Seçimi

Konum stratejileri ve arazi analizi, sürdürülebilir bina tasarımında projenin ilk etaplarında yer alan kritik bir faktördür. Yer seçimi, yapının inşasından kullanımına, kullanıcılarından bulunduğu ekosisteme kadar birçok alana etki ettiği için ayrı bir önem taşımaktadır. Birçok sürdürülebilir bina tasarım meseleleri gibi, konum stratejileri de diğer konu başlıklarından tam anlamıyla ayrılamamaktadır, bir bütün olarak değerlendirmeye gidilmektedir. Her ne kadar bu durum, problemlerin ve stratejilerin ayrı başlıklar altında tek tek ele alınmasını zorlaştırıyor olsa da, en azından birtakım durumlar belli başlıklar altına indirgenebilmektedir. Arazi seçimi sırasında önem teşkil eden güneşel yönelim aynı zamanda güneş enerjisi kazanım stratejisi olduğu için bu başlık altında değil pasif enerji korunum ilkeleri başlığı altında yer almaktadır. Dolayısıyla konum seçimi yapılırken diğer tasarım stratejileri de aktif olarak ele alınmalıdır. Bölüm 5'te örnek proje oluşturulurken konum seçimi aşamasında enerji korunum ilkelerinin konum seçimindeki etkisine değinilecektir. Bu bölümde konuya özgün olan bina yer seçiminde enerji odaklı olmayan diğer dikkat edilmesi gereken unsurlara yer verilmektedir. Ayrıca, Bölüm 3.3.1 Alan başlığı altında bahsedilen Yaşayan Bina Sertifika Programı'nın konum kriterleri ve sınırlandırmalarından bağımsız olarak, genel anlamda sürdürülebilir bina tasarımında göz önünde bulundurulması gereken ekolojik, ekonomik, sosyal ve ekolojik kriterler ele alınmaktadır. Birbirleriyle doğrudan bağlantı içinde olan bu değerler, aynı zamanda politik yaptırımların da etkisinde kalmaktadır.

Bina yer seçimi yapılırken ekolojik bağlamda ilk olarak düşünülmesi gereken sorulardan bazıları şöyledir: Bina, yapıldığı yerin ekolojik düzenine nasıl etki edecektir? Binanın su havzalarına mesafesi nedir?; Binanın biyoçeşitliliğe etkisi ne olacaktır? (Norris, 2018-C4) Tıgılı (2018), yeşil bina kavramının günümüzdeki durumuna eleştirel bir bakış getirdiği yüksek lisans tezinde, binaların yer seçimiyle ilgili yaptığı yerinde yorumla⁸ bina kendi başına ne kadar yeşil özellikler ile donatılırsa donatılsın, ekosisteme zarar veren bir arazi seçiminin onu sürdürülebilir

⁸ Bina ne kadar yeşil özelliklerle donatılırsa donatılsın, bir su havzasına inşa ediliyorsa veya gelişmeye açık bir bina kompleksi bir orman alanı sınırlarına inşa ediliyorsa, imara uygun olmayan arazilerin arazi yapısını değiştirerek imara açılıyorsa, tarım alanına inşaat yapılıyorsa ekosisteme zarar veriliyor demektir (Tıgılı, 2018).

bir yapı olmaktan uzağa götüreceği sonucuna varmaktadır (Tıǧlı, 2018). Tıǧlı, aynı tezinde örnek olarak kullandığı şehir merkezinden uzakta, ormanlık bir alan içinde inşa edilen bir hava alanının ekolojik zararlarına değinirken aynı zamanda ulaşımın zorluğu ve fosil yakıt tüketen araçlarla yapılan ulaşımın doğan çevresel ve ekonomik problemlere de değinmektedir. Şehir merkezlerinden uzakta yapılan projelerin, ekolojik tahribatının yanı sıra ekonomik zararları da düşünölmelidir. Toplu taşıma ile kolay ulaşılın hatta yürüyerek ya da bisiklet kullanımı ile ulaşılın yapıların araç kullanmaktan doğan çevreye ve ekonomiye olan negatif etkileri minimum düzeyde olacaktır. Dolayısıyla arazi seçimi yapılırken yapının ulaşımının da sorgulanması önem teşkil etmektedir. Yürüyerek ya da bisiklet kullanımı ile ulaşılın yapılar, bir yandan hava kirliliğı ve para kaybını engellemekte, diğeryandan söz konusu aktiviteler toplumun sağlığına da olumlu etki etmektedir. Yaşayan Bina Sertifika Programı, bu bağlamda arazi seçimi ile ilgili katı kurallar getirmekte ve doğal yaşam alanları içinde yeni arazilerin imara açılarak yapılaşmasına kesinlikle izin vermemektedir. Ayrıca bisiklet kullanımını ve yürüyerek ulaşımı teşvik edici yaptırımlar da getirmektedir.

Yer seçimi açısından değinilmesi gereken başka bir kriter ise binanın mevcut altyapıya olan mesafesidir. Mevcut altyapının ulaşmadığı yerlerde yapılan binalar, yeni bir altyapıya gerek duymaları sebebiyle çok daha maliyetli olacak ve yeni altyapının çevreye vereceğı zarar da dikkate alındığında, bu binalar sürdürülebilir bina olmaktan uzaklaşacaktır.

Bu bağlamda bir diğerykriter de arazinin jeolojik özellikleridir. Gerek ekolojik gerek ekonomik gerekse sağlığı etkileyen sebeplerden dolayı inşaat yapılmasının elverişli olmadığı alanlar şöyle sıralanabilir:

- “- Bölgenin tektonik yapısı; bölgede gelişen ve gelişebilecek yer hareketleri,
- Yapısal süreksizlikler; erime boşlukları⁹ ve eski dere yatakları gibi yapılaşmaya elverişsiz zeminler,
- Heyelan bölgeleri ve yönleri,

⁹ Kireçtaşı gibi yumuk kayalarda zaman içinde yağmurun etkisi ile oluşan erimeler. Bu tür jeolojik özelliklik gösteren araziler üzerinde inşaat yapılırken göçme risklerine karşı önlemler alınmalıdır (Arkoç & Özşahin, 2015).

- Şev duyarlılığı; dik yamaçların stabiliteleri,
- Bölgenin taban suyu değerleri,
- Bölgeyi oluşturan kayaçların özellikleri,
- Bölgedeki jeopatojen¹⁰ bölgeler; yer altı jeolojik kayma bölgeleri, yer altı su akıntıları, maden yatakları...” (Mutlu, 2011)

2.3 Sürdürülebilir Yapı Tasarımında Enerji Korunum İlkeleri

Sürdürülebilirlik dendiğinde, akla ilk olarak, en büyük sorunlardan biri olan enerji krizi bağlamında enerji etkin bina kavramı gelmektedir. Enerji etkin bina yaratmada en önemli unsur, doğru bir tasarımla yenilenebilir enerji kaynaklarından maksimum faydayı ve bina içi enerjinin korunumunu sağlamaktır. Bu bağlamda enerji etkin bina ortaya çıkarmada aktif ve pasif olmak üzere iki genel tasarım tekniği karşımıza çıkmaktadır. İsimlerinden de anlaşılacağı gibi, pasif teknikler genelde herhangi bir mekanik mekanizmanın dahil edilmediği basit sistemlerken, aktif teknikler genelde gelişmiş teknolojilerin dahil edildiği sistemleri içermektedir (Bergman, 2012). Aralarındaki en büyük fark şöyle özetlenebilir: Aktif tekniklerin amacı, birkaç teknik hariç çoğunlukla binanın enerji tüketimini sürdürülebilir enerji kaynaklarıyla karşılamakken; pasif tekniklerin amacı binanın enerji tüketimini azaltmaya odaklı tasarım yaklaşımları olmasıdır. Pasif tasarım tekniklerini aktif tasarım tekniklerinden ayıran bir diğer fark ise aralarındaki tarihsel sürecin çok büyük olmasıdır. Birçok pasif teknik aslında yüzyıllardır kullanılan ancak sanayi devrimiyle birlikte önemsiz görülmeye başlanmış, niteliği unutulmuş, inşa ve tasarım teknikleridir. Modern bina teknolojilerinin kullanımı, gelişen ısıtma ve soğutma sistemleri, binaların nerede olursa olsun aynı biçimde tasarlanmalarına ve inşa edilmelerine olanak sağlamıştır. Yöresel mimarinin yok olmaya başlaması, binaların bölgenin iklimsel ve topografik özelliklerinden bağımsız olarak mekanik sistemlere bağımlı olarak inşa edilebilmelerinin bir sonucudur. Üzerinde çok sayıda araştırma yapılmış ve çok geniş kapsamlı olabilecek olan bu konu hakkında tezin bu bölümünde, beşinci bölümde örnek proje tasarımı yapılırken kullanılan ve dördüncü bölümde ki örnek

¹⁰ Yer altı çatlak, boşluk ve su akıntılarının üstünde oluşan ısınlamalar sağlığı etkileyici özellikler gösterebilir. Bu tür bölgeler yapı biyografisi dilinde „jeopatojen bölge“ olarak tanımlanır (Mutlu, 2011).

uygulamaların incelenmesine yardımcı olan teknik ve analizlerin temelini oluşturan özet bilgiler ve örnekler literatür taraması sonucunda verilmiştir.

2.3.1 Pasif Tasarım Teknikleri

İnsanın kendine barınak inşa etmeye başladığı günden beri yapıları doğa koşullarına karşı koruyucu önlemler alarak inşa etmesi, aslında bir bakıma günümüzde kabul gören enerji etkin bina tasarımında kullanılan pasif tasarım ilkelerinin temelini oluşturmaktadır. Tarih boyunca geçerliliği ve etkisi kanıtlanmış olan bu sistemler, mekanik sistemlerin ve günümüz teknolojilerinin dahil edilmemesi nedeniyle çok daha az ya da hiç bakım gerektirmeyen basit ve aktif sistemlere göre genellikle maliyeti daha düşük olan tasarım teknikleridir.

2.3.1.1 Güneşsel Yönelim ve Isıl Kütle

Güneş ışınlarından doğrudan ya da dolaylı bir şekilde binalarda ısı kazancı sağlamada kullanılan bu yöntem, güneşin mevsimsel olarak değişen açısının yardımıyla güneş enerjisinden faydalanmanın yüz yıllardır kabul gören en basit ve etkin şeklidir. Arazi seçimi ve yerleşiminde de etkili bir rol oynayan bu yöntemin uygulanmasında yapının ayak izi, kütlesi, yönelimi, plan şeması, cephesi ve pencere açıklıkları önem teşkil etmektedir (Norris, 2018-C4). Amerika Birleşik Devletleri Enerji Departmanı bu yöntemin uygulanabilmesini dört ilkeye bağlamaktadır – Toplama, Depolama, Dağıtım ve Kontrol (US. Department of Energy, 2019).

Toplama:

Güneş ışınlarının toplanması için yapının gerçek güneyinden otuz derecelik sınırlar içine planlanan büyük saydam yüzeylerdir. Pencere ve benzeri yüzeyler ısıtma sezonunda sabah saat 9.00'dan öğleden sonra saat 15.00 arasında gölgede kalmayacak şekilde planlanmalıdır. Arazi ve yer seçiminin ön plana çıktığı bu durumda, yapının diğer bina ve ağaçların gölgesinde kalmayacak şekilde konumlandırılması gerekmektedir (DeKAY & Brown, 2014).

Isıl Kütle-Depolama:

Güneş ışınlarından elde edilen ısıyı depolayan beton, taş, tuğla ve su gibi ısı depolama özelliği yüksek olan malzemedir (DeKAY & Brown, 2014).

Dağıtım:

Isının toplandığı ve depolandığı yerden yapı içinde ısı ihtiyacı olan diğer alanlara transferi. Tam pasif ısıtma için, ısıнын sirkülasyonunda mekanik sistemlerin kullanılmaması önerilmektedir (DeKAY & Brown, 2014).

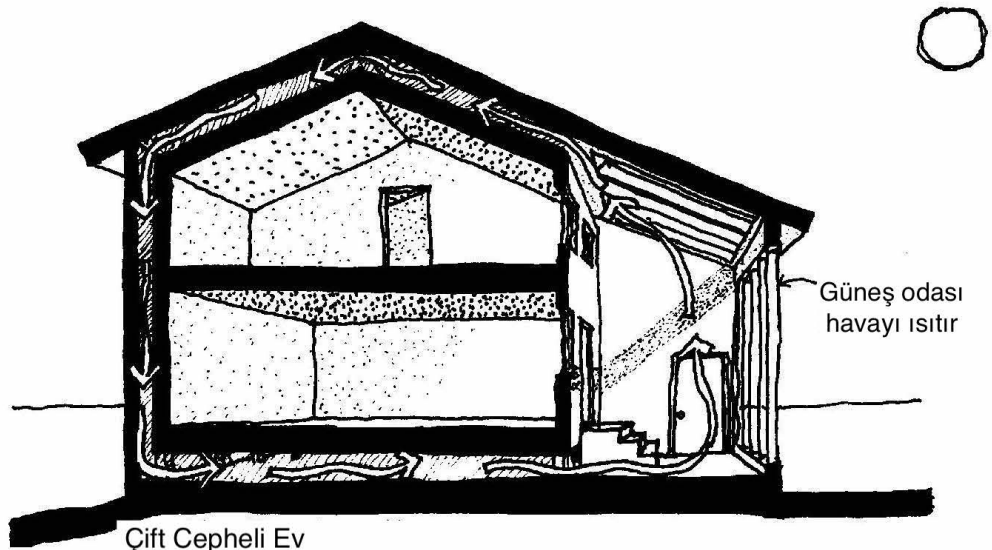
Kontrol:

Yazın aşırı ısınmanın önlenmesi için saçak, güneş kırıcı, perde gibi kontrol elemanlarının kullanımı.

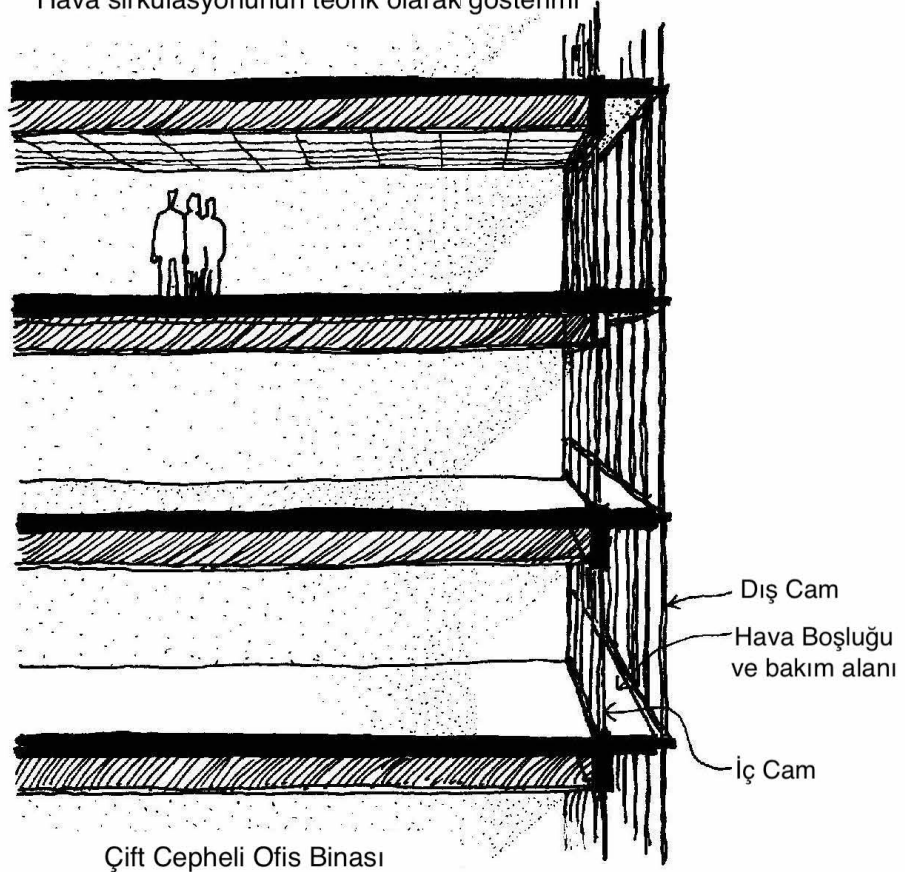
Binanın ısıl kütle stratejisinden en yüksek şekilde faydalanabilmesi için pencerelerin konumlarının yanı sıra binanın şeklinin ve planlamasının da ona göre yapılması gerekmektedir. En basit olarak, bina doğu batı doğrultusunda ve pencerelerin konumlandırılması için güneye en fazla cephe verecek biçimde şekillendirilmelidir. Bir ev tasarımında güney cepheye gündüz yaşam mekanları ve kuzey cepheye servis mekanları ve gece kullanılan yatak odaları yerleştirilebilir (Bergman, 2012).

2.3.1.2 Çift Cidarlı Cephe

Çift cidarlı cephe kullanımındaki amaç iç mekân ile dış mekân arasında ısıl bariyer oluşturmaktır. Bir cephede kullanılabileceği gibi binanın etrafını saracak şekilde de tasarlandığı görülmektedir. Malzeme israfı olarak görülebilsede, iyi tasarlandığı takdirde enerji etkin yapı oluşturmaya yardımcı yüksek olmaktadır. Basit formunda güney de iki cam cephe oluşturulmaktadır. Katı depolama kütlesi olmayan bu sistemde iki cephe arasındaki hava, güneş ışınlarıyla ısınmakta ve hava ısı depolama kütlesi olarak çalışmaktadır. Mevsimine göre bu ısınan hava ya binayı ısıtmak için kullanılmaktadır ya da çatıdan dışarıya atılmaktadır (Bergman, 2012). Havalandırma ve sirkülasyon bölümünde değinilecek baca etkisinin oluşturulmasında da kullanılabilen bu iki cephe tasarımının bir adım ötesine gidildiğinde, bu bariyer alanın kullanılabilen mekanlara dönüştürüldüğünü görmekteyiz. Kış bahçeleri olarak adlandırılabilen bu mekanlar ya ısıl kütle kullanarak kış bahçesinden ısıнын difüzyon yoluyla iç mekanlara aktarılmasında ya da termosifon sistemi diye adlandırabileceğimiz mekanlar arası havalandırma kapaklarıyla hava ve dolayısıyla ısı transferinin sağlandığı sistemler yaratmada kullanılırlar (Mutlu, 2011) .



Çift Cepheli Ev
Hava sirkülasyonunun teorik olarak gösterimi



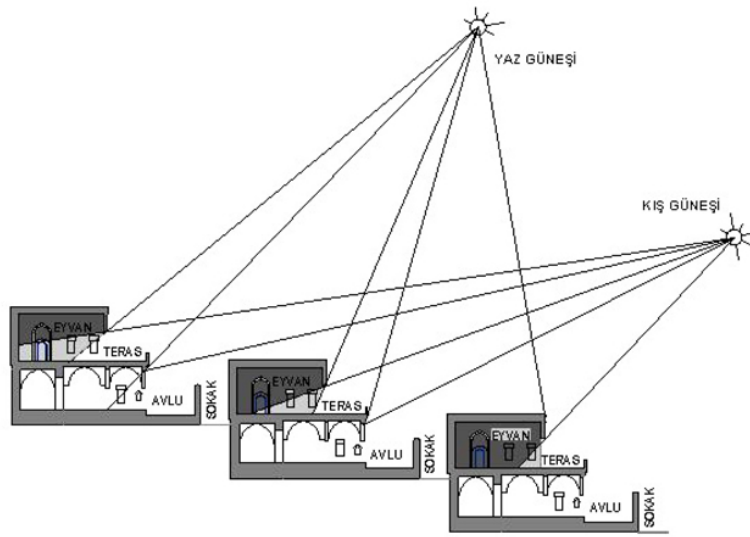
Çift Cepheli Ofis Binası

Şekil 2.21. Çift cıdarlı ev ve ofis örneği (Allen, 2005).

Şekil 2.21’de, güneş odasına sahip bir evde, güneş odası sayesinde sağlanan solar ısı kazanımıyla ısınmış havanın evin etrafında sirkülasyonunu gösteren ve çift cıdarlı bir ofis binasının kesitini gösteren çizimler yer almaktadır.

2.3.1.3 Toprağa Gömme

Yüz yıllardır kullanılan toprağa gömme tekniği, binanın bir kısmının toprak altına yerleştirilmesi ile gerçekleştirilmektedir. Toprağın doğal izolasyon malzemesi olarak kullanıldığı toprağa gömme tekniği, gerek binanın kuzey rüzgarından korunmasını sağlamak gerekse bina içindeki ısınn dışarıya çıkmasını önlemek için uygulanmaktadır. Eğimli arazide uygulanması daha kolay olan bu teknik ya binanın belli bir kısmının toprak seviyesinin altında inşa edilmesi ya da bina inşa edildikten sonra toprak yığılarak tepelik oluşturulması ile uygulanabilmektedir.



Şekil 2.22. Mardin evleri iklimsel analizi (Aidan, 2017).

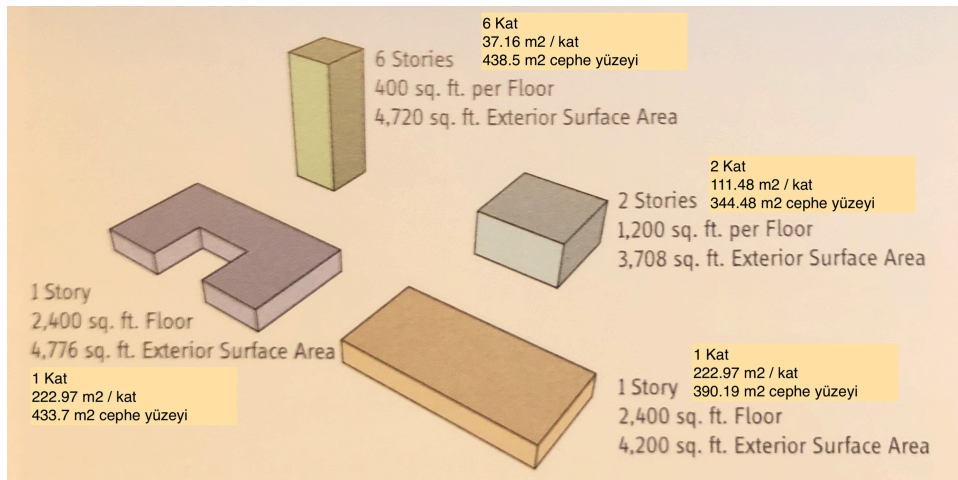
Yöresel yapılardan olan tarihi Mardin evlerinde toprağa gömme tekniği, topografyanın elverişliliğinin fırsata dönüştürülmüş olması olarak kabul edilebilir. Bu teknik yazın serin, kışın sıcak mekanlar yaratmada yöre halkına yardımcı olmuştur. Mardin evlerinin yanı sıra yöresel mimaride sıklıkla karşımıza çıkan bu tekniğin, modern dönemde görülen başka bir örneği ise Kaliforniya’da Monterey koyunda yapılması planlanan tatil ve spa merkezidir. Projenin sadece enerji tasarrufu sağlamak için değil, yeşil alan korunumu ve habitat dengesi gibi diğer ekolojik sebeplerden dolayı toprağa gömülmesi planlanmıştır.



Şekil 2.23. Monterey Bay Shores Ecoresort, Wellness Spa, and Residences (Monterey Bay Shores , 2008).

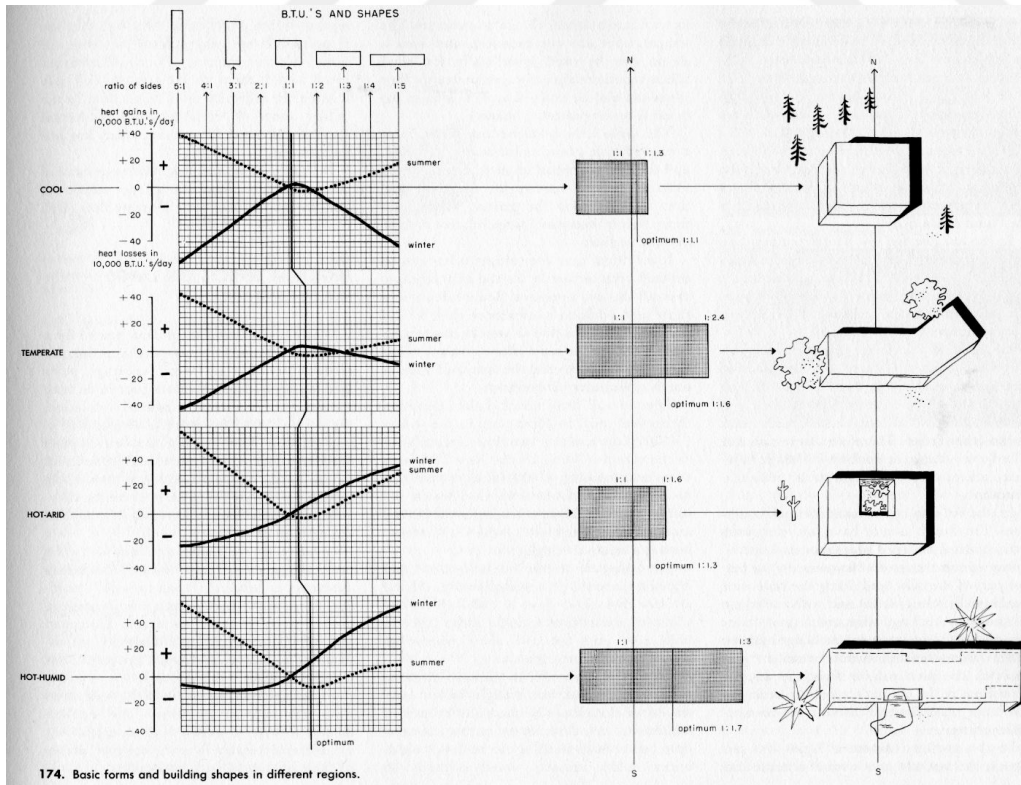
2.3.1.4 Yüzey-Hacim Oranı

Bergman, Sustainable Design (2012) kitabında yüzey hacim oranını açıklarken genellikle hacmine oranla daha az cephe yüzeyi olan binaların enerji korunumu bakımından daha verimli olduğundan bahsetmektedir (Bergman, 2012). Bergman, bu düşüncüyü savunurken ısı kaybını ve ısı kazanımını baz almaktadır. Dış cephe yüzeyi daha az olan binaların kışın daha az ısı kaybedeceğini ve yazın daha az ısı kazanımı yapacağını savunmaktadır (Bergman, 2012). **Şekil 2.24**'te görüldüğü üzere tek katlı dikdörtgen binanın cephe yüzeyi diğer U şeklindeki binaya göre daha az olduğu için enerji performansı daha iyi olacaktır.



Şekil 2.24. Cephe yüzey-Hacim oranı (Bergman, 2012).

Bergman, kitabında bu açıklamayı yaparken açık bir şekilde iklim koşullarını göz önünde bulundurmuyarak, yalnızca soğuk iklim koşullarına göre değerlendirme yapmıştır. İklim koşullarını dikkate alındığı zaman yukarıda bahsedilen tasarım ilkesinin enerji etkin bina tasarımında her zaman için geçerli olmamaktadır. Olgyay, Design With Climate (2015) kitabında farklı iklim koşullarına göre bu oranın değişmesi gerektiğini savunmaktadır. **Şekil 2.25'e** bakıldığında, değişik iklim koşullarına göre ısı ve nem dengesini sağlayabilmek için yapının kütle-cephe oranlarının farklılık gösterdiğini, soğuk iklimde daha kompakt bir binanın enerji veriminin daha iyi olacağı, sıcak ve nemli bir iklimde daha geniş ve cephe yüzeyleri fazla olan binanın daha verimli olacağı savunulmaktadır. **Sıcak ve nemli bölgelerde, güneşin sabah ve öğleden sonraki yatay açıyla gelen ışınlarının binanın doğu ve batı cephelerinde ısınma etkisi yapacağını ve bu sebeple binanın doğu batı aksında uzunlamasına şekillenmesinin daha doğru olacağı belirtilmektedir.** Böylelikle doğu ve batı cephesi minimum yüzey alanına sahip olacaktır. Güneşin gökyüzünde yüksek olduğu saatlerden çatı ile gölgelendirme yapılabilecektir. Ayrıca plan düzleminde oluşturulan açıklıklar rüzgar ile havalandırma olanağını sağlayacak ve yapı içindeki nemin atılmasını kolaylaştıracaktır (Olgyay, 2015).



Şekil 2.25. Değişik bölgelerde basit formlar ve bina şekilleri (Olgyay, 2015).

Binanın enerji kullanım yoğunluğu üzerinde sadece ısıtma ve soğutma enerji tüketimi değil, aynı zamanda yapay aydınlatma enerji tüketimi de etki göstermektedir. Bu bağlamda **Şekil 2.24**'te görülen dikdörtgen şeklindeki tek katlı binanın orta noktalarına doğal ışık ulaşımı yetersiz olabileceğinden, yapay aydınlatma enerji tüketiminin yükselmesi olasılık dahilindedir. Bu noktada detaylı analiz yapılmalı ve mekan planlaması ona göre şekillendirilmelidir.

2.3.1.5 Pencere ve Cam Cephe

Pencereler yapıda değişik roller üstlenmektedirler. Doğal aydınlatma ve havalandırma için gerekli olan pencereler aynı zamanda pasif solar ısı kazanımı açısından da kritik rol oynamaktadır. Ayrıca ısı kaybının en çok yaşandığı noktalar olan pencereler binada kullanılan pasif tasarım ilkeleri, iklim koşulları ve yönelim dikkate alınarak tasarlanmalıdır. Farklı koşullar için farklı özellik ve boyutlarda kullanılması gereken pencerelerin performanslarının belirlenmesinde kabul görmüş faktörler şunlardır: Solar Isı Kazancı-Solar (Solar Heat Gain Coefficient – SHGC), Gün ışığı geçirgenliği (The Visible Transmittance – VT ya da Visible Light Transmission-VTL), ısı iletkenlik değeri (Thermal Conductance – U-Value), infiltrasyon¹¹ (Infiltration) ve buğulanma direncidir (Kibert, 2016). SHGC ve VT, pencerelerin radyasyon geçirim performansı için kullanılmaktadır. SHGC 0 ile 1 değeri arasında ölçülmekte ve pencerenin ya direkt olarak radyasyon geçirimi ya da solar radyasyon emme özelliklerine göre değerlendirilmektedir. Sayı sıfıra ne kadar yakınsa pencere o kadar az radyasyon geçirmekte ve ısı kazancı azaltmaktadır. Pencereler vasıtası ile pasif ısı kazanımı sağlanmak istenen güney cephelerde yüksek SHGC değerli pencereler kullanılmalıdır. Doğu-batı cepheleri gündüz ve akşam üzerleri yatay olarak güneş ışınlarına maruz kalmaktadırlar. Kış aylarında solar ısı kazanımı için verimli olmayan günün bu saatleri, yaz aylarında binanın solar ısı kazanımına sebep olmaktadır, ki bu (aşırı soğuk iklimler hariç) istenilen bir durum değildir. Bu sebeple güneş kırıcılarının kullanımının da zor olduğu doğu ve batı cephelerinde SHGC değeri yüksek camlı pencereler tercih edilmelidir. VT değeri 0 ila 1 arasında ölçülmektedir ve değer ne kadar yüksekse cam o kadar çok görünen

¹¹ Pencerelerin hava sızdırmazlığı için kullanılan terim. “Literatürde hava sızdırmazlığı, 50 Pa’lık bir basınç farkında bina kabuğunun birim yüzey alanından birim saatte dış ortama sızan veya dış ortamdan binaya nüfuz eden hava hacmi olarak tanımlanmaktadır” (Cüce, 2017).

gün ışığını geçirmektedir. Gün ışığının tercih edildiği mekanlarda yüksek VT değerli camlar kullanılırken, ofis gibi ekran ve masa yüzeylerinde parlamanın tercih edilmediği mekanlarda düşük VT değerli cam kullanılan pencereler tercih edilmektedir (Kibert, 2016). U-değeri pencerenin ısı kaçağını engelleme performansı için kullanılan terimdir. U-değeri ne kadar düşük ise pencere o kadar çok ısı kaçağını engellemektedir. Ölçeklendirme genellikle 0.20 ile 1.20 arasında bir değerde olmaktadır (Bergman, 2012). Düşük U-değerli pencereler daha iyi ısı yalıtımı sağladıkları halde, bazen yüksek maliyet değerlerinden ve daha ekonomik olan düşük U-değerli pencerelere göre kayda değer bir farkta enerji korunumu sağlamadıkları için tercih edilmeyebilirler. Ayrıca U-değerini yükseltmek için pencerelerin SHGC değeri düşürülmekte ve ayrıca Low-e kaplamalar kullanılmaktadır ki bu da solar ısı kazanımının istenildiği durumlar için uygun olmayacaktır. İnfiltrasyon değeri, pencerenin yüzey alanına oranla hangi miktarda hava sızdığının ölçümü için kullanılmakta ve birim olarak ABD’de cfm/sqft ve Avrupa’da $m^3/h \cdot m^2$ değeri kullanılmaktadır. Cüce (2017) makalesinde yetersiz hava sızdırmazlığının bina cephesinde oluşan ısı kaybının %40’ından sorumlu olabileceğinden bahsetmekte ve hava sızdırmazlığına etki eden faktörler olarak pencerenin tasarım ve yapım kalitesini, rüzgar şiddetini, bina yönelimini ve kötü montajdan kaynaklı problemleri saymaktadır (Cüce, 2017).

Binalarda kullanılan pencerelerin kalitesi ve performansının yanı sıra boyutları ve cepheyle oranları da enerji etkin bina tasarımında önem teşkil etmektedir.

2.3.1.6 Yalıtım

20. yüzyılın ortalarına kadar birçok bina ısı yalıtımı kullanılmadan inşa edilmekteydi. 1973’teki enerji krizinden sonra ısı yalıtımının kullanılıp kullanılmamasının sorgulanması bırakılmış, artık söz konusu yalıtım için ne tür ve ne boyutlarda malzeme kullanılması gerektiği sorgulanmaya başlanmıştır. Genel anlamda ne kadar çok yalıtım kullanılırsa o kadar iyi enerji korunumu sağlanacaktır düşüncesi başlangıç için uygun olsa da belli bir miktar kullanıldıktan sonra verim orantılı olarak düşmektedir. Yalıtım her seferinde iki katına çıkartıldığında, ısı kaybının yarı oranında düştüğü belirlenmiştir. Ancak bu durum başlangıçta ısı kayıp oranını etkili bir şekilde değiştirse de bir kaç sefer katlandıktan sonra aynı verim elde edilmemektedir. (1/32- 1/64 -1/128 gibi) (Lechner, 2015).

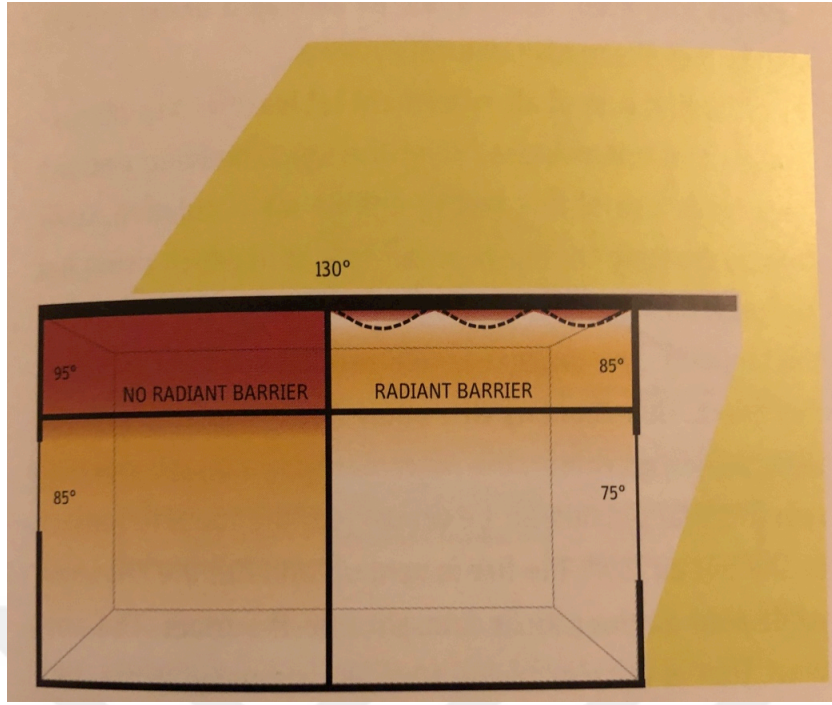
2.3.1.7 Serin Çatı ve Işınım Bariyeri

Isıl kütle kullanımı ile ısıнын depolanması hedeflenirken çatı örtüsünün kullanımında durum ters işlemektedir. Özellikle yaz aylarında çatı yüzeyinden güneş ışınları yansıtılarak ısıнын depolanması engellenmelidir. Bunun birinci sebebi bina içindeki ısı kazanımını azaltmaktır. Koyu renkli çatı malzemesi, ısı depolamak bakımından ısııl kütle ilkesi için verimli olsa da yaz ayları için tercih edilmemektedir. Çatı yüzeyinden güneş ışınlarını yansıtmanın bir diğer amacı da ısı adası¹² olgusunun önüne geçilmesidir. Birçok ölçülendirme sisteminin kullanıldığı bu kavram için en çok albedo diye adlandırılan derecelendirme sistemi tercih edilmektedir. Bu sistemde çatılar 0 (bütünüyle emici) ile 1 (tamamen yansıtıcı) arasında derecelendirilmektedir. Energy Star¹³ almış bir bina en az 0.65 albedo değerindeki düz çatı ya da 0.25 albedo değerindeki eğik çatı bulundurulmalıdır. Kış ayları için dezavantaj yaratan bu durumun çözümü için yıl boyunca renk değıştiren çatı malzemeleri için çalışmalar yapılmaktadır (Bergman, 2012).

Yaz aylarında çatıdan ısı kazanımını azaltmanın bir diğer yöntemi de radyan bariyer diye adlandırılan tekniktir. Söz konusu teknik, çatı kaplama malzemesi altına yerleştirilen yansıtıcı malzemelerle çatı yüzeyinden aktarılan ısıнын yansıtılması için kullanılmaktadır. Tek ya da az katlı binalarda etkili olan bu sistemin çok katlı binalarda yaz ayları için soğutma masraflarını ne kadar düşüreceğı tartışma konusudur. Binanın üst katları için etkili olabilecek bu yöntem, çok katlı binalarda toplam enerji tüketiminin azaltılmasına pek etki etmemektedir. Ayrıca, ısııl ada olgusu için de etkili bir sistem değildir. Serin çatı sistemi de aynı şekilde yüksek katlı binalarda sadece binanın üst katları için avantajlıdır. Ancak ısı adası olgusu için etkili olan bu sistemin kullanımında binanın yüksekliğı önem arz etmediğı için radyan bariyerli çatı sistemine göre daha avantajlı konuma geçmektedir (Bergman, 2012).

¹² Isı adası etkisi: Kentleşmiş alanlarda yaşanan bu durum, kentlerdeki koyu renkli asfalt yolların, kaldırımların, bina cephelerinin ve çatılarının solar radyasyon sebebiyle ısınması sonucu kentin sıcaklığının çevresindeki kırsal alana göre daha fazla olmasıdır. Sıcaklık farkı 10°C (15°F) olabilmektedir (URL17, 2013)

¹³ Energy Star® : U.S. Environmental Protection Agency (EPA) tarafından kurulan, firma ve kuruluşlara enerji etkin çözümler sunan, hava kalitesini ve iklimi korumayı hedeflemiş gönüllü bir programdır (URL18).



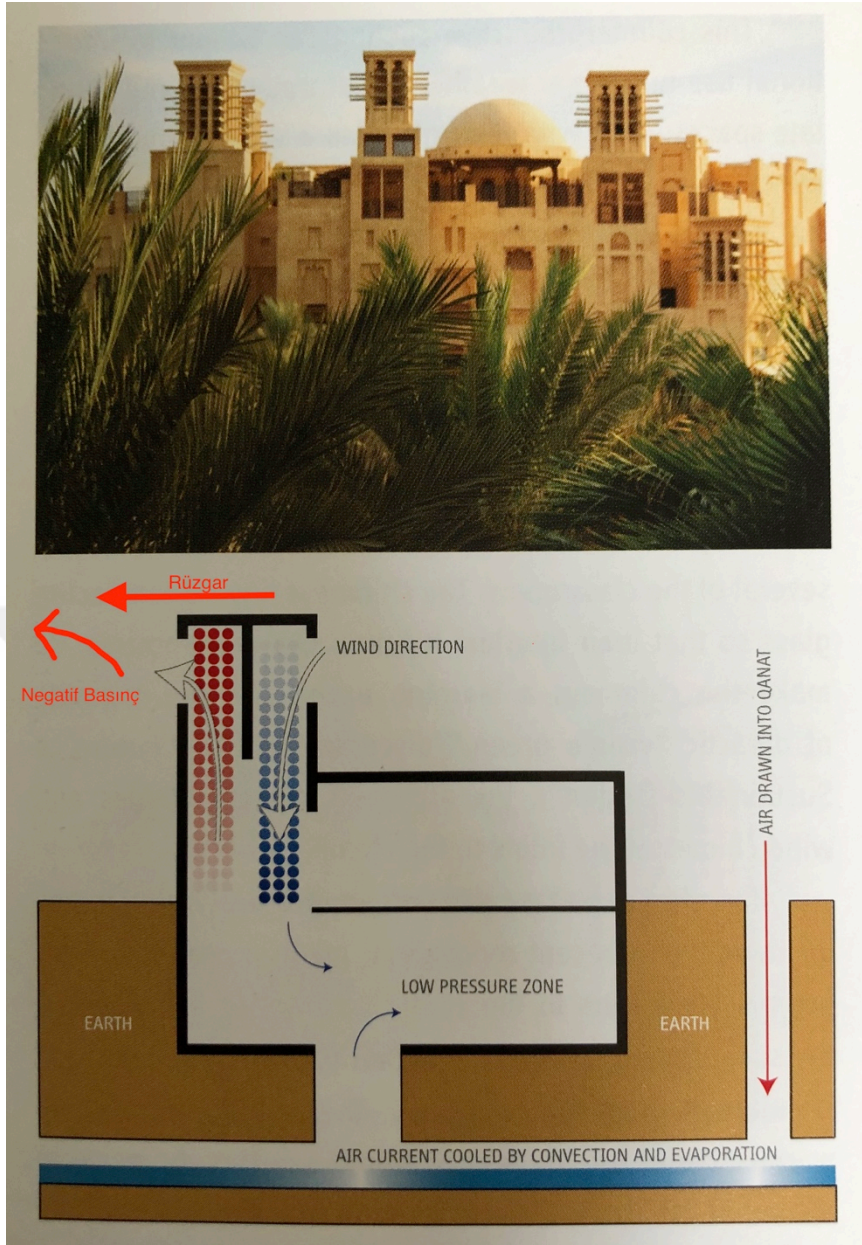
Şekil 2.26. Radyan Bariyerinin serinletici etkisi (Bergman, 2012).

2.3.1.8 Havalandırma ve Sirkülasyon

Pasif enerji korunum ilkeleri çoğunlukla ısı kaybını engellemeye ve solar ısı kazancı sağlamaya yönelik olsa da doğal havalandırma ve serinletme yöntemleri iklim koşullarının elverdiği bölgelerde kullanılan başarılı bir teknik olup, mekanik serinletme masraflarını düşüren bir yöntemidir. Aslında yüzyıllardır kullanılan doğal havalandırma yöntemleri günümüz teknolojilerinin vermiş olduğu refah seviyesinden dolayı unutulmuş ya da göz ardı edilmiş durumdaydı. Ancak yeşil bina ya da sürdürülebilir yapı tasarımının hayatımıza girmesinden sonra enerji korunumunun sağlanması için bu bilinen yöntemler tekrardan aktif bir şekilde tasarımlarda kendine yer edinmeye başlamıştır.

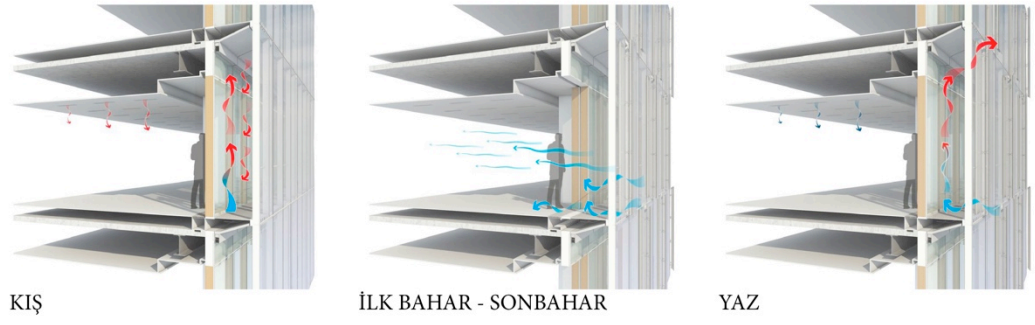
Doğal havalandırma tekniklerinde bilinmesi gereken en basit fizik kuralı ısınan havanın yükselmesidir. Doğal havalandırma için yapılan tasarımların birçoğu bu fizik kuralına bağlı olarak işlemektedir. Bunun yanı sıra rüzgarın oluşturmuş olduğu negatif ve pozitif basınç alanları da doğal havalandırma için faydalanılan bir diğer fizik kuralı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu iki temel fizik kuralı, birçok diğer yardımcı fizik kuralları ile birleştirilerek daha aktif bir havalandırma elde edilebilmektedir. Örnek olarak suyun buharlaştırılması ya da yoğunlaştırılması nem dengesini sağlamak için kullanılabilir.

Isınan havanın yükselmesi ilkesine bağılı olarak karşımıza çıkan tasarım, baca etkisi denilen, bina içinde ısınan havanın çatı seviyesinden dışarı atılmasıdır. Bu yöntem eski çağlardan beri kullanılan bir yöntemdir. En bilinen yöresel yapı örneğı olarak İran da uygulanan rüzgar bacalarıdır (Bergman, 2012). **Şekil 2.27'** da bu havalandırma yönteminin nasıl işlediğı görölmektedir. Bacanın bir tarafından giren hava bina içinde ısınarak diğerk taraftan yükselerek binayı terk eder. Burada **Şekil 2.27'**de görölmeyen ancak sistemin verimli çalışmasına etki eden bir diğerk unsur, rüzgarın bacanın diğerk kısmında oluşturmuş olduğı negatif basınç-emme etkisidir. İran iklim koşulları kurak olduğı için kullanılan ve qanat diye adlandırılan binanın altında yer alan su kanalları hem havanın serinletilmesi hem de nemlendirilmesi için esas baca sistemine ilave edilen verimi arttırıcı bir yöntemdir. Bina içinde oluşturulan düşük basınç etkisiyle bu kanallardan bina içine hava akımı sağlanmaktadır. Kanal içine diğerk uçtan giren hava kanal boyunca ilerlerken suyun etkisiyle serinler ve nem kazanır.



Şekil 2.27. İran yöresel yapılarında rüzgar bacaları ve qanat sistemi (Bergman, 2012).

Günümüz modern binalarında bu yöntem, İran yapılarına benzer bireysel bacalar kullanılarak yeniden etkin olmaya başladığı gibi gelişen analiz yöntemlerinin yardımıyla büyük binalarda atriumların baca etkisi yaratacak biçimde tasarlanmaları şeklinde de karşımıza çıkmaktadır. Gensler Mimarlık tarafından tasarlanan PNC Bank'ın Pitsburg'taki 33 katlı genel merkez binası bu sistemi iddialı bir şekilde kullanan bir yapıdır. Pitsburg iklim koşulları yılın %42'lik bir diliminde doğal havalandırma ya elverişli şartlar oluşturmaktadır. Bunu fırsat edinen bina sonbahar ve ilkbahar aylarında doğal havalandırma kullanabilecek şekilde tasarlanmıştır (Berg, 2016).



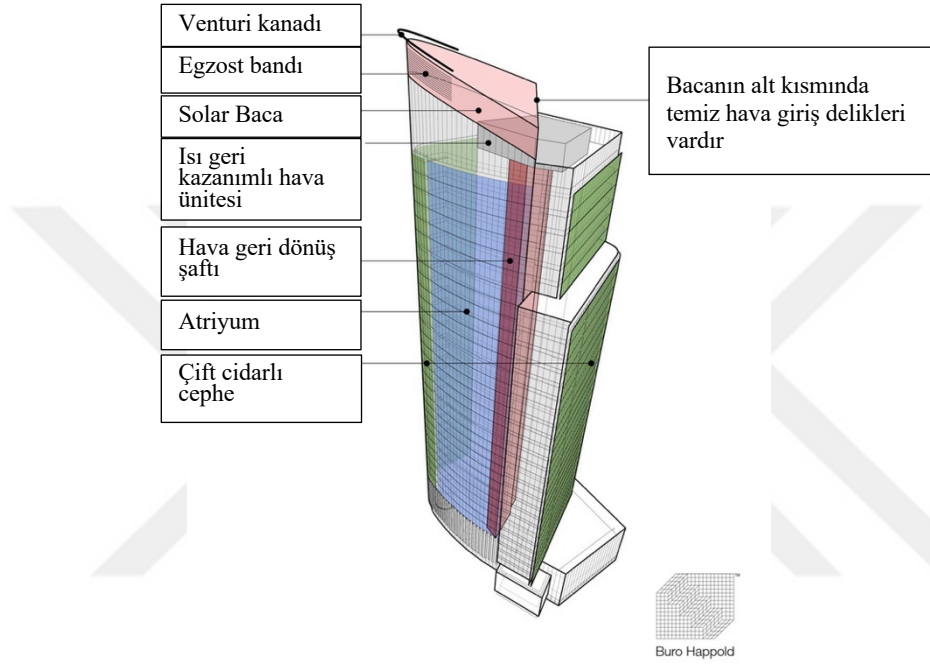
Şekil 2.28. PNC Plaza Çift Cidarlı Cephe Çalışma Mekanizması (Berg, 2016).

Şekil 2.28’de PNC Plaza Binası’nın çift cidarlı cephesindeki havalandırma sisteminin değişik mevsimlerde nasıl çalıştığı grafik bir dille anlatılmıştır. Kışın tamamen kapalı olan iki cephe arasında solar radyasyonla ısınan hava yükselmekte ve her katın tavan hizasındaki kanalda toplanarak bina içine verilmektedir. İlkbahar ve sonbahar mevsiminde ise cephe açılarak doğal havalandırma sağlanmaktadır. Yazın ise cephenin döşeme ve tavan seviyesinde açıklık yaratılarak iki cephe arasında ısınan hava dışarıya çıkartılmaktadır.



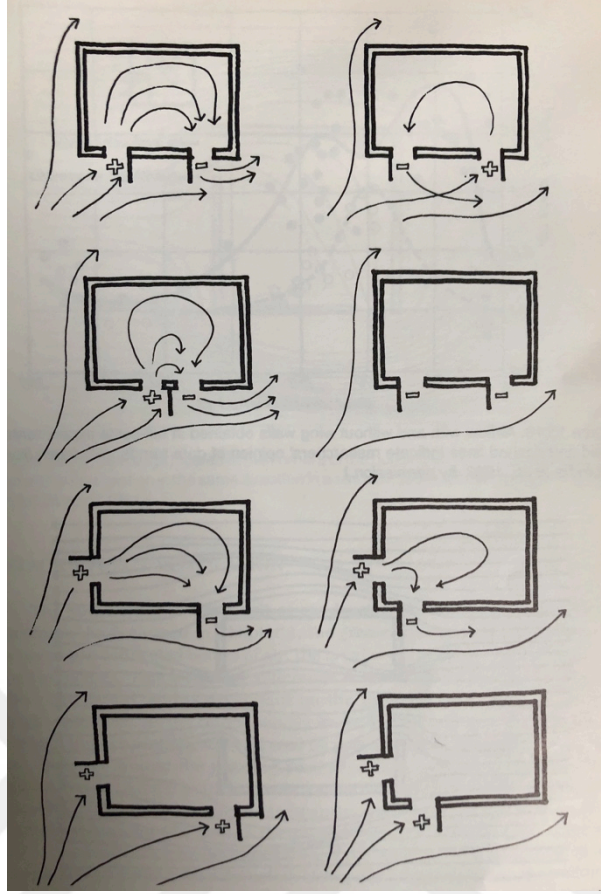
Şekil 2.29. PNC Plaza Hava Sirkülasyon Şeması (Berg, 2016).

Şekil 2.29'da PNC Plaza'nın baca etkisiyle çalışan doğal havalandırma sistemi grafik bir dille anlatılmaktadır. Çatı seviyesinde oluşturulan solar baca strüktürü içinde solar radyasyonla ısınan hava yükselip bacadan dışarı çıkarken, binanın alt katlarından ısınarak yükselen havayı çekip binanın orta kısmında negatif basınç oluşturmakta ve bu negatif basınç cephelerden bina içine doğru hava akımı yaratmaktadır. Böylece bina içinde devamlı bir hava sirkülasyonu gerçekleşmekte ve binayı serinletmektedir.



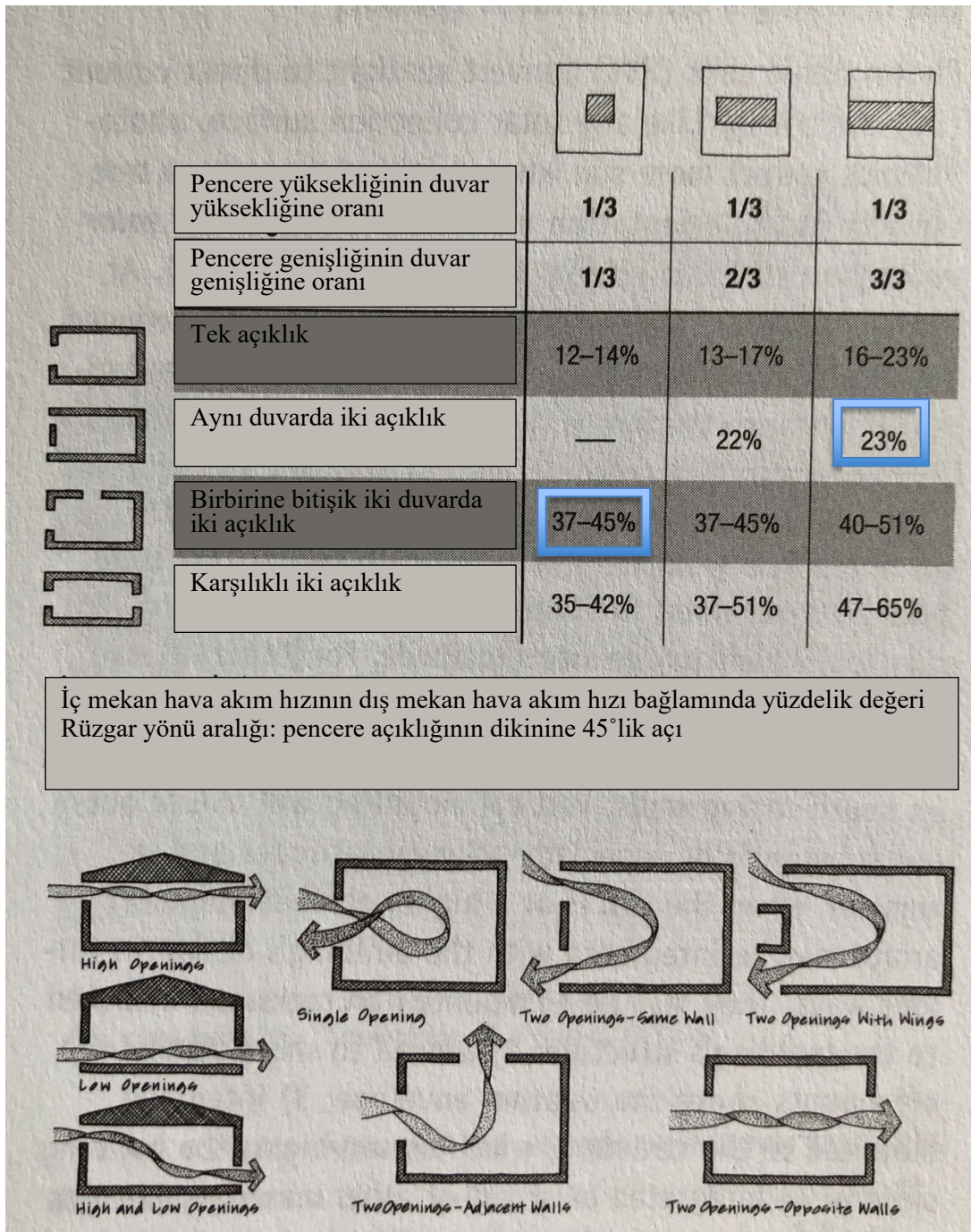
Şekil 2.30. PNC Plaza Yapı Bileşenleri (Marvin, 2015).

Isınan havanın yükselmesi ve rüzgarın oluşturduğu düşük ve yüksek basınç alanları olan iki temel fizik kuralı bu bölümün başında işlenmiştir. Yukarıdaki örnekler her ne kadar rüzgarın etkisini kullanıyor olsalar da, esas prensip ısınan havanın yükselmesidir. Ancak birçok bina tasarımında binanın programı nedeniyle bu anlatılan baca etkisini sağlamak mümkün olmamaktadır. Doğal havalandırma için kullanılan rüzgarın yaratmış olduğu basınç farklılıklarından faydalanılan bir diğer yöntemde rüzgarın yönü, binanın şekil ve planı, yer seçimi önem arz eden verilerdir. Özellikle yüksek yapıların stabilite çalışmalarında önemli bir etken olan rüzgar ve oluşturduğu basınç alanları doğru kullanıldıkları takdirde doğal havalandırma için fırsat sağlamaktadırlar.



Şekil 2.31. Bina Pencere konum ve şekillerine göre rüzgar basınç alanları (Moore, 1993).

Havanın bina içindeki sirkülasyonunun yanı sıra ayrıca sirkülasyon hızı da doğal havalandırma tasarımında analiz edilmesi gereken bir unsur olarak kabul görmektedir. Sıcak havanın odadan dışarı çıkarılmasının yanında kullanıcının serinlemesi için deri yüzeyinden gerçekleşecek buharlaşmada da rüzgarın hızı etkili olmaktadır. Rüzgar ne kadar hızlı olursa deri yüzeyinden buharlaşma o kadar hızlı olacak ve kullanıcıda orantılı bir şekilde konfor artışı görülecektir. **Şekil 2.32**'de cephedeki değişik açıklık boyutlarının ve konumlarının mekân içindeki hava sirkülasyon hızına nasıl etki ettiği görülmektedir. **Şekil 2.32**'den okunabilen bir diğer veri ise açıklığın büyüklüğünün yanı sıra açıklıkların konumu ve birbiri ile ilişkisinin önemidir. İkinci satır üçüncü sütunda (%23) pencere boyutu büyük olduğu halde pencereler yan yana oldukları için yarattıkları sirkülasyon hızı, farklı cephedeki daha küçük boyutlu pencerelere göre (Üçüncü satır birinci sütun %37-45) daha düşüktür.



Şekil 2.32. Hava sirkülasyon hızının analizi (DeKAY & Brown, 2014).

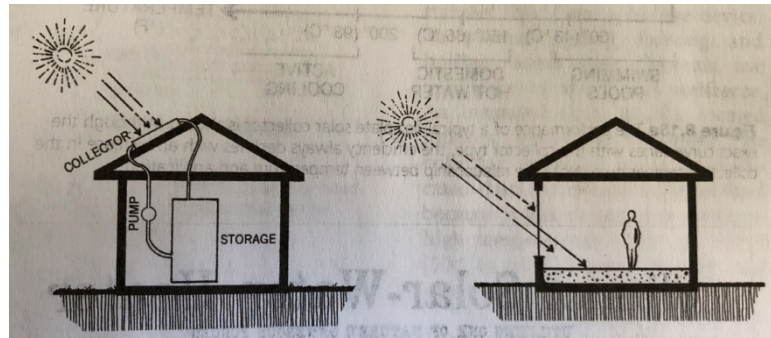
2.3.2 Aktif Tasarım Teknikleri

Pasif tasarım teknikleri altında doğal enerji kaynaklarından ve doğal fizik kurallarından yararlanılarak mekanik ya da teknolojik araçların kullanımı olmadan nasıl faydalanabileceği bulunmaktadır. Pasif teknikler tüm limitlerin zorlanmasıyla binanın ısıtma ve soğutma sistemlerinin sıfır enerji ile çalışmasına olanak sağlasa da net sıfır bina inşa etmek için yeterli olmamaktadırlar. Binaların ısıtma ve soğutma

ihtiyaçları dışında ihtiyaç duydukları enerjinin yenilenebilir enerji kaynaklarından temin edilmesi, aktif sistemlerin devreye girmesiyle mümkün olmaktadır. Aktif tasarım teknikleri genel anlamıyla yenilenebilir enerji kaynaklarından teknolojik araçlar vasıtasıyla faydalanılmasına yöneliktir. Uslusoy (2012), günümüzde yenilenebilir başlıca enerji kaynakları olarak güneş, rüzgar, jeotermal, biyoktle ve su enerjisini saymaktadır (Uslusoy, 2012). YBP standartları, pasif güneş enerjisini, fotovoltaiik panelleri, güneş kollektrlerini, rüzgar tribnlerini, su gücüyle çalışan mikro tribünleri, direk jeotermal ve yenilenebilir enerji kaynağı ile üretilmiş elektrotlar kullanılan hidrojen yakıt hücrelerini (fuel cell) yenilenebilir enerji kaynağı olarak kabul etmektedir. Nükleer santralleri kabul etmeyen YBP, aynı zamanda göreceli olarak temiz enerji diye kabul edilen bioktle yakımını ve hidroelektrik santrallerini de ekolojiye zarar verdikleri için kabul etmemektedir. Ayrıca YBP belli istisnalar dışında yapının ihtiyaı olan enerjinin proje alanı dahilinde üretilmesini şart koşmaktadır (International Living Future Institute, 2016). Tezin bu kısmında proje sınırları dahilinde kullanılabilen ve binaya entegre edilebilen teknolojik ekipmanlar ile yenilenebilir enerji kaynaklarından nasıl faydalanabileceği konusunda zet bilgi verilmiş ve yapının genel tasarımına etki edebilecek planlama, arazi seçimi ve güneşsel yönelim ile bağlantıları incelenmiştir.

2.3.2.1 Güneş Enerjisi

Aktif tasarım teknikleri içinde en yaygın olarak bilinen sistem, güneş enerjisinden teknik donanımla ısı ve elektrik enerjisi üreten sistemlerdir. şekil 2.33' basit bir şekilde aktif ve pasif güneş enerji kullanımını göstermektedir.



şekil 2.33. Aktif ve pasif güneş enerji sistemi (Lechner, 2015).

Yapılara entegre edilebilen ya da proje alanı içinde konumlandırılabilen aktif güneş enerjisi sistemleri üç değişik tipte uygulanmaktadır (Lechner, 2015):

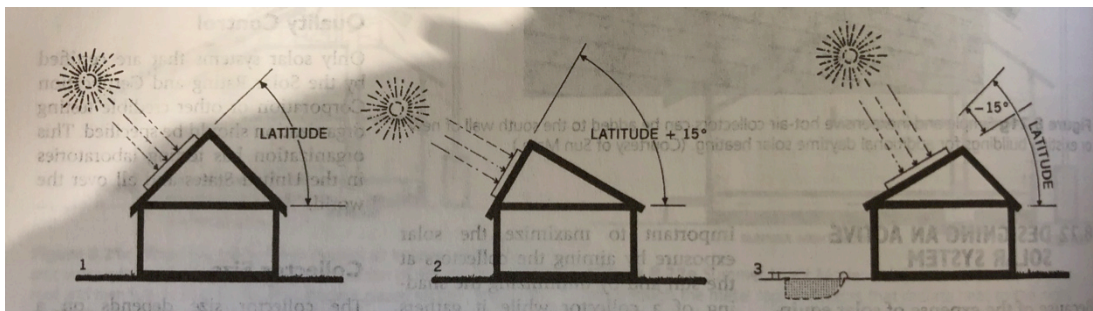
Güneş Kolektörleri – Güneş enerjisinden ısı enerjisi üretimi

Fotovoltaik Paneller (PV Paneller) – Güneş enerjisinden elektrik üretimi

PV/T Termal Fotovoltaik Paneller – Güneş enerjisinden hem elektrik hem ısı enerjisi üretimi

Gelişen teknolojinin etkisiyle verimliliği artmış ve maliyeti düşmüş olan bu sistemler, birbirinden farklı teknolojileri kullanıyor olsalar da temellerindeki en önemli olgu verimliliğin yüksekliği için güneşsel yönelimleri ve doğru konumlandırılmalarıdır. Sistemlerin planlanması, binaların kütle tasarımı ve yer seçimine etki ettiği için bina tasarımının en başından başlayarak göz önünde tutulması gerekmektedir.

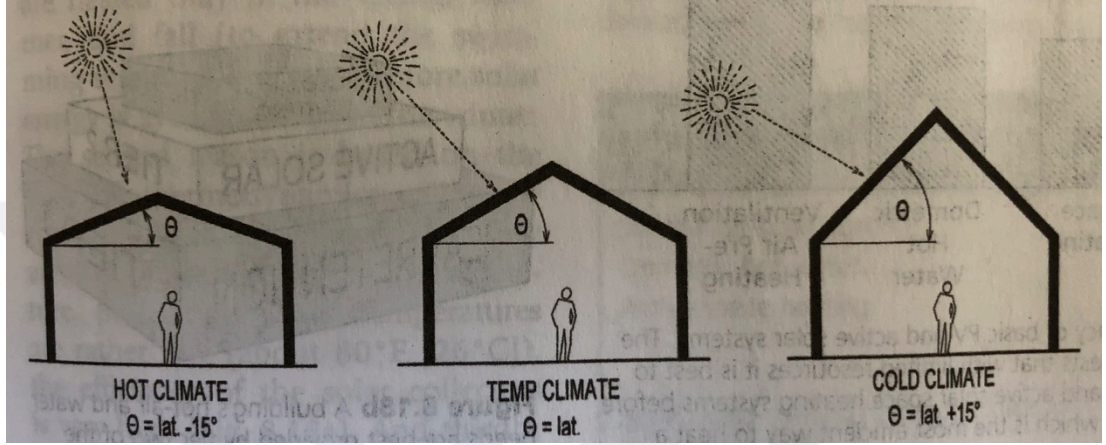
Güneşsel yönelimin önemi pasif solar sistemlerde olduğu gibi aktif sistemlerde de güneş ışınlarının yüzeye çarpma açısı ile doğru orantılıdır. Daha önce **Şekil 2.18**'de bahsettiğimiz gibi güneş yüzeye ne kadar dik açıyla çarparsa enerji yoğunluğu o kadar çok olmaktadır, ki bu güneş kolektörlerinin ve PV panellerin enerji üretim verimliliğini arttırmaktadır. Panellerin güneş açısına göre yerleştirilmesinde, güneşin yıl içinde değişen açısı hesaba katılmalıdır. Bu noktada güneş kolektörlerinin hangi amaca hizmet edeceği ve yapının bulunduğu iklim koşulları da ayrı bir önem taşımaktadır.



Şekil 2.34. Güneş kolektörlerinin farklı ihtiyaçlara göre yerleştirilmesi (Lechner, 2015).

Şekil 2.34'de görülen birinci binada kolektör, yıl boyunca sıcak su üretimi için en uygun açıda yerleştirilmiştir. Açının enlem derecesinde olması kolektörün yıl boyunca ortalama bir verimde çalışmasını amaçlamaktadır. **Şekil 2.34.2**'de görüldüğü gibi enlem derecesinden on beş derece daha dik bir açı ile yerleştirildiği

durumda kollektörün verimi kış mevsiminde en yüksek olacaktır. Kollektörün kış aylarında ısıtma ihtiyacı için kullanılmasının planlandığı durumlar için tercih edilmektedir. Aynı zamanda sıcak su kullanımı içinde yararlanılabilir. Şekil 2.34.3'e baktığımız zaman kollektörün enlemden on beş derece düşük bir açıyla yerleştirildiğini görmekteyiz, ki bu kollektörün veriminin en fazla yaz aylarında olmasına sebep olacaktır. Havuz suyu ısıtması ya da absorpsiyonlu soğutma sisteminde kullanılmak için tercih edilmektedir (Lechner, 2015).



Şekil 2.35. Fotovoltaik panellerin değişik iklim koşullarına elektrik üretim verimlerinin artırılması için gereken montaj açıları (Lechner, 2015).

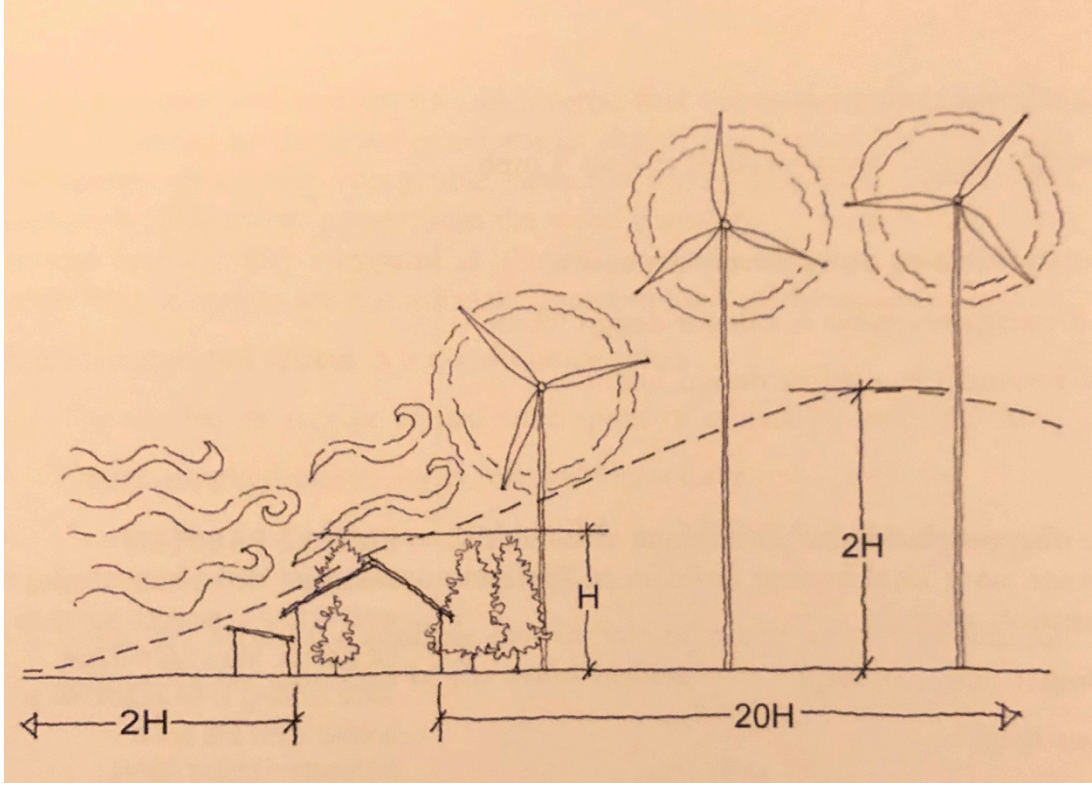
2.3.2.2 Rüzgar Enerjisi

Rüzgar enerjisinin aktif olarak kullanılması rüzgar tribünlerinin kullanımı ile gerçekleşmektedir. “Rüzgar türbinleri bir rotor (pervane), güç şaftı ve rüzgarın kinetik enerjisini elektrik enerjisine çevirecek bir jeneratör kullanırlar. Rüzgar rotordan geçerken, aerodinamik bir kaldırma gücü oluşturur ve rotoru döndürür. Bu dönel hareket jeneratörü hareket ettirir ve elektrik üretir. Türbinlerde ayrıca, dönme oranını ayarlayacak ve kanatların hareketini durduracak bir rotor kontrolü bulunur”¹⁴ (Uslusoy, 2012).

Binanın aktif rüzgar yönelimi, arazi içindeki konumu ve çevre binaların etkisi, rüzgar tribünlerinin binalara entegre edilmesinde önem teşkil eden verilerdir. Rüzgar enerjisinden pasif olarak faydalanan tasarımlarda olduğu gibi binanın formu ile rüzgarın hızı değiştirilerek verimin artması sağlanabilmektedir. Ya da arazi içerisinde

¹⁴ Orijinal alıntı kaynağı: Bekar, D.(2007). Ekolojik mimarlıkta aktif enerji sistemlerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

rüzgarın aktif olduğu konumların seçilmesi uygun olacaktır. Rüzgar tribünlerinin verimli enerji üretebilmeleri için mümkün olduğunca rüzgarın daha hızlı olduğu yüksek konumlara yerleştirilmeleri gerekir. En sık görülen rüzgar tribünleri 125m yüksekliğindeki direklere yerleştirilenlerdir. Değişik boyutlarda olan rüzgar tribünlerinin en küçüğü bile en az 12m yüksekliğe yerleştirilmelidir (Lechner, 2015).



Şekil 2.36. Yüzeydeki engellerden oluşan rüzgar türbülans alanı (Kwok & Grondzik, 2018).

2.3.2.3 Jeotermal Enerji

Doğal sıcak su, 19. Yüzyıldan beri endüstriyel olarak kullanılmaktadır. İlk jeotermal enerji santrali 1913 yılında İtalya’da kurulmuştur ve 250kW enerji üretmekteydi. Bugün yirmi iki ülke jeotermal enerji kullanarak elektrik üretmektedir. Ancak jeotermal enerjinin elektrik enerjisine dönüştürülmesi çok da verimli değildir, yani %5 ile %20 arasında bir verimlilik söz konusu olmaktadır. Ancak, jeotermal enerji direkt olarak mekân ısıtmak için kullanılırsa bu verimlilik %50 ile %70’lik bir seviyeye yükselmektedir (Smith, 2005).

LBC enerji verimi yüksek olduğu için doğrudan jeotermal enerji kullanımını kabul etmektedir.

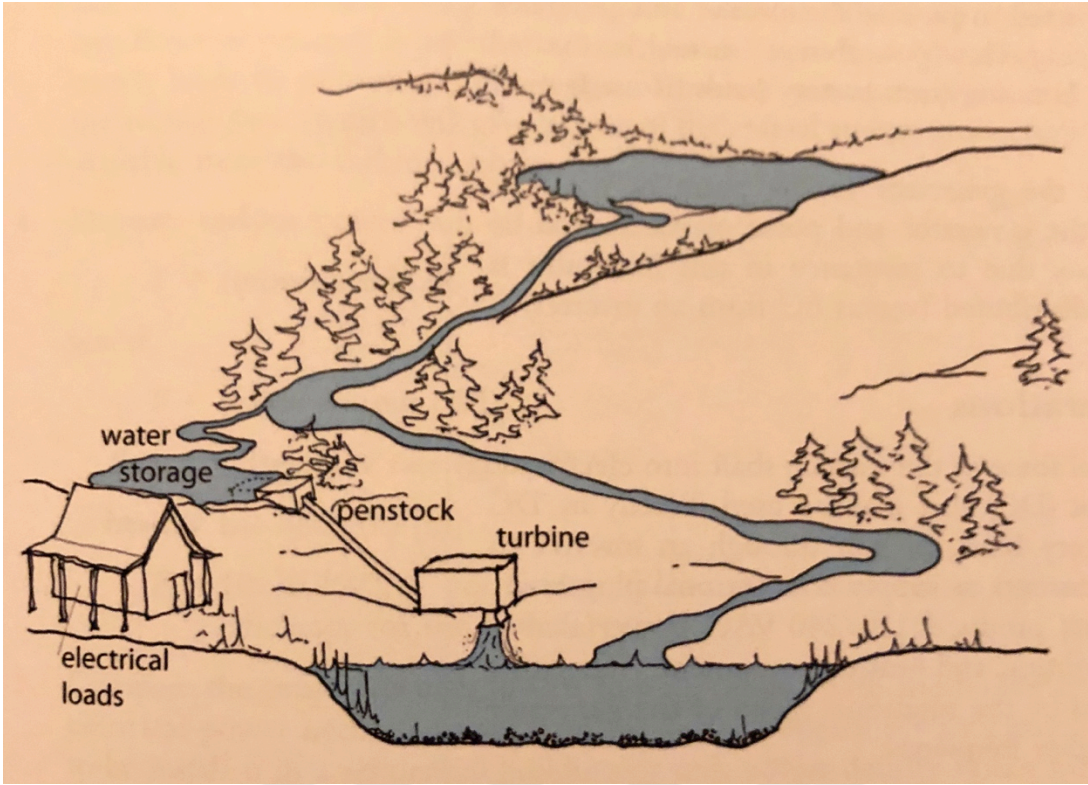
Jeotermal enerjiden faydalanmanın bir diğer yöntemi ise, toprağın belli bir derinlikte

yıl boyunca sabit kalan ısı dengesinin ısıtma ve soğutma sistemine yardımcı olarak kullanılmasıdır. Jeo-değişim (geo-exchange) ısı pompası olarak adlandırılan bu sistem, birçok durumda en verimli, ekonomik ve çevreye duyarlı aktif sistemler olarak görülmektedir. Jeotermal enerji kullanımının aksine doğal sıcak su kullanımının olmadığı bu sistemin jeo-değişim olarak adlandırılmasına da yol açan sebep, yaz aylarında binanın soğutma sistemindeki ısınmış suyun toprağın derinlerindeki (30m den az derinlik) borulara aktarılarak soğutulması ya da tersi olarak kış aylarında soğuk su veya havanın ısıtılmasıdır. En yaygın olarak toprak ile ısı değişimine bağlı olan bu sistem, uygun koşullar altında akarsu ya da göl gibi su kaynaklarında da kullanabilmektedir (Lechner, 2015).

Jeo-değişim ısı pompası binanın enerji ihtiyacını karşılamak için kullanılmayıp, enerji ihtiyacını azaltmak için kullanılabilecek bir sistemdir.

2.3.2.4 Mikro Hidro Tribünler

Mikro Hidro Tribünlerinin çalışma prensibi hidroelektrik santrallerinde olduğu gibidir ve bunlar da suyun kinetik enerjisini kullanarak elektrik üretirler. Küçük çaplı oldukları için ekolojik hasar vermeden planlanmaları olanaklıdır. Genellikle küçük havuz ya da gölcüklerde toplanan suyun borular yardımı ile tribüne ulaştırılması gerekmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken unsur, depo kaynağının tribünden en az 0.9m yüksekte olmasıdır. Yapılan araştırmalarda, bu değerden daha düşük yükseklikler suyu yeterli akış hızına ulaştırmadığı için verimsiz bulunmuştur. Düşük yükseklikli sistemler genellikle 0,9 m ile 3.1m arasındadır. PV panelleri ve rüzgar panellerinde olduğu gibi günün değişik zamanlarında enerji verimi farklılaşmayan sistem, daha sabit ve düzenli bir şekilde enerji üretmektedir. Ancak mevsimsel yağış oranlarından etkilenebilmektedir (Kwok & Grondzik, 2018).



Şekil 2.37. Mikro Hidro Tribün işleyiş şeması (Kwok & Grondzik, 2018).

2.3.2.5 Yakıt Hücreleri

Yakıt hücreleri (fuel cell) ya da hidrojen yakıt hücreleri (hydrogen fuel cell) olarak adlandırılan bu sistemler, hidrojen ile oksijen arasında oluşan elektrokimyasal reaksiyon sonucu elektrik üreten sistemlerdir. Elektrik dışında ortaya çıkan yan ürünler ise içilebilir su ve ısı'dır. Emisyonu sıfır olan bu sistemlere hidrojen gazı temin edilmesi gerekmektedir. Birbirinden farklılaşan çalışma prensiplerine sahip sistemler, genelde havadaki özgür oksijeni kullanırlar. 1970'lerde geliştirilmeye başlanmış bu sistemlerin iki tipinin, bugün yapılaşmış çevrede kullanıldığı görülmektedir. Bunlardan biri PEM (Proton Exchange Membrane) yakıt hücresi ve diğeri PAFC (Phosphoric Acid Fuel Cells) yakıt hücresidir. Çok sessiz çalışan bu sistemlerin birim enerji kullanımıyla ürettiği enerji, alışılmış içten yanmalı sistemlerin birim enerji karşılığında ürettiği enerjinin iki katına çıkmaktadır. İçten yanmalı sistemlerin enerji verimliliği %33-35 iken hidrojen yakıtlarında bu verimlilik %40'tır. Bu veriler ile salt elektrik üretimindeki verimlilik farkı çok az görünmektedir, ancak hidrojen yakıt hücrelerinde elektrik üretimi sırasında ortaya çıkan ısı enerjisi verimli bir şekilde değerlendirildiğinde toplam enerji verimliliği %80'lere çıkmaktadır (Kwok & Grondzik, 2018). Bu sebepten dolayı kullanımları

dikkatle tasarlanmalıdır. Ortaya çıkan ısı enerjisi, sıcak su temini ya da mekanların ısıtılması için kullanılabilir. Smith, *Architecture in a Climate of Change* (2005) kitabında bu sistemlere doğal gazla hidrojen üretilerek yakıt sağlanmasının, 2005 yılında en verimli yöntem olduğunu yazmaktadır (Smith, 2005). Ancak bugün itibariyle hidrojen yakıt hücrelerinin sıfır emisyonla elektrik üretebilmesi için güneş ve rüzgar enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak hidrojen elde edilmesi ve sistemlere bu sayede yakıt sağlanması gerekmektedir. Smith, kitabında sistemlerin maliyetinden bahsederken, bir kilowattlık bir sistemin fiyatının 3.000 ile 4.000 dolar arasında değiştiğini ve ancak yakın gelecekte sistem fiyatlarının kilowatt başına 600 dolar seviyelerine inmesinin beklendiğini yazmaktadır (Smith, 2005). Ancak, söz konusu sistemler bugün hala çok yaygın biçimde kullanılmamakta ve bunun sebebi aradan geçen 15 yıllık süre içinde – Smith’in öngörüsünün aksine – maliyetlerinin çok da değişmemiş olmasına bağlanabilmektedir. US Department of Energy’nin (U.S DOE) 2016 yılında güncellediği verilerine göre, fiyatlar kilowatt başına 5.000 ila 10.000 dolar arasında değişmektedir (URL19, 2016). Hidrojen yakıt hücreleri, maliyetli olsalar da güneş enerjisini kullanarak ihtiyacı olan yakıtı kendi başına üretebilecek kapasitede sistemler olmaları, sıfır emisyonla çalışmaları ve sessiz olmaları gibi birçok avantajı da içlerinde barındırmaktadır.

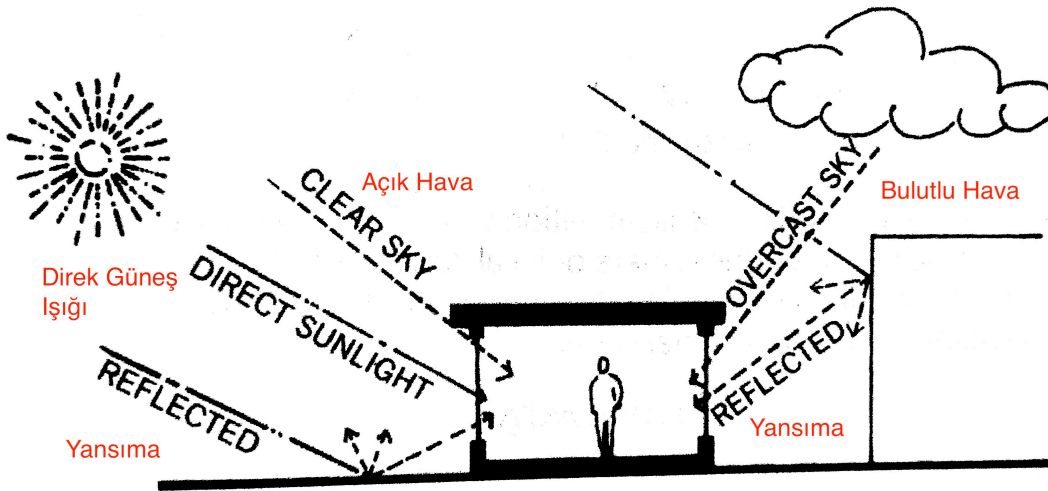
2.4 Aydınlatmada Verimlilik ve Gün Işığı Kullanımı

İnsanlık tarihi boyunca, yakın zamana kadar, insanlar güneş battıktan hemen sonra uyumaktaydı. Ateş, mum ya da gaz lambaları aydınlatma açısından çok zayıf ve pahalıydı. Bu koşullar altında doğal aydınlatma ayrı bir önem taşımakta ve gün ışığından en fazla seviyede faydalanabilmek için binaların yönelimi, pencereler ve hatta iç mekan renkleri ve mobilyalar dikkatle seçilmekte ve uygulanmaktaydı (Allen, 2005). Bugün ise sahip olduğumuz teknoloji ve yapay aydınlatma sayesinde, iç mekanların aydınlatılması 200 yıl öncesine göre çok daha kolay olmaktadır. Yapay aydınlatma, değiştirdiği hayatlarımız içinde, gün geçtikçe daha da çok kullanır hale gelmiştir. Bu noktada, doğal aydınlatmanın, yapay aydınlatmanın söz konusu baskın etkisi sebebiyle eski zamanlardaki önemini kaybetmiş olduğu düşünülebilir. Öte yandan, alışlagelmiş yapay aydınlatmaların günümüz enerji krizlerine olan etkisi göz ardı edilemez. Dolayısıyla gerek doğru tasarımlarla verimliliği artırılan doğal aydınlatma gerekse verimliliği yüksek yapay aydınlatma enerji etkin bina

tasarımlarının ve dolayısıyla sürdürülebilirlik hedefinin temel taşları haline gelmiştir. Bu bağlamda doğal aydınlatma bir yandan enerji performansında anahtar bir rol oynamakta, diğer yandan mekanın kullanıcısının tatminine, üretkenliğine ve ruh sağlığına etki etmektedir. Doğal aydınlatmanın doğru uygulanabilmesi ve başarılı sonuçlar elde edilebilmesi için, eskiz aşamasından itibaren bina tasarımına dahil edilmesi gerekmektedir (Kwok & Grondzik, 2018).

Doğal aydınlatmanın kaynağı güneş olsa da yine de direkt güneş ışığı ve gün ışığı arasındaki farkın ayırt edilmesi doğal aydınlatmanın en verimli şekilde uygulanmasını sağlayacaktır. Bazı durumlarda tercih edilen direkt güneş ışığı, solar ısı kazanımının istenmediği, tahrip edici radyasyon etkisinin olduğu ve rahatsızlık veren parlama yarattığı durumlarda ise tercih edilmemektedir. Dolayısıyla, doğal aydınlatmanın temelini gün ışığı oluşturmaktadır.

Doğru bir aydınlatma için gün ışığının bina içine nasıl girdiğinin bilinmesi ve gün ışığı katsayısı (daylight factor) olarak adlandırılan iç mekan ve dış mekanın aydınlık seviyelerinin birbiriyle ilişkisine bağlı olarak hesaplanan sayısal değerin anlaşılması ve nasıl kullanılacağına bilinmesi gerekmektedir.



Şekil 2.38. Gün ışığının bina içine girme şekilleri (Lechner, 2015).

Gün ışığının bina içerisine girmesindeki etken, tek başına direkt güneş ışığı değildir (Şekil 2.38). Dolayısıyla binanın direkt güneş ışığı almayan cephelerinde de doğal aydınlatmadan söz etmek mümkündür. Doğal aydınlatma hesaplarında, direkt güneş ışığını kullanmak havanın değişkenliğinden kaynaklı olarak her zaman doğru

sonuçlar vermemektedir. Bu sebeple söz konusu hesaplarda, yukarıda da belirtildiği gibi gün ışığı katsayısı (daylight factor –DF) kullanılmaktadır. DF, önceleri mimari maketler aracılığıyla hesaplanırken, günümüzde artık bilgisayar programlarıyla hesap yapılmaktadır. DF hesabında, bulutlu hava koşullarını kullanılmaktadır. Fakat yaz ve kış bulutlu hava koşulları arasında farklılıklar bulunmaktadır. Bu noktada bilgisayar programlarının avantajı ön plana çıkmakta ve yılın herhangi bir gününü seçerek DF analizini yapmak mümkün olmaktadır. Kısaca belirtmek gerekirse, bilgisayar programları seçilen tarihteki bulutlu havanın aydınlık seviyesi ile üç boyutlu görsel modelin iç mekanının aydınlık seviyesini karşılaştırarak kat sayı çıkarmakta ve kendi içlerinde barındırdıkları bilgiler doğrultusunda gün ışığının yeterliliği hakkında bilgi vermektedir. Böylece, hesaplanan DF değerinin yerel yönetmeliklere ya da sertifika programlarının kurallarındaki değerlere uygunluğu da belirlenebilmektedir. Mekanlarda ulaşılması gereken DF değerleri göreceli olsa da **Tablo 2.3** ve **Tablo 2.4**'te tipik DF değerlerine ilişkin örnekler verilmektedir

Tipik Güneşli Kat Sayısı	
Mekan tipi	DF
Sanat merkezleri, galeriler	4-6
Fabrikalar, laboratuvarlar	3-5
Ofisler, sınıflar, spor salonları, mutfaklar	2
Lobiler, oturma odaları, dini mekanlar,	1
Koridorlar, yatak odaları	0.5

Tablo 2.3. Değişik mekanlara göre tipik güneşli katsayıları (Lechner, 2015).

MEKAN	ORTALAMA DF	MİNİMUM DF
Ticari/Kurumsal		
Koridor	2	0.6
Genel Ofis	5	2
Sınıf	5	2
Kütüphane	5	1.5
Spor Salonu	5	3.5
Konut		
Yemek Odası	5	2.5
Mutfak	2	0.6
Oturma Odası	1.5	0.5
Yatak Odası	1.0	0.3

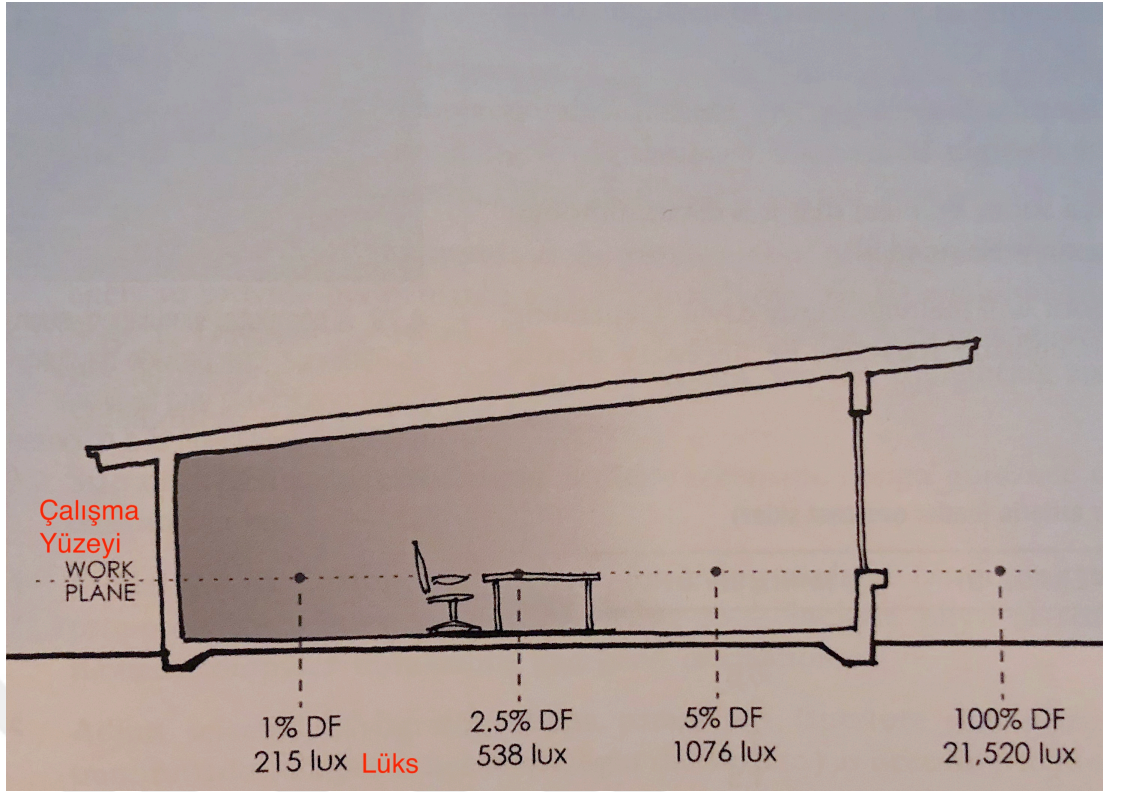
Tablo 2.4. Değişik mekanlara göre tipik güneşli katsayıları (Kwok & Grondzik, 2018).

Burada tasarımcının gün ışığı katsayısına etki eden tasarım ve mimari faktörleri ve bunun yanında yapı bileşen ve malzemelerini bilmesi doğru bir doğal aydınlatma sağlamaya yardımcı olacaktır. Bunlar şöyle sıralanabilir (Kwok & Grondzik, 2018);

- Gün ışığı açıklığı (pencere, tepe penceresi vs.)
- Gün ışığı açıklığının konumu (yanal aydınlatma, yukarıdan aydınlatma vs.)
- Gün ışığına ulaşım (arazi, bina ve mekan bağlamında)
- Mekanın boyutları (yüksekli, en ve derinlik)
- Aydınlatmanın gerekli olduğu noktanın gün ışığı açıklığına mesafesi
- Kullanılan camın görünen ışık geçirgenlik değeri (VLT)
- Mekanın yüzeylerinin ve içinde bulundurdıklarının yansımaya dereceleri
- Gün ışığının açıklıktan içeri girmesinin etkileyen dış mekan yüzeylerinin yansımaya dereceleri
- Gün ışığı arttırıcıların etkisi (güneş rafları gibi)

Yukarıda sayılanların yanında, gün ışığının parlaklığına etki eden ve bilinmesi gereken diğer faktörler ise şöyledir (Kwok & Grondzik, 2018);

- binanın yer küre üzerinde ki konumu ve hakim iklimsel veriler
- analiz saati/günü/ayı ve yılı
- analiz sırasında gökyüzündeki hava durumu



Şekil 2.39. Mekan içinde değişik konumlarda belli bir yükseklikte gün ışığı katsayısı (DF) ve aydınlanma değerleri (Kwok & Grondzik, 2018).

Şekil 2.39, gün ışığı katsayısının (DF) nasıl çalıştığını göstermektedir. Görselden anlaşılacağı gibi DF değeri hava koşullarından ya da dış mekanın aydınlık seviyesinden bağımsızdır. Gün içinde havanın aydınlık seviyesi değişse de, DF değeri büyük oranda aynı kalmaktadır (Kwok & Grondzik, 2018).



3. YAŞAYAN BİNA PROGRAMI (LIVING BUILDING CHALLENGE)

3.1 Yaşayan Bina Programı'nın Sertifika Sistemi ve Felsefesi

Yaşayan Bina Programı (Living Building Challenge) yapılaşmış çevre için görsel anlamda ideali sağlamak ve sürdürülebilir yapı inşa etmek için oluşturulmuş bir yeşil bina sertifika programıdır. Uluslararası Yaşayan Gelecek Enstitüsü (International Living Future Institute) tarafından oluşturulmuş program, metaforik olarak bir çiçek sembolü kullanmakta; günümüzde yapılaşmış çevrenin bir çiçek kadar saf, temiz ve verimli bir şekilde oluşmasını öngörmektedir (URL4, 2019). Program'ın kurucusu olan Jason F. McLennan, çocukluğundan beri içinde olan doğa tutkusu, yapılaşmış çevreyi sorgulama dürtüsü ve sürdürülebilirlik bağlamında biriktirdiği merakı ile yaptığı çalışmalar neticesinde, 2006 yılında Programı resmi olarak başlatmıştır (Thomas, 2016). Program hayata geçtiği ilk günden bu yana değişim göstermiş olsa da ana amacı her zaman için “Yaşayan Bina” sıfatını kazanmış bir yapının çevreden aldığından fazlasını çevreye vermesi olmuştur. Thomas, Program'ın hikayesini anlattığı kitapta, Program'ın oluşmasında kurucu McLennan'ın çocukluğunda ailesiyle gittiği tatil evlerinin ve yaşamış olduğu kasabanın kötü mimarisinin etkisinin büyük olduğuna değinmektedir. McLennan'ın yerleşimden ve medeniyetten uzak bir adada tatile gittikleri bu evde, kullanılan suyun nehirden, aydınlatmanın gün ışığından ve havalandırmanın ise doğal yöntemlerle sağlandığından bahsetmektedir. Ulaşımın çok zor olduğu bu eve giderken yanlarına sadece gerçekten ihtiyaç duydukları kadar yiyecek aldıklarını, bazı şeyleri orada yetiştirdiklerini, yiyecek atıklarını gübreleştirip kullandıklarını anlatmaktadır. Ayrıca McLennan'ın tamamen yerel malzemelerle inşa ettikleri bu evin görsel anlamda çok güzel bir ev olmadığını düşündüğünü, ancak elektriğin, televizyonun ve radyonun olmadığı bu evde akşam karanlığında tek eğlencenin birbirleri ile sohbet etmek olduğunu, evin sıcak bir ruhu olduğunu ve bunun evi güzelleştirdiğini düşündüğünü yazmaktadır. Ayrıca McLennan'ın çevre şehirlere yaptığı ziyaretlerde o şehirlerdeki güzel binaları gördükten sonra neden kendi kasabasında öyle güzel binalar yapılmadığını sorguladığından da bahsetmektedir. McLennan, yaşadığı tecrübeler ve sorduğu sorular neticesinde diğer yeşil bina sertifika programlarından farklı bir program oluşturmayı amaçlamıştır. Bu bağlamda uzun süren çalışmaları sonucunda,

kullanıcıyı ışık, hava, yemek, doğa ve topluma bağlayan yenileyici alanlar oluşturmayı hedefleyen, kendi kendine yeten ve kaynaklarını proje sınırları içinden temin edebilen, kullandığından fazla enerjiyi üretebilen, topladığı suyu arıtarak yeniden kullanan sağlıklı ve güzel binalar inşa etmek için rehber niteliğinde olan bu programı ortaya çıkarmıştır. Program, binaların inşasından sonra onları puanlandırmak yerine, inşası esnasında kullanılacak bir kılavuz rolünü üstlenmektedir (Thomas, 2016).

3.2 Sertifika Sisteminin Kuralları Ve İşleyişi

Diğer birçok sertifika programından farklı olarak, Yaşayan Bina Programı belli başlı şartları yerine getirip puan toplamaya yönelik olmayıp, bir yıl boyunca yapının göstermiş olduğu performansa göre değerlendirme yapmaktadır. Başka bir deyişle, projenin tasarımı sırasında bilgisayar modellemesiyle elde edilen ve öngörülen değerler kabul edilmemekte; projelerin en az bir yıl boyunca kullanılıyor ve işliyor olması gerekmektedir. Zira değerlendirmenin yapılabilmesini sağlayacak olan veriler ancak bu sayede ortaya çıkabilir. Tam “Yaşayan Bina” unvanı almak için tüm şartların yerine getirilmiş olması gerekmektedir. Öte yandan Program, Taç Yaprak (Petal) diye adlandırılan yedi ana performans alanı bulundurmaktadır. Her bir performans alanı kendi içinde alt bölümlere ayrılmıştır. Emir ya da Şart (Imperative) diye adlandırılan bu alt maddeler toplamda 20 adettir ve projenin tipine göre uygulanmaları ya zorunludur ya da duruma göre proje söz konusu şartlardan muaf tutulabilmektedir. **Tablo 3.1**, Program’ın performans alanlarını ve şartlarını, proje tiplerine göre muafiyetleri ve ölçek atlamayı göstermektedir. Program, **Tablo 3.1**’de görüldüğü üzere, yeni yapılacak olan binalar için tüm şartları yerine getirmeyi zorunlu kılar; renovasyon, peyzaj ve altyapı projelerini birtakım şartlardan, uygulanmaları olanaksız ya da programın felsefesine aykırı sonuçlar doğuracağı için, muaf tutmaktadır. Peyzaj projeleri iç ortam bulundurmadiğinden, iç ortam ile ilgili olan şartlardan muaf tutulan proje tiplerindendir. Program, prensip itibarıyla tüm şartların projenin sınırları dahilinde yerine getirilmesini zorunlu tutmaktadır. Ancak bazı şartların uygulanmasını kolaylaştırmak ya da olanaklı hale getirmek adına ölçek atlama (scale jumping) modeli geliştirilmiştir. Bu modele göre bazı şartlar, Enstitü’nün inceleyip izin verdiği durumlarda, proje arazisi dışında gerçekleştirilebilmektedir. Yüksek olan komşu bina ya da mevcut ağaçların

gölgesinde kalan arazide, güneş enerjisi verimli bir şekilde kullanılamayacağı için Net Pozitif Enerji şartı arazi dışında başka bir yerde sağlanabilmektedir.

	LIVING BUILDING CHALLENGE 3.1			
	YENİ BİNA	RENOVASYON	PEYZAJ VE ALTYAPI	
Alan (Place)				(1) Büyüme Sınırları
	Ölçek Atlama		Ölçek Atlama	(2) Kentsel Tarım
	Ölçek Atlama	Ölçek Atlama	Ölçek Atlama	(3) Habitat Değişimi
				(4) İnsan Gücüyle Çalışan Yaşam
Su (Water)	Ölçek Atlama	Ölçek Atlama	Ölçek Atlama	(5) Net Pozitif Su
Enerji (Energy)	Ölçek Atlama	Ölçek Atlama	Ölçek Atlama	(6) Net Pozitif Enerji
Sağlık ve Mutluluk (Health and Happiness)				(7) Uygar Çevre
				(8) Sağlıklı İç Ortam
				(9) Biyofilik Ortam
Malzemeler (Materials)				(10) Kırmızı Liste
	Ölçek Atlama	Ölçek Atlama	Ölçek Atlama	(11) İkincil (Dolaylı) Karbon Ayak İzi
				(12) Duyarlı Endüstri
				(13) Yaşam Ekonomisi Kaynakları
Adalet				(14) Net Pozitif Atık
				(15) İnsan Ölçeği + İnsani Alanlar
				(16) Doğaya ve Alana Evrensel Erişim
	Ölçek Atlama	Ölçek Atlama	Ölçek Atlama	(17) Adil Yatırım
Güzellik				(18) JUST Organizasyonu
				(19) Güzellik ve Ruh
				(20) İlham ve Eğitim

Ölçek Atlama: Proje alanı dışında çözüm getirilebilir şartlar
Proje tipinden muaf şart.

Tablo 3.1. Yaşayan Bina Programının Şartları (URL4, 2019).

Uluslararası Yaşayan Gelecek Enstitüsü (UYGE), Yaşayan Bina Programı çerçevesinde 3 değişik tipte sertifika vermektedir. Tüm şartları yerine getiren projeler Yaşayan Bina Sertifikası (**Şekil 3.1**), şartların belli başlı olanlarını yerine getirenlere Taç Yaprak sertifikası ve sıfır enerji tüketen projelere ise Net-Sıfır Enerji sertifikası vermektedir. Taç Yaprak seviyesinde sertifika almak isteyen projeler yedi performans alanından en az üç tanesini uygulamalı ve bu üç performans alanından bir tanesi mecburi olarak ya Su ya Enerji ya da Malzemeler alanı olmalıdır. Ayrıca her proje mecburi olarak şartlardan birincisi olan Büyüme Sınırları ve sonuncusu olan İlham ve Eğitim şartını da yerine getirmelidir (International Living Future Institute, 2016). Alan, Enerji ve Güzellik performans alanlarını uygulayarak sertifika almak isteyen bir proje, minimum sınır olan üç adet performans alanında başarı göstermek için ilk olarak bir tanesi mecburi olan performans alanlarından Enerji performans alanını, ikinci olarak Alan performans maddesi dahilinde mecburi olan

Büyüme Sınırları şartını ve üçüncü olarak Güzellik Performans maddesi dahilinde de diğer mecburi olan İlham ve Eğitim Şartını yerine getirdiği takdirde, proje Taç Yaprak seviyesinde sertifika alacaktır. Net-Sıfır Enerji sertifikası almak isteyen projeler ise yapının kullanmış olduğu enerjinin yüzde yüzünü (Yaşayan Bina Sertifikası için ya da Net Pozitif Taç Yaprak -Petal- sertifikası almak isteyenler için bu değer %5'tir) proje sınırları dahilinde üretmekle yükümlüdür. Bunun yanı sıra Enstitü, Net-Sıfır Enerji sertifikası almak isteyen projelerin, birinci şart olan Büyüme Sınırlarını, altıncı şart olan Net Pozitif Enerjiyi, on dokuzuncu şart olan Güzellik ve Ruh ve yirminci şart olan İlham ve Eğitimi yerine getirmesini zorunlu tutmaktadır (International Living Future Institute, 2016).



Şekil 3.1. Yaşayan Bina Sertifikası – Omega Center for Sustainable Living Binası (Serdar Vardar, Rhinebeck, NY, Mayıs 2019)

Enstitü, sertifika sistemini dünya genelinde her iklim tipinde uygulanması mümkün olacak biçimde düzenlemiş; iklime ve topografyaya ait zorlukların yaşandığı durumlar için ise ya muafiyet ya da ölçek atlama seçeneklerini sunmuştur. Dünyanın her yerinde uygulanabilecek bu Program için geçiş alanları (transect) diye adlandırılan, yerleşimin yoğunluğuna göre kırsal alandan şehir merkezine doğru kategorileştirilmiş ya da sınırları belirlenmiş bölgeler önemlidir. Enstitü, genel kabul görmüş bu şehir ve bölge planlama terimini kendi çerçevesi dahilinde altı geçiş bölgesi ile belirtmektedir. Bu bölgeler:

L1- Doğal Yaşam Koruma Alanı (Natural Habitat Preserve)

L2- Kırsal Tarım Alanı (Rural Agriculture Zone)

L3- Köy ve Kampüs Alanı

L4- Genel Şehir Alanı

L5- Şehir Merkezi

L6- Büyükşehir Merkezi

Enstitü, birçok şartın kuralları içinde bu geçiş bölgelerine referanslarda bulunmakta ve projelerin bulunduğu geçiş bölgesine göre şart üzerinde değişiklikler yapmaktadır.

3.3 Taç-Yaprak Performans Kategorileri ve Şartlar

3.3.1 Alan

Yedi ana performans kategorisinin ilki olan “Alan” (Place) kategorisiyle proje alanlarına ve yapılaşmaya ilişkin kısıtlamalar getirilmekte; inşa edilen binanın sürdürülebilirliğinin yanında, doğal yaşam alanlarının korunması da hedeflenmektedir. Söz konusu performans, kategorisi yapılaşmanın sınırlarını belirleyerek, şehirlerin bitmek bilmeyen genişlemesinin ve doğal yaşam alanlarının tahribatının önüne geçilmesini amaçlamaktadır. Şehrin genişlemesinin engellenmesiyle ayrıca birbiriyle daha bağlantılı yerleşim alanları sağlanarak ulaşımın kolaylaştırılacağı ve buna bağlı olarak enerji kullanımının azaltılabileceği, otomobil merkezli bir yaşam yerine yaya ve bisiklet odaklı bir yaşam kurulabileceği öngörülmektedir. Kategori, doğanın tahrip edilerek yeni yerleşim yerlerinin oluşturulmasına karşı gelmekte, daha önceden yapılaşmış ancak atıl olan yapılaşmaya uygun alanların kullanılmasını ve yeniden işlevlendirilmesini teşvik etmektedir. Enstitü, ayrıca gerçek sürdürülebilir toplumların küresel tarımla gerçekleştirilemeyeceğini savunmakta ve bu sebeple Alan Performans Kategorisiyle – doğal yaşam alanlarını koruma hedefinin yanında – aynı zamanda bölgesel tarım alanlarını da korumayı amaçlamış ve tarımın yerleşim alanlarının içine tekrardan entegre edilmesini sağlamak için şartlar getirmiştir. Enstitü, aslında kalabalıklaşan ve yaşamının zorlaştığı kentlerin sıkıntılarının farkındadır ve bu sıkıntılardan dolayı insanların kentlerden kaçıp yeni yaşam alanları oluşturmak için doğal yaşam ve tarım alanlarını tahrip etmesinin önüne geçmeye çalışmakta ve yaşam alanlarını doğanın

içine sokmayı değil, doğayı mevcut yaşam alanları içine getirmeyi hedeflemektedir (International Living Future Institute, 2016).

3.3.1.1 Büyüme Sınırları

Büyüme Sınırları şartı proje yapılabilecek alanların tanımlarını vermektedir. Bu şartın yerine getirilebilmesi için şartın izin verdiği alanlarda yapılaşma gerçekleştirilebilir. Buna göre: Projeler ancak daha önceden yapılaşma yaşamış gri alanlara ve kahverengi alanlara yapılabilir. Enstitü ayrıca gri ve kahverengi alanların 2007 yılından önce yeşil alandan dönüştürülmüş olmasını ve ekolojik yaşam alanlarında ya da yakınında olmamasını şart koşuyor. Enstitü, proje tipine ve bulunduğu geçiş alanına göre, bazı özel durumlarda ekolojik yaşam alanlarına ve yeşil alanlara proje yapılmasına izin verebilmektedir.

Gri ve kahverengi alanlara yapılan projeler de çevresel düzenleme şart koşulmaktadır. Burada projenin, yapıldığı geçiş alanına bağlı olarak, gri ve kahverengi alanlarda doğal yaşam alanları oluşturması, biyoçeşitlilik sağlaması hedeflenmektedir (International Living Future Institute, 2017a). Yeni olmayan bu düşünceye Utarit İzgi, 1999 tarihli Mimarlıkta Süreç Kavramlar-İlişkiler kitabında Fiziksel Çevre-Peyzaj başlığı altında yer vermekte, çevrenin korunumu ve değerlendirilmesine dikkat çekerek, tek bir cümle ile aslında konunun özetini çıkarmaktadır: “*Özel durumlarda ve gerektiğinde yapı yapmamak da mimarlıktır*” (İzgi, 1999, s. 20).

3.3.1.2 Kentsel Tarım

Sadece yeni bina ve çevre düzenleme/altyapı projeleri için geçerli olan bu şart, projenin tarım yapmak için olanak sağlamasını ve müstakil ev projelerinde ise elde edilen hasatın en az iki hafta boyunca saklanabileceği depolama alanını şart koşmaktadır. Gıda üretimi için ayrılacak alan boyutu proje alanının emsaline (Kat alanı oranı) (F.A.R.- Floor area ratio) göre değişkenlik göstermektedir (International Living Future Institute, 2016).

Proje Alanı Emsal (F.A.R)	Tarım için ayrılan minimum proje alanı yüzdesi
<.09	50%
.10<.24	30%
.25<.49	25%
.50<.74	20%
.75<.99	15%
1.0<1.49	10%
1.5<1.99	5%
2.0<2.99	2%
>3.0	1%

Tablo 3.2. Gıda üretimi için proje alanı yüzdeleri (International Living Future Institute, 2016).

Enstitü yoğun kent dokusu içinde tarım yapmanın zorluğunun ve arsa fiyatlarının yüksekliğinin farkında olup proje alan oranlamasını ona göre yapmaktadır. Kırsal bölgede şehir merkezine oranla proje alanının daha büyük bir kısmının tarım için ayrılmasını şart koşmaktadır.

Enstitü bazı durumlarda bu koşulun uygulanmamasını kabul etmektedir. Örneğin hassas ekolojik alanların korunması ya da canlandırılmasına ilişkin projelerde, tarımın mevcut ekolojik alanın biyolojik ağına zarar verebileceği ya da gelişmesini engelleyebileceği düşüncesiyle yeni maddelerin ekolojik yaşam alanının içine sokulmasını önlemek adına istisna göstermekte ve bu projeler açısından tarım koşulunu kaldırmaktadır (International Living Future Institute, 2017a).

3.3.1.3 Habitat Değişimi

Habitat Değişim şartının hedefi, yaban hayatı yapılaşmanın negatif etkilerinden korumaktır. Söz konusu şart gereği projenin yatırım alanına eşit büyüklükte ve yatırım alanından uzakta bir yaşam alanı, Enstitünün Yaşayan Yaşam Alanı Değişim Programı (Living Habitat Exchange Program) ya da onaylanan başka bir organizasyon aracılığı ile bağış yoluyla koruma altına alınmalıdır. Söz konusu Değişim Programı, Yaşayan Gelecek Enstitüsü'nün kar amacı gütmeyen doğal yaşamı koruma dernekleriyle işbirliği içinde yönettiği bir programdır ve proje grubu Enstitü aracılığıyla alan seçip bağış yapabilmektedir (International Living Future Institute, 2017a).

3.3.1.4 İnsan Gücüyle Çalışan Yaşam

Bu şartın hedefi çevreye zarar veren ulaşım şekillerinin azaltılması ve birbiriyle daha bağlantılı bir toplum yaratarak araba kullanımının azaltılmasıdır. Bu şarta göre proje yaya odaklı tasarlanmalı ve proje alanının yoğunluğunu azaltmamalıdır. Proje, bina kullanıcılarını bisiklet kullanımına teşvik etmek amacıyla güvenli ve hava koşullarına göre korunaklı bisiklet park alanları yaratmalıdır. Bu madde aynı zamanda kullanıcının asansör yerine merdivenleri kullanmasını sağlayacak bir tasarımın gerçekleştirilmesini zorunlu tutmaktadır. L4 –L6 geçiş alanlarında olan projeler ise kullanıcısının toplu taşıma masrafını sübvansetmeli, duş ve giyinme odaları ve en az bir elektrikli araç şarj istasyonu bulundurmalıdır (International Living Future Institute, 2017a). Klasik bisiklet kullanımı gerek topografik zorluklar, gerek kişinin fiziksel yapısı nedeniyle birçok kişi tarafından günlük ulaşım aracı olarak tercih edilememektedir. Teknolojinin ve talebin çoğalması ile yaygınlaşan ve ucuzlayan elektrikli bisikletler, daha fazla kişinin günlük ulaşım için bisiklet tercih etmesini sağlamaktadır. Elektrikli bisikletlerin CO₂ salınımları, yenilenebilir enerji kaynağından şarj edildikleri takdirde, insan gücüyle çalışan bisikletler gibi sıfır olacaktır. Elektrikli bisikletler kilometre başına 0.01 kWh enerji harcayarak en efektif ulaşım aracı konumundadırlar. 1.1L benzinli otomobil, 1km de 0.39kWh enerji harcayarak elektrikli bisikletlerden 39 kat daha az verimli çalışmaktadır (Baden-Powell, 2001).

3.3.2 Su

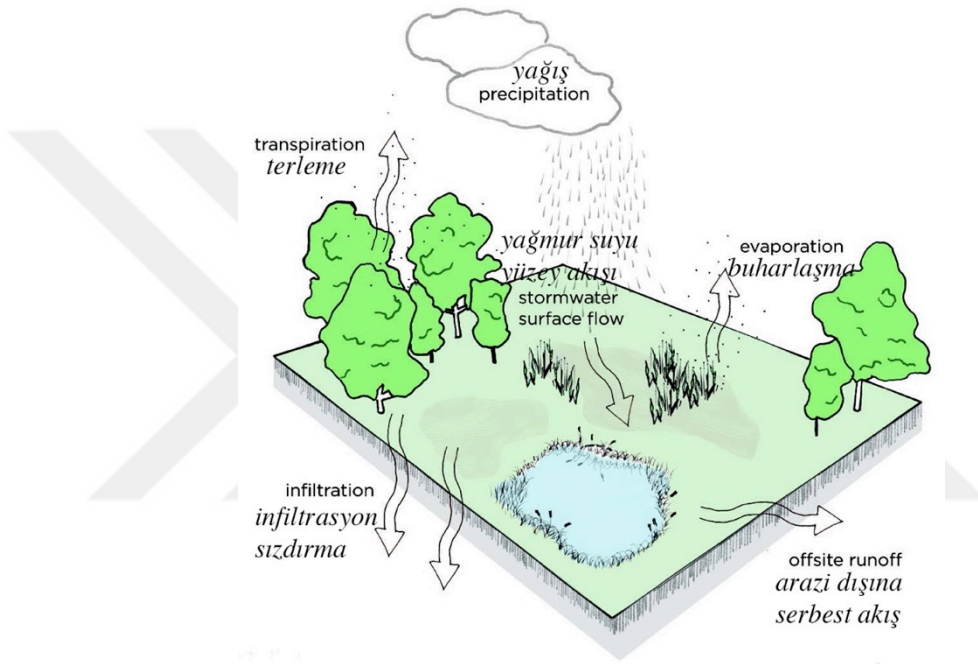
Ana performans kategorilerinden ikincisi olan “Su” (water) ile insanların suyu kullanma biçimlerinin değiştirilmesi ve yapılaşmış çevrede atık kelimesinin anlamı tekrardan tanımlanarak suyun değerinin anlaşılması amaçlanmaktadır. Bu bağlamda Enstitü suya ilişkin bilinçlenmeyi, suyu kullanma şeklimizin değişmesini ve temiz su kaynaklarının korunmasını hedeflemektedir (International Living Future Institute, 2016).

3.3.2.1 Net Pozitif Su

Bu şarta göre, binanın ihtiyacı olan su ya toplanan yağmur suyundan ya da arazide bulunan diğer kapalı döngü su kaynaklarından veya binada kullanılan suyun arıtılıp yeniden kullanılması yoluyla sağlanmalıdır. Enstitü arıtma ve geri dönüşüm sırasında

yaygın bir şekilde kullanılan klor da dahil olmak üzere herhangi bir kimyasal maddenin kullanılmasına izin vermemekte ve toplanan yağmur suyunun yanı sıra gri ve siyah suyun¹⁵ da proje alanı içinde tekrardan kullanılmasını şart koşmaktadır. Enstitü ayrıca proje alanındaki kuyulardan ya da göletlerden su teminini kabul etmektedir. Enstitünün ana amacı, arazi içindeki su döngüsünü doğal ortamda olduğu gibi korumaktır (International Living Future Institute, 2017b).

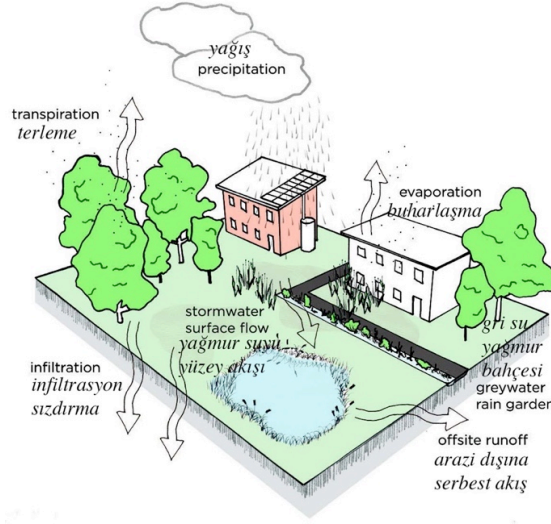
Aşağıdaki iki şekil, proje alanında proje öncesi ve sonrası su döngüsünü tarif etmektedir.



Şekil 3.2. Proje Öncesi arazideki kapalı devre su döngüsü (International Living Future Institute, 2017b).

Şekil 3.2, bir arazide suyun doğal döngüsünü göstermektedir. Yağmur ile yer yüzüne inen su, yüzeyden direkt buharlaşarak ya da bitki örtüsü vasıtasıyla terleme yoluyla yine havaya karışmaktadır. Ayrıca yüzey akışıyla bir su birikintisi oluşturmaktadır. Fazla su arazi dışına serbest akış göstermektedir. Enstitü, gerekli olduğu durumlarda, aşırı yağmur sebebiyle depolama kapasitesi üstüne çıkan fazla suyun arazi dışına salınımına izin vermektedir.

¹⁵ Gri su (Grey water): Lavabo, duş, çamaşır ve içme suyu pınarlarından atılan sudur. Siyah su (Black water): Tuvalet ve pisuar dan atılan insana ait katı ya da sıvı atıktır.



Şekil 3.3. Proje sonrası arazideki kapalı devre su döngüsü (International Living Future Institute, 2017b).

Şekil 3.3, yapılaşmadan sonra arsadaki suyun doğal döngüsünü göstermektedir. Arazi sınırları içinde elde edilen ve kullanılan su, kanalizasyona aktarılarak arazi dışına çıkarılmamaktadır. Kullanılan su doğal bir şekilde bitkiler vasıtasıyla, çoğu zaman eko makina ya da yaşayan makina gibi sistemler kullanılarak tekrardan kullanıma geçirilmektedir. Enstitü şehrin ya da ülkenin yasalarının arıtılan suyun içme suyu olarak kullanılmasına izin vermediği durumlarda içme suyu olarak şebeke suyu kullanımına izin vermektedir. Enstitü PVC boru başta olmakla üzere, **bölüm 3.3.5.1**'de belirtilen kırmızı liste içinde bulunan hiçbir maddenin su tesisatında kullanılmasına izin vermemektedir (International Living Future Institute, 2017b).

3.3.3 Enerji

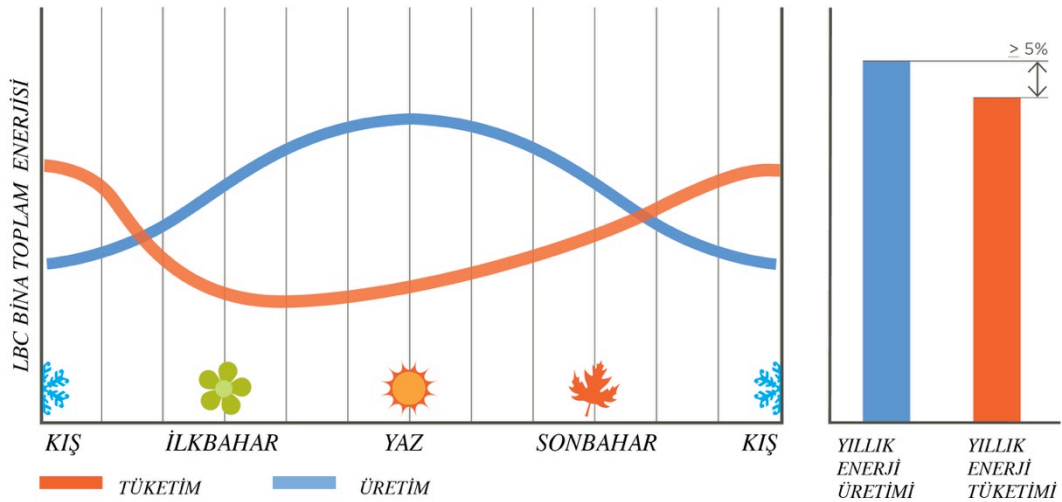
Ana performans kategorilerinin üçüncüsü olan “Enerji” (Energy), yapılaşmış çevrede sürdürülebilir enerji kaynaklarının yıl boyunca hiçbir şekilde çevre kirliliği yaratmadan kullanımını hedeflemektedir. Bunun yanında, binalarda gereksiz yere kullanılan ve israf edilen enerjinin azaltılması ve binaların minimum enerjiyle çalışır şekilde tasarlanmaları şart koşulmaktadır. Enstitü, en yaygın olan kömür, doğal gaz, petrol ve nükleer enerji kaynaklarının yanında, nispeten daha temiz olsalar da uzun vadede ekosisteme zarar verdikleri gerekçesiyle hidroelektrik santrallerine de karşı gelmektedir. Ayrıca, karbondioksit salınımı yarattığı için çöp yakımı yoluyla enerji üretimini de desteklememektedir. Dolayısıyla, kullanılan enerjinin hiçbir şekilde doğaya zararlı salınım yapmaması ya da nükleer reaksiyon ürünü olmaması ideal olarak hedeflenmektedir.

Enstitü emniyetli, güvenilir ve merkezi olmayan tamamen sürdürülebilir enerji kaynaklarıyla beslenen bir enerji şebekesi hayal etmektedir. Ancak günümüz teknolojik koşullarında, ekonomik nedenlerden dolayı bunun zor olduğunun da farkındadır (International Living Future Institute, 2016).

3.3.3.1 Net Pozitif Enerji

Yeni bina, renovasyon, çevre düzenleme ve alt yapı projeleri için mecburi olan bu şart, projenin yıllık enerji ihtiyacının yüzde yüz beşinin proje alanı dahilinde yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilmesini gerektirmektedir. Ayrıca, proje alanında üretilen enerjinin acil durumlarda kullanılması için depolanması gereklidir.

Enstitü, güneş enerjisi kullanan sistemlerin yaz aylarında ve kış aylarında farklı miktarlarda üretim yaptığının ve güneş ışınlarının dünya üzerindeki konumuna göre özellikle kış aylarında güneş enerjisinin veriminin düştüğünün bilincindedir. Bu sebeple, enstitü söz konusu şartın uygulanabilirliği için farklı bir yöntem geliştirmiştir. Enstitü, binanın yıllık enerji üretimi ile tüketimi arasındaki farkın yüzde beş olmasını şart koşmaktadır (Şekil 3.4). Enerji üretiminin az olduğu aylarda bina şebeke enerjisi kullanmakta, enerji üretiminin fazla olduğu aylarda ise şebekeye enerji sağlamamaktadır. Böylece yıllık enerji tüketim ve üretimini dengelemektedir (International Living Future Institute, 2017c).



Şekil 3.4. Yıllık net-sıfır enerji dengesi üretim>tüketim.

Enstitü, Yaşayan Bina Sertifikası'ndan bağımsız olarak, Net Pozitif Enerji şartının gereklerini yerine getiren projelere Sıfır Enerji (Zero Energy) sertifikası da vermektedir.

Enstitünün kabul ettiği yenilenebilir enerji kaynakları şunlardır: Pasif Solar, Fotovoltaik panel, solar termal, rüzgar tribünü, su enerjisi ile çalışan mikro tribün, doğrudan jeotermal, yenilenebilir enerji kaynağı ile üretilmiş hidrojen kullanan yakıt hücresi (International Living Future Institute, 2017c).

3.3.4 Sağlık ve Mutluluk

Dördüncü performans kategorisi olan “Sağlık ve Mutluluk” kategorisinin temel amacı, zindelik veren sağlıklı mekanlar yaratmaktır. Enstitü, sağlıklı ve üretkenliği artırıcı mekanlar yaratmada mekanın kullanıcısının ve sahibinin önemine dikkat çekmekte ve onların proje ile işbirliği içinde olmasını talep etmektedir. Mekanın hava kalitesi, ısısal ve görsel konforu kolaylıkla kullanıcı tarafından manipüle edilebileceği için bu maddenin uygulanabilirliğinin zorluğuna da vurgu yapmaktadır (International Living Future Institute, 2016).

3.3.4.1 Uygar Çevre

Yeni bina ve renovasyon projeleri için geçerli olup, çevre düzenleme/altyapı projeleri için zorunlu olmayan bu şart, sıklıkla iskan edilen her mekanda temiz hava ve gün ışığı elde etmeyi sağlayan açılabilir pencere ya da kapı olmasını gerektirmektedir. Bu şartın amacı, kullanıcıya dış mekanla doğrudan bağlantı kurdurmak ve bu sayede daha sağlıklı olmasını sağlamaktır. Enstitü, dış hava koşullarının kirliliğini ya da nem oranını bu şarttan muafiyet sebebi olarak kabul etmemekte ve kullanıcının, dış hava koşulları hakkında bilgilendiren ve pencerenin ne zaman açılıp açılmayacağını belirten LED ışıklı ya da başka türden bir sistemle yönlendirmesini talep etmektedir (International Living Future Institute, 2017d).

3.3.4.2 Sağlıklı İç Ortam

Yeni bina ve renovasyon projeleri için mecburi olan bu şart, iç mekanda havayı kirletici unsurların önüne geçerek kullanıcı sağlığını desteklemeyi amaçlamaktadır. Bu madde proje alanı sınırları içinde sigara içilmesini yasaklamakta ve mutfak, banyo, tuvalet ve temizlik odaları için kullanılan mekanlardan, yaşam alanlarından bağımsız egzoz talep etmektedir. Bu şart, ayrıca projede kullanılan malzeme ve

ürünlerin uçucu organik bileşikler (Volatile Organic Compounds – VOC) bakımından, Californiya Kamu Sağlığı Başkanlığı (California Department of Public Health – CDPH) v1.1-2010 standardına ya da uluslararası eşdeğer bir standarda uygunluk sağlamasını gerektirmektedir. Binada kullanılan temizlik malzemelerine de kısıtlamalar getiren b şart, temizlik ürünlerinin Çevre Koruma Ajansı (Environmental Protection Agency – EPA) *Güvenli Tercih* etiketine ya da uluslararası eşdeğeri olan bir sertifikaya sahip olmasını şart koşturmaktadır (International Living Future Institute, 2017d).

3.3.4.3 Biyofilik Ortam

Yeni bina, renovasyon, çevre düzenleme/altyapı projeleri için zorunlu olan bu madde, doğal çevre ile yapılaşmış çevre arasında köprü kurmayı hedeflemektedir. Bu şarta göre proje insan ve doğa ilişkisini besleyen unsurları içerecek şekilde tasarlanmalıdır. Enstitü, proje grubunun tasarım aşamasında projenin biyofilik tasarım potansiyellerini araştırmasını şart koşturma ve projenin tasarımı süresince daima biophilia¹⁶ izinde gidilmesini önermektedir. Enstitü, biofilik tasarım şartlarını oluştururken Stephen R. Kellert, Judith H. Heerwagen, and Martin L. Mador tarafından yazılmış *Biophilic Design: The Theory, Science and Practice of Bringing Buildings (2008) to Life* adlı kitaptaki bilgilerden yararlanmış ve atıflarda bulunmuştur (International Living Future Institute, 2017d).

Kellert, Heerwagen, &Mador’a ait bu kitapta biyofilik tasarım iki temel boyutta incelenmektedir. Bu iki temel boyut daha sonra altı adet biyofilik tasarım unsuruna ayrılmakta ve bu altı unsura etki eden yetmiş tasarım elemanı belirtilmektedir. Biyofilik tasarımın birinci boyutu organik olmak ve doğaya uygunluktur. Bu, insanın doğuştan sahip olduğu doğaya eğilimini yapılaşmış çevre içinde dolaylı ya da doğrudan veya sembolik olarak yansıtan şekil ve biçimler olarak tanımlanmaktadır. Doğrudan deneyimlenen doğal çevre özellikleri olarak gün ışığı, hayvanlar, doğal yaşam alanları ve ekosistem sıralanabilir. Dolaylı olarak deneyimlenen unsurlar

¹⁶ Biophilia:Yunan kökene sahip olan ve yaşam sevgisi anlamına gelen bu sözcük sosyal psikolog Erich Fromm tarafından terimleştirilmiştir. 1980’lerde Amerikalı biyolog Edward O. Wilson insanların doğadan kopuşunun negatif etkilerinin farkına varması neticesinde insanları tekrardan doğa ile temas ettirme ihtiyacına odaklanan yeni bir düşünce okuluna önderlik yapmış ve bu terimin kullanılmasına öncülük etmiştir.Wilson biofiliayı insanın diğer canlı organizmalara doğuştan gelen duygusal bağlılığı olarak ifade etmektedir. (Terrapin Bright Green LLC, 2012)

olarak genellikle insanın oluşturduğu saksı bitkileri, su pınarları ve akvaryumlar sayılabilir. Sembolik unsurlar ise daha çok doğayı temsil eden resim, fotoğraf, video vb olarak belirtilebilir. Biyofilik tasarımın ikinci boyutu ise mekan bazındadır ya da yreseldir. Bu boyut coğrafi bölgedeki lokal kültür ve ekolojiyle bağlantı kuran binalar ya da peyzaj düzenlemesi olarak tanımlanmaktadır. Genel olarak mekanın ruhu olarak adlandırılan kişisel hisleri canlandıran, duygusal ve ruhani tatmin veren, sezinlenebilen mekanlardır (International Living Future Institute, 2017d).

Bu iki boyutun bağdaştırıldığı altı unsur şunlardır:

- Çevresel zellikler
- Doğal şekil ve biçimler
- Doğal desenler ve süreçler
- Işık ve mekan
- Mekan bazında ilişkiler
- Evrimleşmiş insan-doğa ilişkileri

Bu altı unsuru oluşturan yetmiş tasarım elemanı, Yaşayan Gelecek Enstitüsü'nün yayınladığı *Sağlık ve Mutluluk El Kitabı*'nda da doğrudan kullanılmış aşağıdaki **Tablo 3.3**'te gösterilmektedir.

Çevresel Özellikler	Doğal şekil ve biçimler	Doğal desenler ve süreçler
• Renk • Su • Hava • Güneş Işığı • Bitkiler • Hayvanlar • Doğal maddeler • Manzara • Jeoloji ve tabiat • Yaşam alanı ve ekosistem • Ateş	• Botanik motifler • Ağaç ve Sütunlu destekler • Hayvan (Çoğunlukla omurgalı motifler) • Kabuklar ve spiraller • Yumurta, oval ve tübüler formlar • Kemerler, tonozlar, kubbeler • Düz çizgilere ve dik açılara karşı gelen şekiller • Doğanın özelliklerinin simülasyonu • Biyomorfik öğeler • Jeomorfoloji • Biyomimikri	• Duyusal Değişkenlik • Bilgi zenginliği • Yaş, değişim ve zamanın pası • Büyüme ve çiçeklenme • Merkez odak noktası • Bütünleşmiş desenler • Sınırlandırılmış mekanlar • Geçiş mekanları • Bağlantılı seriler ve zincirler • Parçaların bütüne entegrasyonu • Tamamlayıcı kontrastlar • Dinamik denge ve gerginlik • Fraktallar • Hiyerarşik olarak düzenlenmiş oranlar ve ölçekler
Işık ve mekan	Mahal bazında ilişkiler	Evrimleşmiş insan-doğa ilişkileri
• Doğal ışık • Filtreli ve dağınık ışık • Işık ve gölge • Yansıyan ışık • Işık havuzları • Sıcak ışık • Şekil ve form olarak ışık • Ferahlık • Mekânsal değişkenlik • Şekil ve form olarak mekan • Mekânsal uyum • İç-dış alanlar	• Mahal ile coğrafi bağlantı • Mahal ile tarihi bağlantı • Mahal ile ekolojik bağlantı • Mahal ile kültürel bağlantı • Yerli malzemeler • Arazi yönelimi • Binanın şeklini etkileyen arazi koşulları • Arazi ekolojisi • Kültür ve ekoloji entegrasyonu • Mekanın ruhu • Makansızlığı önleme	• Beklenti ve sığınak • Düzen ve karmaşıklık • Merak ve kurmaca • Değişim ve metamorfoz • Güvenlik ve koruma • Uсталık ve kontrol • Sevgi ve bağlanma • Cazibe ve güzellik • Araştırma ve keşif • Bilgi ve idrak • Korku ve huşu • Saygı ve maneviyat

Tablo 3.3. Biyofilik tasarım unsurları ve karşılık gelen tasarım elemanları (Kellert, Heerwagen, & Mador, 2011).

3.3.5 Malzemeler

Beşinci performans kategorisi olan “Malzemeler” kategorisinin amacı, toksin içermeyen, ekolojik olarak onarılabilen, şeffaf ve sosyal açıdan adaletli bir malzeme pazarı oluşturmaktır. Enstitü, yapılaşmış çevrenin insan ve ekosistem sağlığına negatif etkisi olmayan ve yenilenebilir malzemelerden oluşturulmasını öngörmektedir (International Living Future Institute, 2016).

3.3.5.1 Kırmızı Liste

Kırmızı liste, Yaşayan Gelecek Enstitüsü’nün oluşturduğu Yaşayan Bina Program çerçevesinde belirlediği ve binalarda kullanılması yasaklanan malzemelerin ve kimyasal maddelerin listesidir. Enstitü, bazı geçici istisnalar dışında listede yer alan hiçbir maddenin kullanılmasına izin vermemektedir. Kırmızı liste yeni bina, renovasyon ve çevre düzenleme/altyapı projeleri için zorunlu tutulmaktadır.

• Alkil Fenol (Alkylphenols) • Asbest (Asbestos) • Bizfenol A (Bisphenol A) (BPA) • Kadmiyum (Cadmium) • Klorlanmış Polietilen (Chlorinated polyethylene) ve Klorosilfonatlı poliüretan (chlorosulphonated polyethylene) • Klorobenzenler (Chlorobenzenes) • Klorofluorokarbonlar (Chlorofluorocarbons)(CFCs) ve hidroklorofluorokarbonlar hydrochlorofluorocarbons (HCFCs) • Kloropren (Chloroprene) Neopren (Neoprene) • Krom VI (Chromium VI) • Klorlu Polivinil Klorür (Chlorinated polyvinyl chloride)(CPVC) • Formaldehid (Formaldehyde) (katılmış)	• Halojenli alev geçitiriciler (Halogenated flame retardants) (HFRs) • Kurşun (Lead) (katılmış) • Cıva (Mercury) • Perflorlanmış bileşikler (Perfluorinated compounds) (PFCs) • Poliklorlu bifeniller (Polychlorinated biphenyls) (PCBs) • Ftalatlar (Phthalates) • Polivinil klorür (Polyvinyl chloride) (PVC) • Poliviniliden klorür (Polyvinylidene chloride) (PVDC) • Kısa zincirli klorlu parafinler (Short Chain Chlorinated Paraffins) • Kreozot (creosote), arsenik (arsenic) veya pentaklorofenol (pentachlorophenol) içeren ahşap işleme kimyasalları • Islak uygulanan ürünlerde Uçucu organik bileşikler (Volatile organic compounds) (VOCs)
--	---

Tablo 3.4. Kırmızı Liste (International Living Future Institute, 2017e).

Günümüz koşullarında kırmızı liste içinde bulunan maddeleri kullanmadan bir bina inşa etmek pek kolay olmasa da bazı koşullar hariç imkânsız da değildir. Bugün itibari ile 20 şartın her birini yerine getirerek Yaşayan Bina Sertifikası almış 23 bina bulunmaktadır. Bu 23 binaya ilaveten sertifika almak için 179 bina kayıt yaptırmış

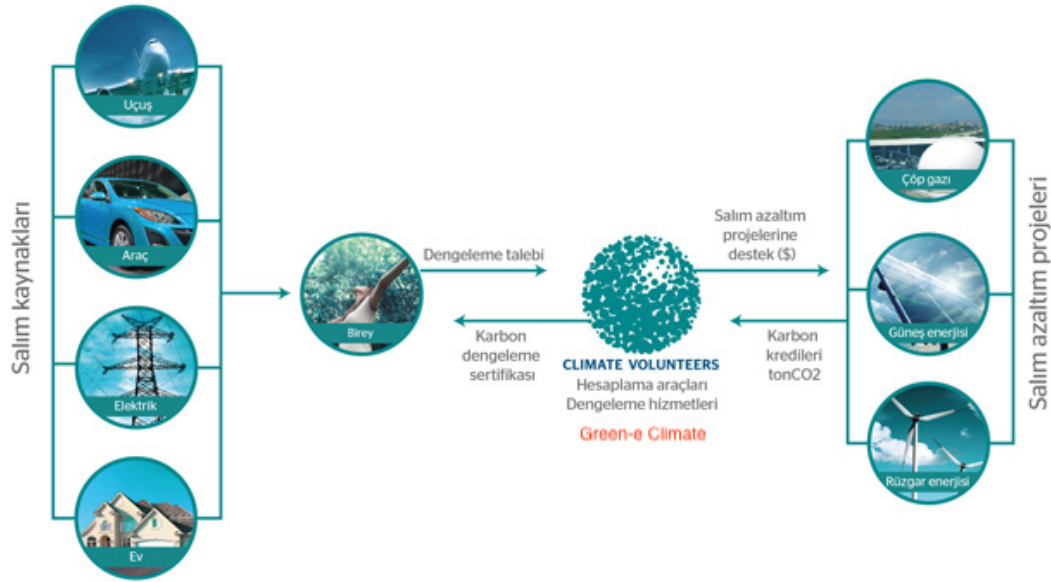
ve ayrıca 16 bina kırmızı listedeki ürünleri kullanmadan inşa edilerek Petal seviyede sertifika almıştır (URL4, 2019). Yaşayan Gelecek Enstitüsü'nün oluşturduğu bu kırmızı liste, sadece sertifika sisteminin bir şartı değil, aynı zamanda Enstitü'nün felsefesi olarak malzeme endüstrisine yol gösteren, bir iletişim aracı görevini görmektedir. Bu bağlamda, şirketler ürünlerini gözden geçirmekte ve kırmızı listede yer alan maddeleri ürünlerinden çıkarmaya çalışmaktadırlar. Enstitü'nün, bu felsefeyi desteklemek amacıyla 2010 yılında hayata geçirdiği Declare Programı'yla birlikte ürünler, yiyeceklerin besin değer etiketine benzer şekilde etiketlenmeye başlanmıştır. 2015 yılında başlayan Yaşayan Ürünler Programı'yla ise endüstri ürünlerine değişik seviyelerde sertifika verilmeye başlanmıştır. Yaşayan Bina Programı'na (YBP) benzeyen bu Program, tüm şartları yerine getiren ürünlere yaşayan ürün sertifikası, kısmi başarı gösterenlere ise Taç seviyesinde sertifika vermektedir (Thomas, 2016).

3.3.5.2 İkincil (Dolaylı) Karbon Ayak İzi

Yeni bina, renovasyon ve çevre düzenleme/altyapı projeleri için zorunlu olan bu şart projelerin dolaylı karbon ayak izini tasarım yoluyla azaltılmasını ve iklim değişikliğine etki eden inşaat yöntem ve süreçlerinin karbon ayak izlerinin dengelenmesini amaçlamaktadır.

Bu süreçte proje grubu, tasarım aşamasında karbon azaltma stratejilerini projeye dahil etmeli, sonrasında onaylanmış bir hesaplama aracıyla dolaylı karbon ayak izi hesaplanmalı ve elde edilen sonucun yüzde yüzünü dengeleyecek şekilde onaylı kuruluşlardan Sertifikalı Salınım Azaltma (Certified Emission Reductions - CERs) ya da Onaylanmış Salınım Azaltma (Verified Emission Reductions – VERs) satın almalıdır. Enstitü bu süreçte, proje kapsamında bulunan yenilenebilir enerji üretiminin ve bitkilendirmenin ikincil karbon ayak izini azaltıcı unsurlar olarak hesaba katılmasına izin vermemektedir. Ayrıca renovasyon projeleri açısından mevcut yapının ikincil karbon ayak izinin hesaplanması zor olacağı için, kullanılan hesaplama yöntemine bağlı olarak ya mevcut binanın hesaba katılmamasını ya da katılıyorsa toplam ikincil karbon ayak izinin %50 oranında düşürülebilmesini kabul etmektedir. Enstitü her ne kadar karbon dengeleme işleminin yöresel kaynaklarla karşılanmasına teşvik etse de dünyanın herhangi bir yerinden sağlanmasını da kabul etmektedir (International Living Future Institute, 2017e).

Enstitü, enerji dengelemede çöp gazından enerji üretilmesini ve yenilenebilir enerji kaynaklarını kabul etmektedir. Program, dengeleme işleminin Green-e Climate ya da eşdeğer bir program tarafından onaylanmış olmasını talep etmektedir. **Şekil 3.5** karbon dengeleme sürecini grafik bir dille özetlemektedir.



Şekil 3.5. Karbon dengeleme sistemi çalışma prensibi (URL2, 2019).

3.3.5.3 Duyarlı Endüstri

Yeni bina, renovasyon ve çevre düzenleme/altyapı projeleri için zorunlu olan bu şart, doğal kaynak çıkarımına ve bitki yetiştiriciliğine dayanan endüstrilerin zararlı çevresel ve sosyal etkilerini azaltmayı hedeflemektedir. Proje, bağımsız kuruluşlarca onaylanan sürdürülebilir kaynak çıkarma ve adil işçilik uygulama standartlarını projeye adapte etmeli ve endüstriyi bu yönde teşvik etmelidir. Bu şart kapsamındaki ham maddeler arasında, taş, kaya, metal, mineraller ve kereste bulunmaktadır.

Yapıda kullanılan tüm keresteler ya yüzde yüz Orman Yönetim Konseyi (Forest Stewardship Council – FSC) standartlarına uymalı, ya kurtarılmış/hurda ahşaptan üretilmeli ya da binanın inşaatı için veya arazinin biyolojik ağının ekolojik dengesini koruma veya onarma amacı ile kesilen ağaçlardan elde edilmelidir. Yapıda kullanılan tüm taşların, Doğal Taş Konseyi (Natural Stone Council – ANSI) standartlarına uygun bir şekilde elde edilmiş olması gerekmektedir. Ayrıca proje her 500 metre karelik alan için bir adet Declare etiketli ürün kullanmalı ve Declare etiketi kullanmayan en az on üreticiye Declare programı ile ilgili bilgilendirme göndermelidir. Yukarıda da değinilen Declare etiketi, saydamlık amacıyla bina

malzemelerinin içeriklerini ve belli başlı toksik maddeleri içerip içermediklerini göstermektedir. Ayrıca ham madde teminatı yapılan yerin bilgisi de etikette bulunmaktadır (International Living Future Institute, 2017e).

Declare.

**Your Product
Your Company**

Final Assembly: City, State, Country
Life Expectancy: 000 Years
End of Life Options: Recyclable (42%), Landfill

Ingredients:

Your First Ingredient (Locally Sourced Location, ST), Sustainably Sourced Ingredient (Location, ST), Non-toxic Item (Location, ST), Living Building Challenge Red List*, Another Component, US EPA Chemical of Concern, Last Ingredient

Living Building Challenge Criteria:

XXX-0000 EXP. 11/11/2011
VOC Content: 0.00 mg/m³ VOC Emissions: CDPH Compliant

Declaration Status

☐	LBC Red List Free
☒	LBC Compliant
☐	Declared

MANUFACTURER RESPONSIBLE FOR LABEL ACCURACY
INTERNATIONAL LIVING FUTURE INSTITUTE™ declareproducts.com

End-of-life options: take-back programs, salvageable or reusable in its entirety, recyclable (%); landfill; hazardous waste.

Ingredient are reported by component. Ingredients without restriction appear in grey; Red List chemicals appear in dark orange; EPA COC and REACH chemicals appear in light orange. (Reported raw material extraction locations are listed in parenthesis.)

Declare Identifier for company and product, valid for 12 months.

VOC Information and CDPH Compliance.

Verification that product complies with Living Building Challenge Red List.

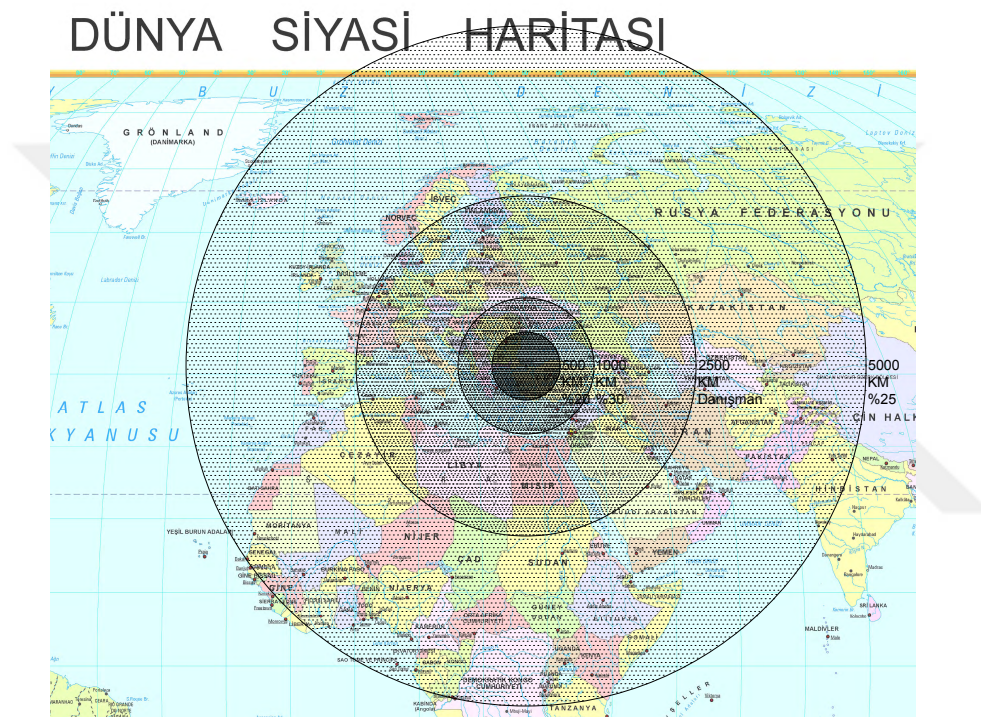
Şekil 3.6. Declare Ürün Etiketi (URL3, 2019).

3.3.5.4 Yaşam Ekonomisi Kaynakları

Yeni bina, renovasyon ve çevre düzenleme/altyapı projeleri için mecburi olan bu şartın hedefi yerel ekonomilere yatırım yaparak onları canlandırmak, toplum bağlarını kuvvetlendirmek ve kalkınmayı sağlamaktır. Ayrıca ürün nakliyatının çevresel etkilerini de en düşük seviyeye çekmeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda Enstitü, projede kullanılan malzemelerin üretim yerlerine ve ayrıca proje için servis veren kişi ya da kuruluşların projeye olan uzaklığına ilişkin sınırlamalar getirmektedir. Bu kapsamda;

- Malzeme inşaat bütçesinin minimum %20'sini ya da fazlasını oluşturan ürünlerin, inşaat alanına en fazla 500 kilometre uzaklıktan temin edilmesini,

- Bütçenin maksimum %30'luk kısmının en fazla 1000 km'lik sınırlar içinden temin edilmesini,
- Bütçenin maksimum %25'lik kısmının en fazla 5000 kilometrelik sınırlar içinden temin edilmesini,
- Bütçenin maksimum %25'lik kısmın ise herhangi bir uzaklıktan temin edilebileceğini belirtmekte ve
- Proje danışmanlarının en fazla 2500 kilometre uzaklıktan gelmesine izin vermektedir.



Şekil 3.7. İstanbul da yapılacak bir projenin malzeme teminat sınırları. Sınırlar Dünya Siyasi Haritası (URL6, 2015) üzerinde gösterilmiştir.

3.3.5.5 Net Pozitif Atık

Yeni bina, renovasyon ve çevre düzenleme/altyapı projeleri için zorunlu olan bu şartın hedefi, malzemelerin kaynaktan çıkarılması, işlenmesi ve elden çıkarılması sebebiyle oluşan çevresel yüklerin azaltılması ve atıkların faydalı bir (YBP) de yeniden kullanılması yoluyla değerli bir kaynağa dönüştürülmesidir. Proje ekibi, tasarım, inşaat, işletme ve kullanım ömrü sonunda atık üretimini azaltmak veya ortadan kaldırmak için çaba göstermeli, doğal kaynakları korumak ve atıkları tekrar endüstriyel bir döngüye veya doğal döngüye entegre etmenin yollarını bulmak için çaba göstermelidir. Bu şart gereği tüm projeler, 500 metrekarelik brüt inşaat alanı

başına en az bir kurtarılmış malzeme içermeli veya mevcut bir yapı yeniden kullanılacak (YBP) de uyarlanmalıdır. Proje ekibince bir malzeme koruma yönetim planı oluşturulmalı ve malzemelerin en iyi (YBP) de nasıl kullanılacağı aşağıdaki evreler doğrultusunda açıklanmalıdır.

Tasarım evresi: Ürünün özelliklerinde, projeye uygun dayanıklılığın dikkate alınması

İnşaat evresi: Ürün optimizasyonu ve atık malzemelerin toplanması

İşletme evresi: sarf malzemeleri ve dayanıklı tüketim malları için toplama planı

Kullanım ömrü sonu: uyarlanabilir yeniden kullanım ve dekonstrüksiyon için plan

Enstitü, ayrıca her proje tipinin geri dönüştürülebilir atıkların ve gıda atıklarının toplanmasını sağlayacak bir altyapıya mutlaka sahip olmasını zorunlu tutmaktadır.

Tablo 3.5 projedeki malzemelerin geri dönüşüm ve/veya yeniden kullanım miktarlarını göstermektedir.

Malzeme	Minimum Dönüşüm/Ağırlık
Metal	%99
Kağıt ve Karton	%99
Toprak ve Biokütle	%100
Sert köpük, izolasyon, halı	%95
Diğer- toplam ortalama ağırlık	%90

Tablo 3.5. Mecburi malzeme geri dönüşüm miktarları.

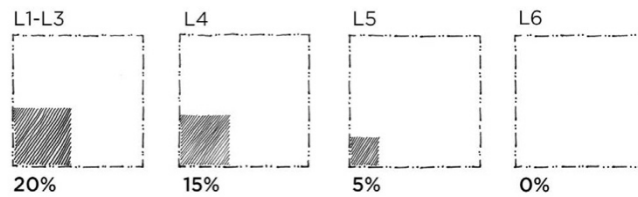
3.3.6 Adalet

Yaşayan Bina Enstitüsü, Yaşayan Bina Programı'nı öncelikle bir felsefe, ikinci sırada bir savunma aracı ve son olarak da bir sertifika programı olarak tanımlamaktadır. Binalara odaklı program temelde düşünce dönüştürücü bir araç olmakla birlikte, sosyal olarak adil, kültürel açıdan zengin ve ekolojik olarak onarıcı bir gelecek düşünmemizi sağlamaktadır. Program, projelerin büyüklüğü veya yeri ne olursa olsun, tasarıma, inşaat ve birey-toplum ilişkisine dair bir çerçeve sunmaktadır. Program aynı zamanda, fiziksel yetenekleri, yaşları veya sosyo-ekonomik durumları ne olursa olsun, tüm insanlara eşit erişim ve muamele sağlayan

toplumlar öngörmektedir. (International Living Future Institute, 2016). Altıncı performans kategorisi olan Adalet (Equity) dört şart içermektedir:

3.3.6.1 İnsan Ölçeği + İnsani Alanlar

Yeni bina ve çevresel düzenleme/altyapı projeleri için geçerli olan bu şart, renovasyon projeleri için zorunlu değildir. Bu şart gereği proje taşıt ölçeğinden ve odağından ziyade insan ölçeğinde ve insan odağında mekan ve alanlar olarak tasarlanmalıdır. Bu sayede insanın en iyi deneyimi elde etmesi, toplumla kültürel ve sosyal etkileşime girebilmesi hedeflenmektedir. Bu şart, geçiş alanı (transect) ile orantılı olarak projenin bina boyutu, sert zemin alan miktarı ya da tabela boyutları gibi belli başlı unsurlarına sınırlamalar getirerek yapıların orantılı bir biçimde insan ölçeğine uygun yapılmasını sağlamaya çalışmaktadır. Bu çerçevede getirilen belli başlı sınırlamalar şöyledir: Müstakil evlerin L1 geçiş alanı dışında her yerde 425 m²'den daha büyük olmaması, iki pencere arasındaki mesafenin 30m'den fazla olmaması, açık alan otopark alanının projenin bulunduğu geçiş alanına göre orantılı boyutlarda olması ve en fazla proje alanının %20 boyutlarında yapılabilmesi. Proje, 4 m²'den büyük en fazla bir adet tabela bulundurabilir ve maksimum tabela büyüklüğü 6 m² ile sınırlandırılmıştır. Projenin mahalle ile etkileşiminin sağlanması ya da binanın kullanıcılarının toplanmasına olanak sağlayacak en az bir adet toplanma mekanı bulundurması, halka açık, mahalle sakinlerinin de kullanabileceği oturma bankları, sanatsal elemanlar ya da küçük park alanları temin etmesi şart koşulmaktadır. Müstakil ev projelerinde bazı şartlara istisna gösterilmektedir.



Şekil 3.8. L1-L6 Geçiş alanlarında proje alanı ve yüzey otopark alanı orantısı (International Living Future Institute, 2017f).

Enstitü bu oranlardan fazla otopark ihtiyacının duyulduğu durumlarda, otoparkların binanın alt katlarında olmasını ya da ayrı bina içinde olmasını şart koşmaktadır (International Living Future Institute, 2017f).

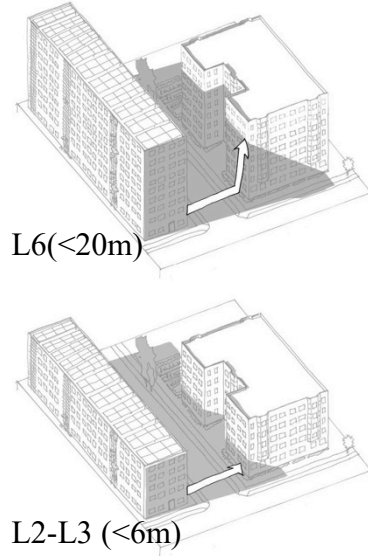
3.3.6.2 Doğaya ve Alana Evrensel Erişim

Yeni bina ve çevresel düzenleme/altyapı projeleri için geçerli olan bu şart, renovasyon projeleri için zorunlu değildir. Enstitü, tüm ana ulaşım yollarının, yol ve bina olmayan altyapıların toplumun her bireyi tarafından geçmişine, yaşına ya da sosyo-ekonomik durumuna bakılmaksızın adil ve eşit bir biçimde ulaşılabilir olmasını şart koşturmaktadır. Evsiz, sokakta yaşayan insanların dahil edildiği bu şart ile herkesin inşaat edilen projelerden fayda görmesi hedeflemektedir. L3-L6 geçiş alanlarında yapılan herhangi bir projede toplumun tüm üyelerinin erişimine olanak veren şehir mobilyaları, bahçe düzenlemeleri ve kamusal sanat elemanları tasarlanmalıdır. Bu madde aynı zamanda halka açık bu alanların bedensel engelliler tarafından erişilebilir olmasını da zorunlu tutmaktadır (International Living Future Institute, 2016). Bu şartın en önemli içeriklerinden biri de yeni yapılan bir binanın bireylerin ve komşu binaların taze hava alımını, güneş ışığı ve su kenarına ulaşımını bloke etmesini engellemektir. Projeler ayrıca gürültü kirliliği yaratmayacak şekilde tasarlanmalıdır.

Taze hava: Yeni yapılan binalar hiçbir şekilde komşu binaların doğal havalandırmasını engelleyecek şekilde yapılmamalı ve hiçbir şekilde toksik, kanserojen olduğu düşünülen ve enstitünün kırmızı listesinde yer alan maddeleri içeren hava salınımında bulunmamalıdır.

Güneş Işığı: Yeni yapılan binalar hiçbir şekilde komşu binanın cephesine ve çatısına düşen güneş ışığını kabul edilir seviyeler üzerinde kesmemelidir.

Doğal su kenarı: Projeler hiçbir şekilde, bireylerinin doğal su kıyılarına ulaşımını engelleyecek biçimde yapılmamalıdır. Eğer projenin su kenarına paralel olan sınır çizgisi 60 metreden daha uzun ise, muhakkak halkın kıyıya ulaşabileceği yollar temin etmelidir ve minimum 3 metrelik bir kıyı şeridi oluşturmalıdır (International Living Future Institute, 2017f).



Şekil 3.9. Tablo 3.6'daki verilenin şematik gösterimi (International Living Future Institute, 2017f).

Geçiş Alanı	Komşu Binanın Cephesine Düşen Maksimum Gölge Yüksekliği
L2-L3	6m
L4	10m
L5	15m
L6	20m

Tablo 3.6. Maksimum Gölge Yüksekliği (International Living Future Institute, 2017f).

Enstitü projelerin komşu binalardan güneş ışığı hakkı satın almasına izin vermemektedir. Enstitü belli başlı durumlarda, bu maddenin bazı zorunluluklarına güvenlik sebebiyle istisna göstermektedir. Örnek olarak, ana okulu, kreş ve benzeri tesislerde öğrencilerin güvenliği bakımından halka açık alanlar kısıtlanabilir. Bir diğer istisna ise su kenarında yükleme tesisi ya da marina gibi işletmelerin olduğu yerlerde, bireylerinin güvenliği açısından su kenarına ulaşım sınırlamalar getirilebilmesidir (International Living Future Institute, 2017f).

3.3.6.3 Adil Yatırım

Yeni bina, renovasyon ve çevre düzenleme/altyapı projeleri için zorunlu olan bu şartın amacı tüm özel ve kâr amaçlı projelerin inşaat masrafı ile orantılı olarak kamu

yararına maddi katkıda bulunmasının sağlanmasıdır. Bu şart gereği, proje maliyetinin her bir dolarına karşılık, Uluslararası Yaşayan Gelecek Enstitüsü'nün (ILFI) çatısı altında bulunan Yaşayan Adalet Değişim (Living Equity Exchange) Programı vasıtasıyla yarım sentlik bağışta bulunulmalıdır. Söz konusu Değişim Programı toplanan bu bağışlar ile yenilenebilir enerji üretimi için altyapı kuran ve kâr amacı gütmeyen vakıflara destek olmaktadır (International Living Future Institute, 2017f).

3.3.6.4 JUST Organizasyonu

Yeni bina, renovasyon ve çevre düzenleme/altyapı projeleri için zorunlu olan bu şartın amacı sorumluluk sahibi, adil bir yaşamı destekleyen kurum ve kuruluşlara teşvik etmektir. Enstitü bunun sağlanabilmesi için kendi çatısı altında JUST Organizasyonu adlı bir örgütlenmeye sahiptir ve gönüllü olan kurum ve kişilere JUST etiketi vermektedir (**Şekil 3.10**). Enstitü, JUST Organizasyonu'nu bir sertifika programından çok kurum ve kuruluşların işleyişlerini, işçilerine nasıl davrandıklarını ve hangi hakları sağladıklarını, toplumsal ve finansal yatırımlarını nerelere yaptıkları gönüllü olarak kamuya açıkladıkları bir saydamlık projesi olarak tanımlamaktadır (URL5, 2019; URL6, 2015). Yaşayan bina sertifikasının on sekizinci maddesi olan bu şartın yerine getirilmesi için aşağıdaki listede belirtilen, proje takımında yer alan kişi ya da kuruluşlardan en az bir tanesinin JUST etiketine sahip olması zorunludur.

- Proje Mimarı
- Mekanik-Elektrik-Tesisat Mühendisi
- İnşaat Mühendisi
- Peyzaj Mimarı
- İç Mimar
- İşveren/Gayrimenkul Yatırımcısı
- İşveren Temsilcisi ya da Proje Koordinatörü
- Sürdürülebilirlik Danışmanı
- Müteahhit

Ayrıca proje takımı, en az on proje danışmanlık firmasına, müteahhit firma ya da inşaat ürünü temin eden firmalara JUST Organizasyonu hakkında bilgi göndermelidir (International Living Future Institute, 2017f).



Şekil 3.10. JUST etiketi (International Living Future Institute, 2017f).

3.3.7 Güzellik

Enstitü, toplum olarak genellikle çirkin ve insanlık dışı fiziksel ortamlarla çevrili olduğumuz yapılaşmış çevrede, evlerimize, sokaklarımıza, ofislerimize ve mahallemize önem vermiyorsak, doğal çevreye, ormanlara, tarım alanlarına nasıl önem vereceğimizi sorgulamaktadır. Bu bağlamda, güzelliğe duyulan ihtiyacı korumak, muhafaza etmek ve daha özenli olmak için öncülük vazifesi görebileceğini düşündüğü Güzellik performans kategorisini oluşturmuştur. Enstitü otoyolları, otopark alanlarını, reklam panolarını, büyük alışveriş merkezlerini estetik olarak kabul ettiğimiz takdirde, aynı solukta doğal alanların tahribini, ormanlık alanların çoraklaşmasını, büyük fabrika alanlarını, açık kömür ve maden ocaklarını ve bunlar gibi doğayı çirkinleştiren yapılaşmaları da kolaylıkla kabul edeceğimizi düşünmektedir. Bu bağlamda, Yaşayan Bina Programı, insanın ruhunu yükselten ve şu anda olduğumuzdan daha iyi olmamız için bize ilham veren tasarımları öngörmekte ve teşvik etmektedir. Göreceliğin ağır bastığı ve denetlemenin zor olduğu bu performans alanının değerlendirilmesi aşamasında Enstitü, yapının

güzelliğini yargılamak ve kendi öznel estetik değerlerini başkalarına uygulamaktan ziyade, projenin düşünceli bir şekilde uygulandığını, kullanıcının hayatlarını zenginleştirmek için çaba gösterilen tasarımların hedeflendiğini görmek istemektedir. Ayrıca Enstitü, projelerin güzelliklerinin, iyi düşünülmüş tasarımlarının ve çevresel etkilerinin eğitiminin verildiği, halkın bilinçlendirilmesini hedefleyen programların oluşturulmasını şart koşturmaktadır. Enstitü, bu performans alanının uygulanmasını zorunlu tutulan iki şart ile gerçekleştirmeye çalışmaktadır (International Living Future Institute, 2016).

3.3.7.1 Güzellik ve Ruh

Yeni bina, renovasyon ve çevre düzenleme/altyapı projeleri için zorunlu olan bu şartın amacı güzel "Yaşayan Binalar" ile toplumun mekan anlayışına katkıda bulunulmasını sağlamak, gelecek nesilleri memnun etmek ve onlara ilham vermektir. Bu bağlamda, projeler kamu sanatını anlamlı bir şekilde yapılara entegre etmeli ve projenin işlevine uygun insan zevkine hitap eden, kültürel ve ruhsal hareketlilik getiren tasarım özellikleri içermelidir. Bu şartın başarılı bir şekilde yerine getirilmesi için yapının kullanıcısı ile anket çalışması yapılması zorunlu tutulmaktadır. Enstitü, şartın anlaşılabilmesi için üç alt kategori ile tanımlamalar yapmaktadır (International Living Future Institute, 2017g).

- Kültür, Ruh ve Mekanın anılması:

Proje, Program'dan bağımsız olarak yerel kültürü hatırlatan, anan unsurlar içermelidir. Bu bir sanatın sergilenmesi düşünsel bir başarının, gelenek ve göreneklerin, belirli bir ulusun, insan veya bir sosyal grubun başarılarının anılması şeklinde olabilir. Burada ki amaç, bölgesel halk ile bağlantı kurarak kullanıcıların ve toplumun mekan algısına katkıda bulunan bir mimariyi bilinçli bir şekilde oluşturmaktır.

- İnsan zevkine hitap etmek:

Yalnızca insan zevkine yönelik tasarım özellikleri ya binanın işlevine ek olmalı ya da yeni ve teşvik edici bir şekilde işlevsel bir gereksinimi karşılamalıdır. Ayrıca, binanın biçiminin veya oranlarının güzel olduğunu ifade etmek yeterli olmayıp, projeyi yapı veya konfor taleplerinin üstünde ve ötesinde güzelliklerle doldurmak adına ona dokular, detaylar ve diğer tasarım öğeleri dahil edilmelidir.

Burada ki amaç, unuttuğumuz el yapımı ve ustalık gerektiren, büyük çabalar ile oluşturulan küçük detayların, yapı ve yapı elemanlarına etkisinin anlaşılmasını ve hatırlanmasını sağlamaktır.

- Kullanıcı anketi:

Kullanıcı anketi, proje ekibinin yapının kullanıcıları tarafından güzel olduğu düşünülen bir şey yaratmayı başarıp başaramadıklarını sorgulamak için yapılmalıdır. Anketler kısa olabilir ancak üzerinde anket yapılan kullanıcı bu maddenin kuralları ve amacı ile ilgili bilgilendirilmeli ve bu bağlamda kullanıcıya projenin güzelliğine ilişkin sorular sorulmalıdır. Proje grubu binanın değişik kullanıcı gruplarına mümkün oldukça ulaşmaya çalışmalı ve en az % 10'luk bir kullanıcı kitlesi ile anket gerçekleştirmelidir (International Living Future Institute, 2017g).

3.3.7.2 İlham ve Eğitim

Yeni bina, renovasyon ve çevre düzenleme/altyapı projeleri için zorunlu olan bu maddenin amacı proje sahipleri ve ziyaretçilerinin yanı sıra diğer tasarım ekiplerini ve halkı da proje hakkında çeşitli yollarla açıklayıcı bilgiler vererek eğitmek ve onları “Yaşayan Bina” projelerine teşvik etmektir. Bu kapsamda, proje takımı ya da sahipleri projelerinin başarılı sonuçlarını göstermek adına projenin işleyişi ve performansı ile ilgili eğitim materyallerini toplum ile paylaşmalı ve diğer kişileri bu yönde motive etmeye çalışmalıdırlar.

Bu bağlamda tüm projeler;

- Yaşayan Bina örnek bina incelemesi yayınlamalı,
- Yılda bir kez halka açık bir gün düzenlemeli ve ziyaretçi kabul etmeli,
- Operasyon ve bakım kılavuzu yayınlamalıdır.

Müstakil evler dışında kalan tüm projeler ise;

- Projenin tasarımını ve çevresel etkilerini tanımlayan basit bir broşür yayınlamalı,
- Ziyaretçilere ve bina sakinlerine proje hakkında bilgi veren açıklayıcı tabelalar bulundurmalı,
- Eğitim amaçlı internet sitesi hazırlamalıdırlar (International Living Future Institute, 2017g).

4. YAŞAYAN BİNA SERTİFİKASI ALMIŞ YAPILARIN SÜRDÜRÜLEBİLİR TASARIM İLKELERİ BAĞLAMINDA İNCELENMESİ

4.1 Örnek Projeler

Bu bölümde sürdürülebilir yapı tasarım ilkelerinin örneklerle somutlaştırılması amacı ile Yaşayan Bina Sertifikası kazanmış 4 adet bina örneği ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Örnek binalar farklı kullanım türleri, farklı iklim koşulları, farklı bina boyutları ve farklı geçiş alanları dikkate alınarak seçilmiştir. Ele alınan binalarda öncelikle, işlevi, yeri, yapım yılı, mimarın yer aldığı proje künyesi oluşturulmuştur. Projeler daha sonra Bölüm 2 altında ele alınan sürdürülebilir tasarım ilkeleri kapsamında analiz edilmeye çalışılmış ve bu ilkelerin binaların kütle ve plan tasarımlarının şekillenmesine etkisi araştırılmıştır.

4.1.1 Bullitt Center, Seattle, WA ABD, 2013

Yer	Seattle, WA ABD
Kullanım	Ticari Ofis
Geçiş Alanı (Transect)	L5 (Şehir Merkezi)
Yapım Yılı	2013
Mimar	Miller Hull Partnership
Alan	52,798 SF (4,906 m ²)
Enerji Kullanım Yoğunluğu (EUI)	12.3 kBTU/sf/yr (38.8 kW/m ² /yıl)
İklim Bölgesi (ABD)	4C

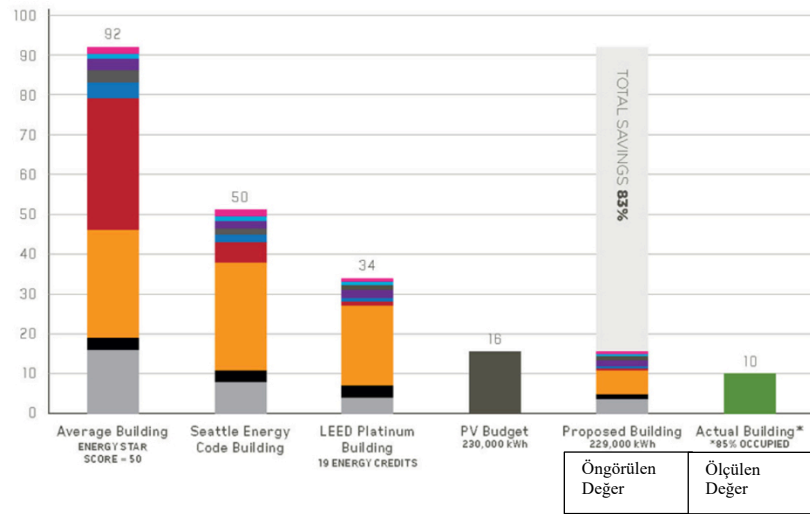
Tablo 4.1. Bullitt Center Künye.



Şekil 4.1. Bullitt Center (URL9, 2019)

**BULLITT CENTER:
YEAR ONE
ENERGY USE AND
PRODUCTION**

- DOM. HOT WATER
- ELEVATOR
- VENT FANS
- PUMPS & AUX
- SPACE COOLING
- SPACE HEATING
- PLUG LOADS
- IT SERVER
- LIGHTS



Şekil 4.2. Bullitt Center Bir Yıllık Enerji Kullanımı ve Üretimi (Liljequist, 2016).

Bullitt Center enerji kullanımı bakımından yerel yönetimlerin ve ASHREA standartlarının enerji tüketim sınırlamalarının çok altında enerji tüketmektedir. Şekil 4.2’de görüldüğü üzere bina ilk önerilenden daha az enerji tüketmektedir. 12.3 EUI (kBTU/sf/yr) (Energy Use Intensity-Enerji Kullanım Yoğunluğu) olan enerji tüketiminin yüzde biri ısıtma, yüzde biri fanlar, yüzde biri sıcak su, yüzde üçü aydınlatma ve yüzde on biri prize bağlı elektrik tüketimidir. ASHRAE 90.1-2007 standartlarına bakıldığında orta ölçekli bir ofis binasının ortalama enerji

kullanımının 47.7 EUI (kBTU/sf/yr) olduğunu görmekteyiz ki Bullitt Center bu temel değere göre yüzde 83 daha tasarruflu bir bina konumundadır (Liljequist, 2016). Bullitt Center'ın bu denli az enerji tüketmesinin arka planında sürdürülebilir bina tasarım ilkelerinin büyük rol oynadığını görülmektedir. Pasif tasarım ilkeleri ile birleştirilen aktif tasarım ilkeleri neticesinde ortaya çıkan yapı enerji ve su ihtiyacını yerinde karşılayabilen kısacası kendi kendine yetebilen bir binadır.

Enerji etkin bina tasarımında cephe malzemesi:

Binanın enerji etkin duruma getirilmesi için yüksek performanslı yalıtım malzemeleri ve pencereler kullanılmıştır (Liljequist, 2016).

Çatı yalıtım malzemesi: R-60 (minimum R-30, ASHREA iklim bölgesi 4C)

Cephe yalıtım malzemesi: R-35 (duvar tipine göre minimum R-9 ile R20 arasında, ASHREA iklim bölgesi 4C)

Pencere performans değerleri: U-faktör: 0.18 (pencere tipine göre minimum U-faktör 0.31 ile 0.46 arasında, ASHREA iklim bölgesi 4C)

Bu değerlerin ASHREA 2016 standartlarının belirlemiş olduğu ofis binalarının R ve U değerlerine göre daha yüksek performanslı oldukları görülmektedir (URL20, 2016). Kullanılan yalıtım malzemelerinin yanı sıra binanın kütle formunun enerji kullanımına etkisi de bina tasarımının başından beri düşünülmüş bir olgudur.

Enerji etkin bina tasarımında kütle analizi:

Seattle iklim koşullarında bu boyutlardaki bir ofis binasının enerji tüketiminin 1/3'ü ısıtmadan kaynaklanmaktadır. Binanın kütle formunun enerji tüketimine etkisinin anlaşılması için Ecotect bilgisayar programı ile kütle hacim analizleri yapılmıştır. **Şekil 4.3'**de görülen üç alternatif, binanın tasarımına başlandığı zaman yapılan kütle yüzey/hacim oranlarının analizini göstermektedir. Yüksek yüzey/hacim oranı kış aylarında fazla ısı kaybına sebep olmaktadır. Ancak pencere açıklıklarının fazla olması sayesinde solar ısı kazanımının artma olasılığı da göz önünde bulundurulmuştur. Yapılan analiz sonucunda iklim koşullarına göre cephe yüzeyi/hacim oranı düşük olan kompakt bir kütlenin, daha az enerji tüketimi sağladığı görülmüştür (Peña, 2014).

Alternatif 1
EUI 10.00 kBTU/SF yıl



Alternatif 2
EUI 12.08 kBTU/SF yıl



Alternatif 3
EUI 11.46 kBTU/SF yıl



Şekil 4.3. Bullitt Center yüzey/hacim tasarım alternatifleri ve enerji kullanım yoğunlukları (Peña, 2014).

Enerji etkin bina tasarımında doğal havalandırma ve aydınlatma:

Yaşayan Bina Programı, tüm kullanım mekanlarının doğal olarak havalandırılmasını ve gün ışığına erişilmesini şart koşturmaktadır. Ayrıca çalışma masaları, pencerelerden 9.14m' den daha uzakta olamazlar. Bu bağlamda, binanın formunun oluşturulması sırasında yapılan eskizler **Şekil 4.4**'te görülmektedir. Yapılan O ve U formundaki bina analizlerinde, orta avludan bina içine göreceli olarak az ışık sağlandığı saptanmıştır. Ayrıca büyütülen cephe yüzeyi ısı kaybına sebep olmuştur. T formunda binanın son 4 katı 4.57m içeri çekilerek kat alanı küçültülmüş ve tüm masaların pencerelerden 9.14m mesafe içinde olması sağlanmıştır (Peña, 2014).

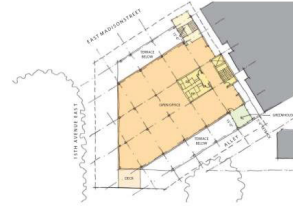
O Şekli
Aydınlatma ve doğal
havalandırma için orta avlu
modeli



U Şekli
Aydınlatma ve doğal
havalandırma için orta avlu
modeli

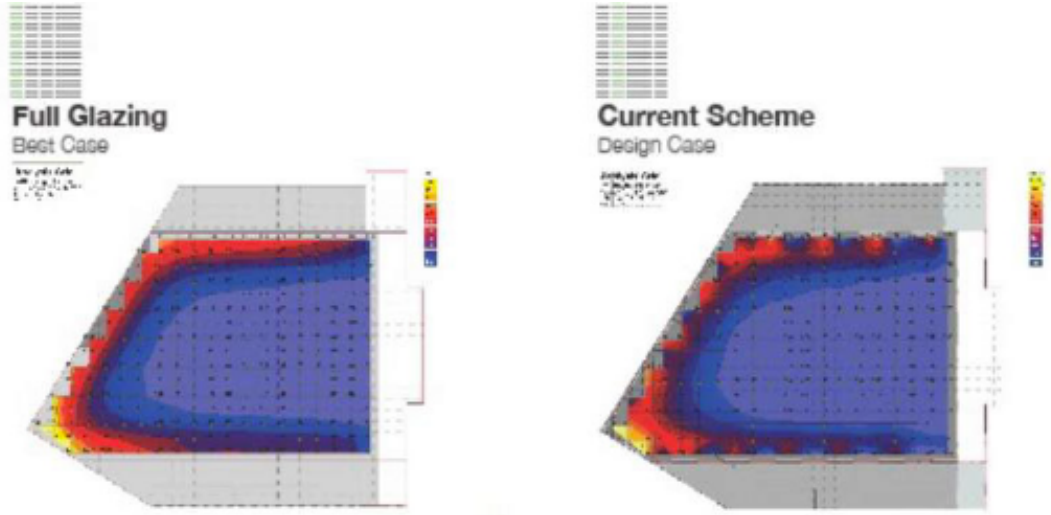


T Şekli
Aydınlatma ve doğal
havalandırma için dar tutulmuş
kat yüzey alanı



Şekil 4.4. Bullitt Center doğal aydınlatma ve havalandırma için kütle alternatifleri (Peña, 2014).

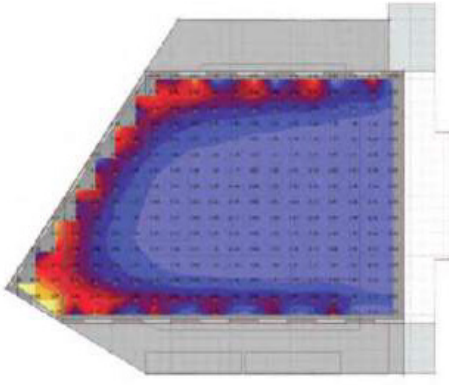
Ana cephelerin ve kat yüksekliklerinin belirlenmesinde günışığı analizleri etkili olmuştur.



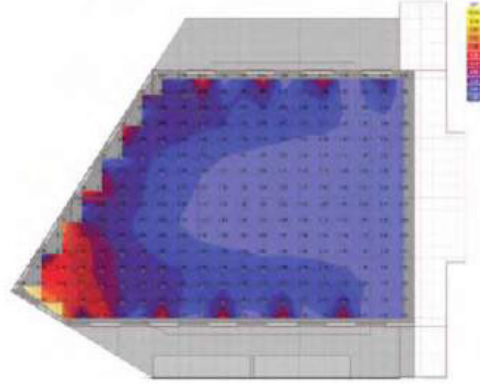
Şekil 4.5. Bullitt Center, Farklı pencere boyutları ile yapılan günışığı analizleri (Peña, 2014).

Gün ışığı birinci analizde cam cephe sistemiyle sağlanmıştır. Kat yüksekliği olarak döşemeden döşemeye 3.5m kullanılmıştır. Analiz binanın üçüncü katı için, saat 15.00’de ve bulutlu hava koşulları kullanılarak yapılmıştır. **Şekil 4.5**’de sağda görülen ikinci analizde ise cephede saydam olmayan yüzeyler oluşturulmuş ve pencere boyutları küçültülmüştür. Analiz sonucunda iki tasarım arasında kayda değer bir fark olmadığı saptanmıştır. Ayrıca her iki tasarımda kat alanının %77’sinin hedef koyulan %2 gün ışığı katsayısının (DF) altında kaldığı gözlemlenmiştir. (Peña, 2014)

Bu analiz sonucunda binanın cam cephe olmamasına karar verildiği, binanın son şeklinden de anlaşılmaktadır. Her ne kadar pencere açıklıkları küçük olan tasarımla devam edilmiş olsa da doğal aydınlatmanın iyileştirilmesi için başka çözümler de aranmıştır. Bullitt Center’ın tasarım aşamasında, bir önceki gün ışığı analizini takip eden ve kat yüksekliğinin etkisini ölçen analizler yapılmıştır. Kat yüksekliği 4.2m ye çıkarıldığında aynı bırakılan pencere cephe oranlarıyla doğal aydınlatma iyileştirilmiştir (**Şekil 4.6**). Sonuç olarak bir önceki analize göre %2’lik DF değerinin altında kalan kat alanının oranı %77 den %38 e düşürülebilmektedir. Bu %38’lik alanın servis alanları olacağı öngörülerek binanın kat yüksekliği açısından karara varılmıştır (Peña, 2014).



Kat yüksekliği 11'-6' (3.5m)



Kat yüksekliği 13'-10' (4.2m)

Şekil 4.6. Bullitt Center'ın farklı kat yüksekliklerine göre günışığı analizi (Peña, 2014).

4.1.2 Hawaii Preparatory Academy Enerji Laboratuvarı ve Araştırma Merkezi, Kamuela, HI ABD, 2011

Yer	Kamuela, HI, ABD
Kullanım	Araştırma Merkezi
Geçiş Alanı (Transect)	L3 (Köy)
Yapım Yılı	2011
Mimar	Flansburgh Architects
Alan	5,902 SF (548 m ²)
Enerji Kullanım Yoğunluğu (EUI)	11 kBTU/sf/yr (34.7 kW/m ² /yıl)
İklim Bölgesi (ABD)	1A - Sıcak ve Nemli

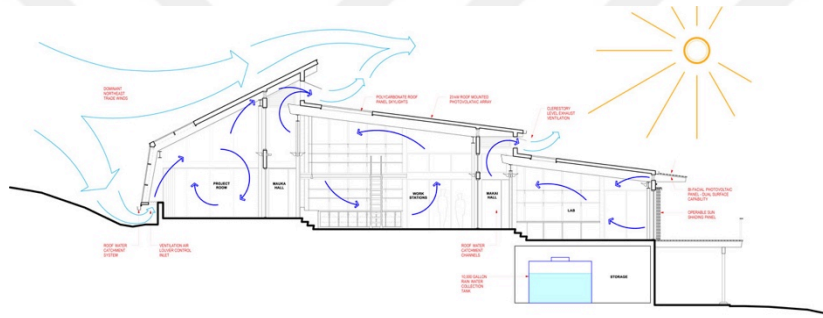
Tablo 4.2. Hawaii Preparatory Academy Enerji Laboratuvarı Künye.

Enerji teknolojileri araştırma merkezi ve lise eğitim yapısı olarak tasarlanan bina, bulunduğu bölgenin kuzey rüzgarını kullanabileceği bir araziye yerleştirilmiştir. Bina ASHREA 2007 standartlarını baz alan bir okul binasına (63.4kBTU/sf/yr-200kW/m²/yıl) göre %82,7 oranında daha az enerji tüketmektedir. Binanın enerji tüketim yoğunluğu (EUI) 11kBTU/sf/yr-34.7 kW/m²/yıl'dır. Enerji kullanım alanları, %83,6 oranında priz kullanımı ve mekanik cihazlardan, %9,2 oranında dış mekan aydınlatmasından ve %7.2 de iç mekan aydınlatmasından oluşmaktadır. Bina sıcak bir iklimde bulunmasına karşın soğutma için enerji tüketimi yapmamaktadır. Tamamen doğal havalandırma ile serinletilen binanın kütlesi kuzey rüzgarını en verimli biçimde kullanacak şekilde tasarlanmıştır (Liljequist, 2016).

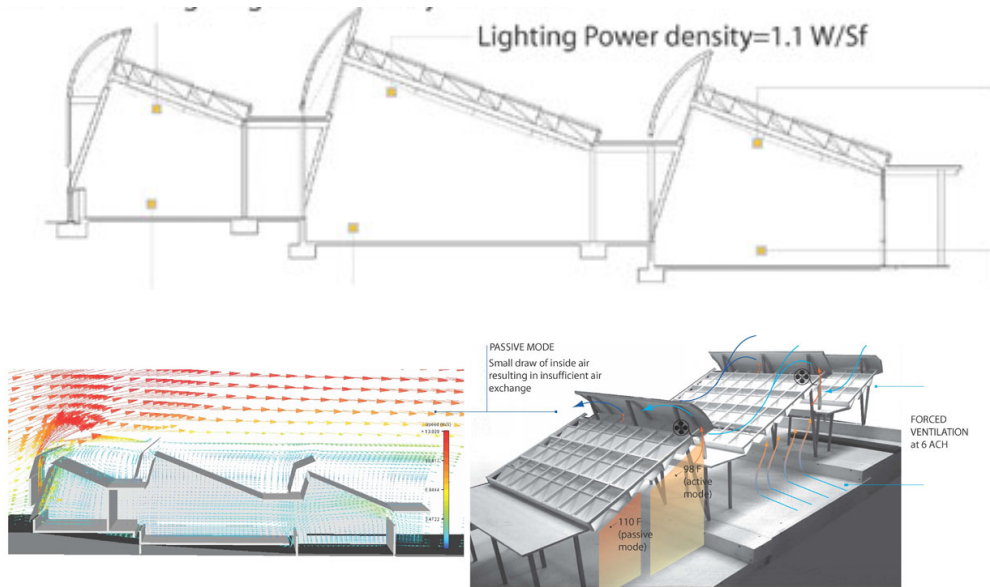


Şekil 4.7. Hawaii Preparatory Academy (Hoy, 2010).

Binanın çatısı hakim rüzgarın negatif basınç oluşturmasını ve bina içinden ısınmış havanın dışarı emilerek alınmasını sağlayacak şekilde tasarlanmıştır (Şekil 4.8). Enerji ve mekanik sistemlerin tasarımını yapan Büro Happold tasarım aşamasında, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (Computational Fluid Dynamics – CFD) kullanmıştır. İlk eskizler sırasında elde edilen bulgular doğrultusunda bina son şeklini almıştır (Şekil 4.9). Mimarın ilk olarak tasarladığı bu kesit hakim kuzey rüzgârına ve yağmura karşı zırh olacak şekilde planlanmıştır. Ancak yapılan analizler sonucunda en kuzeydeki çatı/zırhın türbülans oluşturarak doğal havalandırma sağladığı, ancak önündeki diğer iki çatının/zırhın üzerinde pozitif basınç oluşturarak doğal havalandırmaya negatif etki ettiği saptanmıştır (Dispenza, 2011). Sonuç olarak Büro Happold’un eşliğinde binanın çatı şekli değiştirilmiştir. Çatı eğimi ayrıca PV panellerin verimini arttıracak şekilde yerleştirilmiştir.



Şekil 4.8. Hawaii Preparatory Academy Doğal Havalandırma Şeması (Dispenza, 2011).



Şekil 4.9 .Binanın hesaplamalı akışkanlar dinamiği ile yapılan havalandırma analizi (Dispenza, 2011).

Binanın bulunduğu bölgenin iklim koşullarına bağılı olarak cephede kullanılan yalıtım malzemeleri ve kullanılan pencerenin performansı, solar ısı kazancını azaltacak şekilde planlanmıştır.

Çatı yalıtım malzemesi: R-23

Cephe yalıtım malzemesi: R-19

Pencere performans değeri: U-Faktör 0.29, SHGC değeri 0.39 ve VLT değeri ise 70'dir. Kullanılan camın yüksek ışık geçirgenliğı doğal aydınlatmayı artırırken, düşük SHGC değeri ise solar ısı kazancını azaltmaktadır. Ayrıca yapının geniş saçakları, direkt güneş ışınlarından korunum sağlamaktadır.



Şekil 4.10. Çatı açıklıkları ve doğal aydınlatma (Liljequist, 2016).

Yapının iç mekan aydınlatma enerji tüketiminin azaltılması için geniş çatı pencereleri kullanılmıştır.

4.1.3 Omega Center For Sustainable Living, Rhinebeck, NY ABD, 2010

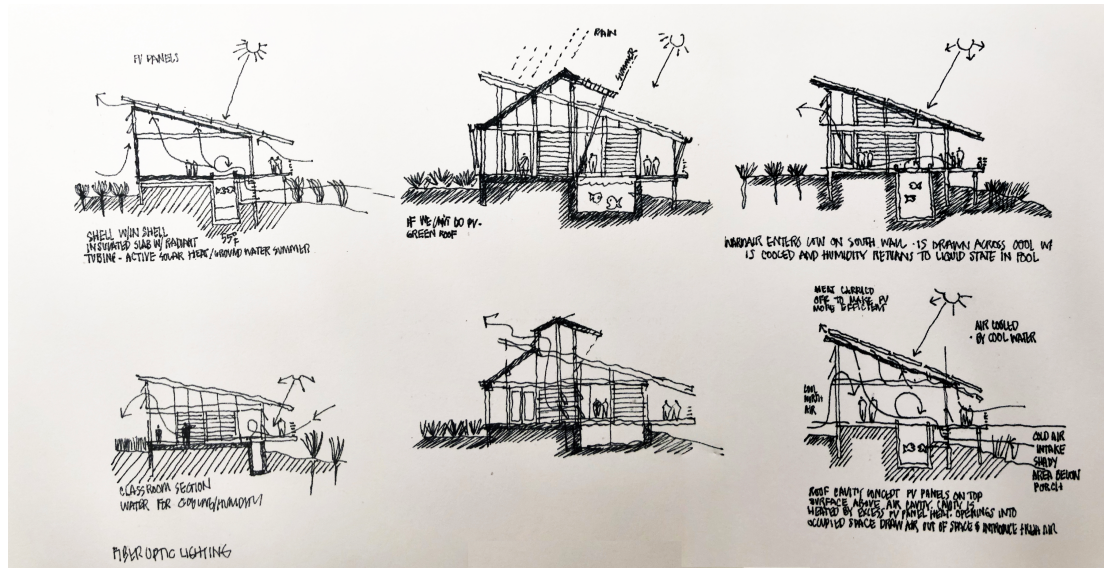
Yer	Rhinebeck, NY ABD
Kullanım	Eğitim Yapısı/Eko Makine Arıtım Yapısı
Geçiş Alanı (Transect)	L3 (Köy)
Yapım Yılı	2010
Mimar	BNIM Architects
Alan	6,246 SF (580 m ²)
Enerji Kullanım Yoğunluğu (EUI)	20.3 kBTU/sf/yr (64 kW/m ² /yıl)
İklim Bölgesi (ABD)	4C- Soğuk

Tablo 4.3. Omega Center For Sustainable Living Bina Künyesi.

Omega Bütüncül Çalışma Enstitüsü (Omega Institute for Holistic Studies) bünyesinde bulunan bu bina, atık su arıtma tesisi olarak işlev görmektedir. Aynı zamanda ziyaretçi merkezi olarak da kullanılan binada, ayrıca bir sınıf da bulunmaktadır. Gerek öğrencilerin gerekse ziyaretçilerin kullandığı sınıf binanın mimarları tarafından, kullanıcıların ruhunu yenileyebileceği bir mekan olarak tanımlanmaktadır (Berkebile, McDowell, & Lesniewski, 2010).



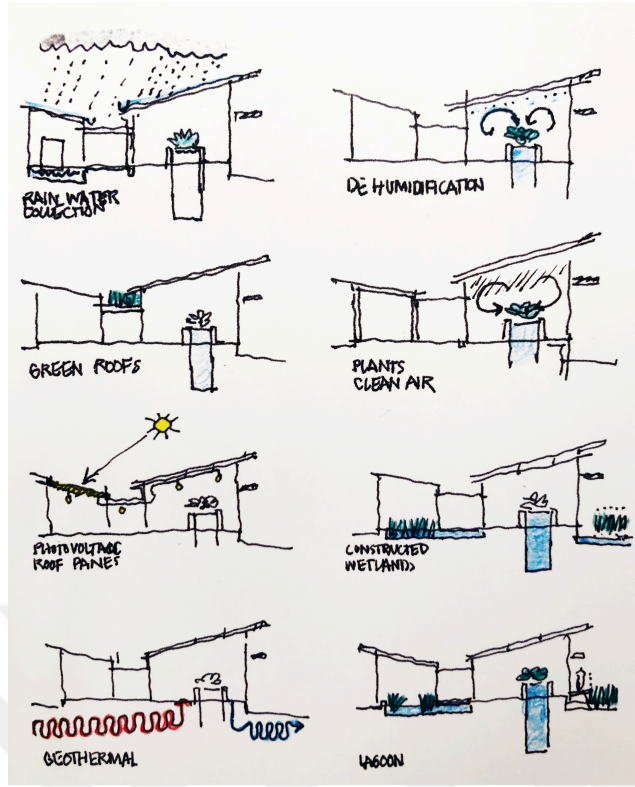
Şekil 4.11. Omega Center For Sustainable Living Binası (Serdar Vardar, Rhinebeck, NY, Mayıs 2019)



Şekil 4.12. Omega Center ilk eskiz çalışmaları (Berkebile, McDowell, & Lesniewski, 2010).

Bina, atık su temizleme sistemi olarak doğayı taklit eden Eco Makine'yi ¹⁷ kullanmaktadır. Bitkilerden oluşan bu sistem güneş ışınlarına ihtiyaç duyduğu için bina çatısı **Şekil 4.12**'de görülen ilk eskizlerin aksine diğer yöne eğimlendirilmiş ve Eco Makine'nin gereği kadar güneş alması sağlanmıştır. **Şekil 4.13**'de binanın diğer tarafında kalan mekanları örten çatı PV panellerinin verimliliğini artırıcı şekilde eğimlendirilmiş olduğu görülmektedir. Ortada kalan çatı yüzeyi ise yağmur suyu toplama noktası olarak değerlendirilmiştir.

¹⁷ Eko Makine (Eco Machine TM) John Todd tarafından tasarlanmış doğayı taklit ederek atık suların temizlenmesini sağlayan mikroskobik yosunları, mantarları, bitkileri ve salyangozları barındıran bir sistemdir. (URL21)



Şekil 4.13. Pasif ve aktif sistemlerin şematik gösterimi (URL10, 2019).

Binanın ısıtılması ve soğutulmasında pasif ve aktif sistemler kullanılmaktadır. Bina içinde bulunan sınıf güney cepheye yönlendirilerek büyük pencereler kullanılmıştır. Bu yöntem, kışın soğuk ama güneşli olan bu bölgede solar ısı kazanımını sağlamak için uygulanmıştır. Yazın ise çatı saçağı dik gelen güneşi keserek binanın ısınmasını engellemektedir. Mekanın pencereleri açılarak doğal havalandırma sağlanmaktadır. Binada ayrıca ihtiyaç duyulduğunda ilave ısıtma ve soğutma sağlayabilmek için zemin kaynaklı ısı pompası kullanılmıştır (Liljequist, 2016).

Binanın yıllık enerji tüketim yoğunluğu EUI 20.3 kBTU/sf/yr (64 kW/m²/yıl)'dır ve bina ASHREA 90.1 2007'nin küçük ofis kategorisinde baz aldığı 39.1kBTU/sf/yr (123.3kW/m²/yıl) değerden %48,1 daha verimli çalışmaktadır.

Çatı yalıtım malzemesi: R-33

Cephe yalıtım malzemesi: R-31

Pencere performans değerleri: Güney cephede; U-faktör:0.28, SHGC değeri 0.70 diğer cephelerde U-faktör:0.25 ve SHGC değeri ise 0.37'dir. Güney cephede solar ısı kazancını yükseltmek için yüksek SHGC'li pencere kullanılmıştır.

4.1.4 Brock Environmental Center, Virginia Beach, VI ABD, 2015

Yer	Virginia Beach,VI ABD
Kullanım	Ofis
Geçiş Alanı (Transect)	L1 (Natural Habitat)
Yapım Yılı	2015
Mimar	Smith Group JJR
Alan	10,518SF (977 m ²)
Enerji Kullanım Yoğunluğu (EUI)	14.12 kBTU/sf/yr (44.5 kW/m ² /yıl)
İklim Bölgesi (ABD)	4A /Soğuk kış-sıcak ve nemli yaz

Tablo 4.4. Brock Environmental Center Künye.

Virjinya’da Chesapeake koyunun korunumu ve iyileştirilmesi için kurulan çevre organizasyonunun ofis binası olarak kullanılan bu bina, doğayla uyum içinde çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Bina Amerika’da yağmur suyundan içme suyu üretmek için izin alabilen ilk binadır (ILFI, 2019).

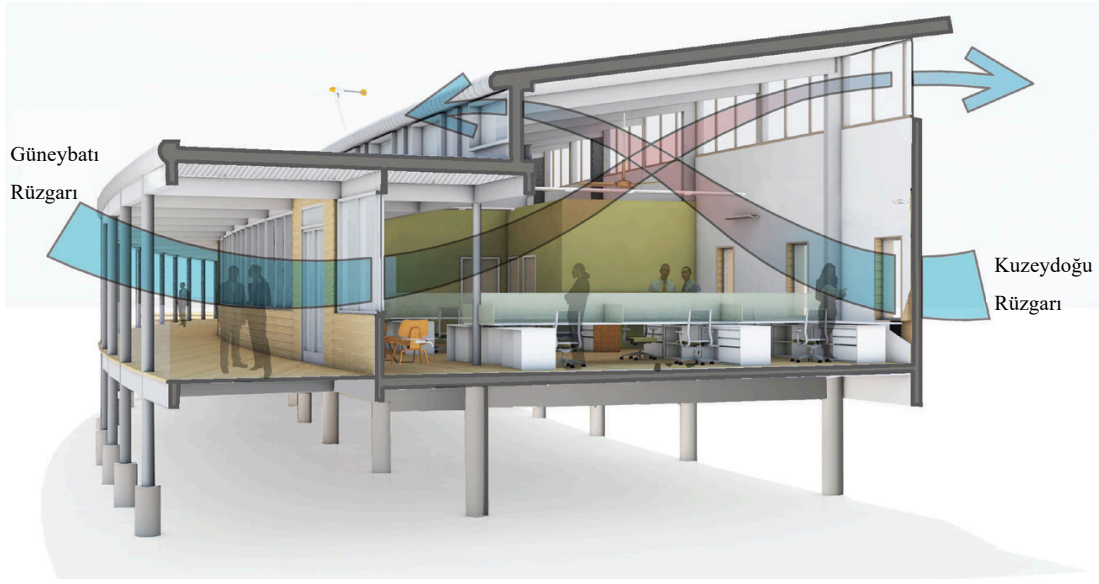
Bina 2100 yılında deniz seviyesinin 0.91m yükseleceği öngörülerek denizden 61m mesafede ve 4.26m uzunluğunda kazıklar üzerine inşa edilmiştir. Kışları soğuk yazları sıcak ve nemli olan iklim koşullarına bağlı olarak, binada yüksek performanslı yalıtım malzemesi ve pencereler kullanılmıştır (Coffield, Lappano, & Mella, 2016).

Çatı yalıtım malzemesi: R-50- efektif değer R- 47.6

Cephe yalıtım malzemesi: R-25 efektif değer R-16.79

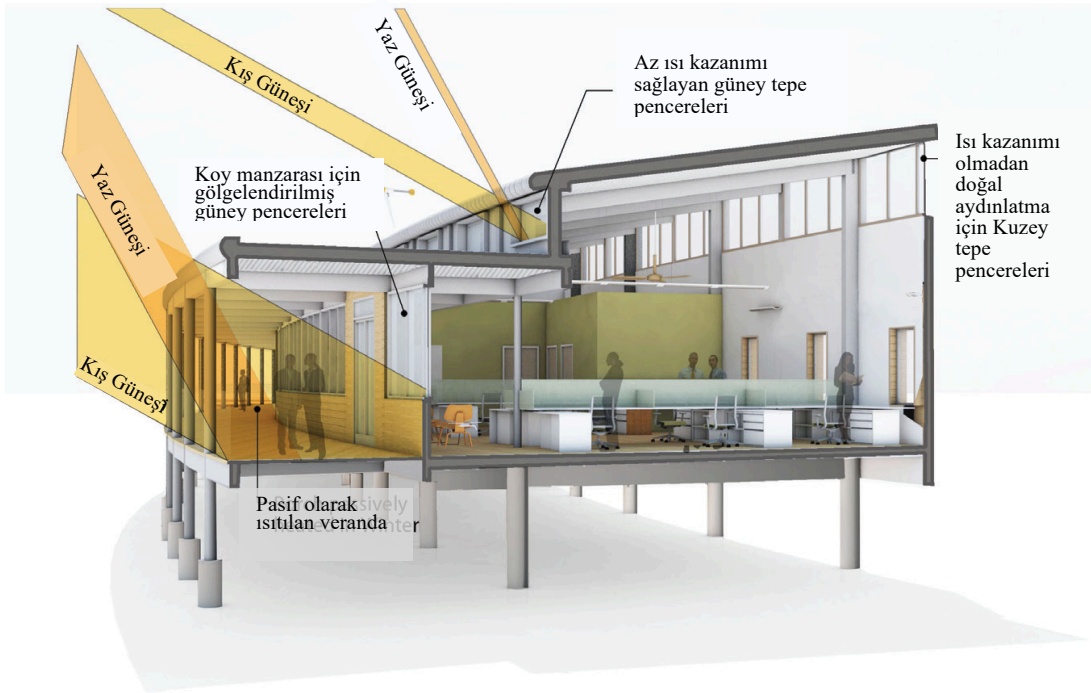
Pencere performans değerleri: U-faktör: 0.15, SHGC değeri 0.26 VTL 0.41

Yapının bulunduğu iklim koşulları sebebiyle, yani yazların genel olarak sıcak ve nemli olmasından dolayı, doğal havalandırma tercih edilmemektedir. Ancak bina formu, enerji tüketimini azaltmak adına doğal havalandırmanın etkili biçimde kullanılabileceği şekilde tasarlanmıştır. **Şekil 4.14**’te görüldüğü gibi bina güney batı ve kuzey doğu rüzgarlarını kullanacak şekilde planlanmıştır. Binanın uzun cepheli olması kısa doğrultuda hava akışını kolaylaştırmıştır (Coffield ve diğ. , 2016).

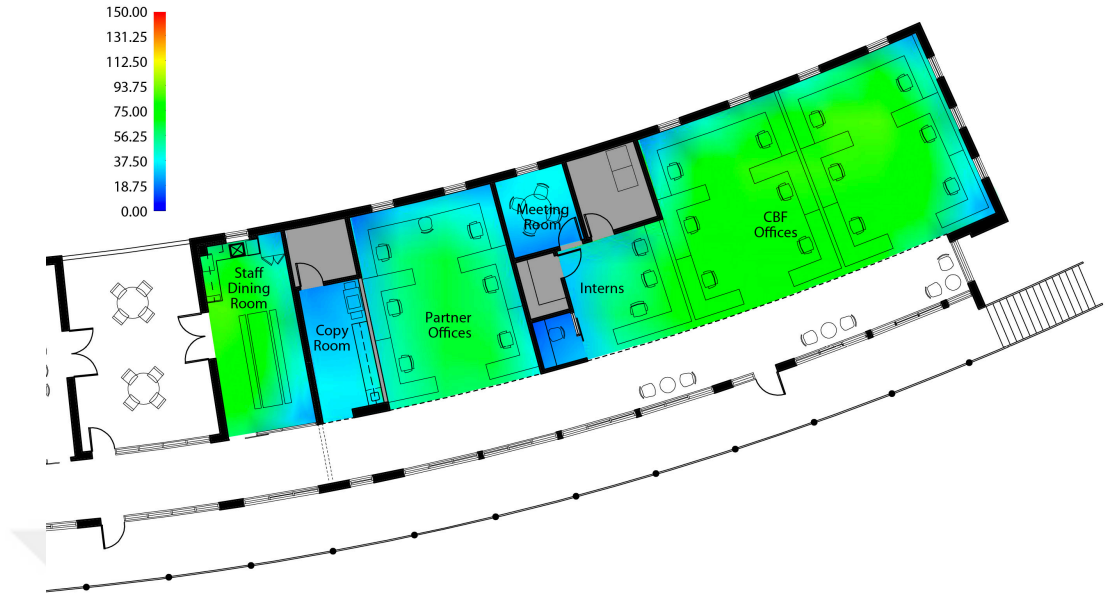


Şekil 4.14. Binanın havalandırma şeması (Coffield, Lappano, & Mella, 2016).

Tepe pencereleri sadece havalandırma düşünülerek değil, aynı zamanda doğal aydınlatma ve solar ısı kazanımı da düşünülerek tasarlanmıştır. Binanın yaz aylarında aşırı ısınmasını engellemek için binanın güneyine yerleştirilen verandayla güneş kırıcısı işlevi sağlamıştır (Şekil 4.15). Öte yandan kışın eğik açıyla gelen güneş, solar ısı kazanımıyla verandanın ısınmasını da sağlamaktadır (Coffield ve diğ., 2016).



Şekil 4.15. Binanın gün ışığı kullanım şeması (Coffield, Lappano, & Mella, 2016).



Şekil 4.16. Gün ışığı analiz sonuçları (Mella, 2013).

Şekil 4.16’da binanın gün ışığı analizi görülmektedir. Binanın eninin dar oluşu iç mekanların doğal olarak aydınlanmasını sağlamak bakımından etkili olmuştur ve böylece gündüz vakti yapay aydınlatmaya gerek duyulmamaktadır. Yapılan analiz, Ekinoks’ta öğlende sonra aydınlatma seviyelerini göstermektedir. Mavi karanlık, kırmızı çok aydınlık olarak gösterilmektedir. Pencerelelerin boyutları ve yerleri doğal aydınlatma analizlerinde netlik kazanmıştır. Sonuç olarak ısı kaybı ya da istemsiz solar ısı kazanımı ile doğal aydınlatma arasında denge kurulmuştur (Mella, 2013).



5. SÜRDÜRÜLEBİLİR YAPI TASARIM İLKELERİ

KULLANILARAK ÖRNEK BİR BİNA OLUŞTURULMASI VE TASARIM SÜRECİNİN ANALİZİ

Sürdürülebilir yapı tasarımı çoğu zaman mimarın birçok teknolojik ürün, aktif ve pasif tasarım teknikleri ve mimari işlevsellik arasında kurabildiği denge ile sağlanabilmektedir. Daha önce bahsettiğimiz gibi sürdürülebilir yapı tasarımının sosyal, ekolojik ve ekonomik olabilmesi için birçok verinin analizi gerekmektedir. Sosyal sürdürülebilirlik çoğu zaman insan hakları çerçevesinde ve gerek yerel gerekse uluslararası normlar ile şekillenmektedir ve sürdürülebilirlik bağlamında önemli olmasına karşın binanın kütle formuna en az etki eden unsurdur. Bunun yanında ekonomik ve ekolojik sürdürülebilirlik bağlamında alınacak kararlar yapının kütle tasarımında büyük rol almaktadır. Yapılar sadece işlevsellik ve estetik kaygıları odağında değil, tasarımın başından sonuna ve sonrasında kullanım sürecini de etkileyen bir dizi araştırma ve analiz sonucunda, en uygun olan seçeneğin tercihi ile şekillenmektedir. Bu bağlamda mimarın tercihlerini kolaylaştıran ve kararlarında etkili olan tasarım ilkeleri ön plana çıkmaktadır. Belli ilkeler kişisel kararlar doğrultusunda ya da geçmiş deneyimler yardımıyla uygulanabileceği gibi bazı ilkelerin uygulanması bir dizi seçenek arasında tercih yapmayı gerektirmektedir. Bugün bu tercihlerin yapılmasını kolaylaştıran sayısal verileri elde etmemizi sağlayan bir dizi bilgisayar programı kullanılmaktadır.

Bu bölüm altında, söz konusu bilgisayar programlarının nasıl kullanıldıkları değil, programlar ile elde edilen sonuçların tasarım tercihlerinde ve karar verme sürecinde nasıl bir rol oynadıkları ele alınmış ve çalışmanın esas amacı olan sürdürülebilir yapı tasarım ilkelerinin bina tasarımına etkisi incelenirken birer araç olarak kullanılmışlardır.

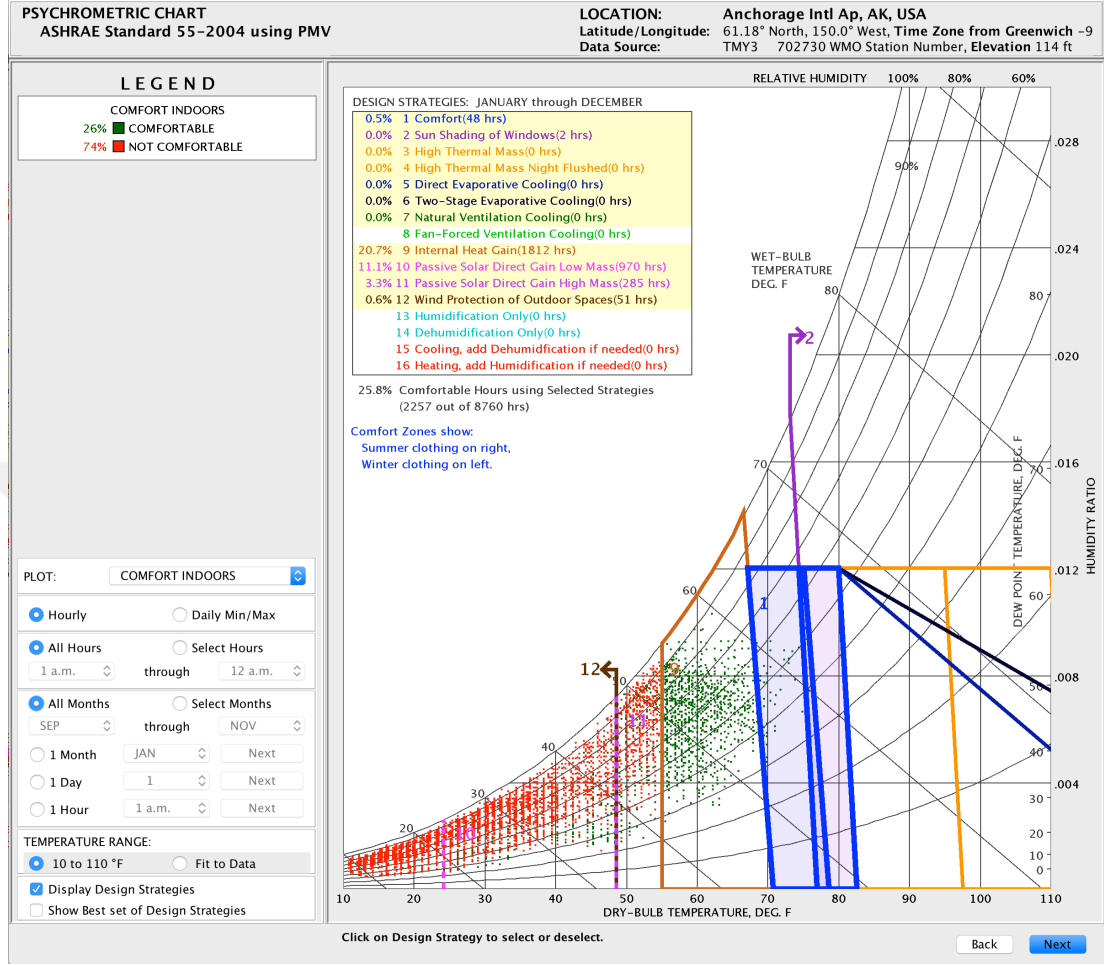
Çalışmanın yapılması için New York şehrinde Central Park seçilmiştir. Dokuz sınıflı altı okul bloğunun oluşturulacağı çalışmada, iklim koşullarının zorluğunun arttırılması için Alaska'daki Anchorage şehrinin iklim koşulları seçilmiştir ve tüm

alışmalar ve analizler bu şehrin iklim koşullarına göre yapılmıştır. Binanın ihtiyaç programı, çalışmanın amacı mimari tasarım olmadığı için çok basit ve sınırlı tutulmuştur.

Her bina dokuz sınıf, altı tuvalet ve üç depo ile sınırlı tutulmuş ve bu mekanların boyutları önceden sabitlenmiştir.

Çalışmaya öncelikle sürdürülebilir tasarım stratejilerinin önem sırasının belirlenmesiyle başlanmış ve sonrasında Central Park içindeki alan seçimiyle ilgili analizlerle devam edilmiştir. Binaların seçilen arazi içinde konumlandırılması ve kütle oranlarının belirlenme çalışmasından sonra Sefaira bilgisayar programı yardımıyla enerji analizleri yapılmaya başlanmıştir. Elde edilen sonuçların değerlendirilmesiyle bir takım pasif tasarım ilkesinin entegrasyonu gerçekleştirilmeye alışılmıştir. Bu süreçte her zaman kesin kararlara varılmamış olsa da elde edilen verilerin ve tasarım ilkelerinin nasıl kullanılabileceğine dair olgular elde edilmiştir. Bölümün sonunda tasarımda geline son noktanın değerlendirilmesi yapılmış ve öneriler getirilmiştir.

5.1 Climate Consultant Programı ile Sürdürülebilir Tasarım Stratejilerinin Önem Sırasının Belirlenmesi.



Şekil 5.1. Climate Consultant Programı ile hazırlanan Psikrometrik Diyagram-Yıllık.

Anchorage'nın soğutma ve ısıtma gün sayıları aşağıdaki gibidir:

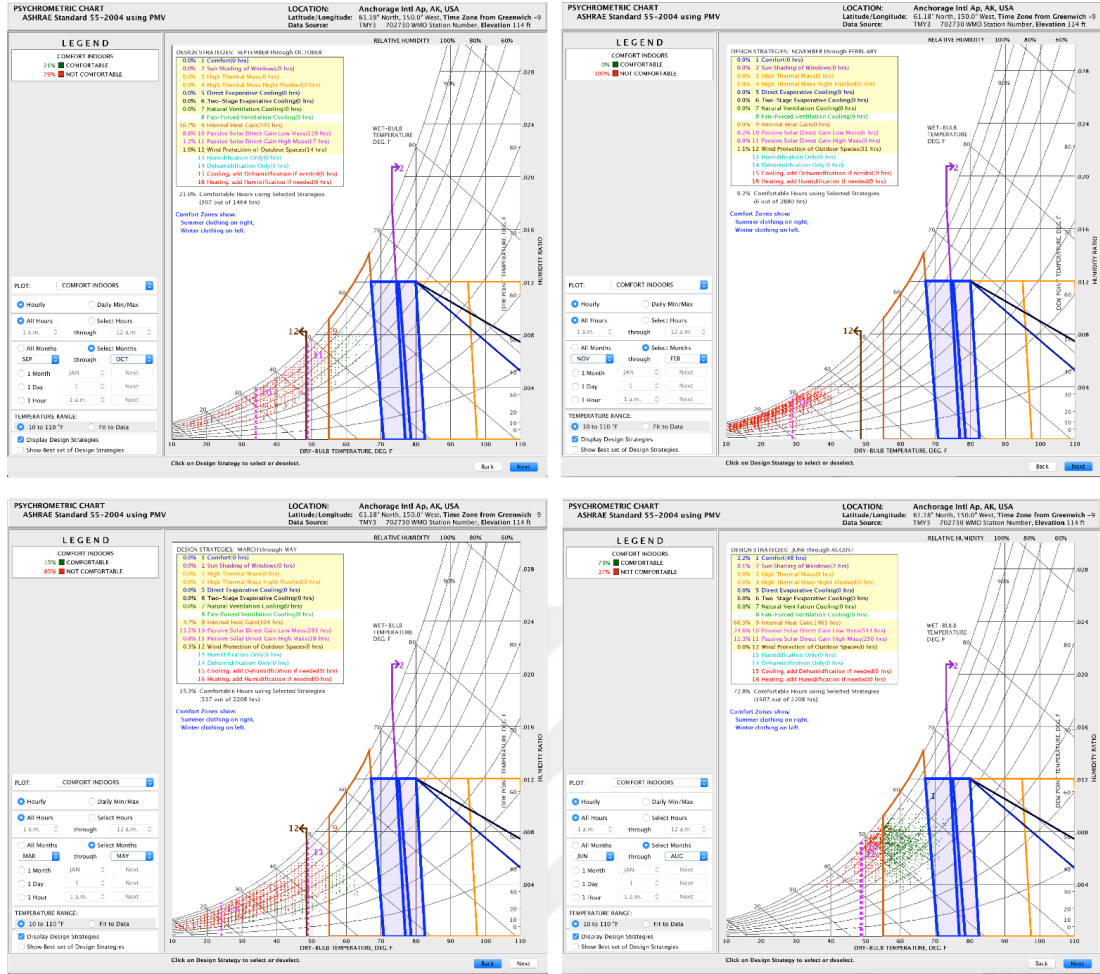
CDD (Cooling Degree Days) Soğutma Gün Derecesi: 0

HDD (Heating Degree Days) Isıtma Gün Derecesi: 10570

Isıtma, yıl boyunca birincil odaktır.

Bu bağlamda ilk tasarım stratejileri şunlardır:

- Isıyı bina içinde tutmak ve soğuk havayı dışarda tutmak,
- Rüzgardan korunum,
- Solar ısı kazanımı,
- İçsel ısı kazanımı.



Şekil 5.2. Climate Consultant Programı ile hazırlanan Psikrometrik Diyagram-Dönemlik.

Yıl boyunca devam eden soğuk hava sebebiyle, ısıtma ve soğutma sistemleri kullanılmadan yılda sadece 48 saat konfor koşulları sağlanabilmektedir. Yıl boyunca soğutma sistemine ihtiyacı olmazken, ısıtma sistemine gerek duyulacaktır.

Climate Consultant (CC) programına göre hakim rüzgar yönü yaz ayları dışında kuzeyden esmektedir. Bu, rüzgar korunumunun binanın kuzeyinde yapılması gerektiğini göstermektedir. Psikrometrik diyagramdan elde edilen bulgular ve bulgulara bağlı olarak konulabilecek hedefler şöyledir:

- Solar ısı kazanımı maksimum seviyede kullanılmalıdır.
- İçsel ısı kazanımı ile elde edilen ısının binanın içinde tutulabilmesi için yüksek performanslı izolasyon malzemeleri ve düşük U-Faktörlü pencereler kullanılmalıdır.
- Kutup bölgesi iklim koşulları hakim olduğu için CC'de giysi derecesi yükseltilebilir.

- Yaz mevsimi olmadığı için yaz ayları içinde şort ve kısa kollu tişört yerine kalın giysiler kullanılabilir.
- CC'de giysi derecesi, kış aylarında clo:1.5 ve yaz aylarında clo:1 seçildiği takdirde konfor alanı saatlerinin kış clo:1, yaz clo:0.5 ayarlarının verdiği 2257 saatten 2475 saate yükseldiği gözlemlenmiştir.
- Güneşin yıl boyunca koruduğu düşük açısı, solar ısı kazanımı, güneş kollektörleri ve PV panellerin tasarımı için dikkat edilmesi gereken bir husustur. PV panellerle ilgili çalışma bölümün ilerleyen kısmında yapılmıştır.

Seasonal SD strategies (hours)					SD strategy	Total hours	Ranking 1-10
COOLING STRATEGIES							
sun shading**/**	0	0	2	0	sun shading	2	5
high thermal mass*	0	0	0	0	high thermal mass	0	6
high thermal mass night flushed*	0	0	0	0	high thermal mass night flushed	0	6
direct evaporative cooling*	0	0	0	0	direct evaporative cooling	0	6
2 stage evaporative cooling*	0	0	0	0	2 stage evaporative cooling	0	6
natural ventilation*	0	0	0	0	natural ventilation	0	6
fan forced ventilation*	0	0	0	0	fan forced ventilation	0	6
HEATING STRATEGIES							
internal heat gains*	0	104	1463	245	internal heat gains	1812	1
passive solar direct gain low mass*	6	291	544	129	passive solar direct gain low mass	970	2
passive solar direct gain high mass*	0	18	250	17	passive solar direct gain high mass	285	3
Wind protection */**	31	6	0	14	Wind protection	51	4
Seasonal comfort hours							
	Winter nov thru feb ***	Spring mar thru may	Summer june thru aug	Fall sep thru oct	Annual comfort hours		
WITHOUT SD STRATEGIES							
hours comfort*	0	0	48	0	48	without SD	
% comfortable hours of total hours*	0%	0%	2.2%	0%			
WITH SD STRATEGIES							
hours comfort*	6	337	1607	307	2257	with SD	
% comfortable hours of total hours*	0.2%	15.3%	72.8%	21%			
NET ADDED COMFORT HOURS WITH SD	6	337	1559	307			
Seasonal SD Impact (1 is high)	4	2	1	3	SD multiplier (wo SD/w SD)		47
* from CC6 ** wind protection and sun shading not counted in comfort hours *** these periods may not be totally accurate for your local climate but are generally applicable							
Commentary WINTER - SD impact ranks 4 (6 hours). Very Low temperature and cloudy sky (Dec-Jan- almost %100 and Nov&Feb above %90) make the impact of SD almost 0% it is very cold therefore even internal heat gains doesn't affect at all. Higher speed wind from north. SPRING - SD impact ranks 2 (337 hours). Relatively higher temperature and relatively clearer sky increase the impact of solar direct gain and internal heat gain SUMMER - SD impact ranks 1 (1559 hours). Sky cover range is not better than spring but mean temperature is considerably higher. Solar gain helps to close the gap and reach to comfort zone almost 5 times better than spring time. Comparing to other seasons, effective wind direction is south. Probably that's why wind protection is 0. FALL - SD impact ranks 3 (307 hours). October mean temperature is considerably lower than september. 285hr of 307hr is from september. Solar gain and internal gain is more effected due to higher temperature in september. SD PRIORITIES - 1. INTERNAL HEAT GAIN							
comfort winter 68.5-75.7 comfort summer 80.1-84.6 winter clo: 1 summer clo:0.5 met:1.1							

Tablo 5.1. Farklı Mevsimlere göre CC verilerinin karşılaştırılması.

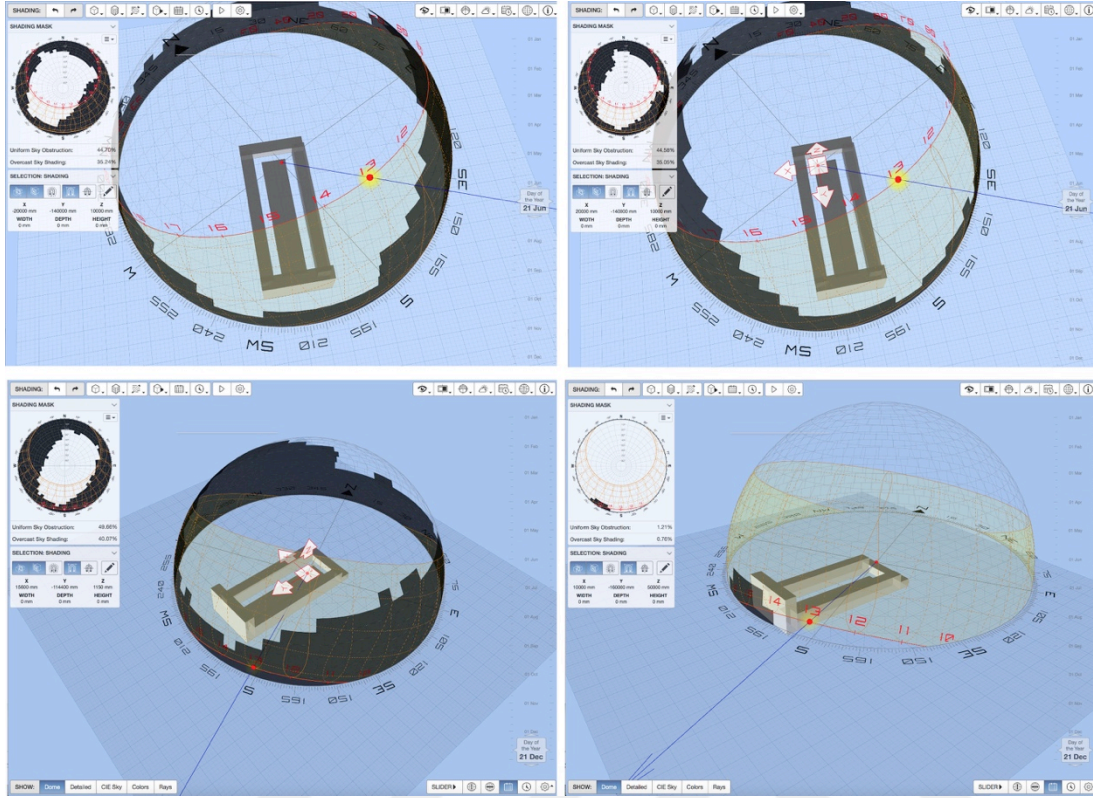
Tablo 5.1 'den elde edilen sonuçlar;

Yaz: Havanın göreceli olarak daha sıcak olduğu yaz aylarında 48 saat konfor alanı görülmektedir. Sürdürülebilir tasarım ilkelerinin kullanımıyla, 48 saatin 1607 saate yükseltilebildiği görülmüştür. Yaz ayları için de solar ısı kazanımı ve içsel ısı kazanımı önem teşkil etmektedir.

Kış: Isıtma en büyük gereksinim olarak görülmektedir. Ancak sürdürülebilir tasarım stratejilerinin uygulanması ısıtma enerji giderlerini düşürmesi bakımından önemlidir. Kış ayları için solar ısı kazanımı önemlidir. Ayrıca rüzgardan korunum da tasarım sürecinden dikkate alınmalıdır.

Sonbahar ve İlkbahar: Yılın diğer zamanlarında olduğu gibi solar ısı kazanımı ve içsel ısı kazanımı ele alınması gereken sürdürülebilir tasarım ilkeleridir.

5.2 Proje Alanı Belirlenmesi



Şekil 5.3. Proje alanının gölge diyagramı.

Şekil 5.3' te Shading Mask¹⁸ programı ile yapılan analizin sonuçları görünmektedir. Bu sonuçlara göre;

Kış aylarında Central Park'ın hiçbir noktası, zemin seviyesinin eşit tutulduğu durumda, çevrede ki binalardan dolayı güneş ışığı almamaktadır. (Sol alt şekil)

Yaz aylarında parkın kuzey batı köşesinin sabah saatlerinde güneş aldığı saptanmıştır (sağ üst şekil). Okul çalışma saatleri göz önünde tutulduğu zaman sabah alınan güneş ışığının faydalı olacağı düşünülmüştür. Yukarıdaki diyagramlar, parkın batısına ve kuzeyine çıktıkça solar ısı kazanımının yüksek olacağını göstermektedir. Ayrıca binanın, zeminden 50m yükseğe kaldırıldığı takdirde, yıl boyunca direkt güneş ışığı görebileceği saptanmıştır, (sağ alt diyagram). Bu durumda park içindeki eğim den faydalanmak ve binayı yüksek bir noktaya konumlandırmak uygun olacaktır.

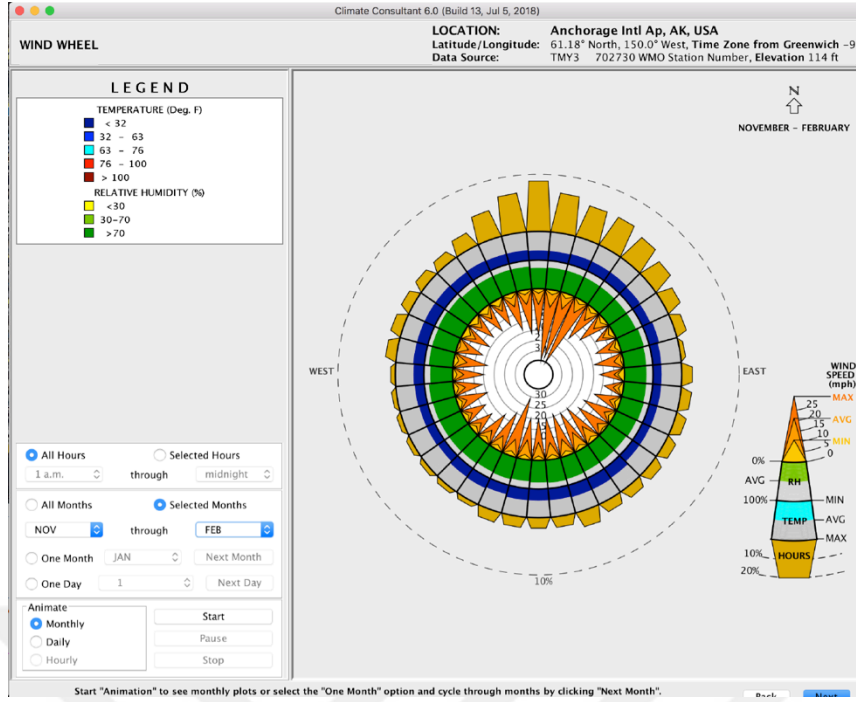
¹⁸ Dr. Andrew Marsh'ın geliştirmiş olduğu ücretsiz bir yazılım. (URL11, tarih yok)

Her ne kadar yerden yüksekte çok katlı ya da havaya kaldırılmış bir bina yapıp güneş ışınlarının ulaşımı sağlanabilse de bunun öğrencilerin doğa ile yakın bağlantısını koparacağı düşünülmüştür. Yaşayan Bina Programı'nın koşullarında olan biyofilik tasarım için insan ve doğa bağlantısı önemlidir.



Şekil 5.4. Central Park Alan Seçim şeması.

Şekil 5.4, daha önce bahsettiğimiz parkın en uzun süre güneş ışığı alan en batıya (mavi ile) ve en kuzeye (kırmızı ile) yakın alanlarını göstermektedir. Binanın bu alanlar içinde bir noktada konumlandırılması solar ısı kazancı bakımından önemlidir.



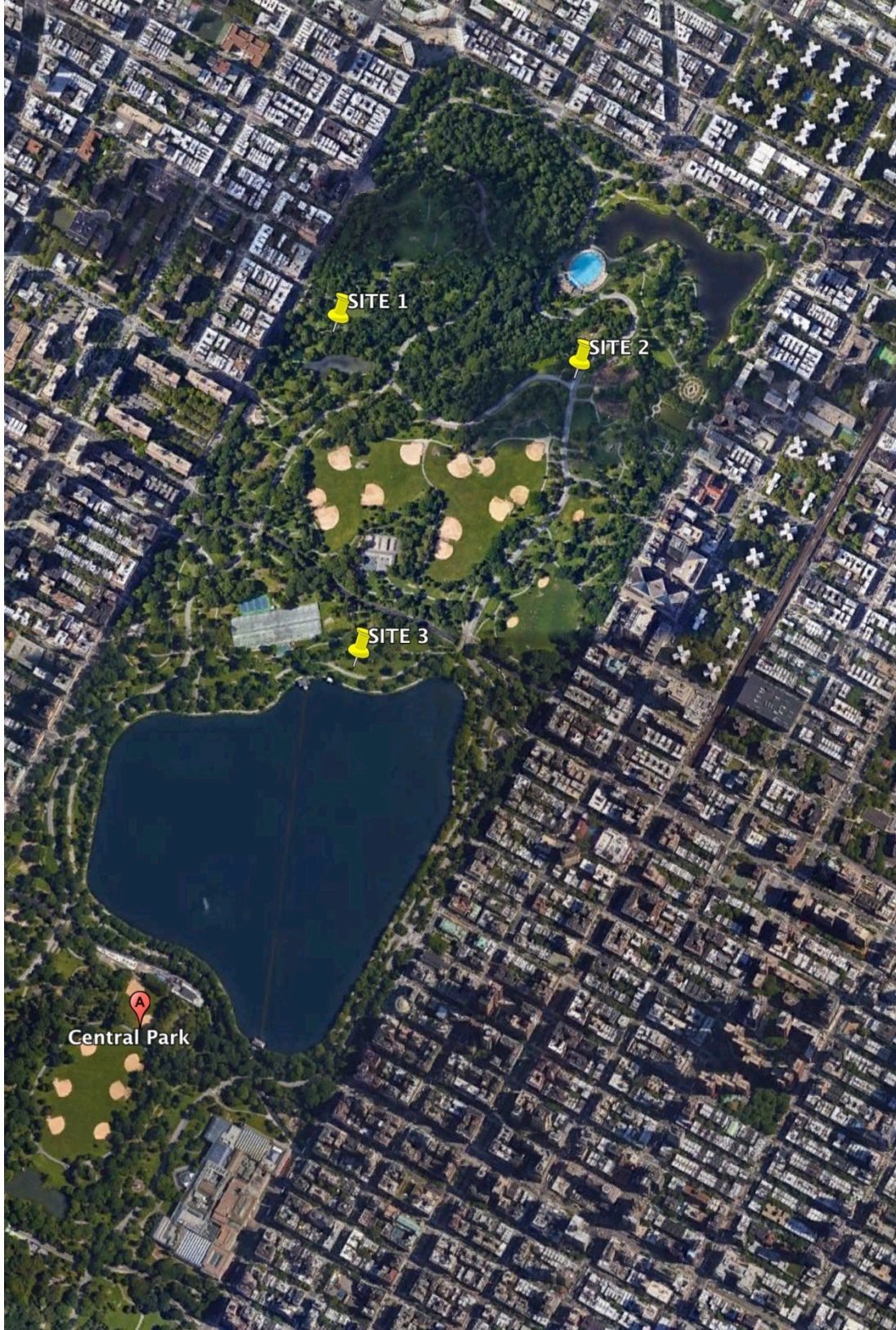
Şekil 5.5. Kış tüm saatler.

CC ile yapılan rüzgar analizi sonucunda hakim rüzgarın kış aylarında kuzeyden ve kuzey doğudan estiği gözlemlenmiştir (Şekil 5.5). Bu diyagrama göre, kuzey rüzgarına karşı önlem almak önceliklidir.

CC ile yapılan çalışmada kuzey rüzgarından korunumum ekstra 31 saat konfor alanı sağladığı gözlemlenmiştir. Yaz aylarında aktif rüzgar güney-doğudan esmektedir (Şekil 5.6).

Ancak CC ile yapılan analizde güney-doğudan esen rüzgardan korunum sağlanması durumunda konfor alanı gün sayısında bir değişiklik olmadığı saptanmıştır. Mevsim şartlarından dolayı yaz aylarında soğutma dolayısıyla serinletici rüzgar gerekmemektedir. İlerleyen bölümde bu yaz rüzgarının doğal havalandırma için kullanımına değinilecektir.

Şekil 5.8’ da parkın kuzeyine yakın olan bölgelerde önerilen proje alanları görülmektedir.



Şekil 5.8. Yer Önerileri.

ARAZİ 1	Puan/10	Toplam
Gökyüzü gölgelenmesi	8	
Solar Eğim	8	
Kış güneşine ulaşım	9	
Kış rüzgarından korunma	7	
Yaz güneşine ulaşım	9	
Yaz rüzgarından korunum	6	
Toplu taşımaya ulaşım	8	
Servis ve acil araçlarına ulaşım	4	
Park içi hizmetlere ulaşım	4	
Parkın doğal örtüsüne yakınlık	8	
Manzara	7	
En az inşaat hasarı	3	
En az servis montaj hasarı	3	84.00
ARAZİ 2		
Gökyüzü gölgelenmesi	6	
Solar Eğim	4	
Kış güneşine ulaşım	7	
Kış rüzgarından korunma	6	
Yaz güneşine ulaşım	7	
Yaz rüzgarından korunum	3	
Toplu taşımaya ulaşım	5	
Servis ve acil araçlarına ulaşım	7	
Park içi hizmetlere ulaşım	7	
Parkın doğal örtüsüne yakınlık	8	
Manzara	5	
En az inşaat hasarı	6	
En az servis montaj hasarı	6	77.00
ARAZİ 3		
Gökyüzü gölgelenmesi	4	
Solar Eğim	6	
Kış güneşine ulaşım	4	
Kış rüzgarından korunma	5	
Yaz güneşine ulaşım	4	
Yaz rüzgarından korunum	4	
Toplu taşımaya ulaşım	5	
Servis ve acil araçlarına ulaşım	4	
Park içi hizmetlere ulaşım	7	
Parkın doğal örtüsüne yakınlık	8	
Manzara	9	
En az inşaat hasarı	7	
En az servis montaj hasarı	7	74.00

Tablo 5.2. Yer Karşılaştırması.

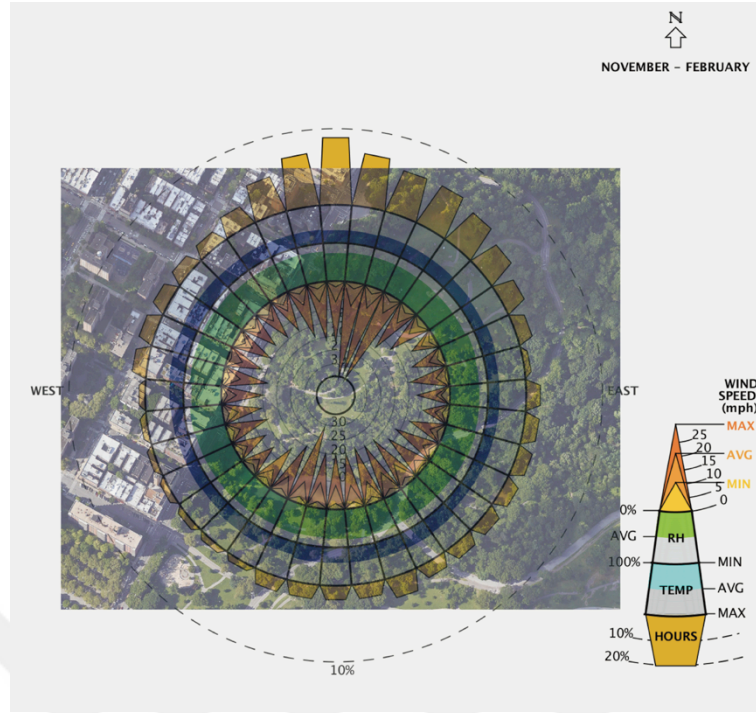
Önceki sayfada yer alan **Tablo 5.2** önerilen proje alanlarının diğer kriterler çerçevesinde değerlendirmesini göstermektedir. Bu aşamada sayısal verilerle desteklenen belli başlı birkaç kriterin dışında puanlama tasarımcının bilgi ve birikimine dayanmaktadır. Yapılan analiz sonucunda birinci bölgenin en uygun oluşuna karar verilmiştir.



Şekil 5.9. Seçilen Alanın Gölge Diyagramı (Shading mask ile oluşturulmuştur).

Central Park’ın kuzeyi, güneydeki yüksek katlı binaların gölgesinden en az etkilenen bölgedir. Okul için sabah güneşi akşam üzeri güneşinden daha önemli olduğu için ve daha önce de bahsettiğimiz gibi solar ısı kazanımı için sabah 9 ile öğleden sonra 15.00 arası en iyi zaman dilimi olduğu için yapıyı parkın batı kıyısına yakın yerleştirmek uygun olacaktır. Böylece yapı parkın doğusundaki binaların gölgesinden en az seviyede etkilenecek ve sabah–öğlen saatlerinde direkt güneş ışığı alabilecektir.

Ayrıca parkın bu alanı diğer bölgelerine göre daha yüksek rakımdadır. Bu da yine alanın gölgelenme seviyesini azaltacak bir diğer kriterdir. Bu alan, solar ısı kazanımının yanı sıra doğal gün ışığından da faydalanmaya olanak sağlayacak ve hem konfor seviyesini yükseltecek hem de enerji kullanım seviyesini düşürecektir.



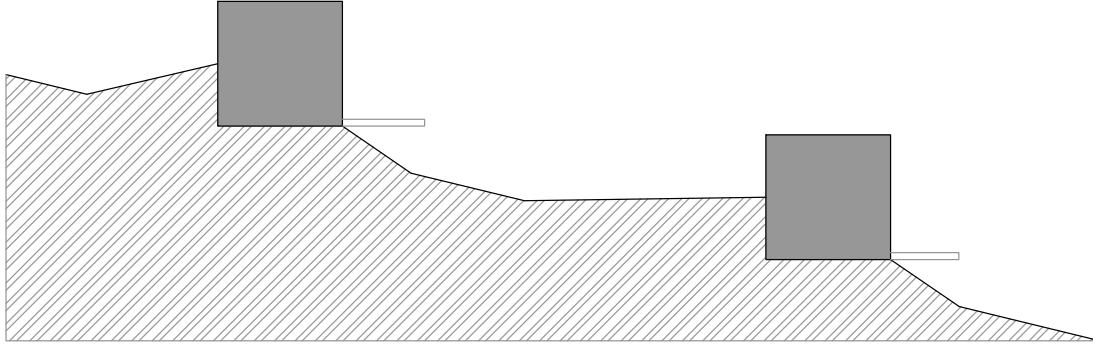
Şekil 5.10. Seçilen Alanın Yıllık Rüzgar Diyagramı (CC ile oluşturulmuştur).

Bu alan aynı zamanda tepenin güney yamacında yer aldığı için ve kuzey rüzgarına karşı korunaklı bir nokta olduğu için de ayrıca uygun bir seçenektir. Rüzgardan korunum sağlayacak olan bir diğer unsur da tepede bulunan yoğun bitki örtüsüdür.

Enerji korunum kriterleri dikkate alındığında, bu noktanın okul inşası için uygun olduğu görülmüştür. Daha önce yapılan **Tablo 5.2'** de görülen değerlendirmede alanın toplu taşımaya ve park içindeki mevcut yola yakın konumu, yer seçimi konusunda rol oynamıştır. Ancak alanın, kriterlerden biri olan park içindeki tenis kortu ve yüzme havuzu gibi sosyal alanlara yakınlık derecesinin düşük olması negatif bir durumdur. Diğer yandan alan yoğun bitki örtüsü ve göl ile yakın ilişki kurulmasını sağlamakta ve yüksek konumuyla manzaraya hakim olmaktadır. Bu öğrencilerin çalışmalarını sürdürebilmeleri için gerekli olan doğa ile doğrudan temas ve doğadan araştırma materyalleri sağlamak adına önemlidir.

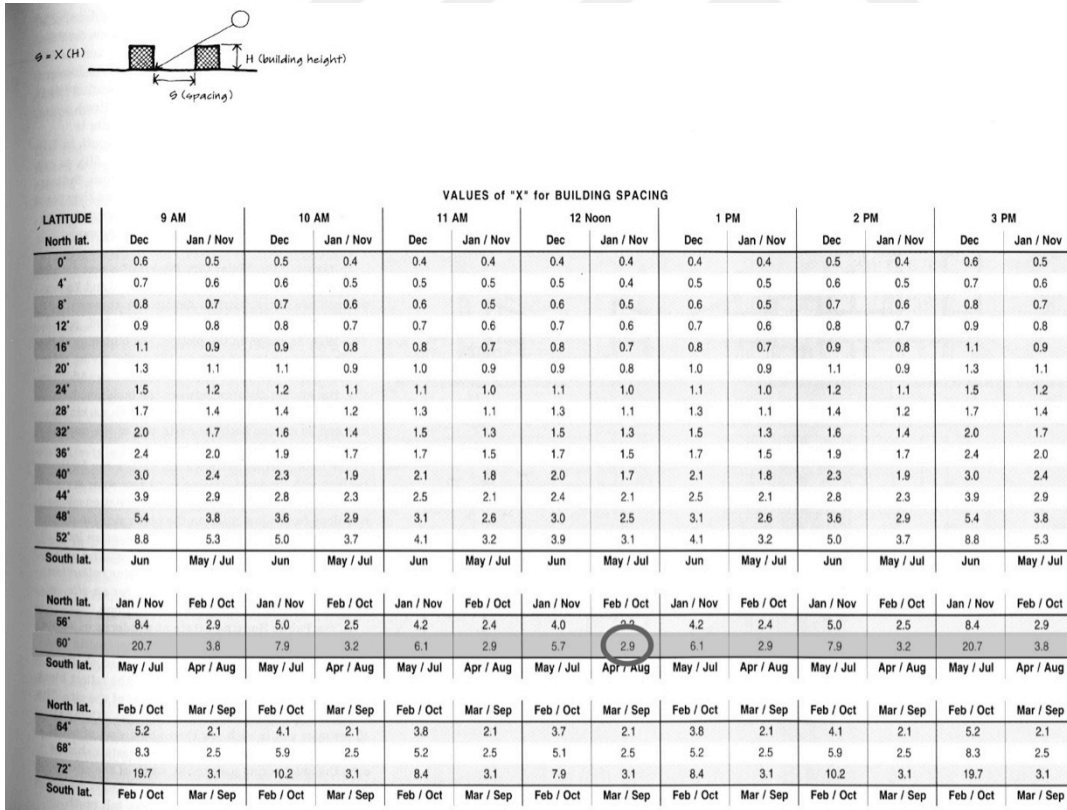
Alanın en zorlayıcı unsuru, yoğun bitki örtüsü içine doğaya zarar vermeden inşaat yapılması olmuştur. Alan doğal yapısı itibariyle ağaçsız alanları da barındırmaktadır. Bu açık alanlar binaların konumlandırılması için uygun görülmüştür. İklim koşulları sebebiyle kompakt bir yapı yapılması planlandığından ve binanın göreceli küçük taban alanına sahip olacağı varsayıldığından, alandaki söz konusu boşluklara bina inşa edilmesinin uygulanabilir olduğu düşünülmüştür.

5.3 Binaların Proje Alanı İçinde Konumlandırılması ve Birbirleriyle İlişkilerinin İncelenmesi

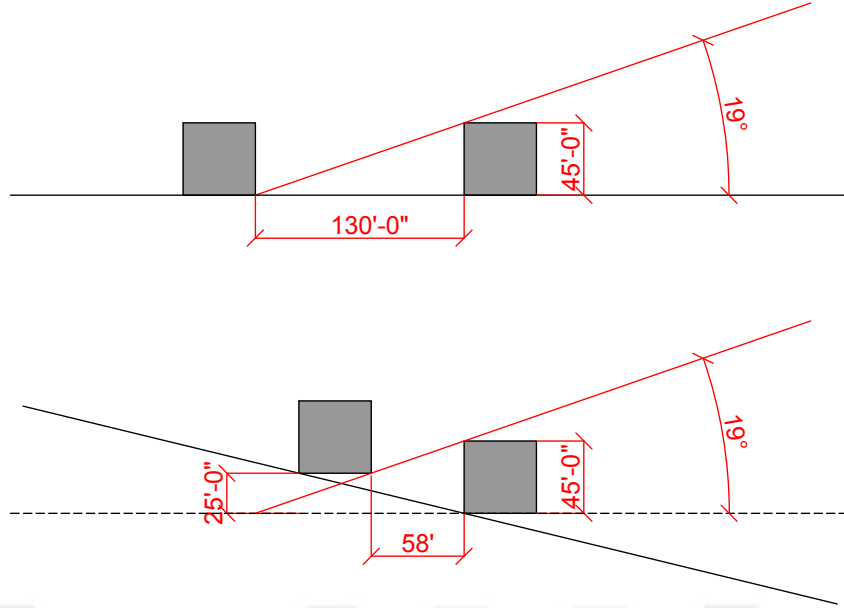


Şekil 5.11. Binaların birbiriyle ilişkisi.

Daha önce binanın tepenin yamacına yerleştirilmesi olması sebebiyle hakim kuzey rüzgarına karşı korunaklı olacağından bahsetmiştik. Yapıların eğimli araziye yerleştirilmesinin bir diğer avantaj ise, birbirlerini gölgelemeyecek olmalarıdır.



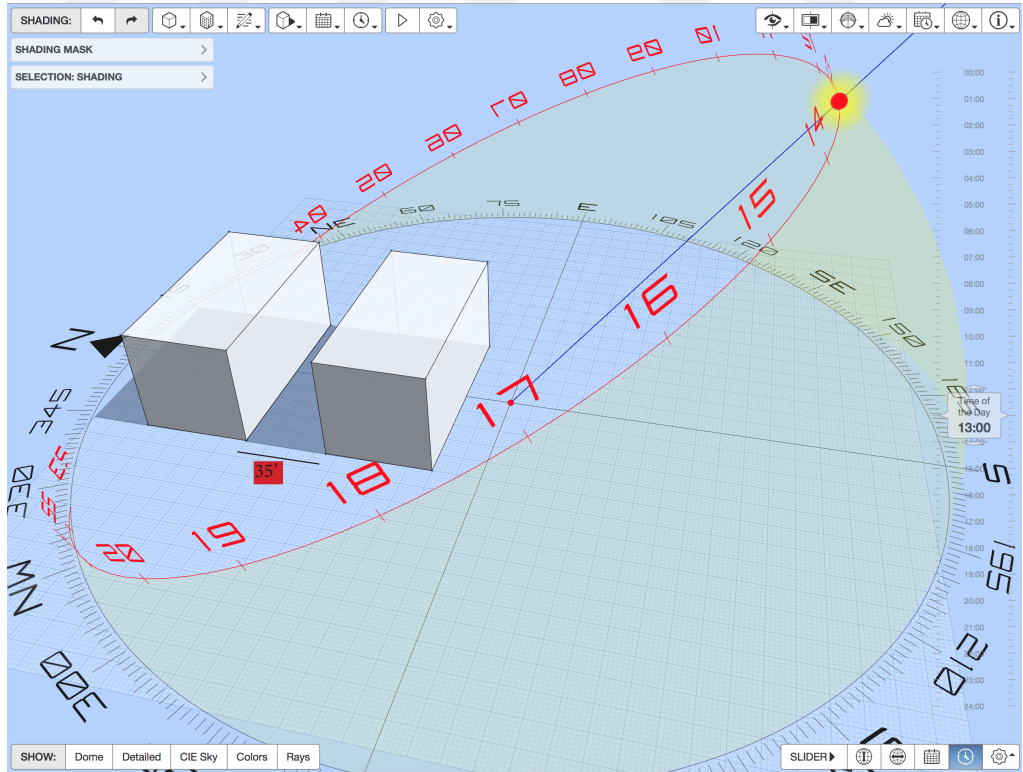
Şekil 5.12 Binaların birbiriyle mesafesinin gölgelemeyi azaltmak için hesaplanması (DeKAY & Brown, 2014).



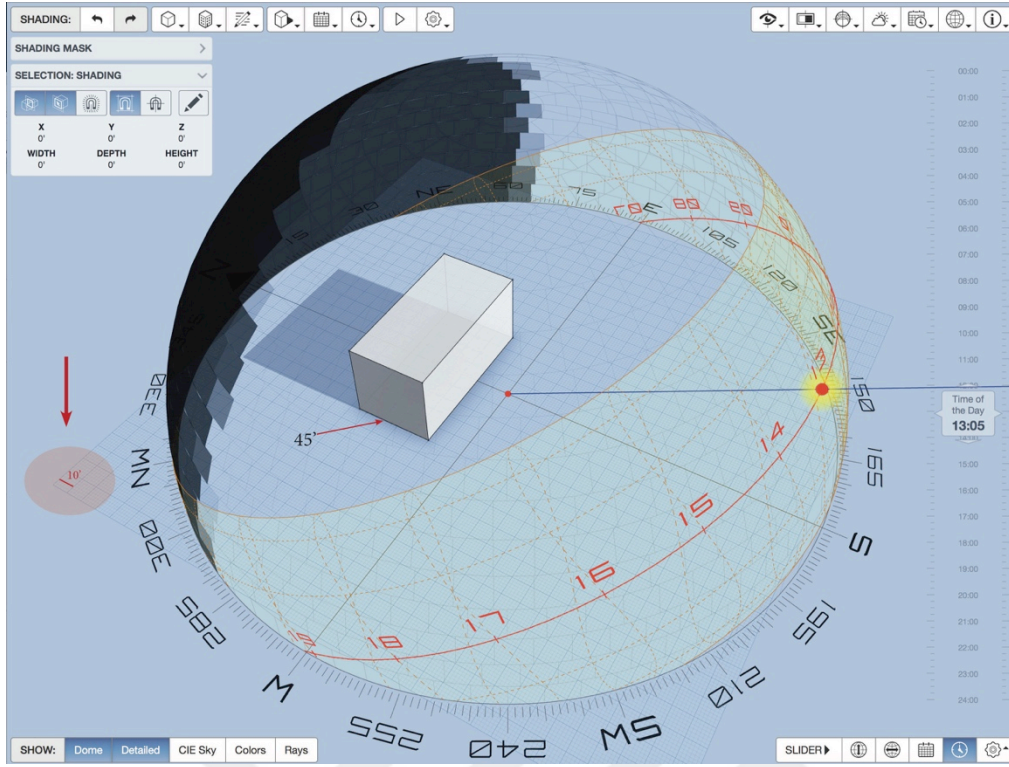
Şekil 5.13. Binaların arasındaki mesafenin diyagramı.

Bina Yüksekliği 45'

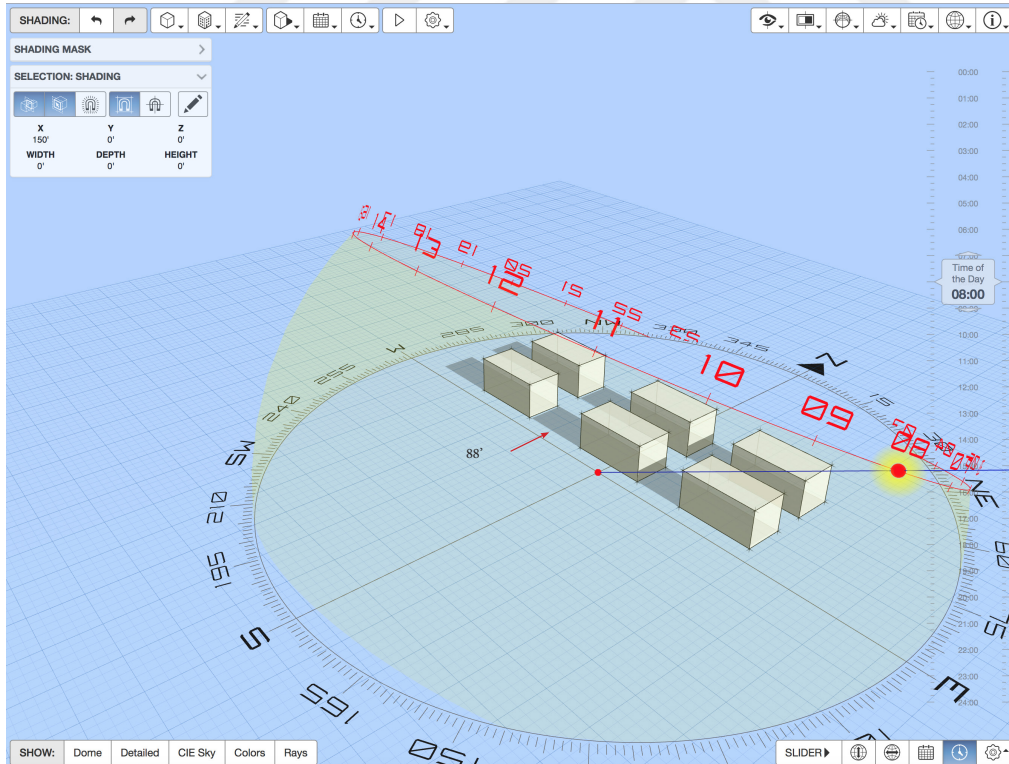
$$S=2.9 \times 45' = 130.5'$$



Şekil 5.14. Gölgeleme mesafesi, 21 Haziran Saat 13.00 Mesafe 10.67 m (35').

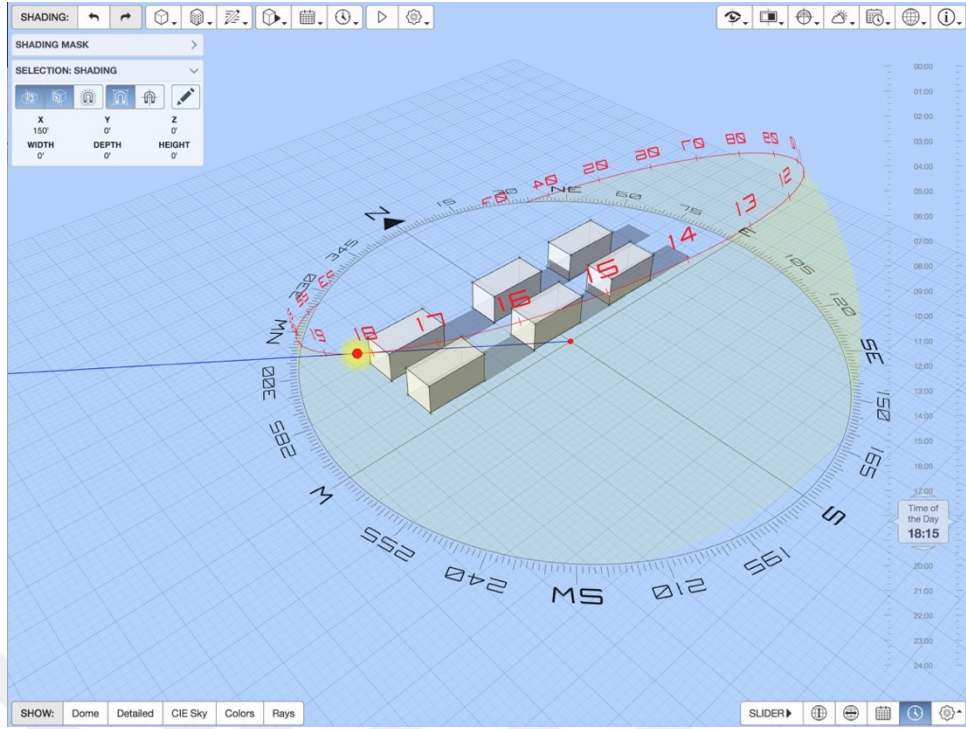


Şekil 5.15. Gölgeleme Mesafesi, 21 Mart Saat 13.00 Mesafe ~ 24.38m (80').



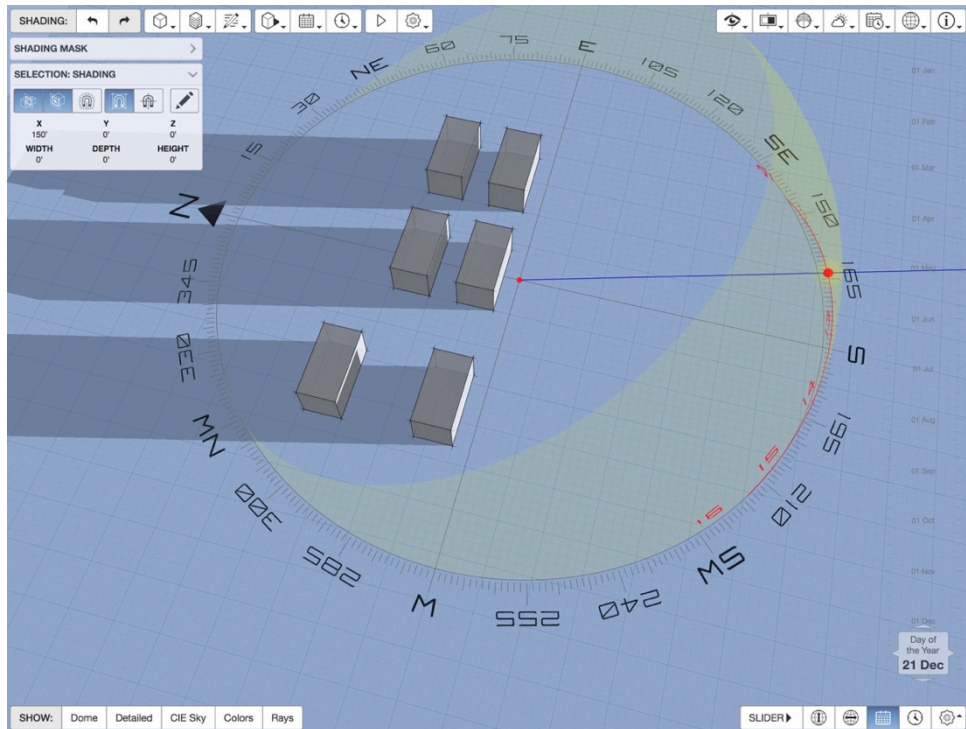
Şekil 5.16. Gölgeleme Mesafesi, 21 Haziran Saat 8.00 Mesafe 26.82m (88').

Daha önceden alınan karar gereği, sabah güneşinin engellenmemesi gerekmektedir.



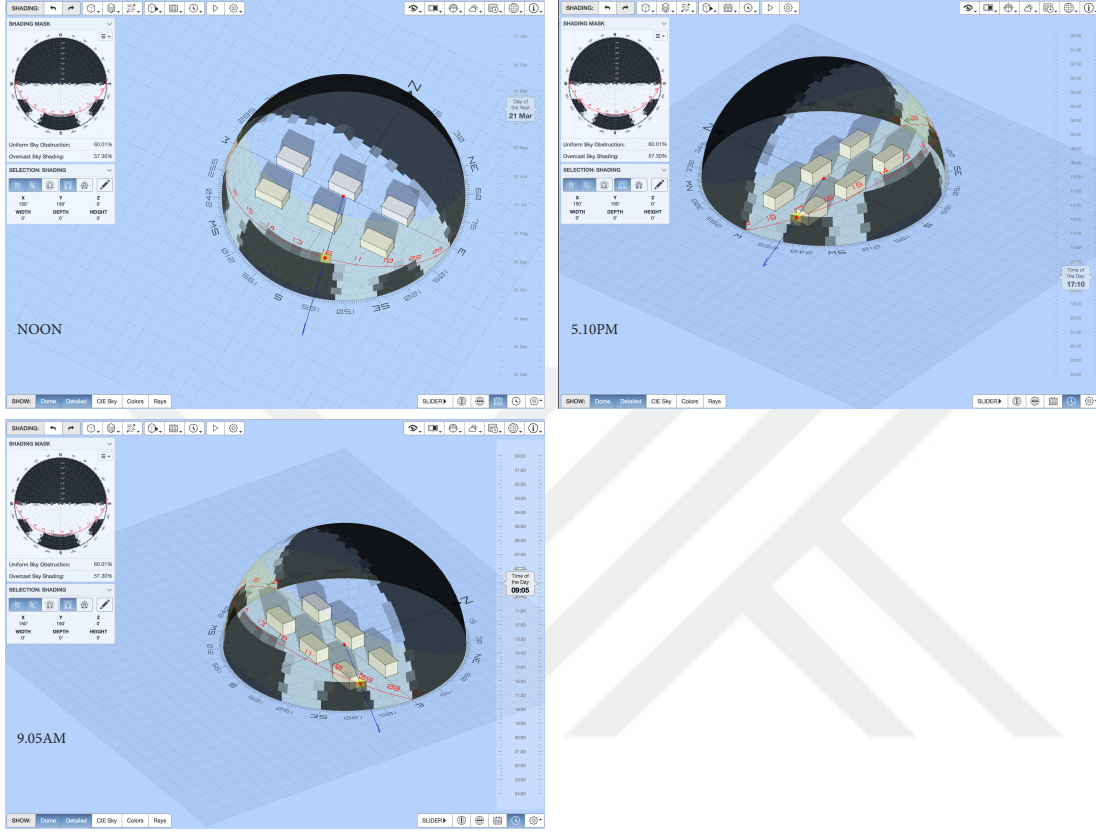
Şekil 5.17. Gölgeleme Mesafesi 21 Haziran, Saat 18.15 Mesafe 26.82m (88').

Akşam üzeri güneşi, yaz aylarında, göreceli olarak hala yüksek bir açıdadır. Kışın parkın batısındaki binalar tarafından bloke edilen güneş ışığı, yaz aylarında binalara ulaşabilmektedir.



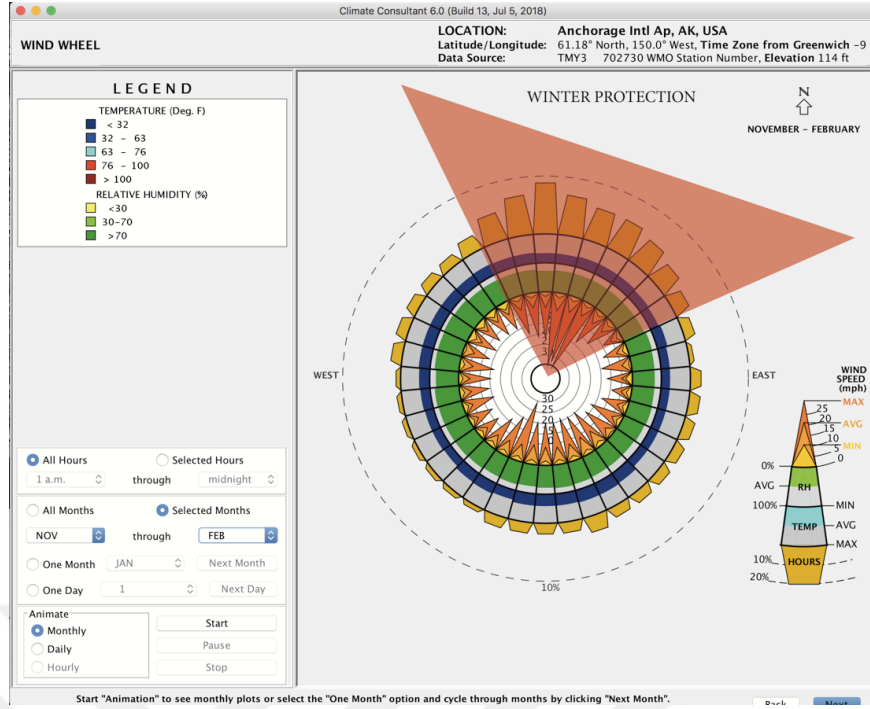
Şekil 5.18. 21 Aralık, Öğlen.

Yılın en kısa günü olan 21 Aralık'ta, binaların gölgeleme mesafesinin çok yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca arazi, kış ayları boyunca parkın güneyindeki binaların da gölgesinde kalmaktadır. Arazinin yüksek rakımda olması binaların gölgelenme zaman aralığını kısaltmaktadır.



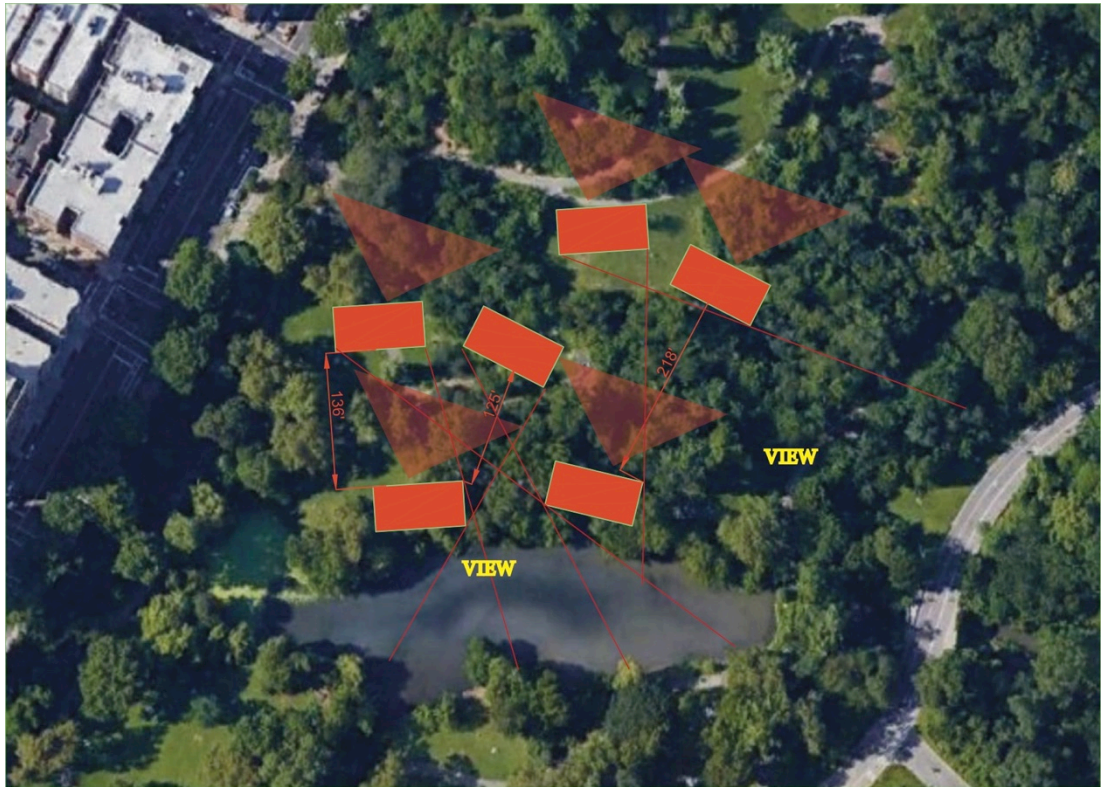
Şekil 5.19. 21 Mart, 9AM-5PM.

Ekinoks'ta ise binaların, sabah saat 9.00'dan akşam üzeri saat 17.00'ye kadar güneş aldığı gözlemlenmiştir (Şekil 5.19).



Şekil 5.20. Kış Ayları Rüzgar Diyagramı (Hakim rüzgar: Kuzey-Kuzeydoğu).

Daha önce alan seçiminde değindiğimiz rüzgardan korunum, binaların arazi içinde konumlandırılmasında da rol almaktadır. Şekil 5.21’de binaların konumu gösterilirken Şekil 5.20’de görünen elde edilen hakim rüzgar yönü gösterilmiştir.



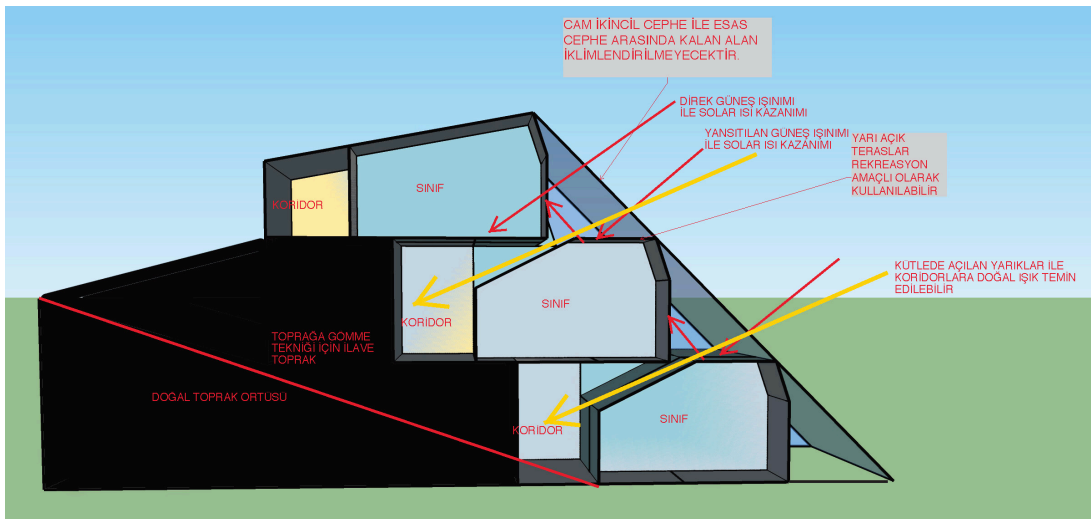
Şekil 5.21. Binaların araziye ilk yerleşim şeması.

Sonuç olarak;

- Açık alan kullanıldığı için parkın doğal yapısına en az hasar verilmektedir,
- Arazideki eğimden dolayı, binalar arasındaki gölgeleme mesafesi 130' ten azdır.
- Binalar hem birbirleri sayesinde hem de etraflarındaki ağaçlar sayesinde korunaklı konumundadır.
- Binalar manzaraya hakim konumda olup, birbirlerinin önüne geçmemektedirler.

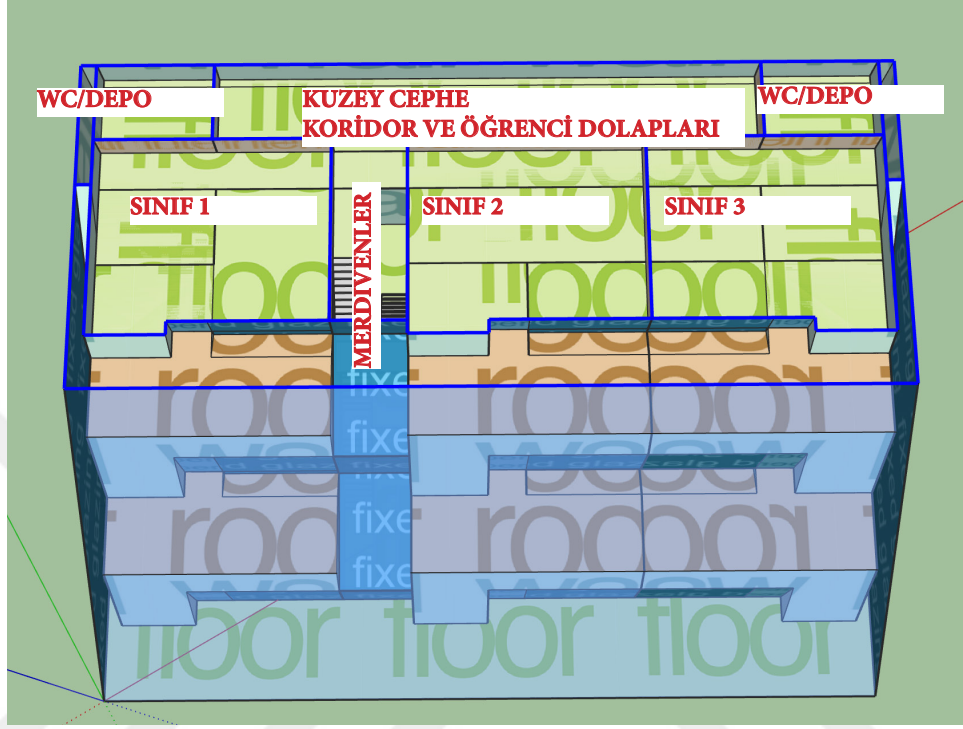
5.4 Bina Kütlesinin Oluşturulması ve Cephe Malzemesi Belirlenmesi

İlk eskiz niteliğindeki bu diyagramla, binanın tasarımına dahil edilmesi ve ilerleyen süreçte geliştirilmesi düşünülen bazı kararlar gösterilmiştir. Binanın kompakt yapıda olması, kuzey cephesinin toprak içine gömülmesi ve güney cephede çift cidarlı cephe oluşturulması öngörülmüştür. Çift cidarlı cephenin dış hava koşullarına kapalı, ancak ısıtma ve soğutmanın yapılmadığı bir geçiş gölgesi olması planlanmıştır. Daha önce çift cidarlı cephe başlığı altında bahsedildiği üzere, bu alan içinde toplanan sıcak havanın binanın havalandırılmasında kullanılması düşünülmüştür. Bina kütlesinde yaratılan açıklıklarla, yer altında kalan koridor alanlarına doğal ışık ulaştırılması planlanmıştır (Şekil 5.22).



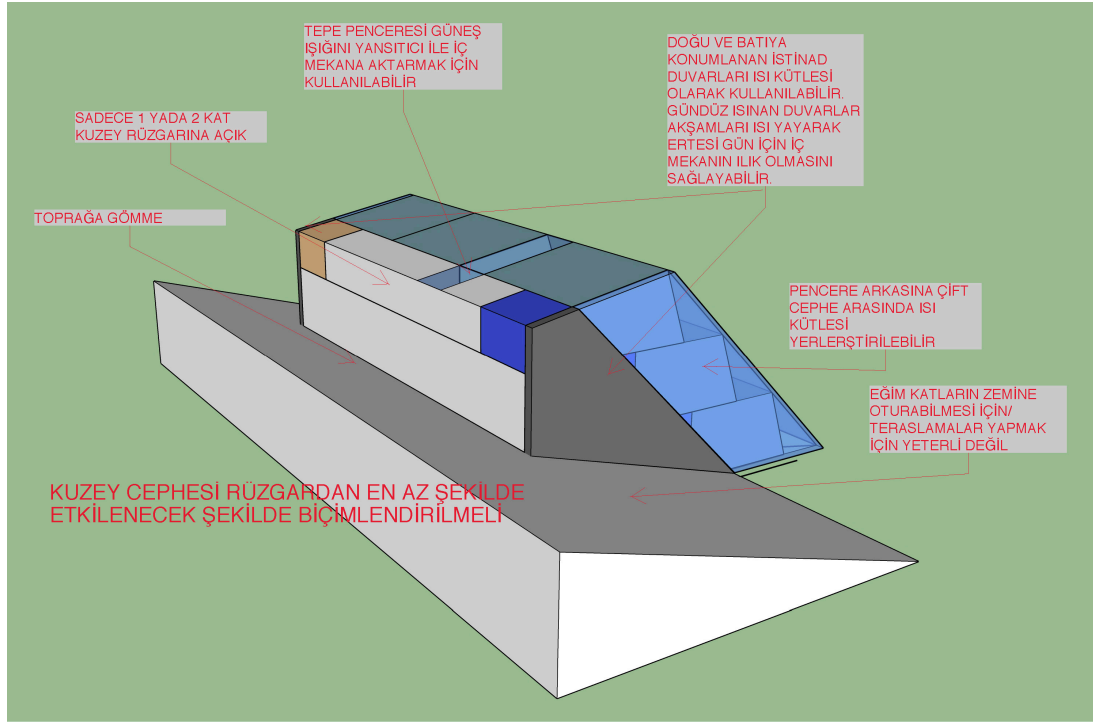
Şekil 5.22. İlk kütle, yapı bileşen ve malzeme diyagramı.

Sınıfların iç mekanına etki eden açılı tavanın ise sınıfın hacmini azaltarak ve güney cephedeki duvar yüzeyini yüksek tutarak ısıtma ihtiyacını azaltacağı öngörülmüştür. Basit olarak tasarlanan plan üzerinde Safaira Programı'nın atamış olduğu yapı bileşenleri görünmektedir (Şekil 5.23).



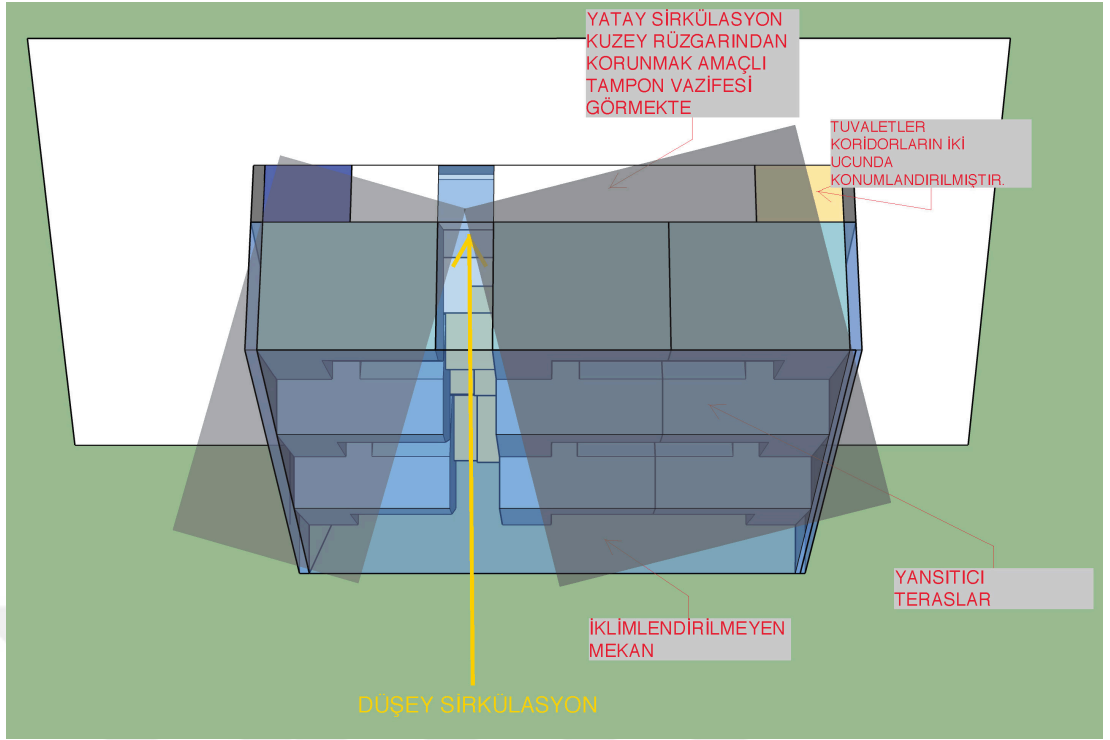
Şekil 5.23. İlk plan diyagramı.

Plan kısaca, kompakt olarak tasarlanan binada sınıfların birbirine bitişik olarak yerleştirilmesi olarak tarif edilebilir. Kuzey cepheye tuvaletler ve depo gibi servis alanları yerleştirilerek koridor ile kuzey cephesi arasında bir bariyer oluşturulması düşünülmüştür. Merdivenler iki sınıf arasına yerleştirilmiş ve solar ısı kazanımının sadece sınıflar için değil aynı zamanda dolaşım alanı içinde kullanılması planlanmıştır (Şekil 5.23). Binanın her katında plan aynı olup, katlar arasında öteleme yapılmıştır. Bu sayede hem sınıfların önünde kullanım alanı oluşturulmuş hem de bu yüzeyden yansıyacak olan güneş ışınlarının kullanımının sağlanması öngörülmüştür.



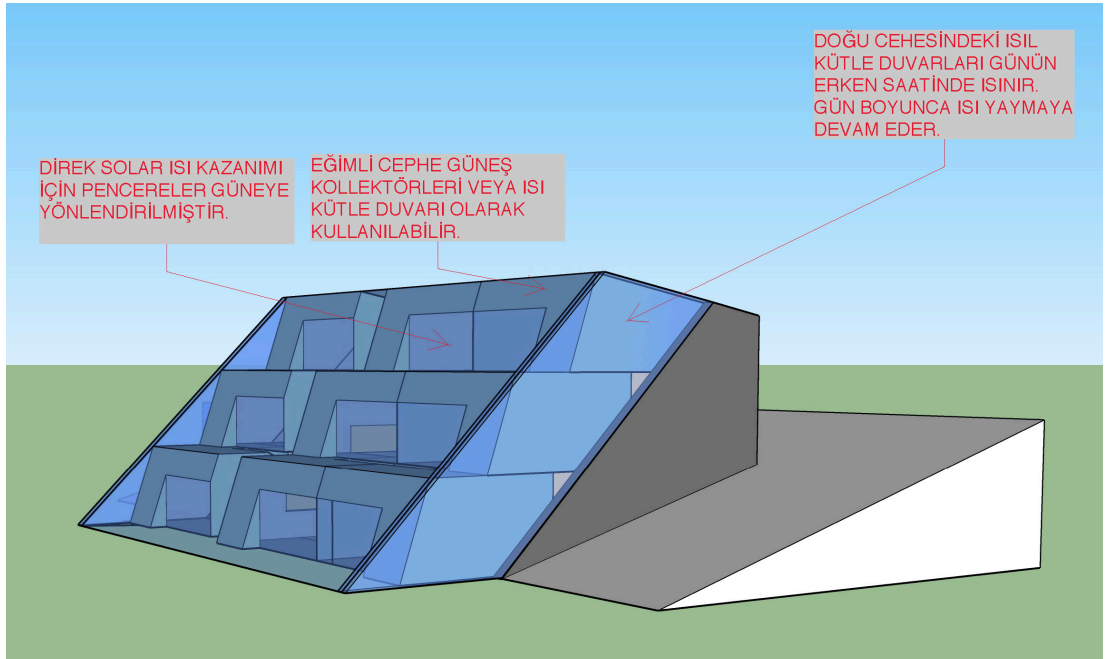
Şekil 5.24. Yapı Bileşen Önerileri 1.

Termal kütle duvarları aracılığıyla solar ısı kazanımını en yüksek seviyeye çıkarmak hedeflenmiştir. Bu aşamada kuzey cephe henüz tasarlanmamıştır. Her ne kadar doğal bitki örtüsü ve yamaç tarafından rüzgara karşı korunaklı olsa da binanın kuzey cephesi en az ısı kaybı yaşanacak şekilde tasarlanması gerekmektedir. Ayrıca merdivenlerin üzerinde konumlandırılan tepe penceresiyle mekanın içine değişik yollarla gün ışığının iletilmesi planlanmıştır. Kış aylarında, bu tepe penceresi üzerene yüksek güneş ışınlarını alacak bir konuma yerleştirilecek yansıtıcılarla, güneş ışığının bina içerisine yansıtılabilmesi üzerinde düşünülmüştür (Şekil 5.24). Bu bağlamda, Berlin Reichstag Binası örnek olarak alınmıştır.



Şekil 5.25. Bina kütlesi üzerinde öneriler.

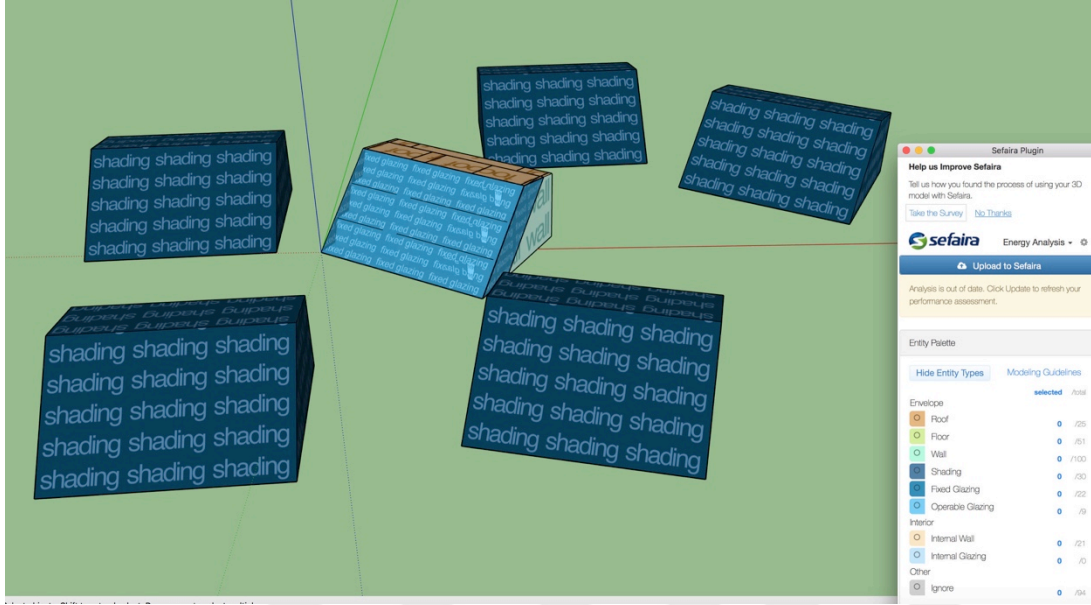
Binanın kütlesine açı verilerek dolaşım alanının genişletilmesi ve ortak aktivite alanı olarak kullanılabilmesi üzerine düşünceler geliştirilmiştir (Şekil 5.25). Binanın girişinin de bu yarıktan yapılabileceği öngörülmüştür. Şekil 5.26’ da yapı bileşenleri bağlamında öneriler görülmektedir.



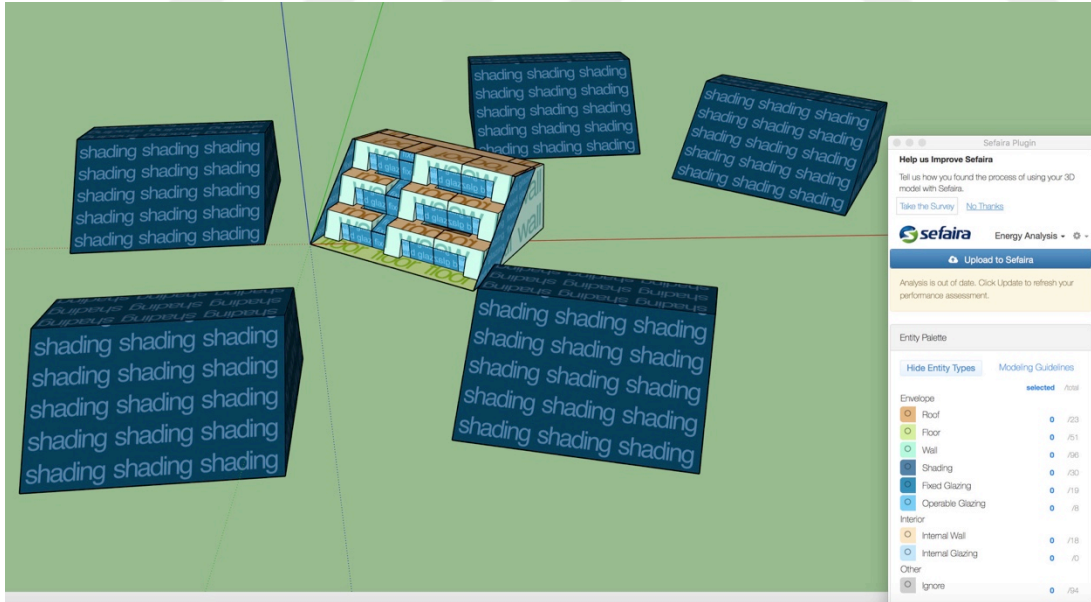
Şekil 5.26. Yapı Bileşen Önerileri 2.

5.5 Belirlenen Cephe Stratejilerinin Sefaira Bilgisayar Programı Desteğiyle İncelenmesi

Sefaira programında ikincil cephenin hesaplara katılmasında bu yüzey sabit pencere olarak tanımlanmıştır (Şekil 5.27).

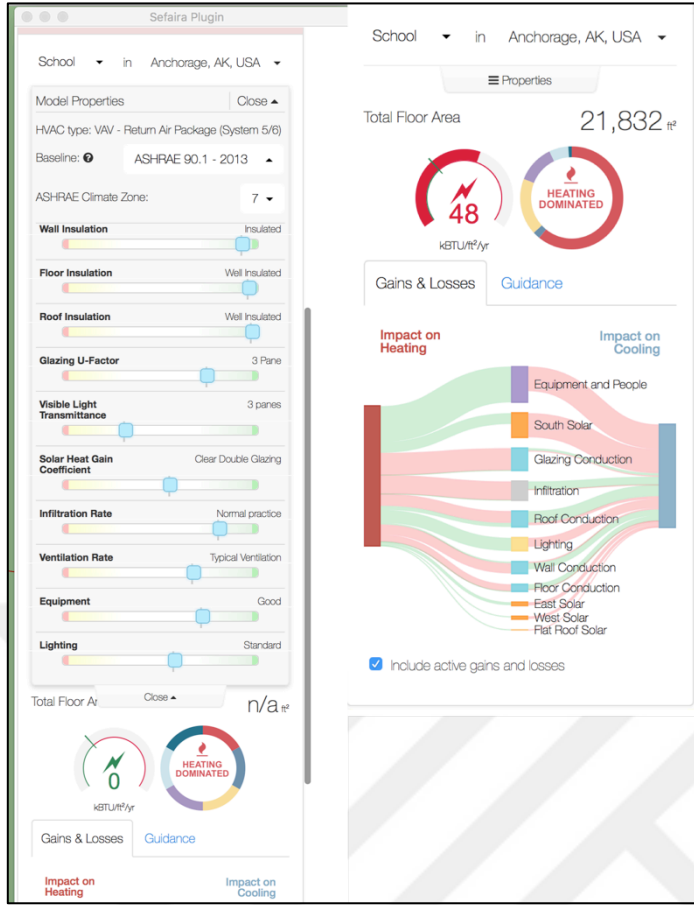


Şekil 5.27. İkincil Cephenin Sabit Pencere Olarak Atanması.



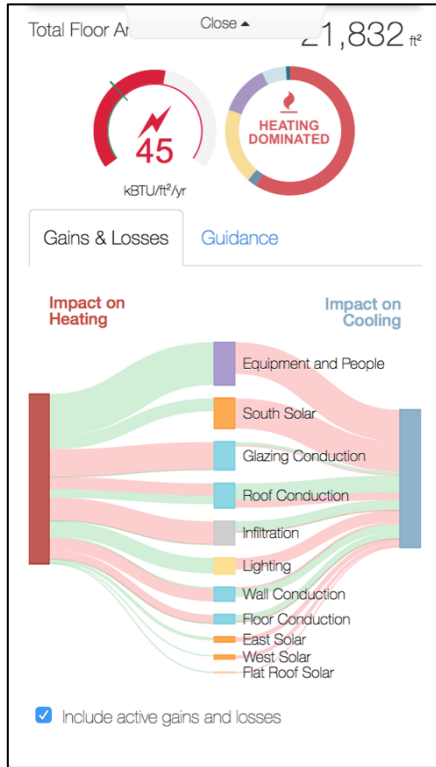
Şekil 5.28. İkinci Cephenin Kapatılması.

Burada ikincil cephe ile esas cephe arasındaki alanın iklimlendirilmesinin yapılmayacağı planlanmış ve bu sebeple ikincil cephe kapatılmış ve ön cepheye dış duvar ve dış pencere tanımlamaları yapılmıştır (Şekil 5.28).



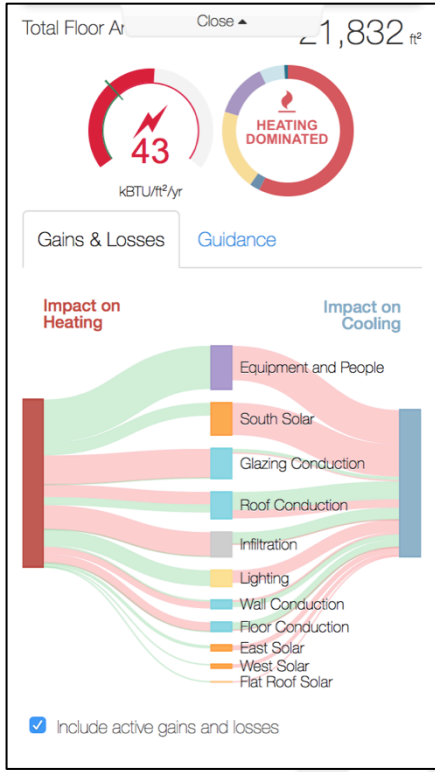
Sefaira programı, Anchorage'ın iklim bölgesini otomatik olarak 6 atamaktadır. Ancak IECC'den elde edilen bilgiye göre iklim bölgesi 7'dir. Manuel olarak iklim bölgesi 7 olarak ayarlanmıştır. Yapılan ilk analizde en çok enerji kullanımının ısıtmada ve aydınlatmada olduğu görülmüştür (Şekil 5.29).

Şekil 5.29. ASHREA 90.1-2013 Standartları kullanılarak yapılan ilk analiz.



İlk olarak çatı izolasyon malzemesi değeri değiştirilerek, baz değeri R-35.49'dan R-56.79'a (maksimum) yükseltilmiştir. Bu değişiklik enerji kullanımını, 48kBTU.ft²/yr (151.4 kWh/m²/y)'den 45kBTU/ft²/yr (141.9 kWh/m²/y)'ye düşürmüştür (Şekil 5.30).

Şekil 5.30. Çatı yalıtım değerlerinin iyileştirilmesinden sonra yapılan analiz.

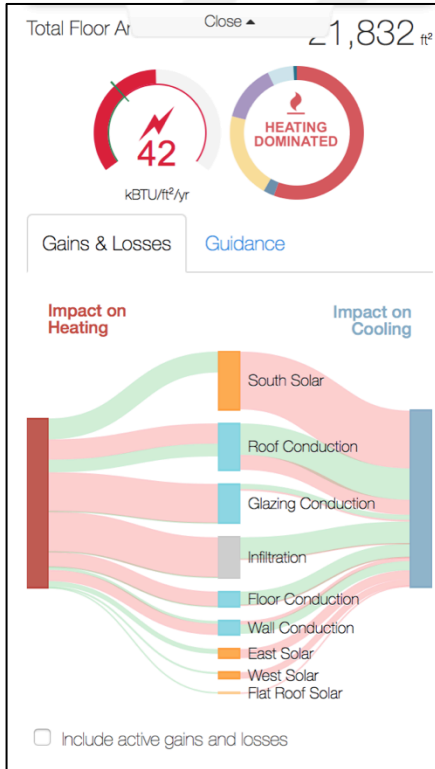


İkinci olarak duvar yalıtım malzemesinin değeri R-14.2'den (baz) R-33.4'e yükseltilmiştir. Bu değer, ekonomik olarak temin edilebilecek bir değer olarak düşünülmüştür.

Bu değişiklik, enerji kullanımını 45 kBTU/ft²/yr (141.9 kWh/m²/y)'den 43 kBTU/ft²/yr (135.6/kWh/m²/y)'ye düşürmüştür.

Söz konusu analizde, ısıtmanın en dominant unsur olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca ısıtmaya etki eden faktörün, pencereler olduğu saptanmıştır (**Şekil 5.31**).

Şekil 5.31. Duvar yalıtım değerlerinin iyileştirilmesinden sonra yapılan analiz.

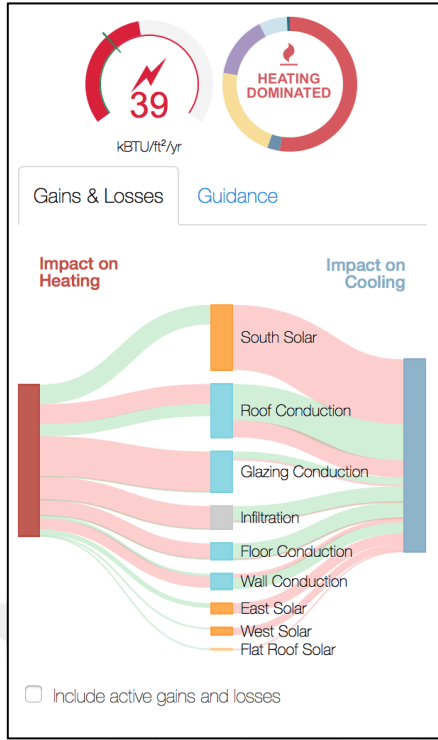


Bu sebeple pencerelerin U-değerinde değişikliğe gidilmiş ve değer U-0.32'den (baz) U-0.25'e düşürülmüştür. Bu noktada, U-0.25 değerinin daha ekonomik olacağı öngörülmüştür.

Bu değişikliğin enerji tüketimini, 43 kBTU/ft²/yr (135.6/kWh/m²/y)'den 42 kBTU/ft²/yr (132.5/kWh/m²/y)'ye düşürdüğü gözlemlenmiştir.

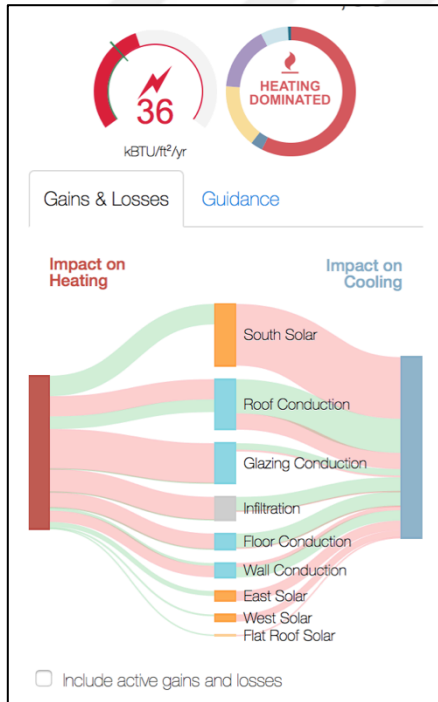
Bu noktada enerji tüketim oranında büyük bir fark oluşmaması, baz değer olarak kullanılan U-0.32 değerinin performansı yüksek olan bir değer olmasına bağlanmıştır (**Şekil 5.32**).

Şekil 5.32. Pencere performans değerlerinin iyileştirilmesinden sonra yapılan analiz



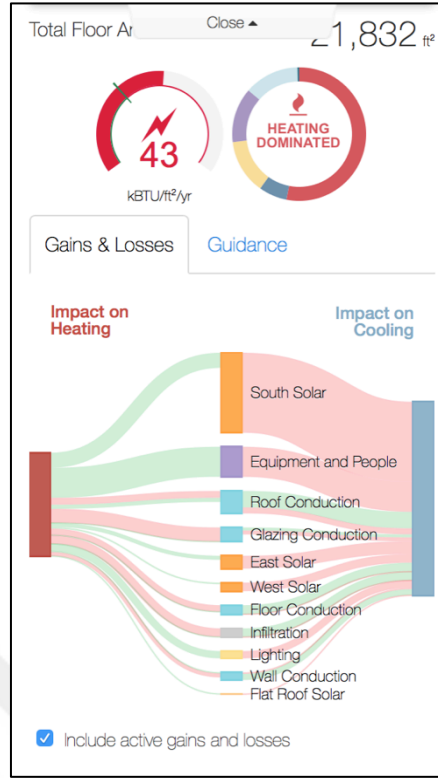
Enerji tüketiminde büyük etkisi olan bir diğer kriter ise, infiltrasyon olarak görülmektedir. İyi pencere ve iyi montaj, infiltrasyon değerini düşürmektedir. Bunun sağlanabileceği öngörülerek infiltrasyon değeri 0.32’den (baz) 0.2’ye (ortalamadan daha iyi) düşürülmüştür. Bu değişiklik, enerji tüketimini 42 kBTU/ft²/yr(132.5/kWh/m²/y)’den 39 kBTU/ft²/yr(123/kWh/m²/y)’ye düşürmüştür (Şekil 5.33).

Şekil 5.33. İnfiltrasyon değerlerinin iyileştirilmesinden sonra yapılan analiz.



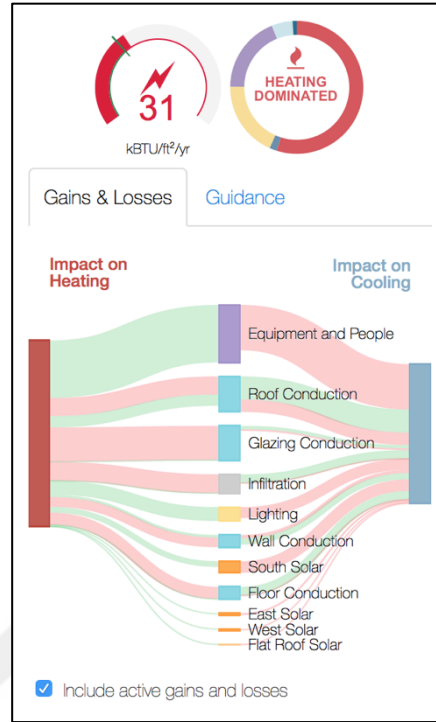
Yapı bileşenlerinde yapılan bu değişikliklerden sonra, ikinci derecede en fazla enerji tüketimi yaptığı saptanan aydınlatma değerlerinde değişikliğe gidilmiştir. Değer 1.39’dan (baz) 0.92 w/FT²’ye (ortalamanın iyisi) düşürülmüştür. Bu değişiklik sonucunda enerji tüketiminin 39 kBTU/ft²/yr (123/kW/m²/y)’den 36 kBTU/ft²/yr (113.5/kW/m²/y)’ye düştüğü gözlemlenmiştir (Şekil 5.34).

Şekil 5.34. Aydınlatma değerlerinin iyileştirilmesinden sonra yapılan analiz.



Şekil 5.35. SHGC değerlerinin değiştirilmesi ile yapılan analiz 1.

Bu aşamada pencerelerin SHGC değerinde değişiklik yapılmış ve enerji tüketimine nasıl etki edeceği incelenmiştir. Işık geçirgenliği daha yüksek olan bir camın solar ısı kazancına pozitif etki edeceği düşünülerek, SHGC değeri 0.45'ten (baz) 0.99'a (maksimum) yükseltilmiştir (Şekil 5.35). Bu değişiklik ısıtma enerji tüketimine pozitif etki yaparken, yapıya ekstra soğutma enerji kullanımı ilave etmiş ve ortalama tüketimi 36 kBTU/ft²/yr (113.5 kWh/m²/y)'den 43 kBTU/ft²/yr (135.6 kWh/m²/y)'ye yükseltmiştir. Daha önce CC ile yapılan çalışmada, CDD Anchorage için 0 olarak saptanırken, Sefaira programı bir soğutma enerji tüketimi saptamıştır. Bunun sebebi, enerji tüketim dağılım grafiğinde içsel ısı kazanımının (Equipment and People) ikinci sırada olmasına ve içsel ısı kazanımıyla konfor seviyesine gelebilen mekanın, solar ısı kazancıyla konfor seviyesinin üzerine çıkabilmiş olmasına bağlanmıştır. Bu noktada, Sefaira programının verileri üzerinden devam edilmesine karar verilmiştir.

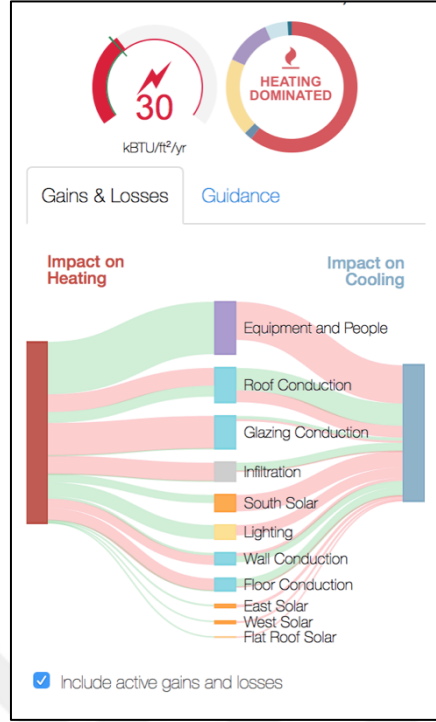


Şekil 5.36. SHGC değerlerinin değiştirilmesi ile yapılan analiz 2.

Bir önceki analizin sonucundan dolayı SHGC değeri 0.25'e düşürülerek analiz tekrarlanmıştır. Bu değişiklik enerji tüketimini SHGC 0.45 değeriyle (baz) elde edilen 36 kBTU/ft²/yr (113.5 kWh/m²/y)'den (Şekil 5.34) 31 kBTU/ft²/yr (97.8 kWh/m²/y)'ye düşürmüştür (Şekil 5.36).

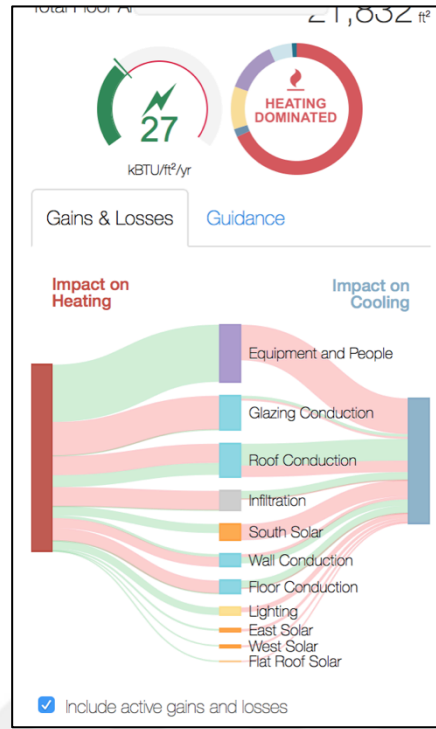
Enerji tüketim dağılım grafiği incelendiğinde solar ısı kazanımının baskınlığının azaldığı görülmektedir. Bu da soğutma enerji tüketiminin düşmesine sebep olmuştur.

Ayrıca bu değişiklik, içsel ısı kazanımının soğutma enerji tüketiminde en baskın konuma gelmesine sebep olmuştur. Ters olarak, grafik ayrıca içsel ısı kazanımının ısıtma üzerinde pozitif etki ettiğini de göstermektedir.



Şekil 5.37. İçsel ısı kazanım değerlerinin değiştirilmesi ile yapılan analiz.

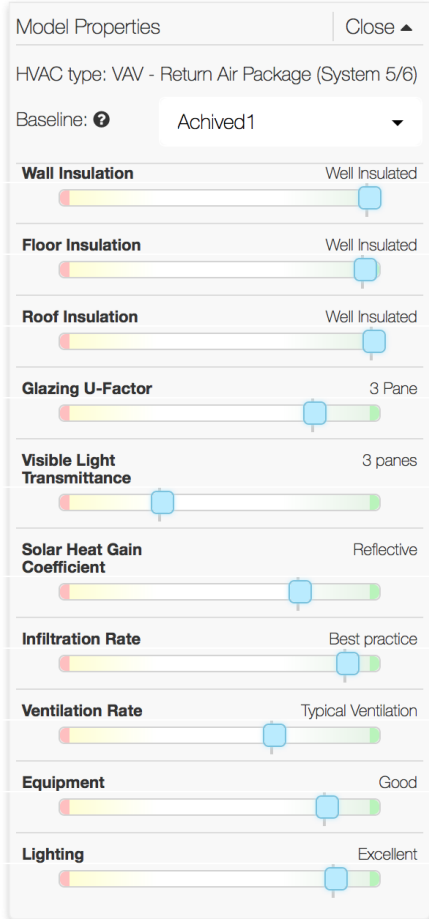
Bu analizde bir önceki analizde elde edilen sonuç doğrultusunda içsel ısı kazanımı sağlayan cihazların elektrik tüketim değerlerinde azaltılmaya gidilmiştir. Enerjinin verimli kullanılması adına düşük enerji tüketimi yapan elektronik cihazların kullanılması yönünde yapılan değişiklikle cihazların tüketim değeri 0.93 W/ft²'den 0.55 W/ft²'ye düşürülmüştür. Bu değişikliğin sonucunda binanın toplam enerji tüketiminin 31 kBTU/ft²/yr (97.8 kWh/m²/y)'den 30 kBTU/ft²/yr (94.6 kWh/m²/y)'ye düştüğü gözlemlenmiştir. Grafiğe göre bu düşüşün sebebinin elektrik tüketiminin yanı sıra, soğutma enerji tüketiminin de düşmesine bağlı olduğu görülmüştür (Şekil 5.37).



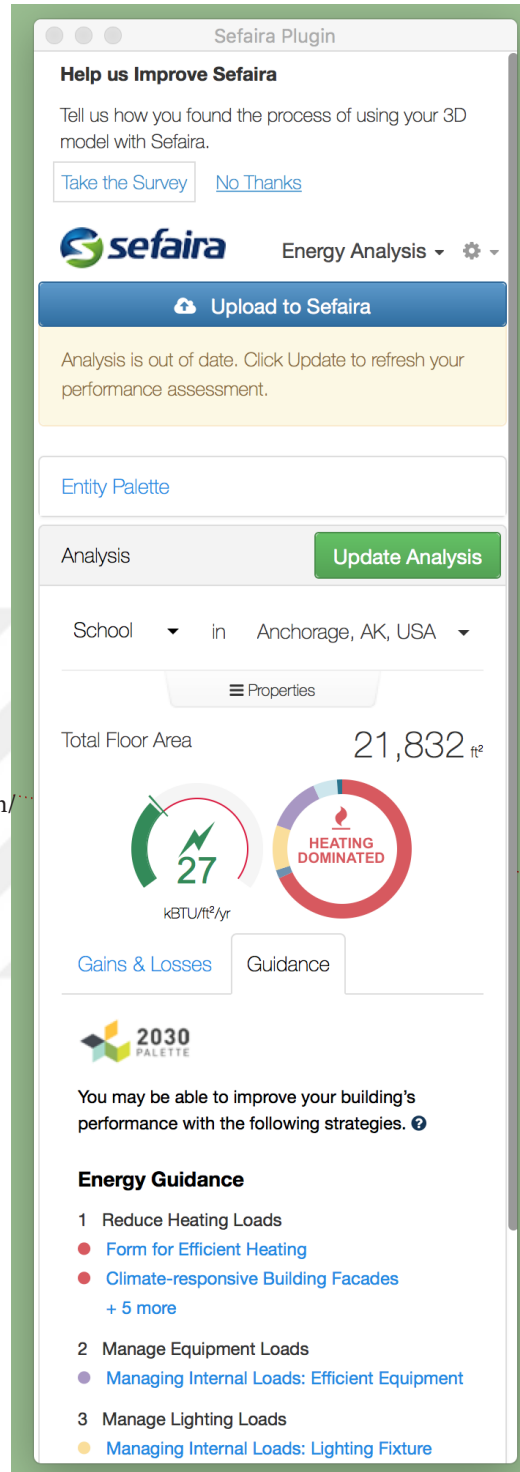
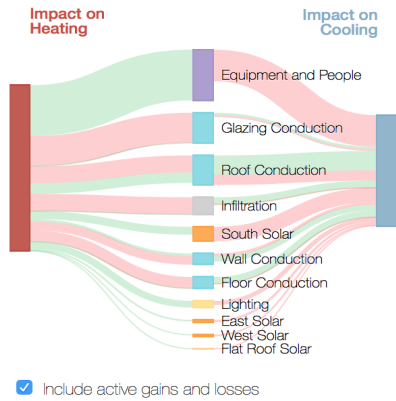
Şekil 5.38. Aydınlatma enerji tüketim değerlerinin değiştirilmesi ile yapılan analiz.

Bu analizde, enerji tüketiminde halen yüksek bir paya sahip yapay aydınlatma enerji tüketiminde değişikliğe gidilmiş ve birim enerji tüketim değeri 0.92 W/ft²'den (ortalamanın iyisi) 0.46 W/ft²'ye (çok iyi) düşürülmüştür. Bu değişikliğin sonucunda toplam enerji tüketim değerinin 30 kBTU/ft²/yr (94.6 kWh/m²/y)'den 27 kBTU/ft²/yr (85.2 kWh/m²/y)'ye düştüğü gözlemlenmiştir (**Şekil 5.38**). Aydınlatma enerji tüketim değerinin bu derece az olabilmesi için gün ışığından verimli bir şekilde faydalanılması gerekmektedir.

School in Anchorage, AK, USA



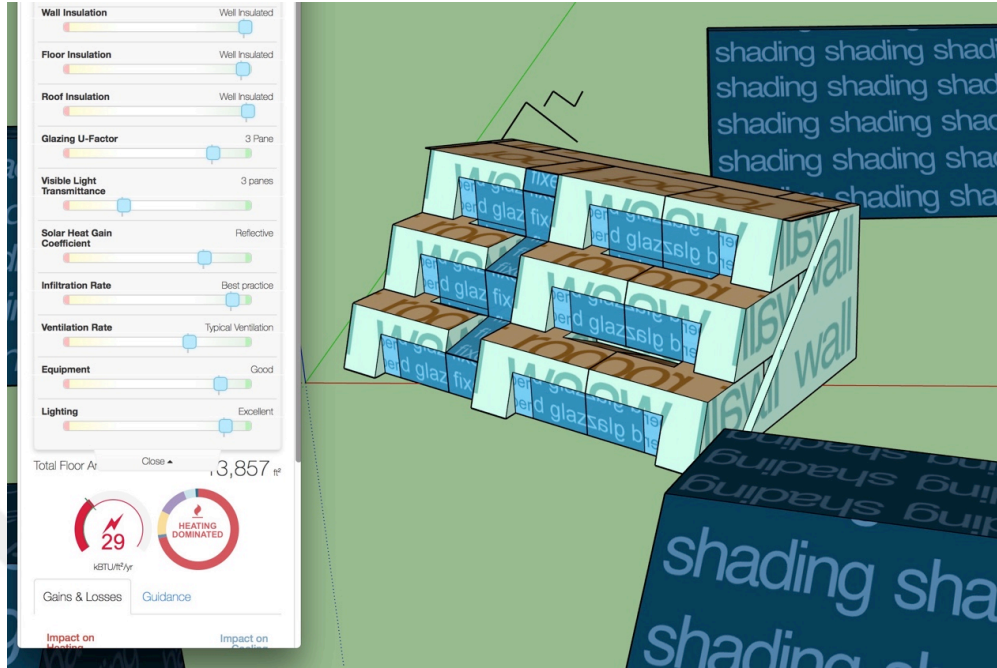
Gains & Losses Guidance



Şekil 5.39. İlk değerlendirme analizi sonucu elde edilen enerji tüketimi.

Açıkça görülmektedir ki, bina bileşenlerinin performanslarının yükseltilmesiyle binanın enerji giderlerinin azaltılması sağlanabilmektedir (Şekil 5.39). Bu bağlamda daha yüksek R değerine sahip duvar ısı yalıtım malzemesi kullanmak ya da bina içindeki elektronik aletlerin enerji tüketim değerlerini azaltmak örnek olarak verilebilir. Ancak bu noktada sürdürülebilir bina tasarım ilkeleri yardımıyla enerji

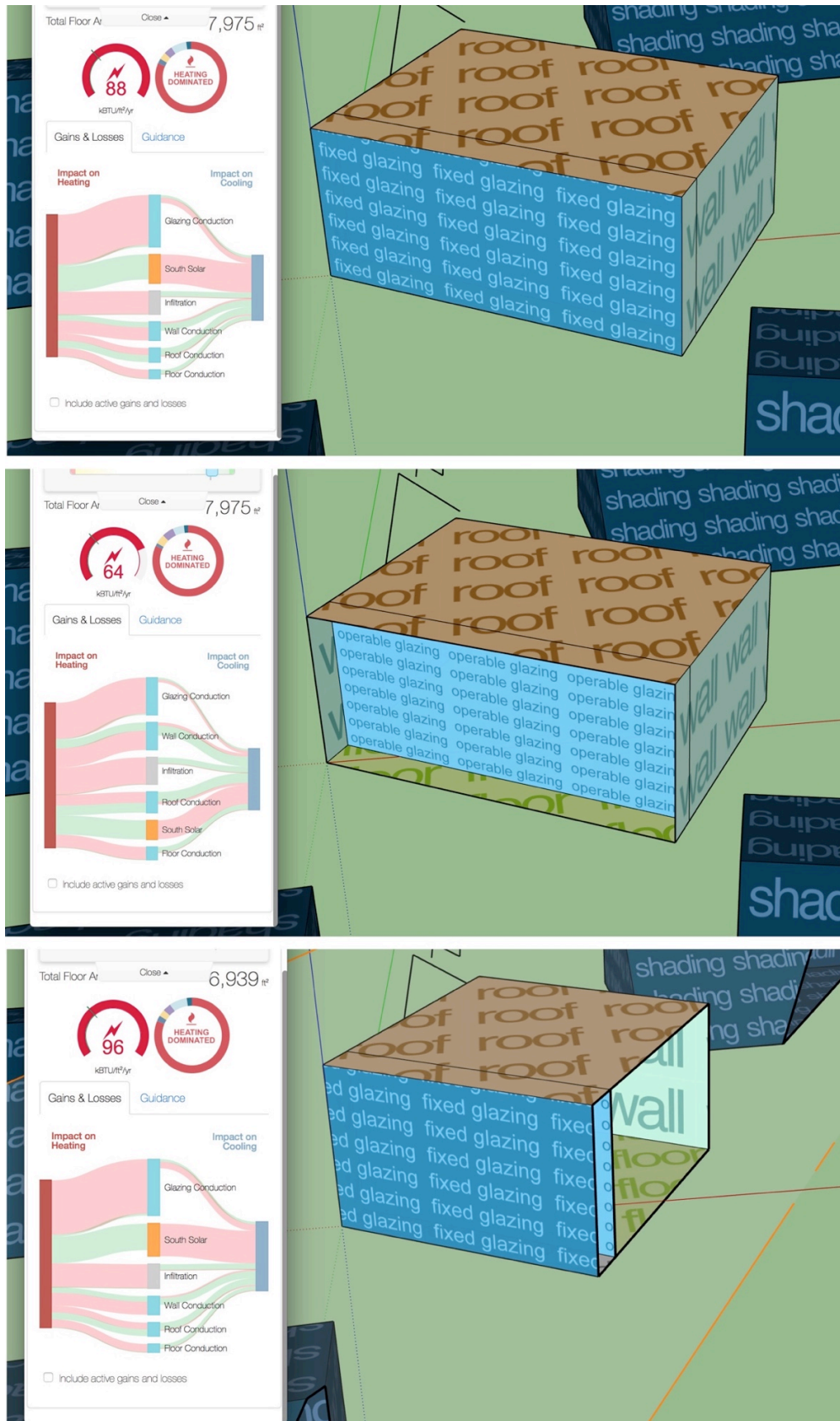
tüketiminin azaltılması yoluna gidilmiştir. İlk olarak Sefaira programının çift cidarlı cepheyi nasıl tanımladığının çalışması yapılmıştır.



Şekil 5.40. Çift cidarlı cephenin iptal edildiği durumu gösteren analiz sonucu.

Çift cidarlı cephenin iptal edilmesinden sonra, binanın performans analizi tekrar yapılmıştır. Enerji tüketiminin 27 kBTU/ft²/yr (85.2 kWh/ m²/y)’den 29 kBTU/ft²/yr (91.5 kWh/m²/y)’ye yükseldiği görülmüştür (**Şekil 5.40**). Beklenilenden daha az bir yükselişin olması sebebiyle, Program’ın çift cidarlı cephe analizini gerçek de olması gerektiği gibi hesaplayıp hesaplayamadığı sorgulanmıştır. Bu amaçla basit bir kütleyle denemeler yapılmıştır. Basit bir dikdörtgenden oluşan bir kütle yaratılmış ve üç cephesine duvar ve bir cephesine çift cidarlı cephe tanımlaması yapılmıştır (**Şekil 5.41**).

Birinci analiz çift cidar kullanılarak yapılmış, ikinci analizde ise çift cidar kaldırılmıştır. Beklenenin aksine çift cidarlı cephenin kullanıldığı analizde enerji tüketiminin daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Bu noktada, Sefaira Programı’nın iki cephe arasındaki alanı iklimlendirilen mekan olarak algıladığı kanısına varılmıştır. Yapılan üçüncü analizde ise çift cidarlı cephe arasında bulunan mekanın analiz hesabına katılmaması için yüzeye “yoksay” (ignore) ataması yapılmıştır. Yine beklenenin aksine enerji tüketiminde aşırı bir yükseliş gözlemlenmiştir. Sonuç olarak Sefaira Programı’nın çift cidarlı cephe tasarımını nasıl algıladığı anlaşılamamış ve doğruluğu sorgulanmıştır.



Şekil 5.41. Çift cidarlı cephe analizi.

5.6 Ara Değerlendirme

Bu noktaya kadar yapılan analizler ve enerji tüketiminin azaltılmasıyla, genel olarak binanın yapı bileşenlerinin performansının ve mekanik sistemlerinin verimliliğinin yükseltilmesi sağlanmıştır. Enerji etkin bina tasarımında yüksek performanslı yapı bileşenlerinin kullanımı, her ne kadar önemli bir unsur olsa da yapının inşa maliyetini yükseltmesi kaçınılmazdır. Sürdürülebilir bina tasarımında dikkat edilmesi gereken unsur en az maliyet ile yüksek verimliliğin sağlanmasıdır. Örneğin, daha önce de değinildiği gibi, yalıtım malzemesinin kalınlığının arttırılması ya da aşırı yüksek performanslı pencere kullanımı enerji tüketiminin azaltılmasında verimlilik sağlayamadığı gibi yapının inşa maliyetini gereksiz şekilde yükseltmektedir.

Binanın yönlenmesinde yapılacak değişim, bina kütle oranları ve pencere açıklık oranlarının optimum düzeye getirilmesi yoluyla enerji tüketiminin azaltılması üzerinde çalışmaya devam edilmesi planlanmıştır. Anchorage'ın bulunmuş olduğu enlemde ve gün ışığının göreceli olarak zayıf olmasından dolayı doğal aydınlatma çalışmasının ayrı bir önemi olduğu kanısına varılmıştır.

Ulaşılan mevcut tasarımda, tüm pencereler güney-güneybatı istikametine doğru yönelmiş durumda olup binanın doğu ve batı cephelerinde pencere bulunmamaktaydı. Yapılan analizlerde, sabah saatlerinde binanın doğu cephesinin direkt güneş ışığı aldığı saptanmıştır. Okulun çalışma saatlerinin sabah erkenden başlıyor olduğu düşünüldüğünde sabah saatlerinde doğu istikametinden gelecek olan gün ışığının aydınlatmadan kaynaklı olan enerji tüketimini azaltabileceği öngörülmüş ve pencere koyulmasına karar verilmiştir. Ayrıca her ne kadar binanın kuzey cephesine açılacak pencereler ısı kaybına sebep olabilecekler de doğal aydınlatma sağlandığı için enerji tüketiminde azalmaya etki edebileceği de düşünülmüştür.

Bina kütle oranlarına bakıldığında, binanın ayrıca daha kompakt hale getirilebilmesi için çalışma yapılmasına karar verilmiştir. Sınıf mekanlarının önlerine konumlandırılmış terasların her ne kadar güneş ışınlarını iç mekana yansıtma yoluyla solar ısı kazancını sağlayacağı öngörülmüş olsa da, binanın çatı yüzeyini genişlettikleri için ısı kaybına sebep olma ihtimallerinin de değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu yüzeylerin, teras yerine balkon olarak tasarlanıp çatı yüzeyinin azaltılması sorgulanmıştır. Güneş ışınlarının eğik gelmesinden dolayı konsol çalışan balkonların, bir alt kattaki mekana negatif etkisinin olmayacağı düşünülmüştür.

Ancak Sefaira Programı'nın bu balkon ya da teras yüzeyinden yansıyan güneş ışığını solar ısı kazanımı hesabına dahil etmeyeceği varsayılarak, bu teras veya balkonların Program'ın analizini etkilemeyecek şekilde tasarlanmasına karar verilmiştir. Gerçekte bu yansıyan güneş ışınlarının doğal ısıtma ve aydınlatmaya pozitif etki edebileceği düşünülmüştür.

Bu noktada alınan bir diğer karar ise analizlerde çift cidarlı cephenin kullanılacak olmasıdır. Çift cidarlı cephe malzemesi olarak ETFE malzemesi öngörülmüştür. Burada ETFE ile oluşturulacak ikincil cephenin, geleneksel cam ve çerçeveli cephe sistemlerine göre daha geniş açıklıklara olanak vermesi ve manzarayı minimum seviyede etkilemesi, kararın temelini oluşturmuştur. Geleneksel olmayan bu yapı malzemesine ilişkin yapılan sürdürülebilirlik analizinde, malzemenin öncelikle Yaşayan Bina Programı'nın yasaklı malzemeleri içeren kırmızı listesinde (Red List) olmadığı saptanmıştır. Eski teknik şişme yapıların çalışma prensibinden farklı olan şişme yastık sistemleri, yapı içinde hava akımı yaratmak yerine sadece strüktürel sabitliği sağlamak için basınç dengesi kurmaktadır. 1000 m² bir yüzey için sıradan bir ampul kadar enerji harcayan sistemin uzun yaşam ömrü ve az bakım gerektirmesi ve ayrıca kendi kendini temizleyebilme özelliği sürdürülebilirlik bağlamında pozitif etki yaratmaktadır. Üretiminde cama oranla daha az enerji harcanıyor olması ve az yer kaplayarak ekonomik taşıma sağlaması, söz konusu malzemenin ikincil karbon ayak izinin cama göre %1'den az olmasını sağlamaktadır. Bunun yanı sıra, petrokimyasal malzeme olmaması ve yüzde yüz geri dönüştürülebilir olması da ETFE yastık sisteminin projede öngörülmesini desteklemiştir. (LeCuyer, 2008)

5.7 Elde Edilen Sonuçlarla Tasarımın, İklim Koşullarının ve Proje Alanının Tekrardan Gözden Geçirilmesi

Projeye devam etmeden önce belli kararlar ve veriler tekrardan gözden geçirilmiştir. Buna göre;

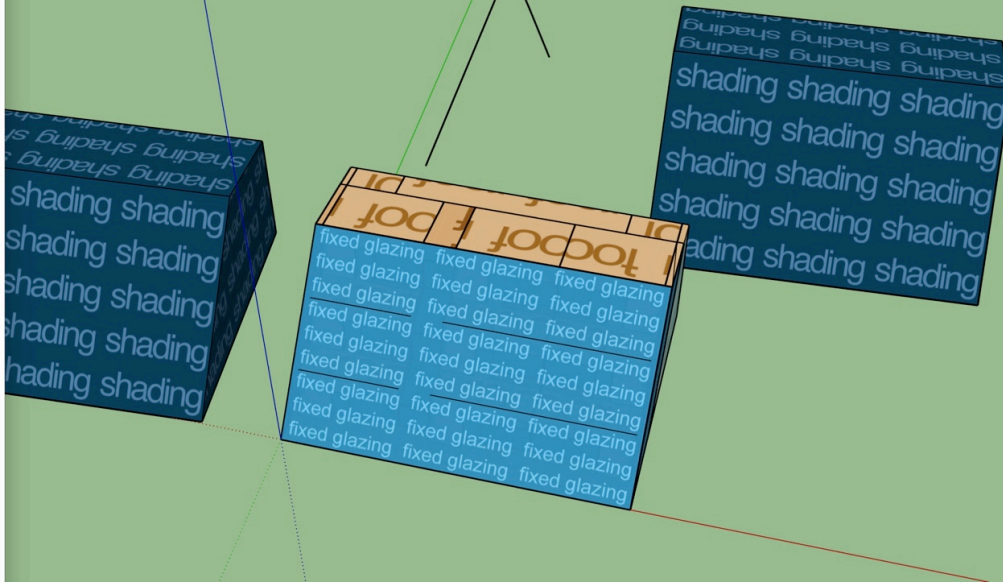
- Climate Consultant (CC) programı CDD soğutma gün derecesini 0 olarak vermektedir.
- CC analiz sonucuna göre, güneşten korunuma yılda sadece 2 saat ihtiyaç duyulmaktadır.
- Sefaira Programı, içsel ısı kazanımını ısıtma enerji tüketimi üzerinde pozitif

etki olarak analiz etmektedir.

- Sefaira Programı içsel ısı kazanımını soğutma enerji tüketimi üzerinde negatif etki olarak analiz etmektedir. CC'ye göre ihtiyaç duyulan soğutma yılda iki saat olmasına karşın, içsel ısı kazanımı neticesinde bu süre yükselmektedir ve Sefaira Programı soğutma hesaplamaktadır. Burada, doğal havalandırmanın önemi görülmektedir. İçsel ısı kazanımıyla aşırı ısınan mekanlar, doğal havalandırmayla enerji tüketimi olmadan serinletilebilir. Projenin doğal havalandırmayı mümkün kılacak şekilde tasarlanması düşünülmüştür.
- Kuzey rüzgarından korunumun önemi dikkate alınmıştır.
- CC Psikrometrik Diyagram, yaz aylarında rüzgardan korunum ihtiyacını sıfır saat olarak vermektedir. Yazın hakim olan güney rüzgarı, içsel ısıdan kaynaklı soğutma ihtiyacına karşı doğal havalandırma olanağı yaratmaktadır.
- Sefaira Programı projenin uygulandığı Central Park'ın etrafındaki binaların gölgelendirmesini hesaba katmamaktadır. Daha önce yapılan analize göre binaların, çevre binalar ile aynı kotaya yerleştirildiği takdirde kış aylarında güneş almadığı saptanmıştır ve bu sebeple arazi seçiminde parkın yüksek kısımları göz önünde bulundurulmuştur. Yine bu sebeple, binalar birbirini en az şekilde gölgeleyecek biçimde konumlandırılmıştır. CC analizine göre kış aylarında solar ısı kazanımı kendi başına ancak 6 saat süreli konfor alanı sağlayabilse de, tek yeterli olmadığı zamanlarda enerji tüketimine pozitif etki yaptığı için önemini korumaktadır.

Bu aşamada, binanın kütlesinde değişikliğe gidilmeden önce, Sefaira Programı'nın da kullandığı 2030 İnternet Sayfası'ndaki bilgilerin incelenmesi düşünülmüştür. 2030 İnternet Sayfası'nda binanın 25 dereceden fazla olarak tam güneyden döndürülmemesi gerektiği, ideal olarak 15 derecelik sınırlar içinde kalınması önerilmektedir (URL8, tarih yok).

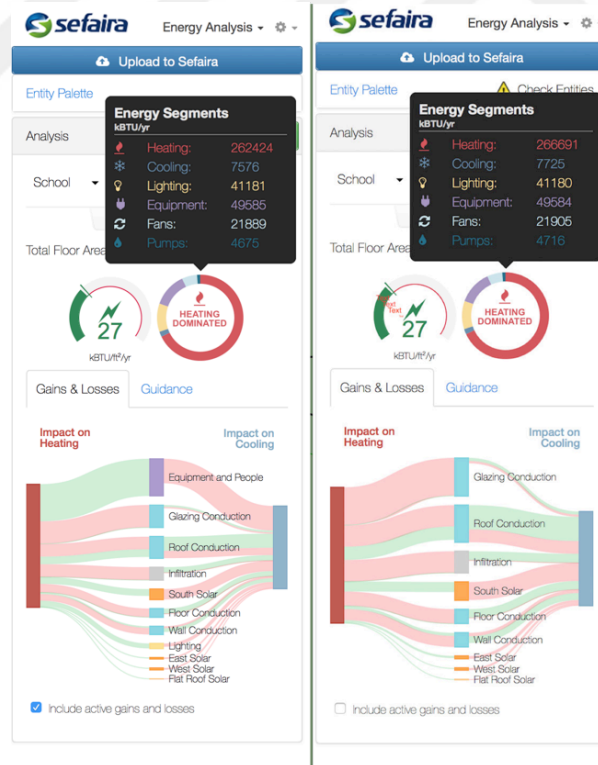
Bina doğu-batı aksı üzerine yerleştirilmiş, ancak tam güneye 30 derecelik bir açı yapar durumdaydı.



Şekil 5.42. Binanın tam güneye döndürülmesi.

Bu nedenle bina tam güneye döndürülerek tekrardan analiz yapılmıştır (Şekil 5.42).

Yapılan analiz sonucunda enerji tüketiminde hafif bir düşüş olsa da toplam 27kBTU/ft²/yr (85.2 kWh/m²/y) değerinin değişmediği gözlemlenmiştir (Şekil 5.43).



Şekil 5.43. Tam güneye döndürülmüş bina ile 30 derecelik açı yapan binanın enerji tüketim değerlerinin karşılaştırılması.

Ayrıca internet sayfası solar ısı kazancını en az kayıpla maksimize etmek için,

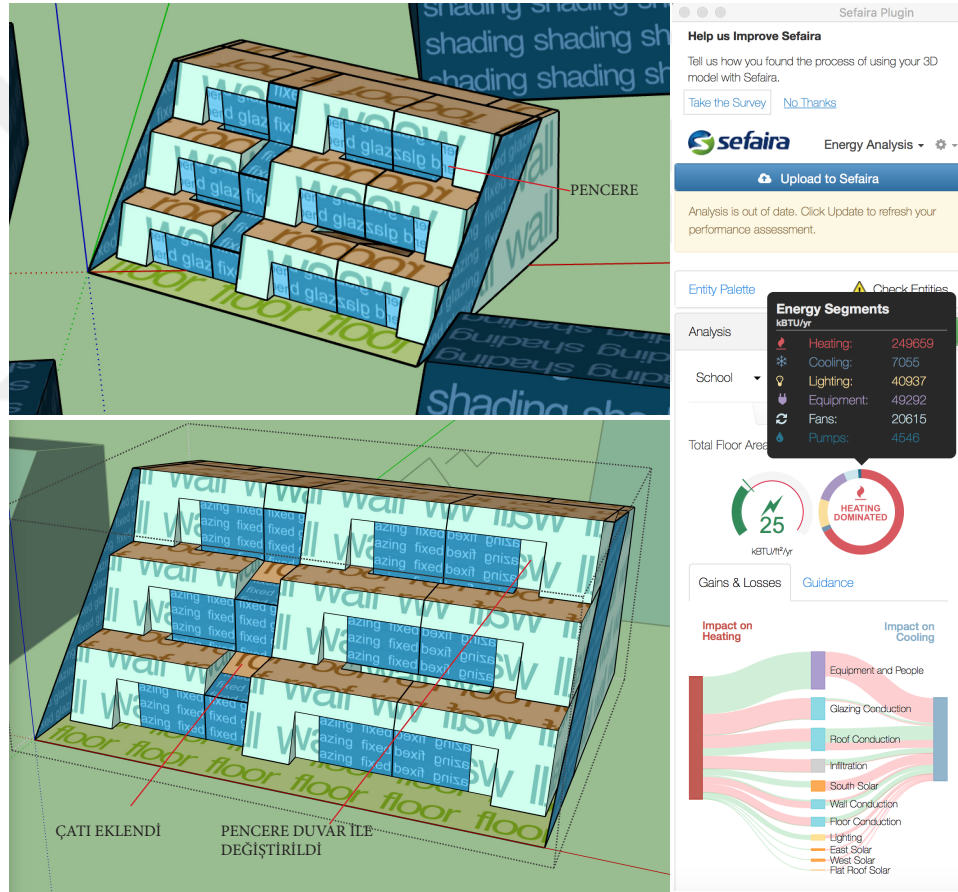
pencere oranlarının ısıtılacak mekanla oranının 44-56 enlemleri için yüzde %20 olmasını önermektedir (URL8, tarih yok). Anchorage 62 enleminde bulunmaktadır. Ancak sitede bu enleminde bulunan yapılarla ilgili bir bilgi bulunamadığı için en yakın olan 44-56 enlemleri kullanılmasına karar verilmiştir.

Bu durumda sınıf alanı $25' \times 30' = 750 \text{ sqft}$ 'dir (69.68 m^2).

$750 \times \%20$ bize 150 sqft (13.94 m^2) pencere alanı vermektedir.

Bu noktada sınıfların pencere boyutlarının küçültülmesine gidilmiştir.

Yapılan analizde enerji tüketiminin $27 \text{ kBTU/ft}^2/\text{yr}$ ($85.2 \text{ kWh/ m}^2/\text{y}$)'den $25 \text{ kBTU/ft}^2/\text{yr}$ ($78.9 \text{ kWh/ m}^2/\text{y}$)'ye düştüğü gözlemlenmiştir (Şekil 5.44).



Şekil 5.44. Pencere boyutlarının küçültülmesi¹⁹.

Bu noktada pencere alanlarının yanı sıra pencerenin cephedeki konumlarının enerji tüketimini değiştirip değiştirmeyeceği de sorgulanmıştır. Pencerelemin yere kadar

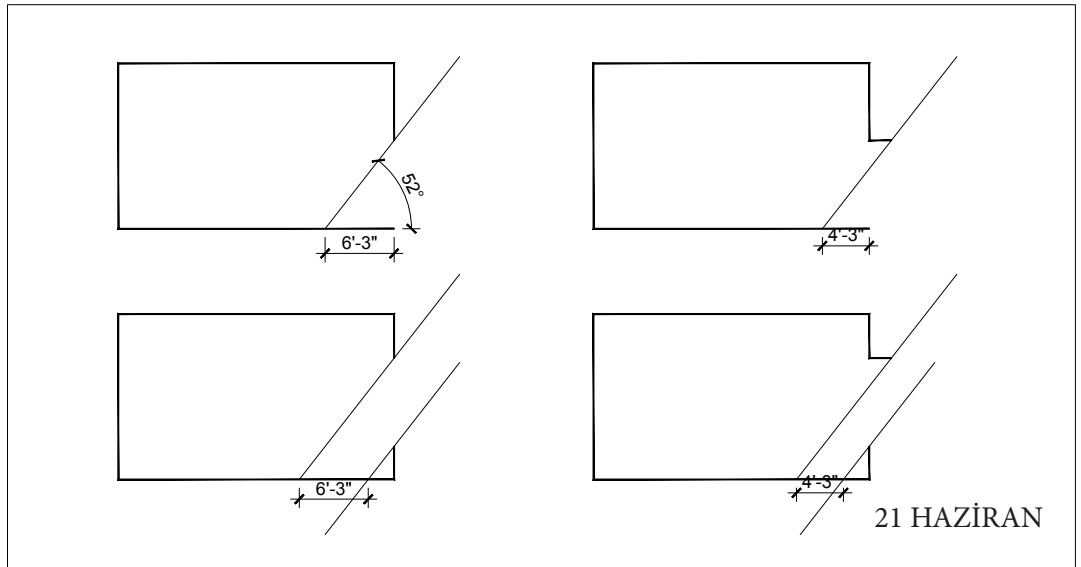
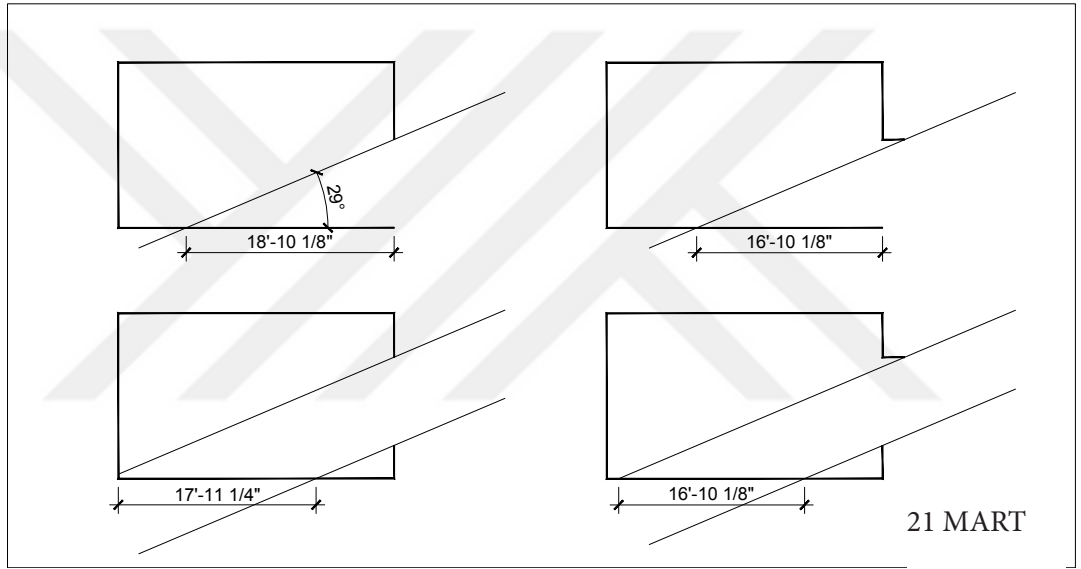
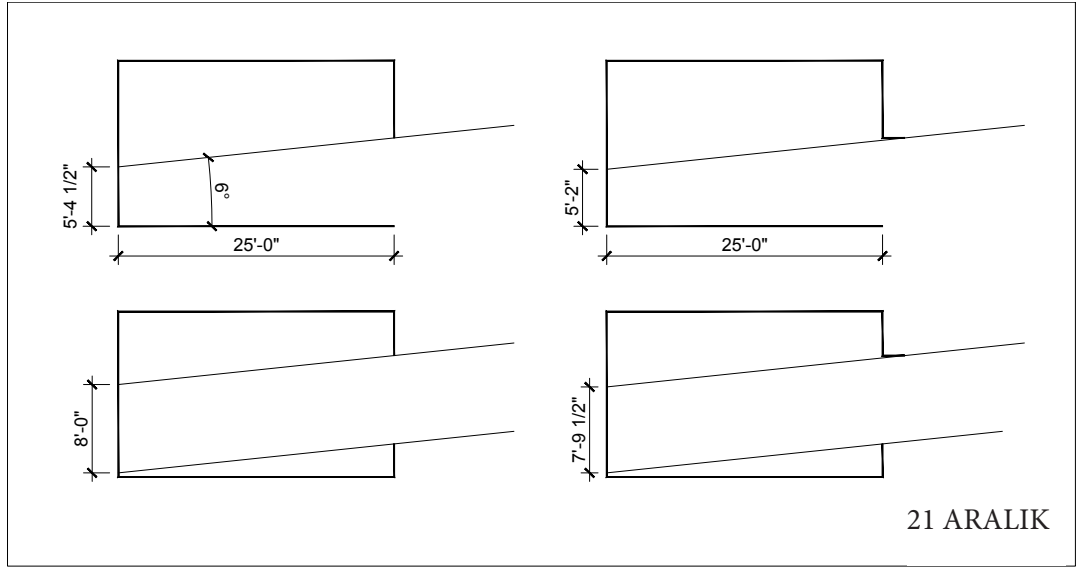
¹⁹ Bu analiz sırasında ikincil cephe hesaba katılmış, ancak pencere boyutlarının gösteriminin sağlanması için ikincil cephenin görünürlüğü kapatılmıştır.

olması ile parapet duvarına sahip olması arasında bir fark olup olmayacağı analiz edilmiştir (**Şekil 5.45**).

Pencere yüksekliği olarak her iki durum içinde 8' (2,44 m) kullanılmıştır.

Üstte bulunan görsel 8' (2,44 m) yüksekliğindeki pencerenin yerden konumlandırıldığı seçeneği ve altındaki görsel 3' (0,91 m) yüksekliğindeki parapet duvarı üzerine konumlandırıldığı seçeneği göstermektedir. Ayrıca görselin sağ tarafına, güneş kırıcıların eklendiği bir diyagram karşılaştırma amacıyla koyulmuştur.





Şekil 5.45. Pencere yükseklik analizi.

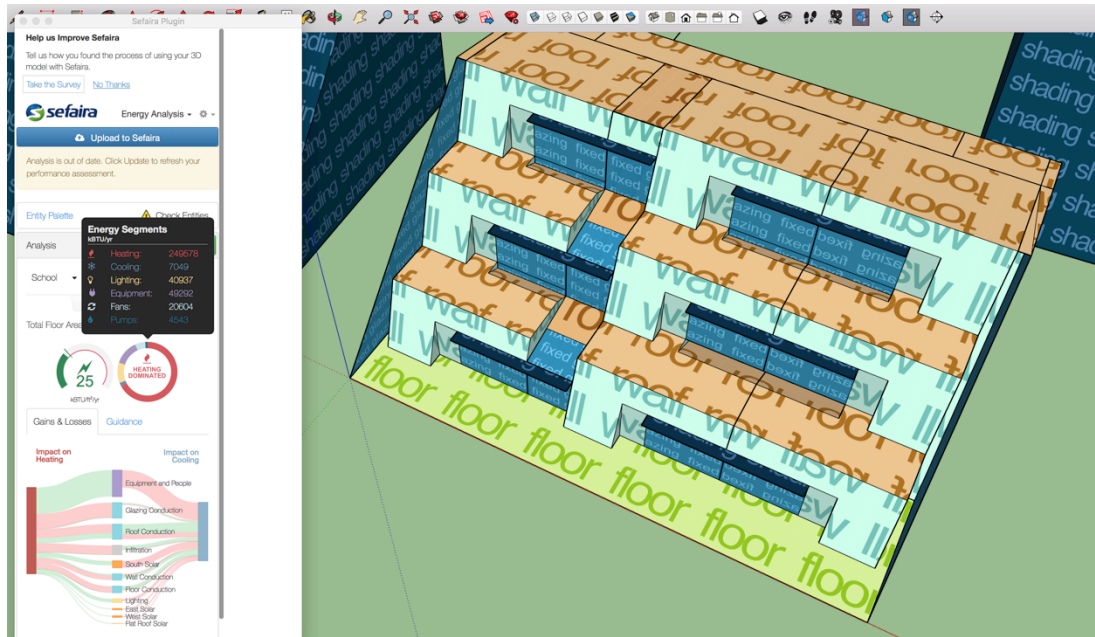
Çizilen diyagramdan (Şekil 5.45) elde edilen sonuçlar şöyle sıralanabilir:

21 Aralık: Açıkça görülmektedir ki pencerenin yerden başlaması mekan içinde daha büyük bir yüzeyin güneş ışınlarına maruz kalmasını sağlamaktadır. 3' (0,91 m) yüksekliğindeki duvar, gölge oluşturarak solar ısı kazanımını negatif olarak etkilemektedir. Güneşin düşük açısı nedeniyle pencere üzerine yerleştirilen güneş kırıcıların etkisi saptanmamıştır.

21 Mart: 3' (0,91 m) yüksekliğindeki duvarın burada da gölge oluşturduğu saptanmıştır. Ancak farkın güneş kırıcısı olmadığı durumda çok az, güneş kırıcısının olduğu durumda ise hiç olmadığı saptanmıştır.

21 Haziran: Güneş kırıcısının olmadığı durumda fark saptanmamıştır. Güneş ışınlarının düştüğü yüzey miktarı aynıdır. Ancak güneş kırıcısının yapmış olduğu gölgelemenin, güneşin en dik olduğu bu tarihte yüksek olduğu saptanmıştır. Yapılan ölçümde güneş ışınlarının yüzde otuzluk bir kısmının bloke edildiği gözlemlenmiştir.

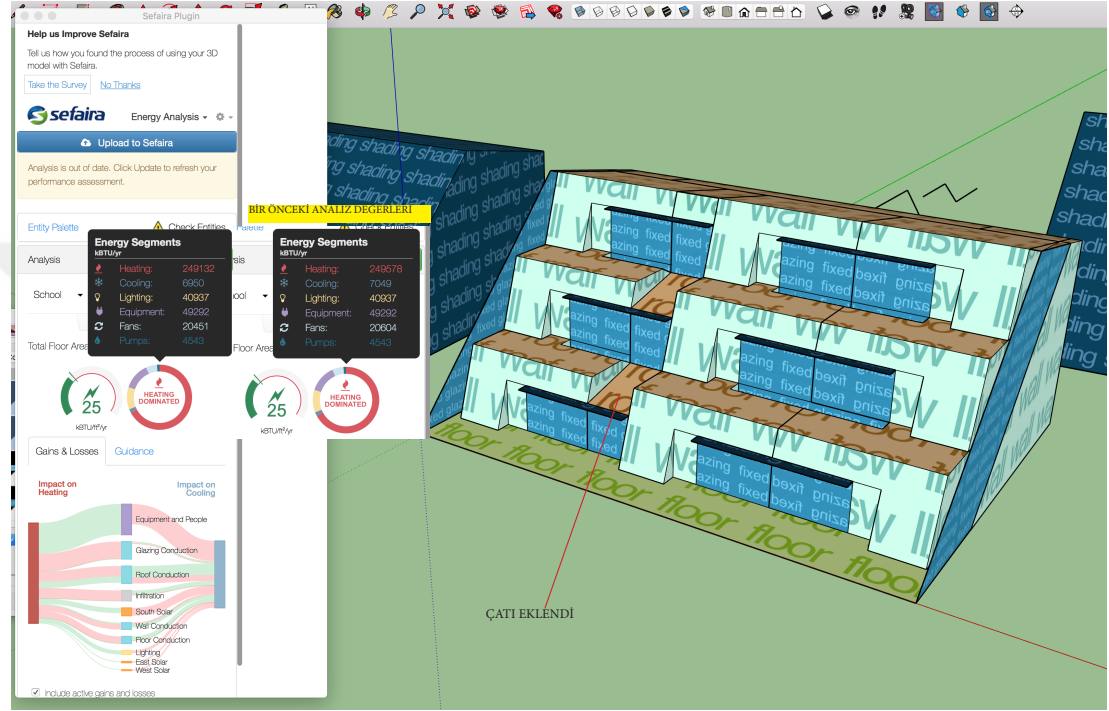
Her ne kadar iklim koşulları sebebiyle soğutmaya ihtiyaç duyulmasa da güneş kırıcıların, binanın yaz aylarında solar ısı kazanımıyla aşırı ısınmasına engel olabileceği düşünülmüştür. Güneş kırıcılar kış aylarında güneşin düşük açısı nedeniyle etkisiz hala gelmektedir. Elde edilen sonuçlar ile pencerelerin yerden başlamasına ve güneş kırıcıların kullanımına karar verilmiştir.



Şekil 5.46. Güneş kırıcılarının analiz sonucu.

Yapılan yeni analizle güneş kırıcılarının soğutma enerji tüketim değerinde hesaba katılmayacak kadar küçük bir değişiklik yaptığı saptanmıştır. Enerji tüketimi 7055kBTU/yr (2245.4 kWh/y)'den 7049 kBTU/yr (2243.5 kWh/y)'ye düşmüştür²⁰ (Şekil 5.46).

Bu aşamada, enerji tüketiminde hala ısıtmanın baskın olduğu saptanmış ve çatı penceresi iptal edilip yalıtımlı çatı yüzeyi oluşturularak analiz tekrarlanmıştır.



Şekil 5.47. Çatı penceresinin iptali.

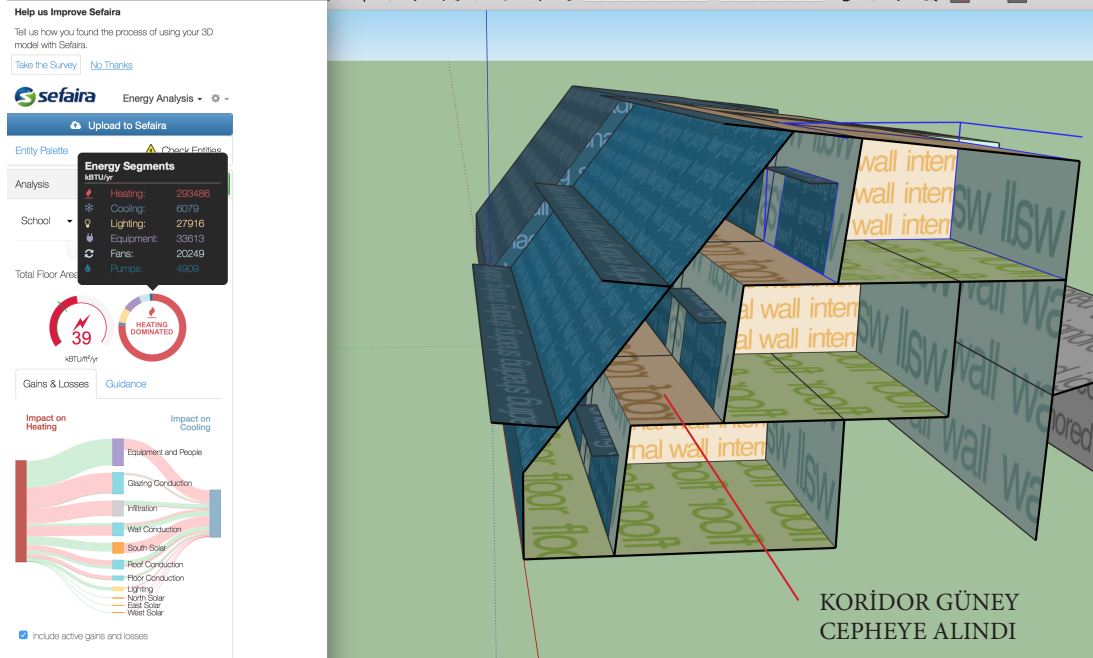
Elde edilen sonuç ise çatı penceresinin bir değişiklik yapmadığı yönündedir (Şekil 5.47).

Yapılan bu pencere çalışması sırasında enerji tüketimi 27 kBTU/ft2/yr (85.2 kWh/m²/y)'den 25 kBTU/ft2/yr (78.9 kWh/m²/y)'ye düşürülebilmıştır.

Hala ısıtma enerji giderinin baskın olduğu bu son tasarımın analizi neticesinde binanın boyutlarının daha kompakt hala getirilmesi planlanmış ve binanın kuzeyinde konumlanan koridor iptal edilip, güney cephedeki terasların ana sirkülasyon aracı olarak kullanıldığı yeni bir model oluşturulmuştur. Elde edilen sonuç bir önceki

²⁰ Sefaira programı her ne kadar iklim koşulları soğutma gerektirmese de binanın solar ısı ve içsel ısı kazanımından dolayı ısınacağını varsaymakta ve doğal havalandırma yapılmadığı durumda mekanik soğutmanın devreye gireceğini hesaba katarak soğutma için de enerji tüketimi göstermektedir.

tasarıma göre çok daha kötü durumdadır. Enerji tüketimi 39kBTU/ft2/yr (123 kWh/m²/y) olarak görülmektedir. Şekilde görülen güneş kırıcıların olmadığı bir diğer analizin daha kötü sonuç vermesi sebebiyle, güneş kırıcıların şimdilik tutulması öngörülmüştür (Şekil 5.48).



Şekil 5.48. Değiştirilmiş Sirkülasyon.

İkincil cephenin etkisinin karşılaştırılması için saydam yüzeylerin boyutu ve koridor olarak planlanan bu ara mekanın hacmi küçültülmüştür. Değiştirilen çift cephe tasarımı ile elde edilen sonuç değiştirilmeden önceki tasarıma göre daha iyi bir sonuç vermesine rağmen, hala daha önce ulaşılmış olan en iyi değerden kötü durumdadır (Şekil 5.49).

Tüm bu analizler sonucunda elde edilen bir diğer bulgu da şöyledir:

Binanın kütlesi küçüldükçe, birim alandaki enerji kullanımından bağımsız olarak, toplam enerji tüketiminde azalma sağlanmaktadır. Binada ihtiyacın üzerinde boş mekanlar yaratmak binanın enerji tüketimini gereksiz biçimde arttıracaktır. Bu noktada hedeflenen iki amaç şöyledir:

- 1- Bina birim alan için kullandığı enerjinin minimuma düşürülmesi.
- 2- Bina boyutlarının, toplam enerji tüketiminin azaltılması için kullanımı etkilemeyecek şekilde küçük tutulması.

Örneğin, 1000 m² lik bir binanın m² enerji tüketimi 10 birim olarak düşünülürse, toplam enerji tüketimi 10.000 birim olacaktır. Aynı işleve sahip bir başka tasarımın boyutunun 1500 m² olduğu ve m² enerjinin 10 birimden daha düşük 8 birim olduğu kabul edilirse m² bazında başarı sağlanmış olacak, ancak toplam enerji tüketimi 12.000 birime yükselecektir. Dolayısıyla 1000 m²'lik tasarımın m² enerji tüketiminin 8 birime düşürülmesi en verimli sonucu verecektir. Her ne kadar büyüklük göreceli bir kavram olsa da tasarımcı enerji verimliliğini en yüksek seviyeye çıkartmak için mekanın işlevselliği ve boyutu arasındaki dengeyi dikkatli bir şekilde kurmalıdır.

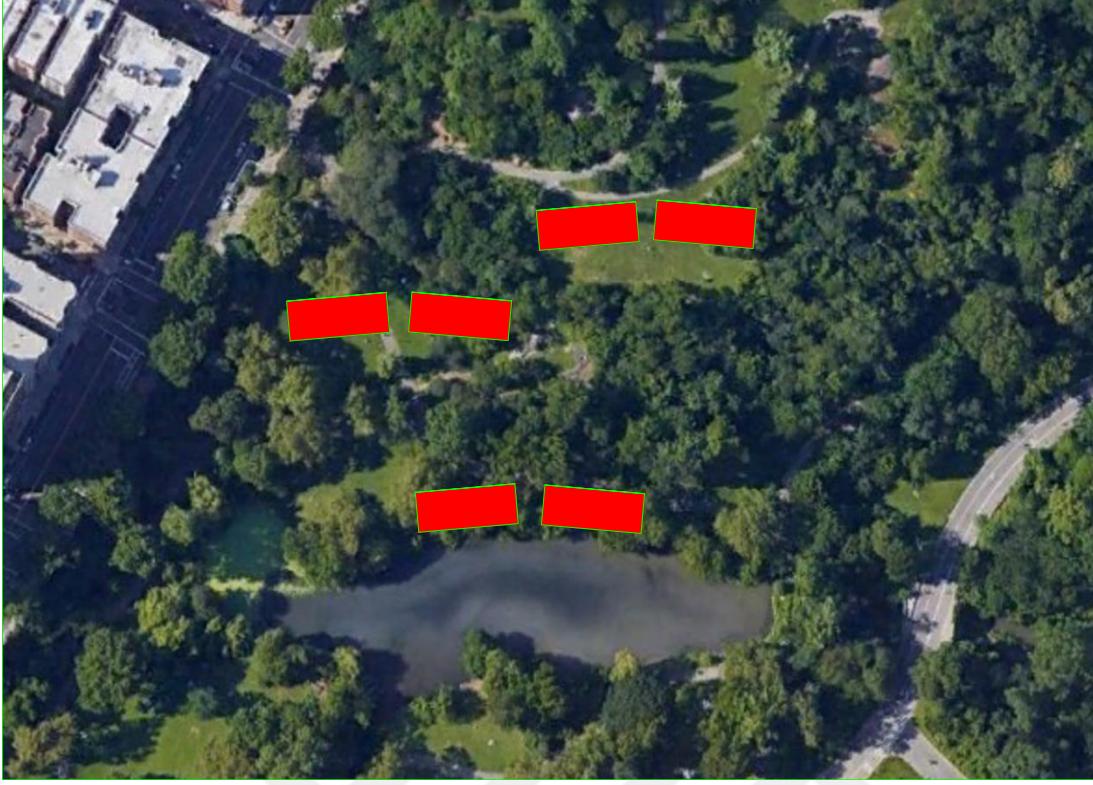
Bina kütlesinin yeniden gözden geçirilmesi sırasında elde edilen yönelimin etkisine ilişkin sonuçlar doğrultusunda, binaların arazi içindeki konumları da gözden geçirilmiştir.



Şekil 5.51. Binaların arazideki konumlarının ilk durumu.

Şekil 5.51’de görüldüğü üzere binalar, daha önce tam güneyden 25 derecelik bir açıdan fazla olarak konumlandırılmıştı. Ayrıca binaların ilk eskizlerinde bina cephe oranlarının birbirine yakın olduğu ve göreceli olarak doğu-batı aksındaki cephelerinin uzunluklarının kısa olduğu görülmektedir. Ayrıca bazı binaların güney cepheleri ağaçlara çok yakın konumlandırılmıştır, ki bu gölgelenmeden dolayı solar ısı kazanımı için dezavantaj yaratmaktadır.

Yeniden tasarlanan arazi yerleşiminde, Şekil 5.52’de görüleceği üzere, binalar tam güneye yönlendirilmiş ve yaptıkları açılar 15 derece ile sınırlı tutulmuştur. Binaların kütle oranları da solar ısı kazanımını yükseltmek için doğu-batı aksında genişletilerek güney cepheleri büyütülmüştür. Ön sırada olan iki bina, gölden yansıyacak olan güneş ışınlarının hem solar ısı kazancı hem de doğal aydınlatma için avantaj sağlayabileceği öngörüldüğünden, göle yakın yerleştirilmiştir. İkinci ve üçüncü sırada olan binalar ise arazideki mevcut açıklıkları önlerine alacak şekilde konumlandırılmış ve ağaçların gölgelerinden uzak tutulmaya çalışılmıştır. Yine özellikle kışın devamlı kar olduğu düşünülerek, bu meydanlarda biriken karın da güneş ışınlarını yansıtarak solar ısı kazanımı ve doğal aydınlatmaya pozitif etki edebileceği düşünülmüştür. Binalar, ağaçları arkalarına alarak kuzey rüzgarından korunaklı, güney rüzgarına karşı ise açık konuma gelmişlerdir. Böylece, kışın soğuk kuzey rüzgarından korunmak ve yazın ise doğal havalandırma için ideal pozisyon sağlanmıştır.



Şekil 5.52. Değiştirilmiş arazi yerleşim planı.

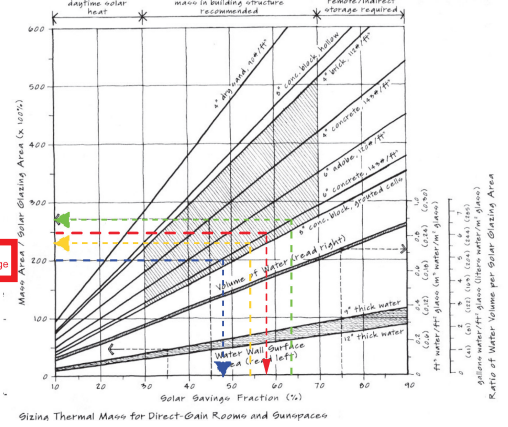
5.8 Pasif Isıtma Stratejilerinin Entegrasyonu

Pasif ısıtma tekniğinin kullanılmasında en etkin yapı bileşeni pencerelerdir. Basit fizik kurallarına göre, pencere boyutu ne kadar büyük olursa o kadar çok güneş ışığı içeri girer ve böylece pasif ısınma o kadar çok sağlanır diyebilmek için pencerelerden dışarıya doğru olan ısı kaybının sıfır olması gerekmektedir. Bu noktada pasif ısıtmanın en verimli şekilde sağlanabilmesi için pencere boyutlarının mekanın boyutları ile oranı önem kazanmaktadır. **Şekil 5.53'** teki grafik bu oranların değişik enlemlerde nasıl değiştiğini göstermektedir. Çalışmaya bu grafiklerdeki bilgiler kullanılarak devam edilmiştir.

	$A_{glazing}/A_{floor}$ ratio of solar glazing area to floor area						Approximate SSF RB (RB) % Night Insulation						$A_{glazing}/A_{floor}$ ratio of solar glazing area to floor area						Approximate SSF RB (RB) % Night Insulation					
	Low		High		No Night Insulation		Low		High		No Night Insulation		Low		High		Low		High		No Night Insulation			
	USA CITIES		USA CITIES		USA CITIES		USA CITIES		USA CITIES		USA CITIES		USA CITIES		USA CITIES		USA CITIES		USA CITIES		USA CITIES			
Phoenix	AZ, Little Rock	0.10	0.19	33	58	57	OR, Medford	0.12	0.24	21	32	38	60	OR, Salem	0.12	0.24	21	32	37	59				
	AZ, Phoenix	0.08	0.12	27	42	48	75	PA, Philadelphia	0.12	0.24	21	32	38	60	SC, Charleston	0.07	0.14	23	41	34	59			
	AZ, Winslow	0.12	0.24	30	47	48	74	TN, Knoxville	0.09	0.18	20	33	33	56	TX, Brownsville	0.03	0.06	27	46	32	57			
	CA, Fresno	0.09	0.17	29	46	41	65	TX, Fort Worth	0.09	0.17	25	44	38	64	TX, Houston	0.06	0.11	35	43	34	59			
	CA, Los Angeles	0.05	0.09	36	58	44	72	TX, Midland	0.09	0.18	32	52	44	72	UT, Salt Lake C.	0.13	0.26	27	39	48	72			
Boston	CA, Santa Maria	0.09	0.11	31	53	42	69	WA, Seattle	0.11	0.22	21	30	39	63	WY, Cheyenne	0.13	0.22	16	26	33	54			
	CO, Eagle	0.16	0.29	25	35	53	77	WI, Madison	0.20	0.40	45	17	51	74	WY, Rock Spr.	0.14	0.28	26	38	54	79			
	CT, Hartford	0.17	0.25	14	19	40	64																	
	DC, Washington	0.12	0.22	18	28	37	61																	
	FL, Jacksonville	0.05	0.09	27	47	35	62																	
NYC	IL, Miami	0.03	0.02	27	48	31	54																	
	ID, Boise	0.14	0.28	27	38	48	71																	
	IN, Indianapolis	0.14	0.28	15	18	21	37	48	60															
	IA, Sioux City	0.23	0.48	20	24	53	76																	
	KS, Dodge City	0.12	0.23	27	42	48	73																	
CANADA	LA, New Orleans	0.03	0.11	27	48	39	61																	
	ME, Caribou	0.25	0.50	NR	NR	53	74																	
	MN, Minneapolis	0.25	0.50	NR	NR	55	76																	
	MS, Jackson	0.08	0.15	24	40	34	59																	
	MO, St. Louis	0.15	0.29	21	33	41	65																	
	MT, Billings	0.16	0.32	24	31	53	76																	
	MT, Cut Bank	0.24	0.48	22	23	62	81																	
	NE, N. Platte	0.17	0.34	25	36	50	76																	
	NV, Elko	0.12	0.23	27	41	50	77																	
	NW, Lew. Yeggs	0.09	0.16	36	56	48	75																	
	NM, Tucuman	0.10	0.20	30	48	48	73																	
	NY, Buffalo	0.19	0.37	NR	NR	36	57																	

<

Passive Solar Glazing Area Design Recommendations



Şekil 5.53. Pasif Isıtma Pencere Alanı Öneri Tablosu (DeKAY & Brown, 2014)²¹.

En iyi performans gösteren en son tasarımda sınıfların pencere boyutları 10' (3,05 m) x 15' (4,57 m) = 150sqft idi. Sınıfımızın alanı 25' (7,62 m) x30' (9,14m) = 750 sqft (69.68m²) idi.

Bu durumda pencere alanının sınıf alanına oranı 150 sqft/750 sqft = 0.2'dir Bu değer Şekil 5.53' te solda görünen tabloya göre uygun aralığın dışında kalmaktadır. Şekil 5.53' teki tablo 0.25 ile 0.50 göstermektedir. Gerçekçi olursak sınıfın tüm yer yüzeyinin solar ısı kazanımı için kullanılamayacağı aşikardır. Sınıf içindeki mobilyalar ve öğrencilerin gölgesi sebebiyle alan hesabı yapılırken sınıf yüzeyinin yaklaşık yarısının hesaba katılması uygun görülmektedir. Bu durumda;

150 sqft (13,94 m²) /375 sqft (34,84 m²) / = 0.4 sonucunu verir ki bu da tabloya göre uygun aralıklardadır.

Sağdaki tabloya kullanarak değerlendirmeye devam ettiğimizde,

375 sqft (34.84m²) /150 sqft (13.94 m²) = 2.5 = 250% değerini vermektedir. Tabloya göre solar birikim katsayısı (Solar Savings Fraction- SSF) %58'e tekabül etmektedir (Kırmızı renkli ok ile gösterilmiştir.), ki bu birinci tablodaki %54-%72 aralığında bulunmakta ve uygun görünmektedir.

Çalışmaya ortalama pencere boyutunun hesaplanması ile devam edilmiştir.

Birinci tablodan minimum %54 ve maksimum %72'yi alıp ortalamasını hesaplırsak bize %63 SSF değerinin vermektedir. Bu da ikinci tablodaki %275'e denk

²¹ Soldaki tabloda 6" lik beton yüzey kullanılmıştır.

gelmektedir. (Yeşil renkli ok ile gösterilmiştir) Orantı kurulduğu zaman;

$375 \text{ sqft (34,84 m}^2) / x = \%275$ denklemi sonucunda, x yani pencere alanı $136.36 \text{ sqft (12.67 m}^2)$ olarak hesaplanır. Solar pencere alanının mekanın alanına olan oranını kontrol yapılan işlemde;

$136 \text{ sqft (12,63 m}^2) / 375 \text{ sqft (34,84 m}^2) = 0.36$ hesaplanmakta ve bu değer 0.25 ile 0.50 değerleri arasındadır.

Solar ısı kazanımı için ortalama olan bu pencere boyutunun doğal aydınlatma ele alındığı zaman büyütülmesi gerekebilir. Bu durumda tablolara göre kullanılabilecek maksimum pencere boyutunun hesaplanması yapılmıştır.

$x / 375 \text{ sqft (34,84 m}^2) = 0.5$ (birinci tabloda maksimum SSF değeri) denkleminde pencere boyutu $x = 187.5$ olarak hesaplanır.

$375 \text{ sqft (34,84 m}^2) / 187.5 = 2 = \%200$ dür. Tablodaki %200, SSF oranını %48 olarak vermektedir, ki bu birinci tabloda min. %54 olan gece yalıtım değerinin altında kalarak uygun olmamaktadır.

Bu durumda optimum pencere boyutunun hesaplanması şu şekilde yapılmıştır:

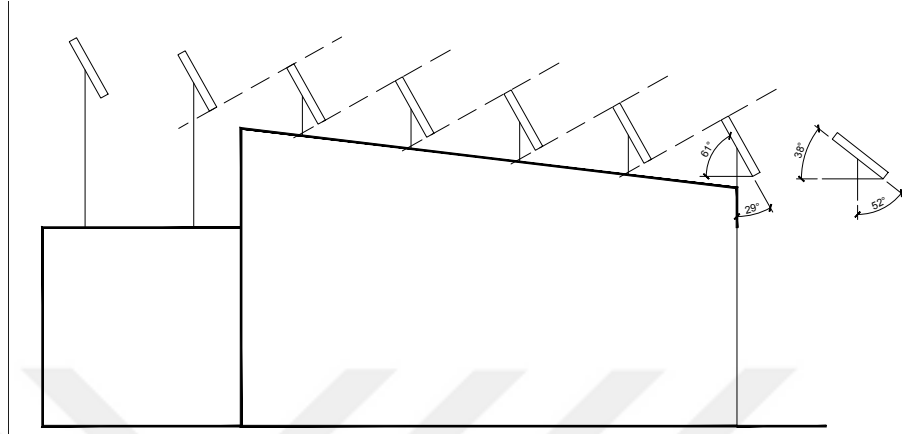
Birinci tablodan en düşük SSF gece yalıtım değeri %54 alınmıştır. Bundan daha küçük bir değer, ısı kaybının kabul edilir düzeyinde altında olmasına neden olacaktır. İkinci tabloda %54 bize %230'luk bir değer vermektedir. (Sarı ok ile gösterilmiştir) Bu veriler ile denklem kurulduğunda;

$375 \text{ sqft (34,84 m}^2) / x = 2,3$ ve sonuç olarak pencere alanı x değeri 163 sqft olarak hesaplanmıştır. Bu sonuca göre pencere boyutlarına örnek olarak 9' (2,74 m) 18' (5,49 m), 8' (2,49 m) x 20' (6,01 m) ya da 10' (3,05 m) x 16' (4,88 m) verilebilir.

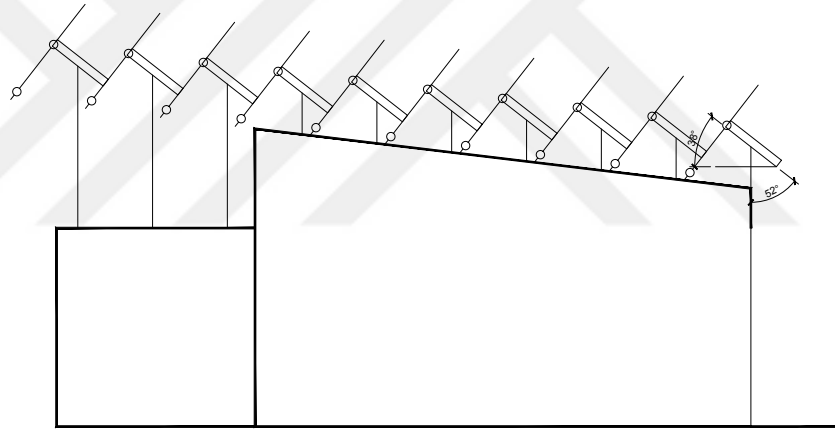
5.9 PV Panellerin Entegrasyonu

Bu başlık altında binanın çatısına entegre edilebilecek PV panellerin tasarımı, basit bir çalışmayla değerlendirilmiştir. Hesaplama aracı olarak National Renewable Energy Laboratory (NREL)'nin ücretsiz sunduğu online PVWatts Programı kullanılmıştır. (URL12, tarih yok) **Şekil 5.54**'te dört tasarım seçeneğine ait çizimler gösterilmektedir. Seçenek 1'de PV paneller 61 derecelik açı ile 21 Eylül ve 21 Mart tarihlerinde güneşin konumuna göre ideal pozisyonda yerleştirilmişlerdir. Seçenek 2'de 38 derecelik açı ile 21 Haziran tarihindeki güneşin konumuna göre ideal

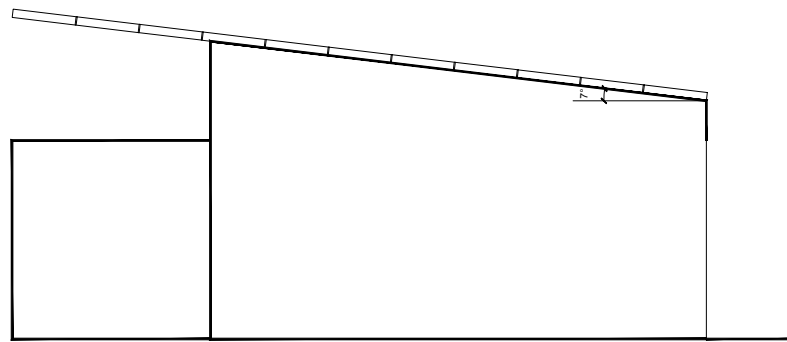
biçimde yerleştirilmişlerdir. Seçenek 3'te tamamen çatının mevcut tasarımıdaki biçimine göre yerleştirilmişlerdir ve 7 derecelik bir açı yapmaktadırlar. En fazla panel sayısına ulaşılan ve hiç gölgeleme olmayan seçenek budur. Seçenek 4'te ise açısı otomatik olarak değişen paneller önerilmiştir (Şekil 5.54).



Seçenek 1 ve 4



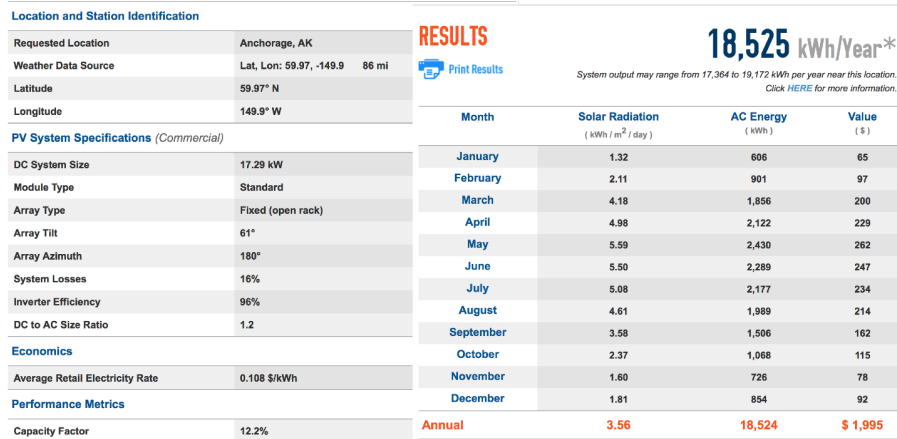
Seçenek 2



Seçenek 3

Şekil 5.54. PV Panel hesaplama çizimi ve bina çatı kesiti.

Yapılan analizler sonucunda;

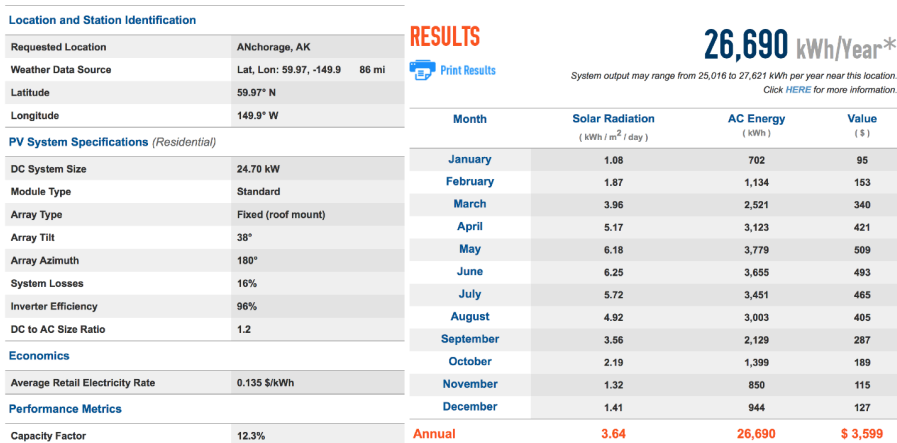


Şekil 5.55. Seçenek 1'e ait elektrik üretimi.

Hesaplama kullanılmak üzere 33” (0,84m) x 77” (1,96m) boyutunda, 1kw/m² enerji üretimi ve %16 enerji kaybı olan panel kullanılmıştır. NREL PVWatts Programı, kullanılan panellerin elektrik üretim değerlerini girmemizi istemektedir.

1. seçenekte gölgelendirme yapılmadan çatıya 56 panel yerleştirilmektedir. Her bir panel 1,93m²'dir ve 56 panel toplamda 108.08m²'lik bir yüzey sağlamaktadır. Buradan;

DC sistem boyutu = 108.08 (PV alanı) x 1kw/m² x %16 = 17,29 KW olarak hesaplanıp programa girilmiştir. Elde edilen sonuç 18,525 kWh/y'dir (Şekil 5.55).



Şekil 5.56. Seçenek 2'ye ait elektrik üretimi.

2. seçenekte gölgelendirme yapılmadan toplam 80 panel yerleştirilebilmiştir.

80 panel = 154.4 m² ve 154.4 m² x 1kw/m² x %16 = 24.70 KW olarak hesaplanıp programa girilmiştir. Elde edilen sonuç 26,690 kWh/y'dir (Şekil 5.56).

Location and Station Identification

Requested Location	ANchorage, AK		
Weather Data Source	Lat, Lon: 59.97, -149.9	86 mi	
Latitude	59.97° N		
Longitude	149.9° W		

PV System Specifications (Residential)

DC System Size	27.17 kW
Module Type	Standard
Array Type	Fixed (roof mount)
Array Tilt	7°
Array Azimuth	180°
System Losses	16%
Inverter Efficiency	96%
DC to AC Size Ratio	1.2

Economics

Average Retail Electricity Rate	0.135 \$/kWh
---------------------------------	--------------

Performance Metrics

Capacity Factor	10.4%
-----------------	-------

RESULTS

 Print Results

System output may range from 23,110 to 25,516 kWh per year near this location.
[Click HERE](#) for more information.

Month	Solar Radiation (kWh / m ² / day)	AC Energy (kWh)	Value (\$)
January	0.53	334	45
February	1.18	751	101
March	2.86	1,998	269
April	4.45	2,994	404
May	5.89	3,996	539
June	6.25	4,057	547
July	5.66	3,788	511
August	4.47	3,025	408
September	2.89	1,804	257
October	1.52	1,047	141
November	0.66	422	57
December	0.56	340	46
Annual	3.08	24,656	\$ 3,325

Şekil 5.57. Seçenek 3'e ait elektrik üretimi.

3.seçenekte yıl boyunca gölgelendirme olmayacak şekilde toplam 88 panel yerleştirilebilmiştir.

88 panel = 169,84m² ve 169.84 m² x 1kw/m² x 16%= 27.17kW olarak hesaplanıp programa girilmiştir. Elde edilen sonuç 24,656 kWh/y'dir (Şekil 5.57). Burada, DC sistem boyutu 2. seçenekten daha yüksek olsa da, toplam enerji üretimi panellerin tam verim sağlayacak şekilde yerleştirilmemesinden dolayı daha düşük olarak hesaplanmıştır.

Location and Station Identification

Requested Location	ANchorage, AK		
Weather Data Source	Lat, Lon: 59.97, -149.9	86 mi	
Latitude	59.97° N		
Longitude	149.9° W		

PV System Specifications (Residential)

DC System Size	17.29 kW
Module Type	Standard
Array Type	2-Axis Tracking
Array Tilt	0°
Array Azimuth	180°
System Losses	16%
Inverter Efficiency	96%
DC to AC Size Ratio	1.2

Economics

Average Retail Electricity Rate	0.135 \$/kWh
---------------------------------	--------------

Performance Metrics

Capacity Factor	16.6%
-----------------	-------

RESULTS

25,076 kWh/Year*

System output may range from 23,200 to 26,719 kWh per year near this location.
Click [HERE](#) for more information.

Month	Solar Radiation (kWh / m ² / day)	AC Energy (kWh)	Value (\$)
January	1.47	671	90
February	2.38	1,010	136
March	5.30	2,336	315
April	6.61	2,807	378
May	8.24	3,559	480
June	8.89	3,683	497
July	7.91	3,376	455
August	6.38	2,743	370
September	4.51	1,895	255
October	2.76	1,239	167
November	1.81	815	110
December	2.00	941	127
Annual	4.86	25,075	\$ 3,380

Şekil 5.58. Seçenek 4'e ait elektrik üretimi.

4. seçenekte iki akslı otomatik panel kullanılmıştır. Paneller, yıl boyunca otomatik olarak açısını değiştirecek en uygun konuma sabitlenmektedir. Paneller, verimlerinin yüksek olması için 21 Mart ve 21 Eylül tarihlerinde gölgeleme olmayacak şekilde yerleştirilmiştir. Dolayısıyla 1. seçenekte aynı sayıda panel kullanılmıştır.

56 panel = 108.08m² 108.08 x 1kw/m² x 16%= 17.29 KW olarak hesaplanıp programa girilmiştir. Elde edilen sonuç 25,076 kWh/y'dir (Şekil 5.58).

Seçenek	Panel Sayısı	DC Sistem Boyutu	Enerji Üretimi
1	56 Sabit PV	17.29KW	18,525kWh/year
2	80 Sabit PV	24.70KW	26,690kWh/year
3	88 Sabit PV	27.17KW	24,656kWh/year
4	56 2-Akslı PV	17.29KW	25,076kWh/year.

Tablo 5.3. Elektrik üretimlerinin karşılaştırılması.

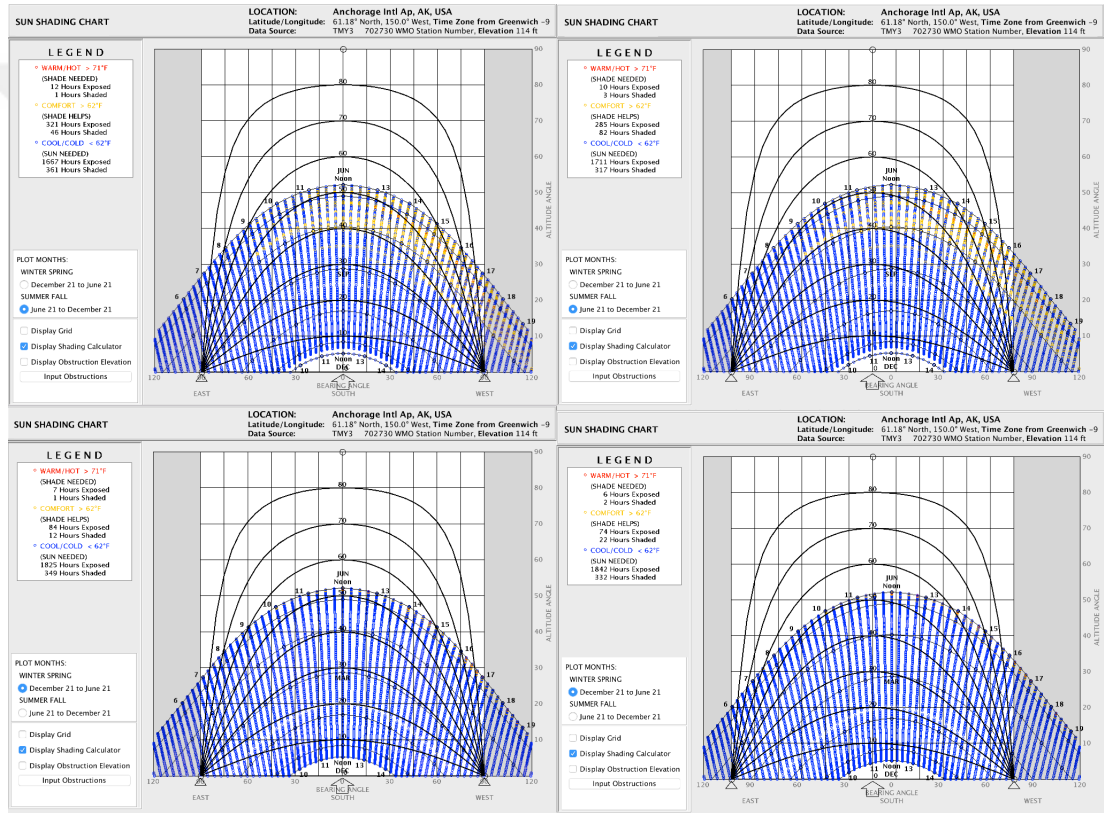
Tablo 5.3'teki sonuçlar değerlendirildiğinde en az panel sayısı ile en fazla enerji üretiminin 4. seçenekte sağlandığı görülmektedir. 2. seçenek elektrik üretimi bakımından ikinci sırada yer almakta, ancak bu durumda panel sayısı 80'e yükselmektedir.

Toplam elektrik üretimi bakımından üçüncü sırada olan 3. Seçenek, en verimsiz seçenek olarak görünmektedir.

Bu noktada PV panellerinin ilk yatırım ve bakım masrafları ve ayrıca bina estetik tasarımına etkisi göz önünde bulundurulması gereken unsurlardır. 4. seçenek en verimli çalışan sistem olmasına rağmen PV panellerinin hareketli olması ilk yatırım ve bakım maliyetlerini arttırabilecek bir etkidir. 3. Seçenek ise en az verimle çalışan sistem olmasına karşın estetik bakımdan en uygun seçenek olarak görülebilir. Ancak panellerin 3. seçenekteki gibi düşük eğimle yerleştirilmesi kir birikimini ve kar toplanmasını arttırmakta ve verimin düşmesine sebep olmaktadır. Bu sebeple kullanımlarına dikkat edilmelidir. Örneğin Seattle'da bulunan Bullitt Center'ın PV panelleri düşük eğimle yerleştirilmiştir. Seattle'ın iklim koşullarına bakıldığında yıllık kar yağışının olmadığı ve yağmur yağış ortalamasının ise yıllık 147 gün olduğu görülmektedir (URL13, tarih yok) Kar yağışının olmayışı yatay paneller üzerinde kar birikme olasılığını ortadan kaldırırken, yılın neredeyse yarısında yağmur yağması paneller üzerinde biriken toz ve kirin yağmur vasıtasıyla temizlenmesini sağlamaktadır.

5.10 Pasif Soğutma ve Havalandırma Stratejilerinin Entegrasyonu

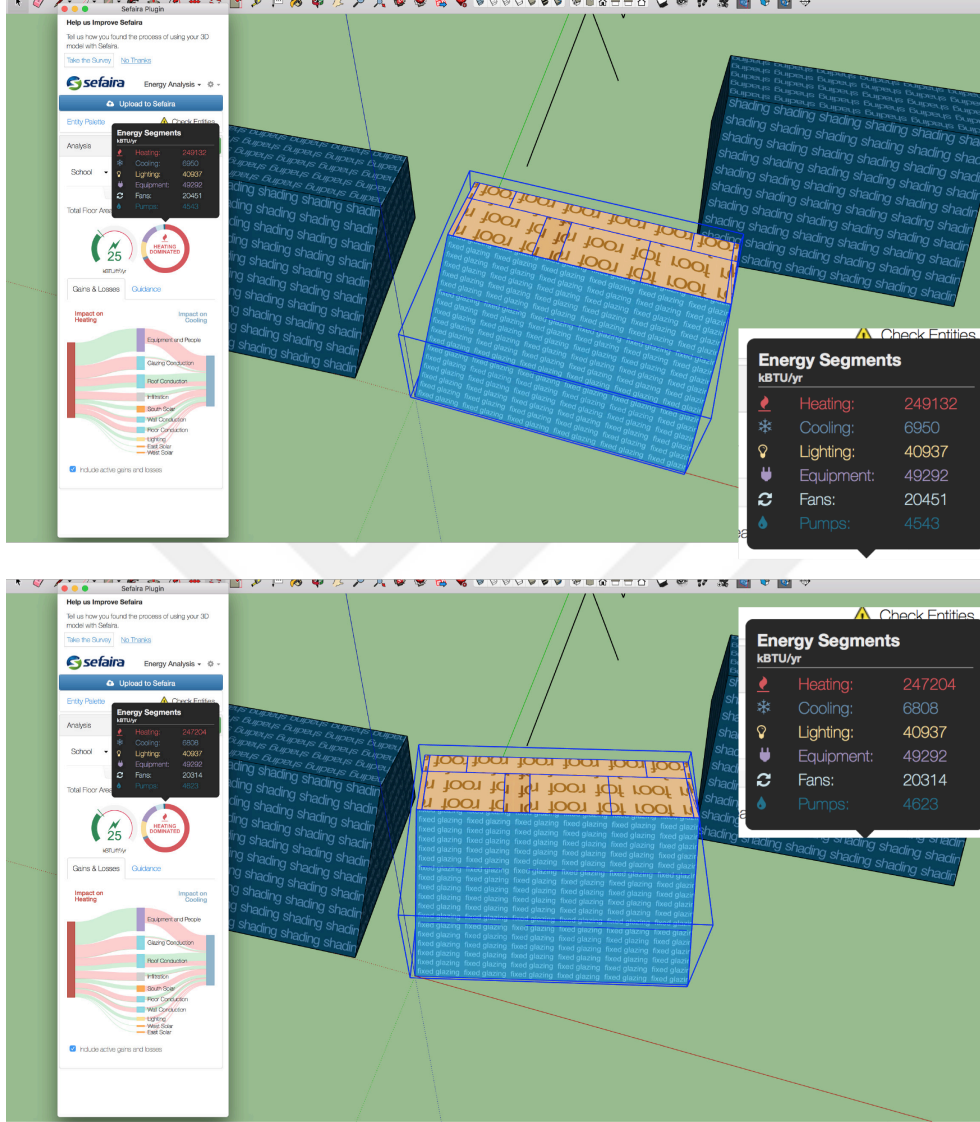
Her ne kadar Anchorage iklim koşulları binanın soğutulmasını gerektirmese de daha önceden de saptandığı üzere, içsel ısı kazanımı neticesinde yılın belli zamanlarında iç mekanın konfor seviyesi düşmekte ve mekanın serinletilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Pasif soğutma ve havalandırma sistemleri ile bu ihtiyacın giderilmesi mümkün olarak görülmüştür. Pasif soğutma ve havalandırma sistemlerinin tasarımında, yapının yıl boyunca güneşlenme gün sayısı ve gölgelenme ihtiyaçları göz önünde bulundurulmalıdır. CC ile yapılan analiz yapının yıl boyunca ne kadar süreliğine gölgelendirmeye ihtiyaç duyduğunu göstermektedir.



Şekil 5.59. Yapının yıllık gölgelenme ihtiyaçlarını gösteren grafikler.

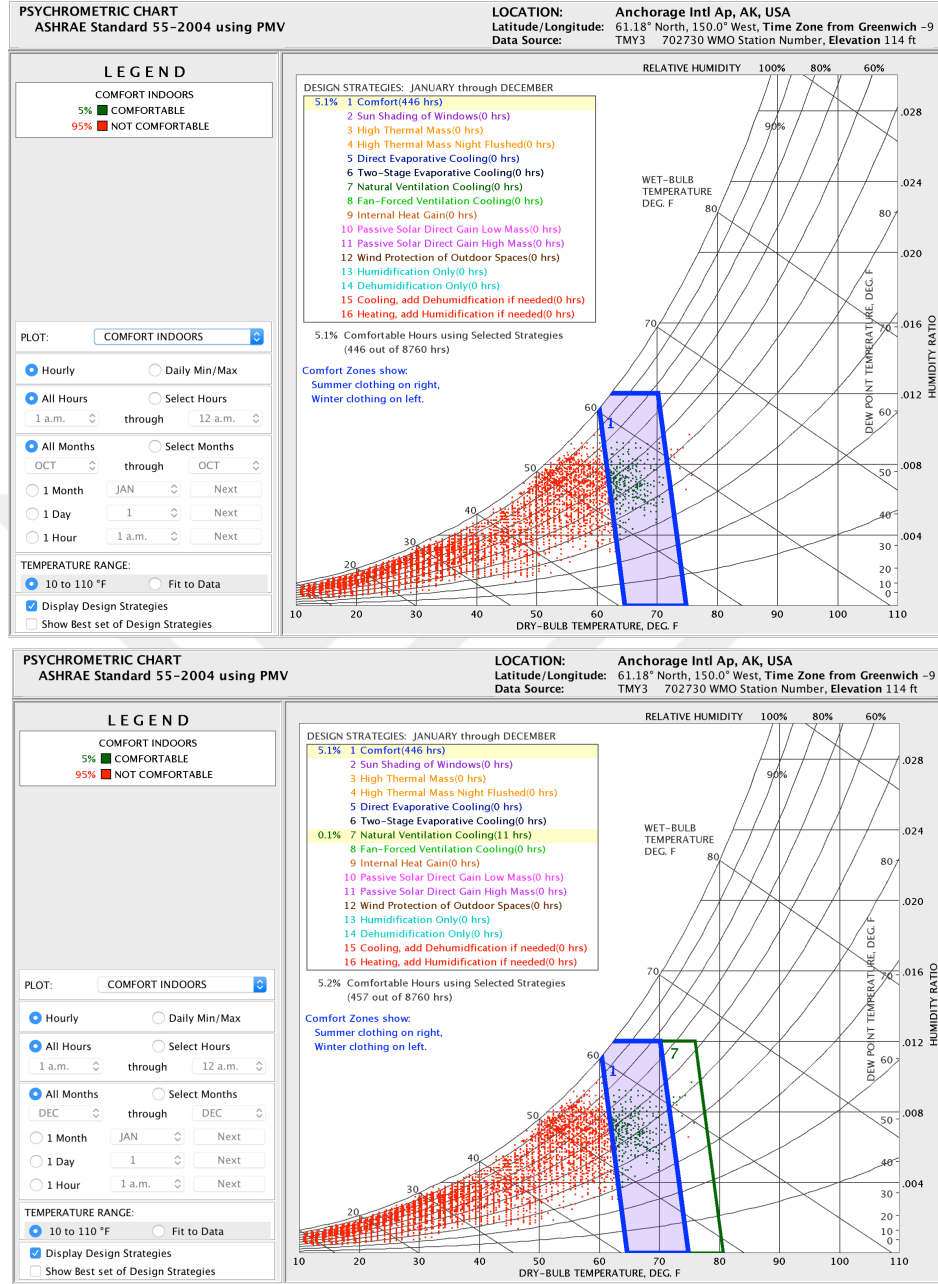
Şekil 5.59’da sol üstte olan grafik, binanın tam güneye yönelmiş durumda yazın 12 saat gölgelenmeye ihtiyacı olduğunu göstermektedir. Sol alt köşedeki grafik ise kışın 1.825 saat binanın güneş ışınlarına maruz kaldığını göstermektedir. Sağ üst grafikte bina 15 derece doğuya döndürüldüğünde yazın gölgelenme süresinin 12 saatten 2 saate düştüğü ve kışın güneşlenme süresinin 17 saat artarak 1.842 saate yükseldiği görülmüştür. Burada binanın sadece yönünün hafif bir biçimde değiştirilmesiyle pasif soğutma sağlanmakta ve mekanik sistemlere daha az ihtiyaç duyulmaktadır.

Binanın bu yönelimi, Sefaira Programı'nda analiz edildiğinde, toplam enerji tüketiminin segmentler bazında düştüğü gözlemlenmiştir (Şekil 5.60). Ancak birim alan enerji tüketimde bir değişiklik yaşanmamıştır.



Şekil 5.60. Gerçek Güney ve 15 Derece Doğu Yönelim

Pasif soğutma tasarımı için veri alınabilecek bir diğer grafik ise Psikrometrik diyagramdır.

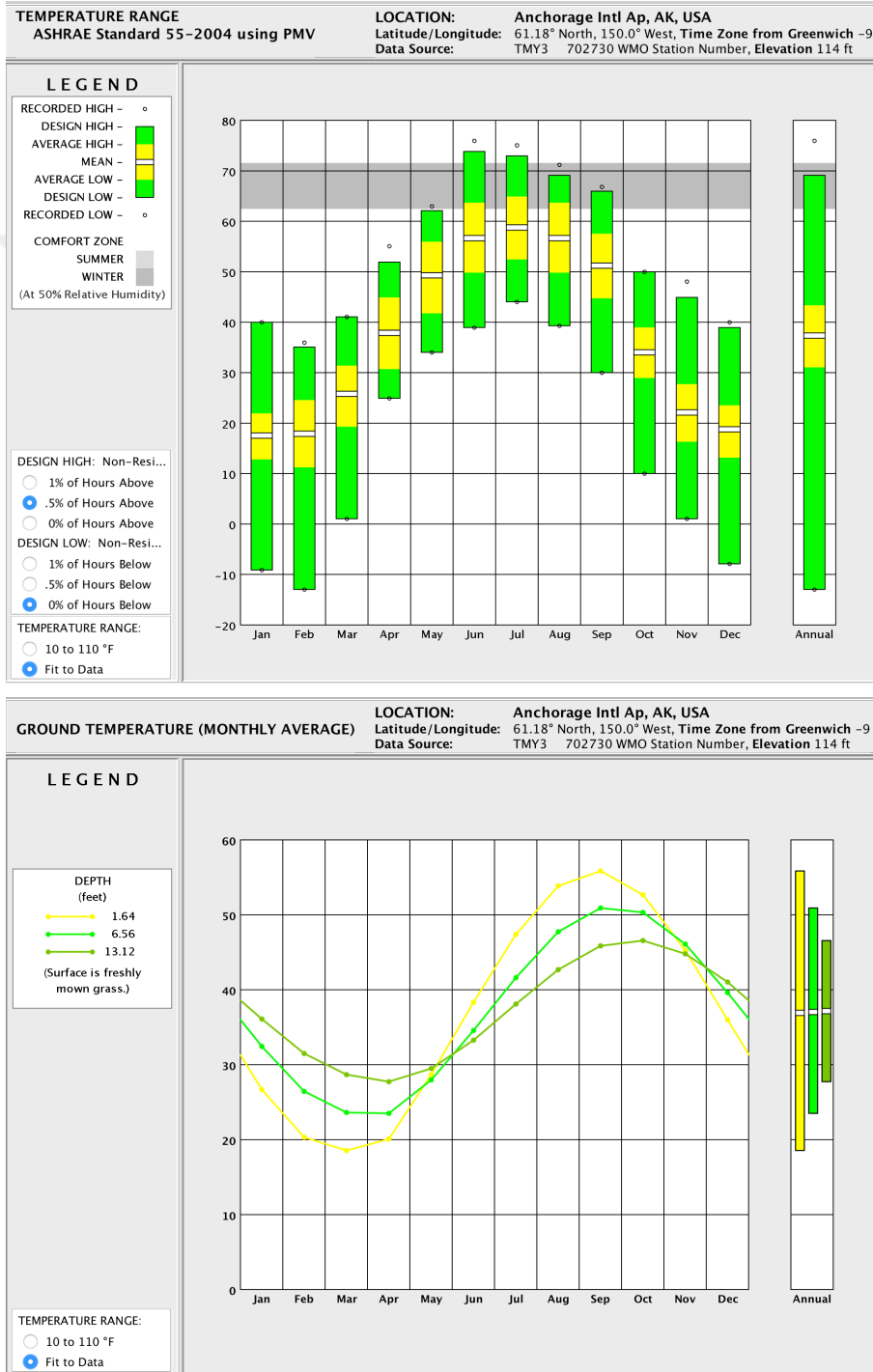


Şekil 5.61. Doğal havalandırmanın etkisinin psikrometrik diyagramda tespiti.

Şekil 5.61’de görülen üstteki grafik binanın yıl boyunca 446 saat konfor alanı içinde olduğunu ve alttaki grafik doğal havalandırma sistemleriyle bu sayının 11 saat yükseldiğini göstermektedir. Bu, az önce yapılan güneş gölgeleme analizinde görülen ve yaz ayları için 10-12 saat olarak verilen gölgeleme ihtiyacını ortadan kaldıracabilecek bir durum olarak düşünülmektedir. Doğal havalandırma sadece binanın serinletilmesi için değil, bina içine temiz hava sağlamak için de kullanılan

bir yöntemdir. 446 saat olan yıllık konfor alanı süresince doğal havalandırmayla bina iç mekan hava kalitesinin yükseltilebileceği öngörülmüştür.

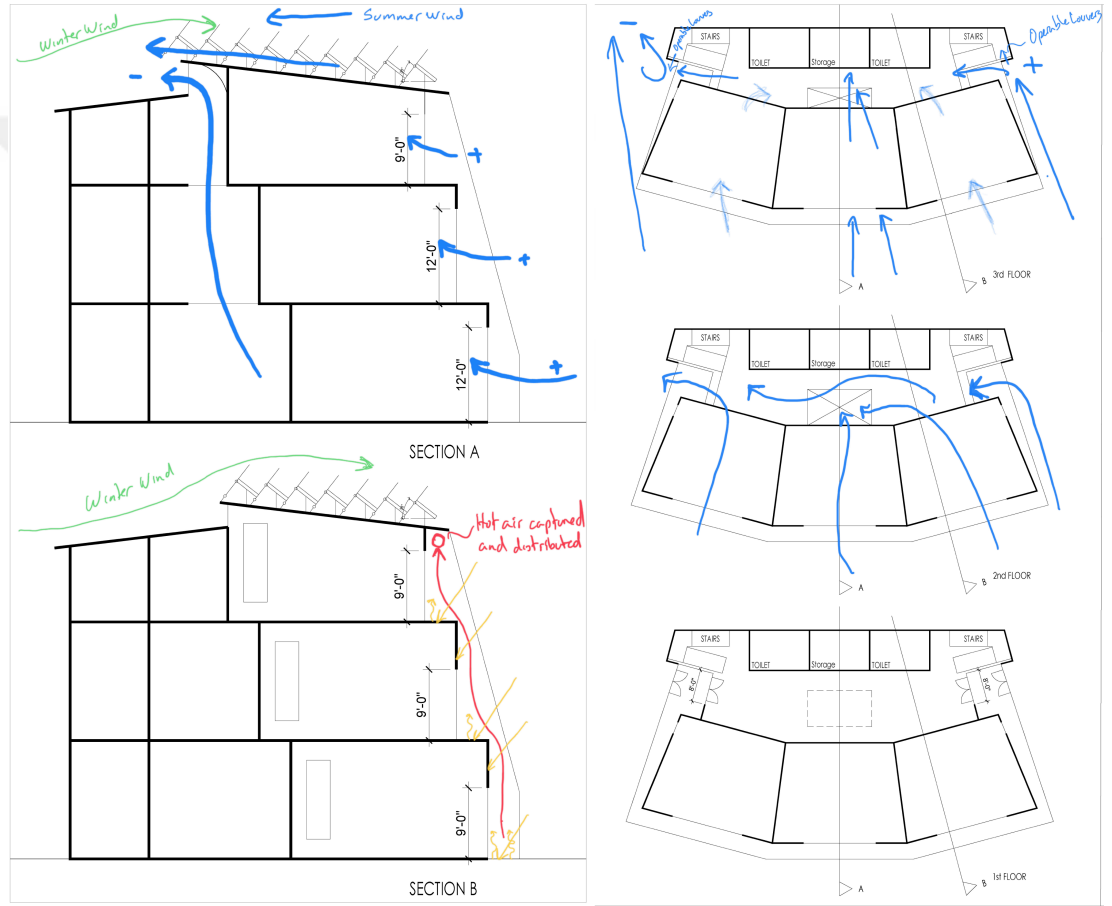
Doğal serinletme ya da havalandırma açısından kullanılabilecek bir diğer veri ise bölgenin toprak ısı değerinin yıllık ortalamasıdır. Yaz aylarında toprağın havadan daha düşük olan sıcaklığı, birçok bölgede doğal havalandırmaya yardımcı olarak kullanılabilmektedir.



Şekil 5.62. CC verilerine göre yıllık toprak sıcaklık değerleri.

Anchorage iklim koşullarında bu yöntem doğal serinletme için uygun ya da gerekli değildir. Ancak grafikte Eylül ve Aralık aylarında toprak sıcaklığının hava sıcaklığından yüksek olduğu saptanmıştır. Bu durumun kış aylarında, temiz hava alımlarında havanın ısıtılması için mekanik sistemlerin kullanılabileceği ve böylece ısıtma enerji tüketimini düşürebileceği düşünülmüştür. Ancak bu yöntemin elverişliliği ve ekonomik katkısı ileri seviye hesaplamalar gerektirmektedir.

Bu aşamaya kadar elde edilen verilerle binanın plan şemasında değişiklik yapılmaya karar verilmiştir.



Şekil 5.63. Tasarımı değiştirilen binanın kesit ve plan şeması ve doğal havalandırma stratejileri.

Binanın değiştirilen tasarımında doğal havalandırma stratejilerinin yanında etki eden diğer temel düşünceler şöyle özetlenebilir;

- Yeni oluşturulan plan şemasında giriş katta sirkülasyon alanı geniş tutulmuş ve lobi alanı olarak değerlendirilmiştir. Üst katlara çıkıldıkça daraltılan

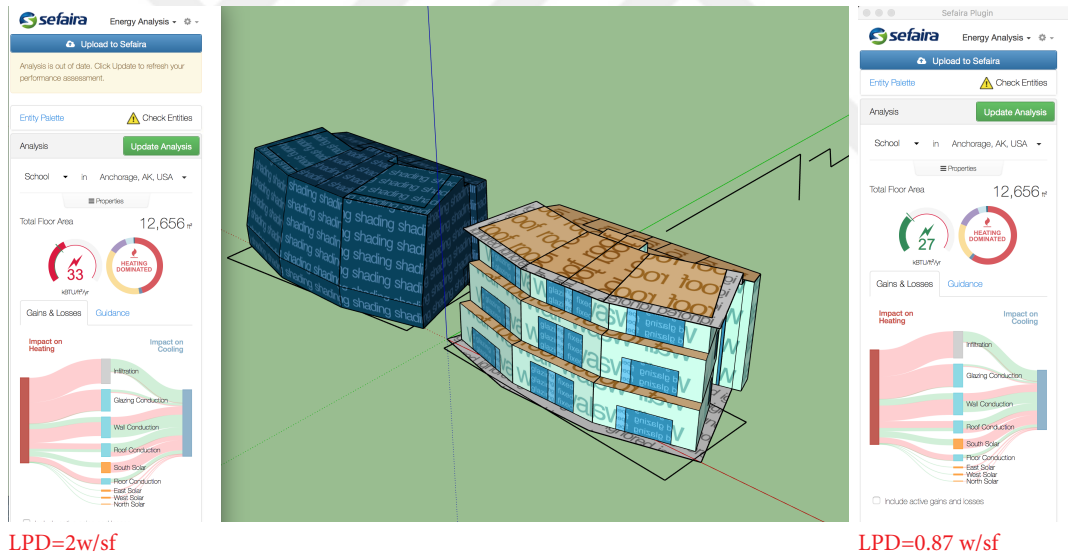
koridorlar sayesinde sınıflar birbirleri üzerinde kaydırılarak önlerinde teraslar oluşturulmuştur.

- Binanın güney cephesi kırılarak sınıfların tam güneşe 15 derecelik açı yapması sağlanmıştır. Bu şekilde güney cepheden solar ısı kazanımı arttırılmaya çalışılmıştır. Güney cephesi uzatılırken arkaya doğru daralan bina, kuzey cephede küçülmeye sebep olmuş ve böylece hakim kuzey rüzgarının etkisi azaltılmaya çalışılmıştır.
- Daha önce elde edilen bulgulara göre, yaz aylarında hakim rüzgar güney-güneydoğu yönünden esmektedir. **Şekil 5.63**'te, sağ üst plan şemasında görüleceği üzere, rüzgarın binanın doğu girişinde pozitif ve batı girişinde negatif basınç oluşturabileceği öngörülmüştür. Doğal havalandırma için farklı noktalarda oluşturulan basınç farklılıkları, hava sirkülasyonunun sağlanması açısından önemlidir. Bu şekilde binanın içine doğudan giren havanın batı cephesinden çıkacağı varsayılmıştır.
- Binanın ortasında oluşturulan açıklık ve tepe penceresinin hem doğal aydınlatma hem de doğal havalandırma için kullanılması planlanmıştır. **Şekil 5.63**'te sol üst köşede görülen kesitte güneyden esen rüzgarın çatı üzerinden geçerken kuzey penceresi üzerinde negatif basınç oluşturacağı ve bina içinde hava sirkülasyonu sağlamak için kullanılabileceği düşünülmüştür. Kuzeye yönelmiş bu pencerenin kış aylarında kuzey rüzgarından en az biçimde etkilenecek boyutta ve performans özellikleri yüksek olacak şekilde seçilmesi gerekmektedir.
- Bina çatısı üzerinde yapılan kırılmayla, kuzey rüzgarının bina yüzeyine çarparak yükselmesi ve PV panellerinin üzerinden akımı sağlanmıştır. Bu şekilde PV panelleri rüzgarın dondurucu ve yıpratıcı etkisinden bir miktar korunabilmiştir.
- Çift cidarlı cephenin kullanımına devam edilmiş ve iklimlendirilmeyen mekan olarak tasarıma dahil edilmiştir. Güney cephede ikincil cephe ile birincil cephe arasında solar ısı kazanımı neticesinde ısınan havanın yükseleceği ve üst seviyede toplanan sıcak havanın binanın içine mekanik sistemler yardımıyla dağıtımının yapılabileceği tasarıma dahil edilmiştir. **Şekil 5.63**'te sol alt köşede bulunan kesitte grafiksel bir biçimde tasarım düşüncesi gösterilmiştir.
- Binanın doğu ve batısına giriş kapıları yerleştirilmiş ve merdivenler kuzey

rüzgarını kesecek ve bu girişleri koruyacak şekilde yerleştirilmiştir.

- Servis mekanları kuzeyde tutulmuş ve kuzey soğuşuna karşı tampon mekan görevlerini sürdürmektedirler.
- Merdivenlere pencereler açılarak doğal aydınlatma çalışması için ön tasarım oluşturulmuştur. Ayrıca merdivenlerin kullanıcı için daha keyifli olması sağlanmış, doğa ile ilişki kurulmaya çalışılmıştır.
- Sınıfların pencere boyutları daha önceki çalışmada elde edilen solar ısı kazanım değerlerine göre şekillendirilmiştir. Pencereler yüksek olmadıklarından doğal aydınlatmanın daha verimli olması için, doğu ve batı cephelerine bant pencereler konumlandırılmış orta da kalan sınıfın ise güney penceresi diğerlerine göre daha büyük tutulmuştur. Bir sonraki bölümde doğal aydınlatma ile ilgili detaylı analizler yapılmıştır.

5.11 Doğal ve Yapay Aydınlatma Stratejileri



Şekil 5.64. Sefaira Programı'nda birim alanda kullanılan farklı aydınlatma değerlerinin analiz sonucu.

Sefaira Programı, aydınlatma için standart kabul edilen aydınlatma güç yoğunluğu LPD (Lighting Power Density) değerini kullanmaktadır. Program baz değer olarak 2w/sqft kullanmaktadır. Yeni bina tasarımının analizi ilk olarak bu baz değerle yapılmıştır. Daha sonra, okullar için ASHRAE 2013 Standartı'nın (URL14, tarih yok) zorunlu tuttuğu LPD değeri 0.87w/sqft kullanılarak yeni bir hesaplama yapılmış ve enerji tüketiminin 33kBTU/ft2/yr' den 27kBTU/ft2/yr' ye düştüğü görülmüştür

(Şekil 5.64).

LPD değeri 0.87W/sqft olarak verildiği takdirde;

750sqft(69.68 m²)'lik sınıf için maksimum enerji kullanımı 750sqft x 0.87W/sqft = 652.5W olmalıdır. Örneğin 2' (0.61 m) x4' (1.22 m)lik 48Watt'lık basit bir LED aydınlatma elemanı²² tercih edilip, bundan 12 adet kullanılırsa aydınlatmanın %100 açık olduğu zamanlarda 12x48W= 576W enerji kullanımı ortaya çıkar, ki bu ASHRAE standardının altında bir değerdir. Ayrıca 6240 Lümen (adet başına) x 12 adet= 74880 Lümen aydınlatma sağlayacaktır. Bu noktada sınıfın yapay aydınlatma kullanımını azaltmak ve LPD değerini düşürmek için doğal aydınlatma stratejileri, pencere boyutlarının ve yerinin analizi ile çalışmaya devam edilmiştir.

Pencere boyutlarının hesaplanmasında çevre binaların etkisi de olmaktadır. Çevre binaların etkisinin hesaplanması için DeKAY & Brown'un (2104) kitabından alınan grafik kullanılmıştır. Grafiğin kullanılabilmesi için öncelikle binaların birbiriyle ilişkisi belirlenmiştir.

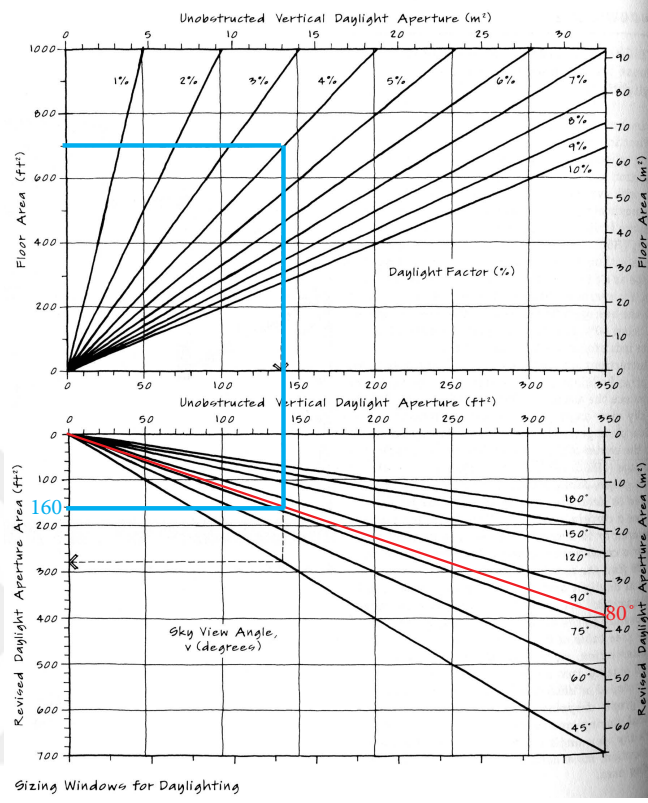


Şekil 5.65. Okul binalarının birbiriyle ilişkisi ve ışık bloke açıları (Vardar, Ekim, 2018).

Binalar arazideki eğim nedeniyle birbirlerini daha az gölgelemektedirler. Şekil 5.66' daki tablonun kullanılabilmesi için, analiz edilen binaya gelen gün ışığının açısı gerekmektedir. Bu sebeple öndeki binanın en üst noktasından analiz edilen binadaki pencerenin en üst noktasına bir ışın çizgisi çizilmiş ve bu ışının yere dik olan çizgiyle açısı belirlenmiştir. Zemin katta 80,90 derece, 1.katta 86,02 derece, 2. Katta 89,99 derece elde edilmişti (Şekil 5.65). Daha sonra bu açılar tabloda kullanılarak 80-90 derece arasında ve 140 sqft (13.01 m²) ile 160 sqft (14.86 m²) arasında pencere boyutuna gereksinim olduğu saptanmıştır. Açının büyüklüğü pencerenin büyüklüğü

²² Premium 2ft. x 4ft. Flat Panel LED - 48 Watt - Dimmable - 6240 Lumens Shenzhen Dimi Lighting Co. LTD- DM-P72448W-40K-ZZ | DM-P72448W-50K-ZZ

ile ters orantılı olarak çalışmaktadır. Bu değerler minimum değerler olup daha büyük pencere boyutları da kullanılabilir.



Şekil 5.66. Günlüğü kullanımı için pencere boyutlandırması.

Doğal aydınlatma açısından bir diğer önemli etken ise pencere camının geçirgenliğidir.

Pencerenin performans hesaplaması için Efficient Windows Collaborative (EWC) tarafından temin edilen ücretsiz internet tabanlı bir analiz programı kullanılmıştır.

WINDOWS for high-performance commercial buildings

Facade Design Tool | Performance | Design | Window Technologies | Case Studies | Tools & Resources

REFINE & EXPLORE: DEFINE ZONE DESIGN PARAMETERS | Facade Design Tool Home | Fargo, North Dakota | School | South

Set the design parameters from the choices below to compare design options and performance. At least one item from each parameter must be selected. Multiple items from each parameter can be selected.

THE BUILDING

Window Area

10% 20% 30% 40% 50% 60%

Building Projections

None 2' Overhang 4' Overhang

LIGHT & SHADE

Lighting Controls

None Continuous Dimming

Shading

None Interior Blinds Exterior Blinds

GLAZING SYSTEM

Window

Panes/Layers: Single, Double, Triple, Select All

Glass: Clear, Low-E, Tint, Reflective, Film, Select All

Solar Heat Gain: Low, Moderate, High, Select All

Visible Transmittance: Low, Moderate, High, Select All

Previous Get Results

Copyright © 2011-2018 Efficient Windows Collaborative. All rights reserved.

Şekil 5.67. Pencere Analizi (URL15, tarih yok).

Analizde, program Alaska iklim koşullarını barındırmadığından en yakın iklim koşulunda bulunan Fargo kullanılmıştır. **Şekil 5.67'** de görüleceği üzere programda pencere boyutu %50' dir, güneş kırıcı yoktur, aydınlatma kontrollü devamlı dimmer olarak seçilmiş, gölgelik içeride olarak belirlenmiştir. Pencere sistemlerinde, tüm cam çeşitlerinin değerlendirmeye alınabilmesi için tüm seçenekler seçilmiştir. Sonuç olarak program bize **Şekil 5.68'** de görüldüğü üzere 12 değişik tipte cam seçeneği oluşturmuştur. Enerji performansına göre sıralanan bu listede "I" cam tipi enerji performansı bakımından en iyi seviyededir; U-değeri 0.13'tür.

E ZONE RESULTS

Facade Design Tool Home | Fargo, North Dakota | School | South

Summary		Energy		Peak		Carbon		Daylight		Glare		Comfort		
The Building		Glazing System					Light & Shade			Annual Energy Use (kBtu/sf-yr)				
WWR	Building Projections	Glass	Panes	U-factor	SHGC	VT	Lighting Controls		Shades	kBtu/sf-yr				
50	None	I	3	0.13	0.32	0.6	Continuous		IntVB	123.38				
50	None	J	3	0.12	0.21	0.34	Continuous		IntVB	123.54				
50	None	H	2	0.24	0.27	0.64	Continuous		IntVB	125.52				
50	None	G	2	0.24	0.38	0.7	Continuous		IntVB	129.07				
50	None	E	2	0.24	0.29	0.52	Continuous		IntVB	131.59				
50	None	F	2	0.25	0.24	0.37	Continuous		IntVB	131.64				
50	None	D	2	0.44	0.18	0.1	Continuous		IntVB	150.24				
50	None	B	2	0.47	0.7	0.79	Continuous		IntVB	150.34				
50	None	C	2	0.47	0.5	0.48	Continuous		IntVB	151.96				
50	None	L	2	0.47	0.55	0.54	Continuous		IntVB	163.45				
50	None	A	1	1.03	0.82	0.88	Continuous		IntVB	189.22				
50	None	K	1	0.99	0.48	0.6	Continuous		IntVB	192.14				
											0100200300400500			

Pages (25 results per page): 1

Total Matching Records: 12

Şekil 5.68. Enerji Performansına Göre Sıralanmış Pencere Seçenekleri.

Camları günışığı geçirgenlik performansına göre sıraladığımızda en iyi performansı "A" cam tipinin gösterdiği görülmüştür. Ancak bu cam tipinin U-değeri 1.03'tür ve çok yüksek bir değerdedir. Güneş geçirgenliği camın ışık geçirgenlik (Visible Transmittance-VT)²³ değeri ile orantılıdır. VT değeri ne kadar yüksekse, ışık geçirgenliği de o kadar yüksek olacaktır (Şekil 5.69).

²³ Bazı kaynaklar VT değerini VLT (Visible Light Transmission) olarak kullanmaktadır.

E ZONE RESULTS									
Facade Design Tool Home Fargo, North Dakota School South									
Summary Energy Peak Carbon Daylight Glare Comfort									
The Building		Glazing System				Light & Shade		Daylight (footcandles)	
WWR	Building Projections	Glass	Panes	U-factor	SHGC	VT	Lighting Controls	Shades	fc
50	None	A	1	1.03	0.82	0.88	Continuous	IntVB	14.30
50	None	B	2	0.47	0.7	0.79	Continuous	IntVB	13.47
50	None	G	2	0.24	0.38	0.7	Continuous	IntVB	11.55
50	None	H	2	0.24	0.27	0.64	Continuous	IntVB	10.63
50	None	I	3	0.13	0.32	0.6	Continuous	IntVB	10.07
50	None	K	1	0.99	0.48	0.6	Continuous	IntVB	9.16
50	None	L	2	0.47	0.55	0.54	Continuous	IntVB	8.13
50	None	E	2	0.24	0.29	0.52	Continuous	IntVB	7.92
50	None	C	2	0.47	0.5	0.48	Continuous	IntVB	7.61
50	None	F	2	0.25	0.24	0.37	Continuous	IntVB	5.73
50	None	J	3	0.12	0.21	0.34	Continuous	IntVB	5.50
50	None	D	2	0.44	0.18	0.1	Continuous	IntVB	2.37
									0 50 100 150 200 250 300
TYPE "I" VT değeri ve U-Değeri iyi									
Pages (25 results per page): 1									
Total Matching Records: 12									

Şekil 5.69. Güneş ışığı Geçirgenlik Performansına Göre Sıralanmış Pencere Seçenekleri.

Dolayısıyla gün ışığı tasarımı için en iyi cam tipi olan “A”, U-değerinin yüksekliğinden dolayı Anchorage iklim koşulları için uygun olmamaktadır. Isı geçirgenliği bakımından performansı en yüksek olan cam “I” tipidir ve gün ışığı performansı bakımından beşinci sırada bulunmaktadır. “G” ve “H” tipleri ise “A” ve “I” tiplerinin ortasında, kabul edilebilir değerler sunmaktadır. Çalışmanın devamında Sefaira Programı’na “G”, “H” ve “I” cam tipleri girilerek enerji analizi yapılmış ve güneş ışığı performansı ve ısı geçirgenlik performansı arasında değerlendirme yapılmıştır.

Yapılan ilk analizde pencere boyutları doğu ve batı sınıflarında 9’ x 18’ (2.74m x 5.49m) ve ortada kalan sınıflar için 12’ x 18’ (3.66m x 5.49m) olarak çizilmiştir. Kullanılan pencerenin;

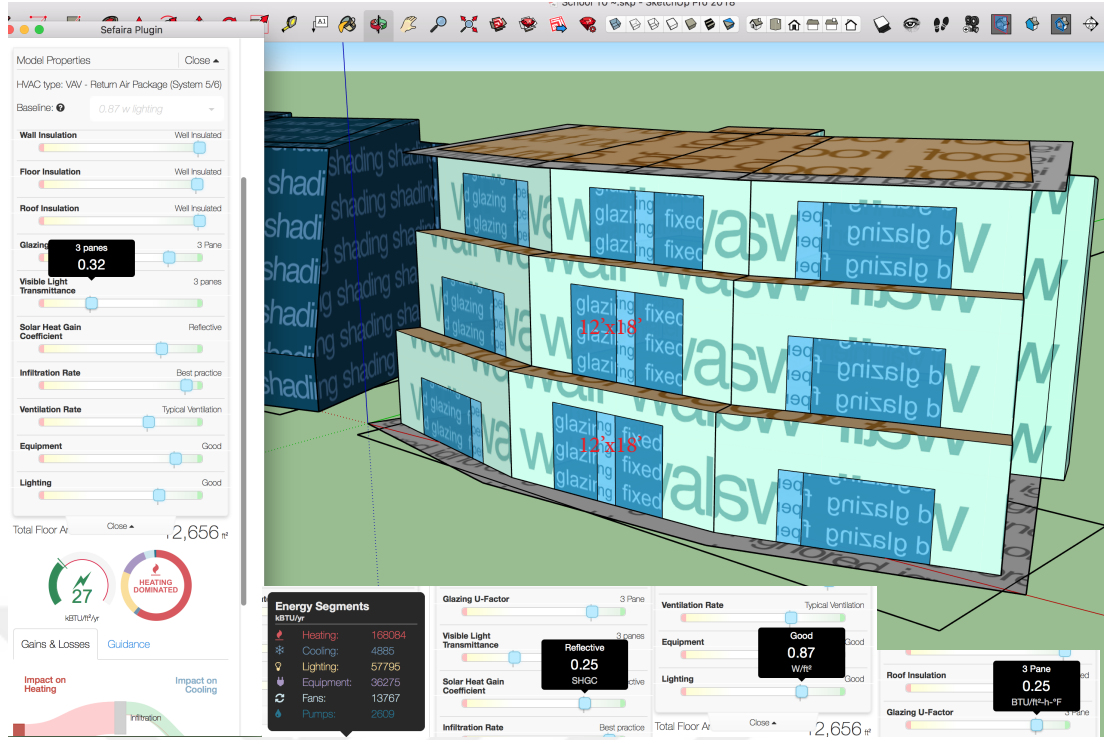
VLT değeri: 0.32

U-değeri: 0.25

SHGC: 0.25

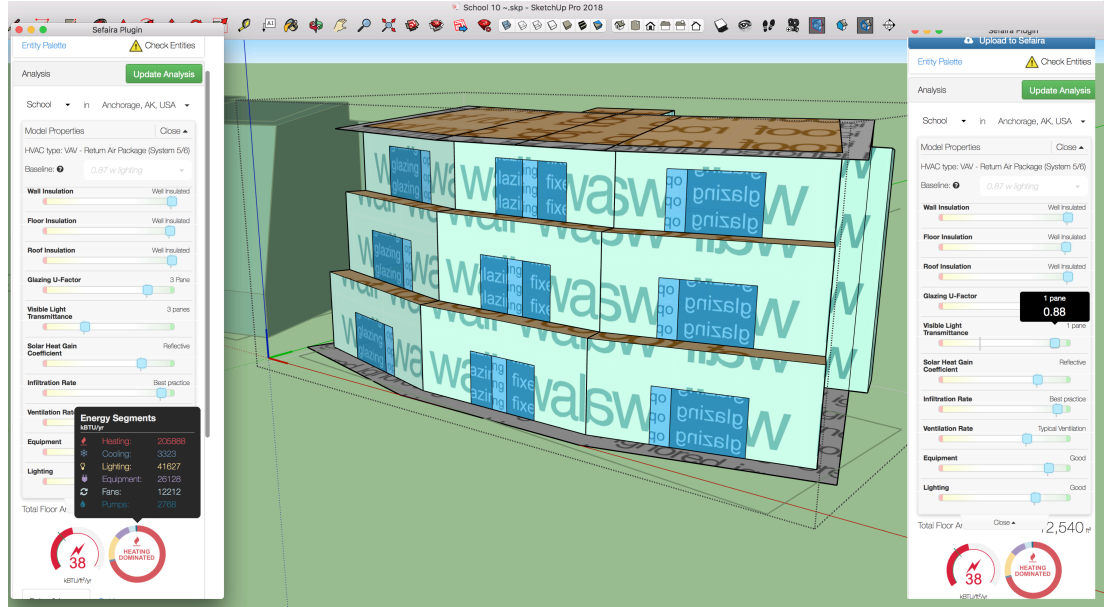
LPD: 0.87w/sqft

Bu verilerle analiz sonucu 27 kBTU/ft²/yr (85.2 kW/ m²/y) olarak elde edilmiştir (Şekil 5.70).



Şekil 5.70. Pencere Performans Değerlerinin Girişi ile Analiz 1.

Yapılan ikinci analizde pencerelerin küçültülmesine gidilmiş ve 9' (2.74 m) x 14' (4.27m) olarak çizilmiştir. Analiz sonucu beklenenden çok farklı çıkmıştır (Şekil 5.71 sol taraftaki analiz).



Şekil 5.71. Pencere Performans Değerlerinin Girişi ile Analiz 2 ve Analiz 3.

Burada pencerelerin boyutları küçük olması sebebiyle bina, solar ısı kazanımı vasıtasıyla bir önceki modele göre daha az ısı kazancı sağladığı için sonucun kötü

çıkması olabileceği düşünülmüştür. Bu sebepten dolayı pencerelerin VLT değerinde yükseltmeye gidilmiş ve gün ışığı kullanımına avantaj sağlamasına çalışılmıştır. Bu noktada SHGC değeri sabit tutulmuştur. Çünkü SHGC değerinin değiştirilmesi solar ısı kazanımını etkileyecek ve binanın enerji kullanımını değiştirecektir. Bu da VLT değerinin tek başına yaptığı etkinin anlaşılmasını engelleyecektir. **Şekil 5.71** sağ tarafta görülen analiz, VLT değeri 0.88²⁴ kullanılarak yapılmıştır. Ancak herhangi bir değişiklik olmadığı gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuca göre pencerenin boyutunun, VLT değerinden daha etkili olduğu düşünülmüştür. VLT değerini değiştirmek mekana daha fazla ışık girmesini sağlayabilir, ancak bu değişim mekanın belli bir bölümüne direkt etki etmekte mekanın kalan kısmı ise ancak bu direkt etkiye sahip yüzeyden yansıma yoluyla dolaylı olarak aydınlanmaktadır. Oysa pencere boyutunu büyütme mekana daha fazla gün ışığı girmesini sağlayacağı gibi aynı zamanda mekanın daha geniş bir alanının direkt etki altında kalmasına sebep olacaktır. Buradan elde edilen sonuçla pencere boyutlarının bir önceki boyuta getirilmesi planlanmış ve Cam tipi “I” ya ait değerler kullanılarak yeni bir analiz yapılmasına karar verilmiştir.

VLT değeri: 0.6

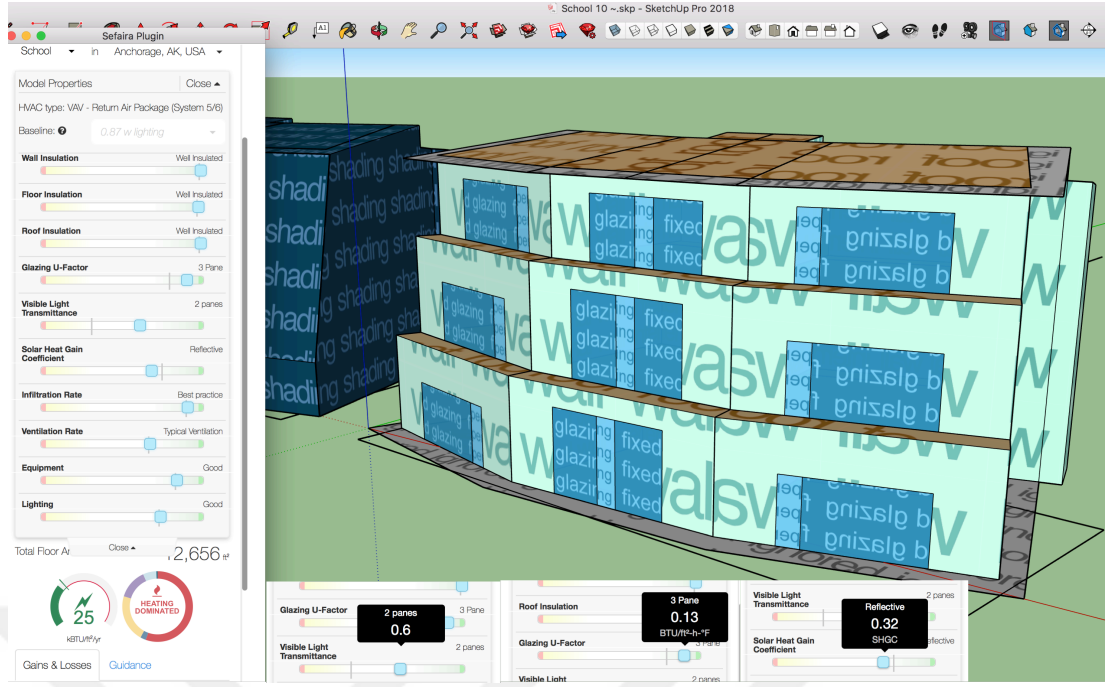
U-değeri: 0.13

SHGC: 0.32

LPD: 0.87w/sqft (9.36 w/ m²)

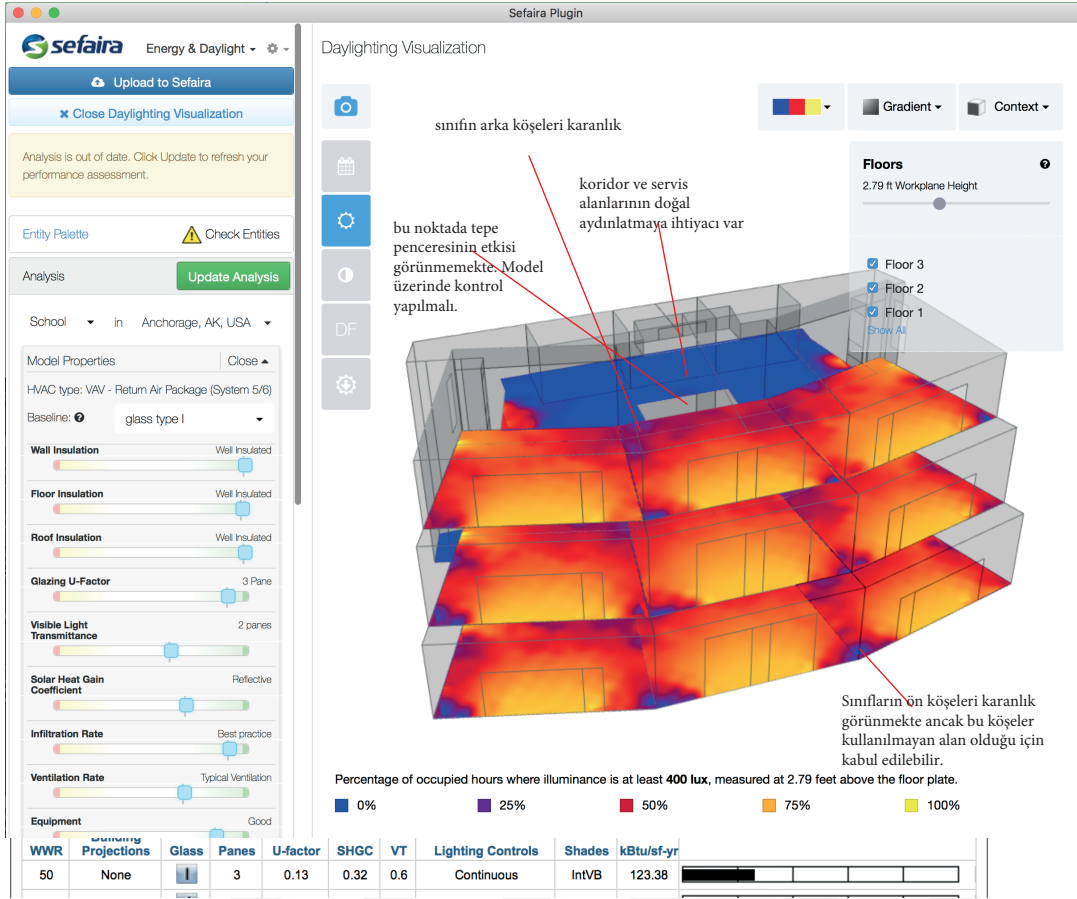
Yukarıdaki değerler kullanılarak yapılan analizin sonucu şu ana kadar elde edilen en iyi sonuç olmuştur. Burada U-değerinin aşırı düşük olmasının sonuca büyük etki yaptığı düşünülmüştür. **Şekil 5.72**'de görüldüğü üzere binanın enerji tüketimi 25kBTU/ft²/yr (78.9 kWh/ m²) seviyesine düşmüştür.

²⁴ “A” cam tipinin VLT değeri



Şekil 5.72. Pencere Performans Değerlerinin Girişi ile Analiz 4.

Sefaira Programı'nda enerji analizi yapılırken, gün ışığının bina üzerindeki etkisinin anlaşılması için programın günüışığı görselleme fonksiyonundan faydalanılarak analize devam edilmiştir. Gün ışığı analizi oluşturulurken mekan olarak sınıf seçilmiş ve sıralar üzerindeki ışık miktarının hesaplanması için çalışma alanı yüksekliği 2.79 feet (0.85 m) olarak ayarlanmıştır. Sefaira Programı, ihtiyaç duyulan aydınlatma miktarını otomatik olarak 400 Lümen olarak vermiştir.



Şekil 5.73. Gün Işığının Görselleştirilmesi ve Analizi.

Şekil 5.73'te görülen şekilde doğu ve batı sınıflarındaki aydınlatmanın, yanlarda açılan pencereler sebebiyle ortadaki sınıfa göre daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca koridor ve servis mekanlarının doğal aydınlatma ihtiyacı, çok net bir şekilde görülmüştür.

"I" cam tipi ile yapılan bu analizde, U-değerinin 0.13 gibi aşırı düşük bir değerde olmasının binanın maliyetini yükselteceği varsayılarak daha standart bir değer ile analiz yapılmaya karar verilmiştir. Bu bağlamda piyasada mevcut olan bir cam tipi seçilerek analiz tekrarlanmıştır.

Thickness (inches)	Transmittance UV %	Transmittance Visible %	Transmittance Total Solar %	Exterior Solar Reflectance %	Exterior Visible Reflectance %	Interior Visible Reflectance %	U-Value (Winter Nighttime) (Btu/hr-ft ² -F)	U-Value (Summer Daytime) (Btu/hr-ft ² -F)	Shading Coefficient (SC)	Solar Heat Gain Coefficient (SHGC)	Light To Solar Gain (LSG)	Thermal Stress Risk
Solarcoat Low-e on Clear 4mm (2) Air (5%) Argon (95%) Mix 1/2" (12.7mm) Starphire® 4mm Air (5%) Argon (95%) Mix 1/2" (12.7mm) Starphire® 4mm												
1 7/16 "	47	71	57	18	21	23	0.21	0.22	0.70	0.61	1.16	Low

Specifications

Insulating Unit Construction
Solarcoat Low-e on Clear 4mm (2) | Air (5%) | Argon (95%) Mix 1/2" (12.7mm) | Starphire® 4mm | Air (5%) | Argon (95%) Mix 1/2" (12.7mm) | Starphire® 4mm

Outdoor Lite: Clear with a second surface Solarcoat Low-e

Middle Lite: Starphire® 4mm

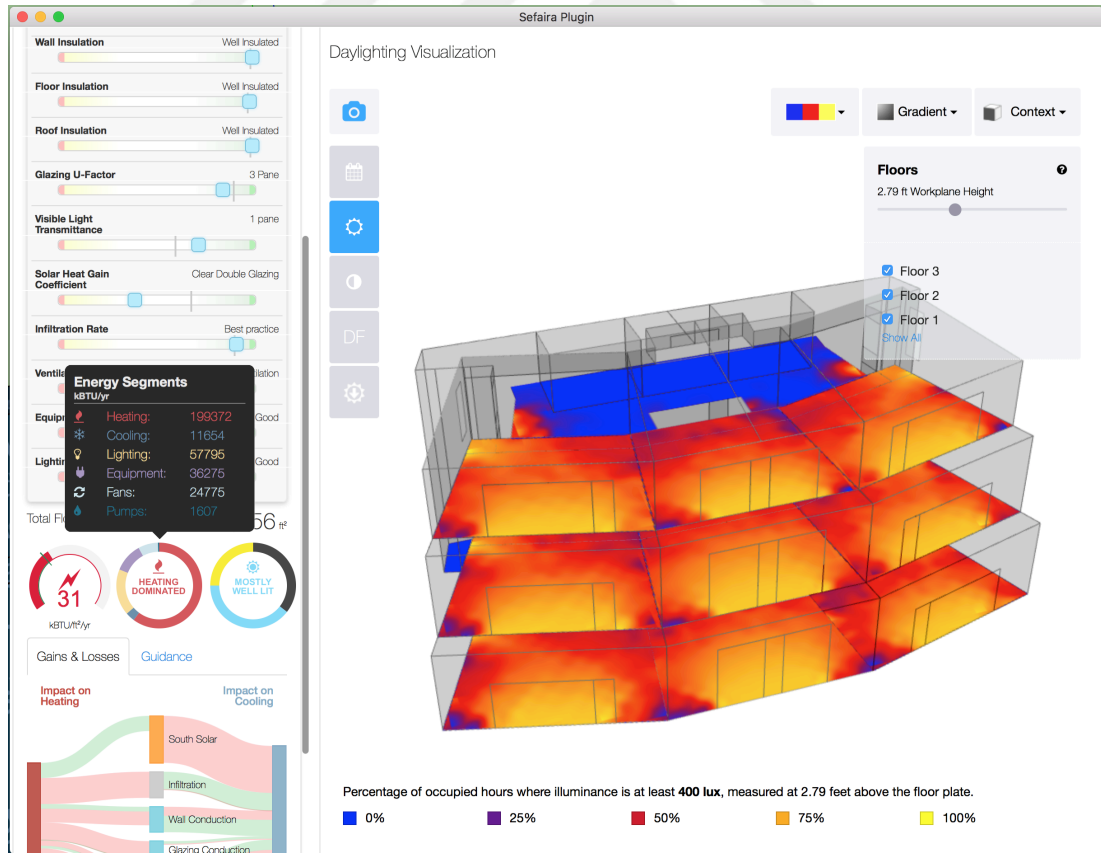
Indoor Lite: Starphire® 4mm

Vitro Approved Manufacturers/Where to Buy Vitro Products: Vitro Glass Fabricator

Certification: Vitro lite(s) are Cradle to Cradle certified by McDonough Braungart Design Chemistry, LLC (MBDC www.mbdc.com)

Şekil 5.74. Analizde kullanılmak için seçilen camın performans değerleri (URL 16, tarih yok).

Şekil 5.74'te örnek olarak seçilmiş cam kullanılarak yapılan analizde U-değerinin yüksekliğinden dolayı ısıtma enerji tüketiminde artış olduğu gözlemlenmiş ve binanın enerji kullanım yoğunluğu aşırı yükselmiştir (Şekil 5.75). Enerji tüketim değeri 31kBTU/ft²/yr olarak görülmektedir.



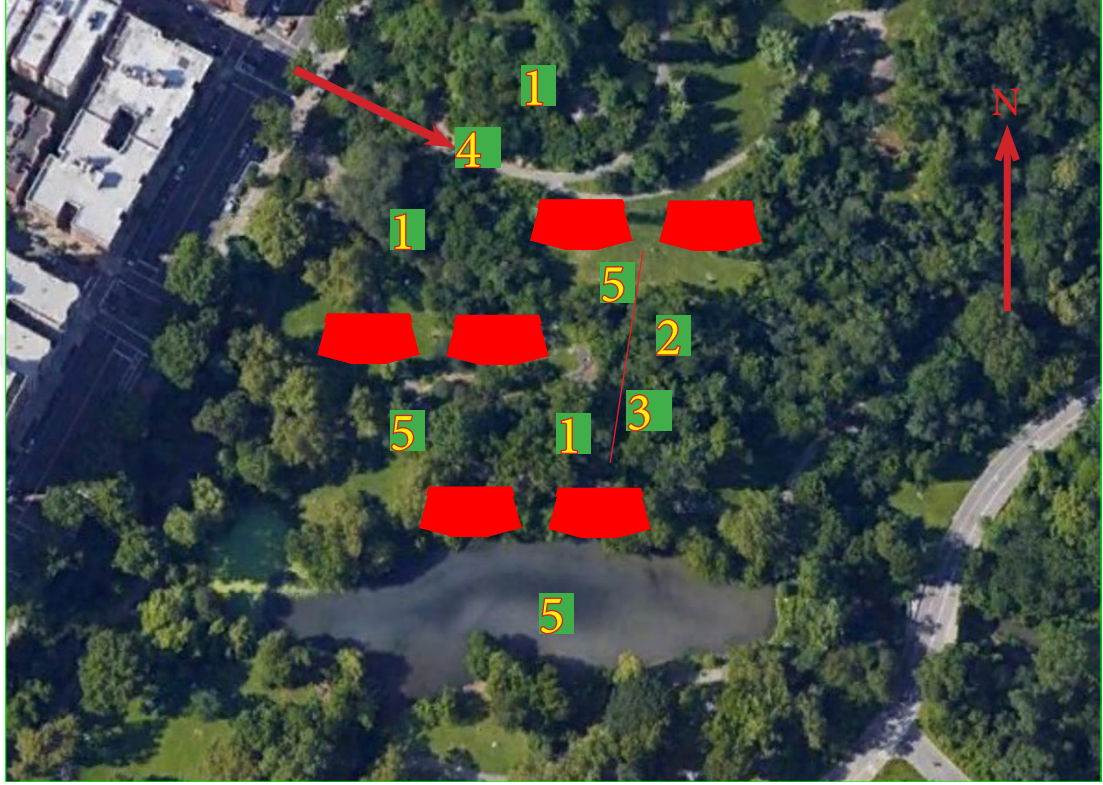
Şekil 5.75. Pencere Performans Değerlerinin Girişi ile Analiz 5.

Önceki camın VLT değerine (0.60) göre daha yüksek VLT değerine (0.71) sahip bu

yeni canım doğal aydınlatma üzerinde bir değişiklik yapmadığı ve aydınlatma enerji tüketiminin 57,795 kBTU/yr olarak sabit kaldığı gözlenmiştir. Bunun nedeninin VLT 0.60 değerinin mekana yeterince aydınlatma sağlamasına bağlanmıştır. Mekanı doğal olarak daha fazla aydınlatmak, zaten çalışmayan aydınlatma elemanları üzerinde bir etki yapmayacaktır. Burada camın değerlerinden ziyade binanın kütle tasarımı ve pencere konumlarının tekrardan gözden geçirilerek hiç gün ışığı almayan mekanların aydınlatılmasına yönelik çalışma yapılması planlanmıştır. Ancak yeni pencereler eklenirken bunların enerji kullanım yoğunluğuna etkisinin minimum seviyede olmasına çapa gösterilmiştir. Bu noktada binanın genelinde pencere boyutlarının oranı ve dağılımı dengelenmelidir. Örneğin doğu ve batı cephelerine gereğinden büyük pencereler açarak mekanların gereğinden fazla aydınlatılması yerine, söz konusu pencereler daha küçük tutularak, binanın doğal ışık ihtiyacı olan başka bir noktasında yeni pencere açılabilir. Bu sayede toplam pencere yüzeyi aynı tutulurken doğal olarak aydınlatılan mekanın yüzey alanı genişleyecektir.

5.12 Sonuç Değerlendirmesi

Bu bölüm altında, şu ana kadar yapılan çalışmalardan elde edilen verilerden faydalanılarak tasarım üzerinde yapılan değişiklikler ile bir sonuç değerlendirmesi yapılmıştır.



Şekil 5.76. Son arazi yerleşimi.

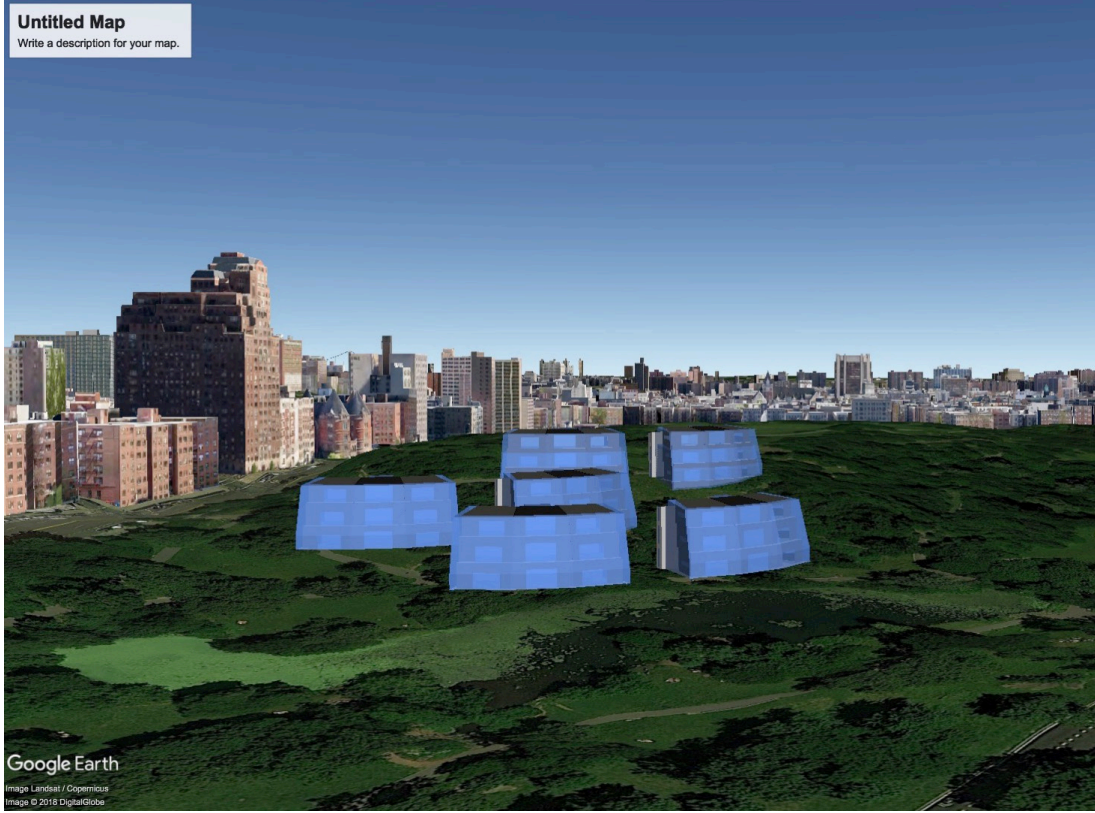
Yukarıdaki şekilde binaların arazi içinde konumlarının son hali görülmektedir.

Bu bağlamda gerek proje öncesinde gerekse proje sürecinde alınan kararlar şöyledir;

- 1- Mevcut bitki örtüsü ve ağaçların binaları kuzey rüzgarından koruyacağı öngörülmüştür. Ayrıca tepenin güney yamacına yerleşim de, aynı şekilde yapıları kuzey rüzgarından korunaklı bir konuma getirmiştir.
- 2- Binaların kaydırılarak yerleştirilmesi yoluyla kuzey rüzgarını kırarak boğaz etkisiyle hızlanmasının önüne geçilmeye çalışılmıştır.
- 3- Binaların kaydırılarak yerleştirilmesiyle birbirlerini gölgelemeleri en az seviyeye çekilmeye çalışılmıştır. Binaların, tepenin eğimli yamacına yerleştirilmiş olmaları da gölgelemeyi azaltan başka bir faktördür.
- 4- Binalar toplu taşıma noktasına ve park girişine yakın konumlandırılmıştır.
- 5- Binalar önlerine göl ve yeşil meydanlar gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Bu

binaların hem direkt güneş ışığını almasını sağlamış hem de göl ve meydana yansıma yoluyla ışık elde edilebilecekleri öngörülmüştür.

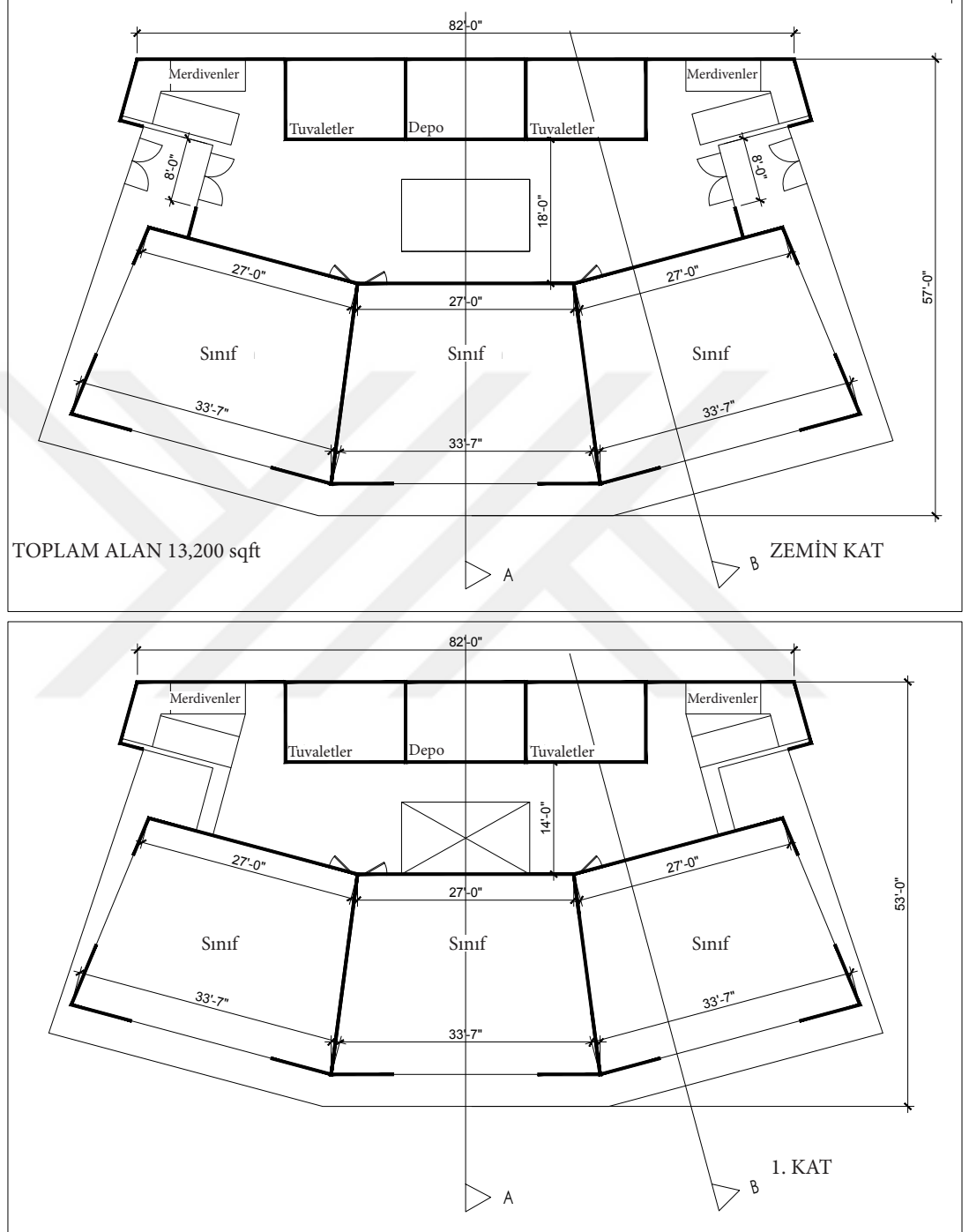
6- Binaların sınıf cepheleri güney yönüne yönlendirilmiştir.



Şekil 5.77. Binaların Park İçindeki Konumlarının Google Map kullanılarak görselleştirilmesi.

Sınıf boyutlarının proje başında kararlaştırılması sebebiyle binanın boyutları belli ölçülerde kısıtlanmıştır. Dokuz sınıf barındıran her bir bina üç katlı olarak planlanmış ve her kata üç sınıf yerleştirilmiştir. Binalar ne çok yüksek ne çok alçak olacak şekilde tasarlanmıştır. Burada amaç yükselerek mümkün oldukça parkın güneyinde bulunan yüksek binaların gölgelerinden çıkmak olduğu gibi, yüksekliği çok arttırmadan öğrencinin doğayla bağlantısının kesilmemesidir. Binalar mümkün olduğunca kompakt planlanmış ve en-boy oranı yaklaşık 1'e 1,5 olacak şekilde tasarlanmıştır. Soğuk iklim koşullarında çoğu zaman 1'e 1 en boy oranlarında olan yapı tasarımları en az yüzey oluşturduğu ve bu sebeple de en az ısı kaybı yaratacağı için tercih sebebi olsa da doğu-batı aksında uzun cephe oluşturmanın solar ısı kazanımı bakımından faydalı olacağı düşünülmüş ve binalar ona göre şekillendirilmiştir. Güney cephesi uzun tutulan binalar kuzeye doğru daraltılmıştır.

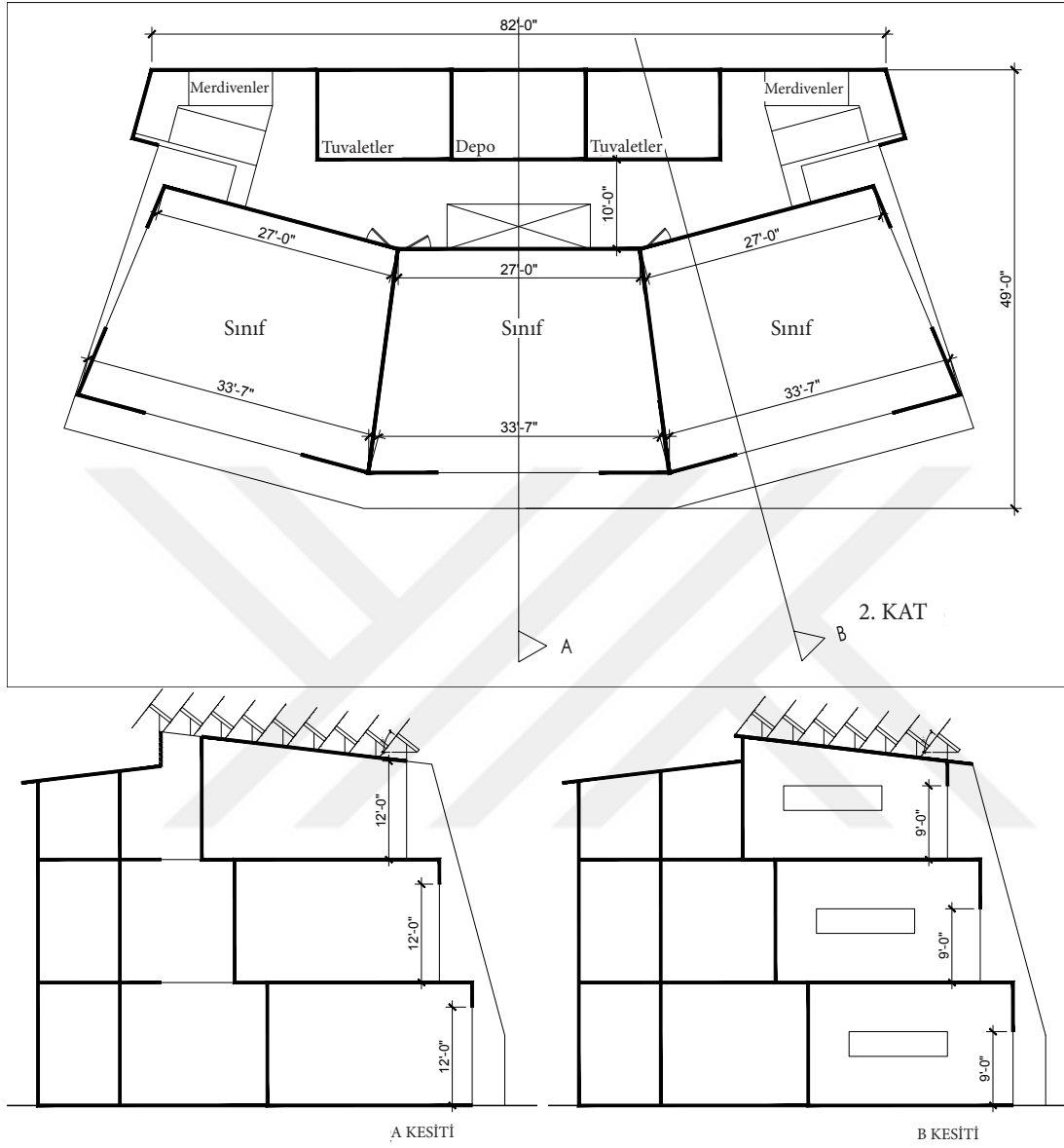
Bu şekilde merdivenler doğu batı uçlarına yerleştirilirken kuzey cephesi uzatılmadan merdivenlere güney duvarı oluşturulması ve girişlerin kuzey rüzgarından korunaklı olması sağlanmıştır.



Şekil 5.78. Bina Zemin ve 1. Kat Planları.

Sınıfların açılı şekilleri toplam alanı ve hacmi arttırmadan güney cephelerinin genişlemesini sağlamış ve dolayısıyla solar ısı kazanımını arttırmıştır. Binanın en kalabalık olacağı nokta giriş-lobi alanı olduğundan zemin kattaki bu alan geniş

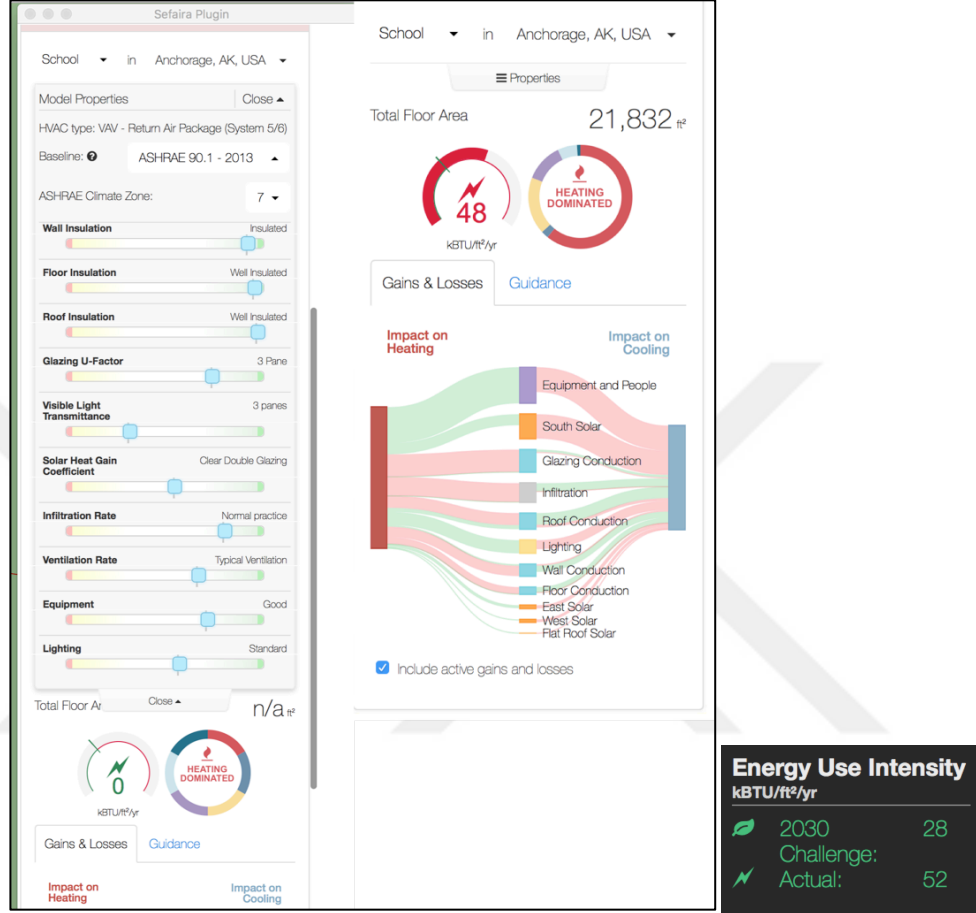
tutulmuş ve üst katlara çıkıldıkça sınıflar kuzeye doğru kaydırılarak koridorlar daraltılmış dolayısıyla da binanın toplam alanı küçültülmüştür.



Şekil 5.79. Bina 2.Kat Planı ve Kesitleri.

Sınıfların kuzeye doğru geri çekilmesiyle, güney cephelerinde teraslar oluşturulmuştur. Yarı dış mekan olarak tanımlanabilecek bu teraslar ekstra sirkülasyon ve aktivite alanı sağlarken, söz konusu terasların aynı zamanda termal ısıtıcılar olarak çalışabilecekleri öngörülmüştür. Depo ve tuvaletler binanın kuzeyine yerleştirilmiş ve devamlı kullanılan mekanlar ile kuzey cephesi arasında tampon vazifesi görmeleri planlanmıştır. Bu şekilde bütün sınıflar güneye dönük yerleştirilebilmişlerdir.

Bina tasarımına başlandığında, ilk olarak Sefaira Programı'nın temin ettiği ASHRAE 2013 standartlarının kullandığı minimum değerlerle analiz yapılmıştır. Elde edilen sonuca göre binanın, Sefaira Programı'nın baz aldığı 2030 Programı'na göre neredeyse iki kat enerji harcamakta olduğu görülmüştür (Şekil 5.80).

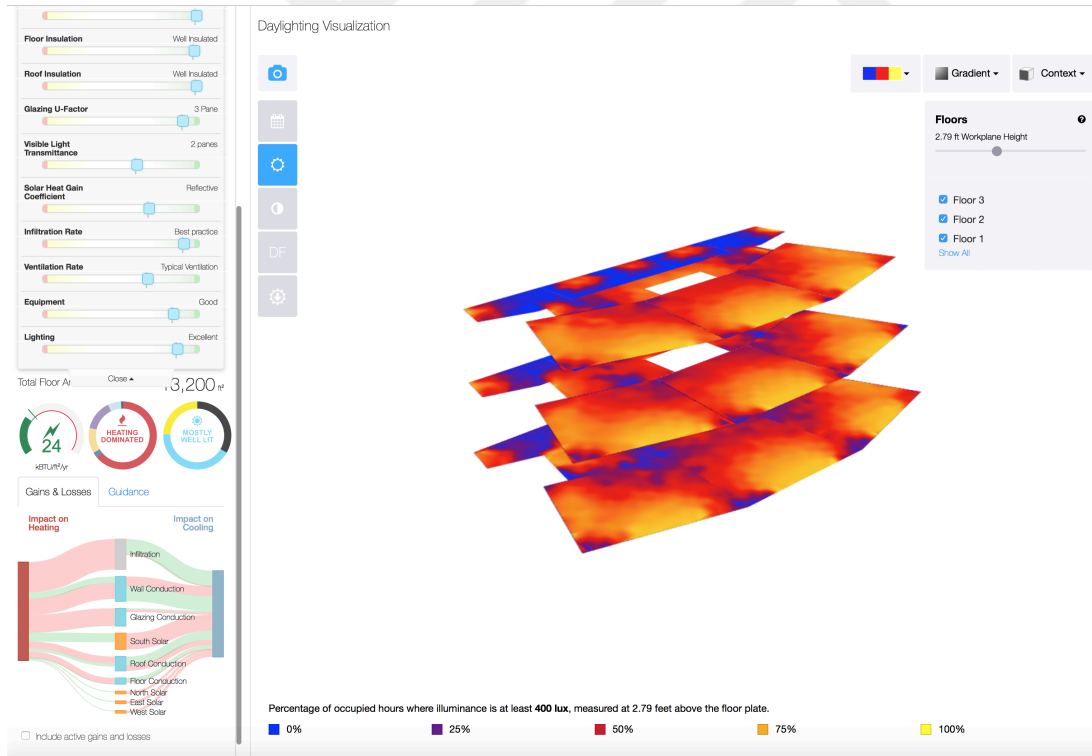


Şekil 5.80. ASHREA 2013 Standartları Kullanılarak Yapılan İlk Analizin Sonucu.

Yapılan çalışma sonucunda, pasif tasarım tekniklerinin yardımıyla tasarımı değişen binanın, aynı zamanda performansı arttırılan yapı bileşenlerinin de etkisiyle, enerji kullanım yoğunluğu (Energy Usage Intensity- EUI) 48 kBTU/ft²/yr (151.4 kWh/ m²/y) değerinden 24 kBTU/ft²/yr (75.7 kWh/ m²/y) değerine düşürülebilmektedir. Bu da 2030²⁵ programının 4 puan aşağısında bulunmaktadır. Bu şekilde, ayrıca doğal günışığı analizine ait görsellemesi de görülmektedir (Şekil 5.81). Ulaşılan son tasarımda tuvaletlerin ve depo alanının çok fazla aydınlanmadığı saptanmış ancak bu mekanlar devamlı kullanılan çalışma mekanları olmadığı için pencere boyutları ısı

²⁵ 2030 Challenge EUI maksimum değeri 28 kBTU/ft²/yr'dir.

kaybı olmaması bakımından büyütülmemiştir. Kısa süreli kullanılan bu mekanlarda fazla aydınlatmaya ihtiyaç duyulmayacağı düşünülmüştür. Koridor alanlarının doğu ve batıya konumlandırılan pencereler ve çatı penceresi vasıtasıyla yeteri kadar aydınlandığı tespit edilmiştir. Çalışma esnasında tepe penceresi kullanılmadığı takdirde enerji kullanım yoğunluğunda azalma olacağı saptanmış, ancak doğal aydınlatmanın öğrencilerin üretkenliğine ve ruh sağlığına pozitif etki yapacağı düşünülmüş ve tepe penceresinin kullanılmasına karar verilmiştir. Bu kararın verilmesinde Anchorage'ın iklim koşulları ve kısa gün sürelerinin de etkisi olmuştur. Kışın çok kısa günlere sahip bu iklimde, günün büyük çoğunluğunu iç mekanda geçiren öğrencilerin, doğal gün ışığına günlerin uzun olduğu bir şehirdekine nazaran daha fazla ihtiyaç duyacakları düşünülmüştür. Aynı şekilde merdivenler de mümkün olduğunca aydınlatılmaya çalışılmıştır. Hem gün ışığı sağlama hem de öğrenci-dış mekan görsel ilişkisinin kurulma çabası tasarımın şekillenmesinde etkili olmuştur.



Şekil 5.81. İyileştirilmiş Tasarım ve Yüksek Performanslı Yapı Bileşeni ve Sistemlerinin Kullanımıyla Yapılan Son Analizin Değerleri.

Son tasarıma ait genel değerlendirme ve öneriler:

Değiştirilen tasarım ve kullanılan yüksek performanslı yapı bileşenleri vasıtasıyla, binanın enerji kullanım yoğunluğunun (EUI) çok fazla düştüğü görülmüştür. Isıtma enerji tüketimini en çok azaltan faktör olarak, aşırı düşük U-değerli (0.13) pencere kullanılmasının etkili olduğu görülmüştür. Bu değer günümüzde piyasada mevcut olan pencerelere göre çok düşük bir değerdir. Bina ulaşılan son performansının, U-değeri 0.25-0.30 olan ve uygulanması daha mümkün pencerelerle elde edilebilmesi için çalışma yapılmalı ve değişik çözüm yolları oluşturulmalıdır. Sefaira Programı'nın çift cidarlı cephenin enerji analizini yapamadığı saptanmıştır. Bu ikincil cephenin, pasif olan solar ısı kazanımı yoluyla binaya ekstra bir koruma sağlayacağı öngörülmüş ve enerji kullanım yoğunluğuna EUI pozitif etki yapacağı düşünülmüştür. Birincil ve ikincil cephe arasında oluşturulan bu alanda iklimlendirme yapılması planlanmadığı için binaya herhangi bir enerji yükü getirmeyeceği varsayılmıştır. Bu noktada binanın daha gelişmiş enerji programlarıyla analizinin yapılması gerekmektedir.

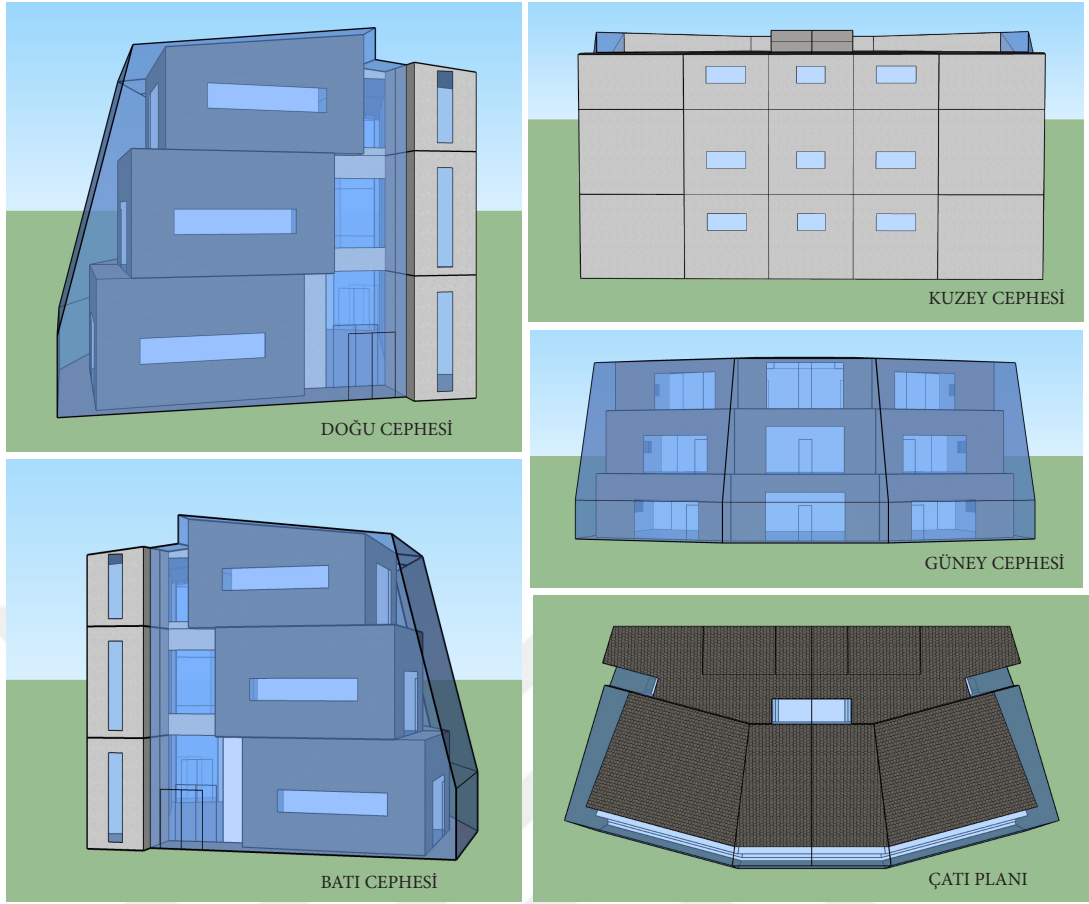
Binanın doğu, batı ve güney cephelerinde koyu renk tercih edilerek bu yüzeylerin solar ısı kazanımının arttırılması hedeflenmiştir. Güney cephede oluşturulan teraslar açık renkli planlanmış ve güneş ışınlarının teraslardan iç mekana yansıtacağı ve doğal aydınlatma ile solar ısı kazanımına pozitif etki edebileceği öngörülmüştür. Ayrıca binaların kuzey cepheleri de açık renkli tutulmuş; gün ışığı her ne kadar direkt etki etmese de yansımayla dolaylı olarak arka sırada bulunan binalara pozitif etki yapabileceği öngörülmüştür. Kuzey cephesinin açık renkli olmasının direkt gün ışığı görmediği için solar ısı kazanımına bir etki yapmayacağı bilinmektedir.

Sefaira Programı soğutma açısından yüksek bir enerji tüketimi çıkarmaktadır. Bina kış aylarında solar ısı kazanımını yükseltecek şekilde tasarlandığından, yaz aylarında solar ısı kazanımıyla binanın belli zamanlarda gereğinden fazla ısınabileceği buna ilave olarak içsel ısı kazanımının da bu ısınmaya etki edebileceği tahmin edilmiştir. Ancak Sefaira Programı doğal havalandırmayı analizlerine dahil etmediği için mekanik soğutma öngörerek enerji tüketimi göstermektedir. Bina doğal havalandırmayı kullanabilecek şekilde tasarlanmaya çalışılmış ve bu şekilde mekanik soğutmadan kaynaklı enerji tüketiminin sıfıra düşürülebileceği öngörülmüştür. Bu noktada, Sefaira Programı yine yetersiz kalmakta ve daha gelişmiş enerji programlarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Enerji kullanım yoğunluğuna (EUI) en büyük etki eden faktörlerden biri de bina hava sızdırmazlığıdır (infiltration). Günümüzde özellikle Pasif Ev²⁶ akımıyla tasarlanan binalarda sızdırmazlık değerlerinin sıfırlara indirildiği görölmektedir. Böylece, binanın kış aylarında hava sızdırma yoluyla ısı kaybetmesi önlenerek içsel ısı kazanımı ve solar ısı kazanımı en üst verime ulaştırılmaktadır. Bu bağlamda, binanın hava sızdırmazlığı en iyi seviyeye getirilerek enerji kullanım yoğunluğunun daha da düşürölebilmesi öngörölmüştür.

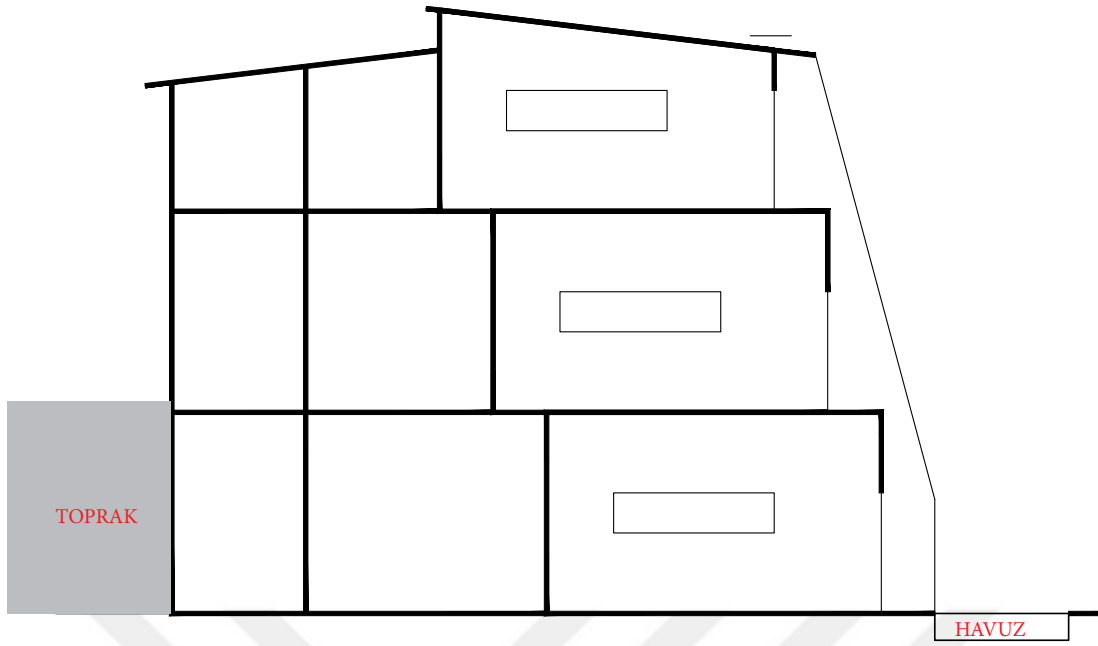
Çevre binaların ve okul kompleksi içindeki diğer binaların gölgelemesinden en az seviyede etkilenmek için binaların kat yüksekliği 15 feet (4.57m) olarak planlanmıştır. Bu durum, binaların iklimlendirilmesi gereken iç hacminin artmasına sebep olmuştur. Binaların yüksekliğinin azaltılması mümkün olsa da bunun yine daha gelişmiş enerji programlarıyla ve çevre binaların da gölgeleme etkisi hesaba katılarak analiz edilmesi gerekmektedir. Az güneş alan bir yapının fazla hacimli bir yapıya göre enerji kullanımı bağlamında daha verimsiz olacağı, güneş almayan sınıfların üretkenliği ve öğrencilerin ruh sağlığını negatif yönde etkileyeceği ve çatıya yerleştirilen PV panellerinin verimini düşüreceği öngörölmüştür.

²⁶ Pasif Ev ile ilgili olarak geniş bilgiye Passive House Institute US, Inc.'nin internet sitesi <http://www.phius.org/home-page> yada Passivhaus Institut'un internet sitesi <https://passiv.de> üzerinden ulaşılabilir.



Şekil 5.82. Binanın Üç Boyutlu Görselleri.

Şekil 5.82’de görüldüğü üzere ikinci cephe binayı doğu, batı ve güney cephelerinde sarmaktadır. İkincil cephenin bu yönlerde kullanılmasının nedeni ısı kaybı için ikincil bir yalıtım yaratmak yerine, bina cephesinde solar ısı kazanımıyla elde edilen ısıнын kullanılmasına olanak sağlamaktır. Söz konusu ikincil cephenin ışık geçirgenliğinin yüksek olması planlanmıştır. Ayrıca binanın birincil cephesindeki büyük pencereler güney cepheye yerleştirilerek solar ısı kazanımı için değerlendirilmiştir. Kuzey cephede ısı kaybını en az indirmek için pencere boyutları küçük tutulmuş, minimum ihtiyaç kadar doğal aydınlatma sağlanmaya çalışılmıştır. Yine aynı şekilde çatı penceresi çatının %5’i boyutunda tutulmuş, ısı kaybı ve doğal aydınlatma ihtiyacı arasında denge kurulmaya çalışılmıştır.



Şekil 5.83. Bina Kesiti.

Sefaira Programı binanın yer altında kalan kısımları için ayrı bir hesaplama yapmamaktadır. Binanın kuzey cephesinin üçte birinin toprak altına yerleştirilmesinin binaya ekstra yalıtım sağlayarak enerji kullanım yoğunluğunu (EUI) düşüreceği öngörülmektedir (Şekil 5.83). Binanın ikincil cephesine düşen yağışın toplanması için binaların önlerinde toplama havuzları oluşturularak gri su sistemine dahil edilmesi planlanmıştır.

6. SONUÇ

Bu tez çalışmasında, sürdürülebilir yapı tasarım ilkelerinin bina tasarımına etkisi Yaşayan Bina Programı ile ilişkilendirilerek incelenmiştir. Sürdürülebilir bina tasarımında ön plana çıkan kavram enerji etkin binadır. Ancak tam anlamıyla sürdürülebilir bir bina tasarımı için ve geniş bir perspektiften bakıldığında sürdürülebilir bir yaşam için gerekli birçok başka kritere de değinilmiştir.

İkinci bölümde sürdürülebilir yapı tasarım ilkelerinin incelenmesi esnasında bazı temel bilim kuralların mimari tasarım sürecine nasıl etki ettiği saptanmış ve tasarımcının bu temel bilgilere hakim olması gerektiği sonucuna varılmıştır. Temel fizik ve kimya bilgilerinin tek başlarına kullanıcının konforunu sağlamak için kullanılabileceği gibi, temel coğrafi bilgilerle birleştirilerek enerji etkin bina tasarlama da rol oynayacakları saptanmıştır.

Konum stratejileri ve yer seçimi ilkesinin incelenmesi sırasında proje alanının doğru seçilmesinin, enerji etkin bina tasarımı için faydasının yanında diğer sosyal ve ekonomik etkileri de belirlenmiştir.

Sürdürülebilir yapı tasarımında anahtar rol alan enerji korunum ilkelerinin incelenmesi sırasında birçok ilkenin aslında yüz yıllardır kullanılan ancak modernleşen toplumlar ve kentleşmenin etkisi ile unutulmuş olan temel tasarım ilkeleri oldukları görülmüştür.

İnsanın kendisini korumak ve konforunu sağlamak için düşünüp uygulamış olduğu bu tarih öncesine uzanan temel ilkelerin, bugün kendimizi korumanın ve konforumuzu sağlamanın ötesinde artan nüfusun ve modernleşen toplumların yaratmış olduğu negatif etkilerin azaltılması ve doğal yaşamın sürdürülebilirliği için gerekli olduğu görülmüştür. Aktif tasarım tekniklerinin incelenmesi sırasında, gelişen teknolojilerin yardımıyla pasif tasarım teknikleri olarak adlandırdığımız temel ilkelerden mekanik ekipmanlar aracılığıyla değişik şekillerde faydalanabileceğimiz sonucuna varılmıştır.

Yaşayan Bina Programı incelenirken, Program'ın koyduğu katı kurallarla ekolojik

bağlamda yapıcı kısıtlamalar getirmesinin yanında, toplumun sosyal ve ekonomik kalkınmasına yönelik girişimde bulunduğu anlaşılmıştır. Ayrıca sürdürülebilir bir yaşamın sadece insanın değil, dünya üzerindeki tüm canlıların geleceği için önemli olduğunu vurgulayan Program'ın doğal yaşam alanlarının korunmasına yönelik bir çaba içindedir. Bu doğrultuda proje alanına ilişkin kısıtlamalar getirmiş ve doğal yaşamı koruma derneklerine zorunlu maddi yardım yapılmasını içeren kurallar koymuştur. Bunların yanında, insanın fiziksel ve ruhsal sağlığını koruyan, ekonomik kalkınmaya destek olan, su kullanımını kontrol eden kurallar incelenirken, tasarımcının artık, sürdürülebilir bir gelecek için en sık söz edilen çevre kirliliğini engelleyici alışlagelmiş önlemlerin ötesine geçmek zorunda olduğu sonucuna varılmıştır.

Yaşayan Bina Sertifikası almış binalar incelenirken, sadece günümüzde yerel ve küresel yönetimler tarafından belirlenen binaların enerji kullanımına ilişkin kurallara uyularak, söz konusu sertifikanın kazanılmasının olanaksız olacağı da fark edilmiştir. Diğer yandan, Program'ın oldukça katı kurallarına uyarak inşa edilen binaların maliyetlerinin ekonomik olabileceği de görülmüştür.

Örnek çalışma sırasında, sürdürülebilir yapı tasarım ilkelerinin ve bina performans analiz programlarının tasarım sürecine nasıl etki ettikleri ve binanın şekillenmesinde oynadıkları rol, elde edilen sayısal veriler yardımıyla değerlendirilmiştir. Faklı performans değerlerine sahip yapı bileşenlerinin denendiği ve bu sayede farklı senaryoların geliştirildiği tasarım sürecinde, her bir verinin birleştirilerek bir bütünü oluşturduğu tespit edilmiştir. Örnek çalışmanın amacı estetik kaygıları barındıran bir mimari proje oluşturmak değil, enerji etkin bir bina tasarımında sürdürülebilir yapı tasarım ilkelerinin ve farklı performanstaki yapı bileşen ve sistemlerinin tasarıma etkisinin incelenmesi olarak sınırlandırılmış ve ortaya çıkan son binanın tasarımı mimari estetik ve fonksiyon bağlamında değil, tasarım ilkelerinin karşılaştırılması odağında şekillenmiştir.

KAYNAKLAR

- Aidan, E. Ç. (2017, Haziran 16). *Mardin Evleri İklimsel Analizi ve Pasif Tasarım Stratejileri*. Eylül 9, 2018 tarihinde Arkitera: <http://www.arkitera.com/gorus/1040/mardin-evleri-iklimsel-analizi-ve-pasif-tasarim-stratejileri> adresinden alındı
- Allen, E. (2005). *How Buildings Work-The Natural Order of Architecture* (Third Edition b.). New York, NY: Oxford University Press,Inc.
- Arkoç, O., & Özşahin, B. (2015). KENTSEL PLANLAMADA JEOLJİNİN ETKİSİ, KIRKLARELİ ÖRNEĞİ. *Kirklareli University Journal of Engineering and Science* , 30-40.
- Baarschers, W. H. (1996). *Eco-facts & Eco-fiction* . New York, NY: Routledge.
- Baden-Powell, C. (2001). *Architect's Pocket Book* (Second edition b.). Oxford: Architectural Press.
- Berg, N. (2016, Temmuz 15). *Award: The Tower at PNC Plaza*. Mart 25, 2017 tarihinde Architectural Magazine: https://www.architectmagazine.com/awards/r-d-awards/award-the-tower-at-pnc-plaza_o adresinden alındı
- Bergman, D. (2012). *Sustainable Design*. New York, NY: Princeton Architectural Press.
- Berkebile, B., McDowell, S., & Lesniewski, L. (2010). *Flow*. New York: Oro Editions.
- Cüce, E. (2017, Mart). Hava sızdırmazlığının konvansiyonel pencerelerin ortalama ısı yalıtım performansındaki rolü. *Mühendislik Dergisi*, 8(1), 159-174.
- Coffield, B., Lappano, S., & Mella, G. (2016). *Brock Environmental Center: Virginia Beach, Va. Strong Through the Storm*. Mayıs 15, 2019 tarihinde High Performing Buildings: <http://www.hpbmagazine.org/attachments/article/12400/Su16-BrockEnvironmentalCenter-VirginiaBeachVa.pdf> adresinden alındı
- DeKAY, M., & Brown, Z. G. (2014). *Sun, Wind & Light Architectural Design Strategies* (Third Edition b.). Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, LLC.
- Dispenza, K. (2011, Haziran 7). *Adaptation: The Hawaii Preparatory Academy's Living Building*. Kasım 7, 2019 tarihinde Buildipedia: <http://buildipedia.com/aec-pros/design-news/hawaiis-living-building-the-hawaii-preparatory-academy> adresinden alındı
- Fanger, P. O. (1970, March). Thermal Comfort: Analysis and applications in environmental engineering. *Thesis*. Copenhagen: Danish Technical Press.
- Fuller, B. R. (1981). *Critical Path*. New York, NY, USA: St.Martin's Press.
- Givoni, B. (1969). *Man, climate, and architecture*. Oxford: Elsevier.
- Hagan, S. (2001). *TAKING SHAPE A new contract between architecture and nature*. Oxford: Architectural Press.
- Hoy, K. (2010, Haziran 28). *Hawaii Preparatory Academy Energy Laboratory /*

- Flansburgh Architects*. Kasım 7, 2018 tarihinde Archdaily:
https://www.archdaily.com/64732/hawaii-preparatory-academy-energy-laboratory-flansburgh-architects?ad_medium=gallery adresinden alındı
- Hoyt, T., Schiavon, S., Piccioli, A., Cheung, T., Moon, D., & Steinfeld, K. (2017). CBE Thermal Comfort Tool. Berkeley, CA, USA: Center for the Built Environment, University of California Berkeley.
- ILFI. (2019). Water Petal Permitting Guidebook. Seattle , WA, USA.
- International Living Future Institute. (2016). Living Building Challenge Standards 3.1. Seattle, WA, USA.
- International Living Future Institute. (2017a, Mayıs). Place Petal Handbook 3.1. Seattle, WA, USA.
- International Living Future Institute. (2017b, Mayıs). Water Petal Handbook 3.1. Seattle, WA, USA.
- International Living Future Institute. (2017c, Mayıs). Energy Petal Handbook 3.1. Seattle, WA, USA.
- International Living Future Institute. (2017d, Mayıs). Health and Happiness Petal Handbook 3.1. Seattle, WA, USA.
- International Living Future Institute. (2017e, Mayıs). Material Petal Handbook 3.1. Seattle, WA, USA.
- International Living Future Institute. (2017f, Mayıs). Equity Petal Handbook 3.1. Seattle, WA, USA.
- International Living Future Institute. (2017g, Mayıs). Beauty Petal Handbook 3.1. Seattle, WA, USA.
- Izgi, U. (1999). *Mimarlıkta Süreç Kavramlar - İlişkiler*. İstanbul: Yapı Endüstri Merkezi Yayınları.
- Kellert, S. R., Heerwagen, J., & Mador, M. (2011). *Biophilic Design: The Theory, Science and Practice of Bringing Buildings to Life* (illustrated b.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Kibert, C. J. (2016). *Sustainable Construction Green Building Design and Delivery* (Forth b.). Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Kwok, A. G., & Grondzik, W. (2018). *The Green Studio Handbook Environmental Strategies For Schematic Design* (Third Edition b.). New York&London: Routledge.
- Lechner, N. (2015). *Heating, Cooling, Lighting*. Hoboken , NJ, USA: John Willey & Sons, Inc. .
- LeCuyer, A. (2008). *ETFE Technology and Design*. Basel· Boston· Berlin: Birkhauser Verlag AG.
- Liljequist, B. (2016). *The Power of Zero: Learning from the World's Leading Net Zero Energy Buildings*. Portland, OR, USA: Ecotone Publishing.
- Marvin, M. (2015, Ocak 20). Integrating Design / Data Gathering. *Advanced Energy Performance Retrieved From Columbia University GSAPP*. New York, NY, USA.

- Mazria, E. (1979). *The Passive Solar Energy Book*. Emmaus, PA: Rodale Press.
- Mella, G. (2013, January). In search of a transformation: Merging sustainability and resilience for the Brock Environmental Center. *Trim tab*(16), s. 6-15.
- Monterey Bay Shores . (2008). *Monterey Bay Shores* . April 12, 2019 tarihinde https://www.montereybayshores.com/PDF/color_illustration.pdf adresinden alındı
- Moore, F. (1993). Environmental control systems: Heating, Cooling, Lighting. New York, USA: McGraw-Hill, Inc.
- Mutlu, N. (2011). Sürdürülebilirlik açısından enerji ve yapı ilişkisi, ekolojik tasarım . *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul, Türkiye: MSGSÜ.
- Norris, D. (2018-A2, Eylül). Assignment 2: Occupant thermal comfort using the CBE tool. *Sustainable Design retrieved From Columbia University GSAPP*. NEW YORK, NY, USA.
- Norris, D. (2018-C2, Eylül). Lecture 2 Sustainable Design Fundamentals. *Sustainable Design Retrieved From Columbia University GSAPP*. New York, Ny.
- Norris, D. (2018-C3). Lecture 3 Sustainable building psychrometrics and internal gains. *Sustainable Design Retrieved From Columbia University GSAPP*. New York, NY.
- Norris, D. (2018-C4). Lecture 4 Sustainable Site Strategies. *Sustainable Design Retrieved from Columbia University GSAPP*. New York, NY.
- Olesen, B. W. (1982). Thermal Comfort, Technical Review to Advance Techniques in Acoustical Electrical and Mechanical Measurement. *Applied Ergonomics*(2), 3-37.
- Olesen, B. W. (1995, Nisan). International standards and the ergonomics of the thermal environment. *Applied Ergonomics*(4), 293-302.
- Olgyay, V. (2015). *Design with climate: Bioclimatic approach to architectural regionalism*. Princeton&Oxford, USA&UK: Princeton University Press.
- Peña, R. B. (2014). *Living Proof High Performance Building Case Study THE BULLITT CENTER*. Nisan 28, 2019 tarihinde Bullitt Center: <http://www.bullittcenter.org/wp-content/uploads/2015/08/living-proof-bullitt-center-case-study.pdf> adresinden alındı
- Pisani, J. A. (2006). Sustainable development – historical roots of the concept. *Environmental Sciences*, 3(2), 83-96.
- Smith, P. F. (2005). *Architecture in a Climate of Change A guide to sustainable design* (Second Edition b.). Burlington, MA: Elsevier.
- Szokolay, S. V. (2004). *Introduction to Architectural Science the Basis of Sustainable Design*. Burlington, MA, USA: Architectural Press,Elsevier Science.
- Tıgılı, F. (2018, Mayıs). Yeşil Bina Kavramının Günümüzdeki Durumuna Eleştirel Bir Bakış Ve Net Sıfır Enerjili Binalar İçin Bütünleşik Tasarım Sürecinin İncelenmesi . *Yüksek Lisans Tezi*. MSGSÜ.
- Terrapin Bright Green LLC. (2012, * *). *Terrapin Report*. March 13, 2019 tarihinde Terrapin Bright Green:

<https://www.terrapinbrightgreen.com/report/economics-of-biophilia/>
adresinden alındı

Thomas, M. A. (2016). *The Living Building Challenge, Roots and Rise of The World's Greenest Standard*. Portland, OR: Ecotone.

United Nation. (2012). *A Framework for Advancing Environmental and Social Sustainability in The United Nations System*. Environment Management Group. Geneva: United Nation.

United Nation. (2014). *World Urbanization Prospects The 2014 Revision*. New York: United Nation.

United Nation. (2015). *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. General Assembly. New York: United Nation.

United Nation. (2018). *World urbanization Prospects The 2018 Revision Key Facts*.
<https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-KeyFacts.pdf>,
New York.

URL 16. (tarih yok). *Search Product*. Kasım 19, 2018 tarihinde Vitro Architectural Glass: <http://search.vitroglazings.com> adresinden alındı

URL1. (2019). *Sürdürülebilir Kalkınma İçin Küresel Hedefler*. Ocak 21, 2019 tarihinde UNDP Türkiye Sosyal Fayda Zirvesi:
<http://www.sgsistanbul.org/surdurulebilir-kalkinma-hedefleri/> adresinden alındı

URL10. (2019). *Omega Center for Sustainable Living*. Kasım 7, 2018 tarihinde BNIM: <https://www.bnim.com/project/omega-center-sustainable-living> adresinden alındı

URL11. (tarih yok). *Software Development*. (A. Marsh, Prodüktör) Kasım 14, 2018 tarihinde andrewmarsh.com: <http://andrewmarsh.com/apps/staging/shading-box.html> adresinden alındı

URL12. (tarih yok). *PVwatts*. National Renewable Energy Laboratory:
<https://pvwatts.nrel.gov> adresinden alındı

URL13. (tarih yok). Mayıs 10, 2019 tarihinde U.S. Climate Data:
<https://www.usclimatedata.com/climate/seattle/washington/united-states/uswa0844> adresinden alındı

URL14. (tarih yok). *READ-ONLY VERSIONS OF ASHRAE STANDARDS*. Kasım 12, 2018 tarihinde ASHRAE:
https://ashrae.iwrapper.com/ViewOnline/Standard_90.1-2013_I-P adresinden alındı

URL15. (tarih yok). (E. W. Collaborative, Prodüktör) Kasım 19, 2018 tarihinde Commercial Windows: <https://www.commercialwindows.org/fdt.php> adresinden alındı

URL19. (2016, Ekim 21). *Fuel Cells And Renewable Hydrogen*. Mayıs 5, 2019 tarihinde Whole Building Design Guide:
<https://www.wbdg.org/resources/fuel-cells-and-renewable-hydrogen> adresinden alındı

URL2. (2019). *İklim Gönüllüleri*. Feb 12, 2019 tarihinde Dengeleme Nasıl İşler:

- <http://www.climatevolunteers.com/?page=dengeleme>Nasil adresinden alındı
- URL20. (2016). *Standards & Guidelines*. Nisan 25, 2019 tarihinde ASHRAE: [https://ashrae.iwrapper.com/ViewOnline/Standard_90.1-2016_\(IP\)](https://ashrae.iwrapper.com/ViewOnline/Standard_90.1-2016_(IP)) adresinden alındı
- URL3. (2019). *Declare*. Aralık 10, 2018 tarihinde International Living Future Institute: <https://living-future.org/declare/declare-about/> adresinden alındı
- URL4. (2019). *LBC Basics*. Şubat 27, 2019 tarihinde International Living Future Institute: <https://living-future.org/lbc/basics/#buildings-around-the-world> adresinden alındı
- URL5. (2019). *About Just*. Mart 10, 2019 tarihinde International Living Future: <https://living-future.org/just/> adresinden alındı
- URL6. (2015). *Dünya Siyasi Harita*. Mart 20, 2019 tarihinde Harita Genel Müdürlüğü Ulusal Haritacılık Kurumu: <https://www.harita.gov.tr/images/urunler/bb9caf96076d335.tif> adresinden alındı
- URL7. (2019). *Isıtma ve Soğutma Gün Dereceleri*. Nisan 15, 2019 tarihinde Meteoroloji Genel Müdürlüğü: <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/gun-derece.aspx?g=yillik&m=32-00&y=2018&a=02#> adresinden alındı
- URL8. (tarih yok). *direct-gain-glazing*. Kasım 16, 2018 tarihinde 2030palette.org: <http://2030palette.org/direct-gain-glazing/> adresinden alındı
- URL9. (tarih yok). *Commercial Windows*: <https://www.commercialwindows.org/fdt.php> adresinden alındı
- URL9. (2019). *Photo Galery*. Nisan 18, 2019 tarihinde Bullitt Center: http://www.bullittcenter.org/building/photo-gallery/?afg0_page_id=1#afg-0 adresinden alındı
- US. Department of Energy. (2019, April). *Energy.gov*. April 12, 2019 tarihinde Passive Solar Home Design: <https://www.energy.gov/energysaver/energy-efficient-home-design/passive-solar-home-design> adresinden alındı
- USGBC. (2014). *Green Building and LEED Core Concepts Guide* (Third Edition b.). Washington, DC: U.S. Green Building Council .
- Uslusoy, S. (2012). YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI KULLANAN ENERJİ ETKİN BİNALARIN YAPI BİLEŞENİ AÇISINDAN İRDELENMESİ. *Yüksek Lisans Tezi*. İzmir, Türkiye: Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Serdar Vardar

Doğum Tarihi ve Yeri : 07.07.1983, Kırklareli

Adress: New York/NY ABD

Yabancı Dili : İngilizce, Almanca

E-posta : servard@gmail.com

Linkedin : <https://www.linkedin.com/in/serdarvardar>



ÖĞRENİM DURUMU

2008-2019 : MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Bilgisi Programı Yüksek Lisans

2014-2018 :COLUMBIA UNIVERSITY, Graduate School of Architecture, Planning and Preservation, Advanced Certificate

2001-2008 : MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık

İŞ TECRÜBESİ

- | | |
|-------------|---|
| 2016 - | C3D Architecture LLC / Mimar/ New York/NY |
| 2015 - 2015 | Alpha Construction LLC / Mimar / New York/NY |
| 2015 - 2015 | Architecture for Humanity / Gönüllü / New York/NY |
| 2013 - 2013 | Habitat for Humanity / Gönüllü /New York/NY |
| 2011 - 2015 | Freelance / New York/NY |
| 2012 – 2012 | Studio Vural / Stajyer / New York/NY |
| 2009 - 2011 | Erginoğlu & Çalışlar Mimarlık / Mimar / İstanbul |
| 2006 - 2009 | Freelance / İstanbul |
| 2006 - 2007 | Atasoy Mimarlık / İstanbul |
| 2004 - 2005 | Gerekli Mimarlık / İstanbul |