



**BİNALARDA DOĞAL HAVALANDIRMA
PERFORMANSININ BİNA BİLGİ
MODELLEME YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ**

Furkan Salim YAVAŞ

**Yüksek Lisans Tezi
Mimarlık Anabilim Dalı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ayça Gülten
EKİM-2019**

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİNALARDA DOĞAL HAVALANDIRMA PERFORMANSININ BİNA BİLGİ MODELLEME
YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
FURKAN SALİM YAVAŞ
(161123113)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 17 Haziran 2019
Tezin Savunulduğu Tarih : 11 Ekim 2019

Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Ayça GÜLTEN (F.Ü)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. U. Teoman AKSOY (F.Ü)
Dr. Öğr. Üyesi Derya ÇAKIR AYDIN (D.Ü)



EKİM-2019

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca bana sabırla yardım eden bilgi ve birikimini benden esirgemeyen değerli danışman hocam Sn. Dr. Öğr. Üyesi Ayça Gülten'e sosuz teşekkürlerimi sunarım. Yüksek lisans yapmam konusunda beni cesaretlendiren desteklerini esirgemeyen babam Mehmet Yavaş'a annem Sülbiye Yavaş'a kardeşim Seda Yavaş'a teşekkürü borç bilirim.

Furkan Salim YAVAŞ
ELAZIĞ -2019

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER.....	II
ÖZET	IV
SUMMARY	V
ŞEKİLLER LİSTESİ	VI
TABLolar LİSTESİ	X
KISALTMALAR.....	XI
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Konu ile İlgili Yapılan Çalışmalar	3
2. HAVALANDIRMA TANIMI VE HAVALANDIRMA SİSTEMLERİ	8
2.1. Havalandırma	8
2.1.1. Doğal Havalandırma.....	9
2.1.2. Mekanik Havalandırma	9
2.1.3 . Karma Havalandırma Sistemi	10
2.2 . Doğal Havalandırma Sistemlerinde Etki eden Faktörler.....	10
2.2.1. Yapıların Konumlandırılması.....	13
2.2.2. Çevre ve Açık Alan Etkisi.....	15
2.2.3. Bina Biçimi Etkisi	17
2.2.4. Yapı Kabuğu ve Yüzey Etkisi	20
3. BİNA BİLGİ MODELLEME SİSTEMLERİ.....	24
3.1. Revit	24
3.2. Flow Design	25
4. UYGULAMA ÇALIŞMASI	27
4.1. Elazığ Kenti	28
4.1.1. Kent Dokusu.....	28
4.1.2. Elazığ İli İklim Bilgisi.....	32
4.1.3. Elazığ ili Rüzgâr Yapısı	34
4.2. Uygulama İçin Seçilen Binaya Ait Genel Bilgiler	36

4.3.	Havalandırma Performansının Flow Design Programı Kullanılarak Değerlendirilmesi	38
4.4.	Likert 5'li Ölçeği ile Mekânların Havalandırma Performansının Değerlendirilmesi	42
5.	BULGULAR ve DEĞERLENDİRME	44
5.1.	A Kent Dokusu için Yapılan Analiz Sonuçları	45
5.1.1.	A Kent Dokusunda Daire 1 ve Tüm Rüzgâr Yönleri için Analiz Sonuçları	46
5.1.2.	A Kent Dokusu Daire 1 Pencere Konumları için Analiz Sonuçları	51
5.1.3.	A Kent Dokusunda Daire 2 ve Tüm Rüzgâr Yönleri için Analiz Sonuçları	55
5.1.4.	A Kent Dokusu Daire 2 Pencere Konumları için Analiz Sonuçları	59
5.2.	B Kent Dokusu için Yapılan Analiz Sonuçları	63
5.2.1.	B Kent Dokusunda Daire 1 ve Tüm Rüzgâr Yönleri için Analiz Sonuçları	64
5.2.2.	B Kent Dokusu Daire 1 Pencere Konumları için Analiz Sonuçları	68
5.2.3.	B Kent Dokusunda Daire 2 ve Tüm Rüzgâr Yönleri için Analiz Sonuçları	72
5.2.4.	B Kent Dokusu Daire 2 Pencere Konumları için Analiz Sonuçları	76
5.3.	C Kent Dokusu için Yapılan Analiz Sonuçları	81
5.3.1.	C Kent Dokusunda Daire 1 ve Tüm Rüzgâr Yönleri için Analiz Sonuçları	82
5.3.2.	C Kent Dokusu Daire 1 Pencere konumları için Analiz Sonuçları	86
5.3.3.	C Kent Dokusunda Daire 2 Rüzgâr Yönleri için Analiz Sonuçları.....	90
5.3.4.	C Kent Dokusunda Daire 2 Pencere Konumları için Analiz Sonuçları	94
6.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	99
	KAYNAKLAR.....	101
	ÖZGEÇMİŞ.....	105

ÖZET

Enerji tüketiminin çok fazla olduğu günümüz dünyasında, mekanik havalandırma sistemleri gibi aşırı enerji tüketen sistemler yerine enerji etkin tasarım kriterleri göz önünde bulundurularak doğal havalandırma ile enerji tasarrufunun sağlanması amaçlanmalıdır. İç ortamdaki hava kalitesini belirli bir seviyede tutarak düzenli bir hava değişimi gerçekleştiren doğal havalandırma aynı zamanda insan sağlığı için çok önemlidir.

Bu çalışmada Elazığ ilinde 3 farklı kent dokusu içerisinde değerlendirilen tip bir planın doğal havalandırma performansı incelenmiştir. Uygulama alanları olarak seçilen alanlar avlulu kent dokusu ile İzzetpaşa Mahallesi, birbirini dik kesen sokak ve caddeler ile gridal kent dokusunu temsil eden Doğukent Mahallesi ve dağınık gridal bir yapılaşmanın olduğu Nail Bey Mahallesi olarak belirlenmiştir. Belirlenen 3 farklı kent dokusu BIM (Building Information Modelling) sistemlerinden Revit programı aracılığı ile modellenmiş ve bölgenin iklimsel verileri ile hâkim rüzgâr yönü de çalışmaya dahil edilmiştir. Rüzgâr analizleri için Flow design programından yararlanılmıştır. Rüzgâr yönünün, pencere açıklıklarının, bina yöneliminin, avlulu veya ayırık nizam yerleşim alanlarının iç mekanlarda doğal havalandırma performansı üzerindeki etkisi, belirlenen kent dokuları içinde sabit bir bina içindeki karşılıklı iki konut planı için incelenmiştir. Ayrıca farklı rüzgâr yönleri ve konut içinde farklı pencere açıklıklarının devrede olduğu senaryolar üzerinden de değerlendirmeler yapılmıştır. Simülasyonlarda rüzgâr hızı sabit olup 1m/sn. olarak belirlenmiştir.

Yapılan simülasyonların sonuçları Flow Design ekran görüntüsü olarak sunulmuş olup yorumlar bu görüntülere uyarlanan 5’li likert ölçeği üzerinden 1’den 5’e kadar uygunluk değerleri ile analiz edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Doğal Havalandırma, Elazığ, Enerji, Revit, Flow Design, Mekanik Havalandırma

SUMMARY

INVESTIGATION OF NATURAL VENTILATION PERFORMANCE IN BUILDINGS BY BUILDING INFORMATION MODELING

In today's world where the consumption of energy resources is very high, it is aimed to save energy with natural ventilation by considering design criteria instead of excessive energy consuming structures such as mechanical ventilation systems. Natural ventilation, which performs regular air changes by keeping indoor air quality at a certain level, is also very important for human health.

In this study, natural ventilation performance of a type plan in 3 different urban fabrics in Elazığ city was surveyed. The selected areas of application were identified as the courtyard urban texture in Izzet Pasa neighborhood, gridal in the Eastern city neighborhood and scattered gridal structuring in the Nail Bey neighborhood. Three different urban patterns were modeled by using Revit program from BIM (Building Information Modeling) systems and climatic data of the region and dominant wind direction were also included in the study. Flow design program was used for wind analysis.

The effect of wind direction, window openings, building orientation, indoor or residential settlements on the natural ventilation performance in the interior spaces was examined for two mutual housing plans within a fixed building within the determined urban tissues. In addition, different wind directions and scenarios where different window openings are activated within the housing are also evaluated. In the simulations, wind speed is constant and 1m / sec. as determined.

The simulation results were presented as Flow Design screenshot and the comments were analyzed with compliance values from 1 to 5 on a point Likert scale adapted to these images.

Keywords: Natural Ventilation, Elazığ, Energy, Revit, Flow Design, Mechanical Ventilation

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1.	Hava akım tipleri	11
Şekil 2.2.	Hava akımının etkisiyle bina etrafındaki oluşan basınç bölgeleri.....	11
Şekil 2.3.	Yüksek ve alçak basınç alanlarında türbülans ve girdap akımları	11
Şekil 2.4.	Venturi tüpünde bernoulli etkisi	12
Şekil 2.5.	Çatı açıklıklarından bernoulli etkisi ile sağlanan doğal havalandırma	12
Şekil 2.6.	Binaların hakim rüzgara bağlı olarak konumlandırılması.....	14
Şekil 2.7.	Konumlanma ve venturi etkisi	14
Şekil 2.8.	Yapı konumlanmasına göre farklı akış hareketleri	15
Şekil 2.9.	Ağaçların doğal havalandırma etkisi	16
Şekil 2.10.	Ağaçların yapı etrafında oluşturduğu rüzgâr hareketleri.....	16
Şekil 2.11.	Ağaçların hava akımını yönlendirilmesi	17
Şekil 2.12.	Yapı etrafında venturi etkisi ile oluşan hava akımı.....	17
Şekil 2.13.	Dairesel yapıların çevresindeki rüzgâr hareketi	18
Şekil 2.14.	Yüksek ve alçak katlı yapı arasında oluşan türbülans.....	18
Şekil 2.15.	Etek girdabı	18
Şekil 2.16.	Köşe etkisi	19
Şekil 2.17.	Rüzgârın yığın etkisi	19
Şekil 2.18.	Çatının eğimine göre yapı etrafında oluşan basınç bölgeleri	19
Şekil 2.19.	Tek ve çapraz havalandırma için yükseklik derinlik oranı	20
Şekil 2.20.	Rüzgâr etkileri açısından farklı hacim organizasyonu	20
Şekil 2.21.	Açıklıkların karşılıklı duvarlarda olduğu durumlarda birim içindeki doğal havalandırma etkinliği	21
Şekil 2.22.	Açıklıkların karşılıklı duvarlarda olduğu durumlarda birim içindeki doğal havalandırma etkinliği	21
Şekil 2.23.	Hava akımının duvar boşluğuna dik olması durumunda havalandırma.....	22
Şekil 2.24.	Hava akımının duvar boşluğu ile dar açılı yapması durumunda havalandırma	22
Şekil 2.25.	İç mekân kurgulanarak havalandırma etkinliğinin değiştirilmesi	23
Şekil 3.1.	Revit ara yüzü.....	25
Şekil 3.2.	Flow Design programı rüzgar tüneli simülasyonu	26
Şekil 4.1.	Elazığ ili earth haritası.....	29
Şekil 4.2.	A kent dokusu vaziyet planı	29
Şekil 4.3.	A kent dokusu kesiti	29
Şekil 4.4.	A kent dokusu 3 boyutlu görseli	30
Şekil 4.5.	B kent dokusu vaziyet planı	30
Şekil 4.6.	B kent dokusu 3 boyutlu görseli.....	31
Şekil 4.7.	B kent dokusu kesiti	31

Şekil 4.8.	C kent dokusu vaziyet planı	31
Şekil 4.9.	C kent dokusu kesiti	32
Şekil 4.10.	C kent dokusu 3 boyutlu görseli.....	32
Şekil 4.11.	Elazığ ili yıllık sıcaklık değeri (°C)	33
Şekil 4.12.	Elazığ ili günlük ortalama hava sıcaklıkları (°C)	33
Şekil 4.13.	Elazığ ili yıllık nem değeri (%)	34
Şekil 4.14.	Elazığ'da ay ve mevsimlere göre rüzgârgülü diagramı	35
Şekil 4.15.	Elazığ ili yıllık rüzgârgülü hız dağılımı	35
Şekil 4.16.	Elazığ ili yıllık rüzgârgülü frekans dağılımı	36
Şekil 4.17.	Yapının 3 boyutlu görseli	37
Şekil 4.18.	Yapıya ait kat planı	37
Şekil 4.19.	Revit enerji analiz seçeneği	38
Şekil 4.20.	Proje alanı location seçimi	39
Şekil 4.21.	Elazığ ili hava istasyonu.....	39
Şekil 4.22.	Revit programından modelin export edilmesi	40
Şekil 4.23.	Revit programı stl formatında kaydedilmesi	40
Şekil 4.24.	Flow Design rüzgâr yönü ayarı	40
Şekil 4.25.	Flow Design rüzgar yönü ayarlanması	41
Şekil 4.26.	Flow Design arayüz ekran görüntüsü	41
Şekil 4.27.	Programlar arasındaki akış şeması	41
Şekil 4.28.	5'li Likert yöntemi ile doğal havalandırma performansının değerlendirilmesi	42
Şekil 4.29.	Flow Design Rüzgar hızı grafiği m/sn.	43
Şekil 5.1.	Tez akış şeması.....	44
Şekil 5.2.	Pencere açıklıkları ve belirlenen 3 farklı durum	45
Şekil 5.3.	A kent dokusu daire 1 ve 2.....	45
Şekil 5.4.	A kent dokusu dikey yöndeki rüzgâr hareketi.....	46
Şekil 5.5.	A kent dokusu içindeki 0 ° yönündeki rüzgâr hareketi	46
Şekil 5.6.	Daire planı ve 0 ° rüzgâr yönü.....	47
Şekil 5.7.	A kent dokusu daire 1 doğal havalandırma simülasyonu.....	47
Şekil 5.8.	Daire planı ve 45° rüzgâr yönü.....	48
Şekil 5.9.	A kent dokusu daire 1 doğal havalandırma simülasyonu.....	49
Şekil 5.10.	Daire planı ve 90° rüzgâr yönü.....	49
Şekil 5.11.	A kent dokusu daire 1 doğal havalandırma simülasyonu.....	50
Şekil 5.12.	Durum 1 için pencere açıklıkları ve rüzgâr yönü	51
Şekil 5.13.	Durum 1 için daire içi doğal havalandırma simülasyonu.....	52
Şekil 5.14.	Durum 2 için pencere açıklıkları ve rüzgâr yönü	52
Şekil 5.15.	Durum 2 daire içi doğal havalandırma simülasyonu.....	53
Şekil 5.16.	Durum 3 için pencere açıklıkları ve rüzgâr yönü	53
Şekil 5.17.	Durum 3 daire içi doğal havalandırma simülasyonu.....	54
Şekil 5.18.	Daire planı ve 0° rüzgâr yönü.....	55
Şekil 5.19.	A kent dokusu daire 2 doğal havalandırma simülasyonu.....	55
Şekil 5.20.	Daire planı ve 45° rüzgâr yönü.....	56

Şekil 5.21.	A kent dokusu daire 2 doğal havalandırma simülasyonu.....	57
Şekil 5.22.	Daire planı ve 90° rüzgâr yönü.....	58
Şekil 5.23.	A kent dokusu daire 2 doğal havalandırma simülasyonu.....	58
Şekil 5.24.	Durum 1 pencere açıklıkları ve rüzgâr yönü.....	60
Şekil 5.25.	Durum 1 daire içi doğal havalandırma simülasyonu.....	60
Şekil 5.26.	Durum 2 pencere açıklıkları ve rüzgâr yönü.....	61
Şekil 5.27.	Durum 2 daire içi doğal havalandırma simülasyonu.....	61
Şekil 5.28.	Durum 3 pencere açıklıkları ve rüzgâr yönü.....	62
Şekil 5.29.	Durum 3 daire içi doğal havalandırma simülasyonu.....	62
Şekil 5.30.	B kent dokusu daire 1ve 2.....	63
Şekil 5.31.	Yatay yöndeki rüzgâr hareketi.....	64
Şekil 5.32.	Daire planı ve 0° rüzgâr yönü.....	65
Şekil 5.33.	B kent dokusu daire 1 doğal havalandırma simülasyonu.....	65
Şekil 5.34.	Daire planı ve 45° hâkim rüzgâr yönü.....	66
Şekil 5.35.	B kent dokusu daire 1 doğal havalandırma simülasyonu.....	66
Şekil 5.36.	Daire planı ve 90° hâkim rüzgâr yönü.....	67
Şekil 5.37.	B kent dokusu daire 1 doğal havalandırma simülasyonu.....	67
Şekil 5.38.	Durum 1 pencere açıklıkları ve rüzgâr yönü.....	69
Şekil 5.39.	Durum 1 için daire içi doğal havalandırma simülasyonu.....	69
Şekil 5.40.	Durum 2 pencere açıklıkları ve rüzgâr yönü.....	70
Şekil 5.41.	Durum 2 için daire içi doğal havalandırma simülasyonu.....	70
Şekil 5.42.	Durum 3 pencere açıklıkları ve rüzgâr yönü.....	71
Şekil 5.43.	Durum 3 için daire içi doğal havalandırma simülasyonu.....	71
Şekil 5.44.	Daire planı ve 0° rüzgâr yönü.....	72
Şekil 5.45.	B kent dokusu daire 2 doğal havalandırma simülasyonu.....	73
Şekil 5.46.	Daire planı ve 45° rüzgar yönü.....	74
Şekil 5.47.	B kent dokusu daire 2 doğal havalandırma simülasyonu.....	74
Şekil 5.48.	Daire planı ve 90° rüzgâr yönü.....	75
Şekil 5.49.	B kent dokusu daire 2 doğal havalandırma simülasyonu.....	76
Şekil 5.50.	Durum 1 pencere açıklıkları ve rüzgar yönü.....	77
Şekil 5.51.	Durum 1 doğal havalandırma simülasyonu.....	77
Şekil 5.52.	Durum 2 pencere açıklıkları ve rüzgar yönü.....	78
Şekil 5.53.	Durum 2 daire içi doğal havalandırma simülasyonu.....	78
Şekil 5.54.	Durum 3 pencere açıklıkları ve rüzgâr yönü.....	79
Şekil 5.55.	Durum 3 doğal havalandırma simülasyonu.....	80
Şekil 5.56.	C kent dokusu daire 1 ve 2.....	81
Şekil 5.57.	Yatay yöndeki rüzgâr hareketi.....	82
Şekil 5.58.	Daire planı ve 0 ° rüzgâr yönü.....	82
Şekil 5.59.	C kent dokusu daire 1 doğal havalandırma simülasyonu.....	83
Şekil 5.60.	Daire planı ve 45 ° rüzgâr yönü.....	84
Şekil 5.61.	C kent dokusu daire 1 doğal havalandırma simülasyonu.....	84
Şekil 5.62.	Daire planı ve 90 ° rüzgâr yönü.....	85
Şekil 5.63.	C kent dokusu daire 1 doğal havalandırma simülasyonu.....	85

Şekil 5.64.	Durum 1 pencere açıklıkları ve rüzgâr yönü	87
Şekil 5.65.	Durum 1 daire içi doğal havalandırma simülasyonu.....	87
Şekil 5.66.	Durum 2 için pencere açıklıkları ve rüzgâr yönü	88
Şekil 5.67.	Durum 2 daire içi doğal havalandırma simülasyonu.....	88
Şekil 5.68.	Durum 3 için pencere açıklıkları ve rüzgâr yönü	89
Şekil 5.69.	Durum 3 daire içi doğal havalandırma simülasyonu.....	89
Şekil 5.70.	Daire planı ve 0° rüzgâr yönü	91
Şekil 5.71.	C kent dokusu daire 2 doğal havalandırma simülasyonu	91
Şekil 5.72.	Daire planı ve 45° rüzgâr yönü	92
Şekil 5.73.	C kent dokusu daire 2 doğal havalandırma simülasyonu	92
Şekil 5.74.	Daire planı ve 90° rüzgâr yönü	93
Şekil 5.75.	Daire planı ve 90° rüzgâr yönü	94
Şekil 5.76.	Durum 1 pencere açıklıkları ve rüzgâr yönü	95
Şekil 5.77.	Durum 1 doğal havalandırma simülasyonu.....	96
Şekil 5.78.	Durum 2 pencere açıklıkları ve rüzgar yönü	96
Şekil 5.79.	Durum 2 doğal havalandırma simülasyonu.....	97
Şekil 5.80.	Durum 3 pencere açıklıkları ve rüzgâr yönü	97
Şekil 5.81.	Durum 3 doğal havalandırma simülasyonu.....	98

TABLolar LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Bofor ölçeği.....	13
Tablo 5.1. Daire 1 konumlanma ve rüzgâr yönü	50
Tablo 5.2. Daire 1 pencere ve yüzey ilişkisi.....	54
Tablo 5.3. Daire 2 konumlanma ve rüzgâr yönü	59
Tablo 5.4. Daire 2 yüzey ve rüzgâr ilişkisi tablosu	63
Tablo 5.5. Daire 1 konumlanma ve rüzgar yönü	68
Tablo 5.6. Daire 1 yüzey ve rüzgâr ilişkisi.....	72
Tablo 5.7. Daire 2 konumlanma ve rüzgar yönü	76
Tablo 5.8. Daire 2 yüzey ve rüzgâr ilişkisi tablosu	81
Tablo 5.9. Daire 1 konumlanma ve rüzgâr yönü	86
Tablo 5.10. Daire 1 yüzey ve rüzgâr	90
Tablo 5.11. Daire 2 konumlanma ve rüzgar yönü 5’li likert	94
Tablo 5.12. Daire 2 yüzey ve rüzgar ilişkisi.....	98

KISALTMALAR

BIM	: Building Information Modelling – Yapı Bilgi Modelleme
CAD	: Computer Aided Design- Bilgisayar Destekli Tasarım
CFD	: Computational Fluid Dynamics
cm	: Santimetre
HVAC	: Heating, Ventilating and Air Conditioninig
M²	: Metrekare
Sn	: Saniye

1. GİRİŞ

19 yy' da gerçekleşen Sanayi Devrimi ile birlikte teknolojik ve sosyal yeniliklerin artması doğal kaynakların giderek azalmasına ve 20 yy başlarında enerji kullanımının artmasına sebep olmuştur. Dünya genelinde toplam enerji tüketiminin büyük bir kısmından yapı sektörü sorumludur. Yapılaşma faaliyetleri her yıl küresel olarak kullanılan enerjinin %40'ını tüketmektedir [1,2]. Dünyadaki nüfus artışı ve endüstrileşme sürecine bağlı olarak artan enerji talepleri karşılanamamaya başlamıştır. Bu sebepten dolayı mevcut enerji kullanımını azaltmaya yönelik olarak, yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesi ve yaygınlaştırılması sağlanmaya çalışılmıştır. Bu gelişmelerin sonucunda “Enerji Etkin Bina Tasarımı” fikri ortaya çıkmıştır [3,4].

Enerji etkin tasarım için, bölgenin iklimi ve konumu göz önünde bulundurularak kararlar alınmalıdır. Çevreye ve iklime uygun konumlanma çevreye duyarlı ve sağlıklı bir tasarımın temelini oluşturur [5]. Enerji etkin yapı tasarımı için birkaç yöntem bulunur. Bunlardan ilki kışın mekanik sistem boyutlarını ve harcanacak ısıtma, yazın soğutma yükünü azaltmak olarak belirtilebilir. Bu adımda alınan her yanlış karar enerji miktarını artırır. İkinci olarak bina tipi ve çevre verilerine en uygun pasif ısıtma ve doğal havalandırma sisteminin uygulanmasıdır [6]. Binalarda rüzgâr etkileri ile ilgili kaygılar erken dönem insan yerleşimine kadar uzanmaktadır. Birçok antik kentin tasarımında ortaya konan tasarım ilkeleri (Feng Shui vb.), bu gün de geçerliliğini korumaktadır [7].

Bu çalışmada; binaların, mekanik bir sistem kullanılmadan, doğal yöntemler ile en hızlı ve en etkin biçimde havalandırılabilmesi için bir analiz çalışması yapılmıştır. Bunun için, Elazığ ili içinde 3 farklı kent dokusu üzerinden, bina kabuğu ve çevresel etkilerin de dikkate alındığı simülasyon çalışmaları yapılmıştır. Bu amaçla 3 farklı kent dokusu içerisinde değerlendirilen tip bir planın doğal havalandırma performansı incelenmiştir. Uygulama alanları olarak avlulu kent dokusu ile İzzetpaşa Mahallesi, birbirini dik kesen sokak ve caddeler ile gridal kent dokusunu temsil eden Doğukent Mahallesi ve dağınık gridal bir yapılaşmanın olduğu Nail Bey Mahallesi belirlenmiştir. Belirlenen 3 farklı kent dokusu BIM (Building Information Modelling) sistemlerinden Revit programı aracılığı ile modellenmiş ve bölgenin iklimsel verileri ile hâkim rüzgâr yönü de çalışmaya dahil edilmiştir. Rüzgar analizleri için Flow Design programından yararlanılmıştır. Rüzgâr

yönünün, pencere açıklıklarının, bina yöneliminin, avlulu veya ayırık nizam yerleşim alanlarının iç mekanlarda doğal havalandırma performansı üzerindeki etkisi, belirlenen kent dokuları içinde sabit bir bina içindeki karşılıklı iki konut planı için incelenmiştir. Ayrıca farklı rüzgâr yönleri ve konut içinde farklı pencere açıklıklarının devrede olduğu senaryolar üzerinden de değerlendirmeler yapılmıştır. Simülasyonlarda rüzgâr hızı sabit olup 1m/sn. olarak belirlenmiştir.

Yapılan simülasyonların sonuçları Flow Design ekran görüntüsü olarak sunulmuş olup yorumlar bu görüntülere uyarlanan 5'li likert ölçeği üzerinden 1'den 5'e kadar uygunluk değerleri ile analiz edilmiştir.

1. Bölümde, doğal kaynakların azalması ile birlikte enerji kullanımının artması sonucunda ortaya çıkan sıfır enerjili konut tasarımı üzerinde durulmuştur. Doğal havalandırma ile enerji tasarrufu sağlanması ve insan sağlığı açısından ne kadar önemli olduğu hakkında bilgiler verilmiştir. Konu hakkında daha önce yapılmış çalışmaları içeren bir literatür çalışması mevcuttur.

2. Bölümde, havalandırma tanımı ve türleri hakkında detaylı olarak bilgi verilmiş olup doğal havalandırma, mekanik havalandırma ve karma havalandırma sistemleri anlatılmıştır. Ayrıca doğal havalandırma sistemlerine etki eden faktörler (konum, çevre ve ağaç etkisi, bina biçim etkisi ve yapı kabuğu ve yüzeyi etkisi) detaylı bir şekilde incelenmiştir.

3. Bölümde, uygulama çalışması için Elazığ içinden seçilen 3 farklı kent dokusunun özellikleri belirtilerek üç boyutlu modelleri Revit programı aracılığı ile yapılmıştır. Revit programı içerisinde yer alan enerji analizi sekmesi yardımı ile iklim bilgileri ve rüzgâr yapısı verileri elde edilmiştir.

3 farklı kent dokusunda yer aldığı kabul edilen bir yapı içinde karşılıklı konumlandırılan iki (2) daire belirlenmiş olup, bu konutların doğal havalandırma performansını inceleyebilmek için belirli parametreler seçilmiştir. İlk olarak rüzgâr yönünün 0°, 45°, 90° olarak belirlenmesiyle değişen durumlar için analizler yapılmıştır. Daha sonra rüzgârın 45° açıyla geldiği durum için bütün kent dokularında farklı mekanlardaki pencere açıklıklarının çalışır durumda olduğu senaryolar oluşturulmuş ve analizler yapılmıştır.

4. Bölümde, oluşturulan simülasyonlardan A, B ve C kent dokularında farklı rüzgâr yönleri ve pencere açıklıklarına göre elde edilen ekran görüntülerinden faydalananarak elde

edilen doğal havalandırma performansı analizleri 5'li likert ölçeği kullanılarak 1'den 5'e kadar uygunluk değerleri ile yapılmış ve tablolar halinde sunulmuştur.

5. Bölümde, elde edilen sonuçlar ve öneriler sunulmuştur.

1.1. Konu ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Bu çalışmada doğal havalandırma konularında mevcut çalışmalarını incelemek adına kapsamlı bir literatür araştırılması yapılmıştır. Literatür araştırması yapılırken Ulusal Tez Merkezi veri tabanından doğal havalandırma anahtar kelimesi taratılarak elde edilen sonuçlar incelenmiştir. Ayrıca konu ile ilgili olarak Uluslararası makale ve tezlerde incelenmiştir.

Danık, [8] Yüksek binalarda daha çevre dostu ve enerji etkin bir doğal havalandırma sağlamak için çift kabuklu cephe etkisini incelemiştir. Çalışma sonucuna göre bazı örneklerde mekanik havalandırma kaçınılmaz olsa da, çift kabuklu cephelerin doğal havalandırma için uygun koşulları tek başına yerine getirebilecek yeterlilikte olduğu sonucuna varılmıştır.

Karadağ, [9] doğal olarak havalandırılan yüksek yapıları kullanılan doğal havalandırma sistemlerinin etkinliği yönünden değerlendirmiştir. Bunu yaparken, bazı anahtar parametreler kullanmıştır. Bunun yanı sıra, sıcaklık, rüzgâr hızı ve yönü, nem ve hava basıncı gibi doğal havalandırmayı doğrudan etkileyen çevresel parametrelerin yükseklik arttıkça nasıl değiştiğini de incelemiş ve bunun yüksek binalarda doğal havalandırma kapsamında yeni prensiplerin geliştirilmesine imkan sağlayıp sağlamadığını analiz etmiştir. Yüksek yapılarda doğal havalandırma sistemlerinin etkin bir şekilde kullanılabilmesi için doğal havalandırma prensipleri ile ilgili kapsamlı bir altyapı bilgisi gerektiği ve yüksek yapılarda rüzgâr hızının kritik olmaya başladığı katlarda kullanılabilecek ileri düzey sistemlerin araştırılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Yuyucu, [10] çalışmasında İstanbul Beylikdüzü, Esenyurt ve Avcılar'da yer alan dört projeyi rüzgârla olan ilişkilerini incelemek için seçmiştir. Çalışmada ilk aşamada, bir BIM (Building Information Modeling) sistemi olan Revit programı kullanılarak bölgelerin özgün iklimsel verileri üretilmiştir. Daha sonra, projeler ve çevresi SketchUp programında kütsel olarak modellenmiş ve Flow Design programına aktararak rüzgâr tüneline sokulmuştur. Yapılan analiz ve araştırmalar sonucunda, Beylikdüzü ve civarındaki incelenen projelerde, doğal havalandırma tekniklerini dikkate alan bir yaklaşımın mevcut

olmadığı görülmüştür. Etkin bir doğal havalandırmanın sağlanabilmesi için, doğru yön ve konumlanmanın yanı sıra, doğru biçimlenme ve yüzey kararlarının da zorunlu olduğu sonucuna varılmıştır.

Arslan, [11] doğal havalandırmaya sahip yüksek yapıları incelemiş ve yapı içinde, kabuğunda ve dışında doğal havalandırma özelinde geliştirilen yapısal ve konstrüktif elemanlara ve benimsenen stratejilere dair tablolar oluşturulmuştur. Sonuç olarak ise, doğal havalandırma benimsenecek bir yüksek yapı için etkin tasarım parametreleri ve bu parametrelerin birbirleri ile ilişkisi değerlendirilerek Türkiye için öneriler sunulmuştur.

Azizi ve Javanmardi [12], Tahran'ın Sanayee semtinde kentsel alanda yer alan blokların doğal havalandırma üzerindeki etkisini araştırmıştır. Rüzgar hızı ve basıncı değerleri, hesaplamalı akışkanlar dinamiği analizleri yapılarak ölçülmüştür. Sonuç olarak rüzgar basınç farkını etkileyen en önemli iki parametre, kentsel blokların yüksekliği ve aradaki yolların genişliği olarak gösterilmiştir.

Aflaki vd. [13], Tropikal iklimlerde binalar üzerinde uygulanan doğal havalandırma yöntemleri üzerinden bina cephelerinde ve havalandırma açıklıklarında en etkili araştırma elemanlarını ve tekniklerini belirtmektedir. Sonuç olarak havalandırma şaftları, pencere duvar alan oranı ve bina yönelimi parametrelerinin gelecekte yapılacak tasarımlar için mutlaka dikkate alınması gerektiğini vurgulamıştır.

Sacht ve Lukiontchuki [14], hesaplamalı akışkanlar dinamiği kullanarak, değişen pencere boyutlarının, iç mekan doğal havalandırma performansını nasıl etkilediğini araştırmıştır. Taban alanının %10 ve %25'ine denk gelecek şekilde iki farklı pencere boyutu analiz edilmiştir. Sonuç olarak doğal havalandırma koşulları, açıklıkların boyutundaki değişikliklerden ve rüzgârın geliş açısının değişmesinden etkilenmiş, basınç ortalama katsayıları ve hava değişimi değerlerinde önemli değişiklikler sunmuştur.

Lei vd. [15], kış aylarında sıcaklığın -9°C'lere düştüğü Pekin'de bile bir öğrenci yurdunda doğal havalandırma yapılmasının gerekliliğini vurgulamak için bir çalışma yapmışlardır. Doğal havalandırmanın sıcaklığı düşürmesinin yanı sıra, bina içindeki CO₂ oranını azaltacağı için gerekli olduğu vurgulanmaktadır. Bunun için yurttaki iç hava kalitesi, farklı havalandırma alanlarında takip edilmiştir. Öğrencilerin 7 saat uykudan sonra zihinsel durumları anket formu ile analiz edilmiştir. Sonuç olarak, iç mekân hava kalitesinin doğal havalandırmayla birlikte arttığı ancak termal konfor seviyesinin yavaş yavaş azaldığı tespit edilmiştir.

Çakır [16], enerji etkin konut tasarımında etkili olan, doğal havalandırma sistemleri konusu ele almış olup, bu alanda kullanılan farklı hesaplama yöntemlerini incelemiştir. Uygulama çalışmasında Avrupa Enerji Komisyonu Altener birimi tarafından geliştirilen AIOLOS yazılımı kullanılarak, Ataşehir Manolya-2 yapı adasında yer alan örnek hacimler üzerinden değerlendirilme yapılmıştır. Değerlendirmede hacimlerdeki hava akımı miktarı ve saatlik hava değişim sayıları karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonucuna göre doğal havalandırmanın en iyi şekilde sağlanabilmesi için rüzgarı esas alan uygun yönlendirmenin yapılması ve mekanların çapraz olarak havalandırılması önerilmektedir.

Aşçı [17], çalışmasında İstanbul içerisinde yer alan 5 farklı yüksek yapının doğal havalandırma etkinliği incelemiştir. Yapılar farklı formlar ve hakim rüzgara göre farklı konumlar için belirlenmiştir. Bilgisayar ortamında elde edilen yapı modelleri kullanılarak Flow Design programı aracılığı ile rüzgar analizleri elde edilmiştir. Çalışmanın sonucuna göre yüksek yapıların hakim rüzgara göre konumlandığı, form açısından incelendiğinde ise üçgen ve silindirik forma sahip olan yapıların şiddetli rüzgara maruz kalmadığı tespit edilmiştir.

Darçın [18], yapı içerisindeki hava kalitesini inceleyen bir çalışma yapmıştır. Yapı içerisinde hava kirliliğini önlemek için ekonomik ve sürdürülebilir olan doğal havalandırma yöntemini çözüm olarak önermiştir. Doğal havalandırma sağlanabilmesi için arazinin konumlanması, çevrenin iklimsel özellikleri, yönlenme gibi tasarım aşamasında kararların doğru alınması gerektiğini vurgulamıştır. Sonuç olarak yapıların doğal havalandırma ilkeleri göz önüne alınarak tasarlandığı durumlarda insan için konfor düzeyi yüksek, enerji tüketimi ve maliyeti düşük yapılar üretilebileceği belirtilmiştir.

Dikmen [19], yüksek konut yapılarında doğal havalandırma sağlayan cephe sistemleri üzerine yaptığı çalışmada, bu yöntemle doğal havalandırmanın sağlandığı bazı yapıları incelemiştir. Araştırma sonuçlarına göre yüksek katlı yapıların tasarımında çevresel etmenler doğru analiz edilip sorunların doğru belirlenmesi ve doğru cephe sistemleri seçilmesi ile verimli doğal havalandırma sağlanabileceği görülmüştür. Yapılarda yeterli düzeyde doğal havalandırmanın gerçekleştirilmesi için rüzgar tüneli testleri, simülasyonlar ve üç boyutlu bilgisayar programlarından faydalanılması gerektiğinden bahsedilmiştir.

Yaşa [20], çalışmasında rüzgarın, atrium ve avlulu yapılar üzerinde soğutma yüküne etkisi ve bu yapıların yüzeylerindeki açıklıklarda oluşacak hava akımlarının deneysel yollarının araştırılması ve geliştirilmesini amaçlamıştır. Ayrıca rüzgar tüneli deneyleri ile,

gerekli koşullar sağlanarak soğutma için harcanan enerjinin en aza indirgenmesi amaçlanmıştır.

Şabanoğlu [21], yüksek yapıların çevresinde oluşan düzensiz rüzgar ortamlarının, iklimsel deformasyonlara neden olduğunu ortaya koymuş ve rüzgar analiz programlarına dikkat çekmiştir. Hesaplamalı akışkanlar dinamiği yöntemini kullanarak rüzgar analizlerini gerçekleştiren programlardan ve simülasyonların öneminden bahsetmiştir. Analizler İstanbul'da yer alan toplu konut projeleri üzerinden gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda bina çevresinde oluşan düzensiz rüzgar hareketlerinin azaltılması ve bina havalandırması için kullanılan mekanik ekipmanın minimum seviyeye indirilmesiyle enerji tüketiminin azalacağı sonucuna varılmıştır.

Gür [22], İklim ve mevsimin değişmesi ile birlikte doğal havalandırmaya olan etkisi üzerinde durulmuştur. Kış aylarında ısıl konforun sağlanması, yaz aylarında hava değişiminin belirli düzeyde tutulması ve rüzgarlı havalarda hava hızını sınırlayıcı önlemler alınması gerektiğinden bahsetmiştir. Yapı kabuğundaki doğal havalandırmayı sağlayan açıklıkların değişen ortam şartlarına ve ihtiyaçlara uyum sağlayacak şekilde tasarlanması gerektiği sonucuna varmıştır.

Habibzadeh [23], çalışmasında Ortadoğu coğrafyasında yer alan geleneksel konutlarda kullanılan İran Badgirleri (rüzgar kulesi) ele alınmıştır. Sıcak kuru iklim bölgelerinde uygun bir iç hava kalitesini sağlamakta olup havalandırma ve soğutma işlemini enerji kullanmadan çözdüğünden bahsetmiştir. Karmaşık teknolojik çözümler yerine geleneksel binalarda yapılan uygulamalar gündeme taşıyarak yenilikçi yaklaşımlar için referans alınabileceği önerisinde bulunmuştur.

Darçın ve Balanlı [24], doğal havalandırma performansı için, yapıların tasarım aşamasında birden fazla etmeden bahsetmiştir. Bu etmenler, havanın devinim kuralları ve niteliği, kentsel ölçekteki yeşil doku, çevre yapıları ve güneş etkisi ile birlikte yapının konum ve biçimidir. Yapıya ilişkin bu özellikler doğal havalandırmaya göre tasarlandığında hava kalitesinin belirli bir seviyede tutulduğu, enerji harcamayan ve çevreyi kirletmeyen havalandırma sağlanmış olur.

Yüce [25], tekil olarak tasarlanan yüksek katlı binaların çevresi ile birlikte ele alınarak hava akımı üzerindeki etkisi incelenmiştir. 4 kule ve seçilen 3 çevre bina ile yapıların inşa edilmeden önceki durumları ele alınmıştır. Yüksek katlı binaların soğutma ve havalandırma performansının tasarım aşamasında simülasyonlar ile öngörülerek yapılması

gerektiğinden bahsedip iklimlendirme ekonomisinin ve enerji harcamalarının azaltılabileceğİ sonucuna varmıştır.

Son yıllarda hesaplamalı akışkanlar dinamiğİ tabanlı veya bina bilgi modelleme programları kullanarak ve doğal havalandırma ile ilgili yapılan çalışmaların sayısı oldukça artmıştır. Ancak birçok çalışmada, ya sadece kentsel alanların ya da sadece binaların iç mekânları için değerlendirmeler yapılmıştır. Daha önce yapılan çalışmalardan farklı olarak bu çalışmada belirlenen konut için kent dokusu ile bina iç mekânı arasındaki etkileşim doğal havalandırma üzerinden irdelenmiştir. Ayrıca konut içinde farklı mekânların pencere açıklıklarının çalışır durumda olduğu senaryolar için analizler yapılmıştır.



2. HAVALANDIRMA TANIMI VE HAVALANDIRMA SİSTEMLERİ

İnsanın konforlu ve sağlıklı olarak yaşamını sürdürebilmesi için gerekli oksijenin karşılanması, yapı içinde oluşan kirli havanın uzaklaştırılması için yaşam alanlarının doğru ve yeterli bir şekilde havalandırılması gerekir. Havalandırma, yapma sistemlerin kullanılması ya da doğal yollar ile sağlanabilir.

2.1. Havalandırma

Yapılar üretilirken kullanıcıların sağlık, konfor ve güvenlik ihtiyaçlarının sağlanması dikkat edilmesi gereken başlıca tasarım kriteri olmaktadır. Barınma ihtiyacı karşılanırken mekânlar içerisinde sağlıklı koşullar oluşturulması gerekir. Kapalı ortamdaki kullanılmış kirli havanın dış ortamdan gelen temiz hava ile yer değiştirmesi olayı havalandırma olarak adlandırılabilir [26]. Yapının içindeki kirlenmiş havanın atmosferdeki temiz hava ile yer değiştirip temiz havanın iç mekânda dolaşımının sağlanması havalandırmanın temel kurgusudur. Bu aşamalar mekân içinde bir hava akımı oluşturulmasıyla gerçekleşir. Hava akımının oluşmasında başlıca etmenler;

- Havanın basınç farkı
- İç mekân kurgusu
- Hava akımının hızı
- Mekânlar içinde bulunan engeller şeklindedir [27].

Hava her zaman yüksek basınçtan alçak basınca doğru hareket etmektedir. Basınç farkı ne kadar fazla olursa hava devinimi o kadar fazla olur. Havalandırma, mekânların kalite ve konforu açısından önemli olup amacını aşağıda maddeler halinde sıralayabiliriz;

- Ortamdaki havanın oksijen miktarını belirli seviyede tutmak,
- Ortamdaki havanın içerisinde yer alan karbondioksit gazı, vücut kokuları, nem ve sigara dumanının artışı önlemek,
- Kullanıcılardan, aydınlatmadan ve makineden kaynaklı ısı ve nem oranının dengelenmesi,
- Zehirli gaz ve toz parçacıklarını ortamdaki uzaklaştırmak,
- Sıcaklık ve nem oranını konfor seviyesinde tutmak,

- Bakteri ve zararlı organizmaların sayısını azaltmak [28, 29].

Kullanıcıların konfor ve sağlığı göz önünde bulundurularak, mekânların hava deviniminin sağlanması için 3 farklı havalandırma sistemi bulunmaktadır.

- Doğal Havalandırma Sistemi
- Mekanik Havalandırma Sistemi
- Karma Havalandırma Sistemi

2.1.1. Doğal Havalandırma

Yapıların iç ortamdaki hava kalitesini belirli seviyede tutman ve düzenli hava değişimini herhangi bir enerji ihtiyacı olmadan sağlayan olaya doğal havalandırma denir. Doğal havalandırmayı gerçekleştiren temel güç, rüzgâr ve ısı kuvvetleridir. Yapı kabuğunda yer alan pencere ve kapı boşluğu ile iç ortamdaki kirleticiler uzaklaştırılır.

Doğal havalandırma daha çok tek katlı konut ve çok katlı konut yapılarında kullanılmaktadır. Yüksek katlı yapılarda ısınan hava ile rüzgâr hızı artarak basınç ve vakum etkisi oluşur. Bu durum yüksek katlı yapılarda özel önlemler alınmasını gerektirir. Sürdürebilir enerji konusunun önem kazandığı günümüzde doğal havalandırma üzerine daha fazla eğilmeye başlanmıştır. Yeni teknolojiler ve yönelimler ile desteklenmiştir [30].

Doğal havalandırma ile ilgili olarak dikkat edilmesi gereken hususlar [31];

- Isıtma için gerekli enerjinin artması,
- Yaz aylarında iç ortam sıcaklığının artma riski,
- İç mekândaki hava hareketi,
- Durgun havalarda havalandırma yetersizliğidir.

2.1.2. Mekanik Havalandırma

İç mekândaki hava deviniminin fanlar aracılığı ile sağlandığı sistemlerdir. Mekanik sistemler fiziksel ve çevre koşullarına bağlı değildir. Buna karşın enerji tüketiminin fazla, bakım ve onarım maliyetinin yüksek olduğu ayrıca kullanıcılarda sağlık sorunları oluşturduğu görülmektedir.

Yapılar daha tasarlanma sürecinde iç mekânın havalandırması ve rüzgâr yapısı göz önünde bulundurularak, mekanik sisteme ihtiyaç duyulmayan daha az enerji harcayan

doğal havalandırma sistemi kullanılması gözetilmelidir. Çünkü yapılarda yaşam döngüsü boyunca harcanan toplam enerjinin %94'ü ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerinde tüketilmektedir.

2.1.3. Karma Havalandırma Sistemi

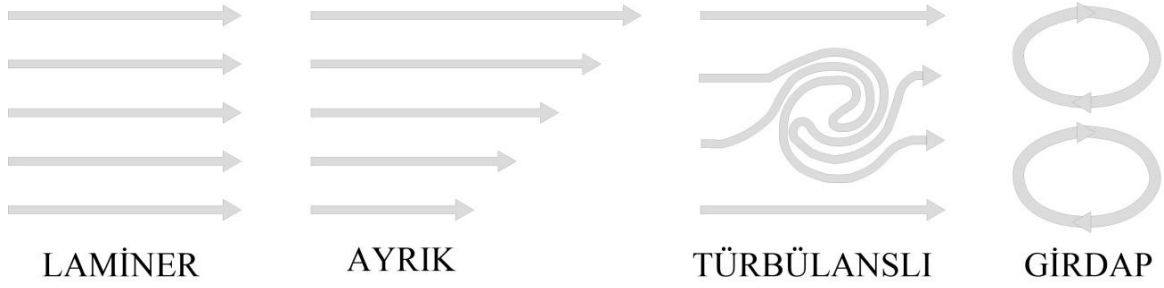
Yapının iç hava kalitesinin doğal havalandırma ile yetersiz kaldığı durumlarda mekanik havalandırma ile birlikte kullanılan sistemdir. Gün içerisinde farklı zamanlarda (gece-gündüz) veya mevsimsel olarak yılın farklı döneminde otomasyon sistemi kullanılarak havalandırma gerçekleştirilir. Mekanik havalandırma sistemine göre daha az enerji harcadığı için avantajlıdır.

2.2. Doğal Havalandırma Sistemlerinde Etki eden Faktörler

Doğal havalandırma rüzgâr gücü ve ısı kuvvetler sonucunda oluşan rüzgâr hareketidir. Hava hareketi rüzgâr ve sıcaklık farkları sonucu oluşan, farklı basınç değerlerine sahip alanlar oluşturur. Yüksek basınç bölgesinden alçak basınç bölgesine doğru yönelen gaz molekülleri hava akımını oluşturur. Doğal havalandırma sırasında

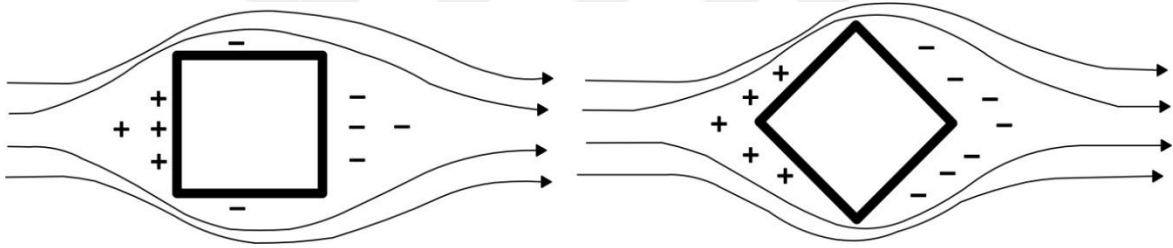
- Dünyanın dönüşü,
- Yeryüzünün biçimi,
- Yeryüzünün pürüzlüğüne sebep olan yüzeyler,
- Yerel ısı yayılması,
- Diğer atmosferik olaylar,

rüzgâr yönü ve yapısı üzerinde değişikliklere neden olur [32]. 4 temel hava akımı vardır. Bunlar düzgün (laminer), ayırık, türbülanslı ve girdaplı akımlardır. Şekil 2.1'de gösterilen hava akımları rüzgâr tüneline dumanla elde edilmiştir.



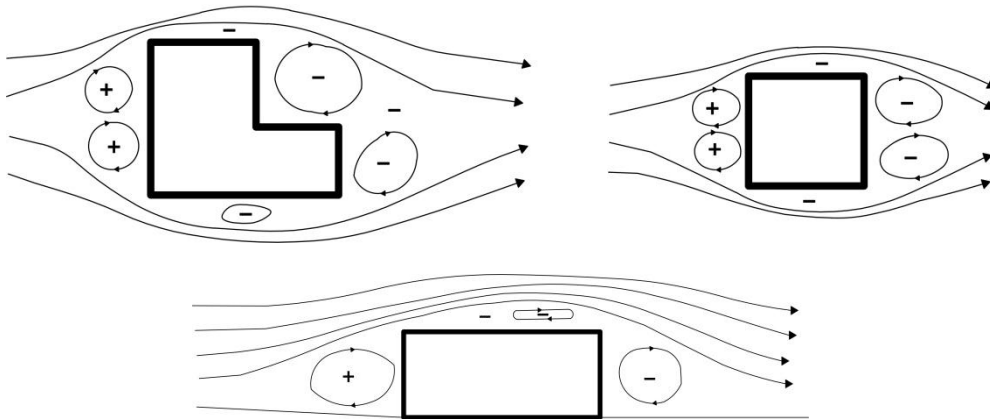
Şekil 2.1. Hava akım tipleri

Rüzgâr bir yapı ile karşılaştığında çarptığı yüzeyde bir baskı oluşturduğundan dolayı pozitif (+) basınç oluşurken, yan ve arka yüzeylerde ise çekmeden dolayı negatif (-) yönde basınç alanı oluşturur (Şekil 2.2). Yapı etrafında ise sapma gösteren rüzgâr negatif basınç oluşturur. Rüzgâr her zaman yüksek basınçtan alçak basınca doğru hareketini gerçekleştirdiğinden pozitif basıncın olduğu açıklıktan hava akımı içeri girerken negatif basınç açıklıklarından çıkmaktadır.



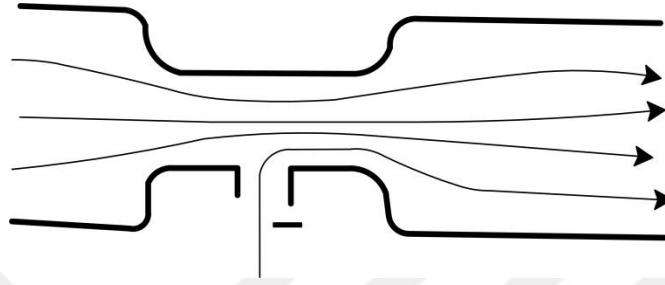
Şekil 2.2. Hava akımının etkisiyle bina etrafındaki oluşan basınç bölgeleri

Birbiri tarafından itilen ve farklı değerlere sahip olan hava molekülleri girdapları oluşturur (Şekil 2.3). Yerden gradyanlı bir hız profiliyle etki eden hava akımları binaların rüzgâr üstü bölgesinde yukarıdan aşağıya doğru etek girdaplarını ve bina arkasında saçak girdaplarını oluşturmaktadır [33].



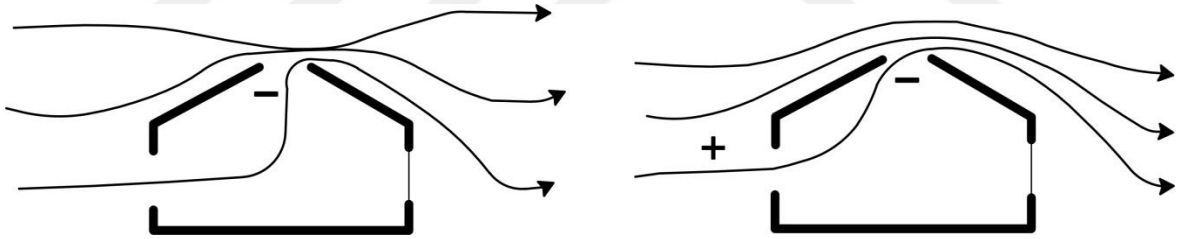
Şekil 2.3. Yüksek ve alçak basınç alanlarında türbülans ve girdap akımları

Bernoulli prensibine göre yatay bir akış çizgisi boyunca olan noktalarda, basıncın daha yüksek olduğu bölgelerde sıvı akış sürati daha yavaştır ve basıncın daha düşük olduğu bölgelerde sıvı akış sürati daha yüksektir [33]. Bu fizik kuralı doğrultusunda Venturi tüpünün daralan kısmındaki açıklıklar negatif basınçtır (Şekil 2.4.).



Şekil 2.4. Venturi tüpünde Bernoulli etkisi

Rüzgâr basıncının etkin olduğu doğal havalandırma sistemlerinde Bernoulli kuralının ortaya çıkarılmaktadır. Çatı menfezleri Venturi tüpü şeklinde tasarlanarak doğal havalandırma sağlanır (Şekil 2.5.).



Şekil 2.5. Çatı açıklıklarından Bernoulli etkisi ile sağlanan doğal havalandırma

Rüzgârın doğal havalandırma oluşumuna bakılmadan önce rüzgârın hızı ve şiddeti incelendiğinde bu iki değişkenin anlık değişimleri rüzgârın temel karakteristik özelliklerini oluşturur. Atmosferde meydana gelen rüzgâr ya da hava hareketleri çeşitli faktörlerin sebep olduğu basınç farklılıkları sonucunda oluşmaktadır. İklim tipine ve yerleşim yerinin özelliklerine bağlı olarak rüzgâr karakteristiği de değişkenlik gösterir [33].

Rüzgârın karakteristik özelliği global (Dünya çapında), bölgesel, lokal ve mikro klima ölçeklerinde çeşitlilik gösterir. Global ölçeğe bakıldığında dünyanın ana iklim tiplerini (mevsim ve enleme bağlı olarak) etkileyen astronomik karakteristikleriyle ilişkilidir. Bölgesel ölçekte ise birkaç yüz kilometreyi içine alan sahalarda değerlendirilir. İklim bölgeye ait yeryüzü şekillerinden dağlara olan uzaklıklardan etkilenir. Lokal ölçekte on kilometreyi içine alan sahalarda değerlendirilir. Kentsel alanların mevcudiyeti ve büyük su birikintilerine

olan yakınlık diğer etki unsurlarındandır. Mikro klima ölçeği ise birkaç yüz metre genişliğindeki alanlarda gözlemlenmiştir. Bu ölçekte kullanıcılar tarafından oluşturulan çeşitli yapma sistemler (rüzgâr kırıcı vb.) ile mevcut iklim şartlarını değiştirebilir.

Lokal iklim ölçeğinde bakıldığında, rüzgâr oluşumunu etkileyen iki faktörle karşılaşılmaktadır. Bunlar topoğrafya ve yerleşim yerinin özelliğidir. Topoğrafya rüzgâr üzerinde orta ve büyük ölçekli değişikliklere sebep olur. Yerleşim alanı bazı kesimlerde rüzgâra karşı korunurken diğer kısımlarda fazlasıyla rüzgâra maruz kalabilir. Hâkim rüzgâr yönünde değişiklik yapabilir, rüzgâr hızının ortalamasına veya azalmasına sebep olabilir. Güneşin ışınlımlı ile ısınıp soğuyan hava, yükselip alçalmaktadır. Yoğunluk farklılıklarının ortaya çıkması ile oluşan rüzgârlar su-kara ve vadi tepe arasında görünmektedir. Lokal iklim ölçeğinde rüzgârın oluşmasında sebep olan bir diğer faktör kent ve kırsal bölge doku farklılıklarıdır. Rüzgâr hızının ölçülemediği yerde Bofor ölçeği göz önünde bulundurularak rüzgârın çevreye etkisi tahmini olarak belirlenir (Tablo 2.1.).

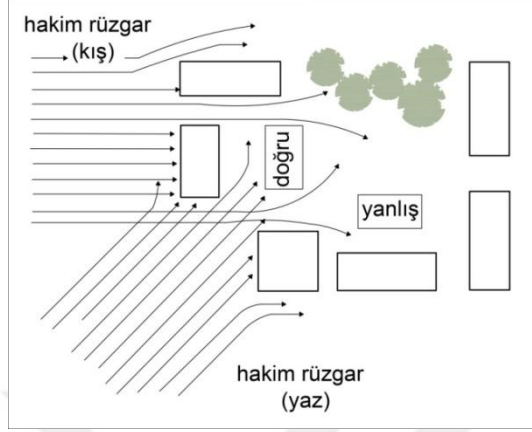
Tablo 2.1. Bofor ölçeği

Bofor	Tanımı	Hızı	Karada	Denizde
0	Sakin (calm)	0 knot	Dumanla dikine yükselir.	Deniz yüzeyi ayna gibidir.
1	Hafif rüzgar (light air)	1 -3 knot	Dumanlar meyilli yükselir.	Deniz yüzeyi Duruşmaya başlar
2	Hafif meltem (light breeze)	4-6 knot	Rüzgar yüzde hissedilir. Yapraklar sallanır. Hışırda	Deniz Yüzeyi tamamen buruşmuştur.
3	Mutedil (gentle breeze)	7-10 knot	Yapraklar ve bayraklar devamlı sallanır.	Denizde küçük dalgalar oluşur.
4	Sakin Meltem (moderate breeze)	11-16 knot	Bayraklar düzleşir, baca dumanları yere paralel bir hal alır.	Dalların uçları beyazlaşır.
5	Finşka (fresh breeze)	17-21 knot	Dallar sallanır bayraklar düzleşir.	Dalgaların uçları kıvrılarak kırılmaya başlar.
6	Kuvvetli Rüzgar (strong breeze)	22-27 knot	Büyük dallar sallanır. Şemsiye tutmak güçleşir.	Dalgaların uçları koparak uçmaya başlar.
7	Sert Rüzgar (near gale)	28-33	Bütün ağaçlar sallanır. Rüzgara karşı güçlükle yürünür.	Dalgalar büyür. Rüzgar halatlarında. çarpmık ve ıstralyalarda ıslık çalar.
8	Çok sert Rüzgar (gale)	34-40 knot	Ağaçların dalları kırılır. Rüzgara karşı yürümek imkansızdır.	Büyük gemiler yalpaya düşer. Güvertede çok zor yürünür.
9	Fırtına (strong gale)	41-47 knot	Bazı binalarda hasar olur. Baca kapakları sökülür. Çatılara uçar.	Gemilerin yalpası büyür. Bordaya çarpan sular güverteye çıkar.
10	Büyük Fırtına (strom)	48-55 knot	Ağaçlar köklerinden sökülür. Binalarda ciddi hasarlar oluşur.	Dalgalar çok büyür. Ağır tonajlı gemiler denizler içinde büyük yalpalar
11	Bora(violent storm)	56-63 knot	Geniş Çaplı hasar yaratır.	Büyük gemiler bile zorlukla mücadele
12	Kasırğa (hurricane)	64-71 knot	Büyük ve müthiş tahribat yapar.	Denizlerde büyük zararlara yol açar.

2.2.1. Yapıların Konumlandırılması

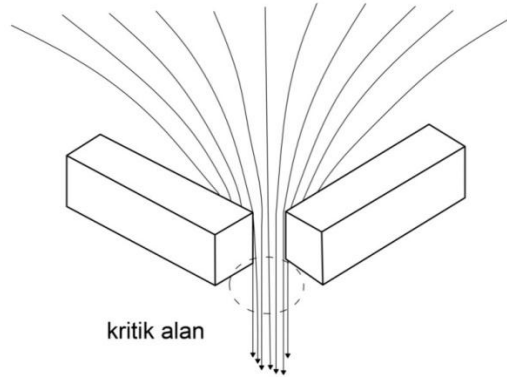
Kentsel alanlarda projelendirilen yapılar iklim bölgesinin karakteristik özellikleri göz önünde bulundurularak konumlandırılmalıdır. Soğuk ve ılıman iklim bölgelerinde hâkim rüzgâr yönü mevsimlere göre farklılık gösterebilmektedir. Optimum koşullar oluşturularak

yaz dönemi rüzgârlarından faydalanabilirken, soğuk kış rüzgârlarına karşı da korunmalıdır (Şekil 2.6.).

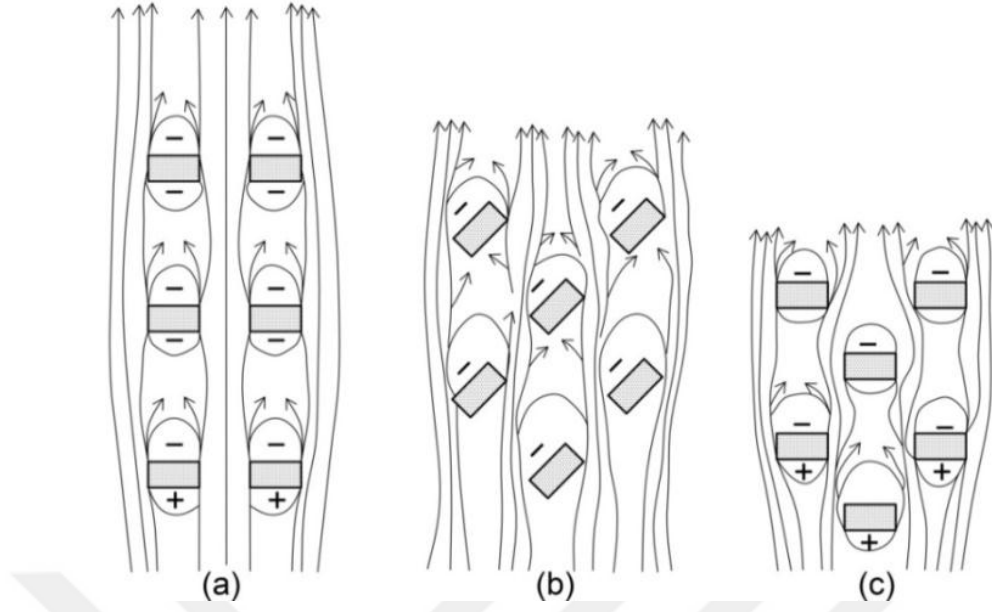


Şekil 2.6. Binaların hakim rüzgara bağlı olarak konumlandırılması

Sıkışık kentsel alanlarda, doğal havalandırma ihtiyacının fazla olduğu mekânlarda rüzgâr hareketini güçlü ve türbülansın daha az olduğu üst katlara yönlendirilebilir. Yapıların konumlanmasında venturi etkisini oluşturacak etkilerden uzak durulmaya çalışılarak yayaların yüksek rüzgâr hızından oluşacağı rahatsızlığın önüne geçilebilir. (Şekil 2.7)



Şekil 2.7. Konumlanma ve venturi etkisi



Şekil 2.8. Yapı konumlanmasına göre farklı akış hareketleri

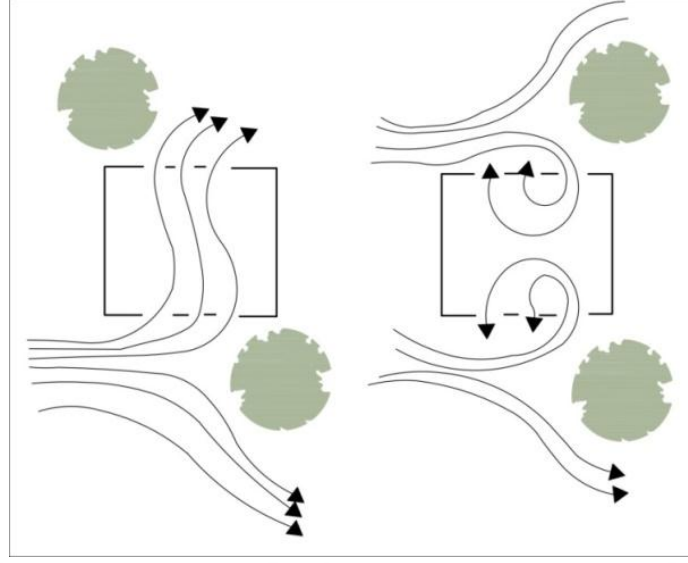
Birden fazla yapının yoğun olarak konumlandırılacağı durumlarda istenmeyen rüzgâr gölgeleri oluşabilir (Şekil 2.8). Dağınık ve diyagonal olarak konumlandırılarak bu durumun önüne geçilebilir.

2.2.2. Çevre ve Açık Alan Etkisi

Yapı etrafında peyzajın ve açık alanların doğal havalandırma için gerekli olan rüzgârın yönlendirilmesine etkisi büyüktür.

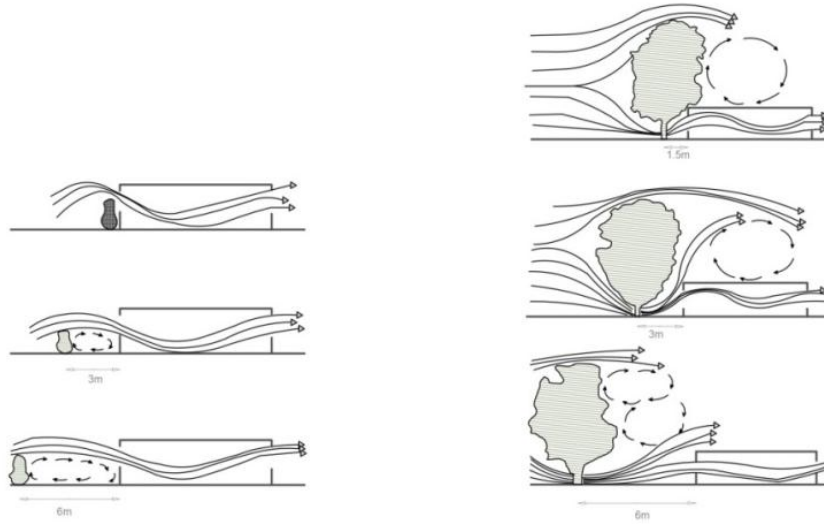
Oluşturulacak peyzaj ile birlikte rüzgârın yönlendirilmesi, engellenmesi ve hızının artırılması sağlanabilir.

Açık alanların düzenlenmesinde ön yüzeye gelen rüzgâr engellenmemekle birlikte alçak katlı yapılarda ağaçların yapı ile arasında bina yüksekliğinin 1.5 ile 5 katı mesafe olmalıdır. Bina etrafına yerleştirilen ağaçlar yapı etrafında hava hareketlerine sebep olan pozitif ve negatif basınçların oluşmasını sağlar. Şekil 2.9’da yapı etrafında farklı konumlanan ağaçların oluşturduğu doğal havalandırma şekilleri görülmektedir.

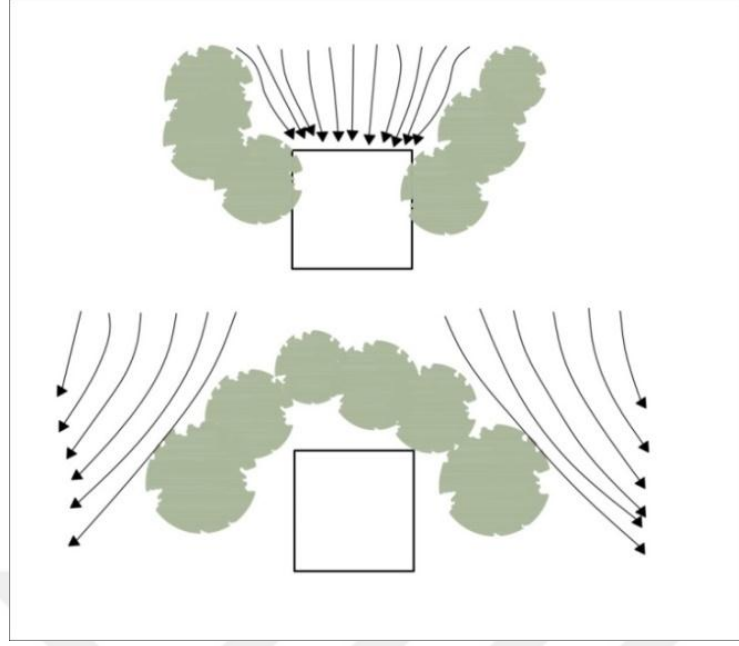


Şekil 2.9. Ağaçların doğal havalandırma etkisi

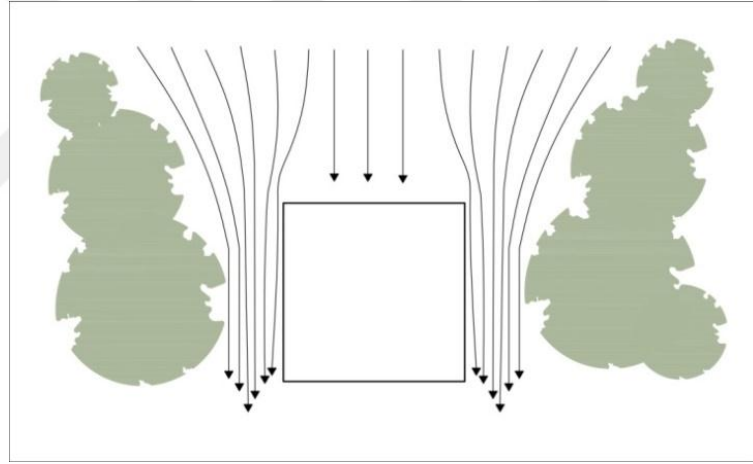
Ağaçların binaya olan uzaklığına doğal havalandırmayı düşünerek dikkat edilmesi gerekir. Bununla birlikte ağaçların gövde yüksekliği de hesaba katılmalıdır. Yüksek gövdeli ağaçlar yer seviyesindeki hava akımı hareketlerine olanak sağlarken gövde yüksekliğine engel olmaktadır (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. Ağaçların yapı etrafında oluşturduğu rüzgâr hareketleri



Şekil 2.11. Ağaçların hava akımını yönlendirilmesi

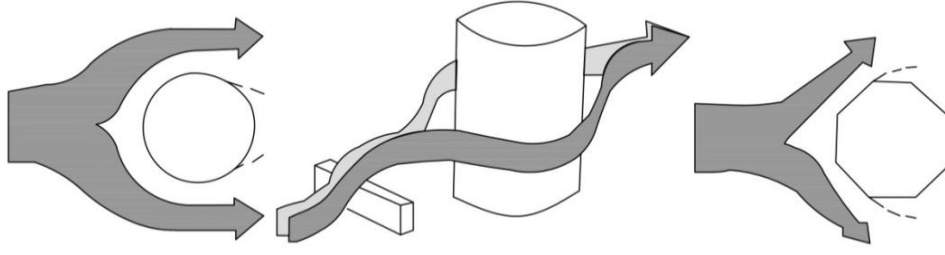


Şekil 2.12. Yapı etrafında venturi etkisi ile oluşan hava akımı

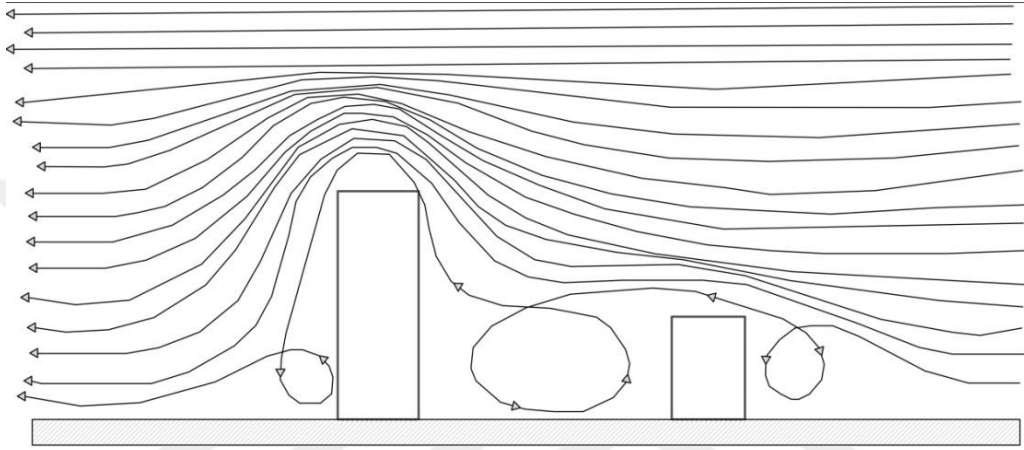
Ağaç veya çalıklar yerleştirme şekillerine bağlı olarak, hava akımı binaya doğru yönlendirildiği gibi, tamamen uzaklaştırabilir (Şekil 2.11). Ağaç ve yeşil alanların huni biçiminde yerleştirilmesiyle rüzgar hızını artırdığı alanlar oluşturabilir (Şekil 2.12).

2.2.3. Bina Biçimi Etkisi

Yapı çevresindeki rüzgâr hareketi ve basınç alanlarında; çatı tipi, yapı yüksekliği, binanın boyutlarına ilişkin oranlar etkilidir. Binanın biçimsel özelliği, gelen rüzgârı yönlendirme şeklini etkiler. Silindir ve prizma biçimine sahip binalar kendilerine ulaşan rüzgâr akımını yukarıdan aşağıya doğru hızını artırarak yönlendirir (Şekil 2.13).

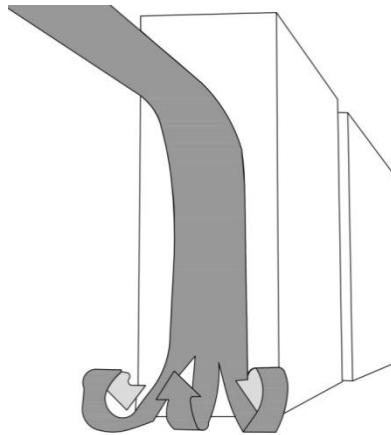


Şekil 2.13. Dairesel yapıların çevresindeki rüzgâr hareketi



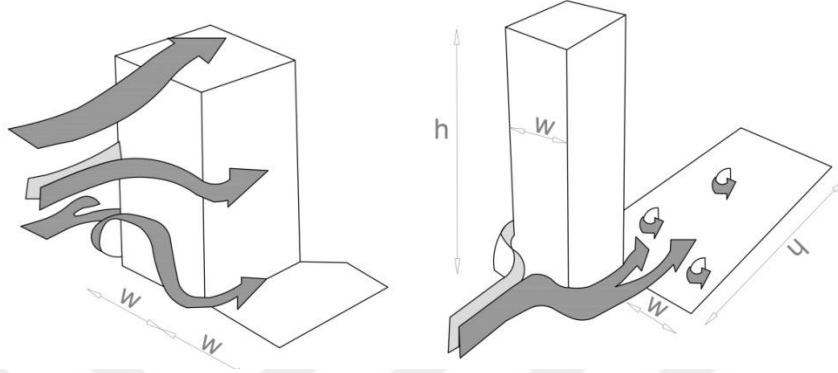
Şekil 2.14. Yüksek ve alçak katlı yapı arasında oluşan türbülans

Rüzgarın geliş yönünde, yüksek katlı yapı önünde konumlanan yapılar oluşturduğu küçük girdap etek girdapları ile birleşerek kritik alanlar oluşturabilir (Şekil 2.14). Yüksek yapıların altında bulunan podyum alanının doğru bir şekilde tasarlanması rüzgâr açısından sıkıntılı olan alanlara bir çözüm olabilir.



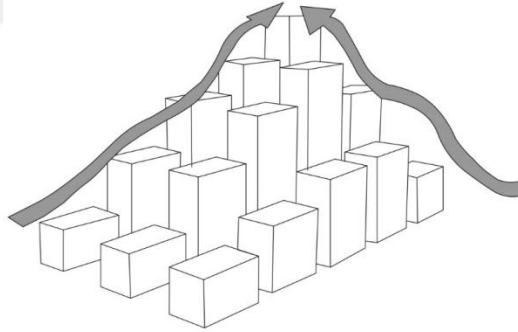
Şekil 2.15. Etek girdabı

Yapının rüzgâr yönündeki cephesinin zemininde yoğunlaşan hava köşelerden etrafa kontrolsüz bir şekilde yayılır. Çevredeki kaldırımlar ve yollar kontrolsüz olarak rüzgâra maruz kalır (Şekil 2.15). Hakim rüzgar yönünde, bina cephesinin minimum büyüklükte tutulması gerekmektedir. Bu durum özellikle dikdörtgen kesitli yapılarda dikkat edilmesi gerekmektedir (Şekil 2.16).

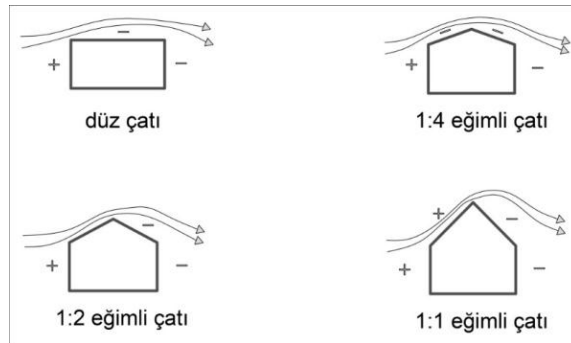


Şekil 2.16. Köşe etkisi

Binalar birbirlerine yakın gruplandığı zaman rüzgâr, etkisini toplu bir şekilde gösterir. Eğer binalar basamak düzeni şeklinde yapılırsa, yukarılara doğru rüzgâr hızında önemli oranda bir artış olacaktır (Şekil 2.17).

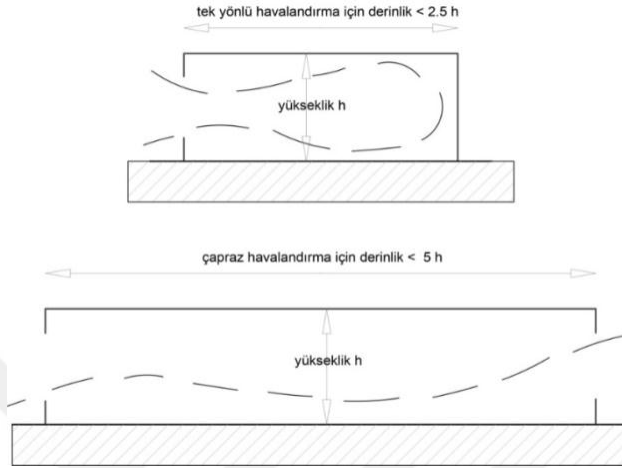


Şekil 2.17. Rüzgârın yığın etkisi



Şekil 2.18. Çatının eğimine göre yapı etrafında oluşan basınç bölgeleri

Yapının çatısının eğimi rüzgârın hareketini ve oluşturacağı basınç bölgelerini etkiler (Şekil 2.18). Tek yönlü havalandırma için yükseklik ve derinlik oranında ideal bir oran vardır. Tek yönlü havalandırma için yüksekliğin iki buçuk katı derinlik sağlamalıdır. Çapraz havalandırmada ise bu oran beş katına çıkabilir (Şekil 2.19).

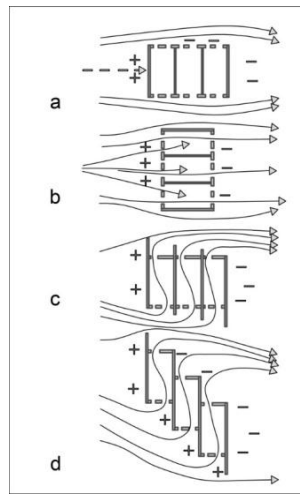


Şekil 2.19. Tek ve çapraz havalandırma için yükseklik derinlik oranı

2.2.4. Yapı Kabuğu ve Yüzey Etkisi

Bina kabuğunda yer alan kapı ve pencere boşluklarının oran ve yerleşimi iç mekandaki doğal havalandırmayı belirlemektedir.

Bina yerleşimindeki hâkim rüzgâr ve güneşlenme durumu istenilen doğal havalandırmayı sağlamadığı durumlarda yapı cephesinde yer alan açıklıkların yönleri ve boyutların değiştirilmesi ile istenilen doğal havalandırma sağlanabilir.

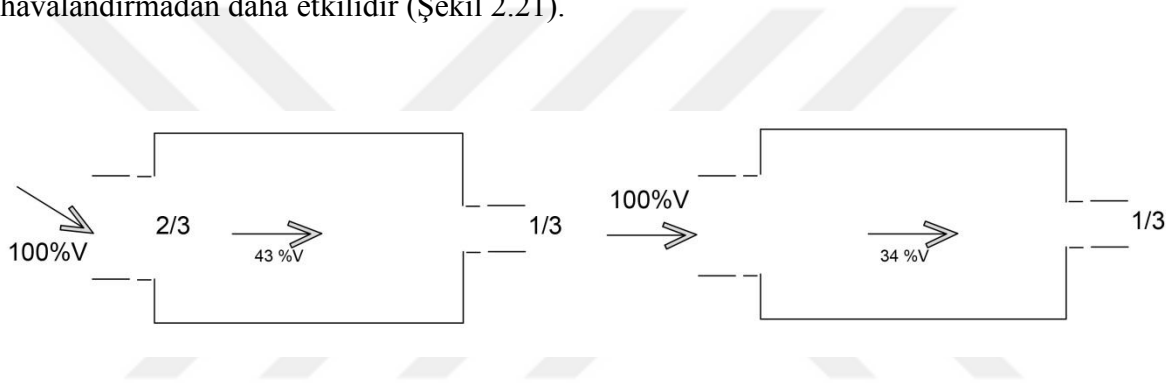


Şekil 2.20. Rüzgâr etkileri açısından farklı hacim organizasyonu

Binada yüzeyindeki pencere ve kapı gibi açıklıkların doğru düzenlenmesi, iç ortamın etkin bir şekilde havalandırılmasını etkiler (Şekil 2.20). Yeterli miktarda doğal havalandırma, binadaki tüm birimlere temiz havanın girdiği ve kirli havanın uzaklaştırıldığı uygun boşlukların yaratılması ile sağlanır [35].

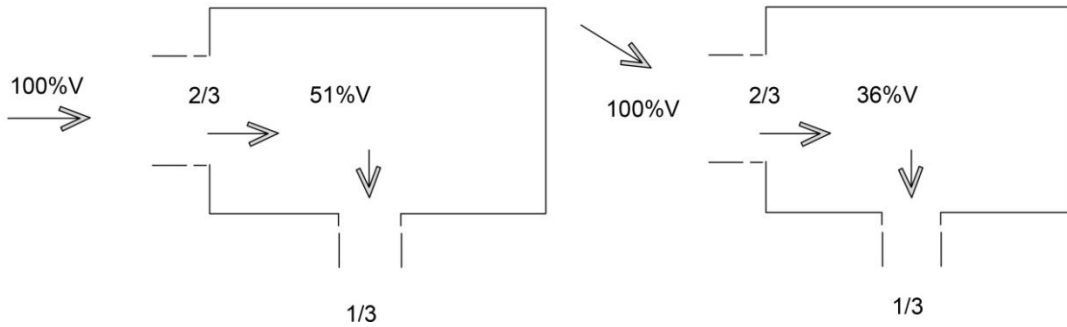
Binanın iç hava sirkülasyonunu etkileyen üç tane etken vardır. Birincisi rüzgârın geliş yönü, ikincisi yüzeydeki açıklıkların genişliği ve oranı üçüncüsü yüzeydeki açıklıkların yerleşimidir. Rüzgârın giriş ve çıkış açıklıklarının karşılıklı duvarlarda olduğu durum ve giriş çıkış genişliklerinin eşit olduğu durumda;

Rüzgârın yapıya eğik gelmesi ile maksimum verim sağlanır. 45 derece açıyla yapıya giren bir rüzgârla sağlanan doğal havalandırma dik açıyla gelen rüzgârın sağladığı doğal havalandırmadan daha etkilidir (Şekil 2.21).



Şekil 2.21. Açıklıkların karşılıklı duvarlarda olduğu durumlarda birim içindeki doğal havalandırma etkinliği

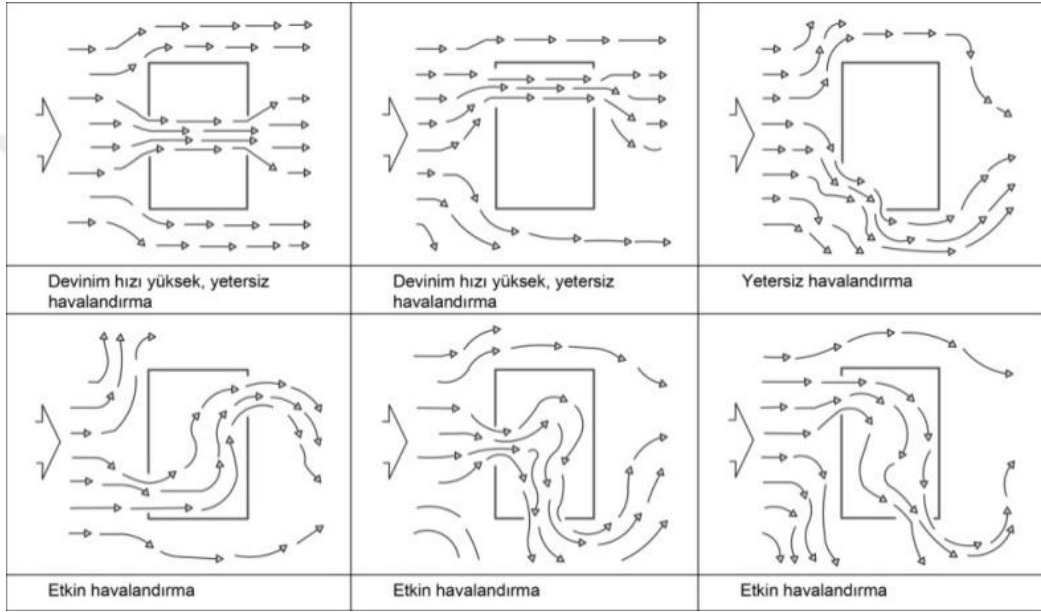
Rüzgârın giriş ve çıkış açıklıklarının komşu duvarlarda olduğu ve giriş çıkış genişliklerinin eşit olduğu durumlarda ise, rüzgârın yapıya dik gelmesi ile maksimum verim sağlanır (Şekil 2.22).



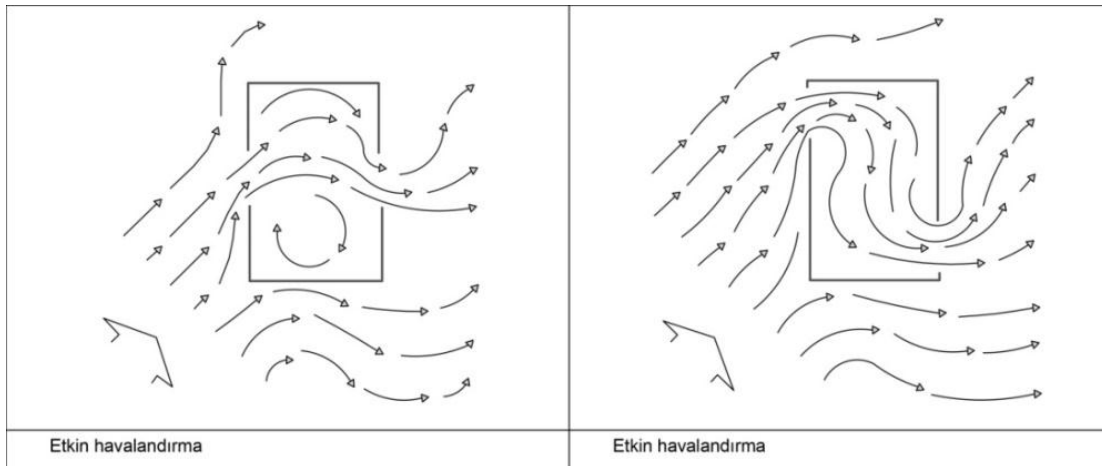
Şekil 2.22. Açıklıkların karşılıklı duvarlarda olduğu durumlarda birim içindeki doğal havalandırma etkinliği

Giriş açıklığı sabitken çıkış açıklığını genişletmek doğal havalandırmayı çok az düzeyde artırır. Maksimum verimlilik, giriş ve çıkış açıklıklarının aynı anda maksimum genişlemesi durumunda sağlanır. Duvar boşluklarının düzenlenmesinde yararlanılmak

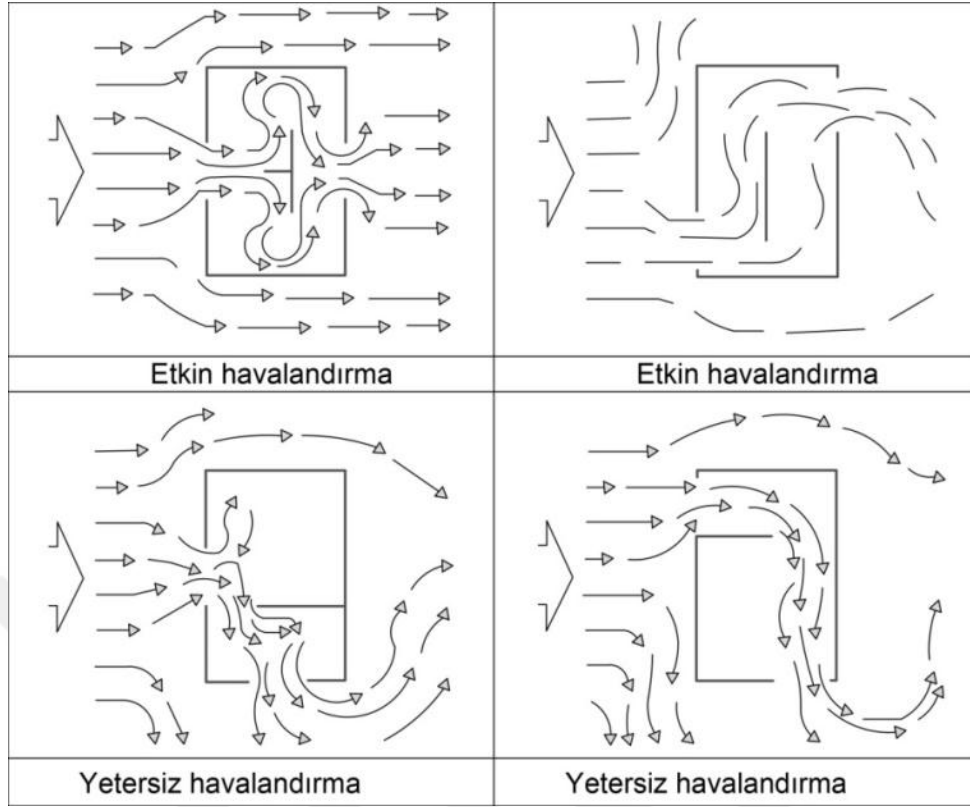
istenen dış hava deviniminin doğrultusu ve boşlukları birbirine göre konumu havalandırma açısından etkilidir. Şekil 2.23 ve Şekil 2.24’de farklı alternatifler sonucunda mekânda ortaya çıkan hava akışı görülmektedir. Havanın uygun hızda, yön değiştirerek mekânın tümünde sürekli devindiği örnekler havalandırma açısından olumludur. Mekân içindeki bölücülerin uygun yerleşimi ile Şekil 2.25’de verilen olumsuz havalandırma örnekleri etkin havalandırmaya dönüştürülebilir. Buna karşın iç mekândaki hava devinimi göz önüne alınmadan konumlandırılan bölücüler havalandırma etkinliğinin azalmasına neden olur.



Şekil 2.23. Hava akımının duvar boşluğuna dik olması durumunda havalandırma



Şekil 2.24. Hava akımının duvar boşluğu ile dar açısı yapması durumunda havalandırma



Şekil 2.25. İç mekân kurgulanarak havalandırma etkinliğinin değiştirilmesi

Havalandırmanın etkinliği açısından temiz havanın mekâna girdiği duvar boşlukları, kirli havanın mekândan uzaklaştırıldığı boşluktan küçük olmalıdır [37].

3. BİNA BİLGİ MODELLEME SİSTEMLERİ

Yapı sektöründe farklı disiplinler arasında iletişim zorluklarının olması, hataların tehlikelere dönüşmesi ve maddi manevi zararlara yol açmasından dolayı, sistem kontrolü ve yönetim işleyişini sağlayan yüksek kalitede uygulama çizimleri üretebilen ve bina performansı konularında bilgi veren mimari tasarım sürecidir [37].

Geleneksel yöntemlerin ve bilgisayar destekli tasarım araçlarının eksikliklerinin giderilmesi ile birlikte BIM (Building Information Modelling) kavramı günümüzde öne çıkmıştır. Ülkemizde Bina Bilgi Modelleme adıyla kullanılmaktadır.

Bina Bilgi Modelleme, yapı ile ilgili geometrik ve biçim gibi grafik veriler ile malzeme, maliyet, fiziksel çevre kontrolü gibi sayısal verilerden oluşturulan üç boyutlu bir modelin farklı disiplinlerden katılımcılar tarafından ortak kullanımını sağlayan sistemler bütünüdür [38].

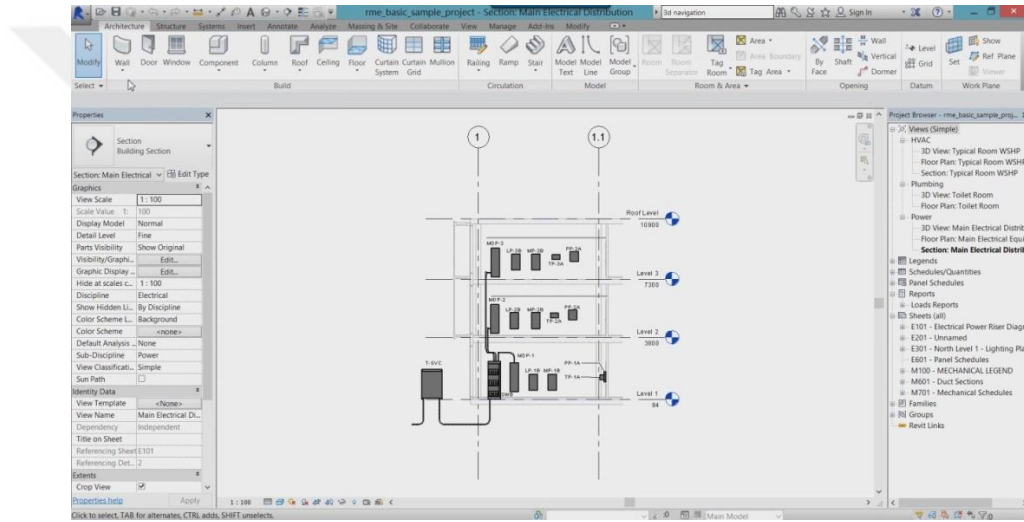
BIM bilgisayar destekli tasarım aracı olmayıp yeni ve kapsamlı bilgiye dayalı yapım sürecidir. Nesne tabanlı bir tasarım anlayışı sunmaktadır. Yapı elemanı olan kolon, duvar, kapı ve pencerenin birbiri ile olan ilişkisi ile gerçek görev ve davranışları ile model üzerinde yer almasında olanak sağlamaktadır [39]. Bu çalışmada modelleme için Revit ve simülasyon için Flow Design programları kullanılmıştır.

3.1. Revit

Kullanıcıların parametrik modelleme ve çizim elemanları ile tasarım yapmasına olanak sağlayan yapı bilgi modelleme sistemleri içerisinde yaygın olarak kullanılan programdır. Mimari tasarım, MEP (mekanik, elektrik ve sıhhi tesisat), yapısal mühendislik için etkili bir program olup disiplinler arası koordinasyon ve iş birliği sağlar.

Revit programı ile üretilen projeler nesneler kullanılarak oluşturulmaktadır. Nesneler birçok bilgiyi içinde muhafaza etmekte olup plan, kesit, görünüş gibi grafik temsilleri sağlayabildiği, grafik olmayan malzeme özellikleri ve maliyet gibi bilgileri de saklayarak birbiri ile ilişkilendirebilir. 3 boyutlu modeller oluşturulurken duvar, pencere çatı gibi yapı bileşenleri kullanılır. Şekil 3.1 'de Revit programı arayüzünü ekran görüntüsü yer almaktadır.

Tasarım sürecinde alınan kararlar kaynakların verimli kullanımı hususunda önemlidir. Revit programı içerisinde yer alan analizler kullanılarak yapılar konsept aşamasında önemli bir avantaj sağlar. Gün ışığı, aydınlatma, rüzgar, yön, form gibi bazı faktörlere ilişkin analizlerin yapılabilmesi için gerekli veriyi sağlayabilmektedir. Oluşan analiz sonuçlarının aynı anda görüntülenip hızlı müdahale imkanı vermektedir. Böylece tasarım sürecine etkisi olan mühendis ve mimarların kararların doğruluğunu sınavarak sonuca ulaşabilirler. Sanal olarak inşa edilmiş bina sürdürülebilir olarak inşa edilebilmesi için gerekli veriyi sağlamakta olup uygulama aşamasına kadar, yapının enerji tüketim değerlerinin müdahale imkanı sunar.



Şekil 3.1. Revit ara yüzü

3.2. Flow Design

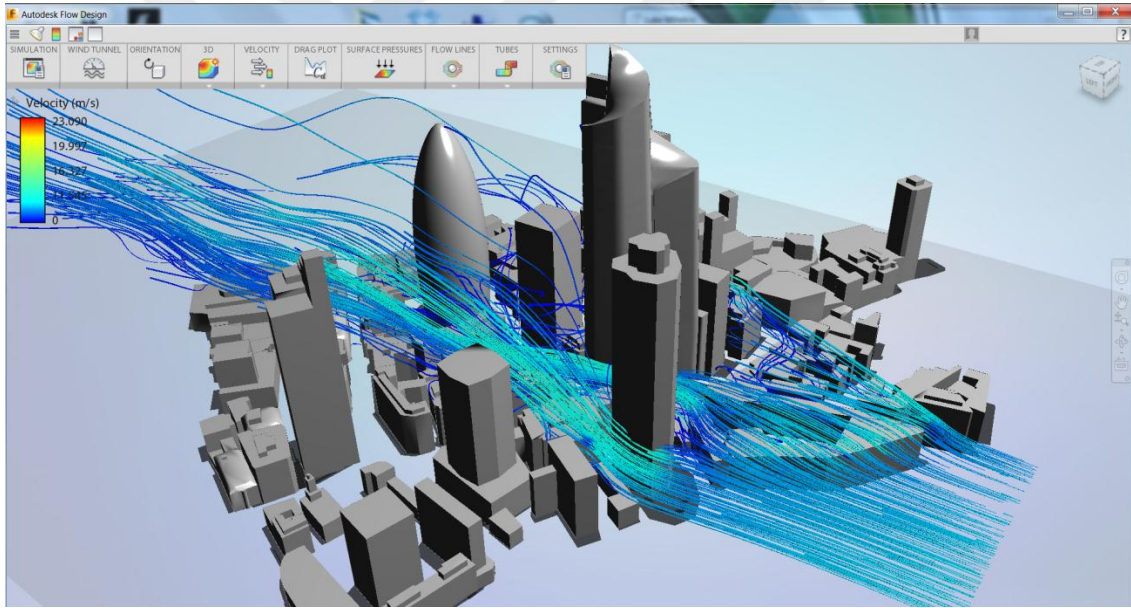
Günümüzde kullanılan simülasyon programları karmaşık sistemlerden oluşmakta olup konu hakkında tecrübeli ve uzmanından eğitimini almak gerekmektedir. Autodesk bunların hepsini değiştirmek için kullanım açısından daha kolay bir arayüz programı olan Flow Design'ı ortaya çıkarmıştır [40].

Tasarımcıların ve mühendislerin sanal bir rüzgar tünelineki herhangi bir nesnenin etrafında hava akışını simüle etmelerini sağlayan, kullanımı kolay bir akışkan dinamiği (CFD) yazılımıdır. Uygulama başladıktan birkaç saniye sonra modelin etrafında havanın akım, basınç ve hız davranışını görmeyi sağlar. Otomobil tasarımcıları, tasarım değişikliklerinin aerodinamik etkisini anlamak için ve mimar ürettiği yapının rüzgâr seviyesini, basınç bölgelerini nasıl etkilediğini görmek için kullanabilir.

Revit programında tasarlanan 3 boyutlu model Flow Design programına aktarıldığında otomatik olarak geometri üzerindeki akış gerçekleştirilir. Rüzgar tünelinin yönü ve hızını kullanıcı istediği gibi ayarlayabilir. Yazılım konsept tasarımlardan tam detaylı modellere kadar simülasyonu gerçekleştirebilir. Simülasyon gerçekleşmeden önce rüzgar tünelinin sınırı ayarlanması gerekmektedir [41].

Autodesk Flow Design programını sadece geleneksel kullanıcılar için (havacılık, uzay) değil, aynı zamanda Autodesk'in hizmet verdiği diğer endüstriler için de kullanılabilir olmasını istiyor. Genellikle CFD kullanıcıları olmayan ve kesinlikle okulda veya pratikte üst seviye simülasyon yazılımını kullanmak zorunda olmayan mimarlar, artık rüzgârın yeni bir yükselişe etkisi gibi hava akışı çalışmalarını kolayca yürütebilecek [41].

Flow Design programı ekran ara yüz görüntüsü Şekil 3.2'de verilmiş olup, çalışma içerisinde kullanılan program bölüm 4.3 içerisinde bahsedilmiştir.



Şekil 3.2. Flow Design programı rüzgar tüneli simülasyonu

4. UYGULAMA ÇALIŞMASI

Bu çalışmada Elazığ ilinde yer alan İzzet paşa mahallesi (avlulu kent dokusu), Doğu kent mahallesi (gridal kent dokusu) ve Nail bey mahallesi (dağınık gridal kent dokusu) olmak üzere 3 farklı kent dokusu seçilmiş olup bilgisayar ortamında modellenerek rüzgâr yönünün, kent dokusunun ve pencere açıklıklarının doğal havalandırmaya olan etkisi karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir. Çalışma aşağıdaki adımlarla gerçekleştirilmiştir;

- 3 farklı kent dokusu sırası ile İzzet paşa mahallesi A kent dokusu, Doğu kent mahallesi B kent dokusu ve Nail bey mahallesi C kent dokusu olarak tanımlandı. Yerleşim alanlarına ait bina yüksekliği cadde genişliği gibi özellikler belirlenerek üç boyutlu modelleri Revit programında oluşturuldu.
- Revit programında oluşturulan üç boyutlu modeller içerisinde yer alan enerji analiz eklentisi yardımı ile bölgenin iklimsel verileri ve rüzgâr yapısına ulaşılmıştır.
- A,B ve C kent dokularının üç boyutlu modelleri rüzgâr simülasyonu için Flow Design programına aktararak doğal havalandırma performansları görsel olarak elde edilmiştir.
- Seçilen bir konut yapısının doğal havalandırma performansı A, B ve C kent dokuları içerisindeki etkisini incelemek adına parametreler oluşturuldu. İlk öncelikle yapı içinde iki daire seçilerek rüzgârın konum üzerindeki etkisi incelenmek istendi. Daha sonra mevcut durumda hâkim rüzgâr yönü 45° olarak belirlenmiş olup bunun yanı sıra 0° ve 90° rüzgâr yönü etkisindeki simülasyonu gerçekleştirildi.
- Mevcut rüzgâr yönü (45°) sabit tutularak pencere açıklıkları üzerinde 3 farklı durum belirlenip simülasyonlar gerçekleştirildi, doğal havalandırma performansları karşılaştırılmalı olarak incelendi.
- Yapılan simülasyonların sonuçları Flow Design ekran görüntüsü olarak sunulmuş olup yorumlar 5'li likert ölçeği ile 1'den 5'e kadar uygunluk değerleri verilmiştir. Buna göre Doğal havalandırma performansı rüzgâr yönü, pencere açıklıkları, farklı bina yükseklikleri, cadde genişliği oranları, bina yönelimi,

yapıların avlulu ve ayırık nizamda oluşu üzerinde etkilerinin olduğu gözlemlenmiştir.

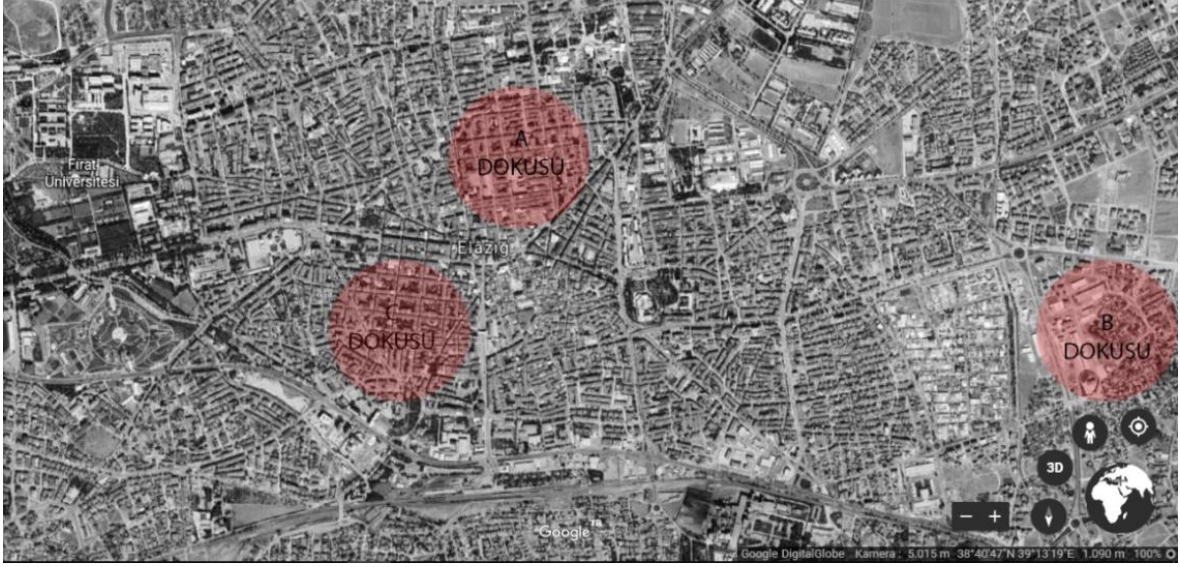
4.1. Elazığ Kenti

Elazığ Doğu Anadolu bölgesinin güneybatısında, Yukarı Fırat Havzası olarak adlandırılan alan içerisinde yer almaktadır. 40° 21' ve 38° 17' Doğu boylamı ile 38° 17' ve 39° 11' Kuzey enlemleri arasında 9153 km² yüzölçümü ve 1065 metre rakımlıdır. Elazığ ili topraklarının doğu batı doğrultusundaki uzunluğu 150 km, kuzey-güney yönündeki genişliği 65 km civarındadır. Doğudan Bingöl, kuzeyden Keban baraj gölü vasıtasıyla Tunceli, batı ve güneybatıdan Karakaya Baraj Gölü aracılığıyla Malatya, güneyden ise Diyarbakır illerinin arazileri ile çevrilidir [42].

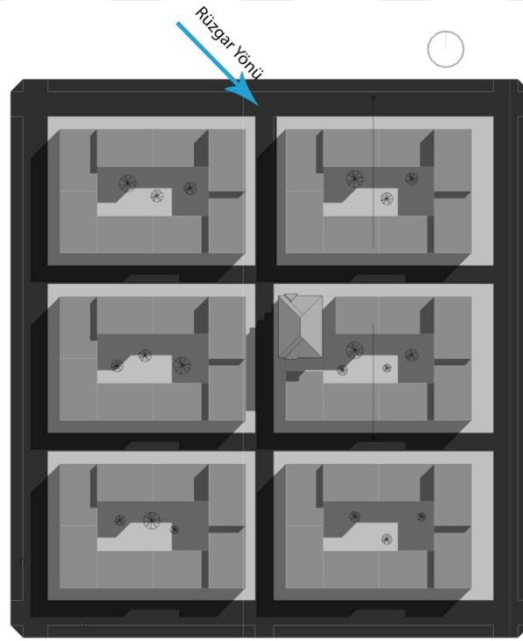
Şehir dokusu ilk yerleşim alanı olarak birbirini dik kesen sokak ve caddelerden oluşmaktadır. Şehrin ilk yerleşim yeri olan Çarşı Mahallesi daha sonra İzzet Paşa Nail Bey ve Rızaiye Mahallesi etrafında gelişir [43].

4.1.1. Kent Dokusu

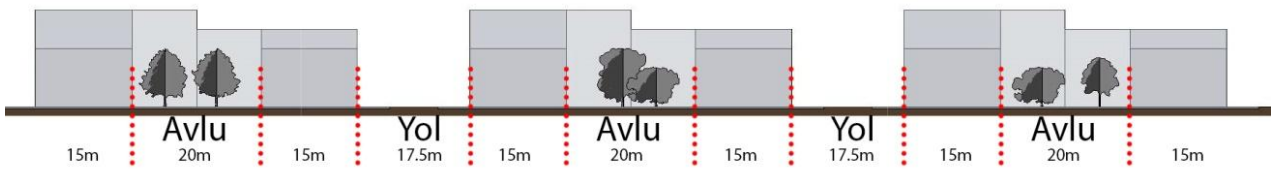
Çalışmada belirlenen ve Elazığ ili içerisinde yer alan kent dokuları Şekil 4.1.'de görülmektedir. Birinci çalışma alanı olan A kent dokusu birbirini dik kesen sokaklar ve caddelerden oluşmakta ve binalar avlulu bir düzende bitişik nizamda bulunmaktadır. Binaların alt kısımları ticari alan, üst kısımları ise konut olarak kullanılmaktadır. Şekil 4.2.'de A kent dokusu için vaziyet planı ve Şekil 4.3.'de sokak kesiti, Şekil 4.4.'te ise üç boyutlu görseli sunulmuştur.



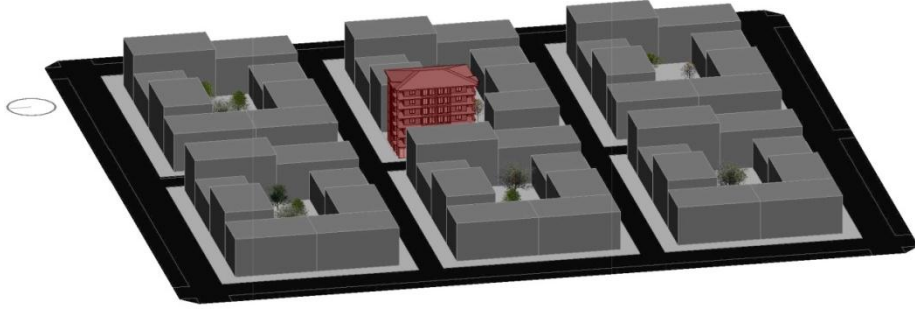
Şekil 4.1. Elazığ ili earth haritası



Şekil 4.2. A kent dokusu vaziyet planı

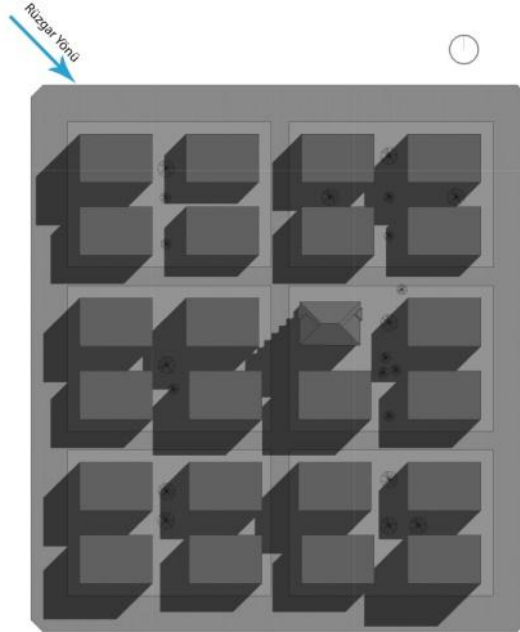


Şekil 4.3. A kent dokusu kesiti

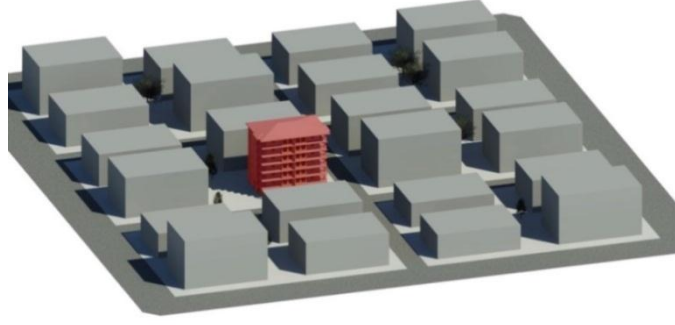


Şekil 4.4. A kent dokusu 3 boyutlu görseli

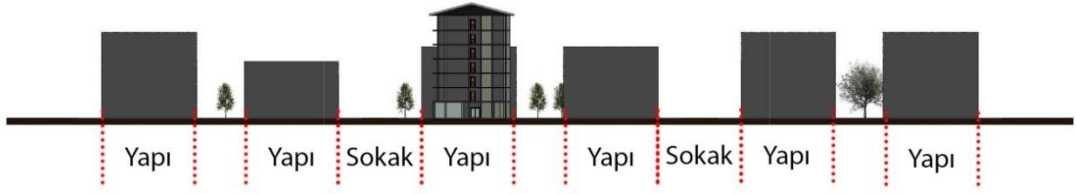
İkinci çalışma alanı olan B kent dokusu az katlı ve birbirine paralel sokak ve caddelerden oluşmaktadır. Düşük yoğunluklu konut bölgesi olarak planlana kent dokusu daha sonra kentsel dönüşüm ile yüksek katlı yapılarda yer almaya başlamıştır. Şekil 4.5.'de vaziyet planı ve hâkim rüzgâr yönü gösterilmektedir. Hâkim rüzgâr 45° yönünde olup şematik olarak elde edilen kent dokusuna etki etmektedir. Şekil 4.6.'de 3 boyutlu görseli, gridal düzendeki yapılaşma ve sokak düzeni görülmektedir. Şekil 4.7.'de proje alanına ait kesit verilmiştir.



Şekil 4.5. B kent dokusu vaziyet planı

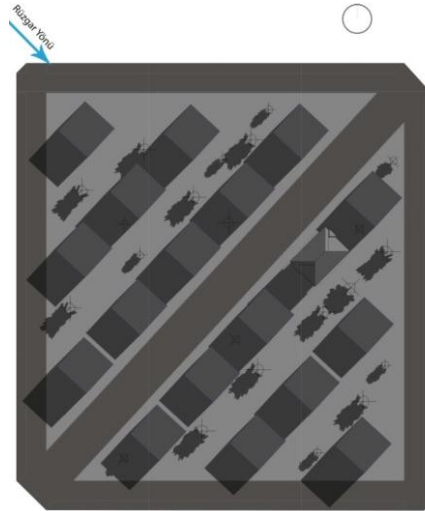


Şekil 4.6. B kent dokusu 3 boyutlu görseli

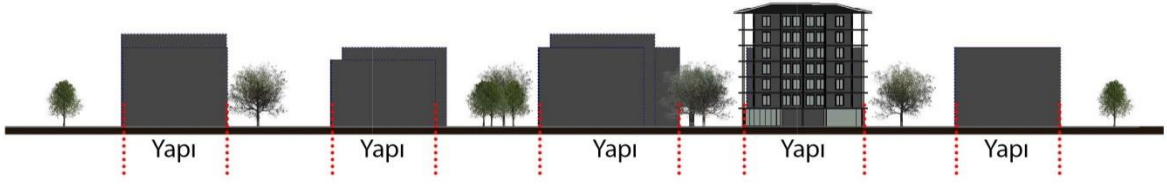


Şekil 4.7. B kent dokusu kesiti

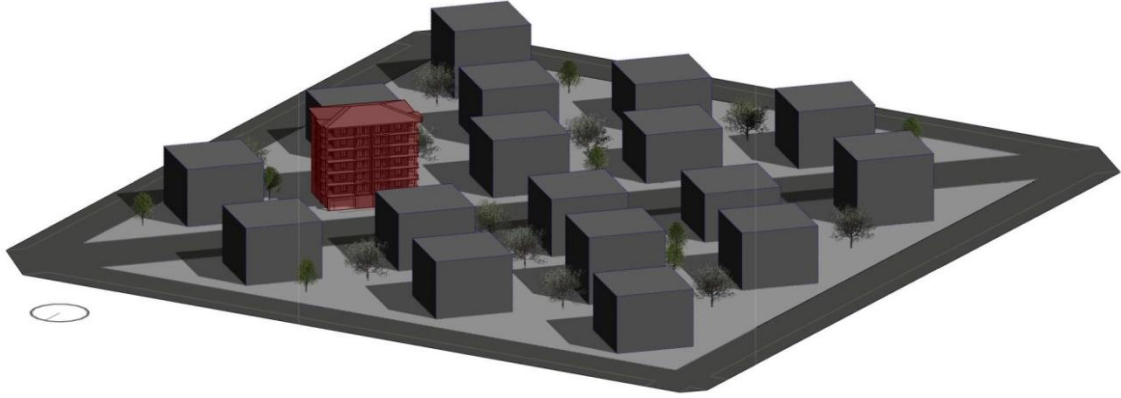
Üçüncü çalışma alanı olan C kent dokusu birbirini çapraz olarak kesen sokaklar ve caddelerden ve onlara paralel olarak konumlanmış yapılardan oluşmaktadır. Şekil 4.8’de gösterilen vaziyet planında hâkim rüzgâr 45° yönünde olup şematik olarak elde edilen yapı bloğuna etki etmektedir. Şekil 4.9’da alana ait kesit, Şekil 4.10’da ise dokunun 3 boyutlu görseli görülmektedir.



Şekil 4.8. C kent dokusu vaziyet planı



Şekil 4.9. C kent dokusu kesiti

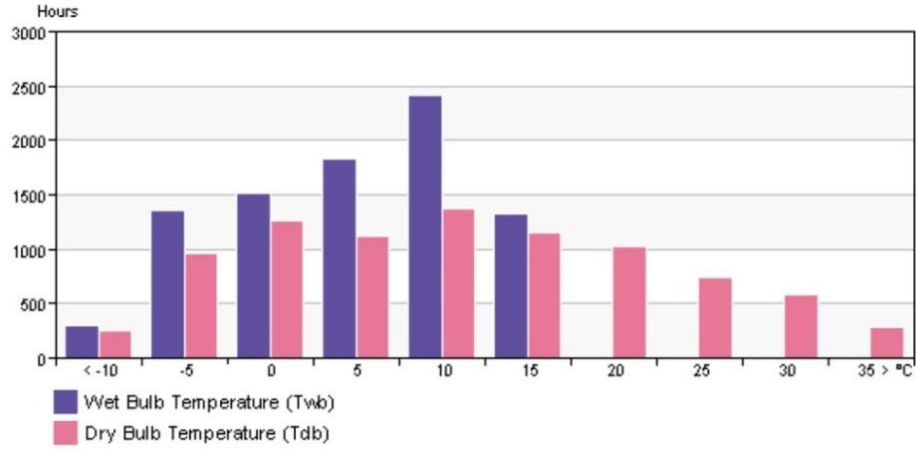


Şekil 4.10. C kent dokusu 3 boyutlu görseli

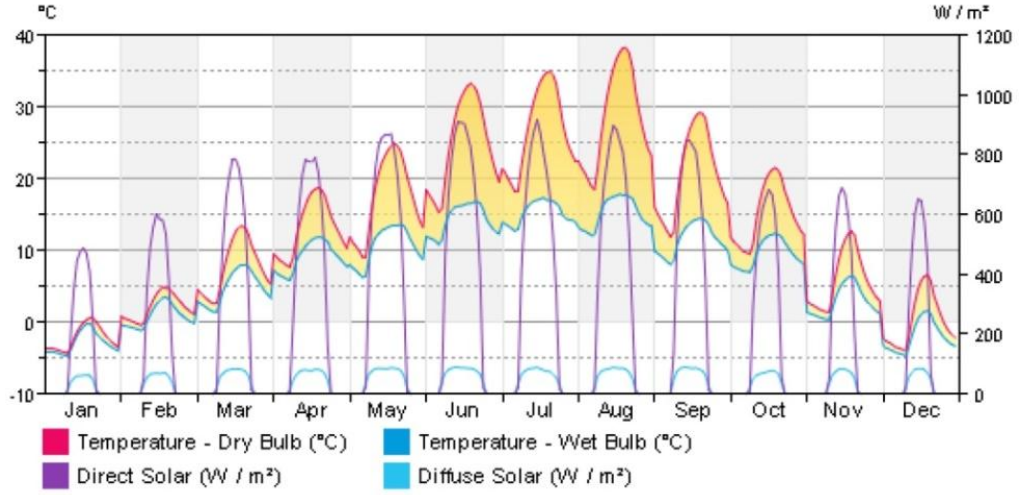
4.1.2. Elazığ İli İklim Bilgisi

Elazığ ili belirgin olarak karasal iklim sürmektedir, bunla birlikte Akdeniz iklim özellikleri de göstermektedir. Elazığ ili rakımı 1300 m ortalamasında çevre yöreye göre daha düşük bir yükseltiye sahiptir. Güney Doğu Torosların devamı olan Maden Dağı ve Kömürhan boğazı geçitleri ile kış mevsiminde Akdeniz'in ılıman ve nemli havası yöreye zaman zaman sokulmaktadır. Yaz aylarında sıcak ve kurak sıcaklığı değeri 1.3 °C -27.2 °C arasında değişmektedir. Sıcaklık farkı 28.5 °C'ye kadar çıkmaktadır. Yıllık ortalama yağış miktarı 427.1 m³ tür. Yağışların aylara göre dağılımı düzensiz olup, en yağışlı ay genellikle Nisan, en kurak ay ise Ağustostur [44, 47].

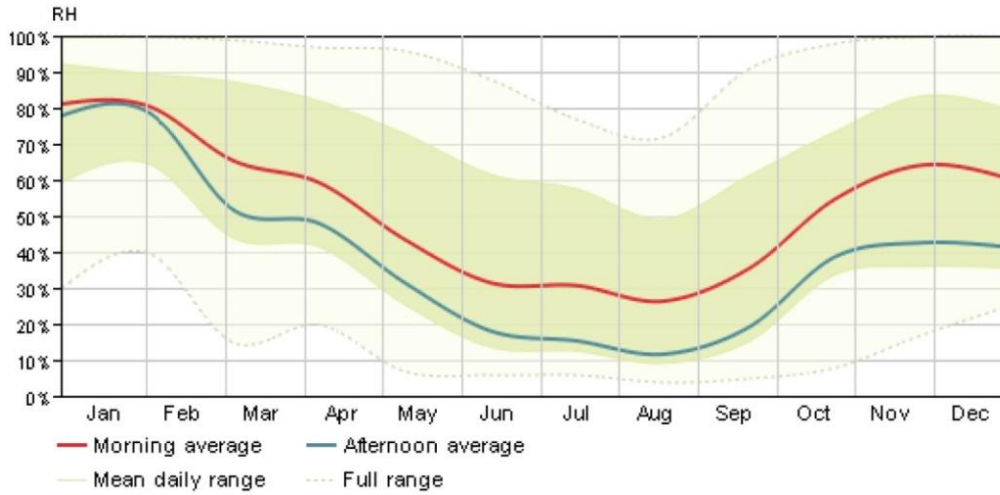
Belirlenen 4 farklı kent dokusu Revit programında modellendikten sonra enerji simülasyonu yapılarak enerji analizleri elde edilmiştir. Analizler sonucu Elazığ iline ait iklim bilgisi ve rüzgâr yapısı verileri Şekil 4.11-4.13'te grafik olarak gösterilmektedir.



Şekil 4.11. Elazığ ili yıllık sıcaklık değeri (°C)



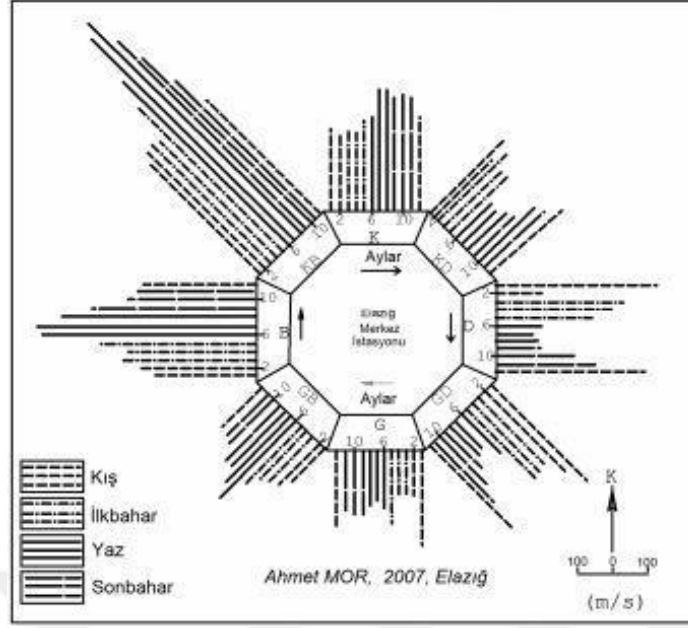
Şekil 4.12. Elazığ ili günlük ortalama hava sıcaklıkları (°C)



Şekil 4.13. Elazığ ili yıllık nem değeri (%)

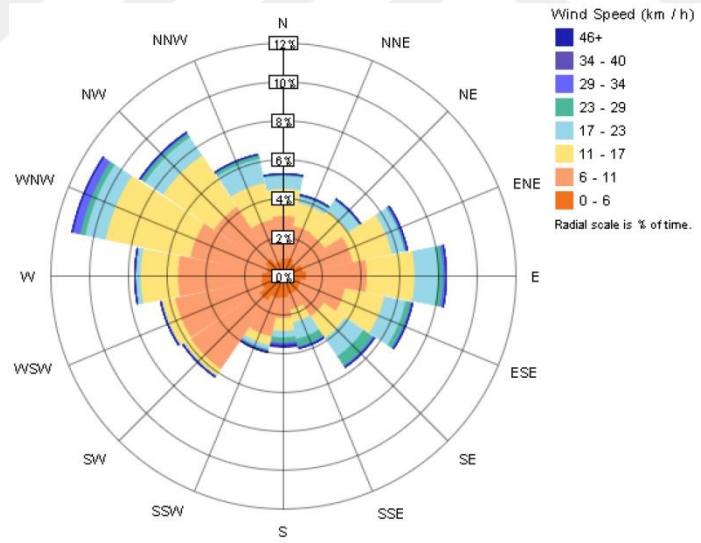
4.1.3. Elazığ ili Rüzgâr Yapısı

Elazığ'ın geçiş depresyonları arasında bulunması, mevsimlere göre değişkenlik gösteren hava kütlelerinin etki etmesi, yağış ve sıcaklık farklarının oluşması Elazığ'da rüzgârın belirli yönlerden egemen olması sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Mevsimlere göre rüzgâr yönü incelendiğinde yazın hâkim rüzgârın kuzeybatı ve batı yönlerinden, kışın ise doğu ve güneydoğu yönlerinden esmekte olduğu gözlemlenmektedir. Yüksek alanlarla çevrili olması basınç bölgelerine bağlı olarak oluşan hava hareketlerinin bu alanda değişmeye uğramasını sağlamaktadır (Şekil 4.14). Kuzeydoğu ve güneybatı yönünde uzanan ova tabanında hava hareketlerinin bu bölgede sıkışıp kalması da etkenler arasındadır.

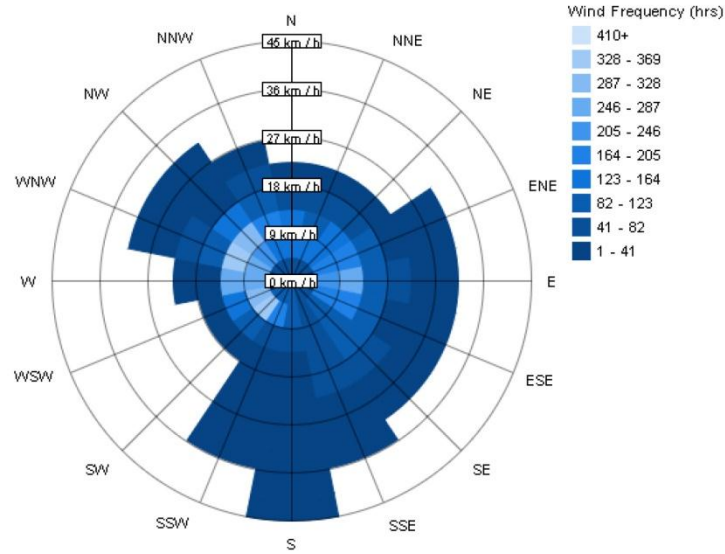


Şekil 4.14. Elazığ'da ay ve mevsimlere göre rüzgârgülü diagramı

Revit enerji simülasyonu ile Şekil 4.15'de yıllık rüzgar gülü hız dağılımı, Şekil 4.16'de ise yıllık rüzgar gülü frekans dağılımı elde edilmiştir.



Şekil 4.15. Elazığ ili yıllık rüzgârgülü hız dağılımı



Şekil 4.16. Elazığ ili yıllık rüzgârgülü frekans dağılımı

4.2. Uygulama İçin Seçilen Binaya Ait Genel Bilgiler

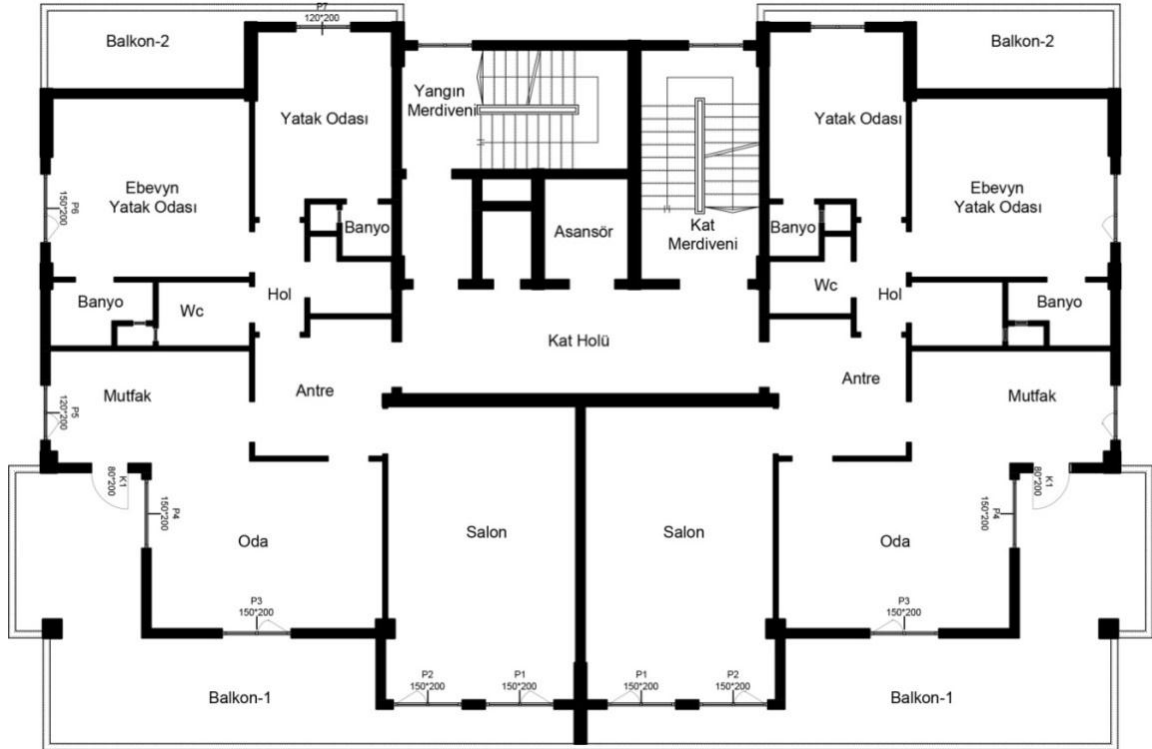
Uygulama için seçilen konut, zemin ile birlikte 7 kattan oluşmaktadır. Elazığ ilinde yaygın olarak uygulanan konut tipolojisinden yola çıkılarak, en fazla uygulanan tip projelerinden bir tanesinin seçilmesiyle belirlenmiştir. Binanın her katında iki daire ve toplam 14 daire yer almaktadır. Şekil 4.17’de seçilen konut projesinin 3 boyutlu görseli verilmiştir.

Salon, oturma alanı, mutfak, ebeveyn yatak odası ve yatak odasından oluşan daire; oturma odası ve mutfağın birlikte kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Kat yüksekliği 3 m olup, betonarme karkas sistemden oluşmaktadır.

Şekil 4.18’de daireye ait kat planı bulunmaktadır. 110 m² yaşam alanına sahip olan dairede, kapı ve pencere boşluklarına bakıldığında zaman zaman salon kısmında sırası ile 150x200 cm’lik pencere (P1,P2), oturma alanında 150x200 cm’lik pencere (P3,P4), mutfak kısmında 90x120 cm’lik pencere (P5) ve 80x200 cm’lik balkon kapısı (K1), ebeveyn yatak odasında 150x200 cm’lik (P6) ve yatak odasında 90x120 cm’lik (P7) şeklinde pencerelerin yer aldığı görülmektedir.



Şekil 4.17. Yapının 3 boyutlu görseli

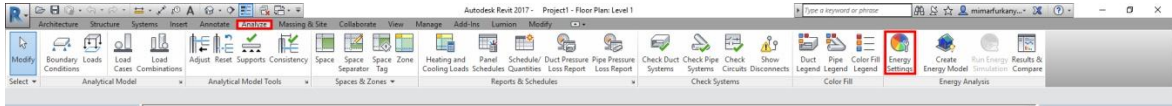


Şekil 4.18. Yapıya ait kat planı

4.3. Havalandırma Performansının Flow Design Programı Kullanılarak Değerlendirilmesi

Proje alanı için seçilen farklı kent dokularındaki dairelerin doğal havalandırma performansları incelenirken iklim verileri ve rüzgâr yapısı Revit programında yer alan enerji analiz bölümü kullanılmıştır (Şekil 4.19). Energy settings'in alt başlıklarından "Location" seçeneği seçilmiştir (Şekil 4.20). Bu bölümde ilk olarak projenin konumu haritadan seçilmiştir. Bu seçim yapıldıktan sonra program bize otomatik olarak projemize en yakın olan hava istasyonlarını göstermektedir. Elde etmek istediğimiz bölgenin iklimsel verilerini bu hava istasyonları sağlayacaktır. Bu nedenle bize en doğru sonucu vermesi için projeye en yakın olan hava istasyonu haritadan seçilir ve Ok basılır (Şekil 4.21).

Seçilen 3 farklı kent dokusu şematize olarak Revit programı aracılığı ile modellendi. Revit programı içerisinde yer alan export seçeneğinden (Şekil 4.22) stl formatı ile (Şekil 4.23) dışarı aktarıldı. Flow Design programı içerisinde yer alan local sekmesi seçilerek programın içerisine aktarıldı (Şekil 4.24). Flow Design programında rüzgar yönü ve hızı Orientation sekmesi seçilerek ayarlanır (Şekil 4.25). Flow Design programı simülasyon ara yüz ekran görüntüsü Şekil 4.26'de elde edildi. Programlar arasındaki akış şeması Şekil 4.27'da gösterilmiştir.



Şekil 4.19. Revit enerji analiz seçeneği

Energy Settings

Parameter	Value
Essential	
Location	Elazığ, T.C. Türkiye
Energy Analytical Model	
Mode	Use Conceptual Masses
Ground Plane	Level 1
Project Phase	New Construction
Analytical Space Resolution	457.2
Analytical Surface Resolution	304.8
Perimeter Zone Depth	3600.0
Perimeter Zone Division	☒
Advanced	

[How do these settings affect energy analysis?](#)

OK Cancel

Şekil 4.20. Proje alanı location seçimi

Location Weather and Site

Location Weather Site

Define Location by:
Internet Mapping Service

Project Address:
Elazığ, T.C. Türkiye

Weather Stations:

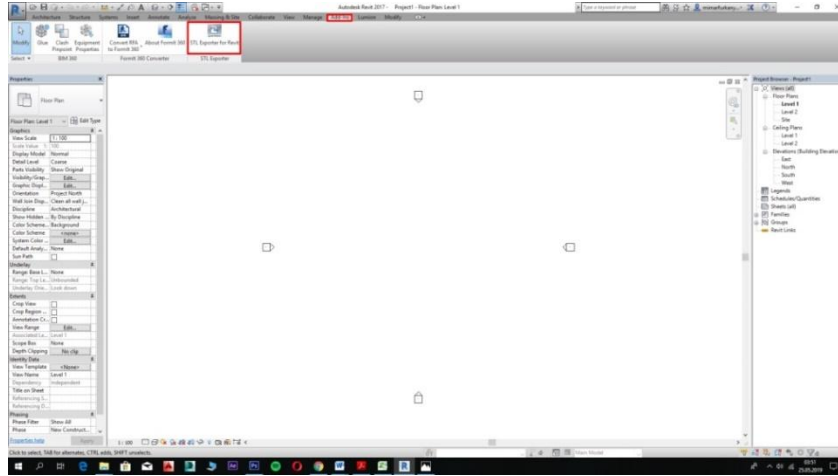
1265541 (0.00 kilometres away)
1265542 (9.01 kilometres away)
1265846 (9.01 kilometres away)
1265847 (12.71 kilometres away)
1265236 (15.61 kilometres away)
1265340 (15.61 kilometres away)
1265337 (18.02 kilometres away)
1265845 (18.02 kilometres away)

Map showing Elazığ and surrounding areas. Bing logo.

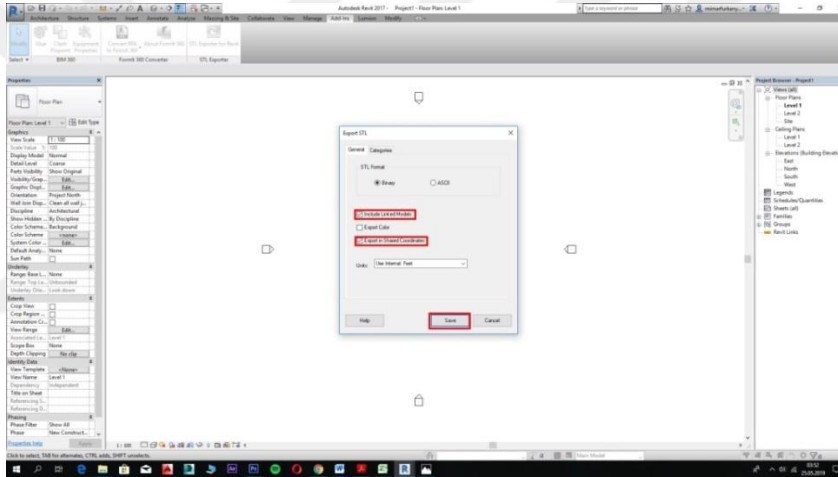
☐ Use Daylight Saving time

OK Cancel Help

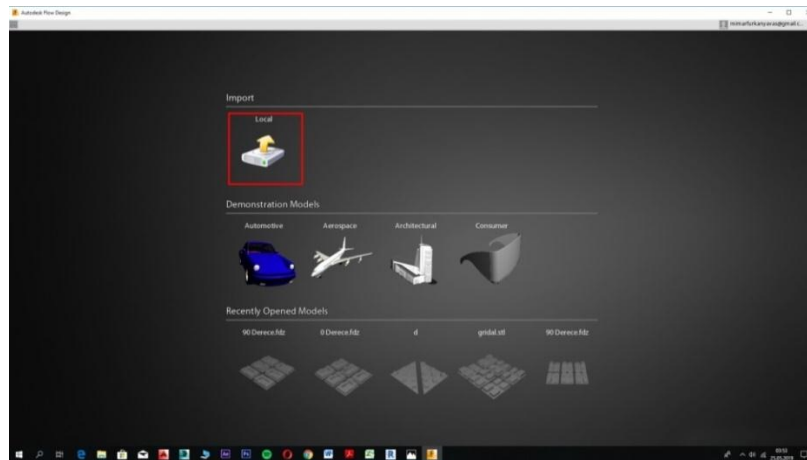
Şekil 4.21. Elazığ ili hava istasyonu



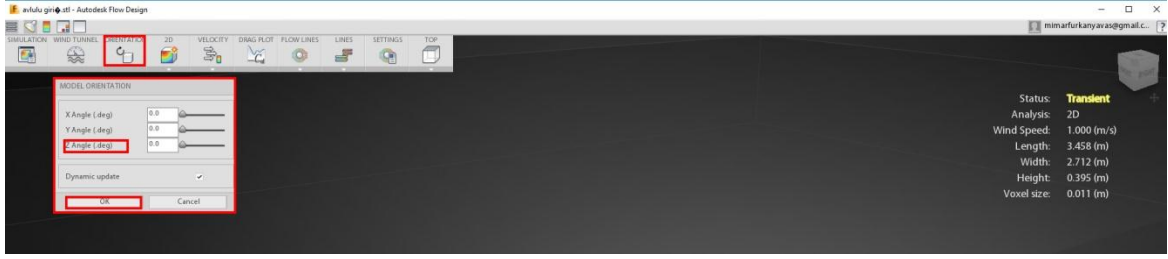
Şekil 4.22. Revit programından modelin export edilmesi



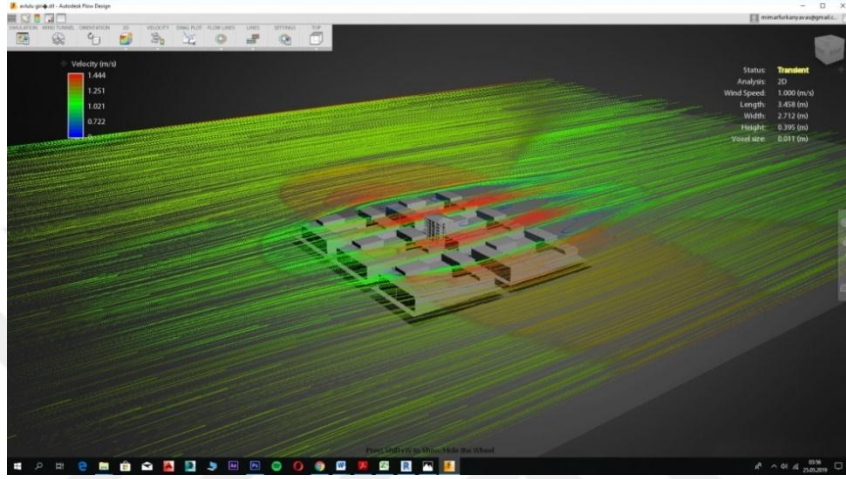
Şekil 4.23. Revit programı stl formatında kaydedilmesi



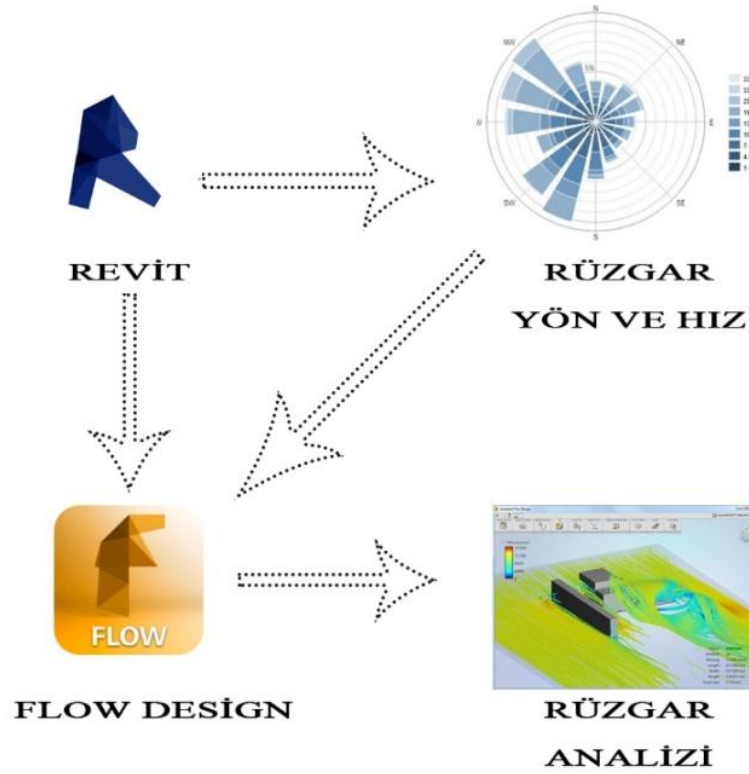
Şekil 4.24. Flow Design rüzgâr yönü ayarı



Şekil 4.25. Flow Design rüzgar yönü ayarlanması



Şekil 4.26. Flow Design arayüz ekran görüntüsü

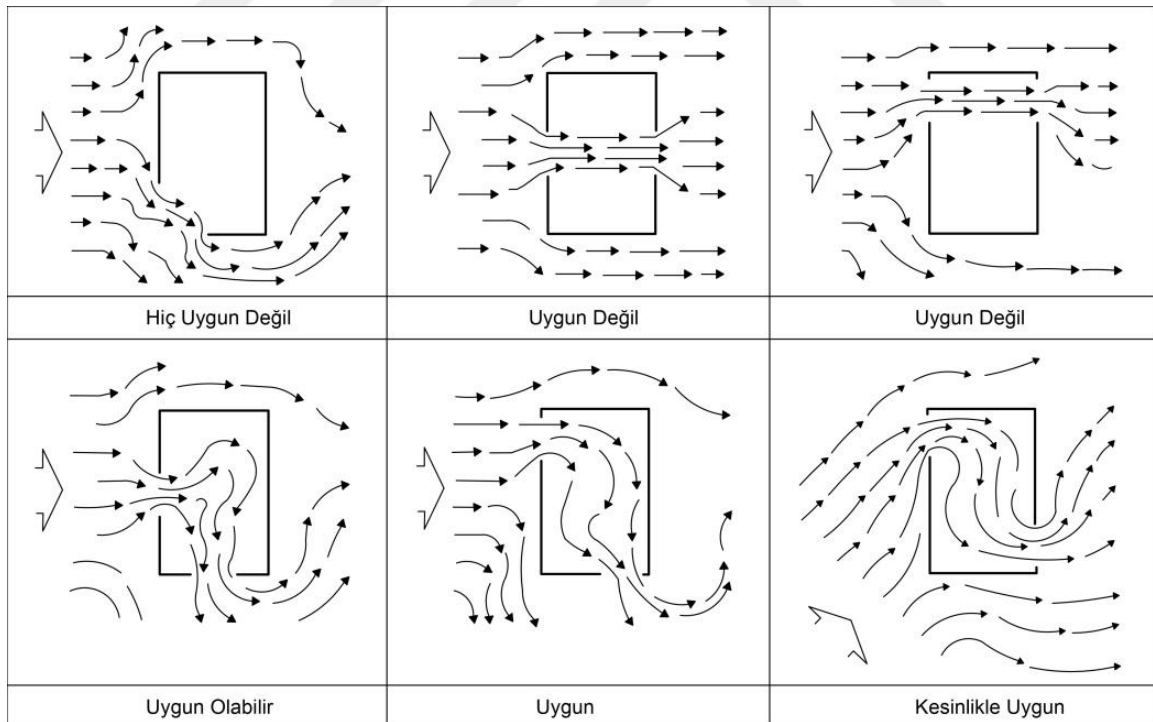


Şekil 4.27. Programlar arasındaki akış şeması

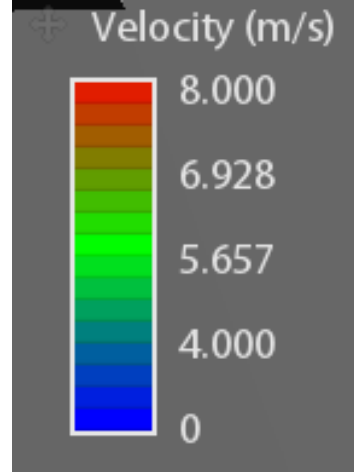
4.4. Likert 5'li Ölçeği ile Mekânların Havalandırma Performansının Değerlendirilmesi

Rüzgâr yönü ve pencere konumları gibi değişkenlerin belirlenmesiyle farklı kent dokularında olduğu kabul edilen binanın doğal havalandırma performansının değerlendirilmesi Flow Design programından elde edilen simülasyon sonuç görselleri ile yapılmıştır. Doğal havalandırmanın mekanlardaki etkinliğinin sağlandığı görseller baz alınarak, 5'li likert ölçeğine göre bir derecelendirme yapılmıştır (Şekil 4.28). Buna göre 1: hiç uygun değil, 2: uygun değil, 3:uygun olabilir, 4: uygun, 5: kesinlikle uygun olduğu durumları ifade etmektedir (Şekil 4.28). Simülasyonlardan elde edilen sonuç görselleri de bu derecelendirmeye göre değerlendirilmiştir.

Elde edilen sonuç görsellerinde rüzgar hızı (velocity m/s) olarak verilmekte olup; mavi, yeşil, kırmızı (blue, green, red) renkler ile gösterilmektedir. Mekan içerisinde dolanan rüzgar akımının mavi renkten kırmızıya doğru renk değiştirmesi rüzgar hızının arttığı anlamına gelmektedir (Şekil 4.29).



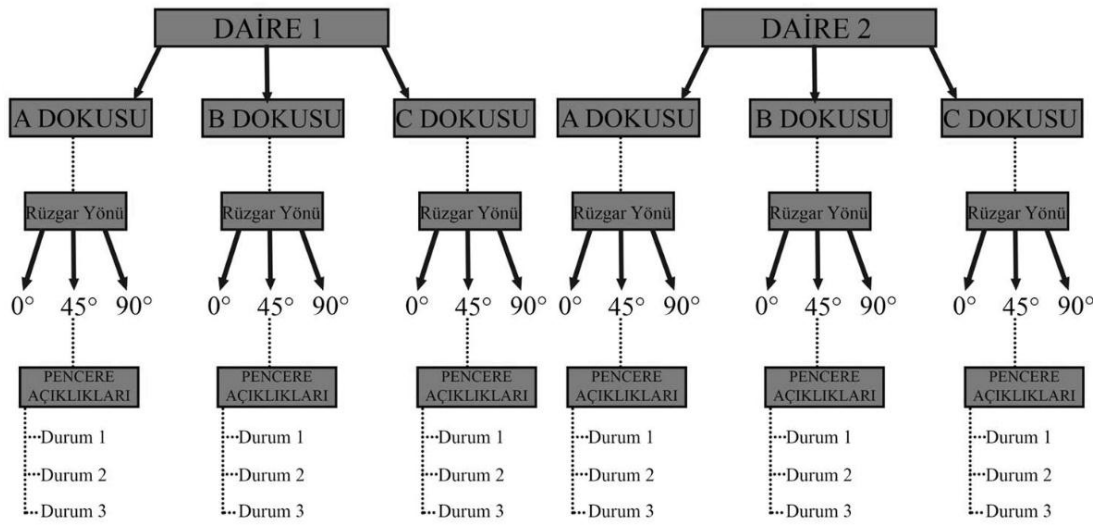
Şekil 4.28. 5'li Likert yöntemi ile doğal havalandırma performansının değerlendirilmesi



Şekil 4.29. Flow Design Rüzgar hızı grafiği m/sn.

5. BULGULAR ve DEĞERLENDİRME

Çalışmada farklı kent dokuları içinde değerlendirilen, Daire 1 ve Daire 2 için, üç farklı rüzgar yönü dikkate alınarak simülasyonlar yapılmıştır. Ayrıca 45° açıyla gelen rüzgar yönü için her iki daire üzerinden farklı pencere açıklıklarının çalıştığı durumlar için senaryolar üretilmiş ve simülasyonlar yapılmıştır. Şekil 5.1’de yapılan simülasyonlara ait sınırlar bir şema üzerinden gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Tez akış şeması

Seçilen konut için rüzgâr alan cephedeki yüzey açıklıkları, ön ve yan cephede arka cepheye göre daha fazla bulunmaktadır. Dairenin doğal havalandırmasını etkileyen faktörlerden biri de yüzeydeki açıklıkların genişliği oranı ve yüzeydeki açıklıkların yerleşimidir. Rüzgârın giriş ve çıkış açıklıklarının komşu duvarlarda olduğu ve giriş çıkış genişliklerinin eşit olduğu durumlarda ise, rüzgâr yapıya dik gelmesi ile maksimum verimlilik sağlar.

Bu çalışmada, dairenin doğal havalandırma performansı incelenirken, hava akımının sadece belirtilen pencerelerden olduğu varsayılarak, pencerelerin plan şeması üzerinde birbirine göre uç noktalarda olduğu durumlar için farklı senaryolar oluşturulup, simülasyonlar yapılmıştır. Bu analizler için 45°'lik rüzgâr yönü dikkate alınmıştır. Buna göre oluşturulan 3 farklı senaryo şu şekildedir (Şekil 5.2).



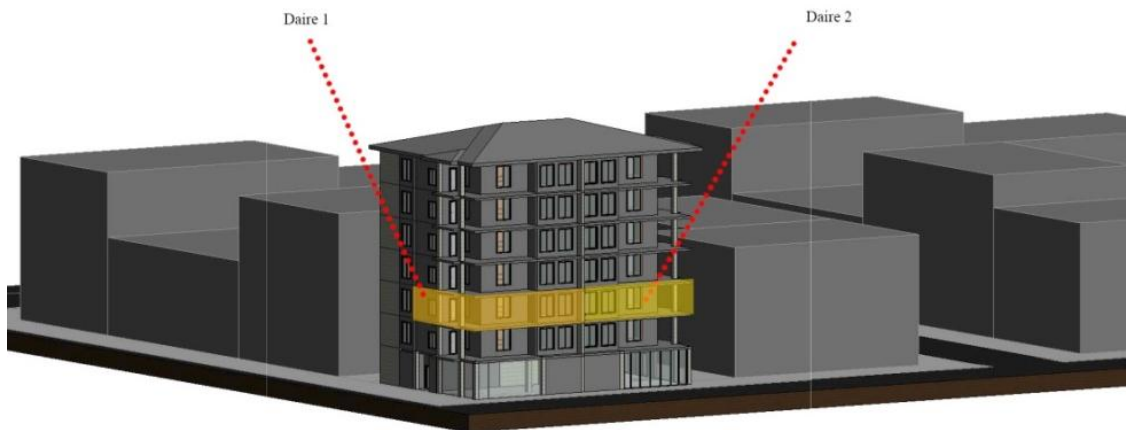
Şekil 5.2. Pencere açıklıkları ve belirlenen 3 farklı durum

5.1. A Kent Dokusu için Yapılan Analiz Sonuçları

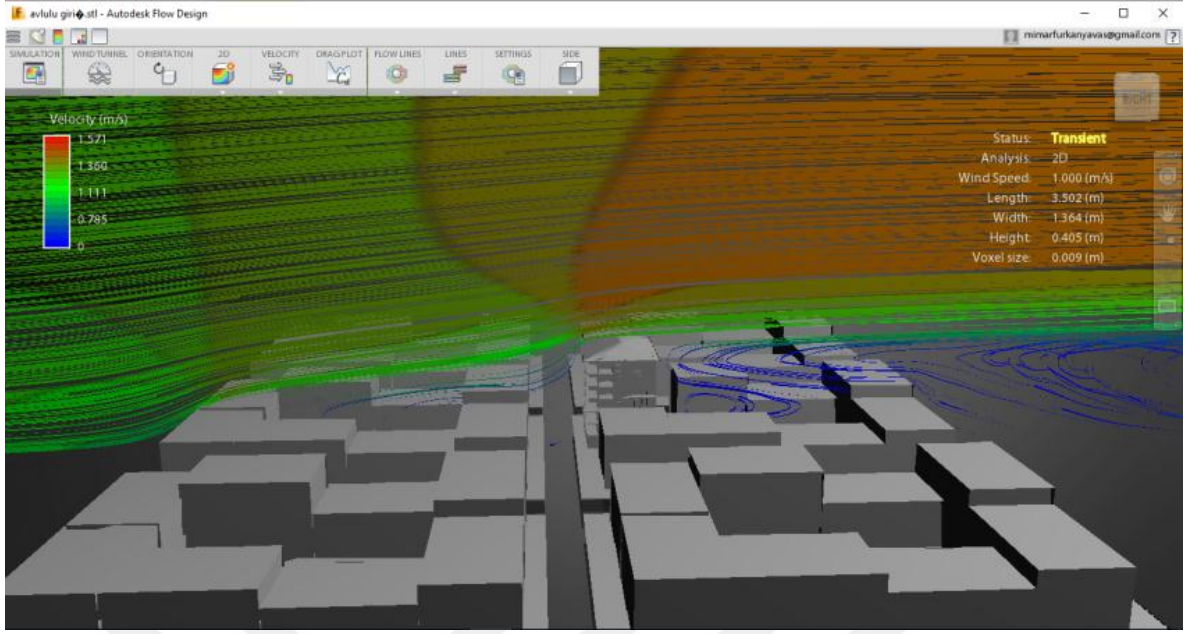
Dikey yöndeki rüzgâr hareketinin, A kent dokusu ile karşılaştığı yerde yapıların rüzgâra hız ve yükselti sağladığı gözlemlenmiştir. Avlu ve sokak kısımlarda basınç farkının oluşması ile bu noktalarda türbülans ile etki ederek doğal havalandırma için olumlu etki etmektedir (Şekil 5.3-5.4).

Yatay yöndeki rüzgâr hareketi ise A kent dokusunda simülasyon için kullanılan konuta göre daha düşük katlı yapıların bulunması ile rüzgâr süpürme etkisi gösterip yapıya etki etmektedir (Şekil 5.5).

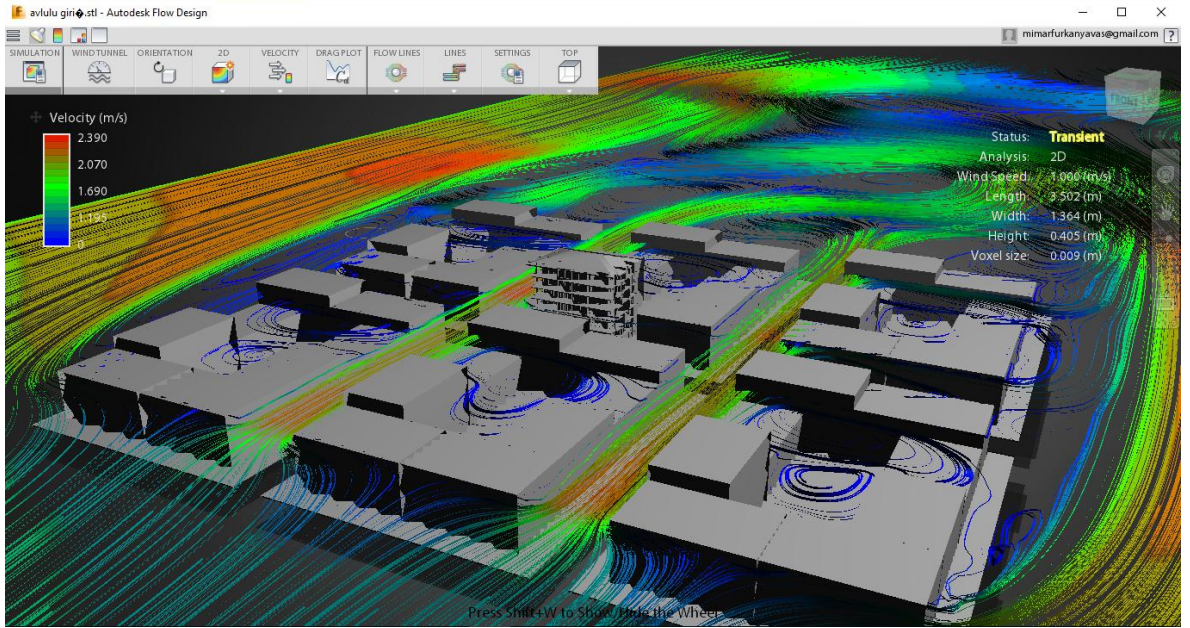
Proje için seçilen 1. Daire konumlanma ve rüzgâr yönü etkisi detaylı olarak incelenmiştir. Bu incelemede projedeki cephe açıklıkları ve yerleşimi sabit tutularak rüzgâr yönü değiştirilerek daire içi doğal havalandırma simülasyonları oluşturulmuştur.



Şekil 5.3. A kent dokusu daire 1 ve 2



Şekil 5.4. A kent dokusu dikey yöndeki rüzgâr hareketi



Şekil 5.5 A kent dokusu içindeki 0 ° yönündeki rüzgâr hareketi

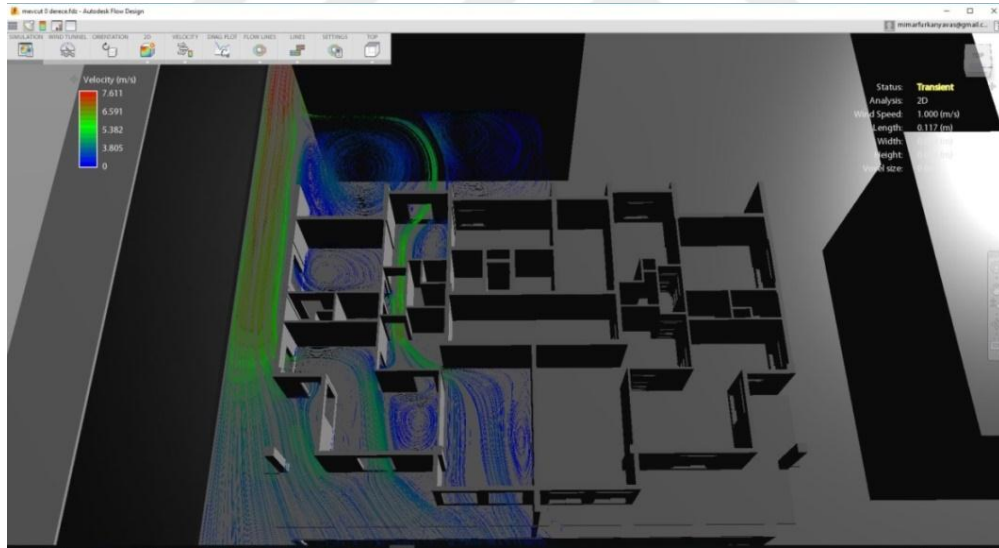
5.1.1.A Kent Dokusunda Daire 1 ve Tüm Rüzgâr Yönleri için Analiz Sonuçları

➤ 0 ° Rüzgâr Yönü

Şekil 5.6'de daire 1'e ait kat planı ve hâkim rüzgâr yönü gösterilmektedir. Flow Design ekran görüntüsü Şekil 5.7'da verilmiştir.



Şekil 5.6. Daire planı ve 0 ° rüzgâr yönü



Şekil 5.7. A kent dokusu daire 1 doğal havalandırma simülasyonu

Salon kısmında P1 ve P2 pencerelerinden giren rüzgâr, açıklıkların geniş olması ile odanın doğal havalandırmasını gerçekleştirip antreden geçip yatak odasına doğru hareket etmektedir. Oda kısmında P3 penceresinden giren rüzgârın bir kısmı türbülans oluşturup diğer kısmı ise P5 den çıkış gerçekleştirmektedir. Ebeveyn yatak odasında batı cephesinde oluşan türbülans ile P6 penceresinden odaya giren rüzgâr türbülans oluşturarak doğal havalandırmayı olumlu yönde etkiler. Yatak odasında ise antreden gelen rüzgârın bir kısmı

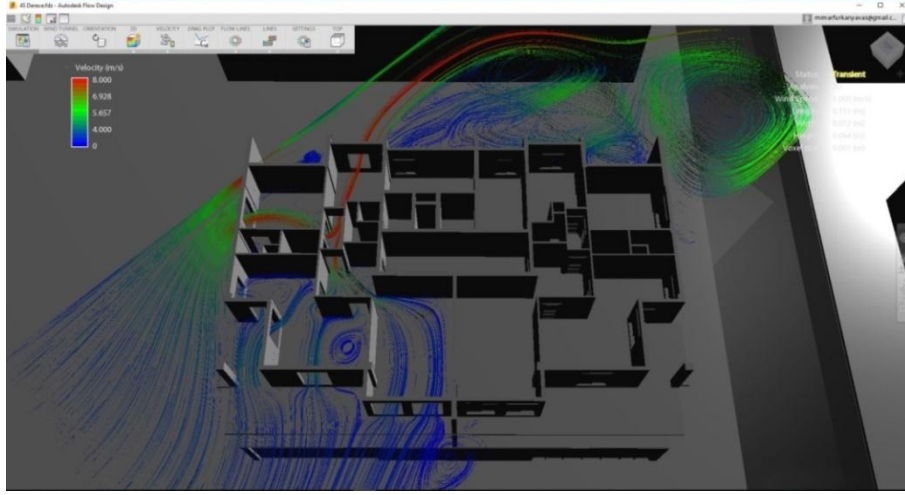
türbülans oluşturup diğer kısmı da P7 den çıkış gerçekleştirerek doğal havalandırmayı gerçekleştirir.

➤ 45° Rüzgâr Yönü

Şekil 5.8’de daire 1’e ait kat planı ve hâkim rüzgâr yönü gösterilmektedir. Flow Design ekran görüntüsü Şekil 5.9’da verilmiştir. Salonda P1 ve P2’den giren rüzgârın hafif çapraz etkisinden dolayı oda içerisindeki rüzgâr azalıp doğal havalandırma gerçekleşmektedir. Oturma odasında P3 ve P4 pencerelerinden giren rüzgâr oda içerisinde türbülans ile gerçekleştirilir. P4’den giren rüzgâr mutfak kısmında dolaşımı sağlayıp çıkış gerçekleştirmektedir. Ebeveyn yatak odasında P6’dan giren rüzgâr çapraz konumundan dolayı oda içerisinden hızlanıp kapı boşluğundan yatak odasına doğru hareket eder. Havalandırmanın tam olarak gerçekleşmediği görülmektedir. Yatak odasında ise antreden gelen rüzgâr oda içerisinde dolanmayıp P7’den direk çıkışını gerçekleştirmektedir.



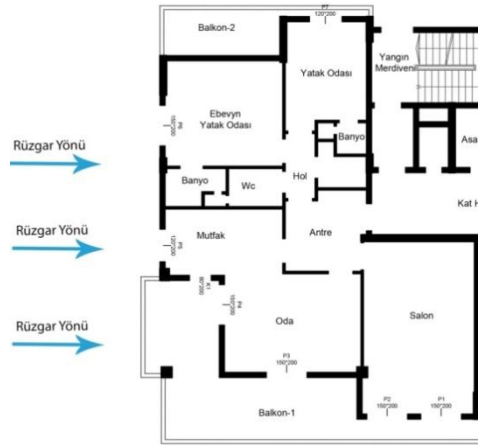
Şekil 5.8. Daire planı ve 45° rüzgâr yönü



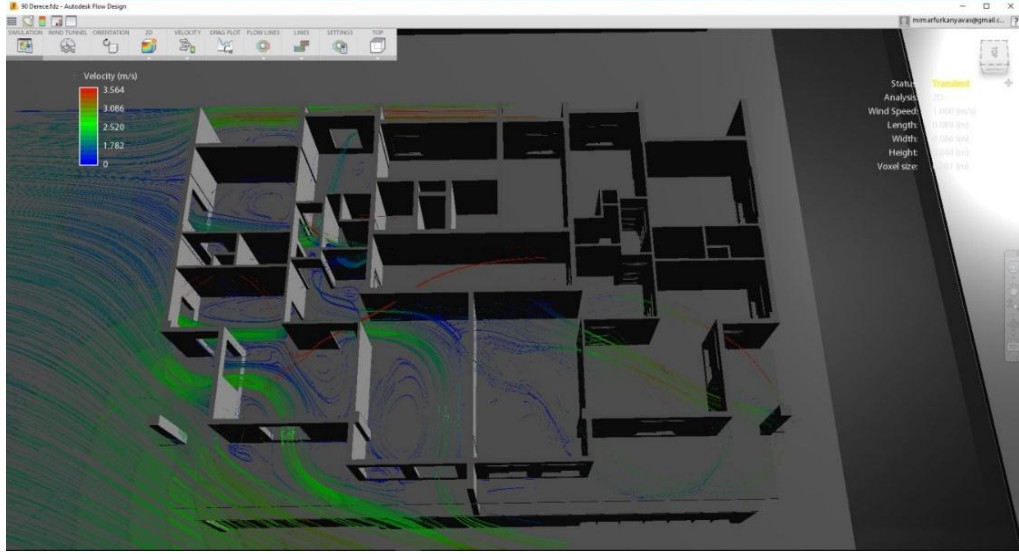
Şekil 5.9. A kent dokusu daire 1 doğal havalandırma simülasyonu

➤ 90° Rüzgâr Yönü

Şekil 5.10’da kat planı ve hakim rüzgâr yönü gösterilmektedir. Flow Design ekran görüntüsü Şekil 5.11’de verilmiştir. Buna göre, oturma odası kısmında P4 penceresinden giren rüzgâr oda içerisinde dolanıp P3’ten çıkarak havalandırmayı sağlamaktadır. Açıklıkların birbirine dik açılı olduğu durumlarda etkin doğal havalandırma gerçekleşir [48]. Mutfak kısmında P5 penceresinden giriş yapan rüzgâr Salon kısmında türbülans oluşturup P1 den çıkışı gerçekleştirir. Ebeveyn yatak odasında P6 penceresinden giren rüzgâr oda içerisinde türbülans oluşturarak havalandırmayı sağlamaktadır.



Şekil 5.10. Daire planı ve 90° rüzgâr yönü



Şekil 5.11. A kent dokusu daire 1 doğal havalandırma simülasyonu

Rüzgârın 0° , 45° ve 90° yönlerinde 1.daireye etki ettiğinde elde edilen doğal havalandırma performansları Tablo 5.1’de karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir. Buna göre 90° yönünde esen rüzgâr doğal havalandırma performansı tüm odalar için en etkin şekilde gerçekleştiği görülmektedir.

Tablo 5.1. Daire 1 konumlanma ve rüzgâr yönü

A Kent Dokusu Daire 1 Konumlanma ve Rüzgar Yönü Simülasyon	$0^\circ \uparrow$					$45^\circ \nearrow$					$90^\circ \rightarrow$				
	Hiç Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun Olabilir	Uygun	Kesinlikle uygun	Hiç Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun Olabilir	Uygun	Kesinlikle uygun	Hiç Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun Olabilir	Uygun	Kesinlikle uygun
SALON															
OTURMA ODASI															
MUTFAK															
E. YATAK ODASI															
YATAK ODASI															

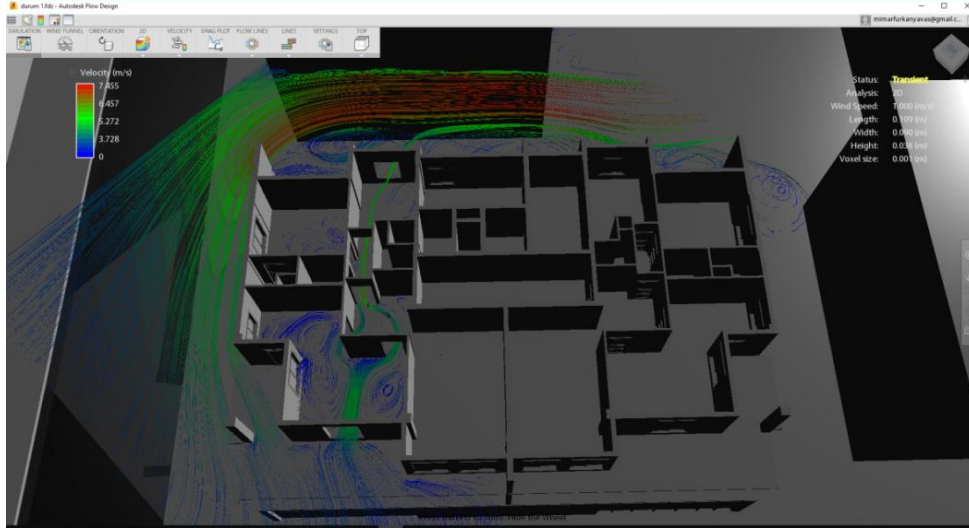
5.1.2.A Kent Dokusu Daire 1 Pencere Konumları için Analiz Sonuçları

➤ **Durum 1**

Cephedeki yüzey açıklıklarının dairedeki doğal havalandırma üzerindeki etkisini incelemek için ilk olarak oturma odasındaki P3 numaralı pencere ile yatak odasındaki P7 numaralı pencere karşılıklı olarak açılmıştır. Şekil 5.12’de kat planında pencere açıklıkları ve hava akış yönü görülmektedir. Şekil 5.13’de gerçekleşen simülasyona göre; P3 numaralı pencereden giriş yapan rüzgârın bir kısmı oda içerisinde türbülans ile dolanıp diğer kısmı antreden yatak odasına doğru hareket etmektedir. Mutfak kısmında oluşan türbülans ile havalandırmayı gerçekleştirmektedir. Ebeveyn yatak odasında antreden gelen rüzgârın, oda içerisinde kısmen türbülans oluşturması yetersiz olup doğal havalandırmayı gerçekleştirememektedir. Yatak odasında ise rüzgârın bir kısmı P7’den çıkış gerçekleştirip diğer kısmı ise türbülans oluşturarak doğal havalandırmayı gerçekleştirmektedir.



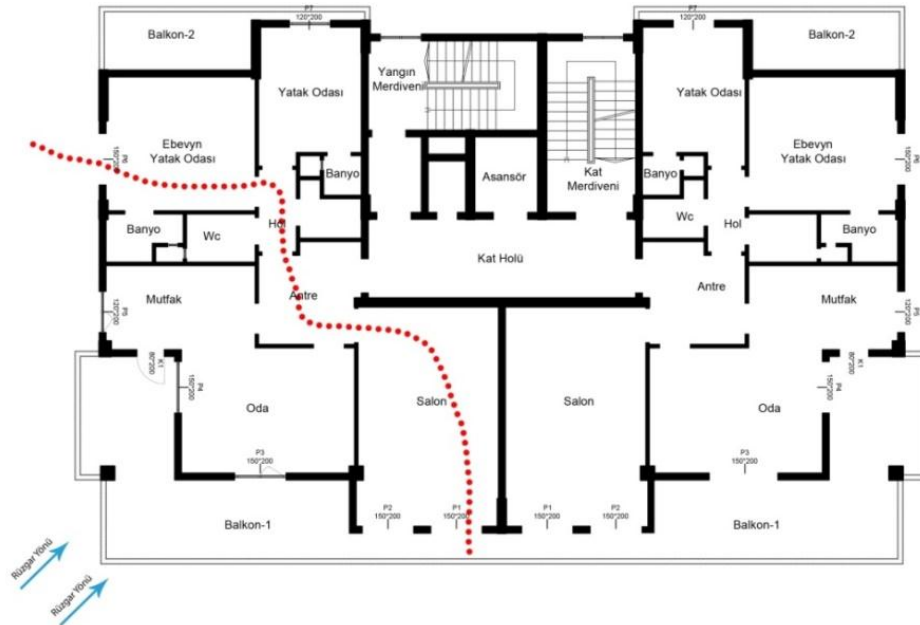
Şekil 5.12. Durum 1 için pencere açıklıkları ve rüzgâr yönü



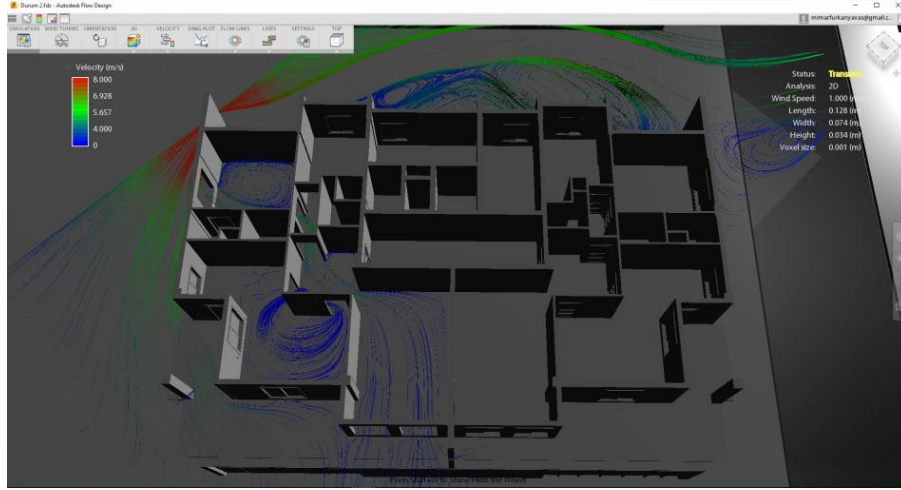
Şekil 5.13. Durum 1 için daire içi doğal havalandırma simülasyonu

➤ Durum 2

Salon kısmındaki P1 ve P2 numaralı pencereler ile Ebeveyn yatak odasındaki P6 numaralı pencereler açık bırakılarak dairenin doğal havalandırma performansı incelenmiştir. Şekil 5.14’ de simülasyondaki pencere açıklıkları ve hava akışı gösterilmiştir. Şekil 5.15’de gerçekleşen simülasyona göre;



Şekil 5.14. Durum 2 için pencere açıklıkları ve rüzgâr yönü

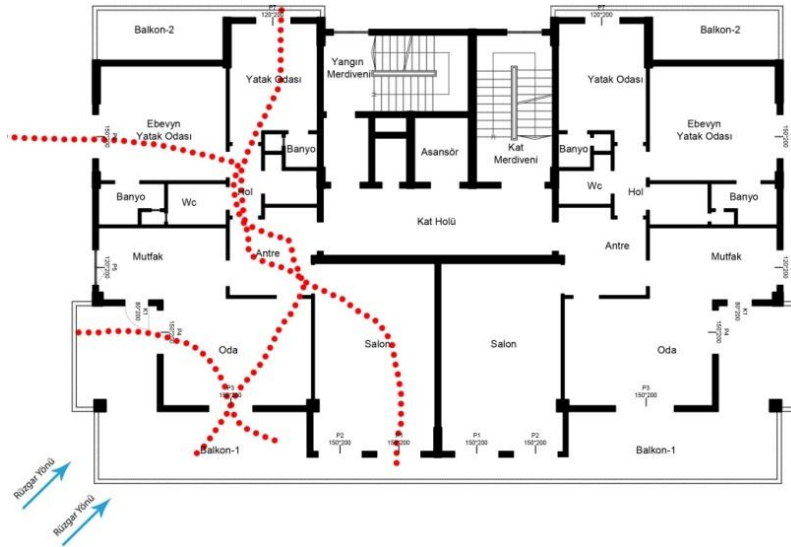


Şekil 5.15. Durum 2 daire içi doğal havalandırma simülasyonu

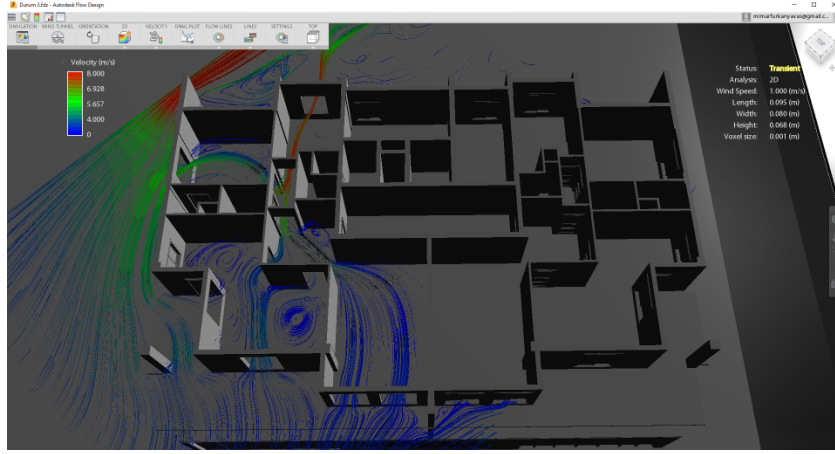
Salon kısmında P1 ve P2 numaralı pencerelerden giriş yapan rüzgâr oda içerisinde dolanımı gerçekleştirip havalandırmayı gerçekleştirmektedir. Antreden gelen rüzgâr oturma odasında türbülans oluşturarak odanın doğal havalanmasını gerçekleştirir. Salon kısmından giren hava akımı ebeveyn yatak odasında türbülans oluşturarak doğal havalandırmayı sağlar.

➤ Durum 3

Salon ve oturma odasında yer alan P1,P2,P3 ve P4 pencereleri ile arka cephe ve yan cephede yer alan P6 ve P7 pencereleri açık bırakılarak simülasyon gerçekleştirilmiştir. Şekil 5.16’de simülasyondaki pencere açıklıkları ve hâkim rüzgâr yönü gösterilmiştir. Şekil 5.17’de Flow Design programı ile elde edilen 3.durum doğal havalandırma simülasyonu gösterilmiştir.



Şekil 5.16. Durum 3 için pencere açıklıkları ve rüzgâr yönü



Şekil 5.17. Durum 3 daire içi doğal havalandırma simülasyonu

Oturma odasında P3 numaralı pencereden giriş yapan rüzgâr mutfak ve oda içerisinde dolanımı tamamladıktan sonra antreden geçerek ebeveyn yatak odasının havalandırmasını tamamlayıp P6 numaralı pencereden çıkmaktadır. Salondaki P1 ve P2 pencerelerinden giren rüzgâr tüm daireyi dolaşarak yatak odasındaki P7 pencere açıklığından daireyi terk etmektedir. Açıklıkların karşılıklı duvarlarda olması durumuna rüzgârın daireye eğik açı ile gelmesi eklendiğinde doğal havalandırma performansı maksimum olmaktadır. Oturma odasında bu durum görülmektedir ve rüzgârın 45°'lik açıyla gelmesinden dolayı oda içerisinde doğal havalandırmayı gerçekleştirmektedir.

Belirlenen üç farklı durumun sağladığı doğal havalandırma performansları karşılaştırmalı olarak Tablo 5.2'de sunulmuştur. Buna göre karşılıklı açıklıkların en fazla olduğu 3.durum için dairenin en fazla doğal havalandırma performansının olduğu gözlenmiştir.

Tablo 5.2. Daire 1 pencere ve yüzey ilişkisi

A Kent Dokusu Daire 1 Pencere ve Yüzey İlişkisi	Durum 1					Durum 2					Durum 3				
	Hiç Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun Olabilir	Uygun	Kesinlikle uygun	Hiç Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun Olabilir	Uygun	Kesinlikle uygun	Hiç Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun Olabilir	Uygun	Kesinlikle uygun
SALON															
OTURMA ODASI															
MUTFAK															
E. YATAK ODASI															
YATAK ODASI															

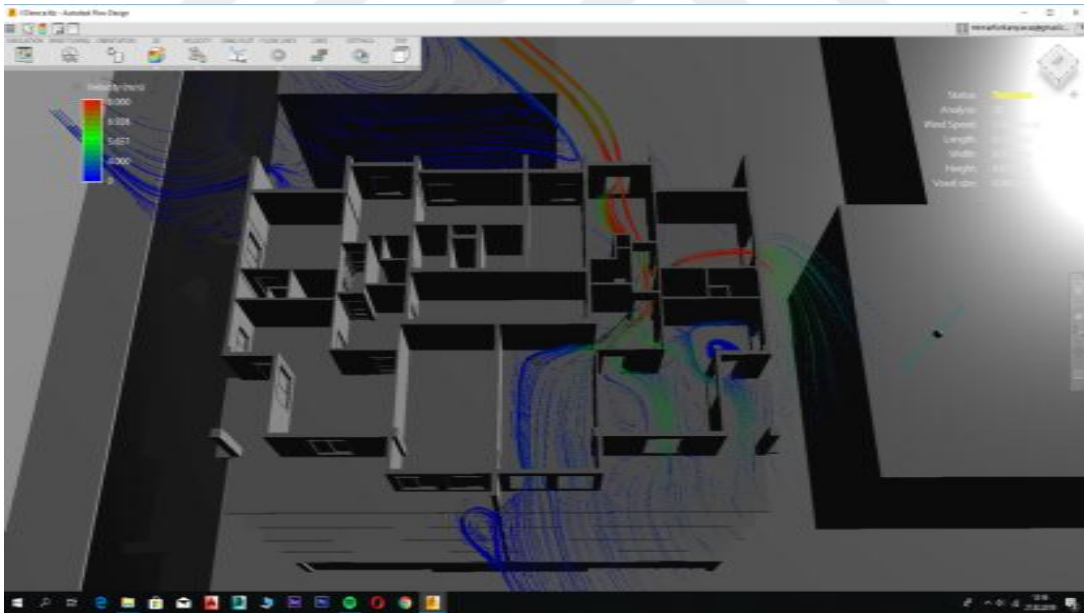
5.1.3.A Kent Dokusunda Daire 2 ve Tüm Rüzgâr Yönleri için Analiz Sonuçları

➤ 0 ° Rüzgâr Yönü

Şekil 5.18’de kat planı ve hâkim rüzgâr yönü görülmektedir.



Şekil 5.18. Daire planı ve 0° rüzgâr yönü



Şekil 5.19. A kent dokusu daire 2 doğal havalandırma simülasyonu

2.Dairede Şekil 5.19’de Flow Design programı ile elde edilen simülasyon sonucu; Daire hâkim rüzgârdan direk olarak faydalanmak yerine yönlendirilmiş hava akımı ile doğal havalandırma gerçekleşmektedir. Salon ve oturma odasında P1, P2 ve P3 pencerelerinden giren hava akımı iç mekânda türbülanslar oluşturarak doğal havalandırmayı sağlamaktadır. Antrede birleşen hava akımı yatak odasına doğru

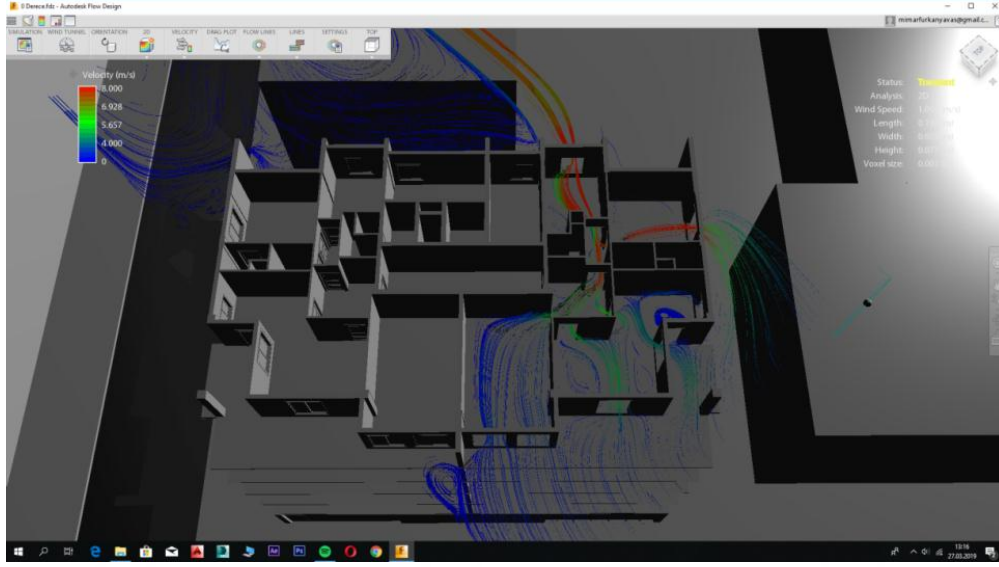
yönlenmektedir. Mutfak kısmında ise P4 penceresinden ve K1 kapısından giren hava akımı ortamda havalandırmayı sağlamaktadır. Ebeveyn yatak odasında antreden gelen hava akımı P6 penceresinden mekân içerisinde dolanım gerçekleştirilmeden P6 numaralı pencereden çıkışını gerçekleştirmektedir. Yatak odasında iç bölmelerin doğru planlanması ile salon ve oturma odasından giren hava mekânın doğal havalandırmasını gerçekleştirmektedir.

➤ 45 ° Rüzgâr Yönü

Daire 2'ye ait kat planı ve hâkim rüzgar yönü Şekil 5.20'da verilmiştir. Flow Design simülasyon ekran görüntüsü Şekil 5.21'da verilmiştir.



Şekil 5.20. Daire planı ve 45° rüzgâr yönü



Şekil 5.21. A kent dokusu daire 2 doğal havalandırma simülasyonu

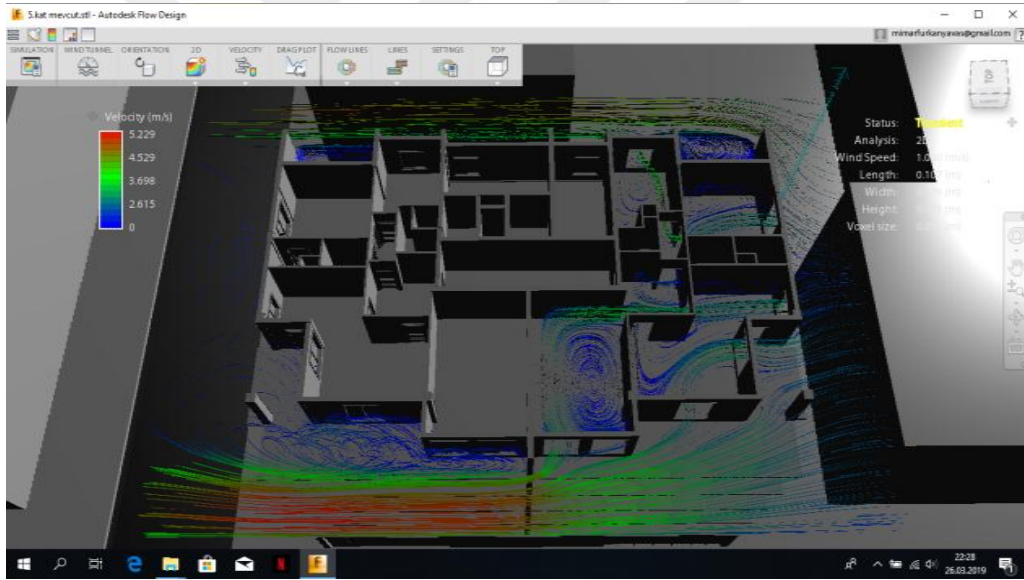
Daire 2 Flow Design programı ile elde edilen simülasyon sonucuna göre, hâkim rüzgâr iç mekânda havalandırmayı tam olarak sağlayamamaktadır. Salon kısmında P1 ve P2 pencerelerinden zayıf rüzgâr akımları odaya girmektedir. Antre kısmından geçen rüzgâr yatak odasına doğru hareket etmektedir. Oturma odasında P3 penceresinden giren rüzgâr çapraz şekilde konumlanan P4 penceresinden mekânı havalandırarak terk etmektedir. Mutfakta P5 penceresinden ve oturma odasından gelen hava akımı iç mekânda türbülans oluşturarak havalanmayı sağlamaktadır. Ebeveyn yatak odasında P6 penceresinden zayıf bir rüzgâr akımı türbülans oluşturmaktadır. Mekânın havalandırmasını için yetersiz kalmaktadır. Yatak odası mekânında antreden gelen rüzgâr P7 penceresinden çıkış gerçekleştirir bu mekânda da istenilen havalandırma tam olarak sağlanamamaktadır.

➤ 90° Rüzgâr Yönü

Daire 2'ye ait kat planı ve hakim rüzgar yönü Şekil 5.22'da verilmiştir.



Şekil 5.22. Daire planı ve 90° rüzgâr yönü



Şekil 5.23. A kent dokusu daire 2 doğal havalandırma simülasyonu

Daire 1 Flow Design programı ile elde edilen simülasyon (Şekil 5.23) sonucuna göre, daire hâkim rüzgârdan direk olarak faydalanmakta olup doğal havalandırma verimli bir şekilde gerçekleşmektedir. Dairenin cephelerinin açık olması ile hava girişi ve çıkışı engelle karşılaşmadan gerçekleşmektedir. Mutfak, oturma odası ebeveyn yatak odası hâkim rüzgârın geldiği cephede olmakta olup doğal havalandırma iç mekânın doğru organizasyonu ile sağlanmaktadır. Salon ve yatak odası hava akımlarının antreden geçerek bu mekânları dolaylı olarak havalandırmasını sağlamaktadır. 2.dairenin konumlanma ve

rüzgâr yönü doğal havalandırma etkisi Flow Design programında yapılan simülasyon sonucu elde edilmiştir.

0°, 45° ve 90° yönlerinde etki eden hâkim rüzgâr yönü 2.dairedede oluşturduğu doğal havalandırma performansı Tablo 5.3’de karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir. 45° yönünde etki eden hâkim rüzgâr yönü doğal havalandırma performansı tüm odalar için en etkin şekilde gerçekleşmektedir.

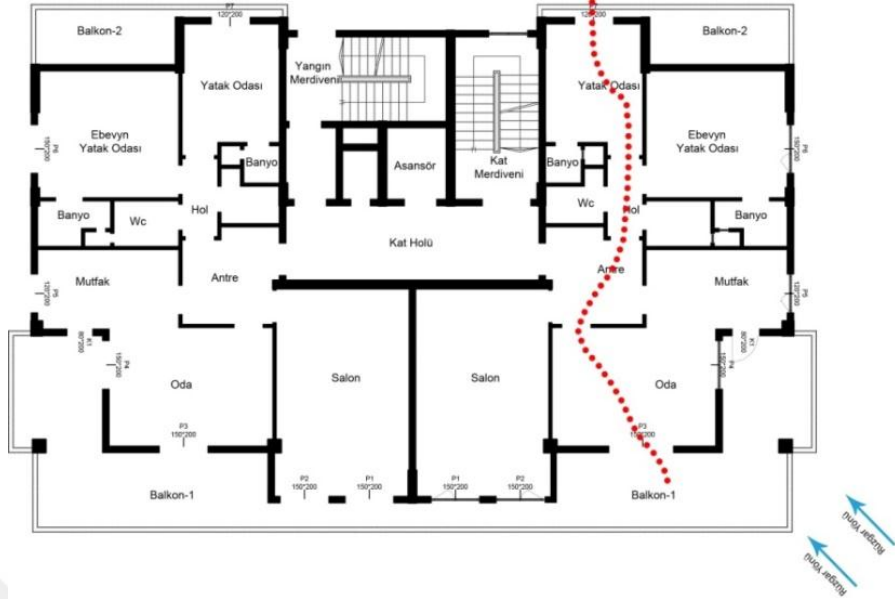
Tablo 5.3. Daire 2 konumlanma ve rüzgâr yönü

A Kent Dokusu Daire 2 Konumlanma ve Rüzgar Yönü Simülasyon	0° ↑					45° ↗					90° →				
	Hiç Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun Olabilir	Uygun	Kesinlikle uygun	Hiç Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun Olabilir	Uygun	Kesinlikle uygun	Hiç Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun Olabilir	Uygun	Kesinlikle uygun
SALON															
OTURMA ODASI															
MUTFAK															
E. YATAK ODASI															
YATAK ODASI															

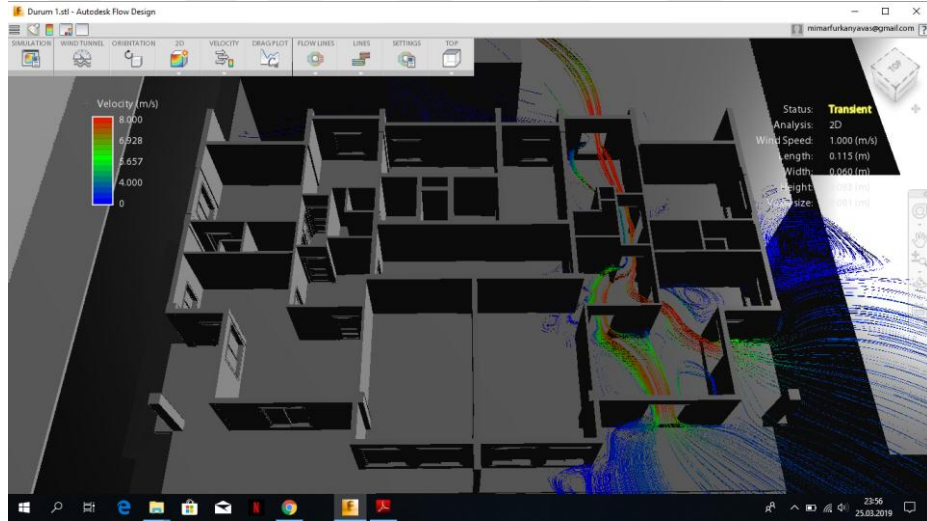
5.1.4.A Kent Dokusu Daire 2 Pencere Konumları için Analiz Sonuçları

➤ Durum 1

Cephedeki yüzey açıklıklarının dairedede doğal havalandırma üzerindeki etkisini incelemek için 2.parametrede oturma odasındaki P3 numaralı pencere açıklığı ile yatak odasındaki P7 numaralı pencere karşılıklı olarak açılmıştır. Şekil 5.24’de kat planında pencere açıklıkları ve rüzgâr yönü gösterilmektedir. Flow Design simülasyon ekran görüntüsü Şekil 5.25’de verilmiştir.



Şekil 5.24. Durum 1 pencere açıklıkları ve rüzgâr yönü

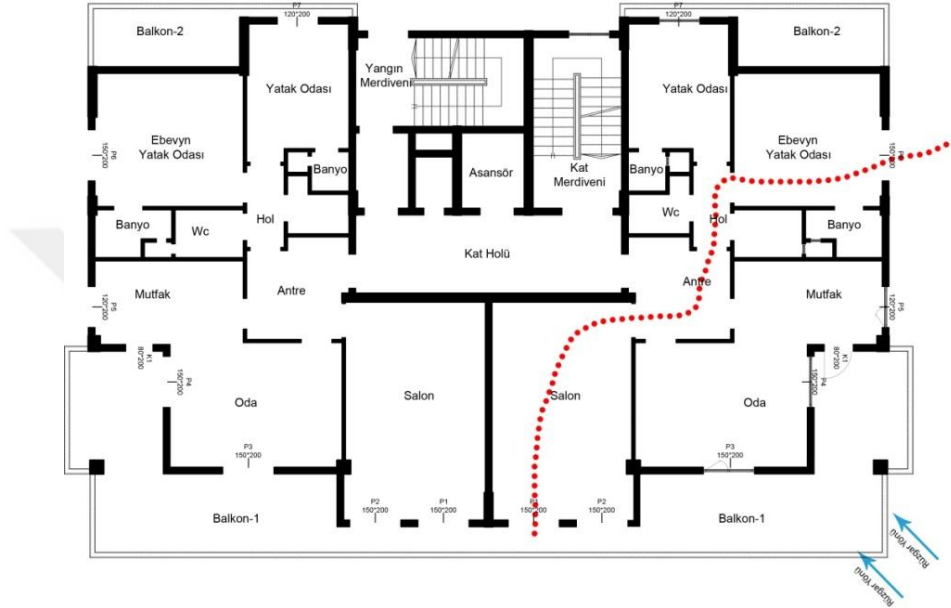


Şekil 5.25. Durum 1 daire içi doğal havalandırma simülasyonu

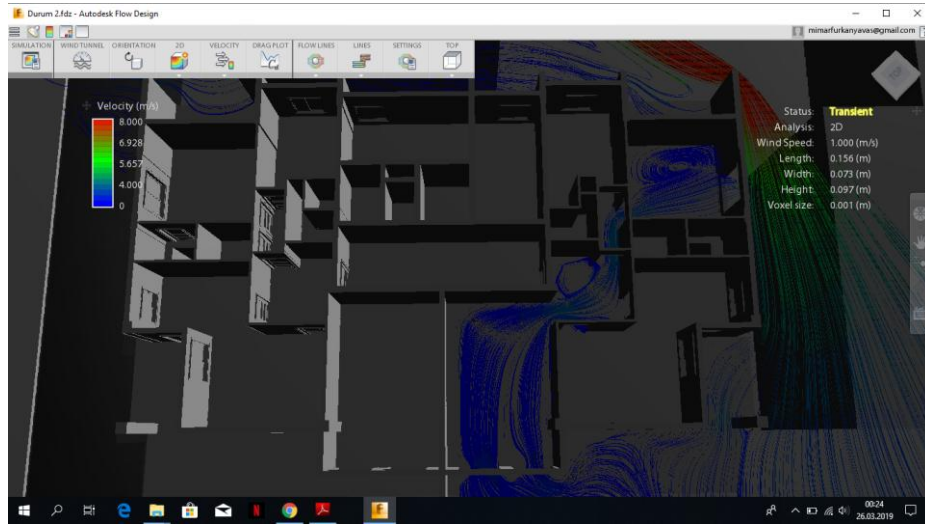
Durum 1’de 45° hâkim rüzgâr yönüne göre gerçekleşen simülasyona göre; Simülasyon için rüzgâr hızı 1 m/sn olarak belirlenmiş olup, oturma odasında P3 numaralı pencereden giriş yapan rüzgârın bir kısmı oda içerisinde türbülans ile dolanıp diğer kısmı antreden yatak odasına doğru hareket etmektedir. Mutfak kısmında oluşan türbülans ile havalandırmayı gerçekleştirmektedir. Ebeveyn yatak odasında antreden gelen rüzgâr kısmen oda içerisinde türbülans oluşturması yetersiz olup doğal havalandırma gerçekleşmemektedir. Yatak Odasında ise rüzgârın bir kısmı P7’den çıkış gerçekleştirip diğer kısmı ise türbülans oluşturarak doğal havalandırmayı gerçekleştirir.

➤ Durum 2

Salon kısmındaki P1 ve P2 numaralı pencereler ile ebeveyn yatak odasındaki P6 numaralı pencereler açık bırakılarak dairenin doğal havalandırma performansı incelenmiştir. Şekil 5.26'da simülasyondaki pencere açıklıkları ve rüzgâr yönleri gösterilmiştir. Flow Design simülasyon ekran görüntüsü Şekil 5.27'da verilmiştir.



Şekil 5.26. Durum 2 pencere açıklıkları ve rüzgâr yönü



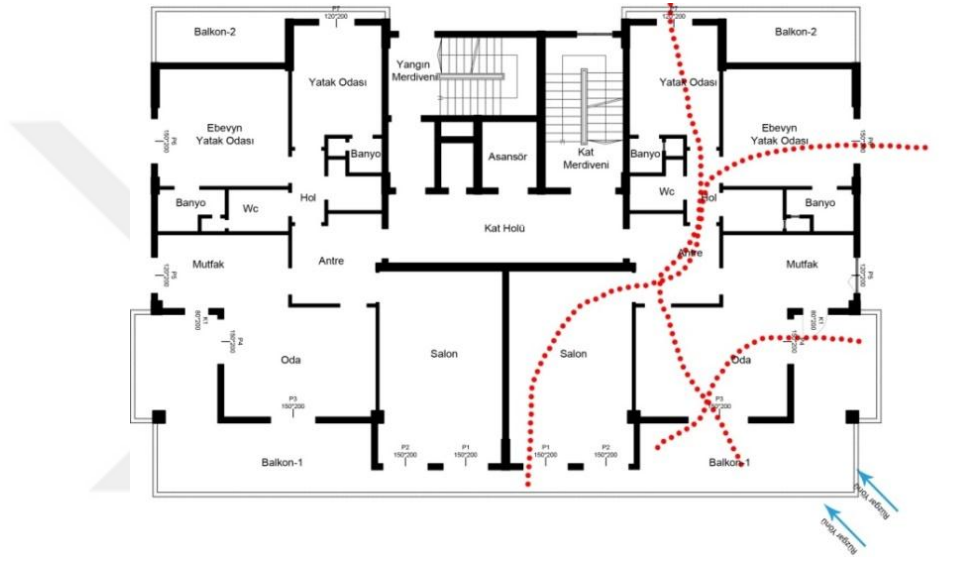
Şekil 5.27. Durum 2 daire içi doğal havalandırma simülasyonu

Salon kısmında P1 ve P2 numaralı pencerelerden giriş yapan rüzgâr oda içerisinde dolanımı gerçekleştirip havalandırmayı gerçekleştirmektedir. Antreden gelen rüzgâr oturma odasında türbülans oluşturarak odanın doğal havalanmasını gerçekleştirir. Salon

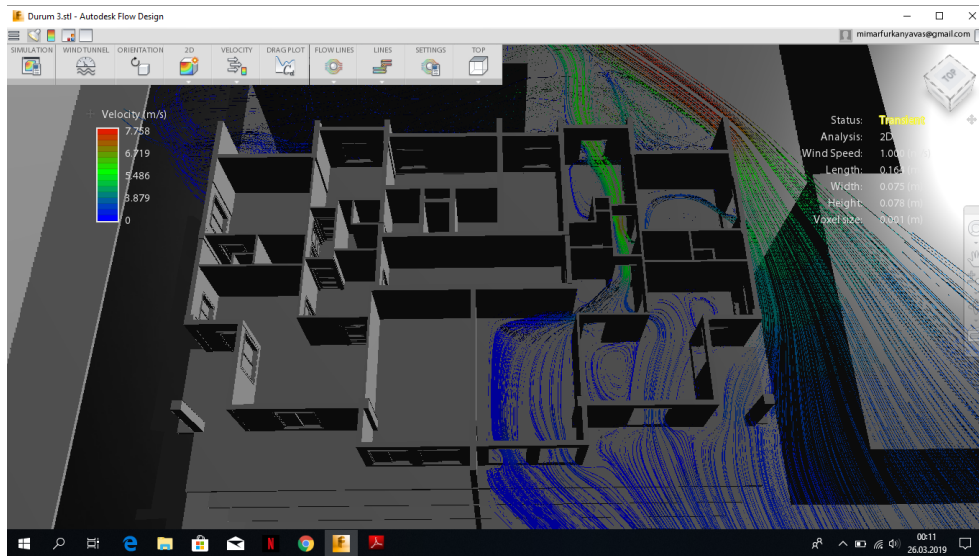
kısından giren hava akımı ebeveyn yatak odasında türbülans oluşturarak doğal havalandırmayı sağlar.

➤ Durum 3

Üçüncü durumda, salon ve oturma odasında yer alan P1, P2, P3 ve P4 pencereleri ile arka cephe ve yan cephede yer alan P6 ve P7 pencereleri açık bırakılarak simülasyon gerçekleştirilmiştir. Şekil 5.28’de simülasyondaki pencere açıklıkları ve hâkim rüzgâr yönü gösterilmiştir. Flow Design programı ile elde edilen 3.durum Şekil 5.29’de doğal havalandırma simülasyonu gösterilmiştir.



Şekil 5.28. Durum 3 pencere açıklıkları ve rüzgâr yönü



Şekil 5.29. Durum 3 daire içi doğal havalandırma simülasyonu

Oturma odasında P3 numaralı pencereden giriş yapan rüzgâr mutfak ve oda içerisinde dolanımı tamamladıktan sonra antreden geçerek ebeveyn yatak odasının havalandırmasını tamamlayıp P6 numaralı pencereden çıkmaktadır

Salon P1 ve P2 pencerelerinden giren rüzgâr tüm daireyi dolaşarak yatak odasındaki P7 pencere açıklığından daireyi terk etmektedir. Açıklıkların karşılıklı duvarlarda olması durumuna rüzgârın daireye eğik açı ile gelmesi eklendiğinde doğal havalandırma performansı maksimum olmaktadır. Oturma odasında bu durum görülmektedir rüzgâr eğik gelmesinden dolayı oda içerisinde türbülans yaparak doğal havalandırmayı gerçekleştirmektedir.

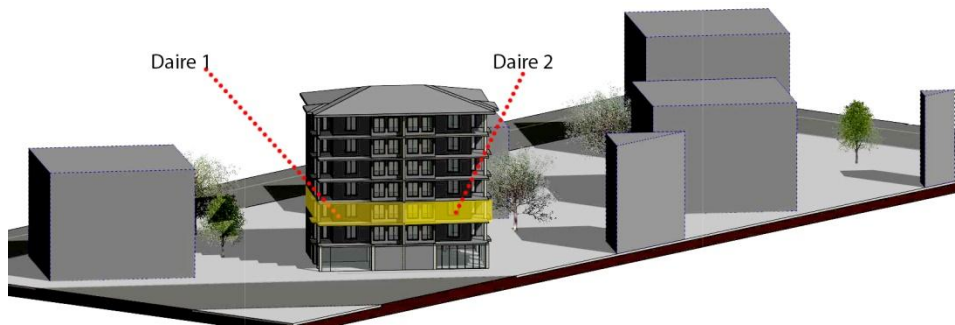
Daire 1'in yüzey ve rüzgâr ilişkisini incelemek için 3 farklı pencere açıklıkları durumu belirlenmiş olup bu durumlar Flow Design programında elde edilen simülasyonlar ile doğal havalandırma performansları Tablo 5.4'de gösterilmiştir.

Karşılıklı açıklıkların en fazla olduğu 3.durum dairenin en fazla doğal havalandırma performansının olduğu gözlenir.

Tablo 5.4. Daire 2 yüzey ve rüzgâr ilişkisi tablosu

A Kent Doku Daire 2 Yüzey ve Rüzgâr İlişkisi	Durum 1					Durum 2					Durum 3				
	Hiç Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun Olabilir	Uygun	Kesinlikle uygun	Hiç Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun Olabilir	Uygun	Kesinlikle uygun	Hiç Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun Olabilir	Uygun	Kesinlikle uygun
SALON															
OTURMA ODASI															
MUTFAK															
E. YATAK ODASI															
YATAK ODASI															

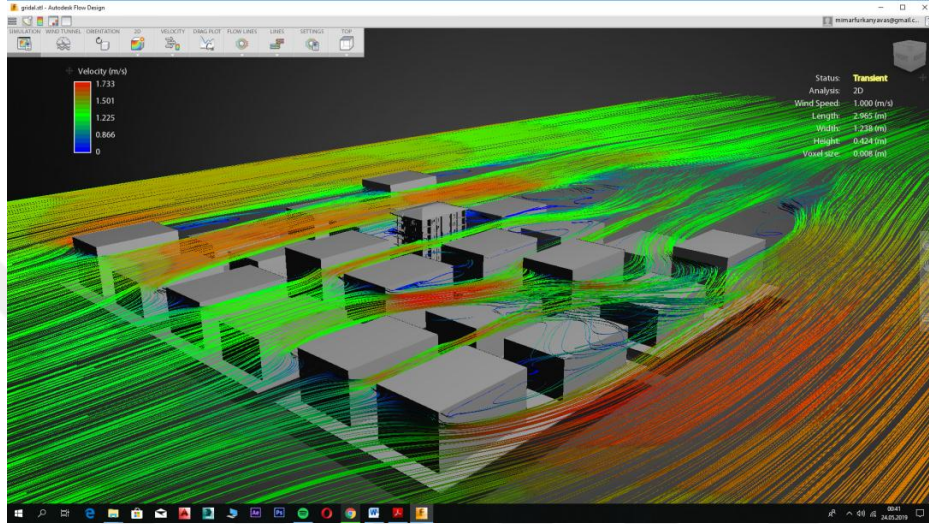
5.2. B Kent Doku için Yapılan Analiz Sonuçları



Şekil 5.30. B kent doku daire 1 ve 2

Konut projesinin cephe açıklıkları sokağa bakmasına karşın hâkim rüzgâr çevre binaların oluşturduğu etki ile dolaylı olarak faydalanmaktadır. dairesinin rüzgâr 45°'lik bir açı ile etki etmesi sonucu doğal havalandırma tüm odalarda etkisini göstermektedir.

Çevredeki yapı blokları bitişik nizamda cephelerden oluşmasından dolayı rüzgâr koridor etkisi ile ilerleyip sokak kısmında türbülans oluşturarak etki etmektedir. Şekil 5.30'da daire 1 ve 2 konumları gösterilmiştir.



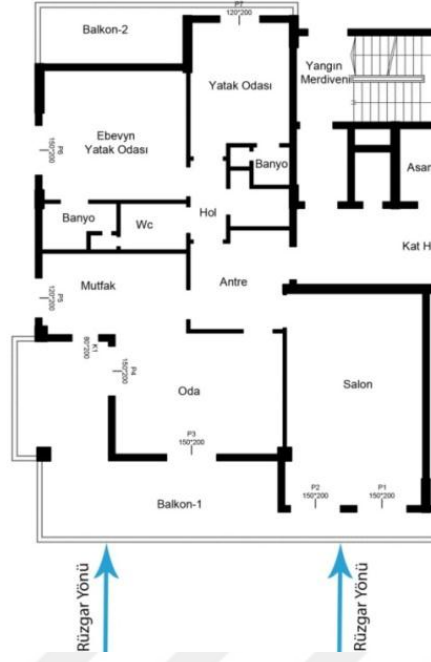
Şekil 5.31. Yatay yöndeki rüzgâr hareketi

Dikey yöndeki rüzgâr hareketi B kent dokusu ile karşılaştığı yerde yapılar rüzgâra hız ve yükselti sağladığı gözlemlenmiştir (Şekil 5.31). Birbirine paralel sokak kısmında basınç farkının oluşması ile bu noktalarda türbülans ile etki ederek doğal havalandırma için olumlu etki etmektedir. Yatay yöndeki rüzgâr hareketi ise B kent dokusunda simülasyon için kullanılan konuta göre daha düşük katlı yapıların bulunması ile rüzgâr süpürme etkisi gösterip yapıya etki etmektedir. Proje için seçilen 1. Daire konumlanma ve rüzgâr yönü etkisi detaylı olarak incelenmiştir. Bu incelemede projedeki cephe açıklıkları ve yerleşimi sabit tutularak rüzgâr yönü değiştirilerek daire içi doğal havalandırma simülasyonları oluşturulmuştur.

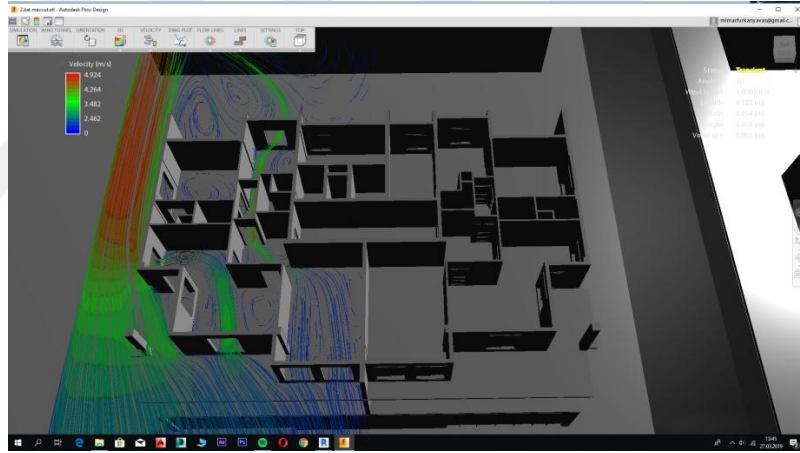
5.2.1. B Kent Dokusunda Daire 1 ve Tüm Rüzgâr Yönleri için Analiz Sonuçları

➤ 0° Rüzgâr Yönü

Yapılan simülasyonda 1 m/sn rüzgâr hızı ve 0° yönünde hâkim rüzgâr belirlenerek dairenin simülasyonu Flow Design programında gerçekleştirilmiştir. Şekil 5.32'de dairenin kat planı ve hâkim rüzgâr yönü gösterilmektedir.



Şekil 5.32. Daire planı ve 0° rüzgâr yönü

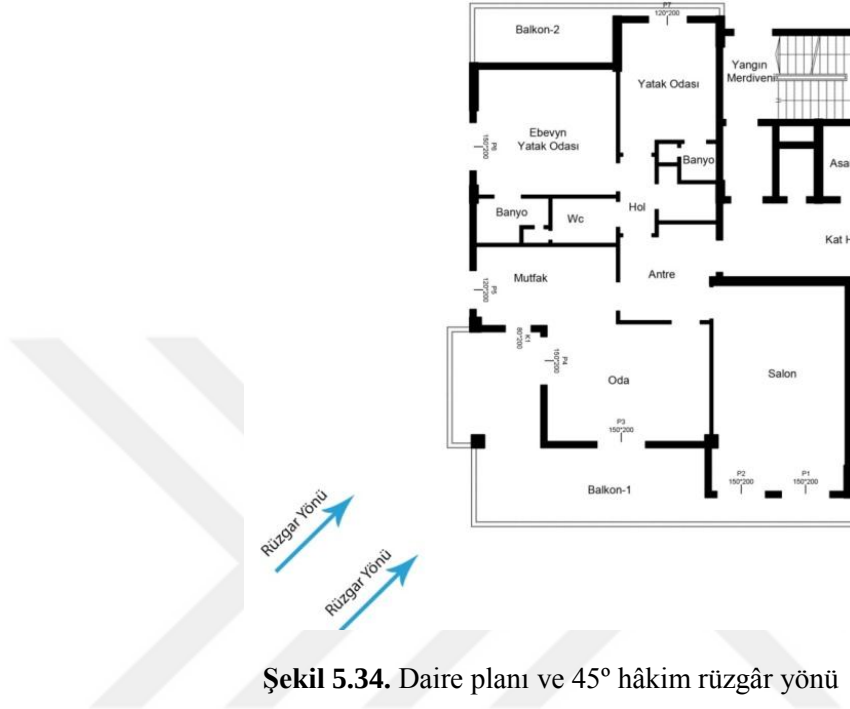


Şekil 5.33. B kent dokusu daire 1 doğal havalandırma simülasyonu

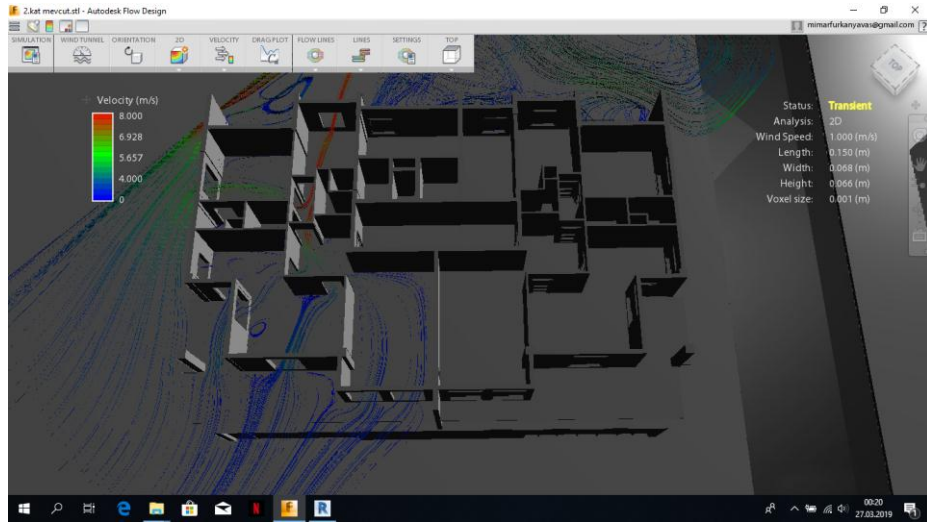
Flow Design programı ile elde edilen simülasyon Şekil5.33’de ekran görüntüsü olarak elde edilmiştir. Daire hâkim rüzgârdan direk faydalanabildiği için doğal havalandırması olumlu şekilde gerçekleşmiştir. Salon kısmında P1 ve P2 pencerelerinden giren rüzgâr açıklıklarının geniş olması ile odanın doğal havalandırmasını gerçekleştirip antreden geçip yatak odasına doğru hareket etmektedir. Oda kısmında P3 penceresinden giren rüzgârın bir kısmı türbülans oluşturup diğer kısmı ise P5 den çıkış gerçekleştirmektedir. Ebeveyn yatak odasında ve yatak odasında ise rüzgâr iç mekânda türbülans oluşturarak doğal havalandırmayı sağlamaktadır.

➤ 45° Rüzgâr Yönü

Şekil 5.34’de daire planı ile hâkim rüzgâr yönü belirtilerek Flow Design programında gerçekleştirilen simülasyon Şekil 5.35’de elde edilmiştir.



Şekil 5.34. Daire planı ve 45° hâkim rüzgâr yönü



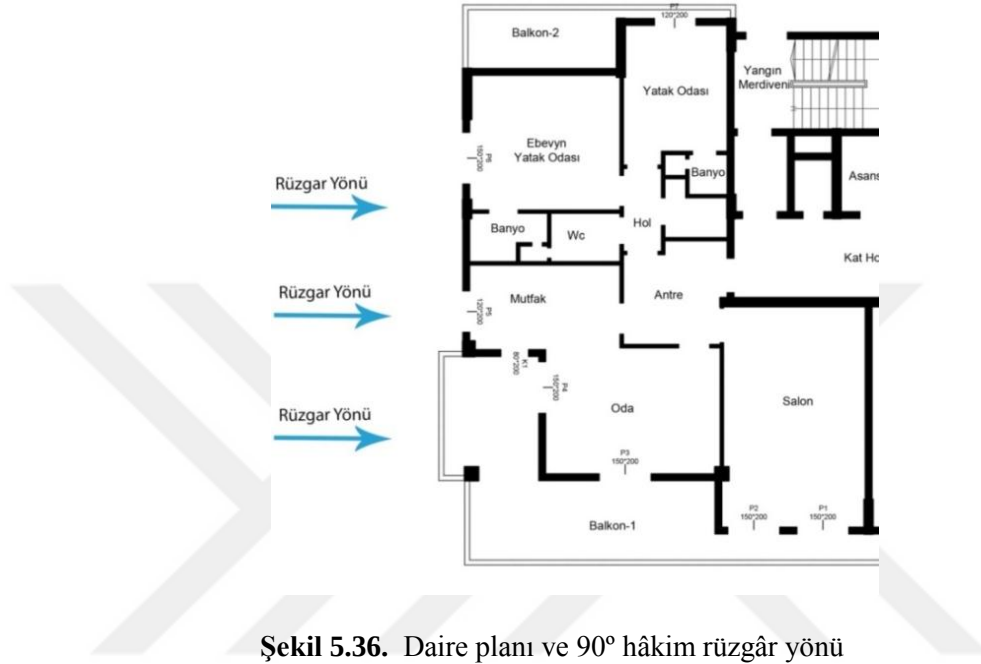
Şekil 5.35. B kent dokusu daire 1 doğal havalandırma simülasyonu

1.Daireda Flow Design programı ile elde edilen simülasyonlar sonucu; Daire hâkim rüzgârdan direk olarak faydalanmak yerine yönlendirilmiş, hızı biraz daha yavaşlatılmış olan bir hava akımı ile doğal havalandırmasını sağlamaktadır. Salon oturma odası ve mutfak rüzgârı çapraz şekilde alarak mekânları havalandırmaktadır. Rüzgâr mekânların kurgusu ile birlikte antreden geçerek yatak odasına doğru hareket eder. Ebeveyn yatak

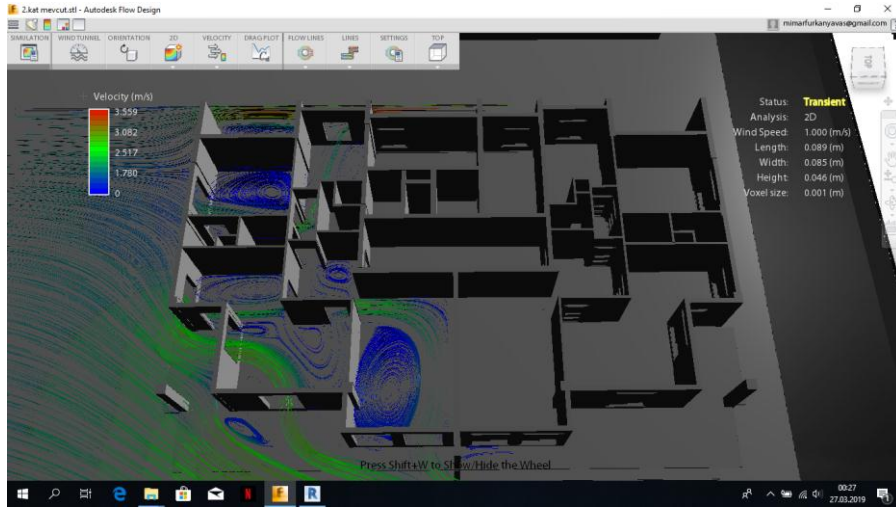
odası ve yatak odası ise cephede oluşan basınç farklarının etkisi ile doğal havalandırma sağlanmaktadır.

➤ 90° Rüzgâr Yönü

Şekil 5.36’de daire planı ile hâkim rüzgâr yönü belirtilerek, Flow Design programında gerçekleştirilen simülasyon Şekil 5.37’de ekran görüntüsü verilmiştir.



Şekil 5.36. Daire planı ve 90° hâkim rüzgâr yönü



Şekil 5.37. B kent dokusu daire 1 doğal havalandırma simülasyonu

Oturma odası kısmında P4 penceresinden giren rüzgâr oda içerisinde dolanıp P3’ten çıkarak havalandırmayı sağlamaktadır. Açıklıkların birbirine dik açılı olduğu durumlarda etkin doğal havalandırma gerçekleşir. Mutfak ebeveyn yatak odası hâkim rüzgârdan direk faydalanarak mekânların doğal havalandırması gerçekleşmektedir. Salon antreden gelen

rüzgâr akımı ile türbülans oluşturarak mekân havalandırılmaktadır. 1.Dairenin konumlanma ve rüzgâr yönü doğal havalandırma etkisi Flow Design programında yapılan simülasyonlar sonucu elde edilmiştir.

Rüzgâr hızının 1 m/sn olarak belirlenip 0°, 45° ve 90° yönlerinde 1.daireye etki ettiğinde doğal havalandırma performansları Tablo 5.5’de karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir. 90° yönünde esen rüzgâr doğal havalandırma performansı tüm odalar için en etkin şekilde gerçekleştiği görülmektedir.

Tablo 5.5. Daire 1 konumlanma ve rüzgar yönü

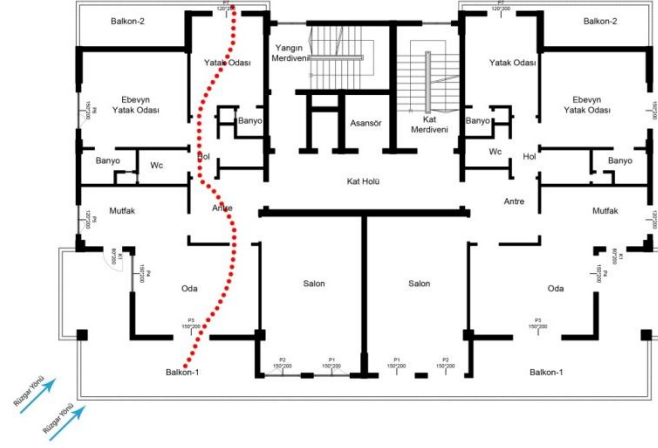
B Kent Dokusu Daire 1 Konumlanma ve Rüzgar Yönü Simülasyon	0° ↑					45° ↗					90° →				
	Hiç Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun Olabilir	Uygun	Kesinlikle uygun	Hiç Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun Olabilir	Uygun	Kesinlikle uygun	Hiç Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun Olabilir	Uygun	Kesinlikle uygun
SALON															
OTURMA ODASI															
MUTFAK															
E. YATAK ODASI															
YATAK ODASI															

5.2.2. B Kent Dokusu Daire 1 Pencere Konumları için Analiz Sonuçları

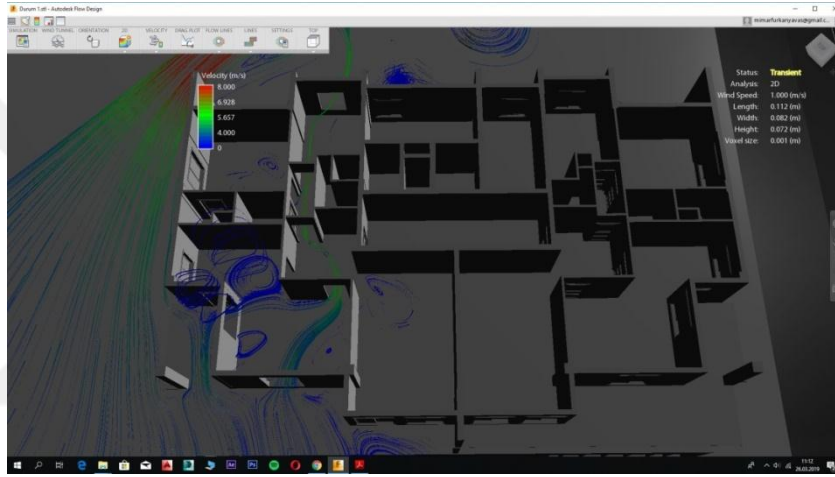
Projede rüzgâr alan cephedeki yüzey açıklıklarının ön ve yan cephe arka cepheye göre daha fazla bulunmaktadır. Yüzey açıklıklarının doğal havalandırmaya olan etkisini görebilmek için 3 farklı durum oluşturulup simülasyonlar yapılmıştır. Dairenin doğal havalandırmasını etkileyen faktörlerden biride yüzeydeki açıklıkların genişliği oranı ve yüzeydeki açıklıkların yerleşimidir. Rüzgârın giriş ve çıkış açıklıklarının komşu duvarlarda olduğu ve giriş çıkış genişliklerinin eşit olduğu durumlarda ise, rüzgâr yapıya dik gelmesi ile maksimum verimlilik sağlar. Yapılan araştırmalar göz önünde bulundurularak oda kısımları belirlenip açıklıklarına göre 3 farklı durum elde edilmiştir;

➤ Durum 1

Cephedeki yüzey açıklıklarının dairedeki doğal havalandırma üzerindeki etkisini incelemek için 1.parametrede oturma odasındaki P3 numaralı pencere açıklığı ile yatak odasındaki P7 numaralı pencere karşılıklı olarak açılmıştır. Şekil 5.38’de kat planında pencere açıklıkları ve rüzgâr yönü gösterilmektedir. Flow Design programında gerçekleştirilen simülasyon Şekil 5.39’de ekran görüntüsü verilmiştir.



Şekil 5.38. Durum 1 pencere açıklıkları ve rüzgâr yönü

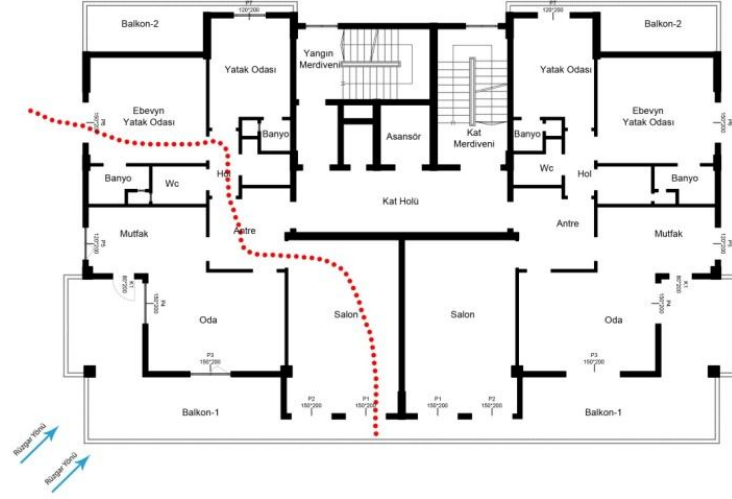


Şekil 5.39. Durum 1 için daire içi doğal havalandırma simülasyonu

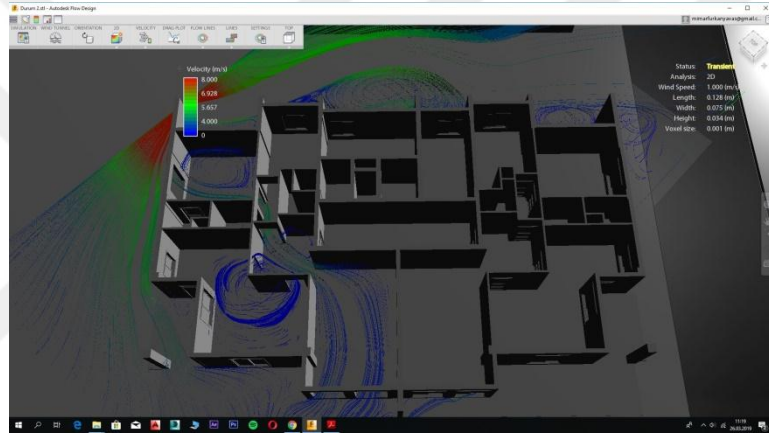
Oturma odasında P3 numaralı pencereden giriş yapan rüzgârın bir kısmı oda içerisinde turbülans ile dolanıp diğer kısmı antreden yatak odasına doğru hareket etmektedir. Mutfak kısmında oluşan turbülans ile havalandırmayı gerçekleştirmektedir. Ebeveyn yatak odasında antreden gelen rüzgâr kısmen oda içerisinde turbülans oluşturması yetersiz olup doğal havalandırma gerçekleşmemektedir. Yatak odasında ise rüzgârın bir kısmı P7'den çıkış gerçekleştirip diğer kısmı ise turbülans oluşturarak doğal havalandırmayı gerçekleştirir.

➤ Durum 2

Salon kısmındaki P1 ve P2 numaralı pencereler ile ebeveyn yatak odasındaki P6 numaralı pencereler açık bırakılarak Dairenin doğal havalandırma performansı incelenmiştir. Şekil 5.40'da simülasyondaki pencere açıklıkları ve rüzgâr yönleri gösterilmiştir. Flow Design programında gerçekleştirilen simülasyon Şekil 5.41'de ekran görüntüsü verilmiştir.



Şekil 5.40. Durum 2 pencere açıklıkları ve rüzgâr yönü



Şekil 5.41. Durum 2 için daire içi doğal havalandırma simülasyonu

Durum 2’de 45° hâkim rüzgâr yönüne göre gerçekleşen simülasyona göre; Salon kısmında P1 ve P2 numaralı pencerelerden giriş yapan rüzgâr oda içerisinde dolanımı gerçekleştirip havalandırmayı gerçekleştirmektedir. Antreden gelen rüzgâr oturma odasında türbülans oluşturarak odanın doğal havalanmasını gerçekleştirir. Salon kısmından giren hava akımı ebeveyn yatak odasında türbülans oluşturarak doğal havalandırmayı sağlar.

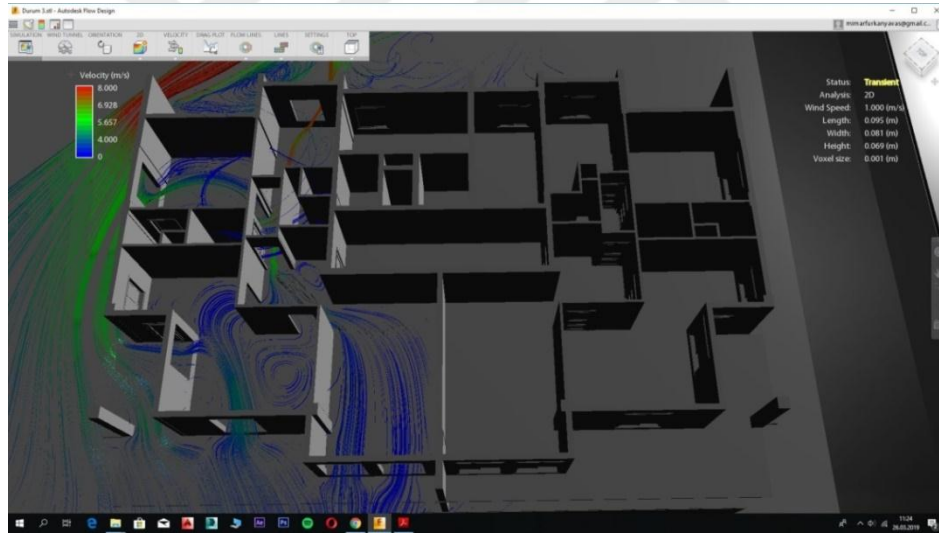
➤ Durum 3

Salon ve oturma odasında yer alan P1,P2,P3 ve P4 pencereleri ile arka cephe ve yan cephede yer alan P6 ve P7 pencereleri açık bırakılarak simülasyon gerçekleştirilmiştir. Şekil 5.42’de simülasyondaki pencere açıklıkları ve hâkim rüzgâr yönü gösterilmiştir.

Flow Design programı ile elde edilen 3.durum doğal havalandırma simülasyonu gösterilmiştir (Şekil 5.43).



Şekil 5.42. Durum 3 pencere açıklıkları ve rüzgâr yönü



Şekil 5.43. Durum 3 için daire içi doğal havalandırma simülasyonu

Oturma Odasında P3 numaralı pencereden giriş yapan rüzgâr mutfak ve oda içerisinde dolanımı tamamladıktan sonra antreden geçerek ebeveyn yatak Odasının havalandırmasını tamamlayıp P6 numaralı pencereden çıkmaktadır. Salon P1 ve P2 pencerelerinden giren rüzgâr tüm daireyi dolaşarak yatak odasındaki P7 pencere açıklığından daireyi terk etmektedir. Açıklıkların karşılıklı duvarlarda olması durumuna rüzgârın daireye eğik açı ile gelmesi eklendiğinde doğal havalandırma performansı maksimum olmaktadır. Oturma odasında bu durum görülmektedir rüzgâr eğik gelmesinden dolayı oda içerisinde türbülans yaparak doğal havalandırmayı gerçekleştirmektedir.

B Kent Dokusunda yer alan 1.Dairenin yüzey ve rüzgâr ilişkisi incelemek için 3 farklı pencere açıklıkları durumu belirlenmiş olup bu durumlar Flow Design programında elde edilen simülasyonlar ile doğal havalandırma performansları Tablo 5.6’da gösterilmiştir. Karşılıklı açıklıkların en fazla olduğu 3.durum dairenin en fazla doğal havalandırma performansının olduğu gözlenir.

Tablo 5.6. Daire 1 yüzey ve rüzgâr ilişkisi

B Kent Doku Daire 1 Pencere ve Yüzey İlişkisi	Durum 1					Durum 2					Durum 3				
	Hiç Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun Olabilir	Uygun	Kesinlikle uygun	Hiç Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun Olabilir	Uygun	Kesinlikle uygun	Hiç Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun Olabilir	Uygun	Kesinlikle uygun
SALON															
OTURMA ODASI															
MUTFAK															
E. YATAK ODASI															
YATAK ODASI															

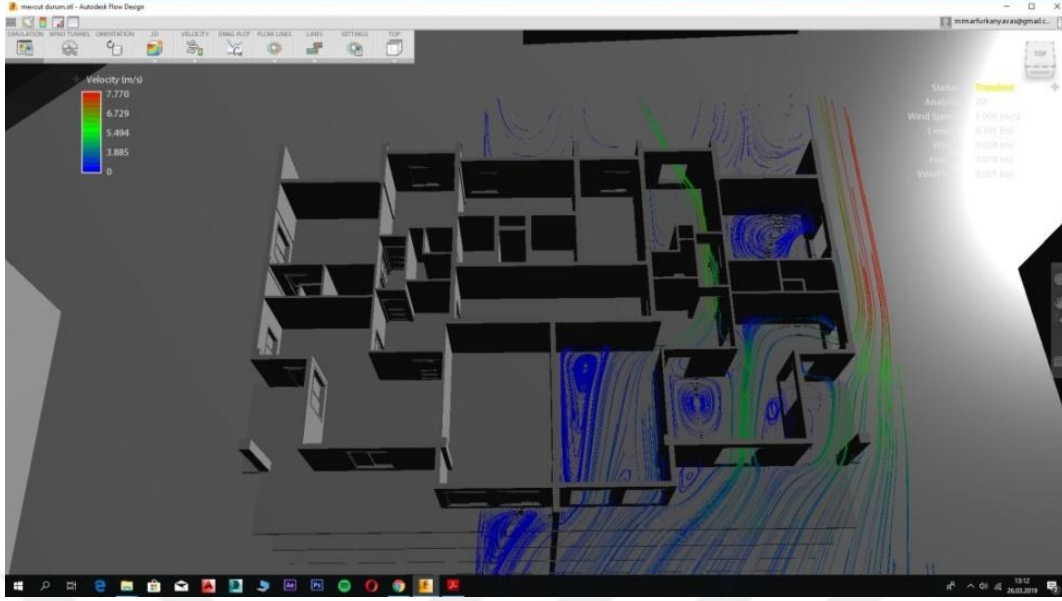
5.2.3. B Kent Dokusunda Daire 2 ve Tüm Rüzgâr Yönleri için Analiz Sonuçları

➤ 0 ° Rüzgâr Yönü

Şekil 5.44’de kat planı ve hâkim rüzgâr yönü görülmektedir. Flow Design programında elde edilen simülasyon Şekil 5.45’de ekran görüntüsü elde edilmiştir.



Şekil 5.44. Daire planı ve 0° rüzgâr yönü



Şekil 5.45. B kent dokusu daire 2 doğal havalandırma simülasyonu

Daire 2 hakim rüzgardan direk olarak faydalanmakta olup doğal havalandırma verimli bir şekilde gerçekleşmektedir. Rüzgâr akımı yüzey açıklıklarından geçerken bir engel ile karşılaşmayıp dairenin ön cephesinden etki etmektedir. Salonda bulunan P1 ve P2 pencerelerinden, oturma odasında P3 ve P4 pencerelerinden ve Mutfak kısmında ise K1 balkon kapısından daireye giriş yapmaktadır. P1 ve P2 penceresinden giren rüzgar Salon kısmında türbülans oluşturarak verimli bir havalandırma gerçekleştirmektedir. Mutfak ve oturma odasında P3, P4 ve K1 yüzey açıklıklarından giren rüzgâr iç mekanın kurgusuna bağlı olarak karşılaştığı duvar bölgesinde türbülans oluşturur, Rüzgar akımının bir diğer kısmı ise mutfağa doğru yönlenecek olup hızını artırarak bu alanda daha az verimli doğal havalandırma gerçekleştirmektedir.

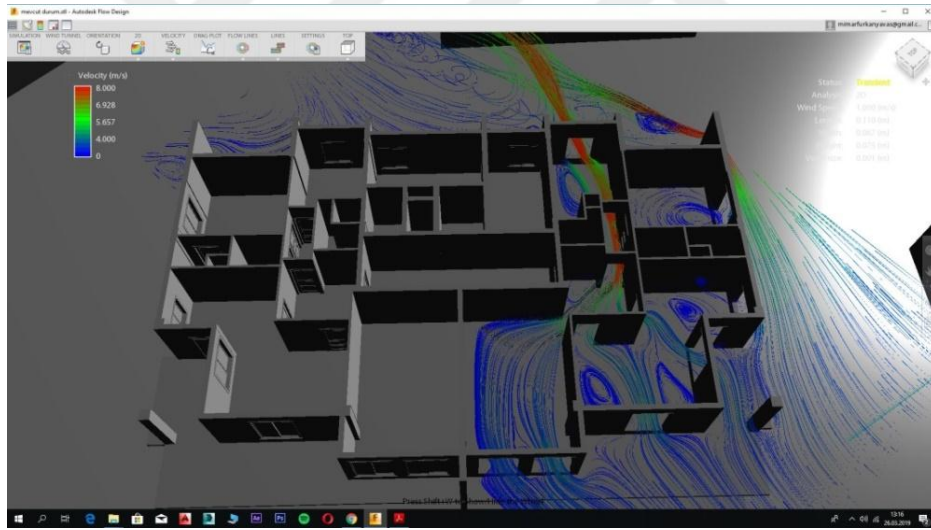
Rüzgar akımını yan ve arka cephelerde oluşan türbülans ile sağlayan ebeveyn yatak odası P6 penceresinden giren rüzgar akımı iç mekanda türbülans oluşturarak verimli bir havalandırma gerçekleşmektedir. Yatak odası kısmında salon ve oturma odasından geçen rüzgar akımı antrede hızını artırarak iç mekanda havalandırmayı istenilen seviyede gerçekleştirmemektedir.

➤ 45 ° Rüzgâr Yönü

Şekil 4.46’de kat planı ve rüzgârın etki eden yönü gösterilmiştir. Flow Design programında elde edilen simülasyon Şekil 5.47’de ekran görüntüsü elde edilmiştir.



Şekil 5.46. Daire planı ve 45° rüzgar yönü



Şekil 5.47. B kent dokusu daire 2 doğal havalandırma simülasyonu

Rüzgâr yönü Daire 2 yüzeyine açılı bir şekilde etki ederek yüzey açıklıklarında oluşan basınç farklılıkları etkisi ile iç mekânda havalandırmayı verimli bir şekilde gerçekleştirmektedir. Mekanların birbirine ayıran yüzeyler iç mekanda rüzgar akımının türbülans oluşturarak doğal havalandırma performansını olumlu bir şekilde gerçekleştirmektedir. Rüzgâr akımına göre açılı yüzeylerde konumlanan salon, mutfak ve ebeveyn yatak odası verimli bir doğal havalandırma gerçekleşir. P1, P2, P5 ve P6 pencerelerinden giren rüzgar akımı türbülans oluşturarak antre kısmından yatak odasına doğru hızını artırarak yönlendirilmektedir. Yatak odasında antreden gelen rüzgar akımı aynı

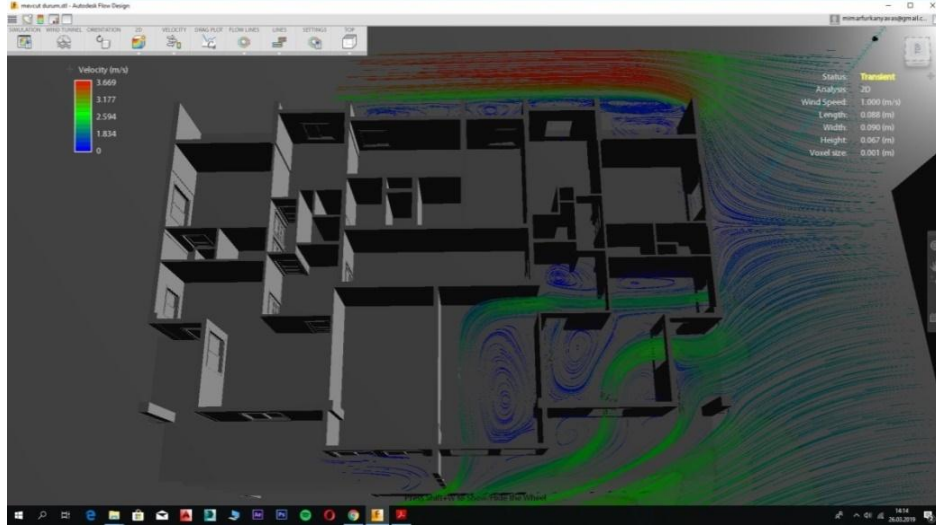
şekilde koridor oluşturarak hızını artırıp devam eder, rüzgar akımının bir kısmı türbülans oluşturup havalandırmayı sağlamaktadır.

➤ 90 ° Rüzgâr Yönü

Şekil 5.48’de kat planı ve rüzgârın etki eden yönü gösterilmiştir. Flow Design programında elde edilen simülasyon Şekil 5.49’de ekran görüntüsü elde edilmiştir. Uzun cephesine etki eden rüzgâr akımı yüzeyle etkileşime girdiği noktada itme kuvveti oluşturarak farklı yönlere doğru etki etmektedir. P6 penceresi rüzgârın yüzeyle bulunduğu noktada P7’ye göre çekme kuvveti daha fazla olması sebebi ile buradan iç mekâna girerek havalandırmayı sağlamaktadır. P4 penceresinde çekme kuvveti daha fazla olmasından dolayı en fazla rüzgâr akımı buradan girmektedir. Karşılıklı yüzeylerin bulunduğu mekanda havalandırma iç mekanda türbülans oluşturup havayı temizleyerek P3’den çıkışı oturma odasına gerçekleştirmektedir. Mutfak kısmından giren rüzgâr akımı salonda dolanıp rüzgar akımı oluşturarak havalandırmayı gerçekleştirmektedir.



Şekil 5.48. Daire planı ve 90° rüzgâr yönü



Şekil 5.49. B kent dokusu daire 2 doğal havalandırma simülasyonu

B kent dokusu için konumlanma ve rüzgâr yönü doğal havalandırma etkisi 0°, 45° ve 90° yönlerinde etki eden hakim rüzgâr yönü Daire 2 için doğal havalandırma performansı 5’li Likert yöntemi ile Tablo 5.7 halinde ifade edilmiştir. 45° rüzgâr yönünde etki eden hakim rüzgâr yönünün daire 2 için etkin havalandırma sağladığı gözlemlenmiştir.

Tablo 5.7. Daire 2 konumlanma ve rüzgâr yönü

B Kent Dokusu Daire 2 Konumlanma ve Rüzgâr Yönü Simülasyon	0° ↑					45° ↗					90° →				
	Hiç Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun Olabilir	Uygun	Keskinlikle uygun	Hiç Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun Olabilir	Uygun	Keskinlikle uygun	Hiç Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun Olabilir	Uygun	Keskinlikle uygun
SALON															
OTURMA ODASI															
MUTFAK															
E. YATAK ODASI															
YATAK ODASI															

5.2.4. B Kent Dokusu Daire 2 Pencere Konumları için Analiz Sonuçları

B kent dokusu içinde yer alan uygulama binasının yüzey açıklıklarının doğal havalandırmaya olan etkisi için, 3 farklı durum belirlendi. Pencere açıklıklarını belirlerken, karşılıklı açıklıklar seçilerek mekânların havalanması simülasyonla incelenmiştir.

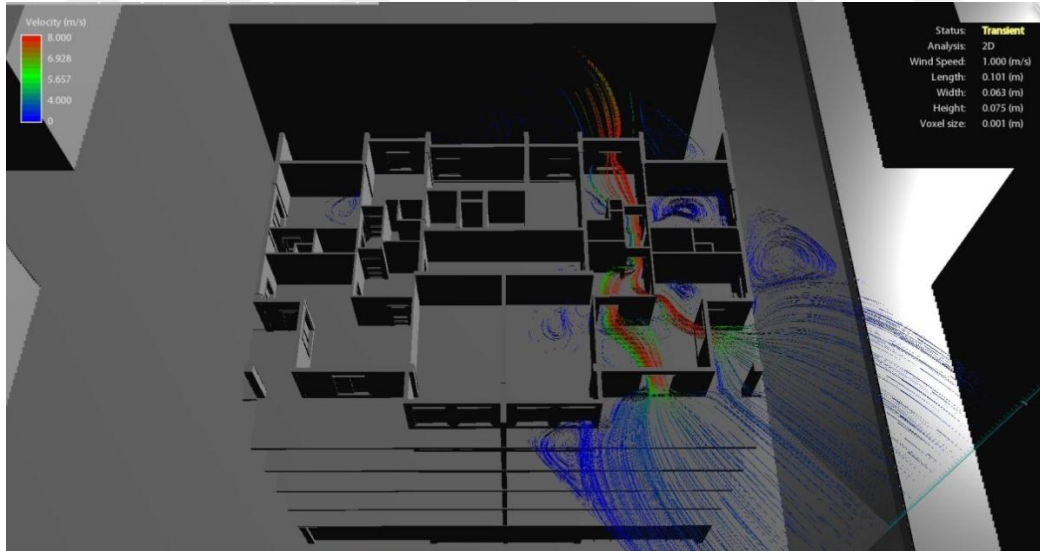
Sokak ve caddelerin birbirine paralel konumlanıp gridal bir düzende yerleşim alanı içerisinde yer alan Daire 2’ye etki eden rüzgâr yönlendirilmiş bir şekilde havalandırmayı gerçekleştirmektedir.

➤ **Durum 1**

Oturma odasında yer alan P3 numaralı pencere ile yatak odasında yer alan P7 numaralı pencere karşılıklı olarak açılmıştır. Şekil 5.50’de kat planında pencere açıklıkları ve hava akış yönü görülmektedir. Daire içi doğal havalandırma simülasyonu Şekil 5.51’de görülmektedir.



Şekil 5.50. Durum 1 pencere açıklıkları ve rüzgar yönü



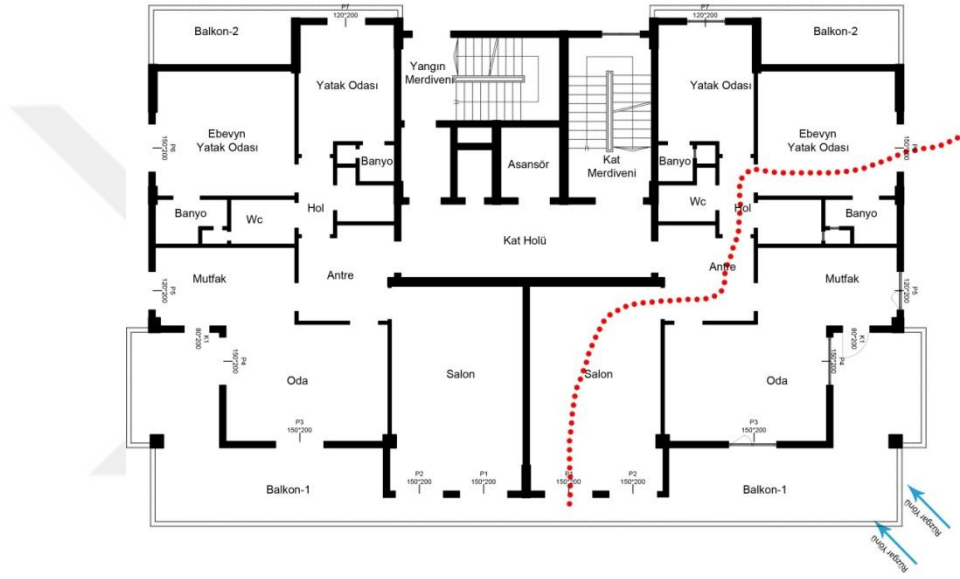
Şekil 5.51. Durum 1 doğal havalandırma simülasyonu

Oturma odasında P3 numaralı pencereden giren rüzgar oturma odası içerisinde türbülans oluşturarak antre 'ye doğru hızını artırarak ilerlemektedir. Antreden geçen rüzgâr yatak odası ve ebeveyn yatak odasına doğru ilerleyerek oda içerisinde türbülans

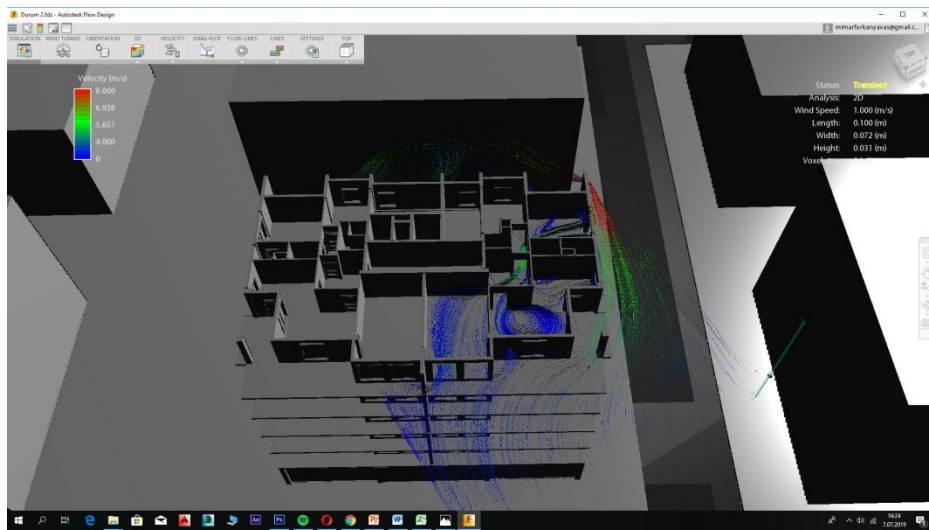
oluşturmadan P7 numaralı pencereden çıkmaktadır. Rüzgâr iç mekânda dolaşırken antrenin ince ve uzun olması sebebiyle rüzgar hızını artırarak konforsuz alanlar oluşturmaktadır.

➤ Durum 2

Salon kısmında P1 ve P2 numaralı pencereler ile ebeveyn yatak odasındaki P6 numaralı pencereler açık bırakılarak dairenin doğal havalandırma performansı incelenmiştir. Şekil 5.52’de kat planında pencere açıklıkları ve hava akış yönü görülmektedir. Daire içi doğal havalandırma simülasyonu Şekil 5.53’de görülmektedir.



Şekil 5.52. Durum 2 pencere açıklıkları ve rüzgar yönü



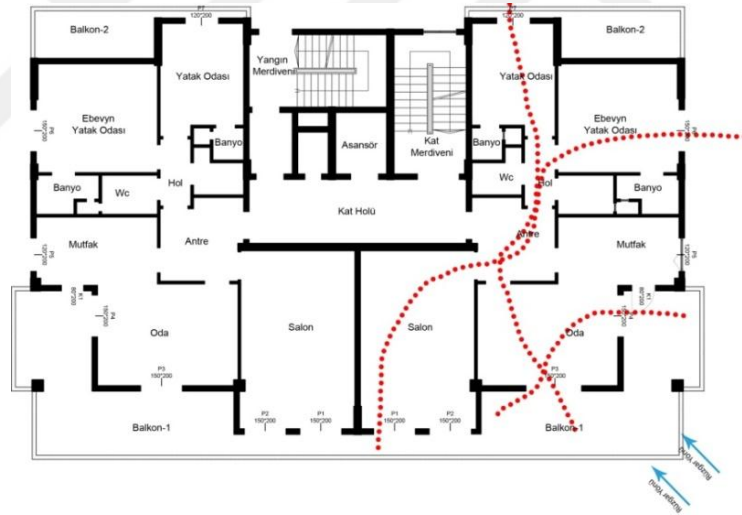
Şekil 5.53. Durum 2 daire içi doğal havalandırma simülasyonu

Salon kısmında pencerelerden giren rüzgâr iç mekânda bölücülerin etkisi ile dolanarak rüzgâr akımının bir kısmı antreden ebeveyn yatak odasına doğru diğer kısmı ise oturma odasında türbülans oluşturarak havalandırmasını sağlamaktadır.

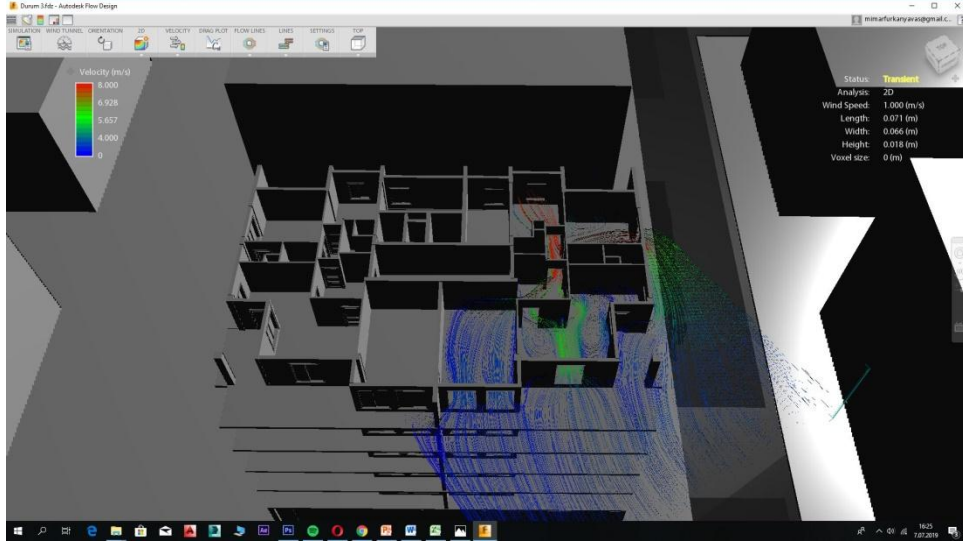
Rüzgâr pencere açıklıklarına kontrollü şekilde alınarak havalandırmayı konforlu bir şekilde sağlamaktadır. Antreden gelen rüzgar akımı ebeveyn yatak odasında türbülans oluşturup havalandırmayı gerçekleştirir.

➤ Durum 3

Karşılıklı pencere açıklıkları artırılarak durum 1 ve 2’de açıklıklar birleştirilerek simülasyon gerçekleştirilmiştir. Salon ve oturma odasında P1, P2, P3 ve P4 pencereleri ile arka ve yan cephelerde bulunan P6 ve P7 numaralı pencereler açılmış olup hâkim rüzgâr yönü 45° açı ile etki etmektedir. Şekil 5.54’de simülasyondaki pencere açıklıkları konumları ve hâkim rüzgâr yönü gösterilmiştir. Flow Design programı aracılığı ile elde edilen simülasyon Şekil 5.55’de elde edilmiştir.



Şekil 5.54. Durum 3 pencere açıklıkları ve rüzgâr yönü



Şekil 5.55. Durum 3 doğal havalandırma simülasyonu

Pencere açıklıklarının en fazla olduğu durumda hâkim rüzgâr sabit tutularak daireye etki etmektedir. Yüzey açıklıklarının fazla olması basınç farklılıklarının oluşmasına neden olup iç mekânda havalandırmayı olumlu bir şekilde gerçekleştirmektedir.

Rüzgâr açılı olarak odalara etki etmekte olup, Salon kısmında P1 ve P2 pencerelerinden giren rüzgâr akımı hızını artırmadan mekânı havalandırarak Antre kısmına doğru yönlenebilmektedir. Oturma odasında P3 ve P4 numaralı pencerelerden giren rüzgar hızını biraz artırarak türbülans oluşturup mekânı havalandırır. Antrede rüzgâr akımı hızını artırarak yatak odası kısmına doğru yönlenecek, P7 numaralı pencereden çıkmaktadır. P6 numaralı penceresinden giren rüzgâr akımı türbülans oluşturarak havalandırmayı sağlar.

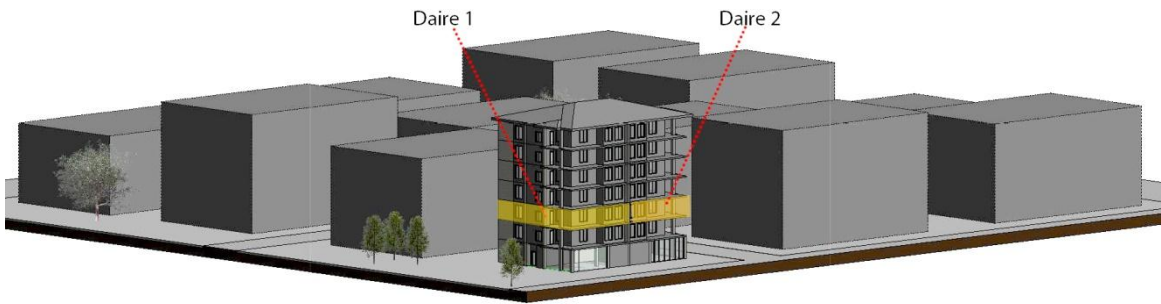
B kent dokusu için pencere açıklıklarına göre 3 farklı durum oluşturulup doğal havalandırma etkisi 45° 'lik rüzgâr açısı sabit tutularak simülasyonlar gerçekleştirilmiştir. Daire 2 için havalandırma performansı 5'li likert yöntemi ile Tablo 5.8 halinde ifade edilmiştir. Gridal yerleşim alanına sahip B kent dokusu içerisinde yer alan Daire, hâkim rüzgâr yönü iki farklı cephesine etki etmekte olup yüzeyde basınç farklılıkları oluşturarak mekânın havalanmasını sağlamaktadır. Pencere açıklıkları rüzgâr akımının iç mekânda dolaşım sağlayacağı şekilde karşılıklı olarak oluşturulmuştur. Durum 3'de açıklıkların en fazla olması ile birlikte havalandırma performansının yüksek olduğu simülasyon aracılığı ile gözlemlenmiştir.

Tablo 5.8. Daire 2 yüzey ve rüzgâr ilişkisi tablosu

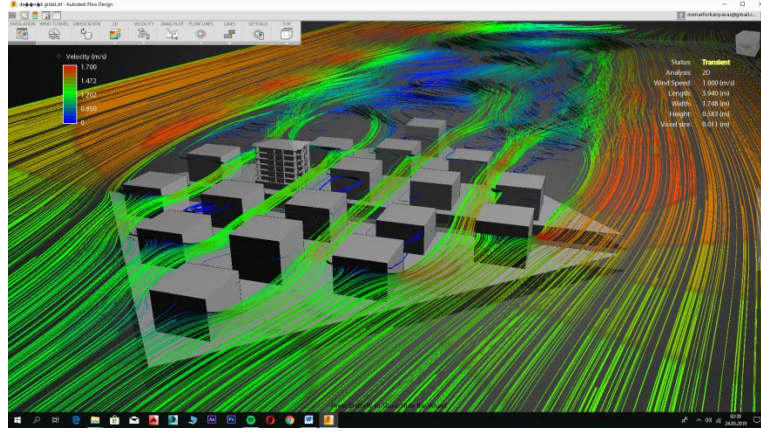
B Kent Dokusu Daire 1 Pencere ve Yüzey İlişkisi	Durum 1					Durum 2					Durum 3				
	Hiç Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun Olabilir	Uygun	Kesinlikle uygun	Hiç Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun Olabilir	Uygun	Kesinlikle uygun	Hiç Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun Olabilir	Uygun	Kesinlikle uygun
SALON	■					■								■	
OTURMA ODASI					■			■							■
MUTFAK			■				■					■			
E. YATAK ODASI			■						■				■		
YATAK ODASI				■		■							■		

5.3. C Kent Dokusu için Yapılan Analiz Sonuçları

Dikey yöndeki rüzgâr hareketi C kent dokusu ile karşılaştığı yerde yapılar rüzgâra hız ve yükselti sağladığı gözlemlenmiştir. Sokak kısımlarda basınç farkının oluşması ile bu noktalarda türbülans ile etki ederek doğal havalandırma için olumlu etki etmektedir. C kent dokusu dağınık gridal olarak tanımlanacağı sokak ve caddelerin birbirini farklı açılarla kestiği bir alandan oluşmaktadır. Yerleşim alanı kent merkezinde içerisinde yer alıp farklı yüksekliklerde yapılar bulunmaktadır. Şekil 5.56’de proje için seçilen Daire 1 ve 2 konumlanma ve rüzgâr yönü, Pencere ve yüzey açıklıkları etkisi detaylı olarak incelenmiştir. Şekil 5.57’de yatay yöndeki rüzgar hareketi verilmiştir. Bu incelemede projedeki cephe açıklıkları ve yerleşimi sabit tutularak rüzgâr yönü değiştirilerek daire içi doğal havalandırma simülasyonları oluşturulmuştur.



Şekil 5.56. C kent dokusu daire 1 ve 2

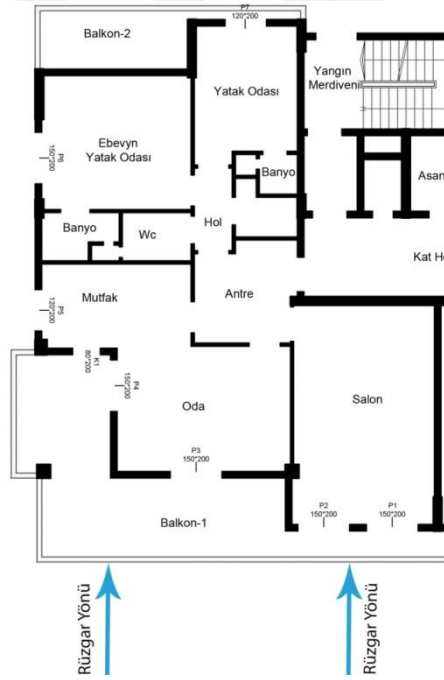


Şekil 5.57. Yatay yöndeki rüzgâr hareketi

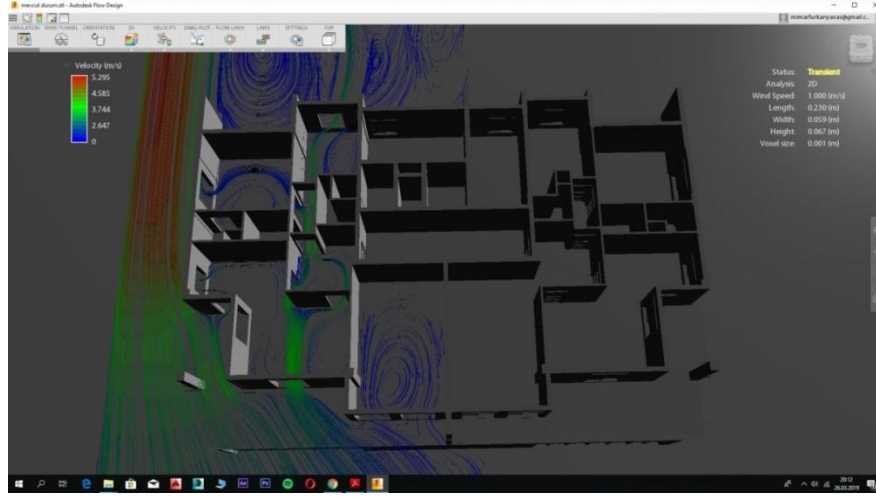
5.3.1. C Kent Dokusunda Daire 1 ve Tüm Rüzgâr Yönleri için Analiz Sonuçları

➤ 0 ° Rüzgâr Yönü

Daire 1'e ait kat planı ve hakim rüzgar yönü Şekil 5.58'de, Flow Design programında elde edilen simülasyon ekran görüntüsü Şekil 5.59'de verilmiştir.



Şekil 5.58. Daire planı ve 0 ° rüzgâr yönü

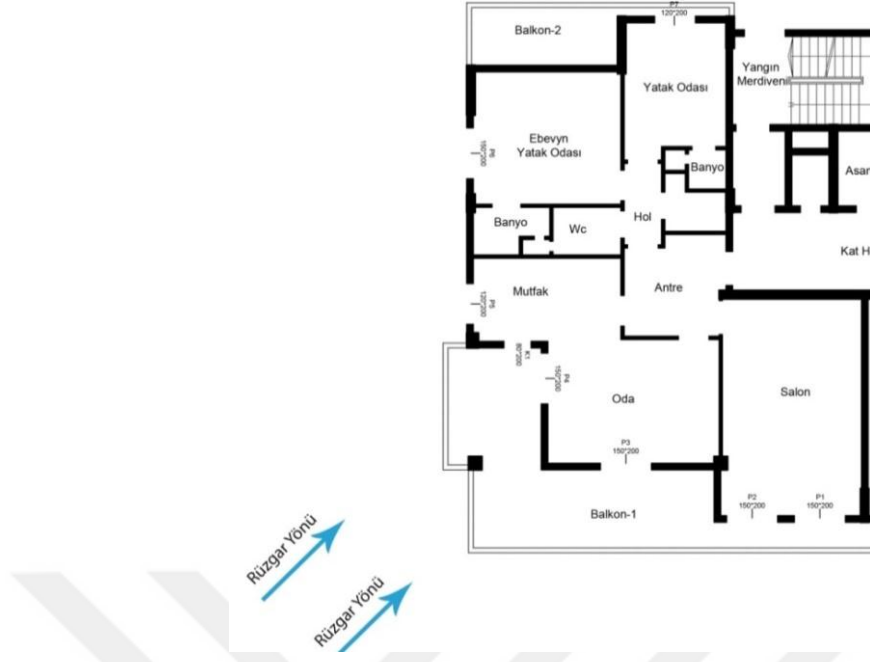


Şekil 5.59. C kent dokusu daire 1 doğal havalandırma simülasyonu

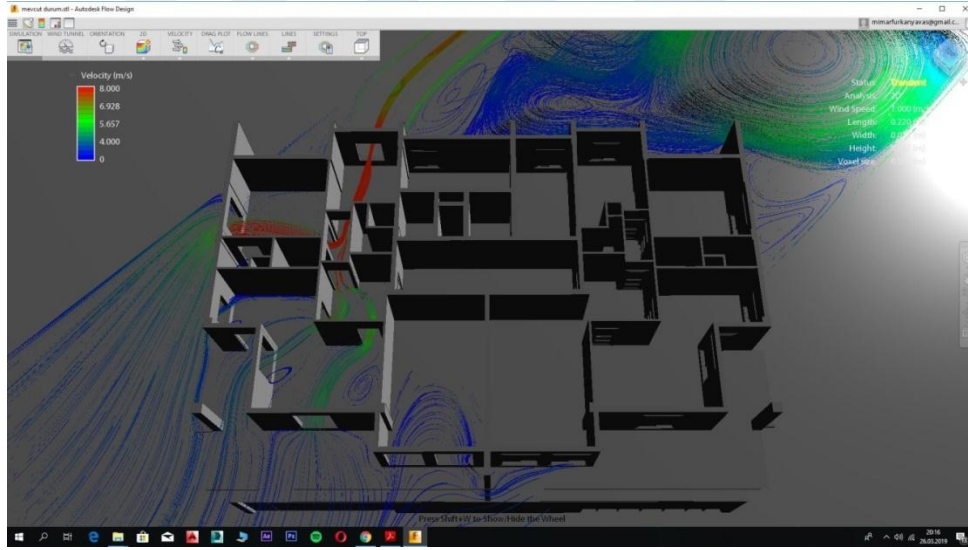
Daire hâkim rüzgârdan direk faydalanabildiği için doğal havalandırması olumlu şekilde gerçekleşmiştir. Salon kısmında P1 ve P2 pencerelerinden giren rüzgâr odanın içinde türbülans oluşturarak mekânın havalanmasını yetersiz seviyede gerçekleştirmektedir. Oda kısmında P3 penceresinden giren rüzgâr devinim hızı yüksek olup yetersiz havalandırma oluşur. Ebeveyn yatak odasında batı cephesinde oluşan türbülans ile P6 penceresinden odaya giren rüzgâr türbülans oluşturarak doğal havalandırmayı olumlu yönde etkiler. Yatak odasında ise antreden gelen rüzgârın bir kısmı türbülans oluşturup diğer kısmı da P7 den çıkış gerçekleştirerek doğal havalandırmayı gerçekleştirir.

➤ 45 ° Rüzgâr Yönü

Şekil 5.60’da daire planı ile hâkim rüzgâr yönü belirtilerek Flow Design programında elde edilen simülasyon ekran görüntüsü Şekil 5.61’de verilmiştir. Daireye 45° bir açı ile etki eden rüzgârın etkisi ile doğal havalandırma gerçekleşmektedir. Salonda P1 ve P2 giren rüzgâr hafif çapraz etkisinden dolayı oda içerisindeki rüzgâr devinimini gerçekleştirmeden yetersiz havalandırma sağlamaktadır. Oturma odasında P3 ve P4 pencerelerinden giren rüzgâr oda içerisinde türbülans ile gerçekleştirilir. P4’den giren rüzgâr mutfak kısmında dolaşımı sağlayıp çıkış gerçekleştirmektedir.



Şekil 5.60. Daire planı ve 45 ° rüzgâr yönü



Şekil 5.61. C kent dokusu daire 1 doğal havalandırma simülasyonu

Ebeveyn yatak odasında P6'dan giren rüzgâr çapraz konumundan dolayı oda içerisinde hızlanıp kapı boşluğundan yatak odasına doğru hareket eder. Havalandırmanın devinim hızı yüksek olup yetersiz havalandırma gerçekleşmektedir. Yatak odasında ise antreden gelen devinim hızı yüksek rüzgâr yetersiz havalandırma gerçekleştirilir.

sağlamaktadır. Daire 1 konumlanma ve rüzgâr yönü doğal havalandırma etkisi Flow Design programında yapılan simülasyonlar sonucu elde edilmiştir.

Rüzgâr hızının 1 m/sn olarak belirlenip 0°, 45° ve 90° yönlerinde 1.daireye etki ettiğinde doğal havalandırma performansları Tablo 5.9’de karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir. 90° yönünde esen rüzgâr doğal havalandırma performansı tüm odalar için en etkin şekilde gerçekleştiği görülmektedir.

Tablo 5.9. Daire 1 konumlanma ve rüzgâr yönü

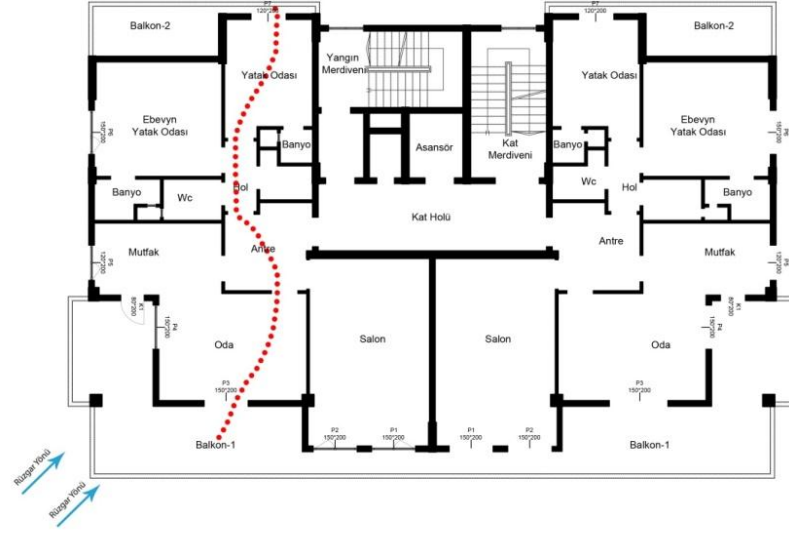
C Kent Dokusu Daire 1 Konumlanma ve Rüzgar Yönü Simülasyon	0° ↑					45° ↗					90° →				
	Hiç Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun Olabilir	Uygun	Kesinlikle uygun	Hiç Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun Olabilir	Uygun	Kesinlikle uygun	Hiç Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun Olabilir	Uygun	Kesinlikle uygun
SALON															
OTURMA ODASI															
MUTFAK															
E. YATAK ODASI															
YATAK ODASI															

5.3.2.C Kent Dokusu Daire 1 Pencere konumları için Analiz Sonuçları

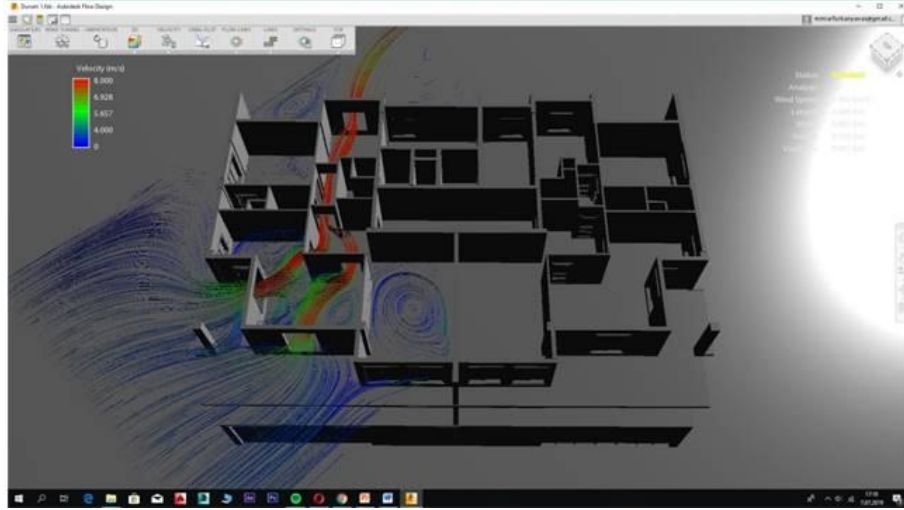
Projede rüzgâr alan cephedeki yüzey açıklıklarının ön ve yan cephe arka cepheye göre daha fazla bulunmaktadır. Yüzey açıklıklarının doğal havalandırmaya olan etkisini görebilmek için 3 farklı durum oluşturulup simülasyonlar yapılmıştır. Dairenin doğal havalandırmasını etkileyen faktörlerden biride yüzeydeki açıklıkların genişliği oranı ve yüzeydeki açıklıkların yerleşimidir. Rüzgârın giriş ve çıkış açıklıklarının komşu duvarlarda olduğu ve giriş çıkış genişliklerinin eşit olduğu durumlarda ise, rüzgâr yapıya dik gelmesi ile maksimum verimlilik sağlar. Yapılan araştırmalar göz önünde bulundurularak oda kısımları belirlenip açıklıklarına göre 3 farklı durum elde edilmiştir;

➤ Durum 1

Cephedeki yüzey açıklıklarının dairedeki doğal havalandırma üzerindeki etkisini incelemek için durum 1’de oturma odasındaki P3 numaralı pencere açıklığı ile yatak odasındaki P7 numaralı pencere karşılıklı olarak açılmıştır. Şekil 5.64’de kat planında pencere açıklıkları ve rüzgâr yönü gösterilmektedir. Şekil 5.65’de gerçekleşen simülasyona göre;



Şekil 5.64. Durum 1 pencere açıklıkları ve rüzgâr yönü



Şekil 5.65. Durum 1 daire içi doğal havalandırma simülasyonu

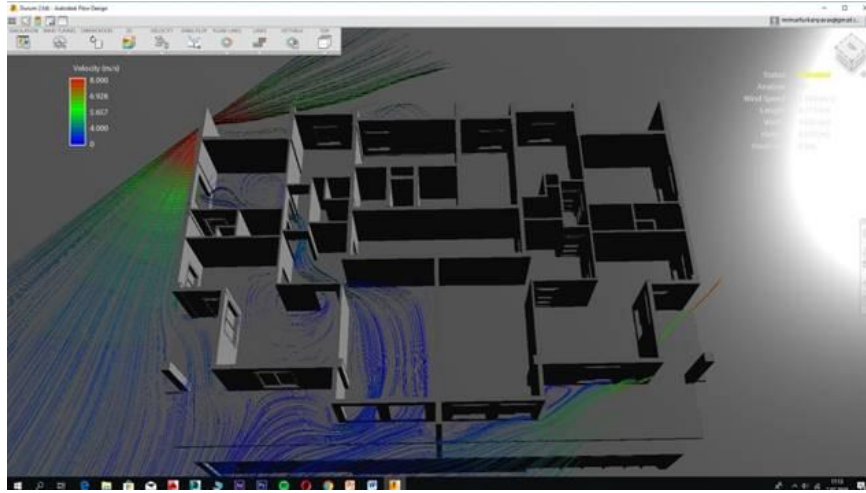
Oturma odasında P3 numaralı pencereden giriş yapan rüzgârın bir kısmı oda içerisinde türbülans ile dolanıp diğer kısmı antreden yatak odasına doğru hareket etmektedir. Mutfak kısmında oluşan türbülans ile havalandırmayı gerçekleştirmektedir. Ebeveyn yatak odasında antreden gelen rüzgâr kısmen oda içerisinde türbülans oluşturması yetersiz olup doğal havalandırma gerçekleşmemektedir. Yatak odasında ise rüzgârın bir kısmı P7'den çıkış gerçekleştirip diğer kısmı ise türbülans oluşturarak doğal havalandırmayı gerçekleştirir.

➤ Durum 2

Salon kısmındaki P1 ve P2 numaralı pencereler ile ebeveyn yatak odasındaki P6 numaralı pencereler açık bırakılarak dairenin doğal havalandırma performansı incelenmiştir. Şekil 5.66'de simülasyondaki pencere açıklıkları ve rüzgâr yönleri gösterilmiştir. Şekil 5.67'de gerçekleşen simülasyona göre;



Şekil 5.66. Durum 2 için pencere açıklıkları ve rüzgâr yönü

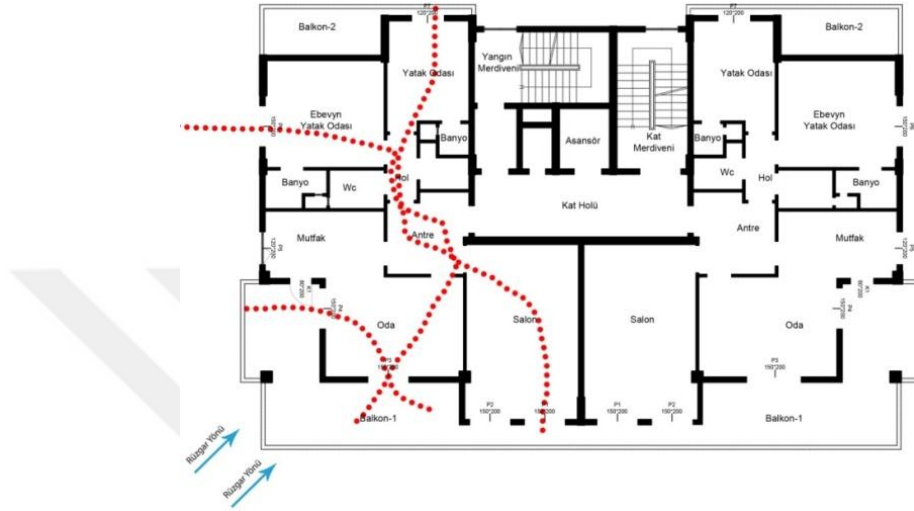


Şekil 5.67. Durum 2 daire içi doğal havalandırma simülasyonu

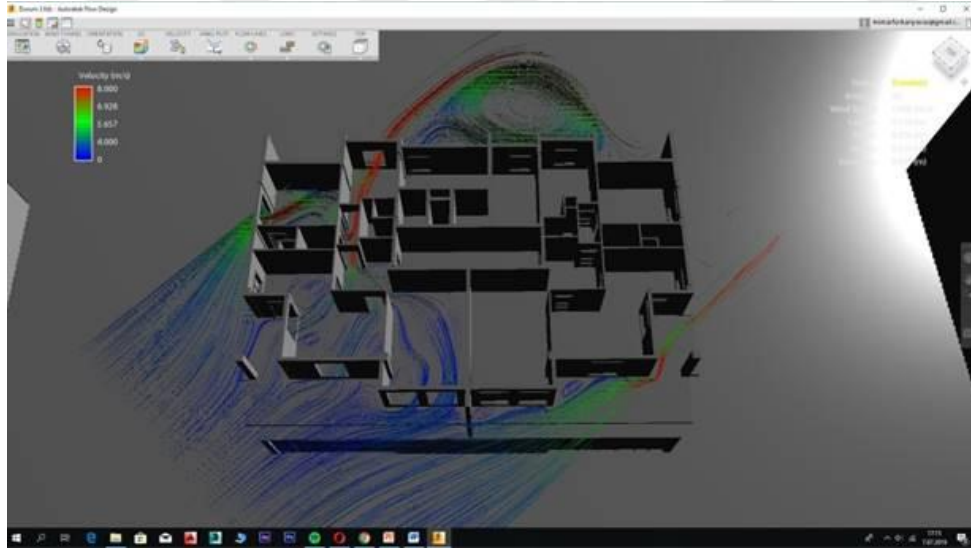
Salon kısmında P1 ve P2 numaralı pencerelerden giriş yapan rüzgâr oda içerisinde dolanımı gerçekleştirip havalandırmayı gerçekleştirmektedir. Antreden gelen rüzgâr oturma odasında türbülans oluşturarak odanın doğal havalanmasını gerçekleştirir. Salon kısmından giren hava akımı ebeveyn yatak odasında türbülans oluşturarak doğal havalandırmayı sağlar.

➤ Durum 3

Salon ve oturma odasında yer alan P1,P2,P3 ve P4 pencereleri ile arka cephe ve yan cephede yer alan P6 ve P7 pencereleri açık bırakılarak simülasyon gerçekleştirilmiştir. Şekil 5.68’de simülasyondaki pencere açıklıkları ve hâkim rüzgâr yönü gösterilmiştir. Şekil 5.69’de gerçekleşen simülasyona göre;



Şekil 5.68. Durum 3 için pencere açıklıkları ve rüzgâr yönü



Şekil 5.69. Durum 3 daire içi doğal havalandırma simülasyonu

Oturma odasında P3 numaralı pencereden giriş yapan rüzgâr mutfak ve oda içerisinde dolanımı tamamladıktan sonra antreden geçerek Ebeveyn yatak odasının havalandırmasını tamamlayıp P6 numaralı pencereden çıkmaktadır. Salon P1 ve P2 pencerelerinden giren rüzgâr tüm daireyi dolaşarak yatak odasındaki P7 pencere açıklığından daireyi terk etmektedir. Açıklıkların karşılıklı duvarlarda olması durumuna rüzgârın daireye eğik açıyla girmesi ve dolaşması, simülasyonun sonuçlarıdır.

ile gelmesi eklendiğinde doğal havalandırma performansı maksimum olmaktadır. Oturma odasında bu durum görülmektedir rüzgâr eğik gelmesinden dolayı oda içerisinde türbülans yaparak doğal havalandırmayı gerçekleştirmektedir.

1.Dairenin yüzey ve rüzgâr ilişkisi incelemek için 3 farklı pencere açıklıkları durumu belirlenmiş olup bu durumlar Flow Design programında elde edilen simülasyonlar ile doğal havalandırma performansları Tablo 5.10’de gösterilmiştir. Rüzgâr hızı 1 m/sn, hâkim rüzgâr yönü 0°olarak belirlenmiştir. Karşılıklı açıklıkların en fazla olduğu 3.durum dairenin en fazla doğal havalandırma performansının olduğu gözlenir.

Tablo 5.10. Daire 1 yüzey ve rüzgâr

C Kent Dokusu Daire 1 Pencere ve Yüzey İlişkisi	Durum 1					Durum 2					Durum 3				
	Hiç Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun Olabilir	Uygun	Kesinlikle uygun	Hiç Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun Olabilir	Uygun	Kesinlikle uygun	Hiç Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun Olabilir	Uygun	Kesinlikle uygun
SALON															
OTURMA ODASI															
MUTFAK															
E. YATAK ODASI															
YATAK ODASI															

5.3.3.C Kent Dokusunda Daire 2 Rüzgâr Yönleri için Analiz Sonuçları

➤ 0° Rüzgâr Yönü

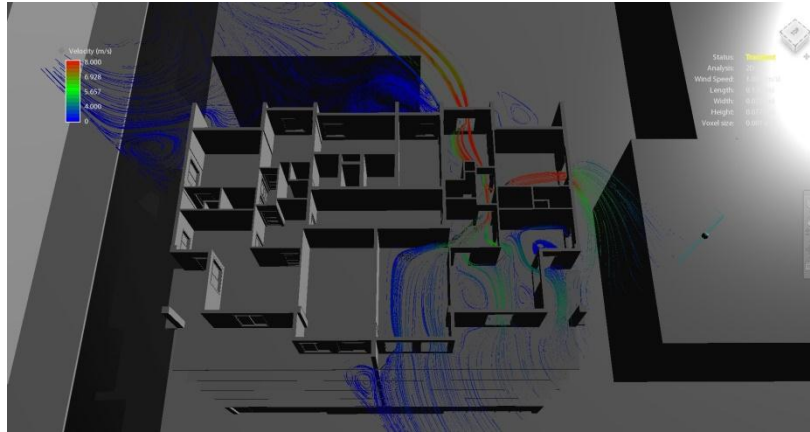
Şekil 5.70’da kat planı ve hâkim rüzgâr yönü görülmektedir. Şekil 5.71’de gerçekleşen simülasyona göre; rüzgâra akımı yüzey açıklıklarına ön ve yan yüzeylerden etki ederek doğal havalandırmayı sağlamaktadır. Pencere etrafında oluşturduğu basınç farkından dolayı ön cephede salon ve oturma odası yan cephede ebeveyn yatak odasına etki etmektedir.

Flow Design programında gerçekleştirilen simülasyon Şekil 4.56’da Salon kısmında P1 ve P2 pencerelerinden giren rüzgar akımı oda içerisinde sabit hızla dolanımı yaparak etkin havalandırma sağlar. P3 ve K1 açıklıklarından oturma odası kısmına giren rüzgâr akımı iç mekânın kurgusu ile karşılaştığı yüzeyde hızlanarak oda içerisinde bir kısmı dolanımı sağlayarak diğer kısmı ise antreye doğru yönlendirilerek havalandırmayı sağlar. Yan yüzeyde bulunan P6 penceresinden giren rüzgar türbülans oluşturup oda içerisine hızlanarak girmektedir, odanın içinde havalandırma gerçekleştirilmeden konforsuz alan oluşturarak antreye doğru yönlendirilmektedir.

Salon, oturma odası ve ebeveyn yatak odasından gelen rüzgâr akımı antrede birleşerek Yatak odasına yönelmiş olup oda içerisinde dolanımı gerçekleştirmeden P7 numaralı pencereden çıkmaktadır.



Şekil 5.70. Daire planı ve 0° rüzgâr yönü



Şekil 5.71. C kent dokusu daire 2 doğal havalandırma simülasyonu

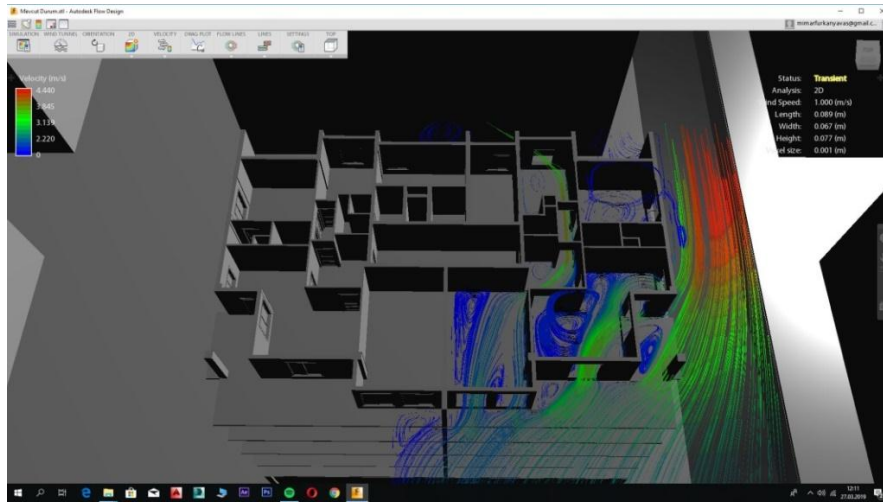
➤ 45° Rüzgâr Yönü

Şekil 5.72’de kat planı ve hâkim rüzgâr yönü görülmektedir. Şekil 5.73’de gerçekleşen simülasyona göre; salon kısmında P1 ve P2 pencerelerinden giren rüzgâr, açıklıkların rüzgâr akımından direk faydalanması ile doğal havalandırmayı gerçekleştirmektedir. Rüzgâr akımı ön cephede Salon ve oturma odası mekânlarında etkin havalandırma

sağlamaktadır. Karşılıklı yüzey açıklıklarının olduğu Oturma odasında P3 ve P4 pencereleri rüzgar akımı odanın bir kısmının havalandırırken diğer kısmında türbülans oluşturarak etkin olarak sağlamaktadır. Ebeveyn yatak odasını ve yatak odasında rüzgâr akımı zayıf bir şekilde iç mekânda dolanmakta olup etkin olmayan havalandırma gerçekleştirmektedir. Rüzgâr akımı iç mekanda dolanımını gerçekleştirirken sabit hızla salon ve oturma odasında dolanarak konforsuz alanlar oluşturmaktadır.



Şekil 5.72. Daire planı ve 45° rüzgâr yönü



Şekil 5.73. C kent dokusu daire 2 doğal havalandırma simülasyonu

➤ 90° Rüzgâr Yönü

Şekil 5.74’de kat planı ve hâkim rüzgâr yönü görülmektedir. Flow Design programında gerçekleşen simülasyonda Şekil 5.75’de gösterilmiştir. Rüzgâr akımı cephenin yan yüzeyinden etki ederek daha geniş yüzeye etki etmektedir. Dairenin iç mekan kurgusu ön ve arka cephenin dar yan cephenin geniş olması şeklinde planlanması ile mekanların

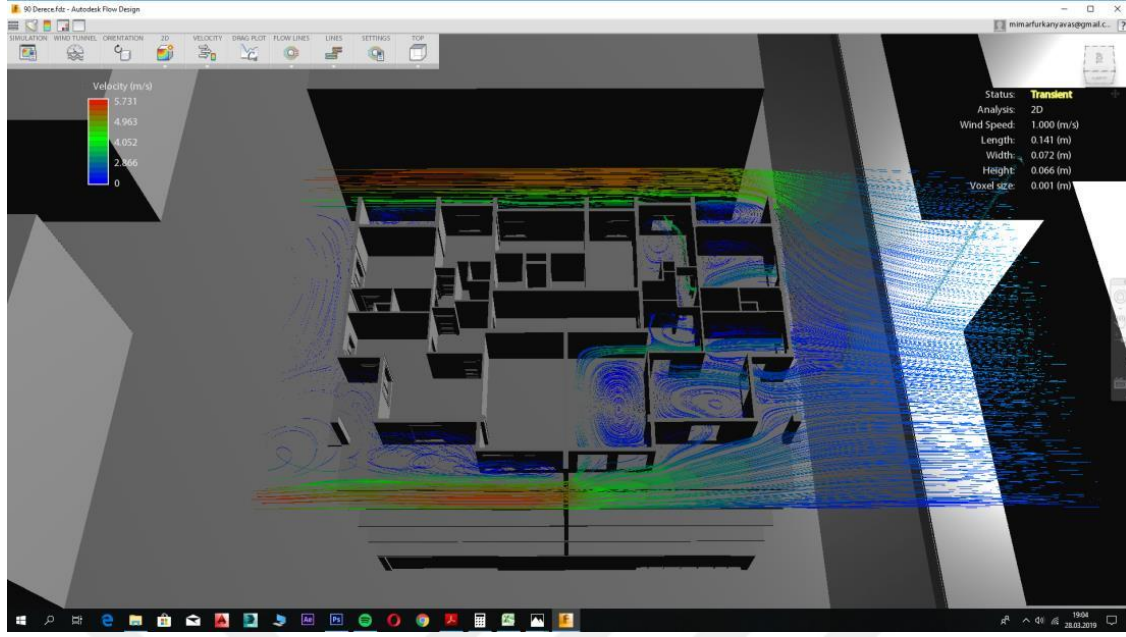
havalanması etkin şekilde gerçekleşir. P4 penceresinden giren rüzgar akımı oturma odasında türbülans oluşturarak P3 numaralı pencereden çıkışını gerçekleştirmektedir. P5 penceresinden giren rüzgar akımı mutfaktan geçip salona doğru yönelmektedir, karşılaştığı yüzey ile türbülans oluşturarak P1 ve P2 pencerelerinden çıkışını gerçekleştirmektedir. P6 penceresinden Ebeveyn yatak odasına giren rüzgâr akımı etkin bir şekilde havalanmasını gerçekleştirir. Yatak odasında antreden giren zayıf rüzgar akımı mekanda etkin olarak havalandırma gerçekleştiremez.

Rüzgâr akımı mekanlarda dolanımını gerçekleştirirken sabit bir hızla konforlu ve etkin havalandırma oluşturmaktadır.



Şekil 5.74. Daire planı ve 90° rüzgâr yönü

Rüzgârın 0°, 45° ve 90° yönlerinde Daire 2'ye etki ettiğinde elde edilen doğal havalandırma performansları Tablo 5.11'de karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Buna göre iç mekân kurgusuna göre geniş cepheden etki eden rüzgâr akımı en etkin doğal havalandırmayı gerçekleştirir.



Şekil 5.75. Daire planı ve 90° rüzgâr yönü

Tablo 5.11. Daire 2 konumlanma ve rüzgar yönü 5’li likert

C Kent Dokusu Daire 2 Konumlanma ve Rüzgar Yönü Simülasyon	0° ↑					45° ↗					90° →				
	Hiç Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun Olabilir	Uygun	Kesinlikle uygun	Hiç Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun Olabilir	Uygun	Kesinlikle uygun	Hiç Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun Olabilir	Uygun	Kesinlikle uygun
SALON															
OTURMA ODASI															
MUTFAK															
E. YATAK ODASI															
YATAK ODASI															

5.3.4. C Kent Dokusunda Daire 2 Pencere Konumları için Analiz Sonuçları

Projede rüzgâr alan cephedeki yüzey açıklıklarının ön ve yan cephe arka cepheye göre daha fazla bulunmaktadır. Yüzey açıklıklarının doğal havalandırmaya olan etkisini görebilmek için 3 farklı durum oluşturulup simülasyonlar yapılmıştır. Dairenin doğal havalandırmasını etkileyen faktörlerden biride yüzeydeki açıklıkların genişliği oranı ve yüzeydeki açıklıkların yerleşimidir. Rüzgârın giriş ve çıkış açıklıklarının komşu duvarlarda olduğu ve giriş çıkış genişliklerinin eşit olduğu durumlarda ise, rüzgâr yapıya dik gelmesi ile maksimum verimlilik sağlar.

Yapılan araştırmalar göz önünde bulundurularak oda kısımları belirlenip açıklıklarına göre 3 farklı durum elde edilmiştir;

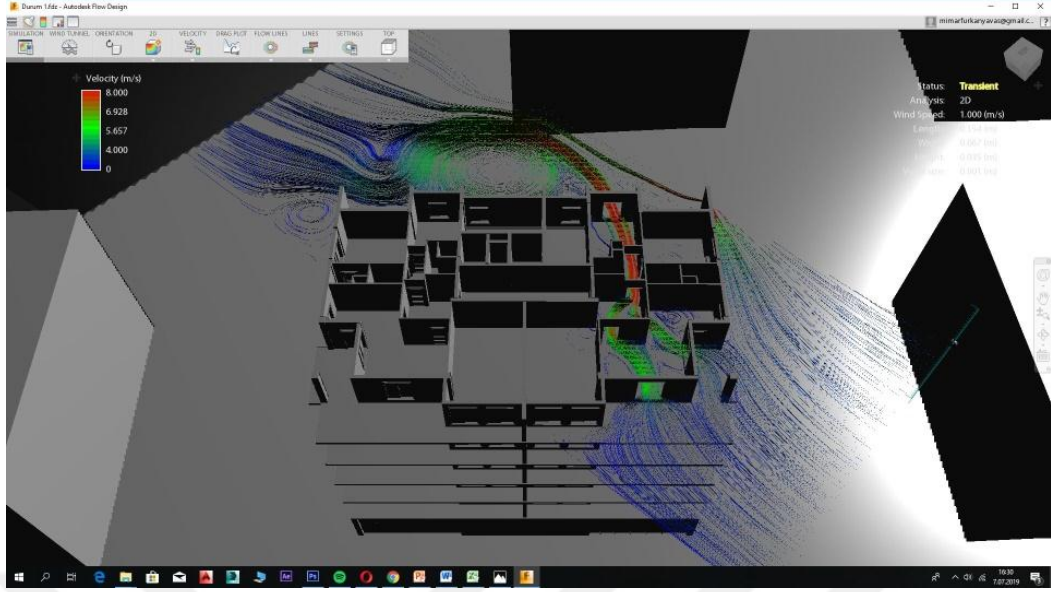
➤ Durum 1

Cephedeki yüzey açıklıkları dairedeki doğal havalandırmaya olan etkisini incelemek için karşılıklı yüzeylerde bulunan oturma odasındaki P3 numaralı pencere açıklığı ile yatak odasındaki P7 numaralı pencere karşılıklı olarak açılmıştır. Şekil 5.76’de kat planında pencere açıklığı ve rüzgâr yönü gösterilmiştir.

Şekil 5.77’de gerçekleşen simülasyona göre; oturma odasında P3 numaralı pencereden giren rüzgar akımı hızını artırarak antreye doğru yönlenmektedir. Antreden geçen rüzgar yatak odasına doğru ilerleyerek oda içerisinde dolaşmadan hızını artırarak P7 numaralı pencereden çıkışını gerçekleştirmektedir. Rüzgar hızının iç mekanda ki kurguya göre dar alanlarda hızını artırması konforsuz alanlar oluşturmaktadır.



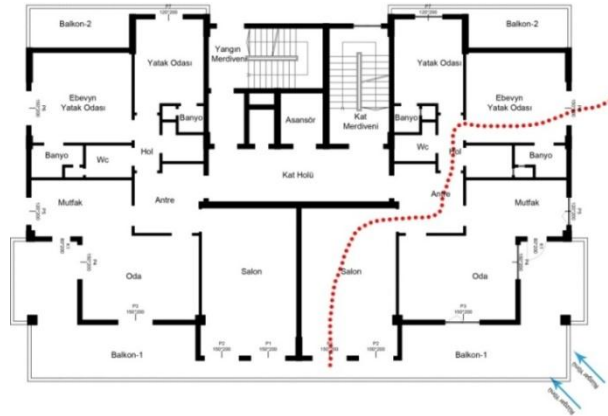
Şekil 5.76. Durum 1 pencere açıklıkları ve rüzgâr yönü



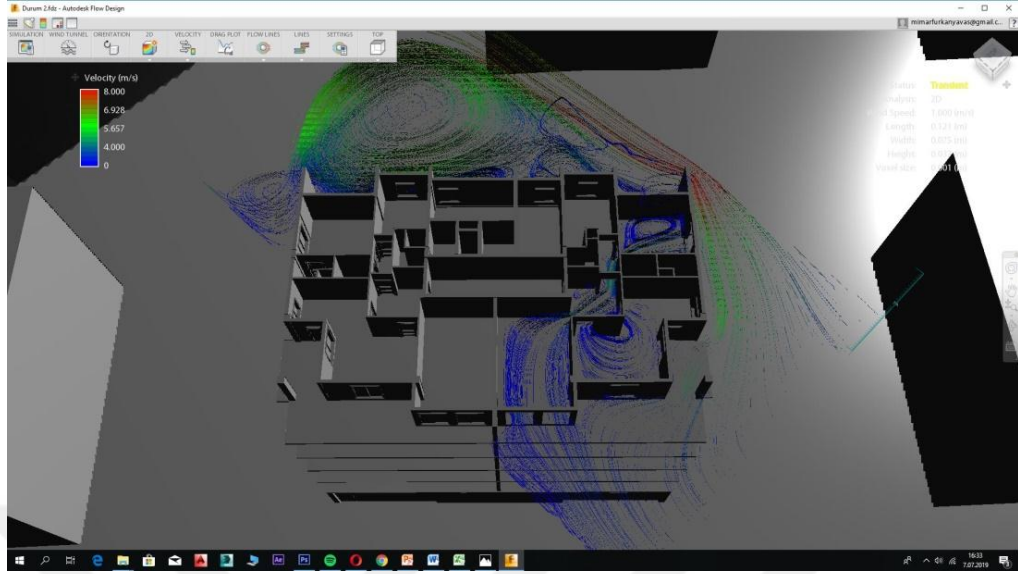
Şekil 5.77. Durum 1 doğal havalandırma simülasyonu

➤ Durum 2

Salon kısmında P1 ve P2 numaralı pencereler ile ebeveyn yatak odasında P6 numaralı pencereler karşılıklı olarak açık bırakılarak dairenin doğal havalandırma simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Şekil 5.78’de simülasyonda ki pencere açıklıkları ve hâkim rüzgâr yönü gösterilmiştir. Flow Design programı ile gerçekleştirilen simülasyon Şekil 5.79’de gösterilmiştir. Salon P1 ve P2 numaralı pencereden giren rüzgar akımı iç mekanda bölücülerin etkisi ile türbülans oluşturarak etkin havalandırma gerçekleştirmektedir. Antreden geçen hava akımı oturma odasında türbülans oluşturarak odanın bir kısmını havalandırmaktadır. Ebeveyn yatak odasında antreden giren hava akımı oda içerisinde türbülans oluşturup P 6 numaralı pencereden çıkışını gerçekleştirmektedir.



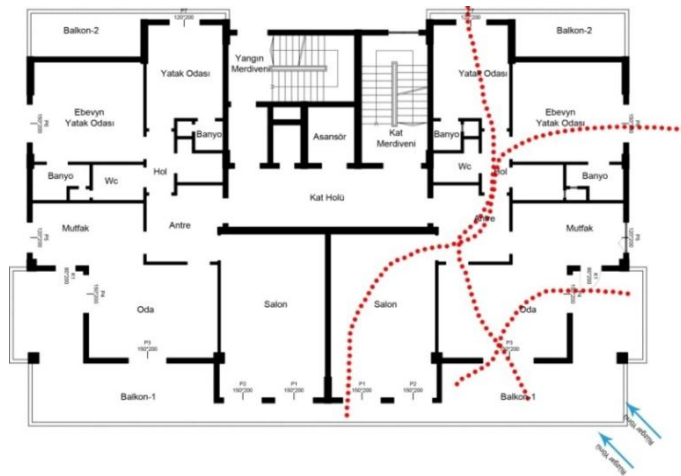
Şekil 5.78. Durum 2 pencere açıklıkları ve rüzgar yönü



Şekil 5.79. Durum 2 doğal havalandırma simülasyonu

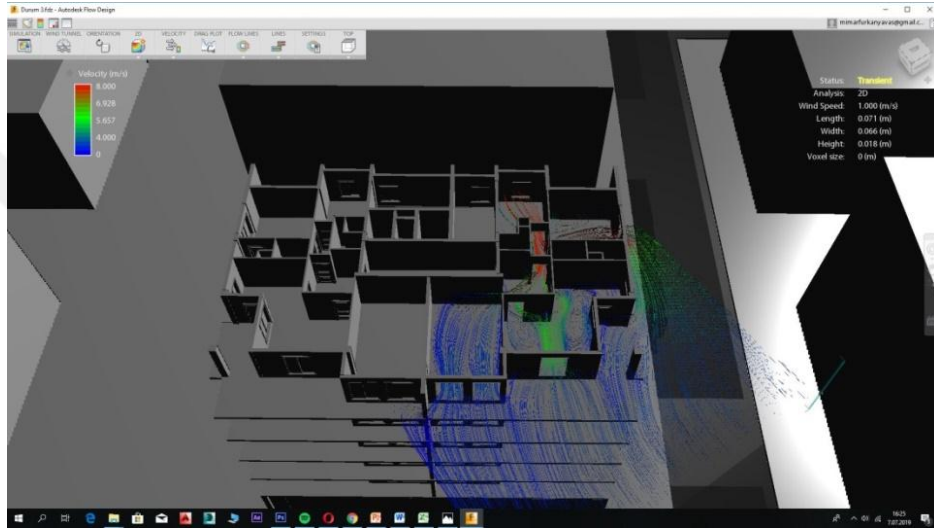
➤ Durum 3

Karşılıklı pencere açıklıkları artırılarak durum 1 ve 2’de açıklıklar birleştirilerek simülasyon gerçekleştirilmiştir. Salon ve oturma odasında P1, P2, P3 ve P4 pencereleri ile arka ve yan cephelerde bulunan P6 ve P7 numaralı pencereler açılmış olup hâkim rüzgâr yönü 45° açı ile etki etmektedir. Şekil 5.80’da simülasyondaki pencere açıklıkları konumları ve hâkim rüzgâr yönü gösterilmiştir. Flow Design programı aracılığı ile elde edilen simülasyon Şekil 5.81’de elde edilmiştir.



Şekil 5.80. Durum 3 pencere açıklıkları ve rüzgâr yönü

Salon P1 ve P2 numaralı pencerelerden giren rüzgar oda içerisinde dolanarak antreye doğru yönlenebilmektedir. Salonda etkin olarak havalandırma gerçekleşmektedir. P3 numaralı pencereden giren rüzgar akımı oturma odasında hızını artırarak karşılaştığı bölücü eleman hava akımının bir kısmını mutfak kısmına yönlendirip diğer kısmını antreye doğru yönlenebilmektedir. Antreden gelen hava akımı yatak odasında hızını artırarak oda içerisinde havalandırma gerçekleştirilmeden P7 numaralı pencereden çıkışını gerçekleştirmektedir. Ebeveyn yatak odası antreden dolaylı olarak hava akımını almakta olup oda içerisinde türbülans gerçekleştirilerek P6 numaralı pencereden çıkışı gerçekleştirmektedir.



Şekil 5.81. Durum 3 doğal havalandırma simülasyonu

Tablo 5.12. Daire 2 yüzey ve rüzgar ilişkisi

C Kent Dokusu Daire 2 Pencere ve Yüzey İlişkisi	Durum 1					Durum 2					Durum 3				
	Hiç Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun Olabilir	Uygun	Kesinlikle uygun	Hiç Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun Olabilir	Uygun	Kesinlikle uygun	Hiç Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun Olabilir	Uygun	Kesinlikle uygun
SALON															
OTURMA ODASI															
MUTFAK															
E. YATAK ODASI															
YATAK ODASI															

Daire 2 yüzey ve rüzgâr ilişkisi incelemek için 3 farklı pencere açıklıkları durumu belirlenmiş olup bu durumlar Flow Design programında elde edilen simülasyonlar ile doğal havalandırma performansları Tablo 5.12’de gösterilmiştir.

Rüzgâr hızı 1 m/sn, hâkim rüzgâr yönü 0°olarak belirlenmiştir. Karşılıklı açıklıkların en fazla olduğu 3.durum dairenin en fazla doğal havalandırma performansının olduğu gözlenir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma Enerji Etkin Konut Tasarımında etkili olan doğal havalandırma konusunu ele almaktadır. Bu alanda kullanılmış olan simülasyon programları incelenmiştir. Doğal havalandırmaya yönelik çalışma Elazığ ili için gerçekleştirilmiştir.

Seçilen bir konut yapısının doğal havalandırma performansı A, B ve C kent dokuları içerisindeki etkisini incelemek adına parametreler oluşturuldu. İlk öncelikle yapı içinde iki daire seçilerek rüzgârın konum üzerindeki etkisi incelenmek istendi. Daha sonra mevcut durumda hâkim rüzgâr yönü 45° olarak belirlenmiş olup bunun yanı sıra 0° ve 90° rüzgâr yönü etkisindeki simülasyonu gerçekleştirildi.

Yapılan simülasyonların sonuçları Flow Design ekran görüntüsü olarak sunulmuş olup yorumlar 5'li Likert yöntemi ile yapılarak tablolar halinde gösterilmiştir. Buna göre Doğal havalandırma performansı rüzgâr yönü, pencere açıklıkları, yapıların avlulu veya ayırık nizama göre etkisinin olduğu gözlemlenmiştir.

Çevre yapılar doğal havalandırmaya olan etkisini inceleyebilmek için 3 farklı kent yerleşim planı seçilmiştir. A proje alanı şehir merkezinde yer alan İzzet Paşa Mahallesi avlulu kent dokusu, B proje alanı kent merkezinin çevresinde yer alan Doğukent mahallesi gridal kent dokusu, C proje alanı kent merkezinin içerisinde yer alan Nailbey mahallesi olup Dağınık gridal kent dokusu olarak yer almaktadır. A ve C proje alanı sıkışık kent dokularında, B proje alanı daha az yoğunluklu yerleşim alanında yer almaktadır.

- Doğal havalandırma performansları açısından bakıldığında çevre yapıların etkisi ile gerçekleştirilen simülasyonlarda B proje alanının hâkim rüzgâr yönüne göre diğer proje alanlarından etkin olarak gerçekleşmektedir.
- Sıkışık doku içerisinde yer alan A ve C proje alanları hâkim rüzgar yönüne göre elde edilen simülasyonlar karşılaştırıldığı zaman A kent dokusu gridal avlulu yerleşim ve birbirini dik kesen sokaklardan oluştuğundan dolayı rüzgârı yönlendirerek C kent dokusuna göre daha etkin bir havalandırma sağlar.

A,B ve C kent dokularında yer alan uygulama için seçilen binada aynı katta yer alıp farklı yönelimi olan daire 1 ve daire 2 seçilerek doğal havalandırma performansları simülasyon ile karşılaştırıldı,

- A kent dokusu içinde yer alan daire 1 ve 2 için 0° rüzgâr yönü en etkin doğal havalandırmayı gerçekleştirmektedir.

- B kent dokusu içerisinde yer alan daire 1 için 90°, daire 2 için 45° rüzgâr yönü en etkin doğal havalandırmayı sağlar.
- C kent dokusu içerisinde yer alan daire 1 için 90°, daire 2 için 45° rüzgâr yönü en etkin doğal havalandırma sağlar.

Tüm proje alanlarında yüzey ve rüzgâr ilişkisi 3 farklı durum belirlenerek incelendi. Bu incelemede dairelerin yüzey açıklıkları karşılıklı ve iç mekânda yerleşiminde göz önünde bulundurularak, Rüzgârın geliş yönüne göre açıklıkları geniş yüzeye etki ettiği Durum 3’de en etkin havalandırma gerçekleşmektedir. Durum 3 e göre daire 1 ve 2 doğal havalandırma performansları karşılaştırıldığında

- A proje alanında daire 1’in, B proje alanında daire 2’nin ve C proje alanında ise daire 1 daha etkin olarak havalandığı sonucuna ulaşıldı.

Tasarım kararları belirlendiği ilk aşamada projenin rüzgâr tüneli simülasyona sokularak doğru biçimlenme, konumlanma ve yüzey açıklıkları kararları doğru belirlenerek ekonomik ve insan sağlığına önem veren bir proje üretilebilir. Oluşturulan yeni proje ile çevreye oluşturulacak zararlardan kaçınılmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] **Engin, N.**, 2012, Enerji Etkin Tasarımda Pasif İklimlendirme: *Doğal Havalandırma, Tesisat Mühendisliği Dergisi*, s:129
- [2] **Çakır, O.**, 2012, Doğal Havalandırma Olan Binalarda Akustik Problemlerin Önlenmesi İçin Bir Cephe Sistemi Önerisi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [3] **Crowther, R.L.**, 1992, Ecologic Architecture, Butterworth Architecture, Boston.
- [4] **Balanlı, A. ve Darçın, P.**, 2012, Yapılarda Doğal Havalandırmanın Sağlanmasına Yönelik İlkeler, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 128, 33-42.
- [5] **Priolo, C.**, 1998, Design Guidelines and Technical Solutions for Natural Ventilation”, Ed: Francis Allard Natural Ventilation in Buildings A Design Handbook, London, James & James Science Publishers, 6, 209.
- [6] **Tosun, S.**, 2010, “Bütünleşik Mimarlık Sistemleri Rüzgâr Türbinlerinin Yüksek Binalar ile Bütünleşik Tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [7] **Liddament M.**, 2000, Ventilation Strategies. Indoor Air Quality Handbook, Chapter 13. McGraw Hill, New York.
- [8] **Danık, S.**, 2014, Natürel ventilation through double-skin facades in tall buildings
- [9] **Karadağ, İ.**, 2013, Yüksek binalardaki doğal havalandırma sistemlerinin irtifa tabanlı çevresel varyasyonları da gözeterek değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [10] **Yuyucu, İ.**, 2016, Bilgisayar analiz yöntemleriyle, yapılarda doğal havalandırma sistemlerinin örnekler üzerinden incelenmesi, Beykent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [11] **Arslan, G.**, 2015, Doğal havalandırma tasarım stratejilerinin yüksek yapı örnekleri üzerinden incelenmesi ve Türkiye için tasarım önerileri, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [12] **Azizi, M., and Javanmardi, K.**, 2017, The Effects of Urban Block Forms on the Patterns of Wind and Natural Ventilation, *Procedia Engineering*, Science Direct V: 180, 541-549
- [13] **Aflaki, A.**, 2015, A review on natural ventilation applications through building façade components and ventilation openings in tropical climates”, *Energy and Buildings*, 101, 153-162

- [14] **Sacht, H., and Lukiantchuki, M.,** 2017, Windows Size and the Performance of Natural Ventilation, *Procedia Engineering*, 196, 972-979
- [15] **Lei, Z., Liu, C., and Li, N.,** 2017, Effect of natural ventilation on indoor air quality and thermal comfort in dormitory during winter, *Building and Environment*, Volume 125, 240-247
- [16] **Çakır, S.,** 2003, Binalarda doğal vantilasyon sisteminin değerlendirmesine yönelik bir çalışma, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [17] **Aşçı, G.,** 2015, Yüksek yapılarda doğal havalandırma sistemlerinin araştırılması İstanbul örneği, Beykent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [18] **Darçın, P.,** 2008, Yapı içi hava kirliliğinin giderilmesinde doğal havalandırma ilkeleri, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [19] **Dikmen, M.,** 2016, Yüksek konut yapılarında kullanılan cephe sistemlerinde doğal havalandırmanın incelenmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [20] **Yaşa, E.,** 2004, Avlulu Binalarda doğal havalandırma ve soğutma açısından rüzgar etkisi ile oluşacak hava akımlarına yüzey açıklıklarının etkisinin deneysel incelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [21] **Şabanoğlu, Ö.,** 2018, Toplu konut yerleşimlerindeki açık alanlarda rüzgarın kullanıcı konforuna etkisinin analizi ve değerlendirilmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [22] **Gür, V.,** 2014, Nefes alan yapı kabukları, 7. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu 3-4 Nisan 2014 Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul
- [23] **Habibzadeh, A.,** 2018, Konut yapılarında doğal havalandırmanın önemi ve badgir bağlamında günümüz koşullarında değerlendirilmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [24] **Balanlı, A., and Darçın, P.,** 2012, Yapılarda Doğal Havalandırmanın Sağlanmasına Yönelik İlkeler, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*.
- [25] **Yücel, M.,** 2010, Yüksek binaların yakın çevre bina yüzeylerindeki hava akışına etkileri-four wind örneği, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [26] **Aynsley, R.,** 2007, Natural Ventilation in Passive Design, BEDP Environment Design Guide, May, Tec 2.Summary.
- [27] **Darçın, P.,** 2008, Yapı İçi Hava Kirliliğinin Giderilmesinde Doğal Havalandırma İlkeleri, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- [28] **Küçükçalı, R.**, 2001, ISISAN Çalışmaları No:305, Klima Tesisatları, Isısan yayınları, İstanbul.
- [29] **Wood, A., and Salib R.**, 2012, Natural Ventilation in High-Rise Office Buildings, CTBUH Technical Guides, *Taylor & Francis LTD*, London.
- [30] **Herzog T., Krippner R., and Lang W.**, 2004, Institut für Internationale Architektur-Dokumentation, *GmbH & Co. KG*, München.
- [31] **Kılınç, G.**, 2015, Doğal Havalandırma Tasarım Stratejilerinin Yüksek Yapı Örnekleri Üzerinden İncelenmesi ve Türkiye için Tasarım Önerileri, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [32] **Ok, V.**, 1996, Yerleşme Doku Dizayn Değişkenlerinin Açık Mekânlardaki Rüzgâr Hızına ve Akım Tipine Etkilerinin İncelenmesi, TÜBİTAK Proje No. İNTAG-214, 3-4. 03.05.2016, ULAKBİM.
- [33] **Muller, C.**, 2014, Ventilation for Indoor Air Quality, ASHRAE, Atlanta, USA
- [34] <https://tr.khanacademy.org/science/physics/fluids/fluid-dynamics/a/what-is-bernoullis-equation>
- [35] **Santamouris, M.**, 1998. Natural Ventilation in Building”, Bölüm 6., James & James (Science Publishers), London
- [36] **Gandemer, J., and Guyot, A.**, 1976, Intégration du Phénomène Vent Dans La Conception du Milieu Bâti. Paris, France: Premier Ministre Groupe Central des Villes” Nouvelles Secretariat General.
- [37] **Watson, D., and Labs, K.**, 1993, Climatic Building Design: Energy Efficient Building Principles and Practices, McGraw Hill, New York
- [38] **Gedik Z, G.**, 2009, Yapıda Soğutma Sistemleri, YTÜ Mimarlık Bölümü Yapı Fiziği Bilim Dalı Yayınlanmamış Ders Notları,
- [39] **Krygiel, E., and Nies, B.**, 2008, Green BIM: Successful sustainable design with building information modeling, Wiley Publishing, Inc., Indianapolis, Indiana.
- [40] <https://www.3dcadworld.com/autodesk-goes-flow-releases-new-simulation-tool/>
- [41] <https://www.worldcadaccess.com/blog/2014/08/autodesk-flow-design-the-easiest-to-use-cfd-program-ever.html>
- [42] **Ofluoğlu S.**, 2014, Yapı bilgi modelleme: gereksinim ve birlikte çalışılabilirlik, Mimar. İst, 2014/1 - 49, 10-12
- [43] **Babič, N., Prdbreznik P., and Rebolj D.**, 2010, Integration resource production and consturaction using BIM, Automation in Construction, 19, 539-543.

- [44] **Toklu M.**, 2002, Rüzgâr Enerjisi ve Elazığ Şartlarında Bir Rüzgâr Santrali Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [45] **Susmaz H.**, 2010, Elazığ Uygulama İmar Planlarının Tarihsel Gelişim Sürecinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [46] **Günek H.**, Elazığ yerleşmesi ve yakın çevresinin uzaktan algılama yöntemiyle 1990-2017 yılları arasında arazi kullanımındaki değişimlerin belirlenmesi, Uluslararası Palu Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Elazığ
- [47] **Toklu M.**, 2002, Rüzgâr Enerjisi ve Elazığ Şartlarında Bir Rüzgâr Santrali Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [48] **Santamouris, M.**, 1998. Natural Ventilation in Buildings a Design Handbook, Design Guidelines and Technical Solutions for Natural Ventilation, C:6, Ed: F. Allard, *James & James Science Publishers*, London.

ÖZGEÇMİŞ

Furkan Salim YAVAŞ, 1992 Elazığ doğumludur. 2011 yılında kazandığı Erciyes Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık bölümünü 2016 yılında bitirmiştir. Aynı sene Fırat Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümünde Yüksek Lisans programına başladı. Bim, doğal havalandırma, kent dokusu konuları üzerinde çalışmaktadır.2016'dan beri Derin Yeşil Mimarlık, Haustell Mimarlık ve Prota Mühendislik Müşavirlik firmalarında çalışmıştır.

