
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
Gazi
1926

İKLİM BAĞLAMINDA DOĞAL HAVALANDIRMA ODAKLI MİMARİ TASARIMA DAİR BİR KILAVUZ ÖNERİSİ

Tuğbanur YILMAZ YÜCEL

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANA BİLİM DALI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ŞUBAT 2024

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Tuğbanur YILMAZ YÜCEL

06/02/2024

İKLİM BAĞLAMINDA DOĞAL HAVALANDIRMA ODAKLI MİMARİ TASARIMA DAİR BİR KILAVUZ ÖNERİSİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Tuğbanur YILMAZ YÜCEL

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Şubat 2024

ÖZET

Enerji verimliliği ve etkinliği, doğal kaynakların tükenme riski ve enerji arzındaki zorluklar nedeniyle sürdürülebilir bir dünya için önemli bir çalışma konusudur. Yapı sektörü, enerji tüketimi açısından dünya genelinde en yüksek paya sahip sektörlerden biridir. Yapının yaşam döngüsü boyunca tükettiği enerjinin büyük bir çoğunluğunu soğutma ve ısıtma kaynaklı enerji tüketimi oluşturmaktadır. Bu durum, doğal kaynak tüketimini azaltma açısından yapı sektöründe sürdürülebilir uygulamaların benimsenmesi ve enerji verimliliğine odaklanılması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda rüzgâr, enerji verimliliği için hayati çözümler sunmaktadır. Tez çalışması kapsamında, rüzgâr odaklı bir perspektifle, yapıların doğal havalandırması ve enerji tüketimini azaltmaya yönelik pasif sistemlerin sistematik bir yaklaşımla derlenerek tasarımcı ve araştırmacıların yararlanabileceği bir kılavuz hazırlanmıştır. Bu çerçevede; rüzgâr ve mimarlık ilişkisi, mimaride rüzgârın aktif ve pasif kullanımı, pasif sistemlerde rüzgârın kullanımının sınırlarını belirleyen; rüzgâr-enerji performansı yönetmelikleri, havalandırma ve iç hava kalitesi yönetmelikleri, geleneksel ve modern örnekler, çevresel ve tasarım faktörleri ile rüzgârın pasif sistemlerdeki farklı kullanım şekilleri olan tasarım elemanları detaylı olarak analiz edilmiştir. İncelemeler ve analizler sonucunda elde edilen verilerin tasnif edilmesi ve değerlendirilmesi ile rüzgâr odaklı pasif tasarım için kılavuz hazırlanmış; yapı geometrisi, yapı kabuğu olmak üzere 2 ana değerlendirme konusu ve bunlara bağlı alt değerlendirme konuları ile tasarım kılavuzu oluşturulmuştur. Alan çalışması kapsamında, Adana ilinde bulunan FNN Sürdürülebilirlik Merkezi binası hazırlanan kılavuz doğrultusunda değerlendirilerek çalışma tamamlanmıştır.

Bilim Kodu	:	80107
Anahtar Kelimeler	:	Rüzgâr ve mimarlık, sürdürülebilirlik, pasif tasarım, doğal havalandırma
Sayfa Adedi	:	223
Danışman	:	Prof. Dr. Figen BEYHAN

A PROPOSAL FOR A GUIDE ON NATURAL VENTILATION FOCUSED ARCHITECTURAL DESIGN IN A CLIMATE CONTEXT

(M. Sc. Thesis)

Tuğbanur YILMAZ YÜCEL

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

February 2024

ABSTRACT

Energy efficiency and effectiveness are major studies for a sustainable world due to the risk of depletion of natural resources and difficulties in energy supply. The construction sector is one of the sectors with the highest share in the world in terms of energy consumption. Most of the energy that is consumed by the building throughout its life cycle consists of energy consumption from cooling and heating. This situation reveals the necessity of adopting sustainable policies in the construction sector and focusing on energy efficiency in order to reduce natural resource consumption. In this context, wind presents vital solutions for energy efficiency. Within the scope of the thesis, a guide that designers and researchers can use has been prepared by compiling passive systems for the natural ventilation of buildings and reducing energy consumption with a wind-oriented perspective, with a systematic approach. In this context; the relationship between wind and architecture, active and passive use of wind in architecture, determining the limits of the use of wind in passive systems; wind-energy performance regulations, ventilation and indoor air quality regulations, traditional and modern examples, environmental and design factors, and design elements that represent different uses of wind in passive systems have been analyzed in detail. By classifying and evaluating the data obtained from the examinations and analyses, a guide for wind-oriented passive design was prepared and a design guide was created with 2 main evaluation topics: structure geometry, building enclosure, and related sub-evaluation topics. Within the scope of the field study, the FNN Sustainability Center building in Adana was evaluated in line with the prepared guide and the study was completed.

Science Code	:	80107
Key Words	:	Wind and architecture, sustainability, passive design, natural ventilation
Page Number	:	223
Supervisor	:	Prof. Dr. Figen BEYHAN

TEŞEKKÜR

Öncelikle yüksek lisans tezim boyunca verdiği paha biçilemez desteği ve değerli rehberliği için danışmanım Prof. Dr. Figen BEYHAN’ a en içten teşekkürlerimi sunmak isterim.

Beni her zaman destekleyen ve her zaman yanımda olduklarını hissettiren canım annem Ayşe YILMAZ’ a ve canım babam Seyfullah YILMAZ’ a tez çalışması sürecinde de yanımda oldukları ve desteklerini esirgemedikleri için bütün kalbimle teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresince, özellikle yoğun dönemlerde sağladığı destek ve kolaylıklar için sevgili eşim Hasanburak' a ve beni sabırla bekleyerek moral kaynağım olan biricik kızım Amine Ayşe'ye şükranlarımı sunmak isterim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET iv

ABSTRACT v

TEŞEKKÜR vi

İÇİNDEKİLER vii

ÇİZELGELERİN LİSTESİ x

ŞEKİLLERİN LİSTESİ xiii

RESİMLERİN LİSTESİ xvii

SİMGELER VE KISALTMALAR xviii

1. GİRİŞ 1

2. LİTERATÜR TARAMASI VE KAVRAMSAL ÇERÇEVE 11

2.1. Aktif Sistemler 17

2.2. Pasif Sistemler 20

2.2.1. Rüzgârın doğal havalandırma için kullanımı 21

2.2.2. Rüzgârın mimaride kullanıma dair yönetmelikler 36

2.3. Rüzgâr Odaklı Pasif Sistemlerin Kullanımını Etkileyen Faktörler 42

2.3.1. Çevresel faktörler 43

2.3.2. Tasarım faktörleri 50

2.4. Rüzgâr Odaklı Mimari Tasarım Elemanları 57

2.4.1. Rüzgâr kuleleri 58

2.4.2. Rüzgâr kepçeleri 66

2.4.3. Avlu 68

2.4.4. Maşrabiye 74

2.4.5. Atrium 76

Sayfa

2.4.6. Çift cidarlı cepheler 85

2.5. Rüzgâr Odaklı Pasif Tasarım Sistemlerinin Yer aldığı Örnek Binaların İncelenmesi 90

3. MATERYAL VE METOT 137

4. ALAN ÇALIŞMASI 145

4.1. Adana İli İklim Verileri 145

4.2. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi Binası Genel Bilgileri 145

4.3. Örnek Binanın Rüzgâr Odaklı Pasif Tasarım Kılavuzuna Göre Değerlendirilmesi ve Öneriler Geliştirilmesi 151

4.4. Tartışma 164

5. SONUÇ VE ÖNERİLER 167

KAYNAKLAR 171

EKLER 185

EK-1. Charlton 27 Binası analiz tablosu 186

EK-2. Davies Alpine House Binası analiz tablosu 188

EK-3. Merida House Binası analiz tablosu 190

EK-4. The Flow of Time House Binası analiz tablosu 192

EK-5. Gando Primary School Binası analiz tablosu 194

EK-6. Tokyo Gas Kouhoku NT Binası analiz tablosu 196

EK-7. Richmond Housing Cooperative Binası analiz tablosu 198

EK-8. The Gate Heliopolis Binası analiz tablosu 200

EK-9. Bloomberg's European HQ Binası analiz tablosu 202

EK-10. Vox Vertical Village Binası analiz tablosu 204

EK-11. Manitoba Hydro Place Binası analiz tablosu 206

EK-12. Aero Hive Binası analiz tablosu 208

Sayfa

EK-13. The Met Binası analiz tablosu 210

EK-14. Pearl River Tower Binası analiz tablosu 212

EK-15. Zerdüşt Sessizlik Kulesi Rüzgâr Kuleli Su Deposu Binası analiz tablosu..... 214

EK-16. Beijing coutyard house/ Siheyuan analiz tablosu..... 216

EK-17. House of Sallust / Antik roma evleri analiz tablosu..... 218

EK-18. Borujerdi House analiz tablosu 220

ÖZGEÇMİŞ 222

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 2.1. Sıcaklığın fiziksel etkileri 29

Çizelge 2.2. Aktivite durumuna göre ideal sıcaklık değerleri 29

Çizelge 2.3. Farklı mevsimlere göre farklı kuruluşların belirlemiş olduğu bağıl nem konfor aralıkları 30

Çizelge 2.4. Kullanıcı sağlığı açısından uygun sıcaklık ve uygun nem değerleri 30

Çizelge 2.5. Termal konfor- rüzgâr hızı ilişkisi 31

Çizelge 2.6. Beaufort Rüzgâr Skalası 32

Çizelge 2.7. Aktivitelere göre üretilen metabolik ısı enerji miktarları 34

Çizelge 2.8. TS EN ISO 7730 Standardına göre kıyafet katsayıları 36

Çizelge 2.9. TSE tarafından belirlenen rüzgâr-mimari enerji performansı ile ilgili standartlar 37

Çizelge 2.10. Uluslararası iç hava kalitesi standartları 38

Çizelge 2.11. Türk Standartları Enstitüsü tarafından geliştirilen iç hava kalitesi yönetmelikleri 38

Çizelge 2.12. ASHRAE standardına göre iç hava sınıfları 39

Çizelge 2.13. ASHRAE standardına göre farklı hava kategorilerine göre Gerekli debiler 40

Çizelge 2.14. LEED iç hava kalitesi kredilendirme sistemi 41

Çizelge 2.15. Sıcak- kuru ve Sıcak-nemli iklim bölgelerine göre rüzgar kulesi tasarım özellikleri 66

Çizelge 2.16. Sıcak- kuru ve Sıcak-nemli iklim bölgelerine göre avlu tasarımına ilişkin konseptler 73

Çizelge 2.17. Sıcak- kuru ve Sıcak-nemli iklim bölgelerine göre maşrabiye tasarımına ilişkin konseptler 76

Çizelge 2.18. Sıcak- kuru ve Sıcak-nemli iklim bölgelerine göre atrium tasarımına ilişkin konseptler 84

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 2.19. Sıcak- kuru ve Sıcak-nemli iklim bölgelerine göre çift cidarlı cephe tasarımına ilişkin konseptler 90

Çizelge 2.20. Hostel, Company Retreat and Training Center Binası analiz tablosu 91

Çizelge 2.21. Dano Secondary School Binası analiz tablosu 93

Çizelge 2.22. Zénith de Saint-Étienne Binası analiz tablosu 95

Çizelge 2.23. Zion Visitor Center Binası analiz tablosu 97

Çizelge 2.24. One Ocean Pavilion Binası analiz tablosu 99

Çizelge 2.25. Sanitas Bupa Headquarters Binası analiz tablosu..... 101

Çizelge 2.26. John and Frances Angelos Law Center Binası analiz tablosu 103

Çizelge 2.27. Biosciences Research Building Binası analiz tablosu..... 105

Çizelge 2.28. Kensington Oval Binası analiz tablosu 107

Çizelge 2.29. INES - French National Solar Energy Institute Binası analiz tablosu 109

Çizelge 2.30. Commerzbank Binası analiz tablosu 111

Çizelge 2.31. 30 St. Mary Axe Binası analiz tablosu..... 113

Çizelge 2.32. Capita Green Binası analiz tablosu..... 115

Çizelge 2.33. Unipol Group Headquarters Binası analiz tablosu 117

Çizelge 2.34. Wind Tower Binası analiz tablosu 119

Çizelge 2.35. Geleneksel Şanlıurfa Rüzgâr Yakalayıcıları analiz tablosu..... 121

Çizelge 2.36. Geleneksel İran Rüzgâr Kulesi analiz tablosu 123

Çizelge 2.37. Akil Sami House Binası analiz tablosu..... 125

Çizelge 2.38. Al- Nuri Hospital Binası analiz tablosu 127

Çizelge 2.39. House of Menander / Antik roma evleri analiz tablosu 129

Çizelge 2.40. İncelenen örnek yapılarda uygulanan doğal havalandırma sistemlerinin genel analizi 133

Çizelge 2.40. İncelenen örnek yapılarda uygulanan doğal havalandırma düzeninin kısa açıklaması..... 135

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 4.1. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi Bina Künyesi..... 147

Çizelge 4.2. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi binasının mevcutta var olan ve rüzgâr odaklı pasif tasarım kılavuzu çerçevesinde geliştirilen öneriler..... 160

Çizelge 4.3. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi Binası analiz tablosu..... 162

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 1.1. Tez akış şeması 9

Şekil 2.1. Rüzgârın oluşumu 12

Şekil 2.2. Persler ’in kullandıkları rüzgâr türbinleri 14

Şekil 2.3. Rüzgâr türbini elemanları 18

Şekil 2.4. Evaporatif soğutma temel çalışma prensibi 21

Şekil 2.5. Sektörlere göre enerji tüketimi dağılımı 22

Şekil 2.6. Rüzgârın yönü ve yapıdaki boşluk konumuna göre pozitif-negatif basınç bölgeleri 24

Şekil 2.7. Çapraz havalandırma 25

Şekil 2.8. Baca havalandırması 26

Şekil 2.9. Farklı yönlerden rüzgâr alabilen rüzgâr kulesi örneği 27

Şekil 2.10. Gece havalandırması çalışma prensibi 27

Şekil 2.11. Bina etrafında oluşan pozitif ve negatif basınç hareketleri 45

Şekil 2.12. Uzaklığına ve yüksekliğine göre ağaçların rüzgâr-bina etkileşimine etkisi . 46

Şekil 2.13. Peyzaj tasarımının rüzgâra yaptığı yönlendirici etki 46

Şekil 2.14. Peyzaj tasarımının rüzgârı hızlandırıcı etkisi 47

Şekil 2.15. Farklı yerleşim birimi yoğunluklarına göre rüzgârın hızlanması 47

Şekil 2.16. Koni tipi yerleşimin rüzgârı hızlandırıcı etkisi 48

Şekil 2.17. Yakın binaların rüzgârı yönlendirici etkisi 48

Şekil 2.18. İklim bölgelerine göre yapıların konumlandırılması 49

Şekil 2.19. Rüzgârın 45 derece açıyla etkidiğinde oluşan rüzgâr gölgesi 49

Şekil 2.20. Farklı plan tipine sahip yapıların rüzgâr ile etkileşimi 50

Şekil 2.21. Farklı plan tiplerine sahip yapılarda rüzgârın toplanması ve dağılması 51

Şekil **Sayfa**

Şekil 2.22. Farklı plan tiplerine göre oluşan pozitif ve negatif rüzgâr kuvvetler 51

Şekil 2.23. Farklı planlara sahip yapılarda oluşan rüzgâr gölgesi 52

Şekil 2.24. Farklı iç mekân tasarımlarına göre rüzgârın yapı içindeki hareketi 52

Şekil 2.25. Rüzgârın geliş yönüne ve açıklıklara göre mekân içindeki hava dolaşımı... 53

Şekil 2.26. Rüzgârın farklı geliş açılarına göre doğal havalandırma performansı..... 54

Şekil 2.27. Açıklıkların karşılıklı olmadığı durumlarda doğal havalandırma performansı 54

Şekil 2.28. Rüzgârın 90 derecelik açıyla geldiği durum için farklı açıklık konumlarına göre havalandırma senaryoları 55

Şekil 2.29. Rüzgârın eğik açıyla geldiği durum için farklı açıklık konumlarına göre havalandırma senaryoları 55

Şekil 2.30. İç mekân düzenleyiciler sonrası yeni doğal havalandırma performansları .. 56

Şekil 2.31. Düşey eksenli sistemlerde farklı açıklıklar için rüzgârın yapıya etkisi 57

Şekil 2.32. Jaluzi ve panjurların yapının havalandırmasına etkisi 57

Şekil 2.33. Rüzgâr kulelerinin çalışma prensipleri 58

Şekil 2.34. Tek açıklıklı rüzgâr kulesi tip planlar 59

Şekil 2.35. Rüzgâr Kulesi Kesit Gösterimi 60

Şekil 2.36. İki açıklıklı rüzgâr kulesi kesiti 60

Şekil 2.37. İki açıklıklı rüzgâr kulesi tip planları..... 60

Şekil 2.38. Dört açıklıklı rüzgâr kulesi hava sirkülasyon gösterimi 61

Şekil 2.39. Dört açıklıklı rüzgâr kulesi tip planları..... 61

Şekil 2.40. Bagh-e Dolat Abad kesiti 62

Şekil 2.41. Sekiz açıklıklı rüzgâr kulesi tip plan 63

Şekil 2.42. Rüzgâr kulelerinin bina formuna göre bölme elemanlarının kullanımı..... 64

Şekil 2.43. Rüzgâr Kulesi- eyvan- avlu hava akış şeması 65

Şekil 2.44. Şanlı Urfa'da bulunun bir yapıdaki rüzgâr kepçesinin hava akış gösterimi . 67

Şekil **Sayfa**

Şekil 2.45. Avlunun gün içerisinde çalışma şekli 69

Şekil 2.46. Gece-gündüz avludaki hava akışı 70

Şekil 2.47. Baruch Givoni'nin rüzgâr yakalama stratejisi 72

Şekil 2.48. Avlu içerisindeki S, W, h'nin gösterimi 73

Şekil 2.49. Atrium tipolojileri; merkezi atrium (a), üç tarafı çevrili atrium (b), sera tipi atrium (c), lineer atrium (d) 79

Şekil 2.50. İklime göre atrium tipi belirlenmesi 80

Şekil 2.51. Çatı Kanadı örneği, French National Solar Energy 84

Şekil 2.52. Çift cidarlı cephe sistemleri çalışma prensibi 86

Şekil 2.53. Çift cidarlı cephelerde doğal havalandırmanın genel prensibi 86

Şekil 2.54. Baca (şaft) tipi çift cidarlı cephenin havalandırma mekanizması 89

Şekil 3.1. Veri tabanının oluşturulması ve tasarım kılavuzunun geliştirilmesi süreci 137

Şekil 3.2. Rüzgâr odaklı pasif tasarım kılavuzu değerlendirme konuları (DK) 138

Şekil 3.3. Tasarım kılavuzu değerlendirme kararı 1-A (DK 1- A), Avlulu plan 140

Şekil 3.4. Tasarım kılavuzu değerlendirme kararı 1-B (DK 1- B), Atriumlu plan 141

Şekil 3.5. Tasarım kılavuzu değerlendirme kararı 1-C (DK 1- C), Açık form/ Eğrisel form 142

Şekil 3.6. Tasarım kılavuzu değerlendirme kararı 2-A (DK 2- A), Çatı tasarımı 143

Şekil 3.7. Tasarım kılavuzu değerlendirme kararı 2-B (DK 2-B), Cephe tasarımı 144

Şekil 4.1. Adana ili iklimsel verileri 145

Şekil 4.2. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi Vaziyet Planı 147

Şekil 4.3. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi Binası zemin kat planı 148

Şekil 4.4. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi 1. kat planı 149

Şekil 4.5. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi çatı katı planı 149

Şekil 4.6. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi Mekânsal Yönlenmeler 153

Şekil **Sayfa**

Şekil 4.7. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi binası avlu ve yan bahçe gösterimi 153

Şekil 4.8. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi binası güneş panellerinin yerleşimi 155

Şekil 4.9. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi binası yeşil çatının konumu 156

Şekil 4.10. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi binası konferans salonundan geçen kesit ... 157

Şekil 4.11. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi binası arşivden geçen kesit 157

Şekil 4.12. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi binası sistem kesiti 158

Şekil 4.13. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi binası hâkim rüzgâr yönü ve açıklıkların gösterimi 159

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim **Sayfa**

Resim 2.1. Roma dönemi avlulu yapı tipi 13

Resim 2.2. Fas geleneksel mimarisine özgü Kasbash yapıları 14

Resim 2.3. Mısırlılar tarafında geliştirilen rüzgâr kulesi Malkaf..... 15

Resim 2.4. Mega watt büyüklüğündeki ilk rüzgâr türbini 15

Resim 2.5. Johannes Juul tarafından geliştirilen türbin tasarımı 16

Resim 2.6. Geleneksel Kore mimarisi katmanları (a); kış (b), ilkbahar ve sonbahar (c) ve yaz (d) için açıklık tasarımları 16

Resim 2.7. Bahreyn Dünya Ticaret Merkezi rüzgâr türbinleri 19

Resim 2.8. Pearl River Kulesi'ne yerleştirilen düşey eksenli rüzgâr türbini 19

Resim 2.9. Eğik eksenli rüzgâr türbini örneği 20

Resim 2.10. Bagh-e Dolat Abad Bahçesi Rüzgâr Kulesi 62

Resim 2.11. Şanlıurfa'da bulunun bir yapıdaki rüzgâr kepçesi örneği 67

Resim 2.12. Geleneksel ve modern zaguan örnekleri 72

Resim 2.13. Maşrabiye örnekleri 74

Resim 2.14. Maşrabiyenin soğutma etkisi 74

Resim 4.1. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi konumu 146

Resim 4.2. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi görünüşler..... 150

Resim 4.3. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi binası merkezi avlu..... 154

Resim 4.4. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi üst kat ofis alanları..... 154

Resim 4.5. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi binası cephe kabuk görünüşü..... 158

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	**Açıklamalar**
met	Metabolik Isı
Clo	Giyim izolasyonu
ρ	Havanın birim hacim kütlesi
c	Havanın özgül ısısı
V'	Hacimce hava değişim debisi
n_h	Hava değişim oranı
V_h	Havalandırılan hacim

Kısaltmalar	**Açıklamalar**
ANSI	American National Standards Institute
GAT	Güney Anadolu Tamir Atölyesi
IEA	International Energy Agency
TS	Türk Standart
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
WHO	World Health Organization

1. GİRİŞ

18. yüzyılın başlarında gerçekleşen Sanayi Devrimi teknolojik anlamda büyük ilerlemeleri beraberinde getirmiştir. Yaşanan gelişmeler yoğun enerji kullanımını gerektirmiş ve buna bağlı olarak doğal kaynakların tüketiminin artmasına neden olmuştur. Çevresel bilincin yeterince oluşmadığı bu dönemlerde enerji kaynağı olarak fosil kökenli yakıtlardan yararlanılmıştır. 1970'li yıllarda, yaşanan enerji krizi ve fosil kökenli yakıtların çevreye zararlı etkileri insanların enerji kullanımına dair sorular sormasını sağlamıştır. Yapı sektörü, enerji tüketiminde en büyük paya sahip sektörlerin başında gelmektedir. Dünya genelinde üretilen enerjinin %40'ı yapı sektörü ve yapı sektörüne hizmet veren yan sanayi kolları tarafından tüketilmektedir (Sev, 2009a). Artan nüfus ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak dünya genelinde önemli bir hız kazanan üretim ve tüketim faaliyetleri ve enerji taleplerinin de günden güne artmasına neden olmuştur. Bu nedenle, mimaride sürdürülebilir, enerji verimli ve doğal çözümler aranmaya başlanmıştır (Sev, 2009b). Yapı sektöründe kullanılan enerji, inşası sırasında tüketilen enerji ve yaşam döngüsü sırasında tüketilen enerji olarak ikiye ayrılabilir. Yaşam döngüsü sırasında kullanılan enerjinin %65'ini soğutma ve ısıtma kaynaklı enerji tüketimi oluşturmaktadır (Yeang, 2012). Enerji tüketiminin azaltılması ise, iklime uygun tasarımlar ve doğal iklimlendirme çözümleri ile mümkündür.

Bu noktada rüzgâr, sürdürülebilir bir gelecek için hayati çözümler sunmaktadır. Hem doğal havalandırma hem de enerji üretimi sağlayan rüzgâr, yüzyıllardır yapı tasarımında göz önüne alınmaktadır. Yel değirmenleri ile başlayan bu süreç, çeşitli doğal havalandırma sistemleri ile devam etmiş ve nihayet gerek enerji üretim amacıyla gerek doğal havalandırma amaçlı kullanımları ile günümüze ulaşmıştır.

Rüzgâr ve mimari tasarım ilişkisi, yapının ısıtılması, soğutulması ve havalandırmasında önemli rol oynamaktadır. Bu bağlamda, mimari tasarım sürecinde rüzgâr odaklı bir tasarımın gözetilmesi, binanın tüketeceği enerjiyi doğrudan etkileyecektir. İklimin gözetildiği ve doğal havalandırma kriterlerinin göz önüne alındığı bir tasarım ile yapının havalandırması sağlanabilir, yapı içindeki kirli hava uzaklaştırılabilir. Bu kapsamda, bölgenin iklimi, yapı formu, yapı kabuğu, çatı formu, yapılı çevresi ve konumu önemli tasarım parametreleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Doğal havalandırma, temiz havanın yapıya girmesi, yapının

iç kısmına nüfuz etmesi ve kirli, kullanılmış havanın dışarı atılması adımlarından oluşmaktadır. Doğal havalandırmanın sistematik ve planlı bir şekilde kurgulanması ile mekanik sistemlere ihtiyaç duyulmayacak ya da azalacaktır.

Rüzgâr ve mimari tasarım ilişkisini inceleyen 3 temel tasarım parametresi; yapı geometrisi, çatı formu ve yapı kabuğudur. Yapı geometrisi, rüzgârı yönlendirerek, şiddetini etkileyerek doğal havalandırmayı doğrudan etkilemektedir. Yapı geometrisi, plan tipi (avlulu, atriumlu plan vb.), kat bahçeleri, açık form plan, eğri form plan gibi alt tasarım başlıklarına ayrılabilir. Yapı kabuğu, yapı ile rüzgârın etkileşim noktasıdır. Yapı kabuğu, cephe sistemleri, cephesinde bulunan açıklıkların tasarımları, konumları gibi alt tasarım başlıklarına ayrılabilir. Rüzgârın mimaride doğal havalandırma ve enerji üretim amacıyla kullanımı ile ilgili ülkemizde ve dünyada yapılmış olan çeşitli yayınlar bulunmaktadır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde, rüzgâr kulesi, rüzgâr bacası vb. tasarım elemanları kullanılarak sağlanan doğal havalandırma ile ilgili yapılmış çalışmalar ve rüzgâr enerjisi elde etme ile ilgili yapılmış çalışmalar olduğu görülmektedir. Rüzgârın mimari tasarıma etkisini inceleyen ve tasarım sürecinde tasarımcıya yol gösterecek kılavuz niteliği taşıyacak çalışmaların sınırlı olduğu tespit edilmiştir.

Sahar Tohidi, geleneksel mimari yöntemlerin pasif havalandırma performansındaki etkinliğini araştırdığı yüksek lisans tez çalışmasında yapıdaki açıklıkların, yapı içerisindeki havanın temizlenmesi ve havalandırma performansına etkisini incelemiştir (Tohidi, 2022).

Saeideh Najafinasab, “İran'daki geleneksel hamam yapılarında doğal havalandırma: Mirza Mehdi hamamı örneği” adlı yüksek lisans tezinde, geleneksel mimaride doğal havalandırmanın etkinliğini incelemiştir. Bu bağlamda, hesaplamalı akışkanlar dinamiği yöntemiyle doğal havalandırma ile insanların memnuniyeti ve termal konfor analiz edilmiştir (Najafinasab, 2022).

Abdallah Ahmed Ali, yüksek lisans tezinde rüzgâr bacasının doğal havalandırma etkinliğini incelemiştir. Bu bağlamda, Sudan’da bulunan rüzgâr bacaları analiz edilerek, yapının iç mekân konforu araştırılmıştır. Sonuç olarak, simülasyon programı (DesignBuilder) yardımıyla, rüzgâr bacalarının doğal havalandırma etkinliğini artıracak su destekli bir hibrid çözüm önerisi geliştirmiştir (Abdullah Ali, 2021).

Merve Dikmen, yüksek yapılarda doğal havalandırma etkinliğinde yapı kabuğunun önemini araştırmıştır. Bunun sonucunda, yapı kabuğunun sistematik bir şekilde planlanması ile etkili bir doğal havalandırma elde edilebileceğini ve tasarım sürecinde analiz programlarının ve prototip ölçekte testlerin yapılmasının doğal havalandırma etkinliğini artıracağını tespit etmiştir (Dikmen, 2016).

Polat Darçın, "Yapı içi hava kirliliğinin giderilmesinde doğal havalandırma ilkeleri" adlı yüksek lisans tez çalışması ile, doğal havalandırmanın yapı içerisindeki hava kalitesine etkisini araştırmıştır. Bu bağlamda etkin bir doğal havalandırma için gerekli tasarım kriterlerinin; iklim özelliklerinin dikkate alınması, bina yönlenmesi, konum gibi tasarım sürecinde belirlenmesi gerektiğini tespit etmiştir ve doğal havalandırmanın sürdürülebilir, enerji verimli ve konfor düzeyi yüksek yaşam alanları sunduğu sonucuna ulaşmıştır (Darçın, 2008).

Özge Şabanoğlu'nun yüksek lisans tezinde, hesaplamalı akışkanlar dinamiği yöntemleri kullanılarak, rüzgâr karakteristiklerinin doğal havalandırma performansına etkisi araştırılmıştır. Bunun sonucunda, rüzgâr karakteristiklerini dikkate alan bir doğal havalandırmanın enerji tüketimini azaltacağı tespit edilmiştir (Şabanoğlu, 2018).

Aılar Habıb Zadeh, 2018 yılında yapmış olduğu yüksek lisans tez çalışmasında, İran'da bulunan rüzgâr kulelerini incelemiştir. Sonuç olarak, İran gibi sıcak kuru iklim bölgeleri için doğal havalandırmanın, havalandırma ve soğutmayı etkin bir şekilde yapabildiğini tespit etmiştir (Zadeh, 2018).

Halil İbrahim Karagöz, 2017 yılında Gazi Üniversitesi'nde yapmış olduğu "Yüksek bina tasarımına yön veren bir araç olarak rüzgâr: Shanghai Kulesi örneği" adlı yüksek lisans tezinde, yüksek yapılarda rüzgâr enerjisinin kullanımını incelemiştir. Sonuç olarak, yüksek yapılarda rüzgâr enerjisi üretiminin, ekonomik tasarruf sağladığını tespit etmiştir (Karagöz, 2017).

Azizi ve Javanmardi, 2017 yılında yaptıkları çalışmada, yapılı çevrenin ve yapısal formun doğal havalandırmadaki etkinliğini incelemişlerdir. Bu bağlamda, Tahran şehrinde yapılan çalışmada öncelikle hesaplamalı akışkanlar dinamiği yardımıyla rüzgâr karakteristikleri elde edilmiştir. Analiz sonucunda, yapı yüksekliği ve aralarındaki boşlukların (yolların genişliği

vb.) rüzgâr basınç farkını, dolayısıyla doğal havalandırmayı etkileyen iki önemli etken olduğunu tespit etmişlerdir (Azizi ve Javanmardi, 2017).

Sacht ve Lukiantchuki 2017 yılında yapmış oldukları çalışmada, hesaplamalı akışkanlar dinamiği yardımıyla açıklık boyutlarının doğal havalandırmaya olan etkisini araştırmışlardır. Bu bağlamda, farklı açıklık boyutlarına sahip iki prototip geliştirilmiştir. Analiz sonucunda, açıklıkların boyutunun, rüzgârın geliş açısının ve yapının dış cephesinde ve iç kısımlarında bulunan açıklık boyutunun doğal havalandırmayı doğrudan etkilediği sonucuna ulaşmışlardır (Sacht ve Lukiantchuki, 2017).

Lei, Liu, Wang ve Li, 2017 yılında, kış aylarında sıcaklığın ciddi derecede düştüğü bir bölge için bile doğal havalandırmanın uygulanabileceğini göstermek için bir çalışma yapmışlardır. Bu bağlamda çalışma alanı olarak Pekin şehrinde bir öğrenci yurdu seçilmiş, yurtta kalan öğrencilere doğal havalandırma uygulamaları öncesi ve sonrasındaki duyguları sorularak anket yapılmıştır. Doğal havalandırmanın uyku kalitesine etkisi analiz edilmiştir. Analiz sonucunda, doğal havalandırma sayesinde iç mekân hava kalitesinin arttığını, fakat termal konforun azaldığını tespit etmişlerdir (Lei, Liu, Wang ve Li, 2017).

İnci Yuyucu, 2016 yılında yapmış olduğu çalışmasında, İstanbul'un çeşitli ilçelerinde bulunan farklı projelerin rüzgârla olan ilişkisini incelemiştir. Bu bağlamda öncelikle, Yapı Bilgi Modellemesi yazılımlarından olan Revit programı yardımıyla, seçilen projelere bulunduğu bölgelere ait iklimsel modelleme yapılmıştır. Akabinde, yapılar modellenerek, Flow Design programı yardımıyla rüzgâr tüneli testine tabi tutulmuştur. Yapılan analiz sonucunda, incelenen projelerin tasarımı sürecinde doğal havalandırma parametrelerinin göz önünde bulundurulmadığı tespit edilmiştir. Mimari tasarım sürecinde, yapının konum ve yönünün yanı sıra, yapı formunun ve yapı kabuğunun da dikkate alınarak tasarım yapılması ile verimli bir doğal havalandırma elde edileceği sonucuna ulaşılmıştır (Yuyucu, 2016).

Görkem Arslan 2015 yılında Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi'nde yapmış olduğu yüksek lisans çalışmasında, yüksek yapıların doğal havalandırma etkinliğini incelemiştir. Bu bağlamda, yüksek yapılarda doğal havalandırma amaçlı uygulanan stratejilere dair tablolar oluşturmuştur. Bunun sonucunda, yüksek bir yapıda etkin bir doğal havalandırma için öneriler sunmuştur (Arslan, 2015).

Volkan Gür 2015 yılında yapmış olduğu çalışmasında, iklim özelliklerinin doğal havalandırmaya etkisini incelemiştir. Farklı mevsim dönemleri için, rüzgârın kullanımının artması veya azalmasına dair çözüm önerileri sunmuştur. Bunun yanında, farklı mevsimlere göre, yapı kabuğunda doğal havalandırmayı sağlayan tasarım elemanlarının açılıp kapanabilir olması gerekliliğini tespit etmiştir (Gür, 2015).

Gizem Aşçı, 2015 yılında Beykent Üniversitesi'nde yapmış olduğu yüksek lisans tez çalışmasında, İstanbul şehrinde bulunan farklı yüksek yapıların doğal havalandırma performansını incelemiştir. Bu bağlamda, farklı yapı formlarına ve farklı rüzgâr geliş açısına sahip 5 yüksek yapı incelenmiştir. Flow Design programı kullanılarak yapılan analiz sonucunda, rüzgârın geliş açısına göre konumlanan yapıların daha iyi doğal havalandırma performansı sunduğunu, silindirik ve üçgen tasarıma sahip yapıların rüzgârın zararlı etkilerinden daha az etkilendiklerini tespit etmiştir (Aşçı, 2015).

Aflaki, Mahyuddin, Al-Cheikh Mahmoud ve Baharum, 2015 yılında yaptıkları çalışmada, sıcak nemli iklimlerde doğal havalandırma etkinliği araştırmıştır. Bu bağlamda, yapı kabuğundaki ve açıklıklarda bulunan tasarım elemanlarının doğal havalandırmaya etkisini incelemiştir. Analiz sonucunda, açıklık tasarımı, boyutu, yerleşimi, bina yönlenmesi ve havalandırma şaftları gibi olguların doğal havalandırmayı önemli ölçüde etkilediğini tespit etmişlerdir (Aflaki, Mahyuddin, Al-Cheikh Mahmoud ve Baharum, 2015).

Sıla Danık, 2014 yılında Ortadoğu Teknik Üniversitesi'nde yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında, etkin bir doğal havalandırma bağlamında çift cidarlı cephe tasarımını incelemiştir. Yapılan analizlere göre, çift cidarlı cephe tasarımlarının az sayıda mekanik havalandırma gerektiren durumlar dışında, doğal havalandırma ile yapının havalandırma ihtiyacını karşılayabilecek yeterlilikte olduğu sonucu elde edilmiştir (Danık, 2014).

İlker Karadağ, 2013 yılında Ortadoğu Teknik Üniversitesi'nde yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında, yüksek yapıların doğal havalandırma performansını incelemiştir. Doğal havalandırmayı etkileyen; sıcaklık, rüzgâr karakteristikleri, iklim özellikleri gibi parametrelerin yüksekliğe bağlı olarak doğal havalandırma etkinliklerini incelemiştir. Bunun yanında, yüksek yapılara özel doğal havalandırma prensiplerinin varlığını incelemiştir.

Yapılan çalışmalar sonucunda, yükseklik arttıkça özellikle rüzgâr hızının kritik bir öneme sahip olduğu ve etkin bir doğal havalandırma için çok sistematik bir tasarım sürecinin gerektiği sonucuna ulaşılmıştır (Karadağ, 2013).

Darçın ve Balanlı, "Yapılarda Doğal Havalandırmanın Sağlanmasına Yönelik İlkeler" adlı çalışmalarında doğal havalandırmanın etkinliğine dair tasarım kriterlerini incelemişlerdir. Bu bağlamda, yapılı çevre, iklim, yapının konumu, yönlenmesi ve yapı formunun doğal havalandırma performansını etkileyen önem parametreler olduğunu tespit etmişlerdir (Darçın ve Balanli, 2012).

Serpil Tosun, 2010 yılında Gazi Üniversitesi'nde yapmış olduğu "Bütünleşik mimarlık sistemleri: Rüzgâr türbinlerinin yüksek binalar ile bütünleşik tasarımı" adlı yüksek lisans tezinde, yüksek yapılarda rüzgâr türbinlerinin bütünleşik tasarımı ile enerji tüketimini incelemiştir. Sonuç olarak, yapı formu ve bütünleşme düzeyine göre rüzgâr türbinlerinin enerji üretim performanslarının değiştiğini tespit etmiştir (Tosun, 2010).

Enes Yaşa, 2004 yılında yapmış olduğu yüksek lisans tezinde, atrium ve avlulu yapıların doğal havalandırma performansı etkinliğini incelemiştir. Bu bağlamda, rüzgâr tüneli testi ile atrium ve avluların soğutma amaçlı enerji tüketimine etkisini araştırmıştır (Yaşa, 2004).

Sevgim Çakır, 2003 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi'nde yapmış olduğu yüksek lisans teziyle, doğal havalandırma etkinliği konusunda dikkate alınan farklı analiz yöntemlerini karşılaştırmıştır. Bu bağlamda, Avrupa Enerji Komisyonu tarafından geliştirilen AIOLOS yazılımı yardımıyla, İstanbul ilindeki çeşitli projeler için incelemeler yapmıştır. Analiz sonucunda, etkin bir doğal havalandırma için rüzgârın geliş açısının dikkate alınmasının ve açıklıkların buna uygun konumlandırılmasının gerekliliğini tespit etmişlerdir (Çakır, 2003).

Rüzgâr ve mimarlık ilişkisine dair yapılan çalışmalar incelendiğinde genellikle enerji üretimi veya belirli tasarım elemanlarına odaklanan doğal havalandırma çözümlerine dair çalışmalar yapıldığı görülmektedir. Rüzgârın sürdürülebilirlik ve verimlilik açısından olumlu özellikleri düşünüldüğünde rüzgâr odaklı bir mimari tasarımın araştırılması gereken çok önemli bir çalışma konusu olduğu görülmektedir.

Bu kapsamda, yapılacak olan tez çalışmasında problemin durumu / konunun tanımı, araştırmanın amacı ve önemi aşağıda açıklanmıştır.

Problem durumu / Konunun tanımı

Dünya genelindeki rüzgâr ve mimar odaklı tasarımların (doğal havalandırma vb.) geçmişten günümüze örneklerinin sunulması, rüzgârın mimaride aktif ve pasif kullanımlarının incelenmesi, rüzgârın mimaride kullanımına dair yönetmeliklerin incelenmesi, rüzgârın pasif sistemlerde kullanımını etkileyen çevresel, yapısal ve mimari tasarım ile ilgili faktörler, tasarım elemanları, rüzgârın mimaride pasif sistemlerde kullanıldığı geleneksel ve modern örneklerin incelenmesi ve bu örneklerin analizi ile rüzgâr odaklı mimari tasarım kılavuzu oluşturulması bu çalışmanın konusunu oluşturmaktadır.

Araştırmanın amacı

Tasarımcılar için rüzgârın mimaride kullanımı üzerine kapsamlı ve sistematik bir araştırma sunarak literatüre katkı sağlamak, rüzgâr odaklı mimari tasarımın teknik ve yöntemlerini belirleyerek sürdürülebilir bir mimari için karar destek sistemi geliştirmek tez çalışmasının amacını oluşturmaktadır.

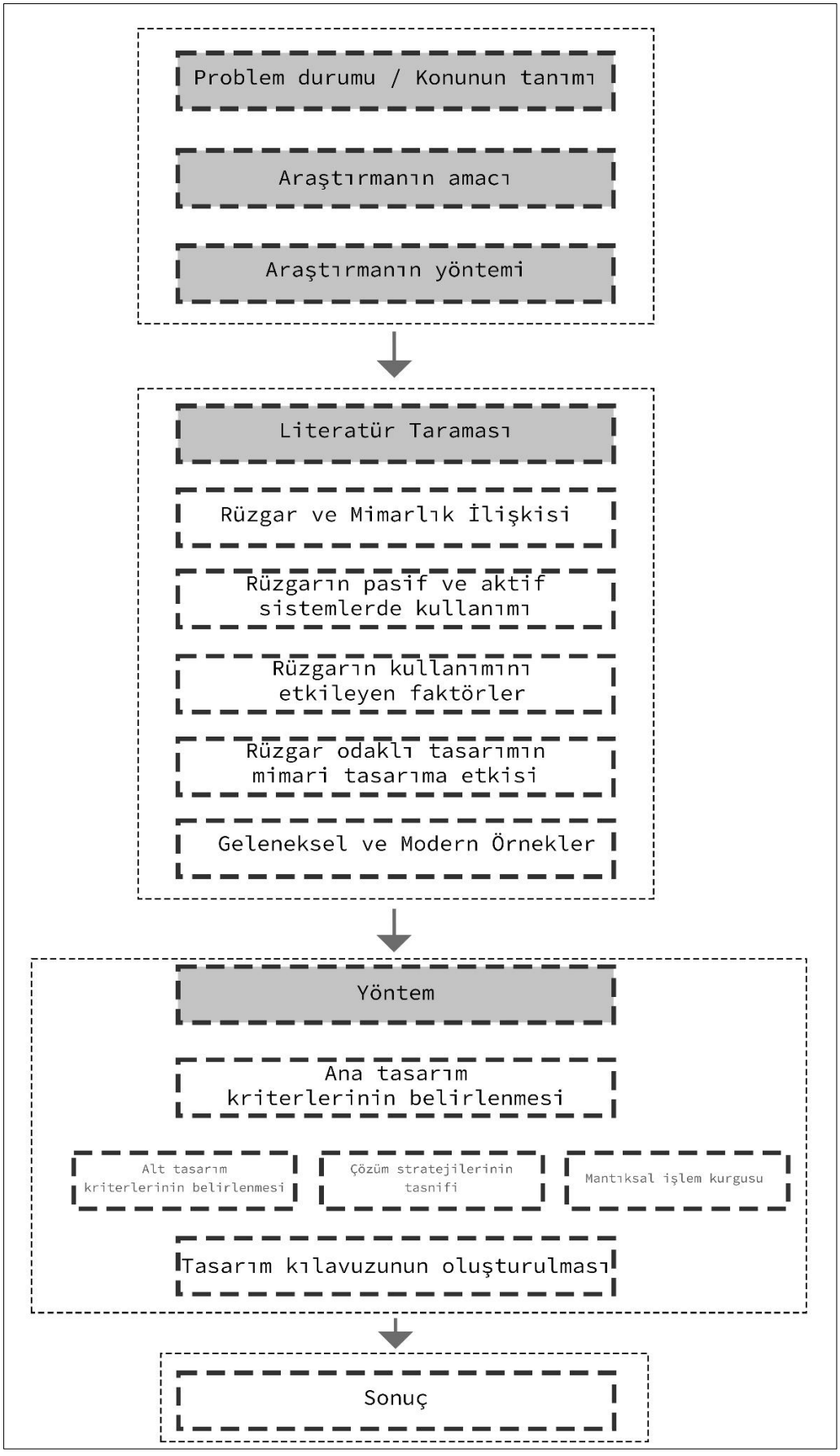
Araştırmanın yöntemi

Çalışma kapsamında 1. bölümde, rüzgâr odaklı mimari tasarımın önemi açıklanarak, rüzgârın mimaride kullanım türlerine kısaca yer verilmiştir. Sonrasında, rüzgârın mimaride enerji üretimi veya doğal havalandırma odaklı kullanımlarına dair yapılan akademik çalışmalardan bahsedilerek, bu konudaki literatür kısaca özetlenmiştir. Bunun yanında, çalışmanın konusu, araştırmanın amacı ve yöntemi açıklanarak 1.bölüm tamamlanmıştır.

Çalışmanın 2. bölümünde, öncelikle rüzgâr ve rüzgâr karakteristiklerine dair bilgiler verilmiştir. Sonrasında, geçmişten günümüze rüzgârın mimaride çeşitli amaçlarla kullanımına dair yapılmış uygulamalar açıklanmıştır. Bunun yanında, rüzgârın aktif sistemlerde kullanımı olarak kabul edilen enerji üretimi amaçlı kullanımı açıklanmıştır. Bu bağlamda, rüzgâr gülü gibi enerji üreten tasarım elemanlarına değinilmiştir. Takip eden bölümde, bu tez kapsamında çalışılan rüzgârın pasif sistemlerde kullanımı detaylı olarak

incelenmiştir. Sonrasında, ülkemizde ve Dünya'da rüzgârın mimaride kullanımına dair geliştirilen ve kabul edilen yönetmelikler incelenmiştir. Bu yönetmelikler rüzgâr-enerji performansı yönetmelikleri ve havalandırma ve iç hava kalitesi yönetmelikleri olarak ikiye ayrılabilir. Bu bölümün ilerleyen kısımlarında, rüzgârın mimaride kullanımını etkileyen 3 faktör; çevresel faktörler, yapı ile ilgili faktörler ve mimari tasarım ile ilgili faktörler açıklanmış olup tezin esas odak noktası olan mimari tasarım ile ilgili faktörler detaylı olarak incelenmiştir. Rüzgârın kullanımını etkileyen çevresel faktörler; iklim özellikleri (sıcak nemli, sıcak kuru, soğuk, ılıman iklim bölgesi) ve topografya olarak alt başlıklara ayrılmıştır. Rüzgârın kullanımını etkileyen yapı ile ilgili faktörler; yapılı çevre, yapının konumu ve yapının yönlendirilmesi alt başlıklarına ayrılmıştır. Tezin odak noktası olarak belirlenen mimari tasarım ile ilgili faktörler; yapının formu, yapı kabuğu çatı formu ve yapıdaki açıklıklar gibi alt başlıklara ayrılmıştır. Sonrasında, mimari tasarım elemanları detaylı olarak incelenmiştir. Takip eden bölümde, rüzgârın mimaride pasif sistemlerde kullanımına dair geleneksel ve modern örnekler incelenerek kimlik kartları oluşturulmuştur.

Çalışmanın 3. bölümünde iki önemli mimari tasarım unsuru, yapı geometrisi ve yapı kabuğu detaylı olarak incelenmiştir. İlk olarak yapı formu; avlulu plan, atriumlu plan, rüzgâr akışını yapıya alan açık form plan, rüzgâr akışını hızlandıran eğri form plan alt başlıklarına ayrılarak analiz edilmiştir. Çeşitli parametrelere göre (iklim bölgesi vb.) yapının formunun nasıl olması gerektiğine dair bilgiler sunulmuştur. Sonrasında, yapı kabuğu çatı tasarımı başlığı altında; yükselen çatı-eğik çatı, yükseltilmiş çatı, rüzgâr kepçeleri ve çatı kanatları alt başlıklarına ayrılarak incelenmiştir. Bu bağlamda rüzgâr odaklı optimum bir tasarım için seçilmesi gereken çatı tipine dair yol gösterici bilgiler sunulmuştur. Son olarak cephe tasarımı incelenmiştir. Cephe tasarımı ana başlığı; pencere boyutları (plan ve kesit düzlemindeki yerleşimleri), çift cephe, kinetik cephe ve rüzgâr kulesi alt başlıklarına ayrılacak incelenmiştir. 2 ana mimari tasarım kriterine dair yol gösterici bilgiler sunulduktan sonra, tasarımcılar için karar destek sistemi tablosu geliştirilmiştir. Çalışmanın 4.bölümünde alan çalışması olarak belirlenen FNN Sürdürülebilirlik Merkezi binası geliştirilen tablolar doğrultusunda incelenmiş ve doğal havalandırma odaklı öneriler geliştirilmiştir. Çalışmanın 5.bölümü sonuç ve önerilerin yer aldığı bölümdür. Yapılan tez çalışmasının akış şeması aşağıdaki Şekil 1.1'de özetlenmiştir.

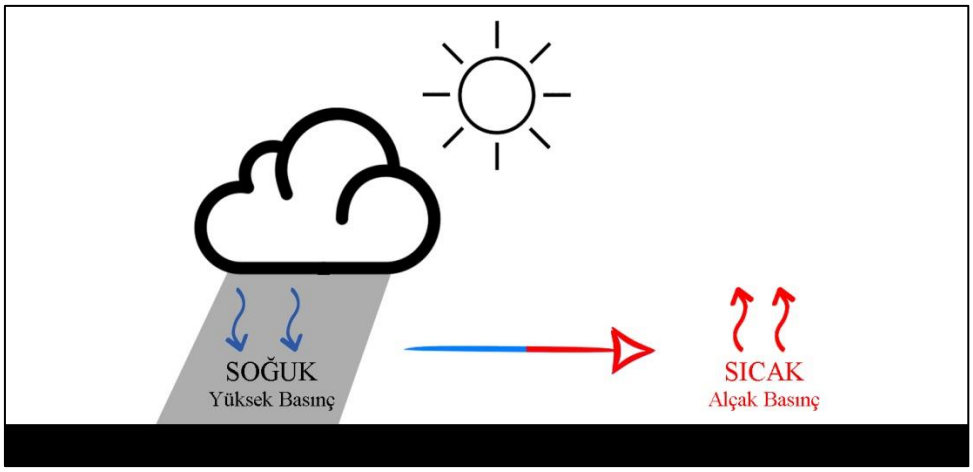


Şekil 1.1. Tez akış şeması

2. LİTERATÜR TARAMASI VE KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Rüzgâr, yeryüzüne paralel ve paralele yakın doğrultuda havanın yer değiştirmesi sonucu oluşan bir doğa olayıdır. Dünyanın şekli ve süreklilik halindeki hareketiyle yeryüzünün düzgün olmayan yapısından dolayı yüzeydeki eşit olmayan ısınma ve soğumalar sonucunda oluşan kuvvetlerin oluşturduğu hava hareketleridir. Yeryüzünde meydana gelen sıcaklık değişimleri, çeşitli basınç bölgelerinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu durum, hava kütlelerinin yüksek basınçtan alçak basınca doğru hareket ederek rüzgarları oluşturmasına yol açmaktadır. Sıcak bölgeler alçak basınç alanlarını, soğuk bölgeler ise yüksek basınç alanlarını oluşturmaktadır. İki bölgedeki basınç farkının büyüklüğü ile rüzgârın hızının büyüklüğü arasında orantı vardır ve bu iki bölge arasındaki basınç değerlerinin eşitlenmesi halinde rüzgâr durmaktadır.

Dünya yüzeyinin tamamı güneşten gelen ısıya aynı tepkiyi göstermez. Örneğin, deniz ve okyanusların ısınması ve soğuması kara parçalarına kıyasla daha yavaş gerçekleşmektedir. Isınma ve soğuma hızlarındaki bu farklılıktan dolayı kara ve denizlerde bu alanların nem ve sıcaklığından etkilenmiş hava kütleleri oluşmaktadır. Kara parçasında gündüzleri ısınan sıcak hava yükselerek yerini denizlerden gelen soğuk havaya bırakmaktadır. Bundan dolayı gündüzleri deniz yüzeyinden kara parçasına doğru deniz meltemleri ve geceleri ise karadan deniz istikametine doğru kara meltemleri oluşmaktadır. Kara parçalarında yer alan vadiler ve dağlar arasında oluşan rüzgârlar da deniz ve karalar arasında oluşan meltemlere benzer şekilde oluşmaktadır. Günün ilk saatlerinde vadide bulunan soğuk hava güneş ışınlarıyla ısınarak dağlara doğru yükselir. Güneş ışınlarının kaybolması ile dağlardaki hava soğur ve özgül ağırlığı sebebiyle alçalır ve yeniden vadilere iner. Bu tip rüzgârlar hızlı basınç değişimlerine uğramadıkları için bazı yerlerde enerji kaynağı olarak kullanılması açısından yetersiz kalabilmektedir. Kara parçalarının yüzeysel yapılarına ve homojen olmayan ısınmalarından dolayı rüzgâr farklı özelliklere ve zamansal farklılıklara sahip olmaktadır. Rüzgârın etkisini tesirli hale getiren önemli kriterler coğrafi konum, rüzgâr hızı, yönü, frekansı, yüzeyin yapısı ve yüzeydeki yükseklik farklarıdır. Şekilde rüzgârın oluşumunu gösteren alçak-yüksek basınç hareketleri Şekil 2.1'de görülmektedir.



Şekil 2.1. Rüzgârın oluşumu (yazar tarafından oluşturulmuştur)

Rüzgâr enerjisi, bütün yenilenebilir enerji kaynaklarının temeli olan güneş enerjisinin dönüşüme uğraması ile oluşmaktadır. Rüzgâr enerjisi, Güneş'in atmosferi ve dünyayı eşit bir şekilde ısıtamamasından kaynaklanan sıcaklık ve basınç farklılıkları sonucu ortaya çıkar ve güneş enerjisinin yaklaşık %2'sinin dönüşmüş halidir. Çevre dostu olması, tükenme riskinin olmaması, kaynak bakımından zengin olması, dışa bağımlı olmaması ve işletme maliyetlerinin düşük olması nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemlilerinden biri olmaktadır.

Dünya'da enerji ihtiyacının her yıl arttığı bu günlerde doğal kaynakların kullanımı ve enerji dönüşümü uygulamaları sürdürülebilir bir dünya için kritik öneme sahiptir. Bu bağlamda rüzgâr enerjisi, doğal ve çevre dostu olması, tasarımsal ve teknolojik müdahaleler ile kullanılabilir olması ve kolay erişilebilirliği sayesinde sürdürülebilir bir gelecek için önemlidir.

Yapısal sebeplerden kaynaklanarak, bina bileşenlerinden başlayarak kent, bölge, ülke gibi farklı ölçeklerdeki planlama ve tasarım çalışmalarında, rüzgâr asırlardır kendisini kabul ettirmiş doğal bir faktör olmuştur (Ok, 1995). Rüzgârdan korunmak amacıyla bina ölçeğinden kent ölçeğine kadar yöntem sorgulayan ve geliştiren insanoğlu zamanla rüzgârdan ve barındırdığı enerjiden faydalanmanın da yollarını bulmuştur. 1973 yılında dünya çapında yaşanan enerji kriziyle birlikte enerjinin verimli kullanımı önem kazanmış ve doğal enerji kaynaklarının kullanımı artmıştır. Bu durum tükenmez ve çevre dostu olan rüzgârın kullanımını da yaygınlaşmıştır. Rüzgâr yapılarda pasif ve aktif sistem olarak kullanılabilmektedir. Pasif sistemlerde yapının iç mekânının havalandırılması, yapının

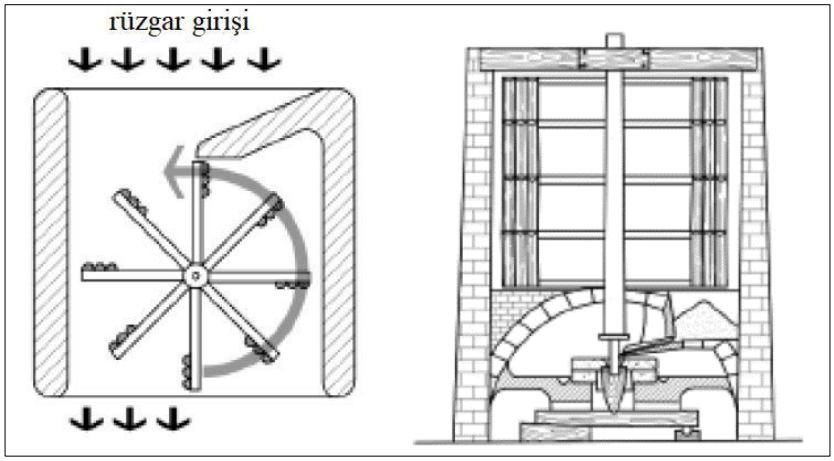
soğutulması amacıyla kullanılmaktadır. Aktif sistemlerde ise bina bağımsız rüzgâr türbinleri, bina-monte rüzgâr türbinleri ve bina-entegre rüzgâr türbinleri olarak enerji üretmek amacıyla kullanılmaktadır.

Sürdürülebilir bir dünyada önemli rol oynayan rüzgâr enerjisinin kullanımı eski çağlara dayanmaktadır. Geçmişten günümüze rüzgâr, doğal havalandırma, mekânın soğutulması ve ihtiyaç duyulan enerjinin üretimi gibi amaçlarla mimari yapılarda kullanılmıştır. MÖ 5000'li yıllarda Nil Nehri üzerindeki yelkenlilere güç sağlanırken rüzgâr enerjisinin kullanımı keşfedilmiştir. Sonrasında, Japan araştırma grubu tarafında yapılan arkeolojik kazılarda, İran'ın Yezd kentinde MÖ 4000'lü yıllarda rüzgâr kulelerinin kullanıldığı tespit edilmiştir (Mahyari, 1997). MÖ 3000'li yıllara gelindiğinde, Pers İmparatorluğunun ateş tapınağının kalıntıları etrafında baca benzeri yapılara sahip rüzgâr kuleleri keşfedilmiştir. MÖ 17. Yüzyılda, Babil krallığı rüzgâr enerjisini sulama amacıyla kullanırken, aynı dönemde Çin' de ise pirinç tarlalarının sulamasında yararlanılmıştır. MÖ 3. yüzyılda Roma'da doğal havalandırma ve doğal aydınlatma amaçlı geliştirilen atrium benzeri yapılar Resim 2.1'de görülmektedir.



Resim 2.1. Roma dönemi avlulu yapı tipi (Vethanayagam ve Abu-Hijleh, 2019)

MÖ 1300'lerde Mısır imparatoru Nebamun'un, rüzgâr kuleleri inşa ettirdiği keşfedilmiştir. MS 7. Yüzyıl'a gelindiğinde, İskenderiye'de ilk defa yel değirmenleri kurularak rüzgâr enerjisinden yararlanılmıştır. Bunun yanında, dikey eksenli rüzgâr değirmenleri ile Persler rüzgâr enerjisinden yararlanmışlardır (Şekil 2.2) (Celayir, 2008).



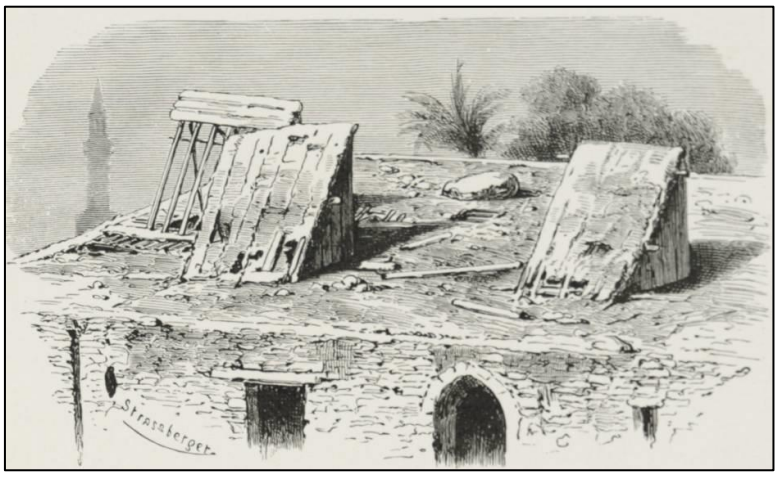
Şekil 2.2. Persler 'in kullandıkları rüzgâr türbinleri (Cheremisinoff, 1978)

12.yüzyıla gelindiğinde yel değirmenleri, Fransa ve İngiltere'de yaygınlaşmaya başlayarak tarımsal öğütme, su pompalama gibi eylemler için kullanılmış ve hızlıca yayılmıştır. Bunun yanında, 12. yüzyılda Fas geleneksel mimarisinde geliştirilen Kasbash adlı yapılar, yüksek yapılı, küçük pencereli mimarileri ve birbirlerine yakın olarak inşa edilmeleri sebebi ile soğuk havayı konveksiyon yoluyla avlusuna alacak ve bu hava evin içine doğru yükselerek gün boyunca serin kalma sürecine destek olacak şekilde tasarlanmıştır (Resim 2.2).



Resim 2.2. Fas geleneksel mimarisine özgü Kasbash yapıları (Rezzoug ve Boussora, 2021)

18. yüzyılın sonunda Mısırlılar geliştirdikleri rüzgâr kulesi sistemi (Malkaf) ile güçlü-düşük seviyeli rüzgârlardan etkili bir şekilde yararlanabilecek rüzgâr kulesi geliştirmişlerdir (Resim 2.3).



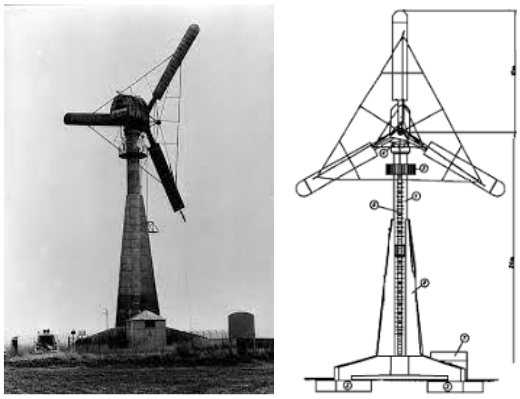
Resim 2.3. Mısırlılar tarafında geliştirilen rüzgâr kulesi Malkaf (Bekleyen, 2019a)

1890 yılında Amerika'da, elektrik üretmek amacıyla rüzgâr türbinlerinin ilki yapılmıştır. 1918 yılında, kırsal yerleşim merkezlerinin aydınlatılması için rüzgâr türbinleri yerleştirilmiştir. İkinci Dünya Savaşı ile rüzgâr enerjisine olan talep artmış, 1941 yılında ilk defa mega watt büyüklüğünde enerji üreten Smith–Putnam rüzgâr türbini yapılmıştır (Resim 2.4).



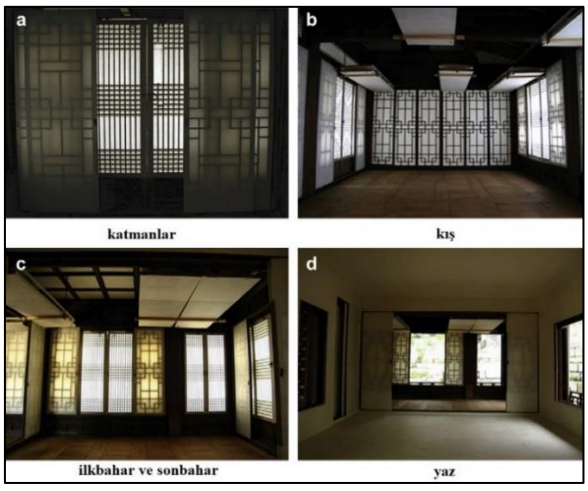
Resim 2.4. Mega watt büyüklüğündeki ilk rüzgâr türbini (Gipe ve Möllerström, 2023)

1957 yılına gelindiğinde, Johannes Juul tarafından günümüzdeki kullanılan türbinlere oldukça benzer, yatay eksenli rüzgâr türbini geliştirilmiştir (Resim 2.5).



Resim 2.5. Johannes Juul tarafından geliştirilen türbin tasarımı (Gipe ve Möllerström, 2023)

Yüzyıllar boyunca doğal havalandırmaya çok önem veren geleneksel Kore mimarisi, rüzgârı etkin bir şekilde kullanmıştır. Dut ağaçlarından elde ettikleri Hanji adını verdikleri 2-3 katlı bir kâğıt ile doğal havalandırmadan etkin bir şekilde yararlanırken, düşük ısı geçirgenliği ve yüksek gün ışığı kullanımı elde etmişlerdir. Hanji kağıtlarının farklı sayıda katmanlarla kullanılması ile 4 mevsim iklim koşulları için etkili doğal havalandırma, ısı ve gün ışığı stratejileri geliştirilebilmiştir. Resimde farklı iklimler için Hanji kağıtları ile geliştirilen geleneksel Kore mimarisinin farklı mevsimlere göre açıklık örnekleri görülmektedir (Resim 2.6).



Resim 2.6. Geleneksel Kore mimarisi katmanları (a); kış (b), ilkbahar ve sonbahar (c) ve yaz (d) için açıklık tasarımları (Lee, 2023)

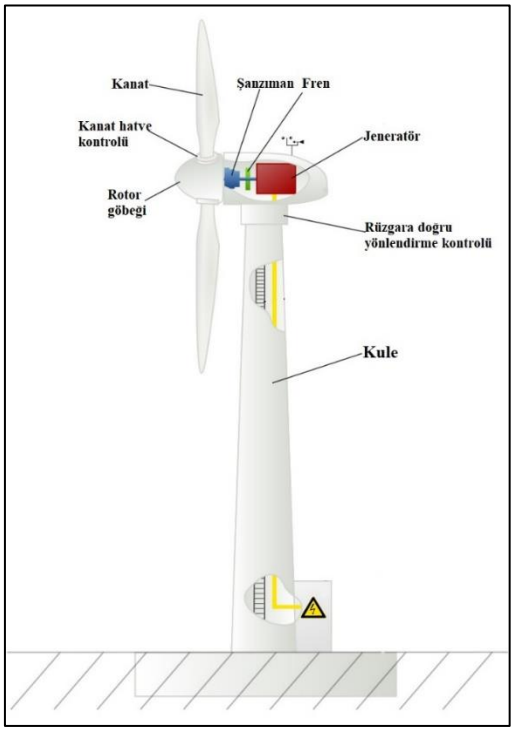
Yukarıda açıklandığı üzere rüzgâr, sürdürülebilir, uygun fiyatlı ve ulaşılabilirliğinin kolay olması nedeniyle, pasif ve aktif sistemlerde yüzyıllardır kullanılmaktadır. Bunun yanında, geleneksel mimariye ait bu çözümler geliştirilerek, güncellenerek modern mimari yapılarda da kullanılmaktadır. Yapının doğal havalandırması, soğutulması gibi pasif sistemlerde kullanılabilirken; enerji üretimi amaçlı aktif sistemlerde de kullanılmıştır. Bu tez esas olarak rüzgârın pasif sistemlerde kullanımını araştıracak olup, aktif sistemlerde kullanımı da ana hatlarıyla açıklanacaktır.

2.1. Aktif Sistemler

Rüzgâr, aktif sistemlerde rüzgâr türbini ile enerji üretimi amaçlı kullanılmaktadır. İnsanoğlu MÖ 5000'li yıllardan beri rüzgâr enerjisinden faydalanmaktadır. 1772 yılında ise Andrew Meikle ve Stephen Hooper tarafında ilk rüzgâr türbinleri geliştirilmiştir (Shepherd, 2009). Rüzgâr türbinlerinden elektrik enerjisi üreten ilk sistem 1891 yılında Danimarka'da kuruldu. 1990'larda yaşanan petrol krizi rüzgârın sağladığı enerjiye olan ilgiyi artırdı. 2000'li yılların başından itibaren birçok ülkede rüzgâr santralleri kurulmaya başlandı. Bunun sonucunda, 2005 yılında 59.091 MW olan küresel rüzgâr enerjisi kapasitesi, 2016 yılında 486.749 MW'a yükseldi. Rüzgâr türbini çalışma prensibi olarak, rüzgârın kinetik enerjisi mekanik enerjiye çevirir sonrasında elektrik enerjisine dönüştürülerek sürdürülebilir bir enerji üretimi gerçekleştirilir. Modern bir rüzgâr türbinin başlıca parçaları:

- Rotor, rüzgârın barındırdığı kinetik enerjiyi mekanik enerjiye dönüştürür,
- Dişli çark, rotor'u hızlandırır,
- Jeneratör, mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürür,
- Fren, rüzgârın belirli hız eşiklerini aştığı durumlarda türbini yavaşlatır veya tamamen durdurur,
- Yönlendirici, türbini rüzgâr yönüne göre yönlendirir,
- Transformatör, jeneratör voltajını düzenler,
- Kule, yatay rüzgâr türbin tipinin stabilizasyonunu sağlayan kısımdır,
- Kanat, rüzgâr türbinin en önemli kısımlarındandır, kinetik enerjinin mekanik enerjiye dönüşmesini sağlayan parçadır. Türbinler 1, 2, ya da 3 kanattan oluşabilir.

Açıklanan parçaları içeren modern bir rüzgâr türbini tipi örneği aşağıda görülmektedir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Rüzgâr türbini elemanları (Kaya ve Koç, 2015)

Rüzgâr türbinleri, eksen yapılarına göre üç temel sınıfta sınıflandırılmıştır: yatay eksenli rüzgâr türbinleri, düşey eksenli rüzgâr türbinleri ve eğik eksenli rüzgâr türbinleri.

Yatay eksenli rüzgâr türbinleri

Dönme ekseni rüzgâr yönüne paralel uzanan ve kanatları ise rüzgâr yönüne dik olan türbinlerdir. Bu tip türbinlerde rüzgâr yönüne doğru yönlendirme, alınan verimin artırılması açısından önemlidir. Bunun için türbini sürekli olarak rüzgâr yönünde yönlendiren elektromanyetik bölümler bulunmaktadır. Yaklaşık olarak %45 verim ile çalışır. Verimli olmaları sebebiyle ticari amaçlı uygulamalarda yatay eksenli rüzgâr türbinleri kullanılmaktadır (Semizoğlu, 2009). Resimde Bahreyn Dünya Ticaret Merkezi'ne yerleştirilen yatay eksenli rüzgâr türbini örneği görülmektedir (Resim 2.7).



Resim 2.7. Bahreyn Dünya Ticaret Merkezi rüzgâr türbinleri (Bas ve Smith, 2008)

Düşey eksenli rüzgâr türbinleri

Dönme eksenleri rüzgâr yönüne dik olan türbinlerdir, kanatları da düşey pozisyondadır. Yatay eksenli rüzgâr türbinlerine göre avantajı, rüzgâr yönünden bağımsız olarak çalışabilmeleridir. Yaklaşık olarak %35 verim ile çalışırlar. Resimde Pearl River Kulesi'ne yerleştirilen düşey eksenli rüzgâr türbini örneği görülmektedir (Resim 2.8).



Resim 2.8. Pearl River Kulesi'ne yerleştirilen düşey eksenli rüzgâr türbini (Li, Shu ve Chen, 2016)

Eğik eksenli rüzgâr türbinleri

Dönme eksenleri düşey ama rüzgâr yönünde bir açıya sahip olan rüzgâr türbinleridir. Bu eğimin amacı, rüzgâr toplama kapasitesinin artırılmasıdır. Yatay ve düşey eksenli rüzgâr türbinlerine göre kullanım alanları sınırlıdır. Resimde eğik eksenli bir rüzgâr türbini örneği görülmektedir (Şekil 2.9).

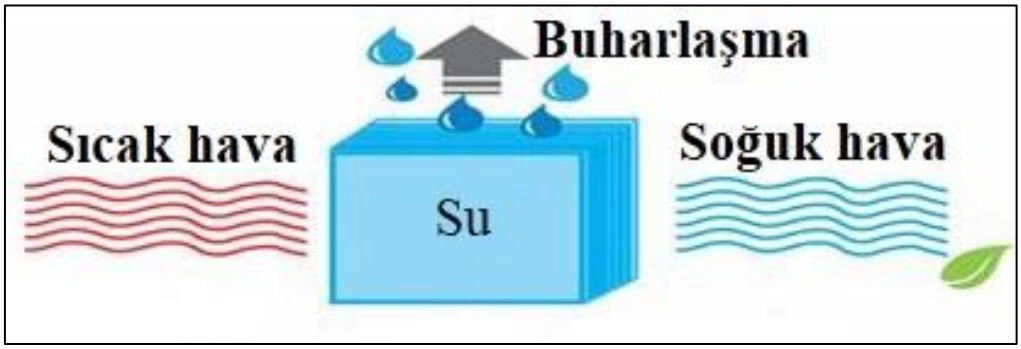


Resim 2.9. Eğik eksenli rüzgâr türbini örneği (Senga, Umemoto ve Akimoto, 2022)

2.2. Pasif Sistemler

Rüzgârın pasif sistemlerde kullanımı, yüzyıllardır uygulanan bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım sayesinde binaların soğutma ve havalandırması gerçekleştirilebilir. Pasif sistemlerin kullanımı, planlama aşamasında alınan kararlar ve tasarım aşamasında kullanılan malzemeler ile hayata geçirilir. Bu sistemlerde, rüzgâr belirli tasarım elemanları ve özel malzemelerle iç mekânlarda toplanır, depolanır ve dağıtılır (Demircan ve Gültekin, 2017). Rüzgârın pasif sistemlerde temel 2 kullanım amacı soğutma ve doğal havalandırmadır. Soğutma amaçlı olarak evaporatif soğutma yöntemleri kullanılmaktadır. Su ve havanın birlikte kullanıldığı bu sistem yüzyıllardır kullanılan bir sistemdir. Geçmişte, insanlar yöresel kapları su ile doldurup, hava girişlerine yerleştirerek yaşadıkları mekânları soğutmuşlardır. Evaporatif soğutmanın temel prensipleri, sıcak hava ile su temas ettiğinde, su havadaki ısıyı emer ve buharlaşır. Bu noktada, hava ısı enerjisini kaybettiği için sıcaklığı

düşmektedir. Isı enerjisini kaybetmiş hava, binaya girerek soğutucu etki yapmaktadır. Aşağıda şekilde evaporatif soğutmanın çalışma prensibi görülmektedir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Evaporatif soğutma temel çalışma prensibi
(Caruana, De Antonellis, Marocco ve Guilizzoni, 2023)

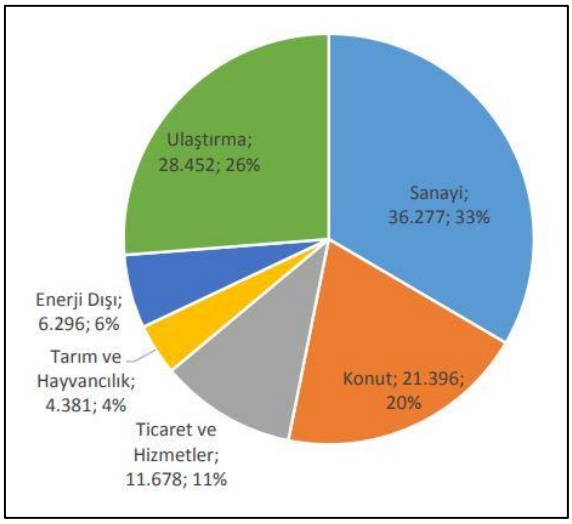
Tez kapsamında temel olarak rüzgârın pasif sistemlerde kullanım amaçlarından doğal havalandırmaya odaklanılacak ve tezin ilerleyen bölümlerinde detaylı bir şekilde açıklanacaktır.

2.2.1. Rüzgârın doğal havalandırma için kullanımı

Sürdürülebilir mimari, tasarımını şekillendiren çok sayıda pasif çevresel faktörü bünyesinde barındırır. Binaların mekânsal düzenlemesi, yapı ve çevresi arasındaki ilişki, iç ve dış mekânların konforu dikkatle değerlendirilmesi gereken tasarım konularıdır. Bu bağlamda rüzgâr doğal havalandırmayı pasif olarak sağlayan önemli bir faktör olarak öne çıkmaktadır. Mekanik sistemlere başvurmadan, doğal havalandırma, çevredeki taze havanın bir yapının içine çekilmesi ve aynı zamanda bu yapı içindeki kirli havanın dışarı atılması olarak tanımlanmaktadır (Sev ve Özgen, 2003). Doğal havalandırmadan yararlanma amacıyla tasarlanan binalarda, hava akımı bina içinde serbestçe dolanabilmelidir. Bu nedenle binanın farklı mekânlarının nasıl birleştiği, nasıl bir araya geldiği hava sirkülasyonu açısından önemli olmaktadır. Bu bağlamda, doğal havalandırmanın yapı, yapı kabuğu özellikleri, enerji kullanımı, biçimi, mekânsal organizasyon, insan konforu ve sağlığı kriterlerinin birlikte düşünülerek tasarlanması gerekmektedir.

Azot ve oksijenin büyük bir oranla oluşturduğu hava, hayvanlar, bitkiler ve insanların yaşaması ve konforlu bir yaşam sürmesi açısından kritik öneme sahiptir. Bu çerçevede, iç

mekanları havalandırmak, konforlu yaşam alanları sunar. İç mekân hava kalitesi, ısıl konfor ve enerji tasarımı, bina tasarımında önemli birer kriter olarak karşımıza çıkar. Havalandırma, ortamdaki koku partikülleri, uçucu organik bileşenler ve aynı zamanda kullanıcılar için rahatsız edici olan nemin uzaklaştırılması işlemidir. Ayrıca iç mekândaki aşırı CO_2'yi seyreltmek de önemlidir. Bunun yanı sıra, biriken fazla ısıyı iç mekândan uzaklaştırmak için de havalandırma yapılması gereklidir. İnsanlar iç mekân alanlarında genellikle homojen ve sabit iç termal koşulları talep etmektedir. Bu bağlamda klimalar gibi mekanik soğutma sistemleri talep edilen bu koşulların sağlanmasında etkili ve sürekli olması nedeniyle tercih edilmektedir. Mekanik sistemlerin kolayca ulaşılabilir ve kontrol edilebilir olması nedeniyle, bu sistemlerin kullanımı önemli ölçüde artmıştır. Günümüzde tasarlanan birçok ofis binası, doğal havalandırma yerine mekanik sistemlere dayanan yapılar olarak inşa edilmektedir (Passe ve Battaglia, 2015a). Fakat inşaat sektörü, yüksek ve sürekli enerji tüketimi sebebiyle en çok enerji tüketen sektörlerin arasında yer almaktadır (Cellura, Guarino, Longo, Mistretta ve Orioli, 2013). Nitekim inşaat sektörü, dünya genelindeki enerji tüketiminin %20'sini, elektrik tüketiminin ise %50'sini aşmış durumda olup küresel karbon emisyonlarının üçte birinden sorumludur (Şekil 2.5) (International Energy Agency (IEA), 2023). Bunun yanında, ısıtma ve soğutma sağlamak amacıyla tüketilen enerji inşaat sektörünün kullandığı enerjinin %70-%80'lik kısmını oluşturmaktadır.



Şekil 2.5. Sektörlere göre enerji tüketimi dağılımı
(International Energy Agency (IEA), 2023)

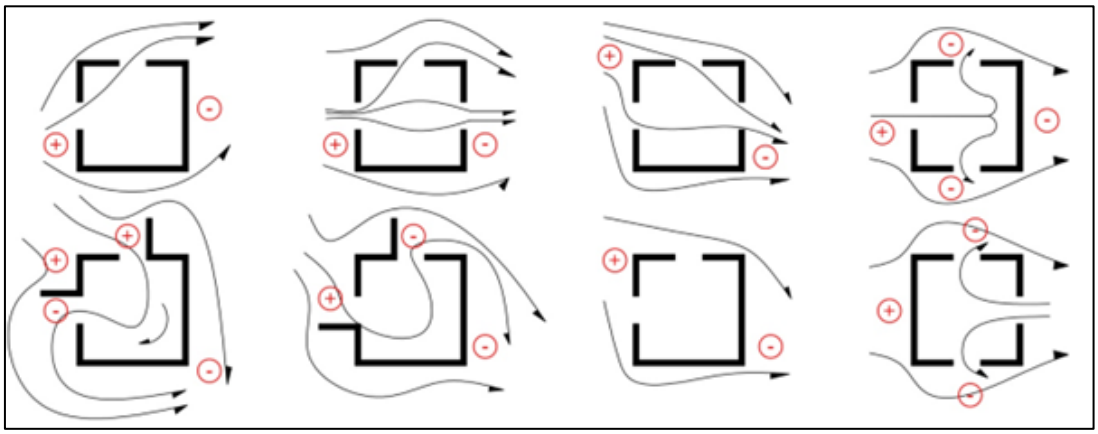
Ülkemiz bağlamında incelenirse, Türkiye'nin iklim çeşitliliği nedeniyle ısıtma ve soğutma enerjisi talebi yüksektir. Bunun yanında, küresel ısınma sonucu enerji talebi daha da artmıştır

(United States Environmental Protection Agency, 2016). Soğutma enerjisine olan ihtiyaç artsa da bir soğutma sisteminin yatırım maliyetleri ve enerji tüketimi yüksek olabilir. Bu durum, maliyetin ve enerji tüketiminin minimum seviyeye indirilmesi için yenilenebilir enerji kaynaklarının pasif olarak kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda doğal havalandırmanın kullanımı önem kazanmaktadır. Doğal havalandırma sadece mekanik havalandırmaya bir alternatif değildir, iç ortam hava kalitesini iyileştirmek, sağlığı korumak, konfor sağlamak ve gereksiz enerji tüketimini azaltmak için etkili bir araçtır (Santamouris, 2006). Doğal havalandırma, bina dokusunu gece boyunca soğutabilmesi için termal kütlede biriken ısıyı uzaklaştırıp, gündüz için ek bir enerji depolama kapasitesi sağlayarak etki gösterir (Passe ve Battaglia, 2015b). Ayrıca hava hızı insan vücudunu buharlaşma yoluyla soğutabilmekte ve bu da insanın termal konfor algısını doğrudan etkilemektedir. Bu, daha yüksek hava hızlarında daha yüksek hava sıcaklıklarına karşı direnci artırmaktadır.

Yapıda yer alan boşlukların, açıklıkların boyutları, türleri, konumları ve kontrol edilebilirliği verimli bir doğal havalandırmanın sağlanabilmesi için önemlidir. Doğal havalandırma odaklı yapı ve yapı kabuğu tasarımında temel prensipler göz önünde bulundurulmalıdır. Doğal havalandırmada etkili olan faktörler; sıcaklık farkı ve rüzgâr hareketi ile meydana gelen termal kaldırma kuvvetidir. Isıtma, üretim, güneş, ulaşım gibi çeşitli etkenlerle ısınmış hava genleşir, basıncı düşer ve yükselir. Yükselen bu havanın yerini soğuk ve yüksek basınçlı hava alır (Darçın ve Balanli, 2012). Rüzgâr ve sıcaklık farkları mekânlarda farklı basınç değerlerine sahip yüksek basınç ve alçak basınç bölgeleri oluşturur. Yüksek basınç bölgesinden alçak basınç bölgesine doğru gaz molekülleri hareket eder ve hava akımları meydana gelir. Yapının konumu, hava akımının yönünü belirlerken, aynı zamanda basınç farkı miktarları da havanın akım hızını etkiler (Dokmeci, Berkoz, Levent, Yurekli ve Cagdas, 1996). Doğal havalandırma temel olarak;

▪ Yapı etrafındaki hava hareketlerine,
▪ Atmosfer ile iç mekân arasındaki sıcaklık farkına,
▪ Sıcaklık farkı ile oluşan baca etkisi şiddetine,
▪ Sıcaklık farkı ve havanın hareketleriyle yapı dışında ve içinde oluşan basınç düzeylerine,
▪ Yapı çeperinde yer alan hava alımını ve tahliyesini sağlayan boşlukların yerleşimine ve boyutlarına,
▪ İç mekandaki hava akış doğrultusuna, bu doğrultu üzerinde konumlanan engellere bağlı olarak değişmektedir (Darçın, 2008).

Doğal havalandırmayı oluşturan faktörlerden biri olan rüzgâr, geldiği yönde yüksek basınç bölgesi oluşturur, etkimediği alanlar da alçak basınç bölgeleri oluşturur ve bu sayede rüzgâr yapı içine doğru hareket eder. Rüzgârın yapıyla buluşmasıyla meydana gelen negatif ve pozitif basınç bölgeleri itme ve emme kuvvetlerinin oluşumunu sağlamaktadır (J. A. Lechner, Leigh ve Simiu, 1992). Hava akımı pozitif basıncın olduğu açıklıktan içeri girerek negatif basıncın olduğu açıklıktan da dışarı çıkmaktadır (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. Rüzgârın yönü ve yapıdaki boşluk konumuna göre pozitif-negatif basınç bölgeleri (Susan Roaf ve Day, 2007)

Bu bağlamda rüzgârın yapıyla buluştuğu noktada diğer bir deyişle rüzgârın yapıya çarptığı noktada pozitif basınç bölgesi; yapının yan ve karşı zıt yöndeki cephelerinde negatif basınç bölgesi meydana gelmektedir. Yapının maruz kaldığı rüzgâr basıncı; rüzgârın yönünden, ivmesinden, yapının formundan, yüksekliğinden, iç-dış arasındaki basınç farkından, nemden, sıcaklıktan ve yapının fiziksel çevresinin biçimlenişinden etkilenmektedir.

Yapılarda doğal havalandırma 5 farklı şekilde yapılabilir; konfor havalandırması, çapraz havalandırma, baca havalandırması, rüzgâr kulesi gibi mimari elemanlarla havalandırma ve gece havalandırması.

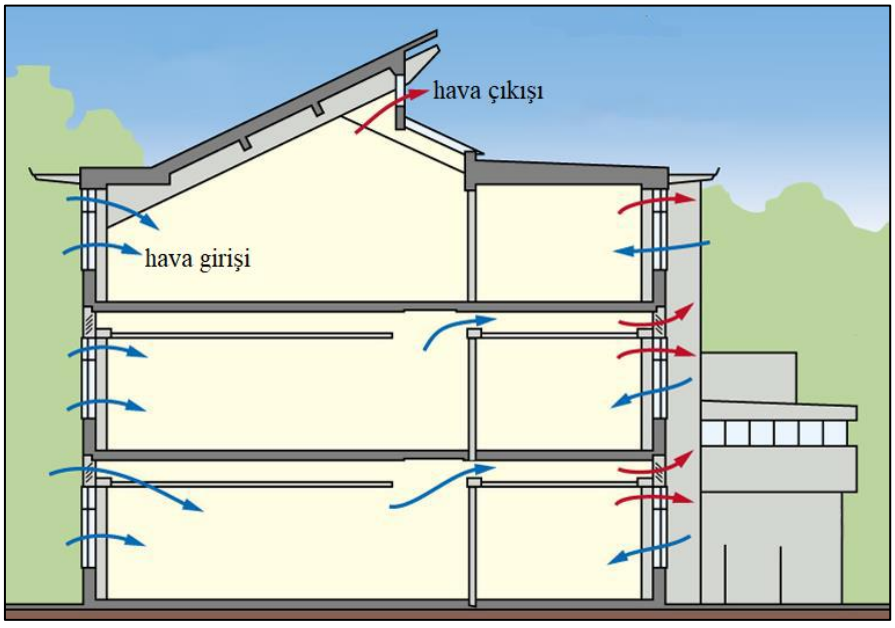
Konfor havalandırması

İç mekânı soğutmak veya konfor ortamı oluşturmak buharlaşma veya taşınım yoluyla gerçekleşebilir. Nem, üzerinden geçen hava akımı ile buharlaşır ve soğuma etkisi yapar. Konfor havalandırması, iç mekân konforunu sağlamada hava hareketinin kullanıldığı teknik olarak tanımlanabilir. Konfor havalandırması belirli hava hızlarına ihtiyaç duymaktadır, bu

sebeple tamamıyla pasif olarak gerçekleştirilmesi genellikle mümkün değildir. Konfor havalandırması sağlamak için ideal durum; iç mekân sıcaklığı ve neminin dışa hava koşullarından fazla olduğu durumdur. Genellikle iç mekân sıcaklığı dış mekân sıcaklığından yüksektir, fakat tersi söz konusu olduğunda yapıdaki açıklıkların kapatılması gerekmektedir.

Çapraz havalandırma

Bu doğal havalandırma tipi, yapının cephelerinde farklı basınç bölgelerinin oluşmasıyla meydana gelmektedir. Yüksek basınçlı alandan alçak basıncın olduğu alana doğru hava akımı olur. Rüzgârın yapıya geldiği bölgede yüksek basınç oluşurken; diğer bölgede alçak basınç oluşur. Bu bölgelerin oluştuğu cephelere açıklıklar yerleştirildiğinde etkili bir çapraz havalandırma gerçekleşir (Şekil 2.7).

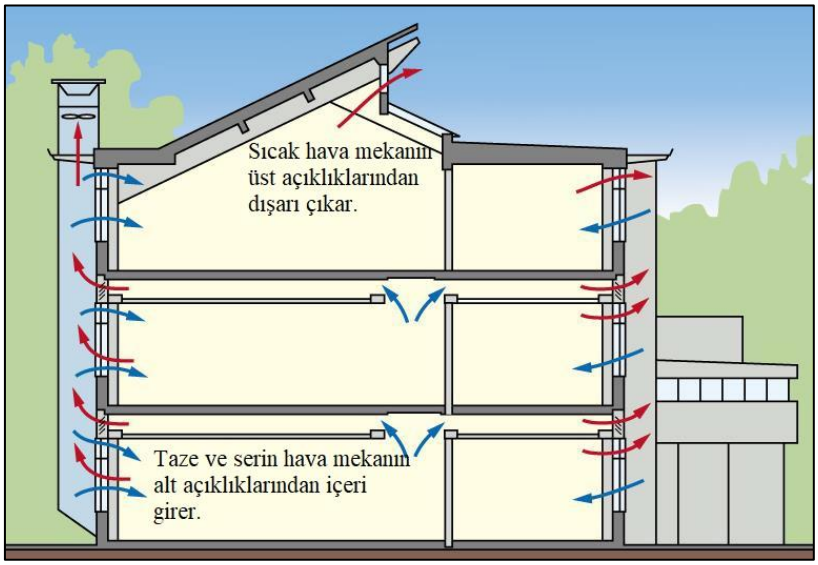


Şekil 2.7. Çapraz havalandırma (DeKay ve Brown, 2014a)

Baca havalandırması

Baca havalandırmasının temel çalışma prensibi; yükselen sıcak havanın mekânın üst kısımlarındaki açıklıktan çıkarak, alt kısımlarındaki açıklıktan serin ve taze havanın girmesi ilkesine dayanır. Rüzgârın yapıya temas edemediği durumlarda baca havalandırması kullanılabilir. Baca havalandırması yapının rüzgâra doğru yönlendirilmesine de ihtiyaç duymaz. Baca havalandırmasının verimliliği, havanın odaya girdiği ve çıktığı açıklıkların

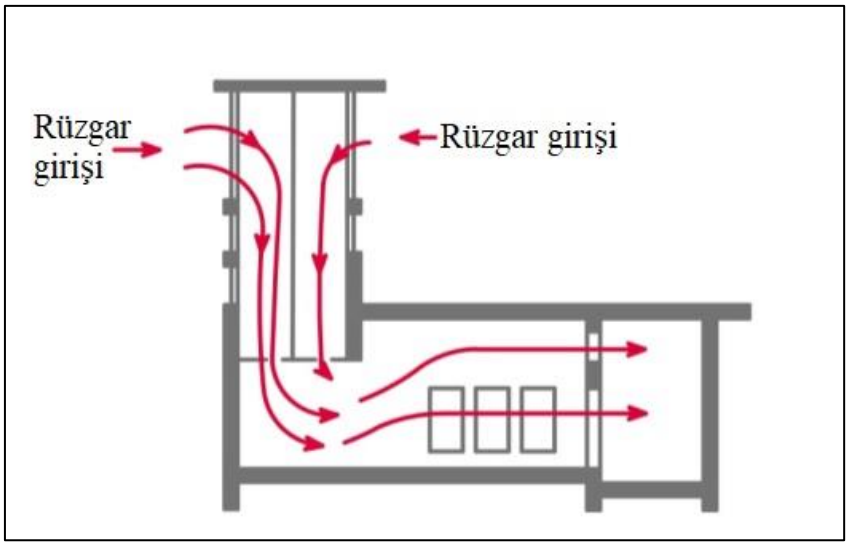
ölçüsüne, açıklıklar arasındaki düşey mesafeye, dış hava sıcaklığı ve içerdeki farklı yüksekliklerdeki sıcaklık ortalamasına bağlıdır (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. Baca Havalandırması (DeKay ve Brown, 2014b)

Rüzgâr kulesi gibi mimari elemanlarla havalandırma

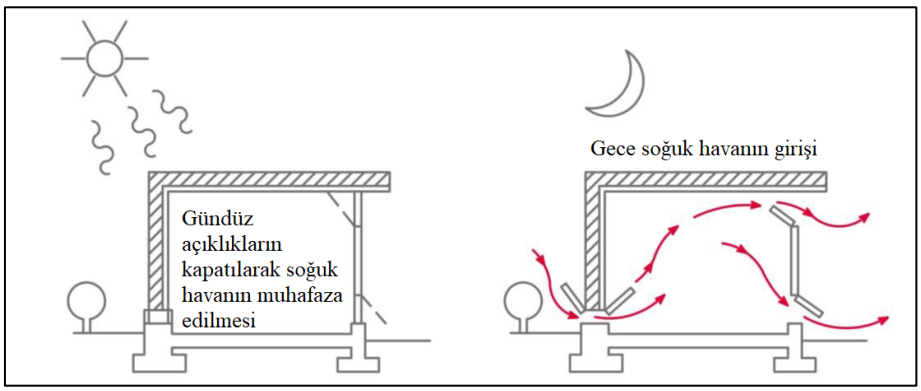
Kat yüksekliklerinin düşük ve yapılaşmanın yoğun olduğu yerlerde rüzgâr her yapıya nüfuz edemez. Bu durumlarda taze ve serin havayı yakalayabilmek için rüzgâr kulesi benzeri mimari elemanlar kullanılabilir. Yapıların güneş ve rüzgâr enerjisini toplamak için yönelimlerinde zıtlıklar olabilir, bu durumda yapıların güneş enerjisine doğru yönlendirilmesi; rüzgâr kulelerinin ise rüzgâra doğru yönlendirilebilmesi, rüzgâr kulelerinin bir diğer avantajıdır. Rüzgâr kulesi, çevresinde daha az engel bulunması nedeniyle her yönden rüzgâr alabilme ve daha yüksek irtifadaki hızlı rüzgârları yakalayabilme gibi avantajlar sağlar (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Farklı yönlerden rüzgâr alabilen rüzgâr kulesi örneği
(Jomehzadeh, Hussen, Calautit, Nejat ve Ferwati, 2020)

Gece havalandırması

Gece havalandırma tipi doğal havalandırma, gece-gündüz arası sıcaklık farkının yüksek olduğu (17°C ve üstü) iklimler için uygundur. Bu nedenle bu koşulu sağlayan sıcak kuru iklimlerde iyi sonuçlar verir. Gece havalandırmasının çalışma prensibi; gece yapıya gelen soğuk havanın yapı içinde muhafaza edilerek, gündüz açıklıkların kapatılması ile gece alınan soğuk havanın yapıyı serin tutması ilkesine dayanır. Gece havalandırmasında verimliliği artırmak için gündüz saatlerinde yapı açıklıkları kapalı olmalıdır. Bunun yanında, yalıtıma özen göstermek, yapı rengini açık tonlardan seçmek ve ısı kazanımını minimize edecek pencereler kullanmak gereklidir (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. Gece havalandırması çalışma prensibi
(Ahmed, Khan, Maung Than Oo ve Rasul, 2014)

Havalandırma ihtiyacı

Bir yapının havalandırılma ihtiyaçları arasında öncelik kullanıcının nefes alma ihtiyacı, termal konforun sağlanması ve sonrasında rahatsızlık veren ortam kirleticilerinden korunma ihtiyacıdır. Yapı içine erişen kirleticiler iç mekânın sınırlı olmasından ötürü yoğunluk artışına neden olmaktadır ve bu durum doğrudan genel konforu etkilemektedir. Yapı iç hacminde yeteri kadar hava değişimi sağlanamaması halinde mekânda bulunan kirletici yoğunluğu, kullanıcı sağlığını riske atacak boyutlara ulaşabilmektedir. Bu bağlamda bu durumdan korunmak amacıyla havalandırmanın sürekliliğinin sağlanması gerekmektedir.

Doğal havalandırmanın sağlaması gereken termal konfor koşulları

Termal konfor genel olarak insan vücudunun çevre ile olan ısıl dengesidir. “Termal Konfor”, “zihnin termal çevre ile ilgili memnuniyetini ifade eden şartı” olarak belirtilmektedir (ANSI/ASHRAE Standard 55-2013, 2013). Termal konfor için gerekli olan ısıl denge çevresel ve insan kaynaklı altı temel faktörden etkilenmektedir;

- Hava sıcaklığı (°C),
- Bağıl nem (%),
- Hava hızı (m/s),
- Ortalama radyan sıcaklık (MRT-°C),
- Metabolik Isı (met),
- Giyim izolasyonu (Clo).

Hava sıcaklığı (°C)

Hava sıcaklığı, çevreyi saran havanın sıcaklığı olarak tanımlanır (Parsons, 2014). Hava sıcaklığı, çevrenin kuru hava sıcaklığı olarak da bilinmekte ve °F veya °C cinsinden ifade edilmektedir (Rabeharivelo, 2021). Vücudun ısı kaybetme hızını buharlaşma ve konveksiyon yoluyla etkilemektedir (Choudhury, Majumdar ve Datta, 2011). Termal konforun belirlenmesi için kuru termometre sıcaklığı önemlidir. Çizelge 2.1’de sıcaklık değerleri ile bu değerin insan üzerindeki fiziksel etkisi belirtilmektedir. Çizelge 2.2’de ise mekânın aktivite seviyesine göre ideal sıcaklık değerleri belirtilmektedir.

Çizelge 2.1. Sıcaklığın fiziksel etkileri (Bal, Baykuş, Elyiğit ve Ekinci, 2014)

Sıcaklık/ °C	Fiziksel Etkiler
> 28 °C	Yüksek oranda rahatsız edici
27-28 °C	Rahatsızlık hissi başlangıcı
25-26,9 °C	Geçiş değeri (Sıcak)
17-24,9 °C	Rahat ortam hissi
15-16,9 °C	Geçiş değeri (Soğuk)
15 °C <	Rahatsızlık hissi başlangıcı

Çizelge 2.2. Aktivite durumuna göre ideal sıcaklık değerleri (Udin ve Rajuddin, 2008)

Minimum Sıcaklık/ °C	Alan Kullanımı
21 °C	Normal hareket seviyesinden düşük (hasta odaları)
18 °C	Normal hareket düzeyi (sınıflar, kütüphane)
15 °C	Normal hareket düzeyinden daha yüksek (spor salonu)

Termal konforu sağlamak için ideal sıcaklık değerleri genellikle 24-26 °C arasındadır. Yüzey sıcaklıkları ise genellikle 18 °C olarak düşünülmelidir (Parsons, 2014). Genel olarak, insanlar 20-25 °C arası sıcaklıkta kendilerini rahat hissederler (Lechner ve Andrasik, 2021a).

Bağıl nem (%)

Hava içerisindeki su buharı miktarıdır. İç mekândaki su buharının aynı şartlara sahip hava içerisindeki su buharına olan oranıdır ve % ile ifade edilir (Ceylan, 2011). Atmosfer ısısının artması buharlaşmayı arttırmakta ve buharlaşan hava da nemin artmasına sebep olmaktadır. Çizelge 2.3'te yaz mevsimine ve kış mevsimine göre farklı kuruluşların belirlemiş olduğu bağıl nem konfor aralıkları belirtilmektedir.

Çizelge 2.3. Farklı Mevsimlere Göre Farklı Kuruluşların Belirlemiş Olduğu Bağıl Nem Konfor Aralıkları (Ceylan, 2011)

Kurum	Yaz Mevsimi Bağıl Nem Konfor Aralığı	Kış Mevsimi Bağıl Nem Konfor Aralığı
ASHRAE Standart 55 (1982)	%30 (23,3°C – 26,7°C) %40 (23,1°C – 26,4°C) %50 (20,2°C – 26,1°C) %60 (20,2°C – 25,6°C)	%30 (20,2°C – 24,4°C) %40 (20,2°C – 24,2°C) %50 (20,2°C – 23,6°C) %60 (20,0°C – 23,3°C)
Kanada Standardı	%30-%55 arası	%30- %55 arası
TS 3419	<%65	%30- %55 arası
ASHRAE Standart 55 (1992) ve DIN (1946)	%20- %60 arası	%30-%60 arası
ASHRAE 62 (1989) ve (2001)	%30- %60 arası	
ASHRAE (2004)	%55- %80 arası	
ISO (1994)	%30- %70 arası	

Yapısal özelliklere ve mekanların kullanım şekillerine göre iç hacimdeki bağıl nem oranı değişebilmektedir. Mekânın ısıtma, soğutma, iklimlendirme şekli ile hava akım kalitesi, yüzey sıcaklıkları, yapıda kullanılan malzemeler, yapının mimari tasarımı, iç mekândaki kullanıcı sayısı bağıl nem oranlarında değişikliklere sebep olmaktadır (Akman, 2005). Kullanıcılar yaz aylarında %20-60 arası bağıl nem oranında rahat hissetmektedir. Kış aylarında üst sınır %80 e çıkabilmektedir (Rabeharivelo, 2021). Nemin düşük olması, cilt üzerindeki terin buharlaşarak vücudun soğumasını sağlamaktadır. Nemin yüksek olması ise buharlaşmaya engel olarak rahatsızlık hissine neden olmaktadır (Lechner ve Andrasik, 2021b). Sıcak havalarda nem oranı yüksek mekanlar kullanıcıların verimlerini ve psikolojik algılarını etkilemektedir. Hava sıcaklığı 18°C-20°C olduğu mekanlarda bağıl nem %50-60 oranında ise mekân konforlu olarak nitelendirilmektedir (Altıntaş, 2008). Çizelge 2.4'te TS 3419 Standardında yer alan kullanıcı sağlığı açısından uygun sıcaklık ve uygun nem değerleri yer almaktadır.

Çizelge 2.4. Kullanıcı Sağlığı Açısından Uygun Sıcaklık ve Uygun Nem Değerleri (TS3419, 2002)

		Kış		Yaz		
Dış Hava Sıcaklığı ºC		≤20	20-25	30	32	37
Ortam Havası Sıcaklığı ºC		22	22-23	25	26	28
Bağıl Nem %	En az	35	– –	–	–	–
	En çok	65	65-65	60	55	50

Hava hızı (m/s)

Havanın birim zaman içinde almış olduğu yola hava hızı denmektedir. Hava hareketi buharlaşma ve konveksiyon yoluyla vücudun soğutulmasına yardım etmektedir. Bu bağlamda doğal hava akışı, vantilatör veya klima kullanımı yaz günleri için vücudun soğumasında etkin rol oynamaktadır. İç mekân kullanıcısının kendisini ergonomik koşullarda hissetmesi için rüzgâr hızının genelde 0,1-0,3 m/s aralığında olması gerekmektedir (Rabeharivelo, 2021). Rüzgârın hızının artması ya da azalması, kullanıcı için ortamın ideal şartlarının üst sınırını ve alt sınırını belirlemektedir.

Çizelge 2.5. Termal Konfor- Rüzgâr Hızı İlişkisi (Lechner, 2015)

Rüzgâr Hızı (m/s)	Termal Konfor Üzerindeki Etkisi
0.05 m/s	Durgun hava, biraz rahat
0,2 m/s	Ancak fark edilir, rahat
0,4 m/s	Fark edilir, rahat
0,8 m/s	Çok dikkat çekici
1,0 m/s	Klimanın olduğu mekanlar için üst sınırdır Sıcak-kuru iklime sahip bölgelerde doğal havalandırma için ideal hava hızı
2,0 m/s	Sıcak- nemli iklimlerde doğal havalandırma için ideal hava hızı
4,5 m/s	Dışarda hissedildiğinde hafif bir esinti olarak kabul edilir.

Beaufort ölçeğinde Çizelge 2.5'ten daha geniş bir skalada rüzgâr hızı ve sonuçları yer almaktadır. Beaufort ölçeği Çizelge 2.6'da gösterilmektedir.

Çizelge 2.6. Beaufort Rüzgâr Skalası (Yazar tarafından yeniden oluşturulmuştur.) (URL-1)

BOFOR	Rüzgârın Tanımı	Açık ve düz alanda 10m. Yükseklikteki Tanımlanmış Rüzgâr Hız Sınırları				Rüzgârın Yaptığı Etki			Yaklaşık Takribi Dalga Yüksekliği	
		Knot	m/sn	Km/h	mph	Karada	Denizde	Kıyıda	m	Ft
0	Sakin	1	0-0,2	1	1	Duman dikine yükselir.	Deniz çarşaf gibi düzdür.	Sakin.		
1	Esinti	1-3	0,3-1,5	1-5	1-3	Rüzgârın yönü rüzgâr değil, dumanın sürüklenmesinden belli olur.	Çok küçük dalgacıklar, az belirgin ve köpüksüz.	Balıkçı tekneleri hafif sallanır.	0,1	1/4
2	Hafif Rüzgâr	4-6	1,6-3,3	6-11	4-7	Rüzgâr insan teninde hissedilir, yapraklar titreşir, rüzgâr gülü harekete geçer.	Küçük dalgacıklar kısa fakat daha belirgindir. Dalga tepeleri düzgün görünüşlü, çatlamazlar.	Rüzgâr teknelerin yelkenlerini doldurur ve 1-2 knot hızla hareket ettirebilir.	0,2 (0,3)	1/2 (1)
3	Tatlı Rüzgâr	7-10	3,4-5,4	12-19	8-12	Rüzgâr yaprakları ve ince dalları devamlı hareket ettirir. Bayrakları hafif dalgalandırır.	Dalgacıklar birleşir, tepeleri kırılmaya başlar ve köpüklenir.	Yelkenliler yaklaşık 3-4 knots hızla ve yana yatarak hareket edebilirler.	0,6 (1)	2 (3)
4	Orta Rüzgâr	11-16	5,5-7,9	20-28	13-18	Rüzgâr toz ve kâğıt parçacıklarını uçurur, küçük dalları hareket ettirir.	Küçük dalgalar genişlemeye başlar. Kırılan dalgaların köpükleri daha sıktır.	Yelkenliler için en iyi rüzgâr; yelkenlilerin tüm yelkenleri şişer ve iyice yana yatarlar.	1 (1,5)	3,5 (5)
5	Sert Rüzgâr	17-21	8,0-10,7	29-38	19-24	Yapraklı küçük ağaçlar sallanmaya başlar, iç sularda tepeli dalgacıklar oluşur.	Orta dalgalar daha belirgin bir şekilde gelişir. Hafif serpinti olasılığı vardır.	Yelkenliler yelkenlerini azaltırlar.	2 (2,5)	6 (8,5)
6	Kuvvetli Rüzgâr	22-27	10,8-13,8	39-49	25-31	Büyük dallar sallanır, telgraf tellerinde ıslık sesi işitilir, şemsiye taşımak güçleşir.	Büyük dalgalar oluşmaya başlar, dalga tepelerinin köpükleri etrafı daha fazla kaplar. Biraz serpinti olabilir.	Yelkenliler yelkenlerini kapatırlar. Avlanırken çok dikkat edilmelidir.	3 (4)	9,5 (13)
7	Fırtınamsı Rüzgâr	28-33	13,9-17,1	50-61	32-38	Bütün ağaçlar sallanır. Rüzgâra karşı yürümek güçleşir.	Deniz kabarmaya başlar. Kırılan dalgaların köpükleri rüzgâr yönü boyunca savrulur.	Yelkenliler limanda kalırlar. Denizde olanlar hareket edemezler.	4 (5,5)	13,5 (19)
8	Fırtına	34-40	17,2-20,7	62-74	39-46	Rüzgâr filizleri kırar ve rüzgâra karşı yürümek genellikle çok zordur.	Uzun boylu, oldukça yüksek dalgalar, dalga tepelerinin kenarları rüzgâr tarafından kırılır, köpükler rüzgâr yönü boyunca savrulur.	Yakında olan tekneler limana çekilir.	5,5 (7,5)	18 (25)

Çizelge 2.6. (devam) Beaufort Rüzgâr Skalası (Yazar tarafından yeniden oluşturulmuştur.)

9	Kuvvetli Fırtına	41-47	20,8-24,4	75-88	47-54	Zayıf yapılı binalarda hasar meydana gelir. Bacalar yıkılır, kiremitler uçar.	Yüksek dalgalar; serpinti ve köpükler rüzgâr yönü boyunca daha yoğun bir hat oluşturur. Dalga tepeleri devrilmeye, yıkılmaya ve yuvarlanmaya başlar.	-	7 (10)	23 (32)
10	Tam Fırtına	48-55	24,5-28,4	89-102	55-63	Karada nadir olup, ağaçları kökünden söker, binalarda önemli zararlar yapabilir.	Uzun sorguçlu çok yüksek dalgalar; büyük parçalar halindeki köpük ve serpintiler rüzgâr yönü boyunca çok yoğun bir şekilde savrulur. Deniz genellikle beyaz görünür, iyice yükselmeye ve kabarmaya başlar. Görüş uzaklığı azalır.	-	9 (12)	29 (41)
11	Çok Şiddetli Fırtına	56-63	28,5-32,6	103-117	64-72	Ender rastlanır ve geniş çapta hasarlara neden olur.	Çok az görülen yüksek dalgalar; rüzgâr yönü boyunca oluşan köpük ve serpintiden denizin üstü beyaz görünür. Dalga tepelerinden her tarafa köpük püskürmektedir. Görüş uzaklığı azalmıştır. (Küçük ve orta büyüklükteki gemiler dalgaların arasında görülmeyebilir.)	-	11,5 (16)	37 (52)
12	Harikeyn (Orkan)	64 ve daha fazla	32,7 ve daha fazla	118 ve daha fazla	73 ve daha fazla	-	Gökyüzü köpük ve serpinti ile kaplanmıştır. Deniz tamamen bembeyazdır. Görüş uzaklığı çok azalmıştır.	-	14 <	45<

Yukarıdaki çizelgede geçen ölçüm birimlerine ait dönüşümler aşağıda belirtilmiştir;

- 1 Knot =1852 km/saat = 1 deniz mili/saat (nm/h),
- 1 Knot =0,514 metre/saniye (m/sec),
- 1 km/ saat = 0277 metre/saniye = 0,54 knot,
- 1 metre/saniye = 3,6 km/saat = 1,945 knot.

Ortalama radyan sıcaklık (MRT-°C)

Yapı içerisinde yer alan cisimlerden yayılan ısı enerjisidir. Çevredeki cisimler ve yüzeylerin sahip olduğu sıcaklık insanları termal konfor açısından etkilemektedir. Bir mekânda birçok farklı termal radyasyon değeri olabilmektedir. Radyan sıcaklığın hava sıcaklığından farklı olması durumunda termal konfor etkilenebilmektedir. Örneğin soğuk bir odada sıcak bir pencerenin yanında konumlanan kullanıcı tarafından hissedilen pencerenin radyan sıcaklığı termal konforunu arttırabilmektedir. Diğer bir açıdan sıcak bir odada, soğuk pencerenin yanında konumlanan kullanıcı, soğuk pencerenin radyan sıcaklığından dolayı termal rahatsızlık hissedebilmektedir. Bu bağlamda mekânda bulunan mekanik ve elektronik eşyalar ürettikleri ve sahip oldukları radyan sıcaklık ile termal konforu doğrudan etkilemektedir.

Metabolik ısı (met)

Metabolik ısı, insanların tüketmiş oldukları besinlerden ve solunum yoluyla alınan oksijenden elde edilen bir enerji biçimidir (Sancar, 2022). Termal konfor açısından metabolik ısı, kullanıcının kendisini konforlu hissetmesinde önemli bir etkiye sahiptir. Kullanıcının vücudundaki organların sağlıklı bir şekilde çalışabilmesi için vücut sıcaklığının 36,8 °C olması gerekmektedir. Mekânın kullanıcı için konforlu olabilmesi için, mekân sıcaklığı ve vücut sıcaklığı arasındaki dengenin oluşturulmasında kullanılan enerjinin en aza düşmesi gerekmektedir (Butera, 1998). Kullanıcının ürettiği metabolik ısı, kullanıcının gerçekleştirmiş olduğu fiziksel aktivitelere bağlıdır (Sancar, 2022). Çizelge 2.7' de Butera'nın insan aktivitelerinden elde ettiği metabolik ısı değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 2.7. Aktivitelere Göre Üretilen Metabolik Isı Enerji Miktarları (Butera, 1998) (Yazar tarafından yeniden düzenlenmiştir.)

Aktivite Çeşitleri	W/m²	met	Aktivite Çeşitleri	W/m²	met
Dinlenme			Spor Aktiviteleri		
Uyku	40	0,7	Voleybol	232	4
Uzanma	45	0,8	Golf	290	5
Oturma	60	1	Jimnastik	319	5,5
Ayakta	70	1,2	Yüzme	348	6

Çizelge 2.7. (devam) Aktivitelere Göre Üretilen Metabolik Isı Enerji Miktarları (Butera, 1998) (Yazar tarafından yeniden düzenlenmiştir.)

Yürüme			Basketbol	348	6
0,89 m s^{-1}	115	1,9	Futbol	464	8
1,34 m s^{-1}	150	2,5	Koşu (15 km/sa hızla)	550	9,5
1,79 m s^{-1}	220	3,7	Koşu (12 dakikada 1 mil)	500	8,5
Ofis Aktiviteleri			Ofis Aktiviteleri		
Okuma	55	0,9	Ofis içi yürüme	100	1,7
Yazma	60	1	Paketleme/ Kaldırma	120	2
Dosyalama Çalışmaları	70	1,2			

Giyim izolasyonu (Clo)

Hava sıcaklığı, mevsimlere ve güneş ışınlarının gün içindeki konumu ve geliş açısına göre değişkenlik göstermektedir. Değişen bu hava sıcaklığına karşı insanlar ortam koşullarına adapte olabilmek için önlemler almaktadır. Üzerlerindeki kıyafetlerin kalınlıklarının arttırılması ya da azaltılması, kıyafet renklerinin koyu ya da açık seçilmesi insanların aldıkları önlemlerdir. Termal koşullar, termodinamik olarak ışınım ve çevreyle olan ısı alış-verişi taşınım yoluyla gerçekleşmektedir (Öz, Korcan ve Bulduk, 2018). Isı ve nem alışverişi kullanıcının vücut yüzeyi ile çalışma alanındaki hava arasında gerçekleşmektedir. Bu doğrultuda tercih edilen kıyafetler çevre koşulları göz önünde bulundurularak kullanıcının mekâna adapte olabileceği yalıtım şartlarına göre seçilmelidir.

Termal konforun sağlanması için yapılan ölçümler giysi izolasyon değeri olarak ASHRAE 55 standartları ve Çizelge 2.8' de yer alan TS EN ISO 7730 standartlarında yer alan yalıtım değerlerini kullanmaktadır. Giysi izolasyon değeri 'clo veya Iclo' olarak gösterilmektedir. Clo değeri m2 · °C/W olarak da gösterilmektedir. 1 giysi oranı = 1 clo = 0,155 m^2 · °C/W'dir (TS EN ISO 7730, 2006).

Çizelge 2.8. TS EN ISO 7730 Standardına Göre Kıyafet Katsayıları (TS EN ISO 7730, 2006)

ISO 7730 Standardına Göre Kıyafet Katsayıları				ISO 7730 Standardına Göre Kıyafet Katsayıları			
Kıyafet	Kıyafet Katsayısı (Clo)	Kıyafet	Kıyafet Katsayısı (Clo)	Kıyafet	Kıyafet Katsayısı (Clo)	Kıyafet	Kıyafet Katsayısı (Clo)
İç çamaşırları		Pantolon ve Şort		Elbise ve Etekler		Ufak Giysiler	
Külot	0,03	Şort	0,06	Yazlık Etek	0,15	Normal Çorap	0,02
Şort	0,1	İnce pantolon	0,2	Kışlık Etek	0,25	Kalın Spor çorap	0,05
Fanila (sıfır kol)	0,04	Normal Pantolon	0,25	Kısa kollu ince elbise	0,2	Kalın Soket çorap	0,1
Fanila normal	0,09	Kalın Pantolon	0,28	Uzun kollu kalın elbise	0,4	Kadın çorabı	0,03
Fanila (uzun kol)	0,12	Dış Ortam Giysileri		Tulum	0,55	Yazlık Ayakkabı	0,02
Sütyen	0,03	Kaban	0,6	Süveter		Kışlık Ayakkabı	0,04
Gömlek		Mont	0,55	Sıfır Kol	0,12	Bot	0,1
Kısa kollu	0,15			İnce uzun kollu	0,2	Eldiven	0,55
İnce uzun kollu	0,2	Parka	0,7	Normal	0,28	Ceketler	
Normal uzun kollu	0,25					Yazlık İnce Ceket	0,25
Kalın uzun kollu	0,3	Tulum	0,55	Kalın	0,35	Normal Ceket	0,35
						Hırka	0,3

2.2.2. Rüzgârın mimaride kullanıma dair yönetmelikler

Rüzgârın, mimarlık ile etkileştiği farklı yönetmelikler bulunmaktadır. Bunlardan bazıları binaların enerji performansı ile ilgili iken, bazıları mekânın iç hava kalitesi ile ilgilidir.

<u>Rüzgâr-enerji performansı yönetmelikleri</u>

Türkiye'de binanın enerji performanslarının değerlendirilmesi bağlamında rüzgârın dahil olduğu standart ve yönetmelikler aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir (Çizelge 2.9). Bu standart ve yönetmelikler arasında en yaygın kullanılanı ısıtma yüklerinin hesaplamasında kullanılan TS 825 standardıdır. Bu standart, genellikle ısıtma yükleri hesabına odaklanmıştır ve rüzgârın etkisini bu bağlamda incelemiştir. Doğal havalandırmaya bağlı olarak binada meydana gelecek ısı kaybına dair aşağıdaki formülü geliştirmiştir.

$H_v = \rho \times c \times V' = \rho \times c \times n_h \times V_h = 0.33\ n_h \times V_h$

H_v =Doğal havalandırma sonucu oluşan ısı kaybı,

ρ = Havanın birim hacim kütlesi (kg/m^3),

c = Havanın özgül ısısı (J/kgK),

V'= Hacimce hava değişim debisi (m^3/h),

n_h= Hava değişim oranı (h^{-1}),

V_h= Havalandırılan hacim ($V_h = 0,8 \times V_{brüt}$) ($m^3$).

Çizelge 2.9. TSE tarafından belirlenen rüzgâr-mimari enerji performansı ile ilgili standartlar

No	Standart Adı
TS EN 15217	Binaların Enerji Performansı- Binaların Enerji Sertifikası için Enerji Performansı Belirleme Yöntemleri
TS EN 15603	Binaların Enerji Performansı- Enerji Kullanımı ve Enerji Sınıfının Belirlenmesi
TS EN 15459	Binaların Enerji Performansı- Binalardaki Enerji Sistemleri için Ekonomik Değerlendirme Prosedürü
TS EN 15243	Binalarda Havalandırma- İklimlendirilmiş Mekanlar için Enerji, Yük ve Mekân Sıcaklıklarının Hesabı
TS EN 15255	Binaların Enerji Performansı- Soğutma Yükü Hesabı- Genel İlkeler ve Geçerlilik
TS EN 15265	Binaların Enerji Performansı- Dinamik Yöntemler Kullanılarak Isıtma ve Soğutma Yükü Enerji İhtiyacının Hesabı- Genel İlkeler ve Geçerlilik
TS EN 13465	Binalarda Havalandırma- Konut Binalarında Hava Akış Oranlarının Belirlenmesinde Kullanılan Hesap Yöntemleri
TS EN 15242	Binalarda Havalandırma- Sızdırmazlığın Olduğu Binalarda Hava Akış Oranlarının Belirlenmesinde Kullanılan Hesap Yöntemleri
TS EN ISE 13791	Binaların Isıl Performansı- Mekanik Soğutmasız Mekanlarda Yazın İç Ortam Sıcaklıklarının Hesabı- Genel İlkeler ve Geçerlilik
TS EN 13792	Binaların Isıl Performansı- Mekanik Soğutmasız Mekanlarda Yazın İç Ortam Sıcaklıklarının Hesabı- Basitleştirilmiş Yöntem
TS EN 15251	Binaların Enerji Performansının Değerlendirilmesi ve Tasarım için İç Ortam Çevresel Koşullarının Belirlenmesi- İç Hava Kalitesi, Isıl Çevre, Aydınlatma ve Akustik
TS 825	Binalarda Isı Yalıtım Kuralları
ISO 13790	Bina Enerji Performansı Yönetmeliği

TS 825 standardının ısıtma yüklerine odaklanması sebebi ile soğutma yüklerini de dikkate alan Bina Enerji Performansı yönetmeliği oluşturulmuştur. Ülkemizde son zamanlarda en çok kullanılan yönetmelik bu yönetmeliktir. Bina Enerji Performansı Yönetmeliği'ne göre;

▪ Binaların mimari tasarımında, imar ve ada/parsel durumu dikkate alınarak ısıtma, soğutma, doğal havalandırma, aydınlatma ihtiyacı asgari seviyede tutulur, güneş, nem ve rüzgâr etkisi de dikkate alınarak, doğal ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma imkanlarından azami derecede yararlanılır,

▪ Bina içerisinde sürekli kullanılacak yaşam alanları, güneş ısısı ve ışığı ile doğal havalandırmadan en uygun derecede faydalanacak şekilde yerleştirilir.

Havalandırma ve iç hava kalitesi yönetmelikleri

Doğal havalandırmanın en büyük amaçlarından biri, sürdürülebilir bir yöntemle insanlar için konforlu iç mekanlar sunmaktır. Konfor anlamında iç hava kalitesi, insanlara yaşadıkları iç mekanlarda sağlıklı ve rahat hissedecekleri havaya sahip yaşam alanları sunulması olarak tanımlanabilir. Doğal havalandırmanın da etkenlerinden biri olduğu iç hava kalitesi sayesinde, bireylerin fiziksel ve psikolojik sağlıkları maksimum düzeyde tutularak, gündelik aktivitelerini rahatlıkla yerine getirmelerine imkân tanınabilir. Havalandırma ve iç hava kalitesi ile ilgili ulusal ve uluslararası literatürde çokça yönetmelik ve standart bulunmaktadır. Türk Standartları Enstitüsü tarafından geliştirilen yönetmelikler aşağıdaki tabloda görülmektedir (Çizelge 2.10). Uluslararası iç hava kalitesi standartları ise bir sonraki tabloda görülmektedir (Çizelge 2.11).

Çizelge 2.10. Uluslararası iç hava kalitesi standartları

Kısaltması	Standart Adı
ASHRAE 62,1-2007	American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers Standardı
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method Standardı
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design Standardı
GREEN STAR	GREEN STAR Standardı
CASBEE	Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency Standardı
WHO	World Health Organization Standardı
OSHA	Occupational Safety and Health Administration Standardı
EPA	Environmental Protection Agency Standardı
ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygenists Standardı

Çizelge 2.11. Türk Standartları Enstitüsü tarafından geliştirilen iç hava kalitesi yönetmelikleri

No	Standart Adı
TS 4255	Hava kalitesinin (niteliğinin) ölçü birimleri
TS EN ISO 20988	Hava kalitesi- Ölçme belirsizliğinin tahmini için kılavuz

Çizelge 2.11. (devam) Türk Standartları Enstitüsü tarafından geliştirilen iç hava kalitesi yönetmelikleri

TS EN 15549	Tahribatsız muayene- Girdap akımı muayenesi- Genel kurallar
TS EN 15267	Hava kalitesi- Otomatik ölçüm sistemleri için kılavuz
TSE CE N/TS 16450	Ortam hava kalitesi- Partikül madde konsantrasyonu ölçümü için kılavuz
TS EN 14626	Ortam hava kalitesi- Karbon monoksit derişiminin dalga boyu ayırmasız infared spektrokopi yoluyla tayini için standart metot
TS EN 14211	Ortam hava kalitesi- Azot dioksit ve azot monoksit derişimlerinin kimyasal kemiluminesans yoluyla tayini için standart ölçme metodu
TS EN 15251	Binaların enerji performansının tasarımı ve değerlendirilmesi için iç ortam parametreleri- Bina içi hava kalitesi, ısıl ortam, aydınlatma ve akustik
TS EN 16798-1	Binaların enerji performansı- Binalar için havalandırma- Bölüm 1: Binaların enerji performansının tasarımı ve değerlendirilmesi için iç ortam çevresel girdi parametreleri iç ortam hava kalitesi, termal ortam, aydınlatma ve akustiği ele alma

ASHRAE 62.1-2007 standardı

ASHRAE, 2007 yılında "Kabul edilebilir İç Hava Kalitesi için Havalandırma" standardını geliştirmiştir. Bu standartta, insan sağlığı için en uygun havalandırma koşullarına dair değerler tablolar halinde verilmektedir. Farklı fonksiyonlara sahip binalar (yoğun kullanılan mekanlar, çocuk ve yaşlıların bulunduğu mekanlar) ve onlara bağlı minimum havalandırma değerleri tanımlanmıştır. Bu standarda göre mekanların iç hava kalitesi 4 sınıfa ayrılmıştır (Çizelge 2.12).

Çizelge 2.12. ASHRAE standardına göre iç hava sınıfları (ASHRAE 62.1, 2007)

Hava Sınıfı	Açıklama	Kullanım durumu
1. Sınıf	Kirlilik seviyesi çok az ve zararsız koku bulunduran hava	Herhangi bir işlem gerektirmez.
2. Sınıf	Az miktarda partiküller madde ve koku bulunduran hava	Herhangi bir işlem gerekmeyebilir.
3. Sınıf	Orta miktarda partiküller madde ve koku bulunduran hava	Sirküle edilebilir.
4.Sınıf	Tehlikeli miktarda partiküller madde, gaz bulunan kirli hava	Kesinlikle kullanılmamalı, başka bir yere sirküle edilmemelidir.

Farklı hava kategorilerine göre gerekli havalandırma debisi aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir (Çizelge 2.13).

Çizelge 2.13. ASHRAE standardına göre farklı hava kategorilerine göre gerekli debiler

Kategoriler		A	B	C
Memnun Edilemeyen (%)		15	20	30
Hissedilen Hava Kalitesi	Açıklama	Mükemmel	İyi hava kalitesine sahip alanlar	Kötü hava kalitesine sahip alanlar
	dp	1	1,4	2,5
Hava Kirleticileri	CO_2 mg/m^3	680	700	700-800
	CO mg/m^3	0-0,2	1-2	4-6
	NO_2 mg/m^3	2	5-20	50-80
	SO_2 mg/m^3	1	5-20	50-80
	PM mg/m^3	<30	40-70	>100
Gerekli Havalandırma Debisi (I/s.m2)	Sigara İçilmez	10	7	4
	%20 içici	20	14	8
	%40 İçici	30	21	12
	%100 İçici	30	21	12

ASHRAE standardına göre ihtiyaç duyulan taze hava miktarı için aşağıdaki formül türetilmiştir.

$V_{bz} = R_p \times P_z \times + R_a \times A_z$

V_{bz} = Taze hava miktarı

R_p = Kişi başı dış hava gereksinimi

P_z = Mahaldeki kişi sayısı

R_a = Birim alan için dış hava gereksinimi

A_z= Mahal taban alanı

<u>BREEAM iç hava kalitesi standardı.</u>

BREEAM standardı iç hava kalitesini 3 ayrı kategoride incelemektedir, her bir kategorinin ağırlığını gösteren puanlama sistemi bulunmaktadır. Bu kategorilerde; hava kirleticilerinin minimum seviyeye getirilmesi 3 puan, doğal havalandırma 1 puan, laboratuvarda kullanılan ekipmanlar ve kapladıkları alan 2 puan olarak puanlandırılmıştır. BREEAM iç hava kalitesi standardına göre binaların doğal havalandırılması 2 farklı şekilde sağlanır;

▪ Bunlardan ilki doğal havalandırmanın sağlandığı pencere boyutlarının iç mekânın döşeme alanının minimum %5'i kadar olmasıdır,

▪ İkinci olarak, doğal havalandırma yapılırken mimari tasarım elemanlarının kullanılmasıdır.

LEED iç hava kalitesi standardı

LEED iç hava kalitesi standardına göre öncelikle sağlanması gereken 2 ön şart bulunmaktadır. Bu 2 öne şart sağlanıyorsa, sonrasında toplam 13 alt başlık için her biri 1 kredi olacak şekilde kredilendirme yapılmaktadır. Çizelgede bu 2 ön şart ve 13 alt başlık görülmektedir (Çizelge 2.14).

Çizelge 2.14. LEED iç hava kalitesi kredilendirme sistemi

			Açıklama
A	Ön Şart	Zorunlu	ASHRAE 62.1-2007 standartlarının 4., 5., 6., 7. bölümlerindeki minimum kriterlere uygun olması ve doğal havalandırma yapılıyorsa ASHRAE 62.1-2007 standardının 5.1. bölümündeki kriterlere uygun olması gerekmektedir.
B	Ön Şart	Zorunlu	Havalandırma sistemlerini ve iç mekanları sigara dumanının etkisinden korumak amacıyla, sigara içilen alanların bina girişinden uzak olarak konumlandırılması (en az 8m) ve bina içindeki sigara içilebilecek özel havalandırılması bulunan odalar tasarlanması
1	EQc1	1 kredi	Mekân iç konforunu sağlamak amacıyla, ASHRAE 62.1-2007 standardına uygun olarak mekandaki CO2 ve hava akımını ölçen, acil durumlarda uyaran sistemler kurulmalıdır.
2	EQc2	1 kredi	İç ortamdaki temiz havayı arttırmak amacıyla, ASHRAE 62.1-2007 standardında istenen değerin en az %30 fazlası temiz havanın iç mekâna girişi sağlanmalıdır.
3	EQc3.1	1 kredi	Binanın yapımı sırasında oluşan kimyasallar ve partiküllerden insanların zarar görmemesi için SMACNA (Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association) standardına uygun olarak " İç Hava Kalitesi Planı" oluşturulmalıdır.
4	EQc3.2	1 kredi	Binanın yapımı tamamlandıktan sonra, insanlar yerleşmeden önce binanın tamamen temizlenmesi gerekmektedir. Havadan alınan numuneler partikül, formaldehit, uçucu organik madde, 4-phenylcyclohexene, karbon monoksit değerlerinin maksimum değerin altında çıkması gerekmektedir.
5	EQc4.1	1 kredi	Binanın yapımında kullanılan dolgu ve yapıştırıcı maddeleri, belirtilen VOC değeri limitini aşmamalıdır.
6	EQc4.2	1 kredi	Binanın yapımında kullanılan kaplama maddeleri ve boya, belirtilen VOC değeri limitini aşmamalıdır.
7	EQc4.3	1 kredi	Binanın yapımında kullanılan yer kaplama maddeleri belirtilen VOC değeri limitini aşmamalıdır.
8	EQc4.4	1 kredi	Binanın yapımında kullanılan lifli malzemeler ve ahşap ürünlerindeki yapıştırıcıların, belirtilen formaldehit limitini aşmaması gerekmektedir.
9	EQc5	1 kredi	Zararlı partiküller maddelerin bulunduğu, fotokopi odası, temizlik odası ve çamaşırhane gibi alanlara özel havalandırma sistemi kurulmalıdır.
10	EQc6.1	1 kredi	Kullanımın yoğun olduğu mekanlarda, iç mekân konforunu arttırmak için mekânda bulunan kullanıcıların en az %90'nın aydınlatmayı kontrol edebiliyor olması gerekmektedir.

Çizelge 2.14. (devam) LEED iç hava kalitesi kredilendirme sistemi

11	EQc6.2	1 kredi	Kullanımın yoğun olduğu mekanlarda, iç mekân konforunu arttırmak için mekânda bulunan kullanıcıların en az %50'sinin hava sirkülasyonu ve taze hava miktarını kontrol edebiliyor olması gerekmektedir.
12	EQc7.1	1 kredi	İç mekân havalandırma, soğutma ve ısıtma gibi termal konfor özelliklerinin ASHRAE 55 standartlarına uygun olması gerekmektedir.
13	EQc7.2	1 kredi	Binanın yapımı tamamlanıp oturuma başlandıktan sonra, 6-18 ay içerisinde planlanan termal konfor kriterleri sağlanmalıdır. Eğer kullanıcıların en az %20'si memnun değilse gerekli düzenlemelerin yapılması gerekmektedir.
	Toplam	13 Kredi	

GREEN STAR iç hava kalitesi standardı

Green Star iç hava kalitesi standardı LEED standardına benzer olarak bir kredilendirme analizine dayanmaktadır. Bu analizde, soğutma ve ısıtma sistemleri, hava kirleticiler ve bazı bina karakteristiklerinin iç mekân konforuna etkisi kredilendirilir. Bunun yanında, zararlı partiküller maddelerin ve asbest emisyonun en aza indirilmesi için kredilendirme maddeleri bulunmaktadır.

WHO iç hava kalitesi standardı

WHO iç hava kalitesi standardı özellikle çocuklar, yaşlılar ve dezavantajlı grupları için iç hava kalitesini önemseyen konuları ele almaktadır. Bu standart, 3 farklı kritere göre iç mekân hava kalitesini değerlendirmektedir;

- Biyolojik hava kirletici miktarı (küf, nem),
- Kimyasal kirletici miktarı,
- Yakıt kaynaklı kirleticiler.

2.3. Rüzgâr Odaklı Pasif Sistemlerin Kullanımını Etkileyen Faktörler

Rüzgâr odaklı pasif mimari tasarımda etkinliği belirleyen temel faktörler çevresel faktörler ve tasarım faktörleri olarak incelenebilir.

2.3.1. Çevresel faktörler

Mimari tasarım süreçlerinin temel bileşenlerinden olan "yer" kavramı özellikle iklim verilerinin, topografyanın ve yapılı çevrenin dikkate alınarak tasarıma bağlam oluşturmak hususunda değerlendirilmesini gerektirir. Tasarımın gerçekleştirileceği yerin sınırlılıkları, potansiyelleri ve çözüm bekleyen konuları bu iki husus çerçevesinde belirlenir ve bilhassa yapı kullanım süreçlerinde ısıtma ve soğutma yüklerini içeren enerjiye olan ihtiyaç bu hususlardan fazlasıyla etkilenir.

İklim bir yapının konfor koşullarını etkileyen faktörlerin başında gelir. Yapının bulunduğu iklim bölgesinin özellikleri dikkate alınarak tasarım yapılması konfor açısından istenen sonuçları verir. İnsanlar yüzyıllar boyunca bulundukları iklim bölgelerinin özelliklerini dikkate alarak; olumsuz şartlarından korunmaya, avantajlarından ise yararlanmaya çalışmışlardır. Bu bağlamda, iklim özelliklerine göre farklı tasarımlara sahip yapılar inşa etmişlerdir (Demir, 1986). Sıcaklık, nem, hava hareketleri ve güneş ışınları iklimi oluşturan bileşenler olarak kabul edilebilir. İklim bileşenleri, yapının kullanacağı enerji miktarını doğrudan etkilemektedir. Örneğin, sıcak iklimlerde mekânın soğutulması için enerji tüketimi artarken; soğuk iklimlerde ısınma amaçlı enerji tüketimi artmaktadır. İklim bölgeleri literatürde yaygın olarak 4 farklı grupta gruplandırılır; soğuk, ılıman, sıcak ve kurak, sıcak ve nemli iklim bölgesi (Kısa Ovalı, 2019).

Soğuk iklim bölgeleri

Bu iklim bölgesinde kışlar uzun ve sert geçmektedir. Kış için ortalama sıcaklık değeri -15° C iken, en düşük sıcaklık -40° C civarlarında geçmektedir (Zorer, 1992). Soğuk iklim bölgesinde hava kütleleri soğuk olduğu için, doğal havalandırma esnasında yapının iç mekân sıcaklığının konfor koşullarının altına düşmemesine dikkat edilmelidir. Soğuk iklim bölgelerinde yapılan bazı geleneksel mimari örneklerinde, yapının bir bölümü toprağa gömülerek soğuk rüzgârların etkisinden korunma amaçlı bina cephe yüzeyleri azaltılmıştır.

Ilıman iklim bölgesi

Bu tip iklim bölgelerinde senenin yaz ve kış dönemleri genellikle eşittir. Yaz için ortalama sıcaklık değeri 25° C iken; kış için en soğuk sıcaklık -15° C dolaylarına düşmektedir. Bu tip

iklim bölgelerinin çok sıcak veya çok soğuk olmayışı en önemli avantajıdır. Bağıl nem oranı %80'in üzerine çıkabilir (Zorer, 1992). Ilıman iklim bölgesinde doğal havalandırma stratejileri etkili olarak uygulanabilmektedir.

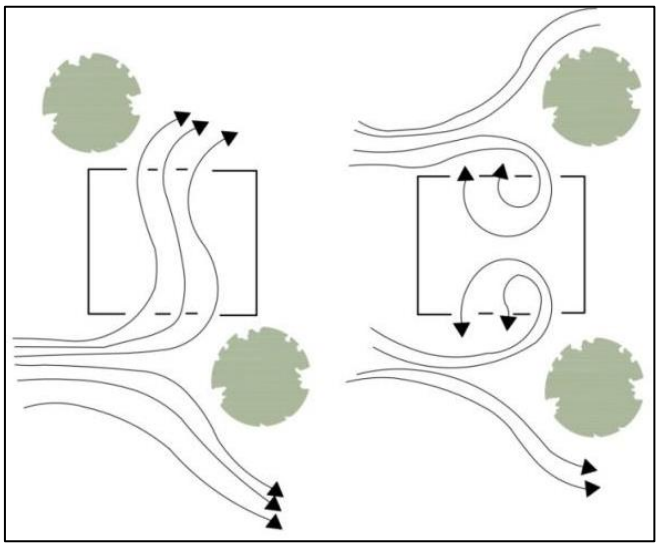
Sıcak ve kuru iklim bölgesi

Bu tip iklim bölgesinde, yıl içinde ortalama sıcaklık yaz aylarında 22° C, en sıcak dönemde 45° C; kış aylarında ise en soğuk dönemde – 10° C'dir (Zorer, 1992). Sıcak ve kuru iklim bölgelerinde günlük, yıllık sıcaklık değişimi fazladır. Bu tip iklim bölgelerinde, mimari tasarım elemanları ile sıcaklığı düşürmek, buharlaşmayı artırmak gerekmektedir (Akşit, 2005). Bu tip iklim bölgelerinde güçlü hava akımları oluşmaktadır. Sıcak kuru iklim bölgesinde sıcaklık etkisinden korunmak için açıklıkların sayısı az ve boyutları küçük tasarlanmalıdır. Rüzgârın serinletme potansiyelinden ise dolaylı yollarla kontrollü olarak faydalanılır.

Sıcak ve nemli iklim bölgesi

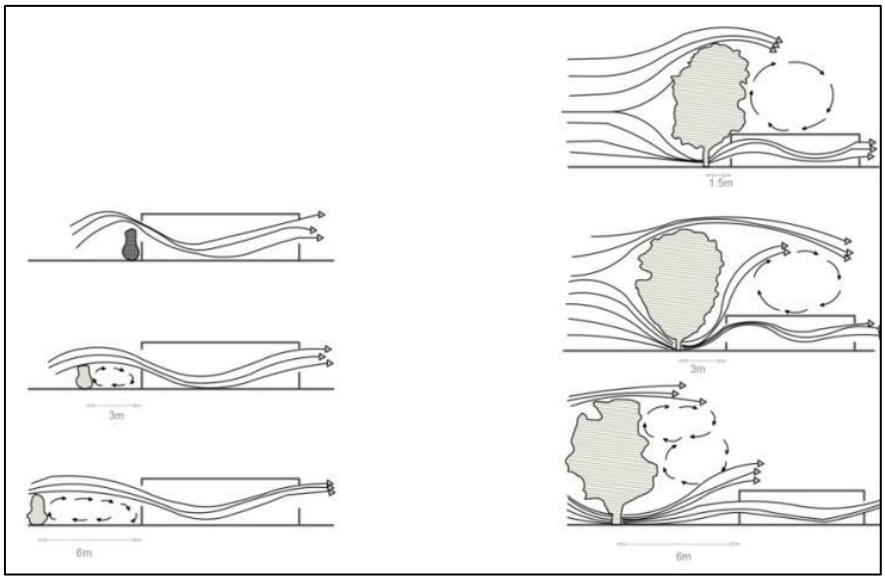
Bu tip iklim bölgelerinde, yaz aylarında en sıcak dönemde sıcaklık 40° C'nin üzerinde, kış aylarında ise soğuk dönemlerde 18° C ve altındadır. Sıcak-nemli iklime sahip bölgelerde, günlük, yıllık sıcaklık değişimi azdır. Bağıl nem oranı ortalaması %80'dir (Zorer, 1992). Doğal havalandırma, bu tip iklim bölgesinde uygun bir çözümdür. Sıcak ve nemli iklim bölgesinde, buharlaştırıcı soğutma yapılarak baca etkisi oluşturulur ve yapı içindeki kullanılmış hava emilerek taze havanın girişi ile doğal havalandırma yapılır. Bu tip bölgelerde yapıları yüksek sıcaklık ve nemden korumak için, gölgeli alana ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bölgelerde, dar, gölgeli ve hâkim rüzgârı içine alabilecek yerleşim yerleri tercih edilebilir (Rapoport, 1969). Bu tip bölgelerde yapılar, hâkim rüzgâr yönünde yönlendirilmiş ve karşılıklı hava hareketini sağlayacak şekilde açıklıklar yerleştirilmelidir. Bunun yanında, bu tip iklim bölgelerinde zemin katın boş bırakılması rüzgârın binayı soğutmasına izin verdiği için tercih edilebilir (Manioğlu ve Oral, 2010). Yer yüzeyinin 1000 metre ve altında esen rüzgârlar, ilgili yerin topografik yapısından oldukça etkilenir. Topografyanın engebeli yapısı ve pürüzü sürtünme etkisi yaparak, rüzgârın hızını azaltır. Yapının bulunduğu alan vadi gibi alçakta bulunan bir noktada ise rüzgâr tepeye çarpacak, hızı azalacak ve doğal havalandırma etkisi azalacaktır. Fakat yapı tepe gibi, etrafı açık, yüksek bir noktada yüksek hızlara sahip rüzgârla etkileşecek doğal havalandırma etkili

olacaktır. Bunun yanında, tepede yer alan bir yapı, düz bir yerde bulunan etrafı açık bir yapıyla kıyaslandığında daha fazla rüzgâra maruz kalacaktır (Tosun, 2010). Binaların etrafındaki peyzaj tasarımı ve açık alan miktarı da yapının rüzgâr ile etkileşimi ve dolayısıyla doğal havalandırma için çok önemlidir. Rüzgâr göz önünde tutularak yapılacak bir peyzaj ve açık alan tasarım ile rüzgârın yönlendirilmesi, hızının arttırılması veya istenmeyen rüzgâr etkisinden korunma sağlanabilir. Peyzaj tasarımı yapılırken; yapının rüzgâr ile teması için, ağaç ile yapı arasındaki mesafe yapı yüksekliğinin minimum 1,5 katı olmalıdır. Peyzaj tasarımı, binanın etrafında pozitif ve negatif basınçların oluşmasına neden olur (Şekil 2.11).



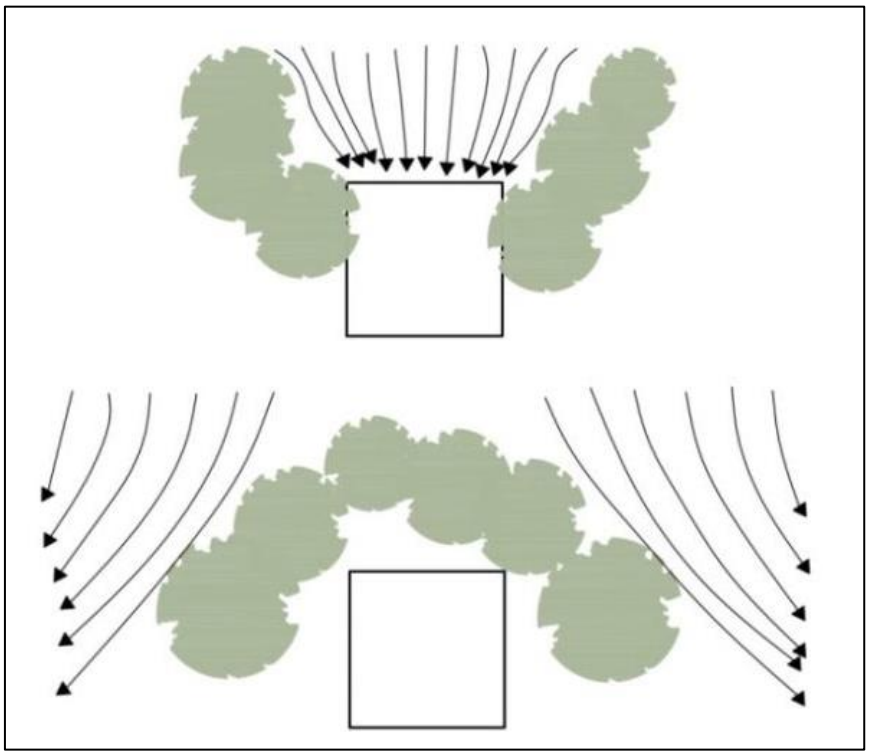
Şekil 2.11. Bina etrafında oluşan pozitif ve negatif basınç hareketleri
(Moghaddam, Amindeldar ve Besharatizadeh, 2011)

Ağaçların binaya uzaklığı kadar, ağaç yüksekliği de rüzgâr-bina etkileşimini etkiler. Şekilde binaya farklı uzaklıkları olan ve farklı yüksekliklere sahip olan ağaçların rüzgâr-bina etkileşimine etkisi görülmektedir (Şekil 2.12).



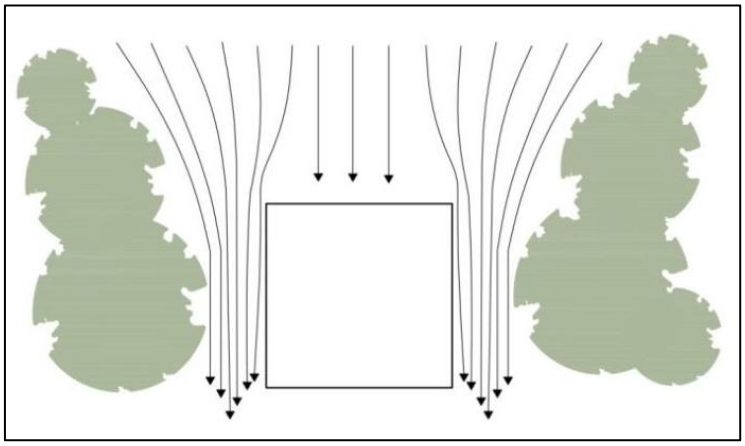
Şekil 2.12. Uzaklığına ve yüksekliğine göre ağaçların rüzgâr-bina etkileşimine etkisi (Dupont, Ikonen, Väisänen ve Peltola, 2015)

Bina çevresindeki peyzaj tasarımı, rüzgârı binaya yönlendirebildiği gibi binadan da uzaklaştırabilir (Şekil 2.13).



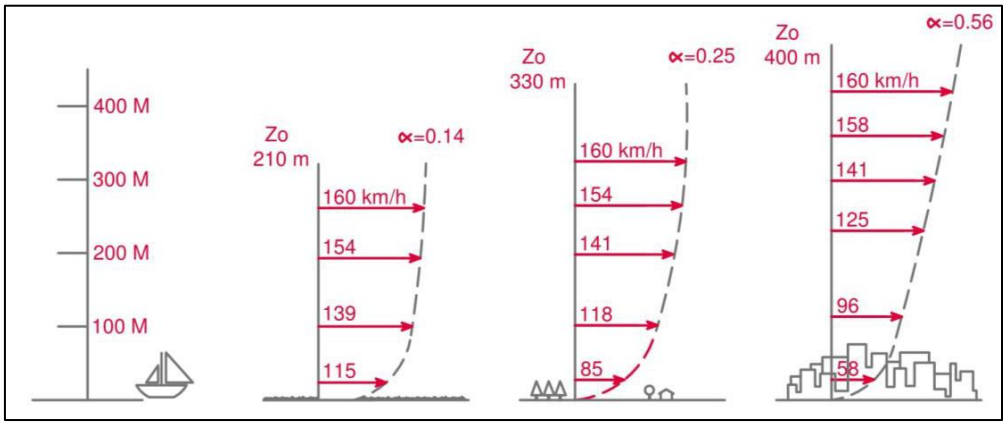
Şekil 2.13. Peyzaj tasarımının rüzgâra yaptığı yönlendirici etki (Seckin, 2018)

Bina etrafındaki ağaçlar binaya doğru koni şeklinde konumlandırıldıklarında rüzgâr hızını arttırıcı etki yapabilirler (Şekil 2.14).



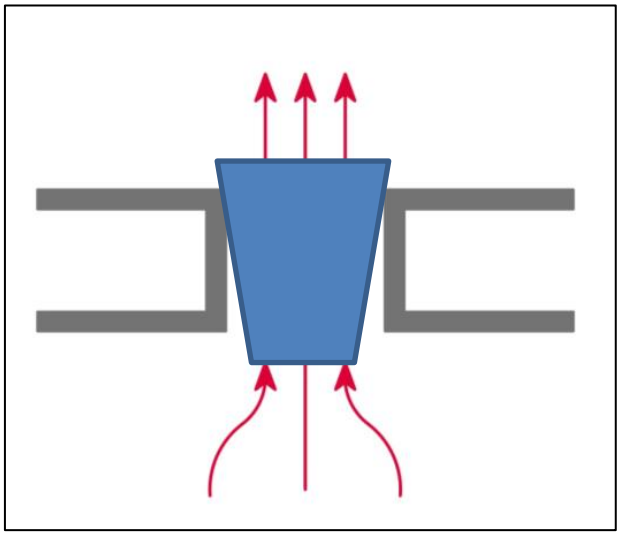
Şekil 2.14. Peyzaj tasarımının rüzgârı hızlandırıcı etkisi (Seckin, 2018)

Peyzaj tasarımına ek olarak, bir şehrin planlaması ve yakın çevredeki binalar da ilgili binanın rüzgâr ile etkileşiminde önemlidir. Şehirdeki yapıların rüzgarla teması, dolayısıyla doğal havalandırmayı doğrudan etkiler. Yapıların mimarisi, cadde, sokak, park gibi yapılar arası boşluklar, yapıların yükseklikleri arasındaki farklar, cadde tasarımları, meydanlar gibi şehir ögeleri, rüzgâr karakteristiklerini etkileyen önemli parametrelerdir (Santamouris, 1998). Yapılaşmanın yoğun olduğu ve seyrek olduğu yerlerde rüzgâr karakteristikleri farklıdır. Yapılaşmanın yoğun olduğu bir yerleşim yerinde rüzgâr hızı, yapılaşmanın seyrek olduğu bir yerleşim yerine göre yükseğe çıkıldıkça artmaya başlar (Şekil 2.15).



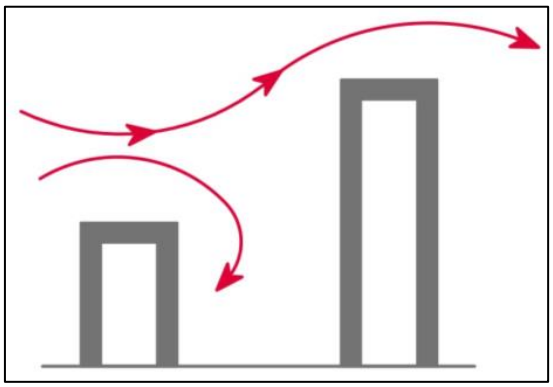
Şekil 2.15. Farklı yerleşim birimi yoğunluklarına göre rüzgârın hızlanması (Ok, 2005)

Binanın etrafındaki peyzaj tasarımı gibi diğer binalar da koni etkisi yaparak rüzgâr hızını artırıcı etki yapabilir (Şekil 2.16).



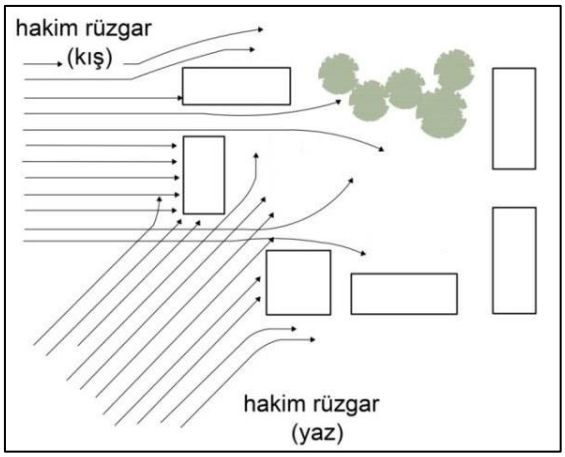
Şekil 2.16. Koni tipi yerleşimin rüzgârı hızlandırıcı etkisi

Binaya etkiyen rüzgâr, öncesinde diğer bir binayla karşılaştığı zaman, binanın yüksekliğine göre bir rüzgâr gölgesi oluşturur ve gölge alanından sonra eski haline döner veya yön değiştirir (Şekil 2.17) (Demirbilek ve Yılmaz, 1996). Yapıların birbirlerine göre konumlarını şekillendiren başka bir önemli faktör de sıcaklıktır. Soğuk iklimlerin yaşandığı bölgelerde, soğuk rüzgârın etkisinden korunmak için binalar birbirine yakın, yoğun olarak konumlandırılmalıdır. Sıcak iklimlerin yaşandığı bölgelerde ise, rüzgârdan olabildiğince yararlanmak için yapılar aralıklı olarak konumlandırılmalıdır (Oral ve Manioğlu, 2005) (Akşit, 2005).



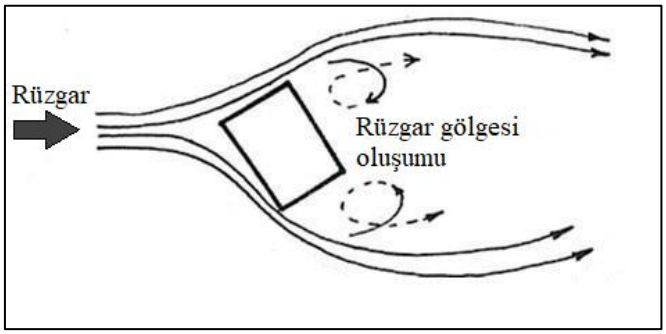
Şekil 2.17. Yakın binaların rüzgârı yönlendirici etkisi

Rüzgârın kullanımı anlamında yapılar yönlendirilirken rüzgâr karakteristikleri ve iklimsel özellikler dikkate alınmalıdır. Soğuk iklim bölgelerinde yapılar, rüzgârdan korunabilecekleri yöne doğru yönlendirilirken; sıcak iklim bölgelerinde rüzgârdan yararlanabilecekleri şekilde yönlendirilmelidirler (Şekil 2.18).



Şekil 2.18. İklim bölgelerine göre yapıların konumlandırılması (Yavaş, 2019)

Rüzgâr, yapıya etkidiği açıya göre farklı havalandırma performansı sağlar (Demircan ve Gültekin, 2017). Binanın farklı açılarda yönlendirilmesi rüzgârdan olabildiğince yararlanma veya korunma sağlar. İklime ve rüzgâr yönüne göre binaların yönlendirilmesi konfor koşullarının oluşturulmasında ve doğal havalandırmada çok etkilidir (Akyel, 2007). Rüzgârın binaya etkidiği açı rüzgârın basıncını etkiler. Rüzgâr binaya 90 derece ile etkidiğinde oluşan basınç en fazla iken; 45 derece ile etkidiğinde oluşan basınç en azdır. Rüzgârın etkimediği arka cephelerde rüzgâr gölgeleri oluşur, 45 derecelik açı ile etkidiğinde oluşan rüzgâr gölgesi daha fazladır (Şekil 2.19).

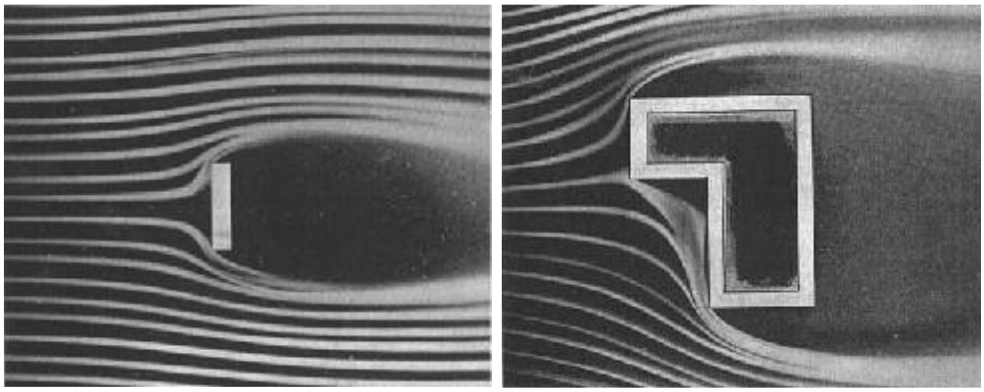


Şekil 2.19. Rüzgârın 45 derece açıyla etkidiğinde oluşan rüzgâr gölgesi (Özdeniz, 1978)

Sıcak iklim bölgelerinde rüzgârdan olabildiğince yararlanmak için, yapının açıklıklarının olduğu cephesi, hâkim rüzgâr yönünde yönlendirilmelidir.

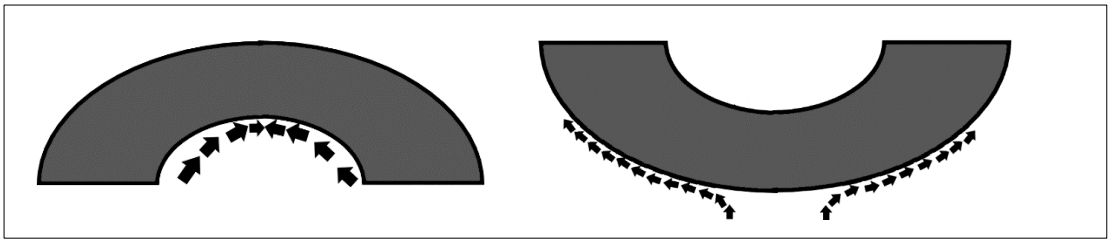
2.3.2. Tasarım faktörleri

Yapıların mimarisini tasarlarken rüzgâr kullanımını önemseyen tasarımlar yapmak rüzgârın pasif olarak kullanımını önemli ölçüde etkiler. Yapının tasarımı sürecinde; planı, yapıda bulunan açıklıklar, cephe tasarımı ve cephede kullanılan sistemler gibi tasarım unsurları doğal havalandırmanın etkin bir şekilde kullanılmasını doğrudan etkiler. Yapı planı farklı iklim bölgelerine göre rüzgâr enerjisinden yararlanmak veya korunmak isteriz. Soğuk iklim bölgelerinde yapıya etkiyecek soğuk rüzgarlardan korunmak önemli iken; sıcak iklim bölgelerinde rüzgârdan yararlanarak yapıyı doğal havalandırmak önemli hale gelir. Rüzgâr, yapı ile temas ettiğinde yapının planına göre yapıdan uzaklaşır veya olabildiğince etki eder Farklı plan tiplerine sahip yapılarla etkileşen rüzgâr, şekilde görüldüğü gibi hareket etmektedir (Olgyay, 2015). Yapının rüzgârdan korunması veya rüzgârı kullanması; hangi kısımlarının rüzgâr ile etkileşime girmesi istenildiği gibi sorular yanıtlanarak, yapının planı tasarlanabilir (Şekil 2.20).



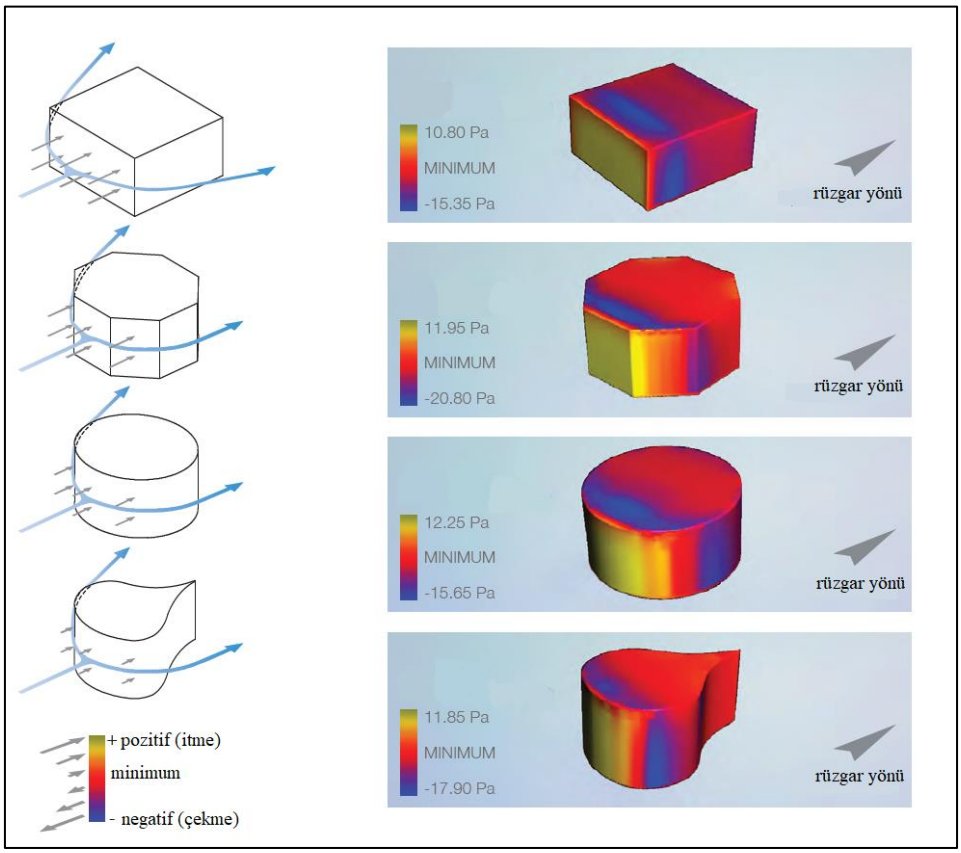
Şekil 2.20. Farklı plan tipine sahip yapıların rüzgâr ile etkileşimi (Olgyay, 2015)

Yapının plan tipine göre, rüzgâr ile temas ettiği etkileşim noktalarında rüzgârın toplanması veya yapının diğer kısımlarına yönlendirilmesi sağlanabilir. Şekil 2.21'de görülen farklı 2 plana sahip yapılara gelen rüzgârın yapılarda toplandığı ve dağıldığı noktalar görülmektedir (Nirmal, 2017).



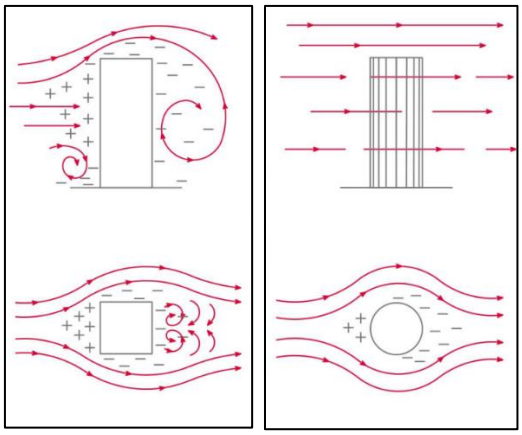
Şekil 2.21. Farklı plan tiplerine sahip yapılarda rüzgârın toplanması ve dağılması (Nirmal, 2017)

Sıcak iklim bölgesi için, doğal havalandırmaya imkân veren, uzun cephesi rüzgâr doğrultusunda konumlandırılmış uzun, ince yapı planları seçilmelidir. Soğuk iklim bölgelerinde, soğuk rüzgârın etkisinde korunmak için daha kompakt plan tasarımları yapılmalıdır. Rüzgâr ile etkileşen yapının farklı noktalarında pozitif (itme) veya negatif (çekme) kuvvetleri oluşur (Şekil 2.22) (Ok, Yasa ve Özgunler, 2008).



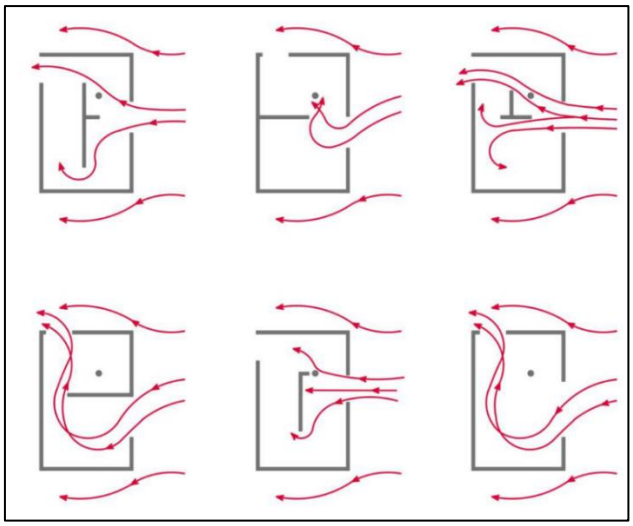
Şekil 2.22. Farklı plan tiplerine göre oluşan pozitif ve negatif rüzgâr kuvvetler (Fleming, 2015)

Bunun yanında yapının planına göre rüzgârın direkt olarak etkimediği cephede rüzgâr gölgeleri oluşur. Şekilde kare plana sahip bir yapıda rüzgârın doğrudan etkimediği arka cephede rüzgâr gölgeleri oluşurken; dairesel plana sahip yapıda rüzgâr yapı etrafında süzülüp geçer ve rüzgâr gölgesi oluşmaz (Şekil 2.23) (Darçın ve Balanli, 2012).



Şekil 2.23. Farklı planlara sahip yapılarda oluşan rüzgâr gölgesi (Zadeh, 2018)

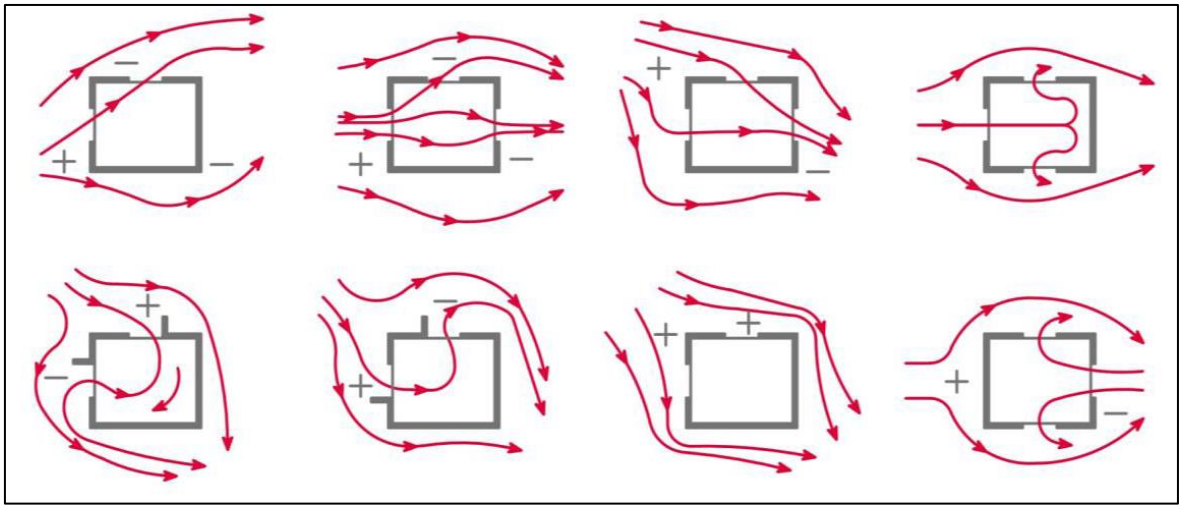
Bunun yanında, doğal havalandırmayı etkin bir şekilde kullanabilmek için rüzgâr yapı içine girdikten sonra da dolaşımını rahatlıkla sağlayabileceği birim yerleşimi ve iç düzen de önemli bir etkendir. Verimli bir doğal havalandırma için rüzgârın hareketini engellemeyecek bölümler tasarlanmalıdır. Şekilde farklı iç mekân tasarımlarına göre rüzgârın yapı içindeki hareketi görülmektedir (Şekil 2.24).



Şekil 2.24. Farklı iç mekân tasarımlarına göre rüzgârın yapı içindeki hareketi (Zadeh, 2018)

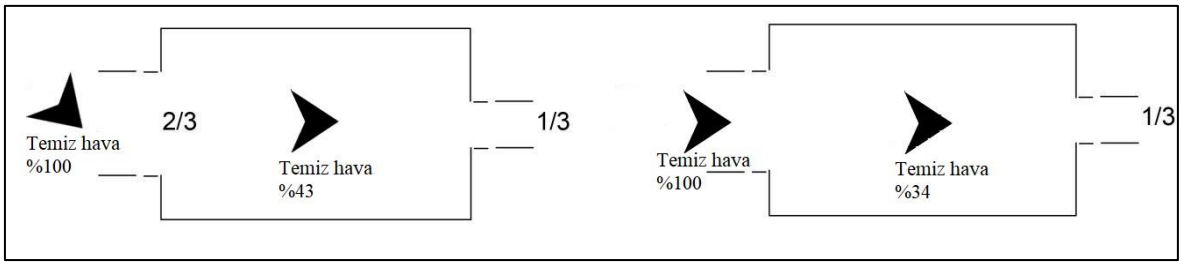
Yapıdaki açıklıklar

Yapıdaki açıklıklar, yapıdaki hava dolaşımını dolayısıyla doğal havalandırmayı etkileyen en önemli faktörlerdendir. Yapılarda doğal havalandırma için, temiz havanın açıklıklardan içeri girmesi, iç mekânı dolaşması ve kirli iç havanın yapıdan uzaklaştırılması gerekmektedir (Darçın, 2014). Verimli bir doğal havalandırma için, açıklıkların tasarımı, boyutu ve yapı içindeki konumları çok önemlidir. Yapının temel açıklıkları; pencere, kapı, baca ve hava boşluklarıdır. Yapıda bulunan açıklıkların konumları ve rüzgârın geliş yönüne göre, yapı içinde farklı hava hareketleri ve basınç bölgeleri oluşur (Şekil 2.25).



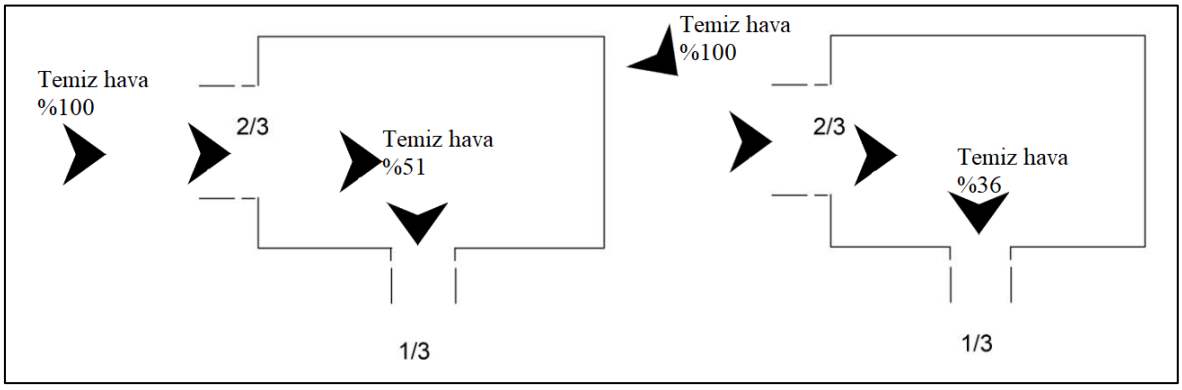
Şekil 2.25. Rüzgârın geliş yönüne ve açıklıklara göre mekân içindeki hava dolaşımı (Susan Roaf ve Day, 2007)

Yapıya gelen rüzgârın, yapı içindeki dolaşımını etkileyen 3 önemli kriter vardır. Bunlar; rüzgârın binaya geliş yönü, binadaki açıklıkların boyutları ve binadaki açıklıkların yerleşimidir. Rüzgârın geliş açısına göre açıklıkların konumlandırılması durumunda doğal havalandırmadan yüksek verim alınabilir. Örneğin, yapıda bulunan açıklıklar karşılıklı ise, rüzgârın yapıya eğik açılarla gelmesi ile en etkili doğal havalandırma performansı elde edilir. Böyle bir örnek için, yapıya 45 derece ile gelen rüzgârdan elde edilen doğal havalandırma, 90 derecelik açıyla gelen rüzgârdan daha etkilidir (Şekil 2.26).



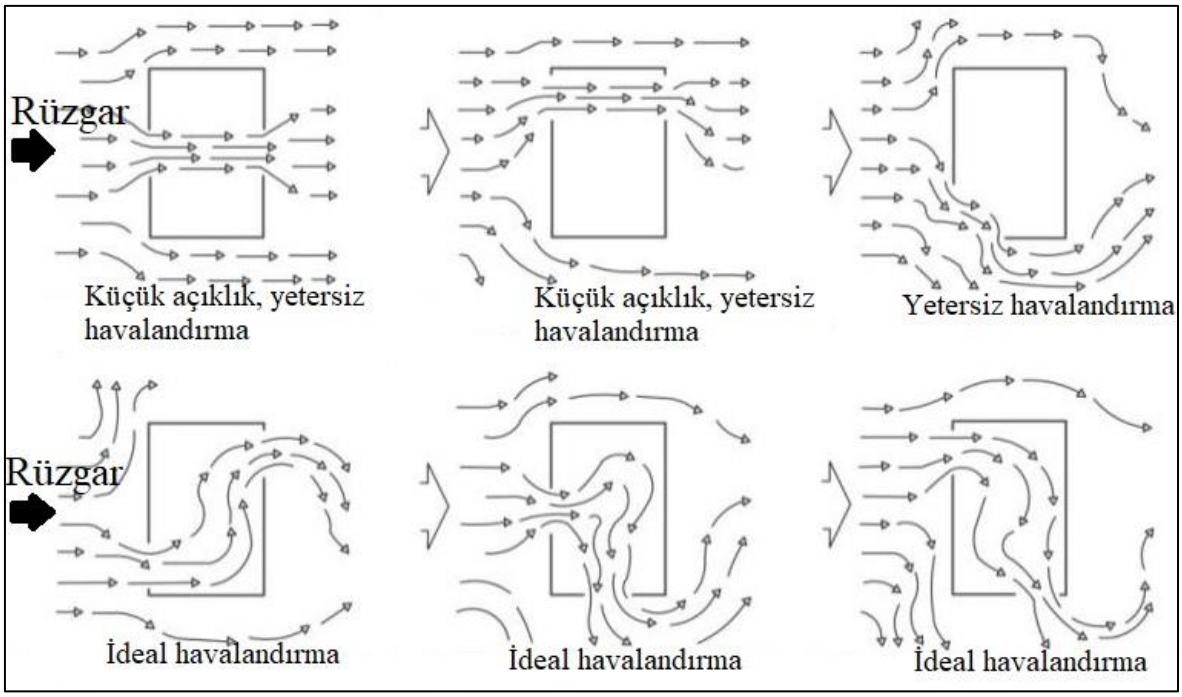
Şekil 2.26. Rüzgârın farklı geliş açılarına göre doğal havalandırma performansı (Watson ve Labs, 1993a) (yazar tarafından yeniden düzenlenmiştir.)

Rüzgârın yapıya 90 derecelik açı ile geldiği durumlarda, açıklıklar karşılık olarak değil de yan cephelere yerleştirilirse doğal havalandırmadan maksimum verim alınabilir (Şekil 2.27).



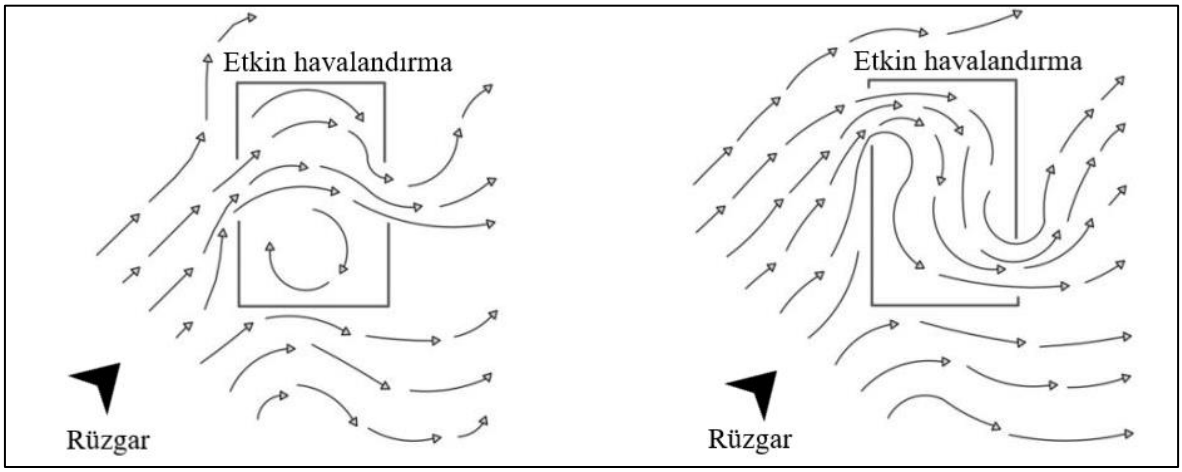
Şekil 2.27. Açıklıkların karşılıklı olmadığı durumlarda doğal havalandırma performansı (Watson ve Labs, 1993a) (yazar tarafından yeniden düzenlenmiştir.)

Yapıya gelen rüzgârdan maksimum verim alabilmek için, yapıya giriş açıklığının artırılması veya yapıya giriş ve çıkış aralıklarının aynı anda artırılması gerekmektedir (Watson ve Labs, 1993b). Açıklıkların uygun ölçülerde boyutlandırılıp, doğru noktalara yerleştirilmesi ile rüzgârın mekânı tamamen dolaştığı, ideal doğal havalandırma elde edilebilir. Şekilde rüzgârın yapıya 90 derecelik açıyla geldiği durum için, açıklıkların konumuna göre farklı hava akışı hareketleri görülmektedir (Şekil 2.28).



Şekil 2.28. Rüzgârın 90 derecelik açıyla geldiği durum için farklı açıklık konumlarına göre havalandırma senaryoları (Yavaş, 2019)

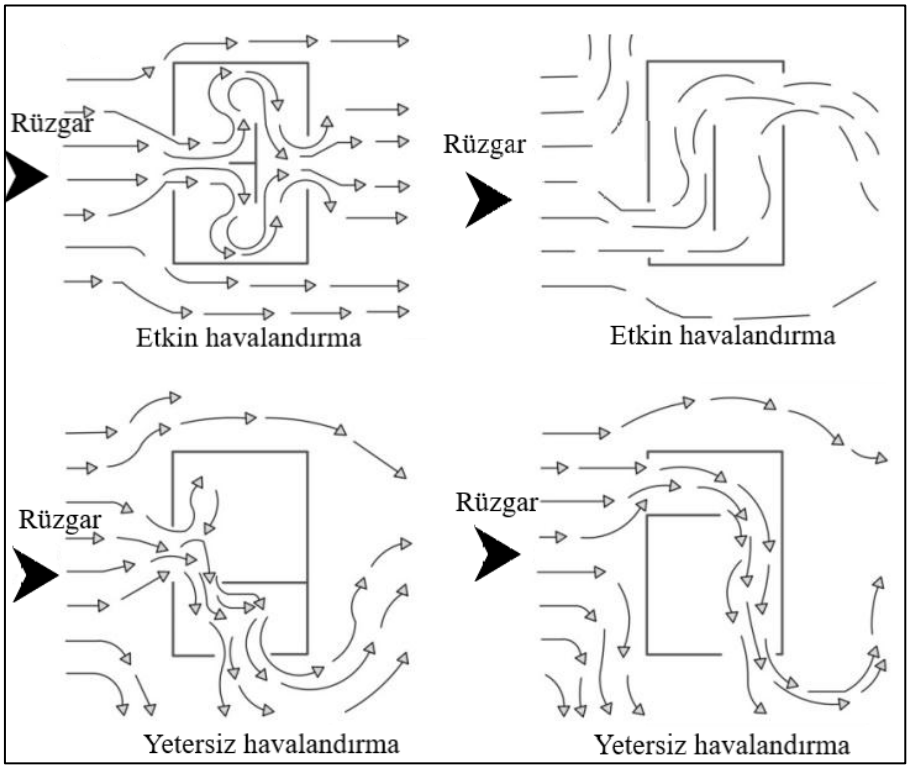
Şekil 2.29'da rüzgârın yapıya eğik açıyla geldiği durum için, açıklıkların konumuna göre farklı hava akışı hareketleri görülmektedir.



Şekil 2.29. Rüzgârın eğik açıyla geldiği durum için farklı açıklık konumlarına göre havalandırma senaryoları (Yavaş, 2019)

Rüzgârın yapıya geldiği konuma göre açıklıkların yerleşimi uygun değilse iç mekâna çeşitli düzenleyiciler yerleştirilerek doğal havalandırmadan maksimum verim alınabilir. Bu iç

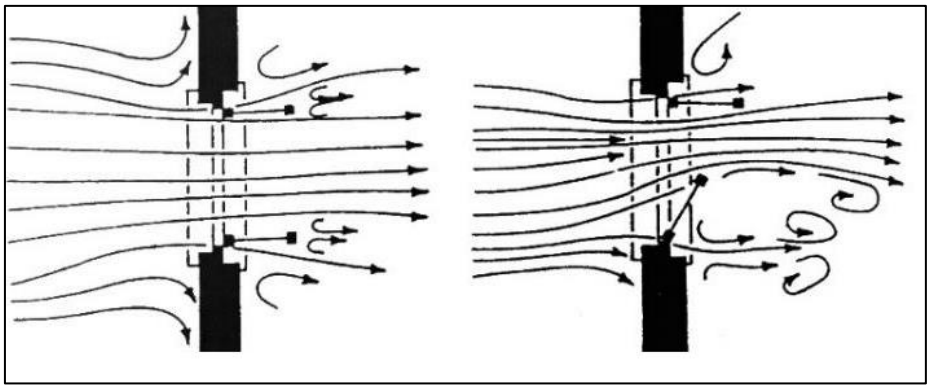
mekân düzenleyicileri ile mevcut performansının tersi performans elde edilebilir (Şekil 2.30).



Şekil 2.30. İç mekân düzenleyiciler sonrası yeni doğal havalandırma performansları (Yavaş, 2019)

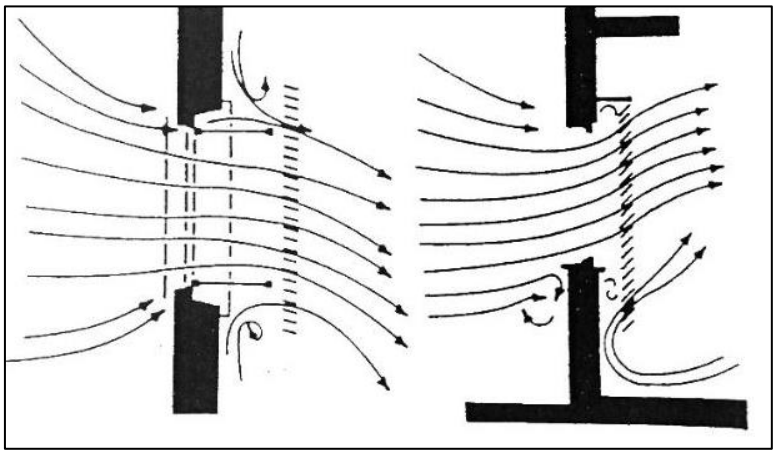
Yapının kabuk tasarımı ve kullanılan malzemeler

Etkin bir doğal havalandırma için, temiz havanın yapı kabuğu aracılığıyla içeri girebilmesi ve gerekli dolaşımı sağladıktan sonra kirlenen havanın yine yapı kabuğu aracılığıyla uzaklaştırılması gerekmektedir (Wood ve Salib, 2012). Yapıların kabuk tasarımları doğal havalandırmaya uygun şekilde tek veya çift cidarlı olarak tasarlanabilir. Tek katmanlı kabuk tasarımlarında doğal havalandırma için yapı açıklıklarının özellikleri (boyut, konum vb.) daha önemli olmaktadır. Bunun yanında yapı açıklıklarının açılma biçimleri (yatay eksenli, düşey eksenli) doğal havalandırma kalitesini etkilemektedir. Şekilde düşey eksenli açıklık türleri için rüzgârın yapıya farklı şekilde nüfuz ettiği görülmektedir (Şekil 2.31).



Şekil 2.31. Düşey eksenli sistemlerde farklı açıklıklar için rüzgârın yapıya etkisi (Allard ve Santamouris, 1998)

Cephe açıklıklarında kullanılan jaluzi ve panjurlar yapının doğal havalandırmasını önemli ölçüde etkilemektedir. Bu elemanlar sayesinde yapının içine giren hava dengeli ve etkin olarak yönlendirilebilir (Şekil 2.32).



Şekil 2.32. Jaluzi ve panjurların yapının havalandırmasına etkisi (Allard ve Santamouris, 1998)

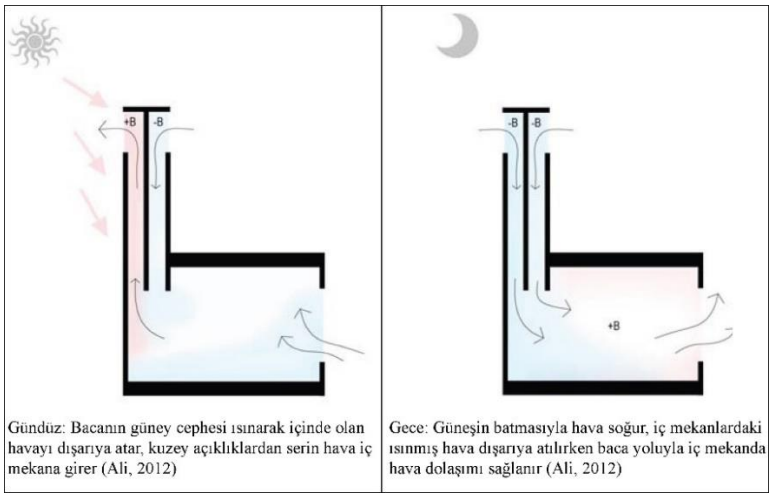
Çift cidarlı cephe tasarımı, tasarım elemanları başlığı altında detaylı olarak incelenecektir.

2.4. Rüzgâr Odaklı Mimari Tasarım Elemanları

Mimaride pasif yöntemlerle rüzgâr odaklı tasarım yaklaşımlarında rüzgâr kuleleri, rüzgâr kepçeleri, avlular, maşrabiyeler, atriumlar, kat bahçeleri, çift cidarlı cepheler sıklıkla kullanılan tasarım elemanlardır.

2.4.1. Rüzgâr kuleleri

Rüzgâr kulesi, yapı çatısında konumlanan iç mekâna taze hava sağlayan ve kirli havayı pencerelerden veya diğer tahliye bölümlerinden dışarı atan mimari eleman olarak tanımlanabilir (Jomehzadeh ve diğerleri, 2017). Genellikle Orta Doğu ülkelerinde özellikle İran, Irak, Katar, Birleşik Arap Emirlikleri ve Kuzey Afrika'daki Mısır ve Cezayir gibi bölgelerde görülmektedir ve üç bin yıllık bir geçmişe sahiptir (Dehghani-Sanij, Soltani ve Raahemifar, 2015). Yüzyıllar boyunca sıcak-kuru veya sıcak-nemli iklime sahip coğrafyalardaki binaların havalandırılması ve soğutulması için kullanılmıştır. Rüzgâr kuleleri hala Orta Doğu ve Mısır'ın birçok bölgesinde kullanılmaktadır. Dışarıdaki havayı bina içine yönlendirerek doğal bir havalandırma sistemi olarak çalışmaktadır. Şekil 2.33' de rüzgâr kulelerinin gece ve gündüz çalışma prensipleri gösterilmektedir. Rüzgâr kuleleri hem rüzgâr tahrikli hem de yığın etkisi prensiplerini kullanır (Dehghan, Esfeh ve Manshadi, 2013). Rüzgâr tahriki, temiz havayı mekâna çekmek ve kirli havayı dışarı atmak amacıyla rüzgâr kulesinin giriş ve çıkışı arasındaki basınç farkıyla çalışan prensiptir. İç ve dış mekân arasında sıcaklık farkının oluşmasıyla meydana gelen hava akışı da yığın etkisi prensibidir. Bahadori ve arkadaşlarına göre diğer pasif teknikler gibi rüzgâr kulelerinin de asıl amacı yenilebilir enerji kaynağı olan rüzgârdan faydalanabilmek ve böylece önemli ölçüde maliyeti etkin kullanmak ve daha sağlıklı bir ortam oluşturmaktır (M.N. Bahadori, Mazidi ve Dehghani, 2008). Termal konforu sağlamasının yanı sıra, hareketli parçası olmaması nedeniyle düşük bakım maliyetine sahiptir ve düşük seviyedeki pencerelere göre çatı seviyesindeki taze ve temiz havadan faydalanır (Jomehzadeh ve diğerleri, 2017).

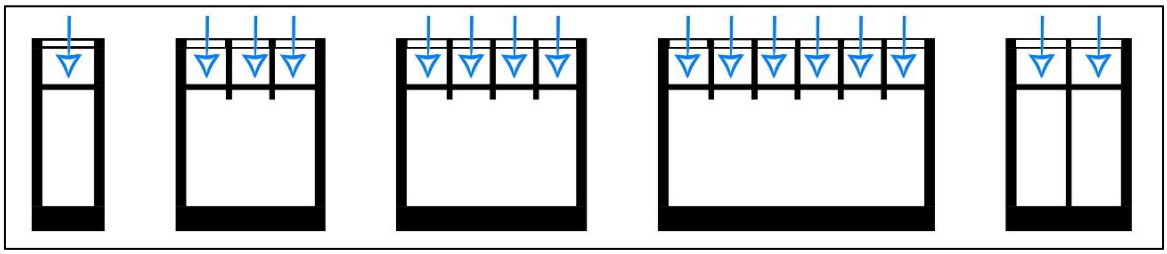


Şekil 2.33. Rüzgâr kulelerinin çalışma prensipleri (Ali ve Say Özer, 2012)

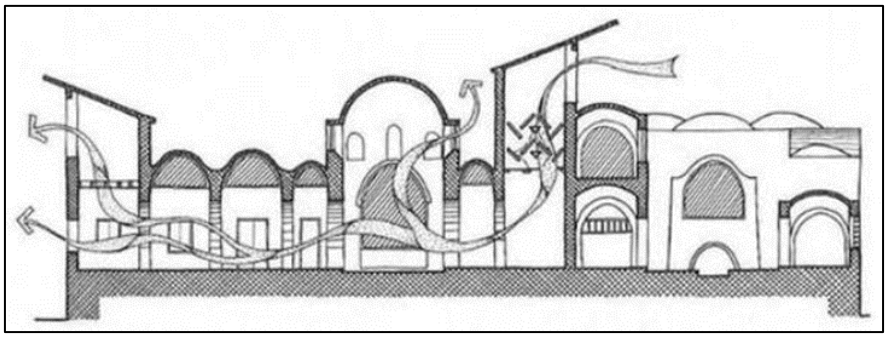
Rüzgâr kulelerinin tüm avantajlarına rağmen, bu pasif sistemin rüzgâr hızının düşük olduğu koşullarda verimliliği düşüktür. Çünkü rüzgârın oluşturduğu basınç farklılıkları rüzgâr kulelerinin verimli çalışabilmesi için birincil itici güçtür (Hughes, Calautit ve Ghani, 2012). Rüzgâr kuleleri açıklıklarının sayısına göre;

- Tek açıklıklı,
- İki açıklıklı,
- Dört açıklıklı,
- Altı açıklıklı,
- Sekiz açıklıklı olarak sınıflandırılmaktadır.

Tek açıklıklı rüzgâr kuleleri bulunulan bölgenin hâkim rüzgâr yönüne göre yönlendirilir ve diğer yönlerde açıklığı yoktur. Örneğin, İran geleneksel evlerinde kullanılan tek açıklıklı rüzgâr kuleleri maksimum havalandırma ve soğutma sağlamak için kuzeyden gelen rüzgârı yakalamak amacıyla kuzey kısma yerleştirilmiş ve kuzeye baktırılmıştır. Basra Körfezi kıyılarında yer alan rüzgâr kulelerinin açıklıkları ise, denizden gelen havanın yapıya yönlendirilmesi amacıyla denize doğru konumlandırılmıştır. Tek açıklıklı rüzgâr kuleleri en basit tip olarak tek veya iki şafttan oluşmaktadır. Şekil 2.34 ‘de bu tip rüzgâr kulelerinin tip planları gösterilmektedir. Tek açıklıklı rüzgâr kuleleri Yezd şehrinin Meybod ve Ardekan bölgelerinde, Tebas ve Egda şehirlerinde ve İran’ın Güney tarafında Basra körfezinin kıyı bölgelerinde görülmektedir. Kuru iklim bölgelerinde ve hâkim rüzgâr yönünün tek olduğu bölgelerde tercih edilmektedir. Yapısal olarak uygulanabilirliğinin kolay ve maliyeti düşük olması nedeniyle bu mimari eleman yapı içindeki tüm mekanlar için rahatlıkla kullanılabilmektedir (Zadeh, 2018). Şekil 2.35’te tek açıklıklı rüzgâr kulesinin kesit görünümü gösterilmektedir.

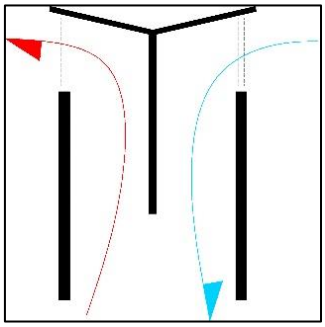


Şekil 2.34. Tek açıklıklı rüzgâr kulesi tip planlar (Maleki, 2011)

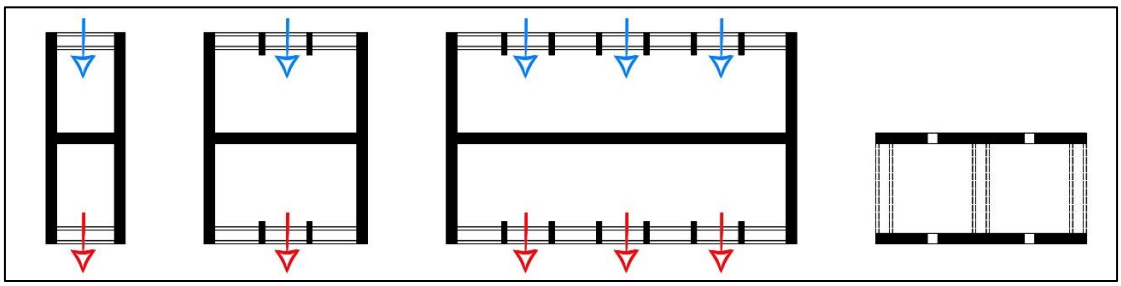


Şekil 2.35. Rüzgâr Kulesi Kesit Gösterimi (URL-2)

İki açıklıklı rüzgâr kuleleri küçük ve sade bir forma sahiptirler. Kerpiç duvar ile iki şafta ayrılmışlardır ve giriş ve çıkış açıklıkları rüzgâr yönüne doğru konumlandırılmıştır. Tek açıklıklı Badgirlerle (rüzgâr kulesi) kıyas edildiğinde daha işlevseldir ve Yezd'in Evlerinde eyvanlarla birlikte çalışmaktadır (Bahadori, Dehghani-sanij ve Sayigh, 2014). İki açıklıklı rüzgâr kulelerinde oluşturulan hava şaftları zıt basınç alanlarını daha verimli kullanmak için tasarlanmıştır (Şekil 2.36). Şekil 2.37'da iki açıklıklı rüzgâr kulelerinin tip planları gösterilmektedir.

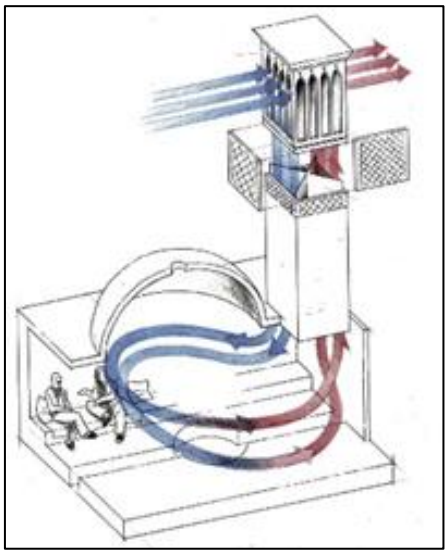


Şekil 2.36. İki açıklıklı rüzgâr kulesi kesiti (Nejadi, 2022)

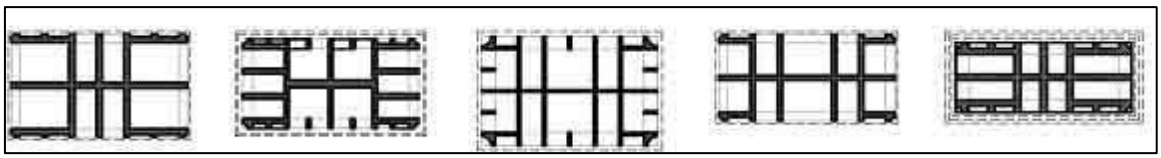


Şekil 2.37. İki açıklıklı rüzgâr kulesi tip planları (Maleki, 2011)

Dört açıklıklı rüzgâr kuleleri en çok kullanılan rüzgâr kuleleridir. Dört ana şafta ayrılarak dört yöne de açık bacalar oluşturulmuştur. Sıcak- nemli iklime sahip bölgelerde bu tip rüzgâr bacası kullanımı yaygındır. İran'ın güneyinde, Kong ve Lenge limanında örnekleri gözlenmektedir. Dört açıklığın tüm yönlere hâkim olması nedeniyle hava giriş ve çıkışının gerçekleşeceği açıklıkları değişen hâkim rüzgâr yönü belirlemektedir. Hâkim rüzgâr yönünde bulunan açıklık, pozitif basınç alanı oluşturarak hava girişinin sağlandığı giriş kanalı olur ve bu açıklığın karşı yönündeki açıklık ise negatif basınç alanı oluşturarak içerideki kirli kullanılmış havayı mekândan uzaklaştırır (Şekil 2.38). Bu sayede kulede meydana gelen basınç farklılığıyla enerji tüketimi olmaksızın mekân içi hava sirkülasyonu sağlanmış olur. Şekil 2.39'de dört açıklıklı rüzgâr kulesine ait tip planlar gösterilmektedir.



Şekil 2.38. Dört açıklıklı rüzgâr kulesi hava sirkülasyon gösterimi (URL-3)



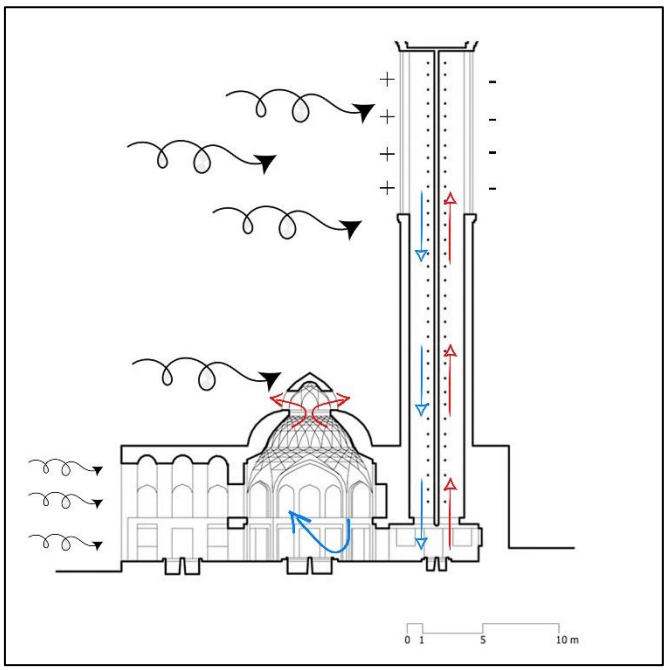
Şekil 2.39. Dört açıklıklı rüzgâr kulesi tip planları (Maleki, 2011)

Altı ve sekiz açıklıklı rüzgâr kuleleri dört açıklıklı rüzgâr kulelerinin zaman şartlarıyla gelişerek dönüştüğü halidir (Şekil 2.41). Diğer rüzgâr kulelerine göre daha karmaşık, yüksek ve estetiktirler. Bu tip kuleler, tüm yönlerden gelen rüzgârı iç mekânın etkili bir şekilde havalandırılması için kullanır ve aynı zamanda yapının mimari formuna estetik açıdan katkı sağlamaktadır. Tasarımlarının karmaşıklığı, teknik ve ekonomik zorlukları nedeniyle

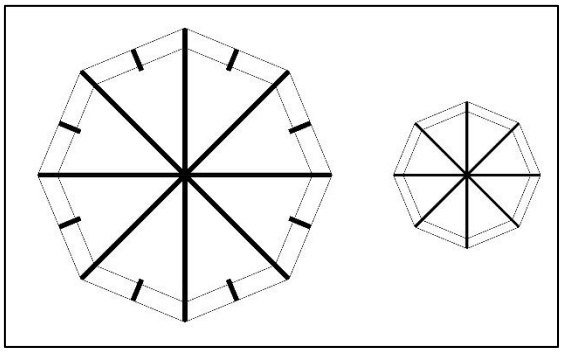
nadiren görülen bu tür rüzgâr kuleleri, yapıya görkemli bir görüntü katmaktadır (Melikoğlu ve Bekleyen, 2021). Resim 2.10'da gösterilen Yezd kentinde bulunan Dowlat Abad Bahçesi'nde yer alan sekizgen gövdeli rüzgâr kulesi 33 metre yüksekliğinde ve İran'ın en yüksek rüzgâr kulesidir. 2011 yılında Dünya Mirasları listesine dahil edilmiştir. Şekil 2.40'de kule kesitinde oluşan pozitif ve negatif basınç alanları ve yapı içerisindeki hava sirkülasyonu gösterilmiştir.



Resim 2.10. Bagh-e Dolat Abad Bahçesi Rüzgâr Kulesi (URL-4)

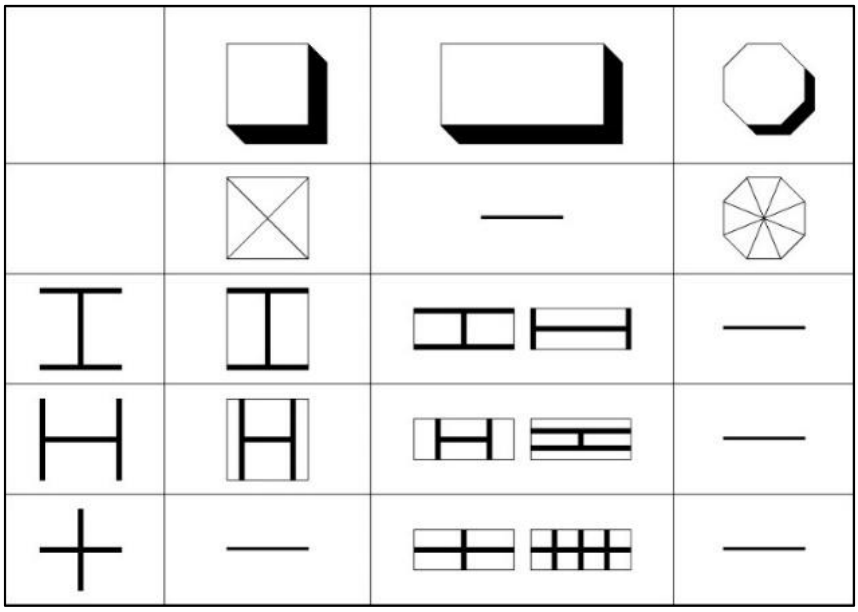


Şekil 2.40. Bagh-e Dolat Abad kesiti (Garofalo, 2016)



Şekil 2.41. Sekiz açıklıklı rüzgâr kulesi tip plan (Maleki, 2011)

Silindirik gövdeli rüzgâr kuleleri hem verimli havalandırma hem de tasarım açısından rüzgâr kulelerinin en gelişmiş halidir. Diğer tip rüzgâr kuleleriyle kıyaslandığında aerodinamik formları nedeniyle havalandırma performansları yüksektir (Abdallah Ali, 2021). Bu tür kulelerin üretim aşamasındaki zorluklar ve tasarımlarının karmaşık olması ve uzmanlık gerektirmesi yaygınlaşmalarını sınırlandırmıştır (Dehghani-Sanij ve diğerleri, 2015). Rüzgâr kulelerinin bulunduğu her şehrin kendine özgü iklim koşulları, kulelerin tasarımını etkilemektedir. Bölgenin iklimi, rüzgârın hızı ve yönü, çevresindeki binaların boyutları, kule bacalarının iç mekândaki konumu ve sahibinin ekonomik durumu, rüzgâr kulelerinin şeklini belirleyen temel faktörler arasında sayılabilir (Say Özer, Özer ve Kutlutan, 2009). Plan formları kare, dikdörtgen ve sekizgen formda görülmektedir. Kare form genellikle dört açıklıklı rüzgâr kulelerinde kullanılan plan tipidir. Dikdörtgen formlar tek açıklıklı, iki açıklıklı ve dört açıklıklı rüzgâr kulelerinde kullanılmaktadır. Sekiz açıklıklı rüzgâr kuleleri de sekizgen plan formuna sahiptir. 0,40 m x 0,80 m'den 5x5 m'ye kadar geniş bir boyut aralığı olduğu ve planda ve en boy oranında oranın 1:2 olduğu bildirilmektedir (Mahyari, 1997). Rüzgâr kulesi planlarında birkaç şafta ayırmak için kullanılan bölmelerin varlığı dikkati çekmektedir. Bu bölmeler kulenin tepesine kadar uzanan bir menfez ızgarası oluşturmaktadır. Bölmeler "Bernouli etkisine" göre hava hareketini hızlandırmak için rüzgâr kulesini küçük şaftlara bölmektedir. Şekil 2.42'de bina formuna göre rüzgâr kulelerindeki bölme elemanlarının kullanımını görmekteyiz. Dar kesitten hava geçerken hava miktarı artmaktadır. Böyle bir kurgu ile havanın temas ettiği yüzey sayısı artmakta ve böylece hava bölmelerin kütlesinde depolanan ısı ile termal iletişime geçmektedir. Kerpiçten yapılan bu bölmeler gece boyunca depoladıkları ısıyı geri vererek gündüz ısı emmeye hazır hale gelmekte ve bu döngü ile soğutucu pencere kanatçığı olarak çalışmaktadırlar (Maleki, 2011). Ilık rüzgâr kerpiç bölmelerle temas ettiğinde ısısını kaybederek daha az ısıyla mekâna ulaşmaktadır (Mahmoudi ve Mofidi, 2008).



Şekil 2.42. Rüzgâr kulelerinin bina formuna göre bölme elemanlarının kullanımı (Maleki, 2011)

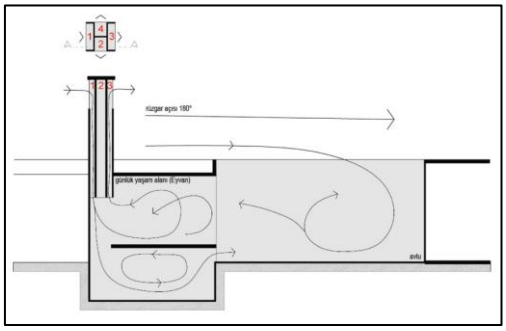
Sıcak – nemli iklim bölgelerinde rüzgâr kulesi

Sıcak – nemli iklim bölgelerinde rüzgâr gücünün zayıf olması nedeniyle rüzgâr kuleleri büyük açıklıklı ve kısa şaftlı olmaktadır. Genellikle yapıdaki tüm mekanların termal konfor koşullarını sağlamak amacıyla kendi rüzgâr yakalayıcıları vardır (Abdallah Ali, 2021). Rüzgâr kulesinin yapımında kullanılan malzemeler (harç sıva, kül, kireç gibi) ve yüzeyde açık renk kullanımı ile radyasyon emilimi ve ısı azaltılmıştır. Yüzeyde tercih edilen malzemeler bölgenin nemine karşı yapının nem direncine de yardımcı olmaktadır. Bu bölgelerde rüzgâr kulesi kare formdadır (A'zami, 2005).

Sıcak – kuru iklim bölgelerinde rüzgâr kulesi

Sıcak- kuru iklim bölgelerinde rüzgâr yoğunluğu sıcak-nemli iklime göre daha fazla olduğu için açıklıkları dar ve şaftları uzundur (Khatami, 2009). Yer kabuğundan uzaklaştıkça hava sıcaklığı düşer bu nedenle yüksek rüzgâr kuleleri soğuk ve temiz havayı yakalayarak mekâna iletebilir. Bu bağlamda rüzgâr kulelerinin yüksekliği ne kadar fazlaysa basınç farkı fazla olacağından ötürü hava akışı verimli olacaktır. Bernouli etkisine göre de hava daha küçük kesitlerden geçerken hızı artacaktır. Rüzgâr kuleleri genellikle güneş ışığını geri yansıtmak ve ısıyı absorbe etmek amacıyla sıvalı tuğla veya kerpiçten yapılmıştır. Kerpicin, gün boyu ısıyı absorbe etme ve akşam vakitlerinde ısıdan kaçınma özelliği vardır (Roaf, 1988). Sıcak

ve kuru iklim görülen bölgelerde ortalama iç mekân bağıl nemi düşüktür ve termal konfor oluşturmak amacıyla daha yüksek neme ihtiyaç vardır. Bundan dolayı sıcak- kuru iklime sahip bölgelerde bulunan rüzgâr kulelerinde havanın çeşme ya da bir su ögesinin üzerinden geçerek mekâna nem taşıması gerekmektedir. Bu koşullarda havanın soğutma etkisini ve bağıl nemi arttırarak daha düşük sıcaklık değerlerine ve daha yüksek nem seviyelerine neden olur (Ghaemmaghami ve Mahmoudi, 2005). Yezd gibi sıcak-kuru iklimin hâkim olduğu bölgelerde sıcak havanın suyu kolayca buharlaştırarak yaşam alanlarını soğutma ve bağıl nemi arttırarak kuruluğu azaltma potansiyeli vardır. Rüzgâr kulelerinin daha verimli kullanılması açısından kule, buharlaşma yoluyla soğutma tekniği ile birleştirilir. Rüzgâr kulelerindeki hava kanalları içerisinde su ögesinin kullanılması veya havanın çeşmeli avlulara yönlendirilmesi buna örnektir. Buharlaşan su havayı ferahlatır. Konut yapılarında rüzgâr kulelerinin eyvan ve çeşmeli avlu ile kullanımını da buna örnek olarak gösterilebilir. Yezd şehrinde yer alan örneklerde rüzgâr bacaları eyvanın orta aksında veya kenarına konumlandırılır ve eyvanın hemen ön tarafında avlu mekânı yer alır, eyvana ulaşan taze hava avluyu ve diğer mekanları besler. Avlu rüzgârın yapı içerisinde serbest dolanımına izin vermektedir (Şekil 2.43). Saatlerce güneş ışığına maruz kaldıktan sonra avludaki hava ısınır ve yükselir. Yükselen sıcak hava kütlesinin yerini kuleden gelen soğuk hava kütlesi alır. Bu döngü mekanların doğal havalandırmasını sağlar. Gece saatlerinde ise yüzey havası soğuyarak avluya yerleşir buradan da mekanlara dağılır. Gündüz havalandırmasının yetersiz olduğu sıcak iklimlerde böyle bir sistem kurgusu verimli olabilmektedir (Abdallah Ali, 2021).



Şekil 2.43. Rüzgâr Kulesi- eyvan- avlu hava akış şeması (Abdallah Ali, 2021)

Sıcak- kuru ve Sıcak-nemli iklimlerde rüzgâr kulesi tasarımında dikkat edilmesi gereken hususlar Çizelge 2.15'de gösterilmektedir.

Çizelge 2.15. Sıcak- kuru ve Sıcak-nemli iklim bölgelerine göre rüzgâr kulesi tasarım özellikleri

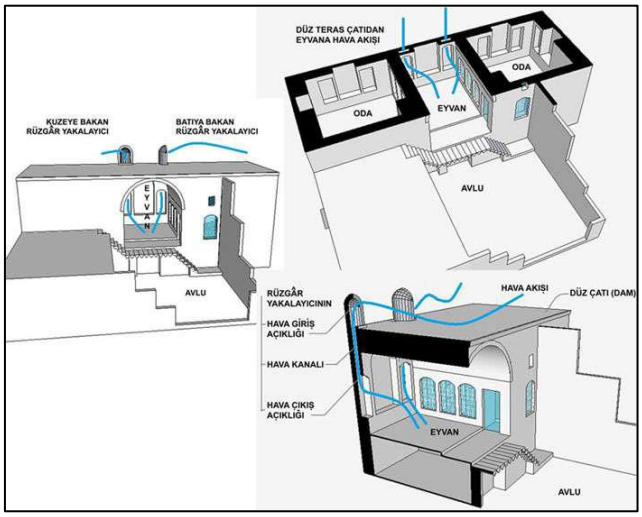
İklim	İklim Özellikleri	Tasarım Özellikleri
Sıcak Kuru	. Yazlar sıcak ve kuru . Yüksek sıcaklıklar (Ort: 40°C) . Yılın belli zamanlarında şiddetli sıcak-kuru rüzgarlar . Bağıl nem düşük	. Dar açıklıklı ve uzun şaftlı . Güneş ışığını geri yansıtan ve ısıyı absorbe eden malzeme kullanımı . Bağıl nemi artırmak için hava kanallarında su kullanımı veya havanın su yüzeyinden geçirilmesi . Havuzlu avlu ya da eyvan ile birlikte kullanımı
Sıcak Nemli	. Yoğun yağış . Yüksek sıcaklık . Yüksek nem	. Geniş açıklıklı ve kısa şaftlı . Kare planlı . Güneş ışığını ve ısıyı absorbe eden malzeme kullanımı . Avlu ve eyvan ile birlikte kullanımı . Havayı sıkıştırıp hızlandırmak amacıyla dar kesitli şaftlar . Isının daha fazla absorbe edilebilmesi için şaft sayısının artırılması

2.4.2. Rüzgâr kepçeleri

Rüzgâr kuleleri ile aynı çalışma ilkelerine sahip olan rüzgâr kepçeleri tek girişli havalandırma kanalları ile mekânın havalandırılmasını sağlar. Hâkim rüzgâr yönüne doğru konumlanmış olan açıklığı havayı alarak hava kanalıyla mekâna aktarır. Mekâna ulaşan hava cephe yüzeyinde yer alan açıklıklar vasıtasıyla dışarıya atılır. Bu sayede enerji tüketimi olmadan mekân havalandırılmış olur. Mısır'da "malkaf" ya da "mokalaf" olarak tanımlanan rüzgâr kepçeleri, en eski dönemlere ait yapı bileşenlerindendir (Melikoğlu ve Bekleyen, 2021). Sıcak- kuru iklime sahip olan Mısır için rüzgâr kepçeleri mekânın doğal havalandırılması açısından etkili bir çözüm olmuştur (Bahramzadeh, Sadeghi ve Rou, 2013). Çatı yüzeyine yerleştirilen kepçeler yapının bulunduğu coğrafyanın hâkim rüzgâr yönüne doğru yerleştirilmişlerdir. Kepçelerin üst kısımları 30° eğimlidir ve bu durum havanın gireceği açıklığı büyütür. Bu sayede yapıya daha fazla hava girişi sağlanmış olur (Bahramzadeh ve diğerleri, 2013). Hava akımının sürekliliği yapı yüzeyinde konumlandırılan küçük havalandırma pencereleri ile rüzgâr kepçesi arasında sağlanmaktadır. Pakistan, Irak, Afganistan' da ve Şanlı Urfa'nın geleneksel konutlarında örnekleri görülmektedir (Resim 2.11, Şekil 2.44). Coğrafi şartlara, yerel malzeme çeşitliliğine ve yerel yapım tekniklerine göre rüzgâr kepçeleri çeşitlilik göstermektedir.



Resim 2.11. Şanlıurfa'da bulunun bir yapıdaki rüzgâr kepçesi örneği
(Melikoğlu ve Bekleyen, 2021)



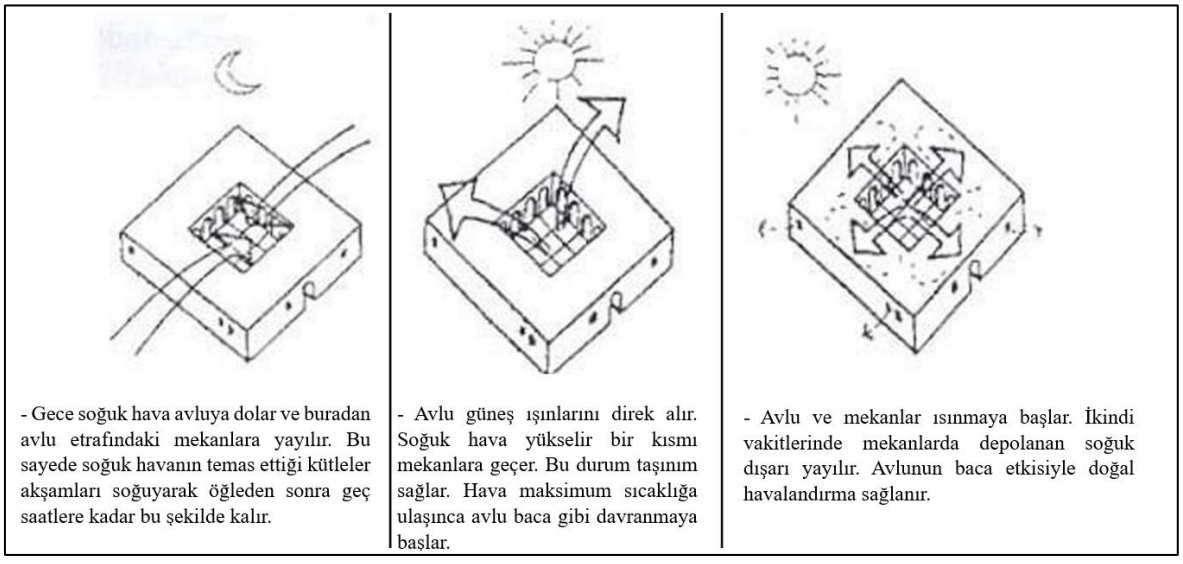
Şekil 2.44. Şanlı Urfa'da bulunun bir yapıdaki rüzgâr kepçesinin hava akış gösterimi
(Melikoğlu ve Bekleyen, 2021)

2.4.3. Avlu

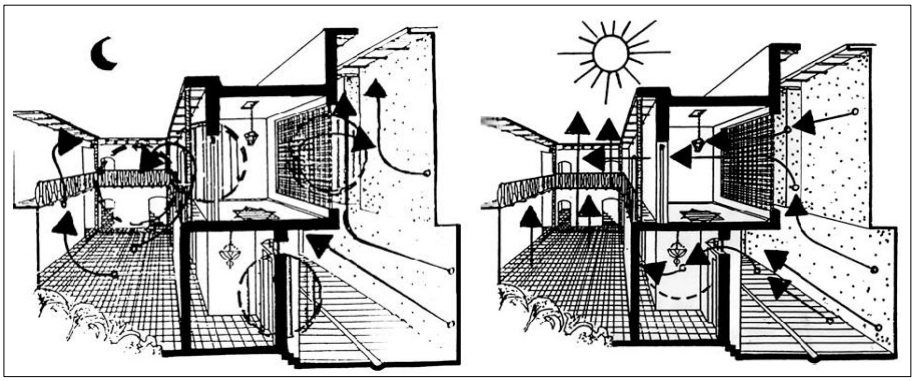
Avlu, sıcak-kuru iklim bölgelerinde görülmeye başlamış ve şimdi dünyada çeşitli iklim bölgelerinde birçok örneği bulunan bir yapı elemanıdır (Almhafdy, Ibrahim, Ahmad ve Yahya, 2013). Planlı alanlar tip imar yönetmeliğine (Resmi Gazete, 2017) göre "Avlu: Yapının bölümleri ya da duvarlar aracılığıyla çevrelenmiş, geleneksel mimaride pek çok şekline rastlanan, üstü açık ve kısa kenarı 5,00 metreden az olmayan yapı bölümünü" tanımlamaktadır. Yapının orta aksında, önünde veya arkasında yer alan üstü açık yaşam alanlarıdır. Eski tarihlerden bu yana farklı iklime sahip bölgelerde avlu kullanımına rastlanmaktadır. Avlu esas olarak iklim gereksinimlerine yanıt olarak geliştirilmiştir. Örneğin, hava sıcaklığının az olduğu bölgelerde güneş ışınlarından daha fazla istifade edebilmek amacıyla geniş, sıcaklığın yüksek olduğu bölgelerde ise güneş ışınlarından korunmak amacıyla küçük avlular tercih edilmiştir. Günümüze kadar yüzyıllar boyunca avlu, sıcak iklimlerde konut mimarisinin en karakteristik biçimlerinden biri olmuştur (Muhaisen ve Gadi, 2005). Yapılarda merkezi bir alan, dış ortamla doğrudan kurulan ilişki ve gün ışığı kullanımını arttıran bir araç olarak avlu, kullanıcılar için geceleri serin hava toplayıcı gündüzleri ise gölge kaynağı olarak kullanılagelmiştir. Avlular kullanıcılar için güvenlik ve mahremiyet, etrafına ve bodrum kata konumlandırılan mekanlar için gün ışığı sağlamaktadır (Safarzadeh ve Bahadori, 2004). Bahadori ve Fathy, avlunun içe dönük tasarımının sıcak-kuru iklim bölgelerinde birkaç işlevi yerine getirdiğini belirtmiştir (Bahadori, 1978; Fathy, 1986). Bunlar; açık korunaklı bir alanın oluşturulması, doğal soğutma ve havalandırma stratejilerinin benimsenmesi, rüzgârın etkisiyle savrulan toz ve kuma karşı koruma sağlanması ve güneşin aşırı etkilerinin hafifletilmesidir. Yine Bahadori ve Fathy'e göre iklim, özellikle sokakların ve avluların şekillenmesi olmak üzere mimari formun belirlenmesinde en önemli kriterdir (Bahadori, 1978; Fathy, 1986). Avlunun verimli kullanımını biçimlenişi, en-boy oranı, yönü, sınır koşulları, güneşe-rüzgâra maruz kalma derecesi ve duvar tipleri gibi tasarım kararları etkilemektedir (Reynolds, 2002). Avlular, yüksek sıcaklıkları azaltma, esintileri yönlendirme ve nem derecesini ayarlama yetenekleri nedeniyle genellikle bir mikro iklim değiştirici olarak anılmaktadır (Saxon, 1986). Bu bağlamda avluların performansları üzerine yapılan birçok çalışma gösteriyor ki yapılarda avlu kullanımı özellikle sıcak iklim bölgelerinde yapının soğutma yüklerini azaltmada etkilidir (Abdallah Ali, 2021).

Avlunun gün içindeki çalışma prensipleri

Gece saatlerinde soğuk hava avlu zeminine inerek buradan avlunun çeperinde yer alan mekanlara dağılır. Hava ile temas eden duvarlar, döşemeler, kolonlar, çatılar, mekân içinde bulunan yüzeyler sıcak havayı depolar ve öğleden sonrasında ikindi vakitlerine kadar muhafaza eder. Avlu akşam saatlerinde gökyüzüne doğru hızla ters ışıma vasıtasıyla ısı verir (Yaşa, 2004). Öğlen saatlerinde güneş ışınları doğrudan avlu zeminine ulaşır. Mevcut soğuk havanın bir kısmı yükselmeye başlar avlu çeperinde yer alan mekanlardan da soğuk hava çıkışı olur. Hava sıcaklığının maksimum seviyeye ulaşması ile avlu baca görevi görmeye başlar. Yapıda kullanılacak malzeme özellikleri sıcak havanın sızmasına karşılık kalkan görevi görerek termal konfor koşularının sağlanmasına destek verir, örneğin kalın kerpiç duvarlar sıcak havanın içerilere sızmasını 12 saat kadar geciktirmektedir (Yaşa, 2004). İkindi saatlerinde avlu zemini ve iç mekanlar ısınmış hale gelir ve akşam saatleri ile birlikte taşınım olayları gerçekleşir. Bu saatlerde gölge elemanlarıyla, komşu yapıların gölgeleriyle avlu ve yapı korunmaktadır. Bu nedenle avlu içinde gölgeleme sağlayan elemanların kullanımı önemlidir. O saatlere kadar mekanlar içinde kalmış, depolanmış olan soğuk hava dışarı çıkmaya başlar. Gün boyu ısınan avlu yüzeylerinin edindiği uzun dalga radyasyonları atmosfere salınır. Bu ısı salınımı kademeli olarak gerçekleştiği esnada yüzeyler soğumaya başlar. Avunun hava sıcaklığı düşer ve yerini soğuk havaya bırakır. Döngü tamamlanarak soğuk hava avlu zeminine çöker ve buradan tekrar çeperindeki mekanlara dağılır (Şekil 2.45) (Şekil 2.46) (Reynolds, 2002).



Şekil 2.45. Avlunun gün içerisinde çalışma şekli (Yaşa, 2004)



Şekil 2.46. Gece-gündüz avludaki hava akışı (Almusaed, 2011)

Sıcak-kuru iklim bölgelerinde avlu

Sıcak- kuru iklime sahip bölgelerde yaşayan insanlar tarih boyunca iklimle uyumlu yapılar yaparak hava koşullarından korunabilmiştir. Avlu sıcak- kuru iklim bölgelerinde hava koşullarından korunmak ve termal konforu sağlamak amacıyla uygulanan en önemli çözüm önerilerindendir. Sıcak-kuru iklim bölgelerinde avlunun çeşme, su havuzları ve büyük yapraklı bitkiler ile kullanımı verimliliğini arttırabilmektedir. Bu iklimde aşırı soğutma ve yüzey buharlaşması nedeniyle artan nem, yüzey suyunun kullanılabilirliği sayesinde hava sıcaklığını azaltılabilir (Sabbagh Helali, 2019). Bağıl nem oranının düşük olduğu mekanlarda, mekâna konumlandırılacak su ve bitki ögeleri nem oranını yükseltmektedir (Rapoport, 1969). Su havuzları ve bitki örtüsü gün boyunca ısınarak gece uygun bir sıcaklığı korumaktadır. Böylece hava, yoğunluk farkından dolayı avlunun üst kısmında kalarak alt kısımda konforlu bir ortam oluşmasını sağlamaktadır (Almusaed, 2004). Avlulara dahil edilecek bitkilerin kışın yaprak dökmesi önemlidir, çünkü sadece sıcak günlerde radyasyonu engellemesi ve ihtiyaç duyulan nemi sağlaması gerekmektedir. Avluda ve yapı çevresinde bitki kullanımı istenmeyen rüzgarların hızını azaltabileceği gibi rüzgâr üflemesini yoğunlaştırarak ve rüzgâr hızını istenilen yönde arttırarak yapının hava akışını destekler. Günün çeşitli vakitlerinde gölgelenme alanlarının sürekli yer değiştirdiği avlu, bütün mekanlara geçiş için odak noktasıdır. Aynı zamanda kullanıcıların birçok etkinliği yaptığı çok fonksiyonlu mekandır. Yarı açık ve kapalı mekânlar avlunun çevresinde konumlanır. Bu konumlanma rastgele değil, iklim göz önünde bulundurularak tasarlanmış bir konumlanmadır. Genel olarak avlunun güneyinde yer alan mekanlar yazlık, kuzeyinde yer alan mekanlar ise kışlık olarak kullanılmaktadır (Bekleyen, 2019b). Bu mekân dağılımı güneşten yararlanma veya güneşten kaçma amacıyla yapılır. Kuzeyde yer alan kışlık

mekanlar, avluya (güneye) bakan açıklıklardan gün boyu aldıkları güneş ışığı nedeniyle daha sıcak olup, buna karşılık güneyde konumlanan yazlık mekanlar, avluya (kuzeye) bakan açıklıklardan hiç güneş ışığı almadıkları için diğer mekanlara göre daha serin olmaktadır (Bekleyen, 2019b).

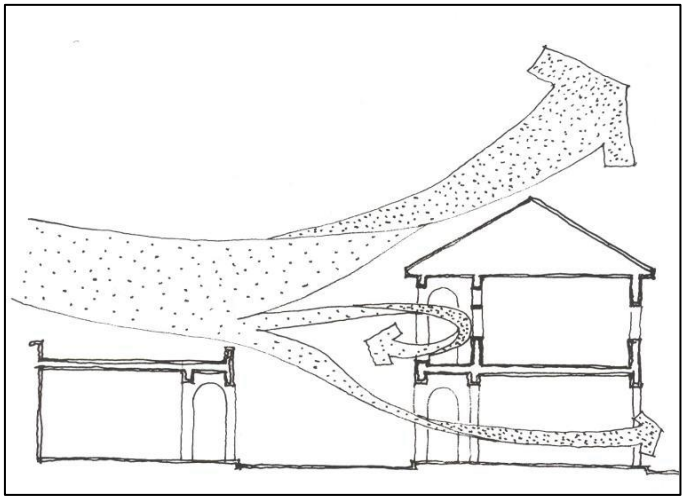
Sıcak-nemli iklim bölgelerinde avlu

Sıcak – nemli iklim bölgelerinde güneş ışığı kazanımı, radyasyon kazanımı, hava akımı ve doğal serinleme fonksiyonları arasından radyasyon kazanımı istenmeyen durumdur. Bu bölgelerde mekanlarda hava akımı oluşturularak serinletici etkinin sağlanması istenir. Bu nedenle avlunun biçimlenmesinde rüzgârın yönü ve hızı en belirgin etkileyicidir. Bu bölgelerde avlu çeperinde yer alan duvarlar yüksek ve avlular dardır. Yüksek duvarlar radyasyon kazanımının önüne geçerken, avlunun dar formu hava akımını hızlandırıcı etki sağlar. Çatı yüzeylerindeki radyasyon kazanımını azalmak amacıyla parapet uygulamaları önem taşır (Ghaffarianhoseini, Berardi ve Ghaffarianhoseini, 2015). Sıcak-kuru iklim bölgelerinde, geleneksel avlulu bina formu sayesinde, doğal taşınımla kendiliğinden meydana gelen mekân ile avlu arasındaki hava akımları, ılıman-nemli ve sıcak-nemli iklime sahip bölgelerde rüzgâr basıncıyla elde edilmektedir (Al-Hemiddi ve Megren Al-Saud, 2001; Al-Mumin, 2001; Ok ve diğerleri, 2008; Rajapaksha, Nagai ve Okumiya, 2003; Ratti, Raydan ve Steemers, 2003). Bu nedenle avlu ile beraber hava akımları oluşturmak amacıyla yapı çeperinde yer alan açıklıkların sayısı ve ebatları da önem kazanmaktadır. Açıklıklar ile yerel rüzgarlar yapı içine alınarak avlu ile iletişimi sağlanır ve bu sayede oluşan hava akımı ile serinleme etkisi oluşturulur. Sıcak – nemli iklimlerde bağıl nemin yüksek olması nedeniyle su elemanı ve peyzaj uygulamasına ihtiyaç yoktur. Sıcak- nemli iklimlerde hava akımı oluşturmak ve rüzgârı yakalayarak yapı içinde gezdirmek önem taşımaktadır. Rüzgârın yatay hareketinden faydalanarak yapı çeperinde ve avlu yüzeyinde oluşturulan açıklıklar rüzgârın iç mekâna geçişini sağlar. Yapılarda kullanılan “zaguan” olarak bilinen cadde ve sokak tarafının avlu ile birleştiği üstü kapalı tünel olarak ya da giriş holü olarak tanımlayabilen bu mekân rüzgârın yapı içine alınmasında etkili bir tasarım stratejisidir (Resim 2.12). Ancak dar cadde ve cadde tarafındaki kısıtlı açıklıklar, rüzgârın yer seviyesinde akmasına engel olmaktadır. Bu nedenle yapının bulunduğu konum önemlidir.



Resim 2.12. Geleneksel ve modern zaguan örnekleri (URL-5)

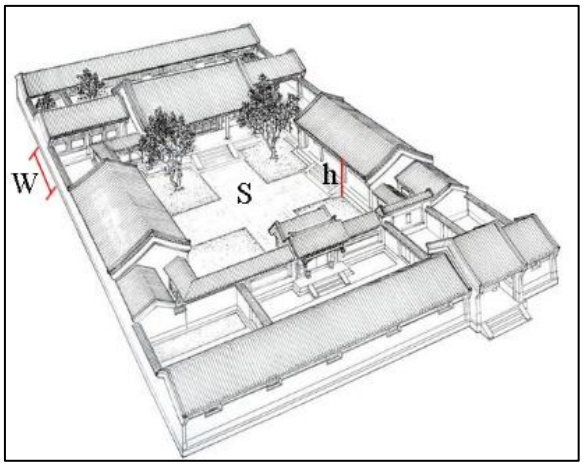
“Avlu duvarlarının yükseltilmesi, Baruch Givoni’nin araştırmalarına dayandırılarak bir rüzgâr yakalama stratejisi olarak değerlendirilmektedir. Bu stratejiye göre, zemindeki rüzgârın avlu açıklıklarına ve düşük çatıya yönlendirildikçe, yüksek duvarlara çarpması esas alınmaktadır.” (Şekil 2.59) (Givoni, 1998).



Şekil 2.47. Baruch Givoni'nin rüzgâr yakalama stratejisi (Hindistan, 2006)

Avlu içerisinde rüzgârın akışını belirleyen faktörler;

- Avlu çeperinden konumlanmış yapının ortalama yüksekliği (h),
- Avlu yüzeyinin alanı (S),
- Avlu açıklıkların hâkim rüzgâra göre konumları,
- Avlu açıklıklarının genişliği (W),
- Yüzey oranı olarak açıklanabilir.



Şekil 2.48. Avlu içerisindeki S, W, h'nin gösterimi (URL-6)

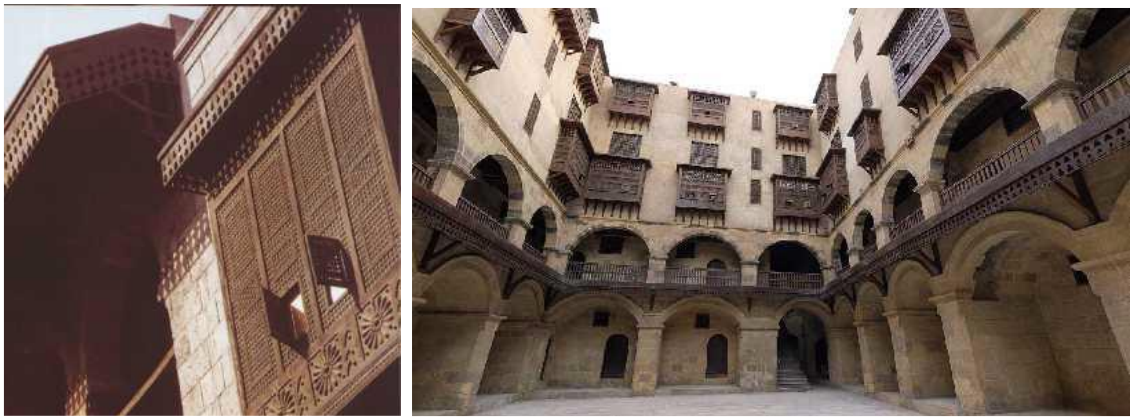
Avlunun rüzgâr kulesi gibi yakalayıcılarla kullanımı da ihtiyaç duyulan hava akımının sağlanmasına yardımcı olabilmektedir. Sıcak- kuru ve Sıcak-nemli iklimlerde avlu tasarımında dikkat edilmesi gereken hususlar Çizelge 2.16'da gösterilmektedir.

Çizelge 2.16. Sıcak- kuru ve Sıcak-nemli iklim bölgelerine göre avlu tasarımına ilişkin konseptler

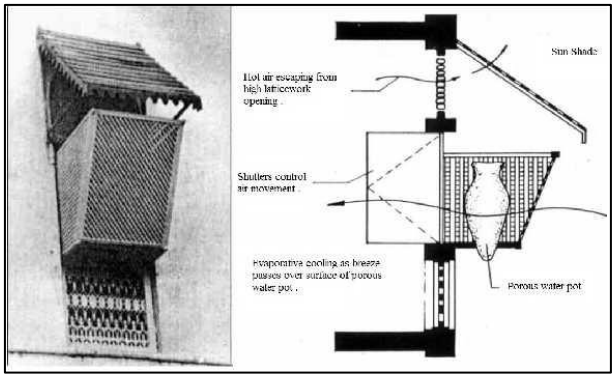
İklim	İklim Özellikleri	Tasarım Özellikleri
Sıcak Kuru	. Yazlar sıcak ve kuru . Yüksek sıcaklıklar (Ort: 40°C) . Yılın belli zamanlarında şiddetli sıcak-kuru rüzgarlar . Bağıl nem düşük	. Radyasyon kazanımını arttırmak amacıyla geniş ancak derin olmayan avlu . Bağıl nemi arttırmak amacıyla, su ve peyzaj elemanlarının kullanımı . Gölgeleme elamanlarının eklenmesi . Kullanılacak malzemelerin radyasyon kazanımına olanak vermesi
Sıcak Nemli	. Yoğun yağış . Yüksek sıcaklık . Yüksek nem	. Avlunun hâkim rüzgâr yönü gözetilerek konumlanması . Radyasyon kazanımının azaltılması amacıyla dar ve derin avlu . Çatı yüzeylerindeki radyasyon kazanımını azalmak amacıyla parapet uygulamaları (Ghaffarianhoseini vd., 2015). . Rüzgârın yatay hareketiyle avluya hava akışını sağlayan çeper açıklıkları . Avlu sokak, cadde arasında hava akış aksı oluşturan koridorların eklenmesi (zaguan) . Avlu duvarlarının yükseltilmesi . Avlu rüzgâr bacası birlikte kullanımı

2.4.4. Maşrabiye

Mısır'da mimari eleman olarak bilinen "maşrabiye "sanat tarihi terminolojisinde ahşap yapım tekniği olarak geçmektedir (Taşkan ve Ismaeel, 2022). Maşrabiye'nin kendine özgü bir tarihi vardır. Kültürel olarak dekoratif ahşap bir unsurdan öte çağdaş değişkenlere çözüm bulmaya yardımcı olan tasarım kriterleri ve kendi parametreleri ile önemli bir çevre unsuru haline gelen birçok önemli işlevi bulunmaktadır (Alothman, 2017). Geleneksel Arap evlerinin sokağa veya avluya bakan çıkmalarıdır. Bu nedenle bazı kaynaklarda maşrabiyenin Türkçe karşılığı 'cumba' olarak geçmektedir. Maşrabiye, Mısır, Suriye ve Irak'ın sıcak kuru iklim bölgelerinde geleneksel yapılarında gölgelik yapmak için kullanılan düz bir kutudur (Resim 2.13) (Abdallah Ali, 2021). Geçmişte Maşrabiye ahşap kafes açıklıklarla çevrili, içme suyu kavanozlarının soğutulduğu alana verilen isimdir, kafes açıklıklarından havanın hareketi neticesinde buharlaşma ile meydana gelen soğuk havanın etkisinden yararlanılır (Resim 2.14) (Fathy, 1986).



Resim 2.13. Maşrabiye örnekleri (Alothman, 2017)



Resim 2.14. Maşrabiyenin soğutma etkisi (Alothman, 2017)

Sıcak iklimlerde binaları soğutmak amacıyla kullanılan buharlaşmanın sürekli ve etkili olabilmesi için hava akımı hızının açığa çıkan su buharını uzaklaştıracak ve ısı transferini sağlayacak güçte olması gerekir. Bu nedenle sıcak iklimlerde yapının kesintisiz bir hava akımına sahip olması önemlidir. Arap geleneksel mimarisinde yer alan Maşrabiye, dış dünya ile çok ihtiyaç duyulan bir bağlantı oluştururken binanın soğutulmasına izin vererek, ortam ışığının ve hava akışının miktarını artırmak için geliştirilmiştir. Hassan Fathy, maşrabiyeyi beş temel işlevsel role sahip olarak tanımlar. Bunlar; ışık kontrolü, hava akımı düzenlemesi, sıcaklık düzenlemesi, nem kontrolü ve görsel mahremiyettir (Fathy, 1986).

Maşrabiyenin yapısı, konumu ve boyutu yapı içindeki sıcaklığı belirler (Samuels, 2011). Sıcak yaz aylarında iç hacmi gölgeleyerek güneş kazanımını azaltır ve yapı içerisinde açıklıklar oluşturduğu içinde hava akışı sağlar. Maşrabiyenin alt kısmında bulunan boşluklardan mekâna hava çekilir ve üst kısımda yer alan geniş boşluklardan sıcak hava dışarıya atılır. Hava sirkülasyonunu arttıran bu yöntem aynı zamanda diğer iç mekanlara hava geçişini de hızlandırır (Alothman, 2017). Hava sıcaklığı azaldığında havanın yoğunluğu artar. Bu durum basıncın da artması demektir. Hava basıncındaki artış havanın küçük boşluklardan iç mekâna üflenmesini sağlar. Hava sıcaklığının artması ile ise havanın yoğunluğu ve basıncı azalır. Düşük basınç havanın maşrabiyenin üst kısmındaki boşluklardan yukarı ve dışarı hareketine neden olur (Alothman, 2017). Bu çalışma mekanizması göz önünde bulundurulduğunda daha fazla hava akışı elde etmek için mekânın farklı duvarlarında açıklıklar açarak yapının içi-dışı arasında basınç farklılıkları oluşturulabilir.

Maşrabiyeye su kaynakları yerleştirilerek içinden geçen havanın sıcaklığı buharlaşma yoluyla azaltılabilir. Bu sistemlerin her biri maşrabiyenin gözenekliliği ve boyutuna bağlıdır. Daha gözenekli bir kabuk kış sürecinde daha çok ışığın mekâna girmesine olanak verirken yaz sürecinde mekân içerisinde akan hava miktarını arttırarak evaporatif soğutma sistemlerinin verimini değiştirecektir (Samuels, 2011).

Sıcak- kuru ve Sıcak-nemli iklimlerde maşrabiye tasarımında dikkat edilmesi gereken hususlar Çizelge 2.17'de gösterilmektedir.

Çizelge 2.17. Sıcak- kuru ve Sıcak-nemli iklim bölgelerine göre maşrabiye tasarımına ilişkin konseptler

İklim	İklim Özellikleri	Tasarım Özellikleri
Sıcak Kuru	. Yazlar sıcak ve kuru . Yüksek sıcaklıklar (Ort: 40°C) . Yılın belli zamanlarında şiddetli sıcak-kuru rüzgarlar . Bağıl nem düşük	. İstenilen hava miktarınca maşrabiye gözenek sayısı ve boyut oranı belirlemek . Bağıl nemi arttırmak amacıyla, su kullanımı . Daha gözenekli bir kabuk (yaz sürecinde mekân içerisinde akan hava miktarını arttırarak evaporatif soğutma sistemlerinin verimini arttırabilir.)
Sıcak Nemli	. Yoğun yağış . Yüksek sıcaklık . Yüksek nem	. İstenilen hava miktarınca maşrabiye gözenek sayısı ve boyut oranı belirlemek . Daha fazla hava akışı elde etmek için mekânın farklı duvarlarında açıklıklar açarak yapının içi-dışı arasında basınç farklılıkları oluşturmak. . Daha fazla gözenekli bir kabuk (farklı duvarlarda uygun açıklıklar ile gözenekli kabuk hava akışını hızlandırabilir.)

2.4.5. Atrium

Atrium, geleneksel kullanımı ve sözlük anlamı itibariyle üç ya da daha çok kenarı galerilerle çevrili, üstü açık avlu ya da üst kısımdan aydınlatılan, alt katlardan ya da diğer katlardan mekanlara açılan ortak mekân olarak tanımlanmaktadır. Atrium (a'treem), Roma iç mimarisinde bir iç avlu ve erken dönem Hıristiyan kiliselerinde bir tür giriş avlusu olarak kullanılmıştır. 19.yy. da gelişen teknolojiyle beraber geniş açıklıkların rahat bir şekilde geçilebildiği malzemeler üretilmiş ve atriumların hava koşullarından korunması amacıyla üstü örtülü gün ışığını içeriye alabilen kapalı atrium örnekleri görülmeye başlanmıştır. Atriumlar; insanların toplandığı, geçtiği ve beklediği halka açık yerlerdir. Yapıların sosyal merkezleri olmalarının yanı sıra, yapının bulunduğu coğrafyanın iklimsel verileri doğrultusunda, yapı kullanıcı gereksinimleri ve yapı kullanımı için ideal bir şekilde tasarlandıklarında pasif sistemin etkili bir elemanı olmaktadır. Atriumlar, yapının merkezini tarifleyerek üstlendiği mekânsal rol nedeniyle, katlar arasında yatay ve düşey sirkülasyonu sağlarlar. Aynı zamanda, yapı ve çevresi arasında konforlu bir ara bölge oluştururlar (Göçer, 2006). Atrium yapıda farklı formlarda da bulunabilmekte, yakın çevre ve yapı içerisindeki

mekanlarla farklı şekillerde ilişkilendirilmektedir. Planlamadaki bu çeşitlilik, işlevsellik ve mekânsal algı açısından birçok farklı alternatif oluşturmaktadır. Yapı içindeki konumlarına, çevreyle ve diğer mekanlar ile kurdukları ilişkiye bağlı olarak farklı açıklık derecelerine sahip olabilirler ve bu nedenle mekân organizasyonu olarak farklı dolaşım şemaları ve kurgular sunmaktadırlar (Bednar, 1986). Dünya çapında oteller, hastaneler, alış-veriş merkezleri ve ofisleri içeren farklı işlevlere sahip binalarda bulunmaktadır. Bir atrium, rüzgâr, kar ve yağmurun dışarıda tutulduğu, doğal aydınlatmalı, çevre kontrollü bir alan oluşturma avantajlarına sahiptir. Atriumun bir yapıya dahil edilmesinin birçok nedeni vardır. Bunlar;

▪ Mimari işlev olarak atrium ile yararlı bir alan tariflenir,
▪ Dış ortam ile bağlantı olarak cam yüzeyli avlular kullanıcı için heyecan verici manzaralar sunar. Cam yüzeyi olmayan atriumlarda dahi peyzaj elemanlarının eklenmesi ile dış dünya ile bir bağlantı sağlanabilir,
▪ Ekonomik işlev amaçlı atriumlu yapılarda halkın bir araya gelmesi, özel etkinlikler, sergiler, gösterilerin gerçekleşmesi için gerekli alanın sağlanmış olmasından dolayı doluluk oranlarının yüksektir ve bu da yerleşim oranlarının ve kazançların artmasına neden olmuştur (Tabesh, 2016),
▪ Enerji tasarrufu amaçlı atriumlu yapıların enerjiyi verimli kullanma potansiyelleri yüksektir. Gün boyunca gün ışığından yararlanılması elektrikli aydınlatma maliyetinde azalma sağlar. Pasif sistemlerin kullanımı fazladır ve bu sebeple daha konforlu alanlar sağlanabilmektedir. Bu durum da mekanik sistemlere bağımlılığı azaltır.

Yapı sistemlerinde önemli bir mimari eleman olan atrium, yukarıda bahsettiğimiz gibi konfor koşullarının sağlanmasında yapının havalandırılmasına, ısıtılmasına ve soğutulmasına katkıda bulunur. Çevresinde yer alan mekanların gün ışığından maksimum düzeyde yararlanmasına olanak vererek yapının enerji tüketimini azaltır.

Atriumun enerji performansı

Uluslararası Enerji Ajansı, enerji tasarrufunun, yapı içerisinde bir atrium düşünmenin birincil nedeni olduğunu belirtmektedir. Bednar'a göre, atriumlu yapıların barındırdığı doğal enerji tasarrufu potansiyeli, atrium yapılarının 1967'de yeniden canlanmasının ana nedeni olarak kabul edilebilir (Bednar, 1986). Saxon’a göre ise enerji göz önünde bulundurularak

tasarlanmış atriumlu bir yapı geleneksel binalara kıyasla önemli ölçüde enerji verimliliği ile sonuçlanmaktadır (Saxon, 1986). Ancak yapının bulunduğu coğrafya ve iklimi ile uyumu, kullanılan malzeme özellikleri göz ardı edilerek tasarlanmış bir atrium enerji tüketimini azaltmadığı gibi arttırabilmektedir. Bu bağlamda atriumlu her yapı, yapı enerji tüketimini otomatik olarak azaltmamaktadır. Atrium içerisindeki enerji tüketimini düşük seviyede tutmak amacıyla atriumun pasif enerji stratejilerini oluşturan unsurlar üzerinde birtakım görevleri bulunmaktadır (Göçer, 2006);

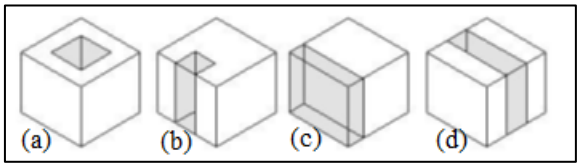
▪ Pasif ısıtma amaçlı, ısının depolanması ve doğrudan kazanımı,
▪ Pasif soğutma amaçlı, atrium ve etrafında yer alan mekanların atriyuma komşu olan yüzeylerinin doğrudan gün ışığına maruz kalmasını önlemek amacıyla gölgeleme elemanlarıyla önlemlerinin alınması,
▪ Doğal havalandırma amaçlı, havalandırmayla ısıtmanın istendiği dönemlerde ısının ana mekanlara taşınması, soğutmanın istendiği dönemlerde güneş ışınımı etkisiyle oluşacak aşırı ısının dışarıya taşınması,
▪ Doğal aydınlatma amaçlı, doğal ışığın verimli bir şekilde mekâna alınması ve buradan çevre mekanlara dağıtılması
▪ Mikro klima amaçlı, taze havanın ve nemin sağlanması için bitki ve su ögesinin kullanılması.

Atriumun yapı sisteminin enerji tüketiminin azaltmasını ve termal konfor koşullarını sağlayabilmesi için bu başlıklara imkân verecek doğrultuda tasarlanması gerekir. Atrium, plan ölçeğinde farklı geometrik şekilde ve farklı konumda enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik konuları göz önünde bulundurularak tasarlanmaktadır. Yapı çevresindeki iklimsel şartları iyileştirmede ve iç mekân kullanıcı konfor koşullarının sağlanmasında etkindir. Yapı içindeki hava akımlarını güçlendirmek amacıyla farklı konumlarda mekân organizasyonları düzenlenmektedir (Hung ve Chow, 2001; Yaşa, 2004).

Atrium plan tipolojisi

Atrium tasarımı genellikle iklim koşullarına, beklenen ısıl konfor düzeyine ve yapının işlevine dayanır. Atriumun yapı içinde konumlanması, atriumun yapıdaki çevresel avantaj potansiyelini belirleyen ana faktördür. Atrium formlarının ana kategorisi olarak, literatürde

Şekil 2.49'te gösterildiği gibi binadaki atrium konumuna dayalı olarak alıntılanan dört farklı atrium şekli vardır (Hung ve Chow, 2001).



Şekil 2.49. Atrium tipolojileri; merkezi atrium (a), üç tarafı çevrili atrium (b), sera tipi atrium (c), lineer atrium (d) (Yunus, Ahmad ve Zain-Ahmed, 2010)

Her bir atrium formu, ortam koşullarına, beklenen havalandırmaya ve gün ışığı performansına göre seçilen belirli bir çevresel avantaja sahiptir. Örneğin ılıman iklimlerde kış döneminde daha fazla güneş ısısı kazanımı elde etmek için atrium binaya camlı cephe olarak bağlanmıştır. Sıcak ve nemli iklimler için, dört genel tipten, merkezi ve lineer atrium formu, sıcaklık derecesinin ve nem değerlerinin yüksek olduğu zamanlarda sıcaklık dalgalanmalarını en aza indirmede en etkili türlerdir (Moosavi, Mahyuddin, Ab Ghafar ve Ismail, 2014). Merkezi ve lineer atriumların genel sıcaklık performansı nötr sıcaklıklara çok yakındır ve bu nedenle sıcak bölgelerde kullanımı en yaygın olan formlardır (Moosavi ve diğerleri, 2014).

İklim bölgelerine göre atrium

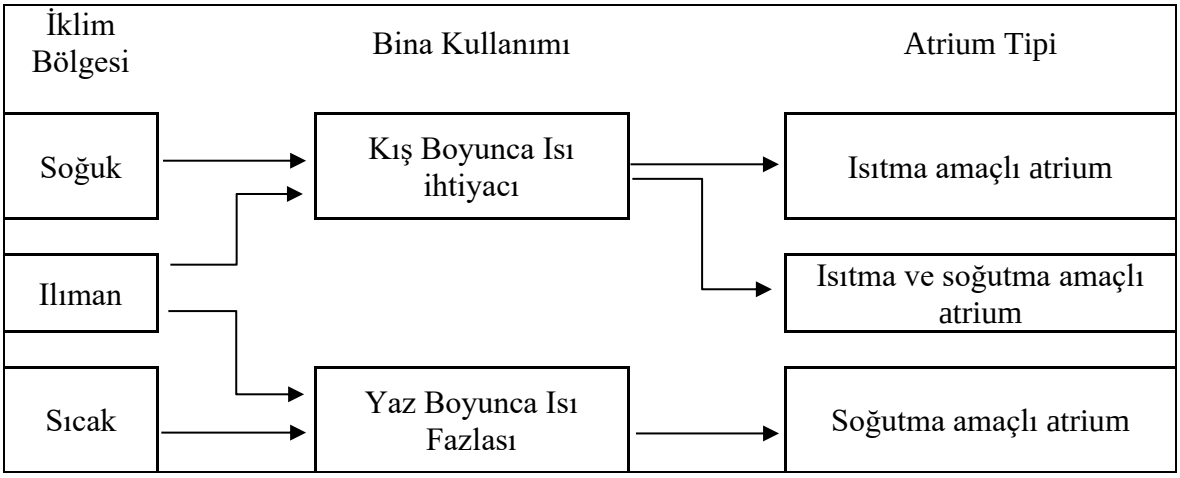
Atriumun iç mekân iklimini oluşturan etkenler vardır. Bunlar;

▪ Sera Etkisi: atriumun çeperini oluşturan cam sistem güneş ısısı kazanımı sağlayarak, atrium iç mekân sıcaklığının dış sıcaklıktan daha fazla olmasına neden olur. Cam yüzeyin geçirgenlik değerine göre camdan içeriye geçen güneş ışınımı, zemin, duvarlar ve mekân içerisindeki diğer yüzeyler tarafından emilir. Emilen güneş ışınımı uzun dalga boylu ışınım şeklinde geri yayılır. Yayılan bu ışınımın, camın uzun dalga boya sahip ışınım geçirgenliğinin yok denecek seviyede kabul edilmesi ve camın opak olması nedeniyle mekân içerisinde hapsolması ve bundan dolayı mekân sıcaklığının sürekli artış göstermesi “sera etkisi” olarak tanımlanmaktadır (Göçer, 2006; Markus ve Morris, 1980).

▪ Tampon bölge etkisi: Sera etkisinin gerçekleşmesi atriumun yapının dış çevre ile kurduğu ilişkide ara bölge- geçiş bölgesi olarak kullanılması, yani atriumlu yapılarda pasif sistem kazancının sağlanmasının temelini oluşturan tampon bölge fikrini ortaya çıkarmıştır. 1980 yılında Ralph Lebens ve Terry Farrel tarafından geliştirilen tampon bölge prensibi, havanın hapsedilip, havanın barındırdığı yalıtım özelliğinden faydalanarak yapının ısı kayıplarını azaltmaktır. Bu bağlamda atrium da bir yapının mekanları ile dış ortam arasında konumlandırılmış bir tampon bölge kabul edilebilir. Atriumdaki havanın sıcaklığı, çevre ve ana mekân sıcaklığı arasında bir değerdeyse duvarın yüzeyleri arasındaki ısıl farklılıklarından dolayı ısı akışı azalır ve bu olaya "tamponlama etkisi" denir (Göçer, 2006). Tamponlama etkisi, atriuma yapı içerisindeki mekanların kış sezonunda ısı kazancı sağlayacak, yaz sezonunda da doğal havalandırma ve ısıl kütleyle yapının soğutma yüklerini azaltmayı sağlayacak şekilde üretilmesine olanak verir.

▪ Hava Tabakalaşma Etkisi: Atriumdaki hava, atrium etrafında yer alan mekân yüzeylerinin ısı kayıpları ve cam sisteminden geçen güneş ışınımı kazancı sebebiyle sürekli ısınır. Isınan havanın yükselmesiyle hava atriumun üst noktalarında yoğunlaşır ve atriumun alt noktaları ile üst noktaları arasında sıcaklık farklılıkları ve hava yoğunluk farklılıkları meydana gelir. Bu tabakalaşmaya hava tabakalaşması denir.

Atriyumda meydana gelen bu fiziksel olaylar, enerji tüketiminin performansının belirlenmesini ve kontrolünün sağlanmasını zorlaştırmaktadır. Bu olayların yanı sıra yapının bulunduğu iklim bölgesi de yapının ısıtma ve soğutma stratejilerinin belirlenmesinde önemlidir. İklim verileri atrium tipi seçimini etkilemektedir (Şekil 2.50).



Şekil 2.50. İklime göre atrium tipi belirlenmesi (Göçer, 2006)

Soğuk iklim şartlarının görüldüğü, ağırlıklı olarak kapalı gökyüzü koşullarına sahip bölgelerde ısıtma amaçlı atrium tercih edilmektedir. Bu tür atriumlarda atrium iç yüzeylerinin ısı depolama kapasitelerinin yüksek olması sağlanmaktadır. Güneşlenme saatlerinde ısı depolanarak atriumdaki havanın sıcaklığının gün boyu dengeli olması sağlanmaktadır. Hem ısıtmanın hem soğutmanın sağlandığı atriumlar ılıman iklim şartlarında uygulanmaktadır. Soğutma amaçlı yapılan atrium sıcak iklim bölgelerinde görülmektedir. Bu atriumlarda hava sıcaklığının yüksek olmasından dolayı neme ve güneş ışınımına karşı önlemler alınarak enerji tüketimi azaltılmaya çalışılmaktadır. Güneş ışınlarının etkisinden korunmak amaçlanmaktadır. Sıcak iklim bölgelerinde güneş ışınım kazancının azaltılması açısından atriumun yönlenmesi doğru konumlanması önemlidir. Aynı zamanda atriumun biçim- boyut ilişkisi, bitki kullanımı ve gölgelendirme elemanlarının kullanımı da güneş ışınım kazancını azaltmaktadır. Dar ve yüksek bir atrium, güneş ışınlarının alt kotlardaki iç yüzeylere erişimini engelleyerek, bunun aksine üst kotlarda yoğunlaşmış güneş ışınlarının tepe noktalarda kalmasını sağlayarak pasif soğutmaya katkıda bulunmaktadır (Göçer, 2006). Ancak yüksekliğin artmasıyla beraber hava tabakalaşmaları meydana gelecektir. Sıcak iklime sahip bölgelerde gece- gündüz sıcaklık farkı fazla olduğundan ışınım yolu ile atriumlar soğutulmaktadır. Yatay yüzeylerin gece boyunca gökyüzüne yaydıkları enerji, gün boyunca ısınmış olan yapı bileşenlerinin soğumasına sebep olmaktadır (Sayigh, 1979). Sıcak iklim bölgelerinde atriumlar da oluşacak olan baca etkisi ile aşırı sıcak hava dışarıya atılmaktadır. Isınan havanın yükselmesiyle oluşan atrium içi tabakalaşmalar yapı çeperinde yer alan farklı kotlardaki açıklıklar aracılığıyla, sıcaklık farklılıklarının oluşturduğu hava hareketleriyle ve atriumun gösterdiği baca etkisi davranışıyla dışarı atılarak aşırı ısınmanın önüne geçilmektedir. Cam yüzeylerde kullanılacak doğru gölgelendirme elemanları da sıcak iklimlerde aşırı ısınmanın önüne geçmektedir.

Atriyumda doğal havalandırma

Bina tasarımında doğal havalandırma kullanımının temel avantajı, sadece enerji tüketimini ve maliyeti azaltmak değil, aynı zamanda kabul edilebilir konforlu, sağlıklı ve verimli koşullar sağlamaktır. Doğrudan güneş ışınımından ve yapının ana mekanlarına komşu yüzeylerde gerçekleşen ısı kayıplarından dolayı sıcak havaya sahip atriumların, kış ve yaz aralıklarında uygun bir strateji ile havalandırılması, kullanıcı konfor koşullarının

sağlanabilmesi ve enerji tüketiminin kontrolü açısından önemlidir (Holford ve Hunt, 2003; Sevim, 2017).

İhtiyaç olan havanın kapasitesini ve oranını karşılamak amacıyla gerekli geometrik düzenlemeler ile açıklık boyutlarının doğru tasarlanmasıyla atriumun doğal havalandırılması ısı farklılıkları ve rüzgâr kuvvetleriyle sağlanabilmektedir. Havalandırma sistemlerindeki amaç; yaz dönemi boyunca mümkün olduğu kadar iç mekânda düşük sıcaklığı elde etmek, kış dönemi boyunca ise atriumun üst seviyesinde biriken sıcak havayı mekanlara dağıtmak ve bunları yaparken minimum enerji kullanarak nemi ayarlamak ve kirli havayı uzaklaştırmak olmalıdır. Atrium hacminde bulunan hava, ısı farkları ve rüzgâr kuvvetlerinden dolayı atrium ile çeperinde yer alan mekanlar arasında dolaşım halindedir. Atriumlu yapılarda doğal havalandırma sistemini oluşturan ana bileşenler aşağıda verilmiştir;

▪ Yapı çevresindeki hava akışına uyumlu yapı formu,
▪ Atriumun örtü sistemi ve boyutları,
▪ Havanın alınacağı ve verileceği ünitelerin doğru boyutlarda olması. Bir binada güçlü ve iyi dağıtılmış hava akışına ulaşmak için giriş ve çıkış açıklıklarının boyut oranlarının önemli bir rolü vardır (Moosavi ve diğerleri, 2014). Açıklık sayısını artırmak, atrium içindeki hava akışını artırır, aynı zamanda binanın tüm yüksekliklerinde hava akışını ve kaybedilen sıcaklığı azaltır (Moosavi ve diğerleri, 2014).
▪ İklim özellikleri ile atriumun form ve yapı içerisindeki konumuna uygun havalandırma tipinin seçimi (Yetiş ve Tuna Kayılı, 2020).

Atriumlu yapılarda doğal havalandırma 5 farklı yolla yapılabilmektedir. Bunlar;

▪ Baca etkisi: Baca etkisi ile doğal havalandırma şekli atriumlu yapılarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemde ısınan hava yükselir ve basıncı azalır. Atriumun alt kısmında yüksek basınç bölgesi, üstte ise alçak basınç bölgesi oluşur ve bu iki bölge arasında basıncın eşitlendiği tampon bölge oluşur. Baca etkisinin verimli olabilmesi için oluşacak bu tampon bölgenin mekanlar üzerinde olması gerekmektedir (Engin, 2012). Yapı kabuğunda farklı kotlarda yer alan açıklıklar yardımıyla, meydana gelen bu basınç farklılıkları hava hareketlerini oluşturur. Sıcaklığın farklılaşmasıyla meydana gelen hava akımı (baca etkisi) vasıtasıyla atrium doğal havalandırılarak kirli hava ve ısı mekândan atılarak sıcak dönemlerde aşırı ısınmanın önüne geçilmektedir (Markus ve Morris, 1980). Bir binanın

kabuğu boyunca basınç farkını yaratabilen diğer faktör rüzgardır. Rüzgâr kaynaklı havalandırma, pozitif basınç noktasından rüzgârı, yapının rüzgâra maruz kalan tarafından mekâna alması ve yapının rüzgâr tersi tarafından negatif basınç etkisiyle kirli havayı dışarı çekmesi ile oluşmaktadır (Moosavi ve diğerleri, 2014). Rüzgâr kaynaklı havalandırma özellikle rüzgâr hızının yüksek olduğu alanlarda etkilidir, ancak rüzgârın etkinliği çevre koşullarına da bağlıdır. Örneğin, birkaç yüksek binanın bulunduğu yoğun bir alanda rüzgârın etkisi beklendiği gibi olmamaktadır.

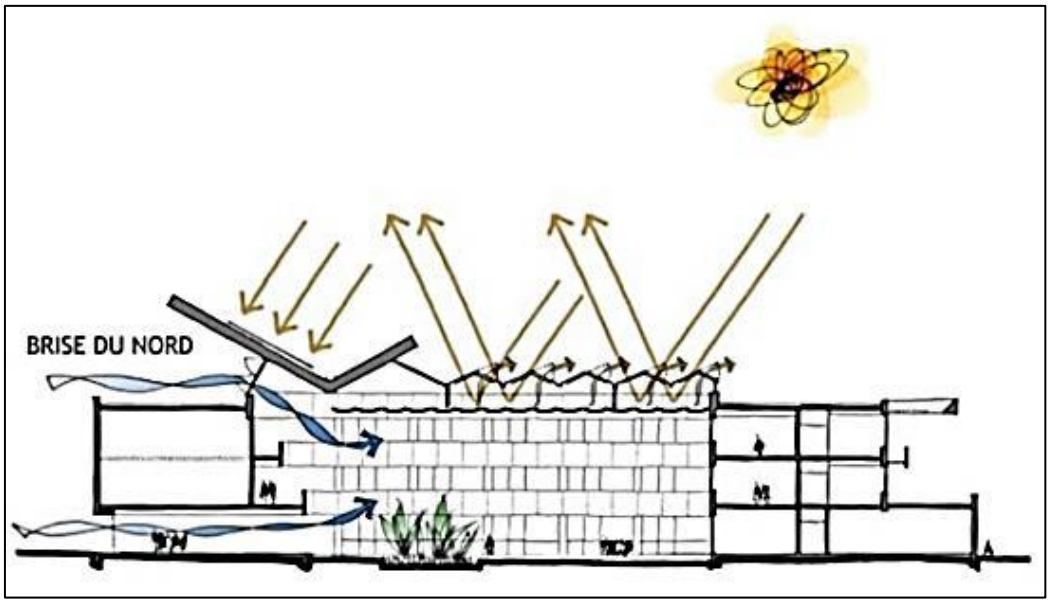
▪ Çatı pencereleri: Rüzgârın açısına ve örtü sistemine bağlı olarak havalandırma sistemi tanımlanır. Rüzgârın $>30^{o}$ eğimle estiği durumlarda çatı üzerinde negatif basınç alanları oluşmaktadır. Oluşan bu basınç alanları havanın çatı pencerelerinden alımına imkân vermektedir. Çatı da konumlandırılacak bu pencerelere panjur eklemlenmesiyle havanın yönlenmesi ve hızı sağlanabilir (Yetiş ve Tuna Kayılı, 2020).

▪ Çapraz havalandırma sistemleri: Çapraz havalandırma için gerekli mekânsal boyutların uygun bulunduğu koşullarda sağlanabilmektedir. Atriumun yapı ortasında konumlandığı durumlarda atriyuma alınan hava ısınır, yükselir ve üst katta geldiği yöne ters yönde dışarı çıkar.

▪ Çatı kanadı: Çatı kanatlarının çatı örtü sistemine entegre olarak kullanılması hem havalandırma açısından faydalı hem de estetiktir (Şekil 2.51). Çatı kanatları yapı içerisine alınan havanın ivmelenmesini sağlayarak dış mekânda negatif basınç bölgesi, iç mekânda ise pozitif basınç bölgesi oluşturmaktadır (Yetiş ve Tuna Kayılı, 2020). Bu sayede iç mekân ve atmosfer arasında hava sirkülasyonunun sürekliliği sağlanmaktadır.

▪ Havalandırma panjurları: Hava girişinin olmasının istendiği açıklıklarda gölgelenmeyi ve hava geçişini sağlayan cam veya metal yapraklı elemanlardır. Düşey veya yatay olarak kullanılabilen panjurlar, kirli havanın ve ısının tahliyesini sağlamakla beraber doğal havalandırma sağlayarak iç mekâna girecek partiküllerin miktarını sınırlayabilmektedir.

Atrium çatısında yer alan çatı pencereleri, havalandırma panjurları, çatı kanadı gibi açıklıkların boyutu, atrium alanındaki sıcaklık dağılımını etkilemekte ve bu açıklıkların konumu iç mekân termal koşullarını iyileştirmeye yardımcı olacak doğrudan doğal havalandırma yolları oluşturmaktadır (Liu, Lin ve Chou, 2009).



Şekil 2.51. Çatı Kanadı örneği, French National Solar Energy (Sevim ve Engin, 2019)

Çalıştırılabilir pencereler ile havalandırma, bir binanın tek bir tarafını havalandırmak veya bir binanın yatay aksını çapraz havalandırmak için rüzgâr veya termal kaldırma kuvveti (veya baca etkisi) kullanır. Baca etkisiyle havalandırma ise, taze havayı düşük bir seviyeden çekmek ve kirli havayı belirli bir yüksek seviyeden dışarı atmak için çeşitli dış açıklıklar (zemin altı kanallarına bağlı havalandırma kutularına ek olarak pencereler, yapısal kanatçıklar, çok katlı bacalar, çatı havalandırmaları, vb.) kullanır. Sirkülasyon ve sosyal etkileşim için oluşturulan çok katlı bir hacim olan atrium, aynı zamanda bitişik alanları havalandırmak için de kullanılabileceği bir baca etkisiyle havalandırma çeşidinin gerçekleştirilmesine olanak tanır (Gemi, 2006). Sıcak- kuru ve sıcak-nemli iklimlerde atrium tasarımında dikkat edilmesi gereken hususlar çizelge 2.16'da gösterilmektedir.

Çizelge 2.18. Sıcak- kuru ve sıcak-nemli iklim bölgelerine göre atrium tasarımına ilişkin konseptler

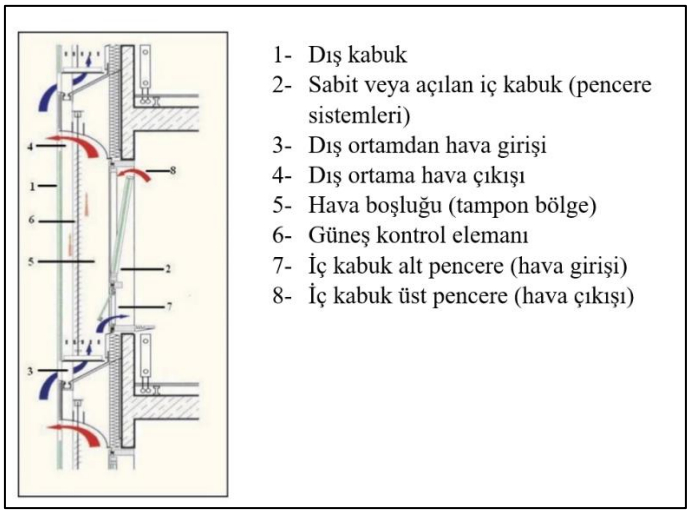
İklim	İklim Özellikleri	Tasarım Özellikleri
Sıcak Kuru	. Yazlar sıcak ve kuru . Yüksek sıcaklıklar (Ort: 40°C) . Yılın belli zamanlarında şiddetli sıcak-kuru rüzgarlar . Bağıl nem düşük	. Hâkim rüzgâr yönü gözetilerek konumlanma sayısı ve boyut oranı belirlemek . Giriş çıkış açıklıklarının mekânsal ve boyutsal düzenlenmesi . Rüzgârı yönlendirecek çatı kanatlarının kullanımı . Nemi arttıracak peyzaj ve su ögesinin kullanımı . Yüzeylerin güneş kazanımına olanak vermesi (Gece-gündüz sıcaklık farkının fazlalığından dolayı ışınım yolu ile havalandırma)

Çizelge 2.18. (devam) Sıcak- kuru ve sıcak-nemli iklim bölgelerine göre atrium tasarımına ilişkin konseptler

Sıcak Nemli	. Yoğun yağış . Yüksek sıcaklık . Yüksek nem	. Hâkim rüzgâr yönü gözetilerek konumlanma . Güneş ışınımının azaltılması amacıyla uygun örtü sisteminin seçilmesi . Gölgelendirme elemanlarının örtü sistemine entegresi . Çatı pencerelerinin doğru kullanımı

2.4.6. Çift cidarlı cepheler

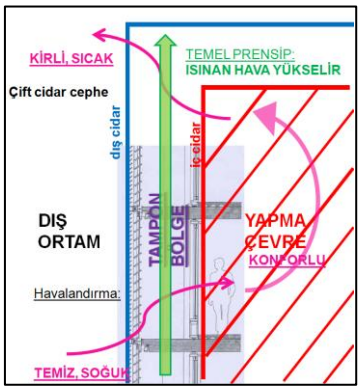
Yapının cephesi, iç ve dış arasındaki hava, ısı ve ışık değişimini dengeleyebilir. Bu bağlamda iç termal konfor koşullarının sağlanmasında yapı cephesinin özellikleri önem taşımaktadır. Çift cidarlı cepheler, dış çevre şartlarından yapıların yapı kabuğu vasıtasıyla korunması amacıyla kullanılan yaygın bir sistemdir. Yapı ile arasında hava koridoru olan iki ya da daha fazla katmandan oluşabilen bir sistemdir. Çift cidarlı cephe sistemleri, değişken iklim koşullarına karşı iç/dış ortam arasında denge oluşturma ve enerjiyi minimum kullanabilme özelliğine sahiptir (Erol, 2017). Bu bağlamda, bu sistem yapının enerji performansını arttırmak amacıyla farklı iklimlere sahip bölgelerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Uuttu'ya göre çift cidarlı cephe sistemi, dış katman, 20-200 cm arasında olabilen ara boşluk ve son olarak iç katmandan oluşan bir çift cam kabuktur (Uuttu, 2001). Bu dış katman yapıyı, dış çevre koşullarından korumaktadır aynı zamanda ara boşluğa hava girişini de sağlayabilmektedir. Bu sayede iç katmanda yer alan pencerelerden iç mekâna temiz hava girmekte ve doğal havalandırma gerçekleşmektedir. Hava boşluğunda panjur, jaluzi gibi güneş kırıcı elemanlar bulunabilmektedir. Gerektiği durumlarda elle ya da otomatik olarak açılıp kapatılabilir. Doğal havalandırmanın çift cidarlı cephelerde çalışma prensibi Şekil 2.52'de verilmiştir.



Şekil 2.52. Çift cidarlı cephe sistemleri çalışma prensibi (Çakır Kıasıf, 2012)

Çift cidarlı cephede doğal havalandırma

Çift cidarlı cephelerin tampon bölgesindeki hava akışını etkileyen iki ana kriter vardır. Bunlar yoğunluk farkı (baca etkisi) ve rüzgardır. Yapının iç mekân sıcaklığının dış mekân sıcaklığından fazla olduğu durumlarda yapının alt kotlarında içeride, üst kotlarında ise dışarıda basınç farklılıkları sonucu etki alanları oluşmaktadır. Alt ve üst kotlarda açıklıklar olması halinde yapı içindeki kirli ve ısınmış hava yoğunluğunun düşük olması nedeniyle yükselerek açıklıklardan atılmakta ve bunun yerine alt kotlardan taze ve serin hava içeri alınmaktadır (Şekil 2.53). Yoğunluk farklılıklarının neden olduğu bu hava hareketi "baca etkisi" olarak tanımlanmaktadır. Baca etkisinin verimliliği, iç ve dış arasındaki sıcaklık farkına ve içerdeki hava tabakasının tampon bölge içerisinde bulunduğu seviyeye bağlı olarak değişir (Gratia ve De Herde, 2003).



Şekil 2.53. Çift cidarlı cephelerde doğal havalandırmanın genel prensibi (Örkmez, 2012)

Rüzgârın oluşturduğu basınç farklılıklarından oluşan havanın yapının içine alınması ve tekrar dışarı atılması doğal havalandırma için önemlidir. Bu bağlamda çift cidarlı cephe tasarımında rüzgârın yönü ve şiddeti belirlenerek, oluşabilecek basınç bölgeleri doğrultusunda kullanılacak cephe tipini, temiz havanın nereden alınıp kirli havanın nereden atılacağını belirlemek tasarım aşamasında dikkate alınması gereken parametrelerdendir. Çift cidarlı cephe sistemlerinde doğal havalandırma rüzgâr ve baca etkisine bağlı olduğu için bu durum bazı iklimsel şartların mevcutta olmasını zorunlu hale getirmektedir. Örneğin sıcak iklimlerde baca etkisinin oluşma ihtimalinin düşük olması nedeniyle mekanik havalandırmayla desteklenmeyen çift cidarlı cephelerin doğal havalandırması yetersiz kalmaktadır. Soğuk ya da ılıman iklimlerde baca etkisinin gerçekleşme olasılığı yüksektir, bundan dolayı bu iklimlerde düzenlenmiş çift cidarlı cephe sistemleriyle doğal havalandırma verimli bir şekilde gerçekleşebilmektedir (Dikmen, 2016).

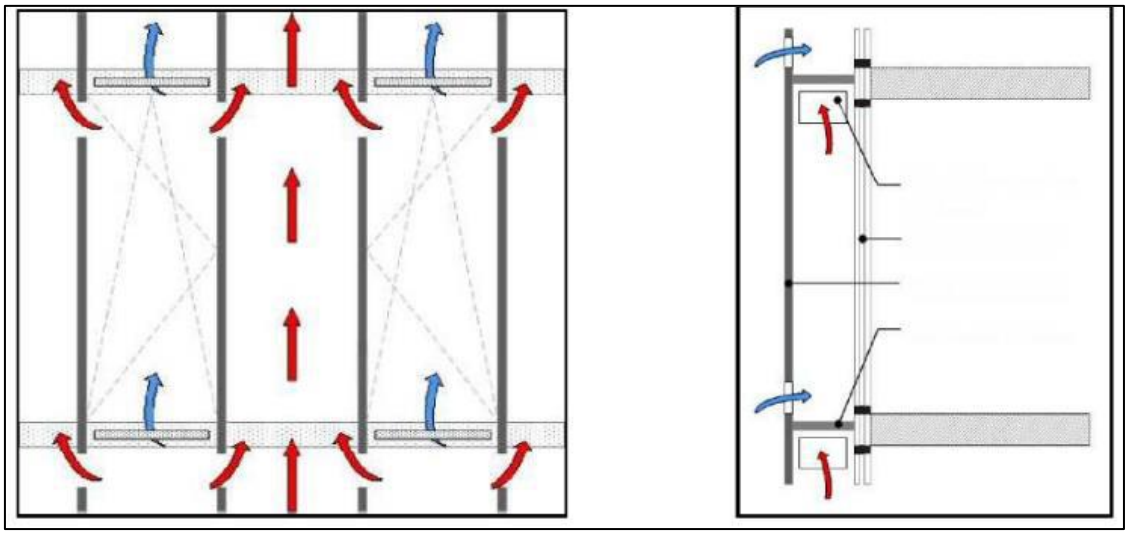
Çift cidarlı cephe sistemlerinde doğal havalandırmayı etkileyen parametrelerden biri tampon bölgenin derinliğidir. Bu derinlik 10 cm ile 2 metre arasında değişebilmektedir. Araştırmacılar farklı cephe derinliklerinin doğal havalandırma performansları üzerinde inceleme yapmış ve dar boşlukların güçlü baca etkisine sahip olduklarını, kuvvetli bir hava hareketi oluşturduklarını ve aynı zamanda ılık havanın dışarıya atımında daha etkili olduklarını tespit etmişlerdir (Barbosa ve Ip, 2014; Radhi, Sharples ve Fikiry, 2013; Rahmani, Kandar ve Rahmani, 2012; Torres ve diğerleri, 2007). Bunun aksine derinliğin 1 metreden fazla olması halinde baca etkisinin azaldığını ve iç mekân ısı transferinin arttığını görmüşlerdir. Yapılan çalışmalar neticesinde 70-120 cm'lik derinliğin hava hareketi ve ısının transferi arasında denge sağladığı sonucuna ulaşılmıştır (Radhi ve diğerleri, 2013). Tampon bölgede yer alan gölgelendirme elemanları, çift cidarlı sistemlerde doğal havalandırmayı etkileyen bir diğer parametredir. Jiru ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada tampon bölgeye yerleştirilen panellerin iki tarafında oluşan hava akımları sayesinde ısı döngüsünün daha verimli sağlandığı ve panellerin gölgeleme sağlamanın yanında doğal havalandırmayı destekleyerek kirli havanın atımını kolaylaştırdığı gözlemlenmiştir (Jiru, Tao ve Haghighat, 2011). Bunun yanında, panellerin açılarıyla oynayarak panelin 80^{o} olması durumunda doğal havalandırmanın %35 daha verimli olduğunu ortaya koymuşlardır.

Kabuk yüzeyinde konumlandırılan açıklıkların boyutları ve yerleri tampon bölgedeki baca etkisini ve havanın akış hızını etkileyerek doğal havalandırma için bir diğer önemli

parametre olmaktadır. Bazı araştırmacılar, açıklıklar üzerinde yaptıkları çalışmalarda açıklık boyutları, hava sıcaklığı ve hava akış hızı arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir (Gratia ve De Herde, 2007; Torres ve diğerleri, 2007). Çalışmaları neticesinde en uygun açıklık genişliğinin iklimsel koşullar, çift cidarlı cephe tipi ve diğer uygulanan cephe karakterlerine göre değişken olduğu gözlemlemişlerdir. Bir diğer etkin parametre, kullanılan camların özellikleri ve konumlarıdır. Doğal havalandırma tampon bölgedeki havanın ısı farklılıklarıyla hareketinden sağlanmaktadır. Dış kabukta ısı iletkenliği yüksek özellikte bir camın kullanımı tampon bölge içindeki ısısal kaldırma kuvvetinin artmasını sağlamaktadır. Aynı zamanda iç kabuktaki cam malzemenin ısı iletimi düşük özellikte seçilmesi ile iç mekân ısı geçişi önlenebilir (Arslan Kılınç, 2015). Cam tiplerinin ideal şekilde bir araya getirilmesi tampon bölgede oluşacak baca etkisi ve ısı transferinin dengesinin sağlanması açısından önemlidir (Barbosa ve Ip, 2014).

Çift cidarlı cephe tipleri

Çift cidarlı cephe sistemleri tampon bölgenin farklı geometrilerle farklı hacimler oluşturmasıyla çeşitlenmektedir. Bu bağlamda bu sistem kutu tipi, baca tipi, koridor tipi ve çok katlı cephe sistemleri olarak dört farklı grupta incelenmektedir. Bu dört cephe sistemi tipine doğal havalandırma odaklı bakıldığında her tipin farklı özelliklere sahip olduğu görülmektedir. Kutu tipi cephe sisteminde arada oluşturulan tampon bölge (havalandırma boşluğu) her mekân genişliğinde düşey aks ve her kat hizasında da yatay aks olarak cephe bölgelere ayrılmaktadır. Oluşturulan her kutu yüzey için ayrı ayrı havanın giriş ve çıkışı için menfezler vardır. Her mekân bağımsız havalandırılmaktadır. Havanın gireceği ve çıkacağı menfezlerin her modülde var olması yapıda doğal havalandırmanın verimli bir şekilde sağlanmasına imkân vermektedir (Çakır Kıasıf, 2012). Cephede belli bölgelerde, yapı yüksekliği boyunca devam eden ve baca işlevi gören şaftlar bırakılarak, bu şaftların her iki yanına kutu pencere tipi cephenin uygulanması ile baca tipi cephe sistemi oluşturulmuş olur. Temiz hava her katın cephesinde yer alan açıklıklardan içeri alınmakta ve kirli hava şaftlara açılmış olan çıkış açıklıklarıyla şafta iletilmektedir (Şekil 2.54). Yapı içerisindeki kirli hava düşeyde devam eden şaft ile emilerek, baca etkisiyle yükselen hava şaftın üst kısmında bulunan menfezden dışarıya atılmaktadır. Bu şekilde mekanların doğal havalandırılması sağlanmaktadır.



Şekil 2.54. Baca (şaft) tipi çift cidarlı cephenin havalandırma mekanizması (Yeşilli, 2016)

Koridor tipi cephe sistemleri en yaygın uygulanan sistemdir. Bu sistem kat seviyesinde yatay aksların oluşturulmasıyla elde edilmektedir. Tampon bölgeye (hava boşluğuna) temiz hava girişi alt kat döşeme hizasında bulunan açıklıklardan, kirli hava çıkışı ise üst kat döşeme hizasında yer alan açıklıklardan sağlanmaktadır. Yatay aksta bölünmüş bu cephe tipi, üst katların aşırı ısınmasını katlar arası ses, duman ve yangın geçişini önlemektedir (Boake, 2003). Çok katlı cephe sistemlerinde tampon bölge yapı yüksekliği boyunca devam etmektedir. Zemin kat seviyesinde yer alan menfezlerden temiz hava alınmaktadır. Tampon bölgede ısınarak yükselen hava çatı seviyesinde yer alan menfezlerden dışarı atılmaktadır. Bu sistemde, "ısınarak yükselen kirli hava, üst katta iç mekâna alınan havayla karışmaktadır. Yani üst katta mekâna alınan hava temiz ve taze değil, alt katın kullandığı kirli havadır. Bu çalışma sistemi üst katlarda aşırı ısınmaya neden olarak mekanik havalandırma ihtiyacını doğurmaktadır (Loncour, Deneyer, Blasco, Flament ve Wouters, 2004). Bu nedenle de bu cephe sisteminin 4-6 kata kadar çıkan yapılarda kullanılması ya da ara hava boşluğunun geniş tutulması gerekmektedir (Poirazis, 2004). Sıcak- kuru ve Sıcak-nemli iklimlerde çift cidarlı cephe tasarımında dikkat edilmesi gereken hususlar Çizelge 2.19'da gösterilmektedir.

Çizelge 2.19. Sıcak-kuru ve sıcak-nemli iklim bölgelerine göre çift cidarlı cephe tasarımına ilişkin konseptler

İklim	İklim Özellikleri	Tasarım Özellikleri
Sıcak Kuru	. Yazlar sıcak ve kuru . Yüksek sıcaklıklar (Ort: 40°C) . Yılın belli zamanlarında şiddetli sıcak-kuru rüzgarlar . Bağıl nem düşük	. Çift cidarlı cephenin uygun tipte seçilmesi . Yapının doğru yönlenmesi ve cephenin yönü . Cephede kullanılan camın özelliklerinin doğru seçilmesi . İki cephe arasındaki tampon bölgenin derinliğinin doğru seçilmesi . Tampon bölge içindeki hava akış mod türlerinin ve hava giriş çıkış açıklıklarının cephedeki konumu ve boyutlarının doğru tespit edilmesi . Gölgelendirme elemanlarının özelliklerinin tespiti ve doğru konumlanması . İç kabuktaki açıklıkların boyut ve konumlarının tespiti
Sıcak Nemli	. Yoğun yağış . Yüksek sıcaklık . Yüksek nem	

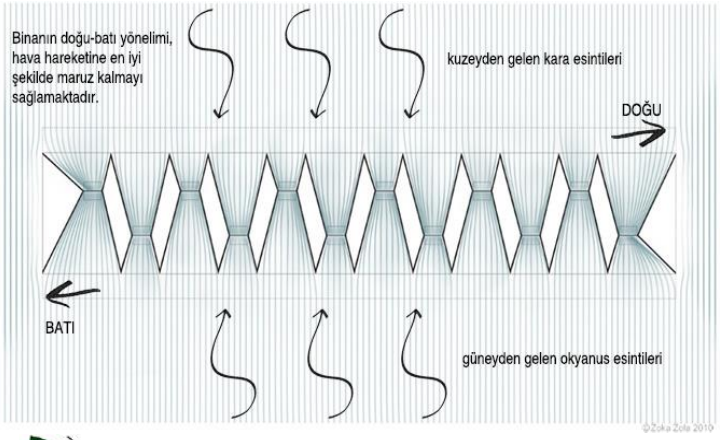
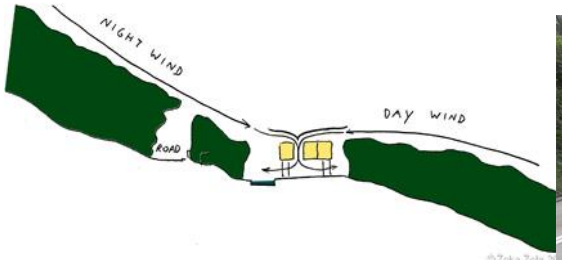
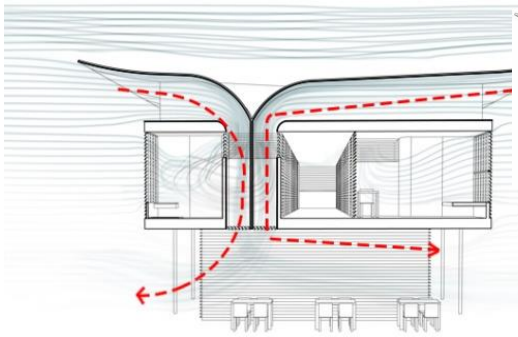
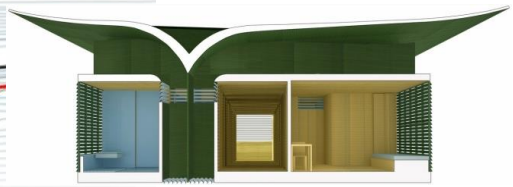
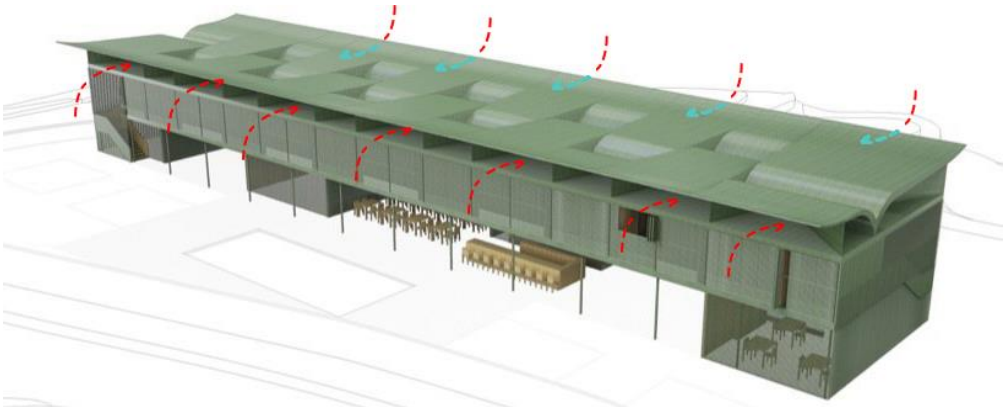
2.5. Rüzgâr Odaklı Pasif Tasarım Sistemlerinin Yer aldığı Örnek Binaların İncelenmesi

Tezin bu bölümünde rüzgâr odaklı pasif tasarım sistemlerinin etkin bir şekilde tasarlandığı örnek binalar incelenmiş ve soğutma yüklerinin azaltılması amacıyla doğal havalandırmayı önceleyen rüzgâr odaklı pasif tasarım stratejilerinin gerçekleştirildiği uygulamalarla ilgili bilgi toplamak amaçlanmıştır. İncelenmek üzere belirlenen 40 bina örneğinin ılıman ve sıcak iklim bölgelerinde yer almasına dikkat edilmiştir. Öncelikle binaların kimlik kartları hazırlanmış ve daha sonra rüzgâr vasıtasıyla doğal havalandırma kullanılarak soğutma yüklerinin azaltılmasını amaçlayan tasarım stratejilerinin saptanabilmesi için analiz çizelgeleri oluşturulmuştur. Kimlik kartlarında yapı künyesine ve iklim verilerine dair genel bilgilere yer verilmiştir. Doğal havalandırma ilkelerinin tespitinde ise havalandırma sistemi, yöntemi, rüzgâr kullanımı, yapı geometrisinde ve yapı kabuğunda (çatı ve cepheler) tasarlanan havalandırma elemanları ve doğal havalandırma kararlarını destekleyen yaklaşımlar sorgulanmıştır. İncelenen her bina için tasarım stratejilerinin daha iyi anlaşılabilmesi amacıyla fotoğraflardan, teknik çizimlerden, diyagramlardan vb. yararlanılmıştır.

Çizelge 2.20. Hostel, Company Retreat and Training Center Binası analiz tablosu

Genel Bilgiler	Yapı Künyesi	Yapının adı	Hostel, Company Retreat and Training Center	
		Konum	Çin	
		Yapım yılı	2016	
		İşlev	Hostel	
		Kat sayısı	Z+1	
		Mimar	Zoka Zola Architecture	
	İklimsel Veriler	İklim türü	Subtropikal/nemli	
		Nem	Güney Çin'de ormanlık bir kıyı adasında denize doğru eğimli bir vadide konumlanır. Sıcaklık verileri bulunamadı.	
		Ortalama sıcaklık		
		Ortalama rüzgâr hızı		
		Hâkim rüzgâr yönü	Kuzey- güney	
Havalandırma ilkeleri	Havalandırma sistemi		Doğal Havalandırma	x
			Mekanik Havalandırma	
	Havalandırma yöntemi		Tek taraflı havalandırma	x
			Karşılıklı (çapraz) havalandırma	
			Baca etkisi	x
	Rüzgârın kullanımı		Aktif (rüzgâr türbini)	
			Pasif (havalandırma, tasarım)	x
	Yapı Geometrisinde havalandırma elemanı		Avlulu Plan	
			Atriumlu Plan	
			Kat bahçeleri	
			Açık Form Plan	x
			Aerodinamik Form	
	Çatı formunda havalandırma elemanı		Hava akışına yön veren yükselen çatı	
			Yükseltilmiş çatı (Soğuk çatı)	x
			Rüzgâr Kepçeleri	x
			Çatı Kanatları	
	Cephede havalandırma elemanı		Pencere Düzenlemeleri	x
			Çift Cephe	
			Kinetik Cephe	
			Rüzgâr kuleleri	
	Tasarımda uygulanan doğal havalandırma kararları		Rüzgârı yakalayan mimari form Hâkim rüzgâr yönü doğrultusunda yönlenme Hava kanalları sistemi Rüzgâr kepçesi Yükseltilmiş çatı	

Çizelge 2.20. (devam) Hostel, Company Retreat and Training Center Binası analiz tablosu (URL-7)

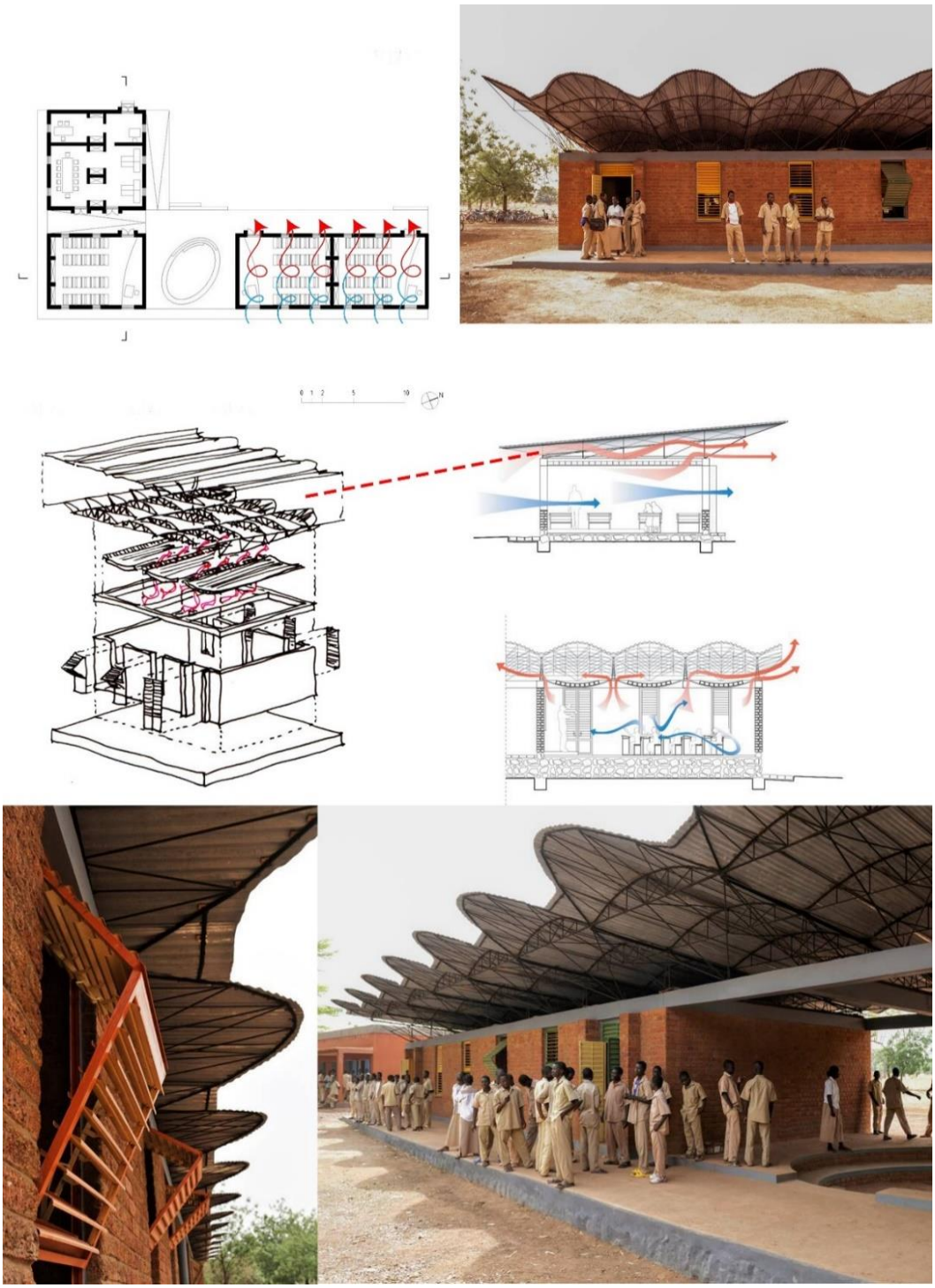
Tasarım analizi	     

©Zoka Zola 2010

Çizelge 2.21. Dano Secondary School Binası analiz tablosu

Genel Bilgiler	Yapı Künyesi	Yapının adı	Dano Secondary School	
		Konum	Dano, Burkina Faso	
		Yapım yılı	2007	
		İşlev	Okul	
		Kat sayısı	1	
		Mimar	Kéré Architecture	
	İklimsel Veriler	İklim türü	Sıcak-kuru	
		Nem	9 Nisan- 5 Kasım en bunaltıcı dönemdir. Rahatlık düzeyi en az %25 civarında bunaltıcı, basık veya dayanılmaz olmaktadır.	
		Ortalama sıcaklık	Yıl Ort. 28	
		Ortalama rüzgâr hızı	10,325 kilometre/saat	
		Hâkim rüzgâr yönü	Doğu, güney	
Havalandırma ilkeleri	Havalandırma sistemi		Doğal Havalandırma	x
			Mekanik Havalandırma	
	Havalandırma yöntemi		Tek taraflı havalandırma	
			Karşılıklı (çapraz) havalandırma	x
			Baca etkisi	
	Rüzgârın kullanımı		Aktif (rüzgâr türbini)	
			Pasif (havalandırma, tasarım)	x
	Yapı Geometrisinde havalandırma elemanı		Avlulu Plan	
			Atriumlu Plan	
			Kat bahçeleri	
			Açık Form Plan	x
			Aerodinamik Form	
	Çatı formunda havalandırma elemanı		Hava akışına yön veren yükselen çatı	
			Yükseltilmiş çatı (Soğuk çatı)	x
			Rüzgâr Kepçeleri	
			Çatı Kanatları	
	Cephede havalandırma elemanı		Pencere Düzenlemeleri	x
			Çift Cephe	
			Kinetik Cephe	
			Rüzgâr kuleleri	
	Tasarımda uygulanan doğal havalandırma kararları		Doğal havalandırmayı destekleyen Yükseltilmiş çatı	

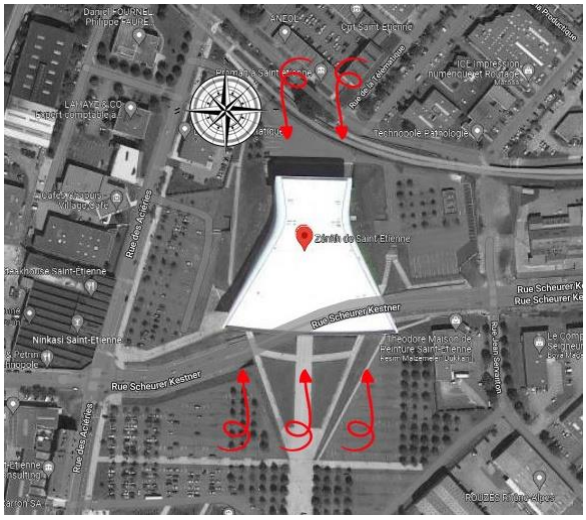
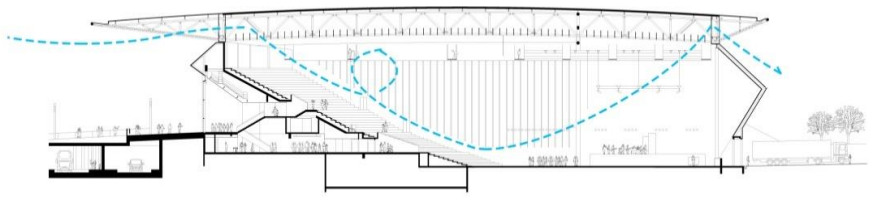
Çizelge 2.21. (devam) Dano Secondary School Binası analiz tablosu (URL-8)

Tasarım analizi	

Çizelge 2.22. Zénith de Saint-Étienne Binası analiz tablosu

Genel Bilgiler	Yapı Künyesi	Yapının adı	Zénith de Saint-Étienne	
		Konum	Fransa	
		Yapım yılı	2008	
		İşlev	Oditoryum	
		Kat sayısı	1	
		Mimar	Foster & Partners	
	İklimsel Veriler	İklim türü	ılıman	
		Nem	Hissedilen nem oranı yıl boyunca önemli ölçüde değişiklik göstermez ve yıl boyu %0 düzeyiyle neredeyse sabit kalır.	
		Ortalama sıcaklık	17	
		Ortalama rüzgâr hızı	12,93 km/sa	
		Hâkim rüzgâr yönü	Kuzey-güney	
Havalandırma ilkeleri	Havalandırma sistemi		Doğal Havalandırma	x
			Mekanik Havalandırma	
	Havalandırma yöntemi		Tek taraflı havalandırma	
			Karşılıklı (çapraz) havalandırma	x
			Baca etkisi	
	Rüzgârın kullanımı		Aktif (rüzgâr türbini)	
			Pasif (havalandırma, tasarım)	x
	Yapı Geometrisinde havalandırma elemanı		Avlulu Plan	
			Atriumlu Plan	
			Kat bahçeleri	
			Açık Form Plan	
			Aerodinamik Form	x
	Çatı formunda havalandırma elemanı		Hava akışına yön veren yükselen çatı	
			Yükseltilmiş çatı (Soğuk çatı)	
			Rüzgâr Kepçeleri	x
			Çatı Kanatları	
	Cephede havalandırma elemanı		Pencere Düzenlemeleri	x
			Çift Cephe	
			Kinetik Cephe	
			Rüzgâr kuleleri	
	Tasarımda uygulanan doğal havalandırma kararları		Aerodinamik kabuk tasarımı Rüzgâr kepçesi görevi görev yapı saçağı	

Çizelge 2.22. (devam) Zénith de Saint-Étienne Binası analiz tablosu (URL-9)

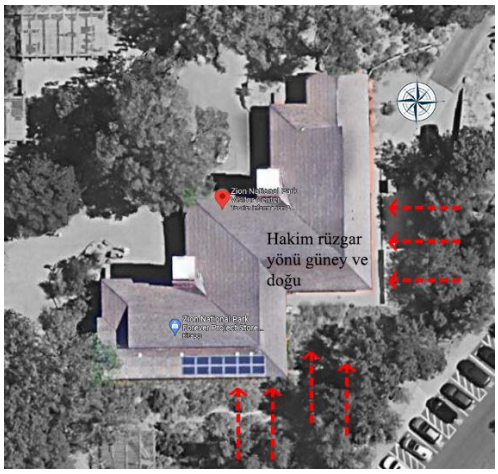
Tasarım analizi	  

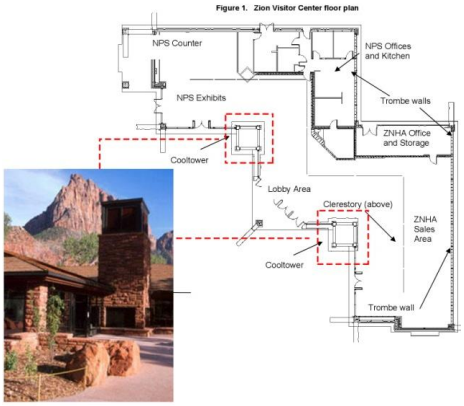
Çizelge 2.23. Zion Visitor Center Binası analiz tablosu

Genel Bilgiler	Yapı Künyesi	Yapının adı	Zion Visitor Center	
		Konum	Utah / Amerika	
		Yapım yılı	2000	
		İşlev	Çok amaçlı kullanım	
		Kat sayısı	Z	
		Mimar	National Park Service--Denver Service Center	
	İklimsel Veriler	İklim türü	Sıcak, kuru	
		Nem	Nem oranı yıl boyunca önemli ölçüde değişiklik göstermez ve yıl boyu %0 düzeyiyle neredeyse sabit kalır.	
		Ortalama sıcaklık	33	
		Ortalama rüzgâr hızı	12,86 km/sa	
		Hâkim rüzgâr yönü	Güney, doğu	
Havalandırma ilkeleri	Havalandırma sistemi		Doğal Havalandırma	x
			Mekanik Havalandırma	
	Havalandırma yöntemi		Tek taraflı havalandırma	
			Karşılıklı (çapraz) havalandırma	x
			Baca etkisi	x
	Rüzgârın kullanımı		Aktif (rüzgâr türbini)	
			Pasif (havalandırma, tasarım)	x
	Yapı Geometrisinde havalandırma elemanı		Avlulu Plan	
			Atriumlu Plan	
			Kat bahçeleri	
			Açık Form Plan	x
			Aerodinamik Form	
	Çatı formunda havalandırma elemanı		Hava akışına yön veren yükselen çatı	x
			Yükseltilmiş çatı (Soğuk çatı)	
			Rüzgâr Kepçeleri	
			Çatı Kanatları	
	Cephede havalandırma elemanı		Pencere Düzenlemeleri	x
			Çift Cephe	
			Kinetik Cephe	
			Rüzgâr kuleleri	x
	Tasarımda uygulanan doğal havalandırma kararları		Rüzgâr kuleleri ve kontrol edilebilir pencereler	

Çizelge 2.23. (devam) Zion Visitor Center Binası analiz tablosu (URL-10)

Tasarım analizi





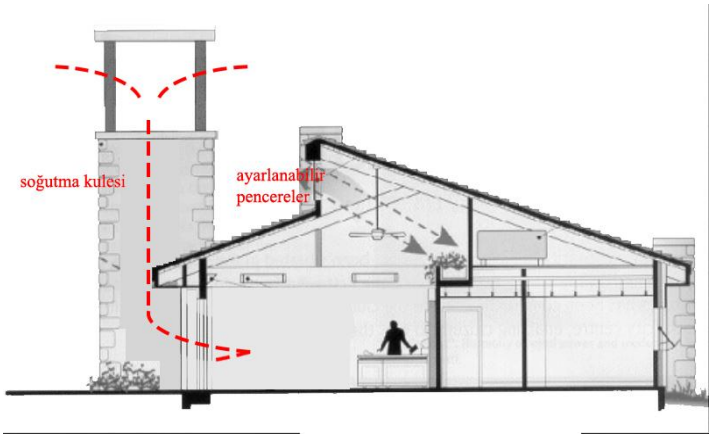
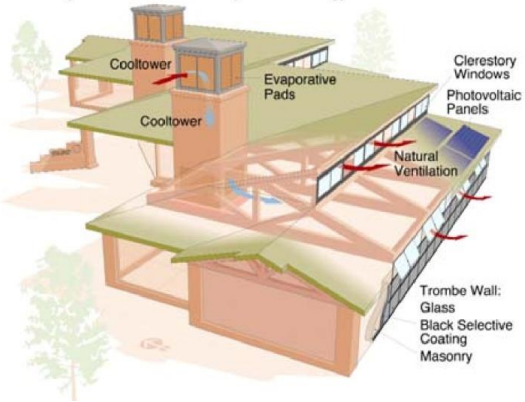
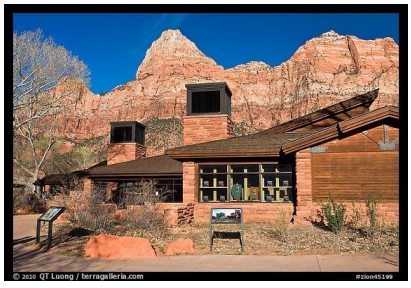


Figure 2. As-built Zion layout and energy-efficient features

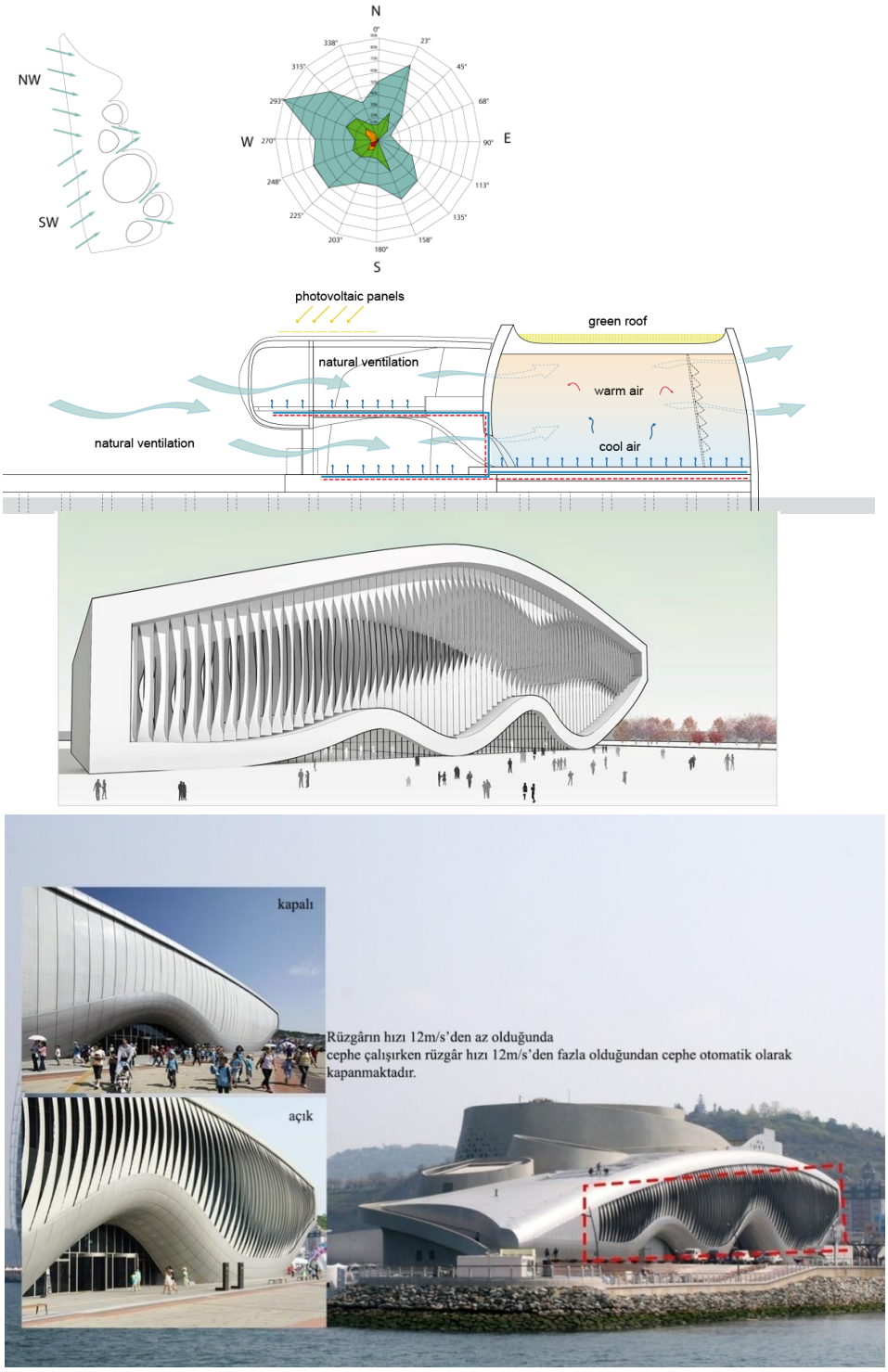




Çizelge 2.24. One Ocean Pavilion Binası analiz tablosu

Genel Bilgiler	Yapı Künyesi	Yapının adı	One Ocean Pavilion	
		Konum	Yeosu, Güney Kore	
		Yapım yılı	2012	
		İşlev	EXPO 2012	
		Kat sayısı	2	
		Mimar	Soma architects + dmp	
	İklimsel Veriler	İklim türü	Ilık nemli	
		Nem	9 Haziran- 24 Eylül en bunaltıcı dönemdir. rahatlık düzeyi en az %24 civarında bunaltıcı, basık veya dayanılmaz olmaktadır.	
		Ortalama sıcaklık	26	
		Ortalama rüzgâr hızı	15,93 km/sa	
		Hâkim rüzgâr yönü	Kuzeybatı, güney batı	
Havalandırma ilkeleri	Havalandırma sistemi		Doğal Havalandırma	x
			Mekanik Havalandırma	x
	Havalandırma yöntemi		Tek taraflı havalandırma	x
			Karşılıklı (çapraz) havalandırma	x
			Baca etkisi	
	Rüzgârın kullanımı		Aktif (rüzgâr türbini)	
			Pasif (havalandırma, tasarım)	x
	Yapı Geometrisinde havalandırma elemanı		Avlulu Plan	
			Atriumlu Plan	
			Kat bahçeleri	
			Açık Form Plan	
			Aerodinamik Form	x
	Çatı formunda havalandırma elemanı		Hava akışına yön veren yükselen çatı	
			Yükseltilmiş çatı (Soğuk çatı)	
			Rüzgâr Kepçeleri	
			Çatı Kanatları	
	Cephede havalandırma elemanı		Pencere Düzenlemeleri	
			Çift Cephe	
			Kinetik Cephe	x
			Rüzgâr kuleleri	
	Tasarımda uygulanan doğal havalandırma kararları		Hâkim rüzgâr yönüne göre konumlandırılma Rüzgâr hızına göre kendini otomatik ayarlayabilen Kinetik Cephe	

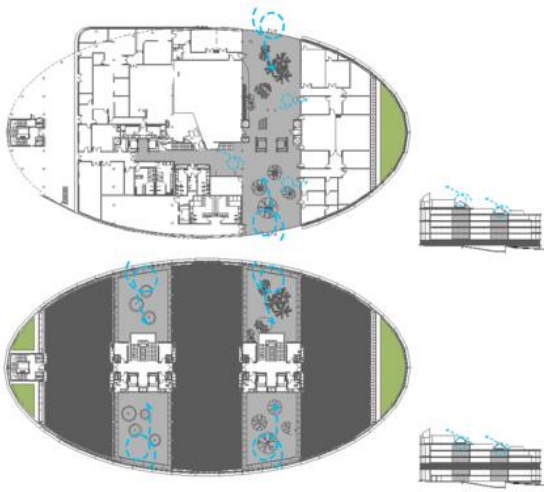
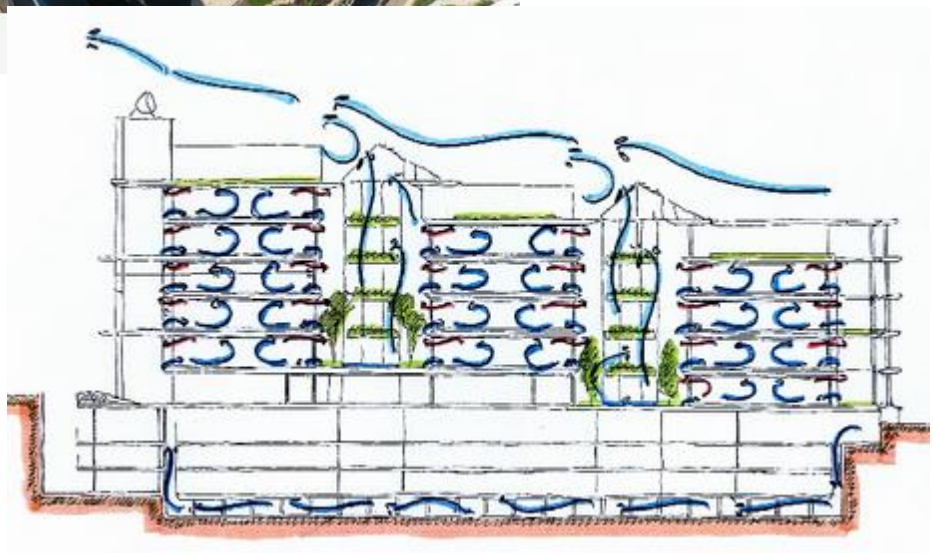
Çizelge 2.24. (devam) One Ocean Pavilion Binası analiz tablosu (URL-11; URL-12)

Tasarım analizi	

Çizelge 2.25. Sanitas Bupa Headquarters Binası analiz tablosu

Genel Bilgiler	Yapı Künyesi	Yapının adı	Sanitas Bupa Headquarters	
		Konum	Madrid, İspanya	
		Yapım yılı	2000	
		İşlev	Ofis	
		Kat sayısı	5	
		Mimar	Inigo Ortiz, Enrique Leon	
	İklimsel Veriler	İklim türü	Sıcak- kuru	
		Nem	Hissedilen nem oranı yıl boyunca önemli ölçüde değişiklik göstermez ve yıl boyu %0 düzeyiyle neredeyse sabit kalır.	
		Ortalama sıcaklık	Yaz: 31 kış: 10	
		Ortalama rüzgâr hızı	12,47 kilometre/saat	
		Hâkim rüzgâr yönü	batı, kuzey	
Havalandırma ilkeleri	Havalandırma sistemi		Doğal Havalandırma	x
			Mekanik Havalandırma	x
	Havalandırma yöntemi		Tek taraflı havalandırma	x
			Karşılıklı (çapraz) havalandırma	x
			Baca etkisi	x
	Rüzgârın kullanımı		Aktif (rüzgâr türbini)	
			Pasif (havalandırma, tasarım)	x
	Yapı Geometrisinde havalandırma elemanı		Avlulu Plan	
			Atriumlu Plan	x
			Kat bahçeleri	
			Açık Form Plan	
			Aerodinamik Form	x
	Çatı formunda havalandırma elemanı		Hava akışına yön veren yükselen çatı	x
			Yükseltilmiş çatı (Soğuk çatı)	
			Rüzgâr Kepçeleri	
			Çatı Kanatları	
	Cephede havalandırma elemanı		Pencere Düzenlemeleri	x
			Çift Cephe	x
			Kinetik Cephe	
			Rüzgâr kuleleri	
	Tasarımda uygulanan doğal havalandırma kararları		Bitki örtüsüne sahip atriyumlar Kuzey ve güney uçlarında çift havalandırmalı cephe Aerodinamik çatı tasarımı Yapı yönlenmesi	

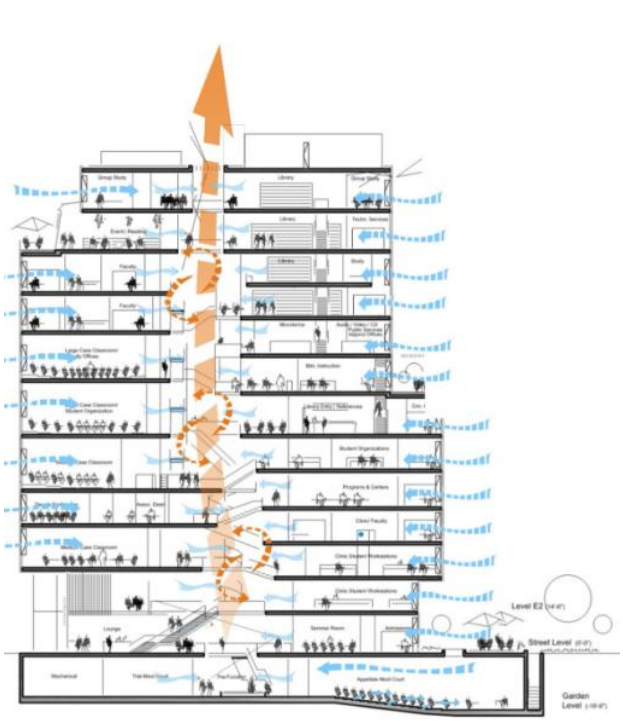
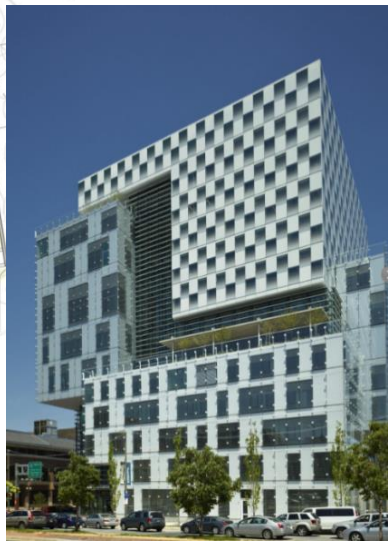
Çizelge 2.25. (devam) Sanitas Bupa Headquarters Binası analiz tablosu (URL-13)

Tasarım analizi	    

Çizelge 2.26. John and Frances Angelos Law Center Binası analiz tablosu

Genel Bilgiler	Yapı Künyesi	Yapının adı	John and Frances Angelos Law Center	
		Konum	Maryland, Amerika	
		Yapım yılı	2013	
		İşlev	Ofis	
		Kat sayısı	12	
		Mimar	Behnisch Architekten, Ayers Saint Gross	
	İklimsel Veriler	İklim türü	Sıcak- nemli	
		Nem	Yılın en bunaltıcı dönemi 4,0 ay boyunca 26 Mayıs tarihinden 27 Eylül tarihine kadar sürmektedir ve bu zaman zarfında rahatlık düzeyi en az %15 civarında bunaltıcı, basık veya dayanılmaz olmaktadır.	
		Ortalama sıcaklık	32	
		Ortalama rüzgâr hızı	13,9 km/sa	
		Hâkim rüzgâr yönü	Kuzey-güney-doğu-batı (yıl içinde değişiklik göstermektedir.)	
Havalandırma ilkeleri	Havalandırma sistemi		Doğal Havalandırma	x
			Mekanik Havalandırma	x
	Havalandırma yöntemi		Tek taraflı havalandırma	
			Karşılıklı (çapraz) havalandırma	x
			Baca etkisi	x
	Rüzgârın kullanımı		Aktif (rüzgâr türbini)	
			Pasif (havalandırma, tasarım)	x
	Yapı Geometrisinde havalandırma elemanı		Avlulu Plan	
			Atriumlu Plan	x
			Kat bahçeleri	
			Açık Form Plan	x
			Aerodinamik Form	
	Çatı formunda havalandırma elemanı		Hava akışına yön veren yükselen çatı	
			Yükseltilmiş çatı (Soğuk çatı)	
			Rüzgâr Kepçeleri	
			Çatı Kanatları	
	Cephede havalandırma elemanı		Pencere Düzenlemeleri	x
			Çift Cephe	x
			Kinetik Cephe	
			Rüzgâr kuleleri	
	Tasarımda uygulanan doğal havalandırma kararları		Atrium Atriuma açılan çalıştırılabilir pencereler	

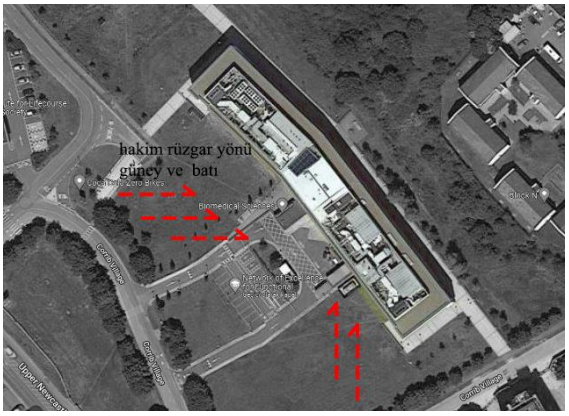
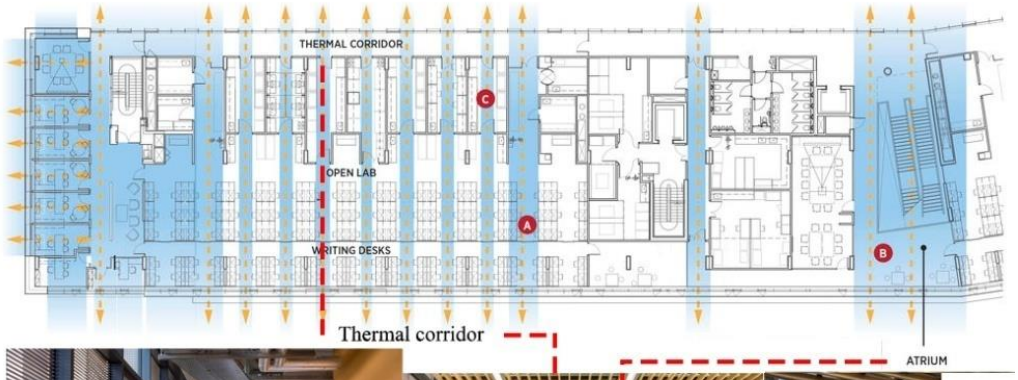
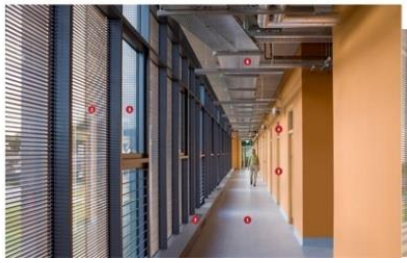
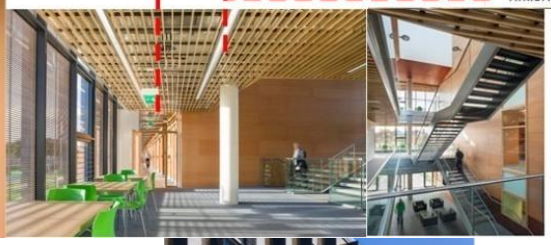
Çizelge 2.26. (devam) John and Frances Angelos Law Center Binası analiz tablosu (URL-14)

Tasarım analizi	    

Çizelge 2.27. Biosciences Research Building Binası analiz tablosu

Genel Bilgiler	Yapı Künyesi	Yapının adı	Biosciences Research Building	
		Konum	Galway/Ireland	
		Yapım yılı	2013	
		İşlev	Üniversite laboratuvarı	
		Kat sayısı	3	
		Mimar	Reddy Architecture and Urbanism	
	İklimsel Veriler	İklim türü	Ilıman	
		Nem	Nem oranı yıl boyunca önemli ölçüde değişiklik göstermez ve yıl boyu %0 düzeyiyle neredeyse sabit kalır.	
		Ortalama sıcaklık	17,66	
		Ortalama rüzgâr hızı	21,5 km/sa	
		Hâkim rüzgâr yönü	Güney, batı	
Havalandırma ilkeleri	Havalandırma sistemi		Doğal Havalandırma	x
			Mekanik Havalandırma	x
	Havalandırma yöntemi		Tek taraflı havalandırma	
			Karşılıklı (çapraz) havalandırma	x
			Baca etkisi	x
	Rüzgârın kullanımı		Aktif (rüzgâr türbini)	
			Pasif (havalandırma, tasarım)	x
	Yapı Geometrisinde havalandırma elemanı		Avlulu Plan	
			Atriumlu Plan	x
			Kat bahçeleri	
			Açık Form Plan	x
			Aerodinamik Form	
	Çatı formunda havalandırma elemanı		Hava akışına yön veren yükselen çatı	
			Yükseltilmiş çatı (Soğuk çatı)	
			Rüzgâr Kepçeleri	
			Çatı Kanatları	
	Cephede havalandırma elemanı		Pencere Düzenlemeleri	x
			Çift Cephe	x
			Kinetik Cephe	
			Rüzgâr kuleleri	
	Tasarımda uygulanan doğal havalandırma kararları		Termal koridorlar Atrium Cephede açılıp kapanabilen kanatlar	

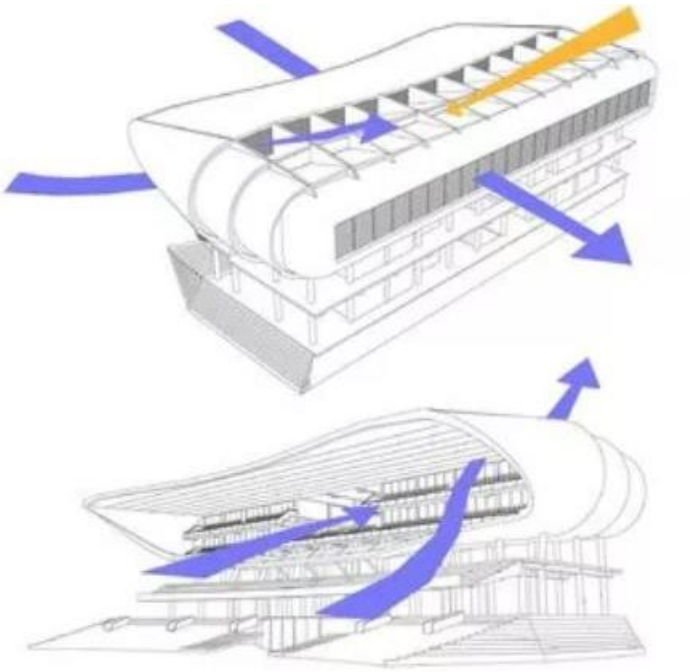
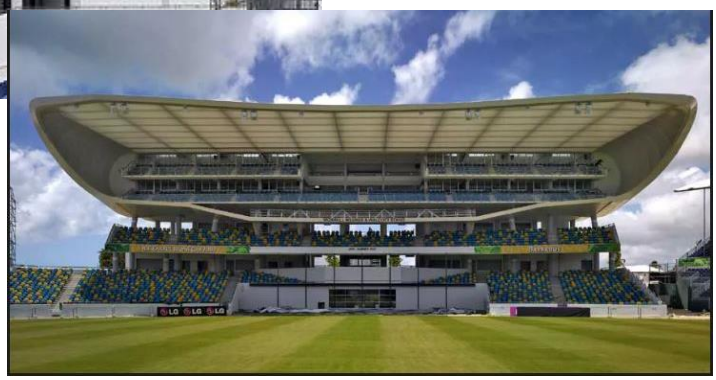
Çizelge 2.27. (devam) Biosciences Research Building Binası analiz tablosu (URL-15)

Tasarım analizi	  Thermal corridor ATRIUM    

Çizelge 2.28. Kensington Oval Binası analiz tablosu

Genel Bilgiler	Yapı Künyesi	Yapının adı	Kensington Oval	
		Konum	Bridgetown, Barbados	
		Yapım yılı	2007	
		İşlev	Spor Tesisi	
		Kat sayısı	5	
		Mimar	Ove Arup & Partners	
	İklimsel Veriler	İklim türü	Sıcak- nemli	
		Nem	Nem oranı yıl boyunca önemli ölçüde değişiklik göstermez Bütün yıl boyu %98 düzeyinin %2 artı veya eksi civarında kalır.	
		Ortalama sıcaklık	30	
		Ortalama rüzgâr hızı	24,6 km/sa	
		Hâkim rüzgâr yönü	Doğu	
Havalandırma ilkeleri	Havalandırma sistemi		Doğal Havalandırma	x
			Mekanik Havalandırma	
	Havalandırma yöntemi		Tek taraflı havalandırma	
			Karşılıklı (çapraz) havalandırma	x
			Baca etkisi	
	Rüzgârın kullanımı		Aktif (rüzgâr türbini)	
			Pasif (havalandırma, tasarım)	x
	Yapı Geometrisinde havalandırma elemanı		Avlulu Plan	
			Atriumlu Plan	
			Kat bahçeleri	
			Açık Form Plan	x
			Aerodinamik Form	
	Çatı formunda havalandırma elemanı		Hava akışına yön veren yükselen çatı	
			Yükseltilmiş çatı (Soğuk çatı)	
			Rüzgâr Kepçeleri	x
			Çatı Kanatları	
	Cephede havalandırma elemanı		Pencere Düzenlemeleri	x
			Çift Cephe	
			Kinetik Cephe	
			Rüzgâr kuleleri	
	Tasarımda uygulanan doğal havalandırma kararları		Rüzgâr kepçesi görevi gören çatı saçağı	

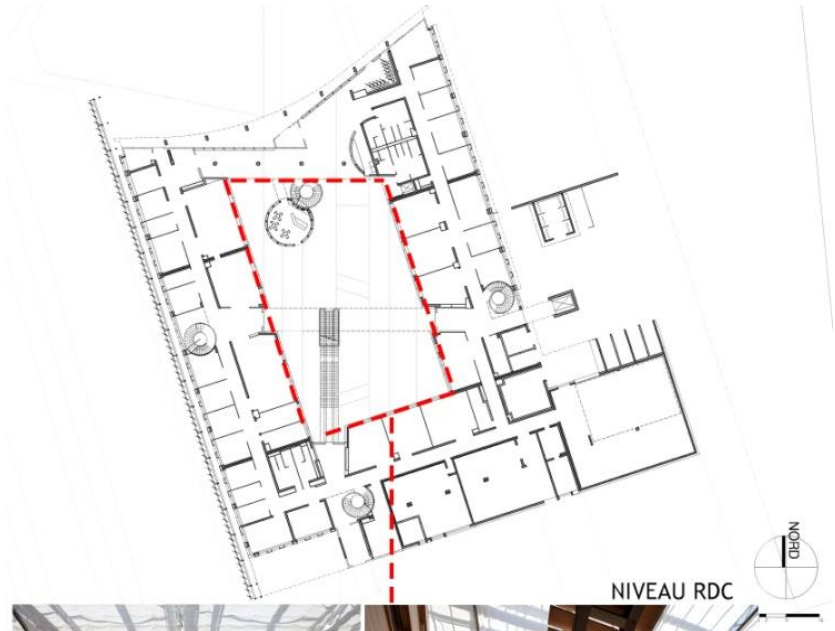
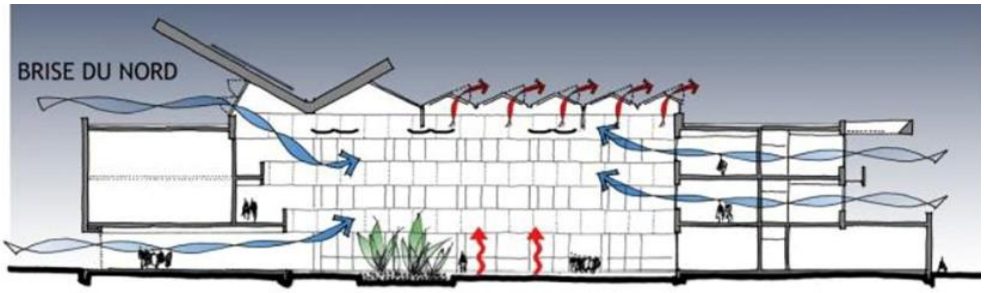
Çizelge 2.28. (devam) Kensington Oval Binası analiz tablosu (URL-16; URL-17)

Tasarım analizi	  

Çizelge 2.29. INES - French National Solar Energy Institute Binası analiz tablosu

Genel Bilgiler	Yapı Künyesi	Yapının adı	INES - French National Solar Energy Institute	
		Konum	LE BOURGET-DU-LAC, Fransa	
		Yapım yılı	2013	
		İşlev	Ofis	
		Kat sayısı	3	
		Mimar	Agence Frédéric Nicolas, Atelier Michel Rémon	
	İklimsel Veriler	İklim türü	ılıman	
		Nem	Hissedilen nem oranı yıl boyunca önemli ölçüde değişiklik göstermez ve yıl boyu %0 düzeyiyle neredeyse sabit kalır.	
		Ortalama sıcaklık	17	
		Ortalama rüzgâr hızı	12,93 km/sa	
		Hâkim rüzgâr yönü	Kuzey-güney	
Havalandırma ilkeleri	Havalandırma sistemi		Doğal Havalandırma	x
			Mekanik Havalandırma	
	Havalandırma yöntemi		Tek taraflı havalandırma	
			Karşılıklı (çapraz) havalandırma	x
			Baca etkisi	x
	Rüzgârın kullanımı		Aktif (rüzgâr türbini)	
			Pasif (havalandırma, tasarım)	x
	Yapı Geometrisinde havalandırma elemanı		Avlulu Plan	
			Atriumlu Plan	x
			Kat bahçeleri	
			Açık Form Plan	
			Aerodinamik Form	
	Çatı formunda havalandırma elemanı		Hava akışına yön veren yükselen çatı	
			Yükseltilmiş çatı (Soğuk çatı)	
			Rüzgâr Kepçeleri	
			Çatı Kanatları	x
	Cephede havalandırma elemanı		Pencere Düzenlemeleri	x
			Çift Cephe	
			Kinetik Cephe	
			Rüzgâr kuleleri	
	Tasarımda uygulanan doğal havalandırma kararları		Merkezi atrium Rüzgârı yapıya yönlendiren eğik çatı Aerodinamik tasarım Yapı yönlenmesi	

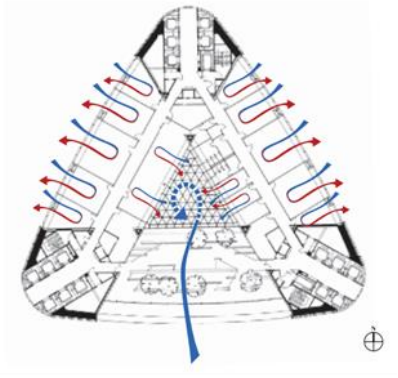
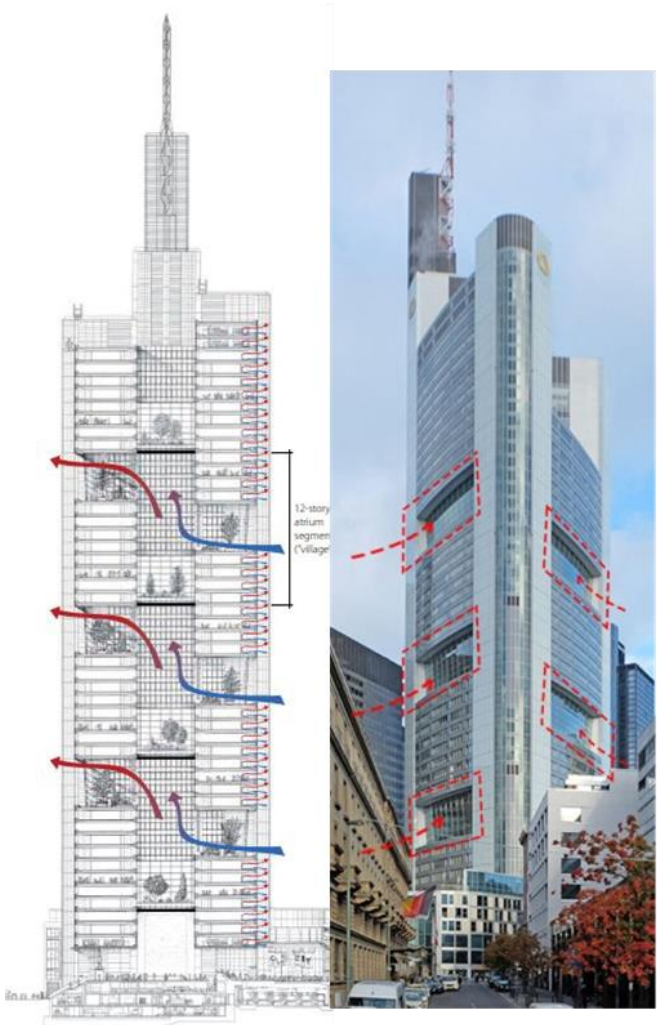
Çizelge 2.29. (devam) INES- French National Solar Energy Institute Binası analiz tablosu (URL-18)

Tasarım analizi	    

Çizelge 2.30. Commerzbank Binası analiz tablosu

Genel Bilgiler	Yapı Künyesi	Yapının adı	Commerzbank	
		Konum	Frankfurt, Almanya	
		Yapım yılı	1997	
		İşlev	Ofis	
		Kat sayısı	56	
		Mimar	Foster + Partners	
	İklimsel Veriler	İklim türü	ılık-nemli	
		Nem	53% (hottest months); 76% (coldest months)	
		Ortalama sıcaklık	Yaz: 24 kış : 4	
		Ortalama rüzgâr hızı	Saniyede 4 metre	
		Hâkim rüzgâr yönü	Güney-güneybatı	
Havalandırma ilkeleri	Havalandırma sistemi		Doğal Havalandırma	x
			Mekanik Havalandırma	x
	Havalandırma yöntemi		Tek taraflı havalandırma	x
			Karşılıklı (çapraz) havalandırma	x
			Baca etkisi	x
	Rüzgârın kullanımı		Aktif (rüzgâr türbini)	
			Pasif (havalandırma, tasarım)	x
	Yapı Geometrisinde havalandırma elemanı		Avlulu Plan	
			Atriumlu Plan	x
			Kat bahçeleri	x
			Açık Form Plan	
			Aerodinamik Form	
	Çatı formunda havalandırma elemanı		Hava akışına yön veren yükselen çatı	
			Yükseltilmiş çatı (Soğuk çatı)	
			Rüzgâr Kepçeleri	
			Çatı Kanatları	
	Cephede havalandırma elemanı		Pencere Düzenlemeleri	x
			Çift Cephe	x
			Kinetik Cephe	
			Rüzgâr kuleleri	
	Tasarımda uygulanan doğal havalandırma kararları		Çift cidarlı cepheler Bölünmüş merkezi atriumlar birbirine bağlanan basamaklı gökyüzü bahçeleri Cephedeki havalandırma deliklerinin üstünde/altında küçük aerofoil bölümler	

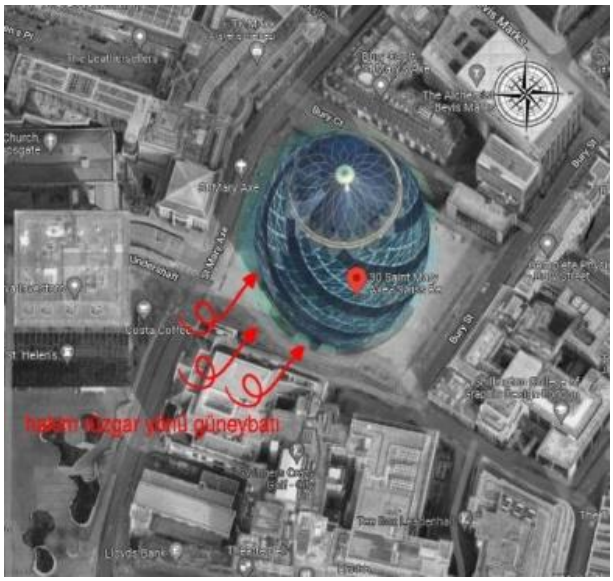
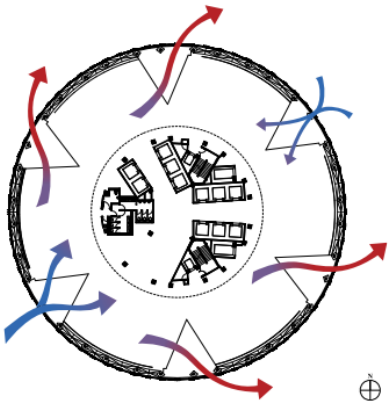
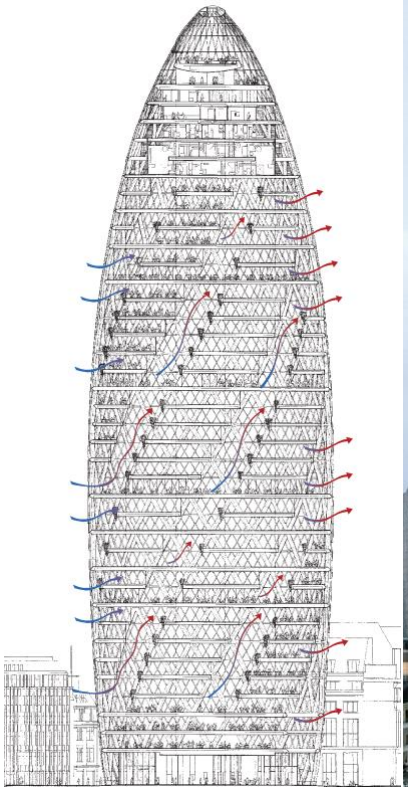
Çizelge 2.30. (devam) Commerzbank Binası analiz tablosu (Wood ve Salib, 2013)

Tasarım analizi	  

Çizelge 2.31. 30 St. Mary Axe Binası analiz tablosu

Genel Bilgiler	Yapı Künyesi	Yapının adı	30 St. Mary Axe	
		Konum	Londra, İngiltere	
		Yapım yılı	2004	
		İşlev	Ofis	
		Kat sayısı	42	
		Mimar	Foster + Partners	
	İklimsel Veriler	İklim türü	ılıman	
		Nem	66% (hottest months); 81% (coldest months)	
		Ortalama sıcaklık	22	
		Ortalama rüzgâr hızı	Saniyede 3,6 metre	
		Hâkim rüzgâr yönü	Güneybatı	
Havalandırma ilkeleri	Havalandırma sistemi		Doğal Havalandırma	x
			Mekanik Havalandırma	x
	Havalandırma yöntemi		Tek taraflı havalandırma	
			Karşılıklı (çapraz) havalandırma	x
			Baca etkisi	x
	Rüzgârın kullanımı		Aktif (rüzgâr türbini)	
			Pasif (havalandırma, tasarım)	x
	Yapı Geometrisinde havalandırma elemanı		Avlulu Plan	
			Atriumlu Plan	x
			Kat bahçeleri	
			Açık Form Plan	
			Aerodinamik Form	x
	Çatı formunda havalandırma elemanı		Hava akışına yön veren yükselen çatı	
			Yükseltilmiş çatı (Soğuk çatı)	
			Rüzgâr Kepçeleri	
			Çatı Kanatları	
	Cephede havalandırma elemanı		Pencere Düzenlemeleri	x
			Çift Cephe	x
			Kinetik Cephe	
			Rüzgâr kuleleri	
	Tasarımda uygulanan doğal havalandırma kararları		Binanın aerodinamik kavisli formu Çift cidarlı cepheler Ofislere dağıtılmadan önce havayı yumuşatan basamaklı atrium	

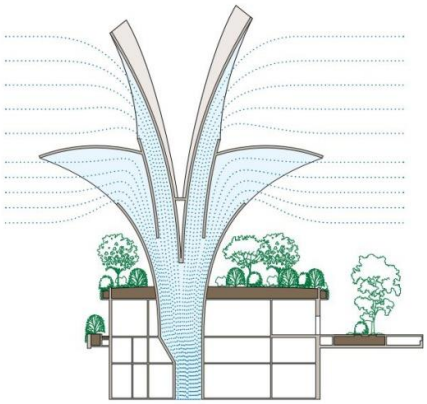
Çizelge 2.31. (devam) 30 St. Mary Axe Binası analiz tablosu (Wood ve Salib, 2013)

Tasarım analizi	   

Çizelge 2.32. Capita Green Binası analiz tablosu

Genel Bilgiler	Yapı Künyesi	Yapının adı	Capita Green Building	
		Konum	Singapur	
		Yapım yılı	2014	
		İşlev	Ofis	
		Kat sayısı	40	
		Mimar	Toyo Ito	
	İklimsel Veriler	İklim türü	Sıcak- nemli	
		Nem	Hissedilen nem oranı yıl boyunca önemli ölçüde değişiklik göstermez ve yıl boyu %100 düzeyiyle neredeyse sabit kalır.	
		Ortalama sıcaklık	28,1	
		Ortalama rüzgâr hızı	12,6 km/sa	
		Hâkim rüzgâr yönü	Kuzey-güney	
Havalandırma ilkeleri	Havalandırma sistemi		Doğal Havalandırma	x
			Mekanik Havalandırma	x
	Havalandırma yöntemi		Tek taraflı havalandırma	x
			Karşılıklı (çapraz) havalandırma	x
			Baca etkisi	x
	Rüzgârın kullanımı		Aktif (rüzgâr türbini)	
			Pasif (havalandırma, tasarım)	x
	Yapı Geometrisinde havalandırma elemanı		Avlulu Plan	
			Atriumlu Plan	x
			Kat bahçeleri	x
			Açık Form Plan	
			Aerodinamik Form	
	Çatı formunda havalandırma elemanı		Hava akışına yön veren yükselen çatı	
			Yükseltilmiş çatı (Soğuk çatı)	
			Rüzgâr Kepçeleri	x
			Çatı Kanatları	
	Cephede havalandırma elemanı		Pencere Düzenlemeleri	x
			Çift Cephe	x
			Kinetik Cephe	
			Rüzgâr kuleleri	x
	Tasarımda uygulanan doğal havalandırma kararları		Çift cephe Kat bahçeleri Rüzgâr kepçesi ve rüzgâr kulesi (inner tube)	

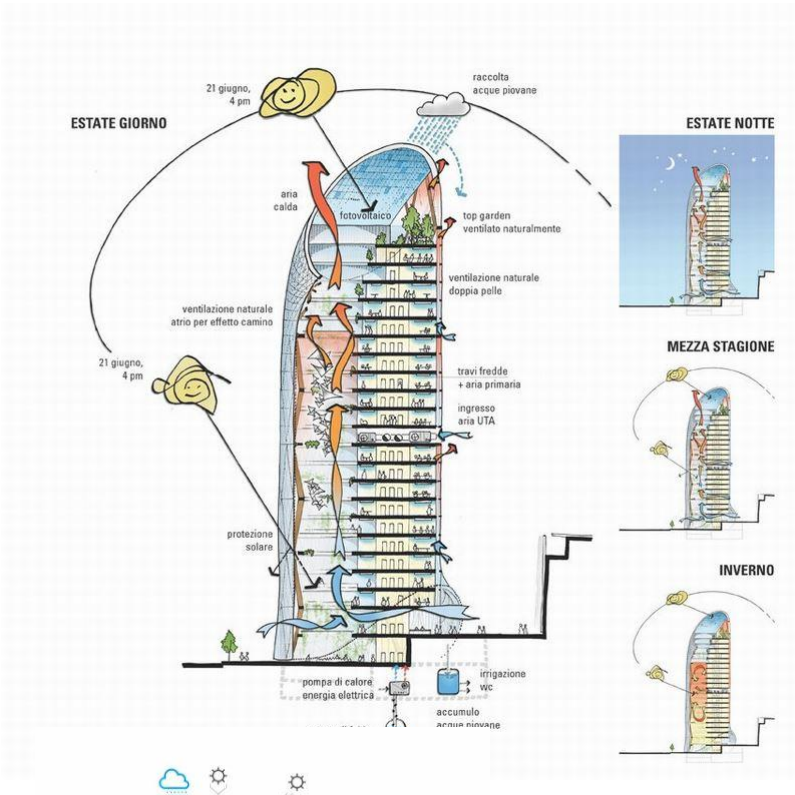
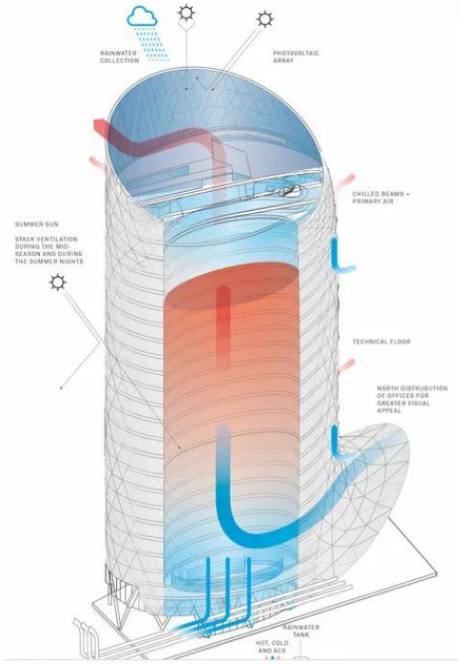
Çizelge 2.32. (devam) Capita Green Binası analiz tablosu (Wood ve Salib, 2013)

Tasarım analizi	  

Çizelge 2.33. Unipol Group Headquarters Binası analiz tablosu

Genel Bilgiler	Yapı Künyesi	Yapının adı	Unipol Group Headquarters	
		Konum	Milan, İtalya	
		Yapım yılı	2015	
		İşlev	Ofis (yarışma projesi)	
		Kat sayısı	22	
		Mimar	Mario Cucinella Architects	
	İklimsel Veriler	İklim türü	ılık- nemli	
		Nem	10 Haziran-12 Eylül en bunaltıcı dönemdir. Rahatlık düzeyi en az %12 civarında bunaltıcı, basık veya dayanılmaz olmaktadır.	
		Ortalama sıcaklık	30	
		Ortalama rüzgâr hızı	7,325 km/sa	
		Hâkim rüzgâr yönü	Doğu	
Havalandırma ilkeleri	Havalandırma sistemi		Doğal Havalandırma	x
			Mekanik Havalandırma	x
	Havalandırma yöntemi		Tek taraflı havalandırma	x
			Karşılıklı (çapraz) havalandırma	x
			Baca etkisi	x
	Rüzgârın kullanımı		Aktif (rüzgâr türbini)	
			Pasif (havalandırma, tasarım)	x
	Yapı Geometrisinde havalandırma elemanı		Avlulu Plan	
			Atriumlu Plan	x
			Kat bahçeleri	
			Açık Form Plan	
			Aerodinamik Form	x
	Çatı formunda havalandırma elemanı		Hava akışına yön veren yükselen çatı	x
			Yükseltilmiş çatı (Soğuk çatı)	
			Rüzgâr Kepçeleri	x
			Çatı Kanatları	
	Cephede havalandırma elemanı		Pencere Düzenlemeleri	
			Çift Cephe	x
			Kinetik Cephe	
			Rüzgâr kuleleri	
	Tasarımda uygulanan doğal havalandırma kararları		Temiz havayı atriyuma yönlendiren rüzgâr kepçesi görevi gören giriş saçağı Çift cephe Atrium	

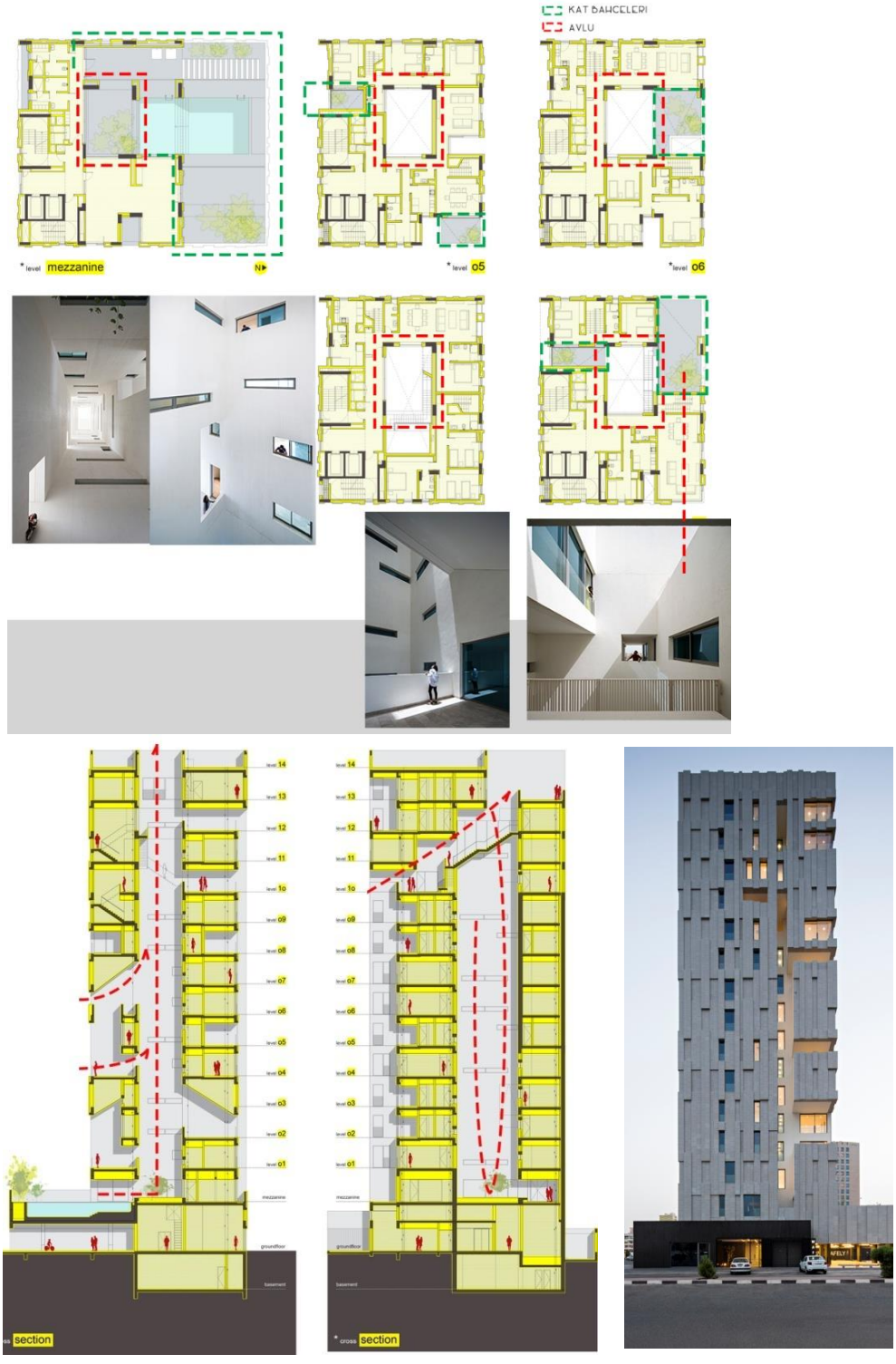
Çizelge 2.33. (devam) Unipol Group Headquarters Binası analiz tablosu (URL-19)

Tasarım analizi	   

Çizelge 2.34. Wind Tower Binası analiz tablosu

Genel Bilgiler	Yapı Künyesi	Yapının adı	Wind Tower	
		Konum	SALMIYA, Kuveyt	
		Yapım yılı	2017	
		İşlev	Konut	
		Kat sayısı	14	
		Mimar	AGi Architects	
	İklimsel Veriler	İklim türü	Sıcak- kuru	
		Nem	15 Temmuz-22 Kasım en bunaltıcı dönemdir. Rahatlık düzeyi en az %4 civarında bunaltıcı, basık veya dayanılmaz olmaktadır.	
		Ortalama sıcaklık	42	
		Ortalama rüzgâr hızı	17,75 km/sa	
		Hâkim rüzgâr yönü	Kuzey	
Havalandırma ilkeleri	Havalandırma sistemi		Doğal Havalandırma	x
			Mekanik Havalandırma	
	Havalandırma yöntemi		Tek taraflı havalandırma	x
			Karşılıklı (çapraz) havalandırma	x
			Baca etkisi	x
	Rüzgârın kullanımı		Aktif (rüzgâr türbini)	
			Pasif (havalandırma, tasarım)	x
	Yapı Geometrisinde havalandırma elemanı		Avlulu Plan	x
			Atriumlu Plan	
			Kat bahçeleri	x
			Açık Form Plan	
			Aerodinamik Form	
	Çatı formunda havalandırma elemanı		Hava akışına yön veren yükselen çatı	
			Yükseltilmiş çatı (Soğuk çatı)	
			Rüzgâr Kepçeleri	
			Çatı Kanatları	
	Cephede havalandırma elemanı		Pencere Düzenlemeleri	
			Çift Cephe	
			Kinetik Cephe	
			Rüzgâr kuleleri	
	Tasarımda uygulanan doğal havalandırma kararları		Avlu Avludan gelen hava ile beslenen ve yapı içinde havayı gezdiren kat bahçeleri	

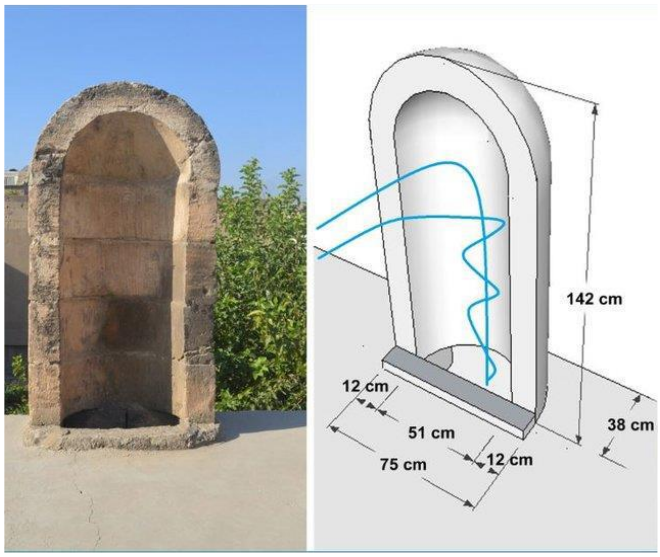
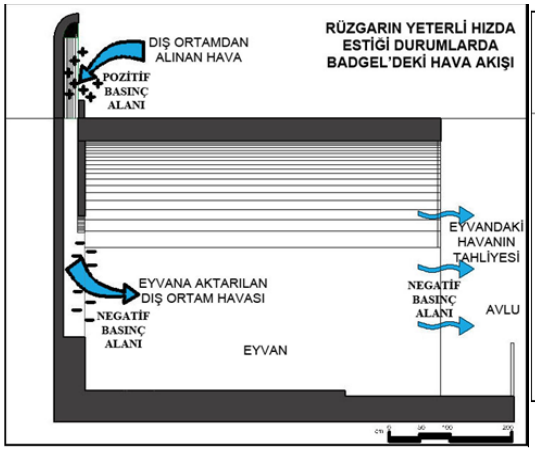
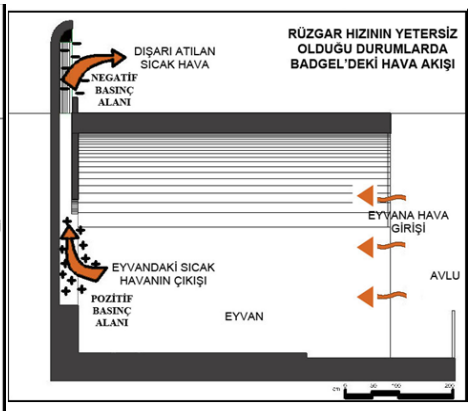
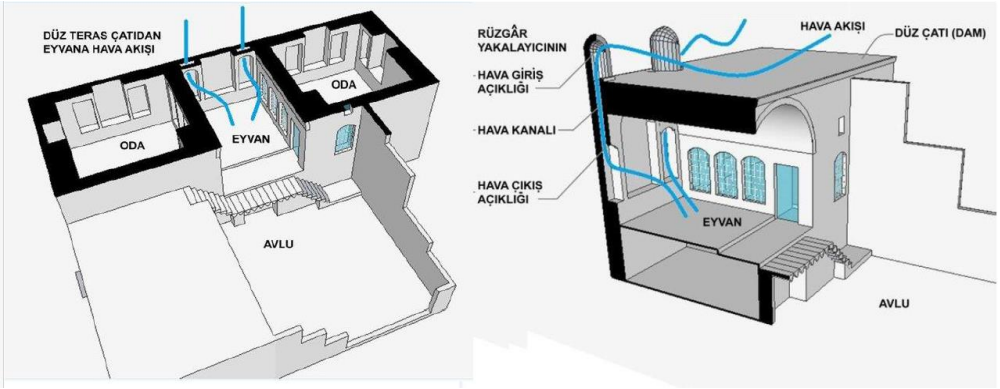
Çizelge 2.34. (devam) Wind Tower Binası analiz tablosu (URL-20)

Tasarım analizi	

Çizelge 2.35. Geleneksel Şanlıurfa Rüzgâr Yakalayıcıları analiz tablosu

Genel Bilgiler	Yapı Künyesi	Yapının adı	Geleneksel Şanlıurfa Rüzgâr Yakalayıcıları	
		Konum	Şanlıurfa, Türkiye	
		Yapım yılı	1800	
		İşlev	Konut	
		Kat sayısı	2	
		Mimar		
	İklimsel Veriler	İklim türü	sıcak- kuru	
		Nem	Yaz aylarında: %25	
		Ortalama sıcaklık	Yaz aylarında: 35,9 °C	
		Ortalama rüzgâr hızı	14,30 km/sa	
		Hâkim rüzgâr yönü	Doğu, batı, kuzey	
Havalandırma ilkeleri	Havalandırma sistemi		Doğal Havalandırma	x
			Mekanik Havalandırma	
	Havalandırma yöntemi		Tek taraflı havalandırma	x
			Karşılıklı (çapraz) havalandırma	x
			Baca etkisi	x
	Rüzgârın kullanımı		Aktif (rüzgâr türbini)	
			Pasif (havalandırma, tasarım)	x
	Yapı Geometrisinde havalandırma elemanı		Avlulu Plan	x
			Atriumlu Plan	
			Kat bahçeleri	
			Açık Form Plan	
			Aerodinamik Form	
	Çatı formunda havalandırma elemanı		Hava akışına yön veren yükselen çatı	
			Yükseltilmiş çatı (Soğuk çatı)	
			Rüzgâr Kepçeleri	x
			Çatı Kanatları	
	Cephede havalandırma elemanı		Pencere Düzenlemeleri	x
			Çift Cephe	
			Kinetik Cephe	
			Rüzgâr kuleleri	
	Tasarımda uygulanan doğal havalandırma kararları		Çatıda yükselen rüzgâr kepçesi taze havayı alıp eyvana iletir avlu ve kepçe arası hava akışı olur avluya ya da baca bitimine yerleştirilen su ögesi ile kuru hava nemlendirilir.	

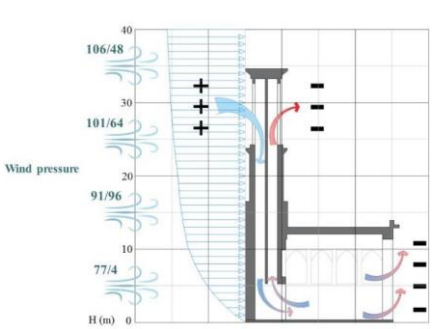
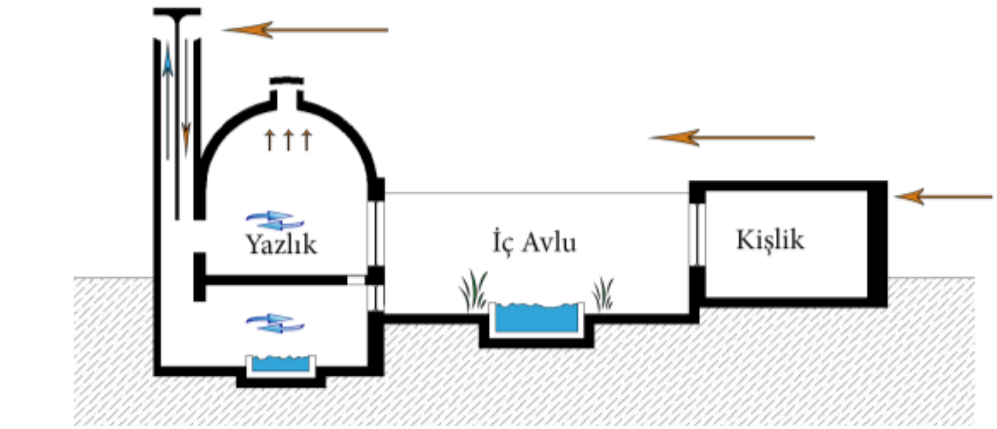
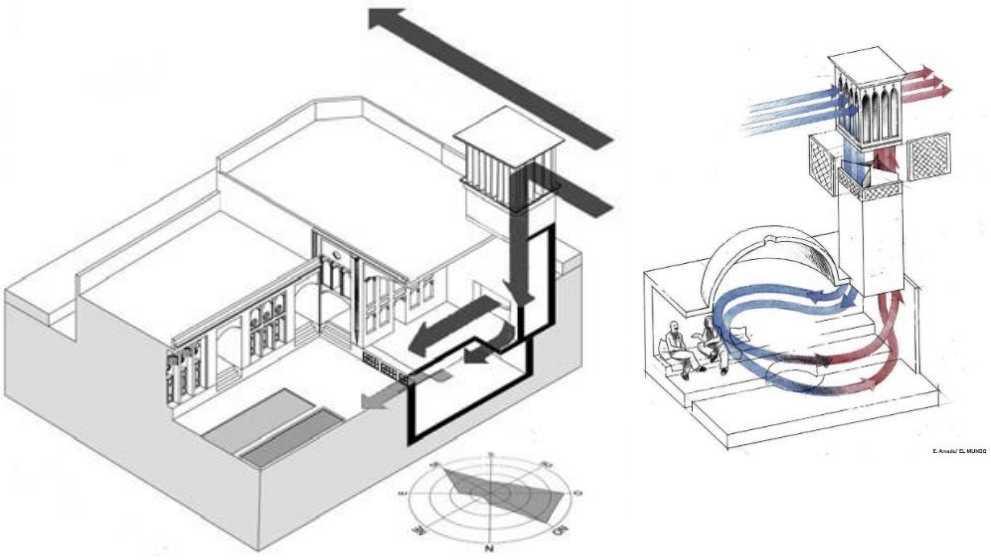
Çizelge 2.35. (devam) Geleneksel Şanlıurfa Rüzgâr Yakalayıcıları analiz tablosu (Melikoğlu ve Bekleyen, 2021)

Tasarım analizi	   

Çizelge 2.36. Geleneksel İran Rüzgâr Kulesi analiz tablosu

Genel Bilgiler	Yapı Künyesi	Yapının adı	Geleneksel İran Rüzgâr Kulesi	
		Konum	Yezd, İran	
		Yapım yılı	1800	
		İşlev	Konut	
		Kat sayısı	1	
		Mimar		
	İklimsel Veriler	İklim türü	Sıcak- kuru	
		Nem	Nem rahatlık düzeyi yıl boyu sabit ve %0	
		Ortalama sıcaklık	Yaz aylarında: 35,6 °C	
		Ortalama rüzgâr hızı	11,96 km/sa	
		Hâkim rüzgâr yönü	Doğu, batı, kuzey	
Havalandırma ilkeleri	Havalandırma sistemi		Doğal Havalandırma	x
			Mekanik Havalandırma	
	Havalandırma yöntemi		Tek taraflı havalandırma	
			Karşılıklı (çapraz) havalandırma	x
			Baca etkisi	x
	Rüzgârın kullanımı		Aktif (rüzgâr türbini)	
			Pasif (havalandırma, tasarım)	x
	Yapı Geometrisinde havalandırma elemanı		Avlulu Plan	x
			Atriumlu Plan	
			Kat bahçeleri	
			Açık Form Plan	
			Aerodinamik Form	
	Çatı formunda havalandırma elemanı		Hava akışına yön veren yükselen çatı	
			Yükseltilmiş çatı (Soğuk çatı)	
			Rüzgâr Kepçeleri	
			Çatı Kanatları	
	Cephede havalandırma elemanı		Pencere Düzenlemeleri	x
			Çift Cephe	
			Kinetik Cephe	
			Rüzgâr kuleleri	x
	Tasarımda uygulanan doğal havalandırma kararları		Kuzey-güney yönlenmesi, yapının yazlık ve kışlık olarak ayrılması Rüzgâr kulesi. Rüzgâr bacası ile suyun ilişkilendirilmesi ile kuru hava nemlendiriliyor. İstenmeyen rüzgarların engellenmesi amacıyla sıkışık yapılaşma	

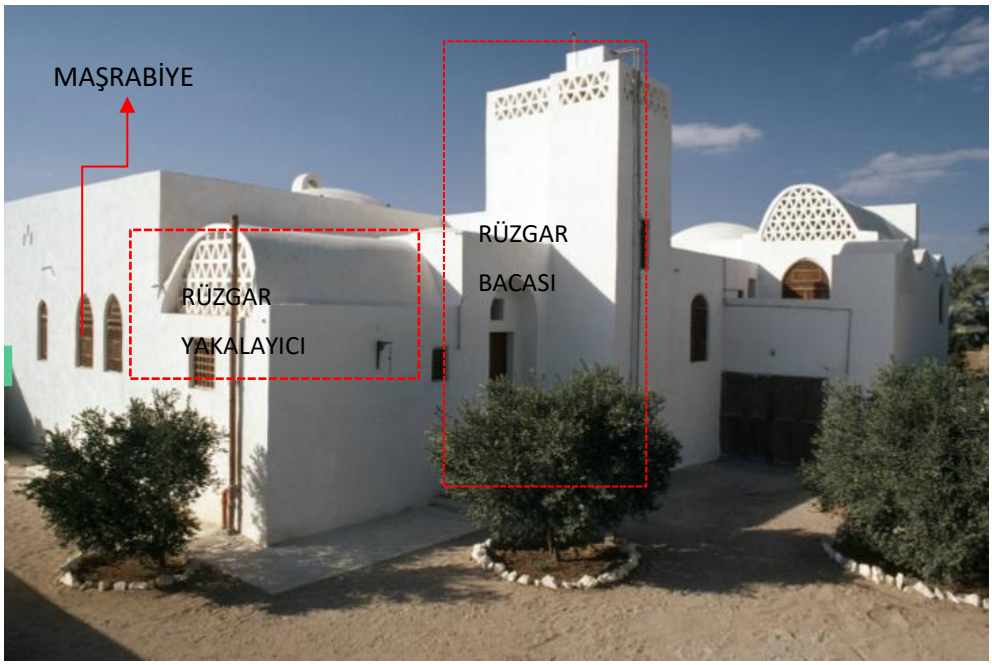
Çizelge 2.36. (devam) Geleneksel İran Rüzgâr Kulesi analiz tablosu
(Mahmoudi, Qazvin ve Azad, 2009; URL-3; Vahdatpour ve Ariaei, 2020; Yardımlı, Shahriary ve Güleç Özer, 2018)

Tasarım analizi	   

Çizelge 2.37. Akil Sami House Binası analiz tablosu

Genel Bilgiler	Yapı Künyesi	Yapının adı	Akil Sami House	
		Konum	Dahshur / Mısır	
		Yapım yılı	1978	
		İşlev	Konut	
		Kat sayısı	1	
		Mimar	Hassan Fathy	
	İklimsel Veriler	İklim türü	Sıcak- kuru	
		Nem	Nem rahatlık düzeyi yıl boyu sabit ve %0	
		Ortalama sıcaklık	Yaz aylarında: 35,6 °C	
		Ortalama rüzgâr hızı	11,96 km/sa	
		Hâkim rüzgâr yönü	Doğu, batı, kuzey	
Havalandırma ilkeleri	Havalandırma sistemi		Doğal Havalandırma	x
			Mekanik Havalandırma	
	Havalandırma yöntemi		Tek taraflı havalandırma	
			Karşılıklı (çapraz) havalandırma	x
			Baca etkisi	x
	Rüzgârın kullanımı		Aktif (rüzgâr türbini)	
			Pasif (havalandırma, tasarım)	x
	Yapı Geometrisinde havalandırma elemanı		Avlulu Plan	x
			Atriumlu Plan	
			Kat bahçeleri	
			Açık Form Plan	
			Aerodinamik Form	
	Çatı formunda havalandırma elemanı		Hava akışına yön veren yükselen çatı	
			Yükseltilmiş çatı (Soğuk çatı)	
			Rüzgâr Kepçeleri	x
			Çatı Kanatları	
	Cephede havalandırma elemanı		Pencere Düzenlemeleri	
			Çift Cephe	
			Kinetik Cephe	
			Rüzgâr kuleleri	x
	Tasarımda uygulanan doğal havalandırma kararları		Rüzgârın yapı içine aktarımı için rüzgâr tutucular kullanılmış ve hava akışını hızlandırmak amacıyla tonoz ve kubbeli çatı kaplamaları kullanılmış. Rüzgâr kulesi Havayı nemlendirmek ve soğutmak amacıyla maşrabiye kullanımı Avlu Gece havalandırması		

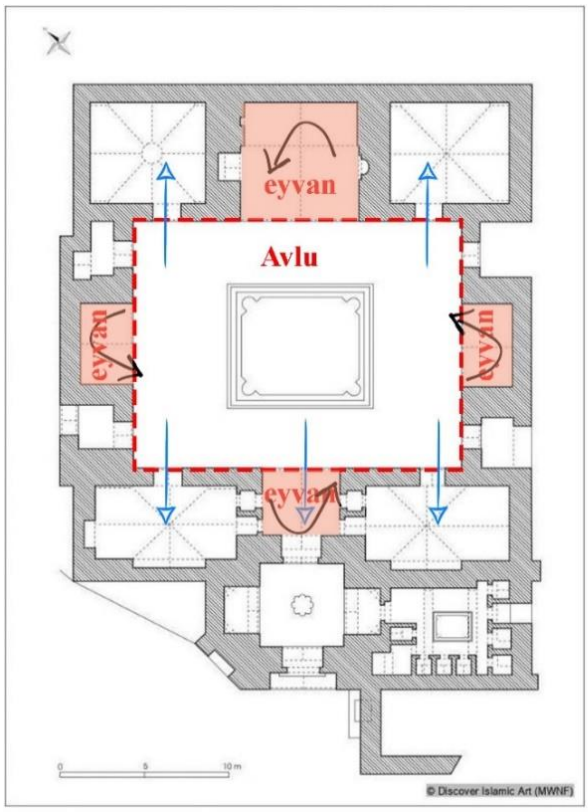
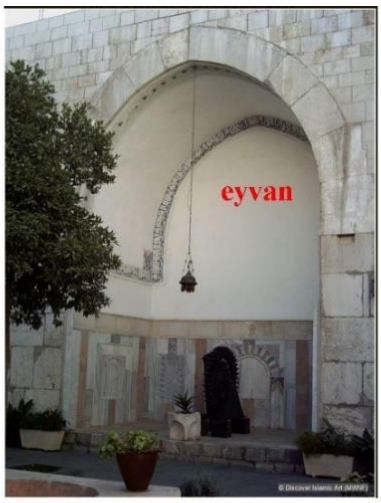
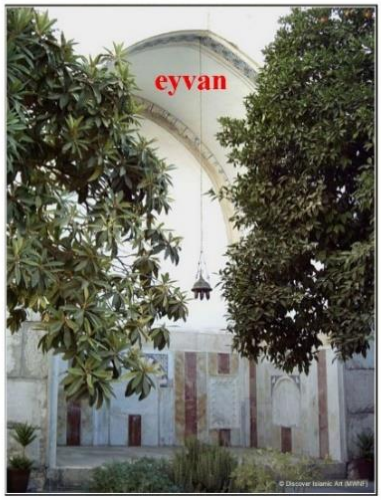
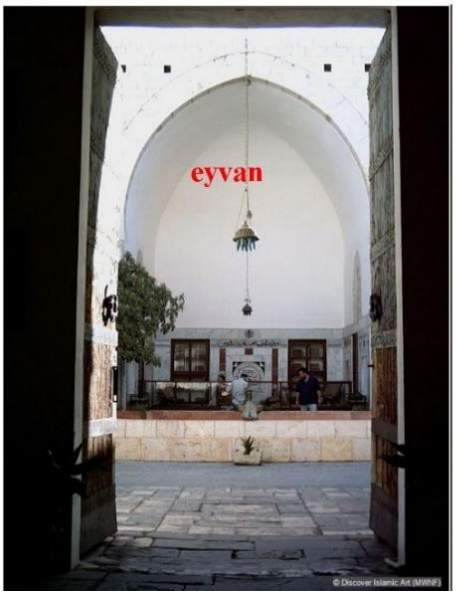
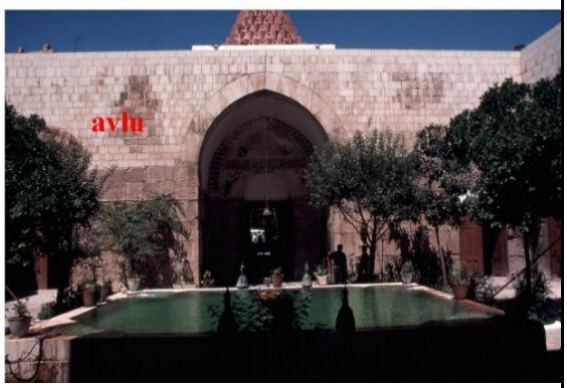
Çizelge 2.37. (devam) Akil Sami House Binası analiz tablosu (URL-21)

Tasarım analizi	   

Çizelge 2.38. Al- Nuri Hospital Binası analiz tablosu

Genel Bilgiler	Yapı Künyesi	Yapının adı	Al-Nuri Hospital	
		Konum	Şam/ Suriye	
		Yapım yılı	MS 1154	
		İşlev	Hastane	
		Kat sayısı	1	
		Mimar		
	İklimsel Veriler	İklim türü	Sıcak- kuru	
		Nem	Nem rahatlık düzeyi yıl boyunca sabit ve %0	
		Ortalama sıcaklık	Yaz aylarında: 33 °C	
		Ortalama rüzgâr hızı	12,36 km/sa	
		Hâkim rüzgâr yönü	Batı	
Havalandırma ilkeleri	Havalandırma sistemi		Doğal Havalandırma	x
			Mekanik Havalandırma	
	Havalandırma yöntemi		Tek taraflı havalandırma	
			Karşılıklı (çapraz) havalandırma	x
			Baca etkisi	x
	Rüzgârın kullanımı		Aktif (rüzgâr türbini)	
			Pasif (havalandırma, tasarım)	x
	Yapı Geometrisinde havalandırma elemanı		Avlulu Plan	x
			Atriumlu Plan	
			Kat bahçeleri	
			Açık Form Plan	
			Aerodinamik Form	
	Çatı formunda havalandırma elemanı		Hava akışına yön veren yükselen çatı	
			Yükseltilmiş çatı (Soğuk çatı)	
			Rüzgâr Kepçeleri	
			Çatı Kanatları	
	Cephede havalandırma elemanı		Pencere Düzenlemeleri	x
			Çift Cephe	
			Kinetik Cephe	
			Rüzgâr kuleleri	
	Tasarımda uygulanan doğal havalandırma kararları		Merkezde avlu Avlu etrafında sıralanmış mekanlar Eyvan kullanımı Havanın soğutulması ve nemlendirilmesi amacıyla avluda su kullanımı	

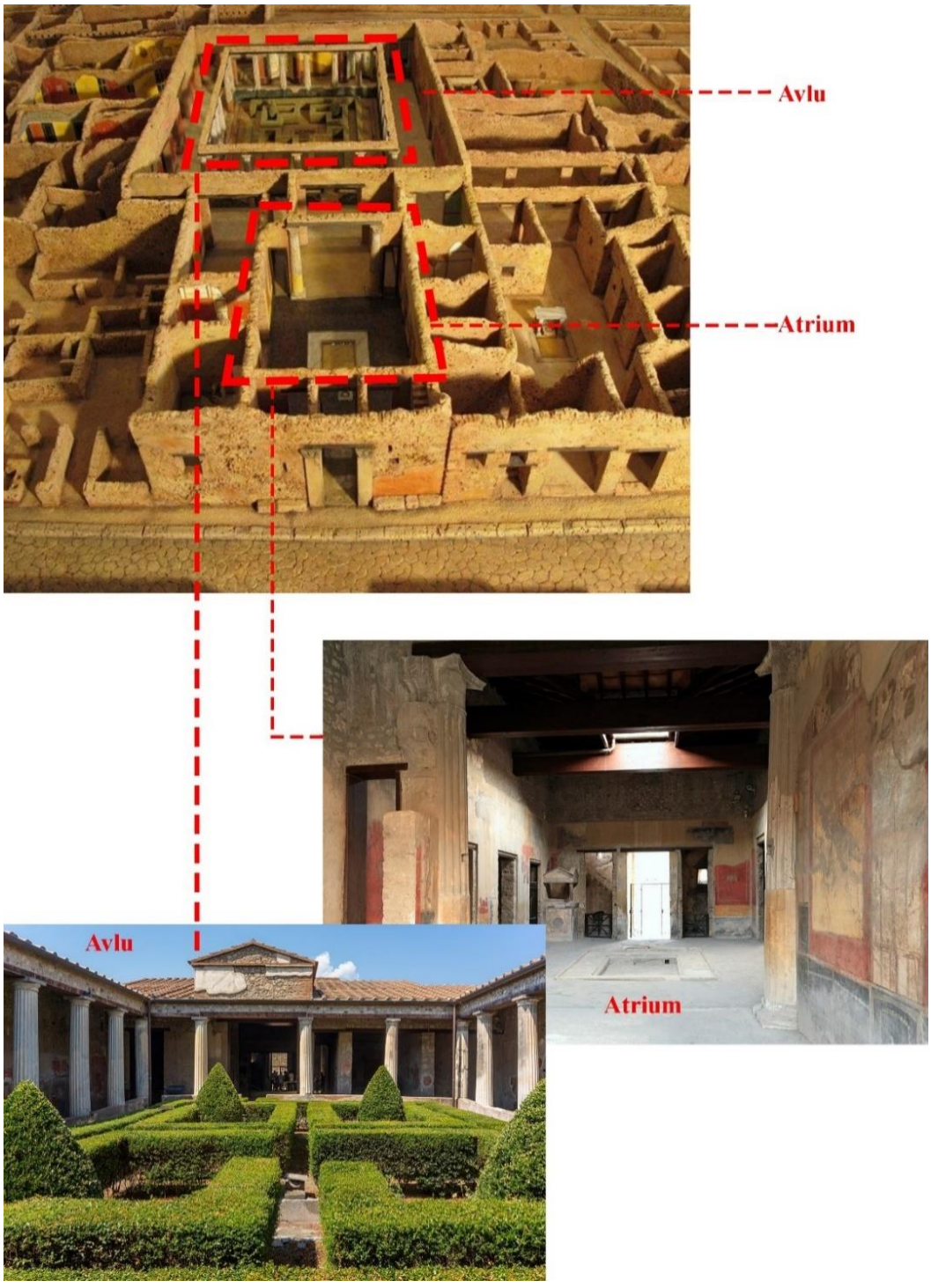
Çizelge 2.38. (devam) Al- Nuri Hospital Binası analiz tablosu (URL-22)

Tasarım analizi	    

Çizelge 2.39. House of Menander / Antik roma evleri analiz tablosu

Genel Bilgiler	Yapı Künyesi	Yapının adı	House of Menander / Antik roma evleri	
		Konum	Pompei/ ROMA	
		Yapım yılı	MÖ 180	
		İşlev	Konut	
		Kat sayısı	1	
		Mimar		
	İklimsel Veriler	İklim türü	Sıcak- nemli	
		Nem	Yılın en bunaltıcı dönemi 3,9 ay boyunca 7 Haziran tarihinden 3 Ekim tarihine kadar sürmektedir ve bu zaman zarfında rahatlık düzeyi en az %17 civarında bunaltıcı, basık veya dayanılmaz olmaktadır. Pompei bölgesindeki en bunaltıcı günler Ağustos ayındadır ve bu dönemde hava 19,2 gün kadar bunaltıcı veya daha kötü durumdadır.	
		Ortalama sıcaklık	Yaz aylarında: 30 °C	
		Ortalama rüzgâr hızı	13 km/sa	
		Hâkim rüzgâr yönü	Batı, kuzey	
Havalandırma ilkeleri	Havalandırma sistemi		Doğal Havalandırma	x
			Mekanik Havalandırma	
	Havalandırma yöntemi		Tek taraflı havalandırma	x
			Karşılıklı (çapraz) havalandırma	x
			Baca etkisi	x
	Rüzgârın kullanımı		Aktif (rüzgâr türbini)	
			Pasif (havalandırma, tasarım)	x
	Yapı Geometrisinde havalandırma elemanı		Avlulu Plan	x
			Atriumlu Plan	x
			Kat bahçeleri	
			Açık Form Plan	
			Aerodinamik Form	
	Çatı formunda havalandırma elemanı		Hava akışına yön veren yükselen çatı	
			Yükseltilmiş çatı (Soğuk çatı)	
			Rüzgâr Kepçeleri	
			Çatı Kanatları	
	Cephede havalandırma elemanı		Pencere Düzenlemeleri	x
			Çift Cephe	
			Kinetik Cephe	
			Rüzgâr kuleleri	
	Tasarımda uygulanan doğal havalandırma kararları		Ana mekanların atriuma açılması, atrium hem ışık hem hava sağlayıcı Avlu kullanımı	

Çizelge 2.39. (devam) House of Menander / Antik roma evleri analiz tablosu (URL-23; URL-24)

Tasarım analizi	

İncelenen diğer örnekler ek kısmında verilecektir. Tez çalışması kapsamında incelenen geleneksel mimariye ait ve modern mimariye ait az katlı, orta katlı ve yüksek katlı yapılarda rüzgâr odaklı pasif tasarım uygulamalarında farklılıklar olmasına rağmen genellikle belirli doğal havalandırma yaklaşımların benimsendiği görülmektedir. Yapı geometrisi tasarımında sıcak- kuru, sıcak- nemli ve ılıman iklim bölgelerinde yer alan yapılarda avlulu plan, atriumlu plan ve açık form plan kullanımı öne çıkan tasarım kararlarındandır. Avlulu plana sahip yapılarda avlu, açıklık düzenlemeleri, hava kanalları, hava koridorları gibi tasarım ögeleri ile desteklenerek doğal havalandırma verimli hale getirildiği görülmektedir. Özellikle geleneksel mimaride yer alan avlulu plan örneklerinde, rüzgâr kulesi, rüzgâr kepçesi ya da atrium ile avlunun birlikte kurgulanmasıyla verimli bir hava akışı sağlanarak doğal havalandırmanın desteklendiğini görmekteyiz. İncelenen avlulu plan örneklerinde bitkilendirme ve su ögelerinin entegrasyonu ile bağıl nem dengesi sağlanmaya çalışılmıştır. Geleneksel mimaride sıcak-kuru iklime sahip yapılarda doğal havalandırma elemanlarının su ile entegrasyonu daha yaygındır. Örneğin rüzgâr kulelerinde temiz havanın mekâna geçmeden önce bir su kütlesinden geçmesi havayı soğutarak verimi arttırmaktadır. Bu nedenle rüzgâr kulesi içinde, bitiminde ya da avlu düzleminde su ögesi yer almaktadır.

Atriumlu plan ve açık form plan düzeni modern mimaride sıklıkla kullanılmaktadır. İncelediğimiz yapılarda merkezi atrium yaygın olarak kullanılmıştır. Merkezi ve lineer atriumların genel sıcaklık performansı, nötr sıcaklıklara oldukça yakındır, bu da onları sıcak bölgelerde en çok tercih edilen tasarım formları haline getirir. İncelenen örneklerde, özellikle yüksek katlı yapılarda atriumlar kat bahçeleri ile beraber tasarlanmıştır. Düşeyde birbirinden izole edilmiş iki kat kümesi arasına yerleştirilen kat bahçeleri, bir yandan venturi etkisiyle atriyumun emiş gücünü artırırken diğer yandan kullanıcılar arasında görsel, sosyal ve fiziksel etkileşimi teşvik ederek, yapının içinde bir geçiş bölgesi oluşturmuştur. Kat bahçeleri, yapının farklı seviyelerinde yer aldıkları için farklı yüksekliklerdeki sıcak hava ile serin hava arasında doğal bir dolaşım yaratılmasına yardımcı olabilir. Bu, sıcak havanın yukarı çıkmasını ve serin hava akımının aşağı doğru inmesini teşvik eder. Aynı zamanda güneş ışığını emerek ve bitki örtüsü aracılığıyla ısıyı absorbe ederek, iç mekanlarda ısı dengesini sağlamaya yardımcı olabilir. Bu şekilde sıcaklığı düzenleyerek yaz aylarında aşırı ısınmayı engeller. Yüksek binalarda, rüzgârın daha serbestçe dolaşmasına izin verir. Bu, rüzgâr etkisiyle doğal bir soğutma sağlar. Rüzgâr, kat bahçeleri arasında dolaşarak iç mekanlardaki sıcaklığı düşürücü etki yapabilir.

Yapı kabuğu tasarımında sıcak- kuru ve sıcak- nemli iklim bölgelerinde yer alan incelenen yapılarda çatı tasarımı özelinde yükselen eğik çatı, yükseltilmiş çatı, rüzgâr kepçeleri ve çatı kanatlarının kullanımı öne çıkan tasarım kararlarındandır. Cephe tasarımı özelinde ise pencere düzenlemeleri, çift cephe, rüzgâr kuleleri ve kinetik cepheler öne çıkmaktadır. Yükselen eğik çatılar, rüzgârın çatının yüksek noktasına doğru yönlendirilmesine yardımcı olurlar, bu durum, rüzgârın içeriye daha etkili bir şekilde girmesine ve iç mekanlarda hava sirkülasyonunu artırmasına olanak tanımaktadır. Sıcak havanın yükselmesi ve çatının yüksek noktasından çıkışı, iç mekanlarda daha serin bir atmosfer sağlamaktadır. Hava akışını yönlendirerek daha verimli bir doğal havalandırma sağlayan yükselen eğik çatıya sahip dört adet modern yapı incelenmiştir. İncelenen örnekler neticesinde az katlı ve orta katlı yapılarda tercih edildiği görülmektedir.

Sıcak-kuru iklime sahip Burkina Faso'da yer alan iki yapı üzerinden yükseltilmiş çatı incelenmiştir. Yükseltilmiş çatılar, çatı yüzeyini yüksek bir seviyeye taşıyan, altında ek bir boşluk veya yükseltilmiş bir hacim oluşturan bir çatı tasarımıdır. Doğal havalandırma odaklı yükseltilmiş çatılar, iç mekanlarda rahat bir hava sirkülasyonu sağlamayı amaçlamaktadır. İncelenen örneklerde yerel malzeme kullanımıyla birlikte üst döşeme yüzeyinde oluşturulan hava kanalları veya boşluklar, iç mekanlarda hava sirkülasyonunu desteklemek amacıyla kullanılmıştır. Bu kanallar veya boşluklar rüzgârın içeri girmesini ve sıcak havanın çıkmasını optimize edebilmektedir. Çatı ile döşeme arasında kalan boşluktan geçen hava mekân içerisindeki kirli havayı kanallardan çekerek doğal havalandırmayı desteklemektedir.

İncelenen örneklerde geleneksel mimaride yer alan rüzgâr kepçesi aynı amaçla modern mimaride yeniden yorumlanarak karşımıza dev yapı saçakları, çatı kanatları, cephede rüzgârı yakalayan paneller olarak çıkmaktadır. Bu durum geleneksel mimari öğretilerinin moderne yansımaları olarak varsayılabilir. Hâkim rüzgâr yönü düşünülerek tasarlanan ve yapıya entegre edilen elemanlar doğal havalandırmanın geleneksele göre daha verimli olmasını sağlamaktadır. İncelenen örneklerde yatay ve düşey açıklıklar, çift cidarlı cephe sistemleri ve kinetik cephelerin atriumlar ile birlikte çalışarak doğal havalandırmanın etkisinin arttırıldığı görülmektedir. Özellikle yüksek katlı yapılarda çift cidarlı cephe sistemlerin kullanımı daha yaygındır. Geleneksel mimaride yer alan rüzgâr kuleleri modern mimaride özellikle yüksek katlı yapılarda atrium ile ilişkilenen ve ısınan havanın yükselerek yapıdan tahliyesini ve yerine temiz havanın çekilmesini sağlayan düşey kanallar ya da servis

çekirdekleri olarak uygulanmaktadır. İncelenen az katlı modern mimari örneklerinde yine aynı form ve amaçla kullanılan örneklere de yer verilmiştir.

Yapılan örnek incelemeleri neticesinde doğal havalandırma odağında hâkim rüzgârı kullanabilecek bir yönlenmeye sahip yapı için yapı geometrisi, cephe düzlemi, çatı düzlemi ve açıklık boyutlandırılması ile konumlandırılmasının bu yapının hava akışının oluşturulması ve verimli hale getirilmesi için önemli olduğu görülmüştür. Çizelge 2.40'ta bu kısımda incelenen örnek yapılarda uygulanan doğal havalandırma sistemlerinin genel analizi gösterilmiştir. Çizelge 2.41'te ise bu kısımda incelenen örnek yapıların doğal havalandırma düzeni kısaca açıklanmıştır.

Çizelge 2.40. İncelenen örnek yapılarda uygulanan doğal havalandırma sistemlerinin genel analizi

	Geleneksel Yapılar					Modern Yapılar														
						Az Katlı					Orta Katlı					Yüksek Katlı				
Örnek no	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Yapı İsmi	Geleneksel Şanlıurfa Rüzgâr Yakalayıcıları	Geleneksel İran Rüzgâr Kulesi	Akil Sami House	Al-Nuri Hospital	House of Menander / Antik roma evleri	Hostel, Company Retreat and Training Center	Dano Secondary School	Zénith de Saint-Étienne	Zion Visitor Center	One Ocean Pavilion	Sanitas Bupa Headquarters	John and Frances Angelos Law Center	Biosciences Research Building	Kensington Oval	INES- French National Solar Energy Institute	Commerzbank	30 St. Mary Axe	CapitaGreen Building	Unipol Group Headquarters	Wind Tower
İklim türü	SK	SK	SK	SK	SN	SN	SK	IN	SK	IN	SK	SN	IN	SN	IN	IN	IN	SN	IN	SK
Rüzgâr Kullanımı Etki Alanı																				
Yapı Yönlenmesi			x			x	x	x		x	x		x		x	x				x
Cephe			x							x			x			x	x	x	x	
Çatı	x	x	x			x	x	x	x		x			x	x			x		
Yapı-mekân oryantasyonu	x	x	x	x	x				x			x				x	x		x	

Çizelge 2.40. (devam) İncelenen örnek yapılarda uygulanan doğal havalandırma sistemlerinin genel analizi

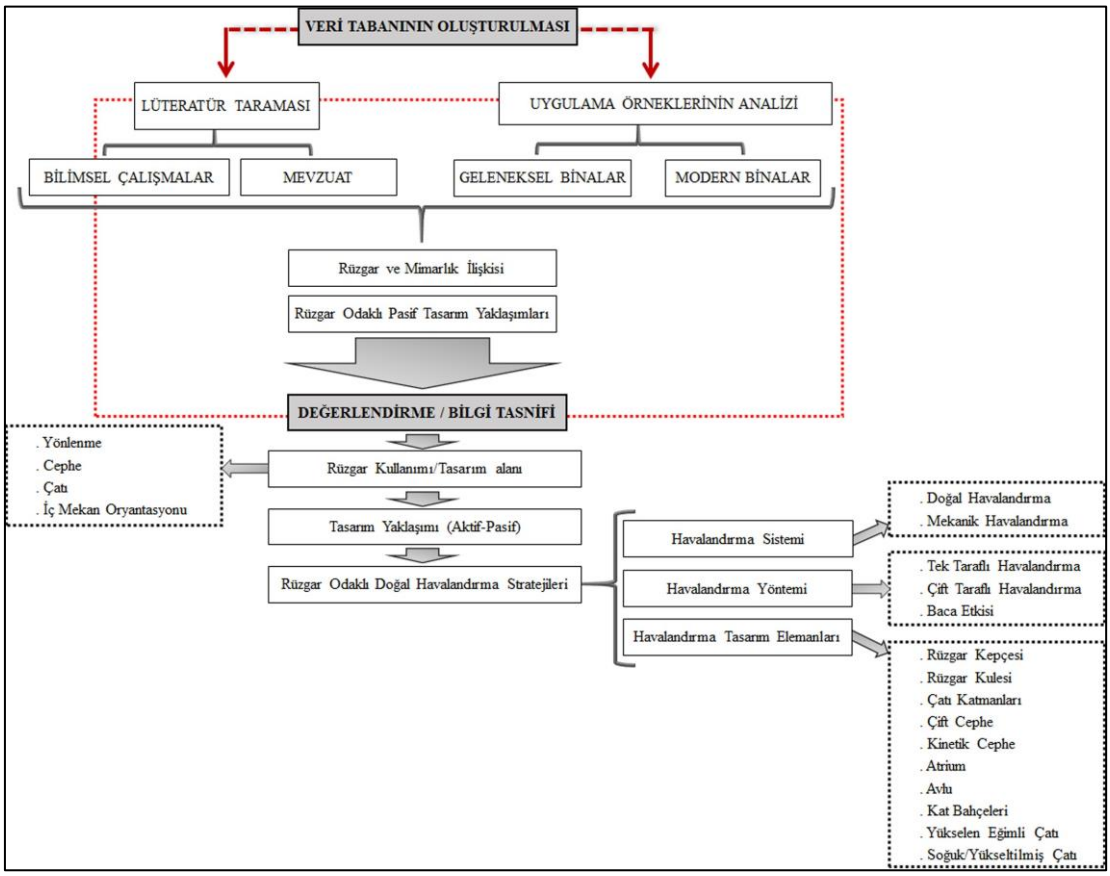
Rüzgâr Kullanımı																				
Aktif (rüzgâr türbini)																				
Pasif (Havalandırma- tasarım)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Doğal Havalandırma esasına dayanan tasarım kararları																				
Havalandırma Sistemi																				
Doğal Havalandırma	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Mekanik Havalandırma								x			x	x	x			x	x	x	x	x
Havalandırma Yöntemi																				
Tek Taraflı Havalandırma						x			x	x	x		x					x	x	
Çift Taraflı Havalandırma			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Baca Etkisi	x	x	x	x	x	x			x		x	x	x		x	x	x	x	x	x
Havalandırma Elemanları																				
Avlulu Plan	x	x	x	x																x
Atriumlu Plan											x	x	x		x	x	x		x	
Kat bahçeleri																		x	x	x
Açık Form Plan													x			x				
Aerodinamik Form																				
Hava akışına yön veren yükselen çatı																				
Yükseltilmiş çatı (Soğuk çatı)						x	x													
Rüzgâr Kepçeleri			x			x		x						x				x	x	
Çatı Kanatları						x									x					
Pencere Düzenlemeleri	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Çift Cephe											x		x			x	x	x		
Kinetik Cephe										x										
Rüzgâr kuleleri	x	x	x						x									x		

Çizelge 2.41. İncelenen örnek yapılarda uygulanan doğal havalandırma düzenin kısa açıklaması

Örn. No	Açıklama
1	Çatıda yer alan rüzgâr kepçesi temiz havayı eyvan ve avluya taşır, hava sirkülasyonuna destek olur
2	Yapıya entegre rüzgâr kuleleri yapının hava sirkülasyonuna destek olur
3	Rüzgârın yapı içine aktarımı için rüzgâr tutucular kullanılmış ve hava akışını hızlandırmak amacıyla tonoz ve kubbeli çatı kaplamaları kullanılmış. Rüzgâr kulesi, havayı nemlendirmek ve soğutmak amacıyla maşrabiye kullanımı ve avlulu plan.
4	Merkezde avlu, avlu etrafında sıralanmış mekanlar, eyvan kullanımı, havanın soğutulması ve nemlendirilmesi amacıyla avluda su kullanımı
5	Ana mekanların atriuma açılması ve aynı zamanda avlulu plan şeması
6	Hava kanalları sistemi yapının 24 saat temiz havaya erişimini sağlamaktadır.
7	Doğal havalandırmayı destekleyen yükseltilmiş çatı
8	Aerodinamik çatı kabuğu rüzgâr kepçesi görevi görmekte ve doğal havalandırmayı sağlamaktadır.
9	Soğutma kuleleri ile yapının doğal havalandırılması desteklenmektedir.
10	Kinetik cephesi rüzgâr hızına göre açılıp kapanarak yapının doğal havalandırılmasını sağlamaktadır.
11	Aerodinamik çatı, atriyumlar ve çift cephe yapının doğal havalandırmasını sağlamaktadır.
12	Merkezi atrium ile yapının doğal havalandırılması sağlanmaktadır.
13	Termal koridorlar, atrium ve hareketli cephe doğal havalandırmayı desteklemektedir.
14	Dev çatı saçağı rüzgâr kepçesi görevi görmektedir.
15	Çatı kanadı rüzgârı yapının içine çeker ve merkezi atrium ile havanın yapı içinde akışı sağlanmaktadır.
16	Merkezi atrium ile birbirine bağlanan kat bahçeleri havanın yapı içinde akmasını sağlamaktadır.
17	Binanın aerodinamik formu rüzgârı yapıya çeker ve kademeli atriyumlar ile hava yapı içinde gezdirilmektedir.
18	Çatıdaki rüzgâr kepçesi ve rüzgâr kulesi havanın katlara akıtılmasını sağlamaktadır.
19	Giriş saçağı görevi gören rüzgâr kepçesi temiz havayı atriyuma yönlendirmektedir.
20	Avlu ile yapıya çekilen temiz hava kat bahçeleriyle yapı içinde gezdirilmektedir.

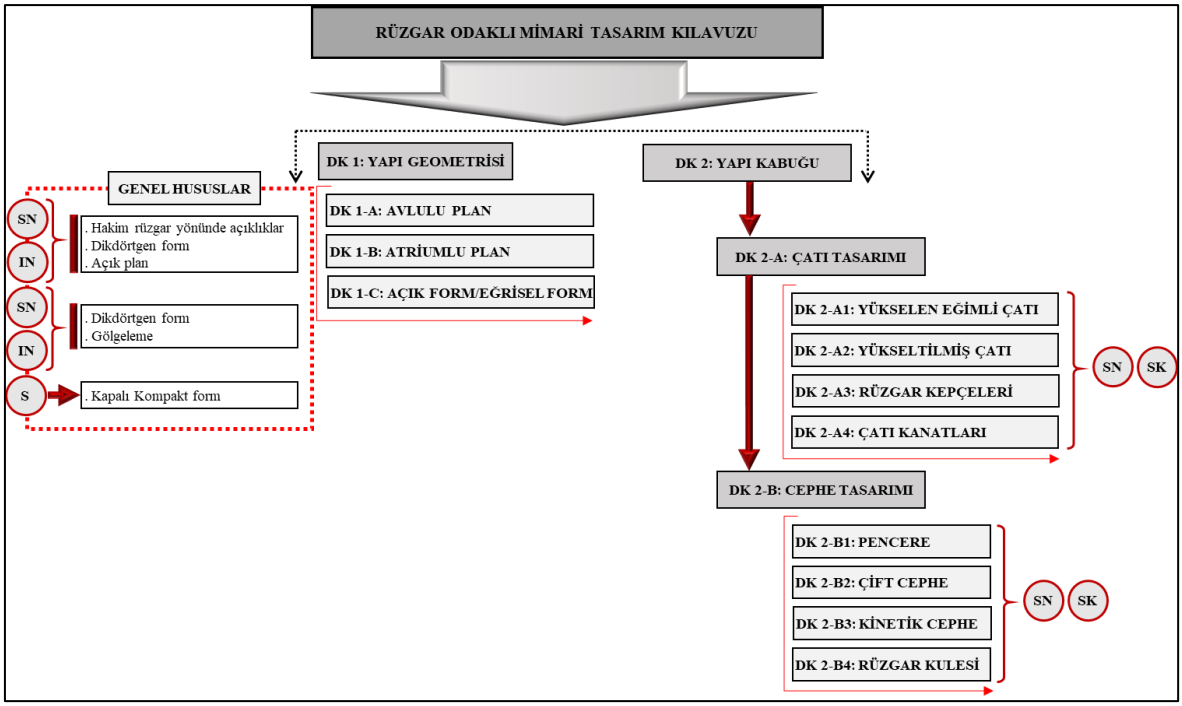
3. MATERYAL VE METOT

Bu tez çalışmasında sürdürülebilir bir dünya için büyük önem arz eden, enerji tüketimini azaltan ve havalandırma işlevini yerine getiren doğal havalandırma, rüzgâr ve mimarlık ilişkisi bağlamında incelenmiş, doğal havalandırma ilkelerinin mimari tasarıma etkileri analiz edilmiştir. Doğal havalandırma ilkelerinin mimari tasarıma etkisi geleneksel ve modern örnekler üzerinden analiz edilerek, sürdürülebilirliği destekleyebilmek amacıyla doğal havalandırmada odaklı tasarım yaklaşımlarını önceleyen bir tasarım kılavuzu geliştirilmiştir. Bu amaçla, ilk olarak kapsamlı ve sistematik bir şekilde literatür taraması yapılarak, geçmişten günümüze rüzgâr ve mimarlık ilişkisi, doğal havalandırma bağlamında mimari tasarım ilkeleri analiz edilmiştir. Rüzgar'ın mimaride pasif olarak kullanımı ve kısıtlamalarla ilgili mevzuat ve yönetmelikler, rüzgârın mimaride kullanımını etkileyen çevresel ve yapısal faktörler, tasarım elemanları, geleneksel ve modern örneklerin analizi, tasnif edilmesi ve değerlendirilmesi ile birlikte çalışmanın veri tabanına ulaşılmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Veri tabanının oluşturulması ve tasarım kılavuzunun geliştirilmesi süreci

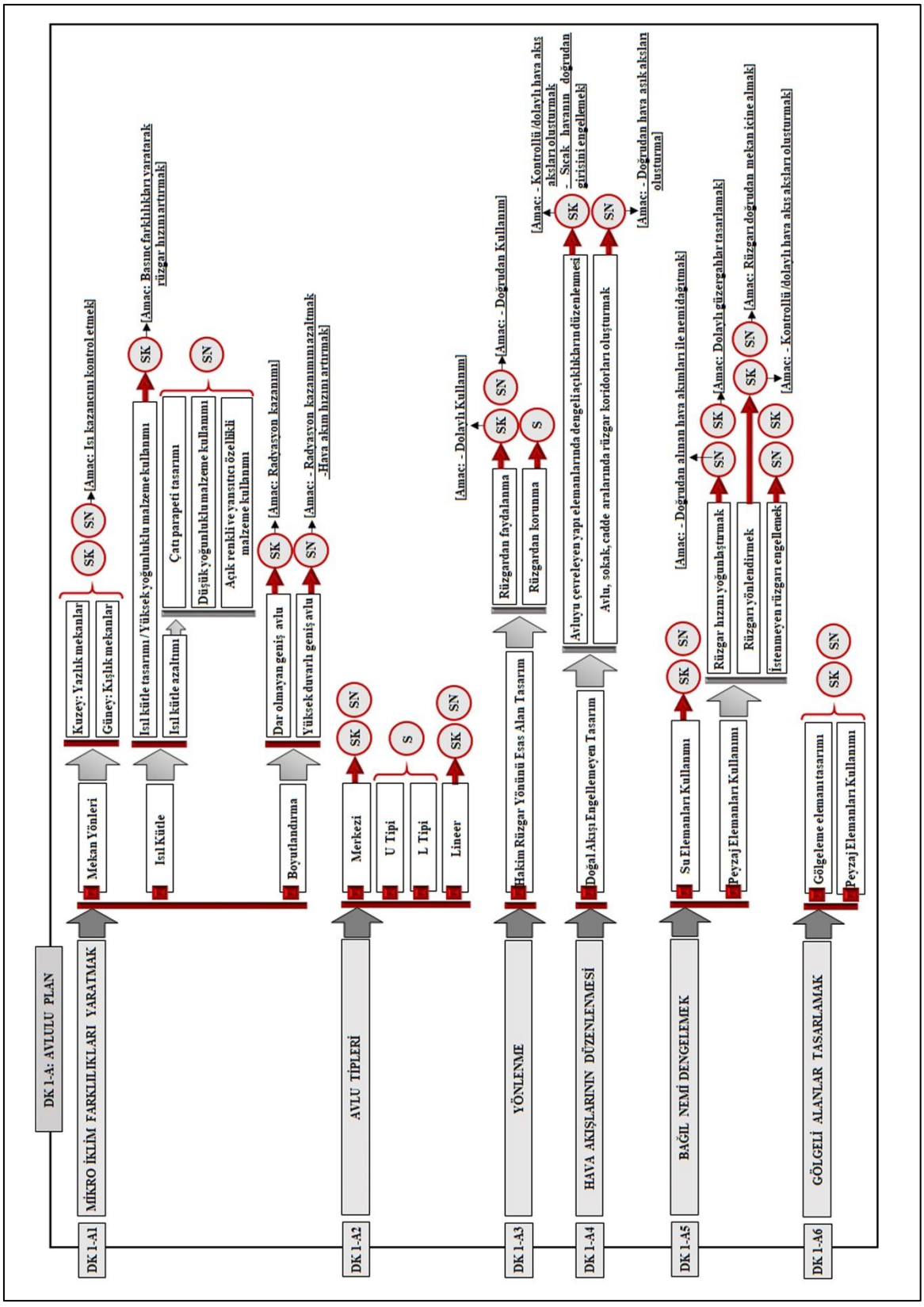
Rüzgâr odaklı pasif tasarım kılavuzunu oluşturmak için kullanılan veriler, iklim bölgelerini de dikkate alarak iki ana başlık altında sınıflandırılmıştır. Türkiye için belirlenen TS 825 standartları, iklim bölgelerinin belirlenmesinde temel alınmıştır. Sıcak nemli ve sıcak kuru iklim bölgelerinin spesifik gereksinimleri gözetilerek yapılan değerlendirmelerle birlikte tasarım sürecinde önemli olan konular, sınırlamalar ve öneriler ortaya konmuştur (Şekil 3.2).



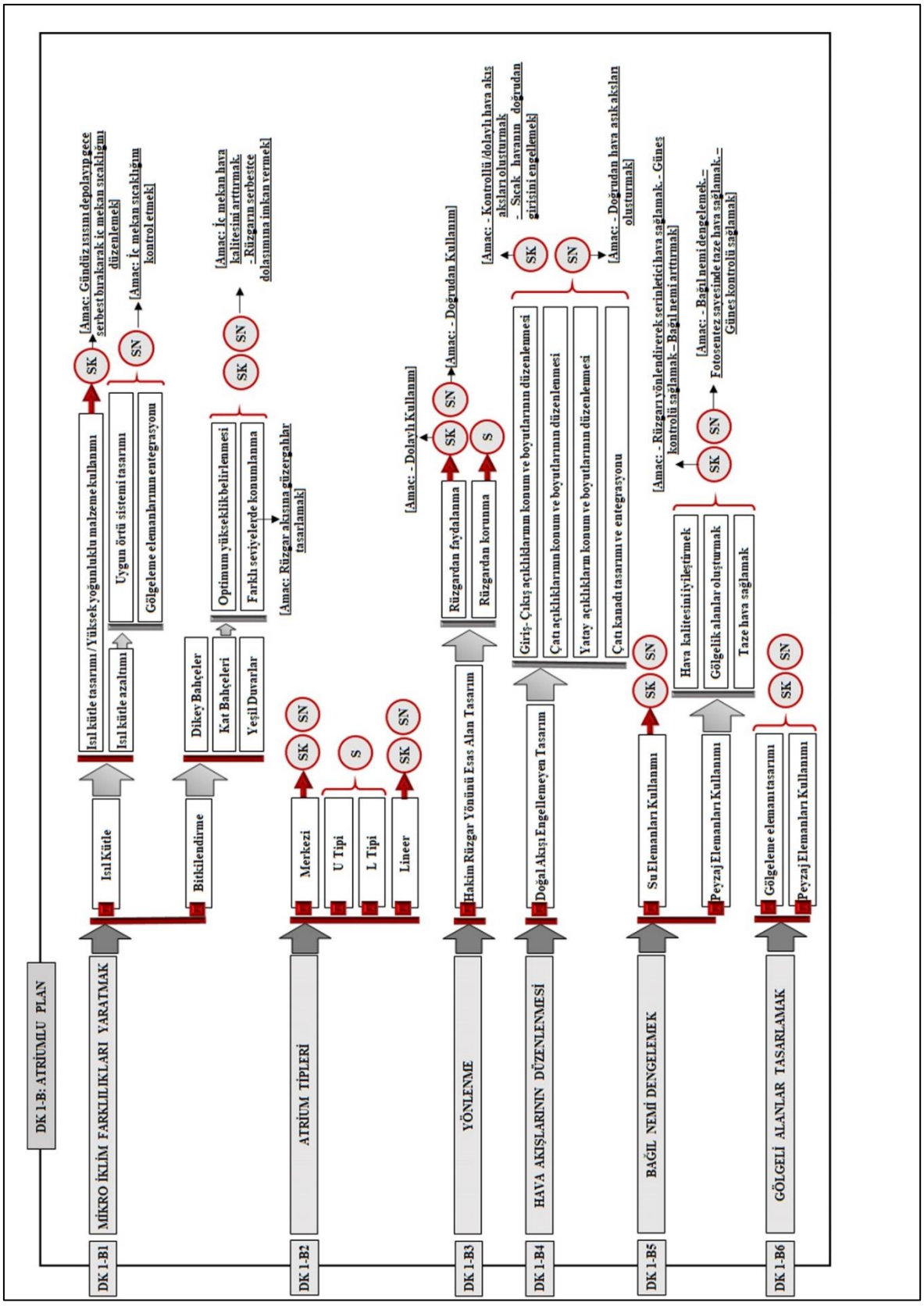
Şekil 3.2. Rüzgâr odaklı pasif tasarım kılavuzu değerlendirme konuları (DK)

Tasarım kılavuzunda değerlendirme konuları yapı geometrisi ve yapı kabuğu olarak belirlenmiştir. Her bir değerlendirme konusu içeriğinde dikkate alınması gereken alt değerlendirme konuları açısından detaylandırılmış ve rüzgâr odaklı pasif tasarım süreçlerinin önemli aşamaları tariflenmiştir. Bu bağlamda değerlendirme konusu 1 olarak tespit edilen yapı geometrisi başlığı altında avlulu plan, atriumlu plan ve açık form eğrisel form plan tasarımı konuları öne çıkmaktadır. İkinci değerlendirme konusu yapı kabuğudur. Bu başlık altında öne çıkan çatı ve cephe tasarımı konularıdır. Geliştirilen kılavuzda iklim bölgelerine bağlı olarak her bir başlık için mikro iklim farklılıklar yaratmak, yönlenme, hava akış akslarının düzenlenmesi ve bağıl nemi dengelemek alt başlıklarında tasarıma yön verecek kararlar, sistem çözümleri ve bu çözümlerde dikkat edilmesi gereken hususlar sıralanmıştır.

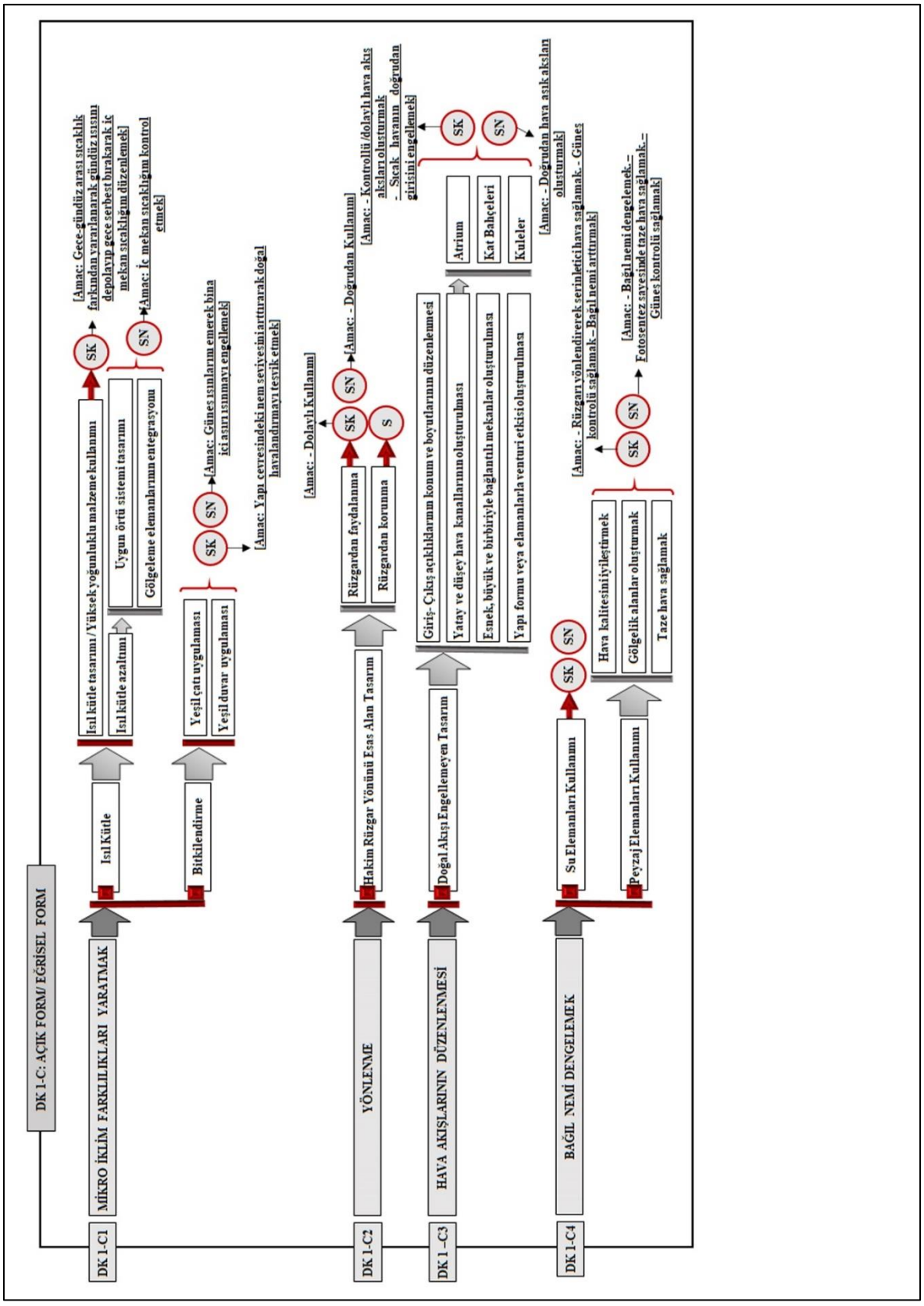
Rüzgâr odaklı pasif tasarım kılavuzunu oluşturan iki değerlendirme konusunun organizasyonu, alt başlıkların içeriği ve tasarımcıların takip edebileceği süreç, aşağıda belirtilen şekillerde detaylı bir biçimde açıklanmıştır. (Şekil 3.3- Şekil 3.4- Şekil 3.5- Şekil 3.6- Şekil 3.7).



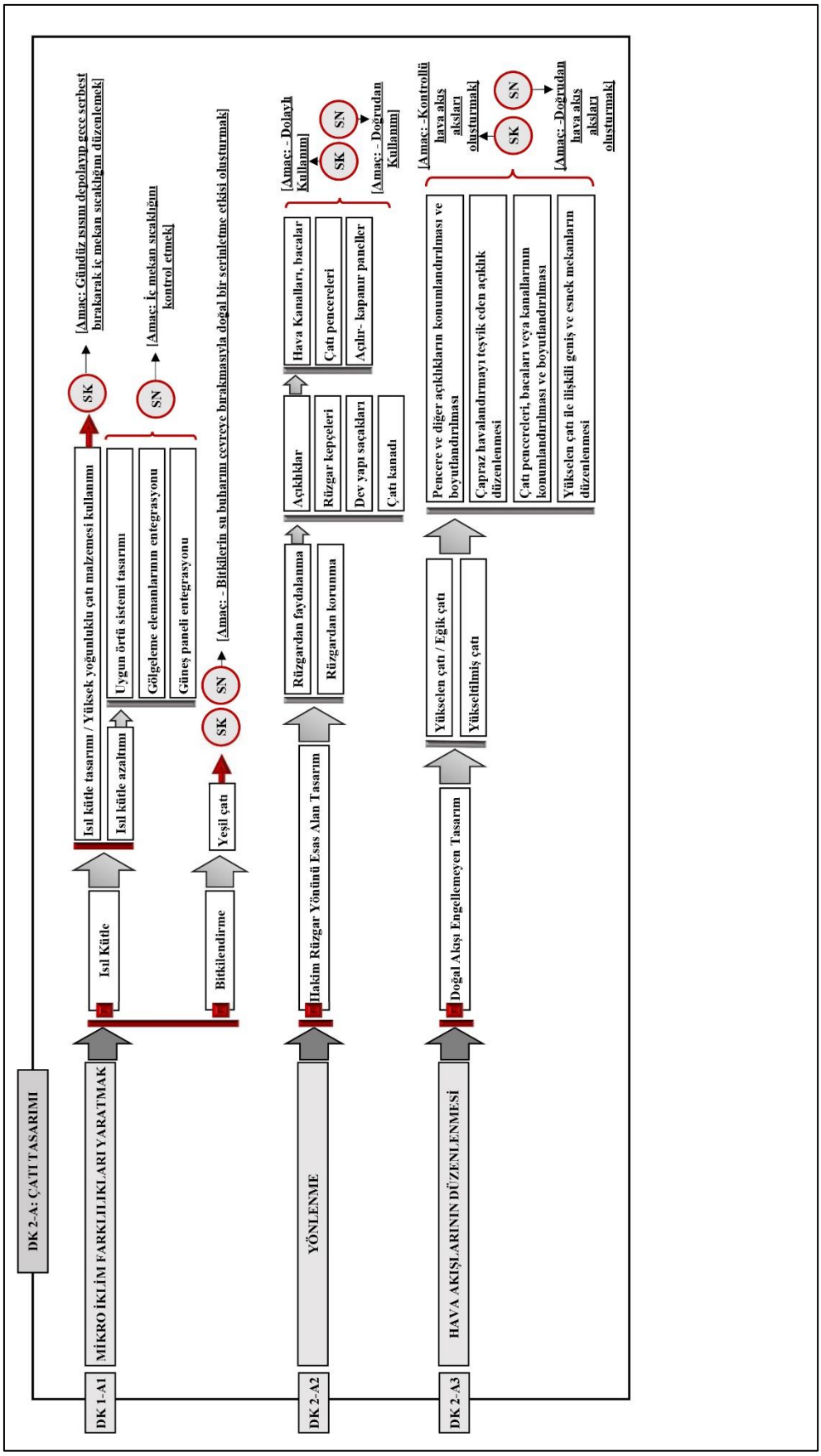
Şekil 3.3. Tasarım kılavuzu değerlendirme kararı 1-A (DK 1- A), Avlulu plan



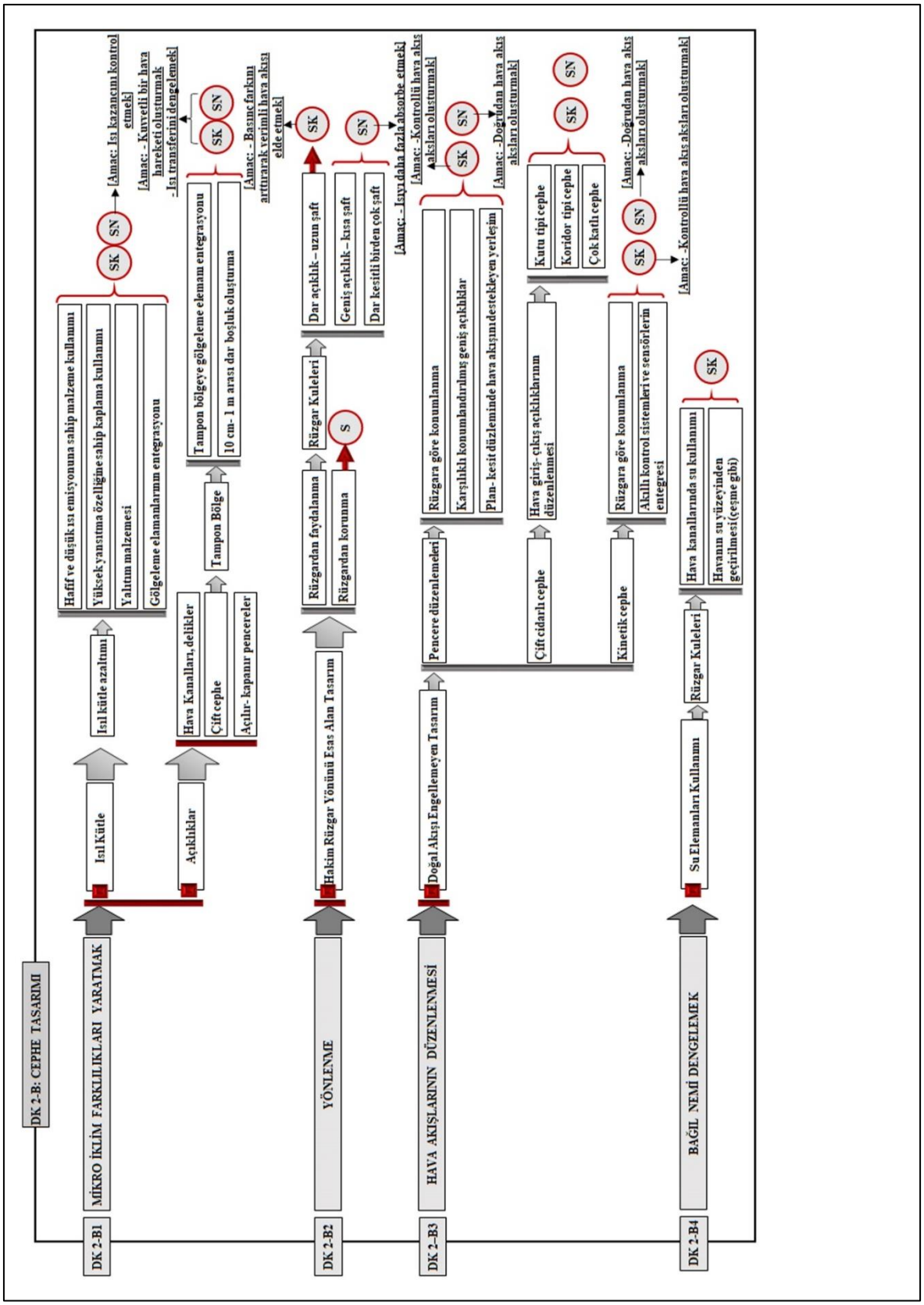
Şekil 3.4. Tasarım kılavuzu değerlendirme kararı 1-B (DK 1- B), Atriumlu plan



Şekil 3.5. Tasarım kılavuzu değerlendirme kararı 1-C (DK 1- C), Açık form/ Eğrisel form



Şekil 3.6. Tasarım kılavuzu değerlendirme kararı 2-A (DK 2- A), Çatı tasarımı



Şekil 3.7. Tasarım kılavuzu değerlendirme kararı 2-B (DK 2-B), Cephe tasarımı

.

4. ALAN ÇALIŞMASI

Geliştirilen rüzgâr odaklı pasif tasarım kılavuzu çerçevesinde değerlendirilmek üzere Adana ilinin Ceyhan ilçesinde yer alan FNN Sürdürülebilirlik Merkezi binası seçilmiştir. İklimsel verilere dayalı olarak çalışmanın odağında olan rüzgârın doğal havalandırma sistemine entegre edilme süreci, rehberde belirlenen değerlendirme kriterleri doğrultusunda incelenmiş ve tasarımsal çözümlemelerde iyileştirmeler yapılması için öneriler geliştirilmiştir.

4.1. Adana İli İklim Verileri

13844 km²'lik yüz ölçümüne sahip Adana ili 2 274 106 nüfusu ile Türkiye'nin altıncı büyük ili durumundadır. Şehir 37,00º–38,50º kuzey paralelleri ile 34,00º-38,00º doğu meridyenleri arasında yer almakta ve Akdeniz bölgesinin doğu kısmında bulunmaktadır. FNN sürdürülebilirlik merkezinin konumlandığı Ceyhan ilçesi şehrin güney-doğu kısmındadır. Tipik Akdeniz iklimi hakimdir. Kış ayları ılık ve yağışlı, yaz ayları sıcak ve nemli geçmektedir. Şekil 4.1'de verilen iklim verileri doğrultusunda soğutma yükünün, havalandırma ihtiyacının ve ortalama güneşlenme süresinin çok yüksek olduğu ayların haziran, temmuz, ağustos, eylül ayları olduğu görülmektedir.

ADANA	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
	Ölçüm Periyodu (1929 - 2022)												
Ortalama Sıcaklık (°C)	9.5	10.6	13.5	17.6	21.8	25.6	28.2	28.7	26.2	21.7	15.9	11.2	19.2
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	14.8	16.2	19.4	23.8	28.3	31.7	33.9	34.7	33.1	29.1	22.7	16.8	25.4
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	5.2	6.0	8.3	11.9	15.8	19.8	23.0	23.4	20.2	15.8	10.8	7.0	13.9
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	4.5	5.3	5.9	7.1	9.1	10.5	10.6	10.2	9.0	7.3	5.8	4.3	7.5
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	10.56	10.10	9.65	8.56	6.28	2.96	0.93	0.72	2.56	5.36	6.87	10.18	74.7
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	113.6	89.0	65.5	51.0	48.1	22.1	10.2	9.3	19.3	42.8	71.5	126.4	668.8
	Ölçüm Periyodu (1929 - 2022)												
En Yüksek Sıcaklık (°C)	26.5	28.5	32.0	37.5	41.3	42.8	44.4	45.6	45.1	41.5	34.3	30.8	45.6
En Düşük Sıcaklık (°C)	-8.1	-6.6	-4.9	-1.3	5.6	9.2	13.2	14.8	9.3	3.5	-4.3	-4.4	-8.1

Şekil 4.1. Adana ili iklimsel verileri (URL-25)

4.2. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi Binası Genel Bilgileri

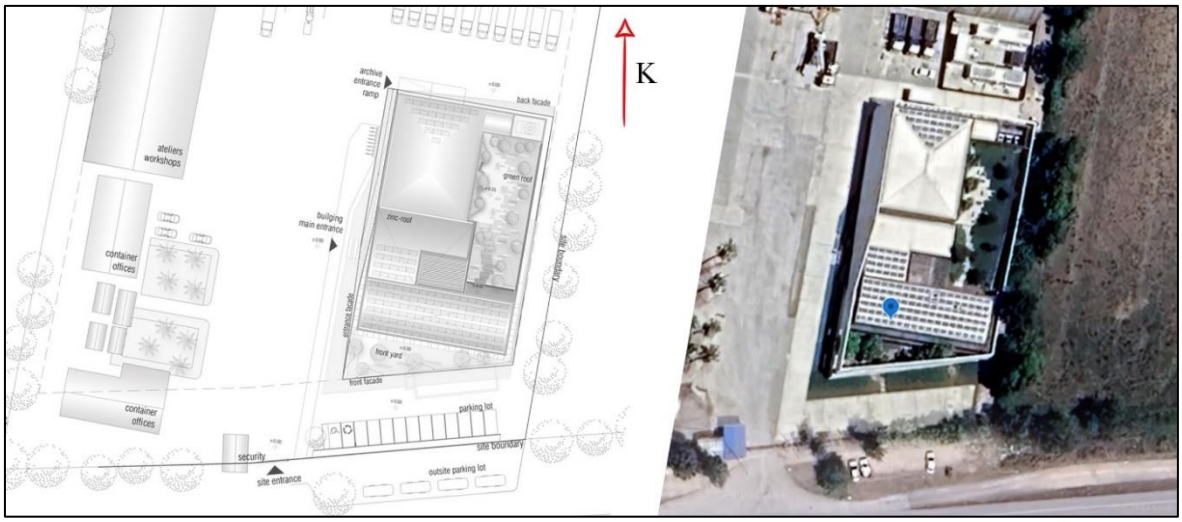
FNN Sürdürülebilirlik Merkezi, Tekfen İnşaat tarafından 2020 yılında hizmete açılmıştır. Yapı Adana'nın Ceyhan ilçesinde Adana- Osmaniye oto yolu yanında yer alan Tekfen İnşaat Güney Anadolu Tamir Atölyesi (GAT) içerisinde yer almaktadır. FNN

Sürdürülebilirlik Merkezi 37°3’ kuzey enlemi 35°49’ doğu boylamında yer almakta, şehrin doğusunda Adana- Osmaniye oto yolu üzerinde şehir merkezine 60 km uzaklıkta konumlanmaktadır (Resim 4.1).



Resim 4.1. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi konumu (https://earth.google.com)

Bu yapı, birçok farklı fonksiyonu bünyesinde barındırmaktadır. Tekfen İnşaat'ın kurumsal hafızasına hizmet eden bir arşiv, 100 kişilik konferans ve eğitim salonu, şirkete ait ürünlerin sergilendiği bir sergi ve müze alanı ile ofislerin bulunduğu bu yapıda, toplam 2325 metrekare kapalı alan bulunmaktadır. Merkezin vaziyet planı Şekil 4.2’de, merkez binasına ait bina künyesi ise Çizelge 4.1’de verilmektedir.



Şekil 4.2. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi Vaziyet Planı (https://earth.google.com)

Çizelge 4.1. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi Bina Künyesi

Bina Künyesi	
Yapının Adı	FNN Sürdürülebilirlik Merkezi
Yapım Yeri	Adana- Ceyhan ilçesi
Yapım Yılı	2020
Mimari Proje Ekibi	Acararch
İklim tipi	Sıcak-Nemli
Proje Tipi	Ofis-müze
Bina İnşaat alanı	1948 m2
Kapalı Alan	2325 m2
Kat Adedi	Z+1
Sertifika	LEED Platinium

Yapının zemin kat planında; sergi ve müze alanı, 100 kişilik konferans salonu, fuaye alanı, arşiv ve ofisler yer almaktadır. Fuaye alanı, sergi ve müze alanı ve ofisler açık form plan olarak tasarlanmıştır. Bu bölüm dışa dönük, dışa açık olarak çelik strüktür ile inşa edilmiştir. Çelik strüktürün yapı içerisinde tamamen okunması amacıyla ofis mahalleri şeffaf cam yüzeylerle çevrilmiştir. Arşiv ve konferans salonunun yer aldığı bölüm ise içe dönük kapalı bir kütle olarak betonarme inşa edilmiştir. Bu iki düşüncenin; dışa dönüklük ve içe kapanıklığın tek bir yapı içerisinde bütün oluşturabilmesi tasarımın ana fikrini oluşturmaktadır. Bu iki bölümün arasında kurgulanan fuaye alanı ortak geçiş bölgesi oluşturmuştur. Dışa dönük bölümün merkezinde yer alan avlu ve bina çeperinde yer alan yan bahçe doğal ışık ve doğal havalandırmayı teşvik ederek konforlu bir çalışma ortamı oluşturmaktadır (Şekil4.3).

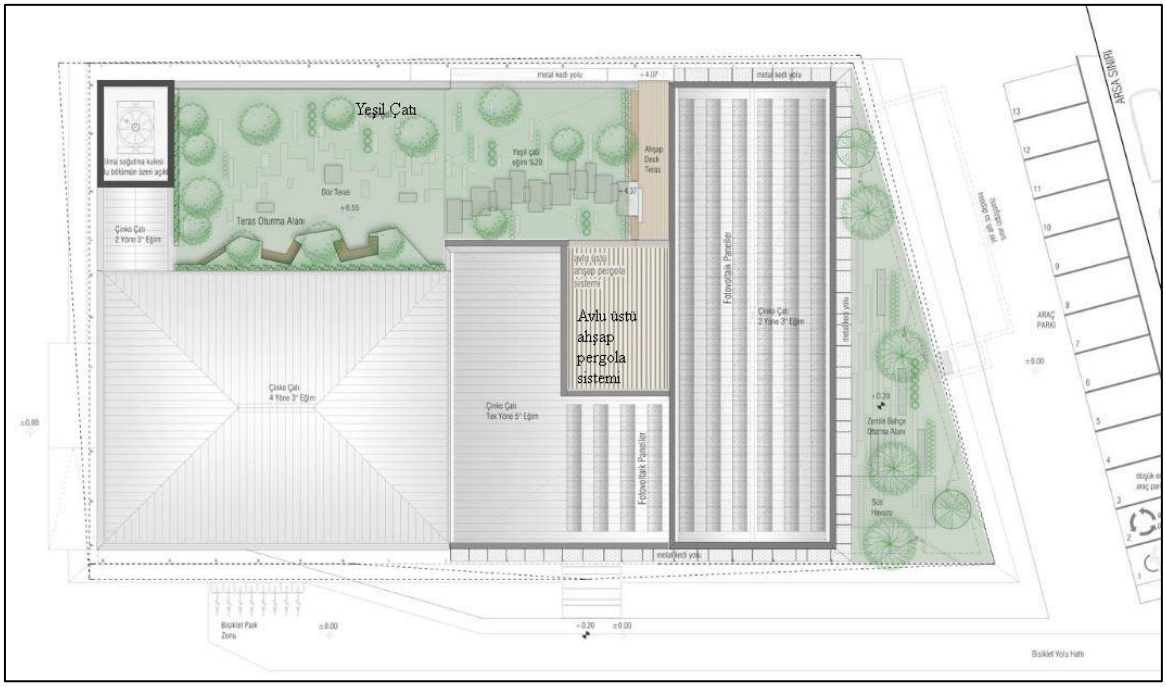


Şekil 4.3. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi Binası zemin kat planı (URL-26)

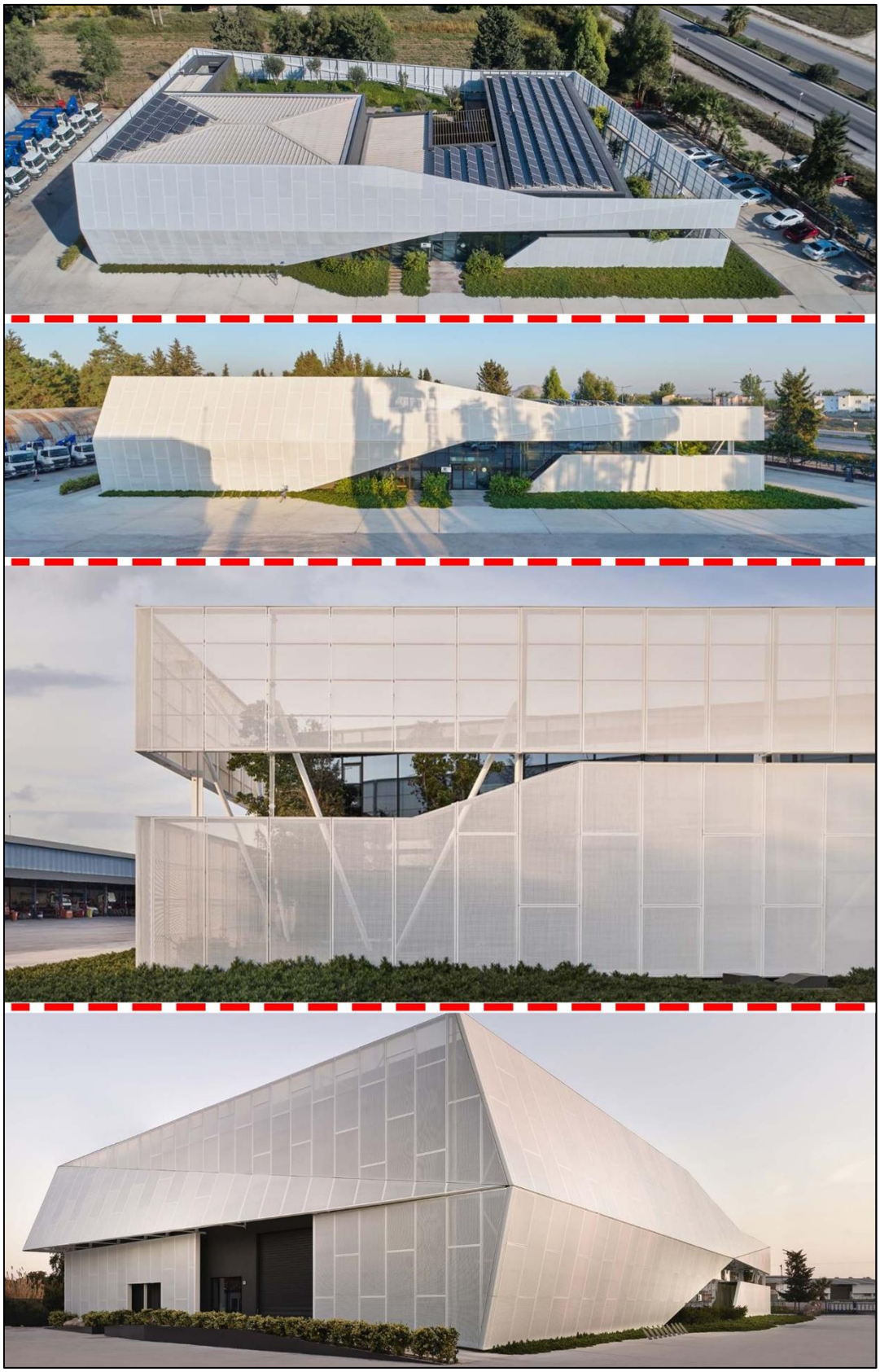
Birinci kat planında ofisler ve ofislere hizmet eden teknik hacimler ve hem kullanıcılar için bir dinlenme alanı hem de gerektiği durumlarda davet ve kutlamalar için kurgulanmış çok fonksiyonlu çatı bahçesi yer almaktadır. Ofislerin bulunduğu kütlenin çatısında, yapının enerji ihtiyacının %45'ini karşılayan fotovoltaik paneller bulunmaktadır (Şekil 4.5). Yapı dışarıdan beyaz, dinamik ve yarı geçirgen kabuktan oluşmaktadır. Kabuğun yapıya yakınlaşıp uzaklaşması ve alçalıp yükselmesi ile cephe-kabuk arasında oluşan hacimler bahçe ve ortak alanlar olarak kurgulanmıştır (Şekil 4.4). Yapıya ait genel fotoğraflar Resim 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.4. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi 1. kat planı (URL-26)



Şekil 4.5. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi çatı katı planı (ölçeksizdir) (URL-26)



Resim 4.2. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi görünüşler (URL-26)

4.3. Örnek Binanın Rüzgâr Odaklı Pasif Tasarım Kılavuzuna Göre Değerlendirilmesi ve Öneriler Geliştirilmesi

Bu bölümde alan çalışması olarak seçilen FNN Sürdürülebilirlik Merkezi binasının tez kapsamında oluşturulan "Rüzgâr Odaklı Pasif Tasarım Kılavuzu" çerçevesinde belirlenen değerlendirme konularına göre öncelikle mevcut durum analiz edilmiş ve iklim koşulları gözetilerek alt değerlendirme başlıkları çerçevesinde tasarım önerileri geliştirilmiştir.

DK-1 Yapı geometrisi

Rüzgâr odaklı pasif tasarım kılavuzu çerçevesinde yapı geometrisi değerlendirme konusunda yer alan avlulu plan ve açık/eğrisel form başlıkları birlikte ele alınmıştır. "Yaşam alanlarını örten ve onu dış çevreden ayıran bina kabuğunun formuna bağlı olarak iç mekânların havalandırılması değişim göstermektedir. Hava akımları karşılaştıkları üç boyutlu cisimlerin şekillerine göre yön ve şiddetlerinde değişime uğradıkları için yapı geometrisi de oldukça önemlidir." (Akyel, 2007).

Yapı geometrisi altında incelediğimiz yapı formu, bir yapının genel şekli ve yapısal düzenlemelerini ifade etmektedir ve doğal havalandırma üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Yapı formu, rüzgârın yapıya çarpmasını ve onunla etkileşimini belirlemektedir. Doğru bir şekilde kurgulanmış bir yapı formu, rüzgârın yapıyı sarmasını ve iç mekanlara temiz hava akışını artırmasını sağlamaktadır. Aynı zamanda yapı etrafında farklı basınç alanları oluşturabilmektedir. Oluşan farklı basınç alanları, iç mekandaki sıcak havanın yükselmesini ve dışarıdaki temiz havanın içeri girmesini teşvik etmektedir. "Termal çekim" olarak bilinen bu döngü ile doğal havalandırma artmaktadır. Yapı formunun yer yer farklılaştığı alanlarda venturi etkisi oluşabilmektedir bu da rüzgârın hızlandığı ve yavaşladığı bölgelerin oluşması demektir. Bu bölgelerde meydana gelen hava hızındaki değişiklikler yapı etrafındaki hava sirkülasyonunu etkileyerek doğal havalandırmayı arttırabilmektedir.

Avlulu plan tipi, genellikle sıcak iklimlerde tercih edilen bir tasarım özelliğidir. Sıcak iklimlerde, avlu içindeki boşluk, doğal havalandırma ve ışık alımını artırarak konforlu bir ortam sağlamak için kullanılmaktadır. Ayrıca, avlu, yapıdaki sıcak havanın yükselmesine ve dolaşımına katkıda bulunabilmektedir, bu da doğal bir serinleme etkisi yaratmaktadır. Açık form plan tipi, genellikle rüzgârın etkili bir şekilde iç mekanlara girebilmesi için tasarlanmış

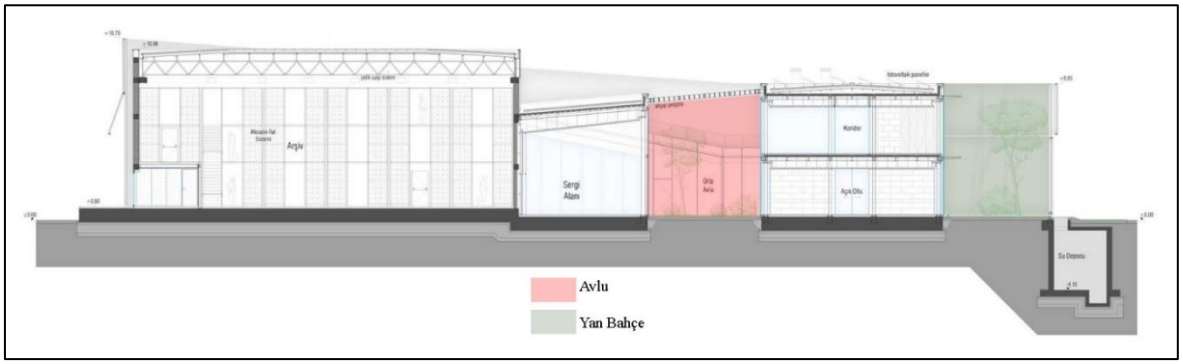
bir mimari düzenlemeyi ifade etmektedir. Bu tür bir plan formu, yapıdaki özellikle dış cephelerin ve açıklıkların konumlandırılması, yapı formunun şekillendirilmesi ve rüzgârın serbestçe hareket etmesine izin veren unsurları içermektedir. Rüzgârın iç mekanlara girebilmesi için yapıdaki dış cephelerde büyük açıklıklar ve pencereler bulunmaktadır. Bu, rüzgârın serbestçe akmasına ve iç mekanlarda taze hava sirkülasyonunu sağlamasına olanak tanımaktadır. Rüzgârın etkili bir şekilde iç mekanlara ulaşabilmesi için tasarım, yatay ve dikey yolları içermektedir. Yatay hareket, rüzgârın yapı içinde dolaşmasına ve hava sirkülasyonunu artırmasına yardımcı olabilmektedir. Dikey yollar ise taze hava girişini kolaylaştırmaktadır.

Alan çalışması olarak seçilen FNN Sürdürülebilirlik Merkezi binasında dikdörtgen kompakt bir yapı geometrisi seçilmiştir. Yapı Geometrisi alt başlıklarında yer alan avlulu plan ve açık form plan tercih edilmiştir. DK-1 A Avlulu plan ve DK-1 C Açık form plan tasarım kılavuzlarında yer alan mikro iklim farklılıklar oluşturmak için mekanların yönlenmesine baktığımızda kuzeyde arşiv ve konferans salonunun güneyde ise kullanımın daha çok olduğu ofis birimlerinin olduğu görülmektedir (Şekil 4.6). Ancak yapı kuzeydoğu – güneybatı istikametinde yönlendirilmiştir. Adana'da yaz aylarında güney – güney batı yönlerden gelen rüzgâr serinletici etki göstermektedir. Bu doğrultuda yapının açık – şeffaf alanlarının güneyde ve kompakt alanlarının kuzeyde konumlanmış olması yaz aylarında serinletici rüzgârın yapı içerisine alımı ve doğal havalandırma sirkülasyonunun sağlanması açısından önemlidir. Aynı zamanda kuzeyde konumlandırılan kompakt alanlar kış aylarında hâkim olan kuzey- kuzeydoğu istikametli rüzgarlardan yapının korunması için kalkan görevi görmüştür.

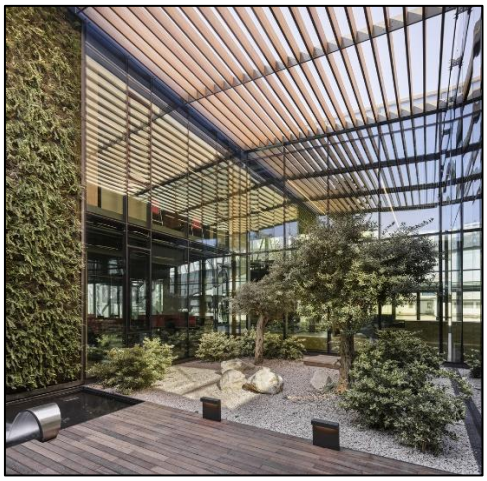


Şekil 4.6. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi Mekânsal Yönlenmeler (URL-26)

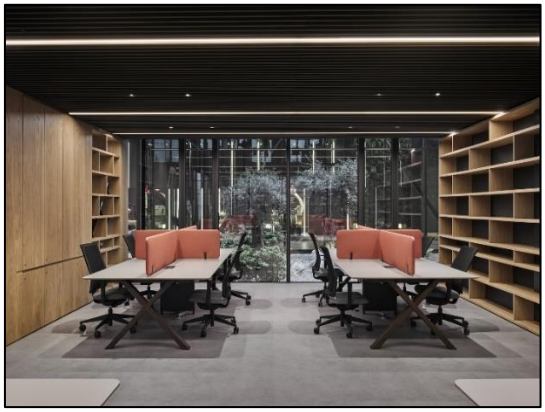
Merkezi ve iki kat yüksekliğinde olan avlu radyasyon kazanımını azaltarak hava akım hızını hızlandırıcı etki göstermiştir (Şekil 4.7). Aynı zamanda avlu içi bitkilendirme ve avlu üstü ahşap pergola yerleşimi ile gölgelik alanlar oluşturularak ısı kazancı kontrol edilebilmiştir (Resim 4.3). Bu gölgelik alanlar ile yapıda oluşacak ısı artışları kısmen engellenmiştir. Üst katta avlu çeperinde yer alan ofis alanlarının doğal havalandırılması avlu ile sağlanmıştır (Resim 4.4).



Şekil 4.7. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi binası avlu ve yan bahçe gösterimi (ölçeksizdir) (URL-26)



Resim 4.3. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi binası merkezi avlu (URL-26)



Resim 4.4. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi üst kat ofis alanları (URL-26)

Tasarımda çelik yüzeylerin sergilenmesi amacıyla şeffaf yüzey alanı fazladır. Avlu çeperi de şeffaf yüzeylerle çevrili ve yapı iç mekanıyla ilişkisi açılabilir yüzeylerin azlığı nedeniyle zayıftır. DK 1-A4 hava akışlarının düzenlenmesi başlığı altında yer alan "Avluyu çevreleyen yapı elemanlarında dengeli açıklıkların düzenlenmesi" maddesi doğrultusunda avlunun potansiyeli kullanılarak daha verimli bir doğal havalandırma sağlamak amacıyla mevcut cam yüzeylerde açılabilir yüzeylerin arttırılması yapının soğutma yüklerinin azaltılması için değerlendirilebilir bir öneridir.

Yapının güney – güney batısında konumlandırılan yan bahçe, merkezde konumlanan avlu ve açık form plan olarak esnek ve birbiri ile ilişkili mekanlar vasıtasıyla yatay ve düşey hava kanalları oluşturarak sıcak- nemli iklimde yer alan bu yapı için doğrudan hava akış aksları oluşturmuştur.

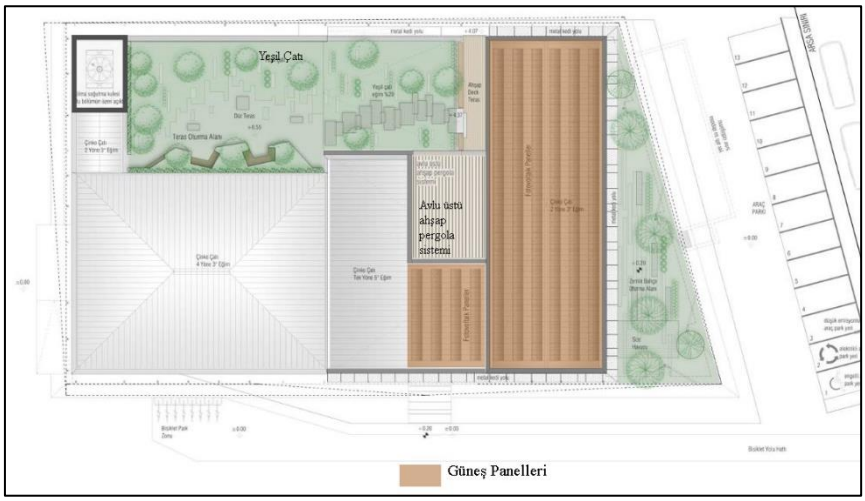
Yapının kabuk tasarımında kabuğun yapıya yaklaşıp uzaklaşması ve yükselip alçalması venturi etkisini meydana getirmiştir. Bu etki ile rüzgârı hızlandıracak ve yavaşlatacak alanlar oluşmuştur. Hava hızındaki değişiklikler yapı etrafındaki hava sirkülasyonunu etkileyerek doğal havalandırmayı arttırmıştır.

DK-2 Yapı kabuğu

Rüzgâr odaklı pasif tasarım kılavuzu çerçevesinde yapı kabuğu değerlendirme konusu çatı tasarımı ve cephe tasarımı başlıkları ile ele alınmıştır.

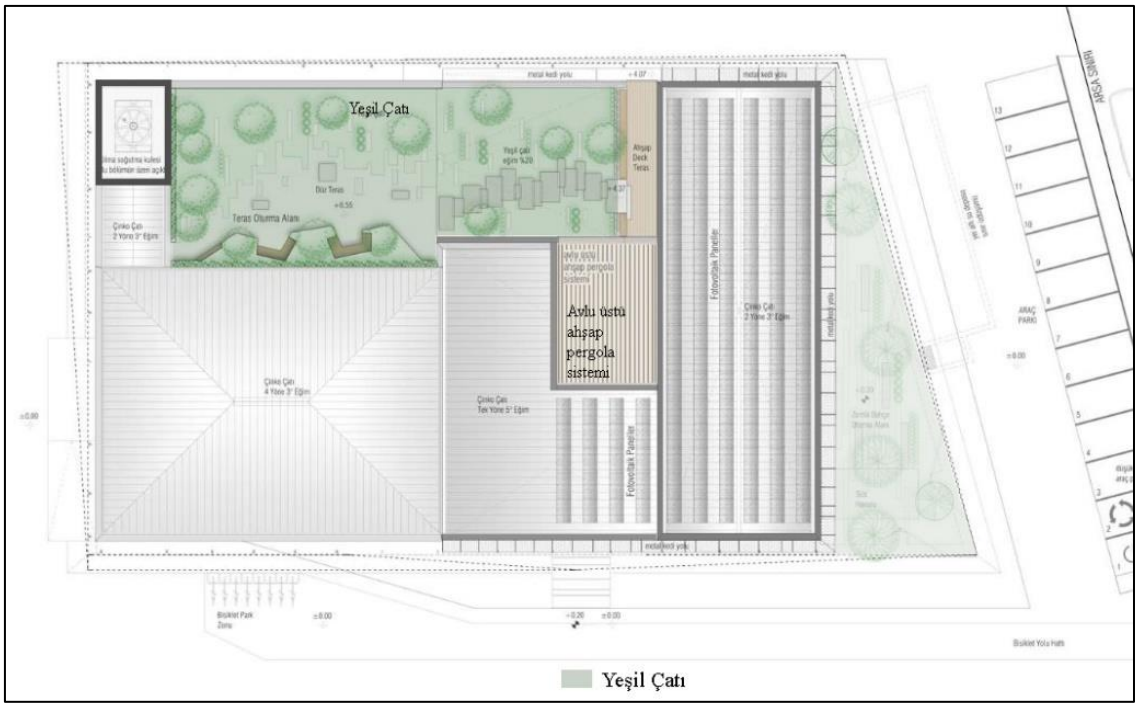
DK-2 A Çatı tasarımı

Sıcak ve nemli iklime sahip bölgelerde, doğal havalandırma; iç mekân sıcaklığını düşürmek, nemi kontrol altında tutmak ve kullanıcı konforunu artırmak için önemlidir. Çatı tasarımı da doğal havalandırmayı etkileyen önemli bir faktördür. Alan çalışmamız FNN Sürdürülebilirlik Merkezi binasında mikro iklim farklılıklar yaratmak amacıyla ısıl kütlenin azaltılması için ofis mekanlarının bulunduğu kütle üzerinde güneş panelleri konumlandırılmıştır (Şekil 4.8). Güneş panelleri yapının ihtiyaç duyduğu enerjinin büyük bir çoğunluğunu karşılamanın yanında güneşin doğrudan yapıya vurmasını azaltmıştır. Bu durum iç mekân sıcaklığının dengelenmesini sağlamıştır.



Şekil 4.8. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi binası güneş panellerinin yerleşimi (ölçeksizdir) (URL-26)

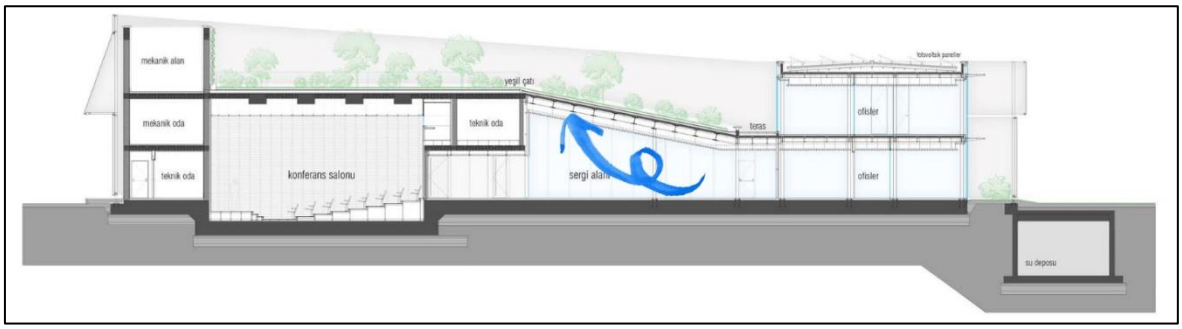
Konferans salonun ve sergi- müze alanının üst örtüsünü oluşturan yeşil çatı, yapıya gelen güneş ışınlarının hepsini absorbe etmek yerine bir kısmını geri yansıtarak çatı yüzeyini serin tutmuştur (Şekil 4.9). Aynı zamanda bitkilerin buharlaşması doğal bir soğutma etkisi yaratmış ve iç mekân sıcaklığını düşürmüştür.



Şekil 4.9. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi binası yeşil çatının konumu (ölçeksizdir) (URL-26)

Örnek binada sergi salonu ve konferans salonu – müze alanı üzerinde konumlandırılan eğik çatılar yapı içinde hava akışını hızlandırıcı etki yapmıştır (Şekil 4.10 – Şekil 4.11). Ancak havanın tahliyesini sağlayacak açıklıklar, çatı pencereleri, kanallar ya da bacalar yapıda yer almamaktadır. Eğik çatılar, rüzgârın çatının yüksek noktasına doğru yönlendirilmesine yardımcı olurlar. Bu, rüzgârın içeriye daha etkili bir şekilde girmesine ve iç mekanlarda hava sirkülasyonunu artırmasına olanak tanır. Sıcak havanın yükselmesi ve çatının yüksek noktasından çıkışı, iç mekanlarda daha serin bir atmosfer sağlar. Yükselen eğik çatılar, çapraz havalandırmayı teşvik ederler. Yapıdan içeri giren hava, çatının diğer tarafından çıkar. Bu durum iç mekanlarda taze hava girişini ve kullanılmış havanın dışarı atılmasını destekler. DK 2-A3 hava akışlarının düzenlenmesi başlığı altında yer alan "Çatı pencereleri, bacaları veya kanallarının konumlandırılması ve boyutlandırılması" maddesi doğrultusunda eğik çatının potansiyeli kullanılarak daha verimli bir doğal havalandırma sağlamak amacıyla mevcut çatı yüzeylerinde çatı pencereleri, bacaları veya kanallarının oluşturulması yapının

soğutma yüklerinin azaltılması için değerlendirilebilir bir öneridir.



Şekil 4.10. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi binası konferans salonundan geçen kesit (ölçeksizdir) (URL – 26)

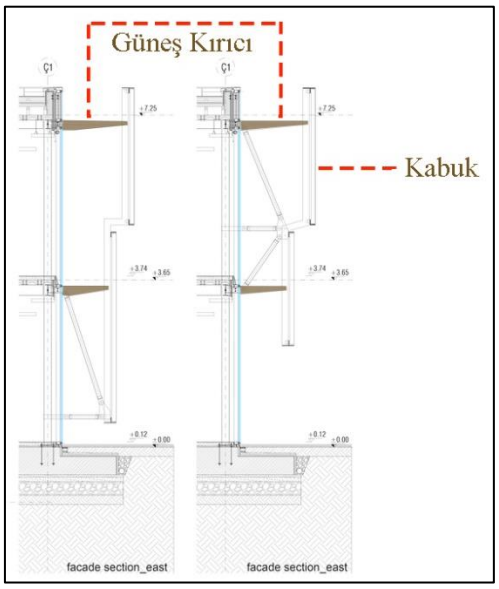


Şekil 4.11. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi binası arşivden geçen kesit (ölçeksizdir) (URL – 26)

DK-2 B Cephe tasarımı

Örnek yapıda içe dönük, betonarme strüktür, kompakt ve dışa dönük, çelik strüktür ve şeffaf yüzeylere sahip iki düşünce birlikte tasarlanmıştır. Yapının sıcak – nemli iklim bölgesinde yer almasından dolayı yoğun şeffaf yüzeylerin oluşturulması enerjinin korunumunu zorlaştırmış ve soğutma yükünü arttırmıştır. Bu nedenle yapı çeperinde rüzgâr ve güneşin geliş açılarına göre şekillenmiş kabuk tasarlanmıştır (Resim 4.5). Kabuk şeffaf yüzeylerin aşırı ısınmasını engellemiştir. Güneş ışınlarının mekâna kontrollü girişi sağlanmış ve iç mekânın da aşırı ısınması önlenmiştir. Bu sayede soğutma yükü azalmıştır. Yapı kabuğu ikinci bir cephe görevi görmüştür. Cephe ve kabuk arasında gölgeleme elemanları entegre edilerek ısı kazancı kontrol edilmiştir (Şekil 4.12). Yapı kabuğunun yapıya yaklaşıp uzaklaşması ve alçalıp yükselmesi venturi etkisi oluşturarak rüzgârın yapı etrafında hızlanmasını ve doğal havalandırmayı desteklemesi sağlamıştır. Şeffaf yüzeylerde ısı ve güneş kontrollü ısı geçirgenliği kat sayısı 1,1 W/m^{2}K, güneş geçirgenliği %46 değerlerine

sahip 6 mm TRC Tentesol / TRC Tentesol T + 6 mm TRC Ecotherm Low-E ısıcam kullanılmıştır (Yağlıca, 2022). Hafif ve düşük ısı emisyonuna sahip malzeme kullanımı ile ısı kazancı kontrol edilmiştir.



Şekil 4.12. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi binası sistem kesiti (ölçeksizdir) (URL – 26)



Resim 4.5. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi binası cephe kabuk görünüşü (URL- 26)

Sıcak- nemli iklim bölgelerinde doğal havalandırma için uygun pencere boyutları, mekâna taze hava girişini maksimize ederek konforu artırmayı amaçlamalıdır. Pencerelerin geniş bir şekilde açılabilir olması, daha fazla hava akışına izin verir. Mekân içerisinde birden çok pencere düzenlenmesi çapraz havalandırmayı teşvik eder ve böylece etkili bir hava sirkülasyonu sağlanmış olur. Örnek yapıda pencereler hâkim rüzgâr yönünde yoğunlaşmıştır. Ancak pencere boyutları dar ve pencere sayısı yeterli değildir (Şekil 4.13). DK 2-B3 hava akışlarının düzenlenmesi başlığı altında yer alan "Karşılıklı konumlandırılmış geniş açıklıklar" ve "Plan- kesit düzleminde hava akışını destekleyen yerleşim" maddeleri doğrultusunda daha verimli bir doğal havalandırma sağlamak amacıyla cephe yüzeylerinde geniş açıklıklar, çapraz havalandırmayı destekleyecek sayıda açıklıkların arttırılması ve konumlandırılması yapının soğutma yüklerinin azaltılması için değerlendirilebilir bir öneridir.



Şekil 4.13. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi binası hâkim rüzgâr yönü ve açıklıkların gösterimi (URL – 26)

Çizelge 4.2'de alan çalışması olarak seçilen FNN Sürdürülebilirlik Merkezi binasının mevcutta var olan ve rüzgâr odaklı pasif tasarım kılavuzu çerçevesinde geliştirilen öneri verimli doğal havalandırma uygulamaları verilmektedir. Çizelge 4.3'de FNN Sürdürülebilirlik Merkezi binasının analiz tablosu yer almaktadır.

Çizelge 4.2. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi binasının mevcutta var olan ve rüzgâr odaklı pasif tasarım kılavuzu çerçevesinde geliştirilen öneriler

Değerlendirme Konuları	Projede Var Olan Uygulamalar	Kılavuz Çerçevesinde Önerilen Doğal Havalandırma Uygulamaları
DK-1 Yapı Geometrisi DK-1 A Avlulu plan DK-1 C Açık form		
Mikro iklim farklılıklar yaratmak	. Merkezi ve yüksek avlu . Gölgeleme elemanlarının entegrasyonu	. Düşük yoğunluklu malzeme kullanımı
Yönlenme	. Hâkim rüzgâr yönünde yönlenme .Rüzgârdan Faydalanma	-
Hava akışlarının düzenlenmesi	. Hâkim rüzgâr yönünde açıklıkların konumlanması . Avlu- yan bahçe- açık form plan kullanımıyla hava koridorları oluşturulması	. Verimli bir doğal havalandırma sağlamak amacıyla mevcut cam yüzeylerde açılabilir yüzeylerin arttırılması . Avlu etrafındaki yüzeylerin açıklıklarının sayısının arttırılması
DK-2 Yapı Kabuğu DK-2 A Çatı Tasarımı		
Mikro iklim farklılıklar yaratmak	. Gölgeleme elemanı entegrasyonu . Güneş Paneli . Yeşil çatı uygulaması . Çinko çatı malzemesi kullanımı (Çinko, yüksek ısıl iletim özelliğine sahiptir. Bu özellik, güneş ışınlarını çatı yüzeyine düşen ısıya daha etkili bir şekilde absorbe etmesini sağlar. Bu, çatının hızla ısınmasına ve ısıl kütle kazanımına neden olabilir.)	. Çinko çatı malzemesinin kullanıldığı alanlarda uygun örtü sistemi tasarımı . Düşük yoğunluklu malzeme kullanımı
Yönlenme		. Hava kanalları eklenmesi . Çatı pencereleri oluşturulması . Açılık kapanır panel eklenmesi
Hava akışlarının düzenlenmesi	. Eğik çatı uygulamaları . Eğik çatı ile ilişkili esnek mekanlar	. Pencere ve diğer açıklıkların konumlandırılması ve boyutlandırılması . Çapraz havalandırmayı teşvik eden açıklık düzenlenmesi . Çatı pencereleri, bacaları veya kanallarının konumlandırılması ve boyutlandırılması

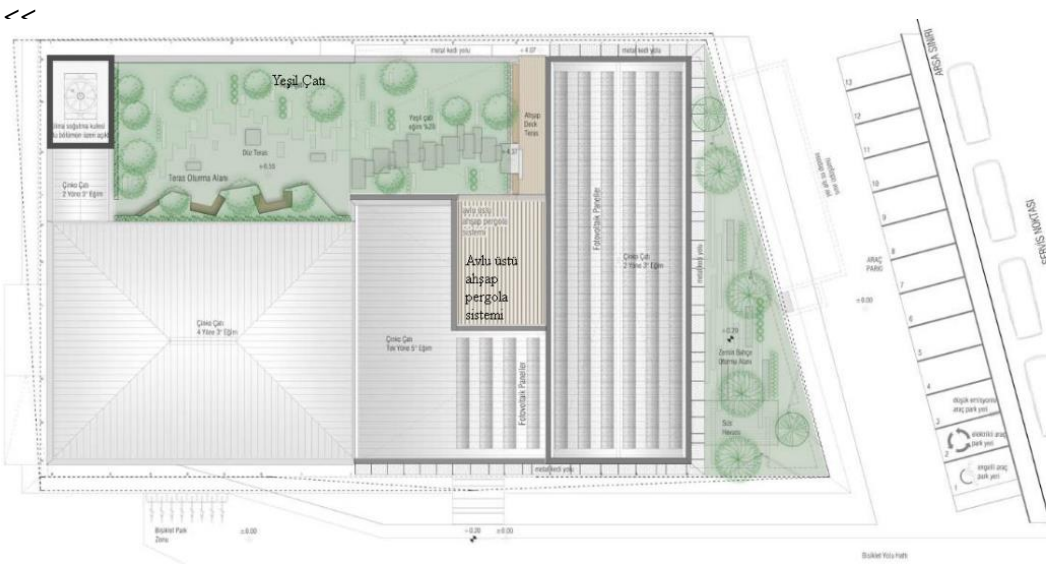
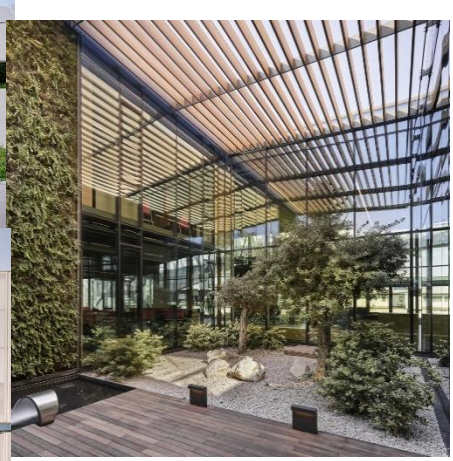
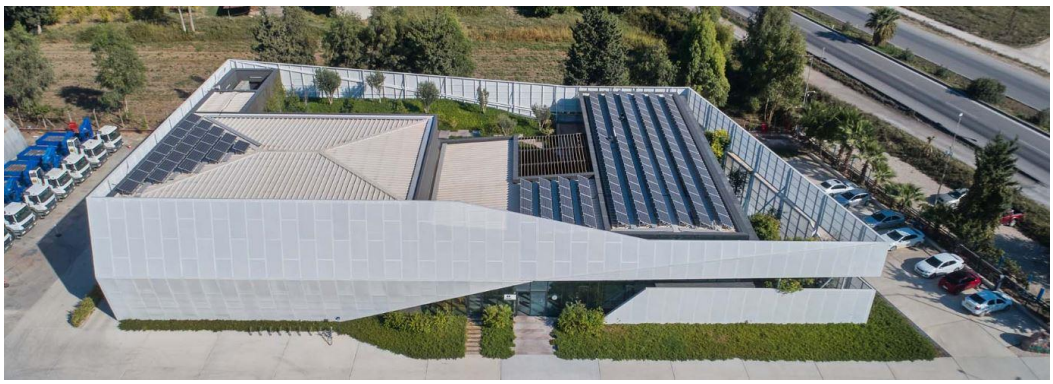
Çizelge 4.2. (devam) FNN Sürdürülebilirlik Merkezi binasının mevcutta var olan ve rüzgâr odaklı pasif tasarım kılavuzu çerçevesinde geliştirilen öneriler

DK-2 Yapı Kabuğu DK-2 B Cephe Tasarımı		
Mikro iklim farklılıklar yaratmak	. Kabuk tasarımı . Cephe kabuk arası gölgelendirme elemanlarının entegrasyonu . Isı ve güneş kontrollü ısı geçirgenliği kat sayısı 1,1 W/m2K, güneş geçirgenliği %46 değerlerine sahip 6 mm TRC Tentesol / TRC Tentesol T + 6 mm TRC Ecotherm Low-E ısıcam kullanılması	-
Yönlenme	. Hâkim rüzgâr yönünde açıklıkların düzenlenmesi	-
Hava akışlarının düzenlenmesi	. Doğal hava akışını destekleyen kabuk tasarımı (venturi etkisi ile yapı çevresinde rüzgâr hareketinin sağlanması) . Pencere açıklıklarının boyut ve sayılarının yetersizliği	. Karşılıklı konumlandırılmış geniş açıklıkların düzenlenmesi . Plan- kesit düzleminde hava akışını destekleyen yerleşim planlanması

Çizelge 4.3. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi Binası analiz tablosu (URL- 26)

Genel Bilgiler	Yapı Künyesi	Yapının adı	FNN Sürdürülebilirlik Merkezi	
		Konum	Adana / Ceyhan	
		Yapım yılı	2020	
		İşlev	Ofis- Müze	
		Kat sayısı	Z+1	
		Mimar	Acararch	
	İklimsel Veriler	İklim türü	Sıcak- Nemli	
		Nem	85%	
		Ortalama sıcaklık	33,35	
		Ortalama rüzgâr hızı	12 km/sa	
		Hâkim rüzgâr yönü	Yaz- güney kış- kuzey	
Havalandırma ilkeleri	Havalandırma sistemi		Doğal Havalandırma	x
			Mekanik Havalandırma	x
	Havalandırma yöntemi		Tek taraflı havalandırma	x
			Karşılıklı (çapraz) havalandırma	x
			Baca etkisi	
	Rüzgârın kullanımı		Aktif (rüzgâr türbini)	
			Pasif (havalandırma, tasarım)	x
	Yapı Geometrisinde havalandırma elemanı		Avlulu Plan	x
			Atriumlu Plan	
			Kat bahçeleri	
			Açık Form Plan	x
			Aerodinamik Form	
	Çatı formunda havalandırma elemanı		Hava akışına yön veren yükselen çatı	x
			Yükseltilmiş çatı (Soğuk çatı)	
			Rüzgâr Kepçeleri	
			Çatı Kanatları	
	Cephede havalandırma elemanı		Pencere Düzenlemeleri	x
			Çift Cephe	x
			Kinetik Cephe	
			Rüzgâr kuleleri	
	Tasarımda uygulanan doğal havalandırma kararları		Avlu- Açık Form plan Hâkim rüzgâr yönüne göre yönlenme Venturi etkisi oluşturan Kabuk tasarımı Yeşil çatı uygulaması Yan bahçe	

Çizelge 4.3. (devam) FNN Sürdürülebilirlik Merkezi Binası analiz tablosu (URL- 26)

Tasarım analizi	    

4.4. Tartışma

Tez kapsamında, sürdürülebilir bir gelecek için önem arz eden rüzgâr ve mimarlık ilişkisi bağlamında, doğal havalandırmaya önem veren mimari tasarım ilkelerine dair bir tasarım kılavuzu geliştirilmiştir ve bu kılavuz yardımıyla alan çalışması olarak seçilen FNN Sürdürülebilirlik Merkezi binasındaki mevcut durum ortaya koyulmuştur. Çalışma alanı olarak FNN Sürdürülebilirlik Merkezi binasının seçilmesinde, etkili olan faktörler yapının birçok tasarım parametresini bünyesinde bulundurması ve yapının bulunduğu iklim bölgesinin sıcak- nemli iklime sahip olmasıdır.

Örnek bina tasarım kılavuzunda DK 1 – Yapı Geometrisi ve DK 2 – Yapı Kabuğu başlıkları altında yer alan DK 1 – A Avlulu plan, DK 1 – C Açık/ Eğik form tasarım, DK 2 – A Çatı Tasarımı ve DK 2- B Cephe Tasarımı çerçevesinde incelenmiştir. FNN Sürdürülebilirlik Merkezi binasında dikdörtgen kompakt bir yapı geometrisi seçilmiştir. Yapı Geometrisi alt başlıklarında yer alan avlulu plan ve açık form plan tercih edilmiştir. Yapıda mekanların yerleşimi yöresel rüzgarların hâkim yönüne göre yapılmış ve yapının rüzgârdan korunması, yararlanması sağlanmıştır. Merkezi avlu ve oluşturulan yan bahçe vasıtasıyla doğal hava akışları sağlanarak doğal havalandırma desteklenmiştir. Yapının şeffaf yüzeylerinin fazla olması ve avlu çeperinde yer alan yüzeylerin de şeffaf ve açılabilir yüzeylerinin az olması nedeniyle avlunun iç mekanlarla kurduğu ilişkinin zayıf olduğu görülmüştür. DK 1-A4 hava akışlarının düzenlenmesi başlığı altında yer alan “Avluyu çevreleyen yapı elemanlarında dengeli açıklıkların düzenlenmesi” maddesi doğrultusunda daha verimli bir doğal havalandırma sağlamak amacıyla mevcut cam yüzeylerde açılabilir yüzeylerin arttırılması önerilmiştir. Seçilen yapıda çatı yüzeylerinde konumlandırılan güneş panelleri ve yeşil çatı kurgusu ısıl kütlenin azaltılması amacıyla önemli bulunmuştur. İç mekân sıcaklığını dengelemeye yardımcı olduğu düşünülmüştür. Sergi salonu ve konferans salonu- müze alanı üzerindeki örtüler eğik çatı olarak kurgulanmıştır ancak havanın çıkışını sağlayacak açıklıkların olmadığı görülmüştür. DK 2-A3 hava akışlarının düzenlenmesi başlığı altında yer alan “Çatı pencereleri, bacaları veya kanallarının konumlandırılması ve boyutlandırılması” maddesi doğrultusunda daha verimli bir doğal havalandırmanın sağlanması amacıyla mevcut çatı yüzeylerinde çatı pencereleri, bacaları veya kanallarının oluşturulması önerilmiştir. Örnek yapıda pencerelerin hâkim rüzgâr yönünde yoğunlaştığı görülmüştür. Ancak pencere boyutlarının dar ve pencere sayısının yeterli olmadığı düşünülmüştür. DK 2-B3 hava akışlarının düzenlenmesi başlığı altında yer alan “Karşılıklı

konumlandırılmış geniş açıklıklar" ve "Plan- kesit düzleminde hava akışını destekleyen yerleşim" maddeleri doğrultusunda doğal havalandırma sağlamak amacıyla cephe yüzeylerinde geniş açıklıklar, çapraz havalandırmayı destekleyecek sayıda açıklıkların arttırılması ve konumlandırılması önerilmiştir.

Alan çalışması olarak seçilen FNN Sürdürülebilirlik Merkezi binası, LEED Platinium Sertifikasına sahiptir. Yapının bu sertifikaya sahip olması yapının çevresel sürdürülebilirlik ve enerji verimliliği bağlamında standartlara uygun olduğunu göstermektedir. Yapının tasarımı ve hayat döngüsü içerisinde çevresel etkileri minimum seviyede tutmak için birçok stratejinin uygulandığını, sürdürülebilirlik kavramının odak noktası olduğunu ve buna uygun hareket edildiğini belirtmektedir. Bu bağlamda tasarım kılavuzları doğrultusunda incelenen bu yapı için müdahale edilmesi gereken konu başlıkları ve getirilen öneriler kısıtlı kalmıştır. Tasarım kılavuzu rehberliğinde mevcutta var olan ve sertifika sahibi olmayan yapıların durum tespitlerinde daha çok başlık altında incelemeler yapılabileceği ve daha çok iyileştirme önerileri getirilebileceği düşünülmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sanayi Devrimi ile insan gücüne dayalı üretim bırakılıp makinelerle üretim yapılan bir döneme geçilmiştir. Buna bağlı olarak tüketilen enerji miktarı artmış ve yeni enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulmuştur. Enerji ihtiyacının çok arttığı bu dönemlerde yoğun olarak fosil kökenli yakıtlar kullanılmıştır. Fosil kökenli yakıtların hava kirliliğine, küresel ısınmaya neden olması insanları farklı enerji kaynağı arayışına yönlendirmiştir. Bunun yanında, savaş, kıtlık vb. durumlar nedeniyle yaşanan enerji krizleri sürdürülebilir enerji kaynaklarının gerekliliğini göz önüne sermiştir.

Yapı malzemesinin üretimi, inşası ve yaşam döngüsü boyunca, yapılar ciddi miktarda enerji tüketmektedir. Nitekim, dünya genelinde üretilen enerjinin %40'ı yapı sektörü ve yan sanayi kolları tarafından tüketilmektedir. Yapı sektörünün hali hazırda yoğun enerji tüketimi ve dünya genelinde artan nüfus, teknolojik ilerlemelere bağlı olarak enerji ihtiyacının günden güne artması nedeniyle sürdürülebilir, enerji verimli çözümlere duyulan ihtiyaç artmıştır. Yapı sektörünün enerji tüketimi; yan sanayi kollarının enerji tüketimi, yapı malzemelerinin enerji tüketimi, yapının inşası sırasından tüketilen enerji ve yaşam döngüsü boyunca tüketilen enerji olarak alt başlıklara ayrılabilir. Yaşam döngüsü boyunca kullanılan enerjinin büyük bölümünü yapının ısıtılması, soğutulması ve doğal havalandırması kaynaklı faaliyetler oluşturmaktadır. Bu faaliyetlerin sürdürülebilir, doğal kaynaklarla gerçekleştirilmesi enerji tüketiminin azaltılmasına ciddi anlamda katkıda bulunacaktır.

Bu bağlamda rüzgâr, yapının doğal havalandırmasını, soğutulmasını sağlayarak, enerji üretimi sağlayarak sürdürülebilir bir gelecek sunmaktadır. İlk olarak yel değirmenlerinde kullanılan rüzgâr, çeşitli amaçlarla yüzyıllardır mimaride kullanılmaktadır. Tasarım sürecinde rüzgâr odaklı tasarım ilkelerinin gözetilmesi ile yapı doğal olarak havalandırılabilir, yapıdaki kirli hava uzaklaştırılabilir. Rüzgâr ve mimarlık ilişkisi bağlamında doğal havalandırma ile temiz hava yapı içine girmekte, yapının iç alanlarına nüfuz etmekte ve kirli hava olarak yapı dışına çıkmaktadır. Doğal havalandırma odaklı tasarımlarla yapılar havalandırılacak, mekanik sistemlere duyulan ihtiyaç azalacaktır.

Rüzgâr ve mimarlık ilişkisi bağlamında doğal havalandırmanın verimliliğini etkileyen çeşitli tasarım parametreleri bulunmaktadır. Bu parametrelerden bölgenin iklimi, yapılı çevresi ve

konumu çevresel faktörler olarak gruplandırılabilir. Yapı geometrisi, çatı formu ve yapı kabuğu ise tasarım faktörleri başlığı altında gruplandırılıp, bu tez kapsamında esas olarak odaklanılmış 3 temel tasarım parametresidir. Bu tasarım parametrelerinden ilki olan yapı geometrisi, rüzgârı yapının belirli noktalarına yönlendirerek, toplayarak veya rüzgârı uzaklaştırarak rüzgârın yönünü ve şiddetini etkileyip, doğal havalandırmayı doğrudan etkileyebilir. Yapı geometrisi tasarım parametresi, plan tipi, açık form plan, eğri form plan, kat bahçeleri gibi alt tasarım parametrelerine ayrılmaktadır. Yapı kabuğu, yapının rüzgâr ile ilk temas ettiği nokta olan önemli bir tasarım parametresidir. Bu tasarım parametresi, kullanılan cephe sistemi, cephedeki açıklarının tasarımları, açıklıkların yerleşimleri gibi alt tasarım başlıklarına ayrılabilir. Çatı formu ise, yapıya temiz havanın girişini sağlayıp, kirli havanın dışarı atılmasını sağlayan önemli bir tasarım parametresidir.

Tez çalışması kapsamında öncelikle sürdürülebilir bir gelecek için önemli çözümler vadeden rüzgârın, mimarlık ile ilişkisi geçmişten günümüze örneklerle, kullanılan sistemler açıklanarak incelenmiştir. Rüzgârın mimaride 2 farklı kullanımı olan aktif ve pasif sistemler açıklanmıştır. Rüzgârın aktif sistemlerdeki kullanım amacı olan, enerji üreten sistemlere kısaca değinilmiştir. Pasif sistemlerde soğutma ve doğal havalandırma olmak üzere 2 farklı kullanım amacı bulunmaktadır. Tez kapsamında esas olarak doğal havalandırmaya odaklanılmıştır. Bu bağlamda öncelikle, rüzgârın pasif sistemlerde kullanımının sınırlarını çizen, rüzgâr-enerji performansı yönetmelikleri ve havalandırma ve iç hava kalitesi yönetmelikleri incelenmiştir. Sonraki bölümde, rüzgârın pasif sistemlerde kullanımını etkileyen çevresel ve tasarım faktörleri incelenmiştir. Çevresel faktörler bağlamında, iklim bölgesi, yapılı çevre, hâkim rüzgâr yönü ve konum parametrelerinin rüzgâr etkinliğine olan etkileri incelenmiştir. Tez kapsamında esas olarak rüzgâr odaklı tasarım faktörlerine ve tasarım elemanlarına odaklanılmıştır. Tasarım faktörleri bağlamında; yapının planı, yapıda bulunan açıklıklar, cephe tasarımı ve cephede kullanılan sistemlerin etkisi incelenmiştir. Sonraki bölümde, rüzgârın pasif sistemlerdeki farklı kullanım şekilleri olan tasarım elemanları; rüzgâr kuleleri, rüzgâr kepçeleri, avlu, Maşrabiye, atrium ve çift cidarlı cepheler incelenmiştir. Bu kapsamda, mimari tasarım elemanlarının çalışma prensibi, hangi iklimde verimli olabileceği, kesit ve plan tipleri, çeşitleri ve tasarım kriterleri gibi özellikler açıklanmıştır. Bunun yanında farklı ülkelerdeki kullanımlarına değinilmiştir.

Çalışmanın sonraki bölümünde sürdürülebilir bir gelecek için önem arz eden rüzgâr ve mimarlık ilişkisi bağlamında, doğal havalandırmaya önem veren mimari tasarım ilkelerine dair bir tasarım kılavuzu geliştirilmiştir. Bu amaçla, tezin önceki bölümlerinde incelenen

literatür taraması, yönetmelikler, çevresel ve yapısal faktörler, tasarım elemanları, geleneksel ve modern örnekler analiz edilerek rüzgâr odaklı doğal havalandırma stratejileri elde edilmiştir. Rüzgâr odaklı doğal havalandırma stratejileri, havalandırma sistemi, havalandırma yöntemi ve havalandırma tasarım elemanları olmak üzere 3 ayrı başlıkta analiz edilmiştir. Doğal havalandırma odaklı sürdürülebilir binalar tasarım kılavuzu kapsamında yapı geometrisi, çatı tasarımı ve cephe tasarımı olmak üzere 3 farklı değerlendirme konusu (DK) belirlenmiştir. Tasarım sürecinde yer alan değerlendirme konuları, alt değerlendirme konularına bölünmüş önemli noktalar detaylandırılmıştır. Bunun yanında, doğal havalandırma bağlamında tasarım sürecinin önemli hususları açıklanmıştır. 1. değerlendirme konusu olan yapı geometrisi; avlulu plan, atriumlu plan ve açık form/ eğrisel form alt başlıkları ile detaylandırılmıştır. 2. değerlendirme konusu olan çatı tasarımı; yükselen eğimli çatı, yükseltilmiş çatı, rüzgâr kepçeleri ve çatı kanatları alt başlıkları ile detaylandırılmıştır. 3. değerlendirme konusu olan cephe tasarımı; pencere, çift cephe, kinetik cephe ve rüzgâr kulesi alt başlıkları ile detaylandırılmıştır. Tasarım kılavuzu kapsamında belirlenen 3 ana değerlendirme konusu alt başlıklarla detaylandırılarak, farklı iklim bölgeleri için doğal havalandırmaya önem veren mimari tasarım geliştirilmesi sürecinde tasarımcıya yol gösterilmesi hedeflenmiştir.

Alan çalışması kapsamında, sıcak-nemli iklime sahip Adana, Ceyhan'da yer alan FNN Sürdürülebilirlik Merkezi binası seçilmiştir. Örnek bina belirlenen DK 1 – Yapı Geometrisi ve DK 2 – Yapı Kabuğu değerlendirme konuları altında incelenmiştir. Örnek bina DK 1- Yapı Geometrisi konusunda yer alan DK 1 – A Avlulu plan ve DK 1 – C Açık/ Eğik form tasarım ve DK 2 – Yapı Kabuğu değerlendirme konusunda yer alan DK 2 – A Çatı Tasarımı ve DK 2- B Cephe Tasarımı kılavuzları çerçevesinde incelenmiştir. Mikro iklim farklılıklar yaratmak, yönlenme ve hava akış akslarının düzenlenmesi alt başlıklarında yer alan tasarım parametreleri doğrultusunda incelenen örnekteki eksiklikler saptanmıştır. Saptanan eksiklikler: mevcut durumdaki açıklıkların boyutlarının, sayılarının ve yapı içerisindeki akışı destekleyecek düzenlemelerin yetersizliği, yapıda yer alan eğik çatıların doğal havalandırmaya katkısını arttıracak çatı pencerelerinin, kanalların ya da bacaların eksikliği, avlu çeperinde yer alan yüzeylerin açıklık oranlarının azlığı olarak sıralanmıştır.

Bu tez çalışmasını referans alarak yapılacak çalışmalara konu önerileri olarak;

▪ Farklı iklim bölgelerinde bulunan yapılar, oluşturulan tasarım kılavuzuna göre değerlendirilebilir,
▪ Yapılan inceleme, simülasyon programları yardımıyla, analizlerle desteklenerek nicel veriler elde edilebilir,
▪ Tasarım kılavuzuna ait önerilerin mevcut yapılara uygulanması durumu için zaman ve maliyet analizi yapılabilir,
▪ Tasarım kılavuzuna ait önerilerin tasarım süreci başında uygulanması durumu için maliyet analizi yapılabilir.

KAYNAKLAR

A'zami, A. (2005). *Passive and Low Energy Cooling*. International Conference "Passive and Low Energy Cooling 1021 for the Built Environment, Santorini, Greece.

Abdallah Ali, Abdallah Ahmed. (2021). *The Impact of Using The Wind Catcher as a Sustainable Passive Cooling Technique in Traditional House (Sudan-Khartoum)*. PhD Thesis, Gazi University Institute of Science and Technology, Ankara.

Aflaki, A., Mahyuddin, N., Al-Cheikh Mahmoud, Z. ve Baharum, M. R. (2015). A review on natural ventilation applications through building façade components and ventilation openings in tropical climates. *Energy and Buildings*, 101, 153–162.

Ahmed, A.-S. F., Khan, K.-M. M. K., Maung Than Oo, A.-A. ve Rasul, R.-M. G. (2014). Selection of suitable passive cooling strategy for a subtropical climate. *International Journal of Mechanical and Materials Engineering*, 9(1), 14.

Akman, A. (2005). İnsan Sağlığı, Sağlıklı Yapı ve Yapı Biyolojisi. *Yapı Dergisi*, 279, 89-92.

Akşit, F. (2005). Türkiye'nin Farklı iklim Bölgelerinde Enerji Etkin Bina ve Yerlesme Birimi Tasarımı. *Tasarım Dergisi*, 157, 124–126.

Akyel, D. (2007). *Mikroklimanın Yapı ve Çevresinin Tasarımına Etkileri*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Al-Hemiddi, N. A. ve Megren Al-Saud, K. A. (2001). The effect of a ventilated interior courtyard on the thermal performance of a house in a hot–arid region. *Renewable Energy*, 24(3–4), 581–595.

Al-Mumin, A. A. (2001). Suitability of sunken courtyards in the desert climate of Kuwait. *Energy and Buildings*, 33(2), 103–111.

Ali, J. ve Say Özer, Y. (2012). Sıcak İklimlerde Bina İçi İklimlendirme İçin Geleneksel Bir Sistem: Rüzgar Bacaları. *Tesisat Mühendisliği*, 127, 31–35.

Allard, F. ve Santamouris, M. (1998). *Natural Ventilation in Buildings: A Design Handbook*. London, UK: Earthscan Publications Ltd.

Almhafdy, A., Ibrahim, N., Ahmad, S. S. ve Yahya, J. (2013). Courtyard Design Variants and Microclimate Performance. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 101, 170–180.

Almusaed, A. (2004). *Intelligent Sustainable Strategies Upon Passive Bioclimatic Houses: From Basra (Iraq) to Skanderborg (Denmark)*. Postdoc Research, Arkitektskole i Århus.

Almusaed, A. (2011). Vernacular Architecture from Hot Regions (Basrah, Iraq). *Biophilic and Bioclimatic Architecture*. London: Springer London. 233–249

Alothman, H. (2017). *An Evaluate and Critical Study of Mashrabiya in Contemporary Architecture*. The Degree of Master of Science in Architecture, Near East University. Lefkoşa, KKTC

Altıntaş, E. (2008). *Termal konfor duyarlılık ölçeğine göre ilköğretim dersliklerinin termal konfor açısından değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

ANSI/ASHRAE Standard 55-2013. (2013). *Thermal environmental conditions for human occupancy*. Atlanta.

Arslan, G. (2015). *Doğal havalandırma tasarım stratejilerinin yüksek yapı örnekleri üzerinden incelenmesi ve Türkiye için tasarım önerileri*. Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstnabul.

Aşçı, G. (2015). *Yüksek yapılarda doğal havalandırma sistemlerinin araştırılması,İstanbul örneği*. Yüksek Lisanas Tezi, Beykent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

ASHRAE 62.1. (2007). *Kabul Edilebilir İç Mekan Hava Kalitesi için Havalandırma*. Atlanta.

Azizi, M. M. ve Javanmardi, K. (2017). The Effects of Urban Block Forms on the Patterns of Wind and Natural Ventilation. *Procedia Engineering*, 180, 541–549.

Bahadori, M. (1978). Passive Cooling Systems in Iranian Architecture. *Scientific American*, 238(2), 144–154.

Bahadori, M.N., Mazidi, M. ve Dehghani, A. R. (2008). Experimental investigation of new designs of wind towers. *Renewable Energy*, 33(10), 2273–2281.

Bahadori, Mehdi N., Dehghani-sanij, A. ve Sayigh, A. (2014). *Wind Towers*. Cham: Springer International Publishing.

Bahramzadeh, M., Sadeghi, B. ve Rou, S. S. (2013). A Comparative Study to Compare the Wind Catcher Types in the Architecture of Islamic Countries MA Graduate of Restoration and Revival of Historical Monuments. *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, 3(2s), 312–316.

Bal, S., Baykuş, N., Elyiğit, B. ve Ekinci, C. E. (2014). Eğitim Ortamlarının Isıl Konfor Şartlarının İncelenmesi. *Journal of Research in Education and Teaching*, 2, 200–209.

Barbosa, S. ve Ip, K. (2014). Perspectives of double skin façades for naturally ventilated buildings: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 40, 1019–1029.

Bas, S. K. ve Smith, R. F. . (2008). Baş, S., Smith, R.F., Atkins, W.S., Arab, U., & Emirates, U.A. (2008). *Harnessing Energy in Tall Buildings: Bahrain World Trade Center and Beyond*. CTBUH 2008 8th World Congress, Dubai, 1-7.

Bednar, M. J. (1986). *The New Atrium*. New York: McGraw-Hill Book Company.

Bekleyen, A. (2019a). Antik Rüzgâr Yakalayıcıların Anadolu'daki Örnekleri: Şanlıurfa'nın Badgelleri. *Art-Sanat*, 12, 109–128.

Bekleyen, A. (2019b). Geleneksel Konut Mimarisindeki Avlulu Mekân Örgütlenmesinin Günümüzdeki Yorumları. *TÜBAV Bilim Dergisi*, 12(1), 1–13.

Boake, T. M. (2003). Understanding the General Principles of the Double Skin Façade System. *Engineering, Environmental Science*, 1-18.

Butera, F. M. (1998). Chapter 3—Principles of thermal comfort. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2(1–2), 39–66.

Çakır Kıasıf, G. (2012). Enerji Etkin Çift Kabuk Cephe Sistemleri. A. Arısoy (Ed.), *X. Uluslararası Yapıda Tesisat Teknolojisi Sempozyumu - Binalarda Enerji Kullanımı ve Sürdürülebilirlik*. İstanbul: Türk Tesisat Mühendisleri Derneği, 11-24.

Çakır, S. (2003). *Binalarda doğal ventilasyon sisteminin değerlendirilmesine yönelik bir çalışma*.Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Caruana, R., De Antonellis, S., Marocco, L. ve Guilizzoni, M. (2023). Modeling of Indirect Evaporative Cooling Systems: A Review. *Fluids*, 8(11), 303.

Celayir, N. (2008). *Rüzgar Enerjisinin Dünyadaki Gelişimi ve Türkiye'deki Potansiyeli*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Cellura, M., Guarino, F., Longo, S., Mistretta, M. ve Orioli, A. (2013). The role of the building sector for reducing energy consumption and greenhouse gases: An Italian case study. *Renewable Energy*, 60, 586–597.

Ceylan, A. (2011). *İklimlendirme Sistemlerinin Yapı İçi Hava Niteliği Üzerindeki Olumsuz Etkileri*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Cheremisinoff, N. P. (1978). *Fundamentals of Wind Energy*. Ann Arbor, USA: Ann Arbor Science Publishers.

Choudhury, R. A. K., Majumdar, P. K. ve Datta, C. (2011). Factors affecting comfort: human physiology and the role of clothing. *Improving Comfort in Clothing*. Woodhead Publishing, 3–60.

Danık, S. (2014). *Natural ventilation through double-skin facades in tall buildings/ Yüksek binalarda çift kabuklu cepheler aracılığı ile doğal havalandırma*. Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Darçın, P. (2008). *Yapı içi hava kirliliğinin giderilmesinde doğal havalandırma ilkeleri*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Darçın, P. (2014). Yenileyici (Rejeneratif) Tasarım Kapsamında Doğal Havalandırmaya Yönelik Bir Yaklaşım. *Mimarlık Dergisi*, 379, 69–72.

Darçın, P. ve Balanli, P. A. (2012). Yapılarda Doğal Havalandırmanın Sağlanmasına Yönelik İlkeler. *Tesisat Mühendisliği*, 128, 33–42.

Dehghan, A. A., Esfeh, M. K. ve Manshadi, M. D. (2013). Natural ventilation characteristics of one-sided wind catchers: experimental and analytical evaluation. *Energy and Buildings*, 61, 366–377.

Dehghani-Sanij, A. R., Soltani, M. ve Raahemifar, K. (2015). A new design of wind tower for passive ventilation in buildings to reduce energy consumption in windy regions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 182-195.

DeKay, M. ve Brown, G. Z. (2014a). *Sun, Wind, and Light: Architectural Design Strategies* (3rd edition). New Jersey, USA: Wiley, 62-64.

DeKay, M. ve Brown, G. Z. (2014b). *Sun, Wind, and Light: Architectural Design Strategies* (3rd edition). New Jersey, USA: Wiley, 60-62.

Demir, A. (1986). *Güneş Işınımından Korunmak ve Yararlanmak Amacıyla Mimaride Alınan Tedbirler Üzerine Bir Araştırma*. Doktora Sonrası Araştırma Projesi, Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Demirbilek, N. ve Yılmaz, Z. (1996). İklimle Dengeli Mimarlık. *Mimarlık Dergisi*, 34(3), 36–38.

Demircan, R. K. ve Gültekin, A. B. (2017). Binalarda Pasif ve Aktif Güneş Sistemlerinin İncelenmesi. *TÜBAV Bilim Dergisi*, 10(1), 36–51.

Dikmen, M. (2016). *Yüksek konut yapılarında kullanılan cephe sistemlerinde doğal havalandırmanın incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Dokmeci, V., Berkoz, L., Levent, H., Yurekli, H. ve Cagdas, G. (1996). Residential preferences in Istanbul. *Habitat International*, 20(2), 241–251.

Dupont, S., Ikonen, V.-P., Väisänen, H. ve Peltola, H. (2015). Predicting tree damage in fragmented landscapes using a wind risk model coupled with an airflow model. *Canadian Journal of Forest Research*, 45(8), 1065–1076.

Engin, N. (2012). Enerji Etkin Tasarımda Pasif İklimlendirme: Doğal Havalandırma. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 129, 62–70.

Erol, H. (2017). *Yüksek Binalarda Enerji Etkin Mimari Tasarım Yaklaşımları ve Uygulama Örneklerinin İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Fathy, H. (1986). *Natural energy and vernacular architecture : principles and examples with reference to hot arid climates*. Chicago: The University of Chicago Press, 72-80.

Fleming, S. (2015). *Buildings and Wind: A Software-Based Design Methodology*. The degree of Master, University of Waterloo, Canada.

Garofalo, V. (2016). The Geometry of a Domed Architecture: A Stately Example of Kārbandi at Bagh-e Dolat Abad in Yazd. *Nexus Network Journal*, 18(1), 169–195.

Gemi, A. M. (2006). *An Estimation Approach for Thermal Performance of Atrıum Buildings through a case study*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Ghaemmaghami, P. S. ve Mahmoudi, M. (2005). *Wind tower a natural cooling system in Iranian Traditional Architecture.* International Conference "Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment", Santorini, Greece, 71–76.

Ghaffarianhoseini, A., Berardi, U. ve Ghaffarianhoseini, A. (2015). Thermal performance characteristics of unshaded courtyards in hot and humid climates. *Building and Environment*, 87, 154–168.

Gipe, P. ve Möllerström, E. (2023). An overview of the history of wind turbine development: Part II–The 1970s onward. *Wind Engineering*, 47(1), 220–248.

Givoni, B. (1998). *Climate considerations in building and urban design* (1st edition). New Jersey, USA: Wiley, 343-363.

Göçer, Ö. (2006). *Atrium Tipi Binalarda Enerji Tüketiminin Azaltılması ve Kullanıcı Konforunun Sağlanması İçin Uygun Camlama ve Denetim Sistemi Modeli*. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Gratia, E. ve De Herde, A. (2003). Design of low energy office buildings. *Energy and Buildings*, 35(5), 473–491.

Gratia, E. ve De Herde, A. (2007). Greenhouse effect in double-skin facade. *Energy and Buildings*, 39(2), 199–211.

Gür, V. (2015). Nefes Alan Yapı Kabukları. *Çatı ve Cephe*, 54, 50–55.

Hindistan, A. (2006). *Avluların Peyzaj Tasarım Kriterleri Yönünden Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Holford, J. M. ve Hunt, G. R. (2003). Fundamental atrium design for natural ventilation. *Building and Environment*, 38(3), 409–426.

İnternet: FNN Sürdürülebilirlik Merkezi konumu URL: https://earth.google.com /Son Erişim Tarihi: 01.12.2023.

Hughes, B. R., Calautit, J. K. ve Ghani, S. A. (2012). The development of commercial wind towers for natural ventilation: A review. *Applied Energy*, 92, 606–627.

Hung, W. Y. ve Chow, W. K. (2001). A Review on Architectural Aspects of Atrium Buildings. *Architectural Science Review*, 44(3), 285–295.

İnternet: International Energy Agency (IEA). (2023). Buildings - Energy System. URL: https://www.iea.org/energy-system/buildings. Son Erişim Tarihi: 01.05.2023

Jiru, T. E., Tao, Y.-X. ve Haghighat, F. (2011). Airflow and heat transfer in double skin facades. *Energy and Buildings*, 43(10), 2760–2766.

Jomehzadeh, F., Hussen, H. M., Calautit, J. K., Nejat, P. ve Ferwati, M. S. (2020). Natural ventilation by windcatcher (Badgir): A review on the impacts of geometry, microclimate and macroclimate. *Energy and Buildings*, 226, 110396.

Jomehzadeh, F., Nejat, P., Calautit, J. K., Yusof, M. B. M., Zaki, S. A., Hughes, B. R. ve Yazid, M. N. A. W. M. (2017). A review on windcatcher for passive cooling and natural ventilation in buildings, Part 1: Indoor air quality and thermal comfort assessment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 736–756.

Karadağ, İ. (2013). *Yüksek binalardaki doğal havalandırma sistemlerinin irtifa tabanlı çevresel varyasyonları da gözeterek değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Karagöz, H. İ. (2017). *Yüksek bina tasarımına yön veren bir araç olarak rüzgar: Shanghai Kulesi örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Kaya, K. ve Koç, E. (2015). Yatay Eksenli Rüzgâr Türbinlerinde Kanat Profil Tasarımı ve Üretim Esasları. *Mühendis ve Makina*, 56(670), 38–48.

Khatami, N. (2009). *The Wind-Catcher, A Traditional Solution for a Modern Problem*. The degree of Master of Philosophy, University of Glamorgan, United Kingdom.

Kısa Ovalı, P. (2019). Biyoklimatik Tasarım Matrisi (Türkiye). *Trakya Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20(2), 51–66.

Lechner, J. A., Leigh, S. D. ve Simiu, E. (1992). Recent approaches to extreme value estimation with application to wind speeds. Part I: the pickands method. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 41(1–3), 509–519.

Lechner, N. (2015). *Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Methods for Architects* (4th edition). New Jersey: Wiley, 28-32.

Lechner, N. M. ve Andrasik, P. (2021a). *Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Methods for Architects* (5th edition). New Jersey: Wiley. 34-38.

Lechner, N. M. ve Andrasik, P. (2021b). *Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Methods for Architects* (5. edition). New Jersey: Wiley. 41.

Lee, K. (2023). The Floor: A Reinterpretation of the Korean Home, Focusing on the Ondol. *Space and Culture*, 26(4), 505–521.

Lei, Z., Liu, C., Wang, L. ve Li, N. (2017). Effect of natural ventilation on indoor air quality and thermal comfort in dormitory during winter. *Building and Environment*, 125, 240–247.

Li, Q. S., Shu, Z. R. ve Chen, F. B. (2016). Performance assessment of tall building-integrated wind turbines for power generation. *Applied Energy*, 165, 777–788.

Liu, P.-C., Lin, H.-T. ve Chou, J.-H. (2009). Evaluation of buoyancy-driven ventilation in atrium buildings using computational fluid dynamics and reduced-scale air model. *Building and Environment*, 44(9), 1970–1979.

Loncour, X., Deneyer, A., Blasco, M., Flament, G. ve Wouters, P. (2004). Ventilated Double Skin Façades. *Belgian Building Research Institute Department of Building Physics, Indoor Climate and Building Services*. Brussels, Belgium, 24-27.

Mahmoudi, M. ve Mofidi, M. (2008). An Investigation of Typology of Louvers Design in Yazd and Finding Optimum Functional Type. *Journal of Fine Arts*, 36(27), 27-36.

Mahmoudi, M., Qazvin, Z. ve Azad, I. (2009). Analysis on Iranian Wind Catcher and Its Effect on Natural Ventilation as a Solution towards Sustainable Architecture (Case Study : Yazd). *World Academy of Science Engineering and Technology*, 5(6), 574–579.

Mahyari, A. (1997). *Wind Catchers*. Ph.D. Thesis, Sydney University, Avustralya.

Maleki, B. A. (2011). Wind Catcher: Passive And Low Energy Cooling System in Iranian Vernacular Architecture. *International Journal on "Technical and Physical Problems of Engineering" (IJTPE)*, 8, 130–137.

Manioğlu, G. ve Oral, G. K. (2010). *Ekolojik Yaklaşımda İklimle Dengeli Cephe Tasarımı.* 5. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, İzmir, 7-16.

Markus, T. A. ve Morris, E. N. (1980). *Buildings, Climate and Energy*. London: Pitman Publishing Limited, 320.

Melikoğlu, Y. ve Bekleyen, A. (2021). Traditional windcatchers of Şanlıurfa: The surviving examples of a fading tradition. *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, 8(1), 268–286.

Moghaddam, E. H., Amindeldar, S. ve Besharatizadeh, A. (2011). New Approach to Natural Ventilation in Public Buildings Inspired by Iranian's Traditional Windcatcher. *Procedia Engineering*, 21, 42–52.

Moosavi, L., Mahyuddin, N., Ab Ghafar, N. ve Ismail, M. A. (2014). Thermal performance of atria: An overview of natural ventilation effective designs. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 34, 654–670.

Muhaisen, A. S. ve Gadi, M. B. (2005). Mathematical model for calculating the shaded and sunlit areas in a circular courtyard geometry. *Building and Environment*, 40(12), 1619–1625.

Najafinasab, S. (2022). *İran'daki geleneksel hamam yapılarında doğal havalandırma: Mirza Mehdi hamamı örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Nejadi, N. (2022). *İran ve Ortadoğu ülkelerinde görülen (badgir- rüzgâr kulelerinin) mimari açıdan incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Aydın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Nirmal, V. K. (2017). Wind and Architecture: Design to the flow. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 4(11), 2104- 2110.

Ok, V. (1995). Kentsel alanlarda rüzgar hızı ile bina yoğunluğu arasındaki ilişki. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 19(4), 327–334.

Ok, V. (2005). Yapma Çevre Tasarımında Rüzgâr Etkileri. *Tasarım Dergisi*, 157, 70–74.

Ok, V., Yasa, E. ve Özgunler, M. (2008). An Experimental Study of the Effects of Surface Openings on Air Flow Caused by Wind in Courtyard Buildings. *Architectural Science Review*, 51(3), 263–268.

Olgyay, V. (2015). *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism - New and expanded Edition*. New Jersey, USA: Princeton University Press.

Oral, G. K. ve Manioğlu, G. (2005). İklimle Dengeli Tasarım: Mardin Antakya Örnekleri. *Tasarım Dergisi*, 157, 136–142.

Örkmez, A. S. (2012). *Çift Kabuk Cephe Sistemlerinde Isıl Konforun Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Öz, İ. O., Korcan, S. E. ve Bulduk, İ. (2018). Tekstil Sektöründe Termal Konfor Ölçümleri ve Alınacak Önlemlerin Değerlendirilmesi. *Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 2(2), 21–34.

Özdeniz, M. (1978). *Rüzgarla İtilen Yağmurun Yapılardaki Sorunları ve Rüzgarla İtilen Yağmur Şiddetin Hesaplanması İçin Bir Yöntem*. Doktora Sonrası Araştırma Projesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Parsons, K. (2014). *Human Thermal Environments: The Effects of Hot, Moderate, and Cold Environments on Human Health, Comfort, And Performance*. (3 rd edition). London: CRC Press, 277-331.

Passe, U. ve Battaglia, F. (2015a). *Designing Spaces for Natural Ventilation An Architect's Guide* (1st edition). New York, Routledge, 30-33.

Passe, U. ve Battaglia, F. (2015b). *Designing Spaces for Natural Ventilation An Architect's Guide*. (1st edition). New York, Routledge, 35-45.

Poirazis, H. (2004). Double Skin Façades for Office Buildings - Literature Review. *Division of Energy and Building Design Department of Construction and Architecture Lund Institute of Technology*. Sweden, 11-51.

Rabeharivelo, R. (2021). *Geleneksel Rüzgar Kulesi Aracılığıyla Havalandırılan Bir Sınıf Mekanının Termal Konfor Açısından Simülasyon Yöntemi İle Araştırılması: Trabzon Örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Radhi, H., Sharples, S. ve Fikiry, F. (2013). Will multi-facade systems reduce cooling energy in fully glazed buildings? A scoping study of UAE buildings. *Energy and Buildings*, 56, 179–188.

Rahmani, B., Kandar, M. zin ve Rahmani, P. (2012). How Double Skin Façade's Air-Gap Sizes Effect on Lowering Solar Heat Gain in Tropical Climate? *World Applied Sciences Journal* , 18, 774–778.

Rajapaksha, I., Nagai, H. ve Okumiya, M. (2003). A ventilated courtyard as a passive cooling strategy in the warm humid tropics. *Renewable Energy*, 28(11), 1755–1778.

Rapoport, A. (1969). *House Form and Culture*. (1st edition). Ann Arbour, USA: Prentice-Hall, 54-55.

Ratti, C., Raydan, D. ve Steemers, K. (2003). Building form and environmental performance: archetypes, analysis and an arid climate. *Energy and Buildings*, 35(1), 49–59.

Resmi Gazete. (2017). *Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği, 3194 sayılı İmar Kanunu, Birinci Bölüm, Avlu tanımı*.

Reynolds, J. (2002). *Courtyards: Aesthetic, Social, and Thermal Delight*. Canada: Wiley, 14-18.

Rezzoug, I. ve Boussora, K. (2021). The architectural experience of the Kasbah of Algiers: Insights from le Corbusier's experience and neuroarchitecture. *Spatium*, (45), 67–78.

Roaf, Sue. (1988). *The wind catcher of Yazd*. PhD Thesis, Department of architecture Oxford Polytechnic, Oxford, UK.

Roaf, Susan ve Day, C. (2007). *Ecohouse: A Design Guide*. (1st edition.). London: Routledge, 50-52.

Şabanoğlu, Ö. (2018). *Toplu konut yerleşimlerindeki açık alanlarda rüzgarın kullanıcı konforuna etkisinin analizi ve değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Sabbagh Helali, S. (2019). *Geleneksel İran Evlerinde Sürdürülebilir Mimarlık Açısından Avlunun Rolü*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Aydın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Sacht, H. ve Lukiantchuki, M. A. (2017). Windows Size and the Performance of Natural Ventilation. *Procedia Engineering*, 196, 972–979.

Safarzadeh, H. ve Bahadori, M. N. (2004). Passive cooling effects of courtyards. *Building and Environment*, 40(1), 89–104.

Samuels, W. (2011). *Performance and Permeability: An Investigation of the Mashrabiya for Use within the Gibson Desert in Australia* . The Degree of Master School of Architecture and Design of Victoria University, New Zealand.

Sancar, M. C. (2022). *Antalya ili biyoklimatik konfor şartlarının coğrafi bilgi sistemleri tabanlı analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Nevşehir.

Santamouris, M. (1998). *Natural Ventilation in Buildings A Design Handbook. Design Guidelines and Technical Solutions for Natural Ventilation*. London: James & James Science Publishers, 77.

Santamouris, M. (2006). *Building Ventilation*. (1st edition). London: Routledge, 222-236.

Saxon, R. (1986). *Atrium Buildings Development and Design*. (2nd edition). London: The Architectural Press, 70-85.

Say Özer, Y., Özer, N. O. ve Kutlutan, A. R. (2009). İran'ın Yazd Kentinde İklimsel Özelliklerin Kullanımı ve Mimari Çözümler: Rüzgar Bacaları. *XXI. Uluslararası Yapı ve Yaşam Kongresi*, 375–380.

Sayigh, A. A. . (1979). *Solar Energy Application In Buildings*. (1st edition). New York: Academic Press, 56-75.

Seckin, N. P. (2018). Environmental control in architecture by landscape design. *A/Z : ITU journal of Faculty of Architecture*, 15(2), 197–211.

Semizoğlu, R. (2009). *Rüzgar türbinlerinin gökdelen mimarisine etkisinin tipolojik incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Senga, H., Umemoto, H. ve Akimoto, H. (2022). Verification of Tilt Effect on the Performance and Wake of a Vertical Axis Wind Turbine by Lifting Line Theory Simulation. *Energies*, 15(19), 6939.

Sev, A. (2009a). *Sürdürülebilir Mimarlık*. İstanbul: Yem Yayınları, 25-30.

Sev, A. (2009b). *Sürdürülebilir Mimarlık*. İstanbul: Yem Yayınları, 42.

Sev, A. ve Özgen, A. (2003). Yüksek Binalarda Sürdürülebilirlik ve Doğal Havalandırma. *Yapı Dergisi*, 262(9), 92–99.

Sevim, N. (2017). *Atriumlu Yapılarda Doğal Havalandırma*. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Sevim, N. ve Engin, N. (2019). Atriumlu Ofislerde Doğal Havalandırma "Ilıman İklim Örneği". *Online Journal of Art and Design*, 7(2), 16–26.

Shepherd, D. G. (2009). Historical Development of the Windmill. *Wind Turbine Technology: Fundamental Concepts in Wind Turbine Engineering, Second Edition*, Ithaca: ASME Press, 40-46.

Tabesh, T. (2016). *Economic Assessment of Transparent Elements in The Integrated Use of Atrıum And Courtyard in Dıfferent Regions of Turkey*. Ph.D Thesis, İstanbul Technical University Graduate School Of Science Engineering And Technology, İstanbul.

Taşkan, D. ve Ismaeel, A. (2022). Mimari Bir Eleman: Maşrabiye. *Art-Sanat*, 0(17), 475–496.

Tohidi, S. (2022). *Pasif havalandırma tasarımında geleneksel mimari yöntemlerinin kullanımı ve mevcut eğitim binalarında iç mekan hava optimizasyonu için bir yöntem*. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Torres, M., Alavedra, P., Cuerva, E., Planas, C., Alavedra, P., Guzmán, A., … Escalona, V. (2007). Double Skin Facades-Cavity and Exterior Openings Dimensions for Saving Energy on Mediterranean Climate. *Building Simulation*, 10, 714–738.

Tosun, S. (2010). *Bütünleşik mimarlık sistemleri: Rüzgar türbinlerinin yüksek binalar ile bütünleşik tasarımı*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

TS EN ISO 7730. (2006). *Orta dereceli termal ortamlar- Pmv ve ppd indislerinin tayini termal rahatlık için şartların belirlenmesi*. Ankara.

TS3419. (2002). *Havalandırma ve klimlendirme tesislerinin projelendirilmesi kuralları*. Ankara.

Udin, A. ve Rajuddin, M. R. (2008). Physical environment in school setting: Conceptual reviews. *In Seminar Penyelidikan Pendidikan Pasca Ijazah*, 2008, 25–27.

İnternet : United States Environmental Protection Agency. (2016). Climate Impacts on Energy. URL: https://www.epa.gov/climateimpacts/climate-change-impacts-energy#:~:text=Our energy system is vulnerable,rise%2C hurricanes%2C and wildfires. Son Erişim Tarihi: 02.05.2023

İnternet: Beaufort (Bofor) Rüzgâr Iskalası. URL: https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/makale/beaufort.pdf. Son Erişim Tarihi: 08.09.2023

İnternet: Zion Visitor Center. *The American Institute of Architects*. URL: https://www.aiatopten.org/node/202. Son Erişim Tarihi: 05.05.2023

İnternet: One Ocean, Thematic Pavilion EXPO 2012 / soma. URL: https://www.archdaily.com/236979/one-ocean-thematic-pavilion-expo-2012-soma. Son Erişim Tarihi: 10.05.2023

İnternet: Program Parametric Skin – One Ocean Thematic Pavilion Expo 2012. URL: https://www.iaacblog.com/programs/parametric-skin. Son Erişim Tarihi: 10.05.2023

İnternet: Sanıtas-Bupa/Madrid, Spain. URL: https://www.new-learn.info/packages/euleb/en/p23/index.html. Son Erişim Tarihi: 10.05.2023

İnternet: John and Frances Angelos Law Center / Behnisch Architekten + ASG. URL: https://www.archdaily.com/409062/john-and-frances-angelos-law-center-behnisch-architekten. Son Erişim Tarihi: 10.05.2023

İnternet: Biosciences Research Building. *The American Institute of Architects*. URL: https://www.aiatopten.org/node/517. Son Erişim Tarihi: 10.05.2023

İnternet: 04_Kensington_Oval. URL: https://en.wikiarquitectura.com/04_kensington_oval-2. Son Erişim Tarihi: 10.05.2023

İnternet: Kensington Oval. URL: https://www.architen.com/projects/kensington-oval. Son Erişim Tarihi: 10.05.2023

İnternet: INES - French National Solar Energy Institute / Atelier Michel Rémon + Agence Frédéric Nicolas. URL: https://www.archdaily.com/605566/ines-french-national-solar-energy-institute-atelier-michel-remon-agence-frederic-nicolas. Son Erişim Tarihi: 11.05.2023

İntternet: Unipol Group Headquarters. URL: https://www.pinsupinsheji.com/h-nd-1517.html. Son Erişim Tarihi: 20.05.2023

İnternet: Tarihten Bugüne Rüzgâr Yakalayıcılar URL: https://mimdap.org/2021/11/tarihten-bu-gune-ruzgar-yakalayicilar. Son Erişim Tarihi: 20.06.2023

İnternet: Wind Tower / AGi Architects. URL: https://www.archdaily.com/876432/wind-tower-agi-architects. Son Erişim Tarihi: 20.06.2023

İnternet: Akil Sami House/Hassan Fathy. URL: https://www.shareyourgreendesign.com/case/akil-sami-house. Son Erişim Tarihi: 25.06.2023

İnternet: Hospital (Bimaristan) Nur al-Din. URL: https://islamicart.museumwnf.org/database_item.php?id=monument;isl;sy;mon01;15;en. Son Erişim Tarihi: 25.06.2023

İnternet: Korkmodell vom Haus des Menander.jpg. URL: https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Korkmodell_vom_Haus_des_Menander.jpg. Son Erişim Tarihi: 25.06.2023

İnternet: House Of The Menander. URL: http://pompeiisites.org/en/archaeological-site/house-of-the-menander/#:~:text=The peristyle is rhodium-shaped,playwriter%2C placed in the portico. Son Erişim Tarihi: 01.09.2023

İnternet: Adana İli iklimsel verileri. URL: https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=ADANA. Son Erişim Tarihi: 01.11.2023

İnternet: FNN Sustainability Center / Acararch. URL: https://www.archdaily.com/1002131/fnn-sustainability-center-acararch. Son Erişim Tarihi: 01.11.2023

İnternet: Windcatcher Section. URL: https://historiasdelahistoria.com/wordpress-2.3.1-ES-0.1-FULL/wp-content/uploads/2020/01/Torre-de-viento.png. Son Erişim Tarihi: 05.09.2023

İnternet: Bagh-e Dolat Abad Bahçesi Rüzgâr Kulesi. URL: https://tr.wikipedia.org/wiki/Devletabad_Bahçesi. Son Erişim Tarihi: 05.09.2023

İnternet: Design Detail: Enter the Zaguan. URL: https://www.houzz.com/magazine/design-detail-enter-the-zaguan-stsetivw-vs~16945924. Son Erişim Tarihi: 05.08.2023

İnternet: Analizamos la arquitectura china del hutong. URL: https://www.experienciaenchina.com/analizamos-la-arquitectura-china-del-hutong. Son Erişim Tarihi: 05.08.2023

İnternet: In Progress: Hostel, Company Retreat and Training Center / Zoka Zola Architecture + Urban Design. URL: https://www.archdaily.com/134490/in-progress-hostel-company-retreat-and-training-center-zoka-zola-architecture-urban-design?ad_source=search&ad_medium=projects_tab&ad_source=search&ad_medium=search_result_all. Son Erişim Tarihi: 02.05.2023

İnternet: Dano Secondary School. URL: https://www.kerearchitecture.com/work/building/dano-secondary-school. Son Erişim Tarihi: 02.05.2023

İnternet: Zénith de St Etienne. URL: https://www.fosterandpartners.com/projects/zenith-de-st-etienne. Son Erişim Tarihi: 02.05.2023

Uuttu, S. (2001). *Study Of Current Structures In Double-Skın Façades*. Master Thesis Helsinki University Of Technology, Finland.

Vahdatpour, S. ve Ariaei, A. R. (2020). Effect of Air-Shaft Partition Walls' Arrangement on Structural Behaviour and Construction Technology of Wind Catchers in Iran. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, 15(6), 793–803.

Vethanayagam, V. ve Abu-Hijleh, B. (2019). Increasing efficiency of atriums in hot, arid zones. *Frontiers of Architectural Research*, 8(3), 284–302.

Watson, D. ve Labs, K. (1993a). *Climatic Building Design: Energy-Efficient Building Principles and Practices*. New York: McGraw Hill, 56-57.

Watson, D. ve Labs, K. (1993b). *Climatic Building Design: Energy-Efficient Building Principles and Practices*. New York: McGraw Hill, 60.

Wood, A. ve Salib, R. (2012). *Guide To Natural Ventilation in High Rise Office Buildings*. USA: Routledge, 87.

Wood, A. ve Salib, R. (2013). *Natural Ventilation in High-Rise Office Buildings*. (S. Henry, Ed.) (1th bs.). New York: Routledge, 87-95.

Yağlıca, A. Ö. (2022). *Enerji verimliliği bağlamında yapı tasarım kriterleri ve yeşil bina sertifikalandırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.

Yardımlı, S., Shahriary, A. ve Güleç Özer, D. (2018). Sürdürülebilir Yapı Örneği Olarak Yazd'da Konut Analizi. *Online Journal of Art and Design*, 6(5), 39–54.

Yaşa, E. (2004). *Avlulu binalarda doğal havalandırma ve soğutma açısından rüzgar etkisi ile oluşacak hava akımlarına yüzey açıklıklarının etkisinin deneysel incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Yavaş, F. S. (2019). *Binalarda Doğal Havalandırma Performansının Bina Bilgi Modelleme Yöntemi ile İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.

Yeang, K. (2012). *Ekotasarım: Ekolojik Tasarım Rehberi*. (1. baskı). İstanbul, Yem Kitabevi, 286-295.

Yeşilli, G. (2016). *Gelişmiş Cephe Sistemlerinin Ekolojik Enerji Etkin Tasarım Çerçevesinde İncelenmesi, İklim Verilerine Göre Değişimi ve Geleceğe Yönelik Öngörüler*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Yetiş, C. ve Tuna Kayılı, M. (2020). *Atriumlu Yapılarda Isıl Konfor ve Doğal Havalandırma İlkelerinin İncelenmesi*, 2. International ICONTECH SYMPOSIUM on Innovative Surveys in Positive Sciences. Budapest, Hungary, 216-231.

Yunus, J., Ahmad, S. S. ve Zain-Ahmed, A. (2010). *Analysis of atrium's architectural aspects in office buildings under tropical sky conditions*. 2010 International Conference on Science and Social Research (CSSR 2010). Kuala Lumpur, Malaysia, 536-541.

Yuyucu, İ. (2016). *Bilgisayar analiz yöntemleriyle, yapılarda doğal havalandırma sistemlerinin örnekler üzerinden incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Beykent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Zadeh, A. H. (2018). *Konut yapılarında doğal havalandırmanın önemi ve badgir bağlamında günümüz koşullarında değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

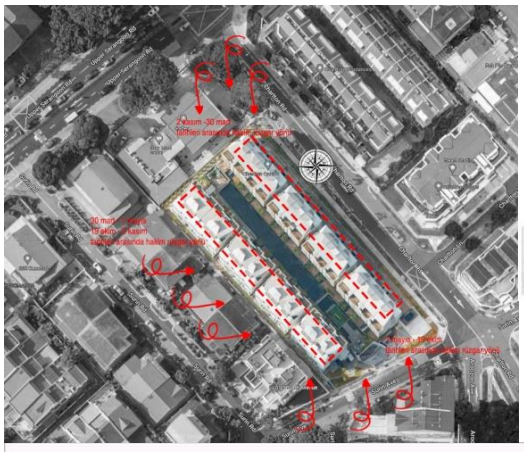
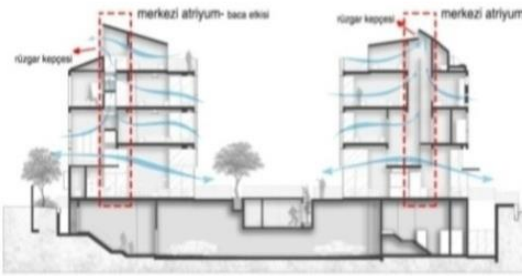
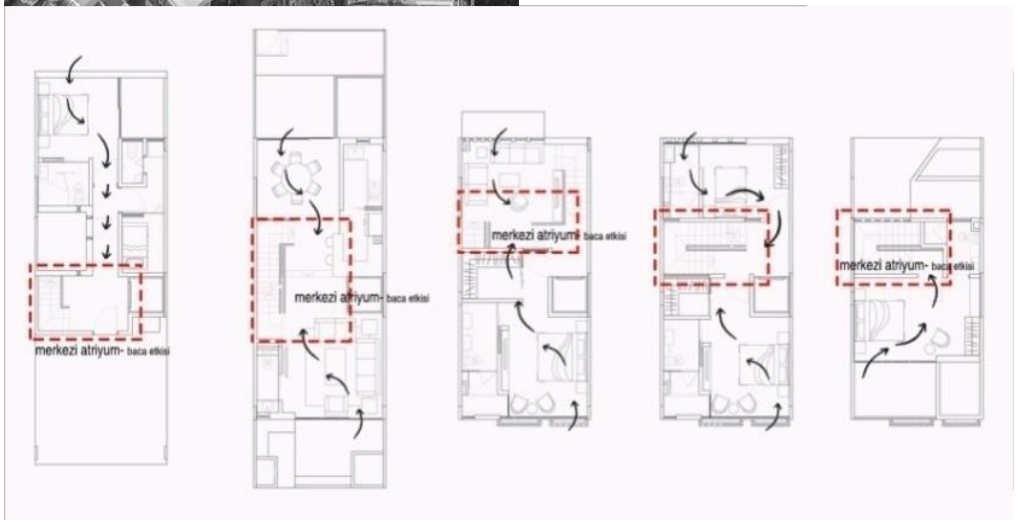
Zorer, G. (1992). *Yapılarda Isısal Tasarım lkeleri*. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Yayınları, 30-42.

EKLER

EK-1. Charlton 27 Binası analiz tablosu

Genel Bilgiler	Yapı Künyesi	Yapının adı	Charlton 27	
		Konum	Singapur	
		Yapım yılı	2016	
		İşlev	Konut	
		Kat sayısı	4	
		Mimar	Warren Liu Yaw Lin, Darlene Smyth, Najeeb Rahmat, Anna Manrique	
	İklimsel Veriler	İklim türü	Tropikal/nemli	
		Nem	Hissedilen nem oranı yıl boyunca önemli ölçüde değişiklik göstermez ve yıl boyu %100 düzeyiyle neredeyse sabit kalır.	
		Ortalama sıcaklık	28	
		Ortalama rüzgâr hızı	5 Aralık- 9 Mart 12,6 kilometre/saat ocak ayı 16,6 kilometre/saat Nisan ayı 8,6 kilometre/saat	
		Hâkim rüzgâr yönü	Kuzey-güney-doğu	
Havalandırma ilkeleri	Havalandırma sistemi		Doğal Havalandırma	x
			Mekanik Havalandırma	
	Havalandırma yöntemi		Tek taraflı havalandırma	
			Karşılıklı (çapraz) havalandırma	x
			Baca etkisi	x
	Rüzgârın kullanımı		Aktif (rüzgâr türbini)	
			Pasif (havalandırma, tasarım)	x
	Yapı Geometrisinde havalandırma elemanı		Avlulu Plan	x
			Atriumlu Plan	x
			Kat bahçeleri	
			Açık Form Plan	
			Aerodinamik Form	
	Çatı formunda havalandırma elemanı		Hava akışına yön veren yükselen çatı	
			Yükseltilmiş çatı (Soğuk çatı)	
			Rüzgâr Kepçeleri	x
			Çatı Kanatları	
	Cephede havalandırma elemanı		Pencere Düzenlemeleri	
			Çift Cephe	
			Kinetik Cephe	
			Rüzgâr kuleleri	x
	Tasarımda uygulanan doğal havalandırma kararları		Avlu Merkezi atrium Rüzgâr kepçesi	

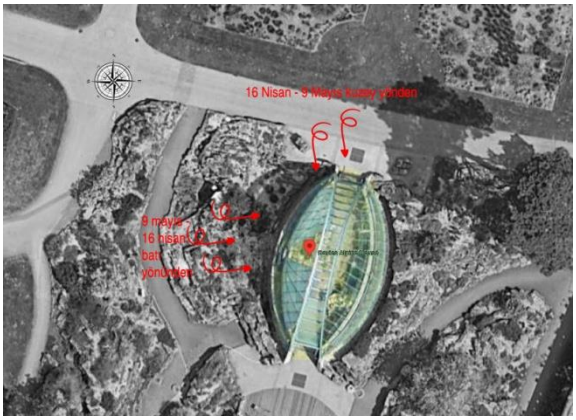
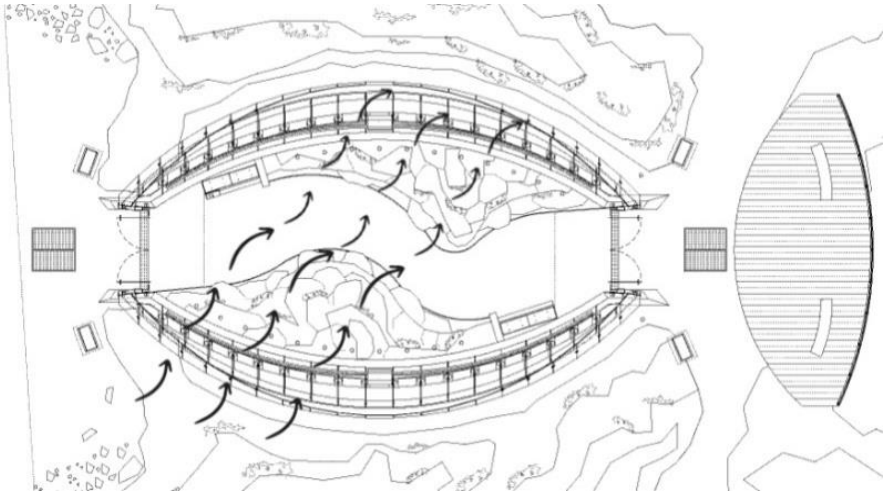
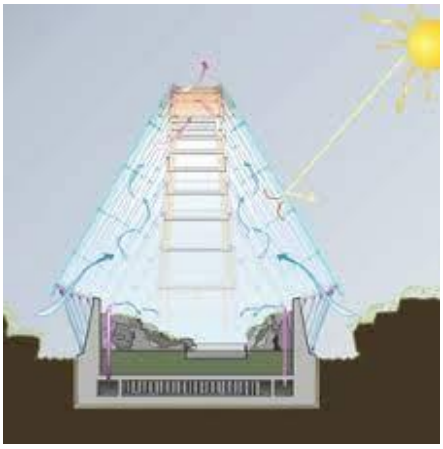
EK-1. (devam) Charlton 27 Binası analiz tablosu

Tasarım analizi	    

EK-2. Davies Alpine House Binası analiz tablosu

Genel Bilgiler	Yapı Künyesi	Yapının adı	Davies Alpine House	
		Konum	Londra	
		Yapım yılı	2006	
		İşlev	Sera	
		Kat sayısı	1	
		Mimar	Wilkinson Eyre Architects	
	İklimsel Veriler	İklim türü	ılıman okyanus	
		Nem	Hissedilen nem oranı yıl boyunca önemli ölçüde değişiklik göstermez ve yıl boyu %0 düzeyiyle neredeyse sabit kalır.	
		Ortalama sıcaklık	12	
		Ortalama rüzgâr hızı	18,5 kilometre/saat	
		Hâkim rüzgâr yönü	Kuzey-doğu	
Havalandırma ilkeleri	Havalandırma sistemi		Doğal Havalandırma	x
			Mekanik Havalandırma	
	Havalandırma yöntemi		Tek taraflı havalandırma	
			Karşılıklı (çapraz) havalandırma	x
			Baca etkisi	x
	Rüzgârın kullanımı		Aktif (rüzgâr türbini)	
			Pasif (havalandırma, tasarım)	x
	Yapı Geometrisinde havalandırma elemanı		Avlulu Plan	
			Atriumlu Plan	
			Kat bahçeleri	
			Açık Form Plan	
			Aerodinamik Form	x
	Çatı formunda havalandırma elemanı		Hava akışına yön veren yükselen çatı	x
			Yükseltilmiş çatı (Soğuk çatı)	
			Rüzgâr Kepçeleri	
			Çatı Kanatları	
	Cephede havalandırma elemanı		Pencere Düzenlemeleri	
			Çift Cephe	
			Kinetik Cephe	
			Rüzgâr kuleleri	
	Tasarımda uygulanan doğal havalandırma kararları		Soğutma amaçlı yer altında kurgulanmış çift beton levha İkiz kemerler ile yığın etkisi	

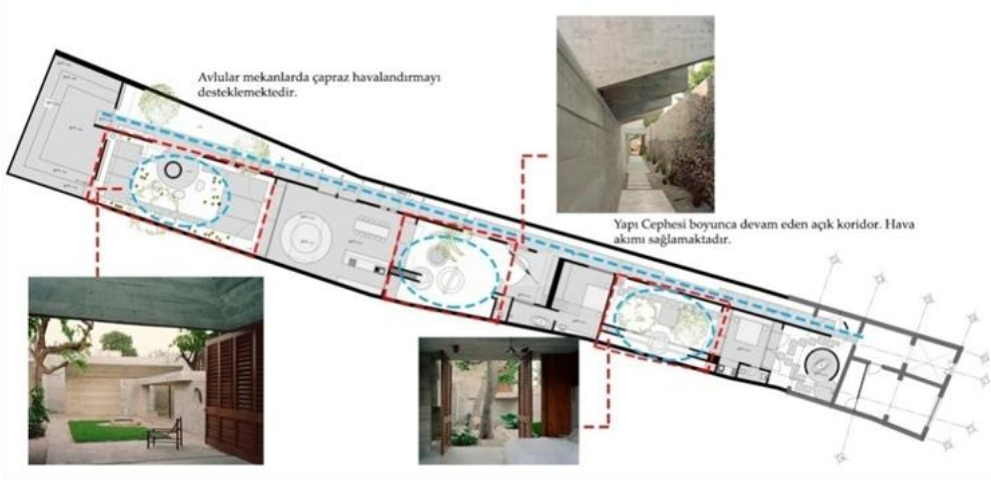
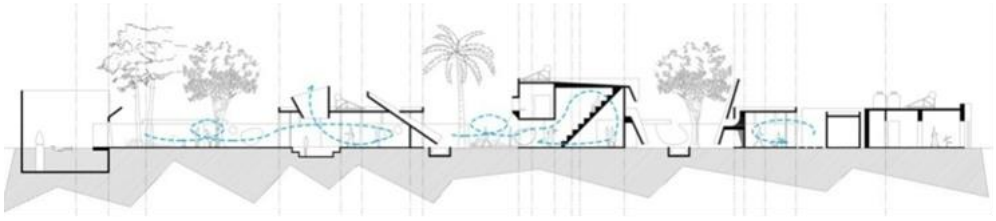
EK-2. (devam) Davies Alpine House Binası analiz tablosu

Tasarım analizi	   

EK-3. Merida House Binası analiz tablosu

Genel Bilgiler	Yapı Künyesi	Yapının adı	Merida House	
		Konum	Merida, Meksika	
		Yapım yılı	2018	
		İşlev	Konut	
		Kat sayısı	1	
		Mimar	Ludwig Godefroy Mimarlık	
	İklimsel Veriler	İklim türü	Step iklimi (sıcak-nemli)	
		Nem	%66.83	
		Ortalama sıcaklık	26,5	
		Ortalama rüzgâr hızı	6,9 kilometre/saat	
		Hâkim rüzgâr yönü	Doğu	
Havalandırma ilkeleri	Havalandırma sistemi		Doğal Havalandırma	x
			Mekanik Havalandırma	
	Havalandırma yöntemi		Tek taraflı havalandırma	
			Karşılıklı (çapraz) havalandırma	x
			Baca etkisi	
	Rüzgârın kullanımı		Aktif (rüzgâr türbini)	
			Pasif (havalandırma, tasarım)	x
	Yapı Geometrisinde havalandırma elemanı		Avlulu Plan	x
			Atriumlu Plan	
			Kat bahçeleri	
			Açık Form Plan	x
			Aerodinamik Form	
	Çatı formunda havalandırma elemanı		Hava akışına yön veren yükselen çatı	
			Yükseltilmiş çatı (Soğuk çatı)	
			Rüzgâr Kepçeleri	
			Çatı Kanatları	
	Cephede havalandırma elemanı		Pencere Düzenlemeleri	x
			Çift Cephe	
			Kinetik Cephe	
			Rüzgâr kuleleri	
	Tasarımda uygulanan doğal havalandırma kararları		Yapı çeperinde devam eden hava akışını destekleyen açık koridor Mekanlar arası çapraz havalandırmayı destekleyen 3 adet avlu	

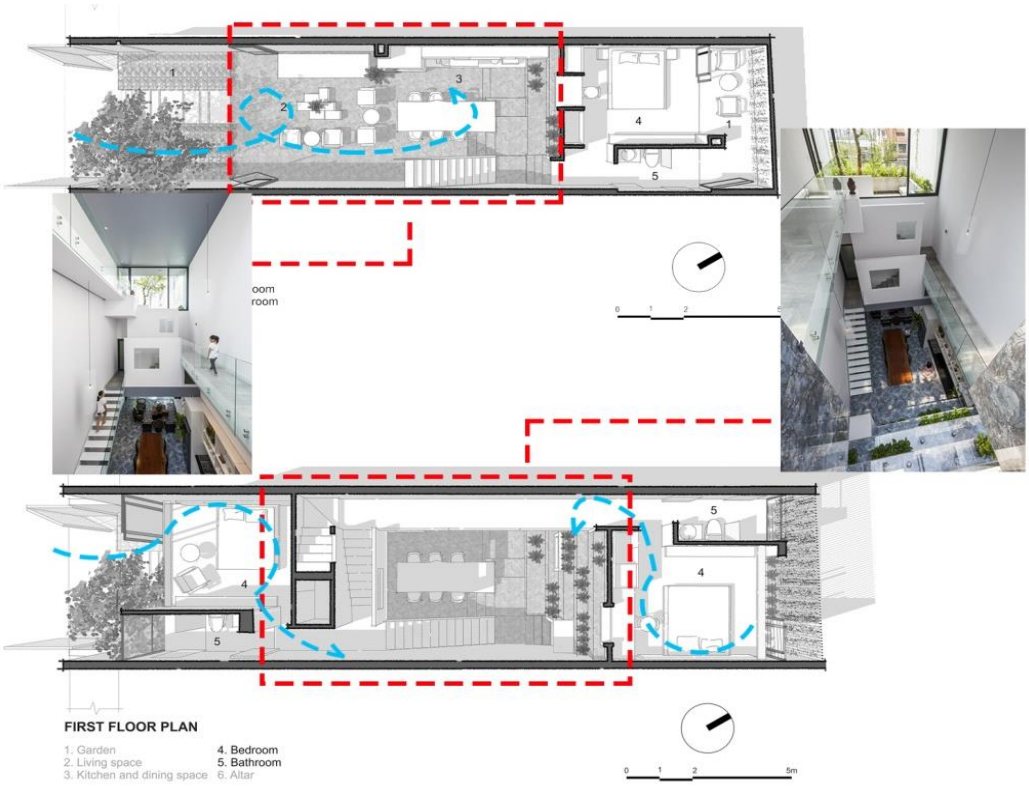
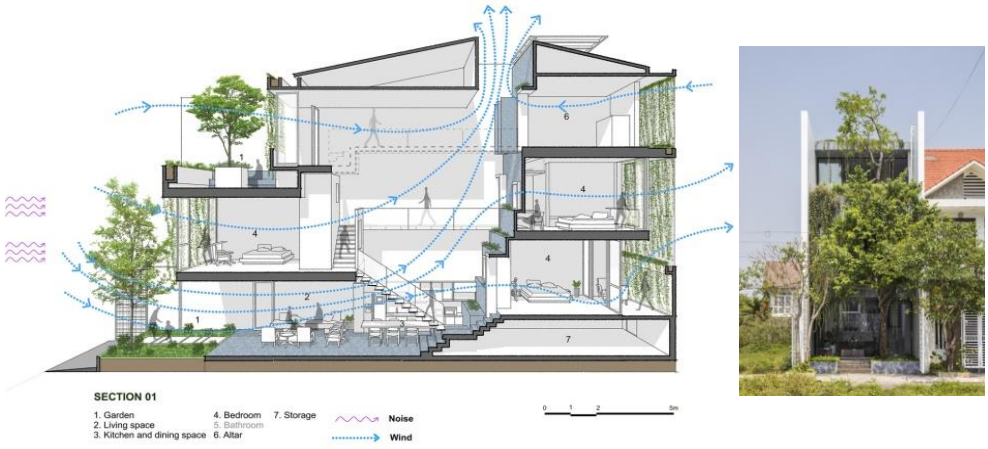
EK-3. (devam) Merida House Binası analiz tablosu

Tasarım analizi	   

EK-4. The Flow of Time House Binası analiz tablosu

Genel Bilgiler	Yapı Künyesi	Yapının adı	The Flow of Time House	
		Konum	Vietnam	
		Yapım yılı	2018	
		İşlev	Konut	
		Kat sayısı	3	
		Mimar	MW archstudio	
	İklimsel Veriler	İklim türü	Sıcak- nemli	
		Nem	En bunaltıcı dönem 11 Şubat- 22 Aralık dönemdir. Rahatlık düzeyi en az %64 civarında bunaltıcı, basık veya dayanılmaz olmaktadır.	
		Ortalama sıcaklık	29,6	
		Ortalama rüzgâr hızı	12,8 km/sa	
		Hâkim rüzgâr yönü	Güney, doğu	
Havalandırma ilkeleri	Havalandırma sistemi		Doğal Havalandırma	
			Mekanik Havalandırma	x
	Havalandırma yöntemi		Tek taraflı havalandırma	
			Karşılıklı (çapraz) havalandırma	x
			Baca etkisi	x
	Rüzgârın kullanımı		Aktif (rüzgâr türbini)	
			Pasif (havalandırma, tasarım)	
	Yapı Geometrisinde havalandırma elemanı		Avlulu Plan	
			Atriumlu Plan	x
			Kat bahçeleri	
			Açık Form Plan	
			Aerodinamik Form	
	Çatı formunda havalandırma elemanı		Hava akışına yön veren yükselen çatı	
			Yükseltilmiş çatı (Soğuk çatı)	
			Rüzgâr Kepçeleri	
			Çatı Kanatları	
	Cephede havalandırma elemanı		Pencere Düzenlemeleri	x
			Çift Cephe	
			Kinetik Cephe	
			Rüzgâr kuleleri	
	Tasarımda uygulanan doğal havalandırma kararları		Merkezi atrium Hava akışını destekleyen tampon bölgeler	

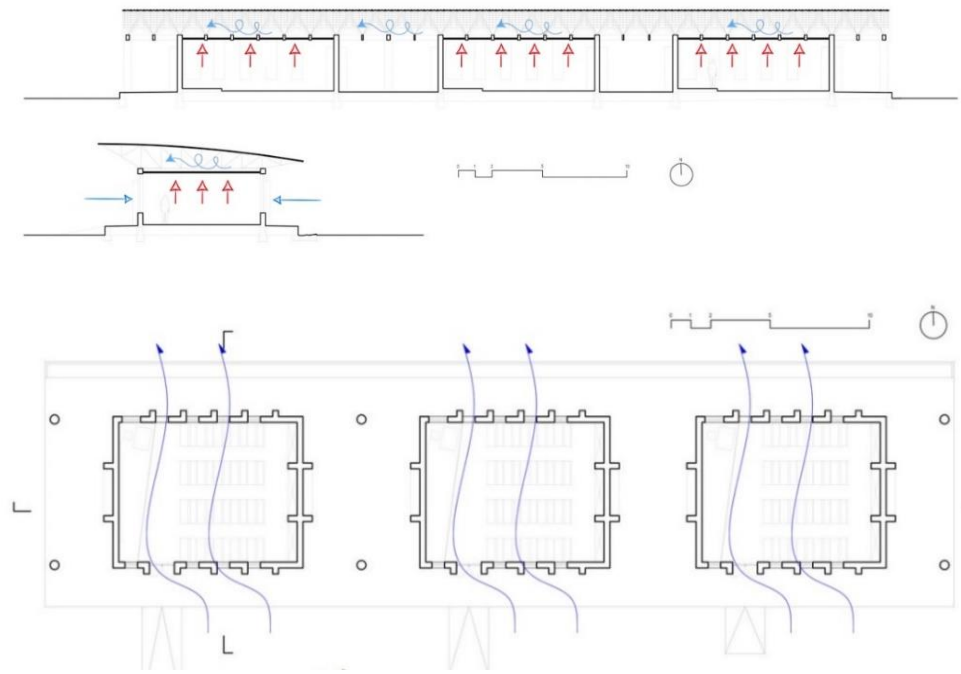
EK-4. (devam) The Flow of Time House Binası analiz tablosu

Tasarım analizi	 

EK-5. Gando Primary School Binası analiz tablosu

Genel Bilgiler	Yapı Künyesi	Yapının adı	Gando Primary School	
		Konum	Gando, Burkına Faso	
		Yapım yılı	2001	
		İşlev	Okul	
		Kat sayısı	1	
		Mimar	Kéré Architecture	
	İklimsel Veriler	İklim türü	Sıcak-kuru	
		Nem	Nisan-Kasım arasında rahatlık düzeyi en az %25 bunaltıcı, basık ve dayanılmaz.	
		Ortalama sıcaklık	Yıl Ort. 35	
		Ortalama rüzgâr hızı	10,3 km/sa	
		Hâkim rüzgâr yönü	Güney, doğu	
Havalandırma ilkeleri	Havalandırma sistemi		Doğal Havalandırma	x
			Mekanik Havalandırma	
	Havalandırma yöntemi		Tek taraflı havalandırma	
			Karşılıklı (çapraz) havalandırma	x
			Baca etkisi	
	Rüzgârın kullanımı		Aktif (rüzgâr türbini)	
			Pasif (havalandırma, tasarım)	
	Yapı Geometrisinde havalandırma elemanı		Avlulu Plan	
			Atriumlu Plan	
			Kat bahçeleri	
			Açık Form Plan	x
			Aerodinamik Form	
	Çatı formunda havalandırma elemanı		Hava akışına yön veren yükselen çatı	
			Yükseltilmiş çatı (Soğuk çatı)	x
			Rüzgâr Kepçeleri	
			Çatı Kanatları	
	Cephede havalandırma elemanı		Pencere Düzenlemeleri	x
			Çift Cephe	
			Kinetik Cephe	
			Rüzgâr kuleleri	
	Tasarımda uygulanan doğal havalandırma kararları		Soğuk çatı (Yükseltilmiş çatı) (yapıdan koparılmış çatı ve üst örtüde kuru istiflenmiş tuğla tavan çatı arasından rüzgârın geçişine imkân veriyor, mekâna giren hava çatıdaki tuğla boşluklarından çekiliyor.)	

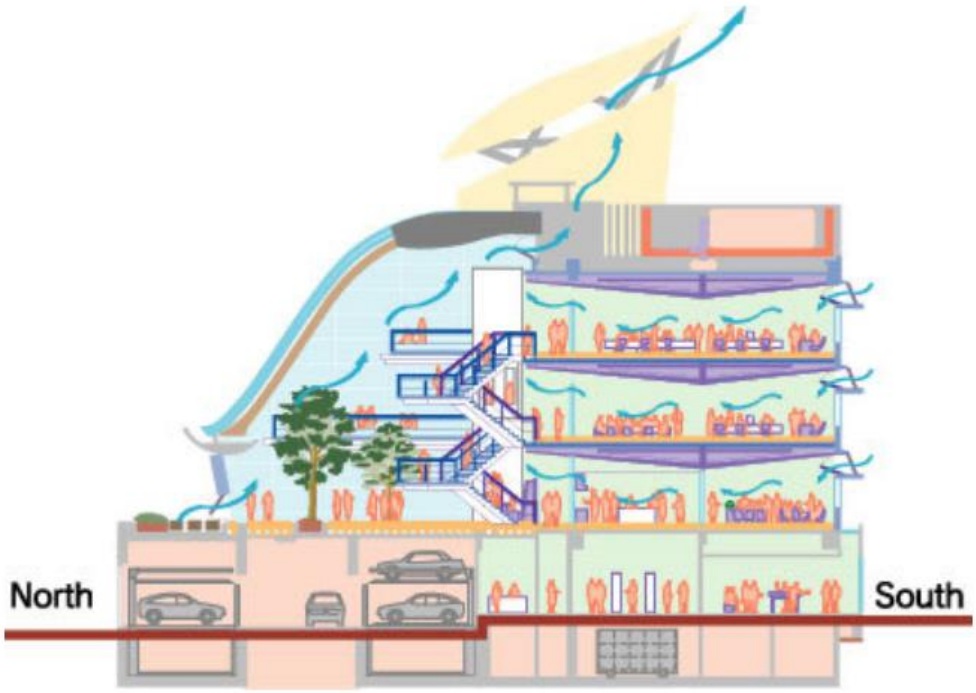
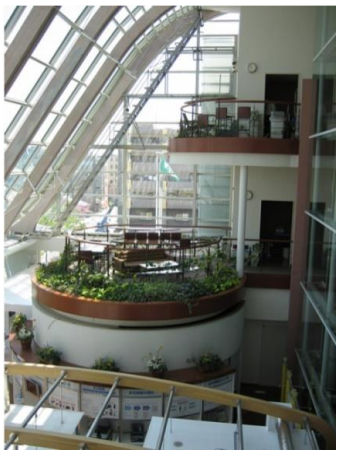
EK-5. (devam) Gando Primary School Binası analiz tablosu

Tasarım analizi	  

EK-6. Tokyo Gas Kouhoku NT Binası analiz tablosu

Genel Bilgiler	Yapı Künyesi	Yapının adı	Tokyo Gas Kouhoku NT Building	
		Konum	Japonya	
		Yapım yılı	1996	
		İşlev	Ofis	
		Kat sayısı	4	
		Mimar	Nikken Sekkei Ltd.	
	İklimsel Veriler	İklim türü	Sıcak- nemli	
		Nem	Yılın en bunaltıcı dönemi 3,8 ay boyunca 8 Haziran-1 Ekim aralığındadır rahatlık düzeyi en az %24 bunaltıcı, basık veya dayanılmaz olmaktadır.	
		Ortalama sıcaklık	Sıcak aylarda: 28	
		Ortalama rüzgâr hızı	14,1 km/sa	
		Hâkim rüzgâr yönü	Kuzey-güney	
Havalandırma ilkeleri	Havalandırma sistemi		Doğal Havalandırma	x
			Mekanik Havalandırma	x
	Havalandırma yöntemi		Tek taraflı havalandırma	
			Karşılıklı (çapraz) havalandırma	x
			Baca etkisi	x
	Rüzgârın kullanımı		Aktif (rüzgâr türbini)	
			Pasif (havalandırma, tasarım)	x
	Yapı Geometrisinde havalandırma elemanı		Avlulu Plan	
			Atriumlu Plan	x
			Kat bahçeleri	
			Açık Form Plan	x
			Aerodinamik Form	
	Çatı formunda havalandırma elemanı		Hava akışına yön veren yükselen çatı	x
			Yükseltilmiş çatı (Soğuk çatı)	
			Rüzgâr Kepçeleri	
			Çatı Kanatları	
	Cephede havalandırma elemanı		Pencere Düzenlemeleri	x
			Çift Cephe	
			Kinetik Cephe	
			Rüzgâr kuleleri	
	Tasarımda uygulanan doğal havalandırma kararları		Hafif Rafların Üstü Havalandırma Pencereleri Ekolojik Çekirdek ve Merdiven (baca etkisi) Çapraz havalandırmayı destekleyen havalandırma pencereleri	

EK-6. (devam) Tokyo Gas Kouhoku NT Binası analiz tablosu

Tasarım analizi	  

EK-7. Richmond Housing Cooperative Binası analiz tablosu

Genel Bilgiler	Yapı Künyesi	Yapının adı	60 Richmond Housing Cooperative	
		Konum	Toronto / Canada	
		Yapım yılı	2010	
		İşlev	Konut	
		Kat sayısı	10	
		Mimar	Teeple Architects	
	İklimsel Veriler	İklim türü	ılıman	
		Nem	Hissedilen nem oranı yıl boyunca önemli ölçüde değişiklik göstermez ve yıl boyu %0 düzeyiyle neredeyse sabit kalır.	
		Ortalama sıcaklık	17	
		Ortalama rüzgâr hızı	18,37 km/sa	
		Hâkim rüzgâr yönü	Batı	
Havalandırma ilkeleri	Havalandırma sistemi		Doğal Havalandırma	x
			Mekanik Havalandırma	
	Havalandırma yöntemi		Tek taraflı havalandırma	
			Karşılıklı (çapraz) havalandırma	x
			Baca etkisi	x
	Rüzgârın kullanımı		Aktif (rüzgâr türbini)	
			Pasif (havalandırma, tasarım)	x
	Yapı Geometrisinde havalandırma elemanı		Avlulu Plan	
			Atriumlu Plan	x
			Kat bahçeleri	
			Açık Form Plan	
			Aerodinamik Form	
	Çatı formunda havalandırma elemanı		Hava akışına yön veren yükselen çatı	
			Yükseltilmiş çatı (Soğuk çatı)	
			Rüzgâr Kepçeleri	
			Çatı Kanatları	
	Cephede havalandırma elemanı		Pencere Düzenlemeleri	x
			Çift Cephe	
			Kinetik Cephe	
			Rüzgâr kuleleri	
	Tasarımda uygulanan doğal havalandırma kararları		Kat bahçeleri, düşey aks Merkezi atrium Yeşil çatı, dikey bahçe	

EK-7. (devam) Richmond Housing Cooperative Binası analiz tablosu

Tasarım analizi	

EK-8. The Gate Heliopolis Binası analiz tablosu

Genel Bilgiler	Yapı Künyesi	Yapının adı	The Gate Heliopolis	
		Konum	Cairo, Mısır	
		Yapım yılı	Devam ediyor	
		İşlev	Kompleks	
		Kat sayısı	12	
		Mimar	Vincent Callebaut Architectures	
	İklimsel Veriler	İklim türü	Sıcak, kuru	
		Nem	16 Haziran- 3 Ekim en bunaltıcı dönem ve bu dönemde rahatlık düzeyi en az %16 civarında bunaltıcı, basık veya dayanılmaz olmaktadır.	
		Ortalama sıcaklık	33	
		Ortalama rüzgâr hızı	14,5 km/sa	
		Hâkim rüzgâr yönü	Batı, kuzey	
Havalandırma ilkeleri	Havalandırma sistemi		Doğal Havalandırma	
			Mekanik Havalandırma	x
	Havalandırma yöntemi		Tek taraflı havalandırma	
			Karşılıklı (çapraz) havalandırma	x
			Baca etkisi	x
	Rüzgârın kullanımı		Aktif (rüzgâr türbini)	
			Pasif (havalandırma, tasarım)	x
	Yapı Geometrisinde havalandırma elemanı		Avlulu Plan	x
			Atriumlu Plan	
			Kat bahçeleri	
			Açık Form Plan	
			Aerodinamik Form	
	Çatı formunda havalandırma elemanı		Hava akışına yön veren yükselen çatı	
			Yükseltilmiş çatı (Soğuk çatı)	
			Rüzgâr Kepçeleri	x
			Çatı Kanatları	
	Cephede havalandırma elemanı		Pencere Düzenlemeleri	x
			Çift Cephe	
			Kinetik Cephe	
			Rüzgâr kuleleri	x
	Tasarımda uygulanan doğal havalandırma kararları		Avlulu plan şeması Rüzgâr kuleleri ve rüzgâr kepçesi Aerodinamik kabuk tasarımı	

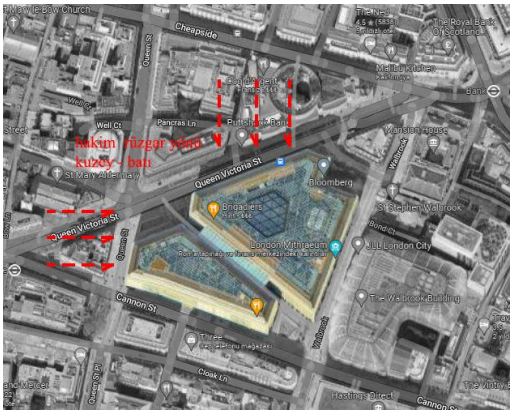
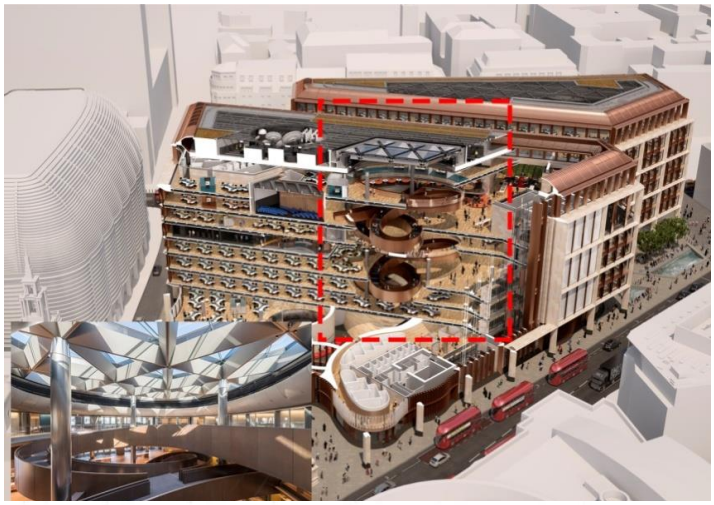
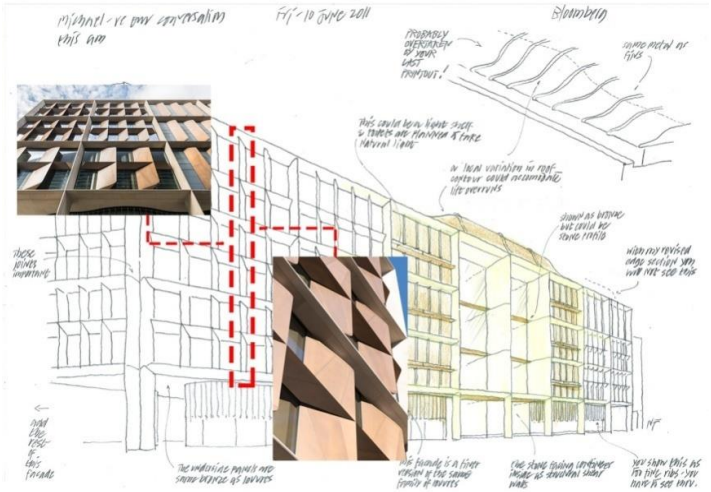
EK-8. (devam) The Gate Heliopolis Binası analiz tablosu

Tasarım analizi	 

EK-9. Bloomberg's European HQ Binası analiz tablosu

Genel Bilgiler	Yapı Künyesi	Yapının adı	Bloomberg's European HQ	
		Konum	London, United Kingdom	
		Yapım yılı	2017	
		İşlev	Kamu Binası	
		Kat sayısı	9	
		Mimar	Foster + Partners	
	İklimsel Veriler	İklim türü	Ilıman	
		Nem	Nem oranı yıl boyunca önemli ölçüde değişiklik göstermez ve yıl boyu %0 düzeyiyle neredeyse sabit kalır.	
		Ortalama sıcaklık	22	
		Ortalama rüzgâr hızı	18,425 km/sa	
		Hâkim rüzgâr yönü	Kuzey, batı	
Havalandırma ilkeleri	Havalandırma sistemi		Doğal Havalandırma	x
			Mekanik Havalandırma	x
	Havalandırma yöntemi		Tek taraflı havalandırma	x
			Karşılıklı (çapraz) havalandırma	x
			Baca etkisi	x
	Rüzgârın kullanımı		Aktif (rüzgâr türbini)	
			Pasif (havalandırma, tasarım)	x
	Yapı Geometrisinde havalandırma elemanı		Avlulu Plan	
			Atriumlu Plan	x
			Kat bahçeleri	
			Açık Form Plan	x
			Aerodinamik Form	
	Çatı formunda havalandırma elemanı		Hava akışına yön veren yükselen çatı	
			Yükseltilmiş çatı (Soğuk çatı)	
			Rüzgâr Kepçeleri	
			Çatı Kanatları	
	Cephede havalandırma elemanı		Pencere Düzenlemeleri	x
			Çift Cephe	x
			Kinetik Cephe	
			Rüzgâr kuleleri	
	Tasarımda uygulanan doğal havalandırma kararları		Atrium Cephede yer alan yüzgeçler not: Yüzgeçler, her bir cephenin ayrı bölmelerinde görünüşe, konuma ve güneşe maruz kalmaya göre geometri, yoğunluk ve ölçek bakımından farklılık gösterir. ayrıca yüzgeçlerin arka yüzünde açılabilir paneller vardır.)	

EK-9. (devam) Bloomberg's European HQ Binası analiz tablosu

Tasarım analizi	   

EK-10. Vox Vertical Village Binası analiz tablosu

Genel Bilgiler	Yapı Künyesi	Yapının adı	Vox Vertical Village	
		Konum	Temeşvar, Romanya	
		Yapım yılı	Devam ediyor	
		İşlev	Konut	
		Kat sayısı	10	
		Mimar	Vox Property Group	
	İklimsel Veriler	İklim türü	ılık- nemli	
		Nem	4 Haziran- 29 Ağustos en bunaltıcı aralıktır. Bu zaman zarfında rahatlık düzeyi en az %4 civarında bunaltıcı, basık veya dayanılmaz olmaktadır.	
		Ortalama sıcaklık	26	
		Ortalama rüzgâr hızı	11,63 km/sa	
		Hâkim rüzgar yönü	Kuzey, güney	
Havalandırma ilkeleri	Havalandırma sistemi		Doğal Havalandırma	x
			Mekanik Havalandırma	
	Havalandırma yöntemi		Tek taraflı havalandırma	x
			Karşılıklı (çapraz) havalandırma	x
			Baca etkisi	x
	Rüzgârın kullanımı		Aktif (rüzgâr türbini)	
			Pasif (havalandırma, tasarım)	x
	Yapı Geometrisinde havalandırma elemanı		Avlulu Plan	x
			Atriumlu Plan	x
			Kat bahçeleri	x
			Açık Form Plan	x
			Aerodinamik Form	
	Çatı formunda havalandırma elemanı		Hava akışına yön veren yükselen çatı	
			Yükseltilmiş çatı (Soğuk çatı)	
			Rüzgâr Kepçeleri	
			Çatı Kanatları	
	Cephede havalandırma elemanı		Pencere Düzenlemeleri	x
			Çift Cephe	
			Kinetik Cephe	
			Rüzgâr kuleleri	
	Tasarımda uygulanan doğal havalandırma kararları		Kat bahçeleri, kat koridorları Atrium Avlu	

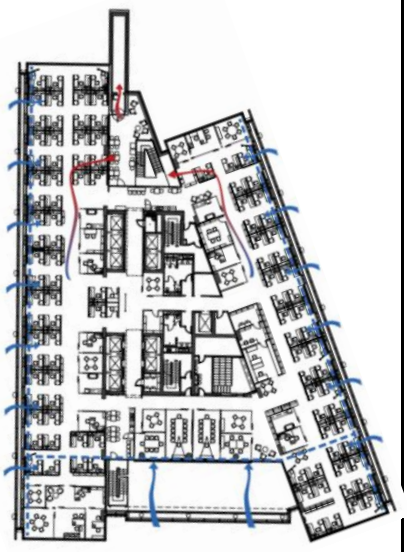
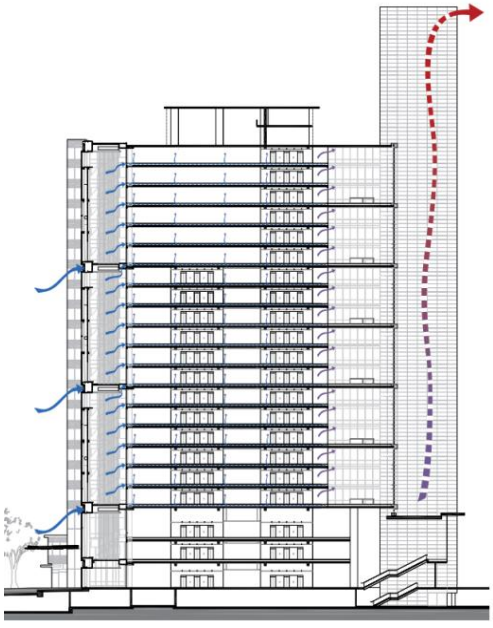
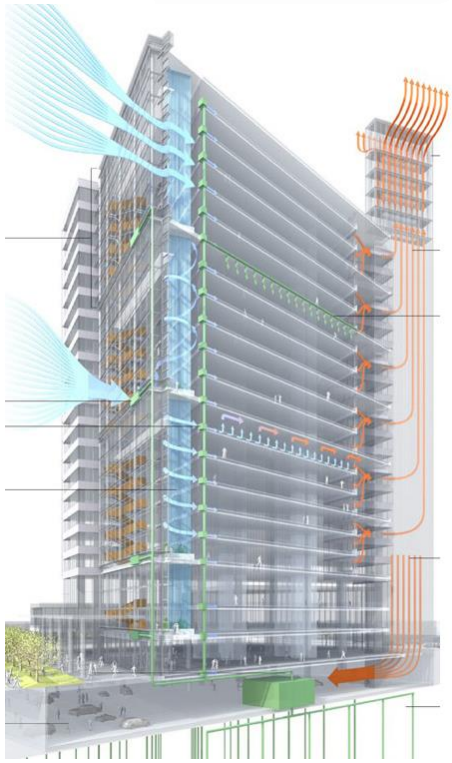
EK-10. (devam) Vox Vertical Village Binası analiz tablosu

Tasarım analizi	

EK-11. Manitoba Hydro Place Binası analiz tablosu

Genel Bilgiler	Yapı Künyesi	Yapının adı	Manitoba Hydro Place	
		Konum	Winnipeg, Canada	
		Yapım yılı	2008	
		İşlev	Ofis	
		Kat sayısı	22	
		Mimar	Kuwabara Payne McKenna Blumberg Architects	
	İklimsel Veriler	İklim türü	Soğuk	
		Nem	69% (sıcak aylarda); 77% (soğuk aylarda)	
		Ortalama sıcaklık	Yaz: 25 kış: -10	
		Ortalama rüzgâr hızı	Saniyede 4,7 metre	
		Hâkim rüzgâr yönü	Güney	
Havalandırma ilkeleri	Havalandırma sistemi		Doğal Havalandırma	x
			Mekanik Havalandırma	x
	Havalandırma yöntemi		Tek taraflı havalandırma	
			Karşılıklı (çapraz) havalandırma	x
			Baca etkisi	x
	Rüzgârın kullanımı		Aktif (rüzgâr türbini)	
			Pasif (havalandırma, tasarım)	x
	Yapı Geometrisinde havalandırma elemanı		Avlulu Plan	
			Atriumlu Plan	x
			Kat bahçeleri	
			Açık Form Plan	x
			Aerodinamik Form	
	Çatı formunda havalandırma elemanı		Hava akışına yön veren yükselen çatı	
			Yükseltilmiş çatı (Soğuk çatı)	
			Rüzgâr Kepçeleri	
			Çatı Kanatları	
	Cephede havalandırma elemanı		Pencere Düzenlemeleri	x
			Çift Cephe	x
			Kinetik Cephe	
			Rüzgâr kuleleri	x
	Tasarımda uygulanan doğal havalandırma kararları		Bina formu ve plan oryantasyonu Atrium Çapraz havalandırma	

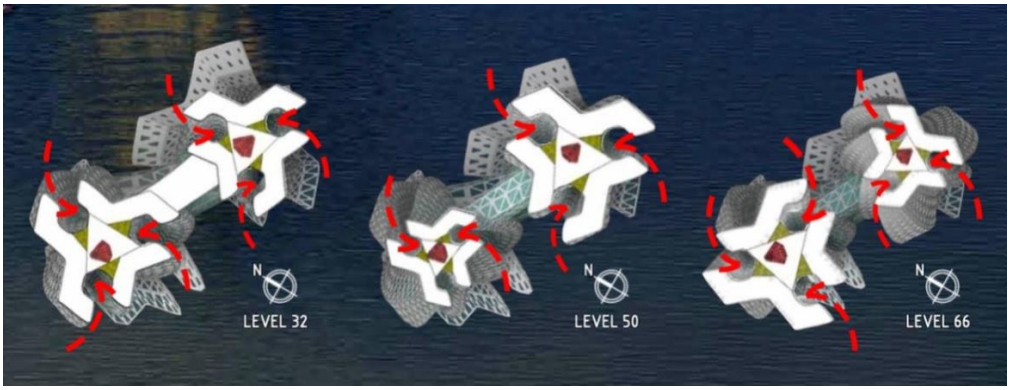
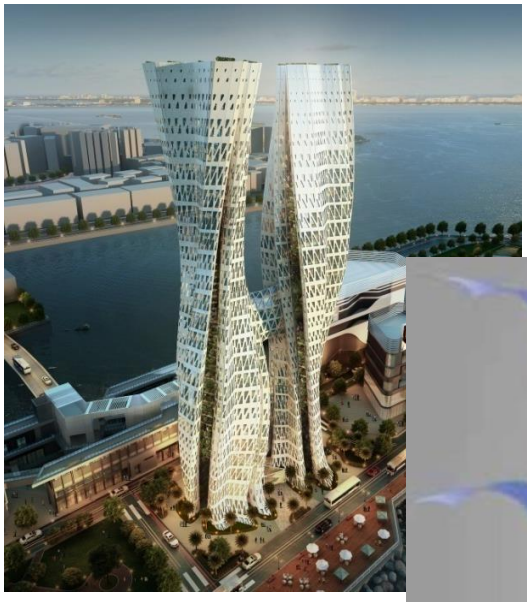
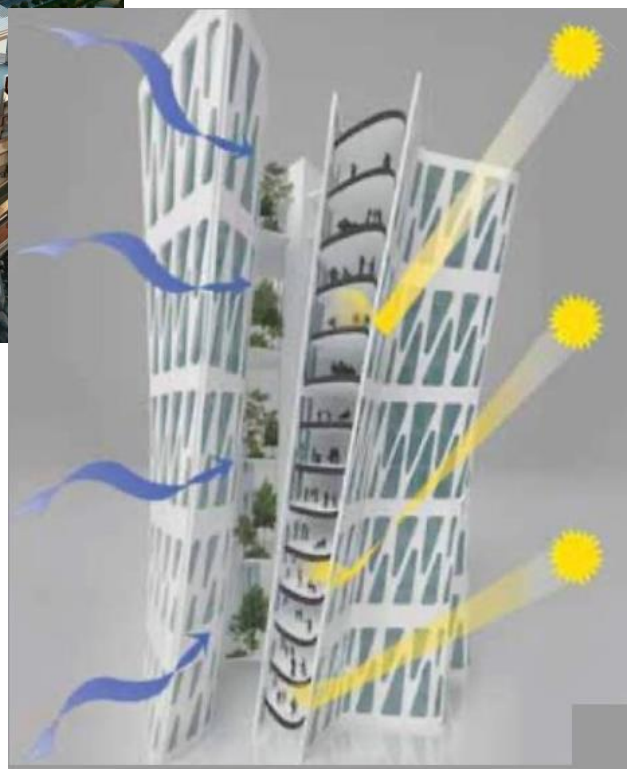
EK-11. (devam) Manitoba Hydro Place Binası analiz tablosu

Tasarım analizi	   

EK-12. Aero Hive Binası analiz tablosu

Genel Bilgiler	Yapı Künyesi	Yapının adı	Aero Hive	
		Konum	Kai Tak area of Kowloon, Hong Kong	
		Yapım yılı	Yarışma projesi	
		İşlev	Ofis	
		Kat sayısı	66	
		Mimar	Suraksha Acharya of Midori Architects	
	İklimsel Veriler	İklim türü	Sıcak, nemli	
		Nem	14 Mart -19 Kasım arası en bunaltıcı dönem ve bu dönemde rahatlık düzeyi en az %27 civarında bunaltıcı, basık veya dayanılmaz olmaktadır.	
		Ortalama sıcaklık	30	
		Ortalama rüzgâr hızı	18 km/sa	
		Hâkim rüzgâr yönü	Güney, doğu	
Havalandırma ilkeleri	Havalandırma sistemi		Doğal Havalandırma	x
			Mekanik Havalandırma	x
	Havalandırma yöntemi		Tek taraflı havalandırma	
			Karşılıklı (çapraz) havalandırma	x
			Baca etkisi	x
	Rüzgârın kullanımı		Aktif (rüzgâr türbini)	
			Pasif (havalandırma, tasarım)	x
	Yapı Geometrisinde havalandırma elemanı		Avlulu Plan	
			Atriumlu Plan	x
			Kat bahçeleri	x
			Açık Form Plan	
			Aerodinamik Form	x
	Çatı formunda havalandırma elemanı		Hava akışına yön veren yükselen çatı	
			Yükseltilmiş çatı (Soğuk çatı)	
			Rüzgâr Kepçeleri	
			Çatı Kanatları	
	Cephede havalandırma elemanı		Pencere Düzenlemeleri	x
			Çift Cephe	x
			Kinetik Cephe	
			Rüzgâr kuleleri	
	Tasarımda uygulanan doğal havalandırma kararları		Gökyüzü atriumu Çift Cephe Aerodinamik tasarım (sarmal yapı)	

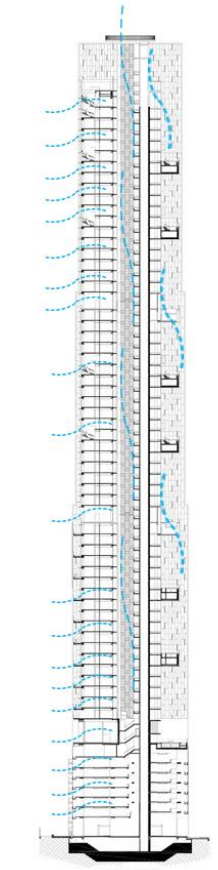
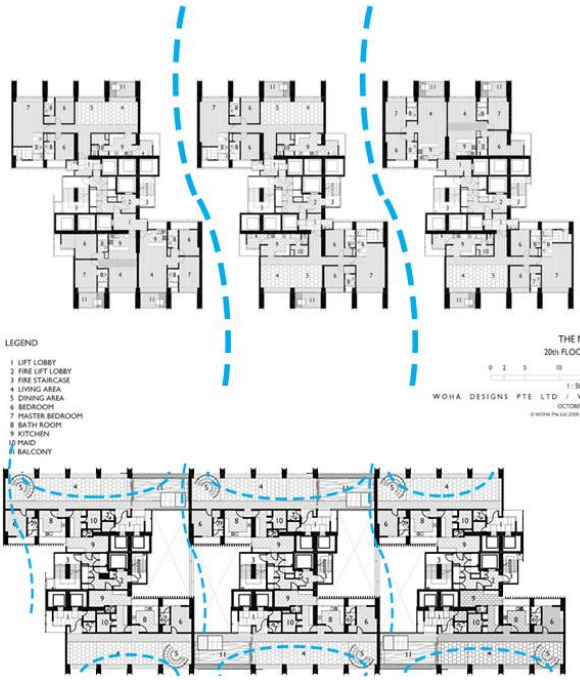
EK-12. (devam) Aero Hive Binası analiz tablosu

Tasarım analizi	  

EK-13. The Met Binası analiz tablosu

Genel Bilgiler	Yapı Künyesi	Yapının adı	The Met	
		Konum	BANGKOK, Tayland	
		Yapım yılı	2005	
		İşlev	Ofis	
		Kat sayısı	65	
		Mimar	WOHA	
	İklimsel Veriler	İklim türü	Sıcak, nemli	
		Nem	21 Ocak -7 Aralık arası en bunaltıcı dönem ve bu dönemde rahatlık düzeyi en az %68 civarında bunaltıcı, basık veya dayanılmaz olmaktadır.	
		Ortalama sıcaklık	33	
		Ortalama rüzgâr hızı	10,45 km/sa	
		Hâkim rüzgâr yönü	Güney, batı	
Havalandırma ilkeleri	Havalandırma sistemi		Doğal Havalandırma	x
			Mekanik Havalandırma	
	Havalandırma yöntemi		Tek taraflı havalandırma	x
			Karşılıklı (çapraz) havalandırma	x
			Baca etkisi	x
	Rüzgârın kullanımı		Aktif (rüzgâr türbini)	
			Pasif (havalandırma, tasarım)	x
	Yapı Geometrisinde havalandırma elemanı		Avlulu Plan	
			Atriumlu Plan	
			Kat bahçeleri	x
			Açık Form Plan	x
			Aerodinamik Form	
	Çatı formunda havalandırma elemanı		Hava akışına yön veren yükselen çatı	
			Yükseltilmiş çatı (Soğuk çatı)	
			Rüzgâr Kepçeleri	
			Çatı Kanatları	
	Cephede havalandırma elemanı		Pencere Düzenlemeleri	x
			Çift Cephe	
			Kinetik Cephe	
			Rüzgâr kuleleri	
	Tasarımda uygulanan doğal havalandırma kararları		Çapraz havalandırmaya izin veren ve hafif esintileri kuleler arasında akıtarak zenginleştiren kademeli bir blok düzenlemesi Gökyüzü bahçeleri ve gökyüzü terasları	

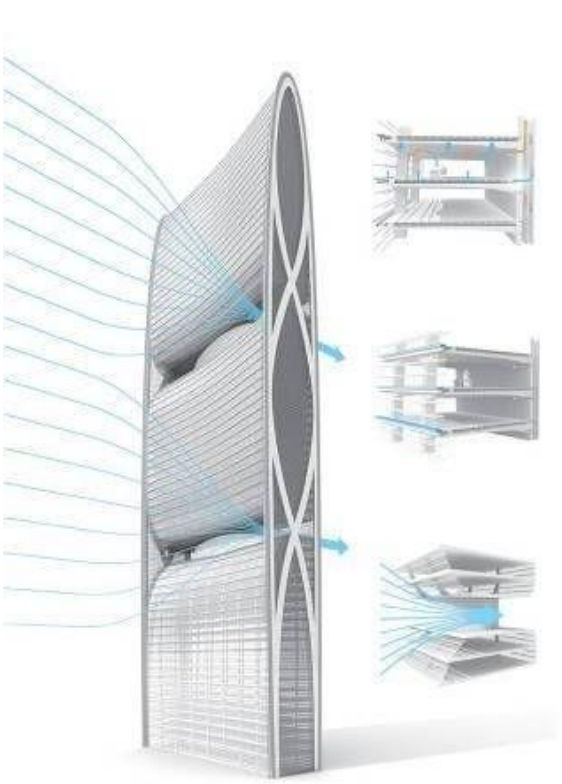
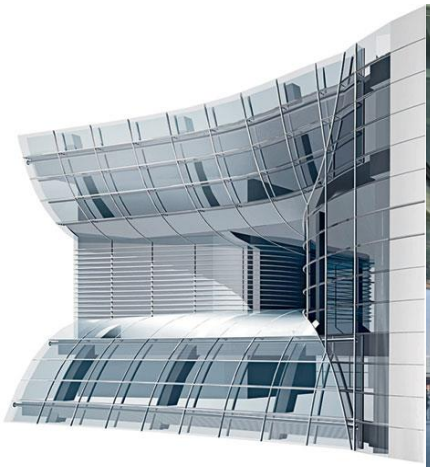
EK-13. (devam) The Met Binası analiz tablosu

Tasarım analizi	    

EK-14. Pearl River Tower Binası analiz tablosu

Genel Bilgiler	Yapı Künyesi	Yapının adı	Pearl River Tower	
		Konum	Guangzhou/Çin	
		Yapım yılı	2013	
		İşlev	Kamu Binası	
		Kat sayısı	71	
		Mimar	Adrian Smith, Robert Forest, Brad Wilkins, Gordon Gill	
	İklimsel Veriler	İklim türü	Sıcak- nemli	
		Nem	16 Mart- 9 Kasım en bunaltıcı dönemdir. rahatlık düzeyi en az %26 civarında bunaltıcı, basık veya dayanılmaz olmaktadır.	
		Ortalama sıcaklık	31	
		Ortalama rüzgâr hızı	12,125 km/sa	
		Hâkim rüzgâr yönü	Güney, kuzey	
Havalandırma ilkeleri	Havalandırma sistemi		Doğal Havalandırma	
			Mekanik Havalandırma	x
	Havalandırma yöntemi		Tek taraflı havalandırma	
			Karşılıklı (çapraz) havalandırma	
			Baca etkisi	
	Rüzgârın kullanımı		Aktif (rüzgâr türbini)	x
			Pasif (havalandırma, tasarım)	
	Yapı Geometrisinde havalandırma elemanı		Avlulu Plan	
			Atriumlu Plan	
			Kat bahçeleri	
			Açık Form Plan	
			Aerodinamik Form	x
	Çatı formunda havalandırma elemanı		Hava akışına yön veren yükselen çatı	
			Yükseltilmiş çatı (Soğuk çatı)	
			Rüzgâr Kepçeleri	
			Çatı Kanatları	
	Cephede havalandırma elemanı		Pencere Düzenlemeleri	
			Çift Cephe	
			Kinetik Cephe	
			Rüzgâr kuleleri	
	Tasarımda uygulanan doğal havalandırma kararları		Hâkim rüzgâr yönüne göre konumlandırılması Hâkim rüzgarları yakalayıp mekanik katlardaki rüzgâr türbinlerine rüzgârı yönlendiren aerodinamik form	

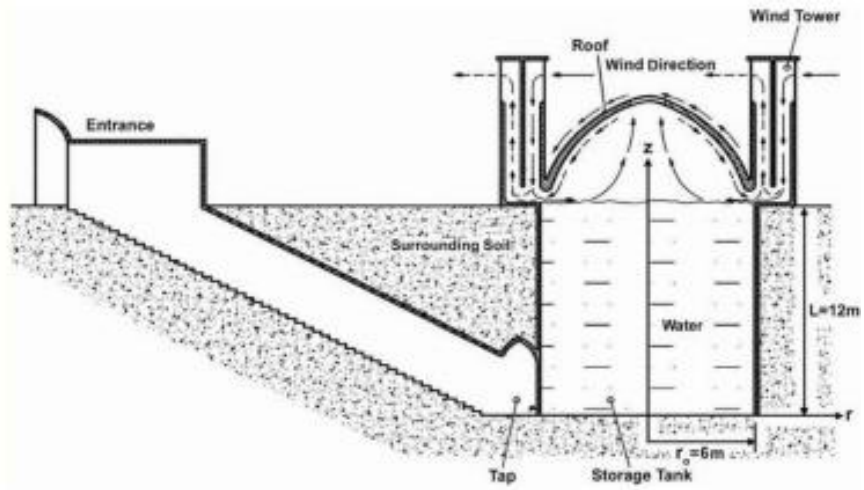
EK-14. (devam) Pearl River Tower Binası analiz tablosu

Tasarım analizi	   

EK-15. Zerdüşt Sessizlik Kulesi Rüzgâr Kuleli Su Deposu Binası analiz tablosu

Genel Bilgiler	Yapı Künyesi	Yapının adı	Zerdüşt Sessizlik Kulesi Rüzgâr Kuleli Su Deposu	
		Konum	Yezd, İran	
		Yapım yılı		
		İşlev	Su deposu	
		Kat sayısı	1	
		Mimar		
	İklimsel Veriler	İklim türü	Sıcak- kuru	
		Nem	Nem rahatlık düzeyi yıl boyu sabit ve %0	
		Ortalama sıcaklık	Yaz aylarında: 35,6 °C	
		Ortalama rüzgâr hızı	11,96 km/sa	
		Hâkim rüzgâr yönü	Doğu, batı, kuzey	
Havalandırma ilkeleri	Havalandırma sistemi		Doğal Havalandırma	x
			Mekanik Havalandırma	
	Havalandırma yöntemi		Tek taraflı havalandırma	
			Karşılıklı (çapraz) havalandırma	
			Baca etkisi	x
	Rüzgârın kullanımı		Aktif (rüzgâr türbini)	
			Pasif (havalandırma, tasarım)	x
	Yapı Geometrisinde havalandırma elemanı		Avlulu Plan	
			Atriumlu Plan	
			Kat bahçeleri	
			Açık Form Plan	
			Aerodinamik Form	
	Çatı formunda havalandırma elemanı		Hava akışına yön veren yükselen çatı	x
			Yükseltilmiş çatı (Soğuk çatı)	
			Rüzgâr Kepçeleri	
			Çatı Kanatları	
	Cephede havalandırma elemanı		Pencere Düzenlemeleri	
			Çift Cephe	
			Kinetik Cephe	
			Rüzgâr kuleleri	x
	Tasarımda uygulanan doğal havalandırma kararları		Rüzgâr bacası vasıtasıyla sağlanan doğal havalandırma ile su deposunda depolanan suyun küflenmemesi sağlanmakta	

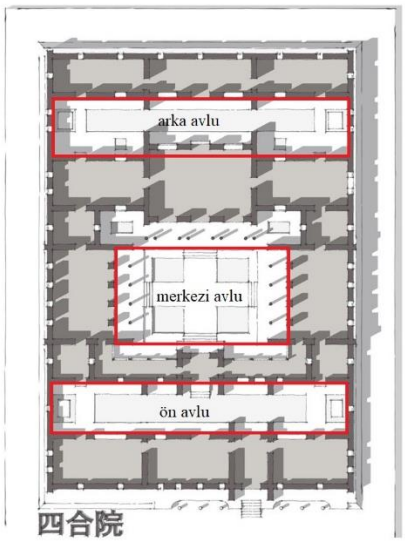
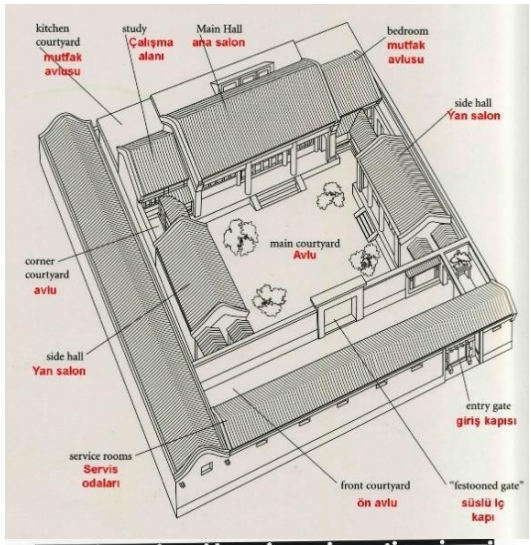
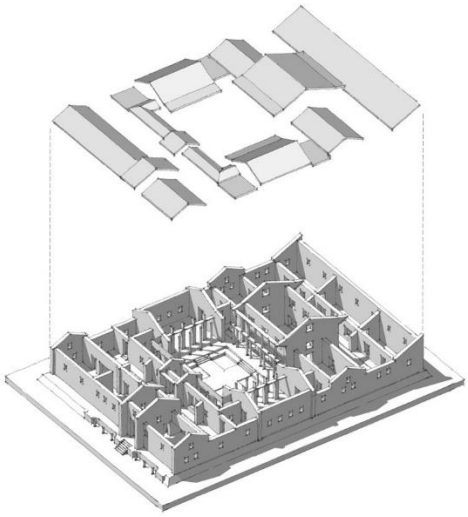
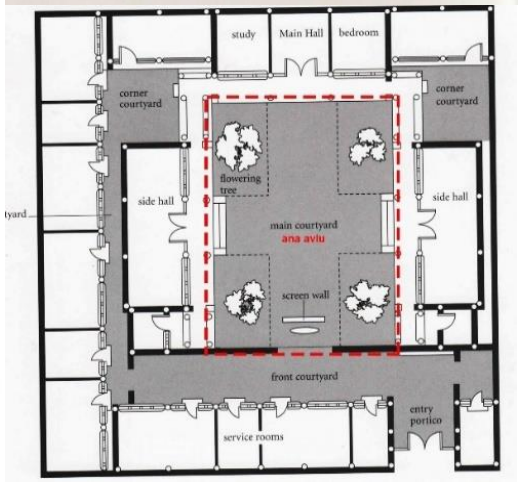
EK-15. (devam) Zerdüşt Sessizlik Kulesi Rüzgâr Kuleli Su Deposu Binası analiz tablosu

Tasarım analizi	  Sessizlik Kulesi, Yezd, İran 

EK-16. Beijing coutyard house/ Siheyuan analiz tablosu

Genel Bilgiler	Yapı Künyesi	Yapının adı	Beijing coutyard house/ Siheyuan	
		Konum	Pekin/ ÇİN	
		Yapım yılı	-	
		İşlev	Konut	
		Kat sayısı	1	
		Mimar	-	
	İklimsel Veriler	İklim türü	Sıcak-nemli	
		Nem	44%	
		Ortalama sıcaklık	Yaz aylarında: 31 °C	
		Ortalama rüzgâr hızı	11,53 km/sa	
		Hâkim rüzgâr yönü	Kuzey, güney	
Havalandırma ilkeleri	Havalandırma sistemi		Doğal Havalandırma	x
			Mekanik Havalandırma	
	Havalandırma yöntemi		Tek taraflı havalandırma	
			Karşılıklı (çapraz) havalandırma	x
			Baca etkisi	x
	Rüzgârın kullanımı		Aktif (rüzgâr türbini)	
			Pasif (havalandırma, tasarım)	x
	Yapı Geometrisinde havalandırma elemanı		Avlulu Plan	x
			Atriumlu Plan	
			Kat bahçeleri	
			Açık Form Plan	
			Aerodinamik Form	
	Çatı formunda havalandırma elemanı		Hava akışına yön veren yükselen çatı	
			Yükseltilmiş çatı (Soğuk çatı)	
			Rüzgâr Kepçeleri	
			Çatı Kanatları	
	Cephede havalandırma elemanı		Pencere Düzenlemeleri	x
			Çift Cephe	
			Kinetik Cephe	
			Rüzgâr kuleleri	
	Tasarımda uygulanan doğal havalandırma kararları		Mekanların avluya açılması	

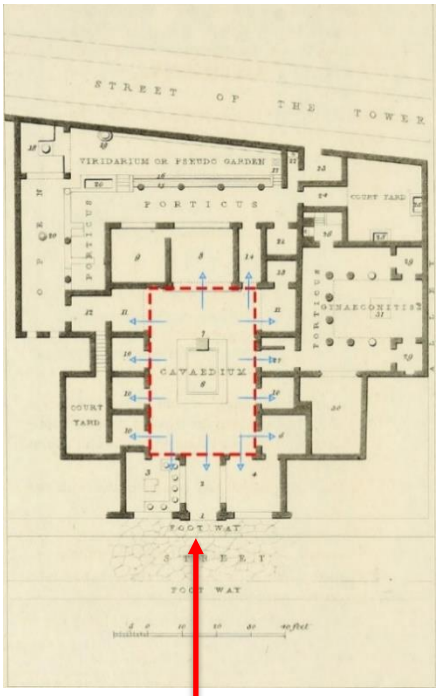
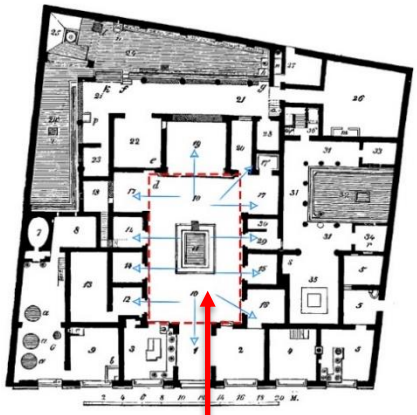
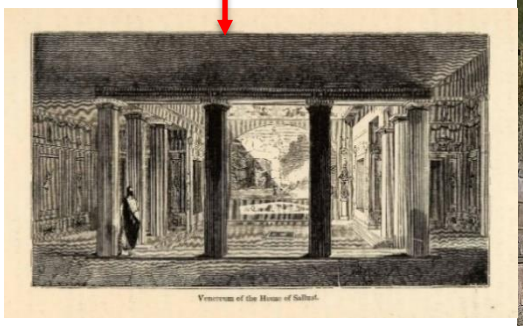
EK-16. (devam) Beijing coutyard house/ Siheyuan analiz tablosu

Tasarım analizi	    

EK-17. House of Sallust / Antik roma evleri analiz tablosu

Genel Bilgiler	Yapı Künyesi	Yapının adı	House of Sallust / Antik roma evleri	
		Konum	Pompei/ ROMA	
		Yapım yılı	MÖ 2. yüzyıl	
		İşlev	Konut	
		Kat sayısı	1	
		Mimar		
	İklimsel Veriler	İklim türü	Sıcak- nemli	
		Nem	Yılın en bunaltıcı dönemi 3,9 ay boyunca 7 Haziran tarihinden 3 Ekim tarihine kadar sürmektedir ve bu zaman zarfında rahatlık düzeyi en az %17 civarında bunaltıcı, basık veya dayanılmaz olmaktadır. Pompei bölgesindeki en bunaltıcı günler Ağustos ayındadır ve bu dönemde hava 19,2 gün kadar bunaltıcı veya daha kötü durumdadır.	
		Ortalama sıcaklık	Yaz aylarında: 30 °C	
		Ortalama rüzgâr hızı	13 km/sa	
		Hâkim rüzgâr yönü	Batı, kuzey	
Havalandırma ilkeleri	Havalandırma sistemi		Doğal Havalandırma	x
			Mekanik Havalandırma	
	Havalandırma yöntemi		Tek taraflı havalandırma	x
			Karşılıklı (çapraz) havalandırma	x
			Baca etkisi	x
	Rüzgârın kullanımı		Aktif (rüzgâr türbini)	
			Pasif (havalandırma, tasarım)	x
	Yapı Geometrisinde havalandırma elemanı		Avlulu Plan	
			Atriumlu Plan	x
			Kat bahçeleri	
			Açık Form Plan	
			Aerodinamik Form	
	Çatı formunda havalandırma elemanı		Hava akışına yön veren yükselen çatı	
			Yükseltilmiş çatı (Soğuk çatı)	
			Rüzgâr Kepçeleri	
			Çatı Kanatları	
	Cephede havalandırma elemanı		Pencere Düzenlemeleri	x
			Çift Cephe	
			Kinetik Cephe	
			Rüzgâr kuleleri	
	Tasarımda uygulanan doğal havalandırma kararları		Ana mekanların atriuma açılması, atrium hem ışık hem hava sağlayıcı	

EK-17. (devam) House of Sallust / Antik roma evleri analiz tablosu

Tasarım analizi	   

EK-18. Borujerdi House analiz tablosu

Genel Bilgiler	Yapı Künyesi	Yapının adı	Borujerdi House	
		Konum	İran	
		Yapım yılı	-	
		İşlev	Konut	
		Kat sayısı	2	
		Mimar	-	
	İklimsel Veriler	İklim türü	Sıcak- kuru	
		Nem	Nem rahatlık düzeyi yıl boyu sabit ve %0	
		Ortalama sıcaklık	Yaz aylarında: 35,6 °C	
		Ortalama rüzgâr hızı	12 km/sa	
		Hâkim rüzgâr yönü	Doğu, batı, kuzey	
Havalandırma ilkeleri	Havalandırma sistemi		Doğal Havalandırma	x
			Mekanik Havalandırma	
	Havalandırma yöntemi		Tek taraflı havalandırma	x
			Karşılıklı (çapraz) havalandırma	x
			Baca etkisi	x
	Rüzgârın kullanımı		Aktif (rüzgâr türbini)	
			Pasif (havalandırma, tasarım)	x
	Yapı Geometrisinde havalandırma elemanı		Avlulu Plan	x
			Atriumlu Plan	
			Kat bahçeleri	
			Açık Form Plan	
			Aerodinamik Form	
	Çatı formunda havalandırma elemanı		Hava akışına yön veren yükselen çatı	
			Yükseltilmiş çatı (Soğuk çatı)	
			Rüzgâr Kepçeleri	
			Çatı Kanatları	
	Cephede havalandırma elemanı		Pencere Düzenlemeleri	x
			Çift Cephe	
			Kinetik Cephe	
			Rüzgâr kuleleri	x
	Tasarımda uygulanan doğal havalandırma kararları		Mekanların avluya açılması Rüzgâr kulesi Havanın nemlenmesi için avluda su ögesinin kullanımı	

EK-18. (devam) Borujerdi House analiz tablosu

Tasarım analizi	 



Gazili olmak ayrıcalıktır