



**İÇ ORTAM HAVA KALİTESİ VE SAĞLIKLI ÇEVRE BAĞLAMINDA  
BİNALARDA DOĞAL HAVALANDIRMA STRATEJİLERİ**

**MERVE COŞAR**

**ŞUBAT 2023**

**ÇANKAYA ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MİMARLIK ANA BİLİM DALI**

**Yüksek Lisans**

**YAPIM TEKNOLOJİLERİ**

**İÇ ORTAM HAVA KALİTESİ VE SAĞLIKLI ÇEVRE BAĞLAMINDA  
BİNALARDA DOĞAL HAVALANDIRMA STRATEJİLERİ**

**MERVE COŞAR**

**ŞUBAT 2023**

## ÖZET

# İÇ ORTAM HAVA KALİTESİ VE SAĞLIKLI ÇEVRE BAĞLAMINDA BİNALARDA DOĞAL HAVALANDIRMA STRATEJİLERİ

COŞAR, Merve

**Yapım Teknolojileri Yüksek Lisans**

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Gülsu ULUKAVAK HARPUTLUGİL

Şubat 2023, 112 sayfa

Son yıllarda hızla artan enerji ve doğal kaynak tüketimi çevresel, ekonomik ve sosyal açılardan küresel ölçekte dünyayı etkilemektedir. Bu durumda dünyada enerji ve doğal kaynak tüketiminin büyük bir bölümünü oluşturan binalar için çevre dostu stratejiler belirlenmelidir. Aynı zamanda bu stratejiler, insanoğlunun sağlıklı ve rahat bir düzeyde yaşamını sürdürmesini sağlayacak niteliklere sahip olmalıdır. Bu stratejiler arasında iç ortam hava kalitesi, kapalı mekanlarda kullanıcı konforu ve insan sağlığı, doğal havalandırma önemli bir yer tutmaktadır. Bu çalışmada, bu üç kavramla ilgili literatür araştırması yer almakta olup, Ankara'da bir ofis binasında yapılan alan çalışmasını içermektedir. Yapılan alan çalışmasıyla iç ortam hava kalitesinin kullanıcı memnuniyeti üzerindeki etkisini görmek için anket, iç ortam hava kalitesi ölçümleri ve ofis binasının doğal havalandırma potansiyelini ortaya koyan simülasyonlar yapılmıştır. Bu veriler ışığında ofis binası için doğal havalandırmaya yönelik tasarımsal önerilerde bulunulmuş olup, simülasyonlarla desteklenmiştir. Sonuç bölümü ise, yapılan literatür taraması verileriyle alan çalışmalarının yorumlanmasını içermektedir.

**Anahtar kelimeler:** İç Ortam Hava Kalitesi, Kapalı Mekanlarda Kullanıcı Konforu ve İnsan Sağlığı, Doğal Havalandırma.

## ABSTRACT

### NATURAL VENTILATION STRATEGIES IN BUILDINGS AS PART OF INDOOR AIR QUALITY AND HEALTHY ENVIRONMENT

COŞAR, Merve

**M.Sc. in Building Technologies**

Supervisor: Doç. Dr. Gülsu ULUKAVAK HARPUTLUGİL

February 2023, 112 pages

The rapidly increasing consumption of energy and natural resources in recent years affects the world on a global scale in terms of environmental, economic, and social aspects. In this case, environmentally friendly strategies should be determined for buildings that constitute a large part of energy and natural resource consumption in the world. At the same time, these strategies should have the qualities that will enable human beings to lead a healthy and comfortable life. Among these strategies, indoor air quality, indoor user comfort and human health, natural ventilation have an important role. This study includes literature research on these three concepts and includes a field study in an office building in Ankara. With this field study, a questionnaire, indoor air quality measurements and simulations revealing the natural ventilation potential of the office building were made to see the effect of indoor air quality on user satisfaction. In the light of these data, design suggestions for natural ventilation in the office building were made and supported by simulations. In the conclusion part, it includes the interpretation of the field studies in the data of the literature review.

**Key words:** Indoor Air Quality, Indoor User Comfort and Human Health, Natural Ventilation.

## TEŞEKKÜR

Tez alıŐmalarım, lisans ve yüksek lisans eğitim hayatım boyunca değerli katkılarını ve yardımlarını esirgemeyen sevgili hocam Doç. Dr. Gülsu ULAKAVAK HARPUTLUGİL'e, her zaman tez çalıŐmalarımda beni destekleyerek ayrıca bu kapsamdaki uygulama çalışmaları için ofisi kullanmama izin veren sevgili iŐverenim Hilmi GÜNER ve çalışma arkadaşlarıma değerli katkıları için çok teşekkür ederim.

Tez sürecim boyunca bana her türlü desteği sağlayan canım annem Meryem COŞAR'a, canım babam Cahit COŞAR'a tüm kalbimle teŐekkürlerimi sunarım ve bu süreç boyunca yanımdan ayrılmayan sevgili LILAC'a sonsuz sevgilerimle.

## İÇİNDEKİLER

TEZDE İNTİHAL OLMADIĞINA DAİR BEYAN SAYFASI .....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT .....	vi
TEŞEKKÜR .....	viii
İÇİNDEKİLER .....	ix
TABLolar LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xiii
SİMGELER / KISALTMALAR LİSTESİ .....	xvi
BÖLÜM I.....	1
1. GİRİŞ .....	1
BÖLÜM II .....	5
2. LİTERATÜR TARAMASI .....	5
2.1 İç Ortam Hava Kalitesi .....	5
2.1.1 İç Ortam Hava Kirliliği Kaynakları .....	6
2.1.2 İç Hava Kalitesini Etkileyen Kirletici Türleri.....	6
2.1.2.1 Kimyasal Kirleticiler .....	7
2.1.2.2 Biyolojik Kirleticiler .....	9
2.1.2.3 Parçacık ve Lifler .....	9
2.1.3 İç Hava Kalitesinin İyileştirilmesi .....	9
2.2 Kapalı Mekanlarda Kullanıcı Konforu ve İnsan Sağlığı .....	10
2.2.1 Kapalı Mekanlarda Çevresel ve Kişisel Parametreler .....	10
2.2.2 Covid-19 Bağlamında İç Ortam Hava Kalitesi ve Doğal Havalandırma... 12	
2.3 Doğal Havalandırma .....	13

2.3.1 Doğal Havalandırmanın Amacı .....	14
2.3.2 Doğal Havalandırmanın Temel İlkeleri .....	14
2.3.3 Doğal Havalandırma Sistemlerine Etki Eden Faktörler .....	14
2.3.4 Yapı Kabuğunun Doğal Havalandırma Üzerindeki Etkileri.....	17
<b>BÖLÜM III.....</b>	<b>19</b>
<b>3. İÇ ORTAM HAVALANDIRMA GEREKSİNİMİNİN BELİRLENMESİ ...</b>	<b>19</b>
<b>3.1 Kullanıcı Analizleri .....</b>	<b>19</b>
3.1.1 Ofis Binası .....	19
3.1.2 Kullanıcı Memnuniyeti ve İç Ortam Havalandırma Etkinliği Anketi .....	24
3.1.2.1 Anket Yöntemi .....	24
3.1.2.1 Sonuç ve Değerlendirme .....	25
<b>3.2 İç Ortam Hava Kalitesi Ölçümleri.....</b>	<b>28</b>
3.2.1 Ölçüm Prosedürü .....	28
3.2.2 Ölçüm Sonuçları ve Değerlendirilmesi.....	29
<b>3.3 Kullanıcı Analizleri ve İç Ortam Hava Kalitesi Ölçümlerinin Değerlendirilmesi.....</b>	<b>36</b>
<b>BÖLÜM IV .....</b>	<b>37</b>
<b>4. DOĞAL HAVALANDIRMA YOLUYLA İÇ ORTAM HAVA KALİTESİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ.....</b>	<b>37</b>
<b>4.1 CFD Simülasyonu.....</b>	<b>37</b>
<b>4.2 Modelleme .....</b>	<b>38</b>
<b>4.3 Simülasyonlar .....</b>	<b>41</b>
4.3.1 Mevcut Durumda İç Ortam Hava Hareketleri ve Mevcut Duruma Yönelik Havalandırma Stratejileri Simülasyonları.....	44
4.3.1.1 Mevcut Durumda İç Ortam Hava Hareketleri Simülasyonları .....	45
4.3.1.2 Mevcut Duruma Yönelik Havalandırma Stratejileri Simülasyonları..	47
4.3.2 Mevcut Durumdaki Termal Konfor .....	51
4.3.3 İç Ortamdaki Hava Hareketlerine Yönelik Geliştirilen Tasarım Simülasyonları .....	57
<b>4.4 Simülasyon Sonuçları ve Değerlendirilmesi.....</b>	<b>68</b>
<b>BÖLÜM V.....</b>	<b>75</b>
<b>5. SONUÇ.....</b>	<b>75</b>
<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>78</b>

<b>EKLER.....</b>	<b>82</b>
<b>Ek-1: Etik Kurul Raporu.....</b>	<b>82</b>
<b>Ek-2: Anket .....</b>	<b>85</b>





## TABLolar LİSTESİ

<b>Tablo 2.1:</b> Uçucu organik bileşik örnekleri ve yapı içi kaynakları. ....	7
<b>Tablo 3.1:</b> 22.11.2021-23.11.2021 CO <sub>2</sub> , bağıl nem ve sıcaklık değerleri grafikleri .	29
<b>Tablo 3.2:</b> 24.11.2021-25.11.2021 CO <sub>2</sub> , bağıl nem ve sıcaklık değerleri grafikleri .	30
<b>Tablo 3.3:</b> 26.11.2021-13.12.2021 CO <sub>2</sub> , bağıl nem ve sıcaklık değerleri grafikleri .	31
<b>Tablo 3.4:</b> 14.12.2021-15.12.2021 CO <sub>2</sub> , bağıl nem ve sıcaklık değerleri grafikleri.	32
<b>Tablo 3.5:</b> 16.12.2021-17.12.2021 CO <sub>2</sub> , bağıl nem ve sıcaklık değerleri grafikleri...	33
<b>Tablo 3.6:</b> 20.12.2021-21.12.2021 CO <sub>2</sub> , bağıl nem ve sıcaklık değerleri grafikleri...	34
<b>Tablo 3.7:</b> 22.12.2021-23.12.2021 CO <sub>2</sub> , bağıl nem ve sıcaklık değerleri grafikleri.	35
<b>Tablo 3.8:</b> Hava hareket hızı değerleri grafikleri .....	36
<b>Tablo 4.1:</b> Simülasyon Kodlamaları .....	42
<b>Tablo 4.2:</b> Mevcut durum için yapılan simülasyon kodlamaları.....	44
<b>Tablo 4.3:</b> Mevcut durum termal konfor için yapılan simülasyon kodlamaları.....	51
<b>Tablo 4.4:</b> Termal hassasiyet değerleri. ....	52
<b>Tablo 4.5:</b> Simülasyon girdileri ve kullanılan değerler.....	52
<b>Tablo 4.6:</b> Simülasyon girdileri ve kullanılan değerler.....	54
<b>Tablo 4.7:</b> Simülasyon girdileri ve kullanılan değerler.....	55
<b>Tablo 4.8:</b> Simülasyon girdileri ve kullanılan değerler.....	56
<b>Tablo 4.9:</b> İç ortamdaki hava hareketlerine yönelik geliştirilen öneri simülasyonu kodlamaları.....	57
<b>Tablo 4.10:</b> Kış mevsimi hava hareketi simülasyonları .....	69
<b>Tablo 4.11:</b> Yaz mevsimi hava hareketi simülasyonları .....	72

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1: Tez Akış Şeması.....	4
Şekil 2.1: Kapalı Mekânlarda Çevresel ve Kişisel Parametreler.....	11
Şekil 2.2: Kullanıcı Konforu.....	12
Şekil 2.3: Hava hareket türleri.....	15
Şekil 2.4: Hava hareketiyle bina çevresinde oluşan basınç bölgeleri.....	15
Şekil 2.5: Yüksek ve alçak basınç alanlarında türbülans ve girdap akımları.....	16
Şekil 2.6: Venturi tüpünde bernoulli etkisi.....	16
Şekil 2.7: Çatı açıklıklarından bernoulli prensibiyle gerçekleşen doğal havalandırma.....	16
Şekil 2.8: Rüzgâr etkisi altındaki farklı bina geometrileri.....	17
Şekil 2.9: Yapı yüzeyine geliş açısıyla elde edilen doğal havalandırma verimi.....	17
Şekil 2.10: Cephe açıklıklarının konumlarının doğal havalandırma üzerindeki etkisi.....	18
Şekil 2.11: İç mekândaki havalandırma etkinliği.....	18
Şekil 3.1: Yaşamkent mahallesi ve ofis konumu.....	20
Şekil 3.2: Ofis yakın çevresi.....	20
Şekil 3.3: Ofis fotoğrafları.....	21
Şekil 3.4: Ofis zemin kat planı.....	21
Şekil 3.5: Açık ofis.....	22
Şekil 3.6: Ofis bodrum kat planı.....	22
Şekil 3.7: Ofis bodrum kat açık ofisi.....	23
Şekil 3.8: Ofis kesiti.....	23
Şekil 3.9: Ofis görünüşleri.....	24
Şekil 3.10: Kronik rahatsızlık oranları.....	25
Şekil 3.11: Ofis çalışanlarının oturma düzeni.....	26
Şekil 3.12: Kullanıcıların iç ortam hava kalitesi hakkındaki görüşleri.....	26
Şekil 3.13: Kullanıcıların iç ortam hava hareketleri hakkındaki görüşleri.....	26
Şekil 3.14: Kullanıcıların iç ortam hava kalitesinden memnuniyet durumları.....	27

<b>Şekil 3.15:</b> Kullanıcı kontrol talebi.....	27
<b>Şekil 3.16:</b> Mimarlık ofisi planı ve ölçüm aletlerinin yeri.....	28
<b>Şekil 4.1:</b> Ofisin hâkim rüzgar yönü.....	38
<b>Şekil 4.2:</b> 22.12.2021 iklim verileri.....	39
<b>Şekil 4.3:</b> 29.08.2021 iklim verileri.....	39
<b>Şekil 4.4:</b> Zemin kat planındaki pencereler ve kapılar... ..	39
<b>Şekil 4.5:</b> Çatı planındaki pencereler.....	40
<b>Şekil 4.6:</b> Kış mevsiminde mevcut durum hava hareketi simülasyonlarında çatı pencerelerinin %100 ve %10 açık olması senaryosunda kullanılan modeller .....	40
<b>Şekil 4.7:</b> Yaz mevsiminde mevcut durum hava hareketi simülasyonlarında kullanılan model.....	41
<b>Şekil 4.8:</b> Simülasyon akış şeması.....	42
<b>Şekil 4.9:</b> Hava hareketi simülasyonlarında kullanılan değerler .....	43
<b>Şekil 4.10:</b> Termal konfor simülasyonlarında kullanılan değerler .....	44
<b>Şekil 4.11:</b> ORW10_RRW10_IDO verileri.....	45
<b>Şekil 4.12:</b> ORW100_RRW100_IDO verileri.....	46
<b>Şekil 4.13:</b> ORW100_RRW100_RW100_IDO verileri... ..	47
<b>Şekil 4.14:</b> RRW100_OW100_IDC verileri.....	48
<b>Şekil 4.15:</b> RRW10_OW50_IDC verileri.....	49
<b>Şekil 4.16:</b> RRW100_OW100_RW100_IDC verileri.... ..	49
<b>Şekil 4.17:</b> RRW50_OW50_RW50_IDC verileri .....	50
<b>Şekil 4.18:</b> RRW100_OW100_IDC verileri.....	50
<b>Şekil 4.19:</b> RRW100_OW100_RW100_IDC verileri .....	51
<b>Şekil 4.20:</b> Hava hareketi.....	53
<b>Şekil 4.21:</b> Sıcaklık.....	53
<b>Şekil 4.22:</b> PMV .....	53
<b>Şekil 4.23:</b> Hava Hareketi.....	54
<b>Şekil 4.24:</b> Sıcaklık.....	54
<b>Şekil 4.25:</b> PMV .....	54
<b>Şekil 4.26:</b> Hava Hareketi.....	55
<b>Şekil 4.27:</b> Sıcaklık.....	55
<b>Şekil 4.28:</b> PMV .....	56
<b>Şekil 4.29:</b> Hava Hareketi.....	56

<b>Şekil 4.30:</b> Sıcaklık .....	57
<b>Şekil 4.31:</b> PMV .....	57
<b>Şekil 4.32:</b> Mevcut durumdaki doğrama .....	58
<b>Şekil 4.33:</b> Boyutu artırılmış doğrama.....	58
<b>Şekil 4.34:</b> Doğrama açıklıkları.....	59
<b>Şekil 4.35:</b> ORW100_RRW100_0WS100_IDO verileri.....	59
<b>Şekil 4.36:</b> ORW10_RRW10_0WS50_IDO verileri.....	60
<b>Şekil 4.37:</b> Yerden yüksekliği yenilenen açık ofis pencereleri.....	60
<b>Şekil 4.38:</b> ORW10_RRW10_0WP50_IDO verileri.....	61
<b>Şekil 4.39:</b> ORW100_RRW100_0WP100_IDO verileri.....	61
<b>Şekil 4.40:</b> Cephe Elemanı Rüzgâr Kepçeleri .....	62
<b>Şekil 4.41:</b> Cephe Elemanı Rüzgâr Kepçesi Detayı .....	63
<b>Şekil 4.42:</b> ORW100_RRW100_0WS100_IDO_WC verileri .....	64
<b>Şekil 4.43:</b> ORW10_RRW10_0WS50_IDO_WC verileri .....	64
<b>Şekil 4.44:</b> ORW10_RRW10_0WP50_IDO_WC verileri.....	65
<b>Şekil 4.45:</b> ORW100_RRW100_0WP100_IDO_WC verileri .....	66
<b>Şekil 4.46:</b> ORW100_RRW100_0WS100_IDO verileri.....	66
<b>Şekil 4.47:</b> ORW100_RRW100_0WP100_IDO verileri.....	67
<b>Şekil 4.48:</b> ORW100_RRW100_0WS100_IDO_WC verileri. ....	67
<b>Şekil 4.49:</b> ORW100_RRW100_0WP100_IDO_WC veriler.....	68

## SİMGELER / KISALTMALAR LİSTESİ

### Simgeler

cm	: Santimetre
°C	: Derece santigrat
m/s	: Metre/saniye
m <sup>2</sup>	: Metrekare
m <sup>3</sup> /s	: Metreküp/saniye
Pa	: Paskal
W	: Watt
W/mK	: Watt/Metre.Kelvin

### Kısaltmalar

ASHRAE	: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
CIBSE	: Chartered Institution of Building Services Engineers
DSÖ	: Dünya Sağlık Örgütü
ECAP	: Çevre ve Mühendislik Kontrol Uzmanı Danışma Paneli
EPA	: Environmental Protection Agency
PMV	: Predicted Mean Vote
REHVA	: The Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning
WHO	: World Health Organization

## BÖLÜM I

### 1. GİRİŞ

Giderek artan enerji ve doğal kaynak tüketimi, dünyayı çevresel, ekonomik ve sosyal açıdan küresel ölçekte etkilemektedir. Bu durumda dünyadaki enerji ve doğal kaynak tüketiminin büyük bir bölümünü oluşturan binalar için çevre dostu stratejiler belirlenmelidir. Binalar, aynı zamanda insanoğlunun hayatının sağlıklı ve konforlu bir düzeyde devam ettirebilmesini sağlamalıdır. Günümüzde birçok araştırma, hem insan sağlığı ve konforunu ele alırken hem de çevreye verilen zararı minimuma indirmeye yönelmiştir.

İnsanoğlu hayatının büyük bir bölümünü bina içerisinde geçmektedir. Bu durum, iç ortamdaki hava kalitesini sağlanmasının en önemli nedenidir. Havayı oluşturan madde karışım oranları büyük önem teşkil etmektedir. Ancak, iç ortam hava kalitesini değerlendirirken havayı oluşturan madde karışımlarının yanı sıra iç ortamdaki taze ve kirli hava oranları, havanın nemi, sıcaklığı ve ortamdaki hava hareket hızı hava niteliğini oluşturan etmenlerdendir. Havayı oluşturan maddelerin karışım oranlarındaki normalin üzerindeki değerler, insan sağlığına zarar vermektedir. Havada bu yöndeki olumsuz değerler hava kirliliği olarak tanımlanmaktadır (Darçın 2008:15).

İnsanların yaşamlarını konforlu bir şekilde devam ettirebilmeleri için kapalı mekânlar, kullanıcı konforu ve insan sağlığı açısından istenen koşulları sağlamalıdır. Kişisel ve çevresel parametreler kapalı mekanlarda kullanıcı konfor ve sağlığını belirleyen önemli ölçütlerdir. Ortam sıcaklığı, bağıl nem, hava hızı ve ortalama ışınım sıcaklığı çevresel parametreler olarak adlandırılırken, kişisel parametreler ise kişinin metabolik aktivite düzeyi ve giyinme durumundan oluşmaktadır. İç ortam hava kalitesinin az olduğu kapalı mekânlar insanda çeşitli sağlık sorunlarına sebep olmaktadır. 31 Aralık 2019'da Dünya Sağlık Örgütü'nün (DSÖ) Çin'deki yetkili ofisi, nedeni bilinmeyen vakalar hakkında bilgilendirme yapmıştır. DSÖ, bu yeni koronavirüs hastalığını Koronavirüs hastalığı-2019 (COVID-19) olarak tanımlamıştır. Küresel çapta vaka

sayılarının hızla artması nedeniyle salgın 11 Mart 2020’de DSÖ tarafından pandemi olarak açıklanmıştır (WHO 2020). Koronavirüs, öncelikli olarak insan solunum sistemini hedefleyen patojenlerden biridir (Rothan ve Byrareddy 2020:1). COVID-19’un hava yoluyla bulaşmasından kaynaklı olarak kapalı mekânlarda insan sağlığı için uygun koşulları sağlayan iç ortam değerleri tekrar ele alınmıştır. Kapalı mekânlarda yeterli temiz hava alımı için havalandırma sistemleri üzerine güncel çalışmalar söz konusudur.

Pasif enerji sistemlerinde biri olan doğal havalandırma ile, mekanik sistemlere ihtiyaç duyulmadan iç mekân hava kalitesini artırmak mümkündür. Günümüzde, fosil enerji kaynak tüketimine olan eğilimi ve karbon salınımının doğaya verdiği zararları azaltmak sebebiyle binalarda pasif enerji sistemlerini kullanmak hedeflenmektedir. Doğal havalandırma sayesinde hem iç mekânda temiz hava girişi ve kirli hava çıkışı sağlandığı için iç mekândaki hava kalitesi korunmuş olurken hem de herhangi bir mekanik sistem kullanılmadığı için enerji verimliliği sağlanarak binaların çevreye vermiş oldukları zarar azalmış olur.

Bu çalışmanın amacı, iç ortam hava kalitesi, kapalı mekânlarda kullanıcı konforu ve insan sağlığı, COVID-19 ve doğal havalandırma kavramları üzerine yapılan literatür çalışmalarını ve alan çalışmalarını birlikte değerlendirerek doğal havalandırmaya yönelik mevcut ve tasarımsal stratejiler ortaya koymaktır.

Bu çalışmada öncelikle iç ortam hava kalitesi, kapalı mekânlarda kullanıcı konforu ve insan sağlığı ve doğal havalandırma üzerine literatür taraması yapılmıştır. Söz konusu araştırmalarda, iç ortam hava kalitesi, iç ortam hava kirliliği kaynakları, iç hava kalitesini etkileyen kirletici türleri, iç hava kalitesinin iyileştirilmesi alt başlıklarıyla ele alınmıştır. Kapalı mekânlarda kullanıcı konforu ve insan sağlığı, kişisel ve çevresel parametreler ile incelenmiş olup, COVID-19 bağlamında iç ortam hava kalitesi ve doğal havalandırma ile ele alınmıştır. Doğal havalandırma başlığında ise doğal havalandırmanın amacı ve temel ilkeleri, doğal havalandırma sistemlerine etki eden faktörler, yapı kabuğunun doğal havalandırma üzerindeki etkileri alt başlıklarıyla literatür taraması tamamlanmıştır.

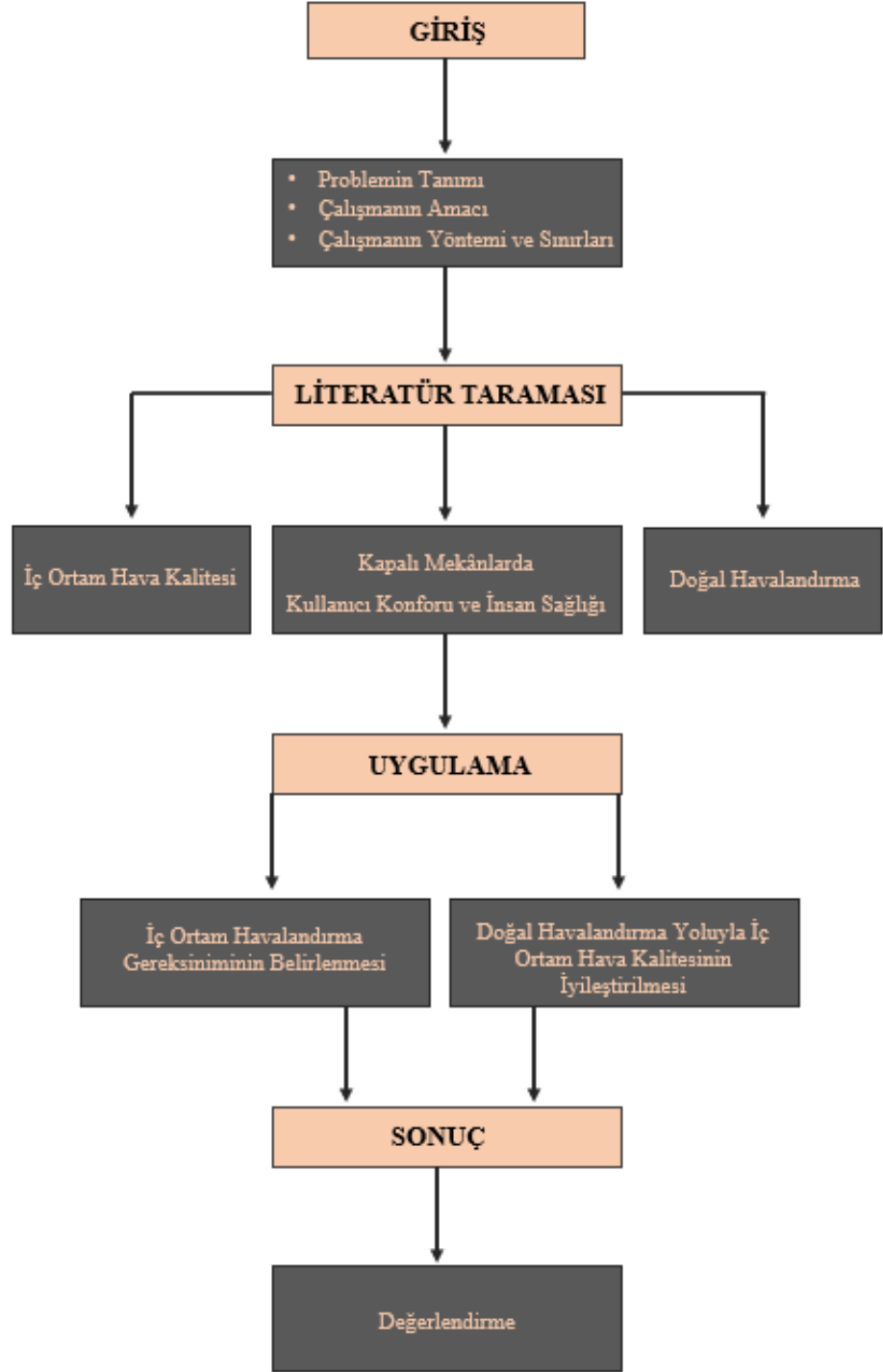
Üçüncü bölümde ise, doğal havalandırmanın iç ortamda kullanıcıların üzerindeki etkilerinin belirlenmesi için Ankara’da bir ofis binası üzerinde nitel ve nicel araştırmalar yapılarak; nitel olarak kullanıcılarla analizler ve nicel olarak da iç ortam hava kalitesinin ölçümlerle tespitleri yapılmıştır.

Dördüncü bölümde, yapılan literatür taraması, kullanıcı analizleri ve iç ortam hava kalitesi ölçümleri ışığında ofis binasının bilgisayar ortamında modellenerek simülasyonlarla mevcut durumdaki doğal havalandırma ve termal konfor potansiyeli ortaya koymak için simülasyonlar yapılmıştır. Bu çalışmaların sonucunda, doğal havalandırma yolu ile iç ortam hava kalitesi iyileştirmeye yönelik tasarımsal stratejiler ortaya koyulmuştur.

Sonuç bölümünde ise, elde edilen veriler ile genel bir değerlendirme yapılarak kapalı mekanlarda doğal havalandırmaya yönelik stratejiler değerlendirilmiştir.







Şekil 1.1: Tez Akış Şeması.

## BÖLÜM II

### 2. LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölüm iç ortam hava kalitesi, kapalı mekânlarda kullanıcı konforu ve insan sağlığı ve doğal havalandırma üzerine literatür araştırmalarından oluşmaktadır.

#### 2.1 İÇ ORTAM HAVA KALİTESİ

İç ortam hava kalitesi, mimari, yapısal ve çevresel tasarım geliştirmenin kavramsal sistem ilkesidir (Senitkova 2016:2). İnsanlar gün içinde zamanlarının büyük bir bölümünü kapalı mekânlarda geçirmektedirler. Bu sebeple, insan sağlığı açısından iç ortam hava kalitesi tehlikeli olmaya başladığı zaman katastrofik sonuçlar ortaya çıkmaktadır (Karaman 2013:6).

Amerikan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Derneği (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) tarafından 2022 yılında yayınlanan ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2022'ye göre; “Kabul edilebilir seviyedeki iç ortam hava kalitesi; hava içinde, bilinen kirleticilerin, zararlı konsantrasyon seviyelerini aşmadığı ve bu hava içinde bulunan insanların en az %80'ninin, iç ortam hava kalitesiyle ilgili herhangi bir memnuniyetsizlik belirtmemesidir”. Bu tanıma göre iç ortam hava kalitesinin makul bir seviyede kalabilmesi için havayı oluşturan bileşenler bir bütün olarak sağlıklı çevre bağlamında ele alınmalıdır.

İç hava kalitesi ile bağlantılı olarak görülen sağlık problemleri, Kapalı Bina Sendromu (Tight Building Syndrom-TBS), Hasta Bina Sendromu (Sick Building Syndrom-SBS ) ve Bina Bağlantılı Hastalıklar (Building Related illness-BRI) olmak üzere çeşitli terimlerle tıp literatüründe karşımıza çıkmaktadır. Bu sağlık problemleri farklı fonksiyonları içeren kapalı mekânlarda insan hayatı için tehlike arz etmektedir. Baş ağrısı, halsizlik, yorgunluk, alerjik reaksiyonlar, burun, göz ve boğazda kızarıklık, kaşıntı veya akıntı olması, kas ve eklem ağrıları, stres, astım gibi solunum yolu hastalıkları, kalp hastalıkları ve kanser gibi hastalıklar çıkmaktadır (Hoşten ve Yalbay 2018:4).

İç ortam hava kalitesi, insan sağlığına uygun bir ortam sağlayabilmesi için 3 temel koşul sağlamalıdır: termal konfor, normal solunum gazı konsantrasyonlarının korunması, kirleticilerin sağlık veya koku rahatsızlığı eşiklerinin altındaki seviyelere seyreltilmesi veya uzaklaştırılması. Yetersiz havalandırma, iç mekân kirletici konsantrasyon seviyelerini artırmaktadır (Tatlı 2011:2).

### **2.1.1 İç Ortam Hava Kirliliği Kaynakları**

İç ortam hava kirliliğine sebep olan maddelerin havadaki konsantrasyon seviyeleriyle birlikte kimyasal, biyolojik ve fiziksel özellikleri de dikkate alınmalıdır. İç ortamda bulunan kullanıcıların sayısı, kapalı ortamda bulunma süreleri ve sağlık geçmişleriyle ilişkili olarak kullanıcıları farklı düzeylerde etkilemektedir. İç ortam hava kirliliği kaynaklarını aşağıdaki 5 ana başlık altında toplamak mümkündür (Hoşten ve Yalbay 2018:5).

- Binanın yeri: Dış ortamdaki hava kalitesi, iç ortam hava kalitesini etkilemektedir. Özellikle doğal havalandırma kullanılan yapılarda dışardan içeriye giren hava herhangi bir filtreden geçmeden yapıya alındığı için iç ortam hava kalitesini direkt etkilemektedir.

- Bina malzemeleri, bina yapısı ve bina eklentileri: Bina malzemeleri içeriklerinden kaynaklı olarak iç ortamdaki havayı sahip oldukları kimyasal karışımlar sebebiyle kirletebilmektedirler. Buradaki en önemli nokta binadaki çatı, pencere, kapı, yalıtım, döşeme gibi bölümlerinde kullanılan malzemelerin bakım ve onarımlarının düzenli bir şekilde yapılmasıdır.

- Bina mobilyaları: Binalardaki mobilyalar sahip oldukları kimyasal bileşenlerden ötürü bakımlarının düzenli olarak yapılmaması ve temizlenmemesi gibi durumlardan kaynaklı olarak havayı olumsuz yönde etkilemektedir.

-Binada kullanılan kimyasallar: Bina içinde temizlik amacıyla kullanılan kimyasallar iç ortam hava kalitesine etki etmektedir.

-Kullanıcı alışkanlıkları: Kullanıcıların kullandıkları parfüm gibi kişisel bakım ürünleri, bina içi havalandırma alışkanlıkları, fiziksel aktiviteleri hava kalitesine etki eden bir diğer önemli etmenlerdendir (Bulut 2012:63).

### **2.1.2 İç Hava Kalitesini Etkileyen Kirletici Türleri**

İç hava kalitesini etkileyen kirleticiler 3 ana başlık altında toplanabilir: kimyasal kirleticiler, biyolojik kirleticiler, parçacık ve lifler.

### 2.1.2.1 Kimyasal Kirleticiler

Bu bölümde, iç ortam hava kalitesini etkileyen uçucu organik bileşenler, formaldehit, radon, azot dioksit, karbondioksit, karbon monoksit, ozon, pestisitler, kükürt dioksit ve sigara dumanı kimyasal kirleticileri ele alınacaktır.

-Uçucu organik bileşenler, belirli katı veya sıvılardan gaz olarak yayılmaktadır. Bunların bazıları kısa veya uzun vadeli olarak insan sağlığına olumsuz etki eden çeşitli kimyasallar içermektedir. Birçok uçucu organik bileşik konsantrasyonları, iç mekânlarda dış mekânlara göre sürekli olarak daha yüksektir. Tablo 2.1’de uçucu organik bileşikler için örnekler ve yapı içi kaynakları verilmiştir.

**Tablo 2.1:** Uçucu organik bileşik örnekleri ve yapı içi kaynakları (Darçın 2008:24).

<b>Uçucu Organik Bileşikler</b>	<b>Yapı İçi Kaynakları</b>
<b>Asetaldehit</b>	Döşeme kaplamaları (halı, vinil, ahşap), havalandırma sistemleri ve bileşenleri, ofis aygıtları, ahşap ürünler.
<b>Benzen</b>	Mobilyalar (sentetik kumaşlar), boyalar, çözücüler, vernik, cila, ahşap ürünler, sigara dumanı.
<b>Budatin</b>	Halı, sigara dumanı.
<b>Etılbenzen</b>	Döşeme (halı, vinil, ahşap), duvar ve tavan kaplamaları (alçı levha, sıva, duvar kâğıdı), yalıtım ürünleri (lifli ürünler v köpükler), boyalar, yapıştırıcılar, çözücüler, vernik, cila, ofis aygıtları.
<b>Etılölüen</b>	Boyalar, yapıştırıcılar, çözücüler, vernik, cila.
<b>Hekzan</b>	Döşeme kaplamaları (halı, vinil, ahşap), mobilyalar (sentetik kumaş), boyalar, çözücüler, vernik, cila, ahşap ürünler.
<b>Karbon tetraklorür</b>	Böcek zehirleri.
<b>Kloroform</b>	Mobilyalar (sentetik kumaşlar), böcek zehirleri.
<b>Ksilenler</b>	Döşeme kaplaması (halı, vinil, ahşap) duvar ve tavan kaplamaları (alçı levha, sıva, duvar kâğıdı), mobilyalar (sentetik kumaşlar), boyalar, yapıştırıcılar, çözücüler, vernik, cila.
<b>Metilen klorür</b>	Mobilyalar (sentetik kumaşlar), boyalar, çözücüler, vernik, cila.
<b>Metil kloroform</b>	Konut temizlik ürünleri.
<b>Naftalin</b>	Böcek zehirleri.
<b>Paradikloro benzen</b>	Böcek zehirleri, döşeme kaplamaları (halı, vinil, ahşap).

**Tablo 2.1'in devamı.**

<b>Stiren</b>	Yalıtım ürünleri (lifli ürünler ve köpükler), döşeme kaplamaları (halı, vinil, ahşap), boyalar, çözücüler, vernik, cila, ahşap ürünler, ofis donanımları.
<b>Tetrakloro etilen</b>	Macunlar.
<b>Tolüen</b>	Macunlar, döşeme kaplamaları (halı, vinil, ahşap), duvar ve tavan kaplamaları (alçı levha, sıva, duvar kâğıdı), mobilyalar (sentetik kumaşlar), boyalar, yapıştırıcılar, çözücüler, vernik, cila, ahşap ürünler.
<b>Tri-kloroetilen</b>	Mobilyalar (sentetik kumaşlar).
<b>Tri-metilbenzen</b>	Boyalar, yapıştırıcılar, çözücüler, vernik, cila.

- Formaldehit, oda sıcaklığında renksiz, yanıcı bir gazdır ve güçlü bir kokuya sahiptir. Formaldehite maruz kalmak olumsuz sağlık etkilerine neden olabilir. Formaldehit, kompozit ahşap ürünlerin üretiminde kullanılan reçineler, yalıtım malzemeleri, yapıştırıcılar, boyalar ve kaplamalar, cilalar ve kaplamalar ve kâğıt ürünleri gibi ev ürünleri, bazı ilaçlarda, kozmetiklerde ve bulaşık yıkama sınırları ve yumuşatıcılar gibi diğer tüketici ürünlerinde kullanılan koruyucular, gübreler ve pestisitler, gaz sobaları veya gazyağı ısıtıcıları gibi havalandırılmamış, yakıt yakan cihazlardan kaynaklanan emisyonlar ve sigara dumanında bulunur. Formaldehit cilt, göz, burun ve boğazda tahrişe neden olabilir. Yüksek düzeyde maruz kalma durumunda bazı kanser türlerine neden olabilir (EPA 2021).

- Radon gazı, atmosferdeki oranının büyük bir kısmını yer altında bulunan kayalar ve oluşturmaktadır (Günay, Aközcan & Kulalı 2018:92). Çalışma alanlarında, yüksek oranda radon bulunmasına bağlı olarak akciğer kanseri riskinin olduğu yönünde birçok çalışma vardır (Vaupotic 2002:368). Yapı malzemelerinin büyük bir kısmını oluşturan kalay ve bakır yüksek oranda radon içermektedir. (Akdağ 2002:14).

-Karbon dioksit, oksijenin kullanılması ve bazı karbon içeren malzemelerin yanması sonucunda oluşmaktadır (EPA 2021). İç ortamda hava içindeki karbon dioksitin artma sebebi insanların solunum yapmak için oksijen kullanması ve karbon dioksit üretmesidir. İnsanların gün içinde yapmış oldukları iş ve fiziksel hareketliliğine göre ürettikleri karbon dioksit miktarı değişmektedir. İç ortamda karbon dioksit oranı arttıkça baş dönmesi, baş ağrısı, mide bulantısı gibi sağlık sorunları ortaya çıkmaktadır (Alptekin 2007:16).

- Azot dioksit, atmosferdeki azot monoksit gazının oksijen ile reaksiyona girmesi sonucu oluşur. Endüstriyel işlemler sonucu ortaya çıkan gazlarda, araçların oluşturduğu egzoz, fosil yakıt çeşitleri, sigara dumanı, gaz sobaları ve kerosen ısıtıcılar başlıca azot dioksit kaynaklarını oluşturmaktadır (Alptekin 2007:18).

- Kükürt dioksit ve kükürt atmosferde normal şartlarda bulunmayan gazlardır. Endüstriyel alanlardaki kükürt içeren yakıtların kullanılması sonucunda atmosfere kükürt dioksit verilmektedir. Kükürt gazının havadaki oranı, havadaki hareket hızı, nem oranı, yakılan yakıtın türü ve miktarına bağlıdır. Bu konsantrasyonunun artması insan sağlığına zarar verecek birtakım rahatsızlıklara sebep olmaktadır. Bu rahatsızlıklar daha çok kalpte ve akciğerdeki hastalıklara sebep olmaktadır (Alptekin 2007:18,19).

### **2.1.2.2 Biyolojik Kirleticiler**

İç hava kalitesini bozan en önemli biyolojik kirleticiler: bakteriler, virüsler ve polenlerdir. Biyolojik kirleticiler, kendiliğinden üreyerek hava yoluyla bulaşmaktadırlar. Bu kirleticiler oldukça yaygındırlar ayrıca tehlikeli ve anlaşılması zor kirleticiler olmakla birlikte yüksek nem ve sıcaklıklarda ortaya çıkarlar (Alptekin 2007:20).

### **2.1.2.3 Parçacık ve Lifler**

Lifler, kurşun, toz ve partiküller iç hava kalitesini bozan parçacık ve lifler sınıfına girerler. Bu parçacık ve lifler doğrudan akciğere nüfuz ederek insan sağlığı için büyük bir tehlike oluşturmaktadır.

### **2.1.3 İç Ortam Hava Kalitesinin İyileştirilmesi**

İç ortam hava kalitesini belirlenmesindeki unsurlar birbirleriyle bağlantılı olmakla birlikte yapı içi hava kirliliğine neden olan kirleticilerin oranlarını da etkilemektedir (Darçın 2008:37).

İç hava kalitesinin iyileştirilmesi için:

-Ortam sıcaklığı değeri kullanıcı konfor sınırları içerisinde olmalıdır,

-İç mekân malzemelerinin yüzey sıcaklığının hava sıcaklığına yakın olmasını sağlayacak yönde malzeme seçiminin yapılmalıdır,

-Bağıl nem oranı kullanıcı konforunu koruyacak yönde olmalıdır. Bağıl nem oranı ortamdaki yapı malzemelerinin kimyasal bileşenlerini bozarak yüzeylerde küf oluşumuna sebep olabilmektedir. Bu yüzden de mikroorganizmaların çoğalmasını ve küflenmenin engellenebilmesi için bağıl nem uygun değer aralığında olması sağlanmalıdır (Akman 2005:89-92),

-İç mekândaki hava hareket hızı kullanıcıyı rahatsız edecek seviyede olmamakla birlikte aynı zamanda iç mekâna taze hava alınmasını da sağlayacak yönde olmalıdır (Darçın 2008:37),

-İç ortamdaki kullanıcı sağlığını olumsuz bir şekilde etkileyecek manyetik ve elektriksel alan oluşumu önlenmelidir (Darçın 2008:37),

-Şehir planlaması yapılırken bölgenin iklim değerleri, arazi kotları, hâkim rüzgâr yönü öncelikle ele alınmakla birlikte farklı şehir fonksiyonlarının yerleşimleri de düşünülmelidir (Darçın 2008:37),

-Arazi yapısında radon ve asbest bulunuyorsa, o arazilere yapı yapılması yasaklanmalıdır (Balanlı ve Taygun, 2005; Balanlı, Vural & Tangun 2004).

-Yapı ürünlerinin seçiminde kirletici maddeler bulunan ve kirletici salınımı yapan ürünler tercih edilmemelidir (Balanlı ve Taygun, 2005; Balanlı, Vural & Tangun 2004).

-İç ortam hava karışımlarının kullanıcı sağlığını olumsuz yönde etkilememesi sağlanmalıdır (Darçın 2008:38).

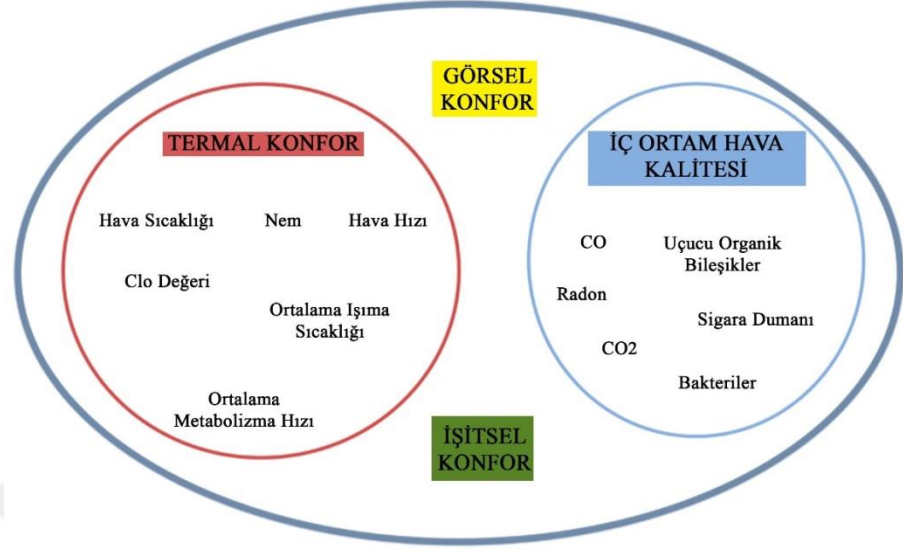
## **2.2 Kapalı Mekânlarda Kullanıcı Konforu ve İnsan Sağlığı**

Yapıların asıl amacı, insanları dış çevreye göre daha konforlu ve güvende olabilecekleri bir ortam sağlamaktır (Sezer 2016:12). Kişisel ve çevresel parametreler kapalı mekânlarda kullanıcı konfor ve sağlığını belirleyen ölçütlerdir (Çağlar 2020:65). Bu bölüm, kapalı mekânlarda kullanıcı konfor ve sağlığını etkileyen çevresel ve kişisel parametreler ile COVID-19'un hava yoluyla bulaşmasından kaynaklı olarak kapalı mekânlarda insan sağlığı için uygun koşulları sağlayan iç ortam değerleri ile havalandırma stratejilerine yönelik araştırmalar içermektedir.

### **2.2.1 Kapalı Mekânlarda Çevresel ve Kişisel Parametreler**

Yapılarda kullanıcıların sağlıklı ve üretken bir şekilde varlıklarını sürdürebilmeleri için kapalı mekânlarda çevresel ve kişisel parametreler uygun değer

aralığında olmalıdır. Şekil 2.2’de çevresel parametreler; ısısal, görsel, işitsel ve iç hava kalitesi olarak verilmiştir.



Şekil 2.1: Kapalı Mekânlarda Çevresel ve Kişisel Parametreler (Alkazar 2023).

Aşağıda iç ortam kalitesini etkileyen unsurlar verilmiştir.

-Sıcaklık,

-Nem oranı,

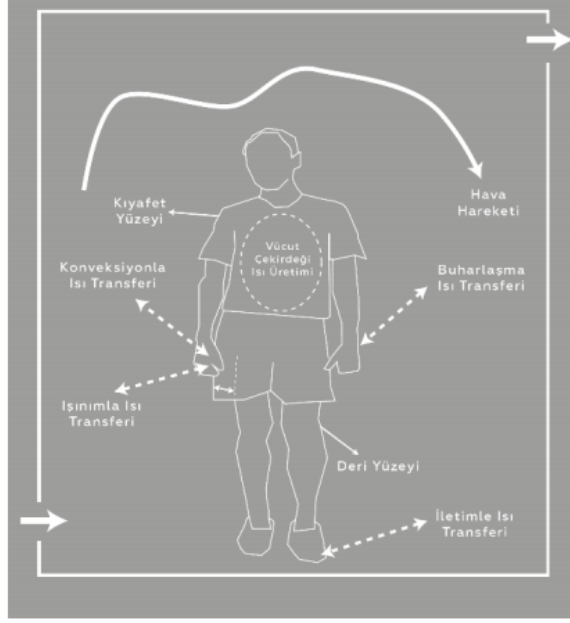
-Hava hareketi,

-Temizlik (Filtreleme),

-Taze hava alımı iç ortam kalitesi sağlama açısından uygun değerler aralığında olmalıdır (Kutlu 2018:71).

Kapalı mekânlarda kullanıcı konfor ve sağlığını belirleyen kişisel parametreler giyim tarzı ve hareket düzeyi olarak verilebilir (Kutlu 2018:71). Kişisel parametreler, kullanıcıdan kullanıcıya değişiklik göstermektedir. Bu sebeple kapalı mekânlarda ortalama değerler temel alınarak kullanıcı için konfor ortamı oluşturulmalıdır.





Şekil 2.2: Kullanıcı Konforu (Alkazar 2023).

### 2.2.2 COVID-19 Bağlamında Kapalı Mekânlarda İç Ortam Hava Kalitesi ve Doğal Havalandırma

COVID-19'un hava yoluyla bulaşmasından kaynaklı olarak kapalı mekânlardaki iç ortam hava kalitesi kavramı tekrar ele alınmıştır. Bunun üzerine 1963 yılında kurulan Avrupa ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme dernekleri federasyonu REHVA, 1959 yılında kurulan Amerikan Isıtma, Soğutma ve klima Mühendisleri Derneği ASHRAE, Londra merkezli uluslararası profesyonel bir mühendislik kuruluşu olan CIBSE ve Dünya Sağlık Örgütü COVID 19 bağlamında sağlıklı çevre oluşturmak adına kapalı mekânlarda havalandırmaya yönelik çalışmalar yayınlamıştır. Bu bölümde, REHVA, ASHRAE ve DSÖ'nün çalışmalarına yer verilmiştir.

Dünya Sağlık Örgütü "COVID-19 bağlamında iç mekân havalandırmasını iyileştirmek ve sağlamak için yol haritası" başlıklı 1 Mart 2021 yılında bir kılavuz yayımlandı. Bu kılavuz, COVID-19 için Çevre ve Mühendislik Kontrol Uzmanı Danışma Paneli (ECAP) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) Sağlık Ağı Teknik Bilimi çalışmalarıyla geliştirilmiştir. Bu çalışma, iç mekânda doğal havalandırma önerilerinde bulunarak, COVID-19'un yayılma riskini azaltmayı amaçlamaktadır. Ayrıca, özellikle sağlık bakım, konut dışı ve konut ortamlarında farklı parametrelerin nasıl değerlendirileceği ve ölçüleceği konusunda tavsiyeler içerir. (WHO 2021).

CIBSE yayınlamış olduğu COVID-19 Havalandırma Kılavuzu'nda, COVID-19'un bulaş yolları anlatılmış olup, risklerin azaltılması adına önerilerde bulunmuştur.

Bu öneriler mekanik ve doğal havalandırma için stratejiler içermektedir. Özellikle kış aylarında iç mekân ısı konfor düzeyini etkilemeden mekânlarda havalandırma önerileri sunmaktadır (CIBSE 2020:5).

REHVA, ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemlerine bağlı olarak COVID 19 bulaşma riskini azaltmak için bir koronavirüs hastalığı salgını sırasında bina servis sistemlerinin geliştirilmesine yönelik önerileri içeren bir çalışma yayınlamıştır. Bu çalışmada, bina hizmetleri ile ilgili önlemler ele alınmaktadır. Çalışma kapsamında yer alan bina fonksiyonları ticari ve kamu olmakla sınırlıdır. Konutlar bu çalışmanın dışındadır. Çalışma, salgın esnasında ya da sonrasında var olan yapılarda insan yoğunluğunun azaltılarak alınabilecek önlemler üzerinde durmuştur (REHVA 2021).

### **2.3 Doğal Havalandırma**

İç ortam hava kalitesini iyileştirmenin en iyi yolu etkili havalandırma stratejileridir. Bina içi havalandırma mekanik sistemlerin kullanımıyla ya da doğal ilkeler doğrultusunda gerçekleştirilmektedir. Kapalı mekânlarda iç ortamdaki hava kalitesini kullanıcı konfor düzeyinde olmasını sağlamaya ve iç mekâna düzenli taze hava alışı sağlarken bunu herhangi bir mekanik sisteme ihtiyaç duyulmadan yapılabilmesine doğal havalandırma denir. Doğal havalandırmayı gerçekleştirmesini sağlayan temel prensip, rüzgâr ve ısı kuvvetleridir. Cephede yer alan açıklıklar ile iç ortamdaki hava kirleticilerinin uzaklaştırılmasıyla gerçekleşir (Yavaş 2019:9). Mekanik havalandırma, iç ortamda havanın yer değiştirmesini fanlarla sağlamaktadır. Bu sebeple mekanik sistemlerde enerji tüketimi, bakım ve onarım gibi maliyeti yüksek problemler söz konusudur. Aynı zamanda kullanıcılarda bir takım sağlık problemlerine de sebep olmaktadır (Uğursal 2003:17).

Doğal havalandırma yöntemleri planlaması yapı tasarım aşamasından itibaren düşünülmelidir. Arazinin konumu, yapının araziye yönelimi, bölgenin iklimi gibi önemli verilerle doğal havalandırma stratejileri oluşturulur. Yapının araziye konumlanma kararları alındıktan sonra, yapı kabuğuna dair stratejiler ele alınmalıdır. Yapı kabuğunda oluşturulacak açıklıklar iç mekâna temiz hava alınması ve kirli havanın dışarı atılmasını sağlayacağı için yapı kabuğu tasarımı büyük önem taşımaktadır. Doğal havalandırma potansiyeline sahip yapılar tasarlanmasıyla

kullanıcı konforu yüksek, enerji tüketimi ve maliyetin düşük olması sağlanabilir (Darçın 2008:53).

### **2.3.1. Doğal Havalandırmanın Amacı**

Binalarda kullanılan mahallerin havalandırılmasının iki temel amacı vardır. Amaçlardan biri, esas olarak taze havanın sağlanmasına ve iç mekân kirlilik konsantrasyonunun giderilmesine veya seyreltilmesine dayanan kabul edilebilir bir iç hava kalitesi sağlamaktır. Diğeri ise ısı taşıma mekanizması sağlayarak ısı konfor sağlamaktır. Sonuç olarak, yapı kullanıcılarına oksijen (O<sub>2</sub>) sağlamak için havalandırma yapılmamaktadır. Bunun nedeni, bir binadaki oksijen konsantrasyonunu, oksijen alma oranımız üzerinde etkileri olan bir seviyeye düşürmenin pek mümkün olmamasıdır. Normal olarak sıradan bir binada insanlar için zararlı olan konsantrasyonlara ulaşmadığımız için, karbondioksiti (CO<sub>2</sub>) kendi başına atmak için de havalandırma yapmıyoruz. Öte yandan karbondioksit konsantrasyonu, insan vücudu tarafından üretilen kirletici maddelere ilişkin bir gösterge olarak kullanılır (Kleiven 2003).

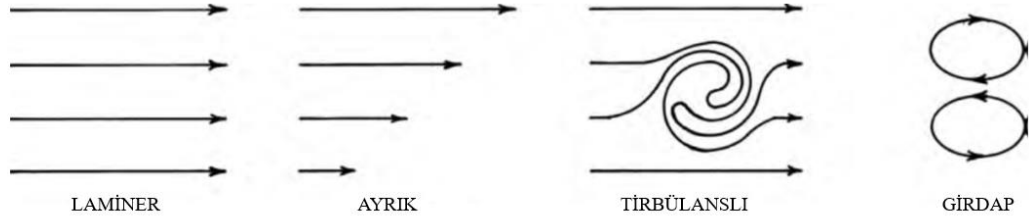
### **2.3.2 Doğal Havalandırmanın Temel İlkeleri**

Doğal havalandırma, atmosferdeki havanın yapı içine hiçbir mekanik sistemden kullanılmadan alınması ve yapı içindeki kirli havanın atmosfere verilmesidir. Doğala havalandırma, hava hareket hızına, yönüne, sıcaklığına, iç mekân ve dış mekân arasındaki sıcaklık farkına, yapı kabuğuna, yapı kabuğundaki açıklıklara bağlı olarak etkisi değişmektedir. Söz konusu olan bu etmenler doğal havalandırmanın atmosferdeki havanın içeri alınması için dış çevre koşullarına ve yapı kabuğuna bağlı olduğunu göstermektedir. Aynı zamanda doğal havalandırma, iç mekâna alınan havanın yapı içindeki izlediği yol ve bu yolda karşısına çıkan engeller tarafından da etkilenmektedir (Çakıroğlu Özteker 2005:13; Sev ve Özgen 2003:95).

### **2.3.3 Doğal Havalandırma Sistemlerinde Etki eden Faktörler**

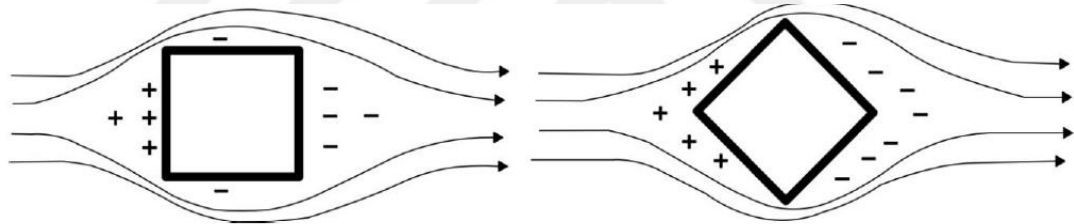
Doğal havalandırma, bir rüzgâr hareketi olup rüzgâr gücü ve ısı kuvvetler sonucunda oluşmaktadır. Hava hareketi, rüzgâr ve sıcaklık farkları sonucu oluşan, farklı basınç değerlerine sahip alanlar oluşturur. Yüksek basınç bölgesinden alçak

basınç bölgesine doğru hava akımını oluşturmaktadır (Habibzadeh 2018:22). Şekil 2.3'te hava hareket türleri verilmiştir.



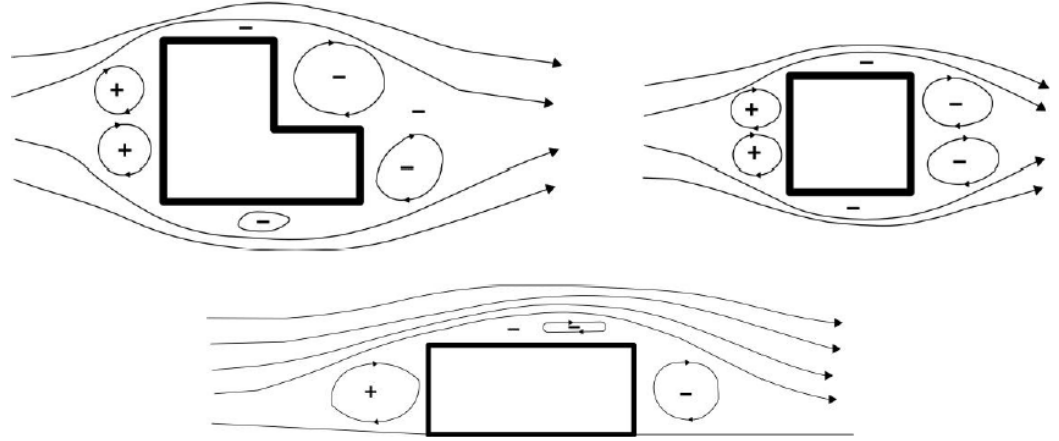
Şekil 2.3: Hava hareket türleri (Lechner 2015:294).

Şekil 2.4'te gösterildiği üzere rüzgâr bir bina ile karşılaştığı zaman, çarptığı yüzeyde pozitif, yan ve arka yüzeylerde ise negatif yönde basınç alanı oluşturmaktadır. Pozitif basıncın olduğu yüzeylerde, rüzgâr yapı içeri girerken, negatif basıncın olduğu yüzeylerde rüzgâr yapı içerisinden çıkmaktadır. Bu durumun sebebi, rüzgârın yüksek basınçtan alçak basınca doğru hareket etmesidir (Yavaş 2019:11).



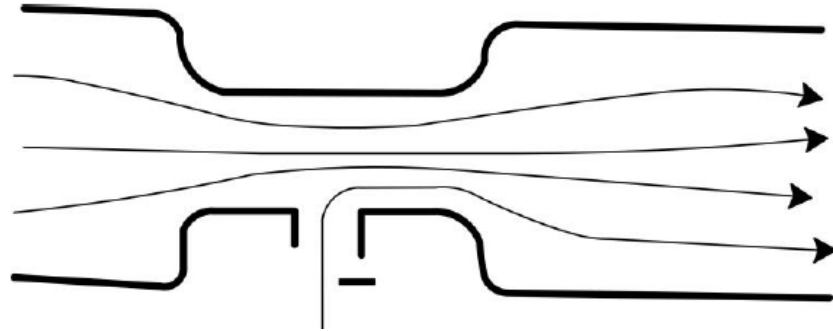
Şekil 2.4: Hava hareketiyle bina çevresinde oluşan basınç bölgeleri (Lechner 2015:294).

Birbiri tarafından itilen ve farklı değerlere sahip olan hava molekülleri girdapları oluşturmaktadır. Yerden gradyanlı bir hız profiliyle etki eden hava akımları binaların rüzgâr üstü bölgesinde yukarıdan aşağıya doğru etek girdaplarını ve bina arkasında saçak girdaplarını oluşturmaktadır (Yavaş 2019:11).



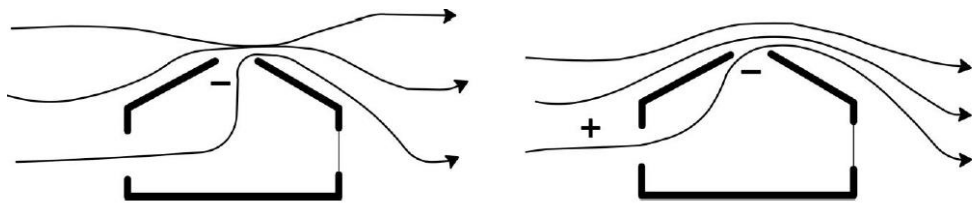
Şekil 2.5: Türbülans ve Girdap akımları (Lechner 2015:294).

“Bernoulli” prensibine göre hava hareketinde basıncın yüksek olduğu alanlarda hava hareketi yavaşlar, basıncın düşük olduğu alanlarda hava hareketi hızlanır (Yavaş 2019:12).



Şekil 2.6: Venturi tüpünde Bernoulli etkisi (Lechner 2015:295).

Şekil 2.7’de çatı açıklıklarında Bernoulli etkisi ile sağlanan doğal havalandırma diyagramları verilmiştir.

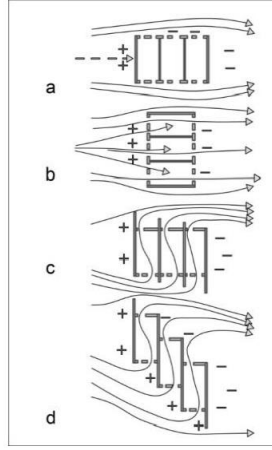


Şekil 2.7: Çatı açıklıklarından Bernoulli prensibiyle gerçekleşen doğal havalandırma (Lechner 2015:295).

Atmosferde meydana gelen rüzgâr ya da hava hareketleri basınç farklılıkları sonucunda oluşur. İklim tipi, yapıların yerleşimlerine ve kat yüksekliklerine bağlı olarak rüzgâr karakteristiği de değişkenlik gösterir.

### 2.3.4. Yapı Kabuğunun Doğal Havalandırma Üzerindeki Etkileri

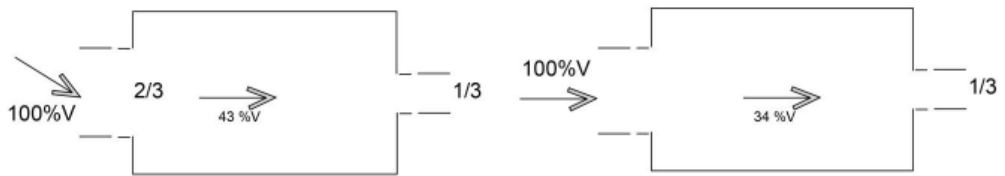
Yapı kabuğunda yer alan açıklıklar sayesinde doğal havalandırma sağlanmaktadır. Yapı içine yeterli miktarda taze hava alınması ile yapı içindeki tüm mahallere temiz hava girerek kirli hava uzaklaştırılır. Bu durum yapı kabuğunda uygun boşlukların sağlanmasıyla gerçekleşmektedir ((Darçın 2008:92).



Şekil 2.8: Rüzgâr etkisi altındaki farklı bina geometrileri (Yavaş 2019:20).

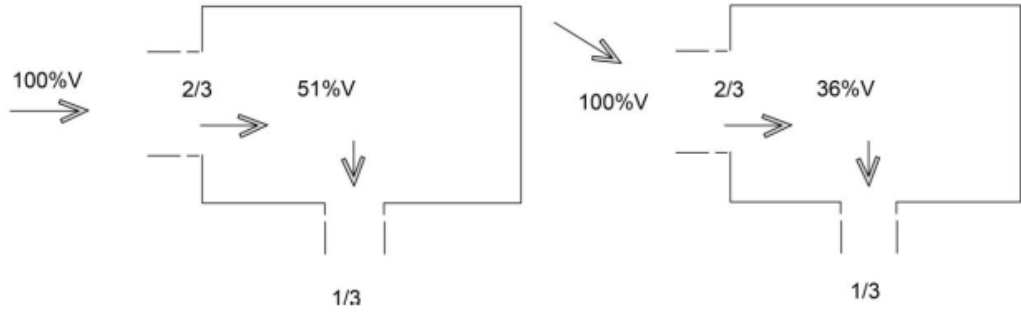
Yapı içine alınan havanın, mekân içerisinde sirkülasyonunu etkileyen 3 etken vardır: rüzgârın geliş yönü, yapı cephesindeki açıklıkların genişliği ve açıklıkların konumudur. Şekil 2.8’de farklı geometrilere sahip yapılarda gelen rüzgârın iç mekânda dağılımı ve akışı gösterilmiştir.

Şekil 2.9’deki planlarda görüldüğü üzere yapı yüzeyine 45 derece açıyla gelen rüzgâr ile dik açıyla gelen rüzgâra göre daha etkili doğal havalandırma sağlanmaktadır (Yavaş, 2019).



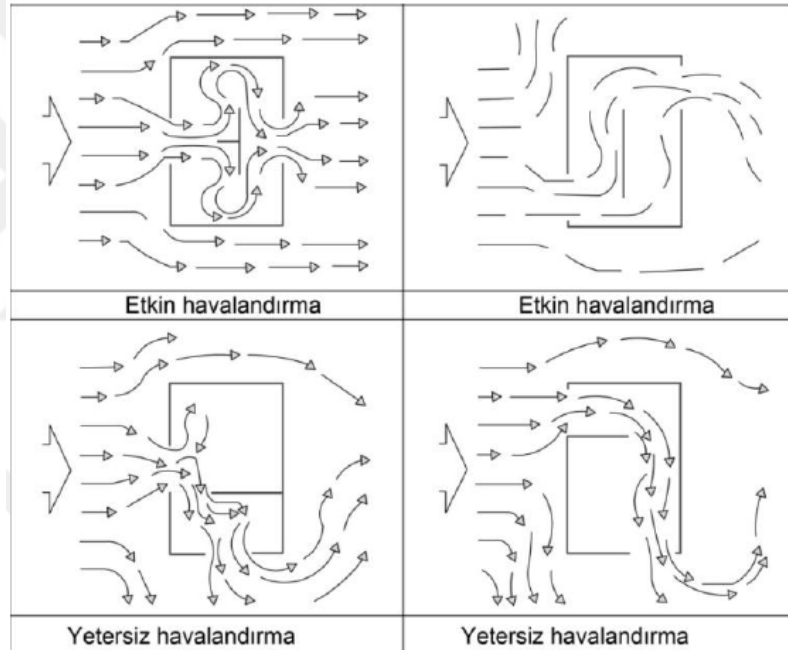
Şekil 2.9: Yapı yüzeyine geliş açısıyla elde edilen doğal havalandırma verimi (Yavaş 2019:21).

Şekil 2.10’deki planlarda rüzgârın içeri girdiği cephenin karşısında değil de komşu duvarda açıklık varsa rüzgârın yönlendirilmesinde dik açıyla gelmesinde doğal havalandırmadan daha fazla verim sağlanmaktadır.



**Şekil 2.10:** Cephe açıklıklarının konumlarının doğal havalandırma üzerindeki etkisi (Yavaş 2019:21).

Yapılarda doğal havalandırma için maksimum verim almak adına en iyi yol hava giriş ve çıkış açıklıklarının her ikisinin de artırılmasıdır.



**Şekil 2.11:** İç mekândaki havalandırma etkinliği (Yavaş 2019:23).

Doğal havalandırmanın verimini artırmak için taze havanın mekâna girdiği yapıdaki cephe açıklıkları, kirli havanın iç ortamdan uzaklaştırıldığı cephedeki açıklıklara göre küçük olmalıdır (Yavaş 2019:23).

## BÖLÜM III

### 3. İÇ ORTAM HAVALANDIRMA GEREKSİNİMİNİN BELİRLENMESİ

İnsanlar zamanlarının büyük bir bölümünü evde, işte, okulda vb. kapalı mekanlarda geçirmektedir. Bu mekanların insanlar için sağlıklı bir çevre oluşturması için iç ortam hava kalitesi büyük önem teşkil etmektedir. Doğal havalandırma, iç ortam hava kalitesinin istenen seviyede tutulabilmesi için yeterli miktarda temiz havanın alınması ve kirli havanın dışarı atılmasını sağlamaktadır. Doğal havalandırmanın iç ortamda kullanıcıların üzerindeki etkilerinin belirlenmesi için nitel ve nicel araştırmalar yapılmalıdır. Tez kapsamında bu bölümde, bir ofiste nitel olarak kullanıcılarla analizler ve nicel olarak da iç ortam hava kalitesinin ölçümlerle tespitleri yapılmıştır.

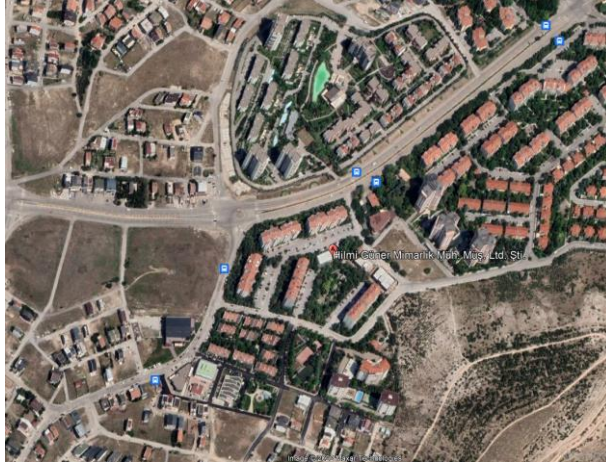
#### 3.1. KULLANICI ANALİZLERİ

Bu bölümde kullanıcı analizleri, 'Ofis Binası' ve 'Kullanıcı Memnuniyeti ve İç Ortam Havalandırma Etkinliği Anketi' olmak üzere iki başlık altında anlatılmaktadır. İlk bölüm kapsamında, anket ve iç ortam hava kalitesi ölçümlerinin yapıldığı Ankara ilindeki ofis binasının konumu ve yapının genel özelliklerini içermektedir. İkinci bölümde ise, iç ortam hava kalitesi bağlamında kullanıcı memnuniyetini ölçmek adına ofis binası çalışanlarına uygulanan anketin soru formu anlatılmaktadır.

##### 3.1.1. Ofis Binası

Alan çalışmaları için kullanılmış olan ofis binası, Hilmi Güner Mimarlık Ofisi'dir. Türkiye Cumhuriyeti'nin başkenti Ankara'nın Çankaya ilçesi Yaşamkent semtinde bulunmaktadır. Bu bölgede ağırlıklı olarak Şekil 3.1'de görüldüğü üzere konut, yeşil alan ve boş araziler bulunmaktadır. Ofis çevresinde bulunan yapılar, çoğunlukla 7 katlıdır.





**Şekil 3.1:** Yaşamkent mahallesi ve ofis konumu.

Şekil 3.2 ve şekil 3.3'te ofis ve yakın çevresinin fotoğrafları ve uydu görüntüsü verilmiştir. Ofisin güney cephesini yeşil alan ve yüksek çam ağaçları ile kaplıdır. Kuzey cephesinde ise yapının giriş cephesi olup, park yerleri ve araç yolu mevcuttur.

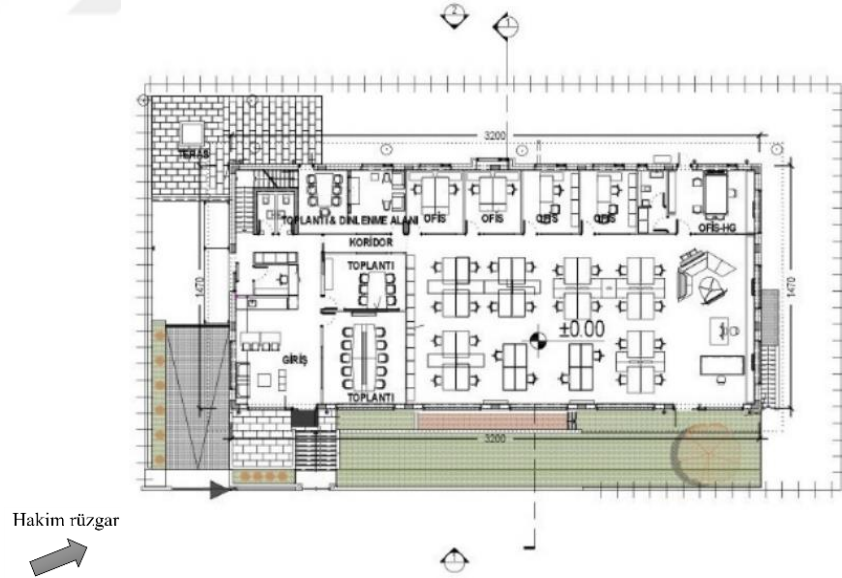


**Şekil 3.2:** Ofis yakın çevresi.



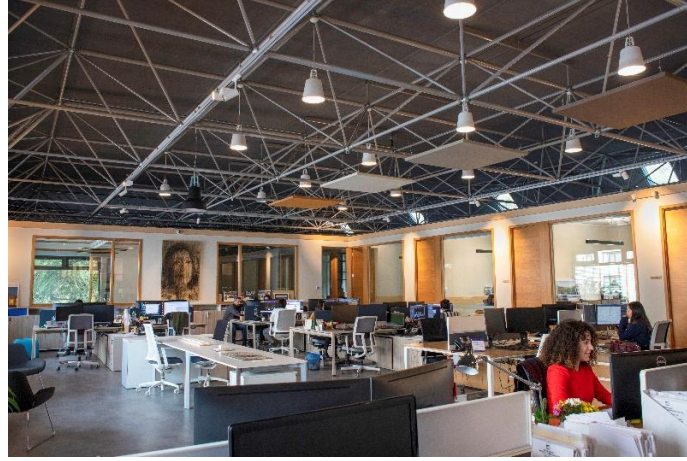
Şekil 3.3: Ofis fotoğrafları.

Ofis, zemin ve bodrum kat olmak üzere 2 kattan oluşmaktadır. Şekil 3.4’te verilen ofisin zemin katı yaklaşık 470 m<sup>2</sup>’lik inşaat alanında olup, açık ofis, tek ve iki kişilik ofis odaları, toplantı salonları ve servis mahallerinden oluşmaktadır. Hâkim rüzgâr yönü kuzeydoğudur.



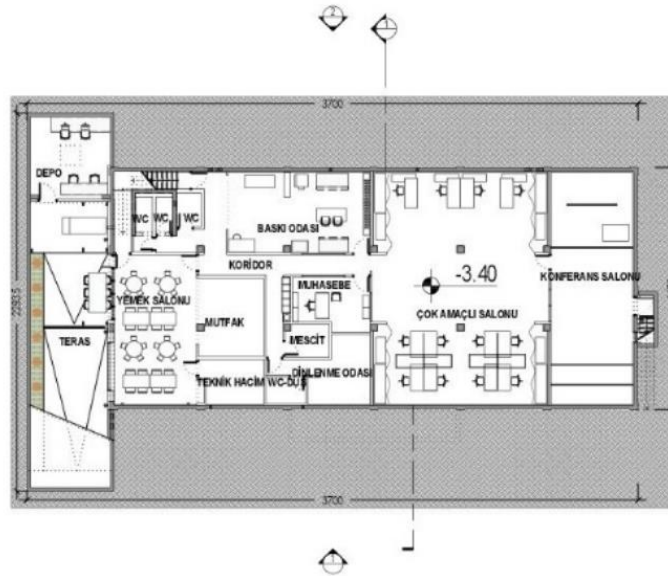
Şekil 3.4: Ofis zemin kat planı.

Şekil 3.5’te zemin katta bulunan açık ofis görseli bulunmaktadır. Açık ofis mahali, 29 kişinin çalışabileceği kapasiteye sahiptir. Ancak COVID-19 salgını sebebiyle açık ofisteki yoğunluğu azaltmak adına açık ofiste 21 kişi çalışmaktadır.



Şekil 3.5: Açık ofis.

Şekil 3.6’da verilen ofis bodrum katında yemekhane, mutfak, dinlenme, baskı alanı, mescit, çok amaçlı salon ve konferans mahalleri bulunmaktadır. Çok amaçlı salon mahali, COVID-19 salgınından kaynaklı açık ofisteki çalışan personelini azaltılmış olup, bu mahal açık ofis olarak kullanılmıştır. Kullanıcı memnuniyeti ve iç ortam havalandırma etkinliği anketi, iç ortam hava kalitesi ölçümleri ve simülasyonlar yapılırken çok amaçlı salon mahali bodrum kat açık ofis olarak kullanılmıştır. Şekil 3.7’de açık ofis olarak kullanılan çok amaçlı salon mahalinin görseli verilmiştir.

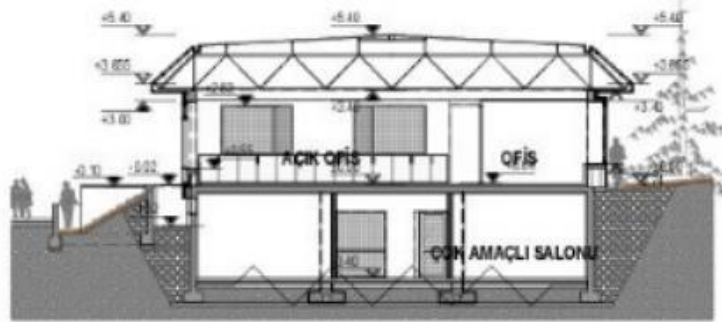


Şekil 3.6: Ofis bodrum kat planı.

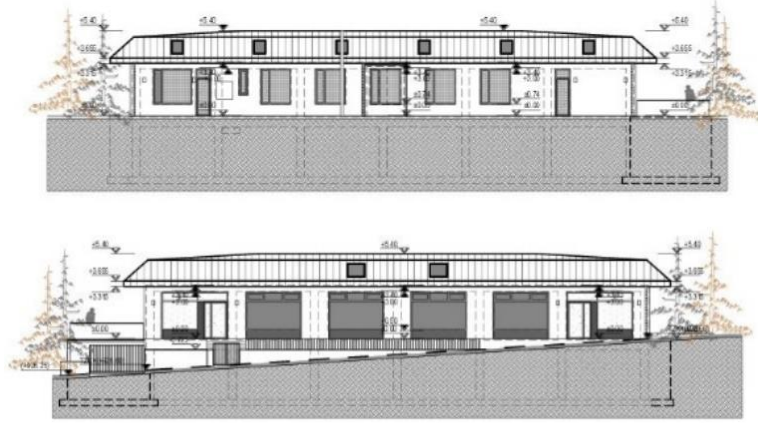


**Şekil 3.7:** Ofis bodrum kat açık ofisi.

Ofisin çatısı, çelik makas ile geçilmiştir. Bu durum şekil 3.8’de verilen ofis kesitinde görüldüğü üzere, iç mekânda standart kat yüksekliğinden daha fazla bir yükseklik kazanılmasına sebep olmaktadır. Şekil 3.9’da verilen kuzey ve güney cepheleri ofisin uzun cepheleri olup geniş cam yüzeylere sahiptir. Ancak bu yüzeylerin açılır kanat alanları cephe oranına göre küçüktür. Kuzeyde 6 tane, güneyde 2 tane olmak üzere özellikle açık ofis havalandırması için kullanılan çatı pencereleri mevcuttur.



**Şekil 3.8:** Ofis kesiti.



**Şekil 3.9:** Ofis görünüşleri.

### **3.1.2. Kullanıcı Memnuniyeti ve İç Ortam Havalandırma Etkinliği Anketi**

Anket, Kasım 2021'de Hilmi Güner Mimarlık 'ta çalışan otuz bir kişi arasında yapılmıştır. Anketin amacı, çalışanların çalışma ortamlarına yönelik öznel tepkilerinin verilerini elde etmektir.

Anket, 4 bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde çalışanların ofiste hangi katta, kaç kişilik odalarda çalıştığı ve çalışma alanlarının plan düzleminde yeri üzerine sorular sorulmaktadır. İkinci bölümde çalışanların cinsiyet, yaş, eğitim, meslek, sigara içme alışkanlıkları ve kronik rahatsızlıkları hakkında kullanıcı bilgilerini içermektedir. Üçüncü bölümde, “Çevresel Değerlendirme” de ise sıcaklık, nem, hava hareketi, hava kalitesi gibi çevresel koşullara ilişkin kullanıcı memnuniyeti hakkında bilgi edinilmesi amaçlanmıştır. “Sağlık Sorunları” olarak adlandırılan dördüncü bölümde, Hasta Bina Sendromu ile ilgili semptom üzerine sorular sorulmuş olup, kullanıcılarda ofis kaynaklı sağlık problemlerinin olup olmadığına yönelik verileri ortaya koymak hedeflenmiştir.

#### **3.1.2.1. Anket Yöntemi**

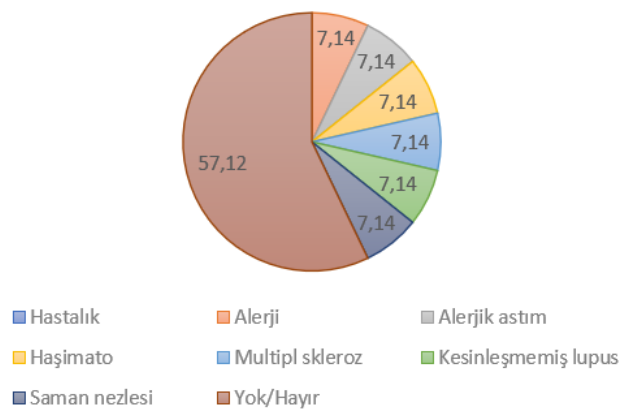
Ofis çalışanlarından, tek ya da iki kişilik ofislerde ve sadece zemin kat, bodrum kat açık ofiste çalışmakta olanlara anket uygulanmıştır. Bu durumun sebebi ofiste aynı çalışma koşullarına sahip insanların farklı lokasyonlarda yani farklı mahallerdeki tecrübeleriyle vermiş oldukları cevapların kıyaslanabilmesidir. Bir diğer taraftan aynı mahallerdeki kullanıcıların öznel özelliklerinden kaynaklı olarak memnuniyetlerinin kıyaslanması açısından da önem teşkil etmektedir.

Ek A'da anket soru ve cevapları verilmiştir. Birinci bölümde kullanıcıların ofis bağlamında lokasyon üzerine bilgilerini öğrenmek amacıyla sorulan sorular çoktan

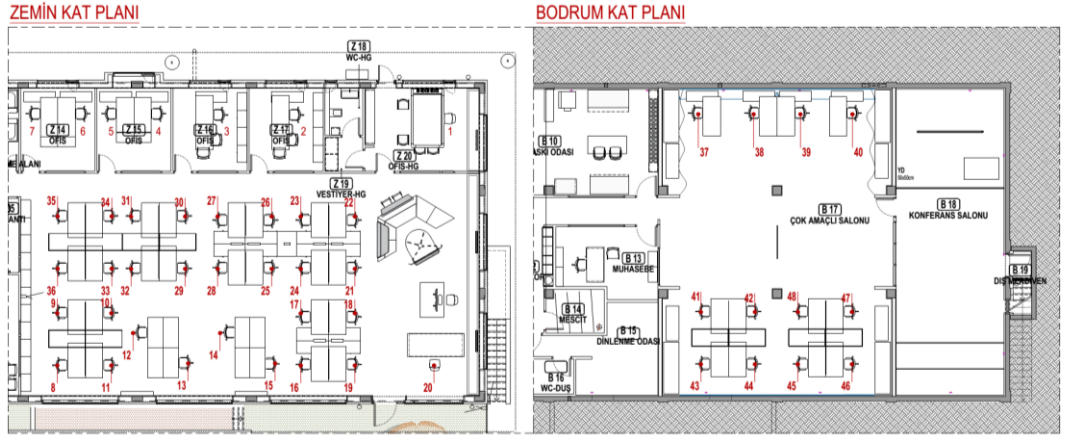
seçmelidir. Sadece 3. soruda çalışanların hangi mahalde hangi konumda çalıştığına yönelik kat planı üzerinden soru sorulduğu için numaralar verilmiş olup, soru açık uçlu olarak hazırlanmıştır. İkinci bölümde kullanıcı profilini çıkartmak için sorulan sorularda tüm sorular çoktan seçmeli olup, kronik rahatsızlık ile ilgili açık uçlu soru sorulmuştur. Üçüncü bölümde, iç ortam hava kalitesine yönelik memnuniyet durumu, yapıdaki açıklıkların yeterliliği, ofisteki çatı pencerelerinin yaz ve kış koşulları için yeterlilik düzeyleri, kullanıcıların yaz ve kış mevsimlerindeki çalışma ortamlarındaki genel memnuniyet durumları ve ofis içindeki havalandırma-ısıtma-soğutma için ne tür ayarlamalar yapmak istediklerine yönelik kullanıcı değerlendirmelerini öğrenmek amaçlanmıştır. “Sağlık Sorunları” olarak adlandırılan dördüncü bölümde ise, Hasta Bina Sendromunun 10 semptomu sıralanmış ve katılımcılardan her semptom için şikâyet sıklığını belirtmeleri istenmiştir. Bunun dışında başka bir sağlık problemi olup olmadığını tespit etmek için ikinci soru sorulmuştur.

### 3.1.2.2. Sonuç ve Değerlendirme

Anket sonuçlarına göre kullanıcıların %87,1’si açık ofiste, %9,7’si iki kişi kullanımlı ofiste ve %3,2’si tek kişilik ofiste çalışmaktadır. Kullanıcıların %74,2’sini kadınlar oluşturmaktadır. Kullanıcıların %80,6’sı üniversite, %19,4’ü yüksek lisans mezunudur. Kullanıcıların büyük bir kısmını %80,6’lık oran ile mimarlar oluşturmaktadır ve %67,7’lik kısmı sigara kullanmaktadır.



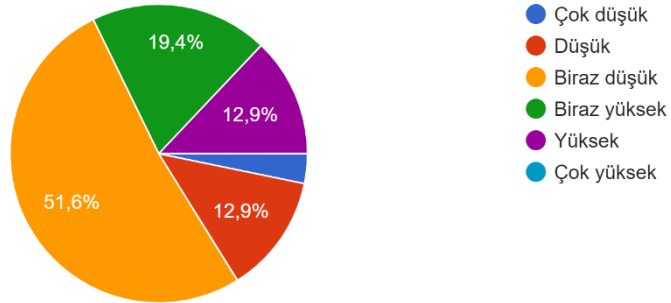
Şekil 3.10: Kronik rahatsızlık oranları.



Şekil 3.11: Ofis çalışanlarının oturma düzeni.

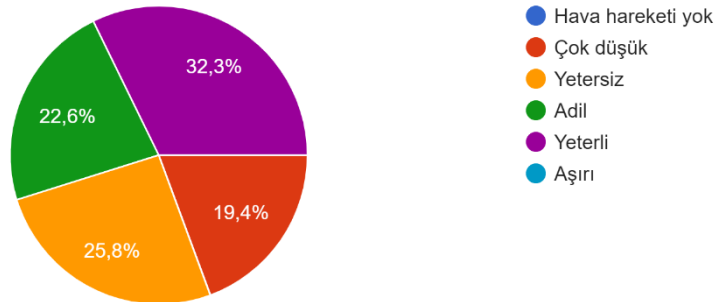
Şekil 3.11’de ofis çalışanlarının bina içindeki konumları gösterilmektedir. Kullanıcılar bu konumlarında kazanmış oldukları deneyimleri gözeterek, söz konusu anketlere sorularına cevap vermişlerdir. Buna göre şekil 3.12’de kullanıcıların vermiş oldukları cevapların oranına göre, yaklaşık üçte biri (%32,3) iç ortam hava kalitesini yüksek bulmaktadır. Şekil 3.13’de, iç ortamdaki hava hareketinin yeterli ve adil olduğunu düşünenlerin oranı %54,9 olarak ortaya çıkmıştır.

Genel olarak çalışma ortamınızdaki hava kalitesi nasıl?



Şekil 3.12: Kullanıcıların iç ortam hava kalitesi hakkındaki görüşleri.

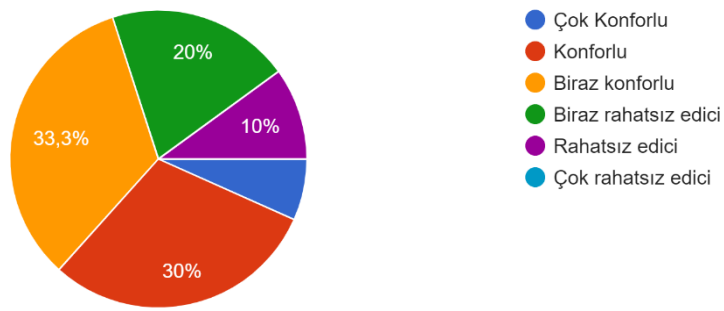
Genel olarak çalışma ortamınızdaki hava hareketi nasıl?



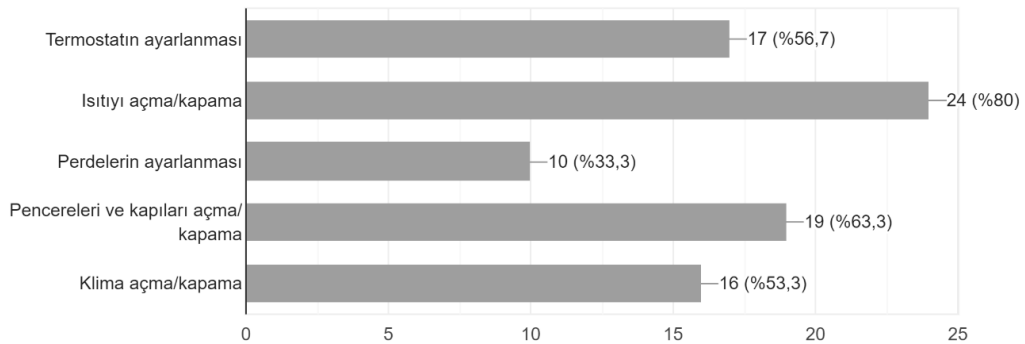
Şekil 3.13: Kullanıcıların iç ortam hava hareketleri hakkındaki görüşleri.

Kullanıcıların ofisin sıcaklık algısı değerlendirildiğinde, ofisin yaz aylarında daha sıcak, kış aylarında ise daha soğuk olduğunu belirttikleri görülmektedir. İç ortam hava kalitesini konforlu ve çok konforlu bulan çalışan oranı yaklaşık %37, iç ortam hava hareketini yeterli bulan çalışan oranı yaklaşık %55'tir. Çalışanların büyük çoğunluğu iç ortamda konforu kendileri ayarlamayı tercih ettiklerini belirtmişler, en yüksek oranda ısıtıcı açma/kapama ve pencereleri açma/kapama kontrolüne sahip olmayı istemişlerdir (Şekil 3.14, Şekil.3.15).

Ofis iç ortam hava kalitesinden memnun musunuz?



Şekil 3.14: Kullanıcıların iç ortam hava kalitesinden memnuniyet durumları.



Şekil 3.15: Kullanıcı kontrol talebi.

Kullanıcı memnuniyeti ile elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, ölçümde kabul edilebilir iç ortam havasının, kullanıcının kendi konforuna göre iç ortam hava değişimini sağlayabildiği tek kişilik odalarda mümkün olduğu görülmektedir. Bu durumda, açık ofislerde kişisel konfor alanlarının geliştirilmesi ve kullanıcıya daha fazla kontrol imkânı sunulması gerektiği sonucu değerlendirilebilir.



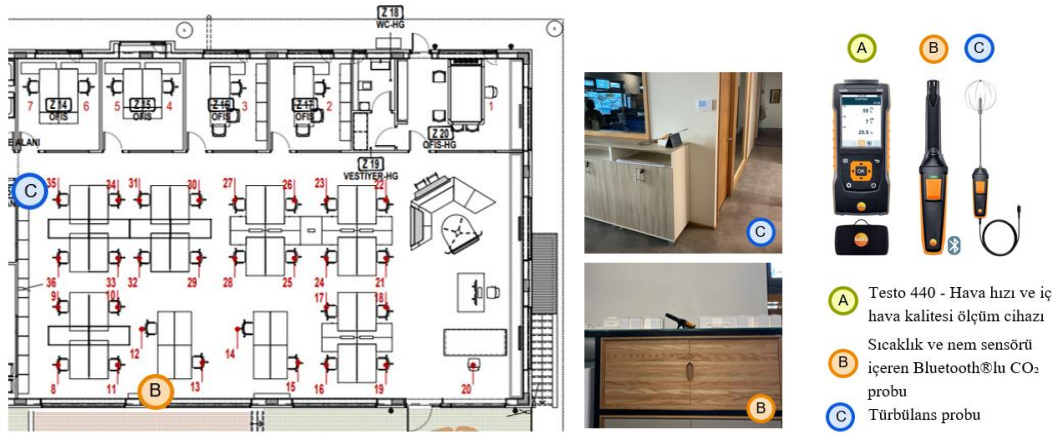
## 3.2. İÇ ORTAM HAVA KALİTESİ ÖLÇÜMLERİ

Bu bölüm, Ankara’da Hilmi Güner Mimarlık Ofisi’nde yapılan iç ortam hava kalitesi ölçümleri çalışmasının prosedürü, sonuçları ve değerlendirme bölümlerini kapsamaktadır.

### 3.2.1. Ölçüm Prosedürü

Ölçümün ana kurgusunda, kış döneminde, iç ortamın havalandırıldığı ve havalandırılmadığı durumların tamamını içerecek şekilde, CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun, nemin, hava sıcaklığının ve türbülans derecesinin paralel olarak belirlenmesini sağlayan ölçüm cihazı ile belirli periyotlarda ölçümlerin alınması planlanmıştır. Buradaki CO<sub>2</sub> konsantrasyonu özellikle iç ortam hava kalitesi hakkında yorum yapmak için kullanılmıştır. Çünkü CO<sub>2</sub> konsantrasyon seviyesindeki artış hava kirliliği üzerine bilgi vermektedir.

İlk ölçümler 22-26 Kasım 2021 tarihinde açık ofiste gerçekleştirilmiş, ikinci ölçüm 13-17 Aralık 2021 arasında yine açık ofiste, üçüncü ölçüm ise 20-23 Aralık 2021 arasında bodrum kat açık ofisi ve tek kişilik odada tamamlanmıştır. Açık ofiste, yaklaşık 21 kişinin bulunduğu, bodrum kat açık ofisinde 4 kişinin, tek kişilik odalarda da kullanıcının odada olduğu zaman diliminde ölçümler yapılmıştır.



Şekil 3.16: Mimarlık ofisi planı ve ölçüm aletlerinin yeri.

Şekil 3.16’da zemin kat açık ofisinde ölçüm aletlerinin yeri ve cihaz bilgileri verilmiştir. Ölçümlerde kullanılan Testo 440 cihazının 2 adet probu bulunmaktadır. Sıcaklık ve nem sensörü içeren Bluetooth®lu CO<sub>2</sub> probu ile ortam sıcaklık, nem ve

CO<sub>2</sub> oranı ölçülmektedir. Türbülans probu ile hava hareket hızı ölçülmektedir. Testo 440 cihazı prob ölçümlerinin dokümanlarını tutmaktadır.

### 3.2.2 Ölçüm Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Bu bölümde, iç ortam hava kalitesi ölçüm sonuçları verilmiş olup, ASHRAE standartlarına göre değerlendirilmesi yapılmıştır. CO<sub>2</sub> miktarı için en çok kabul edilen sınır değer 1000 ppm'dir (ASHRAE 2022). Bu sebeple 1000 ppm CO<sub>2</sub> konsantrasyonu, iç hava kalitesi için temel kabul edilmektedir. CO<sub>2</sub> miktarı bu seviyeden düşük ise iç ortamdaki hava, kabul edilebilir iç hava kalitesine sahip demektir. CO<sub>2</sub> değerindeki değişim grafiklerinde sınır değer olan 1000 ppm grafiklere işlenmiştir. ASHRAE yönergeleri, kışın 20-22.7 °C ve yazın 22.2-26.6 °C'yi önerir. Bağıl nem içinse, yüzde 30 ile 60 arasındaki değer kabul edilmektedir. Bu sebeple ölçüm sonuçlarındaki sıcaklık ve bağıl nem grafiklerinde bu değer aralıkları işlenmiştir.

**Tablo 3.1:** 22.11.2021-23.11.2021 CO<sub>2</sub>, bağıl nem ve sıcaklık değerleri grafikleri.

CO <sub>2</sub> (ppm) DEĞERİNDEKİ DEĞİŞİM		
BAĞIL NEM (%) DEĞERİNDEKİ DEĞİŞİM		
SICAKLIK (°C) DEĞERİNDEKİ DEĞİŞİM		
ÇATI PENCERESİ AÇIKLIK YÜZDELERİ (%)		
Tarih Ölçüm Mahali	22.11.2021 Zemin Kat Açık Ofis	23.11.2021 Zemin Kat Açık Ofis

**Tablo 3.2:** 24.11.2021-25.11.2021 CO<sub>2</sub>, bağıl nem ve sıcaklık değerleri grafikleri.

CO <sub>2</sub> (ppm) DEĞERİNDEKİ DEĞİŞİM		
BAĞIL NEM (%) DEĞERİNDEKİ DEĞİŞİM		
SICAKLIK (°C) DEĞERİNDEKİ DEĞİŞİM		
ÇATI PENCERESİ AÇIKLIK YÜZDELERİ (%)		
Tarih Ölçüm Mahali	24.11.2021 Zemin Kat Açık Ofis	25.11.2021 Zemin Kat Açık Ofis

Farklı mahallerde yapılan ölçüm sonuçları iç ortamdaki CO<sub>2</sub> değeri bağlamında değerlendirildiğinde 1000 ppm üzerine nadiren çıktığı görülmektedir. Anket sonuçları ile iç ortam havasında memnuniyet sorularında da kullanıcıların rahatsızlık oranı düşüktür. Bu durumda anket ve ölçüm sonuçları arasında çelişki gözlenmemektedir.

Tablo 3.2’de verilen açık ofiste maksimum CO<sub>2</sub> değeri, 24.11.2021 günü 1145 ppm değerine kadar ulaşmaktadır. Özellikle öğle saatlerinde çatı pencereleriyle yapılan havalandırma ile, CO<sub>2</sub> değerinin kabul edilebilir sınırlarda kalması sağlanabilirken, maksimum değer aldığı günde doğal havalandırmanın diğer günlere oranla daha az gerçekleştirildiği belirlenmiştir. Bu durumu etkileyen bir diğer faktör, o gün hava sıcaklığının diğer günlere göre düşük ve havanın yağışlı olmasıdır. Bu durum iç ortam konfor koşullarının doğal havalandırma ile bozulması ve bu nedenle uzun süreli bir havalandırmanın yapılamamasına neden olmuştur.

**Tablo 3.3:** 26.11.2021-13.12.2021 CO<sub>2</sub>, bağıl nem ve sıcaklık değerleri grafikleri.

CO <sub>2</sub> (ppm) DEĞERİNDEKİ DEĞİŞİM		
BAĞIL NEM (%) DEĞERİNDEKİ DEĞİŞİM		
SICAKLIK (°C) DEĞERİNDEKİ DEĞİŞİM		
ÇATI PENCERESİ AÇIKLIK YÜZDELERİ (%)		
Tarih Ölçüm Mahali	26.11.2021 Zemin Kat Açık Ofis	13.12.2021 Zemin Kat Açık Ofis

**Tablo 3.4:** 14.12.2021-15.12.2021 CO<sub>2</sub>, bağıl nem ve sıcaklık değerleri grafikleri.

CO <sub>2</sub> (ppm) DEĞERİNDEKİ DEĞİŞİM		
BAĞIL NEM (%) DEĞERİNDEKİ DEĞİŞİM		
SICAKLIK (°C) DEĞERİNDEKİ DEĞİŞİM		
ÇATI PENCERESİ AÇIKLIK YÜZDELERİ (%)		
Tarih Ölçüm Mahali	14.12.2021 Zemin Kat Açık ofis	15.12.2021 Zemin Kat Açık ofis

**Tablo 3.5:** 16.12.2021-17.12.2021 CO<sub>2</sub>, bağıl nem ve sıcaklık değerleri grafikleri.

CO <sub>2</sub> (ppm) DEĞERİNDEKİ DEĞİŞİM		
BAĞIL NEM (%) DEĞERİNDEKİ DEĞİŞİM		
SICAKLIK (°C) DEĞERİNDEKİ DEĞİŞİM		
ÇATI PENCERESİ AÇIKLIK YÜZDELERİ (%)		
Tarih Ölçüm Mahali	16.12.2021 Zemin Kat Açık Ofis	17.12.2021 Zemin Kat Açık Ofis

**Tablo 3.6:** 20.12.2021-21.12.2021 CO<sub>2</sub>, bağıl nem ve sıcaklık değerleri grafikleri.

CO <sub>2</sub> (ppm) DEĞERİNDEKİ DEĞİŞİM		
BAĞIL NEM (%) DEĞERİNDEKİ DEĞİŞİM		
SICAKLIK (°C) DEĞERİNDEKİ DEĞİŞİM		
ÇATI PENCERESİ AÇIKLIK YÜZDELERİ (%)		
Tarih Ölçüm Mahali	20.12.2021 Bodrum Kat Açık Ofis	21.12.2021 Tek Kişilik Ofis

Tek kişilik ofiste, 21.12.2021 tarihinde yapılan ölçümde CO<sub>2</sub> değeri zaman zaman ortalama 1165 ppm değerine kadar ulaşsa da kişisel ihtiyaçla, pencerelerin açılma sıklığıyla paralel olacak şekilde CO<sub>2</sub> oranının düştüğü görülmektedir. Dış hava sıcaklığının 1°C olduğu ölçüm gününde, iç ortam sıcaklığı da havalandırma sırasında 17°C'a kadar inmektedir. Beklenen konforun altında bir sıcaklık değeri olmasına rağmen, kullanıcının kişisel tercihi ile ortam havasını kontrol etmesi söz konusu olmuştur.

Mekarlarda CO<sub>2</sub> oranının kabul edilebilir seviyelerde olmasını sağlayan doğal havalandırmanın, dış iklim koşullarına bağlı değişkenlik göstermesi, havalandırmanın mümkün olmadığı durumlarda iç ortam hava kalitesinin düşmesine ve CO<sub>2</sub> oranının artmasına neden olmaktadır.

Bodrum kat açık ofiste 20.12.2021 tarihinde yapılan ölçümde CO<sub>2</sub> değeri ölçüm süresince yükselmiş ve ölçümün tamamlanmasına yakın saatlerde en yüksek seviyeye (1131 ppm) ulaşmıştır. Bodrum katta dışarı açılan bir pencerenin olmaması

ve havanın içeride sirküle ediyor olması nedeniyle, günün ikinci yarısında hava kalitesinin bozulduğu anlaşılmaktadır.

**Tablo 3.7:** 22.12.2021-23.12.2021 CO<sub>2</sub>, bağıl nem ve sıcaklık değerleri grafikleri.

CO <sub>2</sub> (ppm) DEĞERİNDEKİ DEĞİŞİM		
BAĞIL NEM (%) DEĞERİNDEKİ DEĞİŞİM		
SICAKLIK (°C) DEĞERİNDEKİ DEĞİŞİM		
ÇATI PENCERESİ AÇIKLIK YÜZDELERİ (%)		
Tarih Ölçüm Mahali	22.12.2021 Tek Kişilik Ofis	23.12.2021 Zemin Kat Açık Ofis

ASHRAE yönergeleri, kış mevsiminde 20-22.7 °C arasındaki iç ortam hava sıcaklığı kullanıcı konforunu sağladığı için ölçüm sonuçları sıcaklık grafiklerinde bu aralık gösterilmiştir. Zemin kat ve bodrum kat açık ofislerinde yapılan sıcaklık ölçümlerinde 20 °C altına sıcaklık düşmemektedir. 22.7 °C üzerine sıcaklığın zaman zaman çıktığı gözlenmektedir. Tek kişilik ofiste 22.12.2021 tarihinde yapılan ölçümlerde, kullanıcı kontrolünde ofis penceresiyle yapılan havalandırma sıklığıyla sıcaklık grafiklerindeki değişiklik yoğunluğu gözlenmektedir.

Tablo 3.8’de verilen hava hareket hızındaki değişim grafiklerinde ölçüm cihazının koridora koyulmasıyla değişken grafikler elde edilmiştir. Bunun sebebi koridor mahalinde kullanıcı geçişiyle oluşan hava hızıdır.



**Tablo 3.8:** Hava hareket hızı değerleri grafikleri.

HAVA HAREKET HIZINDAKİ DEĞİŞİM (m/s)			
Tarih Ölçüm Mahali	17.12.2021 Zemin Kat Açık Ofis	23.11.2021 Zemin Kat Açık Ofis	24.11.2021 Zemin Kat Açık Ofis

### 3.3. KULLANICI ANALİZLERİ VE İÇ ORTAM HAVA KALİTESİ ÖLÇÜMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Ofis binasındaki kullanıcılar hakkında analizler elde etmek için yapılan anket ve iç ortam hava kalitesi ölçüm sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, yapıda yer alan zemin kat açık ofis, bodrum kat açık ofis ve tek kişilik ofis olmak üzere ölçüm sonuçlarındaki farklılık bu mahallerdeki kullanıcıların da cevaplarıyla aynı yöndedir.

Zemin kat açık ofisinde doğal havalandırma için çatı pencereleri kullanılmaktadır. Açık ofiste 21 kişi çalışmakta olduğu için ısıtma-soğutma ve havalandırma için her kullanıcı kendi kontrolü sağlayamamaktadır. Bu yüzden ölçüm sonuçlarından da takip edileceği üzere genellikle öğle aralarında havalandırma yapılmasından kaynaklı o saatlerle sıcaklık ve CO<sub>2</sub> oranı düşmektedir. Ancak havalandırma sonrasında bu oran tekrar artmaktadır. Tek kişilik odalarda cephedeki açılır kanatlar kullanılmaktadır. Aynı zamanda bu odalarda ısıtma ve soğutma kontrolü kullanıcı elindedir. Bu yüzden bu mahalin ölçüm sonuçlarına bakıldığında kullanıcı sık sık havalandırma yapmakla birlikte mahaldeki sıcaklık kontrolü sayesinde konfor düzeyinde memnuniyetsizlik söz konusu değildir. Anket sorularına verilen cevaplarda tek kişilik ofislerdeki kullanıcılar iç ortam hava kalitesinden memnundur. Bodrum kat açık ofisinde de havalandırma için bir açıklık bulunmadığından çalışma saatlerinin sonuna doğru CO<sub>2</sub> oranı hızla artmakla birlikte anket sonuçlarında çalışanların konforsuz bulanların büyük bir kısmını burada çalışan personeller oluşturmaktadır.

Bu bölümde mevcut durumdaki hava kalitesini anlayabilmek adına iç ortam hava kalitesi ölçümleri ve kullanıcı memnuniyetini anlamak için anket değerlendirmeleri yapılarak tezin bir sonraki bölümünde geliştirilecek olan doğal havalandırma stratejilerine ışık tutmaktadır.

## BÖLÜM IV

### 4. DOĞAL HAVALANDIRMA YOLUYLA İÇ ORTAM HAVA KALİTESİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ

Tezin bu bölümünde, yapılan literatür taraması, kullanıcı analizleri ve iç ortam hava kalitesi ölçümleriyle zemin kat açık ofis mahalindeki doğal havalandırma yolu ile iç ortam hava kalitesi iyileştirme stratejileri geliştirmek üzere çeşitli senaryolar bağlamında simülasyona dayalı analizler yapılmıştır. Bu simülasyonlarda, mevcut durumda iç mekânda hava hareketi ve termal konfor hakkındaki verileri gösteren analizlerin üretilmesi ve mevcut durumdaki hava hareketine bağlı olarak önerilerin geliştirilebilmesi için, Autodesk CFD programı kullanılmıştır.

#### 4.1. CFD SİMÜLASYONU

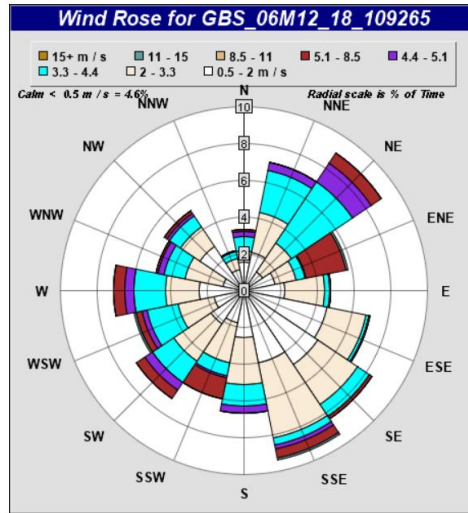
Autodesk CFD yazılımı, sıvıların ve gazların nasıl performans göstereceğini hesaplayabilmek için mühendislerin ve analistlerin kullandığı hesaplamalı akışkanlar dinamiği simülasyonları oluşturur. Bu yazılım, hesaplamalı akışkan dinamiği yoluyla 3 boyutlu akışkan akışını ve ısı transferini simüle etmek için kullanılır (Autodesk, 2023). Yazılım, akışkan akışını ve ısı transferini yöneten kısmi diferansiyel denklemler, süreklilik denklemini, Navier-Stokes denklemlerini ve enerji denklemini içermektedir (URL-1). Bu yazılım daha çok makine mühendisleri tarafından kullanılmakta olup, mühendislere yardımcı olacak aşağıdaki simülasyonlar içerir:

- Elektronik soğutma,
- Veri merkezi tasarımı,
- Aydınlatma tasarımı,
- Makine ve vanalar,
- HVAC tasarımı için AEC/MEP (Autodesk, 2023).

CFD yazılımı ile ofis yapısının iç ortam hava hareketi, termal konfor ve doğal havalandırma potansiyeli araştırılmıştır. Modellenen açık ofisin doğal olarak havalandırılabilmesi için, kuzey ve güney yönde yer alan çatı pencerelerinden yararlanılabilmektedir. Açık ofiste mevcutta bulunan vasistas açılır kanatlar olmasına rağmen, bu kanatların boyutları küçük olduğu için yetersiz kaldığından kullanılmamaktadır. Bu pencerelerin rüzgârın etkin olduğu yöne göre konumu ve büyüklükleri, iç ortamda havanın yeterli ve doğru sirkülasyonu için önemlidir. Simülasyon aracılığı ile mevcut durumdaki hava hareketleri ve termal konfor değerlendirmesi ve doğal havalandırma potansiyelini artırabilecek etkin tasarım çalışmaları yapmak mümkün olmuştur.

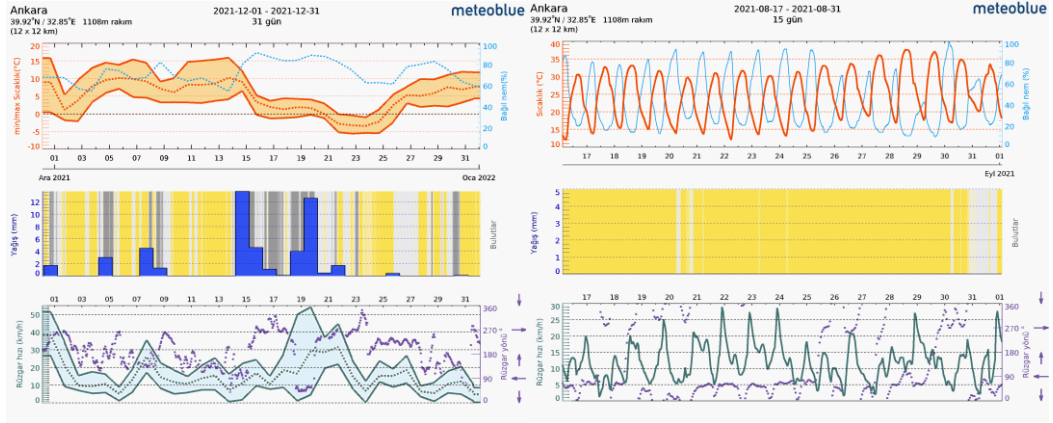
## 4.2 MODELLEME

Ofis binasının CFD programında modellenebilmesi için, ofisin konumu ve hâkim rüzgâr yönü belirlenmiş ve buna göre model oluşturulmuştur. Şekil 4.1'de Autodesk Green Building Studio'dan elde edilen ofisin hâkim rüzgâr yönünün kuzey-doğu olduğu verisi elde edilmiştir.



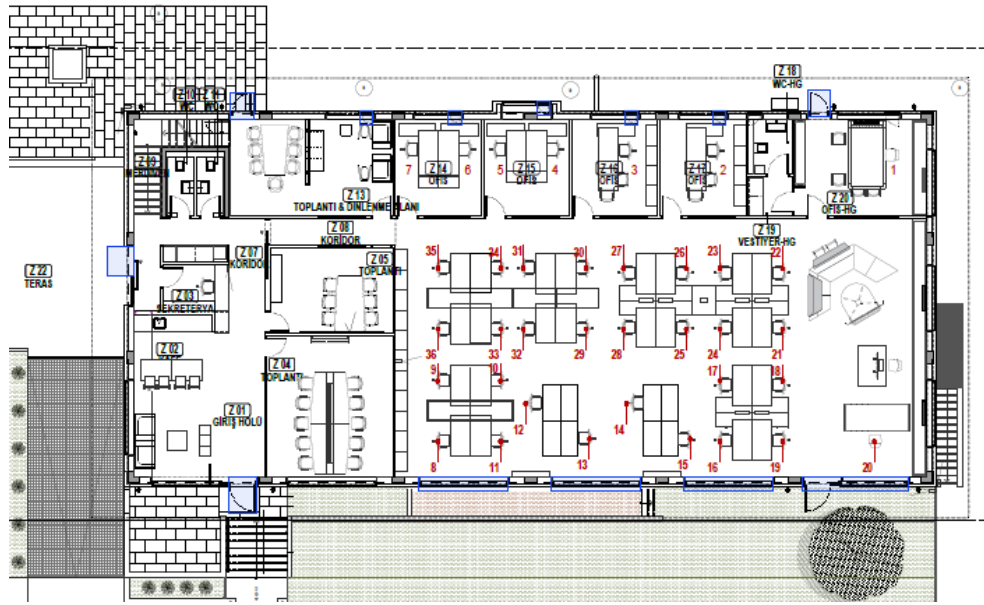
Şekil 4.1: Ofisin hâkim rüzgâr yönü.

Yapılan simülasyonlarda kış ve yaz koşulları ayrı ayrı değerlendirilmiş olup, şekilde 4.2 ve 4.3'teki iklim verileri kullanılmıştır. Kış koşulları için 22.12.2021 tarihinin seçilme sebebi iç ortam hava kalitesine yönelik yapılan ölçümlerde hava sıcaklığının en düşük olduğu tarih olmasıdır. Yaz koşulları için 29.08.2021 tarihinin seçilme sebebi ise 2021 yılın en sıcak olduğu tarih olmasıdır.

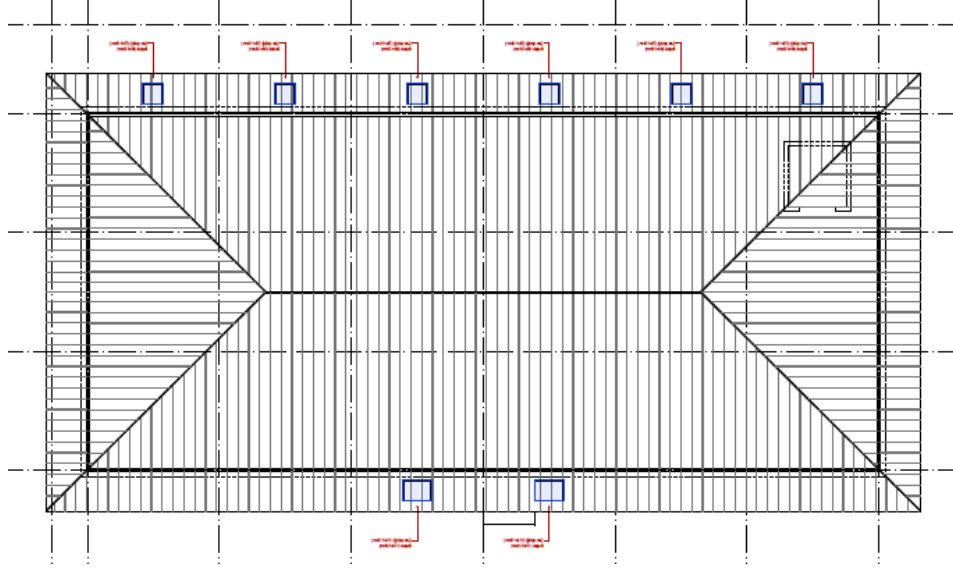


Bu tarihlere göre kış mevsimi için rüzgâr yönü kuzeydoğu olarak esas alınmış olup, şiddeti 8,3 m/s'dir. Yaz mevsimi için rüzgâr yönü kuzeydoğu olarak esas alınmış olup, şiddeti 7,76 m/s'dir.

Şekil 4.5'teki çatı planında, ofis binasının kuzey yönünde iki, güney yönünde (tek kişilik ofislerin bulunduğu tarafta) ise altı adet çatı penceresi yer aldığı görülmektedir. Şekil 4.4'te zemin kat planında diğer pencere ve kapılar işaretlenmiştir.

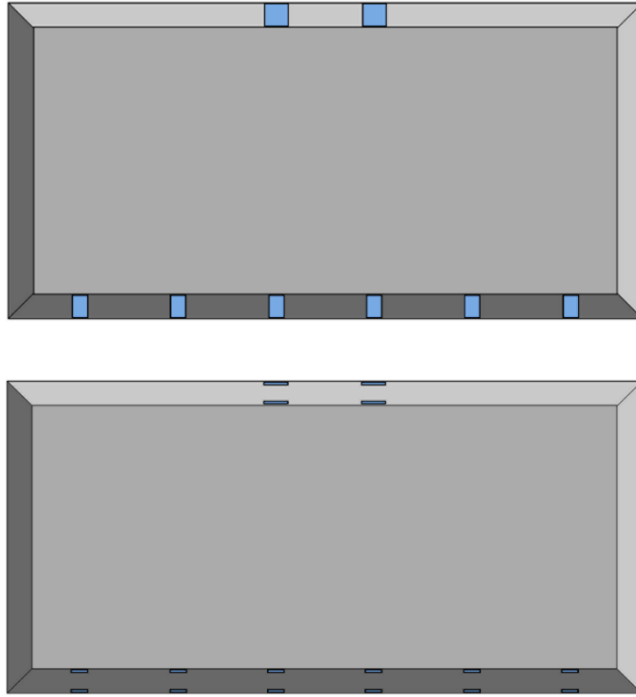


Şekil 4.4: Zemin kat planındaki pencereler ve kapılar.

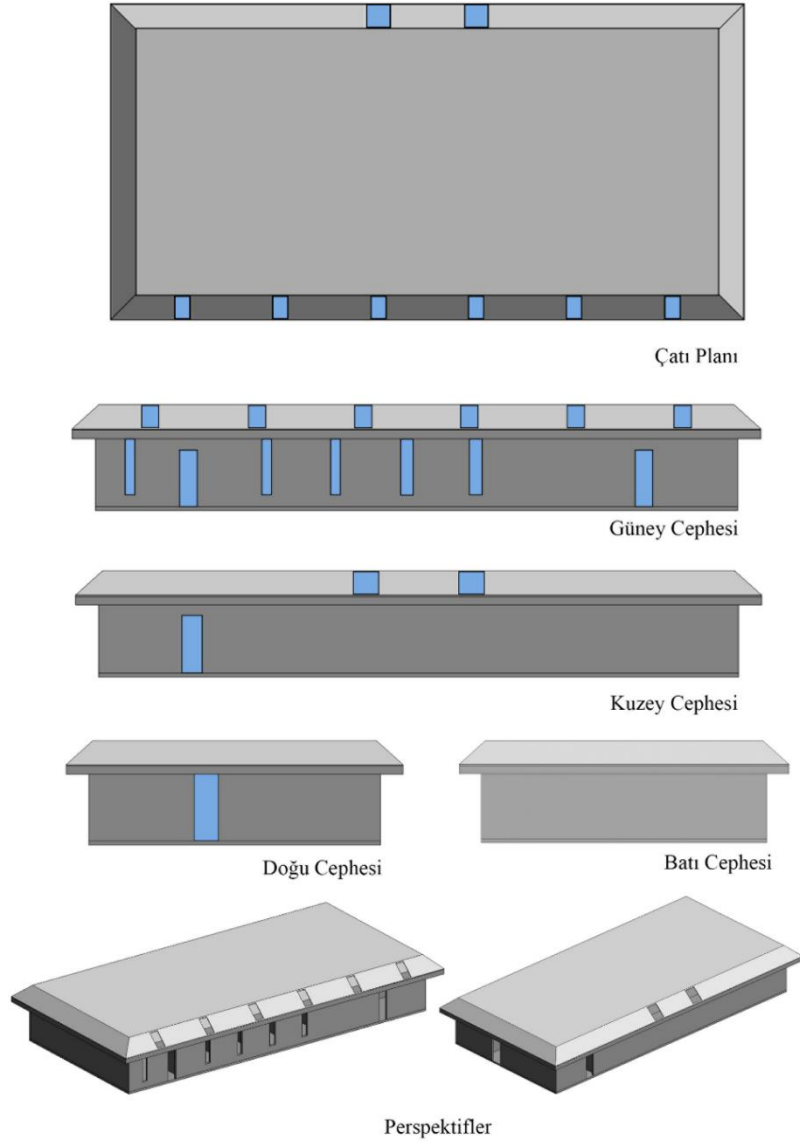


Şekil 4.5: Çatı planındaki pencereler.

Şekil 4.6’da kış mevsiminde mevcut durum hava hareketi simülasyonlarında çatı pencerelerinin %100 ve %10 açık olması senaryosunda kullanılan modeller verilmiştir. Bu iki simülasyon senaryosunda yapıda kullanılan tek açıklıklar çatı pencereleri olup, açıklıkların %100 ve %10 açık olması durumları için iki farklı model hazırlanmıştır.



Şekil 4.6: Kış mevsiminde mevcut durum hava hareketi simülasyonlarında çatı pencerelerinin %100 ve %10 açık olması senaryosunda kullanılan modeller.



**Şekil 4.7:** Yaz mevsiminde mevcut durum hava hareketi simülasyonlarında kullanılan model.

Şekil 4.7’de verilen yaz mevsiminde mevcut durum hava hareketi simülasyonlarında kullanılan modelde, çatı pencereleri ve yapıda yaz mevsiminde %100 açık kabul edilen diğer açıklıklarla model tamamlanmıştır.

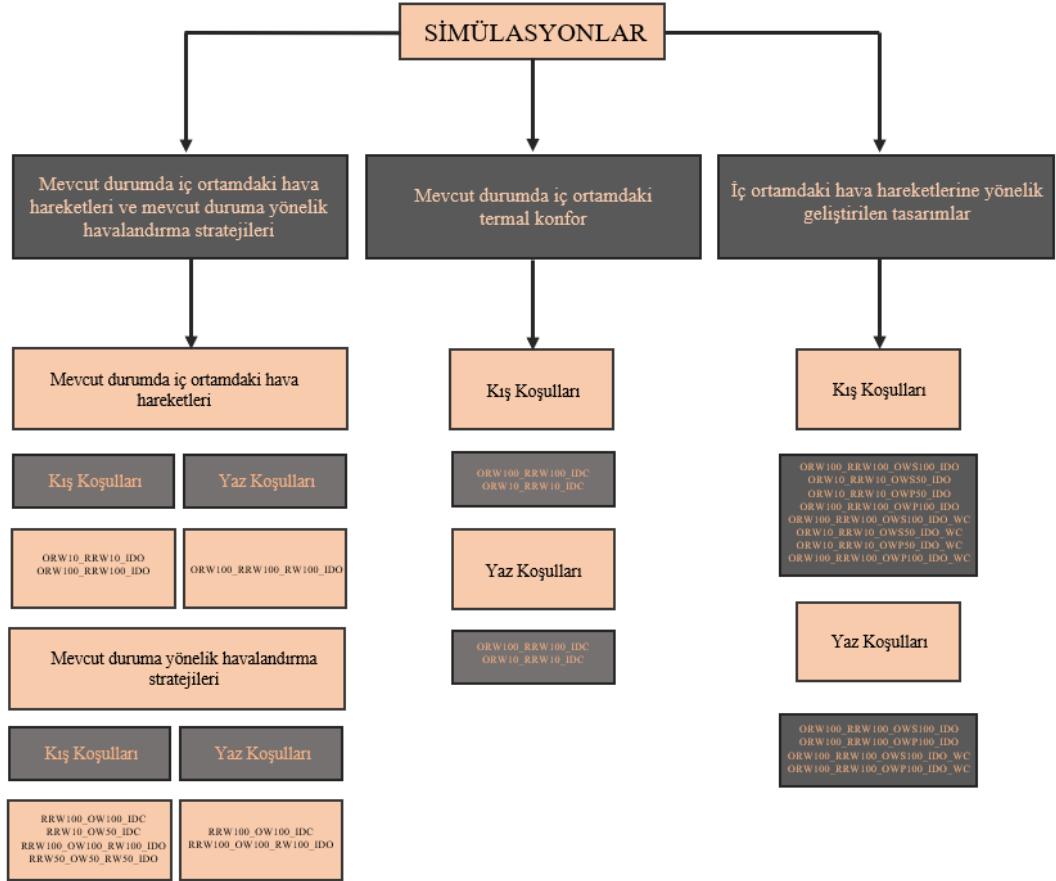
### 4.3 SİMÜLASYONLAR

Simülasyonlar, 3 başlık altında değerlendirilmiş olup yaz ve kış koşulları için ayrı ayrı değerlendirmeler yürütülmüştür. Bunlar:

- Mevcut durumda iç ortamdaki hava hareketleri ve mevcut duruma yönelik havalandırma stratejileri simülasyonları,
- Mevcut durumdaki iç ortam termal konfor simülasyonları,

- İç ortamda hava hareketlerine yönelik geliştirilen tasarım simülasyonları.

Şekil 4.8’de simülasyon akış şeması verilmiştir.

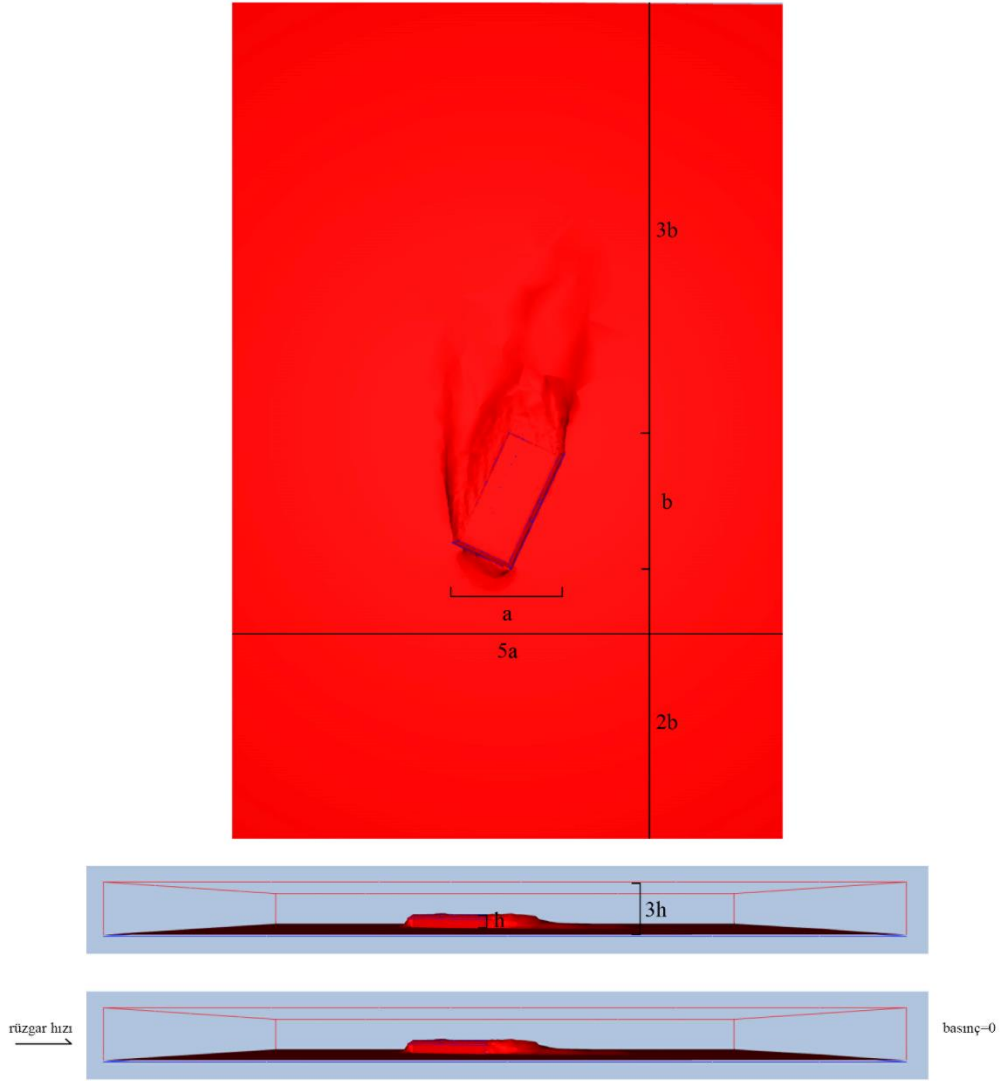


Şekil 4.8: Simülasyon akış şeması.

Simülasyonlar, aşağıdaki tabloda verilen kısaltmalar kullanılarak isimlendirilmiştir.

Tablo 4.1: Simülasyon Kodlamaları.

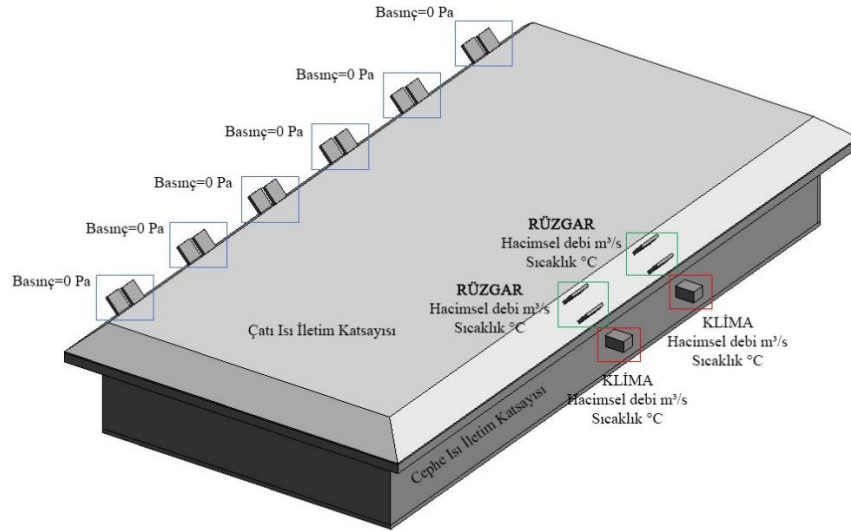
Çatı Penceleri	Penceler	İç Kapılar	Rüzgar Keçesi
<b>a.Açık Ofis Çatı Penceleri</b>	<b>a.Açık Ofis Penceleri</b>	<b>a.İç Kapılar Kapalı</b>	WC
ORW10: %10 açık	OW50:%50 açık	IDC	
ORW100: %100 açık	OW100:%100 açık	<b>b.İç Kapılar Açık</b>	
<b>b.Ofis Odası Çatı Penceleri</b>	<b>b.Ofis Odası Penceleri</b>	IDO	
RRW10: %10 açık	RW50:%50 açık		
RRW100: %100 açık	RW100:%100 açık		
	<b>c.Boyutları Artırılmış Açık Ofis Penceleri</b>		
	OWS50:%50 açık		
	OWS100:%100 açık		
	<b>d.Boyutları Artırılmış Ofis Odası Penceleri</b>		
	RWS50:%50 açık		
	RWS100:%100 açık		
	<b>e.Konumu Değiştirilmiş Açık Ofis Penceleri</b>		
	OWP50:%50 açık		
	OWP100:%100 açık		
	<b>f.Konumu Değiştirilmiş Ofis Odası Penceleri</b>		
	RWP50:%50 açık		
	RWP100:%100 açık		



**Şekil 4.9:** Hava hareketi simülasyonlarında kullanılan değerler.

Şekil 4.9’da hava hareketleri simülasyonlarında kullanılan verilerin çerçevesi verilmiştir. Autodesk CFD yazılımında yapının mevcut modelini içerisini alan Şekil 4.9’da verilen yapı genişlik, derinlik ve yükseklik ölçülerine göre hava kütlesi atanmıştır. Bu hava kütlesine hâkim rüzgâr yönünde rüzgâr hızı verisi girildikten sonra rüzgâr yönünün karşısındaki düzleme basınç verisi girilmiştir. Bu tez kapsamında yapılan tüm simülasyonlarda basınç 0 Pa olarak kabul edilmiştir.





**Şekil 4.10:** Termal konfor simülasyonlarında kullanılan değerler.

Şekil 4.10’da mevcut durumda kış mevsimindeki termal konfor simülasyonlarında kullanılan değerler verilmiştir. Bu simülasyonlarda klima ve %10 açık çatı pencereler için hacimsel debi ve sıcaklık hesaplamaları yapılmıştır. Yapı kabuğu ve cephe için ısı iletim katsayısı değerleri yazılıma girilmiştir. Termal konfor simülasyonlarında da basınç 0 Pa kabul edilmiştir.

#### 4.3.1. Mevcut Durumdaki İç Ortamdaki Hava Hareketleri ve Mevcut Duruma Yönelik Havalandırma Stratejileri Simülasyonları

Tablo 4.2’de mevcut durumdaki iç ortam hava hareketleri ve mevcut duruma yönelik geliştirilen doğal havalandırma stratejileri için gerçekleştirilen simülasyonlar verilmiştir.

**Tablo 4.2:** Mevcut durum için yapılan simülasyon kodlamaları.

Mevcut Durumda İç Ortamdaki Hava Hareketleri						
Simülasyon Kodu	Mevsim	Rüzgar Yönü	Rüzgar Hızı	Çatı Penceresi	İç Kapılar	
ORW10_RRW10_IDO	Kış	Kuzeydoğu	8,3 m/s	ORW10, RRW10	IDO	
ORW100_RRW100_IDO	Kış	Kuzeydoğu	8,3 m/s	ORW100, RRW100	IDO	
ORW100_RRW100_RW100_IDO	Yaz	Kuzeydoğu	7,76 m/s	ORW100, RRW100	IDO	
Mevcut Duruma Yönelik Havalandırma Stratejileri Simülasyonları						
Simülasyon Kodu	Mevsim	Rüzgar Yönü	Rüzgar Hızı	Çatı Penceresi	Ofis Pencereleeri	İç Kapılar
RRW100_OW100_IDC	Kış	Kuzeydoğu	8,3 m/s	RRW100	OW100	IDC
RRW10_OW50_IDC	Kış	Kuzeydoğu	8,3 m/s	RRW10	OW50	IDC
RRW100_OW100_RW100_IDO	Kış	Kuzeydoğu	8,3 m/s	RRW100	OW100, RW100	IDO
RRW10_OW50_RW50_IDO	Kış	Kuzeydoğu	8,3 m/s	RRW10	OW50, RW50	IDO
RRW100_OW100_IDC	Yaz	Kuzeydoğu	7,76 m/s	RRW100	OW100	IDC
RRW100_OW100_RW100_IDO	Yaz	Kuzeydoğu	7,76 m/s	RRW100	OW100, RW100	IDO

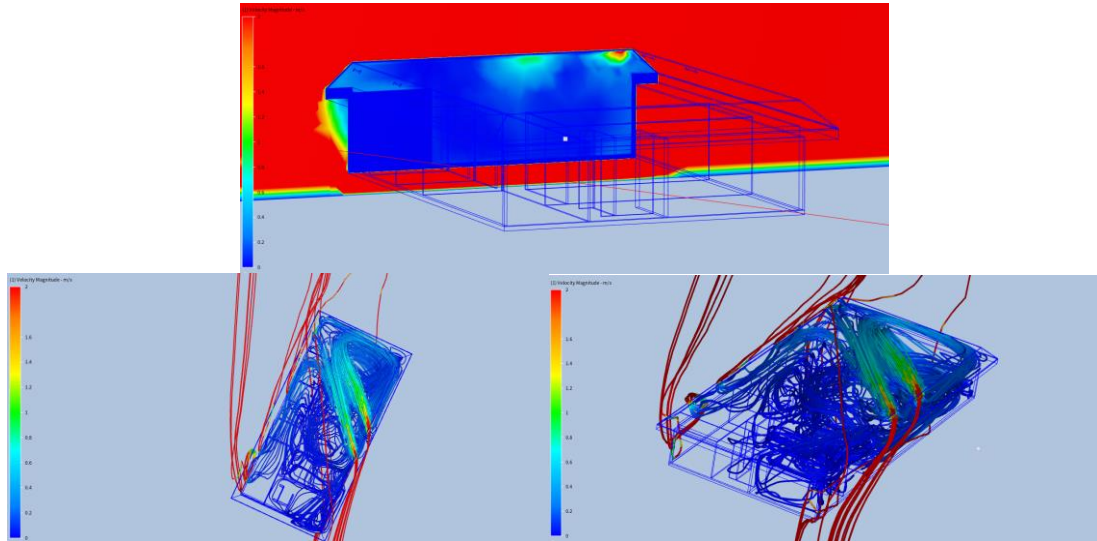
#### 4.3.1.1. Mevcut Durumdaki İç Ortamdaki Hava Hareketleri Simülasyonları

Mevcut durumdaki iç ortamdaki hava hareketlerini ele alırken kullanıcıların yorumları göz önüne alınarak her iki yönde çatı pencerelerinin %100 açık olduğu ve sadece %10 açık olduğu duruma göre analizler yapılmıştır. Çünkü mevcut durumda açık ofisi havalandırmak için sadece çatı pencereleri karşılıklı açılarak kullanılmaktadır. Bu simülasyonlarda iç mekanlardaki hava hareketlerini net okuyabilmek adına tek kişilik ofislerin iç kapısının açık olduğu girdileriyle ele alınmıştır.

#### Kış Koşulları

Simülasyonlarda 22.12.2021 tarihinin hava verileri kullanılmıştır. Bu simülasyonlarda rüzgâr hızı 8,3 m/s alınmış olup, rüzgâr yönü kuzeydoğudur.

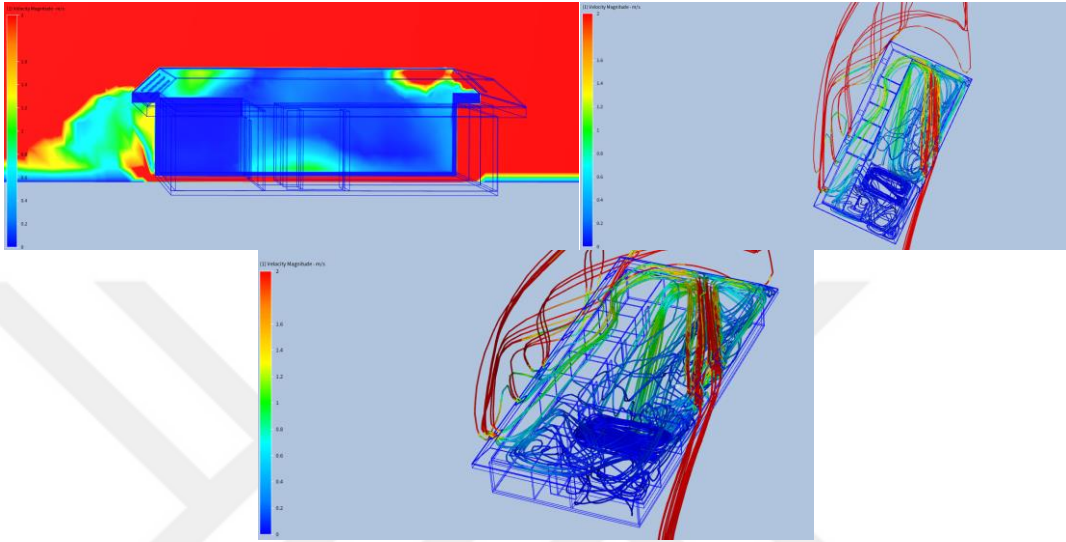
**ORW10\_RRW10\_IDO:** Bu koşulda neredeyse hiç hava hareketi oluşmamakta, iç ortam havasının değişimi yeterli düzeyde sağlanamamaktadır. Şekil 4.11’de sadece çatı pencerelerinin olduğu üst kotta hava hareketi gözlenmektedir. Kış döneminde, ısı kaybını azaltmaya yönelik olarak, pencerelerin daha az açılarak havalandırmanın sağlanmaya çalışılması, bu ofiste, özellikle pencerelerin konumu nedeniyle yeterli sonucu vermemektedir.



Şekil 4.11: ORW10\_RRW10\_IDO verileri.

**ORW100\_RRW100\_IDO:** Bu simülasyonda hava sirkülasyonu yoğunluklu olarak üst kotlarda gerçekleşmektedir. Bu, ısınan ve kirli havanın tahliyesi için uygun olmakla birlikte, şekil 4.12’de görüldüğü üzere kullanıcı seviyesinde bir

havalandırmaya izin vermemektedir. Kış aylarında kullanım zonunun üstünde yer alan bu hareket, konforu bozmadan bir havalandırma gerçekleştirilmesi açısından olumludur. Ancak kış aylarında bu çatı pencerelerinin %100 açık olarak kullanımı iç ortamdaki kullanıcı konforunu olumsuz etkilediği için sadece öğle aralarında bu kullanım tercih edilmektedir.

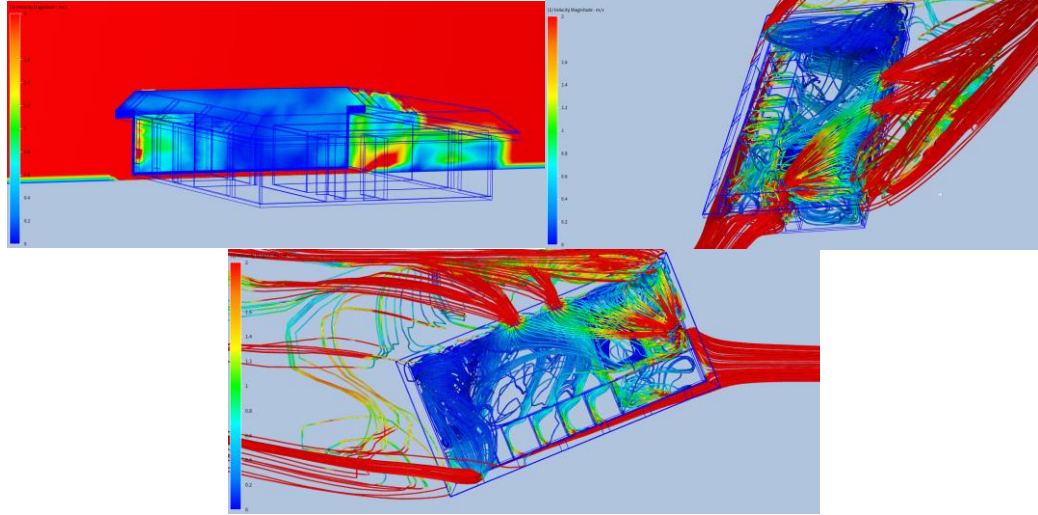


Şekil 4.12: ORW100\_RRW100\_IDO verileri.

### Yaz Koşulları

Simülasyonlarda 29.08.2021 tarihinin hava verileri kullanılmıştır. Bu simülasyonlarda rüzgâr hızı 7,76 m/s alınmış olup, rüzgâr yönü kuzeydoğudur.

**ORW100\_RRW100\_IDO:** Yaz koşulunda olduğu için yapıda ısı kaybına yönelik önlemler alınmasına gerek duyulmadığından çatı pencerelerinin tümü ve ofis kapı ve pencereleri, ofis çalışma saatleri boyunca %100 açıktır. Şekil 4.13'te açıklıkların tamamından giren hava sonucu iç mekandaki hava hareketinin yoğun olduğu görülmektedir. Bu yoğunluk, iç mekânda taze havanın mahallerdeki dağılımını göstermektedir.



Şekil 4.13: ORW100\_RRW100\_RW100\_IDO verileri.

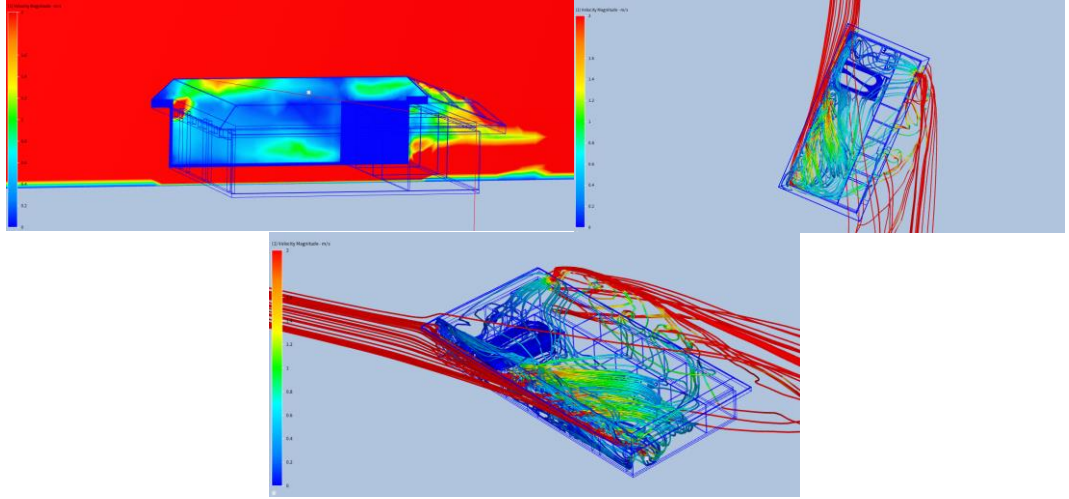
#### 4.3.1.2. Mevcut Duruma Yönelik Havalandırma Stratejileri Simülasyonları

Bu simülasyonlarda, ofisteki mevcut durumdaki açıklıklar, rüzgâr yönü gibi etmenler değiştirilmeden iç mekandaki hava hareketlerine yönelik öneriler düzenlenmiştir.

#### Kış Koşulları

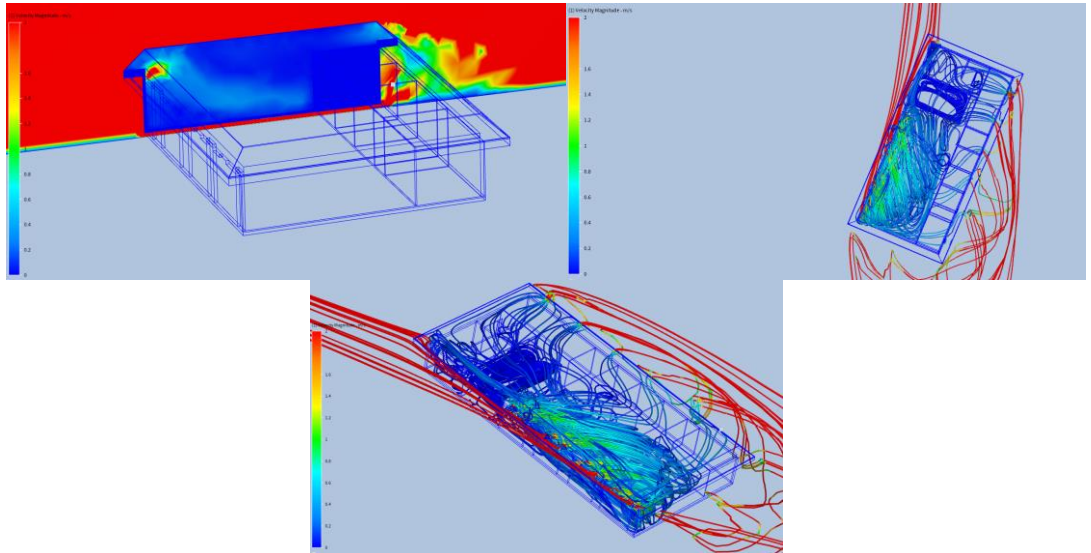
Simülasyonlarda 22.12.2021 tarihinin hava verileri kullanılmıştır. Bu simülasyonlarda rüzgâr hızı 8,3 m/s alınmış olup, rüzgâr yönü kuzeydoğudur.

**RRW100\_0W100\_IDC:** Bu simülasyonlarda, şekil 4.14'te görüldüğü üzere açık ofis pencereleri ve ofis odaları tarafındaki çatı penceresi açık olduğu için hava hareketleri mevcut durumun aksine üst kotlardan daha alt kotlara yayılmıştır. Kış koşullarında açıklıkların %100 olması sadece öğle aralarında bile olsa iç mekandaki hava hareketleri sayesinde kirli havanın tahliyesini sağlamaktadır.



Şekil 4.14: RRW100\_0W100\_IDC verileri.

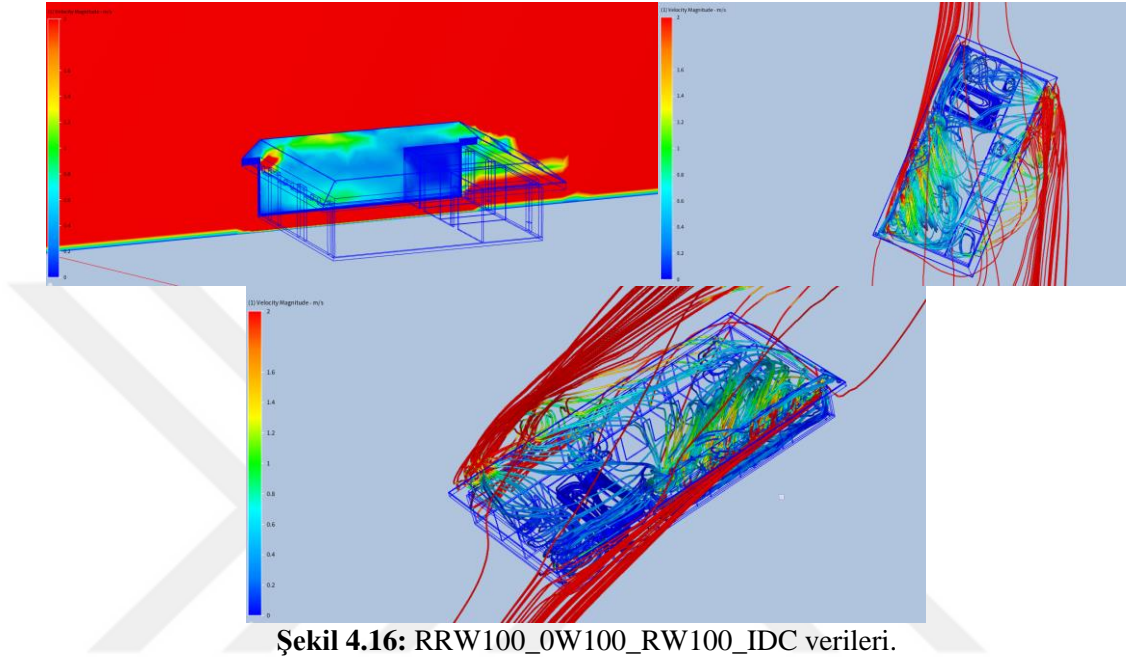
**RRW10\_0W50\_IDC:** Bu durumda, şekil 4.15’de görüldüğü üzere açık ofis pencereleri ve ofis odaları tarafındaki çatı penceresi açık olduğu için hava hareketleri mevcut durumun aksine üst kotlardan daha alt kotlara yayılmıştır. Ancak çatı pencerelerinin %10, ofis pencerelerinin %50 açık olması sebebiyle iç ortamdaki hava hareketleri minimum düzeydedir. İç mekân sıcaklığını olumsuz yönde etkilemeyecek bu havalandırma stratejisi gün boyunca kullanılarak, öğle arasında açıklık oranları büyütülerek daha etkili bir havalandırma yapılabilir.



Şekil 4.15: RRW10\_0W50\_IDC verileri.

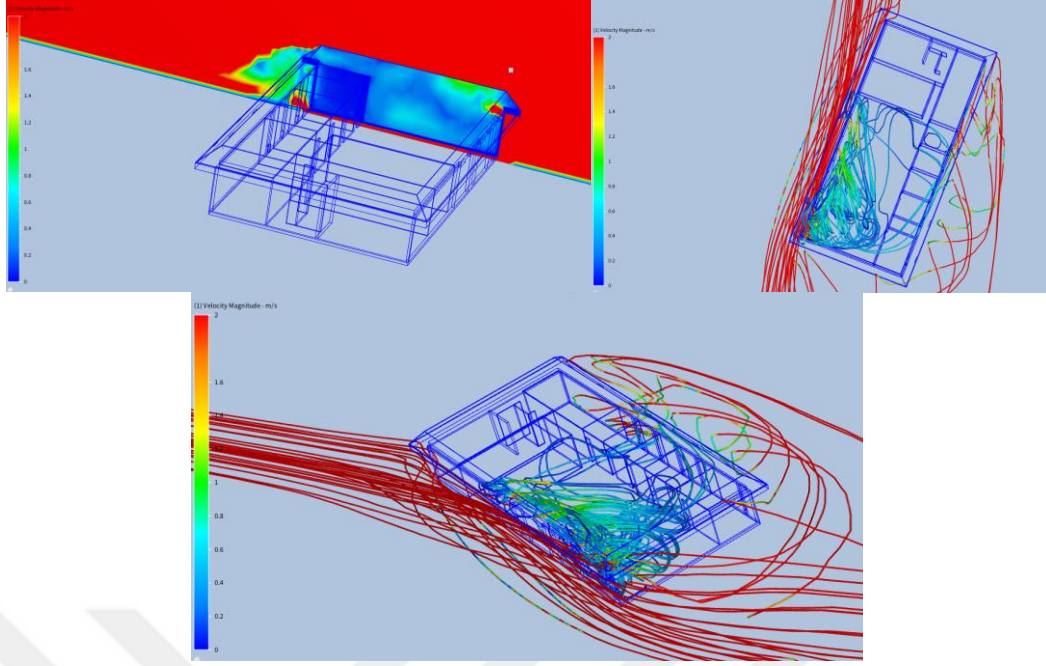
**RRW100\_0W100\_RW100\_IDO:** Bu simülasyonda, şekil 4.16’da görüldüğü üzere açık ofis pencereleri, ofis pencereleri ve ofis odaları tarafındaki çatı penceresi açık olduğu için hava hareketleri mevcut durumun aksine üst kotlardan daha alt kotlara

yayılmış olmakla birlikte ofis pencereleri açık olduğu için iç mekandaki hava hareketi ve mahallar arasındaki bu akış yoğun şekilde gözlemlenmektedir. Bu şekilde tüm mahallerde temiz hava dolaşımı sağlanmıştır. Ancak kış koşullarında açıklıkların %100 olması durumu sadece öğle aralarında yapılabilir. Çünkü iç mekândaki termal konfor düzeyinin kullanıcı memnuniyetinin altında kalmaması gerekmektedir.



Şekil 4.16: RRW100\_0W100\_RW100\_IDC verileri.

**RRW10\_0W50\_RW50\_IDO:** Bu simülasyonda, RRW100\_0W100\_RW100\_IDC simülasyonundaki gibi açık ofis pencereleri, ofis pencereleri ve ofis odaları tarafındaki çatı penceresi açıktır. Ancak burada açıklık yüzdeleri daha az olduğu hava hareketleri yoğun şekilde gözlenememektedir. Ancak kış koşulları için tüm mahaller içinde taze hava dolaşımını sağladığı için kullanışlı olduğu şekil 4.17’de görülmektedir.

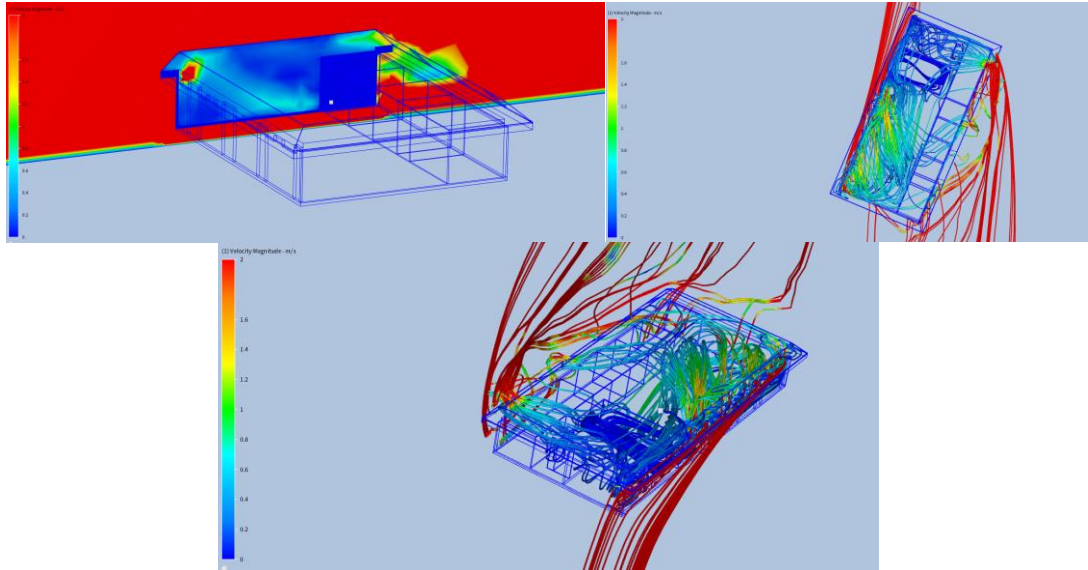


Şekil 4.17: RRW50\_0W50\_RW50\_IDC verileri.

### Yaz Koşulları

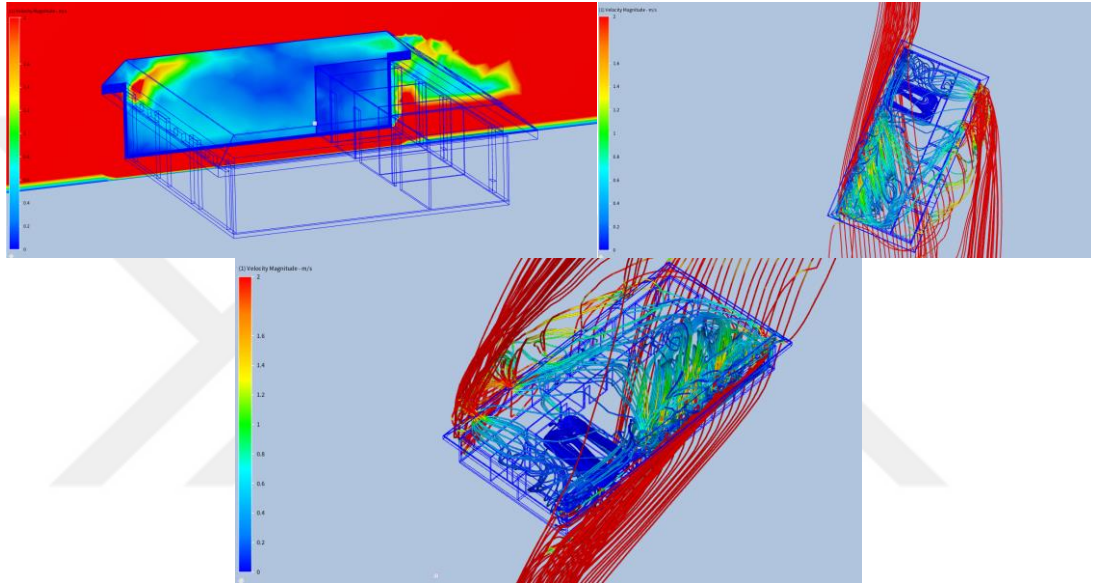
Simülasyonlarda 29.08.2021 tarihinin hava verileri kullanılmıştır. Bu simülasyonlarda rüzgâr hızı 7,76 m/s alınmış olup, rüzgâr yönü kuzeydoğudur.

**RRW100\_0W100\_IDC:** Bu simülasyonlarda, şekil 4.18’de görüldüğü üzere açık ofis pencereleri ve ofis odaları tarafındaki çatı penceresi açık olduğu için hava hareketleri mevcut durumun aksine üst kotlardan daha alt kotlara yayılmıştır. Yaz koşullarında açıklıkların %100 olarak mesai saati içinde kullanımı mümkün olduğu için iç mekandaki hava hareketleri sayesinde kirli havanın tahliyesini sağlamaktadır.



Şekil 4.18: RRW100\_0W100\_IDC verileri.

**RRW100\_0W100\_RW100\_IDO:** Bu simülasyonda, şekil 4.19’da görüldüğü üzere açık ofis pencereleri, ofis pencereleri ve ofis odaları tarafındaki çatı penceresi açık olduğu için hava hareketleri mevcut durumun aksine üst kotlardan daha alt kotlara yayılmış olmakla birlikte ofis pencereleri açık olduğu için iç mekandaki hava hareketi ve mahallar arasındaki bu akış yoğun şekilde gözlemlenebilmektedir. Bu şekilde tüm mahallerde temiz hava dolaşımı sağlanmıştır. Yaz koşullarında açıklıkların %100 olması durumu mesai saatleri içerisinde gerçekleşebileceği için iç mekandaki temiz hava dolaşımı için oldukça kullanışlıdır.



**Şekil 4.19:** RRW100\_0W100\_RW100\_IDC verileri.

#### 4.3.2 Mevcut Durumdaki Termal Konfor

Autodesk CFD ile yapılan simülasyonda, sadece çatı pencerelerinin %100 açık olduğu ve %10 açık olduğu duruma göre analizler yapılmıştır. Bu analizlerin hepsinde de iç kapılar kapalıdır. İç kapıların kapalı olma sebebi, açık ofiste ve kapalı ofislerde klimalar çalışırken açık ofisteki hava hareketlerini net okuyabilmenin amaçlanmasıdır. Tablo 4.3’te bu başlık altında ele alınan simülasyon kodları verilmiştir.

**Tablo 4.3:** Mevcut durum termal konfor için yapılan simülasyon kodlamaları.

Mevcut Durum Termal Konfor					
Simülasyon Kodu	Mevsim	Klima	Rüzgar Hızı	Çatı Penceresi	İç Kapılar
ORW100_RRW100_IDC	Kış	30 °C	8,3 m/s	ORW100, RRW100	IDC
ORW10_RRW10_IDC	Kış	30 °C	8,3 m/s	ORW10, RRW10	IDC
ORW100_RRW100_IDC	Yaz	18 °C	7,76 m/s	ORW100, RRW100	IDC
ORW10_RRW10_IDC	Yaz	18 °C	7,76 m/s	ORW10, RRW10	IDC

Termal konfor simülasyonlarında sadece insanların ısı üretimleri hesaba katılmıştır.



## Kış Koşulları

Simülasyonlarda 22.12.2021 tarihinin hava verileri kullanılmıştır. Bu simülasyonlarda rüzgâr hızı 8,3 m/s alınmış olup, yönü açık ofis çatı pencerelerinden alınmıştır. İç ortam hava sıcaklığı için simülasyon girdisi olarak iç ortam hava kalitesi ölçümlerinden elde edilen sıcaklık verilerinden yararlanılmıştır.

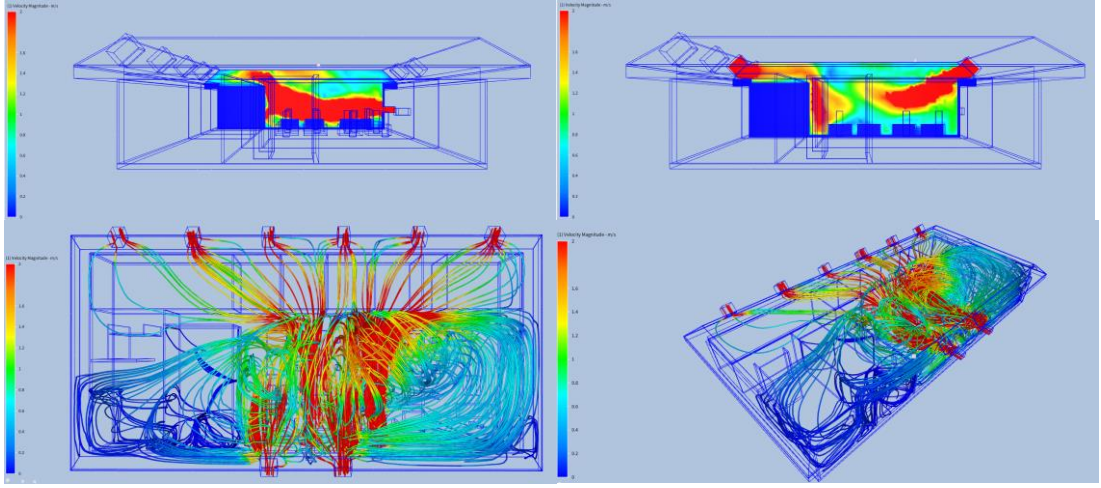
**ORW100\_RRW100\_IDC:** Çatı pencereleri %100 açık olduğu için iç ortamdaki hava değişimi büyük ölçekte etkili olmaktadır. Ancak bu durum sıcaklık simülasyon verilerine bakıldığında klimaların yetersiz kaldığını göstermekte olup PMV verilerinde de ofis çalışanlarının yarısının termal hassasiyet değeri soğuk olarak alınmıştır. Mevcut durumda kış aylarında, çatı pencereleri %100 açık olarak kullanımı sadece öğle arası saatlerinde yani açık ofiste kimsenin olmadığı 1 saatlik zaman diliminde tercih edilmektedir.

**Tablo 4.4:** Termal hassasiyet değerleri.

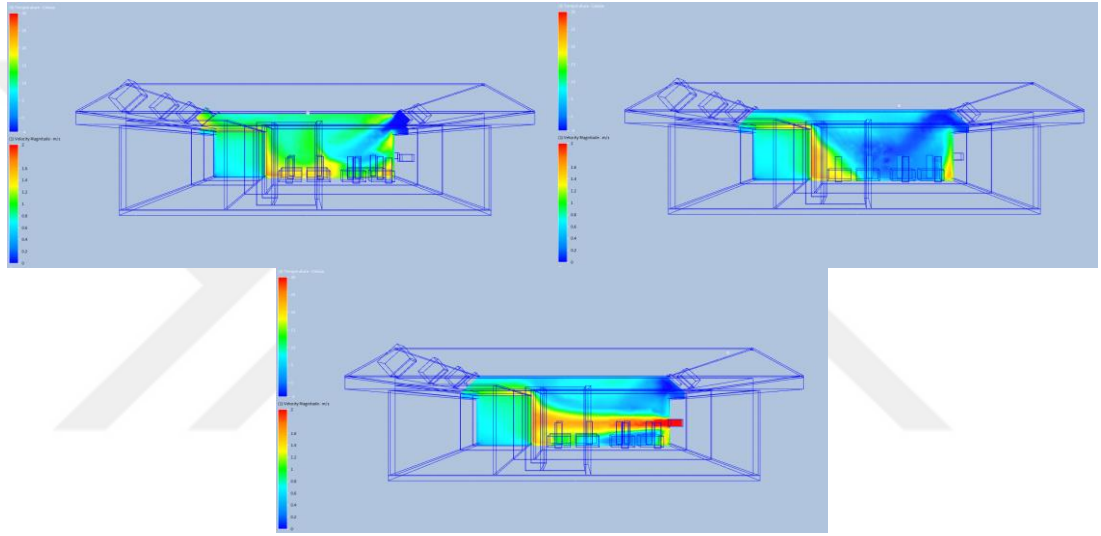
PMV	Termal Hassasiyet
3	Sıcak
2	Ilık
1	Hafif Sıcak
0	Nötr
-1	Hafif Serin
-2	Serin
-3	Soğuk

**Tablo 4.5:** Simülasyon girdileri ve kullanılan değerler.

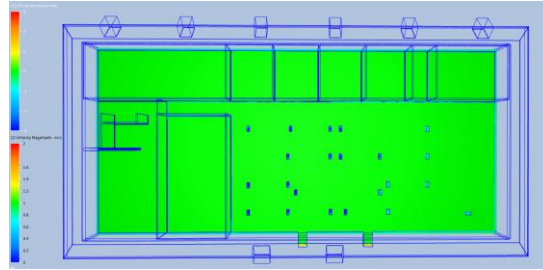
Simülasyon Girdileri	Kullanılan Değerler
Isı Üretimi	60 Watt (her insan için)
Hacimsel Debi (Klima)	10 m <sup>3</sup> /s
Sıcaklık (Klima)	30 °C
Hacimsel Debi (Rüzgar)	8.63 m <sup>3</sup> /s
Sıcaklık (Rüzgar)	-4 °C
Isı İletim Katsayısı	0.13 W/mK
Basınç	0 Pa
İç Ortam Sıcaklığı	22.7 °C



Şekil 4.20: Hava hareketi.



Şekil 4.21: Sıcaklık

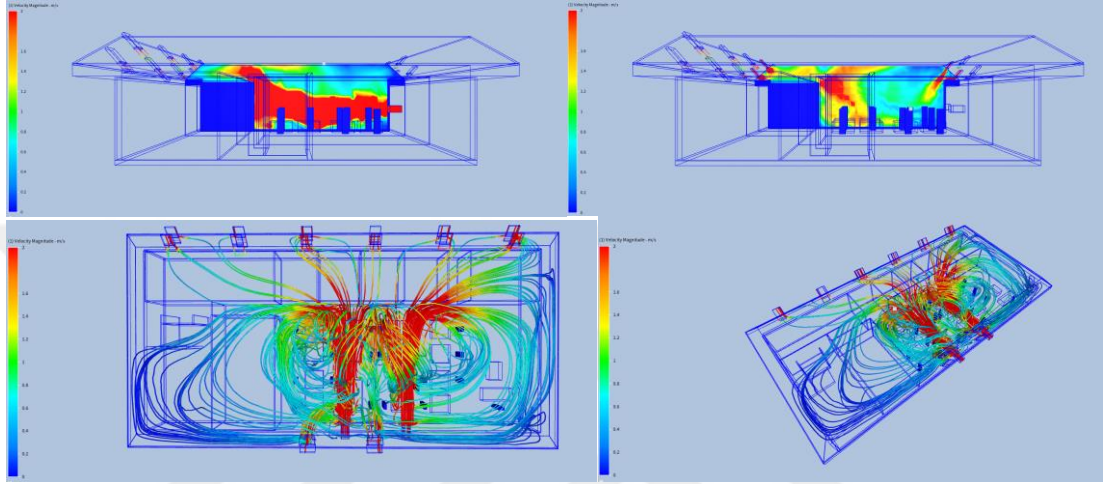


Şekil 4.22: PMV

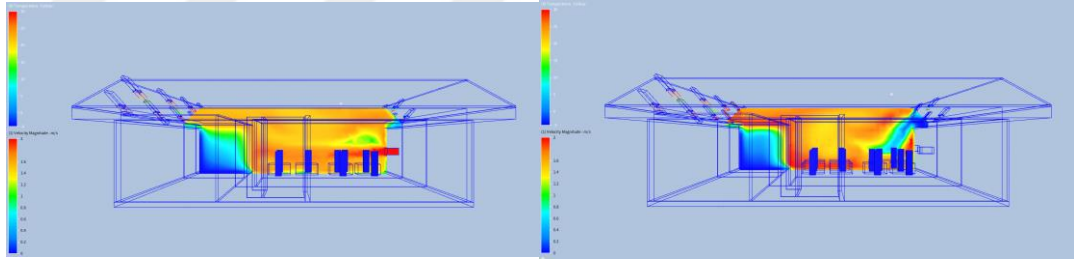
**ORW10\_RRW10\_IDC:** Çatı pencereleri %10 açık olduğu için iç ortamdaki hava değişimi etkili olmamaktadır. Ancak sıcaklık ve PMV simülasyon verilerine bakıldığında kullanıcılar için uygun iç ortam sıcaklığı sağlanmaktadır.

**Tablo 4.6:** Simülasyon girdileri ve kullanılan değerler.

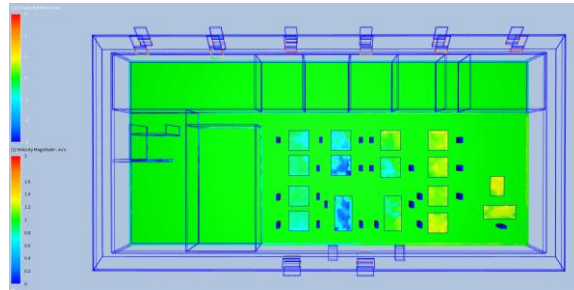
Simülasyon Girdileri	Kullanılan Değerler
Isı Üretimi	60 Watt (her insan için)
Hacimsel Debi (Klima)	10 m <sup>3</sup> /s
Sıcaklık (Klima)	30 °C
Hacimsel Debi (Rüzgar)	0.71 m <sup>3</sup> /s
Sıcaklık (Rüzgar)	-4 °C
Isı İletim Katsayısı	0.13 W/mK
Basınç	0 Pa
İç Ortam Sıcaklığı	22.7 °C



**Şekil 4.23:** Hava hareketi.



**Şekil 4.24:** Sıcaklık



**Şekil 4.25:** PMV

### Yaz Koşulları

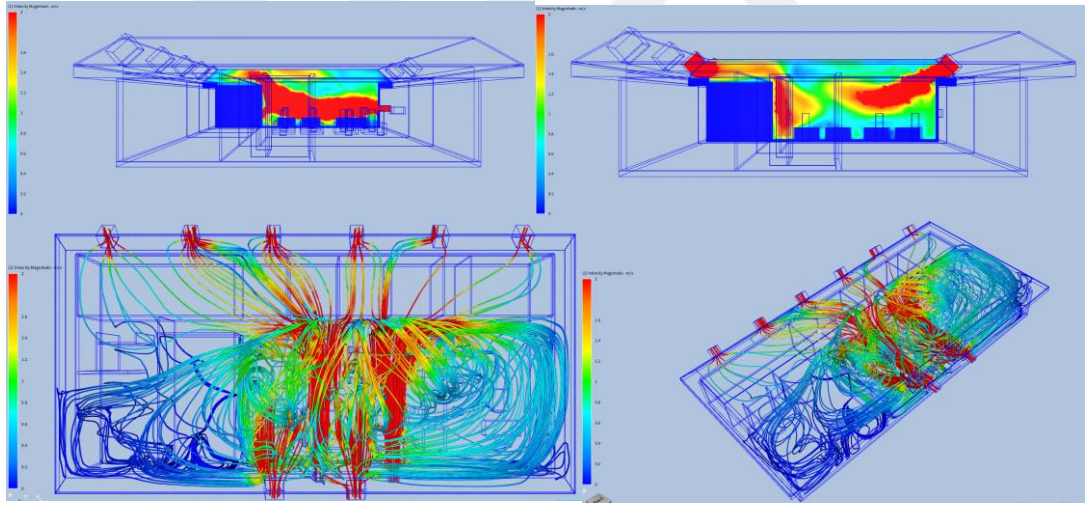
Simülasyonlarda 29.08.2021 tarihinin hava verileri kullanılmıştır. Bu simülasyonlarda rüzgâr hızı 7,76 m/s alınmış olup, yönü açık ofis çatı pencerelerinden

alınmıştır. İç ortam hava sıcaklığı için simülasyon girdisi olarak 25 °C referans alınmıştır. Çünkü iç ortam hava kalitesi ölçümleri sadece kış mevsiminde yapıldığı için bu verilerden yaz mevsimi termal konfor simülasyonlarında yararlanılamamıştır.

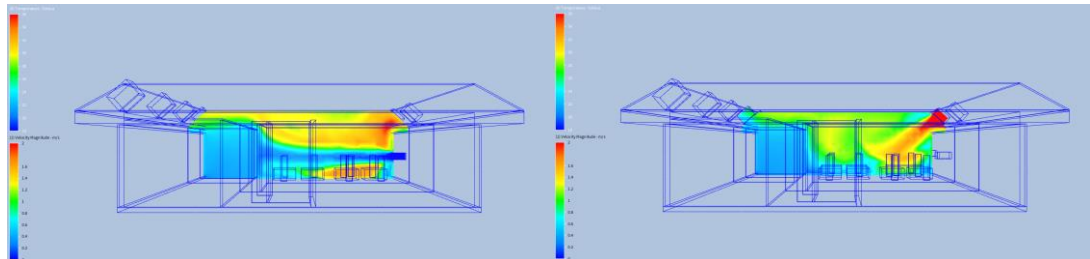
**ORW100\_RRW100\_IDC:** Çatı pencereleri %100 açık olduğu için iç ortamdaki hava değişimi büyük ölçekte etkili olmaktadır. Ancak sıcaklık simülasyon verilerine bakıldığında klimaların yetersiz kaldığını göstermekte olup PMV verilerinde de ofis çalışanlarının yarısının sıcaktan rahatsız olduğunu göstermektedir.

**Tablo 4.7:** Simülasyon girdileri ve kullanılan değerler.

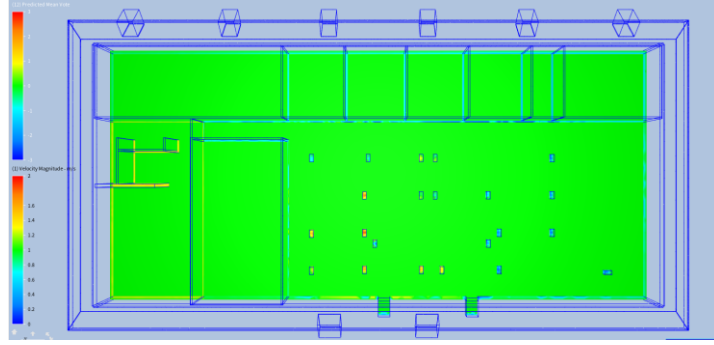
Simülasyon Girdileri	Kullanılan Değerler
Isı Üretimi	60 Watt (her insan için)
Hacimsel Debi (Klima)	10 m <sup>3</sup> /s
Sıcaklık (Klima)	18 °C
Hacimsel Debi (Rüzgar)	7.76 m <sup>3</sup> /s
Sıcaklık (Rüzgar)	36 °C
Isı İletim Katsayısı	0.13 W/mK
Basınç	0 Pa
İç Ortam Sıcaklığı	25 °C



**Şekil 4.26:** Hava hareketi.



**Şekil 4.27:** Sıcaklık.

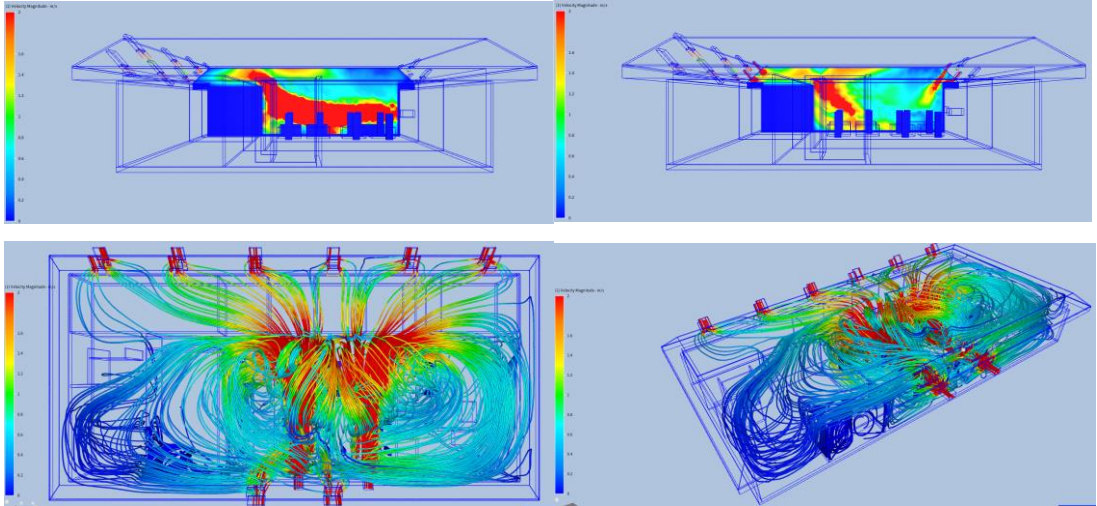


Şekil 4.28: PMV.

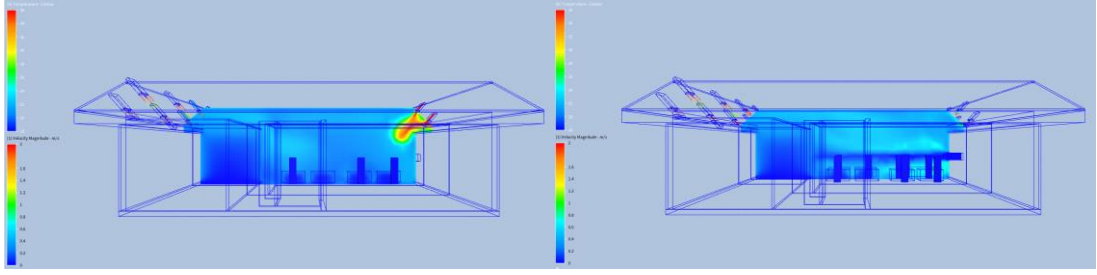
**ORW10\_RRW10\_IDC:** Çatı pencereleri %10 açık olduğu için iç ortamdaki hava değişimi etkili olmamaktadır. Ancak sıcaklık ve PMV simülasyon verilerine bakıldığında kullanıcılar için uygun iç ortam sıcaklığı sağlanmaktadır.

**Tablo 4.8:** Simülasyon girdileri ve kullanılan değerler.

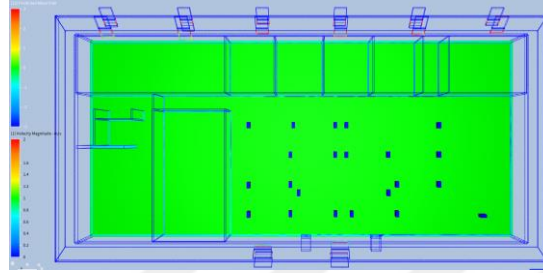
Simülasyon Girdileri	Kullanılan Değerler
Isı Üretimi	60 Watt (her insan için)
Hacimsel Debi (Klima)	10 m <sup>3</sup> /s
Sıcaklık (Klima)	18 °C
Hacimsel Debi (Rüzgar)	0.77 m <sup>3</sup> /s
Sıcaklık (Rüzgar)	36 °C
Isı İletim Katsayısı	0.13 W/mK
Basınç	0 Pa
İç Ortam Sıcaklığı	25 °C



Şekil 4.29: Hava hareketi



Şekil 4.30: Sıcaklık



Şekil 4.31: PMV

### 4.3.3 İç Ortamdaki Hava Hareketlerine Yönelik Geliştirilen Tasarım Simülasyonları

İç ortamdaki hava hareketlerine yönelik geliştirilen öneri simülasyonları pencere boyutları, konumları ve rüzgârdan daha verimli bir şekilde yararlanmayı sağlayan cephe elemanı önerilerine ilişkin simülasyonları içermektedir.

**Tablo 4.9:** İç ortamdaki hava hareketlerine yönelik geliştirilen öneri simülasyonu kodlamaları.

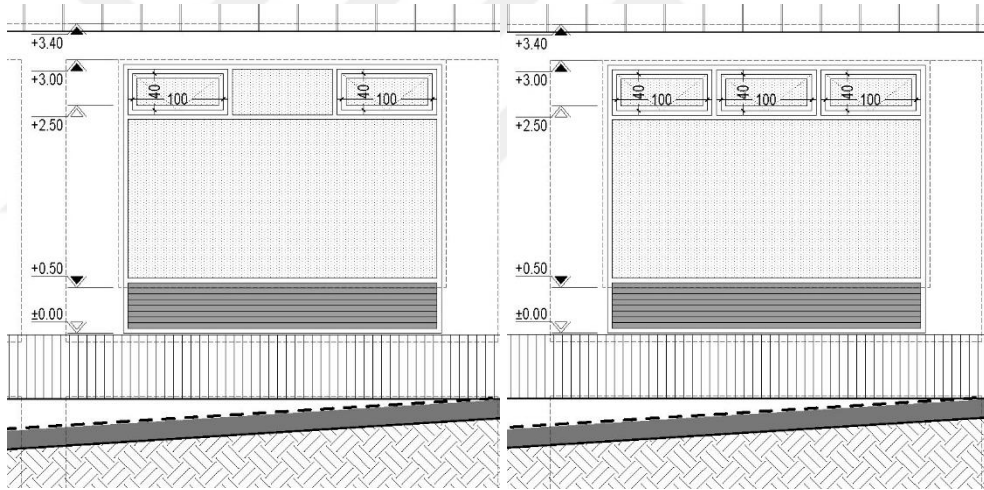
Doğal Havalandırma Stratejileri							
Simülasyon Kodu	Mevsim	Rüzgar Yönü	Rüzgar Hızı	Çatı Penceresi	Ofis Pencereleeri	İç Kapılar	Rüzgar Keççesi
ORW100_RRW100_OWS100_IDO	Kış	Kuzeydoğu	8,3 m/s	ORW100,RRW100	OWS100	IDO	x
ORW10_RRW10_OWS50_IDO	Kış	Kuzeydoğu	8,3 m/s	ORW10,RRW10	OWS50	IDO	x
ORW10_RRW10_OWP50_IDO	Kış	Kuzeydoğu	8,3 m/s	ORW10,RRW10	OWP50	IDO	x
ORW100_RRW100_OWP100_IDO	Kış	Kuzeydoğu	8,3 m/s	ORW100,RRW100	OWP100	IDO	x
ORW100_RRW100_OWS100_IDO_WC	Kış	Kuzeydoğu	8,3 m/s	ORW100,RRW100	OWS100	IDO	WC
ORW10_RRW10_OWS50_IDO_WC	Kış	Kuzeydoğu	8,3 m/s	ORW10,RRW10	OWS100	IDO	WC
ORW10_RRW10_OWP50_IDO_WC	Kış	Kuzeydoğu	8,3 m/s	ORW10,RRW10	OWP50	IDO	WC
ORW100_RRW100_OWP100_IDO_WC	Kış	Kuzeydoğu	8,3 m/s	ORW100,RRW100	OWP100	IDO	WC
ORW100_RRW100_OWS100_IDO	Yaz	Kuzeydoğu	7,76 m/s	ORW100,RRW100	OWS100	IDO	x
ORW100_RRW100_OWP100_IDO	Yaz	Kuzeydoğu	7,76 m/s	ORW100,RRW100	OWP100	IDO	x
ORW100_RRW100_OWS100_IDO_WC	Yaz	Kuzeydoğu	7,76 m/s	ORW100,RRW100	OWS100	IDO	WC
ORW100_RRW100_OWP100_IDO_WC	Yaz	Kuzeydoğu	7,76 m/s	ORW100,RRW100	OWP100	IDO	WC

### Kış Koşulları

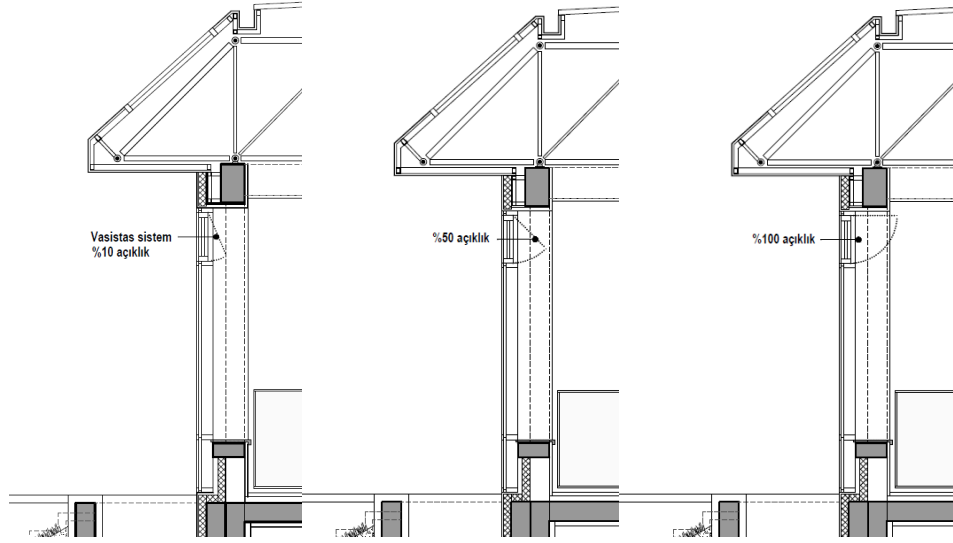
Simülasyonlarda 22.12.2021 tarihinin hava verileri kullanılmıştır. Bu simülasyonlarda rüzgâr hızı 8,3 m/s alınmış olup, rüzgâr yönü kuzeydoğudur.

**ORW100\_RRW100\_OWS100\_IDO:** Bu senaryoda, Şekil 4.32’de gösterilen açık ofis doğramaları, Şekil 4.33’teki gibi ortadaki kanadın da açılır hale getirilmiştir. Mevcut durumdaki vasistas sistemindeki gibi sadece %10 açıklık değil, kanadın %100 açılacak şekilde oluşturulduğu senaryo üzerinden çalışılmıştır. Şekil 4.34’te gösterilen kesitlerde açılır kanatların yüzdelikleri verilmiştir. Hava sirkülasyonu simülasyonda,

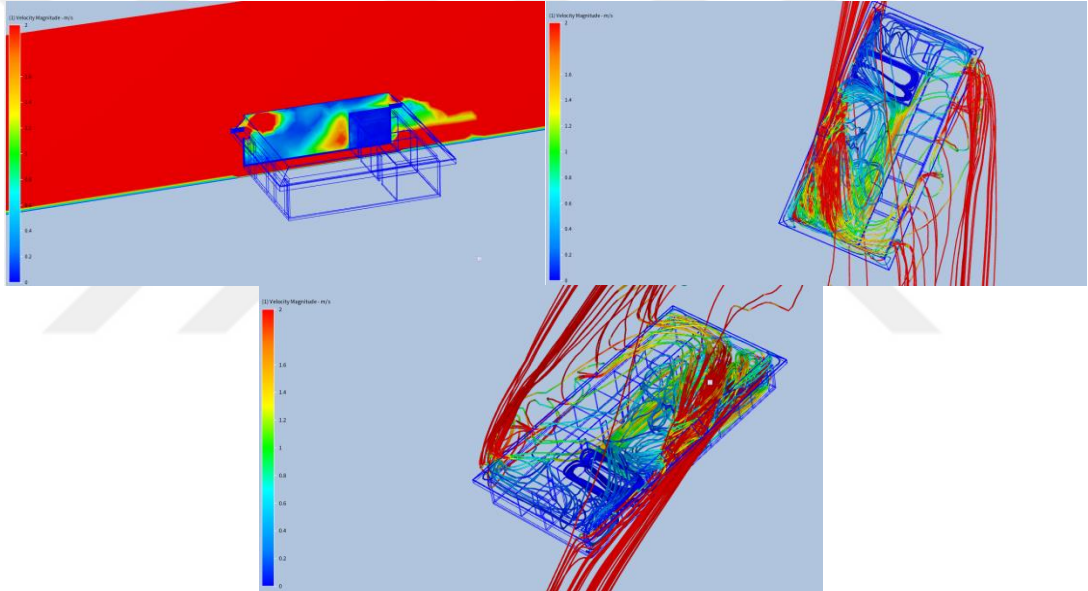
yoğun olarak mevcut durumdaki gibi üst kotlarda gerçekleşmektedir. Ancak oluşturulmuş olan bu senaryo ile açılır kanadı büyütülmüş açık ofis pencereleri sayesinde Şekil 4.35'te görüldüğü üzere iç ortamdaki hava sirkülasyonu artarak iç mekâna taze hava alışı arttığı görülmektedir. Açık ofis pencere açılır kanatların yerden yüksekliği 2.5 m olduğu için, ısınan ve kirli havanın tahliyesi için uygun olmakla birlikte, kullanıcı seviyesinde havalandırmaya izin vermemektedir. Ancak bu durum kış aylarında kullanım zonunun üstünde yer alan bir hareket olduğu için kullanıcı konforunu bozmadan bir havalandırma gerçekleştirilmesi açısından olumludur. ORW100\_RRW100\_IDO simülasyon karşılaştırıldığında görülüyor ki havalandırma daha çok sağlandığı için iç mekandaki hava hareketi yoğunluğu daha fazladır. Kış koşulları düşünüldüğünde iç ortamdaki termal konforun sağlanabilmesi adına bu kanatların %100 açık kullanımının gün boyunca değil, sadece belli aralıklarla yapılabileceği öngörülmektedir.



Şekil 4.32: Mevcut durumdaki doğrama. Şekil 4.33: Boyutu artırılmış doğrama.



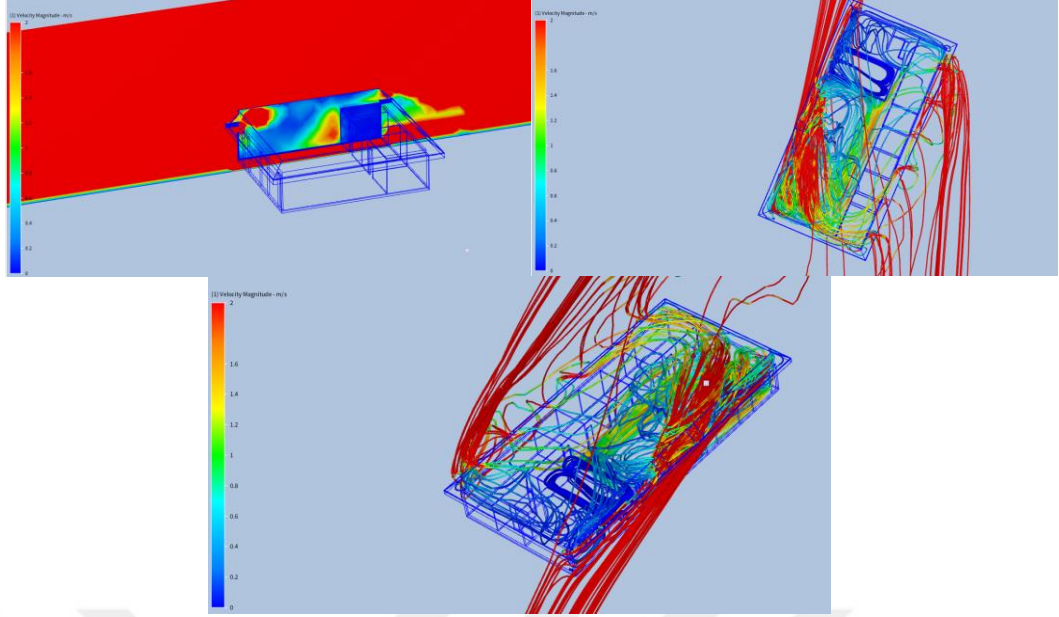
Şekil 4.34: Doğrama açıklıkları.



Şekil 4.35: ORW100\_RRW100\_0WS100\_IDO verileri.

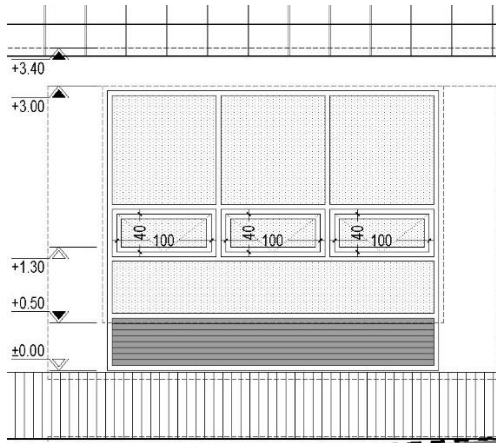
**ORW10\_RRW10\_0WS50\_IDO:** Bu senaryoyu mevcut durumdaki çatı pencerelerinin %10 açık olduğu ORW10\_RRW10\_IDO koduyla çalışılmış olan senaryo ile karşılaştırdığımızda iç ortamda gözle görülebilir farkta hava hareketine sahip olduğu görülmektedir. Bu durumun sebebi açılır kanadı artırılmış açık ofis pencerelerinin %50 açık olmasından kaynaklıdır. Bu senaryoda Şekil 4.36'daki hava hareketi verileri incelendiğinde hava hareketinin mevcut duruma göre artmış olduğu görülmektedir. Aynı zamanda bu durum açılır seviyesi daha az tutulduğu için iç ortamdaki termal konfor açısından da uygun bir alternatif olmaktadır.



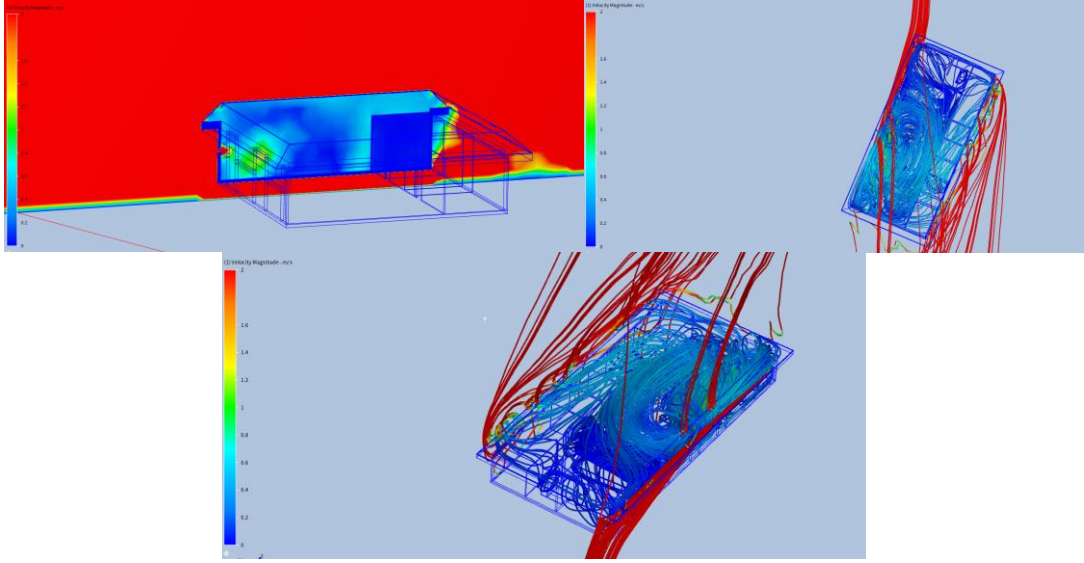


Şekil 4.36: ORW10\_RRW10\_0WS50\_IDO verileri.

**ORW10\_RRW10\_OWP50\_IDO:** Bu durumda çatı pencerelerinin sadece %10 açık olmasından daha çok, Şekil 4.37’de gösterilen açık ofis pencerelerinde açılır kanadın yerden 2.50 kotundan 1.30 kotuna çekilmesinden kaynaklı olarak iç ortamdaki hava hareketleri gözle görülebilir seviyededir. ORW10\_RRW10\_IDO simülasyonu ile kıyaslandığında bu durum daha net anlaşılmaktadır. Şekil 4.38’de kesit diyagramında görüldüğü üzere açılır kanatların konumundaki revizeden kaynaklı olarak kullanıcı seviyesinde hava hareketlerinin yoğunluğu gözlenmektedir. Bu durum kış mevsiminde iç ortam konfor koşulları açısından oldukça olumludur. Çünkü açıklık oranı az olduğu için kullanıcı konforunu termal açıdan olumsuz yönde etkilememektedir.

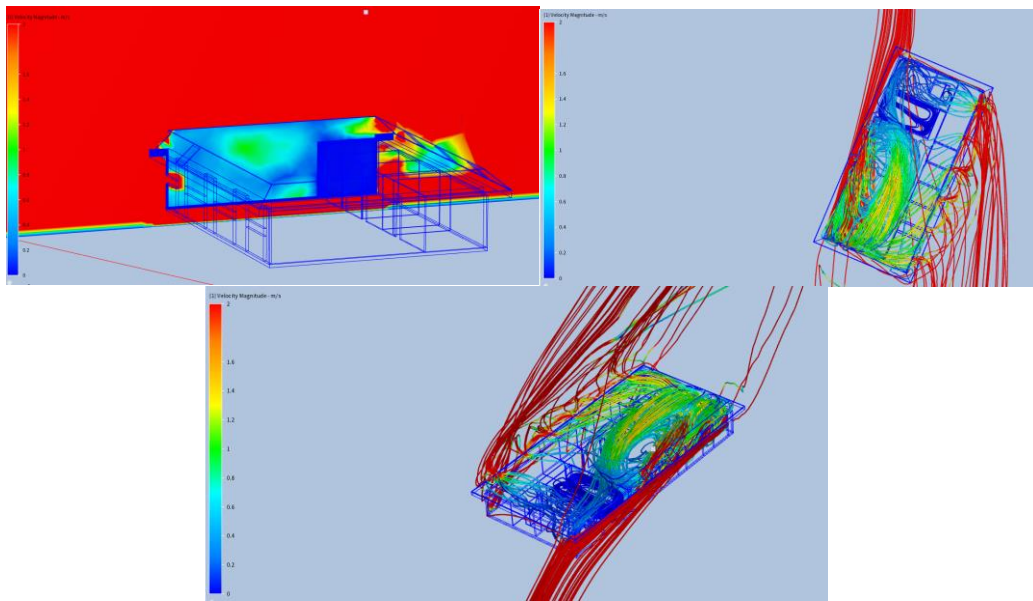


Şekil 4.37: Yerden yüksekliği yenilenen açık ofis pencereleri.



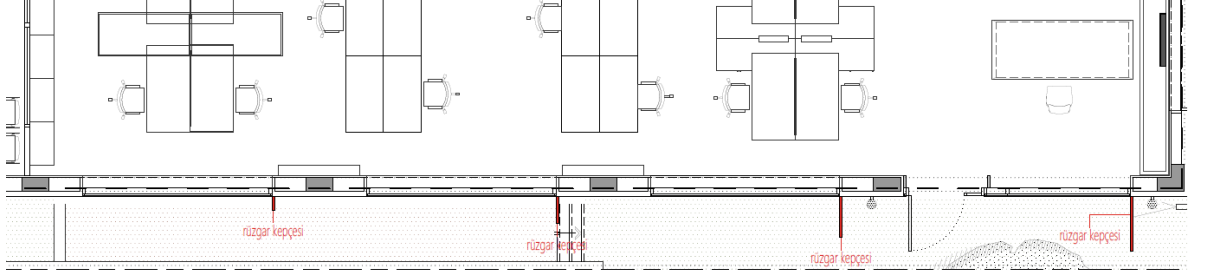
Şekil 4.38: ORW10\_RRW10\_OWP50\_IDO verileri.

**ORW100\_RRW100\_OWP100\_IDO:** Şekil 4.39’da kesit ve hava akış diyagramlarına bakıldığında açık ofis mahalinde hava hareketlerinin yoğunluğu gözlenebilmektedir. Bu durumun en büyük sebebi, ORW10\_RRW10\_OWP50\_IDO simülasyonu ile karşılaştırıldığında görülüyor ki çatı pencerelerindeki açıklık oranının artmasındansa açık ofis pencerelerindeki açılır kanatın 1.30 kotuna alınması ve %100 açık olmasıdır. Kullanıcı seviyesinde etkili bir havalandırma imkân sağlamaktadır. Bu durum kış mevsiminde iç ortam konfor koşullarını olumsuz etkilemektedir. Dolayısıyla kısa süreli ortam havalandırmaları için bu stratejinin tercihi kullanıcı konforu açısından önemlidir.



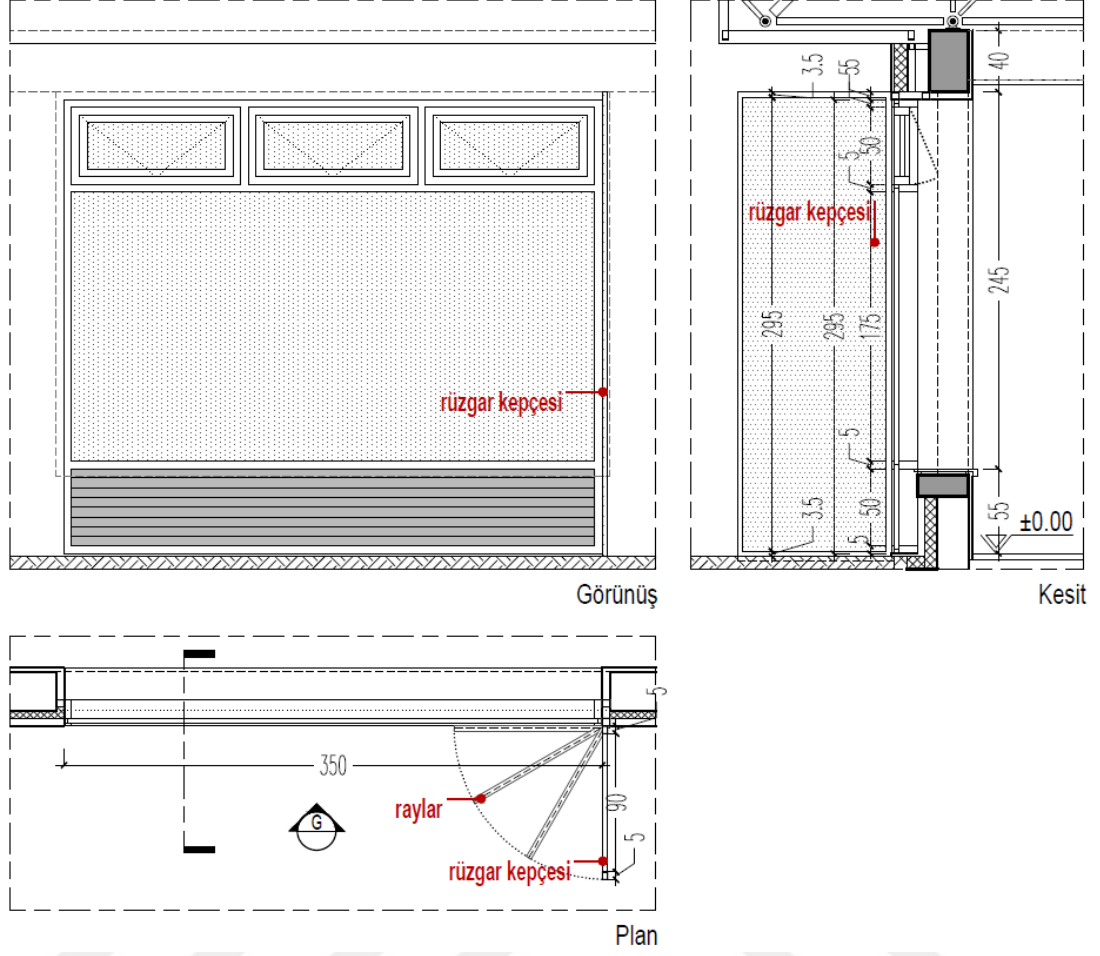
Şekil 4.39: ORW100\_RRW100\_OWP100\_IDO verileri.

**ORW100\_RRW100\_0WS100\_IDO\_WC:** Bu simülasyonda açık ofis cephe pencerelerinin önünde şekil 4.40’da plan üzerinden gösterilen rüzgârı içeri almaya yardımcı olan rüzgâr kepçesi cephe elemanları kullanılmıştır.



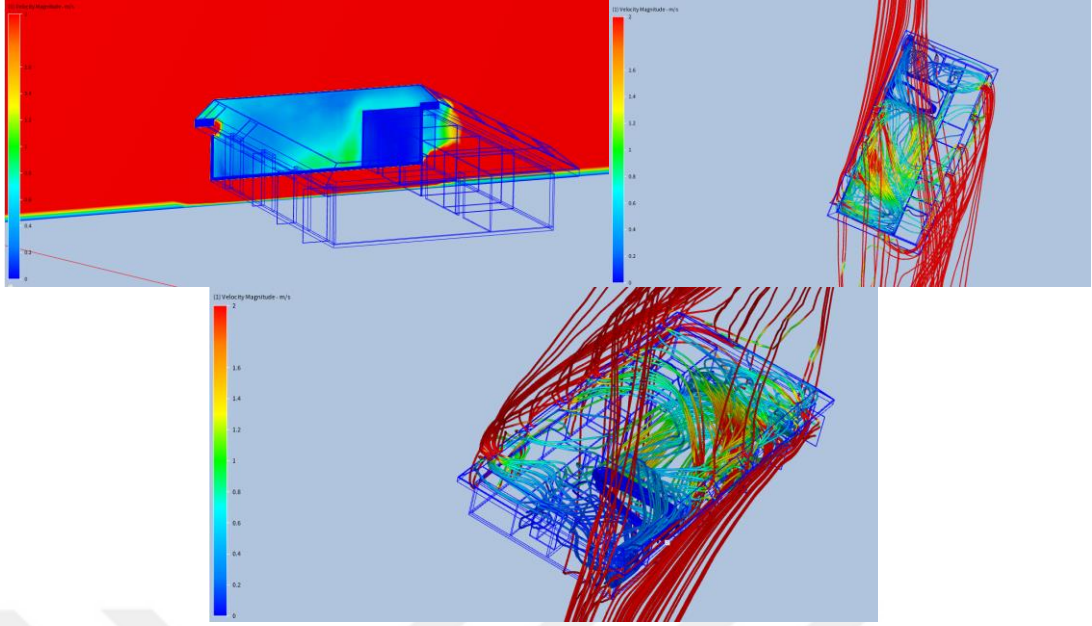
**Şekil 4.40:** Cephe Elemanı Rüzgâr Kepçeleri.

Şekil 4.41’de verilen rüzgâr kepçesi detayında, kutu profil çerçeve içine oturtulmuş perfore panel doğramanın kutu profiline monte edilmiştir. Kutu profil içerisine oturtulan perfore panel farklı malzeme ve boşluklara sahip panellerle değiştirilebilmektedir. Peyzaj kotunda sert zemine yerleştirilen farklı açılardaki raylar ile gün içinde rüzgârın yönü ve şiddetine göre rüzgâr kepçesinin açısı ayarlanabilmektedir. 4 farklı uzunluktaki rüzgâr kepçesi cephe elemanı aynı zamanda modüler sisteme sahip olup, birebirine eklenerek çıkarılabilir olarak tasarlanmıştır.



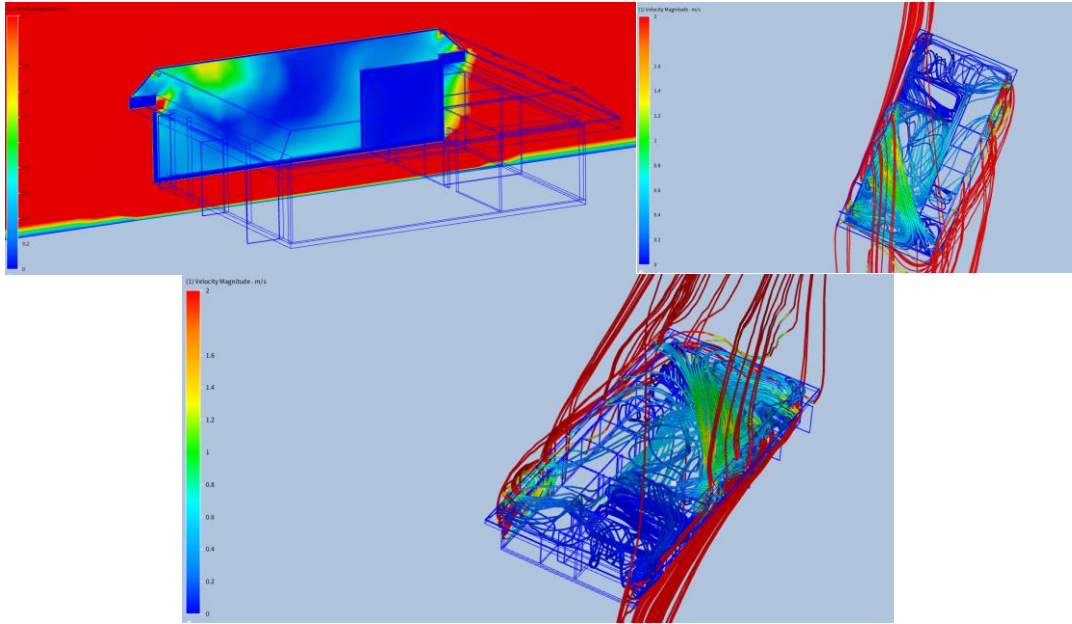
Şekil 4.41: Cephe Elemanı Rüzgâr Kepçesi Detayı.

Bu simülasyonu ORW100\_RRW100\_0WS100\_IDO kodlu simülasyondan tek farkı açık ofis pencerelerinde rüzgâr kepçesi cephe elemanının kullanımınıdır. Bu simülasyonları karşılaştırdığımızda rüzgâr kepçesinin iç mekâna alınan taze hava açısından önemi gözlenmektedir. Şekil 4.42’de açık ofiste oluşan rüzgâr hareketinin artmış olmasından anlaşılmaktadır. Ancak bu durum kış mevsiminde iç ortam konfor koşullarını olumsuz etkilemektedir. Dolayısıyla kısa süreli ortam havalandırmaları için bu stratejinin tercihi kullanıcı konforu açısından önemlidir.



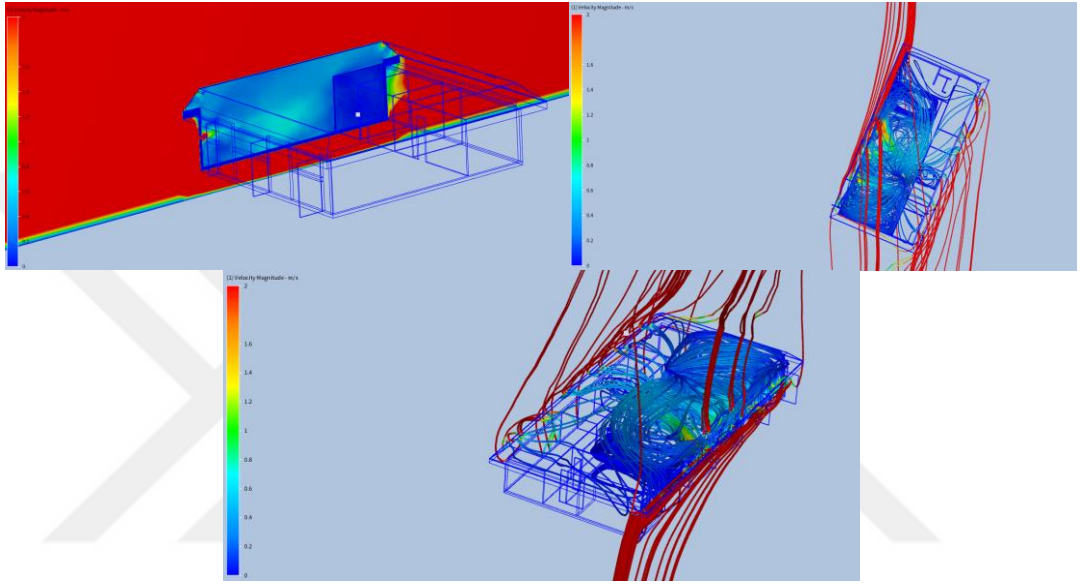
Şekil 4.42: ORW100\_RRW100\_0WS100\_IDO\_WC verileri.

**ORW10\_RRW10\_0WS50\_IDO\_WC:** Bu simülasyonda da şekil 4.40’da plan üzerinden gösterilen rüzgârı içeri almaya yardımcı olan rüzgâr kepçesi cephe elemanları kullanılmıştır. ORW100\_RRW100\_0WS100\_IDO\_WC simülasyonuna göre bu simülasyonda açıklıklar azaltıldığı için kış mevsimi açısından bu önerinin hava sıcaklığı az olduğu dönemlerde tercih edilmesi olasıdır. Şekil 4.43’de da kesit ve hava akış diyagramlarında görüleceği üzere üst kotlarda kirlenen yükselmiş havanın yerini taze hava almasını sağlamaktadır.



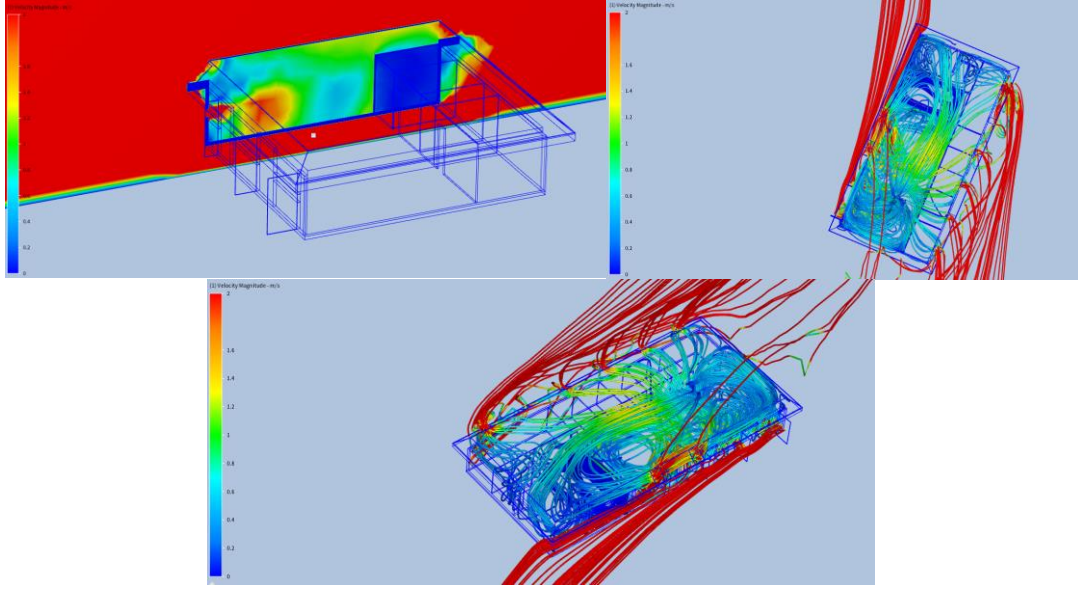
Şekil 4.43: ORW10\_RRW10\_0WS50\_IDO\_WC verileri.

**ORW10\_RRW10\_OWP50\_IDO\_WC:** Bu simülasyonda da şekil 4.40'ta plan üzerinden gösterilen rüzgârı içeri almaya yardımcı olan rüzgâr kepçesi cephe elemanları kullanılmıştır. ORW100\_RRW100\_0WP100\_IDO\_WC simülasyonuna göre bu simülasyonda açıklıklar azaltıldığı için kış mevsimi açısından bu önerinin hava sıcaklığı az olduğu dönemlerde tercih edilmesi olasıdır. Şekil 4.44'te de kesit ve hava akış diyagramlarında görüleceği üzere üst kotlarda kirlenen yükselmiş havanın yerini taze hava almasını sağlamaktadır.



Şekil 4.44: ORW10\_RRW10\_OWP50\_IDO\_WC verileri.

**ORW100\_RRW100\_0WP100\_IDO\_WC:** Bu simülasyonda şekil 4.40'ta plan üzerinden gösterilen rüzgârı içeri almaya yardımcı olan rüzgâr kepçesi cephe elemanları kullanılmış olup, açık ofis pencerelerindeki açılır kanatın 1.30 kotuna alınmıştır. Bu simülasyonu ORW100\_RRW100\_0WP100\_IDO kodlu simülasyondan tek farkı açık ofis pencerelerinde rüzgâr kepçesi cephe elemanının kullanımınıdır. Bu simülasyonları karşılaştırdığımızda rüzgâr kepçesinin iç mekâna alınan taze hava açısından önemi gözlenmektedir. Şekil 4.45'te açık ofiste oluşan rüzgâr hareketinin artmış olmasından anlaşılmaktadır. Ancak bu durum kış mevsiminde iç ortam konfor koşullarını olumsuz etkilemektedir. Dolayısıyla kısa süreli ortam havalandırmaları için bu stratejinin tercihi kullanıcı konforu açısından önemlidir.

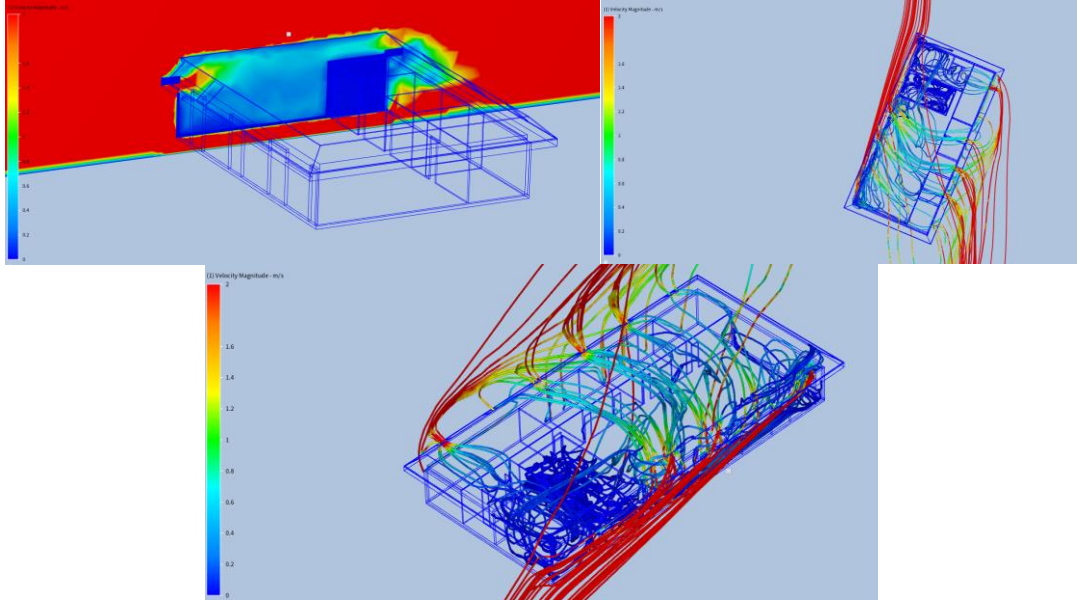


Şekil 4.45: ORW100\_RRW100\_OWP100\_IDO\_WC verileri.

### Yaz Koşulu

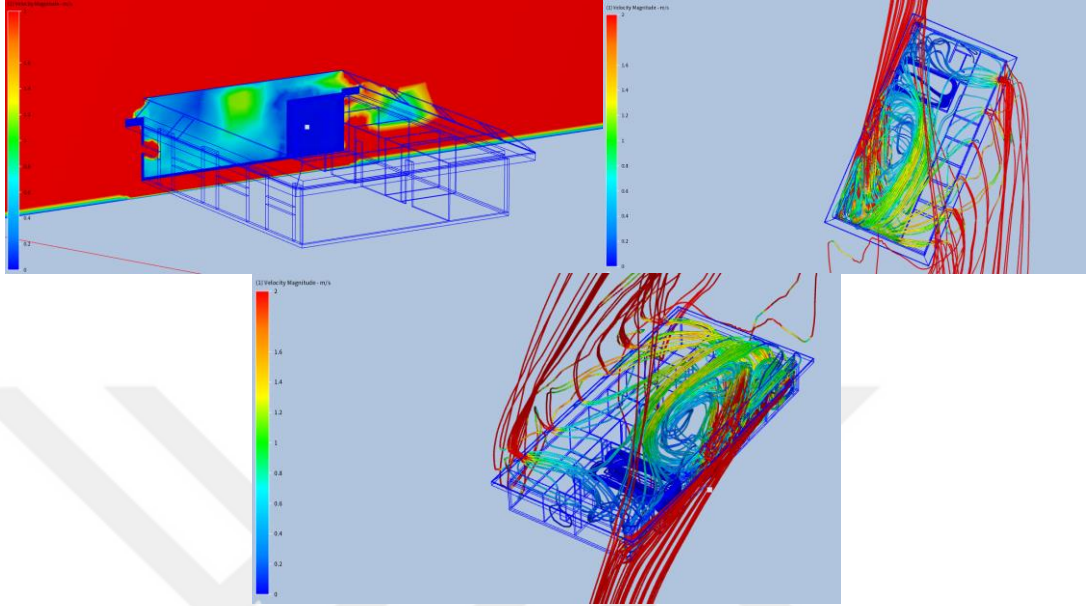
Simülasyonlarda 29.08.2021 tarihinin aşağıdaki hava verileri kullanılmıştır. Bu simülasyonlarda rüzgâr hızı 7,76 m/s alınmış olup, rüzgâr yönü kuzeydoğudur.

**ORW100\_RRW100\_0WS100\_IDO:** Pencere boyutlarında yapılan artış sebebiyle iç mekandaki hava hareketleri artmıştır. Yaz koşulları olduğu için bu havalandırma tercihi tüm gün boyunca tercih edilebilir.



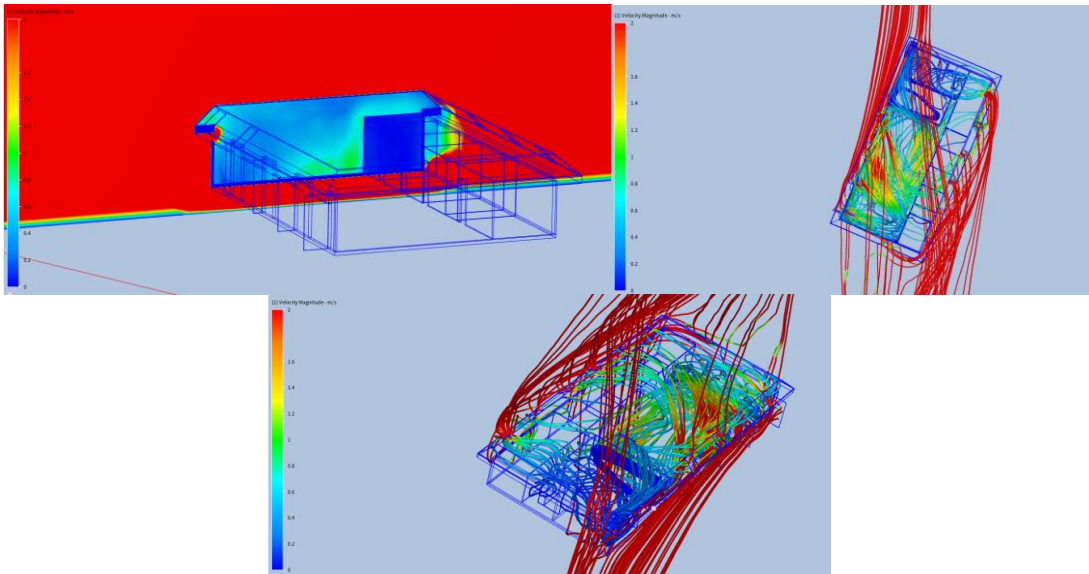
Şekil 4.46: ORW100\_RRW100\_0WS100\_IDO verileri.

**ORW100\_RRW100\_OWP100\_IDO:** Pencere konumunda yapılan değişiklik sebebiyle iç mekandaki hava hareketleri artmıştır. Yaz koşulları olduğu için bu havalandırma tercihi tüm gün boyunca tercih edilebilir.



Şekil 4.47: ORW100\_RRW100\_OWP100\_IDO verileri.

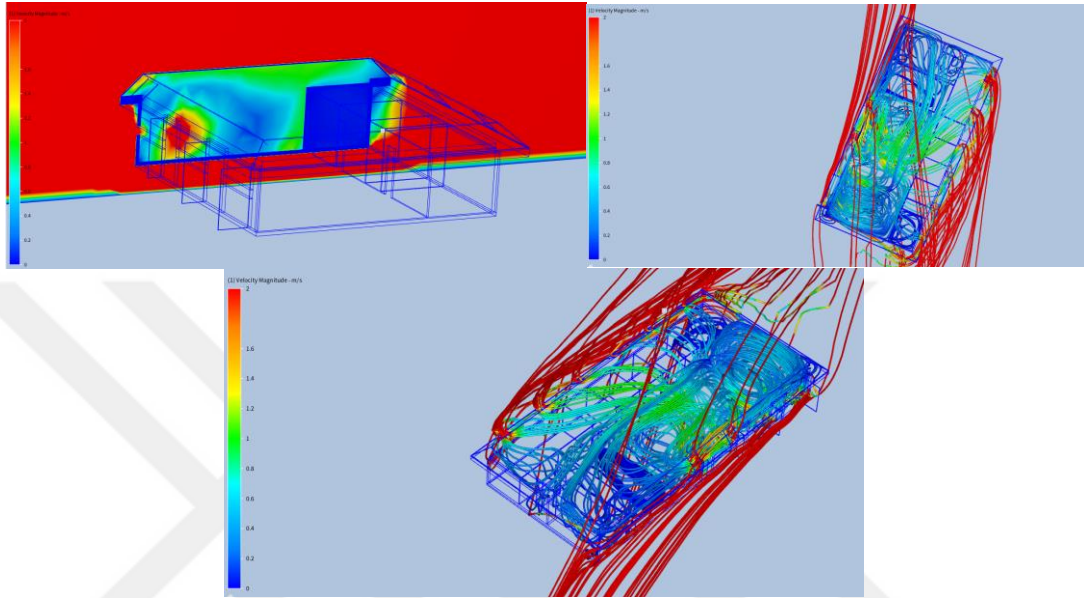
**ORW100\_RRW100\_OWS100\_IDO\_WC:** Hem rüzgâr kepçesi hem de pencere boyutlarında yapılan artış sebebiyle iç mekandaki hava hareketleri artmıştır. Ancak ORW100\_RRW100\_OWS100\_IDO simülasyonu ile kıyaslandığında görülüyor ki asıl artırıcı sebep rüzgâr kepçesidir. Yaz koşulları olduğu için bu havalandırma tercihi tüm gün boyunca tercih edilebilir.



Şekil 4.48: ORW100\_RRW100\_OWS100\_IDO\_WC verileri.



**ORW100\_RRW100\_OWP100\_IDO\_WC:** Hem rüzgâr kepçesi hem de pencere konumunda yapılan değişiklik sebebiyle iç mekandaki hava hareketleri artmıştır. Ancak ORW100\_RRW100\_0WP100\_IDO simülasyonu ile kıyaslandığında görülüyor ki asıl artırıcı sebep rüzgâr kepçesidir. Yaz koşulları olduğu için bu havalandırma tercihi tüm gün boyunca tercih edilebilir.



Şekil 4.49: ORW100\_RRW100\_OWP100\_IDO\_WC veriler.

#### 4.4 Simülasyon Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Tablo 4.10’da verilen kış mevsimi hava hareketi simülasyonlarına bakıldığında mevcut açık ofis pencere boyutlarının büyütüldüğü ve rüzgâr kepçelerinin eklendiği ORW10\_RRW10\_OWP50\_IDO\_WC simülasyonu ile kış mevsimi için hem doğal havalandırma hem de termal konfor için en uygun seçenek olduğu görülmektedir.

**Tablo 4.10:** Kış mevsimi hava hareketi simülasyonları.

<b>Simülasyon Kodu</b>	<b>Simülasyon Türü</b>	<b>Özet</b>
ORW10_RRW10_IDO	Mevcut Durumda İç Ortamdaki Hava Hareketleri	Hava hareketi az seviyede kalmış olup, iç mekâna yetersiz taze hava alış söz konusudur.
ORW100_RRW100_IDO	Mevcut Durumda İç Ortamdaki Hava Hareketleri	İç mekânda hava hareketi yeterli miktardadır, ancak kış mevsimi olduğu için çatı pencerelerinin %100 açık olarak sadece kısa süreli havalandırma tercihlerinde kullanılabilir.
RRW100_OW100_IDC	Mevcut Durumda İç Ortamdaki Hava Hareketlerine Yönelik Öneriler	İç mekânda taze hava alış yeterli seviyededir. Karşılıklı çatı pencerelerinin açık olmasındansa alt kotlarda açılan bir pencere kanadı ve karşısındaki çatı penceresinin açık olduğu bu simülasyonda mevcut durum simülasyonlarına göre taze hava alış miktarının artmış olduğu görülmektedir.
RRW10_OW50_IDC	Mevcut Durumda İç Ortamdaki Hava Hareketlerine Yönelik Öneriler	Mevcut durumdaki karşılıklı çatı pencerelerinin %10 açık olması durumuna göre iç mekânda daha fazla hava hareketi olduğu görülmektedir.

**Tablo 4.10'nun devamı.**

RRW100_OW100_RW100_IDO	Mevcut Durumda İç Ortamdaki Hava Hareketlerine Yönelik Öneriler	Yapıdaki açık ofis ve diğer ofis odalarının açıklıkları ve oda tarafındaki çatı pencereleri %100 açık olduğu için çapraz havalandırma simülasyon verilerinde maksimum düzeyde okunmaktadır. Ancak iç mekandaki termal konforun korunması için uzun süreli bu havalandırma stratejisinin kış mevsiminde seçilmesi kullanışsız olacaktır.
RRW10_OW50_RW50_IDO	Mevcut Durumda İç Ortamdaki Hava Hareketlerine Yönelik Öneriler	Bu stratejide, çapraz havalandırma maksimum düzeyde sağlanmasının yanı sıra açıklıklar %10 ve %50 olduğu için kış mevsiminde bu kullanımı olumludur.
ORW100_RRW100_OWS100_IDO	İç Ortamdaki Hava Hareketlerine Yönelik Geliştirilen Tasarım Simülasyonları	Hem çatı pencerelerinin %100 açık olması hem de açık ofisteki pencerelerde açılır kanatların boyutlarının büyütülmesiyle iç mekânda maksimum düzeyde havalandırma sağlanmıştır.
ORW10_RRW10_OWS50_IDO	İç Ortamdaki Hava Hareketlerine Yönelik Geliştirilen Tasarım Simülasyonları	Açık ofis pencerelerinde açılır kanatların büyümesiyle açıklık oranının %10 ve %50 oranlarında tutulmasına rağmen iç mekânda taze hava alış miktarı oldukça iyi bir düzeydedir. Kış mevsimi için kullanışlı bir stratejidir.

**Tablo 4.10'nun devamı.**

ORW10_RRW10_OWP50_IDO	İç Ortamdaki Hava Hareketlerine Yönelik Geliştirilen Tasarım Simülasyonları	Açık ofis pencerelerinde açılır kanatların alt kota alınmasıyla taze hava alış miktarı oldukça iyi bir düzeydedir. Kış mevsimi için kullanışlı bir stratejidir.
ORW100_RRW100_OWP100_IDO	İç Ortamdaki Hava Hareketlerine Yönelik Geliştirilen Tasarım Simülasyonları	Açık ofis pencerelerinde açılır kanatların alt kota alınmasıyla taze hava alış miktarı oldukça iyi bir düzeydedir. Ancak hava açıklıklar %100 açık olduğu için kısa süreli havalandırma için uygundur.
ORW100_RRW100_OWS100_IDO_WC	İç Ortamdaki Hava Hareketlerine Yönelik Geliştirilen Tasarım Simülasyonları	Tüm çatı pencerelerinin açık olduğu ve açık ofis pencerelerinin açılır kanatlarının büyütüldüğü bu simülasyona rüzgâr kepeçlerinin de eklenmesiyle iç mekandaki hava hareket maksimum seviyeye ulaşmıştır.
ORW10_RRW10_OWS50_IDO_WC	İç Ortamdaki Hava Hareketlerine Yönelik Geliştirilen Tasarım Simülasyonları	Kış koşullarında maksimum verimin alındığı stratejidir. Hem iç mekânda termal konfor için hem de taze hava alış için en iyi simülasyon verilerine sahiptir.
ORW10_RRW10_OWP50_IDO_WC	İç Ortamdaki Hava Hareketlerine Yönelik Geliştirilen Tasarım Simülasyonları	Kış koşullarında iyi ölçekte verimin alındığı stratejidir. Hem iç mekânda termal konfor için hem de taze hava alış sağlamaktadır.

**Tablo 4.10'nun devamı.**

ORW100_RRW100_OWP100_IDO_WC	İç Ortamdaki Hava Hareketlerine Yönelik Geliştirilen Tasarım Simülasyonları	Tüm çatı pencerelerinin açık olduğu ve açık ofis pencerelerinin açılır kanatlarının alt kota alındığı bu simülasyona rüzgâr kepeçlerinin de eklenmesiyle iç mekandaki hava hareketi oldukça artmıştır.
-----------------------------	---	--

Tablo 4.11'de verilen yaz mevsimi hava hareketi simülasyonlarına bakıldığında mevcut açık ofis pencere boyutlarının büyütüldüğü ve rüzgâr kepeçlerinin eklendiği ORW100\_RRW100\_OWP100\_IDO\_WC simülasyonu ile doğal havalandırma için en uygun seçenek olduğu görülmektedir. Yaz mevsiminde iç mekândaki termal konfor seviyesi için bir hassasiyet söz konusu olmadığı için açıklıkların %100 açık olmasında bir sakınca bulunmamakla birlikte, iç mekânda hava hareketinin en yoğun olduğu simülasyon verilerinde gözlemlenmiştir. İç mekandaki hava hareket hızının yüksek seviyede olması durumu, iç mekâna taze alış yoğunluğu göstermektedir.

**Tablo 4.11: Yaz mevsimi hava hareketi simülasyonları.**

Simülasyon Kodu	Simülasyon Türü	Özeti
ORW100_RRW100_RW100_IDO	Mevcut Durumda İç Ortamdaki Hava Hareketleri	Bu simülasyonda mevcut durumdaki tüm açılır kanatlar açık olduğu için iç ortamdaki hava hareketleri yüksek düzeydedir.
RRW100_OW100_IDC	Mevcut Durumda İç Ortamdaki Hava Hareketlerine Yönelik Öneriler	Ofis odaları tarafındaki çatı pencereleri ile açık ofis açılır kanatlarının açık olmasıyla çapraz havalandırma etkisiyle iç mekandaki taze havanın dağılımı sağlanmıştır.

**Tablo 4.11'in devamı.**

RRW100_OW100_RW100_IDC	Mevcut Durumda İç Ortamdaki Hava Hareketlerine Yönelik Öneriler	Ofis odalarındaki ve açık ofisteki açılır kanatlar, ofis odaları tarafındaki çatı pencerelerinin açık olması ile çapraz havalandırma etkisi görülmektedir.
ORW100_RRW100_OWS100_IDO	İç Ortamdaki Hava Hareketlerine Yönelik Geliştirilen Tasarım Simülasyonları	Hem çatı pencerelerinin %100 açık olması hem de açık ofisteki pencerelerde açılır kanatların boyutlarının büyütülmesiyle iç mekânda maksimum düzeyde havalandırma sağlanmıştır.
ORW100_RRW100_OWP100_IDO	İç Ortamdaki Hava Hareketlerine Yönelik Geliştirilen Tasarım Simülasyonları	Açık ofis pencerelerinde açılır kanatların alt kota alınmasıyla taze hava alış miktarı oldukça iyi bir düzeydedir. Ancak hava açıklıklar %100 açık olduğu için kısa süreli havalandırma için uygundur.
ORW100_RRW100_OWS100_IDO_WC	İç Ortamdaki Hava Hareketlerine Yönelik Geliştirilen Tasarım Simülasyonları	Tüm çatı pencerelerinin açık olduğu ve açık ofis pencerelerinin açılır kanatlarının büyütüldüğü bu simülasyona rüzgâr kepeçlerinin de eklenmesiyle iç mekandaki hava hareket maksimum seviyeye ulaşmıştır.

**Tablo 4.11'in devamı.**

ORW100_RRW100_OWP100_IDO_WC	İç Ortamdaki Hava Hareketlerine Yönelik Geliştirilen Tasarım Simülasyonları	Tüm çatı pencerelerinin açık olduğu ve açık ofis pencerelerinin açılır kanatlarının alt kota alındığı bu simülasyona rüzgâr kepeçlerinin de eklenmesiyle iç mekandaki hava hareketi oldukça artmıştır.
-----------------------------	---	--



## BÖLÜM V

### 5. SONUÇ

İç ortam hava kalitesi, son yıllarda, iç ortam konforunu belirleyen diğer parametrelerle birlikte en çok üzerinde durulan ve kullanıcı sağlığı açısından uygun koşulları araştırılan konu olmuştur. Özellikle son iki yıldır tüm dünyayı etkileyen Covid-19 pandemisi nedeniyle, kapalı alanda, doğal havalandırma ve mekanik havalandırmaya dayalı koşulların yeniden düzenlenmesi gereksinimi doğmuştur. Bu tez kapsamında, mekanik havalandırma tamamen göz ardı edilerek, mimari çözümlerle oluşturulabilecek (pencere boyutları, konumları, sayısı vb.) doğal havalandırma prensipleri ile sınırlandırılmıştır.

Tez kapsamında, Ankara'daki bir ofis yapısının, ölçümlere dayalı iç ortam hava kalitesi belirlenmiş, kullanıcılarla yapılan anket ile, kullanıcı memnuniyetine yönelik değerlendirme yapılmış ve bina Autodesk CFD simülasyon programında modellenerek, doğal havalandırma koşulları analiz edilmiştir.

Tez kapsamında izlenilmesi planlanan yöntemle göre, öncelikle iç ortam hava kalitesi ve sağlıklı çevre bağlamında binalarda kullanıcı odaklı doğal havalandırma stratejileri geliştirmek için iç ortam hava kalitesi, kapalı mekânlarda kullanıcı konforu ve insan sağlığı ve doğal havalandırma ile ilgili kavramlar ele alınmıştır. Literatürden edinilen bilgiler ışığında, alan çalışması için seçilen Ankara'daki ofis yapısı ile ilgili veri toplanmaya başlanmıştır. Alan çalışmasının ilk basamağı, iç ortam hava kalitesi, kullanıcı profili, konfor düzeyi, şikâyetleri, mekanik/doğal havalandırma alışkanlıklarını belirlemek adına bir anket uygulamasının yapılmasıdır. Ankete dayalı sonuçlara bakıldığında, kullanıcıların buldukları ortamın ısı konforundan ve hava kalitesinden memnuniyet durumlarının pek de yüksek olmadığı, kullanıcıların yarısına yakınının şikâyetçi olduğu anlaşılmıştır. Kullanıcı iç ortamda ihtiyaç duyduğu konfor için, ısıtma-soğutma ayarları ve pencerelerin açılıp kapanmasının kontrol edebilmek istediğini bildirmiştir. Ayrıca, iç ortamda yapılan kirletici ölçümleri ile, CO<sub>2</sub> miktarı üzerinden, iç ortamda taze hava gereksinimi anlaşılmasına çalışılmıştır. Kullanıcı anketi



ile uyumlu şekilde, iç ortamda kullanıcının kontrol edebildiği doğal havalandırma ile, iç ortam hava kalitesinin artmasının mümkün olduğu anlaşılmıştır. Doğal havalandırmaya dayalı iç mekân hava kalitesinin arttırılabilmesinde, iç ortam hava sirkülasyonunun nasıl gerçekleştiğini anlayabilmek ve daha iyi sonuç elde edebilmeye yönelik stratejileri belirleyebilmek için hava akış ve termal davranışları içeren simülasyon çalışmaları yapılmıştır. Simülasyon sonuçlarında, etkili bir iç ortam sirkülasyonu için, mevcut duruma tasarım önerileri getirilmesi gerektiği anlaşılmıştır. Sonuç olarak, mevcut hali ile pencerelerin yönleri, sayıları ve konumları, etkin ve yeterli bir doğal havalandırma için uygun bulunmamıştır. Mekânsal planlamada, açık ofisin olduğu, bir başka deyişle bir arada çalışmakta olan çok sayıda kullanıcının olduğu alanda doğal havalandırma için, daha fazla sayıda pencereye ya da rüzgârı yönlendiren cephe elemanlarına gereksinim vardır. Pencerelerin ve cephe elemanlarının kullanıcı kontrollü olacak şekilde, birkaç farklı düzeyde açılabilir olmasının sağlanması gerekmektedir.

Tez kapsamında ele alınan simülasyonlardan ORW10\_RRW10\_OWP50\_IDO\_WC kodlu simülasyon, kış koşulları için en iyi sonucu vermektedir. Bu simülasyonda, her iki cephedeki çatı pencereleri %10 açık olup, açık ofisteki açılır kanatların kotlarının aşağı alınıp cephe doğramalarına rüzgâr keçesi takılmaktadır. Çatı penceresi ve açık ofis doğramalarının tamamen değil kısmen açık olmasıyla iç ortamdaki termal konforda bir hassasiyet yaratmamakla birlikte iç mekânda uzun süreli havalandırma yapılabilir. Bu sayede iç ortamdaki havadan kirleticiler birikmeden, kirli hava dışarıya verilebilmektedir. Aynı zamanda iç mekâna taze hava alımı düzenli olarak sağlanmıştır. ORW100\_RRW100\_OWP100\_IDO\_WC kodlu simülasyon ise yaz koşulları için en iyi sonucu vermektedir. Bu simülasyonda, her iki cephedeki çatı pencereleri %100 açık olup, açık ofisteki açılır kanatların kotlarının aşağı alınıp cephe doğramalarına rüzgâr keçesi takıldığı simülasyondur. Bu senaryoda, iç mekâna maksimum derecede taze hava girişi ve kirli hava çıkışı sağlanmaktadır. Yaz koşullarında, iç mekânda termal konfor açısından hassasiyet bulunmadığı için taze hava giriş için maksimum düzeyi veren senaryo uygun olmuştur. Bu tez kapsamında, doğal havalandırma potansiyelini artıracak tasarım stratejileri ortaya koyulurken, uygulanabilir olması düşünülerek cephe elemanlarına yönelik stratejiler üretilmiştir.

İç ortam hava kalitesinin yıl boyunca sağlanabilmesinde, etken faktörlerden biri olan doğal havalandırma, aynı zamanda iç ortamın ısı konforunu bozabilmekte,

Özellikle kışın ısı kaybı nedeniyle daha fazla enerji tüketilmesine neden olmaktadır. Tez kapsamında, enerji verimliliği üzerine bir çalışma yapılmamış olup, gelecekte, elde edilen veriler ışında alternatif havalandırma tekniklerinin araştırılması gerektiği düşünülmektedir.



## KAYNAKÇA

- AKDAĞ SEZEN Güllü (2002), *İstanbul'un Eski Ahşap Evleri ve Civarındaki Betonarme Binaların; Hava, Toprak ve Yapı Malzemelerindeki Radon, Radyum Konsantrasyonlarının Tayini ve Kıyaslaması* (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Alkazar (2023), *Alkazar Teknoloji*, <https://alkazar.com.tr/Termal-Konfor.pdf>, ET. 8.1.2023.
- AKMAN And (2005), "İnsan Sağlığı, Sağlıklı Yapı ve Yapı Biyolojisi", *Yapı Dergisi*, Sayı 279, ss. 89 – 92.
- ALPTEKİN Orkun (2007), *Binalarda İç Hava Kalitesi Toz Partiküllerinin İç Mekân Hava Kalitesi Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- ASHRAE (2022), *ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2022 Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality*. <https://www.ashrae.org/technical-resources/standards-and-guidelines/read-only-versions-of-ashrae-standards>, ET. 8.1.2023.
- Autodesk (2023), *Autodesk CFD: Simulation software for engineering complex liquid, gas, and air systems*, <https://www.autodesk.com/products/cfd/overview>, ET. 26.1.2023.
- BALANLI Ayşe ve TUNA TAYGUN Gökçe (2005), "Yapı Biyolojisi ve Asbest", *Mimar.İst Dergisi*, Sayı 16, ss. 107 –110.
- BALANLI Ayşe, VURAL Müjdem ve TUNA TAYGUN Gökçe (2004), "Yapı Ürünlerindeki Radonun Yapı Biyolojisi Açısından İrdelenmesi", *Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi*, İstanbul.
- BULUT Hüsamettin (2012), "Havalandırma ve İç Hava Kalitesi Açısından CO<sub>2</sub> Miktarının Analizi", *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, Sayı 128, ss. 61–70.
- CIBSE (2021), *COVID-19 Ventilation Guidance Version 4*. [https://www.pps.co.com/wp-content/uploads/2020/11/Covid\\_19\\_Ventilation\\_guidance\\_v4.pdf](https://www.pps.co.com/wp-content/uploads/2020/11/Covid_19_Ventilation_guidance_v4.pdf), ET. 8.1.2023.

- ÇAĞLAR Büşra (2020), “The Importance of the Design for Human Principle in the Indoor Air Quality”, *Sürdürülebilir Mühendislik Uygulamaları ve Teknolojik Gelişmeler Dergisi*, Sayı 2, ss. 63–76.
- ÇAKIROĞLU ÖZTEKER, Seden S. (2005), “Ekolojik Tasarımda Mimari Tesisat İlişkileri”, *TTMD Dergisi*, Sayı 36, ss. 13-14.
- DARÇIN Polat (2008), *Yapı İçi Hava Kirliliğinin Giderilmesinde Doğal Havalandırma İlkeleri* (Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- EPA (2021), Environmental Protection Agency, *Volatile Organic Compounds' Impact on Indoor Air Quality*, <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/volatile-organic-compounds-impact-indoor-air-quality>, ET. 30.5.2021.
- GÜNAY Osman, AKÖZCAN Serpil ve KULALI Feride (2018), “Bina İçi Radon Konsantrasyonlarının Belirlenmesi”, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, Sayı 13, ss.91-97. DOI: 10.31590/ejosat.442702
- HABİBAZARFARD Hadi (2016), *İç Ortam Hava Kalitesinin Poyrazmatik ile İyileştirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- HABİBZADEH, Aillar (2018). *Konut yapılarında doğal havalandırmanın önemi ve badgir bağlamında günümüz koşullarında değerlendirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- HOŞTEN Gülüzar ve YALBAY Necla (2018), “Kapalı Ortam Hava Kalitesinin Ofis Ortamlarında İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi”, *Aydın Sağlık Dergisi*, Sayı 2 , ss.1-12, <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/654411>, ET. 8.1.2023.

- KARAMAN Esra (2013), *İç Ortam Hava Kalitesinin İyileştirilmesinde Gümüş İyonları İçeren PVC Malzemelerin Antimikrobiyal Etkisinin Belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- KLEIVEN Tommy (2003), *Natural Ventilation in Buildings: Architectural Concepts, Consequences and Possibilities* (Doktora Tezi), Norwegian University of Science and Technology Faculty of Architecture and Fine Art, Trondheim.
- KUTLU Rana (2018), “The Effects of Environmental Factors on Space Quality and Human Health”, *The Turkish Online Journal of Design Art and Communication*, Sayı 1, 67–78. DOI: 10.7456/10801100/007.
- LECHNER Norbert (2015), *Heating, Cooling Lighting: Sustainable Design Methods for Architects*, Dördüncü basım, Wiley yayınları, Kanada.
- ROTHAN Hussin A. & BYRAREDDY Sindappa N. (2020), “The epidemiology and pathogenesis of coronavirus disease (COVID-19) outbreak”, *Journal of Autoimmunity*, Sayı 109, DOI: 10.1016/j.jaut.2020.102433.
- REHVA (2020), *REHVA COVID-19 Kılavuz Belgesi 17 Kasım 2020*. <https://iskid.org.tr/wp-content/uploads/2020/04/REHVA-COVID-19-TR.pdf>, ET. 8.1.2023.
- SENITKOVA Ingrid Juhasova (2016), “Indoor air quality-buildings design”, *MATEC Web of Conferences*, Sayı 93, ss. 6. DOI: 10.1051/matecconf/20179303001.
- SEV Aysin ve ÖZGEN, Aydan (2003), “Yüksek Binalarda Sürdürülebilirlik ve Doğal Havalandırma”, *Yapı Dergisi*, Cilt 262, Sayı 9, ss. 92 – 99.
- SEZER ŞENKAL Filiz (2015), “Kullanıcı Memnuniyetinin Konfor Koşulları Açısından Değerlendirilmesi: Bir Eğitim Binasının Örneği”, *Trakya University Journal of Engineering Sciences*, Cilt 16, Sayı 1, ss. 11-19, <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/201004>, ET. 08.01.2023.
- TATLI Esra (2011), *İç Ortam Hava Kalitesi Değerlendirmesi: Biyolojik, Gazlar ve Partikül Madde Kirlilik Göstergeleri* (Yüksek Lisans Tezi), Fatih Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

UĞURSAL Ahmet (2003), *Doğal Havalandırma'nın Ofis Binası Tipolojisine Ankara Bağlamında Entegrasyonu* (Yüksek Lisans Tezi), Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

URL-1:<https://knowledge.autodesk.com/support/cfd/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2021/ENU/SimCFD-Learning/files/Reference-Material/GUID-B737967D-DF1E-4A7E-AAED-CFD7FD41D0CD-html.html>, E.T. 21.01.2023.

VAUPOTIC Janja (2002), “Search for Radon Sources in Buildings”, *Journal of Environmental Radioactivity*, Sayı 61, ss. 365 – 372.

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

WHO (2020), World Health Organization, *Pneumonia of Unknown Cause – China*, <https://www.who.int/csr/don/05-january-2020-pneumonia-of-unkown-cause-china/en/>, E.T. 30.5.2021

WHO (2020), World Health Organization, *Coronavirus (COVID-19) Outbreak*, <https://www.who.int/westernpacific/emergencies/covid-19>, ET. 30.5.2021

WHO (2021), World Health Organization, *Roadmap to improve and ensure good indoor ventilation in the context of COVID-19*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240021280>, ET. 30.5.2021.

<p><b>Araştırmanın Gerekçesi :</b></p>	<p>Bu çalışma ile literatürde güncel tartışması devam eden enerji verimli iç ortam hava kalitesinin iyileştirilmesi yoluyla sağlık ve konfor koşullarının sürekliliğinin sağlanması konusu araştırılacaktır. Konuya günümüz Covid-19 pandemi koşullarının yarattığı özel durum ve Türkiye’de konuya yaklaşımın yarattığı yerel farklılıklar açısından da bakılacaktır. Bu bağlamda CIBSE’nin Covid-19 havalandırma kılavuzu, havalandırma sisteminin anlaşılması, yetersiz havalandırılan alanların ayırılması, havalandırma oranları, dış hava ile destekli mekanik havalandırma sirkülasyonu ve iç mekan konforu ile ilişkilendirilmesi konularını kapsamaktadır.</p>
<p><b>Araştırmanın Yöntemi:</b></p>	<p>Tez kapsamında, ofislerdeki iç ortam hava kalitesini bozan kirleticiler (kullanıcı davranışlarına bağlı ve dış hava kirliliğinin nüfuzu da dikkate alınarak) üzerine mevcut çalışmaların değerlendirilmesi ve çeşitli teknolojilerin performansını enerji verimliliği, konfor ve bina kullanıcıları için sağlık açısından değerlendirmeye olanak tanıyan bir yöntem geliştirilmesi planlanmaktadır. Mevcut durum tespiti için ölçümler yanında, mekanların iç ortam kalitesi açısından performansının kullanıcı tarafından değerlendirilmesine dayalı bir anket çalışması yapılacaktır. Memnuniyete dayalı anket çalışmasına ait sorular ekte sunulmuştur.</p>
<p><b>Kullanılacak biyolojik,psikolojik ve teknik vb tüm yöntemleri açıklayan etik ile ilgili özet:</b></p>	<p>Kullanım sonrası değerlendirme yöntemi (POE), mevcut yapıların kullanım durumunda performans değerlendirmesiyle ilgili geri bildirim sağlayan bir süreçtir. Bu yöntem ile bina performans ve enerji kullanımı değerlendirilebilirken aynı zamanda kullanıcı memnuniyeti ile ilgili veri sağlanmaktadır [1]. Kullanım sonrası değerlendirme yöntemi yapıların iç ortam kalitesi, termal performans gibi termo-fiziksel ve kullanıcı memnuniyeti, izleme gibi özel değerlendirmelerin incelenmesine imkan sağlamaktadır [2]. Bu yöntem ile mevcut yapı sistemleri sistematik olarak değerlendirilebilirken aynı zamanda yapıda yaşanan sorunlar için iyileştirme ve geliştirilebilecek tasarımlar için rehber oluşturmaktadır [2] [3].</p> <p>[1] The RIBA. (2020). <i>Post Occupancy Evaluation-An Essential Tool Improve The Built Environment</i>.</p> <p>[2] Meir, I. A., Garb, Y., Jiao, D. ve Czelesky, A., 2009. Post-Occupancy Evaluation: An Inevitable Step Toward Sustainability, <i>Advances in Building Energy Research</i>, 3(1), 189-219. <a href="https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.600.9372&amp;rep=rep1&amp;type=pdf">https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.600.9372&amp;rep=rep1&amp;type=pdf</a> (Erişim tarihi: 07.04.2021)</p> <p>[3] Kaçel, S., Köknal Yener, A. (2016). Aydınlatma Sistemi Performansının Analizine İlişkin Bir Örnek Çalışma. 2. Ulusal Yapı Fizik ve Çevre Kontrolü Kongresi, İstanbul.</p>

## Ek-2: İç Ortam Kullanıcı Memnuniyeti ve Havalandırma Kalitesi Anketi

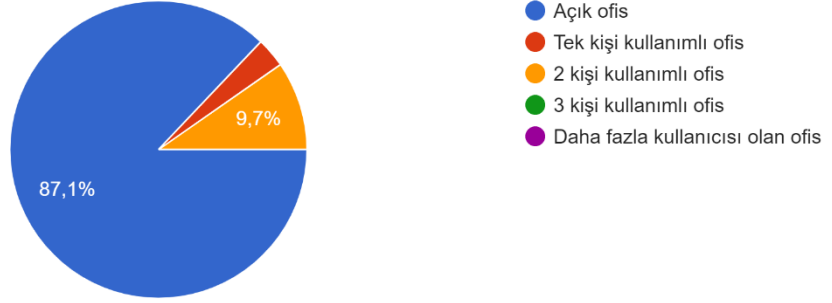
### İÇ ORTAM KULLANICI MEMNUNİYETİ VE HAVALANDIRMA KALİTESİ ANKETİ

#### I. BÖLÜM – OFİS BİLGİLERİ

1) Ofis tipini seçiniz.

- Açık ofis
- Tek kişi kullanımlı ofis
- 2 kişi kullanımlı ofis
- 3 kişi kullanımlı ofis
- Daha fazla kullanıcılı ofis
- Diğer .....

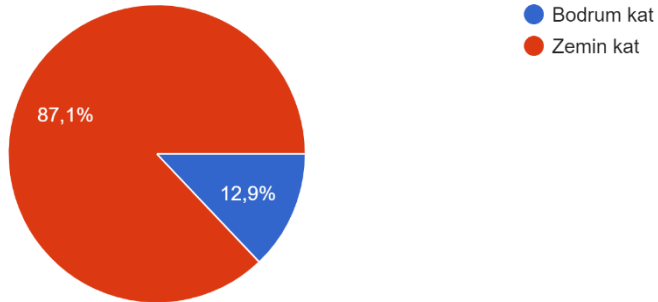
#### 1. Soru cevapları



2) Çalıştığınız ofis katını seçiniz.

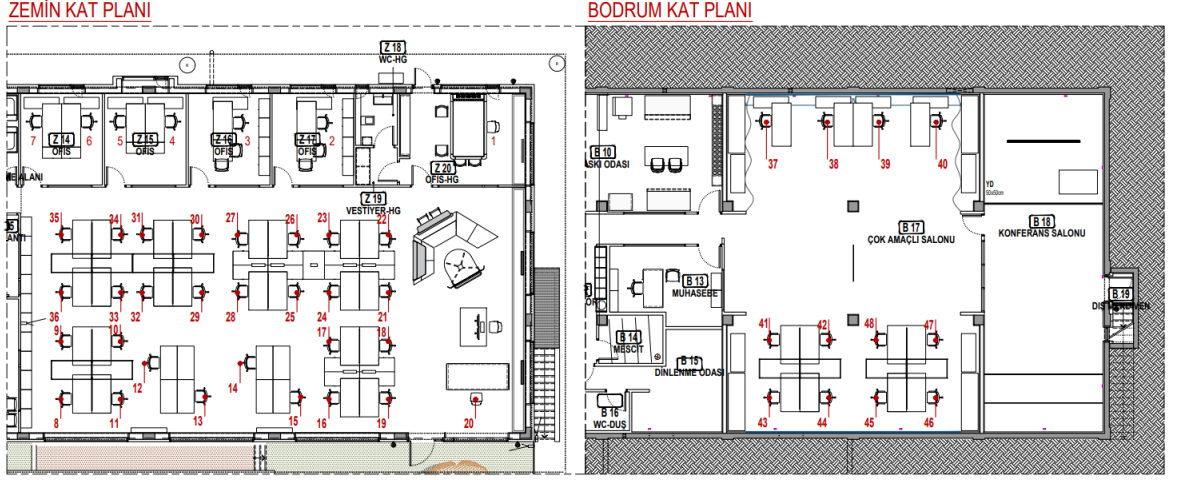
- Bodrum kat
- Zemin kat

#### 2. Soru cevapları





3) Aşağıda yapının zemin ve bodrum kat planlarında çalışan oturma düzeni verilmiştir. Lütfen planlamadaki numaranızı yazınız.



## 2. Soru cevapları

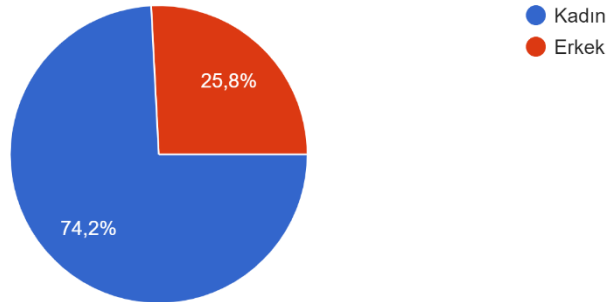
2, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 25, 28, 29, 30, 31, 33, 35, 40, 41, 44, 48.

## II. BÖLÜM – KULLANICI BİLGİLERİ

1) Cinsiyetinizi seçiniz.

- Kadın
- Erkek

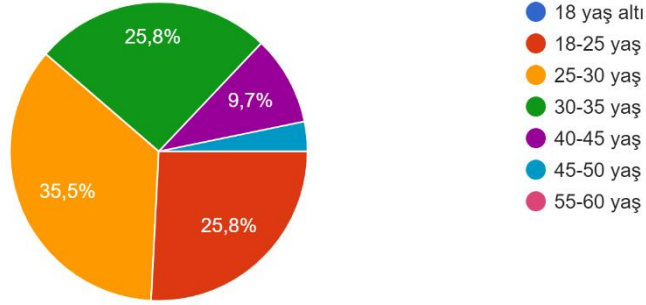
### 1. Soru cevapları



2) Yaşınızı seçiniz.

- 18 yaş altı
- 18-25 yaş
- 25-30 yaş
- 30-35 yaş
- 40-45 yaş
- 45-50 yaş
- 55-60 yaş

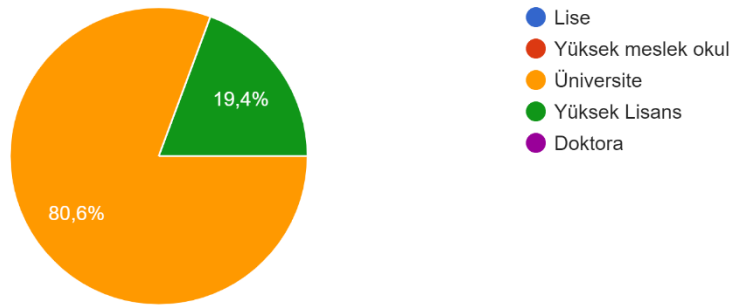
2. Soru cevapları



3) Eğitim seviyenizi seçiniz.

- Lise
- Yüksek meslek okul
- Üniversite
- Yüksek Lisans
- Doktora

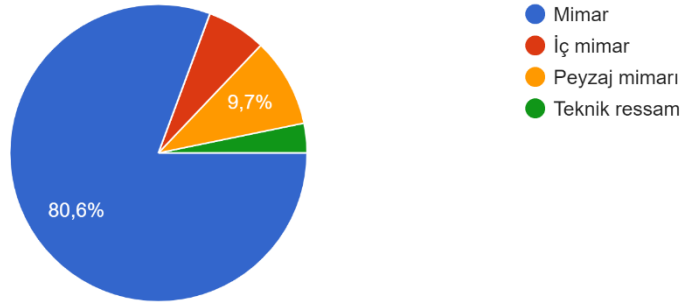
3. Soru cevapları



4) Mesleğinizi seçiniz.

- Mimar
- İç mimar
- Peyzaj mimarı
- Teknik ressam

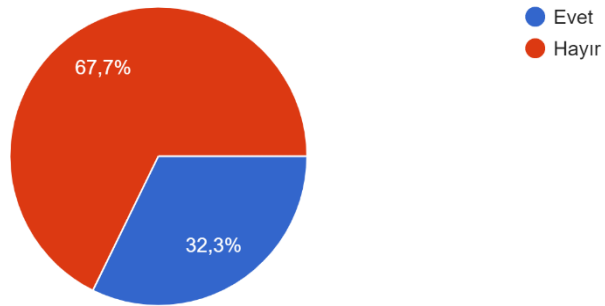
#### 4. Soru cevapları



#### 5) Sigara kullanıyor musunuz?

- Evet
- Hayır

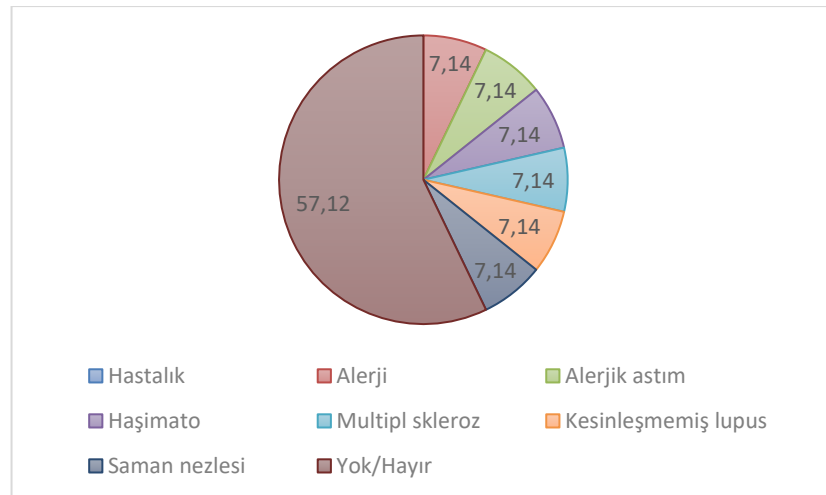
#### 5. Soru cevapları



#### 6) Kronik rahatsızlığınız var mı? Varsa belirtiniz.

.....

#### 6. Soru cevapları

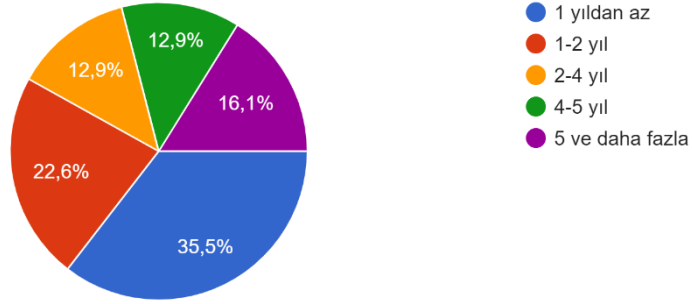


### III. BÖLÜM – ÇEVRESEL DEĞERLENDİRME

1) Kaç yıldır bu ofiste çalışıyorsunuz?

- 1 yıldan az
- 1-2 yıl
- 2-4 yıl
- 4-5 yıl
- 5 ve daha fazla
- Diğer .....

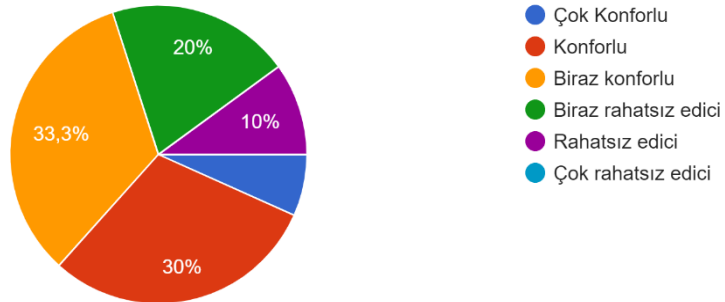
#### 1. Soru cevapları



2) Ofis iç ortam hava kalitesinden memnun musunuz?

- Çok konforlu
- Konforlu
- Biraz konforlu
- Biraz rahatsız edici
- Rahatsız edici
- Çok rahatsız edici

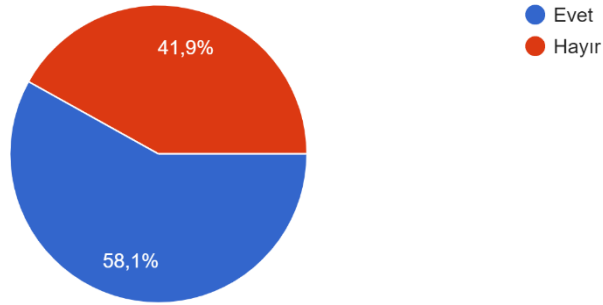
#### 2. Soru cevapları



3) Ofis yapı kabuğundaki açıklıklar (pencere-kapı) yeterli mi?

- Evet
- Hayır

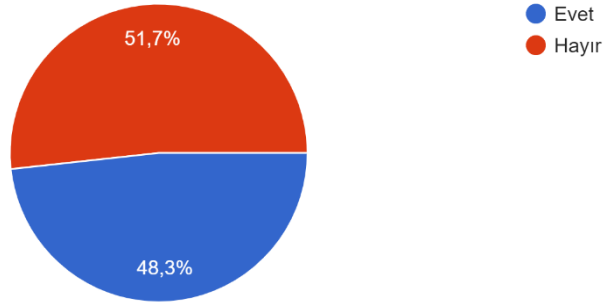
### 3. Soru cevapları



4) Ofis çatı pencereleri yaz mevsiminde yeterli fonksiyonu görüyor mu?

- Evet
- Hayır

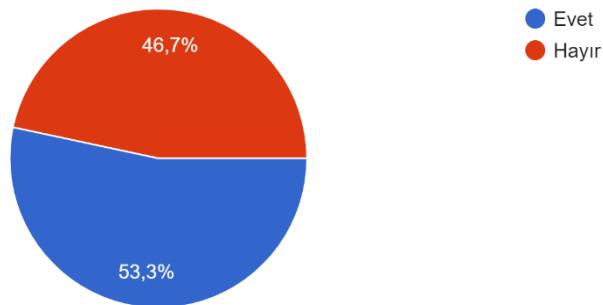
### 4. Soru cevapları



5) Ofis çatı pencereleri kış mevsiminde yeterli fonksiyonu görüyor mu?

- Evet
- Hayır

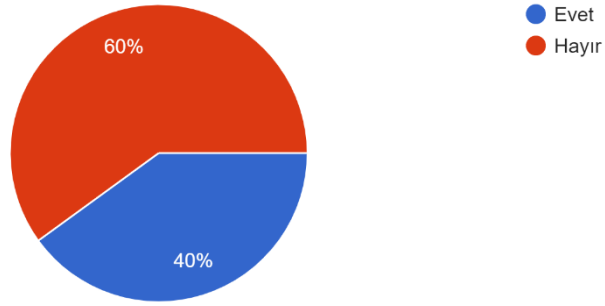
### 5. Soru cevapları



6) Ofisin çevresel konfor düzeyi çalışma performansını olumsuz etkiliyor mu?

- Evet
- Hayır

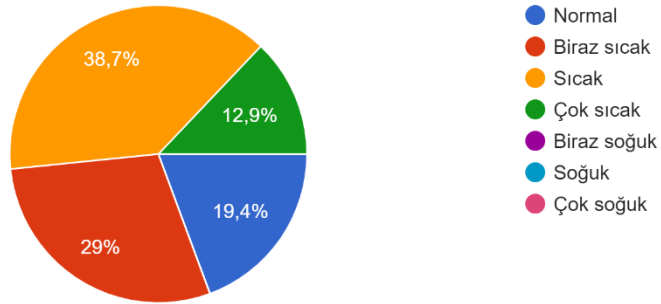
## 6. Soru cevapları



7) Yaz aylarında çalışma ortamınız nasıl?

- Normal
- Biraz Sıcak
- Sıcak
- Çok sıcak
- Biraz soğuk
- Soğuk
- Çok soğuk

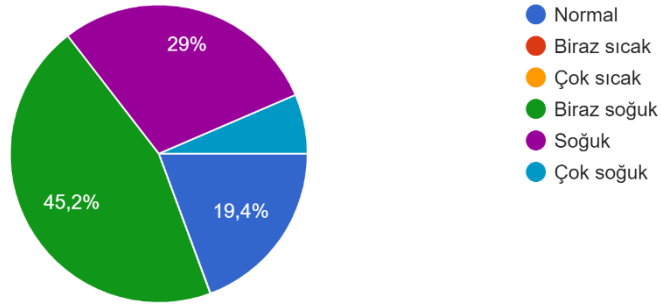
## 7. Soru cevapları



8) Kış aylarında çalışma ortamınız nasıl?

- Normal
- Biraz Sıcak
- Sıcak
- Çok sıcak
- Biraz soğuk
- Soğuk
- Çok soğuk

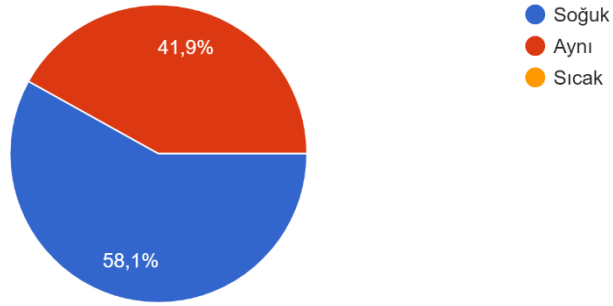
## 8. Soru cevapları



9) Yaz aylarında, çalışma ortamınızın sıcaklığının nasıl olmasını istersiniz?

- Soğuk
- Aynı
- Sıcak

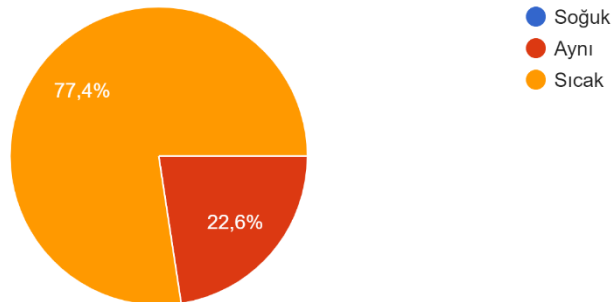
## 9. Soru cevapları



10) Kış aylarında, çalışma ortamınızın sıcaklığının nasıl olmasını istersiniz?

- Soğuk
- Aynı
- Sıcak

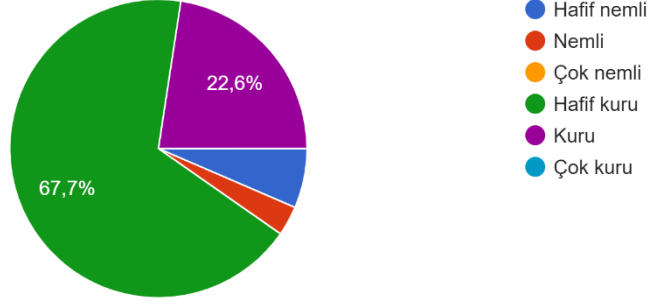
## 10. Soru cevapları



11) Genel olarak çalışma ortamınızdaki hava nasıl?

- Hafif nemli
- Nemli
- Çok nemli
- Hafif kuru
- Kuru
- Çok kuru

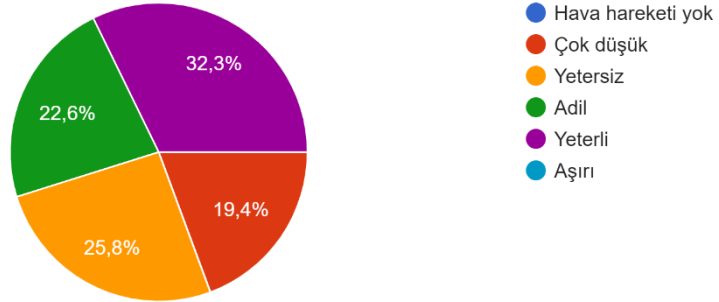
**11. Soru cevapları**



12) Genel olarak çalışma ortamınızdaki hava hareketi nasıl?

- Hava hareketi yok
- Çok düşük
- Yetersiz
- Adil
- Yeterli
- Aşırı

**12. Soru cevapları**

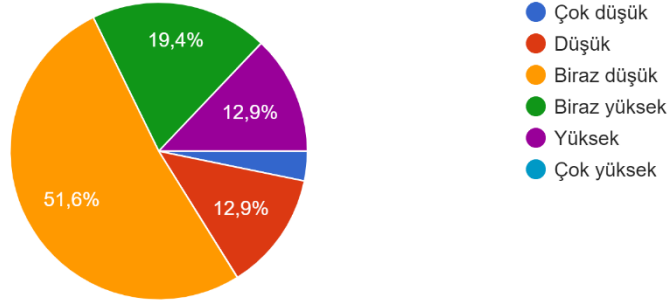


13) Genel olarak çalışma ortamınızdaki hava kalitesi nasıl?

- Çok düşük
- Düşük
- Biraz düşük
- Biraz yüksek
- Yüksek
- Çok yüksek



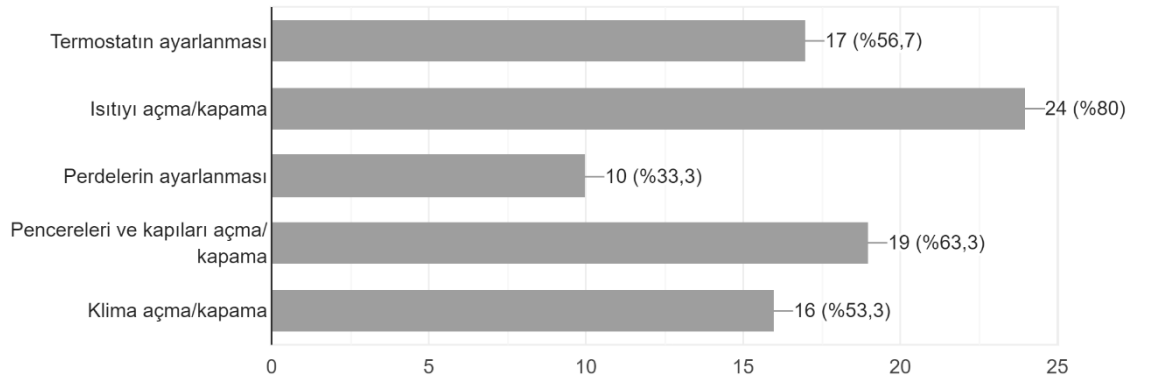
### 13. Soru cevapları



14) Çevrenizde ne tür kontrollere sahip olmak istersiniz? (Birden fazla işaretleme yapabilirsiniz.)

- Termostatın ayarlanması
- Isıtıcıyı açma/kapama
- Perdelerin ayarlanması
- Pencereleri ve kapıları açma/kapama
- Klima açma/kapama

### 14. Soru cevapları



15) Çalışma ortamınızdaki iç ortam hava kalitesine dair bir şikâyetiniz varsa lütfen belirtiniz.

.....

## 15. Soru cevapları

-Yok/Hayır

-İç ortamlara göre hava sirkülasyonu fazla

-Pencere kapalı olduğunda hava kalitesi çok hızlı düşüyor.

-Hayır

-Ofis içerisindeki hava, öğleden sonra saat 16:00 civarında yetersiz olmaya başlıyor. Kişi sayısının çok olması ve yetersiz havalandırma sebebiyle. Bu durum, çalışırken performans düşüklüğüne sebep oluyor.

-Yetersiz gün ışığı ortam kalitesini düşürmektedir.

-Hava kalitesini sıcaklık soğukluk dengesi olarak ele alabilirim. Çatı bölümünün açık olmasından kaynaklı içerideki sıcak havanın muhafazası çok zorlaşıyor.

-Cam ve odanın kapısı açık olduğunda hava akımı rahatsız ediyor, ikisi kapalı olduğunda da oda kısa sürede kuru ve havasız oluyor. Odalar için kullanıcıyı etkilemeyecek farklı çözülmüş bir doğal havalandırma sistemi olabilirdi.

-Bazen çok havasız oluyor. Sekretarya bölümünde bir cam açıldı mı ofisin diğer ucundan hissediliyor. Kapılar doğrudan dışarıya açıldığı için dışarıda içilen sigara kokusu içeriye geliyor. Demek ki sekretarya tarafından açık ofisin diğer ucuna bir esinti var. Ofis ne kadar ısıtılırsa ısıtılsın döşeme hizasında ayakları üşütecek bir esinti var. Yağmurlu havalarda tepe pencereleri açılmadığı için ve yan cephe pencereleri de bozuk olduğu için havasız oluyor. Onun dışında ofis kat yüksekliği sayesinde "nefes alamayacak kadar havasız" olmuyor. Genel anlamda diğer çalışma ortamlarına göre gayet konforlu.

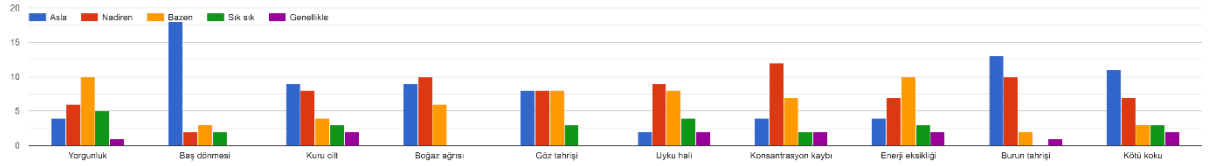
-Doğal havalandırmanın yetersiz olduğunu düşünüyorum. Kış aylarında ofis çok soğuk oluyor.

#### IV. BÖLÜM – SAĞLIK PROBLEMLERİ

1) İç ortam hava kalitesinden kaynaklı olduğunu düşündüğünüz sağlık problemlerinizi varsa aşağıdaki ölçütlere göre değerlendiriniz.

	Asla	Nadiren	Bazen	Sık sık	Genellikle
Yorgunluk					
Baş dönmesi					
Kuru cilt					
Boğaz ağrısı					
Göz tahrişi					
Uyku hali					
Konsantrasyon kaybı					
Enerji eksikliği					
Burun tahrişi					
Kötü koku					

##### 1. Soru cevapları



Yukarıda sıralanan sağlık problemleri dışında iç ortam hava kalitesinden kaynaklı başka sağlık problemlerinizi varsa belirtiniz.

.....  
.....

##### 2. Soru cevapları

-Yok/Hayır

-Toz alerjisi

-Sigara kokusu mide bulandırıyor. Ağır parfüm, kolonya kokusu uzun süre ortamda kalıyor. Açık ofiste gürültü olunca konsantre olmak zorlaşıyor. Isıtıcılar çok çalıştığı günlerde (nadir de olsa) çok sıcak oluyor ve insanın uykusu geliyor. Genelde pazartesi günleri çok soğuk olduğu için burun akıntısı oluyor.