



**BİNA AERODİNAMİĞİNİN YAYA RÜZGÂR KONFORU ÜZERİNDEKİ
ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNE YÖNELİK BİR MODEL
ÖNERİSİ**

Serpil PALTUN

**DOKTORA TEZİ
MİMARLIK ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

TEMMUZ 2022

ETİK BEYAN

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

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

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

Serpil PALTUN

06/07/2022

BİNA AERODİNAMİĞİNİN YAYA RÜZGÂR KONFORU ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNE YÖNELİK BİR MODEL ÖNERİSİ

(Doktora Tezi)

Serpil PALTUN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Temmuz 2022

ÖZET

Bina aerodinamiği, yayalara etki eden rüzgâr hızını ve şeklini etkilemektedir. Yayalar üzerindeki söz konusu etki, insan sağlığını ve psikolojisini olumsuz etkileyecek düzeyde olabilmektedir. Bu sebeple, binaların çevresinde yer alan bazı dış mekanlar yayalar tarafından daha sık kullanılırken bazı mekanların daha az tercih edildiği gözlenmektedir. Bu etkilerin azaltılması için gerekli önlemlerin tasarım aşamasından itibaren alınabilmesi amacıyla bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesine yönelik modellerin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda bu tez çalışmasının amacı, bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesine yönelik kavramsal ve uygulama esaslı bir model geliştirmektir. Bu amaç çerçevesinde, tez çalışmasında, bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin analizi ve değerlendirilmesine yönelik BUILD-AERO model önerisi sunulmuştur. BUILD-AERO modelinin amacı, bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi için bir araç oluşturabilmektir. Önerilen model, kavramsal bir analiz yöntemi ve yazılım uygulaması esaslı bir değerlendirme yöntemi olarak iki aşamadan oluşmaktadır. Tez çalışmasında, BUILD-AERO modelinin somutlaştırılması amacıyla örneklem olarak seçilen Tepe Prime Binasının aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkileri deneysel yöntem (rüzgâr tüneli testi) ve istatistiksel yöntemler (MATLAB yazılımı analizi ve MS Excel yazılımı aracılığıyla betimsel analiz) ile analiz edilmiştir. Gerçekleştirilen analizler sonucunda bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılabilmesi için iyileştirme önerileri sunulmuştur. Tez çalışması kapsamında önerilen BUILD-AERO modelinin inşaat sektöründe ilgili paydaşlar tarafından pratik olarak kullanılabileceği, bilimsel, teknolojik ve sosyo-ekonomik açılardan sektöre özgün katkılar sağlayacağı; yaşanabilir konforlu kentler oluşturulması için rehber bir çerçeve oluşturacağı ve yoğun kentsel alanlarda yaya rüzgâr konforunun sağlanmasına yönelik bina tasarımı ve kentsel tasarım ölçütlerine ışık tutacağı öngörülmektedir. Yaya rüzgâr konforu seviyeleri, modelin temel çıktıları olarak belirlenmiştir.

Bilim Kodu : 80103

Anahtar Kelimeler : Bina aerodinamiği, yaya konforu, yaya rüzgâr konforu, rüzgâr tüneli testi, RÜZGEM, BUILD-AERO

Sayfa Adedi : 245

Danışman : Doç. Dr. Arzuhan Burcu GÜLTEKİN

İkinci Danışman : Prof. Dr. Gülser ÇELEBİ

A MODEL PROPOSAL TO EVALUATE THE EFFECTS OF BUILDING
AERODYNAMICS ON PEDESTRIAN WIND COMFORT

(Ph. D. Thesis)

Serpil PALTUN

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

July 2022

ABSTRACT

Building aerodynamics affect the wind speed and shape that affects pedestrians. This effect on pedestrians can be at a level that affects human health and psychology negatively. For this reason, it is observed that while some outdoor spaces around buildings are used more frequently by pedestrians, some spaces are less preferred. It is of great importance to develop models to evaluate the effects of building aerodynamics on pedestrian wind comfort in order to take the necessary measures to reduce these effects from the design stage. In this context, the aim of this thesis study is to develop a conceptual and application-based model for evaluating the effects of building aerodynamics on pedestrian wind comfort. Within the framework of this purpose, in the thesis study, a BUILD-AERO model proposal for the analysis and evaluation of the effects of building aerodynamics on pedestrian wind comfort is presented. The purpose of the BUILD-AERO model is to provide a tool for evaluating the effects of building aerodynamics on pedestrian wind comfort. The proposed model consists of two stages as a conceptual analysis method and a software application-based evaluation method. In the thesis study, in order to embody the BUILD-AERO model, the effects of the aerodynamics of the Tepe Prime Building, which was selected as a sample, on pedestrian wind comfort were analyzed by experimental (wind tunnel test) and statistical methods (MATLAB software, MS EXCEL software). As a result of the analyses carried out, improvement suggestions were presented in order to reduce the negative effects of building aerodynamics on pedestrian wind comfort. It is stated that The BUILD-AERO model proposed within the scope of the thesis study can be used practically by the relevant stakeholders in the construction sector and that it will make unique contributions to the sector in terms of scientific, technological and socio-economic aspects; It is foreseen that it will form a guiding framework for the creation of livable comfortable cities and will shed light on building design and urban design criteria for providing pedestrian wind comfort in dense urban areas. Pedestrian wind comfort levels were determined as the main outputs of the model.

Science Code : 80103

Key Words : Building Aerodynamics, comfort, pedestrian wind comfort, wind tunnel test, RÜZGEM, BUILD-AERO

Page Number : 245

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Arzuhan Burcu GÜLTEKİN

Co-Supervisor : Prof. Dr. Gülser ÇELEBİ

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren hocam Prof. Dr. Gülser ÇELEBİ ve Doç. Dr. Arzuhan Burcu GÜLTEKİN'e, tez çalışması boyunca tecrübelerinden yararlandığım hocalarım Prof. Dr. Oğuz UZOL ve Prof. Dr. İdil AYÇAM'a, Ortadoğu Teknik Üniversitesi Rüzgar Enerjisi Teknolojileri Araştırma ve Uygulama Merkezine (RÜZGEM), manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan çok değerli aileme ve eşime teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
RESİMLERİN LİSTESİ	xx
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xxi
1. GİRİŞ.....	1
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE	11
2.1. İlgili Araştırmalar	11
2.2. Rüzgâr ve Bina Formu İlişkisi (Bina Aerodinamiği).....	32
2.3. Rüzgâr ve Kentsel Mekân İlişkisi	43
2.4. Rüzgâr ve Konfor İlişkisi	51
2.4.1. Konfor ve yaya konforu	51
2.4.2. Yaya rüzgâr konforu	52
2.5. Yaya Rüzgâr Konforu Analiz Yöntemleri	64
3. BİNA AERODİNAMİĞİNİN YAYA RÜZGÂR KONFORU ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ İÇİN BUILD-AERO MODELİ	71
3.1. BUILD-AERO Modelinde Kavramsal Analiz Esaslı Değerlendirme (Aşama 1)...	71
3.2. BUILD-AERO Modelinde Yazılım Uygulaması Esaslı Değerlendirme (Aşama 2).....	73

4. BİNA AERODİNAMİĞİNİN YAYA RÜZGÂR KONFORU ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN BUILD-AERO MODELİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ	84
4.1. Örneklem Binanın Analizi için Amaç ve Kapsam Tanımı	85
4.2. Örneklem Binanın Analizi için Veri Çeşitleri ve Veri Toplama Yöntemleri	85
4.2.1. Binaya etki eden rüzgâr verileri	85
4.2.2. Bina formu ve bina yerleşimi verileri	87
4.3. Örneklem Bina için Yaya Rüzgâr Konforu Analiz Yönteminin Belirlenmesi	92
4.4. Örneklem Bina Aerodinamiğinin Yaya Rüzgâr Konforu Üzerindeki Etkilerinin Deneysel ve İstatistiksel Yöntemler ile Analizi	95
4.4.1. Bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin rüzgâr tüneli testi ile analizi (Deneysel analiz)	96
4.4.2. Rüzgâr tüneli testi sonuçlarının MATLAB yazılımı ile analizi (İstatistiksel analiz)	109
4.4.3. Rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara rüzgâr gülü verilerinin MS EXCEL yazılımı ile karşılaştırmalı betimsel analizi (İstatistiksel analiz)	131
4.4.4. Rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara maksimum rüzgâr hızı verilerinin (2014 ve 2021 yılları) MS EXCEL yazılımı ile karşılaştırmalı betimsel analizi (İstatistiksel analiz)	141
4.5. Bulgular ve Tartışma	216
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	223
KAYNAKLAR	231
EKLER	243
ÖZGEÇMİŞ	244

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Bina rüzgâr ilişkisini etkileyen değişkenler	35
Çizelge 2.2. Yayalar üzerindeki rüzgâr hızı etkilerinin sınıflandırılması	53
Çizelge 2.3. 3 saniye üzerindeki ortalama rüzgâr hızı kapsamında rüzgârın yayalar üzerindeki etki seviyeleri	54
Çizelge 2.4. Beaufort skalası.....	56
Çizelge 2.5. Ratcliff ve Peterka tarafından karşılaştırılan yaya rüzgar konfor ölçütleri listesi	59
Çizelge 2.6. COST Action C14, 2001 tarafından toplanılan yaya rüzgar konfor ölçütleri listesi	60
Çizelge 2.7. Yaya aktivite sınıflarının tanımı	61
Çizelge 2.8. Farklı yaya seviyesi rüzgâr ölçütleri	62
Çizelge 2.9. Zeminden 1,5 m yükseklikte kaydedilen ortalama rüzgâr hızlarını gösteren modifiye Beaufort Skalası	62
Çizelge 2.10. İnsan güvenliği için kritik rüzgâr hızları özeti	63
Çizelge 4.1. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) ölçüm yapılan rüzgâr hızları ve yönleri	86
Çizelge 4.2. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) ölçüm açılarına karşılık gelen yönler	82
Çizelge 4.3. Ankara 2014 yılı aylık maksimum rüzgâr hızı (10 m.de) (m/s) ve yönü....	86
Çizelge 4.4. Ankara 2021 yılı aylık maksimum rüzgâr hızı (10 m.de) (m/s) ve yönü....	87
Çizelge 4.5. Örneklem bina olarak seçilen Tepe Prime Binasına ait genel bilgiler.....	89
Çizelge 4.6. Literatürde yeralan bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin analiz yöntemleri	93
Çizelge 4.7. Literatürde yeralan bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin analizinde dikkate alınan değişkenler.....	93
Çizelge 4.8. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) ölçüm yapılan rüzgâr hızları ve yönleri	94

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.9. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) ölçüm yapılan rüzgâr hızları ve yönleri	98
Çizelge 4.10. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) ölçüm yapılan açılara karşılık gelen yönler	99
Çizelge 4.11. Tez çalışması kapsamında deneysel analiz (rüzgâr tüneli testi) sonucunda oluşturulan yaya rüzgâr konforu haritalarından elde edilen verilerin toplu gösterimi.....	130
Çizelge 4.12. Ankara rüzgâr gülü'nde yer alan rüzgâr hızları (km/h) karşılığı (m/s) değerleri	132
Çizelge 4.13. Ankara ili aylık maksimum rüzgâr hızı (10 m.de) (m/s) ve yönü.....	142
Çizelge 4.14. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) ölçüm yapılan açılara karşılık gelen yönler	143
Çizelge 4.15. Ankara ili 2014 yılı aylık maksimum rüzgâr hızı (10 m.de) (m/s) ve yönü.....	143
Çizelge 4.16. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014 yılı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizinin toplu gösterimi.....	164
Çizelge 4.17. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) ölçüm yapılan açılara karşılık gelen yönler	166
Çizelge 4.18. Ankara ili 2021 yılı aylık maksimum rüzgâr hızı (10 m.de) (m/s) ve yönü.....	166
Çizelge 4.19. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2021 yılı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizinin toplu gösterimi.....	189
Çizelge 4.20. Örneklem binada rüzgâr tüneli testi sonuçlarında tespit edilen konforsuz noktalar için uygun konfor koşullarının sağlanabilmesi amacıyla iyileştirme önerileri.....	217
Çizelge 4.21. Örneklem binaya ait yaya rüzgâr konfor seviyesi puanının BUILD-AERO modeli ile hesaplanması.....	221

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Tez akış şeması.....	9
Şekil 2.1. Yeryüzü sınır tabakasında rüzgâr hızı değişim gradyanlarının yapıları çevre özelliklerine bağlı biçimlenişleri.....	33
Şekil 2.2. Binalar çevresinde oluşan hava akımı şemaları.....	34
Şekil 2.3. Rüzgâr yüklerinin düşey doğrultuda değişiminin gözönüne alınması.....	36
Şekil 2.4. Bina modeli üzerindeki rüzgâr akış hareketleri	40
Şekil 2.5. Bir binanın çevresindeki esinti alanları	41
Şekil 2.6. Rüzgârın basitleştirilmiş, iki boyutlu akış şeması	41
Şekil 2.7. Köşeli plan formları ve dairesel plan formlarında rüzgâr hareketleri.....	42
Şekil 2.8. Bina yüzeyine açılan deliğin çapraz rüzgâr etkisi	42
Şekil 2.9. Hong Kong’da deniz kenarı yerleşimleri.....	46
Şekil 2.10. Hong Kong’da bina yüksekliği değişkenliği ve denizden gelen hava akışı arasındaki ilişki	46
Şekil 2.11. Rüzgârın köşe etkisi.....	47
Şekil 2.12. Rüzgârın ön girdap etkisi.....	47
Şekil 2.13. Rüzgârın koruyucu etkisi.....	48
Şekil 2.14. Rüzgârın geçit etkisi	48
Şekil 2.15. Rüzgârın çift köşe etkisi	49
Şekil 2.16. Rüzgârın venturi etkisi.....	49
Şekil 2.17. Rüzgârın örgü etkisi.....	49
Şekil 2.18. Rüzgârın yüksek bina etkisi.....	50
Şekil 2.19. Rüzgârın ekranlar tarafından sağlanan koruyucu etkisi.....	50
Şekil 2.20. Çapraz karşılaştırma için yedi rüzgâr tüneli testi	67

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Tez çalışması kapsamında önerilen BUILD-AERO modelinin akış şeması ..	72
Şekil 3.2. BUILD-AERO modeli için belirlenen yaya rüzgar konforu seviyesi puanları	69
Şekil 3.3. Bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesine yönelik bir model (BUILD-AERO) Bölüm-1	75
Şekil 3.4. Bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesine yönelik bir model (BUILD-AERO) Bölüm-2	76
Şekil 3.5. Bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesine yönelik bir model (BUILD-AERO) Bölüm-3	77
Şekil 3.6. Bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesine yönelik bir model (BUILD-AERO) Bölüm-4	78
Şekil 3.7. Bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesine yönelik bir model (BUILD-AERO) Bölüm-5	79
Şekil 3.8. Bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesine yönelik bir model (BUILD-AERO) Bölüm-6	80
Şekil 4.1. Örneklem bina olarak seçilen Tepe Prime Binası'nın harita gösterimi	88
Şekil 4.2. Örneklem bina olarak seçilen Tepe Prime Binası'nın vaziyet planı ve kesitleri	90
Şekil 4.3. Örneklem bina olarak seçilen Tepe Prime Binası'nın vaziyet planı	90
Şekil 4.4. Örneklem bina olarak seçilen Tepe Prime Binası'nın B-B kesiti	91
Şekil 4.5. Örneklem bina olarak seçilen Tepe Prime Binası'nın A-A kesiti	91
Şekil 4.6. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) probe yerleştirilerek ölçüm yapılan onyediy farklı nokta	103
Şekil 4.7. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 0° (güneydoğu) akış yönü ve ölçüm yapılan noktalar	104
Şekil 4.8. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 90° (kuzeydoğu) akış yönü ve ölçüm yapılan noktalar	105
Şekil 4.9. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 180° (kuzeybatı) akış yönü ve ölçüm yapılan noktalar	106
Şekil 4.10. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 270° (güneybatı) akış yönü ve ölçüm yapılan noktalar	107

Şekil	Sayfa
Şekil 4.11. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 0° (güneydoğu) akış yönü yönüne ait statik basınç-serbest akış hızı değişim grafiği.....	110
Şekil 4.12. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 0° (güneydoğu) akış yönü yönüne ait toplam basınç-serbest akış hızı değişim grafiği.....	110
Şekil 4.13. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 0° (güneydoğu) akış yönü yönüne ait ölçülen hız-serbest akış hızı değişim grafiği.....	111
Şekil 4.14. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 90° (kuzeydoğu) akış yönü yönüne ait statik basınç-serbest akış hızı değişim grafiği.....	111
Şekil 4.15. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 90° (kuzeydoğu) akış yönü yönüne ait toplam basınç-serbest akış hızı değişim grafiği.....	112
Şekil 4.16. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 90° (kuzeydoğu) akış yönü yönüne ait ölçülen hız-serbest akış hızı değişim grafiği.....	112
Şekil 4.17. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 180° (kuzeybatı) akış yönü yönüne ait statik basınç-serbest akış hızı değişim grafiği.....	113
Şekil 4.18. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 180° (kuzeybatı) akış yönü yönüne ait toplam basınç-serbest akış hızı değişim grafiği.....	113
Şekil 4.19. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 180° (kuzeybatı) akış yönü yönüne ait ölçülen hız-serbest akış hızı değişim grafiği.....	114
Şekil 4.20. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 270° (güneybatı) akış yönü yönüne ait statik basınç-serbest akış hızı değişim grafiği.....	114
Şekil 4.21. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 270° (güneybatı) akış yönü yönüne ait toplam basınç-serbest akış hızı değişim grafiği.....	115
Şekil 4.22. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 270° (güneybatı) akış yönü yönüne ait ölçülen hız-serbest akış hızı değişim grafiği.....	115

Şekil	Sayfa
Şekil 4.23. Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen rüzgâr tüneli testi sonuçlarına dayalı yaya rüzgâr konforu haritalarının oluşturulmasında dikkate alınan konfor aktivitesi gösterimi	116
Şekil 4.24. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 0° (güneydoğu) akış yönü ve 5 m/s rüzgâr hızı ile elde edilen sonuçlara dayalı yaya rüzgâr konforu haritası.....	117
Şekil 4.25. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 0° (güneydoğu) akış yönü ve 10 m/s rüzgâr hızı ile elde edilen sonuçlara dayalı yaya rüzgâr konforu haritası.....	118
Şekil 4.26. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 0° (güneydoğu) akış yönü ve 15 m/s rüzgâr hızı ile elde edilen sonuçlara dayalı yaya rüzgâr konforu haritası.....	119
Şekil 4.27. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 0° (güneydoğu) akış yönü ve 20 m/s rüzgâr hızı ile elde edilen sonuçlara dayalı yaya rüzgâr konforu haritası.....	120
Şekil 4.28. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 90° (kuzeydoğu) akış yönü ve 5 m/s rüzgâr hızı ile elde edilen sonuçlara dayalı yaya rüzgâr konforu haritası.....	121
Şekil 4.29. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 90° (kuzeydoğu) akış yönü ve 10 m/s rüzgâr hızı ile elde edilen sonuçlara dayalı yaya rüzgâr konforu haritası.....	121
Şekil 4.30. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 90° (kuzeydoğu) akış yönü ve 15 m/s rüzgâr hızı ile elde edilen sonuçlara dayalı yaya rüzgâr konforu haritası.....	122
Şekil 4.31. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 90° (kuzeydoğu) akış yönü ve 20 m/s rüzgâr hızı ile elde edilen sonuçlara dayalı yaya rüzgâr konforu haritası.....	123
Şekil 4.32. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 180° (kuzeybatı) akış yönü ve 5 m/s rüzgâr hızı ile elde edilen sonuçlara dayalı yaya rüzgâr konforu haritası	123
Şekil 4.33. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 180° (kuzeybatı) akış yönü ve 10 m/s rüzgâr hızı ile elde edilen sonuçlara dayalı yaya rüzgâr konforu haritası.....	124
Şekil 4.34. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 180° (kuzeybatı) akış yönü ve 15 m/s rüzgâr hızı ile elde edilen sonuçlara dayalı yaya rüzgâr konforu haritası.....	125

Şekil	Sayfa
Şekil 4.35. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 180° (kuzeybatı) akış yönü ve 20 m/s rüzgâr hızı ile elde edilen sonuçlara dayalı yaya rüzgâr konforu haritası.....	125
Şekil 4.36. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 270° (güneybatı) akış yönü ve 5 m/s rüzgâr hızı ile elde edilen sonuçlara dayalı yaya rüzgâr konforu haritası.....	126
Şekil 4.37. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 270° (güneybatı) akış yönü ve 10 m/s rüzgâr hızı ile elde edilen sonuçlara dayalı yaya rüzgâr konforu haritası.....	127
Şekil 4.38. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 270° (güneybatı) akış yönü ve 15 m/s rüzgâr hızı ile elde edilen sonuçlara dayalı yaya rüzgâr konforu haritası.....	127
Şekil 4.39. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 270° (güneybatı) akış yönü ve 20 m/s rüzgâr hızı ile elde edilen sonuçlara dayalı yaya rüzgâr konforu haritası.....	128
Şekil 4.40. Ankara rüzgâr gülü	132
Şekil 4.41. Ankara rüzgâr gülü, doğu, kuzeydoğu yönü verileri	133
Şekil 4.42. Ankara rüzgâr gülü, doğu yönü verileri.....	134
Şekil 4.43. Ankara rüzgâr gülü, doğu, güneydoğu yönü verileri.....	134
Şekil 4.44. Ankara rüzgâr gülü, güneydoğu yönü verileri.....	135
Şekil 4.45. Ankara rüzgâr gülü, güney, güneydoğu yönü verileri	136
Şekil 4.46. Ankara rüzgâr gülü, güney yönü verileri.....	136
Şekil 4.47. Ankara rüzgâr gülü, güney, güneybatı yönü verileri	137
Şekil 4.48. Ankara rüzgâr gülü, güneybatı yönü verileri.....	138
Şekil 4.49. Ankara rüzgâr gülü, batı, güneybatı yönü verileri.....	138
Şekil 4.50. Tez çalışması kapsamında 0° (güneydoğu) rüzgâr açısı ve 5 m/s - 10 m/s rüzgâr hızları ile elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara rüzgâr gülü verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi.....	140
Şekil 4.51. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014 yılı Ocak ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi	145

Şekil	Sayfa
Şekil 4.52. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014 yılı Şubat ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi	146
Şekil 4.53. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014 yılı Mart ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi	148
Şekil 4.54. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014 yılı Nisan ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi	149
Şekil 4.55. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014 yılı Mayıs ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi	151
Şekil 4.56. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014 yılı Haziran ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi	152
Şekil 4.57. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014 yılı Temmuz ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi	154
Şekil 4.58. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014 yılı Ağustos ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi	155
Şekil 4.59. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014 yılı Eylül ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi	157
Şekil 4.60. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014 yılı Ekim ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi	158
Şekil 4.61. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014 yılı Kasım ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi	160
Şekil 4.62. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014 yılı Aralık ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi	161
Şekil 4.63. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2021 yılı Ocak ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi	168

Şekil	Sayfa
Şekil 4.64. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2021 yılı Şubat ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi	169
Şekil 4.65. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2021 yılı Mart ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi	171
Şekil 4.66. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2021 yılı Nisan ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi	173
Şekil 4.67. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2021 yılı Mayıs ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi	175
Şekil 4.68. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2021 yılı Haziran ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi	176
Şekil 4.69. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2021 yılı Temmuz ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi	178
Şekil 4.70. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2021 yılı Ağustos ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi	180
Şekil 4.71. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2021 yılı Eylül ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi	181
Şekil 4.72. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2021 yılı Ekim ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi	183
Şekil 4.73. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2021 yılı Kasım ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi	184
Şekil 4.74. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2021 yılı Aralık ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi	186
Şekil 4.75. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014-2021 yılları Ocak ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi	191

Şekil	Sayfa
Şekil 4.76. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014-2021 yılları Şubat ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi	192
Şekil 4.77. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014-2021 yılları Mart ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi	193
Şekil 4.78. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014-2021 yılları Nisan ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi	196
Şekil 4.79. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014-2021 yılları Mayıs ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi	198
Şekil 4.80. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014-2021 yılları Haziran ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi	200
Şekil 4.81. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014-2021 yılları Temmuz ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi	203
Şekil 4.82. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014-2021 yılları Ağustos ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi	205
Şekil 4.83. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014-2021 yılları Eylül ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi	207
Şekil 4.84. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014-2021 yılları Ekim ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi	210
Şekil 4.85. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014-2021 yılları Kasım ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi	212
Şekil 4.86. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014-2021 yılları Aralık ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi	214
Şekil 4.87. Örneklem binada rüzgâr tüneli testi sonuçlarında tespit edilen konforsuz noktalar için uygun konfor koşullarının sağlanabilmesi amacıyla rüzgâr perdesi önerilerine ait görseller.....	218

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Burj Dubai Kulesi	37
Resim 2.2. (a) The Marina City Kuleleri (Chicago, 1964), (b) Millennium Kulesi (Tokyo, 2009), (c) Toronto City Binası (Toronto, 1965), (d) The U.S. Steel Binası	38
Resim 2.3. The Shangai Dünya Finans Merkezi Binası	39
Resim 4.1. Tez çalışması kapsamında deneysel analizin (rüzgâr tüneli testi) gerçekleştirildiği ait test odası	98
Resim 4.2. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) örneklem bina maketinin yerleştirildiği alan	99
Resim 4.3. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) kullanılan pitot statik probe	100
Resim 4.4. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) farklı rüzgâr hızı ve rüzgâr yönlerinden gerçekleştirilen iplikçik deneyi.....	100
Resim 4.5. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) gerçekleştirilen iplikçik deneyi	101
Resim 4.6. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) ölçüm noktaların işaretlenmesi ve probe yükseklik ayarının yapılması	102
Resim 4.7. Tez çalışması kapsamında deneysel analiz için gerçekleştirilen rüzgâr tüneli testleri.....	108

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler

Açıklamalar

km/h

Kilometre bölü saat

kW

KiloWatt

m

Metre

mm

Milimetre

m/s

Metre bölü saniye

Kısaltmalar

Açıklamalar

ASCE

The American Society of Civil Engineers (Amerikan İnşaat Mühendisleri Derneği)

CAARC

Commonwealth Advisory Aeronautical Research Council (İngiliz Milletler Topluluğu Danışma Havacılık Araştırmaları Konseyi)

CFD

Computational Fluid Dynamics (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği)

CWE

Computational Wind Engineering (Hesaplamalı Rüzgâr Mühendisliği)

HAD

Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği

GPS

Global Positioning System (Küresel Konumlama Sistemi)

RANS

Reynolds Averaged Navier–Stokes (Reynolds Ortalamalı Navier-Stokes)

RÜZGEM

Rüzgâr Enerjisi Teknolojileri Araştırma ve Uygulama Merkezi

SEM

Sonlu Elemanlar Yöntemi

UBL

Urban Boundary Layer (Kentsel Sınır Katmanı)

YÖK

Yüksek Öğretim Kurumu

1. GİRİŞ

Hızlı kentleşme ile kentlerde yapılaşmanın artması ve yeşil alanların azalması, kentsel çevre kalitesini bozmaktadır. Kentsel çevre kalitesinin arttırılarak yaşanabilir konforlu kentlerin sağlanması, günümüzde birçok bilimsel araştırmaya konu olan önemli problemlerden birisidir. Kentsel çevre kalitesi parametrelerinden biri de yaya rüzgâr konforudur. Kentlerde yüksek yoğunluklu yapılaşma sürecinde uygun olmayan bina yerleşimlerinin oluşması, yayalar için konforsuz alanlar oluşturabilmektedir. Söz konusu yerleşimlerdeki binaların aerodinamikleri, yaya seviyesindeki rüzgâr akışını ve yaya kullanımı için kabul edilebilir düzeydeki rüzgâr konforunu etkilemektedir. Gerek mevcut alanlarda gerekse yeni yapılaşma alanlarında yaya rüzgâr konforunun dikkate alınması, yaşanabilir konforlu kentlerin sağlanması için büyük önem taşımaktadır.

Son yıllarda kentlerde yer alan nüfusun hızla artması, ekonomik nedenler ve boş coğrafi alanların kısıtlı olması nedeniyle binalar yatay boyutta değil, dikey boyutta yükselerek inşa edilmektedir (Dikmen, Yiğit ve Şener, 2012). Kentlerde meydana gelen bu yükselme ve binalarla inşa edilen alanların artarak yeşil alanların azalması, kentlerin iklimini kırsal alanların ikliminden farklılaştırarak kentleri özel iklime sahip mekânlar haline getirmektedir. Ayrıca, kentleşme ile birlikte doğal peyzaj ile ısı ve su döngüsünde de değişimler meydana gelmektedir (Yüksel ve Yılmaz, 2008).

Yaya rüzgâr konforunu etkileyen önemli değişkenlerden birisi bina aerodinamiğidir. Bina aerodinamiği, yayalar üzerindeki rüzgâr hızını ve şeklini etkilemektedir. Binaların çevresinde yer alan bazı dış mekânların kullanımı yayalar tarafından tercih edilmezken, kullanım sıklığı artan dış mekânlar da oluşabilmektedir.

Yaya rüzgâr konforu üzerindeki olumsuz etkilerin azaltılması için bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesine ilişkin yöntem ve modellerin yerel, bölgesel ve küresel ölçeklerde tanımlanması büyük önem taşımaktadır. Yerel ve bölgesel ölçekte tanımlanacak yöntem ve modellerin küresel ölçekte de geçerliliği olacaktır. Bu bağlamda, bu tez çalışmasında yerel ölçekte Ankara-Türkiye özelinde bir örneklem alan seçilmiş ve ilgili değerlendirmeler belirlenen araştırma soruları çerçevesinde Tepe Prime Binasında gerçekleştirilmiştir.

Türkiye’de yüksek binaların gün geçtikçe plansız şekilde artması ve yeşil alanların azalması, kent ölçeğinde bina aerodinamiğini ve yaya rüzgâr konforunu olumsuz olarak etkilemektedir. Binaların ve kentlerin yayalarca kullanımı sırasında rüzgâr konforu problemi yaşanmakta, bu nedenle kentlerde bazı alanların yayalar tarafından kullanılmak istenmediği gözlemlenmektedir. Bu durum, söz konusu alanlarda yer alan gerek ticari gerekse sosyal ve kültürel etkinlikleri sekteye uğratmakta ve ülkenin sosyo-ekonomik yapısı açısından olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Türkiye’de halihazırda bu konuda uygulanmakta olan herhangi bir standart, yasa, yönetmelik veya analiz modeli bulunmamaktadır. Bu eksiklikler, Türkiye inşaat sektöründe gerek bina tasarımı gerekse kentsel tasarımda, bina aerodinamiği ve yaya rüzgâr konforunun tamamen ihmal edilmesine neden olmaktadır.

Söz konusu problem alanındaki eksikliklerin bilimsel, teknolojik ve sosyo-ekonomik açılardan kapatılarak Türkiye’de yaşanabilir ve konforlu kentler oluşturulması amacıyla inşaat sektöründe farkındalık yaratacak ve rehber teşkil edecek bir çerçeve çizilmesi ve mevzuat altyapısı oluşturulması büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, kapsamlı bir literatür araştırması yapılarak tezin problem tanımı ortaya konmuştur. Probleme ilişkin kısıtlar çerçevesinde tezin amacı, önemi ve kapsamı belirlenmiş, kuramsal yaklaşım ve kullanılacak yöntemin ana hatları çizilmiştir.

Problem Durumu/Konunun Tanımı

Bir kent içerisinde yüksek yoğunluklu bina dizilerinin bulunması ve bu dizilerde farklı kullanım amaçlarına sahip iç ve dış mekânların bir arada olması, yaya seviyesindeki rüzgâr akışını ve yaya kullanımı için kabul edilebilir rüzgâr konforunu etkilemektedir. Bu bağlamda bu tez çalışmasında belirlenen araştırma soruları aşağıda sunulmaktadır:

- Bina aerodinamiği, yaya rüzgâr konforunu etkiler mi?
- Rüzgâr hızı ve yönü, yaya rüzgâr konforunu etkiler mi?
- Bir kent içerisindeki yüksek yoğunluklu bina dizileri, yaya rüzgâr konforunu etkiler mi?
- Farklı kullanım amaçlarına sahip iç ve dış mekânların bir arada olması, yaya rüzgâr konforunu etkiler mi?
- Bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkileri kavramsal analiz esaslı bir yöntemle değerlendirilebilir mi?

- Bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkileri yazılım uygulaması esaslı bir yöntem ile değerlendirilebilir mi?

Söz konusu araştırma soruları çerçevesinde bu tez çalışmasının yoğun kentsel alanlarda yaya rüzgâr konforunun sağlanmasına yönelik bina tasarımı ve kentsel tasarım ölçütlerine ışık tutacağı öngörülmektedir.

Çalışmanın Amacı

Tez çalışmasının amacı, bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesidir. Bu bağlamda tez çalışmasında, bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesine yönelik BUILD-AERO olarak adlandırılan bir model önerisi sunulmuştur. BUILD-AERO modelinin amacı, bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi için bir araç oluşturmaktır. Bu amaç kapsamında esnek bir model geliştirilmiş ve bu modelin gerçekleştirilecek diğer benzer çalışmalara altlık oluşturması hedeflenmiştir. BUILD-AERO modeli kavramsal analiz esaslı ve yazılım uygulaması esaslı iki değerlendirme aşamasından oluşmaktadır. Bu aşamaları somutlaştırmak amacıyla, seçilen örneklem binanın aerodinamiği deneysel analiz ve istatistiksel analiz yöntemleri ile değerlendirilmiştir. Deneysel analiz yöntemi kapsamında rüzgâr tüneli testi yapılmıştır. İstatistiksel analiz kapsamında MATLAB yazılımı ile analiz ve MS EXCEL yazılımı ile karşılaştırmalı betimsel analiz gerçekleştirilmiştir.

Gerçekleştirilen analizler sonucunda bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılabilmesi için iyileştirme önerileri sunulmuştur. Tez çalışması kapsamında önerilen BUILD-AERO modelinden beklenen çıktıların Türkiye inşaat sektöründe mimar, mühendis, kent plancısı, iç mimar, müteahhit, kanun koyucu, standart düzenleyici, mülkiyet sahibi ve yerel yönetimler gibi paydaşlara bilimsel, teknolojik ve sosyo-ekonomik açılardan özgün değerler ve katkılar sağlaması hedeflenmektedir.

Çalışmanın Önemi

Tez çalışmasında önerilen kavramsal analiz ve yazılım uygulaması esaslı değerlendirme aşamalarını içeren BUILD-AERO modelinin aşağıda sunulan katkıları sağlaması öngörülmektedir:

- BUILD-AERO modeli, tasarım aşamasından itibaren bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi ve yaya rüzgâr konforunun sağlanması için kullanılabilecektir.
- BUILD-AERO modelinin, yaşanabilir ve konforlu kentler oluşturulması için inşaat sektörü paydaşlarına rehber bir çerçeve oluşturacağı öngörülmektedir.
- BUILD-AERO modeli kapsamında kavramsal analiz yöntemi dikkate alınarak geliştirilen web tabanlı yazılım uygulamasının inşaat sektöründe ilgili paydaşlar tarafından pratik olarak kullanılabileceği ve inşaat sektörüne bu çerçevede önemli katkı sağlayacağı düşünülmektedir.
- Bu tez çalışması, yaya rüzgâr konforunun sağlanmasına ilişkin değişkenlere dikkat çekerek inşaat sektöründe bu konuda farkındalık yaratabilir. Yeşil bina sertifika sistemlerinde ihmal edilen söz konusu değişkenlerin ilgili değerlendirme ölçütlerine dahil edilmesinin öneminin ve gerekliliğinin saptanmasına katkı sağlayabilir.
- BUILD-AERO modeli ile yapılan bir değerlendirmenin sonuçları, bir bina ve çevresinin yaya rüzgâr konforu ile ilişkisinin tanımlanmasını sağlayarak bu binanın yaya kullanımı için rüzgâr konforu açısından iyileştirilmesi; kamuda ve özel sektörde planlama, öncelik belirleme; bina tasarımı ve mevcut tasarımın yenilenmesi konularında karar verilmesi ile Türkiye inşaat sektöründe bina aerodinamiği ve yaya rüzgâr konforu konularındaki teknolojik ve mevzuatsal gelişmeleri hızlandırmak adına yapılması gereken bilimsel ve teknolojik çalışmalar için girdi oluşturabilir.

Çalışmanın Yöntemi

Tez çalışması kapsamında nitel ve nicel araştırma yöntemlerinden yararlanılmıştır. Nitel araştırma yöntemleri kapsamında yüksek binalar, yüksek bina formu, bina aerodinamiği, yaya rüzgâr konforu ve rüzgâr tüneli testleri başlıkları altında bir literatür araştırması yapılmıştır. Yapılan araştırmalarda özellikle rüzgâr ve bina formu ilişkisi (bina

aerodinamiği), rüzgâr ve kentsel mekân ilişkisi, rüzgâr ve konfor ilişkisi üzerinde yoğunlaşmış ve yaya rüzgâr konforu analiz yöntemleri incelenmiştir.

Bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesine yönelik BUILD-AERO olarak adlandırılan bir model önerisi sunulmuştur. Önerilen model, kavramsal analiz esaslı ve yazılım uygulaması esaslı birer değerlendirme aşamasını kapsamaktadır. Bu modelin temel çıktıları, yaya rüzgâr konforu seviyeleridir.

Önerilen BUILD-AERO modelinin somutlaştırılması amacıyla Ankara ili Çankaya ilçesinde yer alan Tepe Prime Binası örneklem olarak seçilmiştir. Örneklem binaya etki eden rüzgâr verileri literatürden ve T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğünden; bina formu ve bina yerleşimi verileri ise proje müellifinden temin edilmiştir. Binayı oluşturan dört blok ve çevresi, temin edilen veriler çerçevesinde SOLIDWORKS yazılımı aracılığıyla modellenmiş ve bu model üzerinden 1/500 ölçeğinde maketi yaptırılmıştır.

Yapılan literatür araştırmasında, bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesinde beş farklı yöntemin kullanıldığı tespit edilmiştir. Bu yöntemler anket, alan ölçümü, sayısal analiz (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği), deneysel analiz (rüzgâr tüneli testi) ve istatistiksel analiz (MATLAB yazılımı, betimsel analiz gibi) şeklindedir. Bu tez çalışmasında, nicel araştırma yöntemleri kapsamında deneysel ve istatistiksel analiz yöntemlerinden yararlanılmıştır. Analizler dört adımda gerçekleştirilmiştir. İlk adımda, örneklem bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkileri rüzgâr tüneli testi ile Ortadoğu Teknik Üniversitesi Rüzgâr Enerjisi Teknolojileri Araştırma ve Uygulama Merkezinde (RÜZGEM) analiz edilmiştir (Deneysel analiz). İkinci adım, rüzgâr tüneli testi sonuçlarının MATLAB yazılımında hazırlanan bir kod aracılığıyla analizini kapsamaktadır (İstatistiksel analiz). Üçüncü ve dördüncü adımlarda ise rüzgâr tüneli testi sonuçlarının, önce Ankara rüzgâr gülü verileri daha sonra Ankara maksimum rüzgâr hızı verileri (2014 ve 2021 yılları) ile MS Excel yazılımından yararlanarak karşılaştırmalı betimsel analizi gerçekleştirilmiştir (İstatistiksel analiz).

Gerçekleştirilen analizler sonucunda bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılabilmesi için iyileştirme önerileri sunulmuştur. Tez çalışması kapsamında elde edilen bulgu ve sonuçlar tartışılmış, ileride gerçekleştirilebilecek

alışmalar için oneriler sıralanmıştır. onerilen BUILD-AERO modelinden beklenen ıktıların Türkiye inşaat sektöründeki paydaşlara sağladığı katkılara yer verilmiştir.

Varsayımlar/Sınırlılıklar

Tez çalışmasında onerilen BUILD-AERO modelinin somutlaştırılması amacıyla seçilen örneklem bina Ankara ilinde yer almaktadır. Ankara ilinin seçilmesinin nedeni, son yıllarda Ankara'nın nüfusunun hızlı bir şekilde artmasına bağlı olarak mekânsal ve toplumsal yapının hızla değişmiş olmasıdır. Bu bağlamda, Ankara'da hızlı kentleşme süreci yaşanmaktadır. Bu süreçte yapılaşmış alanların özellikle yüksek binaların sayısı düzenli olarak artmakta ve açık yeşil alanlar azalmaktadır. Bu durumun, kentin aerodinamik yapısını ve yaya rüzgâr konforunu olumsuz olarak etkilediği varsayılmıştır.

Tez çalışmasında örneklem olarak Tepe Prime Binası seçilmiştir.  bloktan oluşan Tepe Prime Binasının zemin katları, açık kamusal alan, yeme içme mekânları ve alışveriş mekânları gibi sosyal alanlardan oluşmaktadır. Bu mekânlar, çok sayıda insan etkinliğine olanak tanımakta ve yoğun kullanım olanakları sunmaktadır. Bu nedenle, Tepe Prime Binasının yoğun bir yaya kullanımını içerdiği varsayılmıştır.

Dış mekân kullanıcıları olan yayaların konfor koşulları üzerinde birçok çevresel değişken farklı etkilere sebep olabilir. Dış mekân yaya rüzgâr konforu üzerinde etkiye sahip olan çevresel değişkenler; rüzgârın hızı, hava sıcaklığı, bağlı nem, güneş radyasyonu, hava kalitesi, insan etkinliği, giyinme düzeyi, yaş ve maruz kalma sresidir. Bu tez çalışmasında, rüzgârın diğer çevresel değişkenlerden daha önemli etkilere sahip olduğu varsayılmıştır.

Bina aerodinamiği, yayalara etki eden rüzgâr hızını ve şeklini etkilemektedir. Bu sebeple, binaların çevresinde yer alan bazı dış mekânlar yayalar tarafından daha sık kullanılırken bazı mekânların daha az tercih edildiği gözlenmektedir. Bu tez çalışmasında, az tercih edilen dış mekânların rüzgâr sebebiyle yaya konforunu olumsuz etkileyen mekânlar oldukları varsayılmıştır.

Yukarıda ifade edilen varsayımlar ve sınırlılıklar kapsamında hazırlanan tez çalışması beş bölümden oluşmaktadır:

Tez çalışmasının giriş bölümünde bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkileri irdelenmiştir. Söz konusu etkilerin değerlendirilmesi için yararlanılan analiz yöntemlerinin kullanımında karşılaşılan problemler saptanmıştır. Saptanan problemler kapsamında tez çalışmasının amacı, önemi ve yöntemi belirlenmiştir. Kabul edilen varsayımlar ve sınırlılıklar çerçevesinde tez çalışmasının kapsamı sunulmuştur.

Belirlenen kapsama uygun olarak, tez çalışmasının ikinci bölümünde literatür araştırması yapılmıştır. Bu noktada, geçerliliği ulusal ve uluslararası alanda kabul görmüş veri kaynakları kullanılmıştır. Ayrıca, çalışma konusu ile doğrudan ilgili olduğu düşünülen ve uluslararası literatürde geçerliliğini kanıtlamış olan bilimsel çalışmaların özetleri paylaşılmış; bu çalışmalardaki materyaller ve yöntemler eleştirel bir perspektifle irdelenmiştir. Yapılan literatür araştırması çerçevesinde, rüzgâr ve bina formu ilişkisi (bina aerodinamiği), rüzgâr ve kentsel mekân ilişkisi, rüzgâr ve konfor ilişkisi araştırılmıştır. Konfor, yaya konforu ve yaya rüzgâr konforu kavramları ayrıntılı olarak incelenmiştir. Yaya rüzgâr konforuna ilişkin değerlendirme yöntemleri ilgili değişkenlerle beraber sunulmuştur.

Tez çalışmasının üçüncü bölümünde, bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesine yönelik olarak BUILD-AERO modeli önerilmiştir. Önerilen model iki aşamada ele alınmıştır. Kavramsal analiz esaslı değerlendirme birinci aşamada, yazılım uygulaması esaslı değerlendirme ise ikinci aşamada sunulmuştur.

Tez çalışmasının dördüncü bölümünde, önerilen BUILD-AERO modelinin somutlaştırılması amacıyla seçilen örneklem binaya ilişkin deneysel ve istatistiksel analiz yöntemlerinden yararlanılarak bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkileri dört adımda analiz edilmiştir. İlk adımda, örneklem bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin analizi, deneysel bir analiz yöntemi olan rüzgâr tüneli testi ile gerçekleştirilmiştir. İkinci adımda, rüzgâr tüneli testi sonuçları MATLAB yazılımı aracılığıyla istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Üçüncü adımda rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara rüzgâr gülü verilerinin MS Excel yazılımından yararlanarak karşılaştırmalı betimsel analizi gerçekleştirilmiştir. Dördüncü adımda rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara maksimum rüzgâr hızı verilerinin (2014 ve 2021 yılları) MS Excel yazılımı ile karşılaştırmalı betimsel analizi yapılmıştır. Gerçekleştirilen analizler sonucunda bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılabilmesi için iyileştirme önerileri sunulmuştur.

Tez çalışmasının son bölümünde, bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin analizi ve değerlendirilmesiyle ilgili karşılaşılan sorunlar ve kısıtlar irdelenmektedir. İrdeme sonuçları, önerilen model çerçevesinde tartışılmaktadır. Bu tez çalışmasından elde edilen sonuçların, Türkiye inşaat sektöründe mimar, mühendis, şehir plancısı, iç mimar, müteahhit, kanun koyucu, standart düzenleyici, mülkiyet sahibi ve yerel yönetimler gibi paydaşlara bilimsel, teknolojik ve sosyo-ekonomik açılardan teorik ve pratik katkılar sağlaması amacıyla önerilerde bulunmaktadır. Tez çalışmasının kapsamı, Şekil 1.1’de bir akış şeması ile ifade edilmektedir.

1.	Bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin irdelenmesi
	Etkilerin değerlendirilmesi için yararlanılan analiz yöntemlerinin kullanımında karşılaşılan problemlerin saptanması
	Saptanan problemler kapsamında tez çalışmasının amacı, önemi ve yönteminin belirlenmesi
	Kabul edilen varsayımlar ve sınırlılıklar çerçevesinde tez çalışmasının kapsamının sunulması
2	Bina Aerodinamiği ve Yaya Rüzgar Konforuna İlişkin Kavramsal Çerçeve
	İlgili Araştırmalar
	Rüzgar ve Bina Formu İlişkisi (Bina Aerodinamiği)
	Rüzgâr ve Kentsel Mekân İlişkisi
	Rüzgâr ve Konfor İlişkisi
	Konfor ve yaya konforu
	Yaya rüzgâr konforu
	Yaya Rüzgâr Konforu Analiz Yöntemleri
3	BUILD-AERO Modelinin Kavramsal Analiz ve ve Yazılım Uygulaması Esaslı Değerlendirme Aşamaları
	BUILD-AERO Modeli - Aşama 1: Kavramsal Analiz Yöntemi
	BUILD-AERO Modeli - Aşama 2: Yazılım Uygulaması Esaslı Değerlendirme Yöntemi
4	3. Bina Aerodinamiğinin Yaya Rüzgâr Konforu Üzerindeki Etkilerinin Analizi
	Örneklem Binanın Analizi için Amaç ve Kapsam Tanımı
	Örneklem Binanın Analizi için Veri Çeşitleri ve Veri Toplama Yöntemleri
	Binaya etki eden rüzgâr verileri
	Bina formu ve bina yerleşimi verileri
	Örneklem Bina için Yaya Rüzgâr Konforu Analiz Yönteminin Belirlenmesi
	Örneklem Bina Aerodinamiğinin Yaya Rüzgâr Konforu Üzerindeki Etkilerinin DeneySEL ve İstatistikSEL Yöntemler ile Analizi
	Bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin rüzgâr tüneli testi ile analizi (DeneySEL analiz)
	Rüzgâr tüneli testi sonuçlarının MATLAB yazılımı ile analizi (İstatistikSEL analiz)
	Rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara rüzgâr gülü verilerinin MS EXCEL yazılımı ile karşılaştırmalı betimsel analizi (İstatistikSEL analiz)
	Rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara maksimum rüzgar hızı verilerinin (2014 ve 2021 yılları) MS EXCEL yazılımı ile karşılaştırmalı betimsel analizi (İstatistikSEL analiz)
	Bulgular ve Tartışma

Şekil 1.1. Tez akış şeması

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

2.1. İlgili Araştırmalar

Rüzgârın, bina aerodinamiği ve insan konforu açısından önemli etkileri bulunmaktadır. Özellikle yaya konforu özelinde rüzgârın etkilerine ilişkin literatürde çok sayıda çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu tez çalışmasında literatür taraması için Proquest, Web of Science, ScienceDirect ve YÖK Tez Tarama veri tabanlarından anahtar kelimeler ile tarama yapılarak konuya ilişkin gerçekleştirilmiş olan tez ve makaleler incelenmiştir.

Yapılan incelemelerde konunun genellikle, rüzgâr türbinleri, yapı köşesinde gerçekleştirilen değişiklikler veya heykelsi bir biçimde bina formunun yükseldikçe küçülmesi gibi form değişikliklerinin yapıya etki eden rüzgâr yükü üzerindeki etkisi gibi konular ile ele alındığı tespit edilmiştir. Dünya’da bina aerodinamiği açısından örnek yüksek binalar üzerinden rüzgâr tüneli testleri ile analizler gerçekleştirildiği, ayrıca yaya konforu ölçütlerinin açıklandığı ve rüzgârın yaya konforu üzerindeki etkisinin örnek tek bir bina veya kentsel bir alan örneğinde analiz edildiği gözlenmiştir. Konuya ilişkin Ankara ilinde bir bina ve çevresi özelinde yaya rüzgâr konforu açısından gerçekleştirilen bir analiz çalışmasının olmadığı saptanmıştır. Bu bağlamda, bu tez çalışması literatürün bu konuda desteklenmesi adına büyük önem taşımaktadır.

Tezin konusu, sınırlılıkları ve kapsamı çerçevesinde yararlanılan kaynaklar bu bölümde deneysel analiz ve sayısal analizler, yüksek binalar, yüksek bina formu, bina aerodinamiği, yaya rüzgar konforu ve rüzgar tüneli testleri başlıkları altında verilmiştir.

Deneysel analiz ve sayısal analizler ile ilgili araştırmalar

Çelik (2011) tarafından İzmir şehrinde bir bölge alan ölçümü yöntemi ile rüzgâr açısından incelenmiştir. Stathopoulos (2006) kentsel iklimde dış mekân insan konforunun rüzgâr hızı, hava sıcaklığı, bağıl nem, güneş radyasyonu, hava kalitesi, insan aktivitesi, giyinme düzeyi ve yaşı gibi birçok farklı değişkenden etkilendiğinden bahsetmiştir.

Blocken ve Persoon (2009), Amsterdam’da büyük bir futbol stadyumunun etrafındaki yaya

rüzgâr konforunu HAD yöntemi ile incelemişlerdir.

Andres ve Cuerva (2006), farklı rüzgâr konfor ölçütlerini karşılaştırmışlardır. Blocken B. (2014), Hesaplamalı Rüzgâr Mühendisliğinin (CWE) geçmişi, bugünü ve geleceğine ilişkin perspektife yer vermiştir. Soligo ve ark. (1998) tarafından yayalar üzerindeki rüzgâr etkisini değerlendirmek için yeni yöntemler geliştirilmiştir.

Ishugah, Li, Wang, Kiplagat (2014) tarafından elektrik üretimi, havalandırma ve kirlilik dağılımı, kıyı soğutması ve kıyı kentlerinin nem alması, kentsel çevrelerde rüzgâr enerjisi uygulamasının ekonomik ve çevresel yararlarının kentsel çevrede, değişen uygulama ve uygulama teknikleri özetlenmiştir.

Stathopoulos, Wu ve Zacharias (2004), temel insan aktiviteleri ve hava değişkenleri arasındaki ilişkiyi, anket uygulaması, alan ölçümleri ve istatistiksel analizler ile kapsamlı bir şekilde değerlendiren bir araştırma programı tariflemişlerdir.

Ferreira, Sousa ve Viegas (2002) tarafından yedi pavyon içeren rekreasyon alanına yerleştirilmiş iki yardımcı bina tarafından oluşturulan girişim etkisi ile sayısal ve deneysel analiz sonuçları ortaya konulmuştur.

Yüksek binalar ile ilgili araştırmalar

Ali ve Armstrong (2006) tarafından hazırlanan “*Strategies For Integrated Design of Sustainable Tall Buildings*” adlı çalışmada, yüksek binalarda sürdürülebilir tasarım ilkeleri ortaya konulmuştur.

Ali ve Moon (2007) tarafından hazırlanan “*Structural Developments in Tall Buildings: Current Trends and Future Prospects*” adlı çalışmada, yüksek binaların gelişimi nedenlerinden bahsedilerek, taşıyıcı sistemlerdeki geçmişten bugüne gerçekleşen değişiklikler, bölgelere göre yüksek bina oran ve fonksiyonları ile ortaya konulmuştur.

Bentz (2012) tarafından hazırlanan “*Dynamics of Tall Buildings: Full-Scale Quantification and Impacts on Occupant Comfort*” adlı doktora tezinde, yüksek binaların çevre

duyarlılığıyla ilgili belirsizlikler tam ölçekli izleme yöntemi ile belirlenerek yatay tepkiler ve burulma tepkileri altında kullanıcı konforunu sağlayan tasarım ilkeleri incelenmiştir.

Chen ve Kareem (2005) tarafından hazırlanan “*Dynamic Wind Effects on Buildings with 3D Coupled Modes: Application of High Frequency Force Balance Measurements*” adlı makalede, bina tepki analizi için kapsamlı bir çerçeve ve ilişkili eşdeğer statik rüzgâr yüklerinin HFFB ölçümü kullanılarak modellenmesi üzerinde durulmuştur.

Filliben ve Simiu (2010) tarafından hazırlanan “*Tall Building Response Parameters: Sensitivity Study Based on Orthogonal Factorial Experiment Design Technique*” adlı makalenin iki amacı bulunmaktadır. Birincisi, inşaat mühendislerine, çeşitli şekilde simüle edilmiş akım parametrelerinin akışı altında bir binanın aerodinamik tepkisi gibi yüksek binaların tepkilerine ilişkin deneysel tasarım tekniğini tanıtmaktır. İkinci amaç ise deneysel tasarım tekniklerini kullanarak yüksek binalar için rüzgâr yükü etkenleri, doğal titreşim frekansları ve sönüm oranları ile ilgili belirsizlikleri tespit etmektir.

Gupta, Soong ve Dargush (2000) tarafından hazırlanan “*Active Aerodynamic Bi Directional Control of Structures II: Tall Buildings*” adlı makalede, yeni bir aktif aerodinamik kontrol cihazı uygulaması önerilmiştir. Ayrıca, yüksek binaların AFS uygulaması için bir tasarım yöntemi geliştirmek amacıyla dinamik modellere dayalı yaklaşık formüller üretilmiştir. Tasarıma dayalı bazı önemli sorunları göstermek için bir örnek sunulmuştur. Yüksek binalarda birçok farklı parametrenin etkisi sayısal olarak değerlendirilmiştir.

Gültekin ve Yavaşbatmaz (2012) tarafından hazırlanan “*Sustainable Design of Tall Buildings*” adlı makalede, yüksek yapıların alçak katlı yapılara göre yaşam döngüsü boyunca daha fazla çevresel etkiye sahip olduğu belirtilerek, onüç LEED sertifikalı yüksek bina sürdürülebilir tasarım ölçütleri kapsamında bir puanlama sistemine göre değerlendirilmiştir.

Irwin (2008) tarafından hazırlanan “*Bluff Body Aerodynamics in Wind Engineering*” adlı makalede, insan yapımı binaların birçoğu sarp cisimler olarak tanımlanmıştır. Bu sarp cisimlerin rüzgâr mühendisliği kapsamında oluşan aerodinamik problemlerinin çeşitliliğinin

sınırsızlığına ve bu problemlerin bazen büyük yapılar ve köprülerin güvenliği ve ekonomikliği konusunda son derece önemli olduğuna değinilmiştir.

Kanbur, Pınarbaşı ve Koca (2013) tarafından hazırlanan “*Yüksek Katlı Binalara Etkiyen Rüzgâr Yükleri Sonucunda Oluşan Doğal Havalandırmanın HAD Ortamında İncelenmesi*” adlı makalede, İstanbul’da kentsel dönüşüm çerçevesinde rüzgâr yüklerinin, cam giydirme cephe sistemleriyle donatılmış yüksek katlı binalarda doğal havalandırma imkanı araştırılmış ve bunun sonucunda binalar için gerekli olan mekânîk tesisat gücünün azaltılarak doğal havalandırmayla enerji tasarrufu oluşturup oluşturmadığı incelenmiştir. İncelemede Ansys Fluent Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) paket programı kullanılmıştır. Analiz sonucunda, binaların çevresinde bölgelerdeki türbülans, kinetik enerji, basınç ve hız değişimleri perspektif olarak çıkarılıp meydana gelen değişimlerin kaynağı yorumlanmıştır.

Özgen ve Sev (2000) tarafından hazırlanan “*Çok Katlı Yüksek Yapılarda Taşıyıcı Sistemler*” adlı çalışmada, yüksek binaların tarihsel süreç içerisindeki gelişimleri ortaya konulmuş ve kullanılan taşıyıcı sistem tipleri örnek yapılarla tanımlanmıştır.

Sev (2009) tarafından hazırlanan “*Sürdürülebilir Mimarlık*” adlı çalışmada, sürdürülebilir mimarlık ölçütleri ortaya konulmuştur. Yüksek binalarda sürdürülebilirlik kavramı, sürdürülebilir bina tasarım yöntemleri, cephe sistemleri ve taşıyıcı sistem tasarımı ile ele alınmıştır.

Yiğit, İnal, Rizos, Yetkin, Arslan ve Doğanalp (2009) tarafından hazırlanan “*Rixos Hotel Binasının Rüzgâr Yükü Karşısındaki Tepkisinin GPS ve Yüksek Presizyonlu Eğim Sensörü Verileri ile Analizi ve Sensörlerin Karşılaştırılması*” adlı çalışmada, otuz katlı Rixos Hotel Binasının rüzgâr yükü altındaki davranışı GPS ve yüksek presizyonlu eğim sensörü ile eş zamanlı olarak izlenmiştir. Bu iki sensörden toplanan veriler, zaman ve frekans alanındaki analizler yardımıyla değerlendirilmiştir. GPS ölçmelerinin bina üzerindeki yansıtıcı yüzeyler sebebiyle çok yolluluk hatasıyla yüklü olduğu tespit edilmiştir. Her iki sensör verisinin frekans alanında yapılan analizleri sonucunda sensörlerden elde edilen sonuçların birbiriyle ve Sonlu Elemanlar Yöntemi (SEM) ile elde edilen 1. mod frekansı ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bu çalışma ile rüzgâr yükü altında bina davranışlarının

izlenmesinde GPS ve eğim sensörlerinin birbirlerine göre üstün ve zayıf yönleri tespit edilmiş ve bu sensörlerin birlikte kullanılmasının önemi üzerine bulgular elde edilmiştir.

Wu ve Chang (2011) tarafından hazırlanan “*Along-Wind Aero-Elasticity of High-Rise Buildings by Using Indirect Forced Actuation Technique*” adlı makalede, dolaylı zorla çalıştırma tekniğine dayanan bir kimlik şeması geliştirilmiştir. Bu şemayı uygulamak amacıyla, deneysel tanımlamalarda çeşitli boy oranları ve boy-en oranlarına sahip farklı yüksek yapıları temsil eden çeşitli prizma modelleri kullanılmıştır. Onbeş farklı konfigürasyona sahip toplam dokuz model test edilmiş ve önerilen tanımlama şemaları kullanılarak tespitler yapılmıştır.

Yangluxi ve Chen (2020) tarafından hazırlanan “*Study on the Influence of Voids on High-Rise Building on the Wind Environment*” adlı makalede, yüksek binalardaki boşlukların çevredeki rüzgâr ortamı üzerindeki etkilerini araştırılması amaçlanmış olup, binaların çevresindeki rüzgâr ortamını simüle etmek için Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği yöntemi kullanılmıştır.

Yiğit, Li, İnal, Ge ve Yetkin (2010) tarafından hazırlanan “*Preliminary Evaluation of Precise Inclination Sensor and GPS for Monitoring Full-Scale Dynamic Response of a Tall Reinforced Concrete Building*” adlı çalışmada, otuz kat yüksekliğe sahip yüksek bir betorme binanın rüzgâr yükü karşısındaki davranışı GPS ve eğim sensörleri ile izlenmiştir. Bu sensörler ile toplanan veriler zaman ve frekans alanlarında analiz edilmiştir. Çalışma sonunda, GPS gözlem verilerinin binanın üzerinde bulunan yansıtıcı yüzey nedeniyle oluşan çoklu yol nedeniyle bozulduğu tespit edilmiştir.

Yüksek bina formu ile ilgili araştırmalar

Almusharaf (2011) tarafından hazırlanan “*Incorporating the Structure of Tall Buildings Within an Architectural Form Generation Process*” adlı doktora tezinde, yüksek binaların tanımı ve tarihsel gelişimi ile yüksek bina formlarında görülen yeni gelişmeler açıklanmıştır. Yüksek binalarda strüktürel ve biçimsel tasarım kararlarının entegrasyonu dijital tabanlı tasarım yaklaşımı ile analiz edilmiştir.

Gerçek, Güven ve Oktay (2016) tarafından hazırlanan “*Analysis of the Intra-City Variation of Urban Heat Island and Its Relation to Land Surface/Cover Parameters*” adlı makalede, son yıllarda aşırı kentleşme ve sanayileşmeye maruz kalan İzmit ili için kentsel ısı adası etkisi ve bu etkiye neden olan faktörler araştırılmıştır. İzmit'teki kentsel ısı adası etkisinin mekânsal dağılımı ve değişimi, Landsat 8 ve ASTER 2015 yazılımına ait gündüz ve gece görüntüleri kullanılarak analiz edilmiştir.

Yu, Zheng, Ho, Gao ve Cheng (2018) tarafından hazırlanan “*Research on Modeling and Simulation in Overshadowing Influence of Coastal Building on Vessel Traffic Service Radar*” adlı makalede, kıyıdaki yüksek binalardaki radar dalgalarının yansıma özelliklerinin belirli bir koruma alanı oluşturduğu ve bu özelliğin gemi trafik hizmetinin korunaklı sularda gemi dinamik durumunu kontrol etmesini zorlaştırdığı üzerinde durulmuştur.

Kim ve Kanda (2013) tarafından hazırlanan “*Wind Pressures on Tapered and Set Back Tall Buildings*” adlı makalede, yüksekliği değiştirilmiş yüksek binalara uygulanan basınç dalgalanmalarının uzay-zamansal karakteristiğinin saptanması amaçlanmıştır. Sonuçlar, binalar yükseldikçe incelme ve kademelenmenin güç spektrumunun band genişliği ve tepe frekans pozisyonu üzerindeki etkilerini göstermiştir.

Nathan ve Mueller (2017) tarafından hazırlanan “*Design for Structural and Energy Performance of Long Span Buildings Using Geometric Multi-Objective Optimization*” adlı makalede, tasarımcıların geometrik olarak çeşitli yüksek performanslı bina formlarından çözümler üretmelerine ve seçmelerine yardımcı olmak için kavramsal tasarımda çok amaçlı optimizasyonun (MOO) potansiyeli ele alınmaktadır.

Park (2005) tarafından hazırlanan “*Tall Building Form Generation by Parametric Design Process*” adlı doktora tezinde, yüksek binaların gelişimi, mimari ve strüktürel kararlar, dijital tasarım süreci üzerine bilgiler verilmiştir. Yüksek binalarda en çok uygulanan formlar ve mimarlık ile dijital yöntemleri entegre eden tasarım süreci analiz edilmiştir.

Bina aerodinamiği ile ilgili araştırmalar

Braun ve Awruch (2009) tarafından hazırlanan “*Aerodynamic and Aeroelastic Analyses on the CAARC Standard Tall Building Model Using Numerical Simulation*” adlı makalede, bir

yüksek bina modeli üzerinde rüzgâr etkisi simüle edilmiştir. Hesaplamalı akışkanlar dinamiği teknikleri kullanılarak yüksek binaların aerodinamik ve aeroelastik davranışları analiz edilmiştir.

Butler (2010) tarafından hazırlanan “*The Impact of Extreme Wind Events on Structures*” adlı doktora tezinde, çeşitli rüzgâr senaryoları oluşturularak prizmatik model üzerinde rüzgâr yükünün etkileri simüle edilmiştir.

Chan, Chui ve Huang (2009) tarafından hazırlanan “*Integrated Aerodynamic Load Determination and Stiffness Design Optimization of Tall Buildings*” adlı makalede, aerodinamik rüzgâr yük analizi yöntemi ve yüksek çelik binanın yanal yüklere karşı tasarım maliyetini minimize etmek için eleman rijitlik optimizasyon yönteminin ikisini birlikte ele alan bir bilgisayar destekli teknik üzerinde durulmuştur.

Dagnew (2012) tarafından hazırlanan “*Computational Evaluation of Wind Loads on Low and Highrise Buildings*” adlı doktora tezinde, hesaplama teknolojilerindeki yeni gelişmeler ve türbülans modellemedeki önemli gelişmeler araştırılmıştır. Rüzgâr etkilerinin sayısal değerlendirmesi yapılmıştır. Geleneksel bina formlarında rüzgâr etkisine ait standartların yanı sıra standartlarda yer almayan durumlara ilişkin analiz yapılması hedeflenmiştir. Çalışmada yüksek binaların aerodinamiği ve çevredeki binaların karmaşık etkilerine değinilmiştir. İncelenen tüm türbülans modelleri arasında, büyük girdap simülasyonu (LES) modelinin rüzgâr yükünü tahmin etmekte en etkili model olduğu saptanmıştır.

Estrada (2009) tarafından hazırlanan “*Reliability of Wind-Sensitive Buildings: A Serviceability Design Consideration*” adlı doktora tezinde, farklı strüktür ve rüzgâr karakteristiğinde binaların etkilenme şekilleri üzerinde durulmuştur.

Gutnikov, Lifanov ve Setukha (2005) tarafından hazırlanan “*Simulation of the Aerodynamics of Buildings and Structures by means of the Closed Vortex Loop Method*” adlı makalede, binalardan geçen hava akımının sayısal simülasyonu problemleri, kapalı girdap döngü yöntemi kullanılarak ele alınmıştır. Çalışmada, girdap yaklaşımına dayanan bir matematiksel model önerilmiştir. Gerçek bir bina için aerodinamik yüklerin hesabına ilişkin bir örnek verilmiş ve sonuçlar bir bina modelinin rüzgâr tüneli testinde elde edilen sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Günel ve Ilgın (2008) tarafından hazırlanan “*Bir Mimari Tasarım Kriteri Olarak Rüzgâr Enerjisinin Kullanımı*” adlı çalışmada, rüzgâr enerjisinin kullanımı ve çevre üzerindeki etkileri açıklanmıştır. Dünya’da ve Türkiye’de rüzgâr enerjisi potansiyelinden bahsedilerek rüzgar enerjisinin yapılara entegrasyon yöntemleri açıklanmıştır.

Hocaoğlu (2008) tarafından hazırlanan “*Rüzgâr ve Güneş Verilerinin Sinyal İşleme Yöntemleriyle Analizi ve Sistem Modellemesi*” adlı doktora tezinde, öncelikle saatlik değişen güneş ışınım şiddetleri ve rüzgâr hızlarını modelleyen yeni yöntemler geliştirilmiştir. İkinci aşamada geliştirilen bu modelleme yöntemleri de kullanılarak hibrit (rüzgâr-güneş) enerji üretim sistemlerinin boyutlandırılması için yeni bir optimizasyon algoritması oluşturulmuştur.

Huang, Quan ve Gu (2013) tarafından hazırlanan “*Experimental Study of Aerodynamic Damping of Typical Tall Buildings*” adlı makalede, tipik kesite (kare, kesik köşeye sahip kare, dikdörtgen) sahip yüksek binaların altı tek dereceli serbestlik (SDOF) aeroelastik modelleri, bir rüzgâr tüneline test edilmiştir. Aerodinamik sönümleme üzerinde rüzgâr hızının etkisi, köşe modifikasyonları (içbükey veya konik köşe), yan oranı ve rüzgâr yönünün etkisi analiz edilmiştir.

Ilgın ve Günel (2007) tarafından hazırlanan “*The Role of Aerodynamic Modifications in the Form of Tall Buildings Against Wind Excitation*” adlı makalede, yanal yüklere direnç göstermek için mimarlıkta uygulanan aerodinamik modifikasyonlar sınıflandırılmıştır. Rüzgâr güvenli yüksek bina tasarımının mimar ile başladığı ve rüzgâr eyleminin etkisinin mimari tasarım sürecinin ilk aşamalarından itibaren bina aerodinamiğini düşünerek ele alınması gerektiğine değinilmiştir.

Irwin (2009) tarafından hazırlanan “*Wind Engineering Challenges of the New Generation of Super-Tall Buildings*” adlı makalede, birçok yapı kodu ve standartında 300 metreden az yüksekliğe sahip binalara yer verildiği ancak daha gerçekçi sonuçların elde edilebilmesi için daha yüksek modellerin analiz edilmesi gerektiği konusu ele alınmıştır.

Migfeng (2008) tarafından hazırlanan “*Performance-Based Serviceability Design Optimization of Wind Sensitive Tall Buildings*” adlı doktora tezinde, performans temelli rüzgâr dayanıklı tasarım, rüzgâr etkili bina sistemlerinin dinamik tepki analizi kavramları

açıklanarak, rüzgâr yükü altında yüksek binaların tasarım optimizasyonları bilgisayar destekli tasarımla analiz edilmiştir.

Montazeri ve Bocken (2013) tarafından hazırlanan “*CFD Simulation of Wind-Induced Pressure Coefficients on Buildings with and without Balconies: Validation and Sensitivity Analysis*” adlı makalede, orta yüksekliğe sahip balkonlu ve balkonsuz bir binanın ortalama rüzgâr basınç dağılımlarını tahmin etmek için üç boyutlu sabit ortalama HAD yönteminin sistematik değerlendirmesi üzerinde durulmuştur. Bu değerlendirme, sistem duyarlılık analizi ve rüzgâr tüneli testi analizi ile doğrulamaya dayanmaktadır.

Oral (2010) tarafından hazırlanan “*Sakarya-Esentepe Yöresi Rüzgâr Enerjisi Potansiyelinin Yeni Bir Yaklaşımla Belirlenmesi*” adlı doktora tezinde, rüzgâr enerjisi potansiyelinin istatistiksel olarak incelenmesi ve rüzgâr enerjisinden elektrik enerjisi üretim imkanları araştırılmıştır. Bu amaçla; Sakarya-Esentepe bölgesinde kurulan rüzgâr ölçüm istasyonunda 30 m ve 10 m’de yapılan ölçümlerden elde edilen veriler değerlendirilerek, bölgenin rüzgâr enerjisi potansiyeli belirlenmiştir. Rüzgâr enerjisi potansiyelinin istatistiksel olarak incelenmesinde, Weibull dağılımı kullanılmıştır. Bu amaçla sayısal çözümleme için, MATLAB programında yararlanılmıştır.

Solari (2002) tarafından hazırlanan “*The Role of Analytical Methods for Evaluating the Wind-Induced Response of Structures*” adlı makalede, binaların rüzgâr kaynaklı tepkilerine ilişkin analitik yöntemlerin ilerleme ve beklentileri gösterilmiş ve tartışılmıştır. Ayrıca, büyük tesisler ve bilgisayarlar bu dönemde kapalı form çözümleri ve kullanıcı dostu sayısal programlar yardımıyla desteklenmiştir.

Stankovic (2009) tarafından hazırlanan “*Urban Wind Energy*” adlı çalışmada, rüzgâr enerjisinin önemi, avantajları ve çevreye etkileri anlatılmıştır. Yüksek binalara rüzgar türbinlerinin uygulama teknikleri ve kullanılacak tipler irdelenmiştir. Ayrıca rüzgâr türbinlerinin yapıya ve yapı tasarımına etkileri açıklanmıştır.

Tanaka, Tamura, Ohtake, Nakai ve Kim (2012) tarafından hazırlanan “*Experimental Investigation of Aerodynamic Forces and Wind Pressures Acting on Tall Buildings with Various Unconventional Configurations*” adlı makalede, köşe kesikli ve yükseldikçe küçülen, spiral ve kare plan biçimlerine sahip yüksek bina modelleri üzerinde rüzgâr etkisi

ve bina aerodinamiği kuvvetini belirlemek amacıyla bir dizi rüzgâr tüneli testi gerçekleştirilmiştir.

Turhal (2008) tarafından hazırlanan “*Yüzeylerinden Düzgün Üfleme Yapılan Kare Kesitli Silindir Etrafındaki Akışta Aerodinamik Özelliklerin Deneysel ve Sayısal İncelenmesi*” adlı doktora tezinde, akışa karşı yatay ve diyagonal konumlarda duran kare kesitli silindirin çeşitli yüzeylerinden yapılan üflemenin direnç ve kaldırma katsayıları deneysel olarak incelenmiştir. Ayrıca, yatay kare kesitli silindir etrafındaki iki boyutlu türbülanslı akışta, uygun sınır koşulları ile model yüzeylerinden yapılan üfleme için geliştirilmiş olan bir bilgisayar programı yardımıyla direnç katsayısı ve kaldırma katsayısı değerleri sayısal olarak elde edilmiş ve deneysel veriler ile karşılaştırılmıştır.

Wang, Tamura ve Yoshida (2013) tarafından hazırlanan “*Wind Loads on Clad Scaffolding With Different Geometries and Building Opening Ratios*” adlı makalede, deneysel veri ile ilgili güncel tasarım önerileri karşılaştırılmıştır. En büyük pozitif ve negatif yerel zirve tepe nokta basınçlarının genellikle yapıların üst bölgelerinde ya da köşe noktalarında olduğu tespit edilmiştir.

Yang, Sarkar ve Hu (2011) tarafından hazırlanan “*An Experimental Study of a High-Rise Building Model in Tornado-Like Winds*” adlı makalede, girdap özelliklerini ve yüksek bina modelinin etrafındaki rüzgâr yükü sonucunda oluşan akış hareketini ölçmek için bir deneysel çalışma gerçekleştirilmiştir. Test edilen yüksek bina modeli üzerine etki eden rüzgâr yükünü ölçmek için bir dijital görüntüleme ölçümleri sistemi kullanılmıştır.

Yiğit ve İnal (2011) tarafından hazırlanan “*Yüksek Bir Binanın Rüzgâr Tepkisinin Farklı Sensörler ile Tam Ölçekli İzlenmesi ve Sensör Entegrasyonuna İlişkin Ön Analiz Sonuçları*” adlı makalede, çok katlı betonarme yüksek bir binanın GPS ve eğim sensörü ile rüzgâr tepkilerinin eş zamanlı izlenmesi, binanın doğal frekanslarının belirlenmesi ve her iki sensörün binanın dinamik davranışlarını yakalama kabiliyetleri açısından değerlendirilmesi karşılaştırmalı bir yaklaşımla ele alınmıştır.

Yaya rüzgâr konforu ile ilgili araştırmalar

Amprasi, Politis, Nikiforiadis ve Basbas (2020) tarafından hazırlanan “*Comparing the Microsimulated Pedestrian Level of Service with the Users’ Perception: The Case of Thessaloniki, Greece, Coastal Front*” adlı çalışmada, yayalar ve bisikletliler için güvenli ve konforlu bir alan oluşturulmasının önemli olduğu tespit edilmiştir. Yayaların açık alanları kullanımı sırasında konfor ve güvenlik algısını belirlemek için anket yönteminden yararlanılmıştır.

Andres ve Cuerva (2006) tarafından hazırlanan “*Pedestrian Wind Comfort: Feasibility Study of Criteria Homogenisation*” adlı makalede, COST C14 eyleminin amaçlarından birisinin yaya rüzgâr konforunun belirlenmesi ve değerlendirilmesi olduğuna ve Avrupa’da bir konuda halihazırda uygulanan genel bir kural bulunmadığına değinilmiştir. Farklı ülkelerde geliştirilen ve uygulanan birçok çeşit ölçütün bulunduğu yer verilerek farklı rüzgâr konfor ölçütlerinin karşılaştırılması yapılmıştır.

Bady, Kato, Takahashi ve Huang (2011) tarafından hazırlanan “*An Experimental Investigation of the Wind Environment and Air Quality Within a Densely Populated Urban Street Canyon*” adlı makalede, yoğun kentsel bir alanda rüzgâr akış karakteristiğinin ve sokak kanyonu boyunca hava kalitesinin deneysel incelemesi yapılmıştır. Yoğun nüfuslu bir kentsel alanın dört farklı tipik modeli çalışılmış ve uzun bir menzil boyunca uygulanan rüzgâr yönleri üzerinden rüzgâr tüneli testleri gerçekleştirilmiştir.

Bady, Kato, Ishida, Huang ve Takahashi (2011) tarafından hazırlanan “*Application of Exceedance Probability Based on Wind Kinetic Energy to Evaluate the Pedestrian Level Wind in Dense Urban Areas*” adlı makalede, yüksek nüfuslu alanlarda yaya seviyesindeki rüzgâr çevresi değerlendirilmiştir. Çalışma Japonya’da Tokyo kentinde ortalama rüzgâr hızı verisine dayanarak gerçekleştirilmiştir. Yoğun kentsel alanda üç farklı model kurgulanmıştır. Bu modellerin geometrilerinin yaya seviyesindeki rüzgâr akış karakteristiğine etkisini incelemek için sayısal analiz yönteminden yararlanılmıştır.

Blocken (2014) tarafından hazırlanan “*50 Years of Computational Wind Engineering: Past, Present And Future*” adlı makalede, Hesaplamalı Rüzgâr Mühendisliğinin (CWE) geçmişi, bugünü ve geleceğine ilişkin perspektife yer verilmiştir. Küçük ölçekli rüzgâr tüneli testleri

ile Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) arasındaki tamamlayıcı ilişkilere değinilmiştir. Ayrıca, binaların çevresinde yaya seviyesindeki rüzgâr koşulları, binaların HAD simülasyonu ile doğal havalandırması ve bina cephelerindeki rüzgâr odaklı yağmur HAD simülasyonu örneklerinin uygulamalarına yer verilmiştir.

Blocken ve Carmeliet (2008) tarafından hazırlanan “*Pedestrian Wind Conditions at Outdoor Platforms in a High-Rise Apartment Building: Generic Sub-Configuration Validation, Wind Comfort Assessment and Uncertainty Issues*” adlı makalede, yüksek bir apartman binasının dış mekânındaki rüzgâr konforunu değerlendirmek için farklı tasarım modifikasyonlarının aşılma olasılıkları değerlendirilmiştir.

Blocken ve Persoon (2009) tarafından hazırlanan “*Pedestrian Wind Comfort Around a Large Football Stadium in an Urban Environment: CFD Simulation, Validation and Application of the New Dutch Wind Nuisance Standard*” adlı makalede, Amsterdam’da büyük bir futbol stadyumunun etrafındaki yaya rüzgâr konforunu belirlemek için üç boyutlu istikrarlı Reynolds ortalama Navier–Stokes (RANS) Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) simülasyonu kullanılmıştır. Çalışmanın odak noktası, yoğun sirkülasyon bölgesi ile çevreleyen yollar ve alanlar olarak belirlenmiştir.

Blocken, Roels ve Carmeliet (2004) tarafından hazırlanan “*Modification of Pedestrian Wind Comfort in the Silvertop Tower Passages by an Automatic Control System*” adlı makalede, Belçika’da Antwerp kentinde üç yüksek konut binasındaki pasajlarda rüzgâr iklimini belirlemek için sayısal simülasyon analizleri gerçekleştirilmiştir.

Blocken, Janssen ve Hooff (2012) tarafından hazırlanan “*CFD Simulation For Pedestrian Wind Comfort and Wind Safety in Urban Areas: General Decision Framework and Case Study for the Eindhoven University Campus*” adlı makalede, kentsel alanlarda yayalar için rüzgâr konforu ve rüzgâr güvenliğinin bir gereklilik olması nedeniyle bazı kent otoriteleri tarafından yeni kentsel alanlar ve yeni binalar için bu konudaki çalışmaların istenildiği belirtilmektedir. Bu bilgiler ışığında, Eindhoven Teknoloji Üniversitesi Kampüsü yaya rüzgâr konforu ve güvenliği açısından Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) ile analiz edilmiştir.

Bu, Kato, Ishida ve Huang (2009) tarafından hazırlanan “*New Criteria for Assessing Local Wind Environment at Pedestrian Level Based on Exceedance Probability Analysis*” adlı makalede, yaya seviyesindeki havalandırma performansı ve termal konforu açısından rüzgâr etkisi değerlendirilmiştir.

Çelik (2011) tarafından hazırlanan “*Effect of Urban Geometry on Pedestrian Level Wind Velocity*” adlı doktora tezinde, kent planlancısı ve mimarlar için gelecekteki kentlerin planlaması veya fiziksel organizasyonu için birtakım kurallar oluşturmak hedeflenmiştir. Daha iyi kentsel çevre ve daha konforlu koşullar oluşturulması için örneklem olarak İzmir ilinde bir bölge incelenmiştir.

Daemei, Khotbehsara, Nobarani ve Bahrami (2019) tarafından hazırlanan “*Study on Wind Aerodynamic and Flow Characteristics of Triangularshaped Tall Buildings and CFD Simulation in Order to Assess Drag Coefficient*” adlı makalede, öncelikle temel aerodinamik çalışmalar hakkında bilgi vererek teorik çerçevenin tanıtılması amaçlanmıştır. Ayrıca, yüksek binalarda yapılacak aerodinamik modifikasyonların sürüklenme katsayısı performansını azalttığı yönünde değerlendirmeler yapılmıştır.

Dunichkin, Naboni, Korobeinikova ve Poddaeva (2019) tarafından hazırlanan “*Issues of Wind Mode Visualization and Pedestrian Comfort Assessment When Designing Residential Buildings on Sloping Territories in the Arctic Zone*” adlı çalışmada yamaçlarda yaya konforunu etkileyen hava akımı problemlerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu amaç çerçevesinde insanlar için farklı özelliklere ve konfor değerlendirmesine sahip eğimli alanların hava akımı analiz edilmiştir.

Ferreira, Sousa ve Viegas (2002) tarafından hazırlanan “*Prediction of Building Interference Effects on Pedestrian Level Comfort*” adlı makalede, yedi pavyon içeren rekreasyon alanına yerleştirilmiş iki yardımcı bina tarafından oluşturulan girişim etkisi ile ilgili sonuçlar ortaya konulmuştur. Analizlerde sayısal ve deneysel analiz ve simülasyonlar birlikte kullanılmış, deneysel ve sayısal sonuçların karşılaştırmalı değerlendirmeleri yapılmıştır.

Gao, Yao, Li, Turkbeyler, Luo ve Short (2012) tarafından hazırlanan “*Field Studies on the Effect of Built Forms on Urban Wind Environments*” adlı makalede, kentsel yapılı çevrede rüzgâr kaynaklı akış etkileri, istatistiksel analizler kullanılarak çalışılmıştır. İngiltere’de

Reading Üniversitesi Kampüsünde yıl boyunca eş zamanlı alan ölçümlerinden elde edilen veriler analizde kullanılmıştır.

He ve Song (1999) tarafından hazırlanan “*Evaluation of Pedestrian Winds in Urban Area by Numerical Approach*” adlı makalede, zayıf sıkıştırılabilir akış denklemlerine dayanan büyük girdap simülasyonu HAD modelinin kentsel mekânlarda yaya rüzgâr alanlarını simüle etmek için kullanıldığından bahsedilmiştir. Çevresel rüzgâr değerlendirmeleri için HAD modeli uygulamalarının bazı pratik örneklerine yer verilmiştir.

He, Yang ve Ye (2014) tarafından hazırlanan “*Strategies for Creating Good Wind Environment Around Chinese Residences*” adlı makalede, Çin konutlarının karakteristik özellikleri kısaca özetlenmiştir. Soğuk bölgelerde yer alan Çin konutlarının etrafındaki rüzgâr etkisi, rüzgâr hızı ve rüzgâr basıncı HAD ile analiz edilmiş, böylece Çin konutlarının yerel rüzgâr çevresine uyumu konusundaki olumlu ve olumsuz yönleri belirlenmiştir.

Hooff ve Blocken (2010) tarafından hazırlanan “*Coupled Urban Wind Flow and Indoor Natural Ventilation Modelling on a High-Resolution Grid: A Case Study for the Amsterdam Arena Stadium*” adlı makalede, kentsel çevrelerde rüzgâr akışının sokaklardan, alanlardan ve binalardan ısı ve kirletici dağılımını yönlendiren önemli bir etken olduğu ifade edilmiştir. Hollanda’da Amsterdam ArenA stadyumunun doğal havalandırması HAD modellemesi ile analiz edilmiştir.

Ishugah, Li, Wang ve Kiplagat (2014) tarafından hazırlanan “*Advances in Wind Energy Resource Exploitation in Urban Environment: A Review*” adlı makalede, kentsel çevrede tam olarak araştırılma ve geliştirilme potansiyeli olan rüzgâr kaynağı gerçeği üzerinde durulmuştur. Çalışmada, elektrik üretimi, havalandırma ve kirlilik dağılımı, kıyı soğutması ve kıyı kentlerinin nem alması, kentsel çevrelerde rüzgâr enerjisi uygulamasının ekonomik ve çevresel yararları, kentsel çevrede değişen uygulama ve uygulama teknikleri özetlenmiştir.

Jordan, Johnson, Sterling ve Baker (2008) tarafından hazırlanan “*Evaluating and Modelling the Response of an Individual to a Sudden Change in Wind Speed*” adlı makalede, rüzgâr hızının ani değişiminde bireylerin tepkisini değerlendirmek için bir dizi fiziksel ve sayısal deneyler gerçekleştirilmiştir. Fiziksel deneyler, Fransa’da Jules Verne İklimsel Rüzgâr

Tüneli'nin dinamik devresinde 31 kişiyi 20 m/s'ye kadar rüzgâr hızına maruz bırakarak gerçekleştirilmiştir.

Kang, Kim ve Choi (2020) tarafından hazırlanan “*Computational Fluid Dynamics Simulation of Tree Effects on Pedestrian Wind Comfort in An Urban Area*” adlı makalede, Pukyong Ulusal Üniversitesi Kampüsünde ağaçların varlığının yaya rüzgâr konforunu nasıl artırdığına yönelik bir HAD analizi yapılmıştır. Yaya rüzgâr konforu analizi, rüzgâr yönü ve sıklığı dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir.

Liu, Zhao, Jin, Jin ve Xu (2019) tarafından hazırlanan “*Prediction of Outdoor Human Thermal Sensation at the Pedestrian Level in High-rise Residential Areas in Severe Cold Regions of China*” adlı makalede, şiddetli soğuk bölgelerde kış mevsiminde yüksek katlı konut alanlarındaki bina yoğunluğu ve rüzgâr açısı ile yaya termal hissi arasındaki ilişkinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

Melbourne (1978) tarafından hazırlanan “*Wind Environment Studies in Australia*” adlı makalede, Avusturalya’da yapı gelişimi ile ilgili olası rüzgâr koşullarına ilişkin bir değerlendirme yapılmıştır. Belirli bir konumda belirli bir rüzgâr hızı olasılığını tahmin etmek için bir yöntem tariflenmiştir.

Mochida ve Lun (2008) tarafından hazırlanan “*Prediction of Wind Environment and Thermal Comfort at Pedestrian Level in Urban Area*” adlı makalede, yaya seviyesindeki rüzgâr tahmini ve kentsel alanlarda termal çevrelerin tahmini için, Japonya’da çevre mühendisliği alanında çalışan araştırmacılar tarafından gerçekleştirilen Hesaplamalı Rüzgâr Mühendisliği araştırmalarındaki son gelişmelere değinilmiştir.

Mostafavi ve Alborzi (2020) tarafından hazırlanan “*The Effects of High-Rise Buildings Arrangement on Pedestrian-Level Wind Comfort in Tehran District 22*” adlı makalede, İran’ın Tahran kentinde yüksek bina komplekslerinin çevresindeki yaya rüzgâr konforu HAD ile analiz edilmiştir.

Murakami (1986) tarafından hazırlanan “*Study on Acceptable Criteria For Assessing Wind Environment at Ground Level Based on Residents’ Diaries*” adlı makalede, rüzgâr hızı ve

uzun periyotta yaşayanların düşüncelerinin alındığı anketlere dayanarak rüzgâr koşullarının değerlendirme ölçütleri ortaya konulmuştur.

Murakami (1983) tarafından hazırlanan “*Turbulence Characteristics of Wind Flow at Ground Level in Built-up Area*” adlı makalede, Tokyo’da inşa edilmiş bir yüksek apartman binasının çevresinde zemin seviyesindeki rüzgâr akışı iki yıl boyunca gözlemlenmiştir.

Murakami, Zeng ve Hayashi (1999) tarafından hazırlanan “*CFD Analysis of Wind Environment around a Human Body*” adlı makalede, HAD yöntemi ile rüzgârın bir insan vücudu üzerinde, termal ve dinamik etkileri farklı rüzgâr koşulları altında analiz edilmiştir.

Ratcliff ve Peterka (1990) tarafından hazırlanan “*Comparison of Pedestrian Wind Acceptability Criteria*” adlı makalede, aşılma olasılığı kullanılarak beş farklı ölçütü değerlendirmek için dokuz bina projesine ait yaya rüzgâr hızının rüzgâr tüneli testi analizleri gerçekleştirilmiştir.

Ricciardelli ve Polimeno (2006) tarafından hazırlanan “*Some Characteristics of the Wind Flow in the Lower Urban Boundary Layer*” adlı makalede, kentsel çevrede alçak seviyelerdeki (roughness sublayer-pürüzlülük alt katmanı) rüzgâr akışı karakterinin yüksek seviyelerdeki rüzgâr akışı karakteristiğinden farklı olduğu tespitinde bulunulmuştur. Gelen rüzgâra paralel ve dik olan sokak kanyonları ile düzenli bir kentsel geometri içerisindeki rüzgâr tüneli akış ölçümü sonuçları raporlanmıştır.

Sasaki, Yamada, Uematsu ve Saeki (2000) tarafından hazırlanan “*Comfort Environment Assessment Based on Bodily Sensation in Open Air: Relationship Between Comfort Sensation and Meteorological Factors*” adlı makalede, kentsel alanlarda açık havada konfor koşullarını değerlendirmek için bir yöntem geliştirilmesi hedeflenerek, Japonya’da üç kentde yaşayan 89 kişi ve Tokyo’nun kenar mahallelerinde yaşayan 18 kişiye anket uygulanmıştır.

Soligo, Irwini, Williams ve Schuyler (1998) tarafından hazırlanan “*A Comprehensive Assessment of Pedestrian Comfort Including Thermal Effects*” adlı makalede, yayalar üzerindeki rüzgâr kuvvetinin etkileri yönündeki kaygıların yüksek binaların rüzgârı hızlandırması nedeniyle giderek arttığından bahsedilerek, yayalar üzerindeki rüzgâr etkisini

değerlendirmek için yeni yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler, rüzgâr hızı, sıcaklık, bağıl nem, giyim, aktivite, güneş radyasyonu ve maruz kalma süresinin etkilerini içermektedir.

Sparks ve Elzebda (1983) tarafından hazırlanan “*A Comparison of Pedestrian Comfort Criteria Applied to a City Center*” adlı makalede, elde edilebilir meteorolojik verilerin bir kent merkezinde yaya seviyesindeki rüzgâr çevresini belirlemek için gerçekleştirilen rüzgâr tüneli çalışmalarının sonuçlarında etkili olduğu belirtilmiştir. Bu bağlamda dört farklı yaya konfor ölçütüne göre karşılaştırmalar yapılmıştır.

Stathopoulos (2006) tarafından hazırlanan “*Pedestrian Level Winds and Outdoor Human Comfort*” adlı makalede, kentsel iklimde dış mekân insan konforunun rüzgâr hızı, hava sıcaklığı, bağıl nem, güneş radyasyonu, hava kalitesi, insan aktivitesi, giyinme düzeyi ve yaşı gibi birçok farklı değişkenden etkilendiğinden bahsedilmiştir. Yaya seviyesindeki rüzgârın hesaplamalı değerlendirmesine ilişkin bilgilere yer verilmiştir.

Stathopoulos, Wu ve Zacharias (2004) tarafından hazırlanan “*Outdoor Human Comfort in an Urban Climate*” adlı makalede, kentsel iklimde dış mekân insan konforunun hava ve insan etkeni gibi birçok etken tarafından etkilendiğine değinilmiştir. Temel insan aktiviteleri ve hava değişkenleri arasındaki ilişki, anket uygulaması, alan ölçümleri ve istatistiksel analizler ile kapsamlı olarak değerlendirilmiştir.

Stathopoulos ve Wu (1995) tarafından hazırlanan “*Generic Models for Pedestrian-Level Winds in Built-up Regions*” adlı makalede, yapıli kentlerdeki rüzgâr koşulları sınır tabakası rüzgâr tüneli ile test edilerek, sokak bloklarının yoğunluğu, bina yüksekliği, binaların konumu ve yaklaşan rüzgârın yönü gibi birçok değişkenin rüzgâr hızına etkisi dikkate alınmıştır.

Tominaga, Mochida, Yoshie, Kataoka, Nozu, Yoshikawa ve Shirasawa (2008) tarafından hazırlanan “*AIJ Guidelines for Practical Applications of CFD to Pedestrian Wind Environment Around Buildings*” adlı makalede, son yıllarda bilgisayar olanakları ve HAD yazılımlarındaki önemli gelişmelerin tasarım aşamasında binaların etrafındaki yaya rüzgâr çevresinin tahminini ve değerlendirmesini sağladığı ifade edilmiştir. Japon Mimarlık Enstitüsü Çalışma Grubunun, HAD çalışma tekniğinde önerdikleri önemli noktalara yer verilmiştir.

Van Druenen, Van Hooff, Montazeri ve Blocken (2019) tarafından hazırlanan “*CFD Evaluation of Building Geometry Modifications to Reduce Pedestrian Level Wind Speed*” adlı makalede, tekil bir bina etrafında yaya seviyesindeki rüzgâr hızını azaltmak için farklı bina geometrisi değişiklikleri literatür referans alınarak rüzgâr tüneli testi analizleri ile elde edilmiştir. Yapılan çalışmada, bir gölgelik veya podyumun ortalama yaya seviyesi rüzgâr hızını %29’a kadar, maksimum yaya seviyesi rüzgâr hızını %36’ya kadar azalttığı sonucuna varılmıştır.

Wang, Sun, Li, Xie, Hou, Jin ve Ren (2020) tarafından hazırlanan “*Campus Wind Environment Evaluation in North China—A Case Study of NCUT*” adlı makalede, Pekin’de Kuzey Çin Teknoloji Üniversitesi Kampüsünde elliyedi kavşak noktasında yapılan ölçüme yer verilmiştir. Aynı zamanda yüksek noktalarda rüzgâr potansiyelinin ve rüzgâr açısından riskli noktaların belirlenmesi amacıyla CFD simülasyonları gerçekleştirilmiştir.

Wun ve Kriksic (2012) tarafından hazırlanan “*Designing for Pedestrian Comfort in Response to Local Climate*” adlı makalede, kent plancısı ve bina tasarımcılarının yaya konfor koşullarını oluşturabilmesi için çeşitli yöntemler ve stratejiler tariflenmiştir. Bu yöntem ve stratejilerin yerel meteorolojik verilerin analizi ile başlayarak rüzgâr ve diğer hava değişkenlerinin ilişkisine odaklanmaktadır. Mikroklima üzerindeki rüzgâr koşullarının etkisi seçilen örnek çalışmalar üzerinden HAD simülasyonu ve rüzgâr tüneli testleri ile analiz edilmiştir.

Visser ve Cleijne (1994) tarafından hazırlanan “*Wind Comfort Predictions by Wind Tunnel Tests: Comparison With Full-Scale Data*” adlı makalede, rüzgâr tüneli testleri ve iki bina etrafındaki rüzgâr iklimini tahmin etmek için tam ölçekli alan ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Visser, Folkers ve Weenk (2000) tarafından hazırlanan “*KnoWind: A Database-Oriented Approach to Determine the Pedestrian Level Wind Environment Around Buildings*” adlı makalede, yüksek binaların hemen yakınlarında rüzgâr koşullarında ters etkiye sahip olduğundan bahsedilerek tasarım aşamasında tasarımcılar için kullanılabilecek kullanıcı dostu veritabanı temelli KnoWind olarak adlandırılan bir bilgisayar programı geliştirilmiştir.

Rüzgâr tüneli testleri ile ilgili araştırmalar

Belloli, Rosa ve Zasso (2014) tarafından hazırlanan “*Wind Loads on a High Slender Tower: Numerical and Experimental Comparison*” adlı makalede, rüzgâr tüneli testlerinden elde edilen rüzgâr yükü ölçümleri ve yüksek ince kuleye ilişkin tahmin edilen sonuçlar Eurocode ile karşılaştırılmıştır. Deneysel çalışmada, rijit ve aeroelastik kule model, düşük ve yüksek akış koşullarında test edilmiştir.

Belostotsky, Afanasyeva, Lantsova, Petryashev ve Petryashev (2017) tarafından hazırlanan “*Estimation of Aerodynamic Instability of Building Structures*” adlı makalede, Çin’de Takoma nehri üzerindeki köprünün aerodinamik kararsızlığını tahmin etmek amacıyla hava akışı analizi yapılmıştır.

Carpentieri, Corti ve Zipoli (2004) tarafından hazırlanan “*Wind Tunnel Experiments of Tracer Dispersion Downwind from a Small-Scale Physical Model of a Landfill*” adlı makalede, rüzgâr tüneli testleri belediye atık depolama binasının küçük ölçek modeli üzerinde Prato İtalya’da yer alan Bina Aerodinamiği ve Rüzgâr Mühendisliği Araştırma Merkezinde yer alan Çevresel Rüzgâr Tünelinde gerçekleştirilmiştir.

Cochran ve Derickson (2011) tarafından hazırlanan “*A Physical Modeler’s View of Computational Wind Engineering*” adlı makalede, 2010 yılında gerçekleştirilen bir panelde hesaplamalı rüzgâr mühendisliğinin rüzgâr mühendisliğinin alt disiplinlerinde kullanılan sıradan bir araç haline nasıl getirilebileceğine ilişkin tartışmalar yer almıştır. Rüzgâr tüneli testlerinde binaların ölçekli modellerinin kullanılması gibi hesaplamalı rüzgâr mühendisliğini disiplininin de olmasının gerekliliğinden bahsedilmiştir.

Endo (2011) tarafından hazırlanan “*Wind Tunnel Modeling and Analysis of Wind Effects on Low-rise Buildings*” adlı doktora tezinde, alçak binalarda ve farklı strüktürlerde rüzgâr tüneli testleri ile rüzgâra dayanıklı tasarım ilkeleri analiz edilmiştir.

Gribach, Gribach ve Churin (2018) tarafından hazırlanan “*Influence of Buildings Aerodynamic Characteristics on the Calculation of Infiltration Losses Results*” adlı makalede, özellikle binalarda sızma kayıplarının tanımı olmak üzere enerji verimliliği çalışmalarına ilişkin problemlerin tespiti yapılmıştır.

Huang ve Chen (2007) tarafından hazırlanan “*Wind Load Effects and Equivalent Static Wind Loads of Tall Buildings Based on Synchronous Pressure Measurements*” adlı makalede, yüksek binalarda rüzgâr yükü etkileri ve eşdeğer statik rüzgâr yükleri üzerinde durulmuştur. Elde edilen rüzgâr yükü etkileri ASCE 7-05’de belirtilen rüzgâr yükü özellikleri ile karşılaştırılmıştır.

Hwang, Kareem ve Kim (2010) tarafından hazırlanan “*Wind Load Identification Using Wind Tunnel Test Data by Inverse Analysis*” adlı makalede, dikdörtgen şekilli bir beton bacanın aeroelastik rüzgâr tüneli testinden elde edilen veriler incelenmiştir.

Jie, Tse, Yukio ve Ahsan (2016) tarafından hazırlanan “*Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics*” adlı makalede, birbirine bağlı üç binanın bina içi ve bina dışı aerodinamik korelasyonları incelenmiştir.

Kareem, Kabat ve Haan (1998) tarafından hazırlanan “*Aerodynamics of Nanjing Tower: A Case Study*” adlı makalede, Nanjing Tower binasının aerodinamiğine ilişkin sayısal simülasyon analizleri ve deneysel analiz ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Kule üzerindeki aerodinamik kuvvetler, kuleyi farklı temel şekillere ayırarak türetilmiştir. Ayrıca, yüksek frekanslı güç dengesi ve hafif bir kule model kullanılarak sınır tabaka rüzgâr tüneli testi gerçekleştirilmiştir. Kulenin bina boyunca ve yapıya dik olarak etkiyen rüzgâr yükleri değerlendirilmiştir.

Kozmar (2011) tarafından hazırlanan “*Characteristics of Natural Wind Simulations in the TUM Boundary Layer Wind Tunnel*” adlı makalede, Technische Universität München’de atmosferik sınır tabaka simülasyonları için sınır tabaka, rüzgâr tüneli testi ile analiz edilmiştir. Akış gelişimi ve birliğini araştırmak için akış karakteristik değerlendirmeleri gerçekleştirilmiştir.

Kurç, Kayışoğlu, Shojaee ve Uzol O. (2012) tarafından hazırlanan “*Yüksek Binalarda Rüzgâr Etkilerinin Rüzgâr Tüneli Deneyleriyle Tespiti*” adlı makalede, kısa test kesitine sahip Ankara Rüzgâr Tüneli’nde yönetmeliklerle tanımlanan rüzgâr hız profilinin oluşturulması için yüzey pürüz elemanları tasarlanmış ve bu elemanların başarımları sayısal ve deneysel olarak sınanmıştır. Daha sonra yüksek frekanslı taban balansı yöntemi kullanılarak dikdörtgen kesitli yüksek bina modeli üzerindeki rüzgâr etkileri incelenmiş,

türbülans yoğunluğu, periyodik girdap etkisi ve rüzgâr vuruş açısının rüzgâr yüklerini nasıl değiştirdiği sorgulanmıştır. Son olarak deney sonucu hesaplanan taban momentleri çeşitli rüzgâr yönetmelikleri sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

Munshi, Modi ve Yokomizo (1997) tarafından hazırlanan “*Aerodynamics and Dynamics of Rectangular Prisms with Momentum Injection*” adlı makalede, kapsamlı rüzgâr tüneli testleri, analiz ve akış görselleştirme çalışmaları ile ele alınmıştır.

Murakamin, Ooka, Mochida, Yoshida ve Kim (1999) tarafından hazırlanan “*CFD Analysis of Wind Climate from Human Scale to Urban Scale*” adlı makalede, hesaplamalı rüzgâr mühendisliğinin hızlı büyümesinin rüzgâr mühendisliğinin araştırma alanlarının da genişlemesini sağladığı ve hesaplamalı rüzgar mühendisliği ile kentsel alanlarda insanlar etrafındaki rüzgâr ikliminin analizinin mümkün olduğu belirtilmiştir.

Öztürel (2013) tarafından hazırlanan “*The Effects of Surface Texture and Wind on Building Materials for Heat Losses*” adlı doktora tezinde, yapı malzemelerinde yüzey dokusu ve rüzgârın ısı kayıplarına etkileri incelenmiştir. Üç örnek seti (Set A, B ve C) farklı rüzgâr hızı ve rüzgâr açıları ile rüzgâr tüneli testleri gerçekleştirilmiştir. A ve B örnek setlerinin her biri yüzey dokularını içeren altı örnekten oluşmaktadır. A Seti örnekleri alçıdan, B seti örnekleri ise çimentodan hazırlanmıştır. C seti örnekleri gerçek hayatta bina cephesine uygulandıkları biçimleri ve imal edildikleri yüzey dokuları ile beş farklı yapı malzemesi örneğinden oluşmaktadır.

Tieleman (2003) tarafından hazırlanan “*Wind Tunnel Simulation of Wind Loading on Low-Rise Structures: A Review*” adlı makalede, az katlı binalara etki eden rüzgar yüklerinin değerlendirilmesi için rüzgar tüneli testlerinden yararlanılmıştır. Mevcut ve yeni kararlar gözden geçirilmiştir. Yüzeye monte prizmanın aerodinamiği üzerinde durulmuştur.

Warsido (2013) tarafından hazırlanan “*Reducing Uncertainties in Estimation of Wind Effects on Tall Buildings Using Aerodynamic Wind Tunnel Tests*” adlı doktora tezinde, yüksek binalarda rüzgâr tüneli simülasyonu ve rüzgâr tüneli testleri, binaya etkileyen rüzgâr yükleri üzerinde durulmuştur. Belirsizlikler değerlendirilerek bu belirsizlikleri azaltma yönünde teknikler önerilmiştir. Bu bağlamda, elli katlı bir binaya ait model üzerinde rüzgâr etkileri, rüzgâr tüneli testi ile analiz edilmiştir.

Yang ve Zhang (2005) tarafından hazırlanan “*Designing Estates for Good Cross-Ventilation in High-Rise Residential Buildings in Hong Kong*” adlı makalede, bina bloklarını içeren bina modelleri üzerine etki eden karşılaştırmalı akışkanlar dinamiği (CFD) çalışmalarının sonuçları raporlanmıştır. Sonuçlar, genellikle binaların rüzgâr yönünde olduğu ve binalar arasındaki mesafenin minimum olduğu durumlarda binalarda çapraz havalandırmanın diğer binaların akışını en az seviyede etkilediğini göstermiştir.

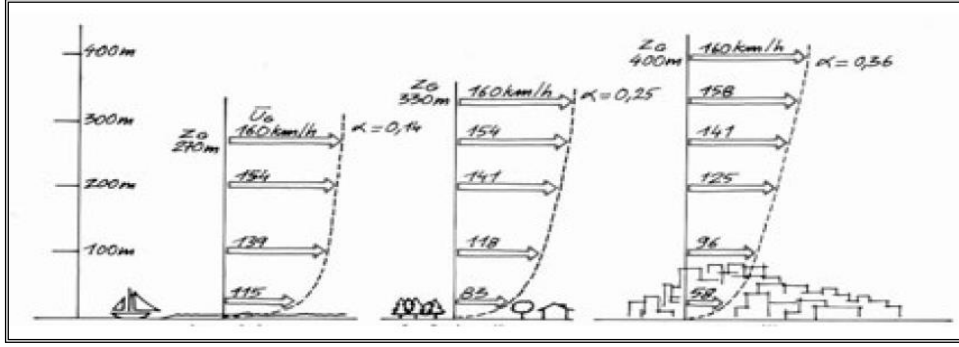
Zaki, Hagishima, Tanimoto ve Ikegaya (2011) tarafından hazırlanan “*Aerodynamic Parameters of Urban Building Arrays with Random Geometries*” adlı makalede, farklı pürüzlülük yoğunluğuna sahip yedi çeşit kentsel yapı dizisi üzerinde rüzgâr tüneli testleri gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, daha önce dikey ya da yatay rastgeleliğe sahip olmayan düzgün dizilerden elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

Zhaao, Ding ve Suna (2011) tarafından hazırlanan “*Structural Design of Shanghai Tower for Wind Loads*” adlı makalede, Shanghai kule projesinin uzun dönemine bağlı olarak yanal rüzgâr yükü analiz edilmiştir. Bina yüksekliği boyunca oluşan girdabın korelasyonunu azaltmak için aerodinamik optimizasyon çalışması gerçekleştirilmiştir. Optimizasyon sonuçları, yanal rüzgâr yükünün bazı bina konfigürasyonları ile azaltılabileceğini ispatlamıştır.

2.2. Rüzgâr ve Bina Formu İlişkisi (Bina Aerodinamiği)

Rüzgâr, ısı kayıplarının oluşumunda ve doğal havalandırmada yaşamsal bir güç kaynağıdır. İklimlendirme sistemine kaynak girdi olan rüzgâr ve bina arasındaki etkileşimin incelenmesi bina aerodinamiğinin konusudur (Makina Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Web Sitesi, 2010). Atmosferdeki sıcaklık ve basınç farklılıklarından dolayı hava kitlelerinin yer değiştirmesi, rüzgâr olarak tanımlanmaktadır (Akkaya ve diğerleri, 2002).

Rüzgârın yönü ve şiddeti sürekli değişmekte olup, rüzgârın bu değişken özellikleri türbülanslık veya sağınlılık olarak adlandırılmaktadır. Şekil 2.1’de görüldüğü gibi kentsel mekân ve kırsal mekân arasında rüzgâr hareketleri farklılaşmakta, kırsal açık mekânlarda rüzgâr akışı düzgün iken kentsel mekânlarda girdaplı olmaktadır (Makina Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Web Sitesi, 2010).

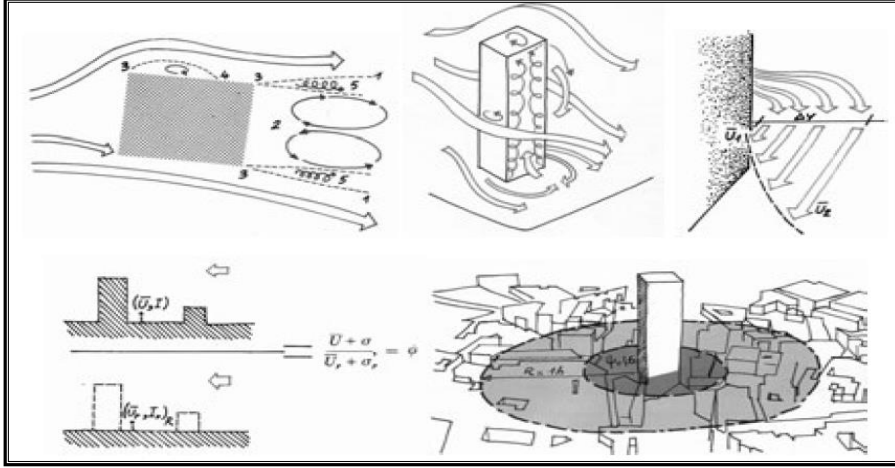


Şekil 2.1. Yeryüzü sınır tabakasında rüzgâr hızı değişim gradyanlarının yapıllı çevre özelliklerine bağlı biçimlenişleri (Makina Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Web Sitesi, 2010)

Rüzgâr, kaynağı güneştir ve yeryüzünün eşit olmayan ısınması ve soğuması sonucu ortaya çıkan kuvvetlerin etkisi ile oluşan hava hareketidir. Yani, farklı sıcaklık dağılımlarının yarattığı fiziksel olaylar rüzgâr oluşumuna neden olur. Farklı sıcaklık dağılımını ise, enlem, kara-deniz, yükseklik ve mevsimler etkilemektedir (Yeter, 2011).

Rüzgârın bina ve kentler üzerindeki etkileri ve bu etkilerin değerlendirilerek tasarım ölçütlerinin geliştirilmesi eski dönemlere dayanmaktadır. Birçok kent yerleşimi rüzgârın etkisini olumlu yönde alacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Binalarda gerek doğal havalandırmanın sağlanması gerekse kent merkezinde yer alan hava kirliliğinin kent merkezinden uzaklaştırılması yönünde tasarımlar yapılarak rüzgâr bir tasarım değişkeni olarak ele alınmıştır. Gerçekleştirilen tasarımların değerlendirilmesi amacıyla deneysel ve sayısal analiz yöntemleri uygulanmıştır.

Zaman içerisinde rüzgârın binalar üzerindeki etkileri konusunda çalışmalar hızlanmış, özellikle yüksek bina sayısının giderek artması nedeniyle rüzgâr etkisinin ve bina aerodinamiğinin her bina için tasarım aşamasından itibaren değerlendirilmesi zorunlu hale gelmiştir. Kentsel mekânlarda yapılaşmanın artması ile rüzgârın akışı Şekil 2.2’de görüldüğü gibi bina arkalarında türbülanslı ve girdaplı hale gelmektedir. Bu nedenle rüzgârın bina formu ile ilişkisinin çeşitli analiz yöntemleri ile değerlendirilerek çözüm önerileri sunulması yönündeki çalışmalar son yıllarda hızla artmıştır (Makina Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Web Sitesi, 2010).



Şekil 2.2. Binaların çevresinde oluşan hava akımı şemaları (Makina Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Web Sitesi, 2010)

Bina çevresinde oluşan bu girdaplar konforsuz alanlar oluşturmaktadır. Bina formunda tasarım aşamasından itibaren yapılacak değişiklikler ile bu konforsuz alanları kullanılabilir konforlu alanlara dönüştürmek mümkündür. Bu nedenle, bina formu ile rüzgâr arasındaki ilişkileri ortaya koymak amacıyla birtakım analiz çalışmaları yapılmaktadır.

Bina aerodinamiğinin diğer bir inceleme konusu ise, binalara rüzgâr tarafından uygulanan kuvvetlerdir. Rüzgâr ile bina ilişkisinde pozitif ve negatif basınç birlikte ortaya çıkmaktadır. Rüzgâr hızı arttıkça rüzgâr basıncı katlanarak artmaktadır.

Binaların üzerindeki rüzgâr basınçları, Çizelge 2.1’de ifade edildiği gibi topografya, yapı yüksekliği, iç basınç, aerodinamik basınç ve yapının formuna bağlı olarak değişim göstermektedir (Whole Building Design Guide Web Sitesi, 2010).

Çizelge 2.1. Bina rüzgâr ilişkisini etkileyen değişkenler (Whole Building Design Guide Web Sitesi, 2010)

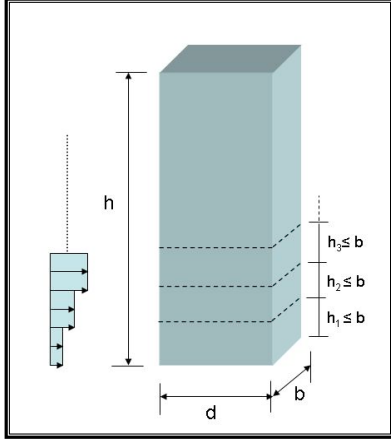
Bina rüzgâr ilişkisini etkileyen değişkenler ve ilgili bilgiler	
Topografya	Tepeler ve sırtlardaki gibi ani değişiklikler, rüzgâr hızının artmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, bir tepe yakınında bulunan bir bina, nispeten daha düz bir alanda yer alan binadan daha fazla rüzgâr yükü alacaktır.
Bina Yüksekliği	Yerden yükseklik arttıkça rüzgâr hızı da artmaktadır. Bu nedenle, bina yüksekliği arttıkça binaya etki eden rüzgâr yükü de artmaktadır.
İç Basınç	Bir binaya çarpan rüzgâr bina içinde basınç artmasına (pozitif basınç) veya azalmasına (negatif basınç) neden olmaktadır. İç basınç değişiklikleri bina cephesindeki açıklıkların boyutu ve sıklığı ile oluşmaktadır.
Aerodinamik Basınç	Aerodinamik etki nedeniyle (bina ve rüzgâr ilişkisi) en yüksek yükler çatı kenarlarında oluşmaktadır. Bina cephesine etki eden rüzgâr yükleri genellikle çatıya etki eden rüzgâr yüklerinden daha düşüktür.
Bina Formu	Bir binanın formu, binaya etki eden rüzgâr basınç katsayısını ve dolayısıyla binaya etki eden rüzgâr yükünü etkilemektedir.

Çizelge 2.1’de ifade görüldüğü gibi bina yüzeyindeki açıklıkların boyutu ve sıklığı arttıkça iç basınç da artmaktadır.

İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanlığı’nın 2009 yılında yayımlanarak yürürlüğe giren İstanbul Yüksek Yapılar Rüzgâr Yönetmeliği’nin ‘Binalara Etkiyen Rüzgâr Yükleri’ başlıklı 5. maddesinin 1. fıkrasında konu ile ilgili hüküm yer almaktadır.

Ayrıca, söz konusu Yönetmeliğin 5. maddesinde binaya gelen rüzgâr yükü hesabı ile ilgili hükümler bulunmaktadır.

Şekil 2.3’te görüldüğü gibi bina düşey doğrultuda dilimlere ayrılır, yatay doğrultuda yüklerin düzgün dağılım yaptığı varsayılarak, her bir dilime gelen yük ayrı ayrı hesaplanır (İstanbul Yüksek Yapılar Rüzgâr Yönetmeliği, 2009).



Şekil 2.3. Rüzgâr yüklerinin düşey doğrultuda değişiminin gözönüne alınması
(İstanbul Yüksek Yapılar Rüzgâr Yönetmeliği, 2009)

Binaya etki eden rüzgârın bina formu ile değişim gösterdiği gerçeğine dayanarak İstanbul Yüksek Yapılar Yönetmeliği'nde konu ile ilgili 5. maddenin 2. fıkrasında yer alan hükümleri aşağıda belirtilmektedir.

Dikdörtgen kesitli binalara etki eden rüzgâr yükleri ile dairesel kesitli binalara etkiyen rüzgâr yükleri benzer şekilde hesaplanmaktadır. Planda daha karmaşık kesitlere sahip binalara etkiyen rüzgâr yükleri ise rüzgâr tüneli testleri ile hesaplanmaktadır (İstanbul Yüksek Yapılar Rüzgâr Yönetmeliği, 2009).

Rüzgâr hızının yerden yükseldikçe artması nedeniyle, rüzgâr gücü de artmaktadır. Bu nedenle, yüksek binalarda rüzgâr yükü yüksekliğin artması nedeniyle daha önemli olmaktadır. Yüksek binalardaki aerodinamik etkileri hesaplamak için Davenport, Holmes, ile Gabbai ve Simiu tarafından birkaç method geliştirilmiştir. Kareem, yüksek binalardaki rüzgâr etkilerinin gözardı edilemeyeceği üzerinde durmuştur. Bu nedenle, yüksek binaların aerodinamik tepkileri rüzgâr tüneli testi ile analiz edilmektedir (Huang ve diğerleri, 2013).

Binalarda tasarım aşamasından itibaren yapılacak heykelsi üst bölüm (sculptured top), gerileme, köşe geometrisinde değişiklikler, konik kesit ve bina cephesine açıklıkların eklenmesi gibi aerodinamik değişiklikler ile yapıya etkiyen rüzgâr yükü azaltılabilmektedir. Bu bağlamda, bina aerodinamiği rüzgârın olumsuz etkilerinin azaltılması açısından önemli bir tasarım ölçütüdür. (İlgın ve Günel, 2007).

Rüzgâr etkisinin binanın yüksekliği ve binanın formuna bağlı olarak değişiklik göstermesi nedeniyle bina aerodinamiği kabul edilebilir sınırlar içerisinde olmalıdır. Binaların tasarım aşamasının ilk başlarından itibaren yükseklik ve form, önemli tasarım ölçütleri olarak yer almaktadır (You ve Kim, 2009).

Bina aerodinamiği ve rüzgârın etkileri birçok araştırmacı tarafından farklı açılardan incelenmiştir. Bazı araştırmacılar rüzgâr yükü ve rüzgâr enerjisi ilişkisi üzerinde dururken, bazıları rüzgâr ve bina formu ilişkisini incelemiştir. Ilgın ve Günel'e göre binalar üzerindeki rüzgâr etkileri aşağıda ifade edildiği gibi iki şekilde kontrol altına alınabilmektedir (Ilgın ve Günel, 2007):

- Önemli mimari değişiklikler: Binanın en üst kısmına kazandırılan heykelsi görünüm, binada oluşturulan açıklıklar, yükseldikçe incelen binalar, bina formunun değiştirilmesi gibi mimari konsepti etkileyen değişiklikler.
- Küçük mimari değişiklikler: Binanın kuvvetli rüzgâr yönüne göre yerleşimi ve mimari konsepti etkilemeyen köşe modifikasyonları.

Ilgın ve Günel'in çalışmasında bu iki madde, aşağıdaki örnekler üzerinden incelenmiştir. Resim 2.1'de gösterilen Burj Dubai Kulesi örneğinde olduğu gibi binanın plan kesitinin yükseldikçe form değiştirerek küçültülmesi, rüzgârın olumsuz etkisini azaltmaktadır.

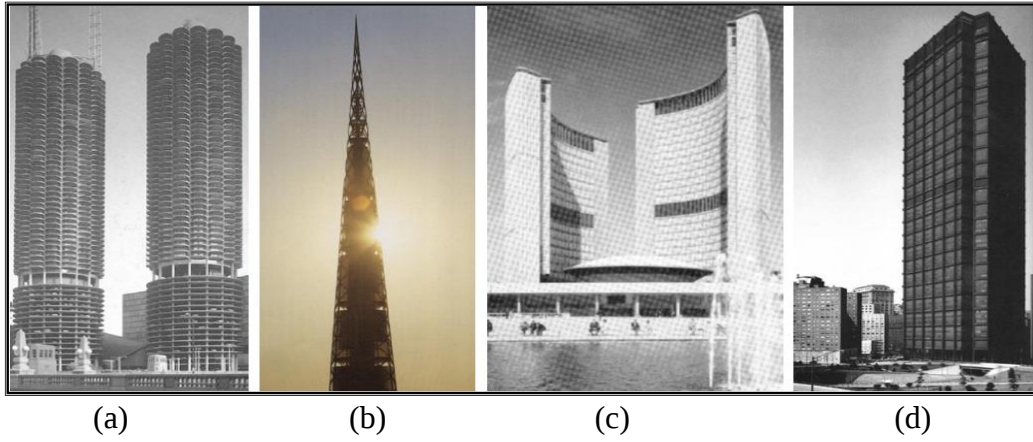


Resim 2.1. Burj Dubai Kulesi (Ali ve Armstrong, 1995)

Ali ve Armstrong'un çalışmasına göre, yanal direncin korunmasında bina formu önemli bir değişkendir. Dikdörtgenler prizması formuna sahip binalarda, silindir, elips, üçgen ve diğer bina formlarına sahip binalara göre daha fazla yanal kuvvet etki etmektedir (Ali ve

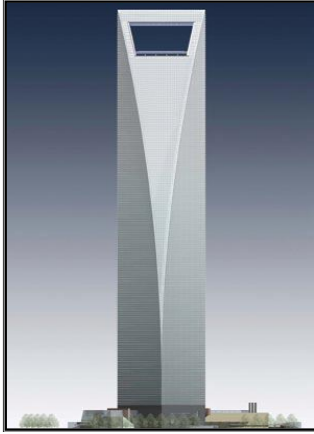
Armstrong, 1995). Bu nedenle, tasarım aşamasından itibaren bir çok yüksek bina tasarımında, olumlu rüzgâr etkileri bulunan bina formları dikkate alınmaktadır.

Resim 2.2 (a)'da verilen The Marina City Kuleleri (Chicago, 1964) silindir formu, Resim 2.2 (b)'de verilen the Millennium Kulesi (Tokyo, 2009) konik dairesel planı, Resim 2.2 (c)'de verilen Toronto City Binası (Toronto, 1965) hilal şeklindeki formu ve Resim 2.2 (d)'de verilen the U.S. Steel Binası (Pittsburgh, 1970) ise üçgen planı ile aerodinamik bina formlarının tercih edildiği binalar arasında yer almaktadır (İlgın ve Günel, 2007).



Resim 2.2. (a) The Marina City Kuleleri (Chicago, 1964)
 (b) Millennium Kulesi (Tokyo, 2009)
 (c) Toronto City Binası (Toronto, 1965)
 (d) The U.S. Steel Binası (Pittsburgh, 1970) (İlgın ve Günel, 2007)

Ayrıca, yüksek binalarda çatıya yakın bölümlerde açıklıklar oluşturulması, binaya etki eden rüzgâr yükünün olumsuz etkilerini azaltan önemli bir aerodinamik form değişikliğidir. Resim 2.3'te sunulan The Shanghai Dünya Finans Merkezi Binası (Shanghai, 2008) bu konudaki en iyi örneklerden birisidir (Dutton ve Isyumov, 1990).

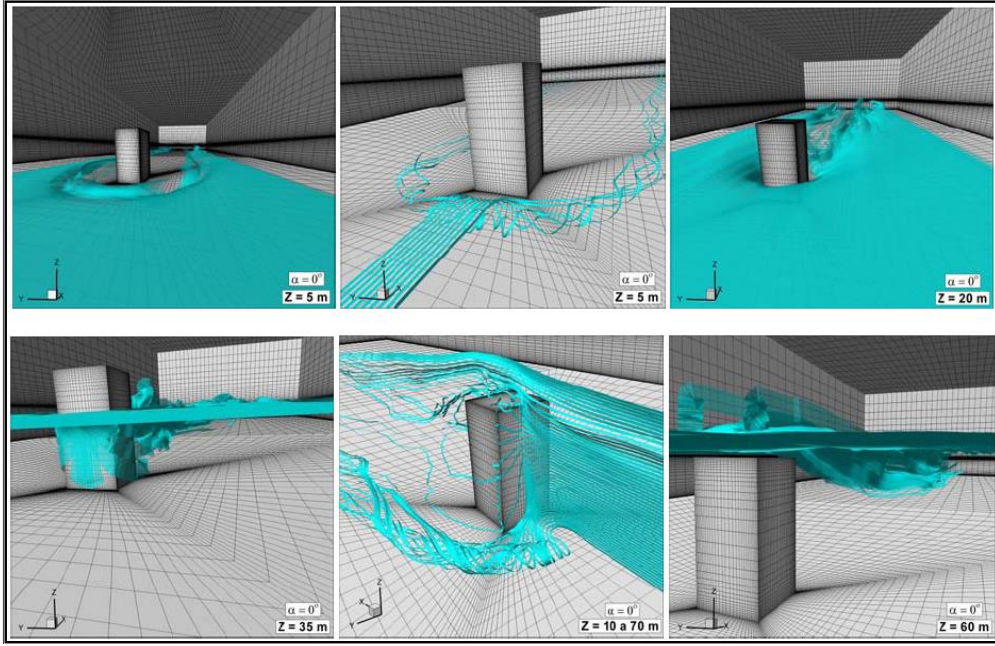


Resim 2.3. The Shanghai Dünya Finans Merkezi Binası (Dutton ve Isyumov, 1990)

Standart geometrik ve yapısal özellikleri bulunmayan yüksek binaların rüzgâr etkilerinin ortaya konulabilmesi için rüzgâr tüneli testleri veya rüzgâr simülasyon analizinin yapılması gerekmektedir. Bu bağlamda, Braun ve Awrunch'ın çalışmasında; bina ve rüzgâr ilişkisini incelemek için hem rüzgâr simülasyon analizi yapılmıştır. Rüzgâr simülasyon analizinde dikdörtgenler prizması formuna sahip bir bina modellenerek bu bina üzerindeki rüzgâr akışları simüle edilmiştir.

Simülasyon analizinin sonucunda, Şekil 2.4'te gösterildiği gibi bina çevresinde oluşan anlık rüzgâr çevre koşulları elde edilmiştir. Bu simülasyon çalışmasında, binanın zemininde at nalı şeklinde rüzgâr akışının oluşması ile binanın ön ve arka cephelerinde oluşan sirkülasyon bölgeleri, çatı köşelerinde oluşan konik rüzgâr akışları ve yan ve ön duvarlarda oluşan ayırım ve birleşim bölgeleri gibi sirkülasyon şekilleri elde edilmiştir (Braun ve Awrunch, 2007).

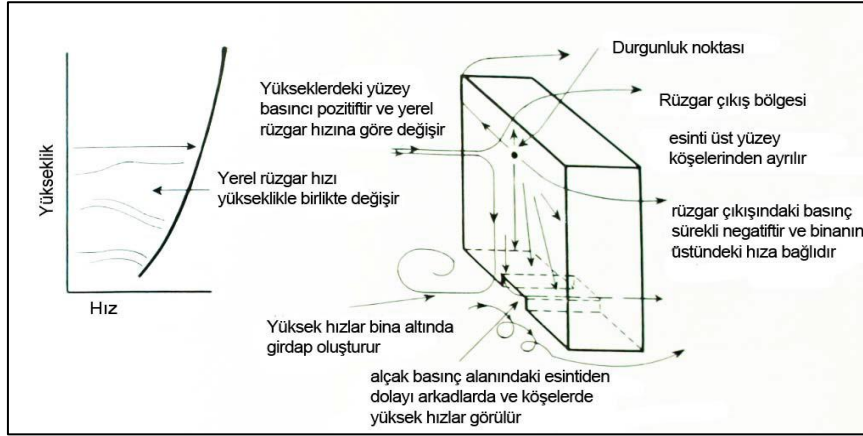
Rüzgârın hızının yükseklikle artması nedeniyle, yüksek binaların maliyetinde rüzgâr önemli bir etkindir. Rüzgârın bina üzerindeki etkisi bina formuna, rüzgârın yönü ve dinamikliğine bağlıdır. Bu sebeple binaların tasarım aşamasından itibaren rüzgâr dikkate alınmalı ve tasarım değişkenleri bu çerçevede belirlenmelidir. Yükseklik arttıkça bina formunun küçülmesi veya form değiştirmesi ile de rüzgârın olumsuz etkileri azalabilmektedir (Irwin ve diğerleri, 2008).



Şekil 2.4. Bina modeli üzerindeki rüzgâr akış hareketleri (Braun ve Awrunch, 2007)

Rüzgârlı havalar, yüksek binaların mimari tasarımını ve statikini etkileyen birçok problem barındırmaktadır. Bina üzerindeki rüzgâr etkileri, bina yüksekliğinin karesi ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Örneğin 300 m. yüksekliğindeki yüksek bir bina üzerindeki rüzgâr etkileri 60 m yüksekliğindeki bir binadan 25 kat daha fazladır. Buna paralel olarak aynı oranda daha sağlam inşa edilmesi gerekmektedir. Ayrıca, rüzgâr basıncı rüzgâr hızının karesi ile orantılı olarak artmaktadır (Semizoğlu, 2009).

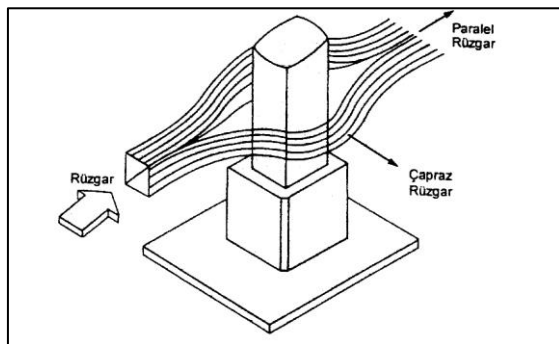
Rüzgâr hareketinin yüksek binalar üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır. Günümüzde yüksek dayanımlı ve hafif malzemelerin kullanımı yüksek binalar üzerinde daha fazla salınım hareketinin oluşmasına neden olmaktadır. Bu rüzgâr hareketi nedeniyle binada sürekli rüzgâr fısıltısı duyulur, objeler sallanır ve titrer, kullanıcılar dışarısının hareket ettiği hissine kapılır ve bu durum kullanıcılar üzerinde “hareket hastalığı” olarak bilinen bir psikolojik rahatsızlığa neden olur (Semizoğlu, 2009). Bir binanın çevresindeki esinti alanlarına ilişkin bilgilere Şekil 2.5’te yer verilmiştir. Şekil 2.5’te gösterildiği gibi yerel rüzgâr hızı, yükseklikle birlikte artmaktadır. Ayrıca, alçak basınç alanındaki rüzgâr nedeniyle arkaçlarda ve köşelerde yüksek hızlar görülmektedir ve yüksek rüzgâr hızı ile birlikte bina altında girdaplar oluşmaktadır. Yükseklik arttıkça yüzey basıncı pozitifdir ve rüzgâr hızına göre değişir. Rüzgâr çıkışındaki basınç ise sürekli negatiftir ve binanın üstündeki hıza bağlıdır.



Şekil 2.5. Bir binanın çevresindeki esinti alanları (Semizoğlu, 2009)

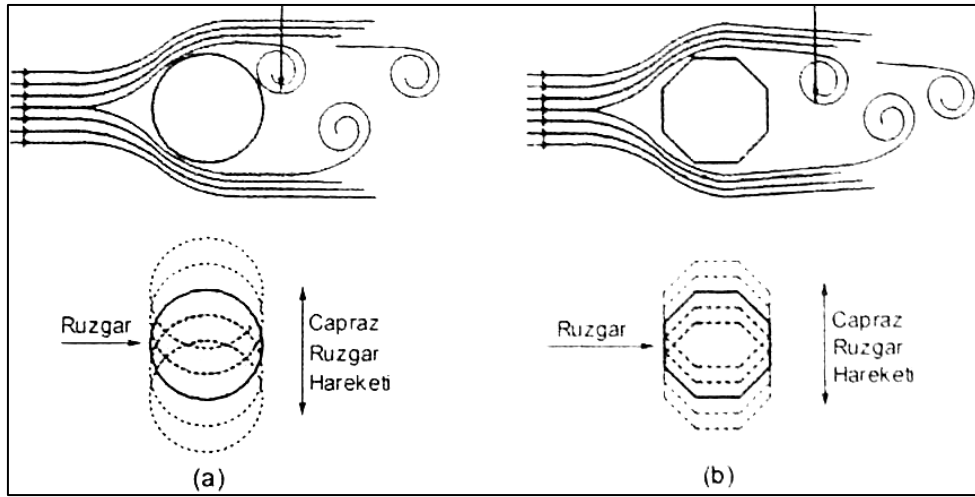
Özellikle yüksek binaların rüzgâra göre tasarımı söz konusu olduğunda, rüzgârın binalarda oluşturduğu basınç ve yorulma problemi, deformasyonlar, strüktürel sistemin sağlamlığı, bina salınımının kullanıcılar üzerindeki olumsuz etkileri, akustik sorunlar ve yaya rüzgâr konforu dikkate alınarak tasarımların yapılması gerekmektedir. Bu nedenle bina tasarımında rijitlik ve denge etkenleri ön plana çıkmaktadır (Semizoğlu, 2009).

Rüzgâr herhangi bir kütle ile karşılaştığında üç dik yönde moment ve kütle üzerinde kaldırma kuvveti uygular. Rüzgârın kaldırma kuvveti çok az olduğundan rüzgâr mühendisliğinde, rüzgârın üç boyutlu değil, iki boyutlu olduğu varsayılmaktadır. Şekil 2.6'da ifade edildiği gibi, paralel rüzgâr rüzgârın kendisi, çapraz rüzgâr ise paralel rüzgâra dik konumdaki rüzgârdır. Paralel rüzgâr taşıyıcı sistemi basınç altına sokarak binada sürüklenme etkisi yapar. Çapraz rüzgârın ise salınım ve sarsıntı gibi hem binalar üzerinde hem insanlar üzerinde olumsuz etkileri bulunmaktadır. Bu sebeple, çapraz rüzgâr etkisi binaların tasarım aşamasından itibaren dikkate alınması gereken bir ölçüttür (Semizoğlu, 2009).

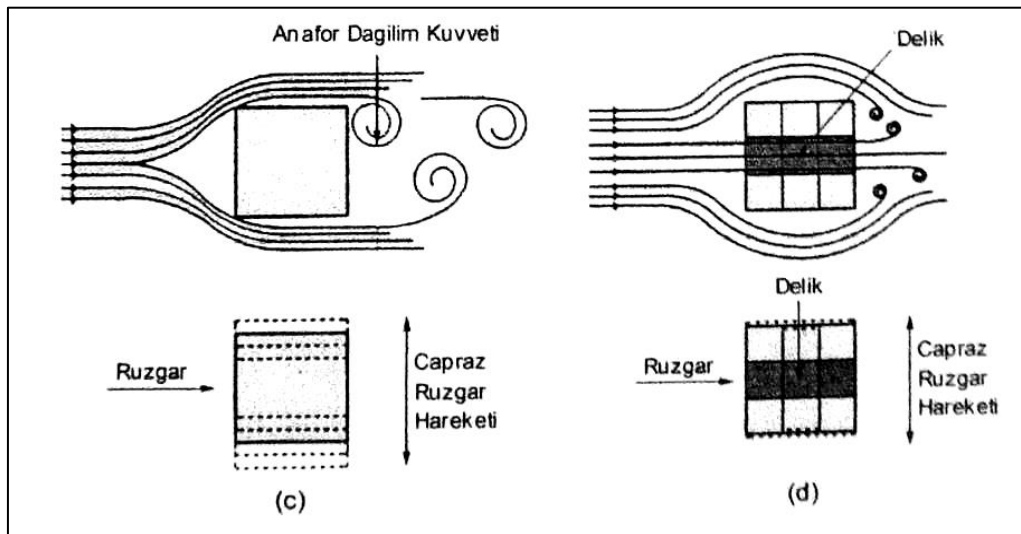


Şekil 2.6. Rüzgârın, basitleştirilmiş iki boyutlu akış şeması (Semizoğlu, 2009)

Çapraz rüzgârın binalar üzerinde önemli etkileri bulunması nedeniyle bina aerodinamiği tasarımıda çok önemlidir. Binaların plan formunun doğru seçilmesi, çapraz rüzgârın olumsuz etkilerini azaltmaktadır. Her plan formunun rüzgâr yükleri karşısında gösterdiği davranış farklıdır. Günümüze kadar yapılan bilimsel çalışmalar, Şekil 2.7’de gösterildiği gibi köşeli plan formuna sahip binaların rüzgar konforunun dairesel plan formuna sahip binalardan daha iyi olduğunu göstermektedir. Dairesel bina formlarında rüzgâr hangi yönden eserse essin binaya dik olacağından rüzgâr salınımı her yönden ortaya çıkacaktır. Ayrıca, bina yüzeyinde Şekil 2.8’de de görüleceği gibi açılan delikler, rüzgârın etkileyebileceği bina yüzeyini büyüttüğünden çapraz rüzgâr etkisini azaltacaktır (Semizoğlu, 2009).



Şekil 2.7. Köşeli plan formları ve dairesel plan formlarında rüzgâr hareketleri (Semizoğlu, 2009)



Şekil 2.8. Bina yüzeyine açılan deliğin çapraz rüzgâr etkisi (Semizoğlu, 2009)

Yüksek binalar, çevresinde yer alan daha alçak binalara göre daha fazla olumsuz rüzgâr etkisine maruz kalmaktadır. Yüksek binalar, rüzgârın olumsuz etkisinin artması nedeniyle yayalar ve bisikletliler üzerinde daha fazla rüzgâr konforsuzluğuna sebep olmaktadır (Visser ve diğerleri, 2000).

Bu bölümde rüzgâr tariflenerek, rüzgârın özellikleri ve oluşum yerlerine ilişkin bilgiler verilmiştir. Ayrıca, rüzgârın binalar üzerinde etkilerinin bulunduğu, bu etkilerin ortaya konulması amacıyla simülasyon analizi ve rüzgâr tüneli testi çalışmaları yapıldığına değinilmiştir. Yapılan çalışmalarda, rüzgâr gücünün bina yüksekliği ve formu ile artış gösterdiği, bu nedenle mimari tasarım sürecinde bazı aerodinamik değişiklikler ile binaya etkiyen rüzgâr etkisinin kontrol altına alınabileceği ortaya konulmuştur. Sonraki bölümde, bu bölümde bahsedilen binaların rüzgâra göre tasarımı konusunda önemli bir etken olan rüzgâr ve kentsel mekân ilişkisi irdelenecektir.

2.3. Rüzgâr ve Kentsel Mekân İlişkisi

Önceki bölümde, rüzgârın tanımı yapılarak rüzgârın bina formu üzerindeki etkisine değinilmiştir. Bina aerodinamiği kavramı açıklanarak, farklı form ve yükseklikleri bağlamında binalarda rüzgâr etkisi incelenmiştir. Rüzgâr, sadece binalar üzerinde tekil olarak değil aynı zamanda kentsel mekân üzerinde de önemli etkiye sahiptir. Kentsel mekân içerisinde ise yayaların dış mekân kullanıcıları olarak rüzgârın etkisine maruz kalmaları, yaya rüzgâr konforunu ele alınması gereken önemli bir problem haline getirmiştir.

Kentsel mekân, kentsel alanın yapılaşmamış, bina dışında kalan bölümleri olarak adlandırılmaktadır. Kentsel mekânların kullanıcı konforu dikkate alınarak tasarlanması, kentsel mekânlara fiziksel, sosyal ve ekonomik açılardan önemli katkılar sağlar. Kentsel mekânların kullanıcı gereksinimlerine cevap verecek şekilde tasarlanması kentsel mekânların değerini artırmakta ve bu mekanları daha sık kullanılan dış mekanlar haline gelmektedir. Daha çok kullanılan dış mekânlar, yayaların zaman geçirebildiği, dış mekân yaşantısının aktif olduğu ve sosyal ilişkilerin kurulduğu mekânlar olarak ortaya çıkmaktadır. Kentsel mekânlarda yapılan düzenlemeler ile yaya güvenliği sağlanarak, sağlıklı yaşamsal mekânlar oluşturulmaktadır. Kentsel mekânlar nitelikli tasarlanmadığı sürece zorunlu olarak kullanılan dış mekânlar haline gelmektedir. Bu durumlarda, kent içinde yukarıda belirtilen kazanımlardan söz edilemeyecektir (Şahin ve Dostoğlu, 2007).

Rüzgâr, yüksek basınç alanlarından alçak basınç alanlarına doğru olan yeryüzüne bağlı hava hareketidir. Rüzgâr hareketi, topografyaya göre değişim göstermekte olup, kentsel mekânlarda topografik özellikler, yüzey pürüzlülüğü kavramı altında incelenebilmektedir. Pürüzlülük kavramı, literatürde deneysel ve sayısal çalışmalarda kullanılmıştır. Seker ve Tavil (1996) tarafından yapılan çalışmada, binaların dış cephe yüzeylerinin pürüzlülüğü incelenmiştir. Bu çalışmada, yüzey pürüzlülüğünün artması ile yüzey tarafından emilen güneş enerjisi miktarının arttığı belirtilmiştir. Wieringa ve diğerleri (2001) tarafından rüzgâr üzerine yapılan çalışmada, yüzey pürüzlülüğünü belirlemek için yerel rüzgâr profili verilerine ya da binalar, ağaçlar ve bitkiler gibi pürüzlülük elemanlarına uzak bir noktadan ölçülen yerel rüzgâr hızı verilerine ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir (Ishugah ve diğerleri, 2014).

Literatürde pürüzlülük üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde, yüzey pürüzlülüğü kavramının rüzgâr hızı ve hareketi üzerinde önemli etkileri bulunduğu görülmektedir. Kentsel mekân içerisinde kentsel pürüzlülüğü oluşturan binaların sıklığı, formu, yüksekliği ve binalar arasındaki mesafe, rüzgârın akış yönünü ve hızını etkilemektedir. Kentsel mekânlardaki rüzgâr akışı, birçok araştırmacı tarafından farklı analiz yöntemleri ile incelenmiştir. Çalışmalarda çoğunlukla, sokak kanyonlarındaki rüzgâr ve bina formu ilişkileri analiz edilmiştir. Yapılan analizlerde elde edilen sonuçlar ile en uygun bina formu ve yerleşimi konusunda tasarımlar geliştirilerek, kentsel mekânlarda hava kalitesi, sosyal katkı ve yaya rüzgâr konforu artırılmaya çalışılmıştır.

Rüzgâr hızı, türbülans ölçeği ve yoğunluğu, yüzey sürüklemesi gibi rüzgâr karakteristikleri kentsel alanın pürüzlülüğü ile değişim göstermektedir. Bu nedenle, kentsel alan yüzey pürüzlülüğü, rüzgârın aerodinamik özelliklerini belirlemede oldukça önemlidir. Literatürde Davenport pürüzlülük sınıflandırması, morfometrik yöntem ve mikrometeorolojik yöntem olarak üç sınıf yüzey pürüzlülük tahmini yöntemi kullanılmaktadır. Davenport pürüzlülük sınıflandırması, gözlemlere ve çeşitli yüzey pürüzlülük değerlerine dayanan sınıflandırmadır. Morfometrik yöntemde ise mikrometeorolojik yöntem ile karşılaştırıldığında, ampirik denklemler kullanılarak aerodinamik karakteristik tahmin edilmektedir (Ishugah ve diğerleri, 2014).

Kentsel mekanlarda en önemli pürüzlülük elemanları binalardır. Bu nedenle kentsel mekanlarda bina aerodinamiği ve yaya rüzgâr konforu dikkate alınarak tasarımların

yapılması büyük önem taşımaktadır. Böylece, kentsel mekânlarda konforlu alanlar oluşturularak, bu mekânların yayalarca daha etkin kullanmaları sağlanabilir. İklimsel bilgiler insan konforunu etkilediğinden konforlu dış mekânlar tasarlamak için kentin iklim verileri bilinmelidir. Bu iklim verileri ilgili meteoroloji birimlerinden elde edilebilmektedir.

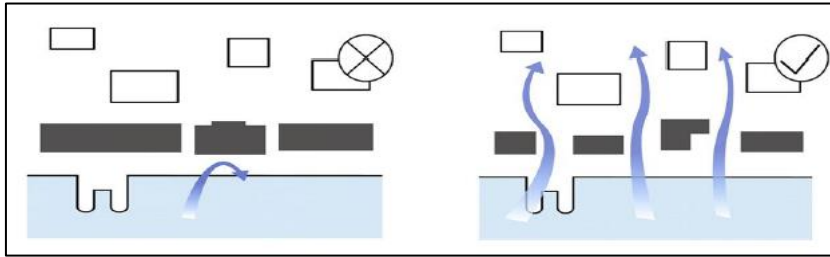
Kent içerisinde binaların yükseklikleri, biçimleri, konumlanışları ve birbirine mesafesi farklı iklimsel özelliklerin ve farklı aerodinamiğe sahip dış mekânların oluşmasına neden olmaktadır. Kentsel mekanlarda yer alan yapılaşma nedeniyle farklı mikro iklimler oluşmaktadır. İnşa edilmiş yapıli mekanlar kırsal mekanlara göre daha sıcaktır (Şahin ve Dostoğlu, 2007). Bu sebeple, kentsel mekanlarda yaya konforu kırsal mekanlara göre daha önemli hale gelmektedir. Kentsel mekanlarda yapıli çevreyi oluşturan binaların tasarımı ve yerleşimi yaya konforunu etkilemektedir. Kentsel mekanlarda dış mekân kullanıcıları olan yayaların konforunun sağlanabilmesi için bina tasarım ve yerleşimlerinin kentin iklimsel özellikleri dikkate alınarak yapılması gerekmektedir. Gün ışığı, rüzgâr, sıcaklık ve nem gibi iklimsel özelliklerin olumlu etkilerinden yararlanarak, olumsuz etkilerinden korunma yönünde tasarımlar yapılmalıdır.

Kentsel mekanların önemli özelliklerinden olan rüzgârın bina ve kent tasarımındaki etkisi mevsimlere göre değişim göstermektedir. Yaz mevsiminde rüzgâr olumlu bir etken olarak kabul edilirken, kış mevsiminde olumsuz bir etken olarak ele alınmaktadır. Kentsel mekanlarda binaların aerodinamiği bu nedenle büyük önem taşımaktadır. Bina aerodinamiği ve binaların birbirlerine uzaklığı ve konumlanması konularında tasarımların, rüzgârın her mevsim olumlu etkisinden yararlanılacak biçimde gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

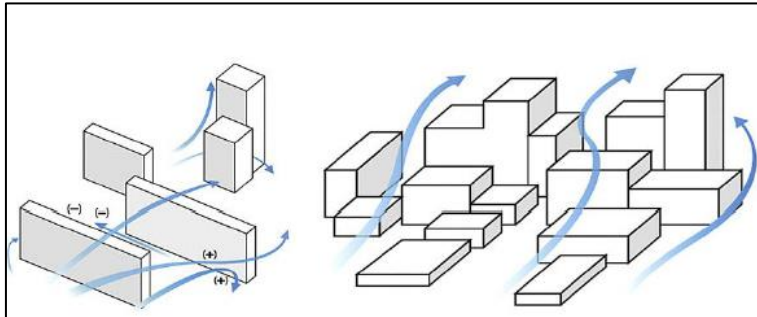
Kentsel mekanlarda yapılaşma şekline bağıli olarak rüzgârın etkisi ve oluşturulan türbülans değişim göstermektedir. Rüzgârın oluşturduğu hız ve türbülans etkisi bina ve kentsel tasarımlarda dikkate alınacak rüzgâr kırıcı elemanlar kullanılarak kontrol altına alınabilmektedir. Kentsel mekanlarda en iyi rüzgâr kırıcı elemanlar bitkiler ve ağaçlar olarak kabul edilmektedir.

Günümüzde, yoğun kentsel mekanlarda, mimarlar doğru yapılaşma yönünde bir kılavuz oluşturmak için bir arayış içindelerdir. Bu arayışlara bir örnek olan “*Policies And Technical Guidelines For Urban Planning Of High-Density Cities-Air Ventilation Assessment (AVA) of Hong Kong*” adlı çalışmada, deniz kıyısı kent olması nedeniyle sıcak ve nemli bir iklime

sahip olan Hong Kong Ng (2008) ele alınmıştır. Kentte deniz kenarında zemin seviyesinde hakim rüzgâr yönü boyunca alçak yapılar korunarak zemin seviyesinde geçirgenliğin artırılmasının uygun olacağı üzerinde durulmuştur. Ayrıca bu çalışmada, Şekil 2.9 ve Şekil 2.10’da örnekleri gösterildiği gibi binaların hakim rüzgâra paralel olarak konumlandırılması, hakim rüzgârın geliş yönü boyunca binaların yüksekliklerinin değiştirilmesi ve yaya rüzgâr konforunun sağlanabilmesi için kulelerin yaya bölgesi ile karşı karşıya olan bölgelerde yer alması önerilmektedir (Çelik, 2011).



Şekil 2.9. Hong Kong’da deniz kenarı yerleşimleri (Çelik, 2011)



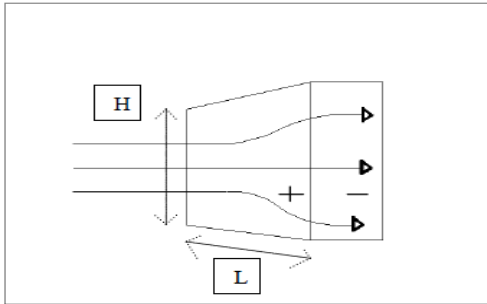
Şekil 2.10. Hong Kong’da bina yüksekliği değişkenliği ve denizden gelen hava akışı arasındaki ilişki (Çelik, 2011)

Kentsel mekanlarda, rüzgârın farklı etkileri bulunmaktadır. Binaların çevresinde rüzgâr hızının artması veya azalması gibi etkiler, kentsel alanlarda olumlu ve olumsuz sonuçlara neden olabilmektedir. Bu mekanlarda, hava kirliliğinin artması ve kirletici dağılımının artması gibi olumsuz etkilerinin dışında, rüzgârın hava sirkülasyonu sağlaması gibi olumlu etkileri de bulunmaktadır.

Reiter (2010) çalışmasında, binaların çevresindeki rüzgâr etkilerinin miktarını belirlemek için geliştirilmiş basit grafik araçları listelenmiştir. Bu çalışmada rüzgâr etkileri; köşe etkisi, ön girdap etkisi, koruyucu etkisi, geçit etkisi, çift köşe etkisi, venturi etkisi, örgü etkisi, yüksek bina etkisi ve ekranlar tarafından sağlanan koruyucu etki olarak sınıflandırılmıştır

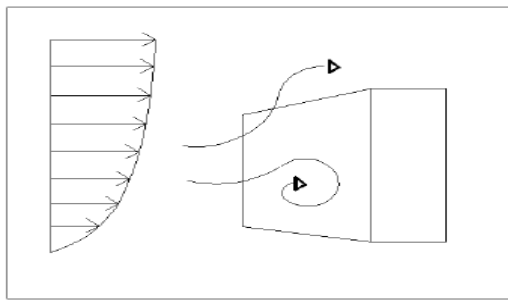
(Çelik, 2011). Söz konusu etkiler, Şekil 2.11 ve Şekil 2.19 arasında şematik olarak ifade edilmekte olup aşağıda kısaca açıklamalarına yer verilmiştir.

Köşe etkisi (The corner effect) : Korunmasız bir binada, bina köşesinden geçerken, yayaların genellikle rüzgâr etkisine karşı koymak için duraklamaları gerekmektedir (Çelik, 2011). Bina etrafındaki rüzgârın bu etkisi, köşe etkisi olarak tanımlanmaktadır. Rüzgârın köşe etkisi Şekil 2.11’de sunulmaktadır.



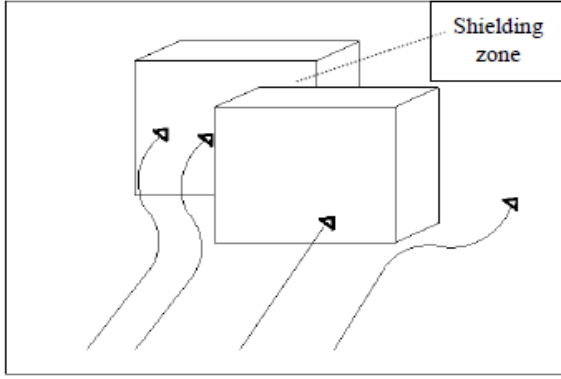
Şekil 2.11. Rüzgârın köşe etkisi (Çelik, 2011)

Ön girdap etkisi (The front vortex): Bina yüksekliğinin 50 m.’den daha az olması durumunda Şekil 2.12’de görüldüğü gibi, binanın rüzgâra karşı bir koruma bölgesi oluşturduğu etki ön girdap etkisi olarak tanımlanmaktadır (Çelik, 2011). Rüzgârın ön girdap etkisi Şekil 2.12’de verilmektedir.



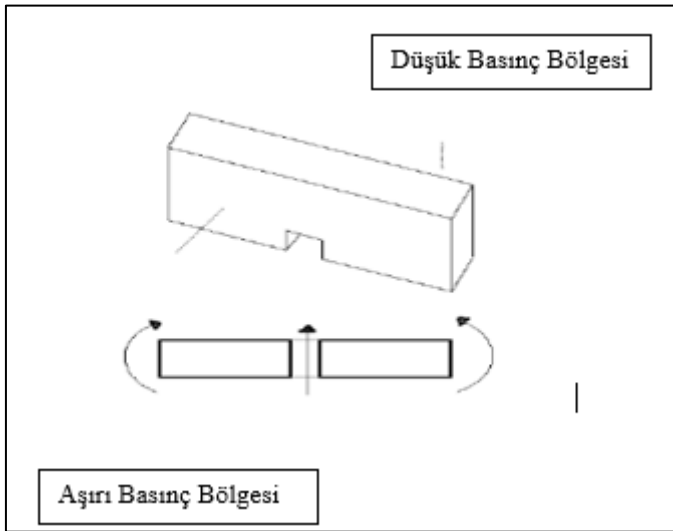
Şekil 2.12. Rüzgârın ön girdap etkisi (Çelik, 2011)

Koruyucu etki (The effect of shielding): İki bina arasında bir koruma alanının oluştuğu etki koruyucu etki olarak tanımlanmaktadır (Çelik, 2011). Rüzgârın koruyucu etkisi Şekil 2.13’te verilmektedir.



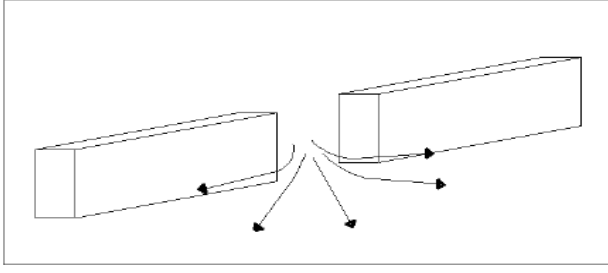
Şekil 2.13. Rüzgârın koruyucu etkisi (Çelik, 2011)

Geçit etkisi (The passage effect): Binanın etrafındaki basınç dağılımına ve binanın geçirgenliğine bağlı oluşan etki geçit etkisi olarak tanımlanmaktadır (Çelik, 2011). Rüzgârın koruyucu etkisi Şekil 2.14’te verilmektedir.



Şekil 2.14. Rüzgârın geçit etkisi (Çelik, 2011)

Çift köşe etkisi (The double-corner effect): Şekil 2.15’te görüldüğü gibi, binalar arasındaki genişlik 6 m.’den daha az ise geçişte ölçülen rüzgâr hızının geleneksel köşe etkisi ile oluşanlardan daha düşük olması çift köşe etkisi olarak tanımlanmaktadır (Çelik, 2011). Rüzgârın çift köşe etkisi Şekil 2.15’te ifade edilmektedir.

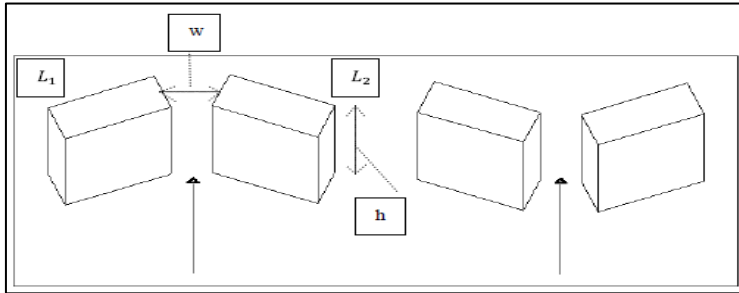


Şekil 2.15. Rüzgârın çift köşe etkisi (Çelik, 2011)

Venturi etkisi (The Venturi effect): Aşağıdaki koşulların geçerli olduğu durumda oluşan rüzgâr etkisi venturi etkisi olarak tanımlanmaktadır:

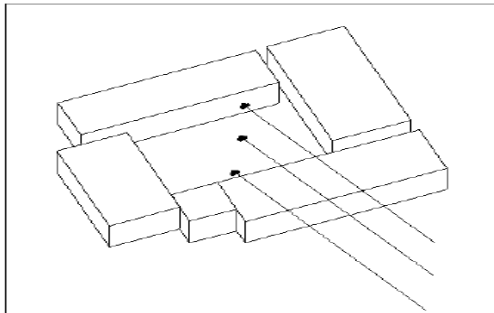
- $H > 15\text{m}$
- $L_1 + L_2 > 100\text{m}$
- Açık alan
- En yüksek akış: $w/h = 2$ or 3

Rüzgârın venturi etkisi Şekil 2.16’da ifade edilmektedir.



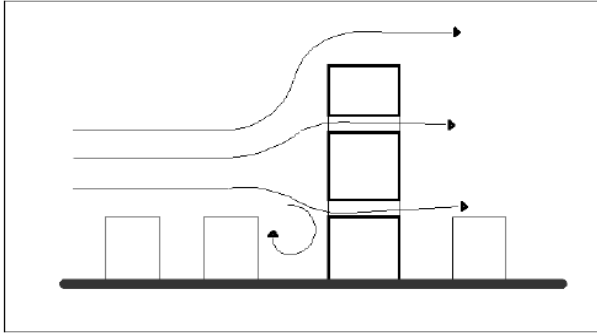
Şekil 2.16. Rüzgârın venturi etkisi (Çelik, 2011)

Örgü etkisi (The mesh effect): Rüzgâr korunaklı bir alanın oluşması örgü etkisi olarak tanımlanmaktadır (Çelik, 2011). Rüzgârın örgü etkisi Şekil 2.17’de ifade edilmektedir.



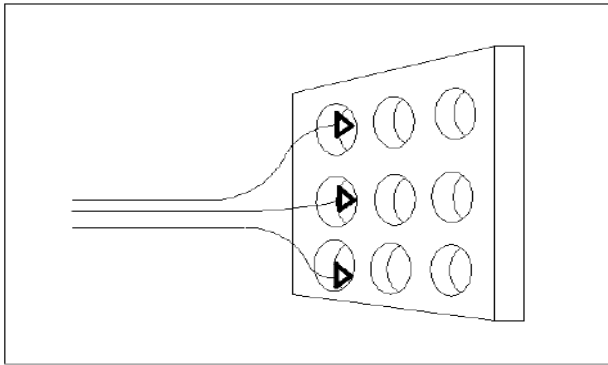
Şekil 2.17. Rüzgârın örgü etkisi (Çelik, 2011)

Yüksek bina etkisi (The high-rise building effect): Yüksek binalar, çevre binaların ortalama yüksekliklerinin en az iki katı yüksekliğinde olan binalardır. Daha alçak binalarla çevrili yüksek bir binanın yaya seviyesindeki rüzgâr hızı, esas olarak yüksek binanın yüksekliği ile çevre binaların yüksekliklerinin ortalamasının oranına dayanmaktadır (Çelik, 2011). Bu durum, yüksek bina etkisi olarak tanımlanmaktadır. Rüzgârın yüksek bina etkisi Şekil 2.18’de ifade edilmektedir.



Şekil 2.18. Rüzgârın yüksek bina etkisi (Çelik, 2011)

Ekranlar tarafından sağlanan koruyucu etki (The shielding effect provided by screens): Kentsel alanda koruyucu ekran elemanları gözeneklerine benzer olarak, hakim rüzgâra bakan cephelerde binalar arasında hava akışına izin veren oranlarda olması ekranlar tarafından sağlanan koruyucu etki olarak tanımlanmaktadır (Çelik, 2011). Rüzgârın ekranlar tarafından sağlanan koruyucu etkisi Şekil 2.19’da ifade edilmektedir.



Şekil 2.19. Rüzgârın ekranlar tarafından sağlanan koruyucu etkisi (Çelik, 2011)

Bu bölümde; rüzgâr ve kentsel mekân kavramları tariflenerek, rüzgâr ile kentsel mekân ilişkisi üzerine odaklanılmıştır. Bölüm 2.4’te konfor ve yaya rüzgâr konforu kavramlarına değinilecektir.

2.4. Rüzgâr ve Konfor İlişkisi

Bölüm 2.3'te bahsedildiği gibi, kentsel mekân üzerinde rüzgârın insanların yaşam koşulları ve aktiviteleri açısından önemli etkileri bulunmaktadır. Bu nedenle, bu bölümde konfor ve yaya rüzgâr konforu ilişkisi incelenecektir.

2.4.1. Konfor ve yaya konforu

İnsanların performansını etkileyen koşullar, insan konforu olarak tanımlanmaktadır. İnsan konforu, kentsel dış mekânlarda nem, yağış, sıcaklık, gürültü seviyesi ve rüzgâr koşullarına bağlı olarak değişim göstermektedir. Tüm bu koşullar dış mekân kullanıcılarını fiziksel ve psikolojik olarak etkilemekte olup konforlu kullanım alanları oluşturulması için dikkate alınması gerekmektedir (Dikmen ve diğerleri, 2012).

Eski yerleşimler incelendiğinde, bina yerleşim ve tasarımlarında iklimsel problemlere karşı çözüm üreterek konfor sağlanması yönünde çalışmalar yapıldığı görülmektedir. Binalarda kerpiç, taş, çamur gibi yüksek ısı kapasitesi olan malzemeler kullanılmıştır. Az sayıda küçük pencere ve kalın duvarlar kullanılmıştır. Avlularda kullanılan yeşillendirme, gölgelendirme ve su ögesi ile mikro iklimlendirme sağlanmıştır. Su ögesi ve yeşillendirme ile psikolojik açıdan olumlu etki yaratılarak dış mekân kullanımı desteklenmiş ve kullanıcıların konforu sağlanmıştır. Çok yağmurlu ve yüksek nemliliğe sahip kentsel mekanlarda ise en yüksek gölge ve en düşük ısı kapasitesi sağlayan binalar tasarlanmıştır. Bu mekanlarda hava sirkülasyonu hedeflenmiş ve ince dar bir geometride ince duvarlar kullanılmıştır. Eski yerleşimlerde yapılan bu tasarımların teknoloji kullanılmadan konfor koşullarının sağlandığı örnekler olduğu ifade edilebilir (Şahin ve Dostoğlu, 2007).

Günümüzde iklim özellikleri dikkate alınmadan yapılan bina tasarımlarında, daha sonra teknoloji kullanılarak gerçekleştirilmek istenilen değişiklikler hem çok maliyetli olmakta hem de istenilen performansı sağlayamamaktadır. Bu nedenlerden dolayı binaların tasarım aşamasından itibaren kentsel mekânın iklim özelliklerine uygun olarak tasarlanması gerekmektedir. Böylece, dış mekânlarda konforlu alanlar oluşturularak yaya konforu sağlamak mümkün olabilir (Şahin ve Dostoğlu, 2007).

Ayrıca, günümüzde mimarlar, mühendisler ve kentsel tasarımcılar, çevre ve kentsel yaşam kalitesi konusunda tasarımlar yapma yönünde çaba göstermektedirler. Bu tasarımlarda, konforlu yaşam alanlarının oluşturulması isteği tasarımlarda ön plana çıkmaktadır. Konforlu dış mekân tasarımlarında yaya konforu, rüzgâr, ses, ısı koşulları, hava kalitesi, güneş erişimi, sokak uzantısı ve estetik gibi ölçütler dikkate alınmaktadır (Soligo ve diğerleri, 1998).

Kentleşme süreci ile birlikte büyük kentlerin yapılaşma alanlarında daha fazla binayla çevrili çok sayıda uzun ve dar sokaklar oluşmuştur. Oluşan bu sokak kanyonları, insan aktivite alanlarındaki hava sirkülasyonunu önemli bir ölçüt haline getirmektedir. Boşluk olarak adlandırılan yaya seviyesindeki bu alanlarda, yaya rüzgâr konforunun sağlanması yönünde tasarımlar yapılmalıdır. Bu alanların tasarım sürecinde kabul edilebilir rüzgâr ortamını sağlamak hedefi ile tasarımlar gerçekleştirilerek, yaya rüzgâr konforu sağlanabilir (Bu ve diğerleri, 2009).

Bu bölümde yaya konforu tanımı yapılarak, yaya konforuna ilişkin literatürde yer alan çalışmaları incelenmiştir. Bölüm 2.4.2.'de yaya rüzgâr konforu kavramına odaklanılmıştır.

2.4.2. Yaya rüzgâr konforu

Kentsel mekânlarda, rüzgâr dış mekânda yayaların kullanımını etkilemesi nedeniyle önemli bir tasarım değişkeni haline gelmektedir. Yaya rüzgâr konforunun sağlanması kentsel mekânların kullanılabilirliğini sağlayarak etkin ve konforlu yaşam alanlarının oluşmasına olanak tanımaktadır. Bu nedenle, kentsel mekânlarda, rüzgâr konforu ve rüzgâr güvenliği yayalar için önemli gerekliliklerdir. Birçok ülkede son yıllarda yeni binalarda ve yeni kentsel mekânlarda yaya rüzgâr konforunun sağlanması yönündeki çalışmalar tasarım aşamasında kent yetkilileri tarafından istenmektedir (Blocken ve diğerleri, 2012).

Hava akımı ve rüzgâr, bitişik binaların düzenlemeleri ve bina formu gibi değişkenlerden etkilenmektedir. Binaların konumlanması ve binaların formlarının belirlenmesinde rüzgâr en önemli değişkenlerden birisidir. Bu nedenle, yaya konforu ve hava kalitesini belirleyen atmosferik süreçlerin daha iyi anlaşılması için çalışmalar yapılması gerekmektedir (Zhanga ve diğerleri, 2005).

Sadece yeni binaların tasarımında değil, aynı zamanda mevcut binalar ve kentsel mekânlar için de kabul edilebilir rüzgâr konforu önemli rol oynamaktadır. Son yıllarda, rüzgâr alanını

araştırmak için klasik bir yöntem olan fiziksel model üzerinden rüzgâr tüneli testleri yapılması yanında, yapılı çevre üzerindeki rüzgâr hareketlerinin sayısal modellenmesi de artan oranda kullanılmaktadır (Koss, 2006).

Yaya konforu, kirlletici dağılımı ve kar birikmesi gibi nedenlerle sokaklardaki rüzgâr konforu, artan bir sorundur. Uygun rüzgâr konforu koşulların sağlanması ise, arazi koşulları, meteorolojik veri ve komşu binalar gibi değişkenlere dayanmaktadır. Literatürde, tek bina, ikiz bina ve daha karmaşık bina kombinasyonları gibi basitleştirilmiş modeller üzerinden rüzgâr tüneli testleri yapılarak, yaya rüzgâr konforu incelenmiştir (Stathopoulos ve Wu, 1995).

Yapılı kentlerde, sokak boyunca eşit bloklar arasındaki rüzgâr hızının ölçümü, eşit bloklarla çevrili yüksek binaların rüzgâr etkisinin değerlendirilmesi, gerçek kent konfigürasyonlarını simüle eden jenerik modellerden elde edilen sonuçların analiz ve sentezi üzerine araştırmalar gerçekleştirilmiştir (Stathopoulos ve Wu, 1995).

Rüzgârın yayalar üzerindeki etkileri genellikle, rüzgâr hızı/sıklığı ile rüzgâr oluşumu olarak iki değişkene dayanmaktadır. Bu değişkenlerden rüzgâr hızı/sıklığı doğrudan yaya konforunu etkilemektedir. Farklı yaya aktiviteleri (oturma, ayakta durma ve yürüme gibi) aynı zamanda rüzgâr aktivitelerinin farklı değişkenlerine sahiptir. Örneğin, bir park veya bir alanda temel aktivite sadece oturma veya kısa zamanlı ayakta durma ihtiyacı barındırmaktadır. Bu nedenle, kabul edilebilir rüzgâr hızının en fazla 19-29 km/h, sıklığının ise haftada birden daha az olması gerekmektedir. Rüzgâr hızı 30 ve 39 km/h aralığında ise, sıklığı ayda bir kezden daha az olmalıdır. Yayalar üzerindeki rüzgâr hızı etkileri Çizelge 2.2’de sınıflandırılmaktadır (He ve Song, 1999).

Çizelge 2.2. Yayalar üzerindeki rüzgâr hızı etkilerinin sınıflandırılması (He ve Song, 1999)

Sınıflandırma	Rüzgâr Hızı (m/s)	Yaya Konfor Seviyesi
1	5	Konforsuz
2	10	Çok konforsuz
3	20	Tehlikeli

Çizelge 2.2’de ifade edildiği gibi sınıf 1’de rüzgâr hızı 5 m/s üzerinde iken konfor seviyesi konforsuz, sınıf 2’de rüzgâr hızı 10 m/s üzerinde iken konfor seviyesi çok konforsuz, sınıf 3’te rüzgâr hızı 20 m/s üzerinde iken konfor seviyesi tehlikeli olarak sınıflandırılmıştır.

Rüzgâr hızı etkileri için bir başka ölçüt, 3 saniye üzerindeki ortalama rüzgâr hızına dayanmaktadır. Sahada ve rüzgâr tüneline gerçekleştirilen araştırmalara dayanarak Murakami ve Deguchi, Çizelge 2.3’te sunulan yaya rüzgâr ölçütlerini önermişlerdir (He ve Song, 1999).

Çizelge 2.3. 3 saniye üzerindeki ortalama rüzgâr hızı kapsamında rüzgârın yayalar üzerindeki etki seviyeleri (He ve Song, 1999)

3 Saniye Üzerindeki Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)	Yaya Etki Seviyesi
< 5	Yürüme üzerinde herhangi bir etkisi yok.
5 - 10	Yürüme üzerinde bazı etkileri var.
10 - 15	Yürüme üzerinde kuvvetli etkileri var.
> 15	Yürüme üzerinde çok kuvvetli etkileri var.

Çizelge 2.3’te 3 saniye üzerindeki ortalama rüzgâr hızı 5 m/s’den küçük ise yürüme üzerinde herhangi bir etkisinin bulunmadığı, 5-10 m/s arasında ise yürüme üzerinde bazı etkilerinin bulunduğu, 10-15 m/s arasında ise yürüme üzerinde kuvvetli etkilerinin bulunduğu, 15 m/s’den büyük ise yürüme üzerinde çok kuvvetli etkilerinin bulunduğu görülmektedir.

Son yıllarda kentsel açık alanların kalitesi önemli bir tasarım değişkeni olarak karşımıza çıkmaktadır. Kentsel açık alanlarda iklimsel özelliklerin yaşam kalitesine ve dış mekân konforuna önemli etkilerinin bulunduğu kabul edilerek üniversiteler, araştırma kuruluşları, yerel ve merkezi yönetimler, inşaat ve mimarlık şirketleri tarafından yaya rüzgâr konforu konusunda çalışmalar için kaynak ayrılmıştır (Stathopoulos, 2006). Bu çalışmalardan bir tanesi Avrupa’da Avrupa Birliği tarafından finanse edilen 3 yıllık bir projedir. Bu projede, farklı açık alanlarda yaklaşık 10.000 kişiye anket uygulanmıştır. Elde edilen proje sonuçları ile mimarlar, mühendisler ve şehir plancıları için yeni bina yapımının değerlendirilmesi ve kentleri ekonomik, psikososyal ve yaya konforu açısından geliştirilmesi için bir kentsel tasarım aracı oluşturulması hedeflenmektedir. Proje, kent hayatı ve yapı çevre üzerindeki rüzgâr etkisi ve yaya rüzgâr konforu değerlendirmeleri ve karşılaştırmaları ile ilgilenen Avrupa Eylem C14 himayesi altında gerçekleştirilmiştir. Çalışmadan elde edilen Akışkanlar Dinamiğine ilişkin sonuçlara, Von Karman Entitüsü tarafından Mayıs 2004’te düzenlenen

Kentsel Rüzgâr Mühendisliği ve Bina Aerodinamiği Uluslararası Konferansında yer verilmiştir (Stathopoulos, 2006).

Avrupa Eylem C14'ten elde edilen dokümana (ASCE, 2003) Amerikan İnşaat Mühendisleri Derneği (ASCE) tarafından yapılan çalışmada da yer vermiştir. Bu çalışma, kentsel alanlarda yaya rüzgâr konforuna ilişkin deneysel ve hesaplamalı değerlendirmelere işaret etmektedir. Ayrıca, çalışmada, yaya rüzgâr konforunda; rüzgâr hızı, hava sıcaklığı, bağıl nem, güneş radyasyonu, hava kalitesi, insan aktivitesi, giyim seviyesi ve yaş gibi geniş bir değişkenin dikkate alınması gerektiği belirtilmektedir (Stathopoulos, 2006).

Son yıllarda kentsel mekanlarda rüzgâr akışına ilişkin çok sayıda araştırma gerçekleştirilmiştir. Mfula ve diğerleri (2005) tarafından, bina dizi alan yoğunluğunun etkisini araştırmak için normal rüzgâr yönü ve farklı kirletici kaynağı pozisyonu altında rüzgâr tüneli testleri gerçekleştirilmiştir. Macdonald ve diğerleri (1998), duman dağılımı üzerinde bina en boy oranı etkisini rüzgâr tüneli testleri ile ölçerek sonuçları karşılaştırmışlardır (Bady ve diğerleri, 2011).

18. yüzyılın başlarında bugünkü teknolojik rüzgâr ölçüm aletlerinin bulunmadığı dönemde, rüzgârın şiddetinin görsel gözlem yoluyla tespit edilebilmesi amacıyla yol gösterici bir skala olarak Beaufort skalası geliştirilmiştir. Bu skala, esas itibarıyla denizciler için geliştirilmiştir. Ancak zaman içinde deniz dışında rüzgârın insanlar üzerindeki etkilerinin analiz edilmesinde kullanılabilen yol gösterici bir skala olmuştur (Dikmen ve diğerleri, 2012). Çizelge 2.4'te sunulduğu gibi skala 12 seviyeden oluşmaktadır. Beaufort şiddeti 0 olarak kabul edilen rüzgâr hızının 0,3 m/s'den küçük olduğu en düşük seviye durgun olarak tanımlanırken, Beaufort şiddeti 12 olarak kabul edilen rüzgâr hızının 32,7 m/s'den büyük olduğu en yüksek seviye kasırga olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca, skala incelendiğinde, Beaufort şiddeti 7 olarak tanımlanan rüzgâr hızının 13,9-17,1 m/s arasında olması durumunda yayalar tarafından rüzgâra karşı yürürken direnç hissedilmektedir.

Çizelge 2.4. Beaufort skalası (Dikmen ve diğerleri, 2012)

Beaufort Şiddeti	Saatlik Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)	Saatlik Ortalama Rüzgâr Hızı (km/s)	Rüzgârın Tanımı	Rüzgârın Etkisi
0	< 0,3	< 1,0	Durgun	Duman dik olarak yükselir.
1	0,3 – 1,5	1,1 – 5,5	Esinti	Dumanın sürüklenme yönü rüzgârın yönünü belirler.
2	1,6 – 3,4	5,6 – 11,0	Hafif Meltem	Yüz hisseder, yapraklar hışırdar, rüzgâr gülü döner.
3	3,4 – 5,6		Zayıf Meltem	Yaprak ve dallar sürekli hareket eder, bayraklar hafif hafif dalgalanır.
4	5,5 – 7,9	20 - 28	Orta Meltem	Tozlar ve kağıtlar havalanır, ince dallar sallanır.
5	8,0 – 10,7	29 - 38	Sert Meltem	Yapraklı küçük dallar sallanır, suda dalgalar oluşur.
6	10,8 – 13,8	39 - 49	Kuvvetli Rüzgâr	Büyük dallar sallanır, telefon telleri ılık sesi çıkarır.
7	13,9 – 17,1	50 - 61	Mutedil Fırtına	Tüm ağaçlar sallanır, rüzgâra karşı yürürken direnç hissedilir.
8	17,2 – 20,7	62 - 72	Fırtına	Ağaçların ince dalları kırılır, rüzgâra karşı yürümek imkansızlaşır.
9	20,8 – 24,4	75 - 88	Kuvvetli Fırtına	Bazı binalarda hasarlar olur, baca kapakları sökülür, kiremitler uçar.
10	24,5 – 28,4	89 - 102	Büyük Fırtına	Ağaçlar köklerinden sökülür, binalarda büyük hasar oluşur.
11	28,5 – 32,6	103 - 107	Bora	Hasar çok geniştir, karada pek rastlanmaz.
12	> 32,7	> 118	Kasırga	Büyük tahribat olur, daha çok ekvator bölgelerinde rastlanır.

Houghton ve Carruthers'ın (1976) çalışmalarında, yapılan testler, rüzgârın hızının 5 m/s'den fazla olması durumunda rüzgâra karşı yürürken harcanan enerjinin çok etkilendiğini göstermektedir. Rüzgâr hızının 5 m/s den yüksek olduğu durumlarda, (Beaufort Skalası 3 olarak temsil edilen) vücutta önemli bir soğuma, saç ve kıyafetlerde rahatsızlıklar meydana gelir ve aynı zamanda gözler tahriş olabilir. Beaufort Skalası 4'te (5-8 m/s), tozlar rüzgâr tarafından yerden havaya kaldırılmakta, daha fazla dikey hız ve türbülans nedeniyle gözlerde meydana gelen tahriş sorunu daha fazla olabilmektedir. Ayrıca, rüzgâr hızının 5 m/s'den fazla olması durumunda rekreasyon alanları, parklar ve benzer mekanlar için çok yüksek

olduğu düşünülmektedir. Kabul edilebilir rüzgâr hızı, sadece insan aktivitelerine bağlı değildir. Aynı zamanda, insanların yaşı da etkilidir. Genç ya da yaşlı insanların yüksek rüzgâr hızına dirençleri daha azdır (Çelik, 2011). Bu nedenlerden dolayı, birçok Kuzey Amerika ve Avrupa şehrinde, vaziyet planı onaylarında ve yenilenen imar uygulamalarında yaya rüzgâr koşullarının değerlendirilmesi zorunlu tutulmaktadır. Örneğin Montreal Kent Master Planında, yeni binaların zemin seviyesinde tüm zamanın %1'inden fazla 75 km/h yi aşan rüzgâr sağanaklarının oluşmaması ve yaz ve kış mevsimleri için yaya rüzgâr konforu ihtiyaçlarının sağlanması zorunlu tutulmaktadır (Wun ve Kriksic, 2012).

Literatür incelendiğinde, çalışmalarda genellikle kentsel mekânlarda yüksek rüzgâr hızının etkileri üzerinde durulduğu görülmektedir. Düşük hızda rüzgâr akış koşullarının incelenmesi için rüzgâr ivme koşullarının anlaşılması gerekmektedir. Yaya rüzgâr konforu açısından bakıldığında ise, bina çevresindeki rüzgâr hızı ve akışı yayalar için tolere edilebilir düzeyde olmalıdır (Çelik, 2011).

Kentsel sınır tabakası içerisinde (Urban boundary layer-UBL) tabakalı akış ve türbülanslı akış olmak üzere iki çeşit rüzgâr akışı vardır. Tabakalı akış, tabakalar halinde diğer tabakaların üstünde veya birlikte düzgün hareket eden rüzgâr akışını göstermektedir. Türbülanslı akış ise, genel akış tipidir. Türbülansın yoğunluğu ve miktarı Reynolds sayısı (Re) ile gösterilmektedir. Reynolds sayısı, atalet kuvvetlerin viskoz kuvvetlere oranıdır (Çelik, 2011). Bir başka deyişle, yüksek Re sayısı için rüzgâr akışı türbülanslı olduğunda rüzgâr yayalar için rahatsızlık oluşturabilmektedir.

Kentsel mekanlardaki yaya seviyesindeki rüzgâr koşulları, yaya konforu ve güvenliğini etkilediği gibi binaların havalandırmasını da etkilemektedir. Bunun yanında, kentsel alanlarda yaya seviyesindeki rüzgâr, trafik ile ilgili kirleticilerin dağılımı ve ısı difüzyonunda önemli rol oynamaktadır. Bu nedenle, binaların çevresindeki yaya rüzgâr konforunun anlaşılması ilgili değişkenlerin kentsel tasarımda dikkate alınması için bir gerekliliktir (Kubota ve diğerleri, 2008).

Kentsel mekânlarda zemin yüzeyindeki rüzgâr karakteristiği, pürüzlülük elemanlarından doğrudan etkilenmekte ve bu etki nedeniyle rüzgârın akış yolları değişmektedir. Binaların yerleşimi, yoğunluğu, yüksekliği ve genişliği, zemin seviyesine yakın yerlerde rüzgâr hızını etkileyen pürüzlülük elemanlarıdır. Literatürde, bina yerleşimlerinin yaya rüzgâr konforu

üzerindeki etkilerini rüzgâr tüneli testi ve sayısal analiz ile incelemek için birçok çalışma vardır. Bu çalışmaların birçoğu, kentsel pürüzlülük elemanı olan basitleştirilmiş ve düzenli hizalanmış bina blokları üzerinde uygulanmıştır. Ancak, gerçek kentsel durumları kullanarak gerçekleştirilmiş az sayıda çalışma bulunmaktadır (Kubota ve diğerleri, 2008).

Yapılan çalışmalar incelendiğinde genellikle kentsel mekânlarda bina yoğunluğunun artışının, rüzgâr hızını düşürdüğü varsayılmaktadır. Givoni, bina yoğunluğu ile rüzgâr hızındaki düşüşün zemine yakın yerde sürtünmenin artmasına bağlı olduğunu savunmuştur. Ayrıca, yaygın olarak bu sürtünme etkisinin bina yoğunluğu ile belirli bir seviyeye kadar arttığı ve daha sonra düştüğü kabul edilmektedir (Kubota ve diğerleri, 2008).

Yaya rüzgâr konforu ölçütleri çeşitli çalışmalarda farklı şekillerde sınıflandırılmıştır. Ratcliff ve Peterka (1990) tarafından COST C14 WG1 ile elde edilen konfor ölçütleri listesi Çizelge 2.5, Çizelge 2.6 ve Çizelge 2.7’de sunulmaktadır.

Çizelge 2.5. Ratcliff ve Peterka tarafından karşılaştırılan yaya rüzgâr konfor ölçütleri listesi (Koss, 2006)

Ratcliff ve Peterka tarafından karşılaştırılan konfor ölçütleri	
Penwarden ve Wise (1975)	Saatlik ortalama rüzgâr hızı ($g = 0$) Düzeltilici eylemler için başlangıç u mean = 5 m/s
Isyumov ve Davenport (1975) Fırtına ($g = 1,5$) ve saatlik ortalama rüzgâr hızı ($g = 0$) A uzun: $T < \% 1,5$ için $u, ug > 3,58$ m/s ve $T < \% 0,3$ için $u > 5,37$ m/s B kısa : $T < \% 1,5$ için $u, ug > 5,37$ m/s ve $T < \% 0,3$ için $u > 7,61$ m/s C gezinti : $T < \% 1,5$ için $u, ug > 7,61$ m/s ve $T < \% 0,3$ için $u > 9,85$ m/s D yürüme : $T < \% 1,5$ için $u, ug > 9,85$ m/s ve $T < \% 0,3$ için $u > 12,53$ m/s Diğer tüm durumlar için uygun değil Tehlikeli $ug > 15,22$ m/s $T > \% 0,02$ yıllık Davenport bu ölçütleri 1972 de ortaya koymuştur (Davenport, 1972).	
Lawson ve Penwarden (1975) Fırtına ($g = 2,68$) ve saatlik ortalama rüzgâr hızı ($g = 0$) A kapalı alan: $T < \% 4,0$ için $u > 3,35$ m/s ve $T < \% 4,0$ için $ug > 5,7$ m/s B ayakta durulan alan : $T < \% 4,0$ için $u > 5,45$ m/s ve $T < \% 4,0$ için $ug > 9,3$ m/s C yürüme alanı : $T < \% 4,0$ için $u > 7,95$ m/s ve $T < \% 4,0$ için $ug > 13,6$ m/s D kabul edilemez : $T < \% 2,0$ için $u > 13,85$ m/s ve $T < \% 2,0$ için $ug > 23,7$ m/s Diğer tüm durumlar için uygun değil	
Hunt ve ark. (1976) Fırtına ($g = 3$) ve saatlik ortalama rüzgâr hızı ($g = 0$) Konfor ve performans üzerinde küçük etki için : $T = \% 10,0$ için $ug < 6$ m/s Birçok performans etkilenmez : $T = \% 10,0$ için $ug < 9$ m/s Yürüme kontrolü : $T = \% 10,0$ için $ug < 15$ m/s Yürüme güvenliği : $T = \% 10,0$ için $ug < 20$ m/s Kabul edilemez eğer $T = \% 1$ için $umean > 9$ m/s yıllık	
Ratcliff ve Peterka tarafından liste olarak verilen konfor ölçütleri ayrıca çalışmalarında verilen bilgiler ile desteklenmiştir. Melbourne (1978) Fırtına ($g = 3.5$) ve saatlik ortalama rüzgâr hızı ($g = 0$) Genel olarak kabul edilebilir: $T = \% 0,025$ için $ug > 10$ m/s A uzun : $T = \% 0,025$ için $ug > 10$ m/s B kısa : $T = \% 0,025$ için $ug > 13$ m/s C Yürüme : $T = \% 0,025$ için $ug > 16$ m/s D Kabul edilemez : $T = \% 0,025$ için $ug > 23$ m/s	

Çizelge 2.6. COST Action C14, 2001 tarafından toplanılan yaya rüzgâr konfor ölçütleri listesi (Koss, 2006)

COST Action C14, 2001 tarafından toplanılan konfor ölçütleri				
Bina Araştırma Kurumu (Building Research Establishment): Saatlik ortalama rüzgar hızı ($g = 0$)				
		Kabul edilemez	Tolere edilebilir	Kabul edilebilir
D	Nesnel iş yürümesi	$p(u > 8,1 \text{ m/s}) > \%6$	$p(u > 8,1 \text{ m/s}) > \%2$	$p(u > 8,1 \text{ m/s}) < \%2$
B	Bina çevresinde çalışanlar	$p(u > 8,1 \text{ m/s}) > \%2$	$p(u > 6,0 \text{ m/s}) > \%2$	$p(u > 6,0 \text{ m/s}) < \%2$
C	Yaya yürüyüşü	$p(u > 6,0 \text{ m/s}) > \%4$	$p(u > 4,1 \text{ m/s}) > \%6$	$p(u > 4,1 \text{ m/s}) < \%6$
A	Oturma	$p(u > 4,1 \text{ m/s}) > \%6$	$p(u > 2,5 \text{ m/s}) > \%6$	$p(u > 2,5 \text{ m/s}) < \%6$
C	Giriş kapıları	$p(u > 4,1 \text{ m/s}) > \%6$	$p(u > 2,5 \text{ m/s}) > \%4$	$p(u > 2,5 \text{ m/s}) < \%4$
Bilim ve Teknik Merkezi Binası (Centre Scientifique et Technique du Batiment) (Fransa): Fırtına rüzgar hızı ($g = 1$)				
A	Sabit pozisyonda durma: $T \geq \% 1-2$ için $ug > 6 \text{ m/s}$			
B	Kısa sabit pozisyon: $T \geq \% 5$ için $ug > 6 \text{ m/s}$			
C	Normal yürüme: $T \geq \% 10$ için $ug > 6 \text{ m/s}$			
D	Hareketli yürüme: $T \geq \% 20$ için $ug > 6 \text{ m/s}$			
FORCE Teknoloji (FORCE Technologie) (Almanya): Saatlik ortalama rüzgar hızı ($g = 0$)				
		Kabul edilebilir	Hoş olmayan	Çok hoş olmayan
D	Hızlı yürüme	$p(u > 5,0 \text{ m/s}) \leq \%43$	$p(u > 5,0 \text{ m/s}) \leq \%50$	$p(u > 5,0 \text{ m/s}) \leq \%53$
C	Yavaş yürüme	$p(u > 5,0 \text{ m/s}) \leq \%23$	$p(u > 5,0 \text{ m/s}) \leq \%34$	$p(u > 5,0 \text{ m/s}) \leq \%53$
B	Kısa süreli ayakta durma veya oturma	$p(u > 5,0 \text{ m/s}) \leq \%6$	$p(u > 5,0 \text{ m/s}) \leq \%15$	$p(u > 5,0 \text{ m/s}) \leq \%53$
A	Uzun süreli ayakta durma veya oturma	$p(u > 5,0 \text{ m/s}) \leq \%0.1$	$p(u > 5,0 \text{ m/s}) \leq \%3$	$p(u > 5,0 \text{ m/s}) \leq \%53$
Hollanda Kraliyet Havacılık ve Uzay Merkezi (Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium) (Hollanda): Saatlik ortalama rüzgar hızı ($g = 0$)				
D	Geçme: $T \geq \% 1-2$ için $ug > 6 \text{ m/s}$			
C	Uzanma: $T \geq \% 5$ için $ug > 6 \text{ m/s}$			
B	Kısa zamanlı kapalı olmayan ayakta durma: $T \geq \% 10$ için $ug > 6 \text{ m/s}$			
A	Uzun zamanlı kapalı olmayan ayakta durma: $T \geq \% 20$ için $ug > 6 \text{ m/s}$			

Çizelge 2.6.'da COST Action C14'ün Çalışma Grubu tarafından toplanılan konfor kriterleri rüzgâr konforu araştırmalarında kullanılmak için alfabetik sırayla listelenmiştir.

Çizelge 2.6. (devam) COST Action C14, 2001 tarafından toplanılan yaya rüzgâr konfor ölçütleri listesi (Koss, 2006)

Uygulamalı Bilim Araştırmaları Üzerine Hollanda Organizasyonu: Saatlik ortalama rüzgâr hızı ($g=0$)			
<i>Hollanda'nın Batı Bölgesi</i>			
	Kabuledilebilir	Orta	Hoşolmayan
C & D Geçme:	$p(u > 5,0 \text{ m/s}) < \%9,6$	$p(u > 5,0 \text{ m/s}) < \%20,5$	$p(u > 5,0 \text{ m/s}) > \%20,5$
C & D Uzanma:	$p(u > 5,0 \text{ m/s}) < \%1,4$	$p(u > 5,0 \text{ m/s}) < \%9,60$	$p(u > 5,0 \text{ m/s}) > \%9,60$
<i>Hollanda'nın Batı Bölgesi</i>			
	Kabuledilebilir	Orta	Hoşolmayan
C&D Geçme:	$p(u > 5,0 \text{ m/s}) < \%4,1$	$p(u > 5,0 \text{ m/s}) < \%11$	$p(u > 5,0 \text{ m/s}) > \%11$
C&D Uzanma:	$p(u > 5,0 \text{ m/s}) < \%0,5$	$p(u > 5,0 \text{ m/s}) < \%2,7$	$p(u > 5,0 \text{ m/s}) > \%2,7$ (yılıda)
Bristol Üniversitesi & Batı Ontario Üniversitesi (Kanada):			
D	İş yürümesi, hızlı yürüme: $T \geq \%5$ için $ug > 10 \text{ m/s}$		
C	Yaya yürümesi, yavaş yürüme: $T \geq \%5$ için $ug > 8 \text{ m/s}$		
B	Yaya ayakta durması, kısa süreli rüzgâra karşı ayakta durma ve oturma: $T \geq \%5$ için $ug > 6 \text{ m/s}$		
A	Yaya oturması, uzun süreli rüzgâra karşı ayakta durma ve oturma: $T \geq \%5$ için $ug > 4 \text{ m/s}$		

Çizelge 2.5 – 2.6'da belirtilen ölçütlerin dışında Koss (2006) tarafından Çizelge 2.7'de ifade edildiği şekilde farklı yaya aktivite sınıfları ortaya konulmuştur.

Çizelge 2.7. Yaya aktivite sınıflarının tanımı (Koss, 2006)

Yaya Aktivite Sınıfı	Tanım
A	Uzun süreli oturma, sürekli aynı pozisyonda durma, yaya oturumu, teras, sokak kafe veya restorandı, açık hava tiyatrosu, havuz
B	Yaya ayakta duruşu, kısa süreli oturma veya ayakta duruş, kısa süreli sabit duruş, halka açık park, oyun alanı, alışveriş sokağı, alışveriş merkezi
C	Yaya yürüyüşü, yavaş yavaş yürüyüş, normal yürüyüş, gezinti,
D	Nesnel iş yürüyüşü, canlı veya hızlı yürüyüş, araba parkı, bulvar, kaldırım, taraça

Burada sunulan sınıflar, daha önce yapılmış araştırmaların sonuçlarına dayanmaktadır. Bu sınıflardan farklı yaya seviyesi rüzgâr ölçütleri Çizelge 2.8'de, modifiye Beaufort Skalası ise Çizelge 2.9'da gösterilmektedir (Soligo ve diğerleri, 1998).

Çizelge 2.8. Farklı yaya seviyesi rüzgâr ölçütleri (Soligo ve diğerleri, 1998)

	Oturma %20 (km/h)	Ayakta durma %20 (km/h)	Yürüme %20 (km/h)	Diğer % 0.10 (km/h)
Lawson ve Penwarden	8,5	13,9	20,3	66,3
Penwarden ve Wise	-	-	18	-
Hunt ve ark.	10,4	15,6	-	39,7
Melbourne	9,7	12,6	15,5	46,2
Davenport ve Isyumov	8	14,5	19,5	49,3
Lawson	10,6	15,8	21,1	48,9
Group Avg.	9,44	14,48	18,88	50,08

Çizelge 2.9. Zeminden 1.5 m yükseklikte kaydedilen ortalama rüzgâr hızlarını gösteren modifiye Beaufort Skalası (Soligo ve diğerleri, 1998)

Beaufort Şiddeti	Rüzgârın Tanımı	Saatlik Ortalama Rüzgâr Hızı (km/s)	Rüzgârın Etkisi
0	Durgun	0 - 1	Duman dik olarak yükselir.
1	Hafif hava	1 - 4	Dumanın sürüklenme yönü rüzgârın yönünü belirler.
2	Hafif esinti	4 - 9	Yüz hisseder, yapraklar hışırdar, rüzgâr gülü döner.
3	Yumuşak esinti	9 - 15	Saçlar rahatsız olur, giysiler çarpar, yaprak ve dallar sürekli hareket eder, bayraklar hafif hafif dalgalanır.
4	Orta esinti	15 - 22	Tozlar ve kağıtlar havalanır, saçlar karışır, ince dallar sallanır.
5	Taze esinti	22 - 30	Yapraklı küçük dallar sallanır, rüzgâr gücü vücutta hissedilir.
6	Kuvvetli esinti	30 - 38	Büyük dallar sallanır, şemsiye kullanımı zorlaşır, yürümede zorluk oluşur, rüzgârda denge zorluğu olur
7	Fırtınaya yakın	38 - 48	Tüm ağaçlar sallanır, rüzgâra karşı yürürken direnç hissedilir.
8	Fırtına	48 - 58	İlerleme engellenir.
9	Kuvvetli fırtına	58 - 68	İnsanlar zarar görür.

Çizelge 2.9’da sonuçları sunulan çalışmada; ortalama rüzgâr hızının 0-1 km/h olduğu 0 numaralı Beaufort skalasında hava durgun, duman dik olarak yükselir. Ortalama rüzgâr hızının 9-15 km/h olduğu 3 numaralı Beaufort skalasında yumuşak esinti vardır ve saçlar rahatsız olur, giysiler çarpar. Aynı çalışmada, ortalama rüzgâr hızının 30-38 km/h olduğu 5 numaralı Beaufort skalasında kuvvetli esinti vardır, büyük dallar sallanır, şemsiye kullanımı zorlaşır, yürümede zorluk oluşur, rüzgârda denge zorluğu olur. En yüksek skala olan

ortalama rüzgâr hızının 58-68 km/h olduğu 9 numaralı Beaufort skalasında insanlar zarar görür.

Yayalar tarafından deneyimlenen direkt güneş ışığının varlığı veya eksikliğinin, ısı konfor üzerinde önemli etkisi bulunmaktadır. Farklı tarih ve zamanlarda güneş veya gölgeyi deneyimlemek için, güneş açısının ve çevre binaların formlarının dikkate alınması gerekmektedir. Bina formu, üç boyutlu bilgisayar grafikleri kullanılarak modellenebilmektedir (Soligo ve diğerleri, 1998). Çizelge 2.10'da insan güvenliği için kritik rüzgâr hızlarının özeti sunulmaktadır.

Çizelge 2.10. İnsan güvenliği için kritik rüzgâr hızları özeti (Jordana ve diğerleri, 2008)

Referans	Rüzgâr Hızı (m/s)		Ek Bilgiler
	Ani Rüzgâr	Sürekli Rüzgâr	
Melbourne	23		
Pendwarden ve ark.		15 - 20	Sıkıcı, $U = 8-10$ m/s Rahatsız edici, $U = 5$ m/s
Hunt ve ark.	20 (ani rüzgâr)	13 - 15 (sürekli rüzgâr)	$U < 9$ m/s
	13 - 20 (düzensiz rüzgâr)	20 - 30	2 m üzerinde $U \%70$ ile değişir Yürümenin kolaylığı için Yürümenin güvenliği için
Lawson		17.2 (saatlik ortalama)	Beaufort Skalası olarak belirtilen $> \text{Sıra } 7$
Soligo	22 – 27,8 (fırtına)	11,9 - 15 (ortalama rüzgâr hızı)	Zeminden 1,5 m yükseklikte modifiye Beaufort Skalası
Bottema	20	10	Genç insanlar için
	15		Yaşlı insanlar için
Durov			Beaufort Skalasından "yürüme zorluğu"
Peters	12.05.2020		Fırtına süresine bağlı olarak
BRB	17		J.N.R. De kullanılmış
	11		Pistte çalışanlar için Platformda yolcular için
Freys		11	Alman demiryolu ölçütü
Londra yer altı		8 (uzun dönem)	Personel için
NS-Hollanda Railconsult		11	Platformdaki yolcular

Yaya rüzgâr konforunun ana bileşenleri, rüzgârın mekânîk gücü, vücudun ısı konforu ve rüzgâr soğuşuna maruz kalan cilt etkisidir. Bu konfor bileşenlerinden herhangi biri belirli seviyede karşılanmaz ise yayalar için gerekli konfor koşulları sağlanmamış olur.

Yapılan literatür araştırmasında, bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesinde beş farklı yöntemin kullanıldığı tespit edilmiştir. Bu yöntemler anket, alan ölçümü, sayısal analiz (Hesaplama Akışkanlar Dinamiği), deneysel analiz (rüzgâr tüneli testi) ve istatistiksel analiz (MATLAB yazılımı, betimsel analiz gibi) şeklindedir. Yaya rüzgâr konforu analiz yöntemleri Bölüm 2.5.'te detaylandırılmıştır.

2.5. Yaya Rüzgâr Konforu Analiz Yöntemleri

Bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesinde anket, alan ölçümü, sayısal analiz (Hesaplama Akışkanlar Dinamiği), deneysel analiz (rüzgâr tüneli testi) ve istatistiksel analiz (MATLAB yazılımı, betimsel analiz gibi) yöntemi kullanılmaktadır. Bu bölümde; yaya rüzgâr konforu değerlendirme yöntemleri içerisinde yer alan ve tez çalışması kapsamında kullanılan deneysel analiz (rüzgâr tüneli testi) ve istatistiksel analize (betimsel analiz) ilişkin genel bilgilere yer verilmiştir.

Anket

Thomas (1998) tarafından anket, kişilerin davranışlarını, tutumlarını, yaşam biçimlerini veya inançlarını betimlemeye yönelik soru dizilerinden oluşan bir araştırma yöntemi olarak tanımlanmaktadır (Dergipark web sitesi, 2022). Belirli bir konuya ilişkin araştırma yapmak ve sonuç elde etmek için ayrı ayrı kişilere birtakım soruları sorarak bilgi elde edilmesi anket olarak tanımlanabilir.

Amprasi, Politis, Nikiforiadis ve Basbas (2020) tarafından hazırlanan “*Comparing the Microsimulated Pedestrian Level of Service with the Users’ Perception: The Case of Thessaloniki, Greece, Coastal Front*” adlı çalışmada, yayalar ve bisikletlilerin açık alanları kullanımı sırasında konfor ve güvenlik algısını belirlemek için anket yönteminden yararlanılmıştır.

Sasaki, Yamada, Uematsu ve Saeki (2000) tarafından hazırlanan “*Comfort Environment Assessment Based on Bodily Sensation in Open Air: Relationship Between Comfort Sensation and Meteorological Factors*” adlı makalede, kentsel alanlarda açık havada konfor koşullarını değerlendirmek için bir yöntem geliştirilmesi hedeflenerek, Japonya’da üç kentde yaşayan 89 kişi ve Tokyo’nun kenar mahallelerinde yaşayan 18 kişiye anket uygulanmıştır.

Alan ölçümü

Rüzgârın hızını ve yönünü direkt olarak ölçmeye yarayan anemometre adı verilen cihaz ile örneklem bina veya dış mekânlarda gerçekleştirilen analizler alan ölçümü olarak adlandırılır. Dış mekânlarda taşınabilen el anemometresi ile rüzgâr hızı ve yönü ölçümü gerçekleştirilerek analiz sonuçları elde edilebilir.

Stathopoulos, Wu ve Zacharias (2004) tarafından hazırlanan “*Outdoor Human Comfort in an Urban Climate*” adlı makalede, kentsel iklimde dış mekân insan konforunun hava ve insan etkeni gibi birçok etken tarafından etkilendiğine değinilmiştir. Temel insan aktiviteleri ve hava değişkenleri arasındaki ilişki, anket uygulaması, alan ölçümleri ve istatistiksel analizler ile kapsamlı olarak değerlendirilmiştir.

Gao, Yao, Li, Turkbeyler, Luo ve Short (2012) tarafından hazırlanan “*Field Studies on the Effect of Built Forms on Urban Wind Environments*” adlı makalede, İngiltere’de Reading Üniversitesi Kampüsünde yıl boyunca eş zamanlı alan ölçümlerinden elde edilen kentsel yapıları çevrede rüzgâr kaynaklı akış etkileri verileri analiz edilmiştir..

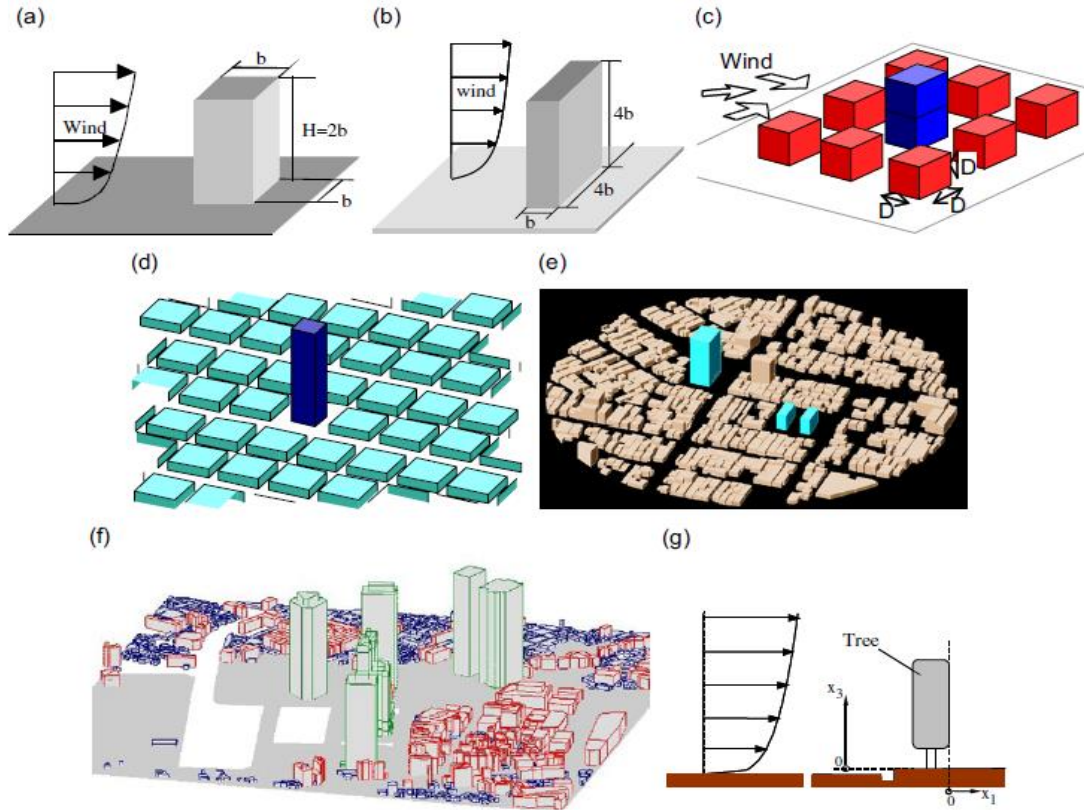
Sayısal analiz (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği)

Modern yüksek binalar, rüzgâra karşı duyarlı yapılardır. Özellikle yüksek binalarda, rüzgârın binalar üzerindeki yük ve basınç etkisi tasarım basamaklarının en önemlisini oluşturmaktadır. Son yıllarda, binaya etkiyen rüzgâr yükü ve basıncı simüle ederek, simüle edilmiş hava akışının binalar üzerindeki etkisini analiz etmek amacıyla sayısal analiz yöntemleri geliştirilmiştir. Rüzgâr simülasyon analizi, kolay uygulanabilirliği ve tasarım aşamasından itibaren bina aerodinamiğinin analiz edilerek tasarımın rüzgârın olumsuz etkilerini en aza indirecek şekilde gerçekleştirilmesini sağlaması nedeniyle günümüzde

sıklıkla kullanılır duruma gelmiştir. Geniş oranda kabul görmüş yüksek frekans kuvvet dengesi tekniği, anlık rüzgâr basıncı entegrasyon teknikleri ve gelişmiş veri toplama yöntemi ile aerodinamik simülasyon analizinin doğruluğunu artırmaktadır (Chan ve diğerleri, 2009).

Son yıllarda, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiğinin kullanımı (HAD) hızla ilerlemiştir. Daha önceleri rüzgâr mühendisliği alanında kullanılan Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiğinin kullanım alanı genişleyerek, kentsel mekanlardaki bina aerodinamiğinden insan vücudu etrafındaki mikroklimaya kadar genişlemiştir (Murakami ve diğerleri, 1999).

Literatüre bakıldığında, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) kullanılarak yapılan çalışmalardan birisi, Japon Mimarlık Enstitüsündeki çalışma grubu tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, binalar çevresindeki yaya rüzgâr ortamının HAD tahmini için birçok üniversite ve özel şirket tarafından gerçekleştirilen araştırmadan oluşan kurallar önerilmiştir. Çalışma grubu, birçok rüzgâr tüneli testi, alan ölçümü ve çeşitli akış alanları için farklı HAD kodları kullanarak hesaplamalar gerçekleştirmiş ve Şekil 2.20’de görüldüğü gibi çapraz karşılaştırma yapılmıştır (Tominaga ve diğerleri, 2008).



Şekil 2.20. Çapraz karşılaştırma için yedi rüzgâr tüneli testi (Tominaga ve diğerleri, 2008)

- (a) Test durumu A (2:1:1 kare prizma).
- (b) Test durumu B (4:4:1 kare prizma).
- (c) Test durumu C (Basit şehir blokları).
- (d) Test durumu D (Şehirde yüksek katlı bina).
- (e) Test durumu E (Gerçek kentsel alanda basit yapı şekilleri ile yapı kompleksleri).
- (f) Test durumu F (Gerçek kentsel alanda karmaşık yapı şekilleri ile yapı kompleksleri).
- (g) Test durumu G (İki boyutlu çam ağacı).

Deneysel analiz (Rüzgâr tüneli testi)

Rüzgâr tüneli testleri, rüzgâra karşı duyarlı binalar olan yüksek binalar üzerinde rüzgâr etkilerini değerlendirmek için literatürde kabul görmüş araçlardır. Yüksek binalar üzerindeki rüzgâr etkilerini ve tasarım değişkenlerini belirlemek için en çok kullanılan analiz yöntemi, aerodinamik rüzgâr tüneli testleridir. Bina geometrisinin aerodinamik rüzgâr tüneli testlerinde modellenen tek değişken olması nedeniyle, bina aerodinamiğinin tasarım aşamasında dikkate alınması gerekmektedir (Hwang ve diğerleri, 2010).

Tarihsel sürece bakıldığında atmosferik sınır tabakasını oluşturabilen ilk rüzgâr tüneli, 1955-1957 yılları arasında tasarlanarak 1962 yılında Colorado State Üniversitesinde yapımı

tamamlanmıştır. Bu rüzgâr tünelinin test bölümünün uzunluğu 29,3 m. olup, rüzgâr tüneline doğal rüzgâr özelliklerini simüle ederek, ısıtma ve soğutma işlemleri ile birlikte türbülanslı sınır tabakaları geliştirilebilmektedir. Yüksek bir bina analizini gerçekleştirmek için ise ilk büyük sınır tabakası rüzgâr tüneli çalışması, Colorado State Üniversitesinde yer alan rüzgâr tüneline New York'ta 1960'lerde Dünya Ticaret Merkezi İkiz Kulelerinin tasarımı için kullanılmıştır. 1980 ve 1995 yılları boyunca, rüzgâr ve dalga kuvvetini simüle edebilme ve otomatik yüzey pürüzlülüğü oluşturma gibi bazı gelişmiş özelliklere sahip çok sayıda sınır tabakası rüzgâr tüneli, Western Ontario Üniversitesi (Kanada), Monash Üniversitesi (Avustralya), Public Works Araştırma Enstitüsü'nde (Japonya) kurulmuştur (Kayışoğlu, 2011).

Türkiye'de ise Mustafa Kemal Atatürk tarafından uçak endüstrisi çalışmaları için tasarlanması ve yapılması konusunda talimat verilen TÜBİTAKSAGE'ye ait Ankara Rüzgâr Tüneli, 1947 yılında projesine başlanılarak 1950 yılında tamamlanmıştır. 1994 yılında TÜBİTAKSAGE'ye aktarılması ile birlikte birçok geliştirme yapılarak, havacılık ve otomotiv sektörü ile Tübitak Savunma Sanayii Araştırma ve Geliştirme kurumunda çok sayıda proje için kullanılmıştır (Kayışoğlu, 2011).

Tasarımcılar, binalarda belirli yüksekliğin üzeri için ASCE 7-05, 2005 ve Eurocode 1, 2005 gibi tasarım standartlarına göre rüzgâr tüneli testlerini yapmak zorundadırlar. Rüzgâr tüneli testleri aracılığıyla ile, binaların rüzgâr karşısında ve rüzgâr boyunca gösterdikleri tepkiler ve burulma tepkilerine ait istatistik özellikler, tasarım üstü kuvvet miktarları, üst ivme ve eşdeğer statik yük temsilleri elde edilebilmektedir. Elde edilen bu veriler, binaların tasarımında önemli değişkenlerdir (Kayışoğlu, 2011).

Endo (2011) tarafından hazırlanan “*Wind Tunnel Modeling and Analysis of Wind Effects on Low-rise Buildings*” adlı doktora tezinde, alçak binalarda ve farklı strüktürlerde rüzgâr tüneli testleri ile rüzgâra dayanıklı tasarım ilkeleri analiz edilmiştir.

Munshi, Modi ve Yokomizo (1997) tarafından hazırlanan “*Aerodynamics and Dynamics of Rectangular Prisms with Momentum Injection*” adlı makalede, kapsamlı rüzgâr tüneli testleri, analiz ve akış görselleştirme çalışmaları ile ele alınmıştır.

Tieleman (2003) tarafından hazırlanan “*Wind Tunnel Simulation of Wind Loading on Low-Rise Structures: A Review*” adlı makalede, az katlı binalara etki eden rüzgar yüklerinin değerlendirilmesi için rüzgar tüneli testlerinden yararlanılmıştır.

İstatistiksel analiz (Betimsel analiz)

İstatistiksel analiz yönteminde, bir konuya ilişkin sayısal veriler toplanarak tablo ve grafikler ile sunulmaktadır. Sunulan grafik ve tablolar üzerinden karşılaştırmalı analizler yapılmakta ve veriler arasındaki ilişkiler saptanmaktadır. Söz konusu ilişkiler kullanılarak, gerçekleştirilen çalışmaya ilişkin bulgular ortaya koyulmakta ve ileride yapılacak çalışmalar için önerilerde bulunulabilmektedir. İstatistiksel analiz yöntemleri beş başlık altında sınıflandırılabilir. Bu yöntemler, betimsel analiz, çıkarımsal analiz, fark analizi, ilişki analizi ve tahmin analizi yöntemleridir (İstatistikavm web sitesi, 2022). İstatistiksel analiz yöntemlerinden birisi olan betimsel analiz, bir çalışma sonucunda elde edilen verilerin grafikler ve tablolar halinde analizini içermektedir. Bu nedenle bu tez çalışmasında, bina aerodinamiğinin yaya rüzgar konforu üzerindeki etkileri, gerçekleştirilen deneysel analiz sonucunda elde edilen verilerin istatistiksel analiz yöntemi kapsamında betimsel analizi gerçekleştirilerek değerlendirilmiştir.

Tez çalışması kapsamında önerilen BUILD-AERO modeli çerçevesinde gerçekleştirilen örneklem binaya ilişkin deneysel analiz ile elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçlarının istatistiksel analiz (betimsel analiz) yöntemi aracılığıyla üç adımda karşılaştırmalı analizleri gerçekleştirilmiştir. Birinci adımda, rüzgâr tüneli testi sonuçlarının MATLAB yazılımı ile analizi, ikinci adımda rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara rüzgâr gülü verilerinin MS EXCEL yazılımı ile karşılaştırmalı betimsel analizi, üçüncü adımda rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara maksimum rüzgâr hızı verilerinin (2014 ve 2021 yılları) MS EXCEL yazılımı ile karşılaştırmalı betimsel analizi yapılmıştır.

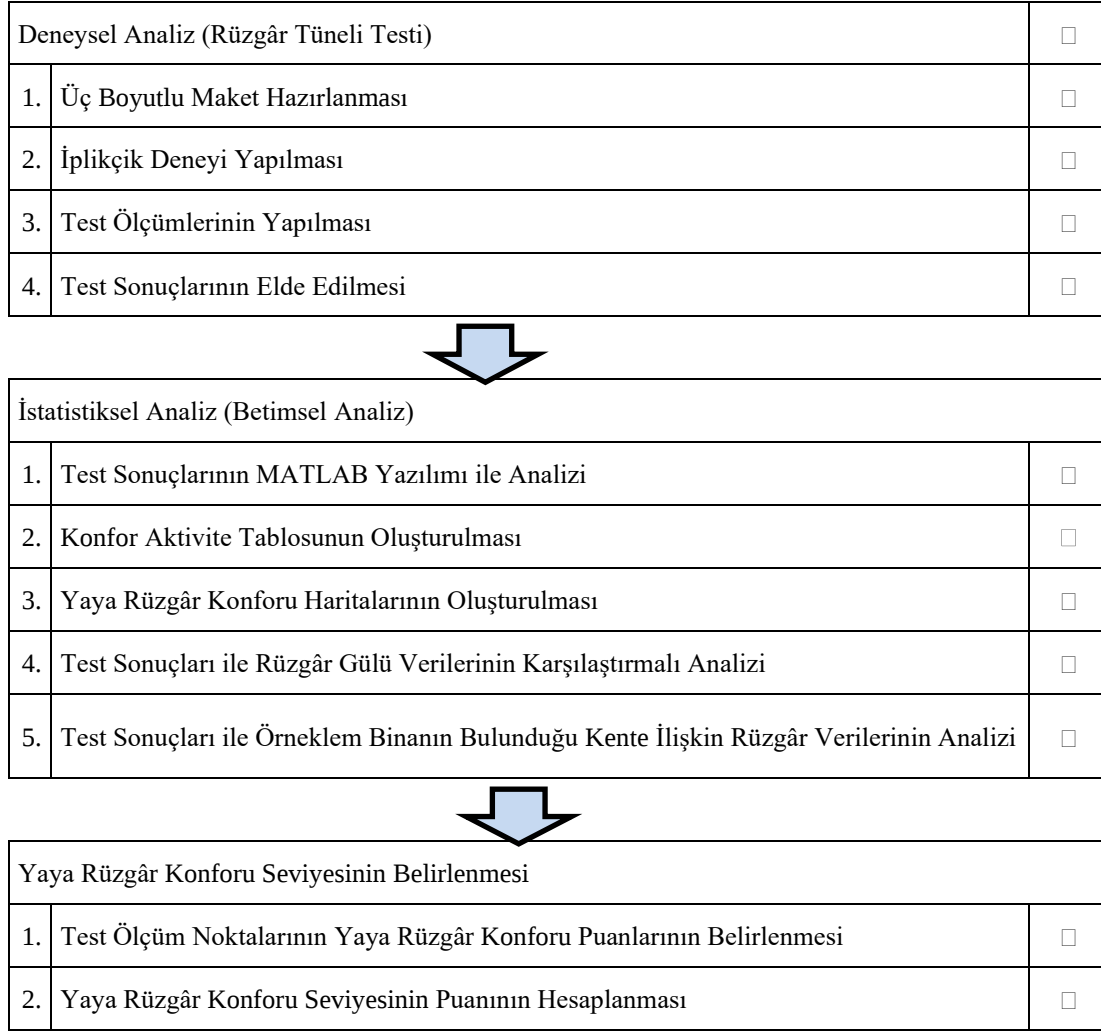
Bu bölümde, yaya rüzgâr konforu değerlendirme yöntemleri açıklanmış ve bu yöntemlerin literatürde kullanımlarına ilişkin bilgiler verilmiştir. Bölüm 3’te bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesine yönelik olarak BUILD-AERO modeli önerisi sunulmuş ve BUILD-AERO modelinin kavramsal analiz ve yazılım uygulaması esaslı değerlendirme aşamalarına yer verilmiştir.

3. BİNA AERODİNAMİĞİNİN YAYA RÜZGÂR KONFORU ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ İÇİN BUILD- AERO MODELİ ÖNERİSİ

Tez çalışmasının bu bölümünde, bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesine yönelik bir model önerilmiştir. Önerilen modelin temel amacı, bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi için bir araç oluşturmaktır. Bu amaç kapsamında esnek bir model geliştirilmiş ve bu modelin gerçekleştirilecek diğer benzer çalışmalara altlık oluşturması hedeflenmiştir. Model bina aerodinamiği ile ilgili olduğu için BUILD-AERO olarak adlandırılmıştır. BUILD-AERO modeli kavramsal analiz esaslı ve yazılım uygulaması esaslı değerlendirme aşamalarından oluşmaktadır. BUILD-AERO modelinin temel çıktıları, yaya rüzgâr konforu seviyeleridir.

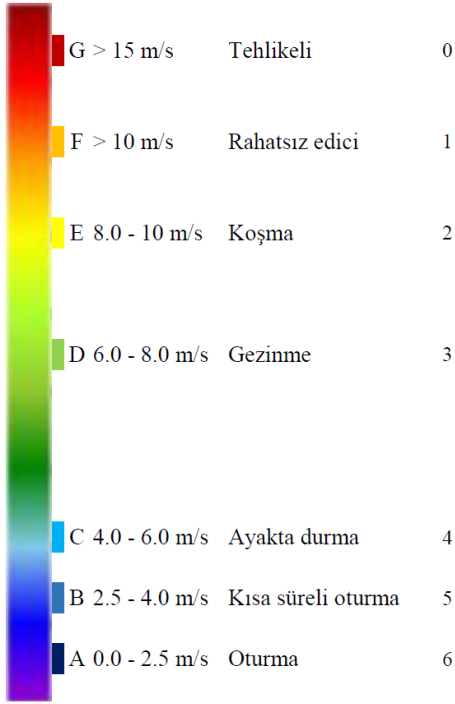
3.1. BUILD-AERO Modelinde Kavramsal Analiz Esaslı Değerlendirme (Aşama 1)

Tez çalışması kapsamında geliştirilen BUILD-AERO modelinin birinci adımında modelin kavramsal çerçevesi oluşturulmuştur. Bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi için önerilen BUILD-AERO modelinin kavramsal çerçevesini oluşturan genel akış şemasına Şekil 3.1’de yer verilmiştir. BUILD-AERO modeli kullanılarak bir binanın, mekânın veya alanın aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkileri analiz edilebilir. BUILD-AERO modelinin son aşaması olan yaya rüzgâr konforu seviyesi puanının hesaplanması adımı, yaya rüzgâr konforu seviyesi puanları toplanarak yaya rüzgâr konforu hesabı yapılabilir. Bu konfor hesabı, değerlendirilen bina, mekân veya alandaki yaya rüzgâr konforu seviyesi hakkında bilgi vermektedir.



Şekil 3.1. Tez çalışması kapsamında önerilen BUILD-AERO modelinin akış şeması

Literatürde yaya rüzgâr konforu kriterleri üç farklı çalışma olan Isyumov ve Davenport (1975), Lawson (1978) ve NEN8100 (2006) standartları dikkate alınarak belirlenmiştir. Bu kriterler, rüzgâr hızının yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi için kullanılmaktadır. Tez çalışması kapsamında, literatürde yer alan bu kriterlerden Lawson (1978) kriterleri dikkate alınarak BUILD-AERO modeli için Şekil 3.2’de yer alan yaya rüzgâr konforu seviyeleri oluşturulmuştur. BUILD-AERO modelinin temel çıktıları olan yaya rüzgâr konforu seviyelerinin belirlenebilmesi için her seviyeye 0 ile 6 aralığında bir puan verilmiştir. Modele göre söz konusu puanın yüksek olması, yaya rüzgâr konforu seviyesinin de yüksek olduğunu göstermektedir. Şekil 3.2’de test ölçümlerinin yapılacağı noktaların konfor aktiviteleri, rüzgâr hızları, renk ve harf kodları verilmiştir. Yaya rüzgâr konforu seviyesi puanları oturma için 6, kısa süreli oturma için 5, ayakta durma için 4, gezinme için 3, koşma için 2, rahatsız edici için 1 ve tehlikeli için 0 olarak tanımlanmıştır.



Şekil 3.2. BUILD-AERO modeli için belirlenen yaya rüzgâr konforu seviyesi puanları

Tez çalışmasının bu bölümünde, model önerisinin ilk aşaması olarak bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi için önerilen BUILD-AERO modelinin kavramsal analiz esaslı değerlendirmesine yer verilmiştir. Bir sonraki bölümde model önerisinin ikinci aşaması olan yazılım uygulaması esaslı değerlendirme ile ilgili bilgilere verilmiştir.

3.2. BUILD-AERO Modelinde Yazılım Uygulaması Esaslı Değerlendirme (Aşama 2)

Tez çalışması kapsamında, Bölüm 3.1’de kavramsal çerçevesi oluşturulan BUILD-AERO modeli, yazılım uygulaması esaslı değerlendirme aşaması ile somutlaştırılmıştır. Bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesine yönelik bir model olan BUILD-AERO yazılım uygulaması, Google Drive programından yararlanılarak geliştirilmiştir. Geliştirilen yazılım uygulamasına ilişkin ekran görüntülerine Şekil 3.3 ve Şekil 3.8 arasında yer verilmiştir.

Şekil 3.3’te BUILD-AERO yazılım uygulamasının birinci bölümü verilmiştir. Yazılım uygulamasının birinci bölümünde deneysel analiz (rüzgâr tünel testi), istatistiksel analiz (betimsel analiz) ve yaya rüzgâr konforu seviyesinin belirlenmesi başlıkları altındaki analiz adımları gösterilmiştir. Deneysel analiz başlığı altında (rüzgâr tüneli testi), üç boyutlu maket

hazırlanması, iplikçik deneyi yapılması, test ölçümlerinin yapılması ve test sonuçlarının elde edilmesi adımları yer almaktadır. İstatistiksel analiz (betimsel analiz) başlığı altında test sonuçlarının MATLAB yazılımı ile analizi, konfor aktivite tablosunun oluşturulması, yaya rüzgâr konforu haritalarının oluşturulması, test sonuçları ile rüzgâr gülü verilerinin karşılaştırmalı analizi ve test sonuçları ile örneklem binanın bulunduğu kente ilişkin rüzgâr verilerinin analizi adımları bulunmaktadır. Yaya rüzgâr konforu seviyesinin belirlenmesi başlığı altında ise test ölçüm noktalarının yaya rüzgâr konforu puanlarının belirlenmesi ve yaya rüzgâr konforu seviyesinin puanının hesaplanması adımları bulunmaktadır.

BUILD-AERO yazılım uygulamasının ikinci bölümü Şekil 3.4'te yer almaktadır. Bu bölümde BUILD-AERO modelinde kabul edilen yaya rüzgâr konforu seviyesi puanı tablosu ve yaya rüzgâr konforu seviyesi puanı hesap tablosuna yer verilmiştir. Yazılım uygulamasının üçüncü, dördüncü, beşinci ve altıncı bölümlerinde test ölçüm noktalarına yaya rüzgâr konforu puanları verilerek yaya rüzgâr konforu seviyesi puanı hesaplanmaktadır.

Bölüm 1/6

BUILD-AERO

MODELİ

Deneysel Analiz (Rüzgar Tüneli Testi)

☐ Üç Boyutlu Maket Hazırlama

☐ İplikçik Deneyi Yapılması

☐ Test Ölçümleri Yapılması

☐ Test Sonuçlarının Elde Edilmesi

İstatistiksel Analiz (Betimsel Analiz)

☐ Test Sonuçlarının MATLAB Yazılımı ile Analizi

☐ Konfor Aktivite Tablosunun Oluşturulması

☐ Yaya Rüzgar Konforu Haritalarının Oluşturulması

☐ Test Sonuçları ile Rüzgâr Gücü Verilerinin Karşılaştırmalı Analizi

☐ Test Sonuçları ile Örneklem Binanın Bulunduğu Kente İlişkin Rüzgâr Verilerinin Analizi

Yaya Rüzgâr Konforu Seviyesinin Belirlenmesi

☐ Test Ölçüm Noktalarının Yaya Rüzgâr Konforu Puanlarının Belirlenmesi

☐ Yaya Rüzgâr Konforu Seviyesi Puanının Hesaplanması

1. bölümden sonraki kısım 2. bölüme (Yaya Rüzgâr Konfor...yesi Puanı Hesabı) git

Şekil 3.3. Bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesine yönelik bir model (BUILD-AERO) - Bölüm 1

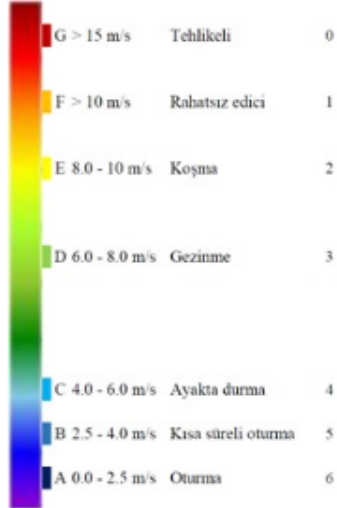
Bölüm 2/6

Yaya Rüzgâr Konforu Seviyesi Puanı Hesabı



BUILD-AERO

BUILD-AERO modeli için belirlenen yaya rüzgâr konforu seviyesi puanları



Yaya Rüzgâr Konforu Seviyesi Puanı Hesabı Tablosu

RÜZGAR AÇISI		RÜZGAR HIZI	YAYA RÜZGAR KONFORU SEVİYESİ PUANI HESABI																	
			Nokta 1	Nokta 2	Nokta 3	Nokta 4	Nokta 5	Nokta 6	Nokta 7	Nokta 8	Nokta 9	Nokta 10	Nokta 11	Nokta 12	Nokta 13	Nokta 14	Nokta 15	Nokta 16	Nokta 17	
0° (Önemli)	5 m/s																		GENEL TOPLAM	
	10 m/s																			
	15 m/s																			
	20 m/s																			
TOPLAM																				
90° (Kuzeydoğu)	5 m/s																		GENEL TOPLAM	
	10 m/s																			
	15 m/s																			
	20 m/s																			
TOPLAM																				
180° (Kuzeybatı)	5 m/s																		GENEL TOPLAM	
	10 m/s																			
	15 m/s																			
	20 m/s																			
TOPLAM																				
270° (Önemli)	5 m/s																		GENEL TOPLAM	
	10 m/s																			
	15 m/s																			
	20 m/s																			
TOPLAM																				

2. bölümden sonraki kısım Sonraki bölüme geç

Şekil 3.4. Bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesine yönelik bir model (BUILD-AERO) - Bölüm 2

Bölüm 3/6

0° (Güneydoğu) / 5 m/s Yaya Rüzgâr Konforu Seviyesi Puanı Hesabı

0° (Güneydoğu) / 5 m/s

Rüzgar Açısı ve Hızı

6

0° (Güneydoğu) / 5 m/s

Rüzgar Açısı ve Hızı

5

0° (Güneydoğu) / 5 m/s

Rüzgar Açısı ve Hızı

4

0° (Güneydoğu) / 5 m/s

Rüzgar Açısı ve Hızı

3

0° (Güneydoğu) / 5 m/s

Rüzgar Açısı ve Hızı

2

0° (Güneydoğu) / 5 m/s

Rüzgar Açısı ve Hızı

1

0° (Güneydoğu) / 5 m/s

Rüzgar Açısı ve Hızı

0

0° (Güneydoğu) / 5 m/s

3. bölümden sonraki kısım Sonraki bölüme geç

Şekil 3.5. Bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesine yönelik bir model (BUILD-AERO) - Bölüm 3

Bölüm 4/6

0° (Güneydoğu) / 10 m/s Yaya Rüzgâr Konforu Seviyesi Puanı Hesabı

0° (Güneydoğu) / 10 m/s

Rüzgar Açısı ve Hızı

6

0° (Güneydoğu) / 10 m/s

Rüzgar Açısı ve Hızı

5

0° (Güneydoğu) / 10 m/s

Rüzgar Açısı ve Hızı

4

0° (Güneydoğu) / 10 m/s

Rüzgar Açısı ve Hızı

3

0° (Güneydoğu) / 10 m/s

Rüzgar Açısı ve Hızı

2

0° (Güneydoğu) / 10 m/s

Rüzgar Açısı ve Hızı

1

0° (Güneydoğu) / 10 m/s

Rüzgar Açısı ve Hızı

0

0° (Güneydoğu) / 10 m/s

4. bölümden sonraki kısım Sonraki bölüme geç

Şekil 3.6. Bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesine yönelik bir model (BUILD-AERO) - Bölüm 4

Bölüm 5/6

0° (Güneydoğu) / 15 m/s Yaya Rüzgâr Konforu Seviyesi Puanı Hesabı

0° (Güneydoğu) / 15 m/s

Rüzgar Açısı ve Hızı

6

0° (Güneydoğu) / 15 m/s

Rüzgar Açısı ve Hızı

5

0° (Güneydoğu) / 15 m/s

Rüzgar Açısı ve Hızı

4

0° (Güneydoğu) / 15 m/s

Rüzgar Açısı ve Hızı

3

0° (Güneydoğu) / 15 m/s

Rüzgar Açısı ve Hızı

2

0° (Güneydoğu) / 15 m/s

Rüzgar Açısı ve Hızı

1

0° (Güneydoğu) / 15 m/s

Rüzgar Açısı ve Hızı

0

0° (Güneydoğu) / 15 m/s

5. bölümden sonraki kısım Sonraki bölüme geç

Şekil 3.7. Bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesine yönelik bir model (BUILD-AERO) - Bölüm 5

Bölüm 6/6

0° (Güneydoğu) / 20 m/s Yaya Rüzgâr Konforu Seviyesi Puanı Hesabı

0° (Güneydoğu) / 20 m/s

Rüzgar Açısı ve Hızı

6

0° (Güneydoğu) / 20 m/s

Rüzgar Açısı ve Hızı

5

0° (Güneydoğu) / 20 m/s

Rüzgar Açısı ve Hızı

4

0° (Güneydoğu) / 20 m/s

Rüzgar Açısı ve Hızı

3

0° (Güneydoğu) / 20 m/s

Rüzgar Açısı ve Hızı

2

0° (Güneydoğu) / 20 m/s

Rüzgar Açısı ve Hızı

1

0° (Güneydoğu) / 20 m/s

Rüzgar Açısı ve Hızı

0

0° (Güneydoğu) / 20 m/s

Şekil 3.8. Bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesine yönelik bir model (BUILD-AERO) - Bölüm 6

BUILD-AERO modeli, konuya ilişkin araştırmacı, Türkiye inşaat sektöründe mimar, mühendis, kent plancısı, iç mimar, müteahhit, kanun koyucular, standart düzenleyiciler, mülkiyet sahipleri ve belediyeler gibi paydaşlar tarafından tekrar kullanılabilir ve sadeleştirilebilir. Aynı model farklı uygulamalar tarafından da kullanılabilir. Ayrıca bu model ve modelde ortaya konulan yaya rüzgâr konforu seviyesi puanı hesabı, bina enerji performansı yazılımları için bir alt modül veya eklenti modülü oluşturabilir.

BUILD-AERO modeli ile literatüre aşağıda belirtilen katkılar sağlanabilir:

- BUILD-AERO modeli ile iklim değişikliğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkileri yaya rüzgâr konforu seviyesi puanları toplanarak hesaplanabilir.
- BUILD-AERO modeli, iklim simülasyonları ve küresel iklim modelleri için alt model olarak kullanılabilir.
- BUILD-AERO modeli yaya konfor seviyesi puanı hesabı ile her bir bina için konfor seviyesi puanı oluşturulabilir ve bu puan bina enerji sınıfı gibi bina konfor sınıflandırmalarında kullanılabilir.
- BUILD-AERO modeli, bina enerji performansı yazılımları için bir alt modül oluşturabilir.

Tez çalışmasının bu bölümünde, bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesine yönelik önerilen BUILD-AERO modelinin kavramsal analiz esaslı ve yazılım uygulaması esaslı değerlendirme aşamalarına ilişkin ayrıntılı bilgiler verilmiştir. Bu modelin temel çıktıları olan yaya rüzgâr konforu seviyesi puan sistemi açıklanmıştır. Sonraki bölümde, önerilen BUILD-AERO modeline dayalı olarak tez çalışması kapsamında seçilen örneklem bina olan Tepe Prime Binasının aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforuna etkilerinin değerlendirilmesi amacıyla gerçekleştirilen deneysel ve istatistiksel analizlere yer verilmiştir.

4. BİNA AERODİNAMİĞİNİN YAYA RÜZGÂR KONFORU ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN BUILD-AERO MODELİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesine yönelik önerilen Bölüm 3’te önerilen BUILD-AERO modeli, tez çalışmasının bu bölümünde örneklem bir binanın analizi gerçekleştirilerek somutlaştırılmıştır.

Bu bölüm beş alt başlıktan oluşmaktadır. Birinci başlık altında; örneklem binanın analizi için amaç ve kapsam tanımı yapılmıştır. Söz konusu tanım doğrultusunda ikinci başlık altında örneklem binanın analizi için veri çeşitleri belirlenmiş ve veri toplama yöntemleri oluşturularak gerekli veriler elde edilmiştir. Örneklem binanın analizi için elde edilen veriler; binaya etki eden rüzgâr verileri, bina formu verileri ve bina yerleşimi verileridir. Üçüncü başlık altında örneklem bina için yaya rüzgâr konforu analiz yöntemi belirlenmiştir. Dördüncü başlık altında örneklem bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin deneysel ve istatistiksel yöntemler ile analizi gerçekleştirilmiştir. Beşinci başlık altında deneysel ve istatistiksel analizler sonucu elde edilen bulgulara ve tartışmalara yer verilmiştir.

Bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerini analiz etmek amacıyla Ankara ili Çankaya ilçesinde yer alan Tepe Prime Binası örneklem olarak seçilmiştir. Örneklem binaya etki eden rüzgâr verileri literatürden ve T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğünden bina formu verileri ve bina yerleşimi verileri ise proje müellifinden temin edilmiştir. Binayı oluşturan dört blok ve çevresi, temin edilen veriler çerçevesinde SOLIDWORKS yazılımı aracılığıyla modellenmiş ve bu model üzerinden 1/500 ölçeğinde maketi yaptırılmıştır.

Yapılan literatür araştırmasında, bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesinde beş farklı yöntemin kullanıldığı tespit edilmiştir. Bu yöntemler anket, alan ölçümü, sayısal analiz (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği), deneysel analiz (rüzgâr tüneli testi) ve istatistiksel analiz (MATLAB yazılımı, betimsel analiz gibi) şeklindedir. Bu tez çalışmasında, deneysel ve istatistiksel analiz yöntemlerinden yararlanılmıştır. Analizler dört adımda gerçekleştirilmiştir. İlk adımda, örneklem bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkileri rüzgâr tüneli testi ile Ortadoğu

Teknik Üniversitesi Rüzgâr Enerjisi Teknolojileri Araştırma ve Uygulama Merkezinde (RÜZGEM) analiz edilmiştir (deneysel analiz). İkinci adım, rüzgâr tüneli testi sonuçlarının MATLAB yazılımında hazırlanan bir kod aracılığıyla analizini kapsamaktadır (istatistiksel analiz). Üçüncü ve dördüncü adımlarda ise rüzgâr tüneli testi sonuçlarının, önce Ankara rüzgâr gülü verileri daha sonra Ankara maksimum rüzgâr hızı verileri (2014 ve 2021 yılları) ile MS Excel yazılımından yararlanarak karşılaştırmalı betimsel analizi gerçekleştirilmiştir (istatistiksel analiz).

4.1. Örneklem Binanın Analizi için Amaç ve Kapsam Tanımı

Tez çalışmasında önerilen BUILD-AERO modelinin somutlaştırılması amacıyla seçilen örneklem bina Ankara ilinde yer almaktadır. Ankara ilinin seçilmesinin nedeni, son yıllarda Ankara'nın nüfusunun hızlı bir şekilde artmasına bağlı olarak mekânsal ve toplumsal yapının hızla değişmiş olmasıdır. Bu bağlamda, Ankara'da hızlı kentleşme süreci yaşanmaktadır. Bu süreçte yapılaşmış alanların, özellikle yüksek binaların sayısı düzenli olarak artmakta ve açık yeşil alanlar azalmaktadır. Bu durumun, kentin aerodinamik yapısını ve yaya rüzgâr konforunu olumsuz olarak etkilediği varsayılmıştır.

Tez çalışmasında bu başlık altında; örneklem binanın analizi için amaç ve kapsam tanımı yapılmıştır. Örneklem bina analizinin amacı, bu binanın aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesidir.

Kentleşme süreci ile birlikte, Ankara ilinde de birden fazla işlevi barındıran bina örnekleri oluşmaya başlamıştır. Bu örneklerde taşıtlar ve insan aktiviteleri önemli bir yer teşkil etmektedir. Birçok aktivitenin birlikte yer aldığı yaya seviyesindeki bu alanların rüzgâr konforu açısından değerlendirilmesi önemli hale gelmiştir. Ankara'da önemli bir dış yaşam alanı olması, yaya ve araç kullanımının yoğun olması ve içerisinde birçok farklı aktiviteyi barındırması nedeniyle Tepe Prime Binası tez kapsamında örneklem bina olarak seçilmiştir.

Üç bloktan oluşan Tepe Prime Binasının zemin katları, açık kamusal alan, yeme içme mekânları ve alışveriş mekânları gibi sosyal alanlardan oluşmaktadır. Bu mekânlar, çok sayıda insan aktivitesine olanak tanımakta ve yoğun kullanım olanakları sunmaktadır. Bu nedenle, Tepe Prime Binasının yoğun bir yaya kullanımını içerdiği varsayılmıştır.

4.2. Örneklem Binanın Analizi için Veri Çeşitleri ve Veri Toplama Yöntemleri

Bu bölüm, bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin analizi için gerekli olan girdi ve çıktılarla ilgili veri çeşitlerinin belirlenmesi ve bu verilerin toplanmasını kapsamaktadır. Bu aşamada; Bölüm 4.1’de amaç ve kapsamı tanımlanan örneklem bina analizinde değerlendirilecek olan yaya rüzgâr konforu ile ilgili yeterli kalite ve miktarda veriye ulaşmak için bir veri toplama yöntemi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu kapsamda örneklem bina analizinde verilerin binaya etki eden rüzgâr verileri, bina formu verileri ve bina yerleşimi verileri olarak sınıflandırıldığı bir yöntem izlenmiştir. Örneklem binaya etki eden rüzgâr verileri literatürden ve T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğünden, bina formu verileri ve bina yerleşimi verileri ise proje müellifinden temin edilmiştir.

4.2.1. Binaya etki eden rüzgâr verileri

Bölüm 4.2’de; örneklem binaya ilişkin olarak gerçekleştirilecek deneysel ve istatistiksel analizler için gerekli olan verilerden bahsedilmiştir. Ayrıca, bu verilerin toplama yöntemlerine yer verilmiştir. Bu bölümde, deneysel ve istatistiksel analizler için gerekli olan rüzgâr verileri detaylı olarak açıklanmaktadır.

Sokaklardaki rüzgâr ve yaya konforunun incelenebilmesi için örneklem olarak seçilen binaya ilişkin bina formu verileri ve bina yerleşimi verileri dışında, örneklem binaya etki eden rüzgâr verilerine de ihtiyaç bulunmaktadır. Bu tez çalışmasında, örneklem binanın aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesinde deneysel ve istatistiksel analiz yöntemlerinden yararlanılmıştır. Bu analizler için gerekli olan, örneklem binaya etki eden rüzgâr verileri, literatürden ve T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilmiştir.

Örneklem bina analizi için literatürden referans alınan rüzgâr hızları, Çizelge 4.1’de ifade edildiği gibi, 5 m/s, 10 m/s, 15 m/s ve 20 m/s olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu rüzgâr hızları doğrultusunda, örneklem binaya ilişkin deneysel analiz (rüzgâr tüneli testi) gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.1. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) ölçüm yapılan rüzgâr hızları ve yönleri

Deneysel Analizde Dikkate Alınan Değerler	
Rüzgâr Hızı	Rüzgâr Yönü
5 m/s	0°, 90°, 180° ve 270°
10 m/s	0°, 90°, 180° ve 270°
15 m/s	0°, 90°, 180° ve 270°
20 m/s	0°, 90°, 180° ve 270°

Örneklem binaya ilişkin gerçekleştirilen deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) test ölçümü yapılan açılara karşılık gelen yönler Çizelge 4.2’de yer verilmiştir.

Çizelge 4.2. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) ölçüm açılarına karşılık gelen yönler

Deneysel Analizde Dikkate Alınan Değerler	
Rüzgâr Açısı	Rüzgâr Yönü
0°	Güneydoğu
90°	Kuzeydoğu
180°	Kuzeybatı
270°	Güneybatı

Örneklem bina analizi için T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğünden Ankara maksimum rüzgâr hızı verileri (2014 ve 2021 yılları) temin edilmiştir. Rüzgâr tüneli testi sonuçlarının temin edilen Ankara maksimum rüzgâr hızı verileri (2014 ve 2021 yılları) ile karşılaştırmalı istatistiksel analizi (betimsel analiz) gerçekleştirilmiştir.

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilen Ankara 2014 yılı maksimum rüzgâr hızı verilerine Çizelge 4.3’te, Ankara 2021 yılı maksimum rüzgâr hızı verilerine Çizelge 4.4’te yer verilmiştir.

Çizelge 4.3. Ankara 2014 yılı aylık maksimum rüzgâr hızı (10 m.de) (m/s) ve yönü (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2015)

Aylık Maksimum Rüzgâr Hızı (10 m.de) (m/s) ve Yönü												
İSTASYON ADI/NO: ANKARA / 17130												
YIL/AY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2014	13,9 /SW	14,2 /SW	14,0 /NE	20,1 /SW	16,1 /SW	17,4 /WNW	13,9 /NNW	15,1 /NE	17,5 /WSW	11,9 /NNE	12,6 /NE	16,3 /SSW

Çizelge 4.3'e göre 2014 yılında Ankara'da rüzgâr hızının maksimum olduğu ay güneybatı yönü ile Nisan ayı, en düşük olduğu ay ise kuzey-kuzeydoğu yönü ile Ekim ayıdır. Çizelge 4.4'e göre 2021 yılında Ankara'da rüzgâr hızının maksimum olduğu ay güney-güneybatı yönü ile Mart ayı, en düşük olduğu ay ise kuzey yönü ile Kasım ayıdır.

Çizelge 4.4. Ankara 2021 yılı aylık maksimum rüzgâr hızı (10 m.de) (m/s) ve yönü (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2022)

Aylık Maksimum Rüzgâr Hızı (10 m.de) (m/s) ve Yönü												
İSTASYON ADI/NO: ANKARA / 17130												
YIL/AY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2021	14,4 SSW	11,8 WSW	15,4 SSW	13,4 ESE	13,4 N	12,3 N	12,3 SE	11,3 N	9,8 NE	9,3 N	12,9 W	11,8 S

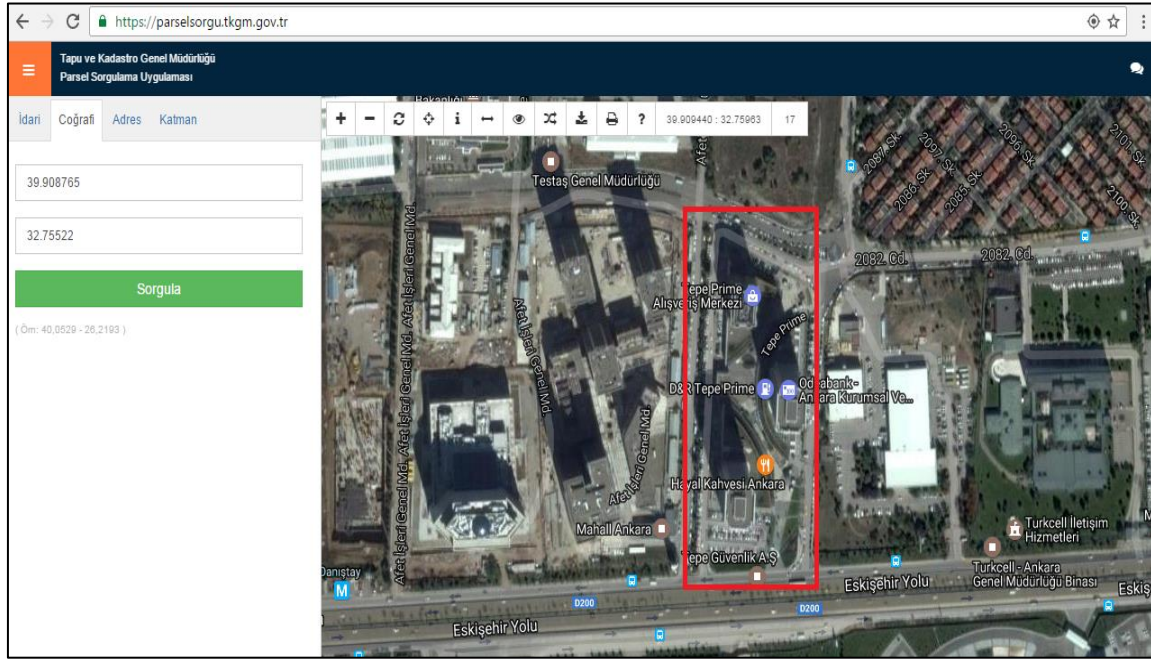
Bu bölümde tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen deneysel ve istatistiksel analizler için gerekli olan rüzgâr verileri detaylı olarak açıklanmıştır. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilen Ankara 2014 ve 2021 yılları maksimum rüzgâr hızı verilerine ilişkin çizelgelere yer verilmiş ve rüzgâr hızının en yüksek olduğu aylar ve rüzgâr hızları irdelenmiştir.

4.2.2. Bina formu verileri ve bina yerleşimi verileri

Bölüm 4.2.1'de deneysel ve istatistiksel analizler için gerekli olan rüzgâr verileri detaylı olarak açıklanmıştır. Bu bölümde; Bölüm 4.2'de bahsedilen örneklem binaya ilişkin gerçekleştirilecek deneysel ve istatistiksel analizler için gerekli olan verilerden bina formu ve bina yerleşimine ilişkin detaylı açıklamalara yer verilmiştir.

Tez çalışmasında seçilen örneklem bina, Ankara ilinde yer almaktadır. Ankara ilinin seçilmesinin nedeni, son yıllarda Ankara'nın nüfusunun hızlı bir şekilde artmasına bağlı olarak mekânsal ve toplumsal yapının hızla değişmiş olmasıdır. Bu bağlamda, Ankara'da hızlı kentleşme süreci yaşanmaktadır. Bu süreçte yapılaşmış alanların özellikle yüksek binaların sayısı düzenli olarak artmakta ve açık yeşil alanlar azalmaktadır. Bu durumun, Ankara'da kentin aerodinamik yapısını ve yaya rüzgâr konforunu olumsuz olarak etkilediği varsayılmıştır.

Tez çalışmasında örneklem olarak Tepe Prime Binası seçilmiştir. Ankara’da Şekil 4.1’de konumu gösterilen üç bloktan oluşan Tepe Prime Binasının zemin katları açık kamusal alan, yeme içme mekânları ve alışveriş mekânları gibi sosyal alanlardan oluşmaktadır. Bu mekânlar, çok sayıda insan aktivitesine olanak tanımakta ve yoğun kullanım olanakları sunmaktadır. Tepe Prime Binası, çok sayıda insan aktivitesinin gerçekleştirilebildiği bir meydan ve bu meydana açılan sokakları içermektedir. Bu nedenle, Tepe Prime Binasının yoğun bir yaya kullanımını içerdiği varsayılmıştır.



Şekil 4.1. Örneklem bina olarak seçilen Tepe Prime Binasının harita gösterimi (Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü Web Sitesi, 2016)

Tepe Prime Binası, ofis ve konutların birlikte yer aldığı kamusal açık alanlarda düzenlenen farklı aktivitelere ile yaşayan mekânlara dönüşmektedir. Çizelge 4.5’te genel bilgileri verilen Tepe Prime Binası içinde çeşitli sosyal alanları içermesi nedeniyle yoğun yaya kullanımına olanak sunmaktadır. Bu nedenle, kavramsal çerçevenin sunulduğu Bölüm 2’de yer verilen yaya etkinlik kategorilerinin tamamını Tepe Prime Binasında görmek mümkündür. Bu aktiviteler aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

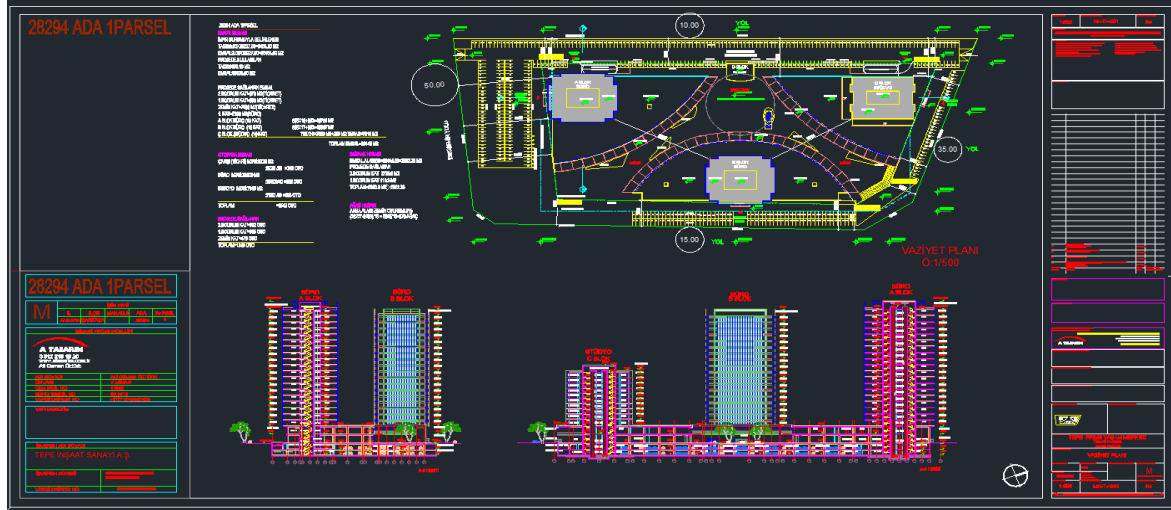
- Oturma,
- Kısa süreli oturma,
- Yaya ayakta durma,
- Gezinme,

- Koşma.

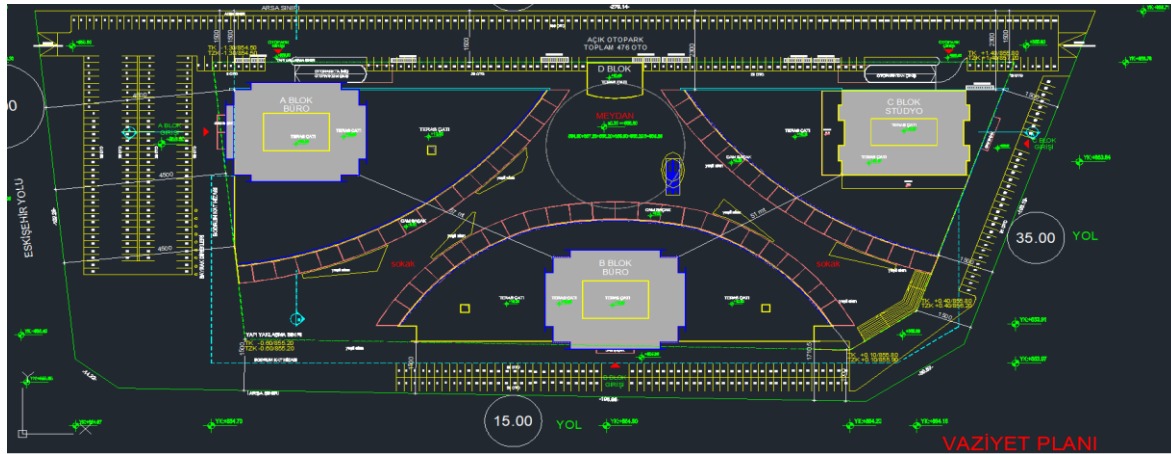
Çizelge 4.5. Örneklem bina olarak seçilen Tepe Prime Binasına ait genel bilgiler (A Tasarım Mimarlık arşivi, 2019)

BİNANIN ADI	Tepe Prime	
YERİ	Ankara, Türkiye	
MİMARİ	A Tasarım Mimarlık	
YAPIM YILI	2011	
TİPOLOJİSİ	Ofis, Konut, Alışveriş	
	BİNANIN PROJE BİLGİLERİ	
	Yatırımcı: Tepe İnşaat Proje tarihi: 2007 İnşaat alanı: 92 750 m ² Statik: Yüksel Proje Mekânik: GMD Mühendislik Elektrik: Yurdakul Mühendislik Peyzaj: Dalokay Design Studio Yangın Danışmanı: Alara Proje	
BİNANIN FORMU		
Bina, prizmatik forma sahip üç bloktan oluşmaktadır.		
	KULLANILAN MALZEMELER	
	Binada kullanılan temel malzemeler doğal taş ve camdır. Taş kaplamalar yüksek bloklarda da sürdürülmüştür. Ahşap görünümlü kompozit levhalar alt kütlelerde kullanılmıştır. Zemin kaplamaları doğal taştır.	

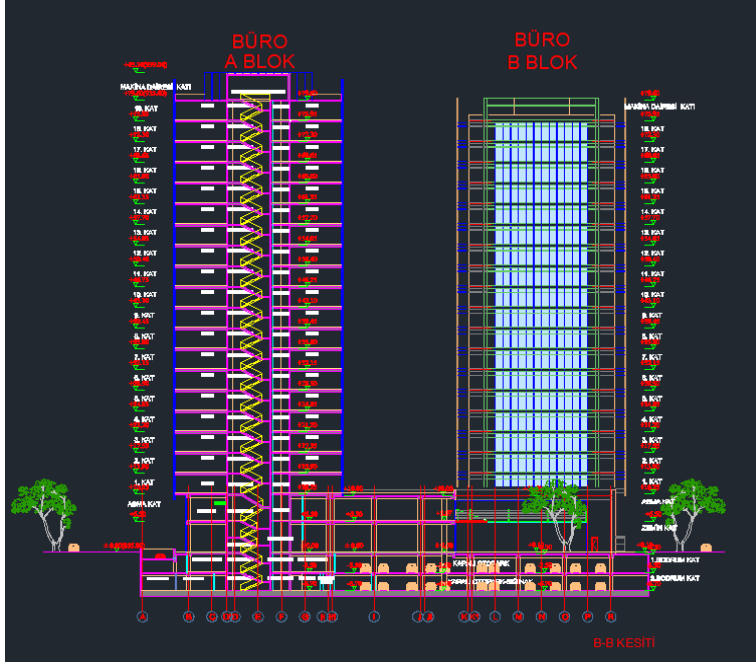
Şekil 4.2, Şekil 4.3, Şekil 4.4 ve Şekil 4.5'te Tepe Prime Binasına ilişkin vaziyet planı (bina yerleşim verileri) ve kesitleri bulunmaktadır.



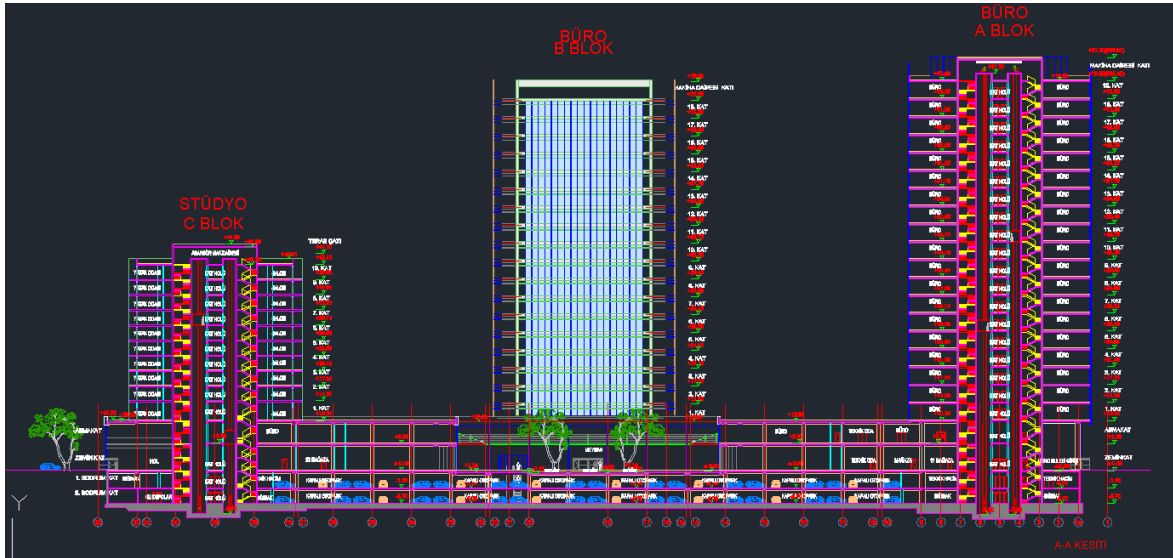
Şekil 4.2. Örneklem bina olarak seçilen Tepe Prime Binasının vaziyet planı ve kesitleri (A Tasarım Mimarlık arşivi, 2019)



Şekil 4.3. Örneklem bina olarak seçilen Tepe Prime Binasının vaziyet planı (A Tasarım Mimarlık arşivi, 2019)



Şekil 4.4. Örneklem bina olarak seçilen Tepe Prime Binasının B-B kesiti (A Tasarım Mimarlık arşivi, 2019)



Şekil 4.5. Örneklem bina olarak seçilen Tepe Prime Binasının A-A kesiti (A Tasarım Mimarlık arşivi, 2019)

Tepe Prime Binası A ve B ofis blokları ile C stüdyo bloğu olmak üzere 3 bloktan oluşmaktadır. Bu üç bloğun zemin katları, açık bir kamusal alan, yeme içme mekânları ve alışveriş mekânlarından oluşmaktadır. Bu mekânlar, çeşitli aktivitelere olanak tanıyan bir meydan ve bu meydana açılan sokakları tanımlamaktadır.

Bu bölümde tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen deneysel ve istatistiksel analizler için gerekli olan verilerden bina formu ve bina yerleşimine ilişkin detaylı açıklamalara yer verilmiştir. Örneklem binanın proje müellifinden elde edilen bina formu verileri ve bina yerleşimi verilerine ilişkin şekillere yer verilmiştir.

4.3. Örneklem Bina için Yaya Rüzgâr Konforu Analiz Yönteminin Belirlenmesi

Bir önceki bölüm olan Bölüm 4.2’de deneysel ve istatistiksel analizler için gerekli olan binaya etki eden rüzgâr verileri ile bina formu ve bina yerleşimine ilişkin detaylı açıklamalara yer verilmiştir. Bu bölümde, örneklem bina için yaya rüzgâr konforu analiz yönteminin belirlenmesi amacıyla literatürde yer alan analiz yöntemleri irdelenmiştir.

Tez çalışması kapsamında yapılan literatür araştırmasında özellikle rüzgâr ve bina formu ilişkisi (bina aerodinamiği), rüzgâr ve kentsel mekân ilişkisi, rüzgâr ve konfor ilişkisi üzerinde yoğunlaşmış ve yaya rüzgâr konforu analiz yöntemleri incelenmiştir. Yapılan literatür araştırmasında, bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesinde beş farklı yöntemin kullanıldığı tespit edilmiştir. Çizelge 4.6’da ifade edildiği gibi, bu yöntemler anket, alan ölçümü, sayısal analiz (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği), deneysel analiz (rüzgâr tüneli testi) ve istatistiksel analiz (MATLAB yazılımı, betimsel analiz gibi) şeklindedir.

Çizelge 4.6’da yer alan analiz yöntemleri içerisinde gerçek verilere en yakın veriler ile analizler gerçekleştirilebilmesi nedeniyle deneysel analiz (rüzgâr tüneli testi) yöntemi, literatürde en güvenilir analiz yöntemi olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle, bu tez çalışmasında, deneysel ve istatistiksel analiz yöntemlerinden yararlanılmıştır. Analizler dört adımda gerçekleştirilmiştir. İlk adımda, örneklem bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkileri rüzgâr tüneli testi ile Ortadoğu Teknik Üniversitesi Rüzgâr Enerjisi Teknolojileri Araştırma ve Uygulama Merkezinde (RÜZGEM) analiz edilmiştir (Deneysel analiz). İkinci adım, rüzgâr tüneli testi sonuçlarının MATLAB yazılımında hazırlanan bir kod aracılığıyla analizini kapsamaktadır (İstatistiksel analiz). Üçüncü ve dördüncü adımlarda ise rüzgâr tüneli testi sonuçlarının, önce Ankara rüzgâr gülü verileri daha sonra Ankara maksimum rüzgâr hızı verileri (2014 ve 2021 yılları) ile MS Excel yazılımından yararlanarak karşılaştırmalı betimsel analizi gerçekleştirilmiştir (İstatistiksel analiz).

Çizelge 4.6. Literatüre göre bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin analiz yöntemleri (Sasaki ve diğerleri, 2000; Bady ve diğerleri, 2011; Wang ve diğerleri, 2020; Blocken ve diğerleri, 2012)

Yaya Rüzgâr Konforu Analiz Yöntemleri
1. Anket
2. Alan Ölçümleri
3. Sayısal Analiz (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği)
4. Deneysel Analiz (Rüzgâr Tüneli Testi)
5. İstatistiksel Analiz (MATLAB yazılımı, Betimsel Analiz)

Literatürde benzer örnekler incelendiğinde, bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin analizi için Çizelge 4.7’de sıralanan değişkenlerin dikkate alındığı tespit edilmiştir. Tez kapsamında gerçekleştirilen örneklem bina analizlerinde, bina formu, bina yüksekliği, rüzgâr hızı ve rüzgâr yönü değişkenleri dikkate alınmış; binaların mimari detayları, topografya ve bitki örtüsü ihmal edilmiştir.

Çizelge 4.7. Literatürde yeralan bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin analizinde dikkate alınan değişkenler

Yaya Rüzgâr Konforu Değerlendirmelerinde Dikkate Alınan Değişkenler		
Bina yüksekliği	Çevre binalar	Meteorolojik veriler
Bina formu	Topoğrafya	Rüzgâr hızı
Binaların mimari detayları	Bitki örtüsü	Rüzgâr yönü

Bina aerodinamiği açısından rüzgâr hızı önemli bir değişkendir. Rüzgâr hızı Çizelge 4.7’de ifade edildiği gibi aşağıda sıralanan değişkenler kapsamında değişim göstermektedir:

- Çevreleyen binalar/Sokak bloklarının yoğunluğu
- Topografya
- Binaların konumu/yüksekliği
- Rüzgârın yönü

göre değişim göstermektedir.

Bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla Ankara ili Çankaya ilçesinde yer alan Tepe Prime Binası örneklem olarak seçilmiştir. Örneklem binaya etki eden rüzgâr verileri, literatürden ve T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğünden; bina formu verileri ve bina

yerleşimi verileri ise proje müellifinden temin edilmiştir. Binayı oluşturan üç blok ve çevresi, temin edilen veriler çerçevesinde SOLIDWORKS yazılımı aracılığıyla modellenmiş ve bu model üzerinden 1/500 ölçeğinde maketi yaptırılmıştır.

Deneyisel analiz (rüzgâr tüneli testi) için yaptırılmış olan maket, test ortamında çeşitli rüzgâr hızları altında zarar görmeden ölçüm ve değerlendirmelerin gerçekleştirilebilmesi amacıyla sert plastik malzeme ile 3D yazıcı aracılığıyla 1/500 ölçeğinde yapılmıştır. Üç boyutlu baskı ile bilgisayar ortamında hazırlanmış olan tasarımların katı formda basım işlemi gerçekleştirilebilmektedir. Üç boyutlu baskı için farklı türlerde hammadde kullanılabilir iken en yaygın olarak kullanılan malzemelerin PLA ve ABS adı verilen sert plastiklerdir. Tez kapsamında farklı rüzgâr hızları altında ölçümler gerçekleştirileceğinden bina maketlerinin yapımında mukavemeti güçlü olması aynı zamanda kolay çalışılabilir olması hedeflenmiştir. Bu nedenle, üç boyutlu yazıcıda malzeme olarak PLA kullanılmıştır.

Örneklem bina üzerinde Çizelge 4.8’de ifade edildiği gibi farklı yönlerden gelecek olan rüzgâr hızları dikkate alınmıştır. Rüzgâr hızı 5 m/s, 10 m/s, 15 m/s, 20 m/s ve rüzgâr yönü 0°, 90°, 180° ve 270° olarak belirlenmiştir. Bu rüzgâr hızları ve rüzgâr yönlerine göre rüzgâr tüneli testleri gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.8. Tez çalışması kapsamında deneyisel analizde (rüzgâr tüneli testi) ölçüm yapılan rüzgâr hızları ve yönleri

Deneyisel Analizde Dikkate Alınan Değerler	
Rüzgâr Hızı	Rüzgâr Yönü
5 m/s	0°, 90°, 180° ve 270°
10 m/s	0°, 90°, 180° ve 270°
15 m/s	0°, 90°, 180° ve 270°
20 m/s	0°, 90°, 180° ve 270°

Belirtilen analizlerin gerçekleştirilebilmesi için örneklem binaya ilişkin bina formu ve bina yerleşimi verileri ile analizde dikkate alınacak rüzgâr verileri referans alınmıştır. Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen deneyisel analizin girdileri aşağıda sıralanmaktadır:

- Rüzgâr verisi,
- Örneklem binanın form ve yerleşim verileri,
- Örneklem binanın teste uygun ölçekte maketi,

- Rüzgâr yönü verisi,
- Rüzgâr hızı verisi.

Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen deneysel analizin çıktıları aşağıda sıralanmaktadır:

- Rüzgâr hızı,
- Basınç,

Tez çalışmasının bu bölümünde; örneklem bina için yaya rüzgâr konforu analiz yönteminin belirlenmesi amacıyla literatürde yer alan analiz yöntemleri irdelenmiştir. Bu analiz yöntemleri içerisinde gerçek verilere en yakın veriler ile analizler gerçekleştirilebilmesi nedeniyle deneysel analiz (rüzgâr tüneli testi) yönteminin en güvenilir analiz yöntemi olarak kabul edildiğine değinilmiştir. Bu nedenle, tez çalışması kapsamında ilk adım olarak deneysel analiz (rüzgâr tüneli testi) yöntemi, ikinci adım olarak istatistiksel analiz yöntemlerinden yararlanıldığından bahsedilmiştir. Ayrıca, deneysel analiz (rüzgâr tüneli testi) ve istatistiksel analizler için tez çalışması kapsamında dikkate alınan değişkenlere ve analizlerin girdi ve çıktılarına yer verilmiştir.

4.4. Örneklem Bina Aerodinamiğinin Yaya Rüzgâr Konforu Üzerindeki Etkilerinin Deneysel ve İstatistiksel Yöntemler ile Analizi

Bölüm 4.3'te örneklem bina için yaya rüzgâr konforu analiz yönteminin belirlenmesi amacıyla literatürde yer alan analiz yöntemleri irdelenmiştir. İrdelenen bu yöntemlerden deneysel analiz (rüzgâr tüneli testi) ve istatistiksel analiz yöntemlerinden yararlanıldığına değinilerek tez çalışması kapsamında dikkate alınan değişkenlere ve analizlerin girdi ve çıktılarına yer verilmiştir.

Günümüzde; ASCE 7-05, 2005, EC1, 2005, İstanbul Yüksek Binalar Rüzgâr Yönetmeliği, 2009 gibi bina yönetmeliklerinde rüzgâr etkilerinin hesabı için yöntemler önerilmektedir. Bu yönetmeliklerde önerilen yöntemlerin dikdörtgen ve silindir gibi bilinen formdaki binalar için kullanılmasına izin verilmektedir. Binanın çevre yapılarla olan etkileşimi göz ardı edilmekte ve 200 m. yüksekliğin altındaki binalar için geçerli yöntemler tanımlanmaktadır. Binaların dikdörtgen ve silindir formlardan farklı forma sahip olması, yüksekliklerinin 200

m. den fazla olması veya çevresinde etkileşime girebileceği başka binaların bulunması durumunda, rüzgâr etkilerinin değerlendirilebilmesi amacıyla rüzgâr tüneli testlerinin kullanılması gerekmektedir. Türkiye’de ise binalardaki rüzgâr etkileri TS 498 Yük Yönetmeliği’ne göre hesaplanmaktadır. Ayrıca, yüksek bina tasarımı açısından İstanbul Büyükşehir Belediyesi için hazırlanan İstanbul Yüksek Binalar Rüzgâr Yönetmeliğinde bazı tasarım kuralları belirtilmiştir (Kurç ve diğerleri, 2012).

Tez çalışmasının bu bölümünde, deneysel ve istatistiksel analiz yöntemlerinden yararlanılarak bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkileri dört adımda analiz edilmiştir. İlk adımda, örneklem bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin analizi, deneysel bir analiz yöntemi olan rüzgâr tüneli testi ile gerçekleştirilmiştir. İkinci adımda, rüzgâr tüneli testi sonuçları MATLAB yazılımı aracılığıyla istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Üçüncü adımda rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara rüzgâr gülü verilerinin MS Excel yazılımından yararlanarak karşılaştırmalı betimsel analizi gerçekleştirilmiştir. Dördüncü adımda rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara maksimum rüzgâr hızı verilerinin (2014 ve 2021 yılları) MS Excel yazılımı ile karşılaştırmalı betimsel analizi yapılmıştır.

Bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerini analiz etmek amacıyla Ankara ili Çankaya ilçesinde yer alan Tepe Prime Binası örneklem olarak seçilmiştir. Örneklem binaya etki eden rüzgâr verileri, literatürden ve T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğünden; bina formu ve bina yerleşimi verileri ise proje müellifinden temin edilmiştir. Binayı oluşturan üç blok ve çevresi, temin edilen veriler çerçevesinde SOLIDWORKS yazılımı aracılığıyla modellenmiş ve bu model üzerinden 1/500 ölçeğinde maketi yaptırılmıştır. Yaptırılan bu maket üzerinden örneklem binaya ilişkin deneysel analizler gerçekleştirilmiştir. Deneysel analiz sonuçlarının istatistiksel karşılaştırmaları yapılmıştır. Bu kapsamda, tez çalışmasında sonraki bölümlerde, örneklem binaya ilişkin gerçekleştirilen deneysel ve istatistiksel analizlere yer verilmiştir.

4.4.1. Bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin rüzgâr tüneli testi ile analizi (Deneysel analiz)

Tez çalışmasının bu bölümünde, Bölüm 4.4’te bahsedilen ve tez kapsamında seçilen yöntemlerden deneysel analiz yöntemi olan rüzgâr tüneli testlerine yer verilmiştir.

Gerçekleştirilen deneysel analizler sonucunda, bir sonraki bölümde bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkileri istatistiksel analiz yöntemlerinden yararlanılarak rüzgâr tüneli testi sonuçlarının MATLAB yazılımı ile analizi gerçekleştirilmiştir.

Bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin analiz yöntemlerinden birisi deneysel yöntemler ile analizdir. Bu tez çalışması kapsamında deneysel analiz yönteminin uygulanmasının nedeni, deneysel yöntem olarak uygulanan rüzgâr tüneli testleri ile bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin analiz edilmesinde gerçek rüzgâr koşullarına en yakın koşulların oluşturulabilmesidir. Bu bağlamda, tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen deneysel analiz için örneklem binanın formu ve bina yerleşimi verileri tam olarak elde edilmeye çalışılmıştır. Gerçekleştirilen deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) bina formu ile rüzgâr hızı ve rüzgâr yönünün yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkileri sorgulanmıştır.

Örneklem binayı oluşturan üç blok ve çevresi, temin edilen veriler çerçevesinde SOLIDWORKS yazılımı aracılığıyla modellenmiş ve bu model üzerinden 1/500 ölçeğinde maketi yaptırılmıştır. Söz konusu makette yer alan üç bloktan A ve B Bloklar 160mm x 60mm x 70mm ve C Blok 90mm x 70mm x 50mm iken örneklem bina maketinin tamamı 4200mm x 1700mm boyutundadır.

Örneklem bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkileri, yaptırılan maket üzerinden rüzgâr tüneli testi ile Ortadoğu Teknik Üniversitesi Rüzgâr Enerjisi Teknolojileri Araştırma ve Uygulama Merkezinde (RÜZGEM) analiz edilmiştir (Deneysel analiz). Deneysel analiz için, RÜZGEM’de Aerodinamik Laboratuvarında yer alan rüzgâr tüneli kullanılmıştır. Bu rüzgâr tüneli, 45 kW hız kontrollü bir elektrik motoruna bağlı eksenel bir fan tarafından sürülen, emme tipli ve 1m x 1m kesit alanına ve 8 m test alanı uzunluğuna sahip bir tüneldir. Tünel girişinde bir adet balpeteği ve bir adet de akış eleği bulunmaktadır. Test bölgesi tamamen saydam pleksiglass malzemeden yapılmıştır. Ulaşılabilen en yüksek hız 25 m/s ve giriş türbülans yoğunluğu da % 0,5’ten azdır. Bu tünelde çeşitli objelerin etrafındaki hava akışı ile ilgili hava hızı, türbülans seviyesi ve basınç ölçümleri yapılabilmektedir. Resim 4.1’de tez çalışması kapsamında deneysel analizin (rüzgâr tüneli) gerçekleştirildiği test odası yer almaktadır.



Resim 4.1. Tez çalışması kapsamında deneysel analizin (rüzgâr tüneli testi) gerçekleştirildiği test odası (Uzol, 2016)

Deneysel analizlerin gerçekleştirildiği rüzgâr tüneline bağlı test odasında örneklem bina maketinin yerleştirildiği alan ve rüzgâr tüneline rüzgârın akış yönü, Çizelge 4.9’da verilmiştir. Maket aynı alan içerisinde farklı açılarda çevrilerek rüzgar tüneli testleri gerçekleştirilmiştir. Deneysel analiz süresince, rüzgâr binaya 0° , 90° , 180° ve 270° yönlerinden, 5 m/s, 10 m/s, 15 m/s ve 20 m/s hızlarından etki ettirilmiştir. Test süresince her seferde 10 saniyelik sürelerle veri toplanmıştır. Deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) ölçüm yapılan açılara karşılık gelen yönler Çizelge 4.10’da yer verilmiştir.

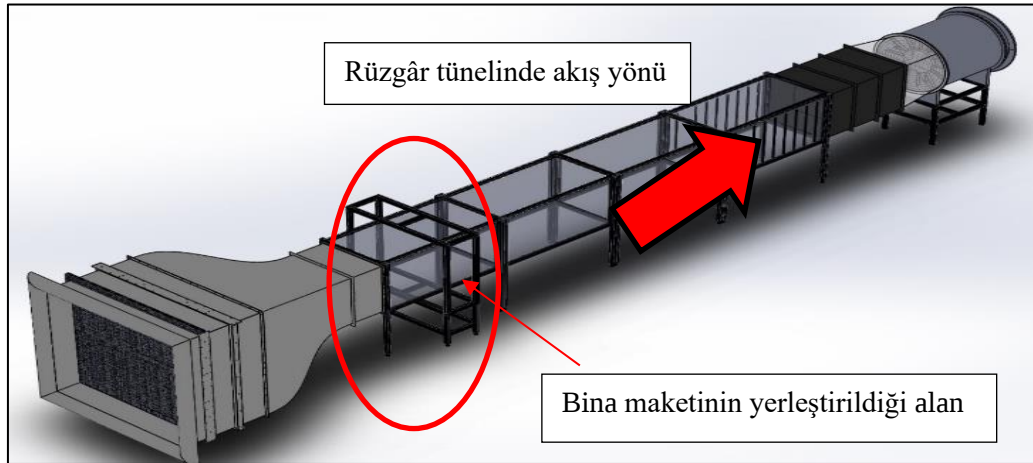
Çizelge 4.9. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) ölçüm yapılan rüzgâr hızları ve yönleri

Deneysel Analizde Dikkate Alınan Değerler	
Rüzgâr Hızı	Rüzgâr Yönü
5 m/s	0° , 90° , 180° ve 270°
10 m/s	0° , 90° , 180° ve 270°
15 m/s	0° , 90° , 180° ve 270°
20 m/s	0° , 90° , 180° ve 270°

Çizelge 4.10. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) ölçüm yapılan açılara karşılık gelen yönler

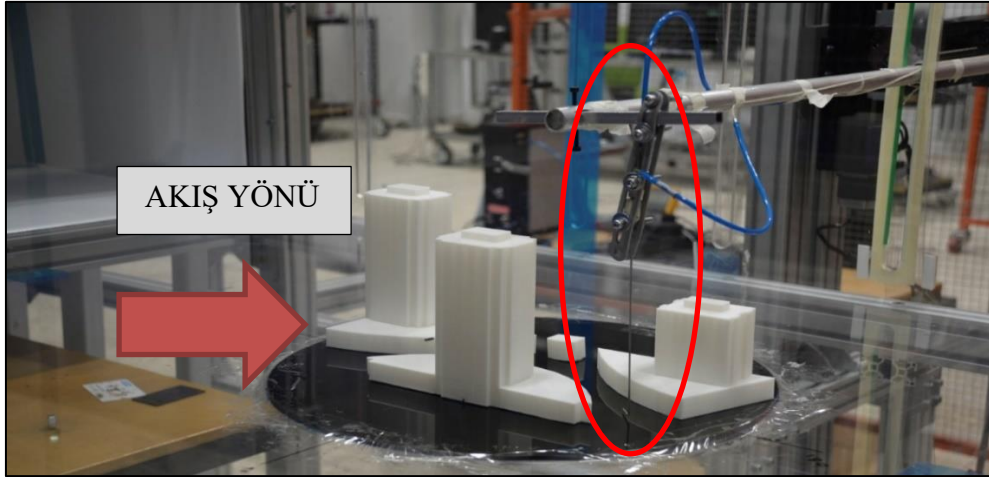
Deneysel Analizde Dikkate Alınan Değerler	
Rüzgâr Açısı	Rüzgâr Yönü
0°	Güneydoğu
90°	Kuzeydoğu
180°	Kuzeybatı
270°	Güneybatı

Örneklem bina üzerinde Çizelge 4.9’da görüldüğü gibi farklı yönlerden gelecek olan rüzgâr hızları dikkate alınarak, rüzgâr hızı 5 m/s, 10 m/s, 15 m/s ve 20 m/s olarak ayrı ayrı deneysel analizler (rüzgâr tüneli testleri) gerçekleştirilmiştir. Resim 4.2’de rüzgar tüneli testlerinde örneklem bina maketinin yerleştirildiği alan görülmektedir.



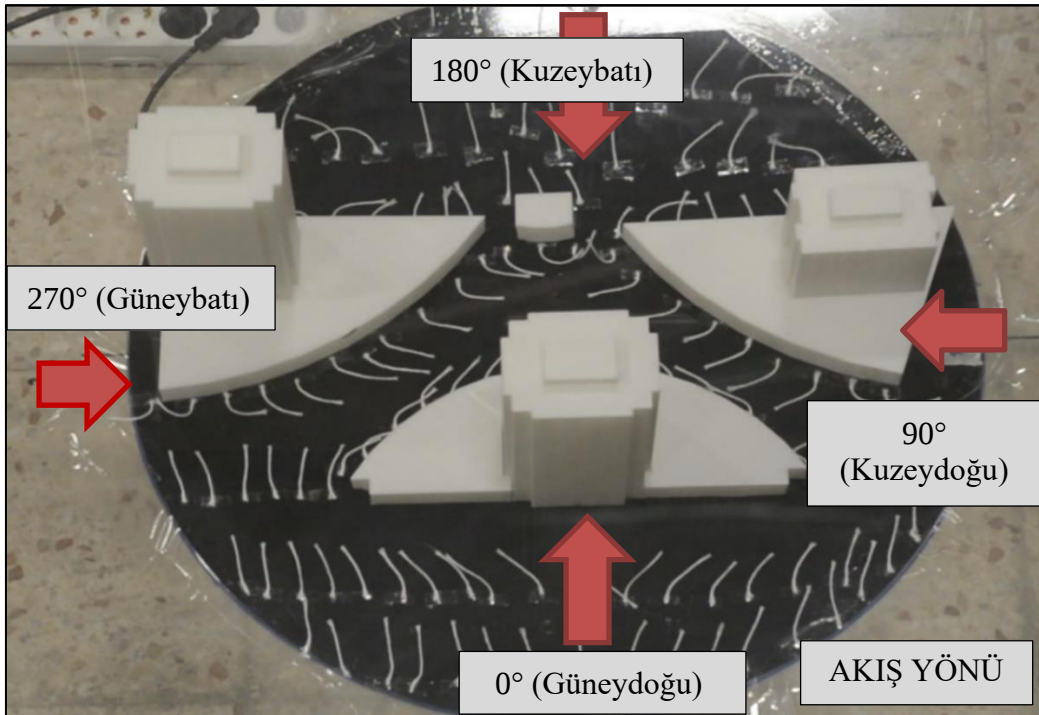
Resim 4.2. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) örneklem bina maketinin yerleştirildiği alan

Rüzgâr tüneli testinde yapılan rüzgâr hızı ve basınç ölçümleri, Resim 4.3’de görüldüğü gibi pitot statik probe kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Pitot statik probe kullanılarak test süresince her seferde 10 saniyelik sürelerle veri toplanmıştır.



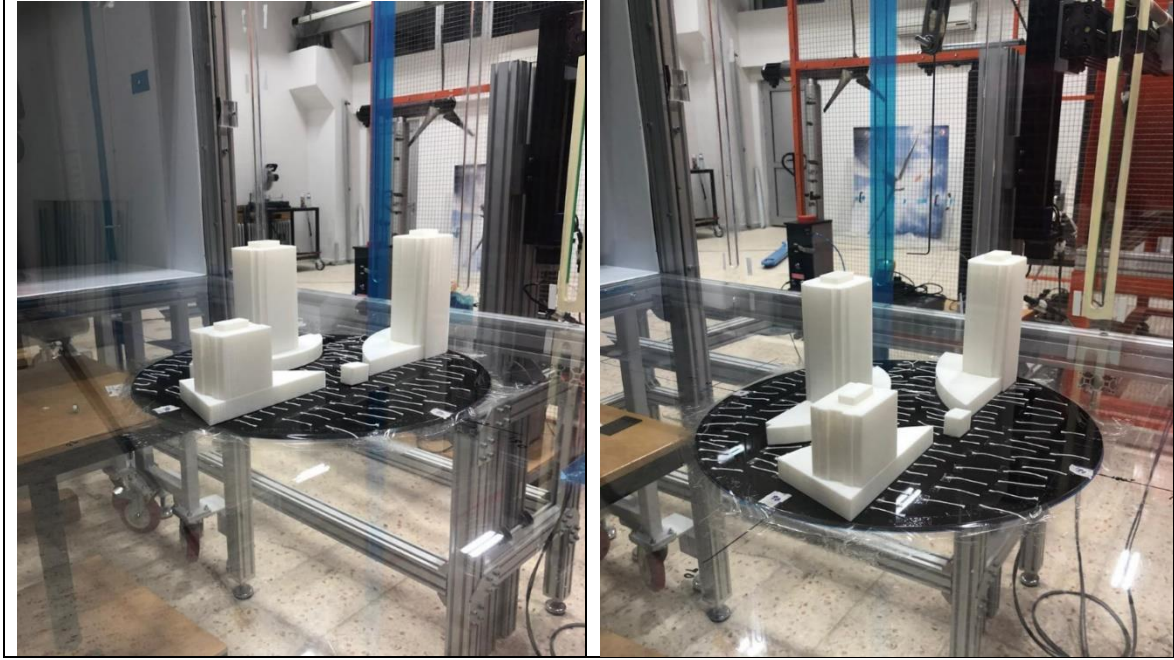
Resim 4.3. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) kullanılan pitot statik probe

Rüzgâr tüneline ölçümlere başlamadan önce, bina çevrelerinde 5 m/s, 10 m/s, 15 m/s ve 20 m/s hızlarında oluşan rüzgâr akışını izleyebilmek ve tezin problemi olarak tanımlanan yaya rüzgâr konforu probleminin bina çevrelerinde nerelerde oluştuğunu gözlemleyebilmek için Resim 4.4 ve Resim 4.5'te görüldüğü gibi örneklem bina maketi üzerine küçük ipler yerleştirilerek iplikçik deneyi gerçekleştirilmiş ve bu doğrultuda rüzgâr akış hareketi gözlemlenmiştir.



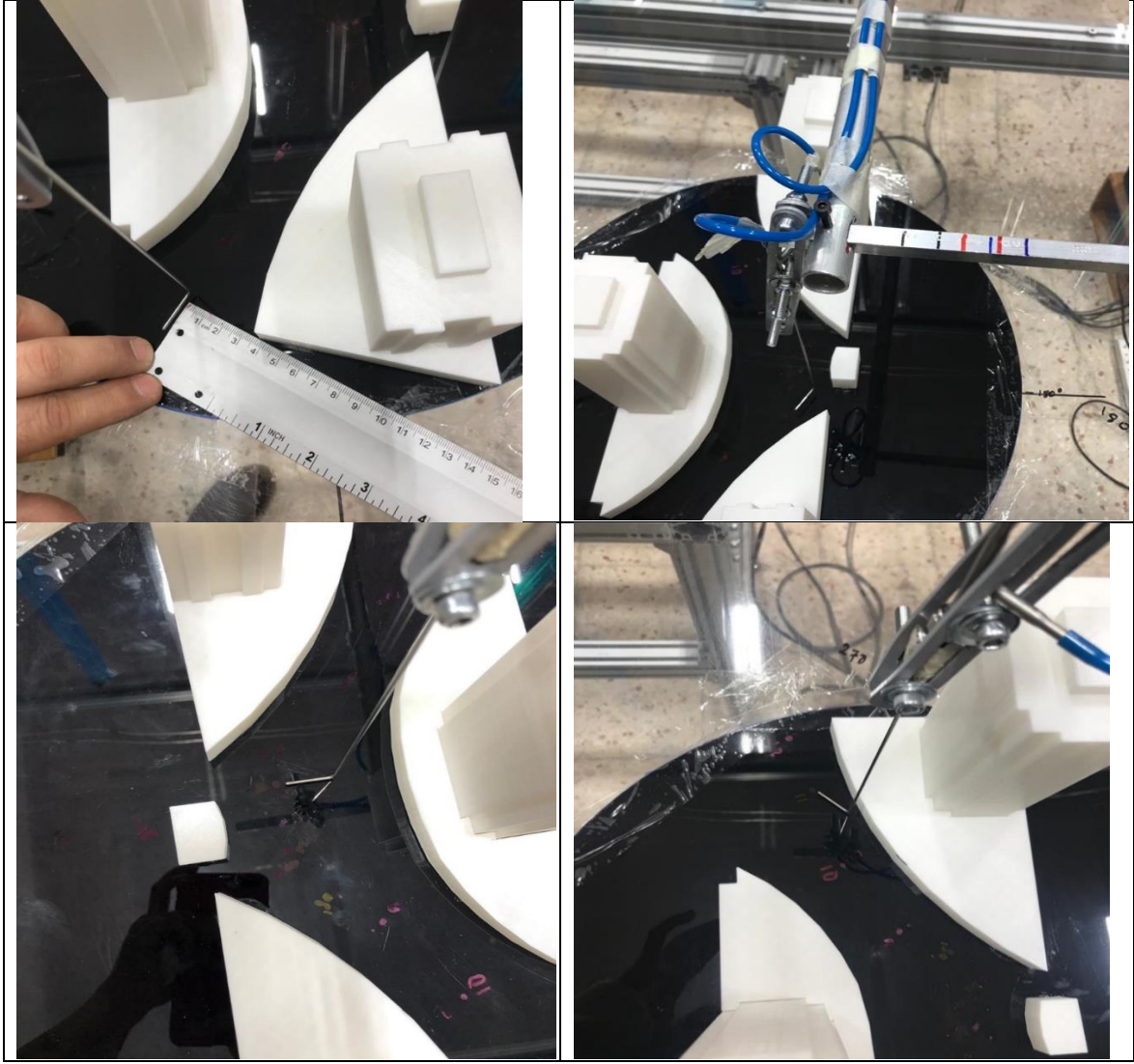
Resim 4.4. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) farklı rüzgâr hızı ve rüzgâr yönlerinden gerçekleştirilen iplikçik deneyi

Örneklem bina maketi ile gerçekleştirilen iplikçik deneyinde, Tepe Prime Binasında sokak boyunca ve blokların arka kısımlarında rüzgâr hızının arttığı gözlemlenmiş ve deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) ölçüm yapılacak noktalar bu doğrultuda oluşturulmuştur.



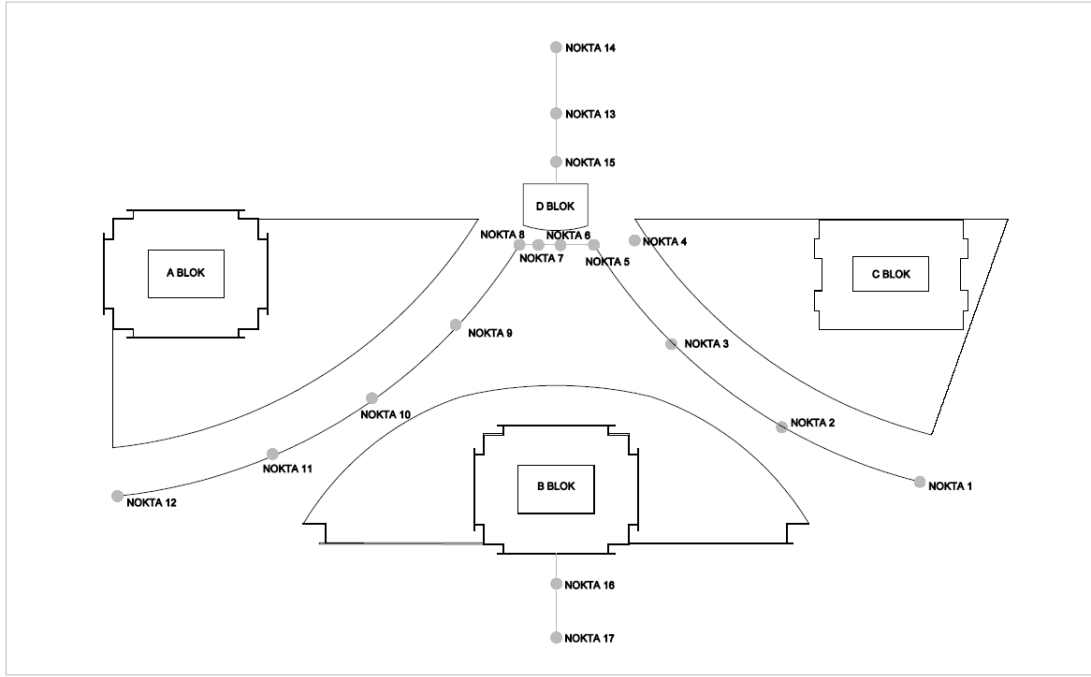
Resim 4.5. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) gerçekleştirilen iplikçik deneyi

Örneklem binaya ilişkin bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin analiz edilecek olması nedeniyle, deneysel analiz (rüzgâr tüneli testi) süresince Resim 4.6’da görüldüğü gibi 1.5 m yüksekliğinde (yaya seviyesi - rüzgâr tüneline 3 mm yükseklikte) 0° , 90° , 180° ve 270° yönlerinden, 5 m/s, 10 m/s, 15 m/s ve 20 m/s hızlarında ölçümler gerçekleştirilmiştir. Rüzgâr tüneli test alanında örneklem bina maketi, dört farklı yön için döndürülerek, ölçüm yapılacak her bir nokta için probe yükseklik ve ölçüm noktası ayarları gerçekleştirilmiş ve bu doğrultuda belirlenen noktalardan ayrı ayrı ölçümler gerçekleştirilmiştir.



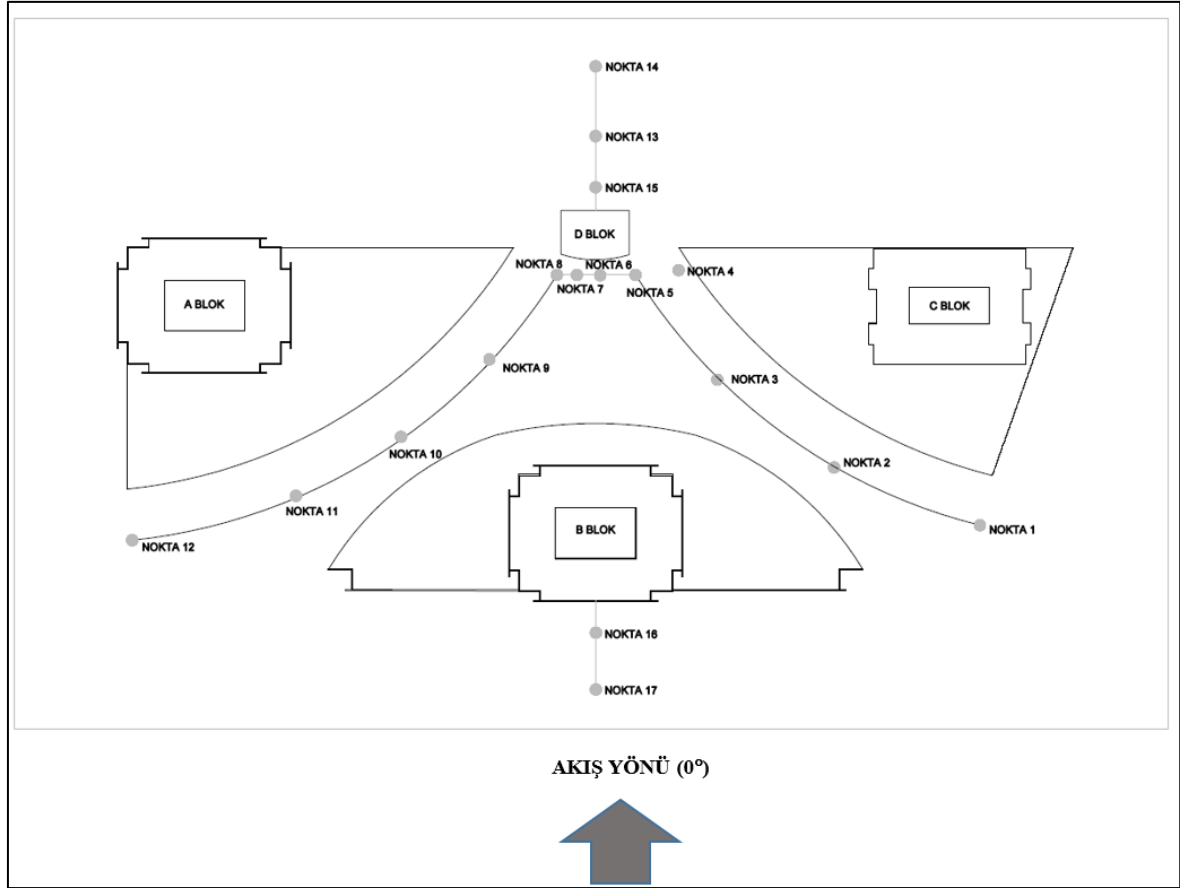
Resim 4.6. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) ölçüm noktalarının işaretlenmesi ve probe yükseklik ayarının yapılması

Deneysel analiz (rüzgâr tüneli testi) süresince, dört farklı yönden (0° , 90° , 180° ve 270° yönleri), dört farklı rüzgâr hızı (5 m/s, 10 m/s, 15 m/s ve 20 m/s hızları) ile örneklem bina boyunca uzanan yürüyüş sokağının her iki yanı boyunca ve blok ön ve arkalarında belirlenen onyedici farklı noktadan, 1.5 m yükseklikte (rüzgâr tüneline 3 mm yükseklikte) rüzgâr hızı ve basıncı ölçülmüştür. Deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) probe yerleştirilerek ölçüm yapılan noktalara, analizin gerçekleştirildiği 0° , 90° , 180° ve 270° açılarının örneklem bina üzerinde gösterimi ile rüzgâr tüneli test alanında uygulanan rüzgâr akış yönlerine Şekil 4.6 ve Şekil 4.10 arasında yer verilmiştir.



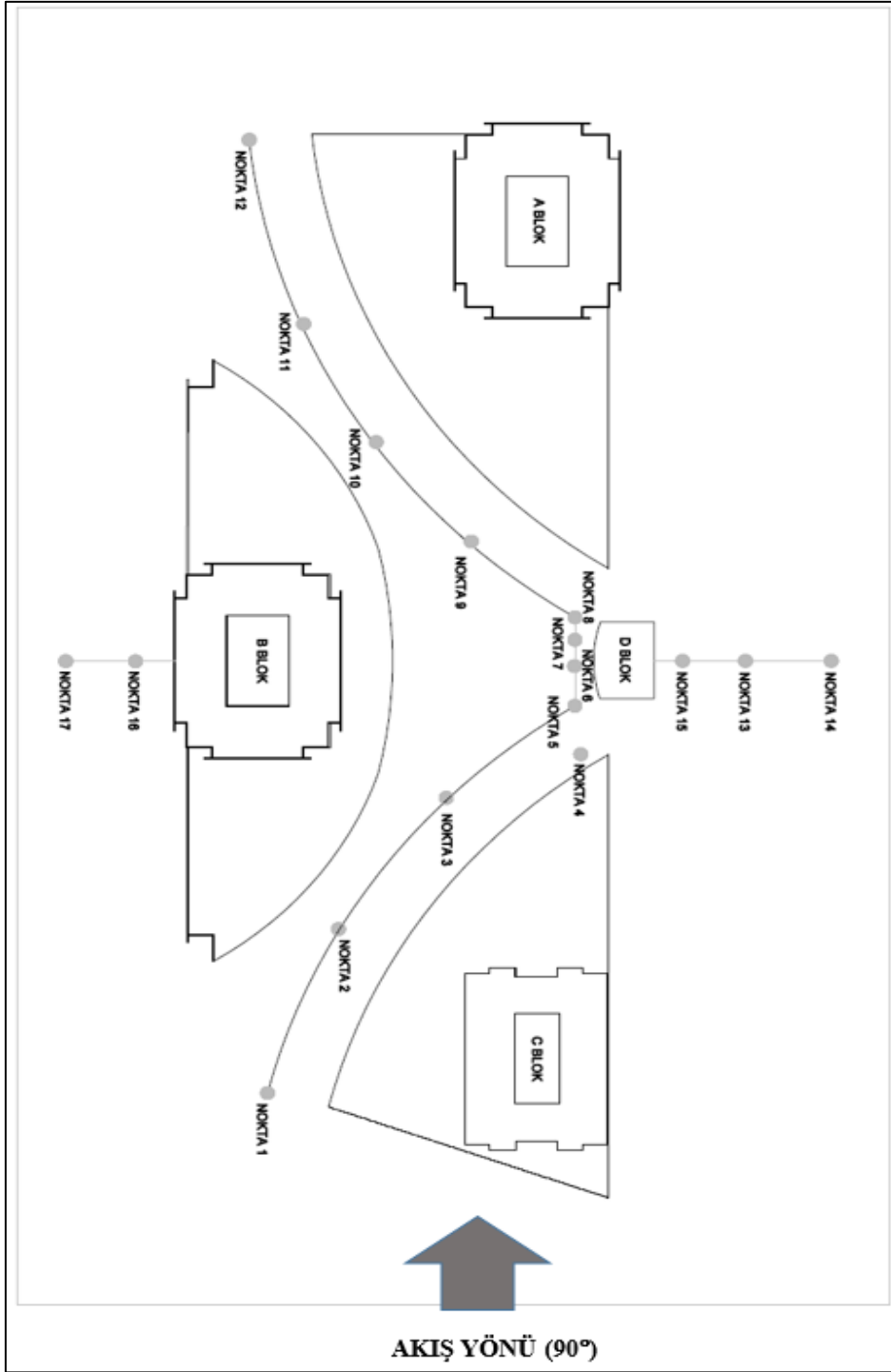
Şekil 4.6. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) probe yerleştirilerek ölçüm yapılan onyed farklı nokta

Tez çalışmasında deneysel analiz (rüzgâr tüneli testi) kapsamında birinci adım olarak örneklem binaya ait maket, rüzgâr tüneli test alanında 0° yönünde (Güneydoğu) yerleştirilmiştir. 5 m/s, 10 m/s, 15 m/s ve 20 m/s rüzgâr hızları için Şekil 4.7’de gösterilen onyed farklı noktada rüzgâr hızı ve basıncı ölçümleri gerçekleştirilmiştir.



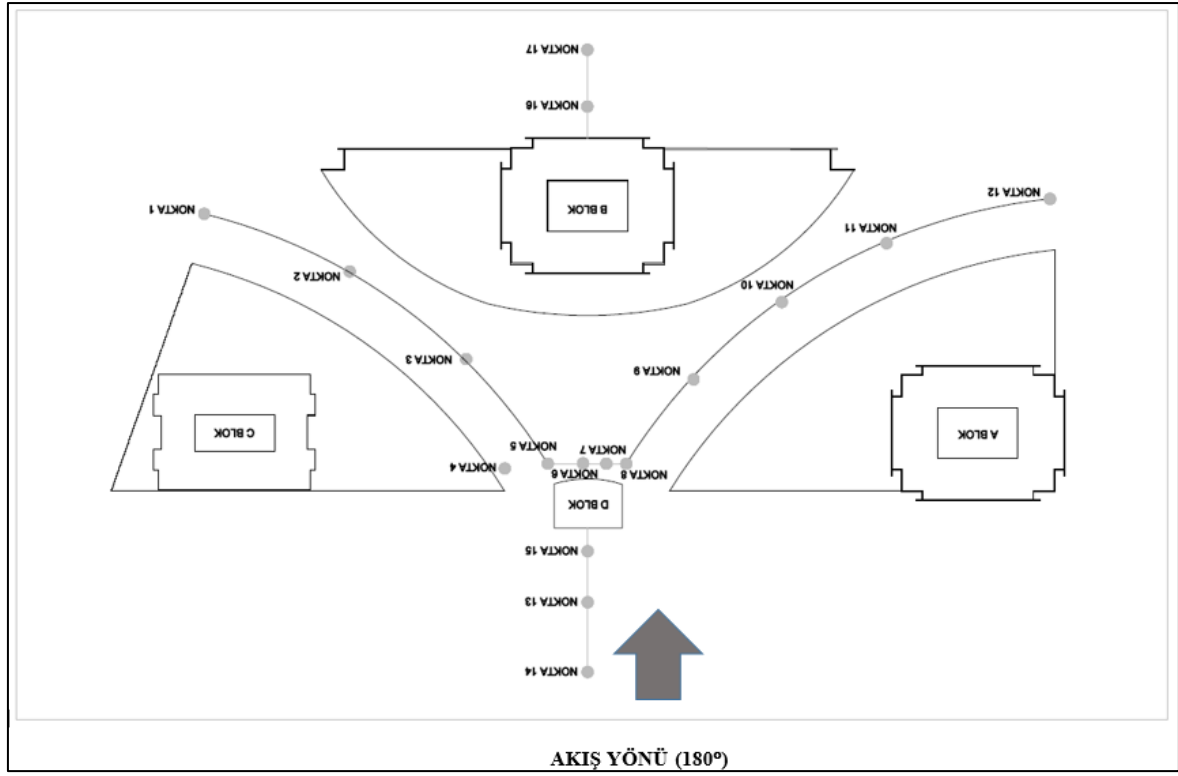
Şekil 4.7. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 0° (güneydoğu) akış yönü ve ölçüm yapılan noktalar

Tez çalışmasında deneysel analiz (rüzgâr tüneli testi) kapsamında ikinci adım olarak örneklem binaya ait maket, rüzgâr tüneli test alanında 90° yönünde (Kuzeydoğu) yerleştirilmiştir. 5 m/s, 10 m/s, 15 m/s ve 20 m/s rüzgâr hızları için Şekil 4.8’de gösterilen onyed farklı noktada rüzgâr hızı ve basıncı ölçümleri gerçekleştirilmiştir.



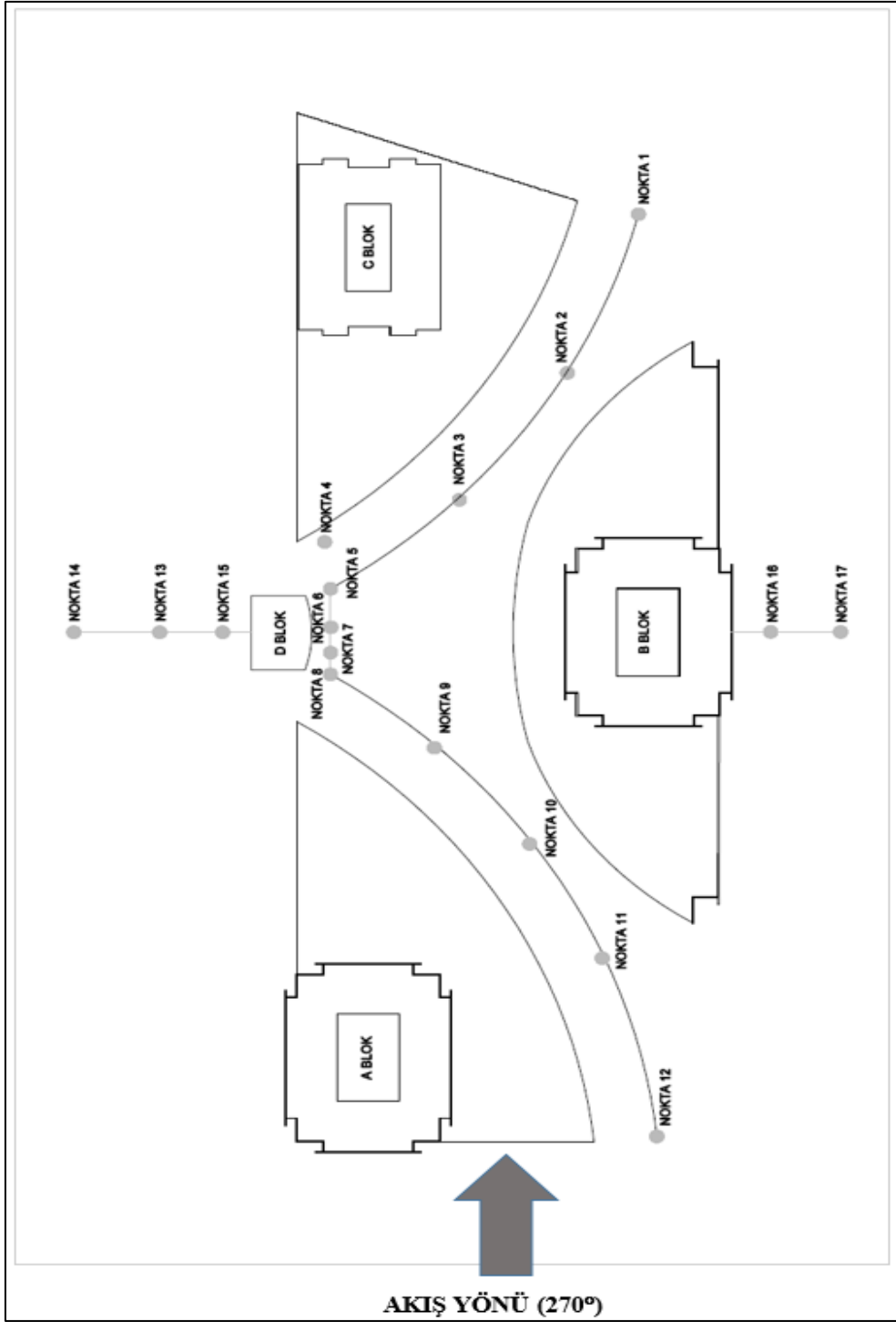
Şekil 4.8. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 90° (kuzeydoğu) akış yönü ve ölçüm yapılan noktalar

Tez çalışmasında deneysel analiz (rüzgâr tüneli testi) kapsamında üçüncü adım olarak örneklem binaya ait maket, rüzgâr tüneli test alanında 180° yönünde (Kuzeybatı) yerleştirilmiştir. 5 m/s, 10 m/s, 15 m/s ve 20 m/s rüzgâr hızları için Şekil 4.9'da gösterilen onyedeki farklı noktada rüzgâr hızı ve basıncı ölçümleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.9. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 180° (kuzeybatı) akış yönü ve ölçüm yapılan noktalar

Tez çalışmasında deneysel analiz (rüzgâr tüneli testi) kapsamında dördüncü adım olarak örneklem binaya ait maket, rüzgâr tüneli test alanında 270° yönünde (Güneybatı) yerleştirilmiştir. 5 m/s, 10 m/s, 15 m/s ve 20 m/s rüzgâr hızları için Şekil 4.10’da gösterilen onyed farklı noktada rüzgâr hızı ve basıncı ölçümleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.10. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 270° (güneybatı) akış yönü ve ölçüm yapılan noktalar

Tez çalışmasının bu bölümünde; örneklem binanın aerodinamiğinin veya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin analizi kapsamında gerçekleştirilen deneysel analize (rüzgâr tüneli testi) ilişkin bilgilere yer verilmiştir. Gerçekleştirilen bu testlerde örneklem bina maketinin yerleştirildiği test alanına ait görsellere Resim 4.7’de yer verilmiştir.



Resim 4.7. Tez çalışması kapsamında deneysel analiz için gerçekleştirilen rüzgâr tüneli testleri

Deneysel analiz (rüzgâr tüneli testi) süresince dört farklı yönden (0° -güneydoğu, 90° -kuzeydoğu, 180° -kuzeybatı ve 270° -güneybatı yönleri), dört farklı rüzgâr hızı (5 m/s, 10 m/s, 15 m/s ve 20 m/s hızları) ile örneklem bina boyunca uzanan yürüyüş sokağının her iki yanı boyunca ve bina ön ve arkalarında belirlenen onyedii farklı noktadan, 1.5 m yükseklikte (rüzgâr tüneline 3 mm yükseklikte), rüzgâr hızı ve basıncı ölçülmüştür.

Bu bölümde, tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen deneysel analiz (rüzgâr tüneli testi) adımları açıklanarak, analiz yöntemine ilişkin detaylı bilgilere yer verilmiştir. Bir sonraki

bölümde, örneklem bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi için gerçekleştirilen rüzgâr tüneli testi sonuçlarının MATLAB yazılımı ile istatistiksel analizi açıklanmaktadır.

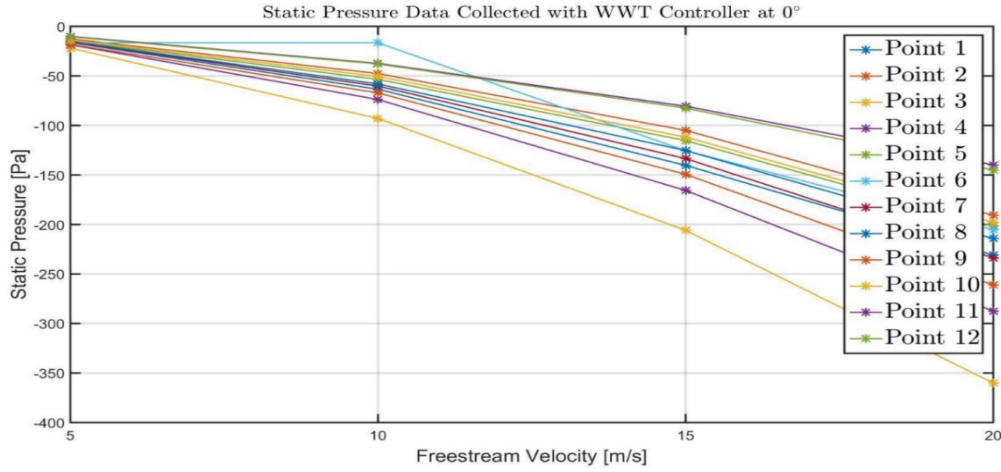
4.4.2. Rüzgâr tüneli testi sonuçlarının MATLAB yazılımı ile analizi (İstatistiksel analiz)

Bölüm 4.4.1’de, tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen deneysel analiz (rüzgâr tüneli testi) adımları açıklanarak, analiz yöntemine ilişkin detaylı bilgilere yer verilmiştir. Bu bölümde, örneklem bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi için gerçekleştirilen rüzgâr tüneli testi sonuçlarının MATLAB yazılımı ile istatistiksel analizi yapılmaktadır.

Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen örneklem binaya ilişkin rüzgâr tüneli testi süresince dört farklı yön (0° , 90° , 180° ve 270°) ve dört farklı rüzgâr hızı (5 m/s, 10 m/s, 15 m/s ve 20 m/s) girdi alınarak onyedini noktadan ölçülen rüzgâr hızı ve rüzgâr basıncı verileri ayrı ayrı kaydedilmiştir. Deneysel analiz boyunca kaydedilen verilere tezin ekinde EK-1 (CD) olarak yer verilmiştir.

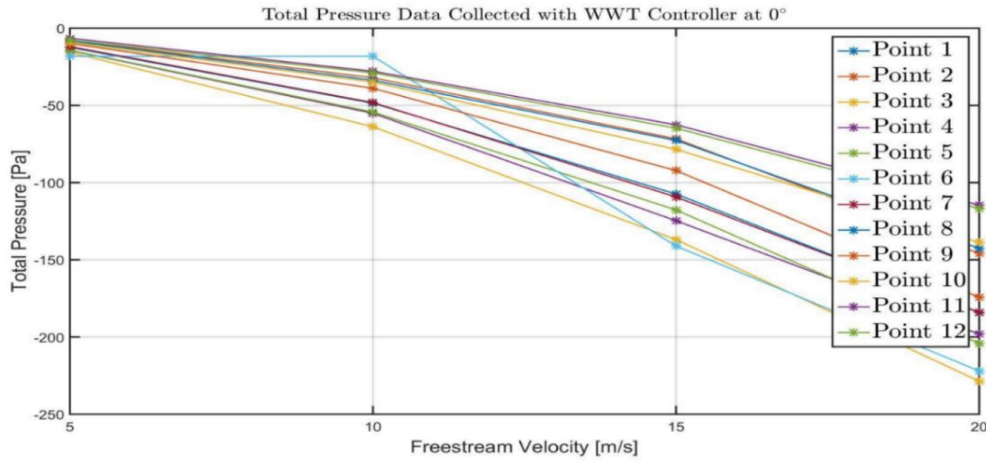
Tez çalışması kapsamında örneklem bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin ortaya konulabilmesi amacıyla rüzgâr tüneli testi ile elde edilen verilerin istatistiksel analizinin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, rüzgâr tüneli testi sonuçlarının istatistiksel analizi MATLAB yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Deneysel analiz (rüzgâr tüneli testi) sonucunda elde edilen verilerin istatistiksel analizinin yapılabilmesi amacıyla MATLAB programı üzerinde, EK-1 (CD) içerisinde yer verilmiş olan veri analiz kodu yazılmıştır. Analizi yapılmak istenilen veriler belirlenmiş ve bu hazırlanan kod aracılığıyla verilerin Şekil 4.11 ve Şekil 4.22 arasında gösterilen sembolik hesaplaması yapılmıştır.

Tez çalışması kapsamında MATLAB yazılımı aracılığıyla gerçekleştirilen analizlerden birincisi, deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 0° (güneydoğu) yönüne ait statik basınç-serbest akış hızı değişiminin analizidir. MATLAB yazılımı aracılığıyla yazılan kod ile tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen rüzgâr tüneli testi sonuçları dikkate alınarak Şekil 4.11’de gösterilen statik basınç-serbest akış hızı grafiği oluşturulmuştur.



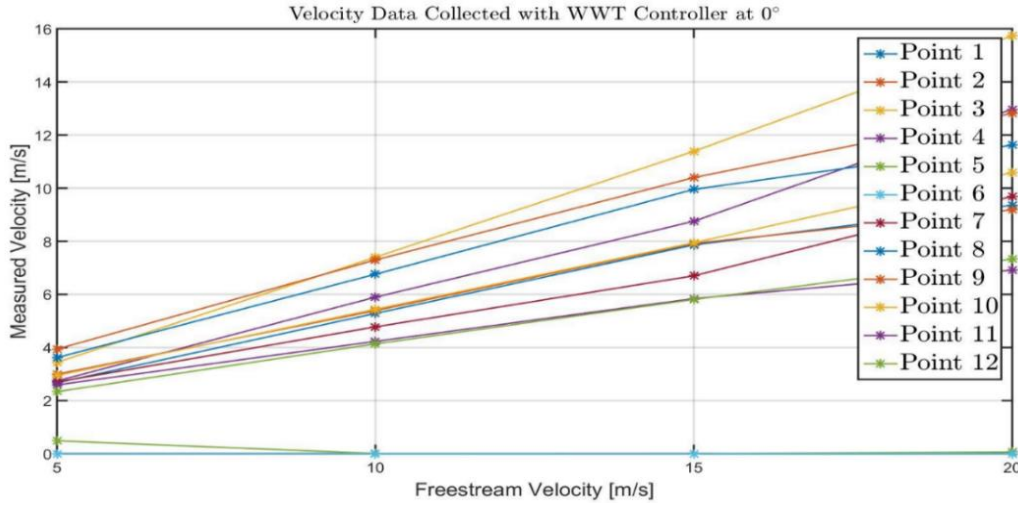
Şekil 4.11. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 0° (güneydoğu) akış yönüne ait statik basınç-serbest akış hızı değişim grafiği

Tez çalışması kapsamında MATLAB yazılımı aracılığıyla gerçekleştirilen analizlerden ikincisi, deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 0° (güneydoğu) yönüne ait toplam basınç-serbest akış hızı değişiminin analizidir. MATLAB yazılımı aracılığıyla yazılan kod ile tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen rüzgâr tüneli testi sonuçları dikkate alınarak Şekil 4.12’de gösterilen toplam basınç-serbest akış hızı grafiği oluşturulmuştur.



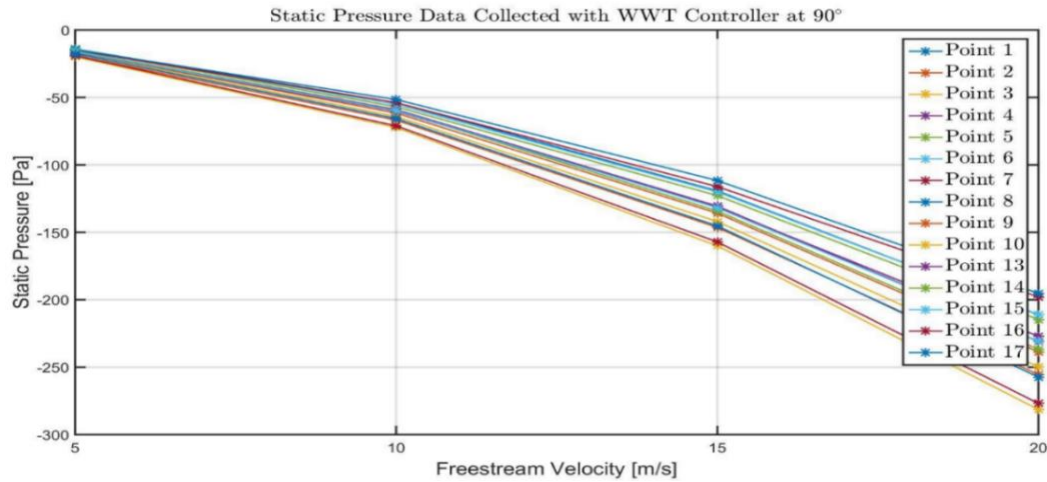
Şekil 4.12. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 0° (güneydoğu) akış yönüne ait toplam basınç-serbest akış hızı değişim grafiği

Tez çalışması kapsamında MATLAB yazılımı aracılığıyla gerçekleştirilen analizlerden üçüncüsü, deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 0° (güneydoğu) yönüne ait ölçülen hız-serbest akış hızı değişiminin analizidir. MATLAB yazılımı aracılığıyla yazılan kod ile tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen rüzgâr tüneli testi sonuçları dikkate alınarak Şekil 4.13’te gösterilen ölçülen hız-serbest akış hızı grafiği oluşturulmuştur.



Şekil 4.13. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 0° (güneydoğu) akış yönüne ait ölçülen hız-serbest akış hızı değişim grafiği

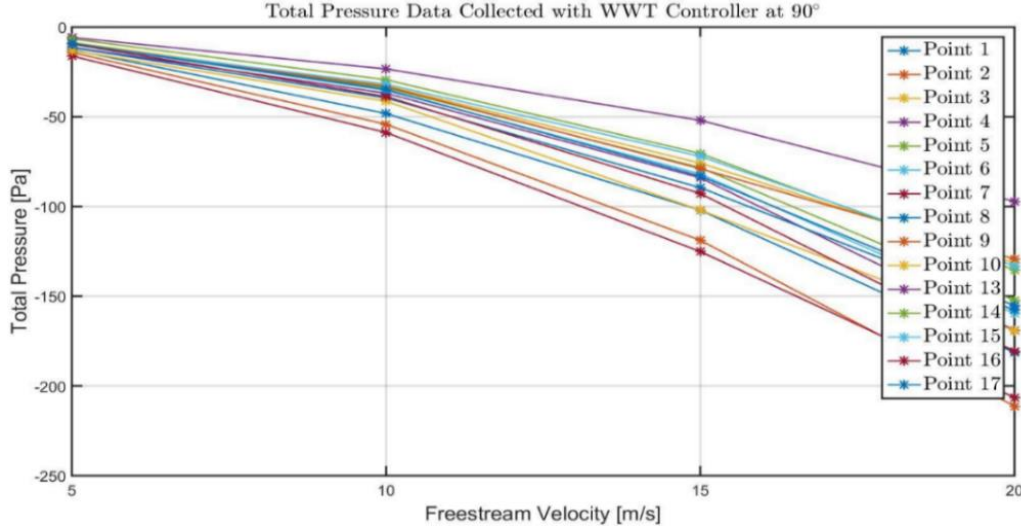
Tez çalışması kapsamında MATLAB yazılımı aracılığıyla gerçekleştirilen analizlerden dördüncüsü, deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 90° (kuzeydoğu) yönüne ait statik basınç-serbest akış hızı değişiminin analizidir. MATLAB yazılımı aracılığıyla yazılan kod ile tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen rüzgâr tüneli testi sonuçları dikkate alınarak Şekil 4.14'te gösterilen statik basınç-serbest akış hızı grafiği oluşturulmuştur.



Şekil 4.14. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 90° (kuzeydoğu) akış yönüne ait statik basınç-serbest akış hızı değişim grafiği

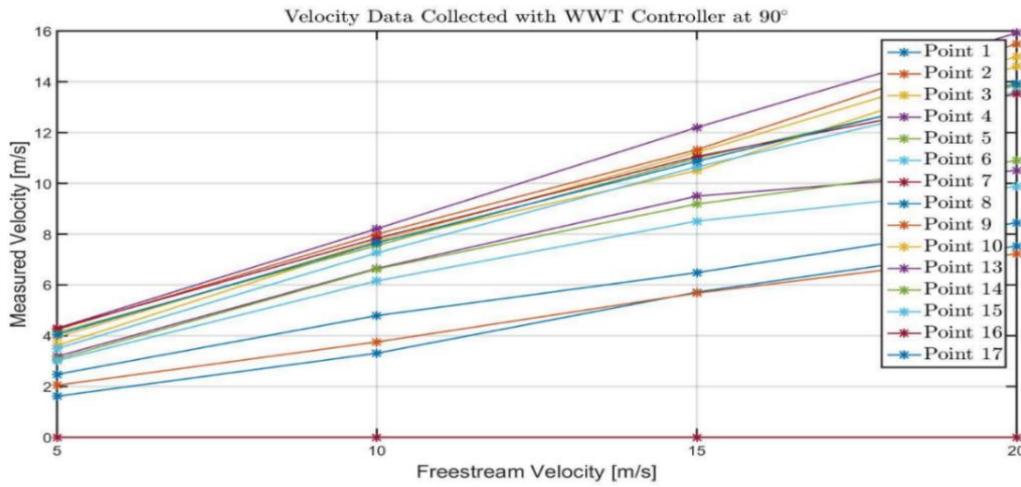
Tez çalışması kapsamında MATLAB yazılımı aracılığıyla gerçekleştirilen analizlerden beşincisi, deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 90° (kuzeydoğu) yönüne ait toplam basınç-serbest akış hızı değişiminin analizidir. MATLAB yazılımı aracılığıyla yazılan kod ile tez

çalışması kapsamında gerçekleştirilen rüzgâr tüneli testi sonuçları dikkate alınarak Şekil 4.15'te gösterilen toplam basınç-serbest akış hızı grafiği oluşturulmuştur.



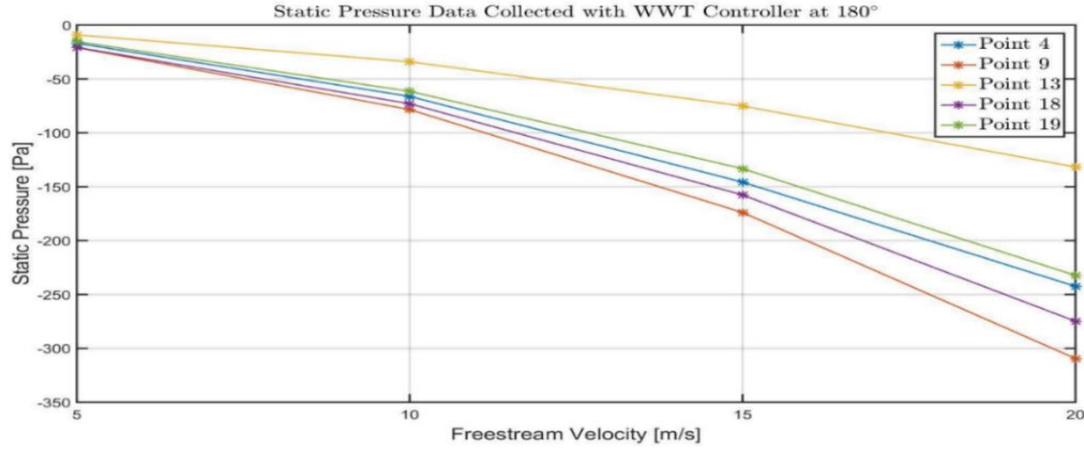
Şekil 4.15. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 90° (kuzeydoğu) akış yönüne ait toplam basınç-serbest akış hızı değişim grafiği

Tez çalışması kapsamında MATLAB yazılımı aracılığıyla gerçekleştirilen analizlerden altıncısı, deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 90° (kuzeydoğu) yönüne ait ölçülen hız-serbest akış hızı değişiminin analizidir. MATLAB yazılımı aracılığıyla yazılan kod ile tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen rüzgâr tüneli testi sonuçları dikkate alınarak Şekil 4.16'da gösterilen ölçülen hız-serbest akış hızı grafiği oluşturulmuştur.



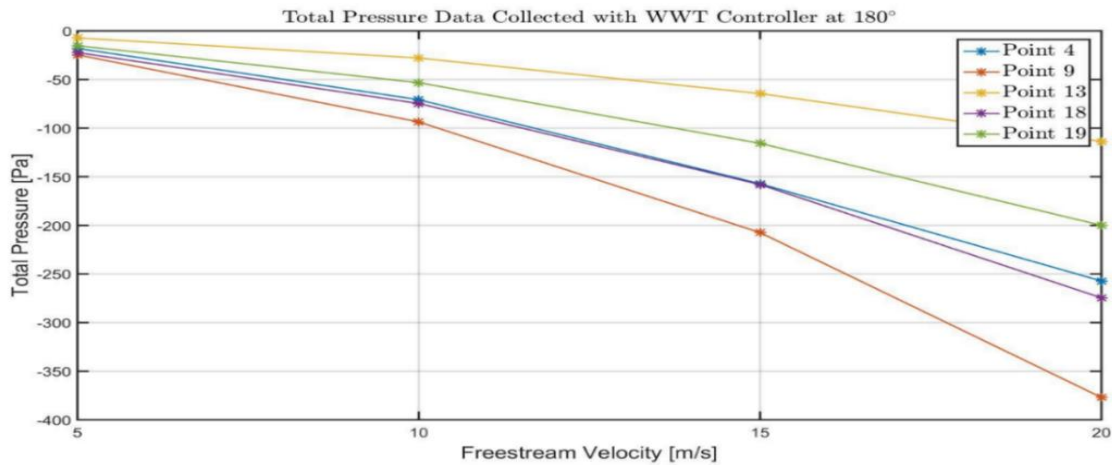
Şekil 4.16. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 90° (kuzeydoğu) akış yönüne ait ölçülen hız-serbest akış hızı değişim grafiği

Tez çalışması kapsamında MATLAB yazılımı aracılığıyla gerçekleştirilen analizlerden yedincisi, deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 180° (kuzeybatı) yönüne ait statik basınç-serbest akış hızı değişiminin analizidir. MATLAB yazılımı aracılığıyla yazılan kod ile tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen rüzgâr tüneli testi sonuçları dikkate alınarak Şekil 4.17’de gösterilen statik basınç-serbest akış hızı grafiği oluşturulmuştur.



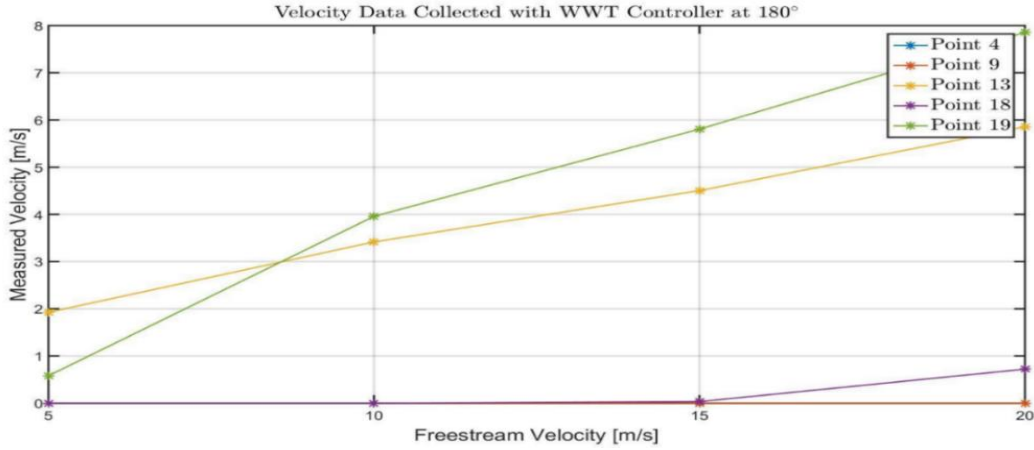
Şekil 4.17. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 180° (kuzeybatı) akış yönüne ait statik basınç-serbest akış hızı değişim grafiği

Tez çalışması kapsamında MATLAB yazılımı aracılığıyla gerçekleştirilen analizlerden sekizincisi, deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 180° (kuzeybatı) yönüne ait toplam basınç-serbest akış hızı değişiminin analizidir. MATLAB yazılımı aracılığıyla yazılan kod ile tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen rüzgâr tüneli testi sonuçları dikkate alınarak Şekil 4.18’de gösterilen toplam basınç-serbest akış hızı grafiği oluşturulmuştur.



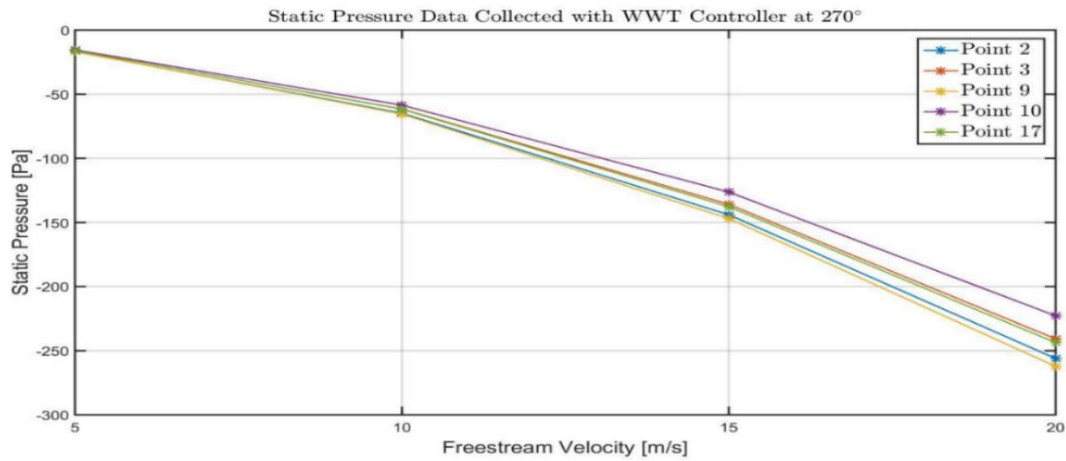
Şekil 4.18. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 180° (kuzeybatı) akış yönüne ait toplam basınç-serbest akış hızı değişim grafiği

Tez çalışması kapsamında MATLAB yazılımı aracılığıyla gerçekleştirilen analizlerden dokuzuncusu, deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 180° (kuzeybatı) yönüne ait ölçülen hız-serbest akış hızı değişiminin analizidir. MATLAB yazılımı aracılığıyla yazılan kod ile tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen rüzgâr tüneli testi sonuçları dikkate alınarak Şekil 4.19’da gösterilen ölçülen hız-serbest akış hızı grafiği oluşturulmuştur.



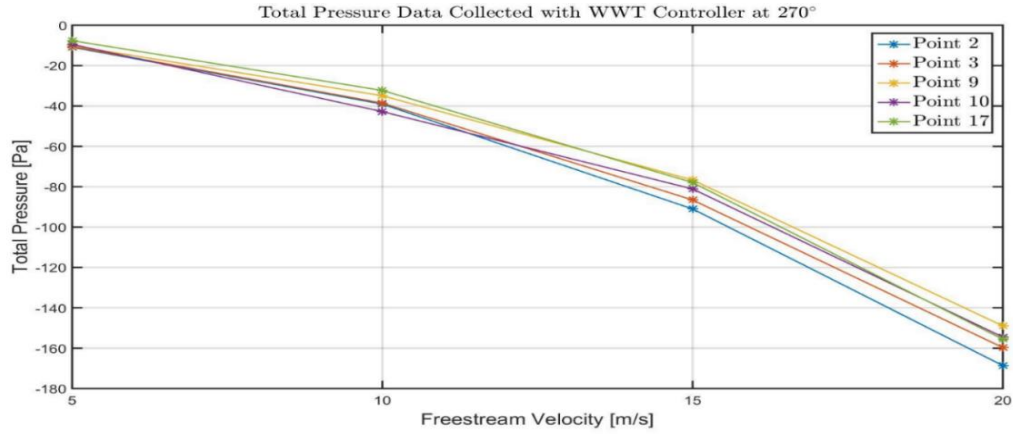
Şekil 4.19. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 180° (kuzeybatı) akış yönüne ait ölçülen hız-serbest akış hızı değişim grafiği

Tez çalışması kapsamında MATLAB yazılımı aracılığıyla gerçekleştirilen analizlerden onuncusu, deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 270° (güneybatı) yönüne ait statik basınç-serbest akış hızı değişiminin analizidir. MATLAB yazılımı aracılığıyla yazılan kod ile tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen rüzgâr tüneli testi sonuçları dikkate alınarak Şekil 4.20’de gösterilen statik basınç-serbest akış hızı grafiği oluşturulmuştur.



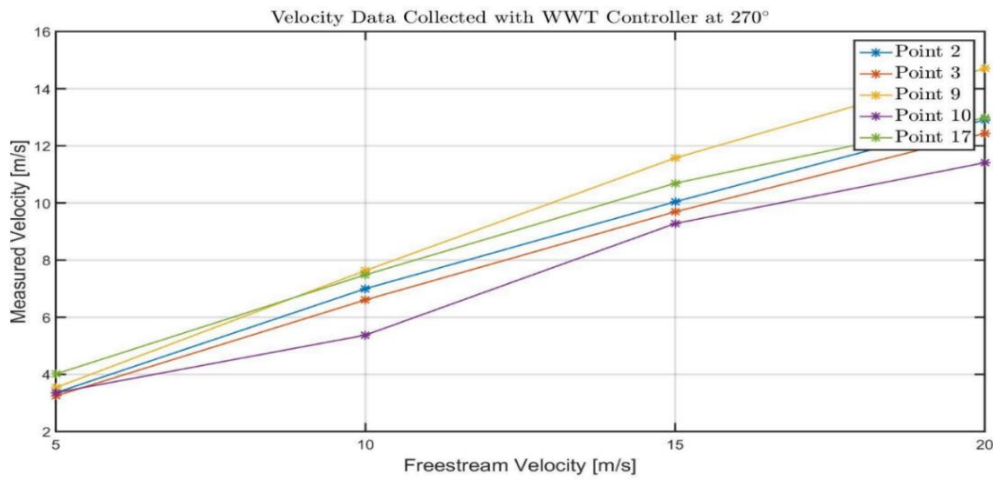
Şekil 4.20. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 270° (güneybatı) akış yönüne ait statik basınç-serbest akış hızı değişim grafiği

Tez çalışması kapsamında MATLAB yazılımı aracılığıyla gerçekleştirilen analizlerden onbirincisi, deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 270° (güneybatı) yönüne ait toplam basınç-serbest akış hızı değişiminin analizidir. MATLAB yazılımı aracılığıyla yazılan kod ile tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen rüzgâr tüneli testi sonuçları dikkate alınarak Şekil 4.21’de gösterilen toplam basınç-serbest akış hızı grafiği oluşturulmuştur.



Şekil 4.21. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 270° (güneybatı) akış yönüne ait toplam basınç-serbest akış hızı değişim grafiği

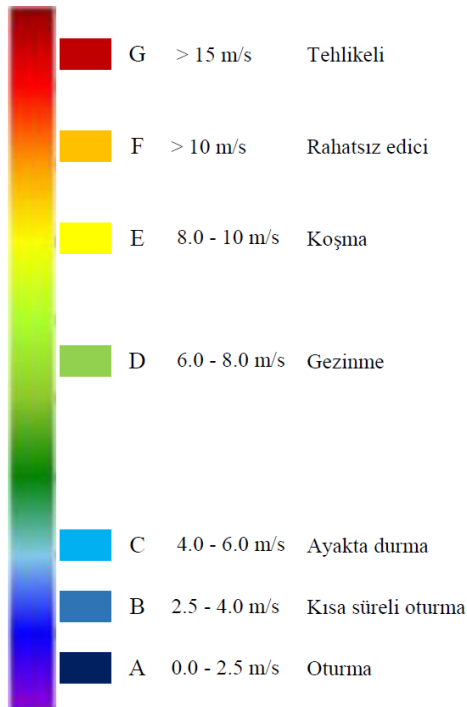
Tez çalışması kapsamında MATLAB yazılımı aracılığıyla gerçekleştirilen analizlerden onikincisi, deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 270° (güneybatı) yönüne ait ölçülen hız-serbest akış hızı değişiminin analizidir. MATLAB yazılımı aracılığıyla yazılan kod ile tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen rüzgâr tüneli testi sonuçları dikkate alınarak Şekil 4.22’de gösterilen ölçülen hız-serbest akış hızı grafiği oluşturulmuştur.



Şekil 4.22. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 270° (güneybatı) akış yönüne ait ölçülen hız-serbest akış hızı değişim grafiği

Yukarıda hesaplaması yapılan değişkenlerden, dört farklı yön için (0° - güneydoğu, 90° - kuzeydoğu, 180° - kuzeybatı ve 270° - güneybatı), ölçülen hız-serbest akış hızı değişim grafiklerinde yer verilen rüzgâr hızı verileri dikkate alınmış, statik basınç-serbest akış hızı değişim grafikleri ile toplam basınç-serbest akış hızı değişim grafiklerinde yer verilen veriler dikkate alınmamıştır. Ölçülen hız-serbest akış hızı değişim grafiklerinde yer verilen rüzgâr hızı verileri dikkate alınarak gerçekleştirilen rüzgâr tüneli testlerinde ölçüm yapılan noktalara ait bu haritalar Şekil 4.24 ile Şekil 4.39 arasında sunulmuştur.

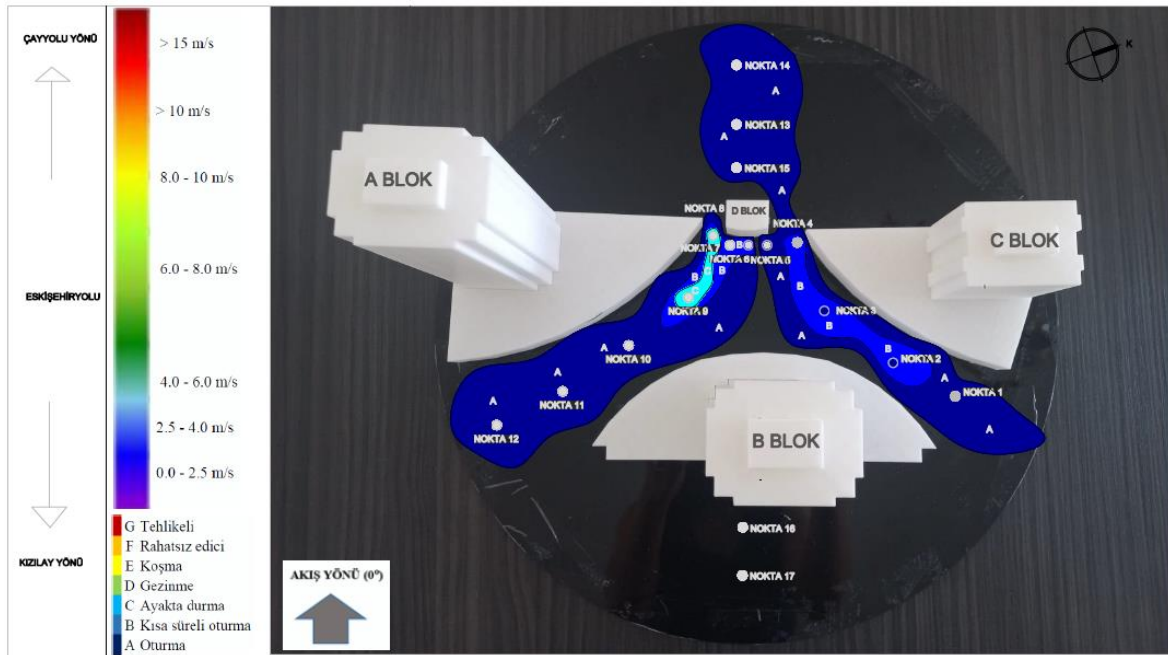
Literatür incelendiğinde yaya rüzgâr konforu kriterlerinin üç farklı çalışma dikkate alınarak gerçekleştirildiği tespit edilmiştir. Bu çalışmalar; Isyumov ve Davenport (1975), Lawson (1978) ve Hollada'da uygulanan NEN8100 (2006) standartlarıdır. Bu kriterler, rüzgâr hızının yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi için kullanılmaktadır. Tez çalışması kapsamında, literatürde yer alan bu kriterlerden Lawson (1978) kriterleri dikkate alınarak yaya rüzgâr konforu haritaları oluşturulmuştur. Yaya rüzgâr konforu haritaları, ölçüm yapılan noktaların konfor aktivitesi, rüzgâr hızı, renk ve harf kodları ile Şekil 4.23'te ifade edildiği gibi oluşturulmuştur.



Şekil 4.23. Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen rüzgâr tüneli testi sonuçlarına dayalı yaya rüzgâr konforu haritalarının oluşturulmasında dikkate alınan konfor aktivitesi şeması (Lawson, 1978)

Şekil 4.23'te yer alan şemada; rüzgâr hızının 0.0 – 2,5 m/s aralığında olmasının oturma aktivitesi için konforlu olduğu, 2,5 – 4,0 m/s aralığında olmasının kısa süreli oturma aktivitesi için konforlu olduğu, 4,0 – 6,0 m/s aralığında olmasının ayakta durma aktivitesi için konforlu olduğu, 6,0 – 8,0 m/s aralığında olmasının gezinme aktivitesi için konforlu olduğu, 8,0 – 10,0 m/s aralığında olmasının koşma aktivitesi için konforlu olduğu, 10 m/s'den yüksek olmasının rahatsız edici olduğu, 15 m/s'den yüksek olmasının tehlikeli olduğu dikkate alınarak rüzgâr tüneli testlerinde belirlenen noktaların konfor koşulları yaya rüzgâr konforu haritalarında belirtilmiştir.

Şekil 4.24 ile Şekil 4.39 arasında sunulan akış grafiklerinde kullanılan renkler Şekil 4.23'te belirtilen harfler kullanılarak kodlanmıştır. Şekil 4.23'e göre oturma aktivitesi için konforlu olan alan A, kısa süreli oturma için konforlu olan alan B, ayakta durma aktivitesi için konforlu olan alan C, gezinme için konforlu olan alan D, koşma için konforlu alan E, rahatsız edici olarak tanımlanan alan F, tehlikeli olarak tanımlanan alan G harfi ile kodlanmıştır.

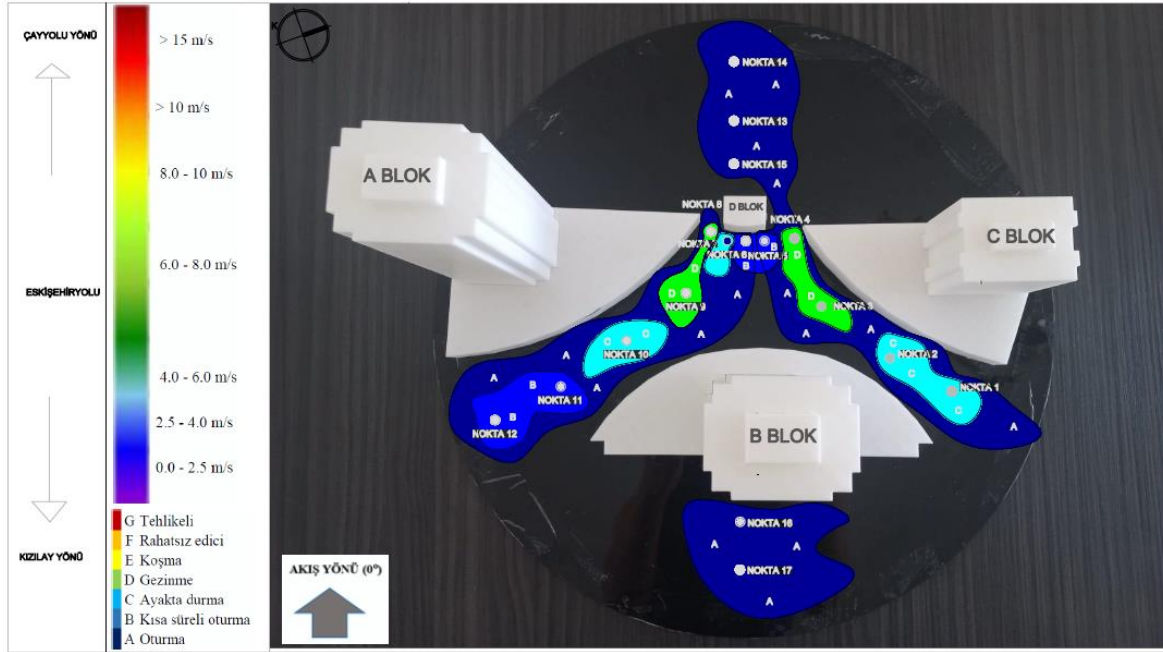


Şekil 4.24. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 0° (güneydoğu) akış yönü ve 5 m/s rüzgâr hızı ile elde edilen sonuçlara dayalı yaya rüzgâr konforu haritası

Şekil 4.24'te yer alan yaya rüzgâr konforu haritası incelendiğinde 0° (güneydoğu) yönünde 5m/s rüzgâr hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 5 ve nokta 9 çevresinin ayakta durma

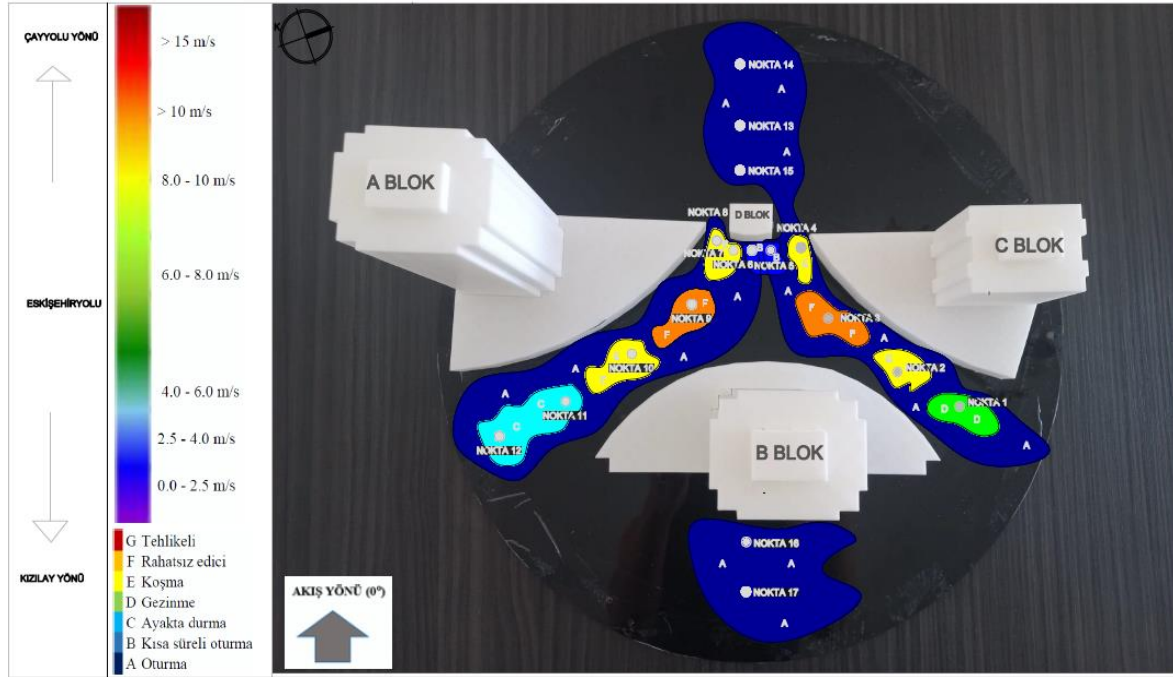
aktivitesi için konforlu, ancak oturma ve kısa süreli oturma aktivitesi için konforlu olmadığı görülmüştür.

Şekil 4.25'te yer alan yaya rüzgâr konforu haritası incelendiğinde 0° (güneydoğu) yönünde 10 m/s rüzgâr hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 11 ve nokta 12 çevresinin kısa süreli oturma için konforlu ancak oturma için konforlu olmadığı; nokta 1, nokta 2, nokta 7 ve nokta 10 çevresinin ayakta durma aktivitesi için konforlu ancak oturma ve kısa süreli oturma aktivitesi için konforlu olmadığı; nokta 3, nokta 4, nokta 8 ve nokta 9 çevresinin gezinme için konforlu ancak oturma, kısa süreli oturma ve ayakta durma için konforlu olmadığı görülmüştür.



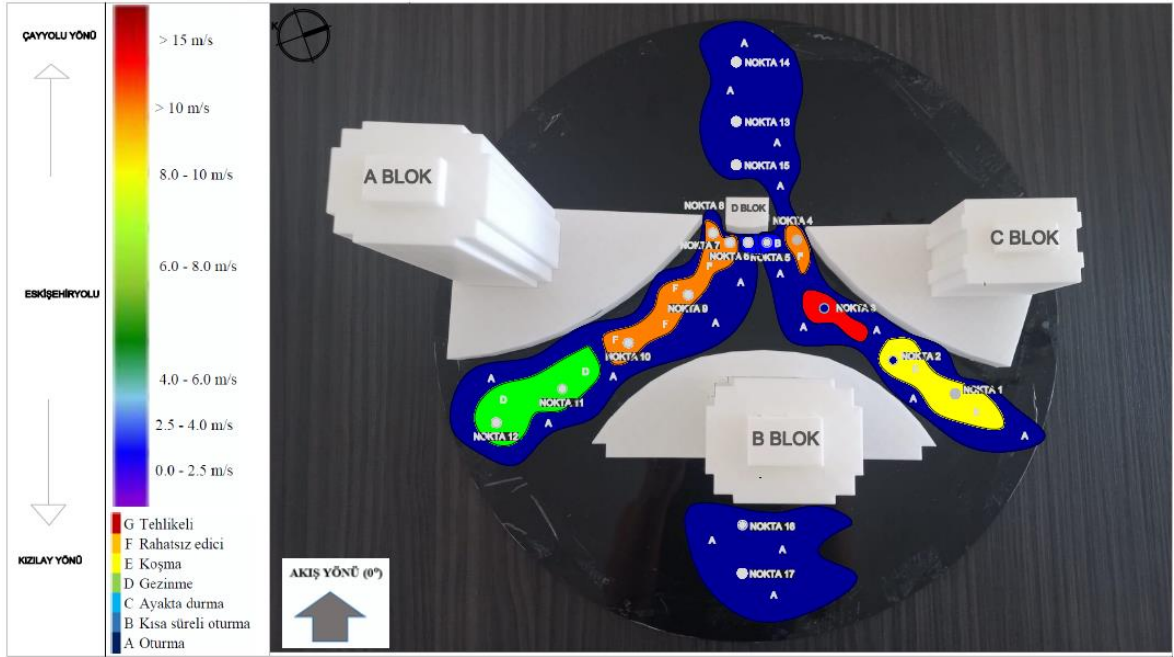
Şekil 4.25. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 0° (güneydoğu) akış yönü ve 10 m/s rüzgâr hızı ile elde edilen sonuçlara dayalı yaya rüzgâr konforu haritası

Şekil 4.26'da yer alan yaya rüzgâr konforu haritası incelendiğinde 0° (güneydoğu) yönünde 15 m/s rüzgâr hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 11 ve nokta 12 çevresinin ayakta durma için konforlu ancak oturma ve kısa süreli oturma için konforlu olmadığı; nokta 1 çevresinin gezinme için konforlu ancak ayakta durma, kısa süreli oturma ve oturma için konforlu olmadığı; nokta 2, nokta 4, nokta 6, nokta 7 ve nokta 10 çevresinin koşma için konforlu ancak gezinme, ayakta durma, kısa süreli oturma ve oturma için konforlu olmadığı; nokta 3 ve nokta 9 çevresinin rahatsız edici olduğu görülmüştür.



Şekil 4.26. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 0° (güneydoğu) akış yönü ve 15 m/s rüzgâr hızı ile elde edilen sonuçlara dayalı yaya rüzgâr konforu haritası

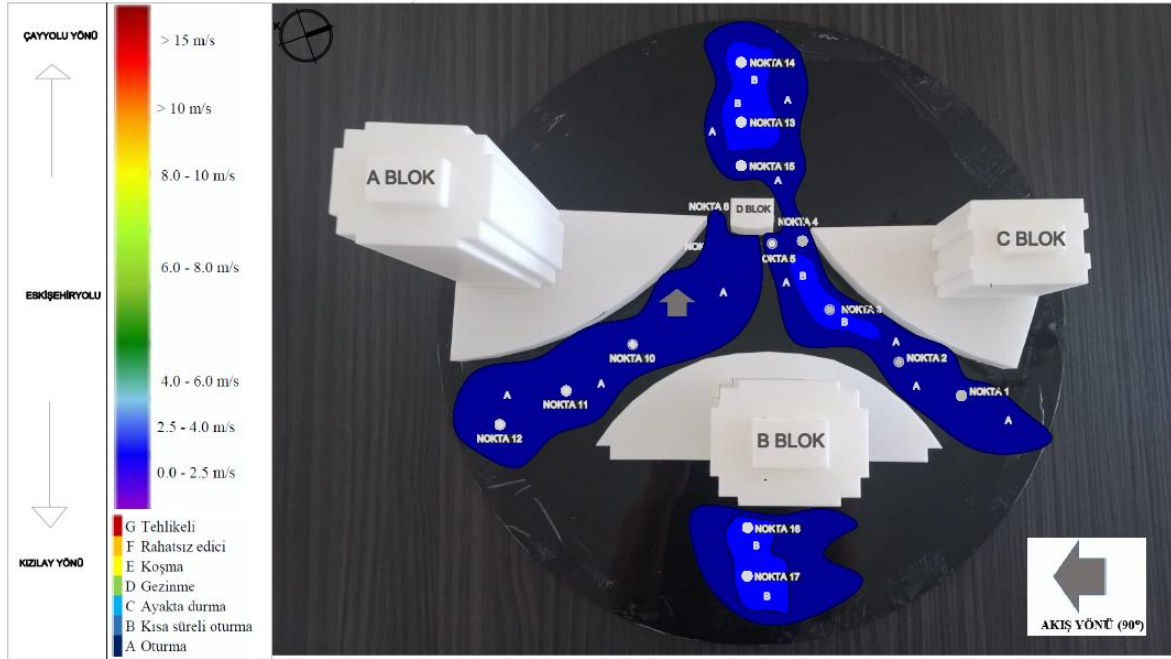
Şekil 4.27’de yer alan yaya rüzgâr konforu haritası incelendiğinde 0° (güneydoğu) yönünde 20 m/s rüzgâr hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 5, nokta 6, nokta 7 çevresinin kısa süreli oturma için konforlu ancak oturma için konforlu olmadığı; nokta 11 ve nokta 12 çevresinin gezinme için konforlu ancak oturma, kısa süreli oturma ve ayakta durma için konforlu olmadığı; nokta 1 ve nokta 2 çevresinin koşma için konforlu ancak oturma, kısa süreli oturma, ayakta durma ve gezinme için konforlu olmadığı; nokta 4, nokta 8, nokta 9 ve nokta 10 çevresinin rahatsız edici, nokta 3 çevresinin tehlikeli olduğu görülmüştür.



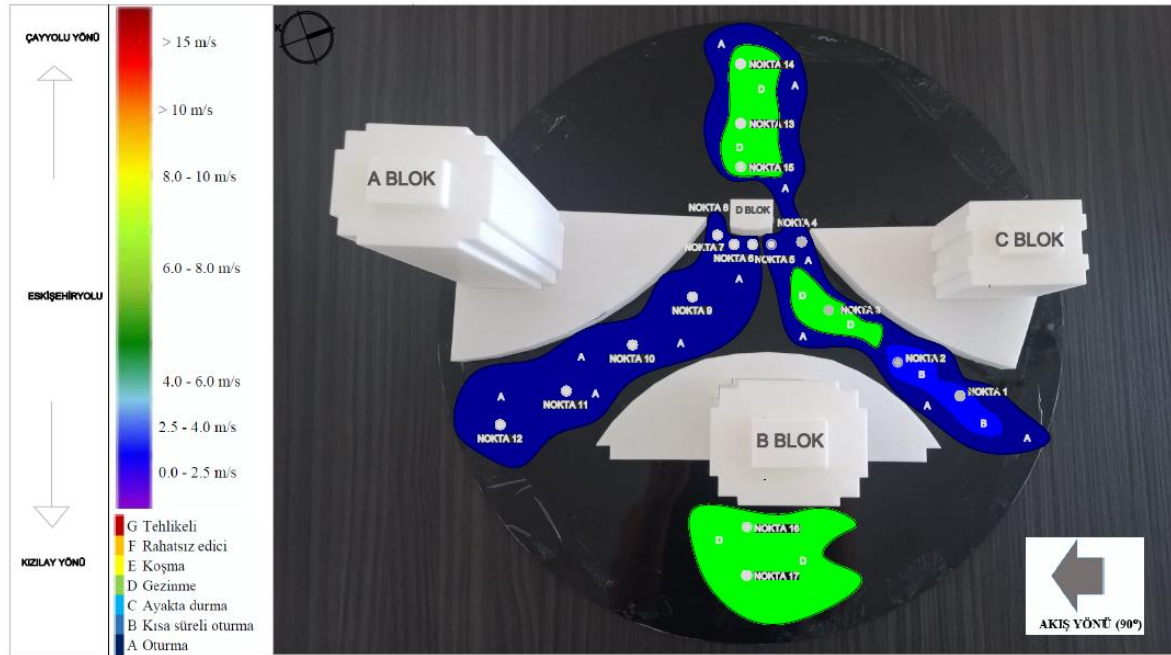
Şekil 4.27. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 0° (güneydoğu) akış yönü ve 20 m/s rüzgâr hızı ile elde edilen sonuçlara dayalı yaya rüzgâr konforu haritası

Şekil 4.28’de yer alan yaya rüzgâr konforu haritası incelendiğinde 90° (kuzeydoğu) yönünde 5 m/s rüzgâr hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 3, nokta 13, nokta 14, nokta 16 ve nokta 17 çevresinin kısa süreli oturma için konforlu ancak oturma için konforlu olmadığı; diğer noktaların oturma için konforlu olduğu görülmüştür.

Şekil 4.29’da yer alan yaya rüzgâr konforu haritası incelendiğinde 90° (kuzeydoğu) yönünde 10 m/s rüzgâr hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 1, nokta 2 çevresinin kısa süreli oturma için konforlu ancak oturma için konforlu olmadığı; nokta 3, nokta 13, nokta 14, nokta 15, nokta 16, nokta 17 çevresinin gezinme için konforlu ancak oturma ve kısa süreli oturma için konforlu olmadığı görülmüştür.



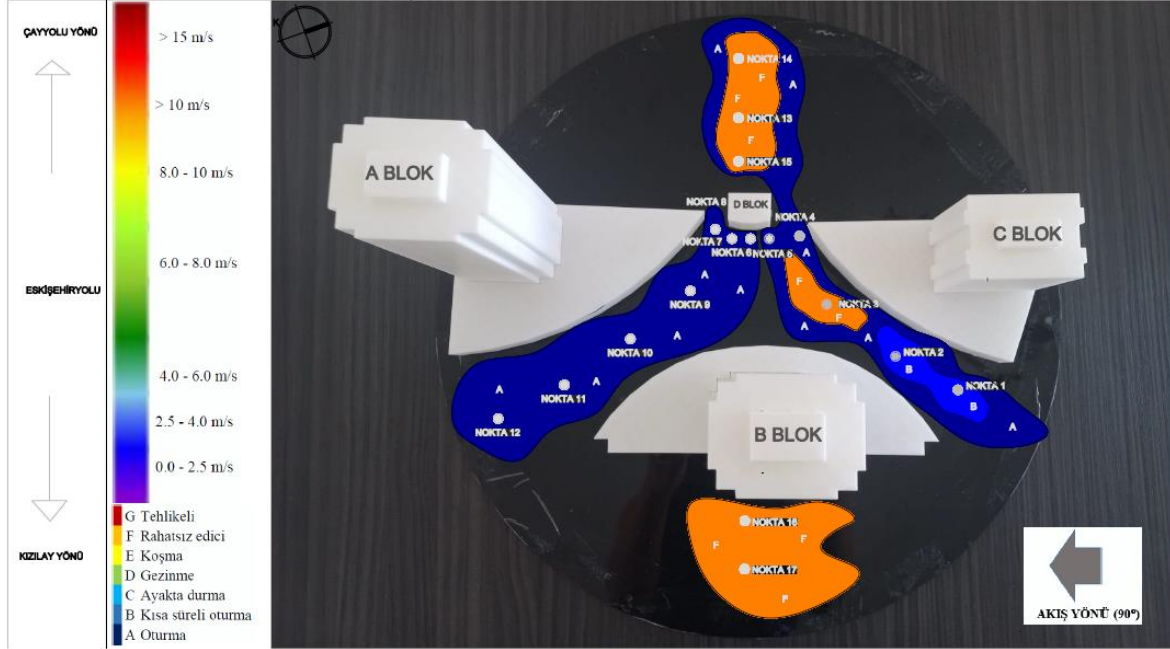
Şekil 4.28. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 90° (kuzeydoğu) akış yönü ve 5 m/s rüzgâr hızı ile elde edilen sonuçlara dayalı yaya rüzgâr konforu haritası



Şekil 4.29. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 90° (kuzeydoğu) akış yönü ve 10 m/s rüzgâr hızı ile elde edilen sonuçlara dayalı yaya rüzgâr konforu haritası

Şekil 4.30'da yer alan yaya rüzgâr konforu haritası incelendiğinde 90° (kuzeydoğu) yönünde 15 m/s rüzgâr hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 1, nokta 2 çevresinin kısa süreli

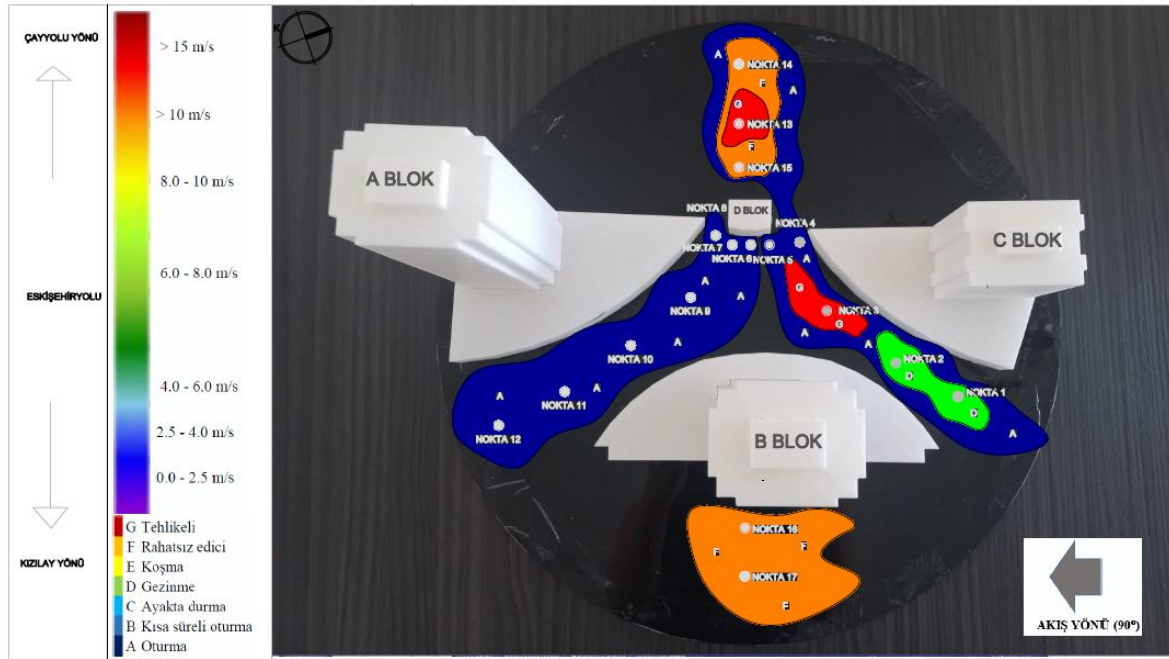
oturma için konforlu ancak oturma için konforlu olmadığı; nokta 3, nokta 13, nokta 14, nokta 15, nokta 16, nokta 17 çevresinin rahatsız edici olduğu görülmüştür.



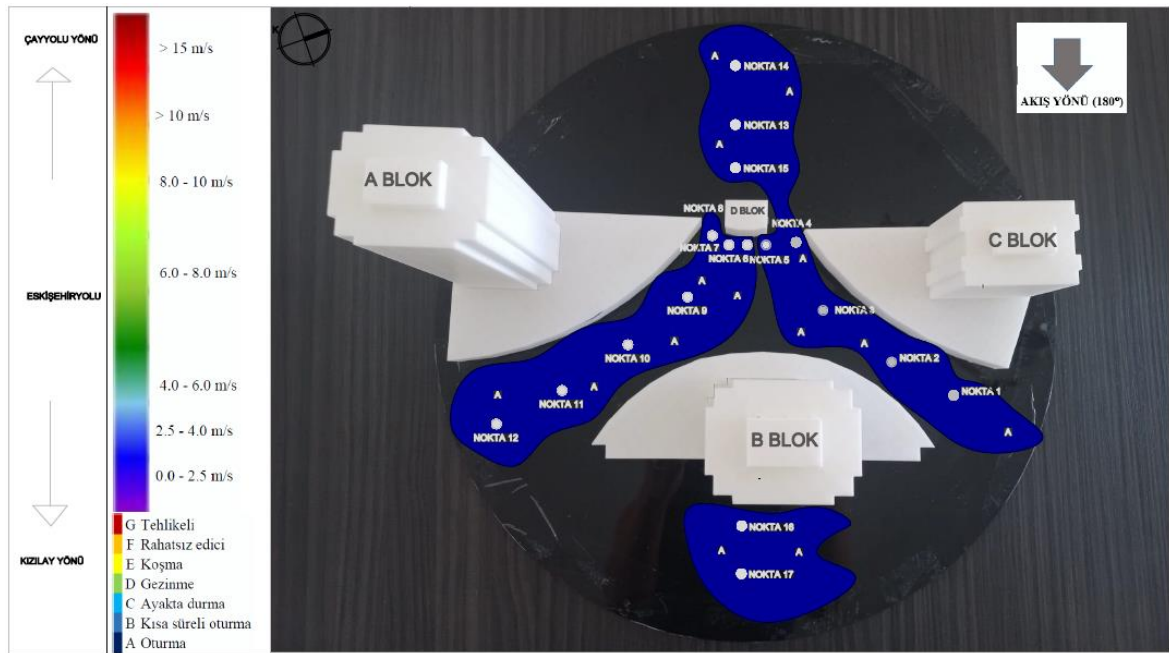
Şekil 4.30. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 90° (kuzeydoğu) akış yönü ve 15 m/s rüzgâr hızı ile elde edilen sonuçlara dayalı yaya rüzgâr konforu haritası

Şekil 4.31’de yer alan yaya rüzgâr konforu haritası incelendiğinde 90° (kuzeydoğu) yönünde 20 m/s rüzgâr hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 1, nokta 2 çevresinin gezinme için konforlu ancak oturma, kısa süreli oturma ve ayakta durma için konforlu olmadığı; nokta 14, nokta 15, nokta 16, nokta 17 çevresinin rahatsız edici, nokta 3 çevresinin tehlikeli olduğu görülmüştür.

Şekil 4.32’de yer alan yaya rüzgâr konforu haritası incelendiğinde 180° (kuzeybatı) yönünde 5 m/s rüzgâr hızı ile yapılan ölçümler sonucunda tüm nokta çevrelerinin oturma için konforlu olduğu görülmüştür.

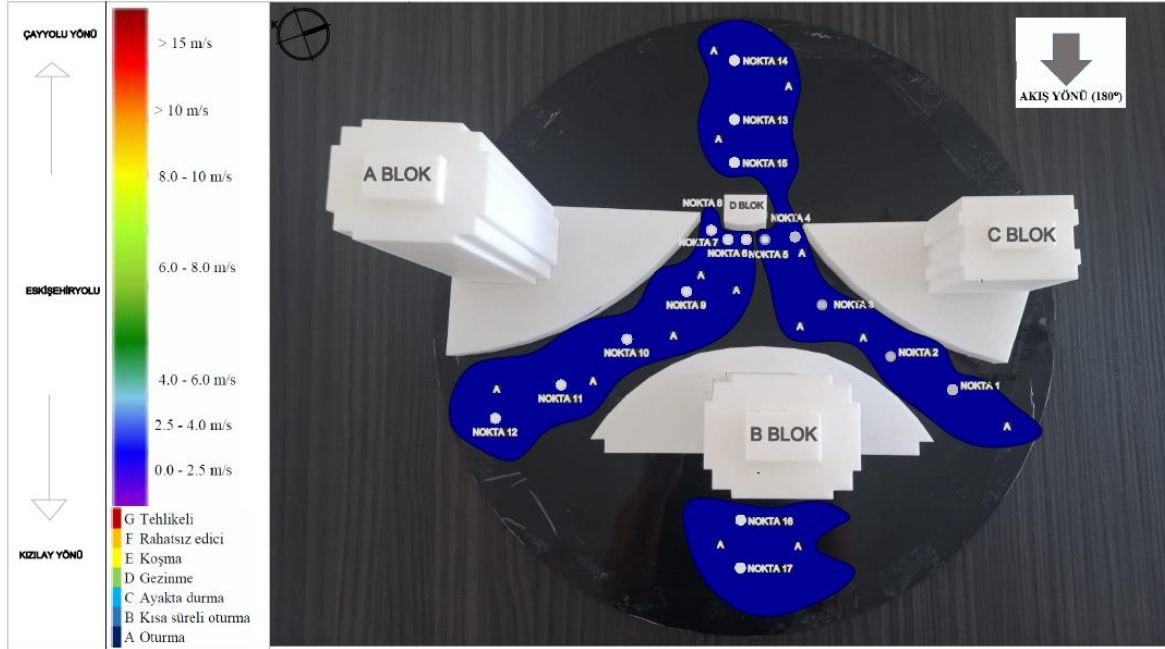


Şekil 4.31. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 90° (kuzeydoğu) akış yönü ve 20 m/s rüzgâr hızı ile elde edilen sonuçlara dayalı yaya rüzgâr konforu haritası



Şekil 4.32. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 180° (kuzeybatı) akış yönü ve 5 m/s rüzgâr hızı ile elde edilen sonuçlara dayalı yaya rüzgâr konforu haritası

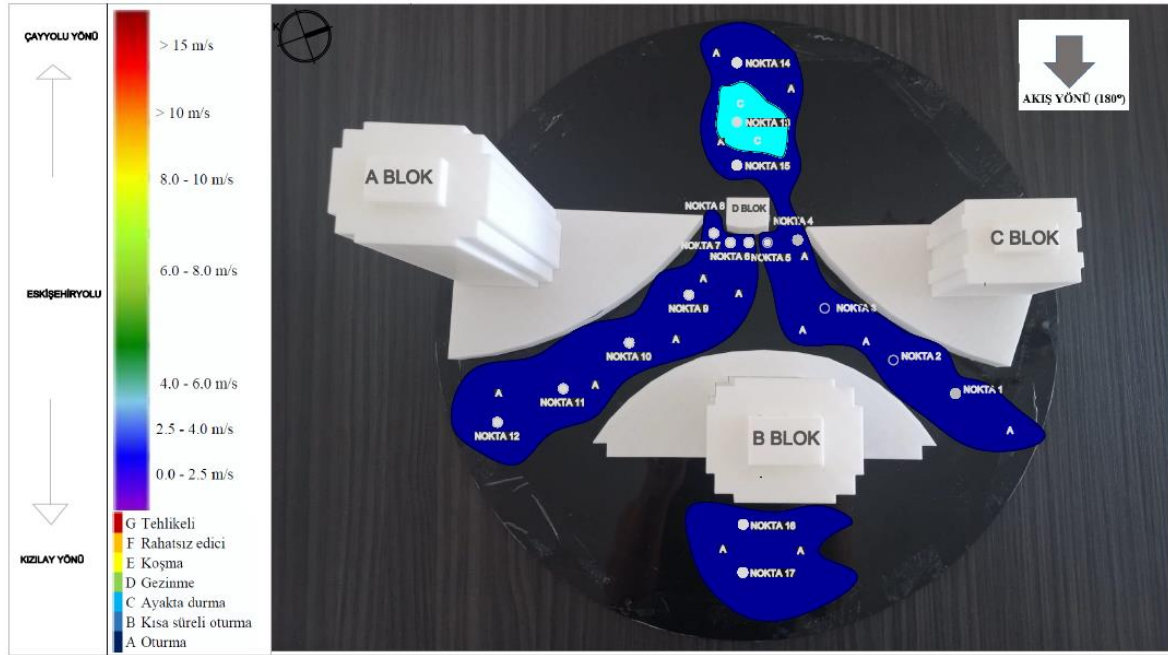
Şekil 4.33'te yer alan yaya rüzgâr konforu haritası incelendiğinde 180° (kuzeybatı) yönünde 10 m/s rüzgâr hızı ile yapılan ölçümler sonucunda tüm nokta çevrelerinin kısa süreli oturma için konforlu ancak oturma için konforlu olmadığı görülmüştür.



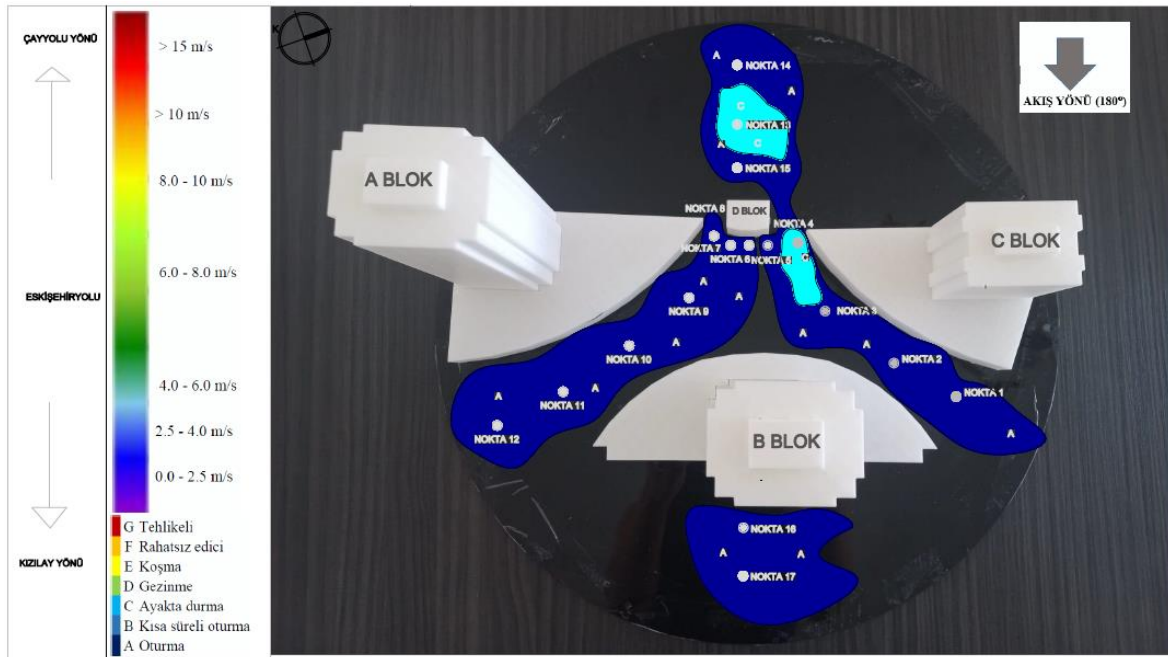
Şekil 4.33. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 180° (kuzeybatı) akış yönü ve 10 m/s rüzgâr hızı ile elde edilen sonuçlara dayalı yaya rüzgâr konforu haritası

Şekil 4.34'te yer alan yaya rüzgâr konforu haritası incelendiğinde 180° (kuzeybatı) yönünde 15 m/s rüzgâr hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 13 çevresinin ayakta durma için konforlu ancak oturma ve kısa süreli oturma için konforlu olmadığı görülmüştür.

Şekil 4.35'de yer alan yaya rüzgâr konforu haritası incelendiğinde 180° (kuzeybatı) yönünde 20 m/s rüzgâr hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 4 ve nokta 13 çevresinin ayakta durma için konforlu ancak oturma ve kısa süreli oturma için konforlu olmadığı görülmüştür.



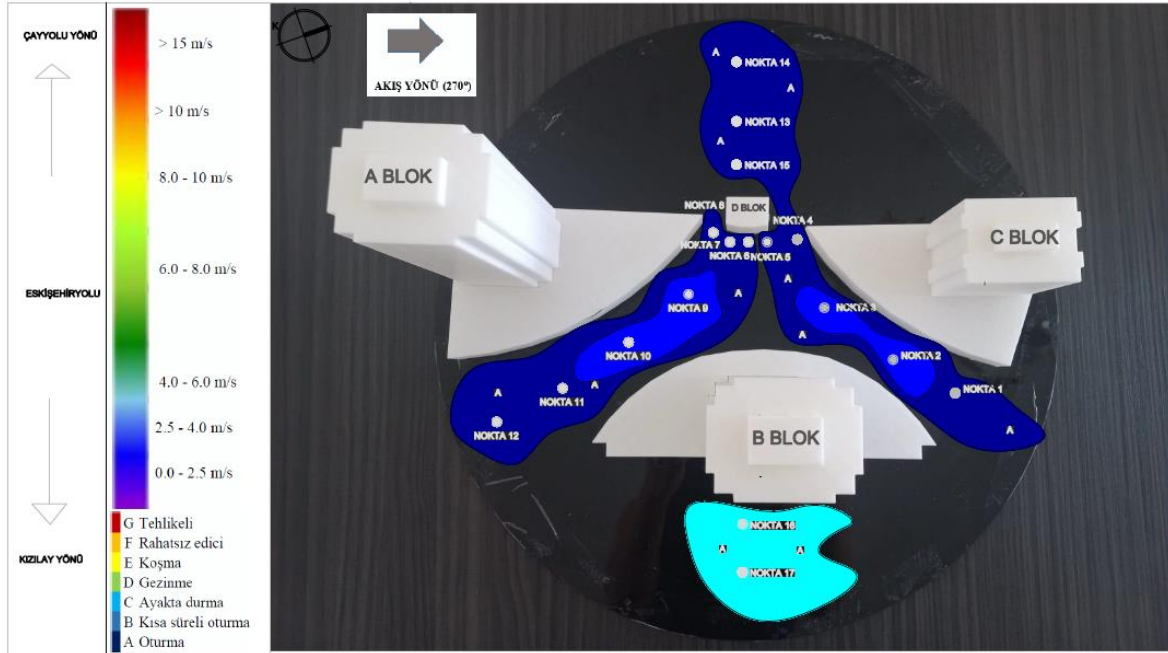
Şekil 4.34. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 180° (kuzeybatı) akış yönü ve 15 m/s rüzgâr hızı ile elde edilen sonuçlara dayalı yaya rüzgâr konforu haritası



Şekil 4.35. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 180° (kuzeybatı) akış yönü ve 20 m/s rüzgâr hızı ile elde edilen sonuçlara dayalı yaya rüzgâr konforu haritası

Şekil 4.36'da yer alan yaya rüzgâr konforu haritası incelendiğinde 270° (güneybatı) yönünde 5 m/s rüzgâr hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 2, nokta 3, nokta 9 ve nokta 10

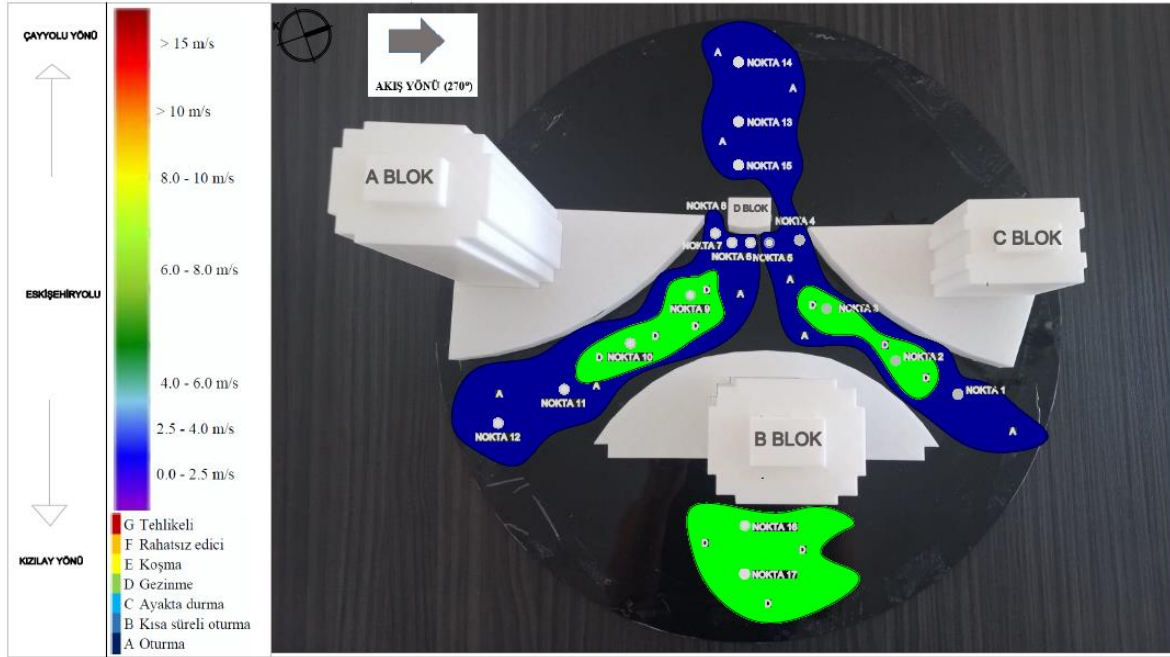
çevresinin kısa süreli oturma için konforlu ancak oturma için konforlu olmadığı; nokta 17 çevresinin ayakta durma için konforlu ancak oturma ve kısa süreli oturma için konforlu olmadığı görülmüştür.



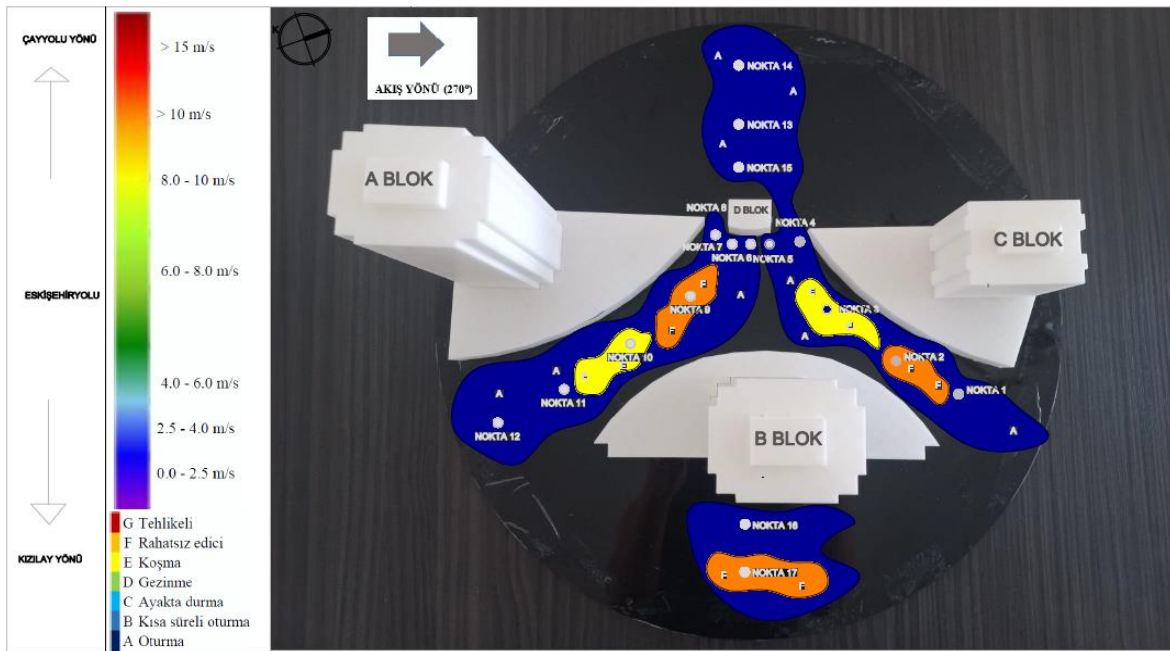
Şekil 4.36. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 270° (güneybatı) akış yönü ve 5 m/s rüzgâr hızı ile elde edilen sonuçlara dayalı yaya rüzgâr konforu haritası

Şekil 4.37’de yer alan yaya rüzgâr konforu haritası incelendiğinde 270° (güneybatı) yönünde 10 m/s rüzgâr hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 2, nokta 3, nokta 9, nokta 10, nokta 17 çevresinin gezinme için konforlu ancak ayakta durma, kısa süreli oturma ve oturma için konforlu olmadığı görülmüştür.

Şekil 4.38’de yer alan yaya rüzgâr konforu haritası incelendiğinde 270° (güneybatı) yönünde 15 m/s rüzgâr hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 3 ve nokta 10 çevresinin koşma için konforlu ancak oturma, kısa süreli oturma ve ayakta durma için konforlu olmadığı; nokta 2, nokta 9 ve nokta 17 çevresinin rahatsız edici olduğu görülmüştür.

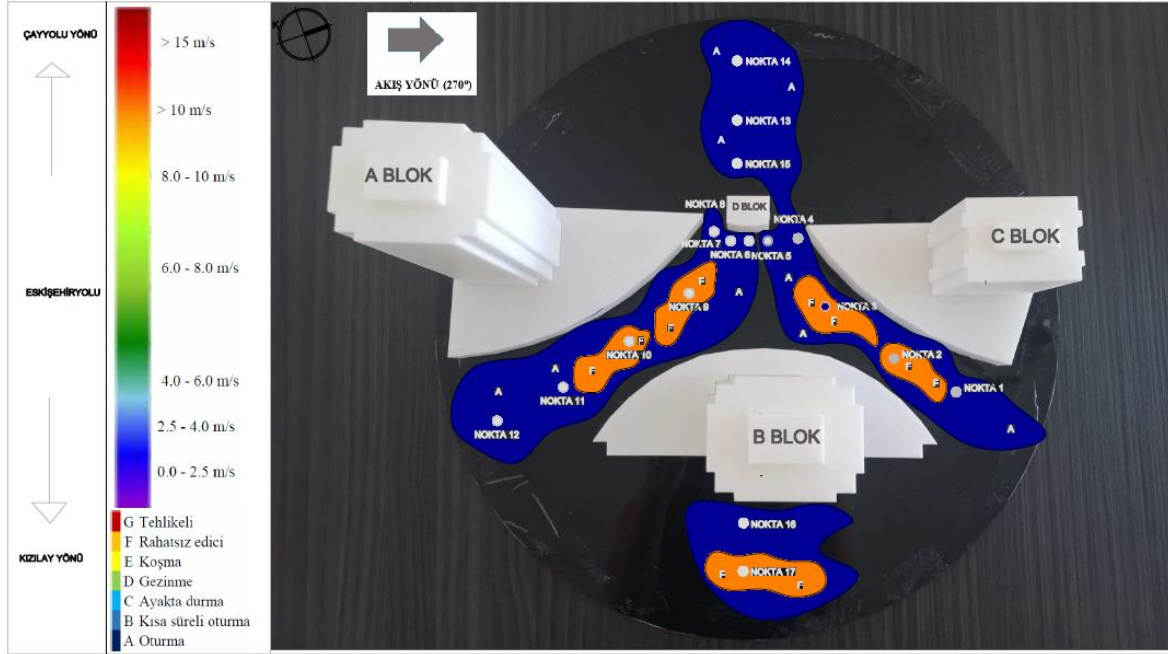


Şekil 4.37. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 270° (güneybatı) akış yönü ve 10 m/s rüzgâr hızı ile elde edilen sonuçlara dayalı yaya rüzgâr konforu haritası



Şekil 4.38. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 270° (güneybatı) akış yönü ve 15 m/s rüzgâr hızı ile elde edilen sonuçlara dayalı yaya rüzgâr konforu haritası

Şekil 4.39’da yer alan yaya rüzgâr konforu haritası incelendiğinde 270° (güneybatı) yönünde 20 m/s rüzgâr hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 2, nokta 3, nokta 9, nokta 10 ve nokta 17 çevresinin rahatsız edici olduğu görülmüştür.



Şekil 4.39. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) 270° (güneybatı) akış yönü ve 20 m/s rüzgâr hızı ile elde edilen sonuçlara dayalı yaya rüzgâr konforu haritası

Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) elde edilen sonuçlara dayalı olarak oluşturulan yaya rüzgâr konforu haritaları incelendiğinde, ölçüm yapılan bazı noktaların farklı rüzgâr yönü ve farklı rüzgâr hızı verileri ile farklı aktiviteler için konforlu oldukları, bazı noktaların ise tehlikeli olduğu tespit edilmiştir.

Bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin analizi amacıyla gerçekleştirilen rüzgâr tüneli testi sonucunda oluşturulan yaya rüzgâr konforu haritalarında elde edilen verilerin toplu gösterimine Çizelge 4.11’de yer verilmiştir. Tez çalışması kapsamında deneysel analizi (rüzgâr tüneli testi) gerçekleştirilen örneklem binada oturma, kısa süreli oturma, ayakta durma, gezinme ve koşma aktivitelerinin tamamını görmek mümkündür. Bu bağlamda, rüzgar tüneli testi sonucunda elde edilen veriler dikkate alınarak oluşturulan yaya rüzgâr konforu akış gösterimlerinde ölçüm yapılan noktaların hangi aktiviteler için konforlu olduğu belirtilmiştir.

Çizelge 4.11’de yer alan veri çizelgesine göre 0° (güneydoğu) akış yönünden gerçekleştirilen ölçümlerde, kısa süreli oturma, ayakta durma, gezinme, koşma için konforlu ancak oturma için konforlu olmayan noktalar ile rahatsız edici ve tehlikeli noktaların oluştuğu görülmektedir.

Çizelge 4.11’de yer alan veri çizelgesine göre 90° (kuzeydoğu) akış yönünden gerçekleştirilen ölçümlerde, kısa süreli oturma, ayakta durma, gezinme için konforlu ancak oturma için konforlu olmayan noktalar ile rahatsız edici ve tehlikeli noktaların oluştuğu görülmektedir.

Çizelge 4.11’de yer alan veri çizelgesine göre 180° (kuzeybatı) akış yönünden gerçekleştirilen ölçümlerde, kısa süreli oturma, ayakta durma için konforlu ancak oturma için konforlu olmayan noktaların oluştuğu görülmektedir.

Çizelge 4.11’de yer alan veri çizelgesine göre 270° (güneybatı) akış yönünden gerçekleştirilen ölçümlerde, kısa süreli oturma, ayakta durma, gezinme, koşma için konforlu ancak oturma için konforlu olmayan noktalar ile rahatsız edici noktaların oluştuğu görülmektedir. Bu bağlamda, örneklem binada yer alan mekân aktivitelerinin çoğunlukla oturma olduğu dikkate alındığında; deneysel analiz (rüzgâr tüneli testi) sonucunda ölçüm yapılan bazı noktaların oturma aktivitesi için konforlu olmadığı tespit edilmiştir.

4.4.3. Rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara rüzgâr gülü verilerinin MS EXCEL yazılımı ile karşılaştırmalı betimsel analizi (İstatistiksel analiz)

Tez çalışması kapsamında önceki bölümde örneklem binanın aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin deneysel analizi sonrasında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçlarının MATLAB yazılımı ile analizi (istatistiksel analiz) gerçekleştirilmiştir. Bu istatistiksel analiz sonucunda elde edilen veriler doğrultusunda, yaya rüzgâr konforu haritaları oluşturulmuştur. Bu haritalarda rüzgâr tüneli testi süresince ölçüm yapılan onyedü farklı noktanın tez çalışması kapsamında belirlenen hangi aktiviteler için konforlu olduğu belirtilmiştir. Gerçekleştirilen rüzgâr tüneli testi sonucunda oluşturulan yaya rüzgâr konforu haritalarında elde edilen verilerin toplu gösterimine Çizelge 4.11’de yer verilmiştir.

Tez çalışmasının bu bölümünde, rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara rüzgâr gülü verilerinin MS EXCEL yazılımı ile karşılaştırmalı istatistiksel analizi (betimsel analiz) gerçekleştirilmiştir. Analizi gerçekleştirilen örneklem binanın Ankara’da yer alması nedeniyle, Şekil 4.40’da verilen Ankara iline ait rüzgâr gülü haritası incelenmiş, rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara rüzgâr gülü verilerinin karşılaştırmalı analizi gerçekleştirilmiştir.

Şekil 4.40’da yer alan Ankara rüzgâr gülünde Ankara ili için hangi yönlerden hangi rüzgâr hızlarının hangi sıklıkla gerçekleştiği görülmektedir. Rüzgâr hızları 0-5 km/h, 5-10 km/h, 10-15 km/h, 15-20 km/h, 20-25 km/h, 25-30 km/h olarak gri renginden başlayarak, açık yeşil ve koyu yeşile doğru sıralanmıştır.



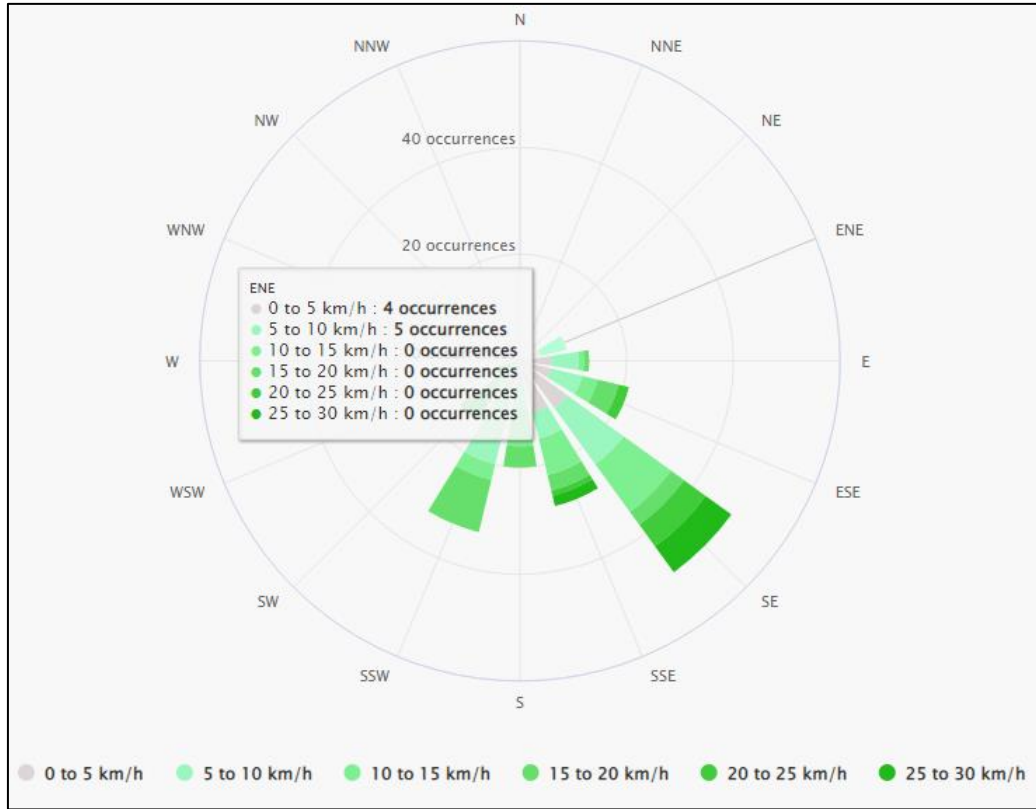
Şekil 4.40. Ankara rüzgâr gülü (Meteoblue web sitesi, 2021)

Ankara rüzgâr gülünde referans değer olarak alınmış olan rüzgâr hızları ölçütü olan km/h'in tez çalışmasında kullanılan rüzgâr hızı ölçütü olan m/s olarak karşılıklarına Çizelge 4.12'de yer verilmiştir.

Çizelge 4.12. Ankara rüzgâr gülü'nde yer alan rüzgâr hızları (km/h) karşılığı (m/s) değerleri

Km/h Değeri	M/s Değeri
0-5 km/h	0-1,38 m/s
5-10 km/h	1,38-2,77 m/s
10-15 km/h	2,77-4,16 m/s
15-20 km/h	4,16-5,55 m/s
20-25 km/h	5,55-6,94 m/s
25-30 km/h	6,94-8,33 m/s

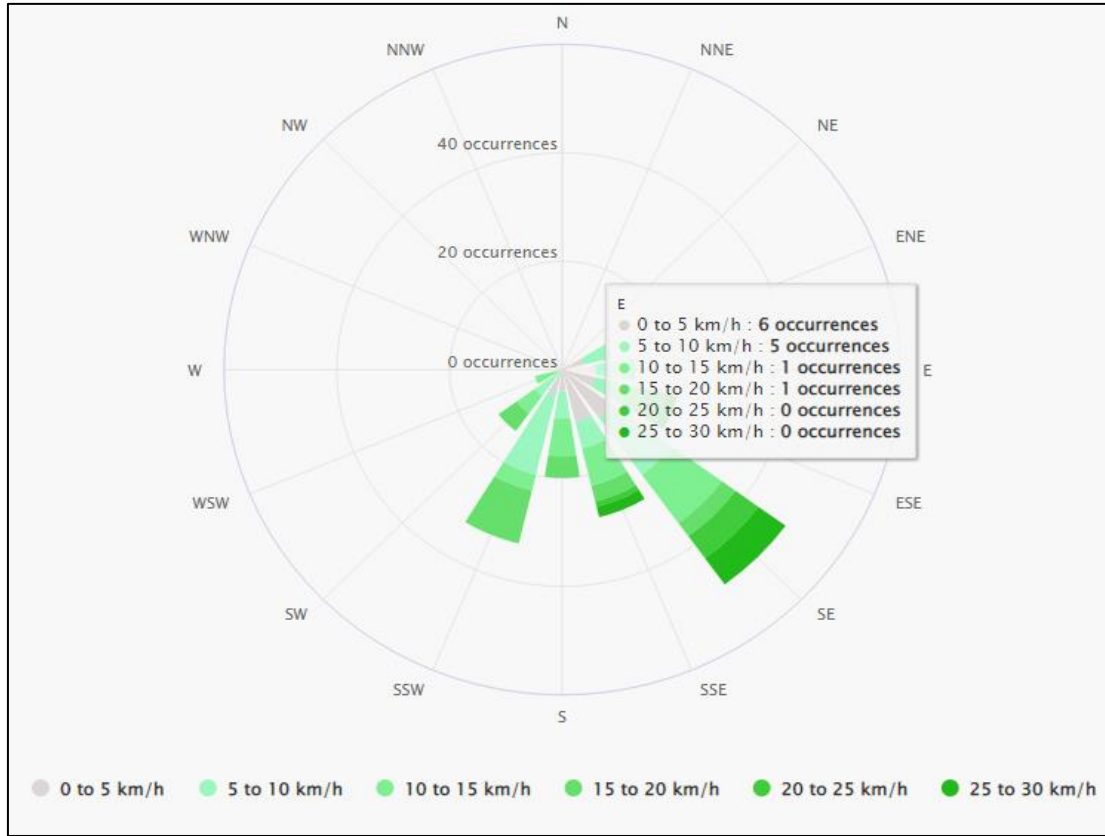
Şekil 4.41'de yer alan rüzgâr gülü verisi incelendiğinde Ankara'da doğu, kuzeydoğu yönünde 0-1,38 m/s ve 1,38-2,77 m/s rüzgâr hızlarının oluştuğu görülmektedir.



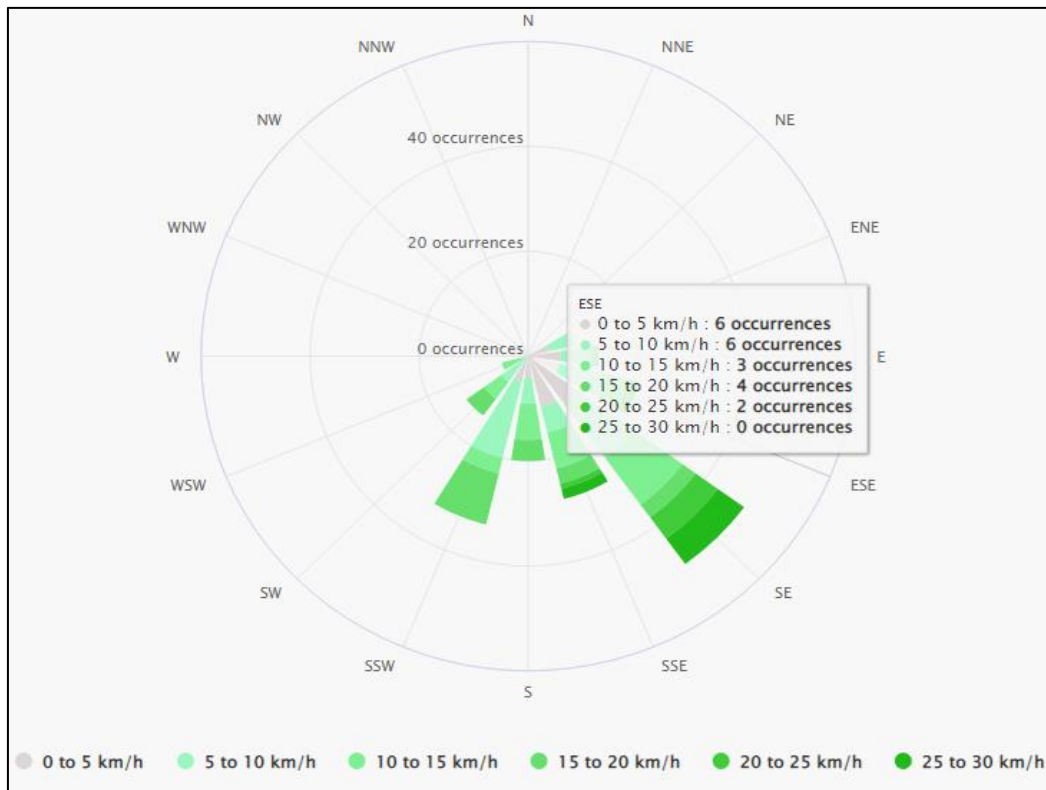
Şekil 4.41. Ankara rüzgâr gülünde doğu, kuzeydoğu yönü verileri (Meteoblue web sitesi, 2021)

Şekil 4.42’de yer alan rüzgâr gülü verisi incelendiğinde Ankara’da doğu yönünde 0-1,38 m/s, 1,38-2,77 m/s, 2,77-4,16 m/s ve 4,16-5,55 m/s rüzgâr hızlarının oluştuğu görülmektedir.

Şekil 4.43’de yer alan rüzgâr gülü verisi incelendiğinde Ankara’da doğu, güneydoğu yönünde 0-1,38 m/s, 1,38-2,77 m/s, 2,77-4,16 m/s, 4,16-5,55 m/s ve 5,55-6,94 m/s rüzgâr hızlarının oluştuğu görülmektedir.

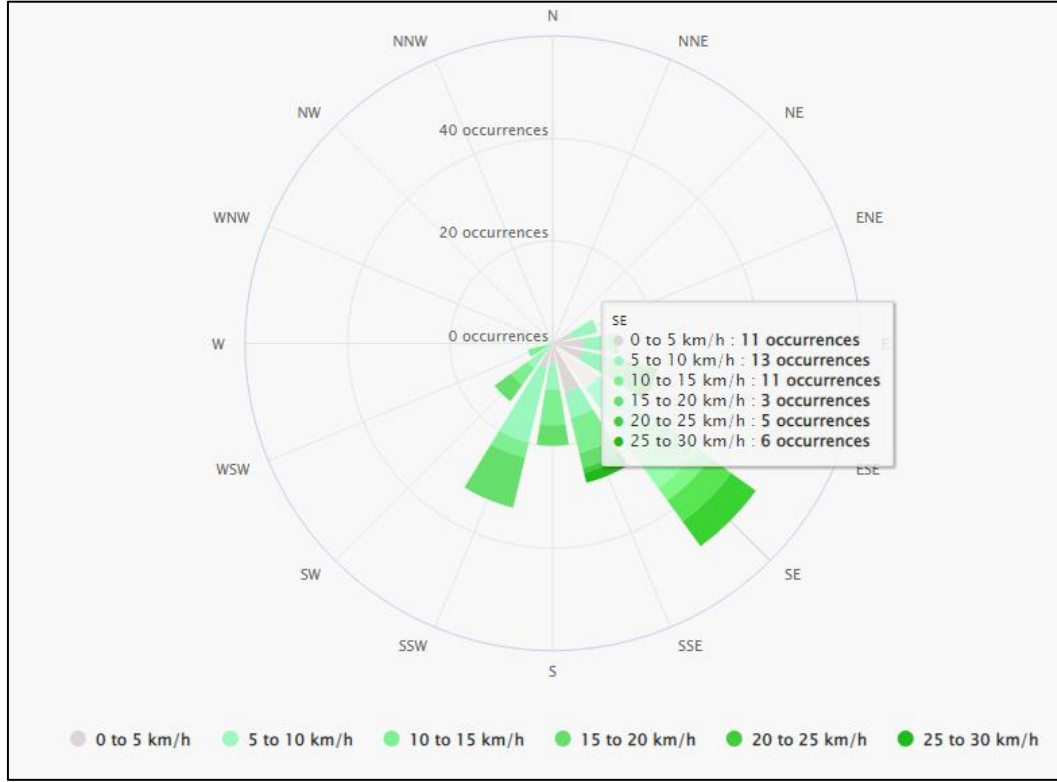


Şekil 4.42. Ankara rüzgâr gülünde doğu yönü verileri (Meteoblue web sitesi, 2021)



Şekil 4.43. Ankara rüzgâr gülünde doğu, güneydoğu yönü verileri (Meteoblue web sitesi, 2021)

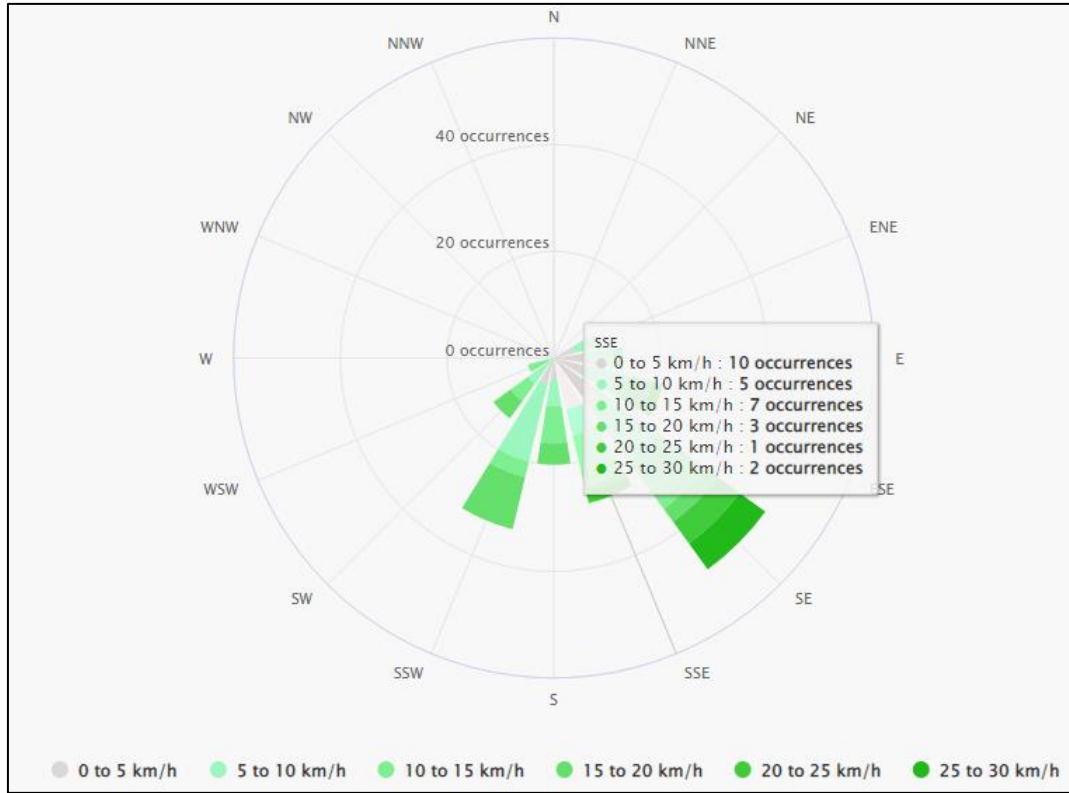
Şekil 4.44'te yer alan rüzgâr gülü verisi incelendiğinde Ankara'da güneydoğu yönünde 0-1,38 m/s, 1,38-2,77 m/s, 2,77-4,16 m/s, 4,16-5,55 m/s, 5,55-6,94 m/s ve 6,94-8,33 m/s rüzgâr hızlarının olduğu görülmektedir.



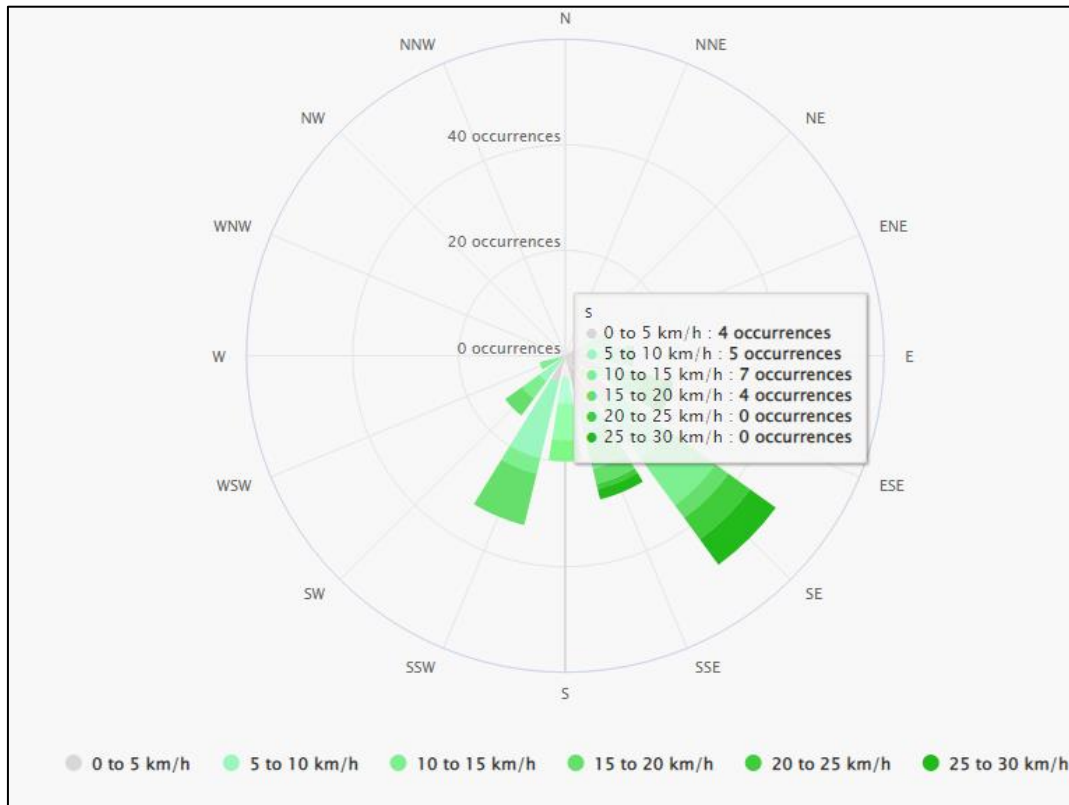
Şekil 4.44. Ankara rüzgâr gülünde güneydoğu yönü verileri (Meteoblue web sitesi, 2021)

Şekil 4.45'te yer alan rüzgâr gülü verisi incelendiğinde Ankara'da güney, güneydoğu yönünde 0-1,38 m/s, 1,38-2,77 m/s, 2,77-4,16 m/s, 4,16-5,55 m/s, 5,55-6,94 m/s ve 6,94-8,33 m/s rüzgâr hızlarının olduğu görülmektedir.

Şekil 4.46'da yer alan rüzgâr gülü verisi incelendiğinde Ankara'da güney yönünde 0-1,38 m/s, 1,38-2,77 m/s, 2,77-4,16 m/s ve 4,16-5,55 m/s rüzgâr hızlarının olduğu görülmektedir.

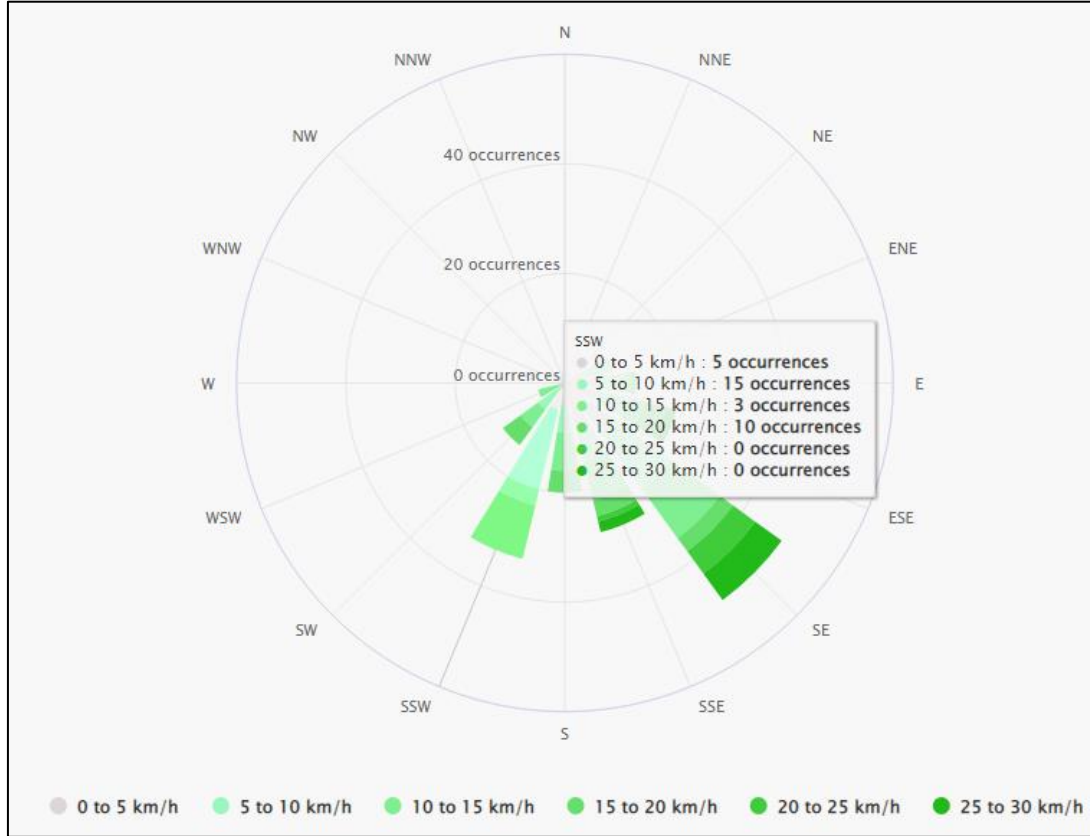


Şekil 4.45. Ankara rüzgâr gülünde güney, güneydoğu yönü verileri (Meteoblue web sitesi, 2021)



Şekil 4.46. Ankara rüzgâr gülünde güney yönü verileri (Meteoblue web sitesi, 2021)

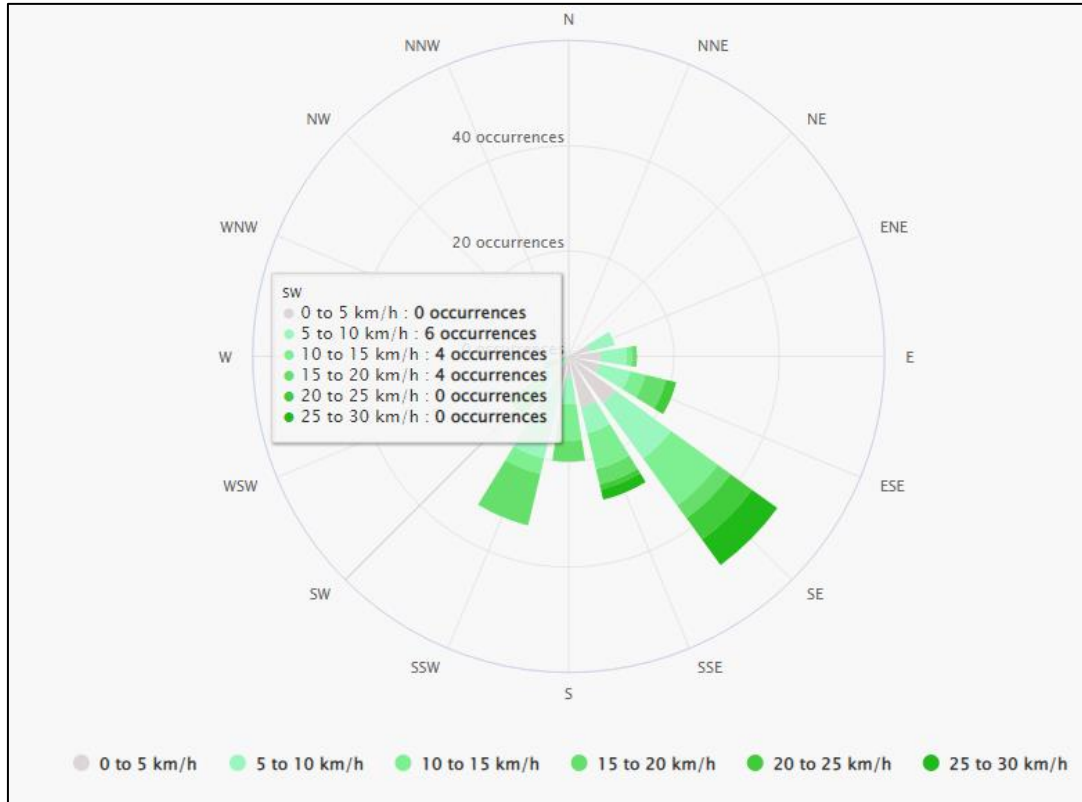
Şekil 4.47’de yer alan rüzgâr gülü verisi incelendiğinde Ankara’da güney, güneybatı yönünde 0-1,38 m/s, 1,38-2,77 m/s, 2,77-4,16 m/s ve 4,16-5,55 m/s rüzgâr hızlarının oluştuğu görülmektedir.



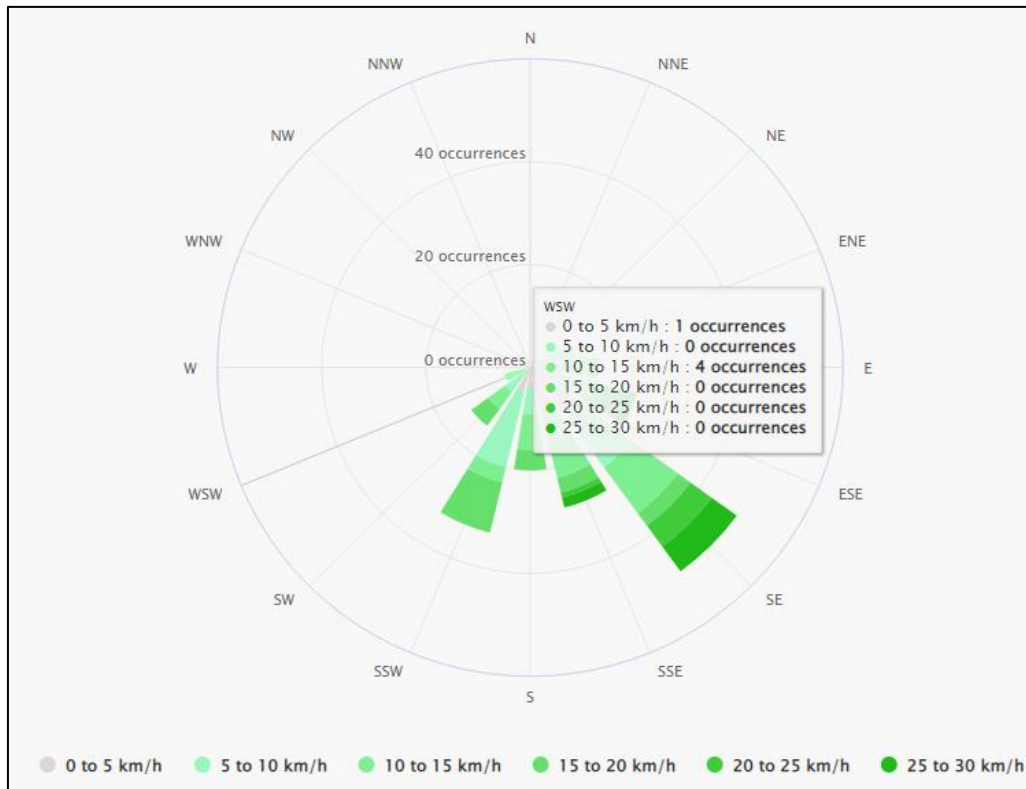
Şekil 4.47. Ankara rüzgâr gülünde güney, güneybatı yönü verileri (Meteoblue web sitesi, 2021)

Şekil 4.48’de yer alan rüzgâr gülü verisi incelendiğinde Ankara’da güneybatı yönünde 0-1,38 m/s, 1,38-2,77 m/s, 2,77-4,16 m/s ve 4,16-5,55 m/s rüzgâr hızlarının oluştuğu görülmektedir.

Şekil 4.49’da yer alan rüzgâr gülü verisi incelendiğinde Ankara’da batı, güneybatı yönünde 0-1,38 m/s ve 2,77-4,16 m/s rüzgâr hızlarının oluştuğu görülmektedir.



Şekil 4.48. Ankara rüzgâr gülünde güneybatı yönü verileri (Meteoblue web sitesi, 2021)

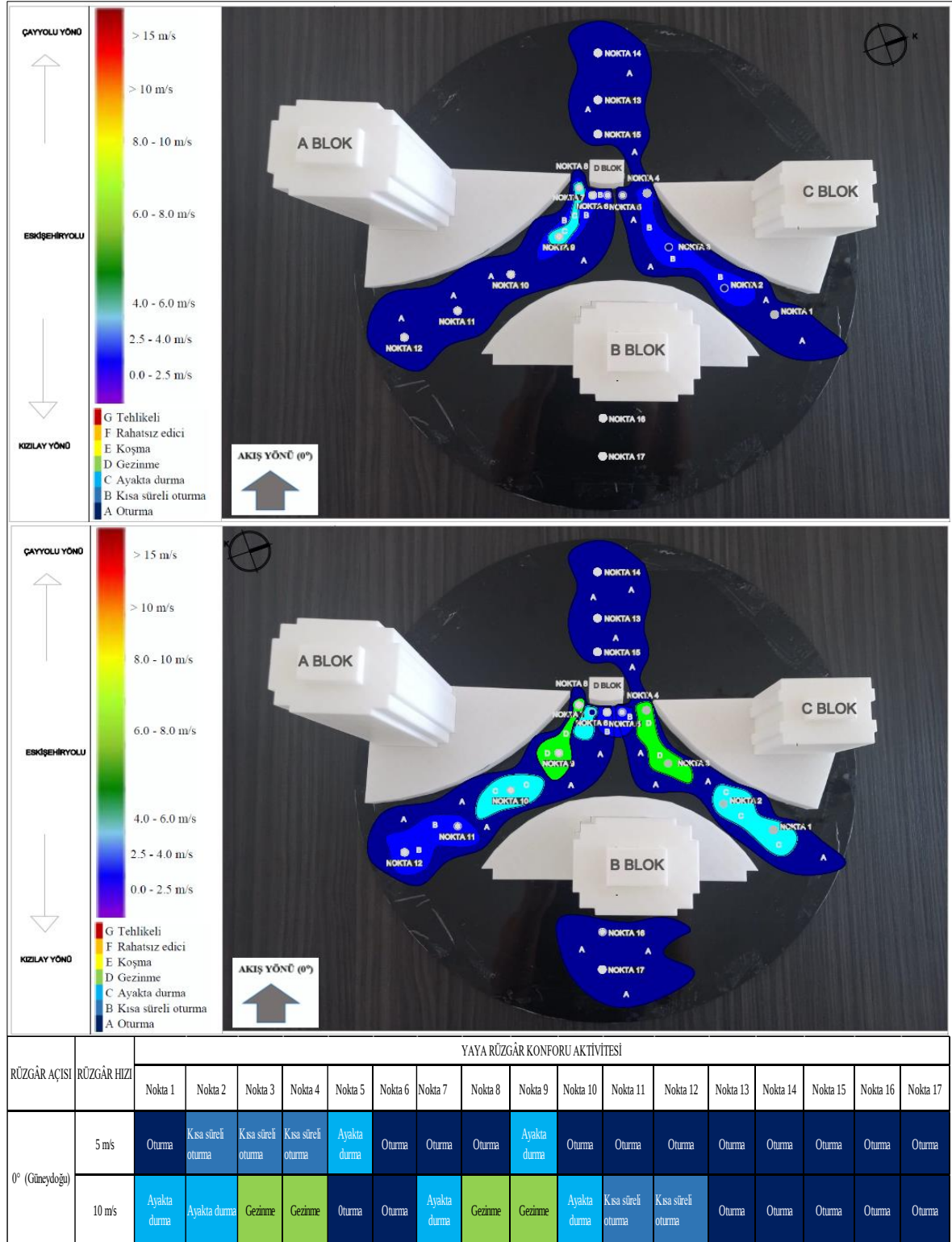


Şekil 4.49. Ankara rüzgâr gülünde batı, güneybatı yönü verileri (Meteoblue web sitesi, 2021)

Ankara rüzgâr gülü verileri incelendiğinde Ankara'da güney, doğu yönü ile güney, güneydoğu yönünde rüzgâr hızlarının 0-1,38 m/s, 1,38-2,77 m/s, 2,77-4,16 m/s, 4,16-5,55 m/s, 5,55-6,94 m/s ve 6,94-8,33 m/s olarak oluştuğu görülmektedir.

Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara rüzgâr gülü verileri karşılaştırıldığında, Ankara'da rüzgâr hızının en yüksek güney-güneydoğu yönlerinden geldiği görülmekte olup, bu yön tez kapsamında Çizelge 4.12'de gösterilen 0° (güneydoğu) rüzgâr açısı ile gerçekleştirilen rüzgâr tüneli testine karşılık gelmektedir. Şekil 4.50'de yer alan veri analizleri incelendiğinde, rüzgâr tüneli testinde maket üzerinden ölçüm yapılan birçok noktanın oturma ve kısa süreli oturma aktiviteleri için konforlu olmadığı görülmüştür.

Ankara rüzgâr gülü verileri olan güney yönü, doğu yönü ile güney, güneydoğu yönünde rüzgâr hızlarının 0-1,38 m/s, 1,38-2,77 m/s, 2,77-4,16 m/s, 4,16-5,55 m/s, 5,55-6,94 m/s ve 6,94-8,33 m/s olarak oluşması dikkate alındığında; söz konusu hızların örneklem alana ilişkin gerçekleştirilen rüzgâr tüneli testinde 0° (Güneydoğu) rüzgâr açısı ile 5 m/s ve 10 m/s rüzgâr hızı ile elde edilen verilerin aralığında bulunduğu görülmektedir. Bu bağlamda; Şekil 4.50'de yer alan yer alan rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara rüzgâr gülü verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi (istatistiksel) incelendiğinde, örneklem alanda güneydoğu yönünden gelen rüzgâr sebebiyle bazı noktaların kısa süreli oturma için konforlu ancak oturma için konforlu olmadığı, bazı noktaların ayakta durma için konforlu ancak kısa süreli oturma ve oturma için konforlu olmadığı, bazı noktaların gezinme için konforlu ancak ayakta durma, kısa süreli oturma ve oturma için konforlu olmadığı görülmektedir.



Şekil 4.50. Tez çalışması kapsamında 0° (güneydoğu) rüzgâr açısı ve 5 m/s - 10 m/s rüzgâr hızları ile elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara rüzgâr gülü verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi

Tez çalışmasının bu bölümünde, analizi gerçekleştirilen örneklem binanın Ankara’da yer alması nedeniyle Ankara iline ait rüzgâr gülü haritası incelenmiştir. Örneklem binaya ilişkin gerçekleştirilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara rüzgâr gülü verilerinin MS EXCEL yazılımı ile karşılaştırmalı istatistiksel analizi (betimsel analiz) gerçekleştirilmiştir.

4.4.4. Rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara maksimum rüzgâr hızı verilerinin (2014 ve 2021 yılları) MS EXCEL yazılımı ile karşılaştırmalı betimsel analizi (İstatistiksel analiz)

Bölüm 4.4.2’de örneklem binanın aerodinamiğinin yaya rüzgar konforu üzerindeki etkilerinin deneysel analizinden elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçlarının MATLAB yazılımı ile analizi (İstatistiksel analiz) gerçekleştirilmiştir. Bu istatistiksel analiz sonucunda, rüzgar tüneli testi süresince ölçüm yapılan onyediy farklı noktanın tez çalışması kapsamında belirlenen hangi aktiviteler için konforlu olduğunu belirtilmiştir. Söz konusu akış gösterimleri dikkate alınarak gerçekleştirilen rüzgâr tüneli testi sonucunda elde edilen verilerin çizelgesine Çizelge 4.6’da yer verilmiştir. Tez çalışmasının bu bölümünde, rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara maksimum rüzgâr hızı verilerinin (2014 ve 2021 yılları) MS EXCEL yazılımı ile karşılaştırmalı betimsel analizi (İstatistiksel analiz) gerçekleştirilmiştir.

Örneklem binaya ilişkin rüzgâr tüneli testleri sonuçlarının ve Ankara iline ilişkin gerçek rüzgâr verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizinin (istatistiksel) yapılabilmesi amacıyla T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğünden Ankara İline ait rüzgâr verileri temin edilmiştir. Elde edilen veriler, Çizelge 4.13 ve Çizelge 4.22’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.13 incelendiğinde Ankara’da rüzgâr hızının maksimum olduğu aylar 2000 yılı ile 2004 yılları arasında 23,5 m/s rüzgâr hızı ile (güneybatı yönü) Mart ayı olarak görünmekte iken 2005 yılından 2014 yılına kadar son dokuz yıl içerisinde Şubat ve Eylül ayları arasında yıllara göre değişiklik gösterdiği görülmektedir. 2014 yılında Ankara’da rüzgâr hızının maksimum olduğu ay güney batı yönü ile Nisan ayı olarak görünmekte iken en düşük olduğu ay ise kuzey-kuzey doğu yönü ile Ekim ayı olarak görünmektedir.

Çizelge 4.13. Ankara ili aylık maksimum rüzgâr hızı (10 m.de) (m/s) ve yönü
(Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2015)

Aylık Maksimum Rüzgâr Hızı (10 m.de) (m/s) ve Yönü												
İSTASYON ADI/NO: ANKARA / 17130												
YIL/AY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2000	15,4 /NE	14,4 /SSE	16,5 /NE	20,1 /SE	14,7 /NE	14,2 /W	14,2 /NE	16,0 /NNE	19,1 /W	14,9 /SW	12,6 /S	15,5 /SW
2001	12,9 /NE	16,0 /SWW	19,6 /NE	19,6 /SW	20,1 /NE	15,7 / SWW	19,1 /ENE	14,9 /NE	13,9 / SWW	14,2 /ESE	22,1 /SSW	19,6 /NE
2002	19,6 /ENE	14,4 / SWW	20,1 /SW	22,1 /W	15,7 /ENE	18,0 /SW	17,0 /NE	15,4 / SWW	14,4 /SW	14,9 / SWW	19,6 /SW	17,0 /NE
2003	16,5 / SWW	20,6 /SE	20,6 /ENE	21,9 /W	14,7 /ENE	15,5 /NNW	13,9 /NNW	14,7 /NE	18,5 /W	21,1 /SW	14,4 /NNE	19,3 / S
2004	19,1 /SSE	18,5 /SSW	13,4 /SW	19,1 /WSW	12,9 /WSW	13,9 /SW	13,9 /NE	15,5 /E	14,4 /NNE	14,4 /NE	15,5 /W	10,8 /NNW
2005	13,6 /SSE	19,3 /W	17,5 / SWW	19,1 /NE	15,7 /NE	16,5 / SWW	16,2 / SWW	19,3 /NE	11,1 /NE	12,6 / SWW	12,4 /ENE	17,5 /SW
2006	14,4 /E	14,2 /SW	15,7 /SE	14,4 /SSW	16,5 /W	17,5 /SW	14,4 /NE	11,6 /NE	19,1 /WSW	14,9 /NNW	13,6 /SSW	14,2 /NNW
2007												12,2 /W
2008	13,0 /NE	15,8 /NE	18,6 /W	18,1 /SSW	13,4 / S	20,8 /NE	15,2 /N	15,2 /NE	13,2 /NE	13,5 /NE	20,1 /S	12,8 /ENE
2009	13,2 / S	18,4 /SSW	16,9 /SW	15,6 / S	15,2 /ENE	14,5 /NE	14,0 /NE	15,4 /NE	11,6 /NNE	10,6 /NE	10,9 /NNE	12,2 / S
2010	15,4 /SW	15,7 /SW	17,5 / SWW	14,3 /W	12,2 / SWW	16,9 /SSW	13,9 /NE	15,6 /NE	12,6 /NNE	12,6 /NE	13,6 /SSW	16,9 /NE
2011	11,6 /NE	11,4 /N	16,1 /NE	14,9 / SWW	14,6 /W	16,4 /NNW	15,4 /NE	15,3 /NE	11,0 /SW	15,6 / S	13,6 /ENE	10,9 / S
2012	12,3 / S	16,6 /N	15,9 / SWW	23,2 /SW	15,3 /SW	16,6 / N	18,3 /NNE	16,8 /NE	14,3 /NE	13,3 /NE	15,6 /NE	14,1 /SW
2013	14,1 /SSW	16,4 /SW	23,5 /SW	16,7 /SSW	18,1 / SWW	17,9 /SSW	13,9 /NE	16,5 /ENE	10,6 /SW	14,2 /SE	10,6 /NNE	15,1 /N
2014	13,9 /SW	14,2 /SW	14,0 /NE	20,1 /SW	16,1 /SW	17,4 /WNW	13,9 /NNW	15,1 /NE	17,5 / SWW	11,9 /NNE	12,6 /NE	16,3 /SSW

Rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara maksimum rüzgâr hızı verilerinin (2014 ve 2021 yılları) MS EXCEL yazılımı ile karşılaştırmalı betimsel analizi (İstatistiksel analiz) üç adımda gerçekleştirilmiştir. İlk adımda rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014 yılı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi; ikinci adımda rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2021 yılı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi; üçüncü adımda ise rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014 - 2021 yılı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi yapılmıştır.

Rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara maksimum rüzgâr hızı verilerinin (2014 ve 2021 yılları) MS EXCEL yazılımı ile karşılaştırmalı betimsel analizi (istatistiksel analiz) kapsamında ay bazında analizler gerçekleştirilmiştir. Rüzgâr tüneline test ölçümü yapılan açılara karşılık gelen yönler Çizelge 4.14’te yer verilmiştir.

Çizelge 4.14. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) ölçüm yapılan açılara karşılık gelen yönler

Değerlendirmede Dikkate Alınan Değerler	
Rüzgâr Açısı	Rüzgâr Yönü
0°	Güneydoğu
90°	Kuzeydoğu
180°	Kuzeybatı
270°	Güneybatı

Adım 1: Rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014 yılı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi (İstatistiksel analiz)

Tez çalışması kapsamında rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014 - 2021 yılları maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi (İstatistiksel analiz) başlığı altında ilk adım olarak, rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014 yılı maksimum rüzgâr hızı verilerinin ay bazında karşılaştırmalı betimsel analizi gerçekleştirilmiştir. Bu istatistiksel analizlerin gerçekleştirilebilmesi için T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilen Ankara 2014 yılı maksimum rüzgâr hızı verilerine Çizelge 4.15'te yer verilmiştir.

Çizelge 4.15. Ankara ili 2014 yılı aylık maksimum rüzgâr hızı (10 m.de) (m/s) ve yönü [Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2015].

Aylık Maksimum Rüzgâr Hızı (10 m.de) (m/s) ve Yönü												
İSTASYON ADI/NO: ANKARA / 17130												
YIL/AY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2014	13,9 /SW	14,2 /SW	14,0 /NE	20,1 /SW	16,1 /SW	17,4 /WNW	13,9 /NNW	15,1 /NE	17,5 /SWW	11,9 /NNE	12,6 /NE	16,3 /SSW

Ocak Ayı

Çizelge 4.15'te sunulan Ankara ili 2014 yılı aylık maksimum rüzgâr hızı ve yönü verileri incelendiğinde Ocak ayına ilişkin maksimum rüzgâr hızının 13,9 m/s ve yönünün güneybatı olduğu görülmektedir. Güneybatı yönü rüzgâr tüneli testinde 270° rüzgâr açısı ile gerçekleştirilen analizlere karşılık gelmekte olup söz konusu analiz verilerine Şekil 4.51'de yer verilmiştir.

Şekil 4.51’de yer alan analiz verileri incelendiğinde 270° yönünde (güneybatı) 10 m/s hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 2, nokta 3, nokta 9, nokta 10 ve nokta 17 çevresinin gezinme için konforlu ancak ayakta durma, kısa süreli oturma ve oturma için konforlu olmadığı görülmüştür.

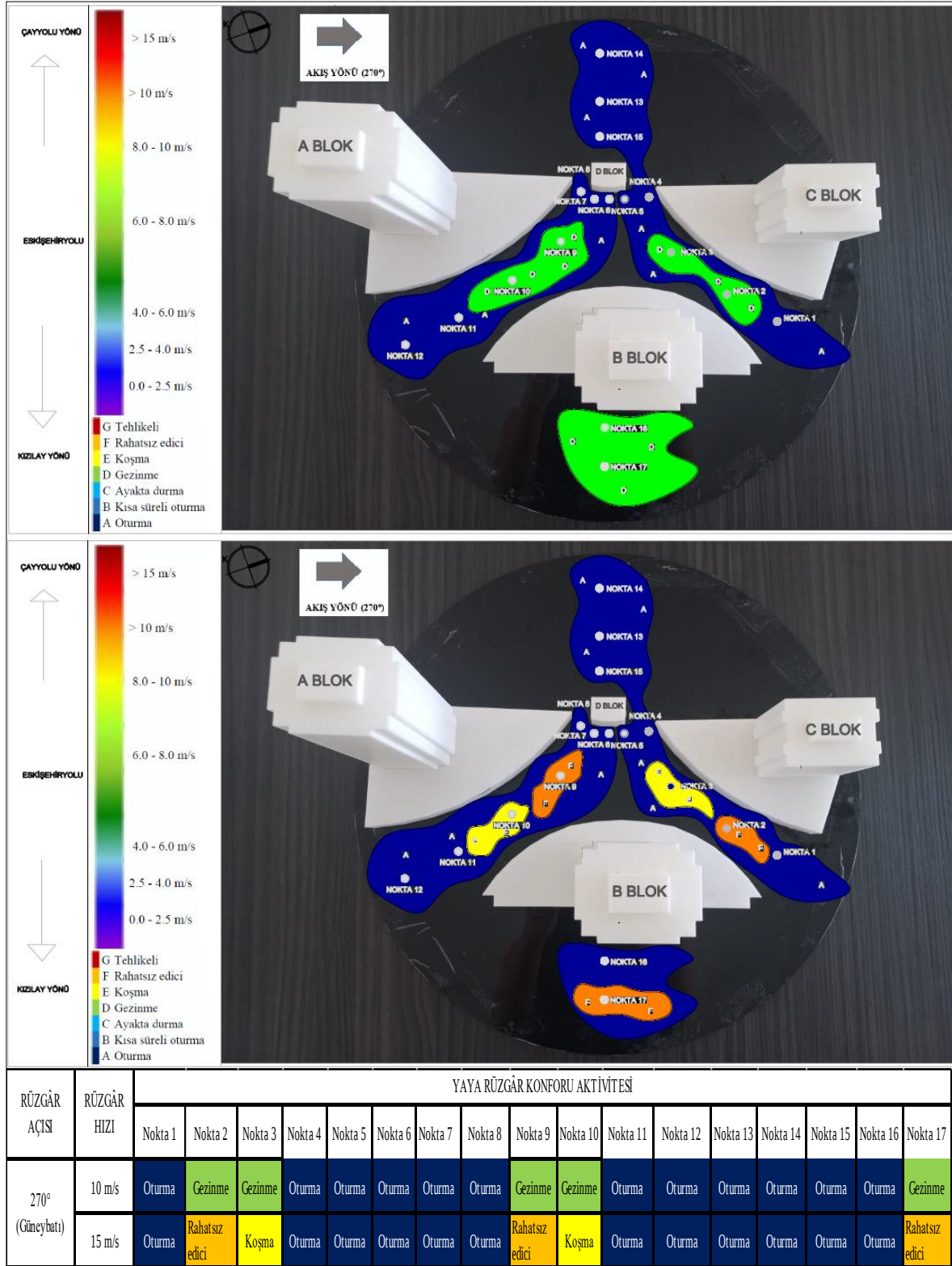
270° yönünde (güneybatı) 15 m/s hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 3 ve nokta 10 çevresinin koşma için konforlu ancak oturma, kısa süreli oturma ve ayakta durma için konforlu olmadığı; nokta 2, nokta 9 ve nokta 17 çevresinin rahatsız edici olduğu görülmüştür.

Şubat Ayı

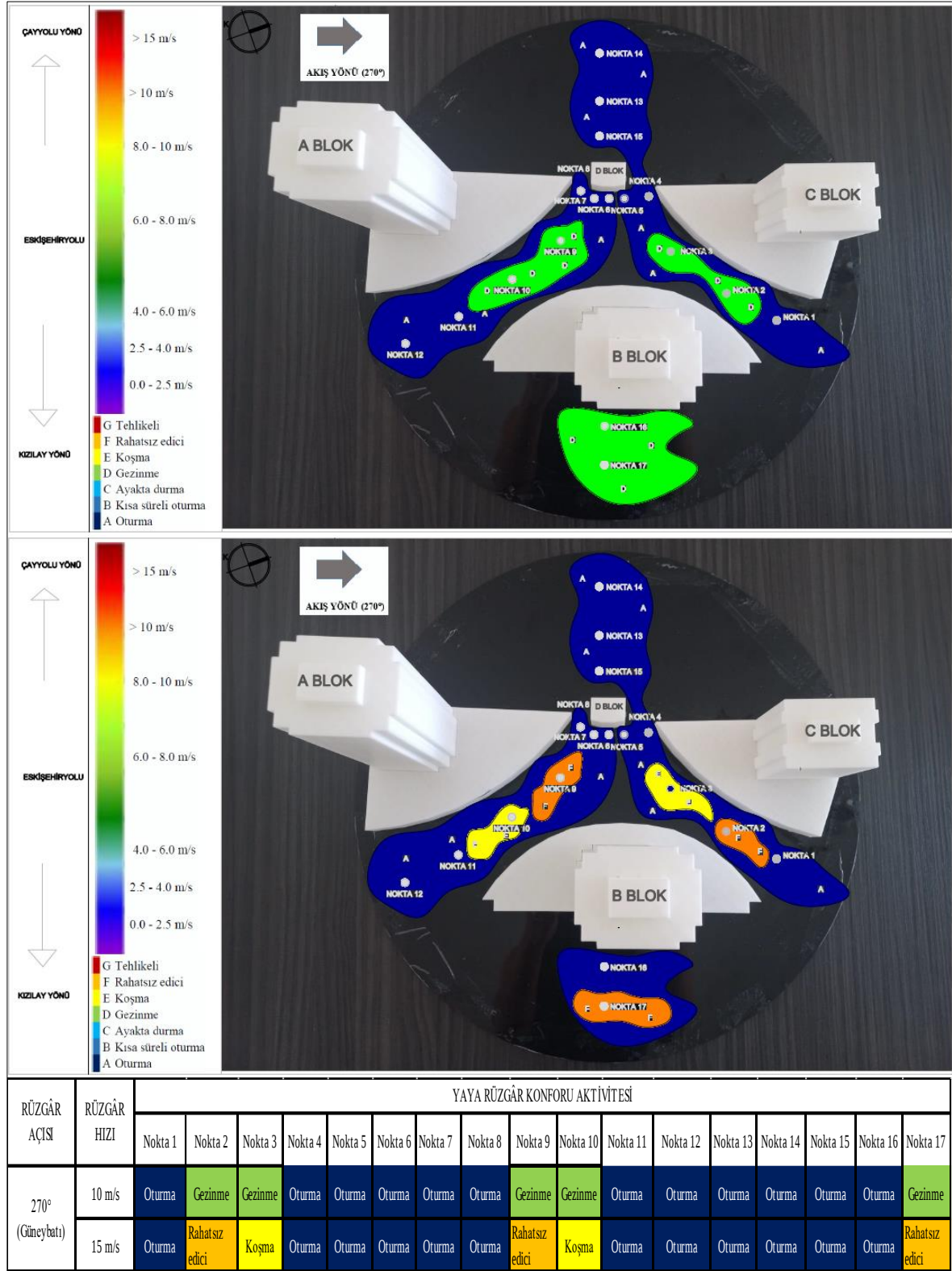
Çizelge 4.15’te sunulan Ankara ili 2014 yılı aylık maksimum rüzgâr hızı ve yönü verileri incelendiğinde Şubat ayına ilişkin maksimum rüzgâr hızının 14,2 m/s ve yönünün güneybatı olduğu görülmektedir. Güneybatı yönü rüzgâr tüneli testinde 270° rüzgâr açısı ile gerçekleştirilen analizlere karşılık gelmekte olup söz konusu analiz verilerine Şekil 4.52’de yer verilmiştir.

Şekil 4.52’de yer alan analiz verileri incelendiğinde 270° yönünde (güneybatı) 10 m/s hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 2, nokta 3, nokta 9, nokta 10 ve nokta 17 çevresinin gezinme için konforlu ancak ayakta durma, kısa süreli oturma ve oturma için konforlu olmadığı görülmüştür.

270° yönünde (güneybatı) 15 m/s hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 3 ve nokta 10 çevresinin koşma için konforlu ancak oturma, kısa süreli oturma ve ayakta durma için konforlu olmadığı; nokta 2, nokta 9 ve nokta 17 çevresinin rahatsız edici olduğu görülmüştür.



Şekil 4.51. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014 yılı Ocak ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi



Şekil 4.52. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014 yılı Şubat ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi

Mart Ayı

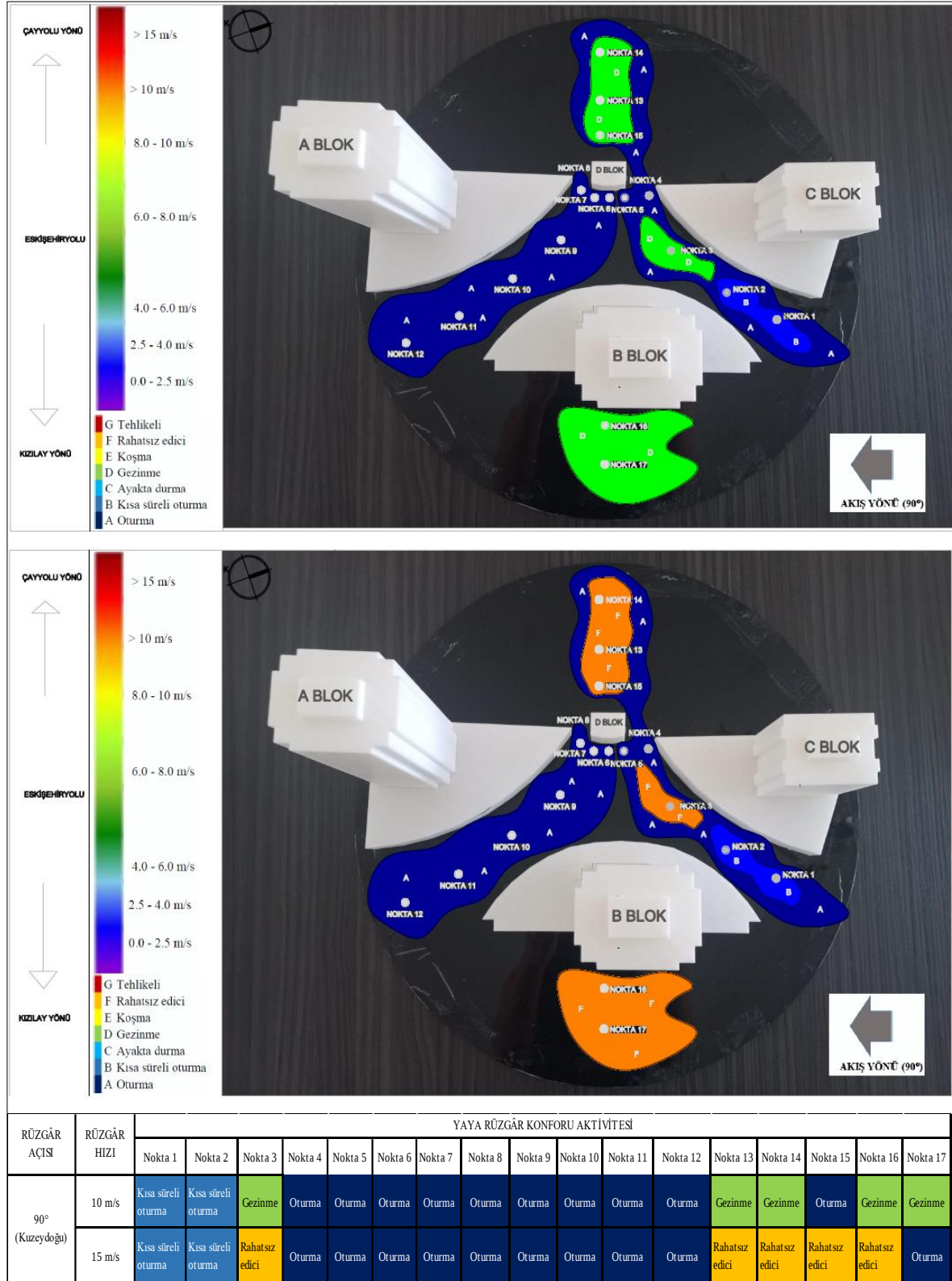
Çizelge 4.15'te sunulan Ankara ili 2014 yılı aylık maksimum rüzgâr hızı ve yönü verileri incelendiğinde Mart ayına ilişkin maksimum rüzgâr hızının 14,0 m/s ve yönünün kuzeydoğu olduğu görülmektedir. Kuzeydoğu yönü rüzgâr tüneli testinde 90° rüzgâr açısı ile gerçekleştirilen analizlere karşılık gelmekte olup söz konusu analiz verilerine Şekil 4.53'te yer verilmiştir.

Şekil 4.53'te yer alan analiz verileri incelendiğinde 90° yönünde (Kuzeydoğu) 10 m/s hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 1 ve nokta 2 çevresinin kısa süreli oturma için konforlu ancak oturma için konforlu olmadığı; nokta 3, nokta 13, nokta 14, nokta 15, nokta 16 ve nokta 17 çevresinin gezinme için konforlu ancak oturma ve kısa süreli oturma için konforlu olmadığı görülmüştür. 90° yönü'nde (Kuzeydoğu) 15 m/s hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 1 ve nokta 2 çevresinin kısa süreli oturma için konforlu ancak oturma için konforlu olmadığı; nokta 3, nokta 13, nokta 14, nokta 15, nokta 16 ve nokta 17 çevresinin rahatsız edici olduğu görülmüştür.

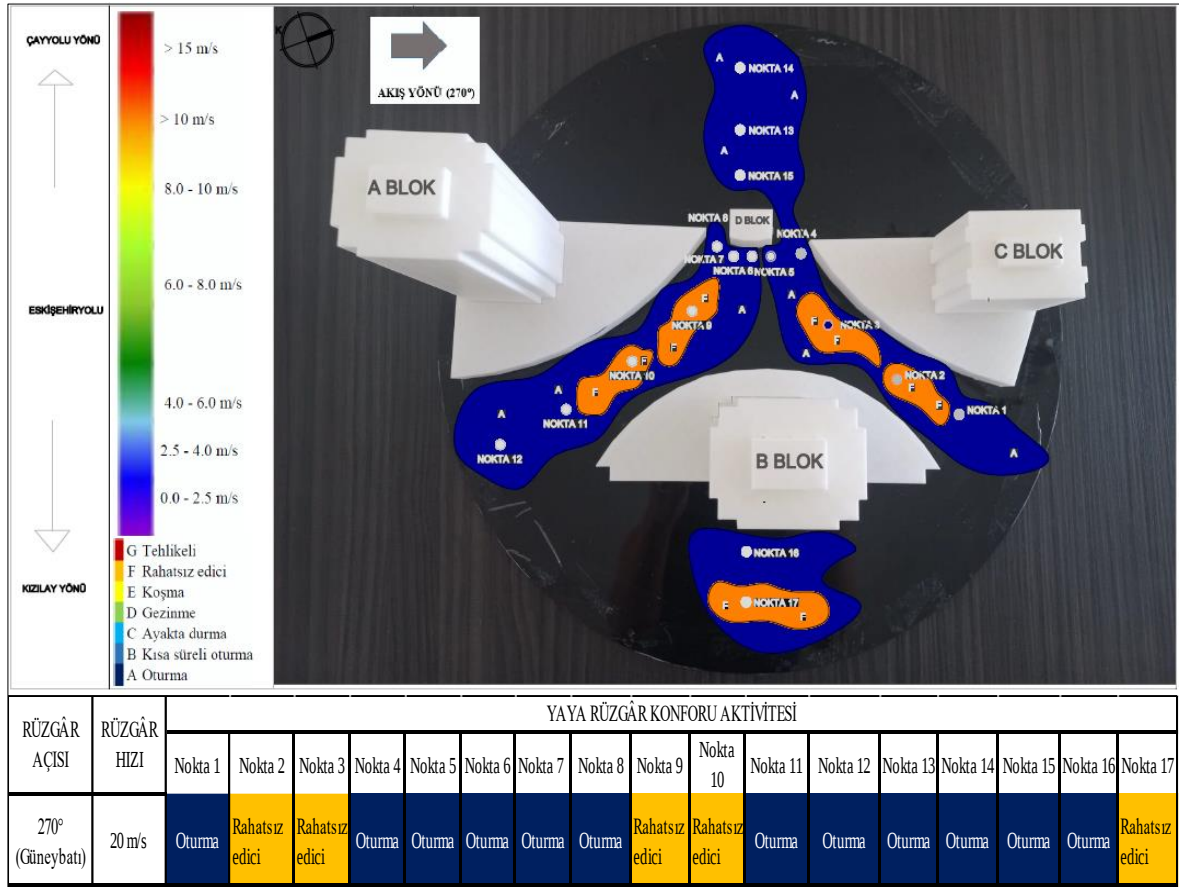
Nisan Ayı

Çizelge 4.15'te sunulan Ankara ili 2014 yılı aylık maksimum rüzgâr hızı ve yönü verileri incelendiğinde Nisan ayına ilişkin maksimum rüzgâr hızının 20,1 m/s ve yönünün güneybatı olduğu görülmektedir. Güneybatı yönü rüzgâr tüneli testinde 270° rüzgâr açısı ile gerçekleştirilen analizlere karşılık gelmekte olup söz konusu analiz verilerine Şekil 4.54'te yer verilmiştir.

Şekil 4.54'te yer alan analiz verileri incelendiğinde 270° yönünde (Güneybatı) 20 m/s hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 2, nokta 3, nokta 9, nokta 10 ve nokta 17 çevresinin rahatsız edici olduğu görülmüştür.



Şekil 4.53. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014 yılı Mart ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi



Şekil 4.54. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014 yılı Nisan ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi

Mayıs Ayı

Çizelge 4.15'te sunulan Ankara ili 2014 yılı aylık maksimum rüzgâr hızı ve yönü verileri incelendiğinde Mayıs ayına ilişkin maksimum rüzgâr hızının 16,1 m/s ve yönünün güneybatı olduğu görülmektedir. Güneybatı yönü rüzgâr tüneli testinde 270° rüzgâr açısı ile gerçekleştirilen analizlere karşılık gelmekte olup, söz konusu analiz verilerine Şekil 4.55'te yer verilmiştir.

Şekil 4.55'te yer alan analiz verileri incelendiğinde 270° yönünde (güneybatı) 15 m/s hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 3 ve nokta 10 çevresinin koşma için konforlu ancak oturma, kısa süreli oturma ve ayakta durma için konforlu olmadığı; nokta 2, nokta 9 ve nokta 17 çevresinin rahatsız edici olduğu görülmüştür.

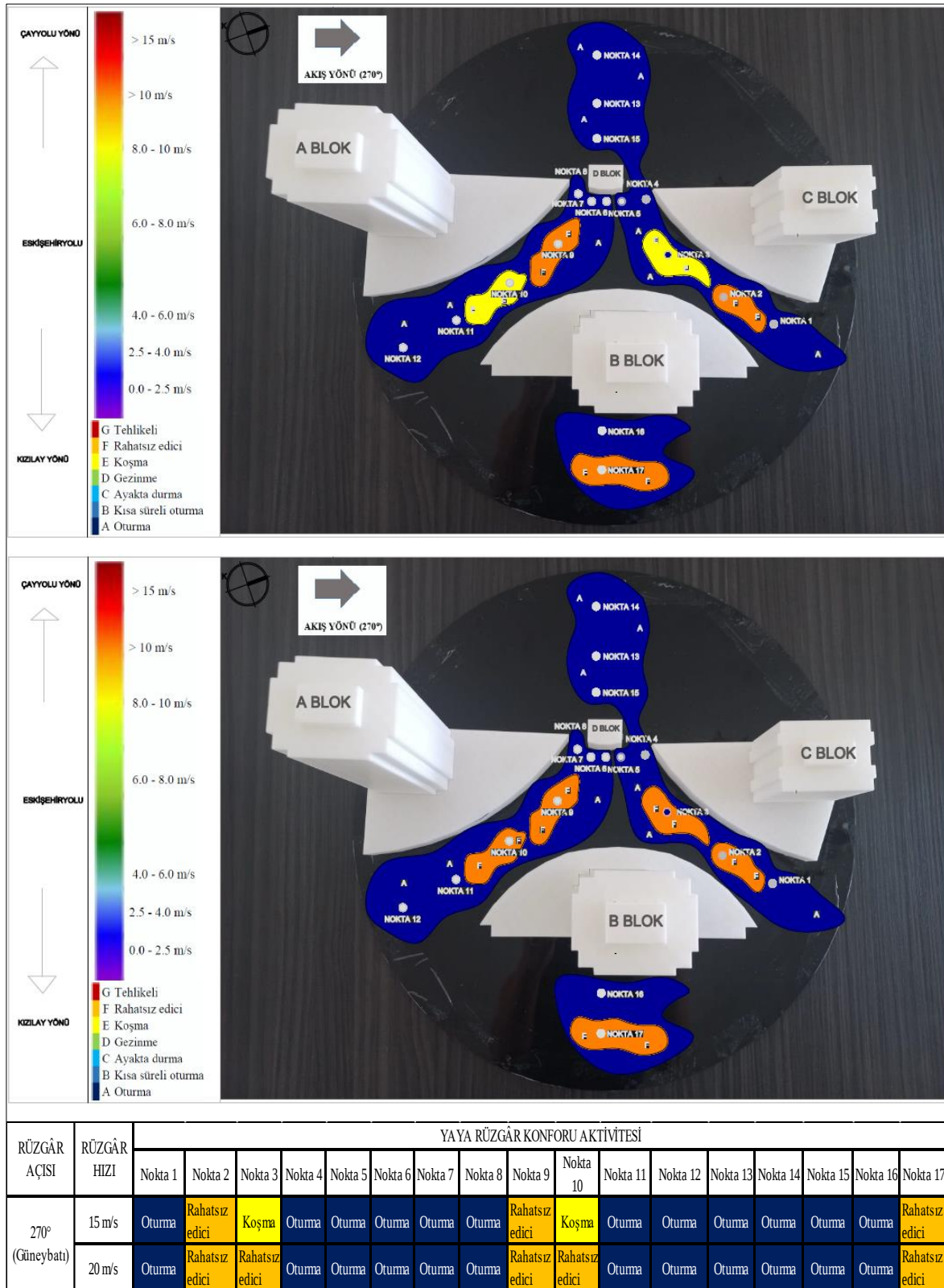
270° yönünde (Güneybatı) 20 m/s hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 2, nokta 3, nokta 9, nokta 10 ve nokta 17 çevresinin rahatsız edici olduğu görülmüştür.

Haziran Ayı

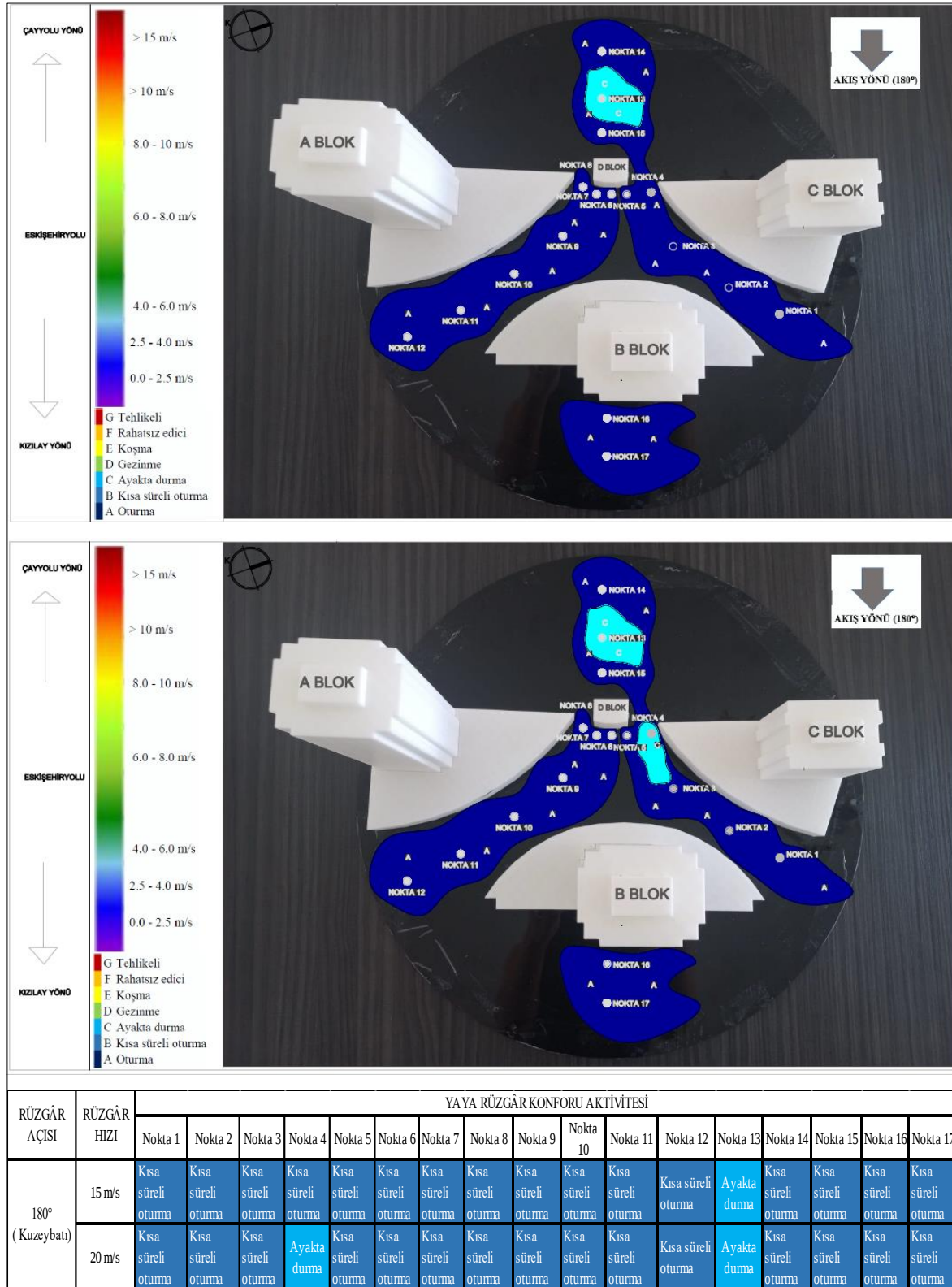
Çizelge 4.15'te sunulan Ankara ili 2014 yılı aylık maksimum rüzgâr hızı ve yönü verileri incelendiğinde Haziran ayına ilişkin maksimum rüzgâr hızının 17,4 m/s ve yönünün batı-kuzeybatı olduğu görülmektedir. Kuzeybatı yönü rüzgâr tüneli testinde 180° rüzgâr açısı ile gerçekleştirilen analizlere karşılık gelmekte olup söz konusu analiz verilerine Şekil 4.56'da yer verilmiştir.

Şekil 4.56'da yer alan analiz verileri incelendiğinde 180° yönünde (Kuzeydoğu) 15 m/s hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 13 çevresinin ayakta durma için konforlu ancak oturma ve kısa süreli oturma için konforlu olmadığı görülmüştür.

180° yönünde (Kuzeydoğu) 20 m/s hızı ile yapılan ölçümler sonucunda; nokta 4 ve nokta 13 çevresinin ayakta durma için konforlu ancak oturma ve kısa süreli oturma için konforlu olmadığı görülmüştür.



Şekil 4.55. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014 yılı Mayıs ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi



Şekil 4.56. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014 yılı Haziran ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi

Temmuz Ayl

Çizelge 4.15'te sunulan Ankara ili 2014 yılı aylık maksimum rüzgâr hızı ve yönü verileri incelendiğinde Temmuz ayına ilişkin maksimum rüzgâr hızının 13,9 m/s ve yönünün kuzey-kuzeybatı olduğu görülmektedir. Kuzeybatı yönü rüzgâr tüneli testinde 180° rüzgâr açısı ile gerçekleştirilen analizlere karşılık gelmekte olup söz konusu analiz verilerine Şekil 4.57'de yer verilmiştir.

Şekil 4.57'de yer alan analiz verileri incelendiğinde 180° yönünde (Kuzeybatı) 10 m/s hızı ile yapılan ölçümler sonucunda tüm nokta çevrelerinin kısa süreli oturma için konforlu ancak oturma için konforlu olmadığı görülmüştür.

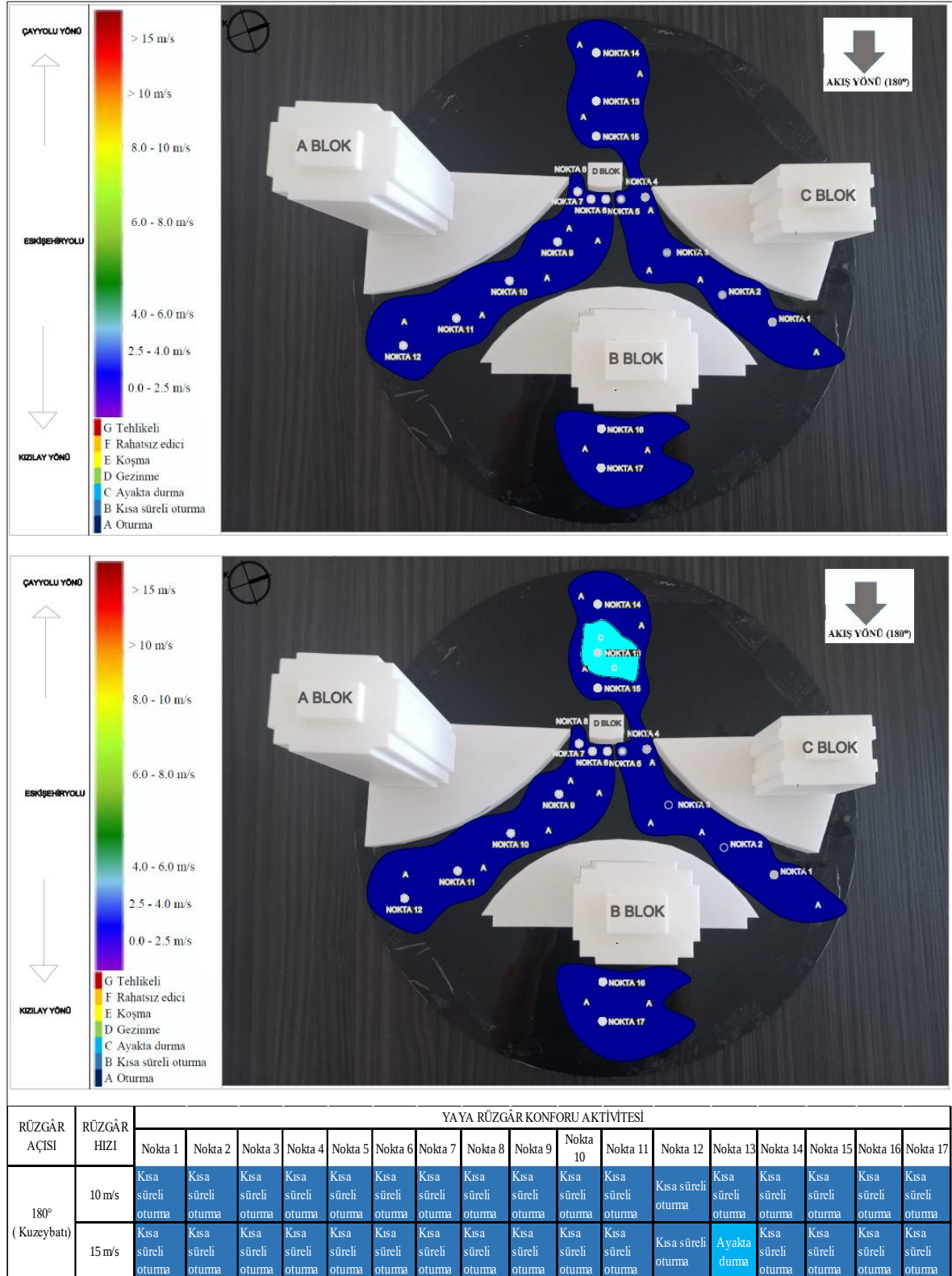
180° yönünde (Kuzeybatı) 15 m/s hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 13 çevresinin ayakta durma için konforlu ancak oturma ve kısa süreli oturma için konforlu olmadığı görülmüştür.

Ağustos Ayl

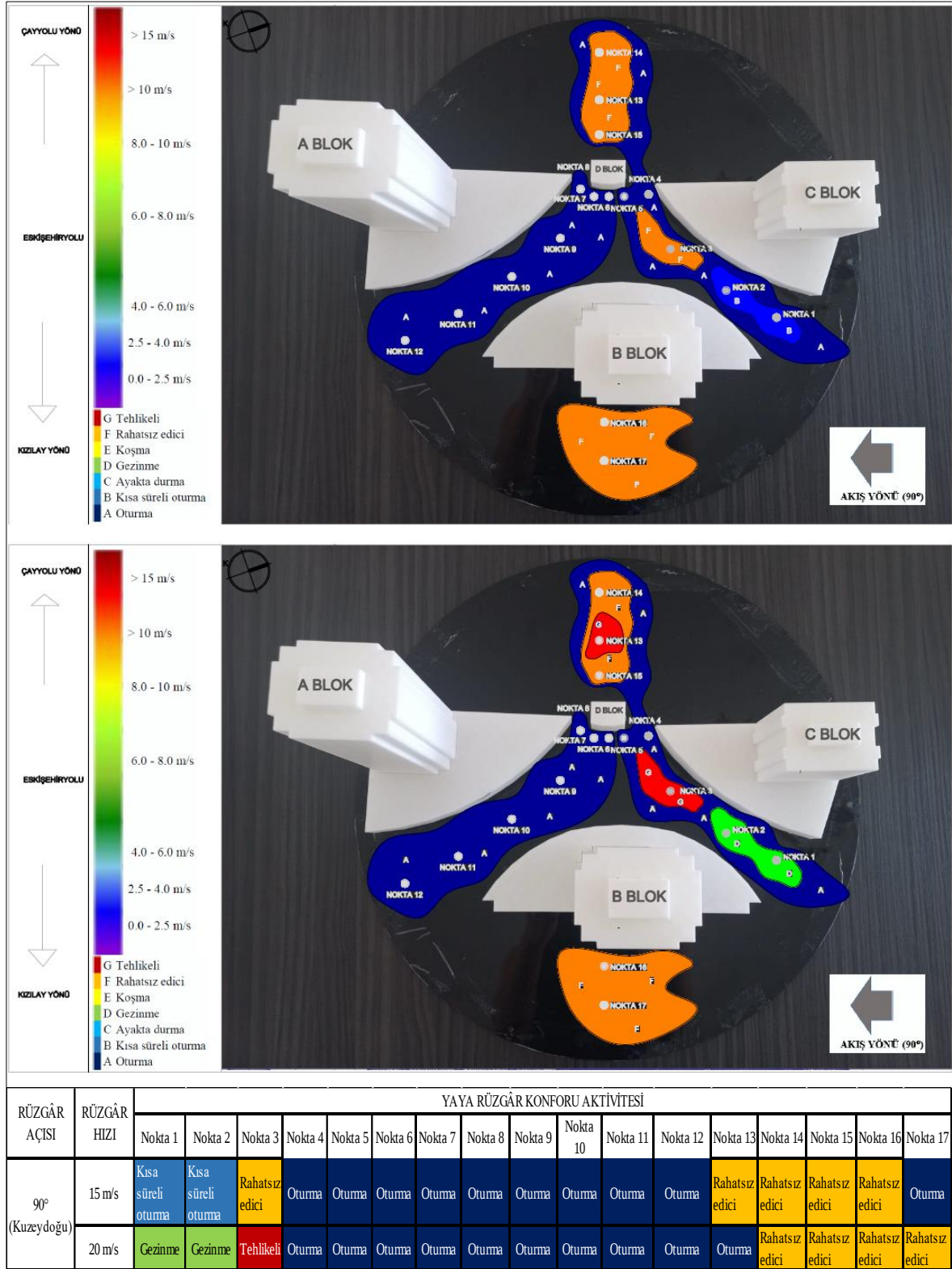
Çizelge 4.15'te sunulan Ankara ili 2014 yılı aylık maksimum rüzgâr hızı ve yönü verileri incelendiğinde Ağustos ayına ilişkin maksimum rüzgâr hızının 15,1 m/s ve yönünün kuzeydoğu olduğu görülmektedir. Kuzeydoğu yönü rüzgâr tüneli testinde 90° rüzgâr açısı ile gerçekleştirilen analizlere karşılık gelmekte olup söz konusu analiz verilerine Şekil 4.58'de yer verilmiştir.

90° yönünde (Kuzeydoğu) 15 m/s hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 1, nokta 2 çevresinin kısa süreli oturma için konforlu ancak oturma için konforlu olmadığı; nokta 3, nokta 13, nokta 14, nokta 15, nokta 16 ve nokta 17 çevresinin rahatsız edici olduğu görülmüştür.

90° yönünde (Kuzeydoğu) 20 m/s hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 1, nokta 2 çevresinin gezinme için konforlu ancak oturma, kısa süreli oturma ve ayakta durma için konforlu olmadığı; nokta 14, nokta 15, nokta 16 ve nokta 17 çevresinin rahatsız edici, nokta 3 çevresinin tehlikeli olduğu görülmüştür.



Şekil 4.57. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014 yılı Temmuz ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi



Eylül Ayı

Çizelge 4.15'te sunulan Ankara ili 2014 yılı aylık maksimum rüzgâr hızı ve yönü verileri incelendiğinde Eylül ayına ilişkin maksimum rüzgâr hızının 17,5 m/s ve yönünün batı-güneybatı olduğu görülmektedir. Güneybatı yönü rüzgâr tüneli testinde 270° rüzgâr açısı ile gerçekleştirilen analizlere karşılık gelmekte olup söz konusu analiz verilerine Şekil 4.59'da yer verilmiştir.

Şekil 4.59'da yer alan analiz verileri incelendiğinde 270° yönünde (güneybatı) 15 m/s hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 3 ve nokta 10 çevresinin koşma için konforlu ancak oturma, kısa süreli oturma ve ayakta durma için konforlu olmadığı; nokta 2, nokta 9 ve nokta 17 çevresinin rahatsız edici olduğu görülmüştür.

270° yönünde (Güneybatı) 20 m/s hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 2, nokta 3, nokta 9, nokta 10 ve nokta 17 çevresinin rahatsız edici olduğu görülmüştür.

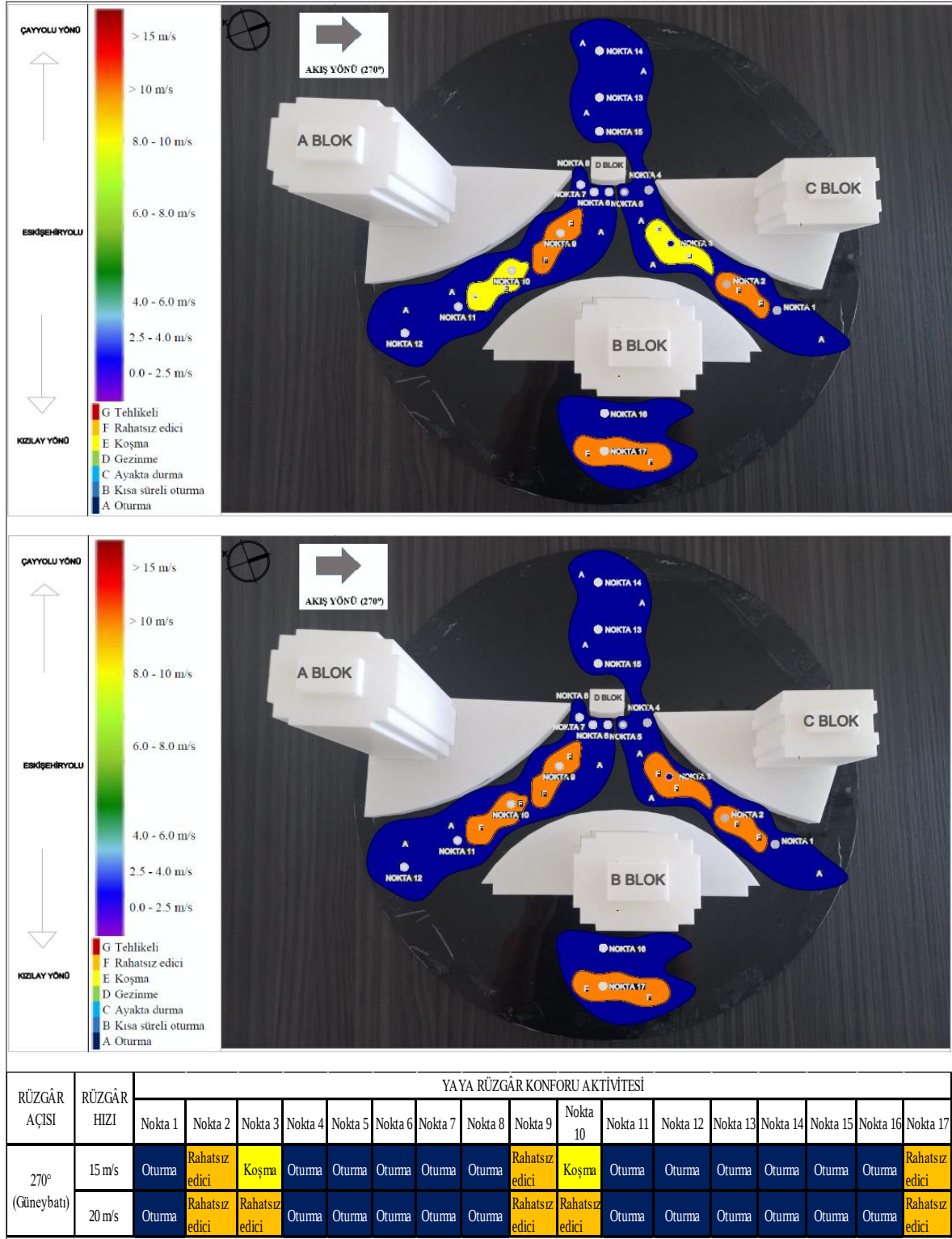
Ekim Ayı

Çizelge 4.15'te sunulan Ankara ili 2014 yılı aylık maksimum rüzgâr hızı ve yönü verileri incelendiğinde Ekim ayına ilişkin maksimum rüzgâr hızının 11,9 m/s ve yönünün kuzey-kuzeydoğu olduğu görülmektedir. Kuzeydoğu yönü rüzgâr tüneli testinde 90° rüzgâr açısı ile gerçekleştirilen analizlere karşılık gelmekte olup söz konusu analiz verilerine Şekil 3.60'da yer verilmiştir.

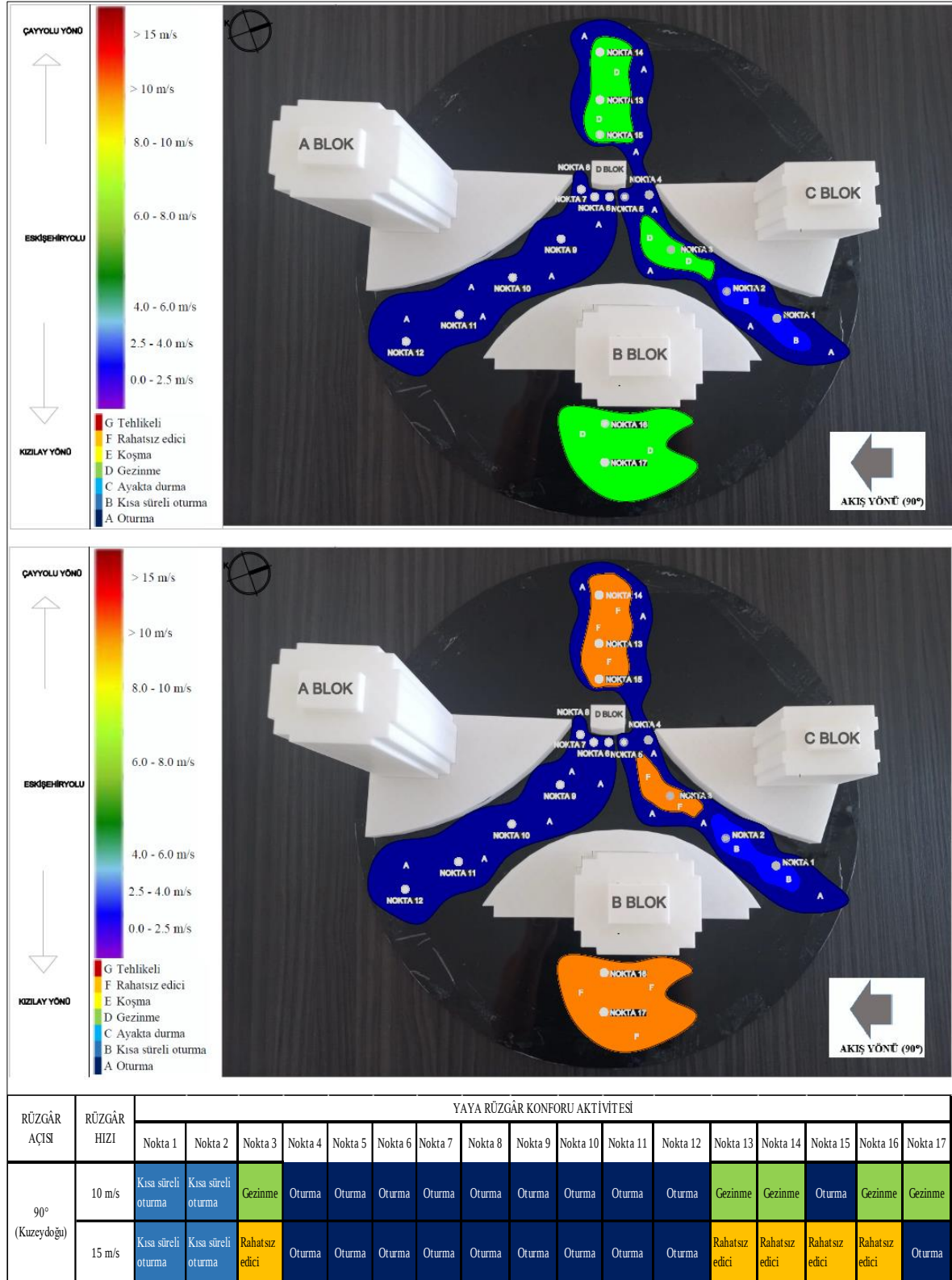
Şekil 4.60'da yer alan analiz verileri incelendiğinde 90° yönünde (Kuzeydoğu) 10 m/s hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 1 ve nokta 2 çevresinin kısa süreli oturma için konforlu ancak oturma için konforlu olmadığı; nokta 3, nokta 13, nokta 14, nokta 15, nokta 16 ve nokta 17 çevresinin gezinme için konforlu ancak oturma ve kısa süreli oturma için konforlu olmadığı görülmüştür.

90° yönünde (Kuzeydoğu) 15 m/s hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 1 ve nokta 2 çevresinin kısa süreli oturma için konforlu ancak oturma için konforlu olmadığı; nokta 3,

nokta 13, nokta 14, nokta 15, nokta 16 ve nokta 17 çevresinin rahatsız edici olduğu görülmüştür.



Şekil 4.59. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014 yılı Eylül ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi



Şekil 4.60. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014 yılı Ekim ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi

Kasım Ayı

Çizelge 4.15'te sunulan Ankara ili 2014 yılı aylık maksimum rüzgâr hızı ve yönü verileri incelendiğinde Kasım ayına ilişkin maksimum rüzgâr hızının 12,6 m/s ve yönünün kuzeydoğu olduğu görülmektedir. Kuzeydoğu yönü rüzgâr tüneli testinde 90° rüzgâr açısı ile gerçekleştirilen analizlere karşılık gelmekte olup söz konusu analiz verilerine Şekil 4.61'de yer verilmiştir.

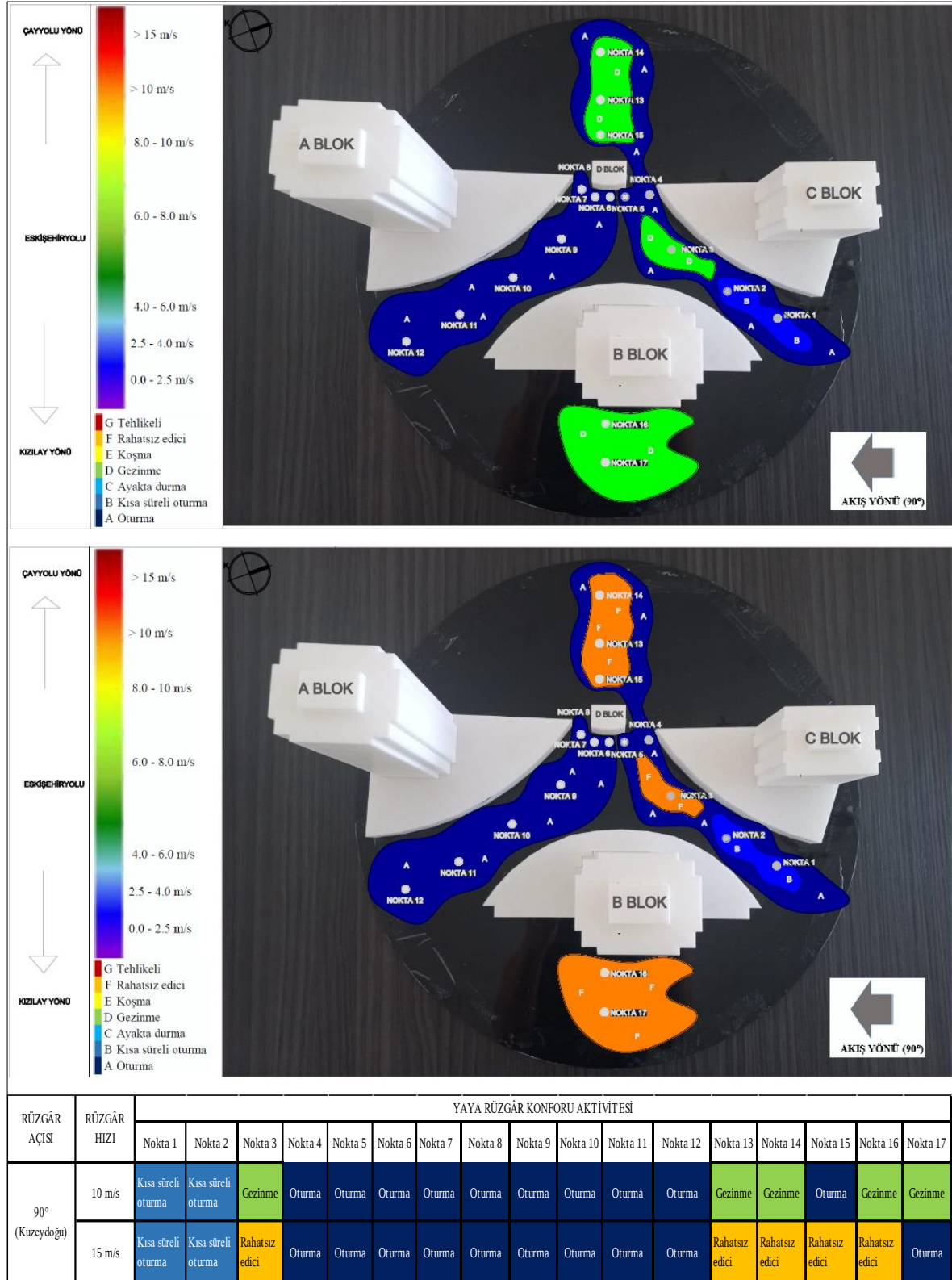
Şekil 4.61'de yer alan analiz verileri incelendiğinde 90° yönünde (Kuzeydoğu) 10 m/s hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 1 ve nokta 2 çevresinin kısa süreli oturma için konforlu ancak oturma için konforlu olmadığı; nokta 3, nokta 13, nokta 14, nokta 15, nokta 16 ve nokta 17 çevresinin gezinme için konforlu ancak oturma ve kısa süreli oturma için konforlu olmadığı görülmüştür.

90° yönünde (Kuzeydoğu) 15 m/s hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 1 ve nokta 2 çevresinin kısa süreli oturma için konforlu ancak oturma için konforlu olmadığı; nokta 3, nokta 13, nokta 14, nokta 15, nokta 16 ve nokta 17 çevresinin rahatsız edici olduğu görülmüştür.

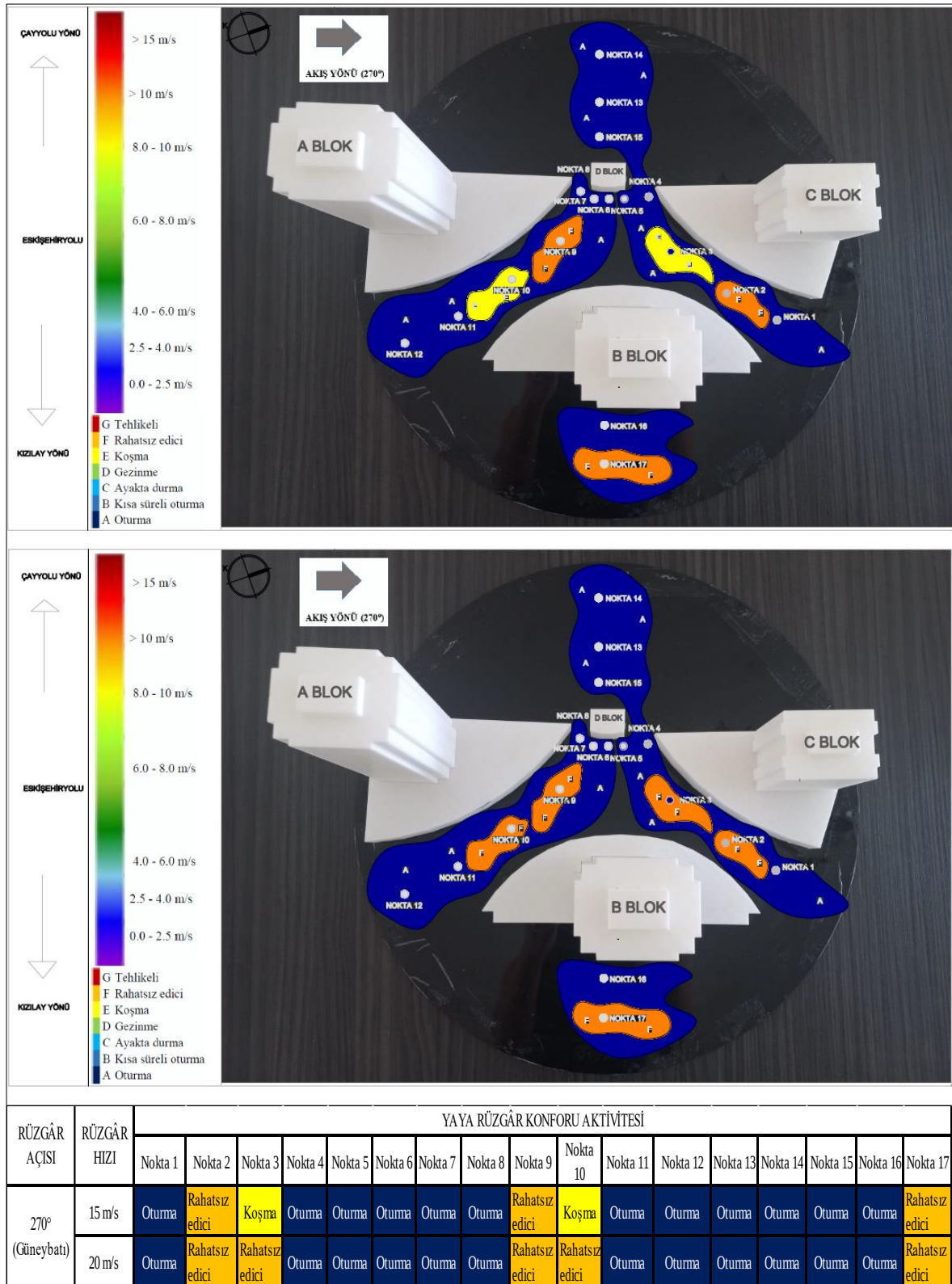
Aralık Ayı

Çizelge 4.15'te sunulan Ankara ili 2014 yılı aylık maksimum rüzgâr hızı ve yönü verileri incelendiğinde Aralık ayına ilişkin maksimum rüzgâr hızının 16,3 m/s ve yönünün güney-güneybatı olduğu görülmektedir. Güneybatı yönü rüzgâr tüneli testinde 270° rüzgâr açısı ile gerçekleştirilen analizlere karşılık gelmekte olup söz konusu analiz verilerine Şekil 4.62'de yer verilmiştir.

Şekil 4.62'de yer alan analiz verileri incelendiğinde 270° yönünde (güneybatı) 15 m/s hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 3 ve nokta 10 çevresinin koşma için konforlu ancak oturma, kısa süreli oturma ve ayakta durma için konforlu olmadığı; nokta 2, nokta 9 ve nokta 17 çevresinin rahatsız edici olduğu görülmüştür. 270° yönünde (Güneybatı) 20 m/s hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 2, nokta 3, nokta 9, nokta 10 ve nokta 17 çevresinin rahatsız edici olduğu görülmüştür.



Şekil 4.61. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014 yılı Kasım ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi



Şekil 4.62. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014 yılı Aralık ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi

Çizelge 4.16’da ay bazında elde edilen verilerin toplu olarak analizine yer verilmiştir. Ay bazında elde edilen verileri analizleri incelendiğinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Ocak ayında bazı noktaların gezinme için konforlu iken oturma ve kısa süreli oturma için konforlu olmadığı, bazı noktaların koşma için konforlu iken oturma, kısa süreli oturma, ayakta durma ve gezinme için konforlu olmadığı, bazı noktaların ise rahatsız edici olduğu görülmüştür.
- Şubat ayında bazı noktaların gezinme için konforlu iken oturma ve kısa süreli oturma için konforlu olmadığı, bazı noktaların koşma için konforlu iken oturma, kısa süreli oturma, ayakta durma ve gezinme için konforlu olmadığı, bazı noktaların ise rahatsız edici olduğu görülmüştür.
- Mart ayında bazı noktaların kısa süreli oturma için konforlu iken oturma için konforlu olmadığı, bazı noktaların gezinme için konforlu iken oturma ve kısa süreli oturma için konforlu olmadığı, bazı noktaların ise rahatsız edici olduğu görülmüştür.
- Nisan ayında bazı noktaların oturma için konforlu iken bazı noktaların rahatsız edici olduğu görülmüştür.
- Mayıs ayında bazı noktaların oturma için konforlu, bazı noktaların koşma için konforlu iken oturma, kısa süreli oturma, ayakta durma ve gezinme için konforlu olmadığı, bazı noktaların ise rahatsız edici olduğu görülmüştür.
- Haziran ayında bazı noktaların kısa süreli oturma için konforlu iken oturma için konforlu olmadığı, bazı noktaların bazı noktaların ayakta için konforlu iken oturma, kısa süreli oturma için konforlu olmadığı görülmüştür.
- Temmuz ayında bazı noktaların kısa süreli oturma için konforlu iken oturma için konforlu olmadığı, bazı noktaların bazı noktaların ayakta için konforlu iken oturma, kısa süreli oturma için konforlu olmadığı görülmüştür.
- Ağustos ayında bazı noktaların oturma için konforlu, bazı noktaların kısa süreli oturma için konforlu iken oturma için konforlu olmadığı, bazı noktaların gezinme için konforlu iken konforlu iken oturma ve kısa süreli oturma için konforlu olmadığı, bazı noktaların ise rahatsız edici veya tehlikeli olduğu görülmüştür.
- Eylül ayında bazı noktaların oturma için konforlu, bazı noktaların koşma için konforlu iken oturma, kısa süreli oturma, ayakta durma ve gezinme için konforlu olmadığı, bazı noktaların ise rahatsız edici olduğu görülmüştür.

- Ekim ayında bazı noktaların oturma için konforlu, bazı noktaların kısa süreli oturma için konforlu iken oturma için konforlu olmadığı, bazı noktaların gezinme için konforlu iken oturma ve kısa süreli oturma için konforlu olmadığı, bazı noktaların ise rahatsız edici olduğu görülmüştür.
- Kasım ayında bazı noktaların oturma için konforlu, bazı noktaların kısa süreli oturma için konforlu iken oturma için konforlu olmadığı, bazı noktaların gezinme için konforlu iken oturma ve kısa süreli oturma için konforlu olmadığı, bazı noktaların ise rahatsız edici olduğu görülmüştür.
- Aralık ayında bazı noktaların oturma için konforlu, bazı noktaların koşma için konforlu iken oturma, kısa süreli oturma, ayakta durma ve gezinme için konforlu olmadığı, bazı noktaların ise rahatsız edici olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.16. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014 yılı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizinin toplu gösterimi

AY	RÜZGÂR AÇISI	RÜZGÂR HIZI	YAYA RÜZGÂR KONFORU AKTİVİTESİ																
			Nokta 1	Nokta 2	Nokta 3	Nokta 4	Nokta 5	Nokta 6	Nokta 7	Nokta 8	Nokta 9	Nokta 10	Nokta 11	Nokta 12	Nokta 13	Nokta 14	Nokta 15	Nokta 16	Nokta 17
OCAK	270° (Güneybatı)	10 m/s	Oturma	Gezinme	Gezinme	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Gezinme	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Gezinme
		15 m/s	Oturma	Rahatsız edici	Koşma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Rahatsız edici	Koşma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Rahatsız edici
ŞUBAT	270° (Güneybatı)	10 m/s	Oturma	Gezinme	Gezinme	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Gezinme	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Gezinme
		15 m/s	Oturma	Rahatsız edici	Koşma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Rahatsız edici	Koşma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Rahatsız edici
MART	90° (Kuzeydoğu)	10 m/s	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Gezinme	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Gezinme	Gezinme	Oturma	Gezinme	Gezinme
		15 m/s	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Rahatsız edici	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Rahatsız edici	Rahatsız edici	Rahatsız edici	Rahatsız edici	Rahatsız edici	Rahatsız edici	Oturma
NİSAN	270° (Güneybatı)	20 m/s	Oturma	Rahatsız edici	Rahatsız edici	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Rahatsız edici	Rahatsız edici	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Rahatsız edici
		15 m/s	Oturma	Rahatsız edici	Koşma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Rahatsız edici	Koşma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Rahatsız edici
MAYIS	270° (Güneybatı)	20 m/s	Oturma	Rahatsız edici	Rahatsız edici	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Rahatsız edici	Rahatsız edici	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Rahatsız edici
		15 m/s	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma
HAZİRAN	180° (Kuzeybatı)	15 m/s	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Ayakta durma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma
		20 m/s	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Ayakta durma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Ayakta durma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma

Tez çalışmasının bu bölümünde, ilk adım olarak rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014 yılı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi (İstatistiksel analiz) gerçekleştirilmiştir. İlerleyen bölümde, ikinci adım olarak Ankara 2021 yılı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizine (İstatistiksel analiz) yer verilecektir.

Adım 2: Rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2021 yılı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi (İstatistiksel analiz)

İkinci adımda, rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2021 yılı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi gerçekleştirilmiştir. Rüzgâr tüneline test ölçümü yapılan açılara karşılık gelen yönler Çizelge 4.17’de yer verilmiştir. İstatistiksel analizlerin gerçekleştirilebilmesi için T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilen Ankara 2021 yılı maksimum rüzgâr hızı verilerine Çizelge 4.18’de yer verilmiştir.

Çizelge 4.17. Tez çalışması kapsamında deneysel analizde (rüzgâr tüneli testi) ölçüm yapılan açılara karşılık gelen yönler

Değerlendirmede Dikkate Alınan Değerler	
Rüzgâr Açısı	Rüzgâr Yönü
0°	Güneydoğu
90°	Kuzeydoğu
180°	Kuzeybatı
270°	Güneybatı

Çizelge 4.18. Ankara ili 2021 yılı aylık maksimum rüzgâr hızı (10 m.de) (m/s) ve yönü (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2022)

Aylık Maksimum Rüzgâr Hızı (10 m.de) (m/s) ve Yönü												
İSTASYON ADI/NO: ANKARA / 17130												
YIL/AY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2021	14,4 SSW	11,8 SWW	15,4 SSW	13,4 ESE	13,4 N	12,3 N	12,3 SE	11,3 N	9,8 NE	9,3 N	12,9 W	11,8 S

Ocak Ayı

Çizelge 4.18’de sunulan Ankara ili 2021 yılı aylık maksimum rüzgâr hızı ve yönü verileri incelendiğinde Ocak ayına ilişkin maksimum rüzgâr hızının 14,4 m/s ve yönünün güney-güneybatı olduğu görülmektedir. Güney-Güneybatı yönü rüzgâr tüneli testinde 270° rüzgâr açısı ile gerçekleştirilen analizlere karşılık gelmekte olup, söz konusu analiz verilerine Şekil 4.63’te yer verilmiştir.

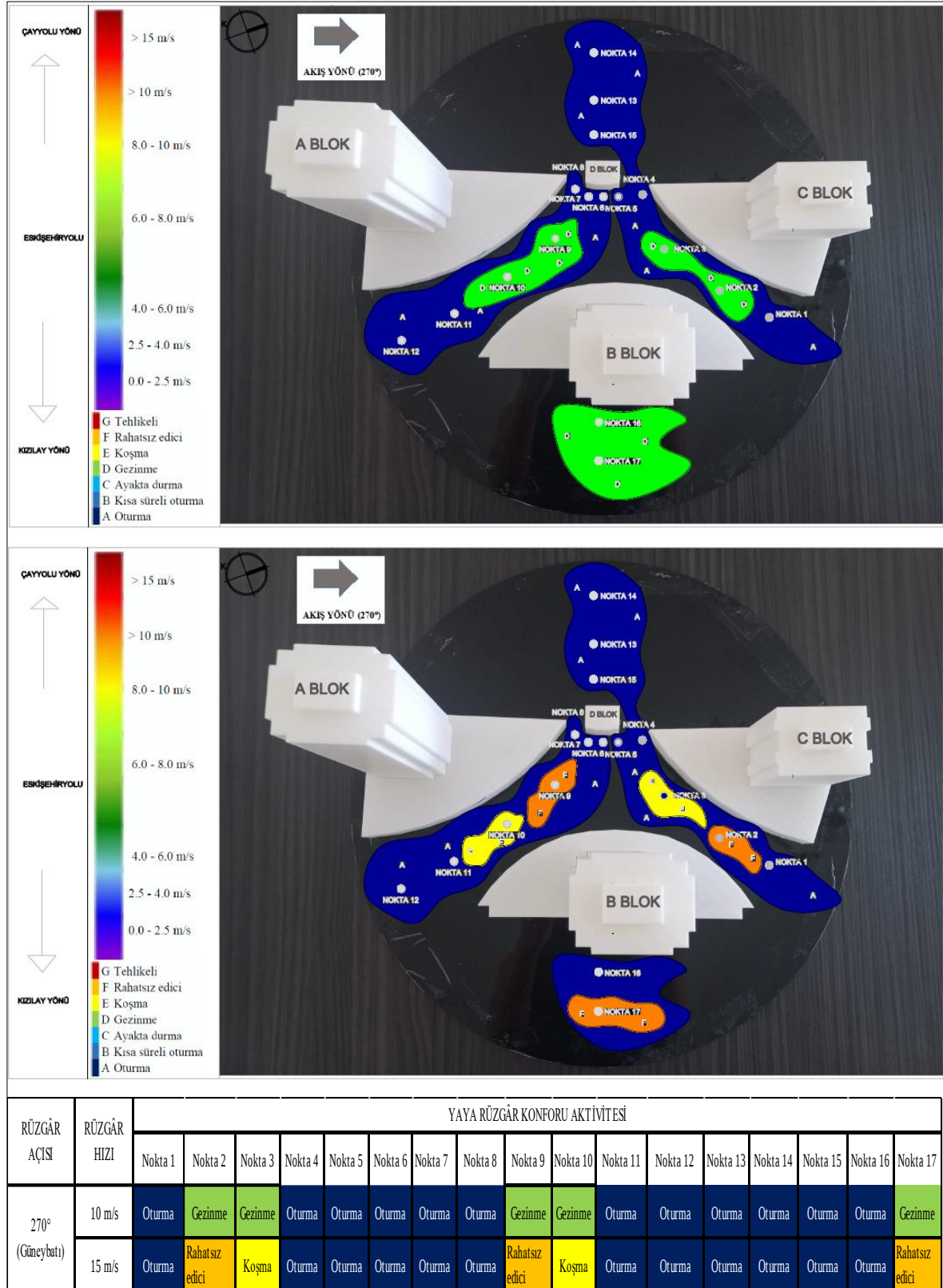
Şekil 4.63’te yer alan analiz verileri incelendiğinde 270° yönünde (güneybatı) 10 m/s hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 2, nokta 3, nokta 9, nokta 10 ve nokta 17 çevresinin gezinme için konforlu ancak ayakta durma, kısa süreli oturma ve oturma için konforlu olmadığı görülmüştür.

270° yönünde (güneybatı) 15 m/s hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 3 ve nokta 10 çevresinin koşma için konforlu ancak oturma, kısa süreli oturma ve ayakta durma için konforlu olmadığı; nokta 2, nokta 9 ve nokta 17 çevresinin rahatsız edici olduğu görülmüştür.

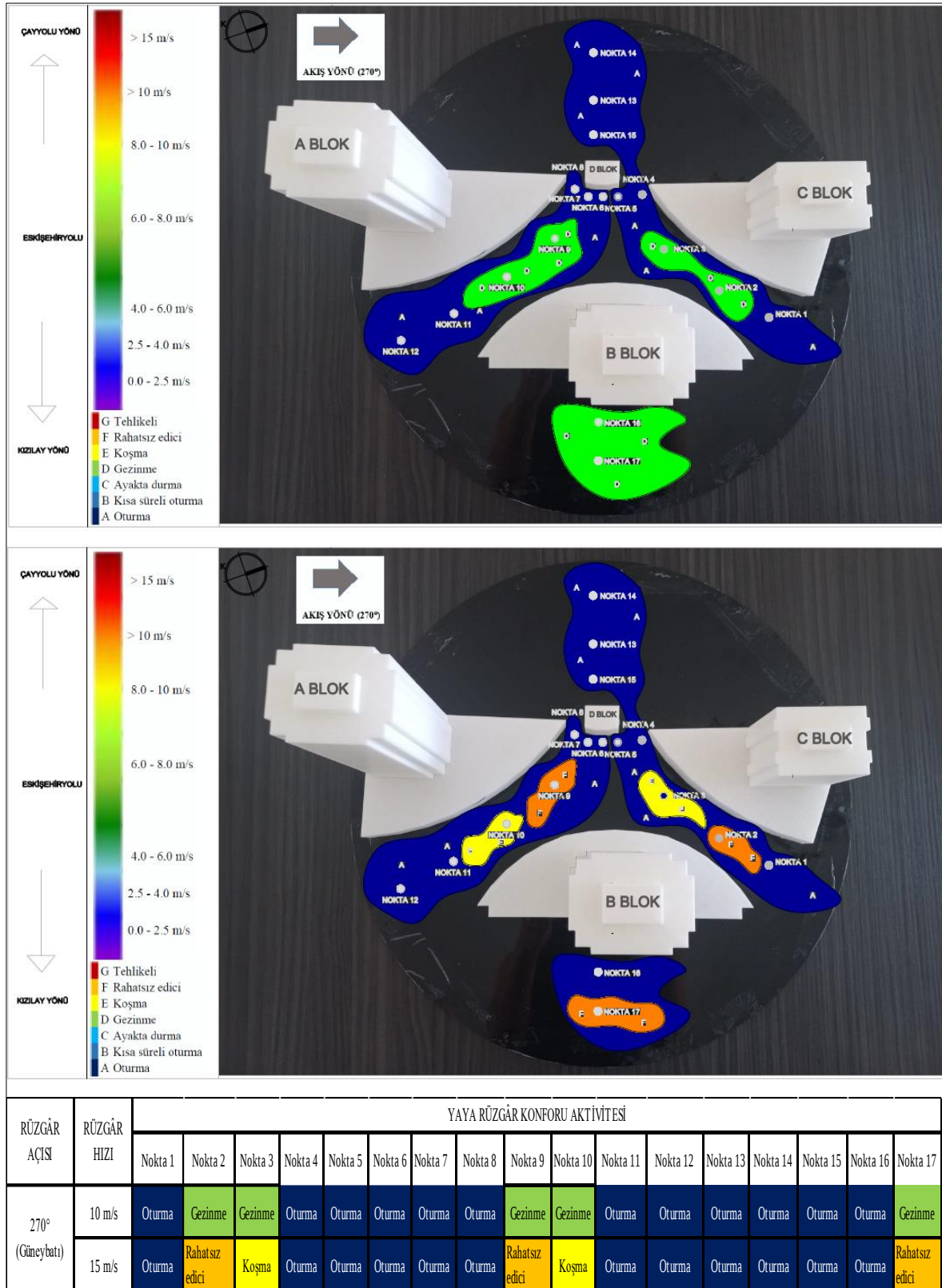
Şubat Ayı

Çizelge 4.18’de sunulan Ankara ili 2021 yılı aylık maksimum rüzgâr hızı ve yönü verileri incelendiğinde Şubat ayına ilişkin maksimum rüzgâr hızının 11,8 m/s ve yönünün batı-güneybatı olduğu görülmektedir. Batı-güneybatı yönü rüzgâr tüneli testinde 270° rüzgâr açısı ile gerçekleştirilen analizlere karşılık gelmekte olup, söz konusu analiz verilerine Şekil 4.64’te yer verilmiştir.

Şekil 4.64’te yer alan analiz verileri incelendiğinde 270° yönünde (güneybatı) 10 m/s hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 2, nokta 3, nokta 9, nokta 10 ve nokta 17 çevresinin gezinme için konforlu ancak ayakta durma, kısa süreli oturma ve oturma için konforlu olmadığı görülmüştür. 270° yönünde (güneybatı) 15 m/s hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 3 ve nokta 10 çevresinin koşma için konforlu ancak oturma, kısa süreli oturma ve ayakta durma için konforlu olmadığı; nokta 2, nokta 9 ve nokta 17 çevresinin rahatsız edici olduğu görülmüştür.



Şekil 4.63. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2021 yılı Ocak ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi



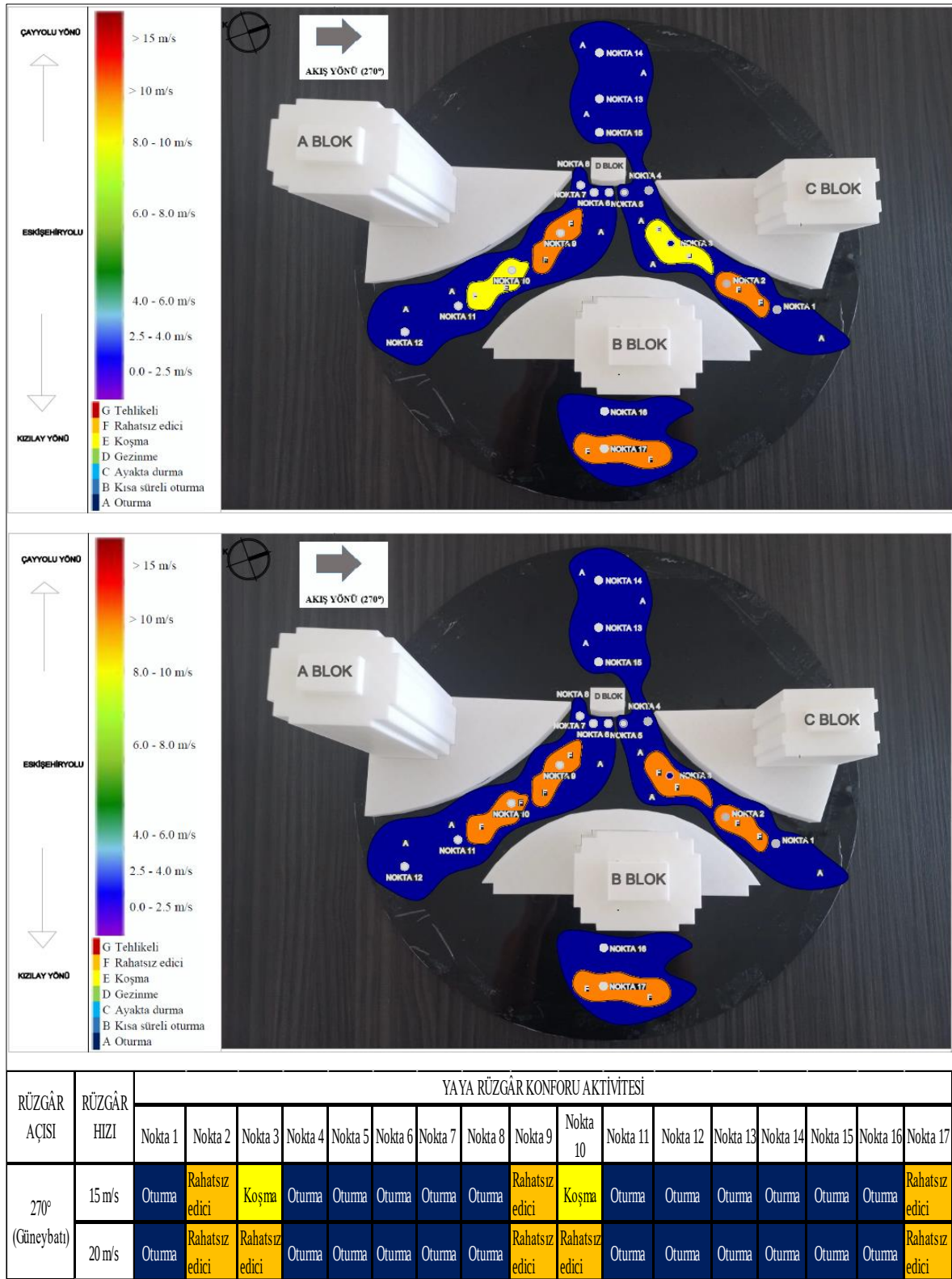
Şekil 4.64. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2021 yılı Şubat ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi

Mart Ayı

Çizelge 4.18’de sunulan Ankara ili 2021 yılı aylık maksimum rüzgâr hızı ve yönü verileri incelendiğinde Mart ayına ilişkin maksimum rüzgâr hızının 15,4 m/s ve yönünün güney-güneybatı olduğu görülmektedir. Güney-güneybatı yönü rüzgâr tüneli testinde 90° rüzgâr açısı ile gerçekleştirilen analizlere karşılık gelmekte olup, söz konusu analiz verilerine Şekil 4.65’te yer verilmiştir.

Şekil 4.65’te yer alan analiz verileri incelendiğinde 270° yönünde (güneybatı) 10 m/s hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 2, nokta 3, nokta 9, nokta 10 ve nokta 17 çevresinin gezinme için konforlu ancak ayakta durma, kısa süreli oturma ve oturma için konforlu olmadığı görülmüştür.

270° yönünde (güneybatı) 15 m/s hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 3 ve nokta 10 çevresinin koşma için konforlu ancak oturma, kısa süreli oturma ve ayakta durma için konforlu olmadığı; nokta 2, nokta 9 ve nokta 17 çevresinin rahatsız edici olduğu görülmüştür.



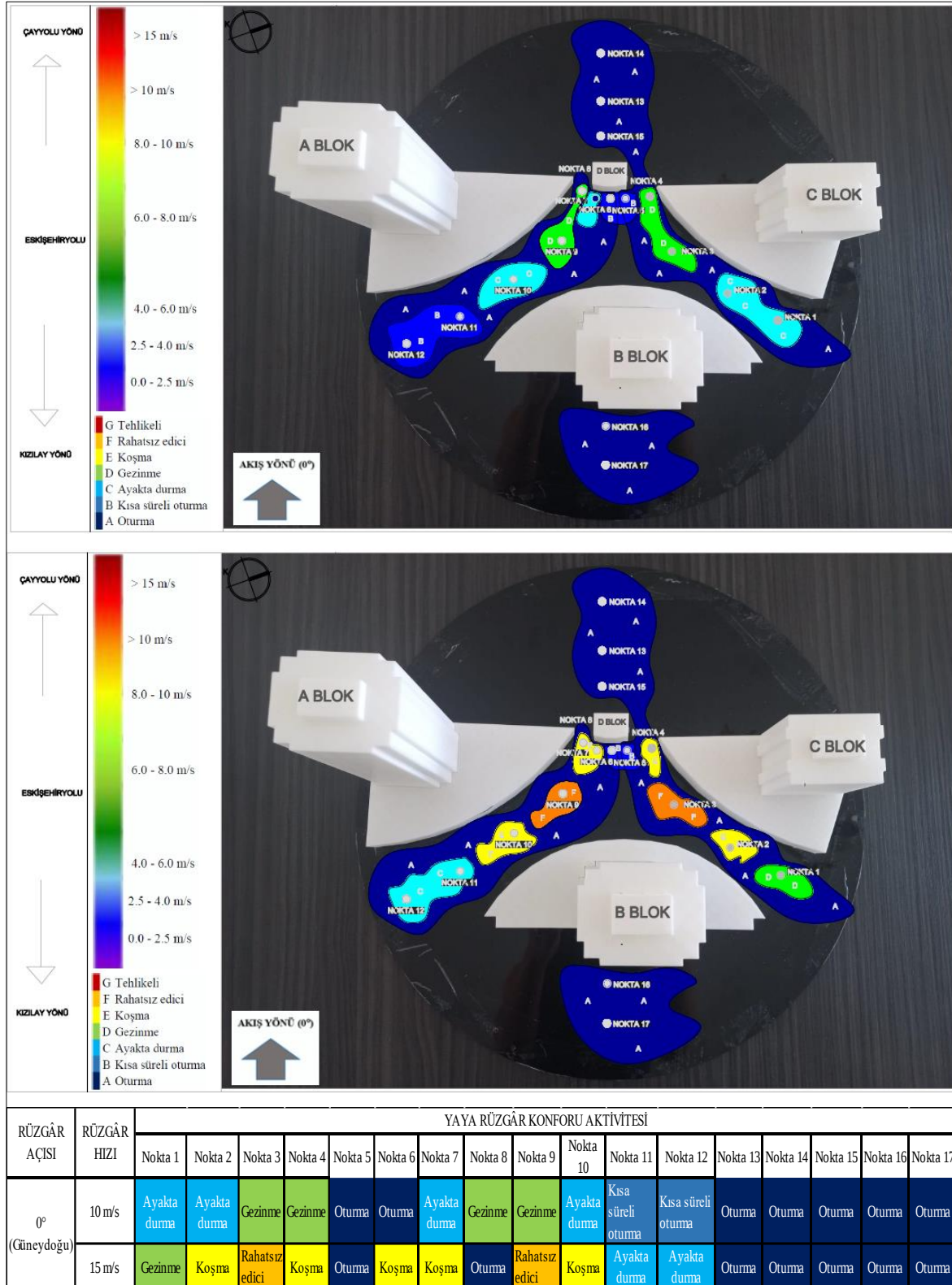
Şekil 4.65. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2021 yılı Mart ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi

Nisan Ayı

Çizelge 4.18’de sunulan Ankara ili 2021 yılı aylık maksimum rüzgâr hızı ve yönü verileri incelendiğinde Nisan ayına ilişkin maksimum rüzgâr hızının 13,4 m/s ve yönünün doğu-güneydoğu olduğu görülmektedir. Doğu-güneydoğu yönü rüzgâr tüneli testinde 0° rüzgâr açısı ile gerçekleştirilen analizlere karşılık gelmekte olup, söz konusu analiz verilerine Şekil 4.66’da yer verilmiştir.

Şekil 4.66’da yer alan analiz verileri incelendiğinde 0° yönünde (güneydoğu) 10 m/s hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 5, nokta 6, nokta 13, nokta 14, nokta 15, nokta 16 ve nokta 17 çevresinin oturma, kısa süreli oturma, ayakta durma ve gezinme için konforlu olduğu; nokta 11 ve nokta 12 çevresinin kısa süreli oturma için konforlu ancak oturma için konforlu olmadığı; nokta 1, nokta 2, nokta 7 ve nokta 10 çevresinin ayakta durma için konforlu ancak kısa süreli oturma ve oturma için konforlu olmadığı; nokta 3, nokta 4, nokta 8 ve nokta 9 çevresinin gezinme için konforlu ancak ayakta durma, kısa süreli oturma ve oturma için konforlu olmadığı görülmüştür.

0° yönünde (güneydoğu) 15 m/s hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 5, nokta 8, nokta 13, nokta 14, nokta 15, nokta 16 ve nokta 17 çevresinin oturma, kısa süreli oturma, ayakta durma ve gezinme için konforlu olduğu; nokta 11 ve nokta 12 çevresinin ayakta durma için konforlu ancak kısa süreli oturma ve oturma için konforlu olmadığı; nokta 1 çevresinin gezinme için konforlu ancak ayakta durma, kısa süreli oturma ve oturma için konforlu olmadığı; nokta 2, nokta 4, nokta 6, nokta 7 ve nokta 10 çevresinin koşma için konforlu ancak gezinme, ayakta durma, kısa süreli oturma ve oturma için konforlu olmadığı; nokta 3 ve nokta 9 çevresinin rahatsız edici olduğu görülmüştür.



Şekil 4.66. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2021 yılı Nisan ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi

Mayıs Ayı

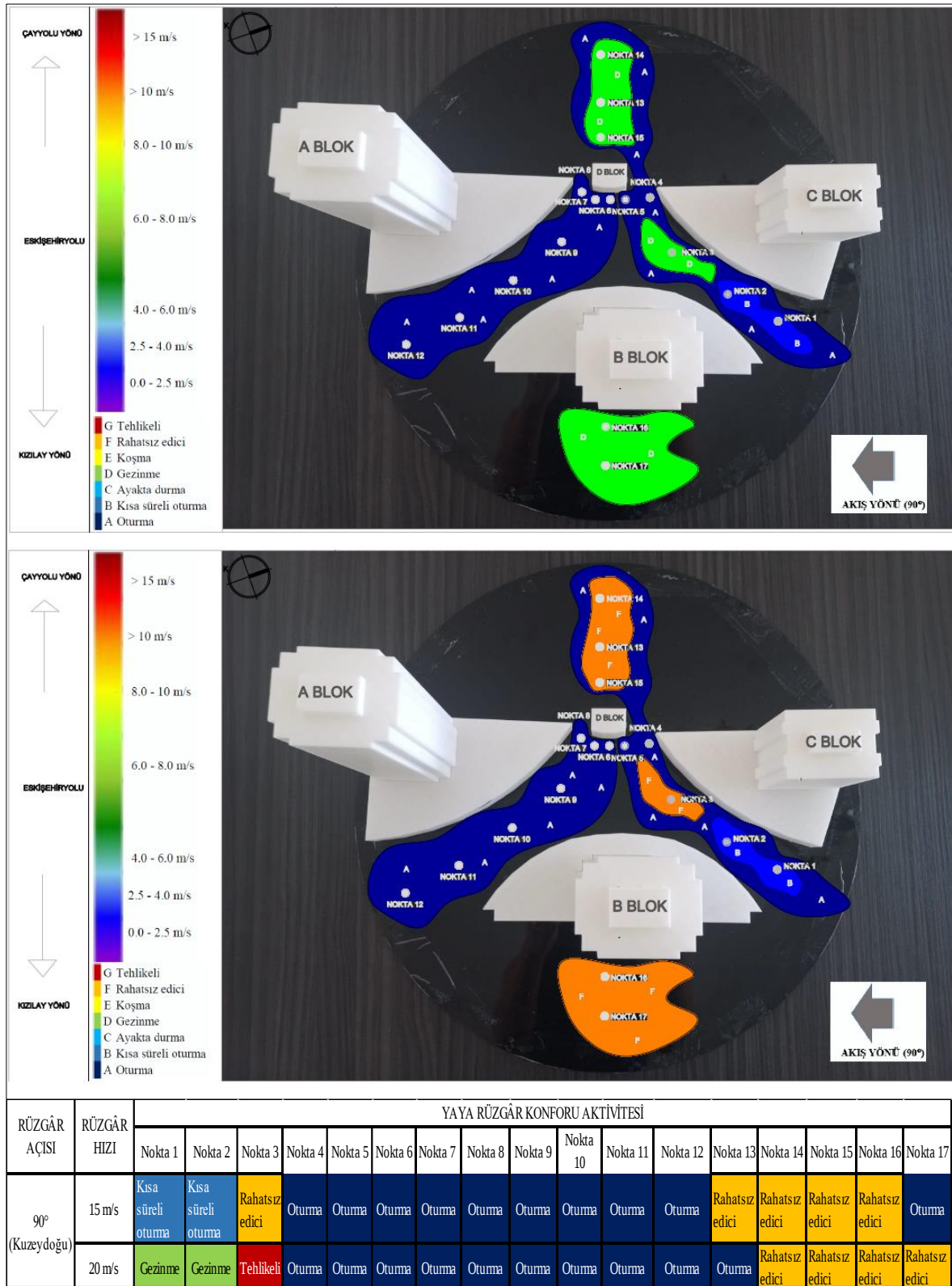
Çizelge 4.18’de sunulan Ankara ili 2021 yılı aylık maksimum rüzgâr hızı ve yönü verileri incelendiğinde Mayıs ayına ilişkin maksimum rüzgâr hızının 13,4 m/s ve yönünün kuzey olduğu görülmektedir. Kuzey yönü rüzgâr tüneli testinde 90° ile 180° arasında kalan rüzgâr açısı ile gerçekleştirilen analizlere karşılık gelmekte olup, söz konusu analiz verilerine Şekil 4.67’de yer verilmiştir.

Şekil 4.67’de yer alan analiz verileri incelendiğinde 90° yönünde (kuzeydoğu) 10 m/s hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 4, nokta 5, nokta 6, nokta 7, nokta 8, nokta 9, nokta 10, nokta 11, nokta 12 ve nokta 15 çevresinin oturma, kısa süreli oturma, ayakta durma, gezinme ve koşma için konforlu olduğu; nokta 1 ve nokta 2 çevresinin kısa süreli oturma için konforlu ancak oturma için konforlu olmadığı; nokta 3, nokta 13, nokta 14, nokta 16 ve nokta 17 çevresinin gezinme için konforlu ancak oturma ve kısa süreli oturma için konforlu olmadığı görülmüştür.

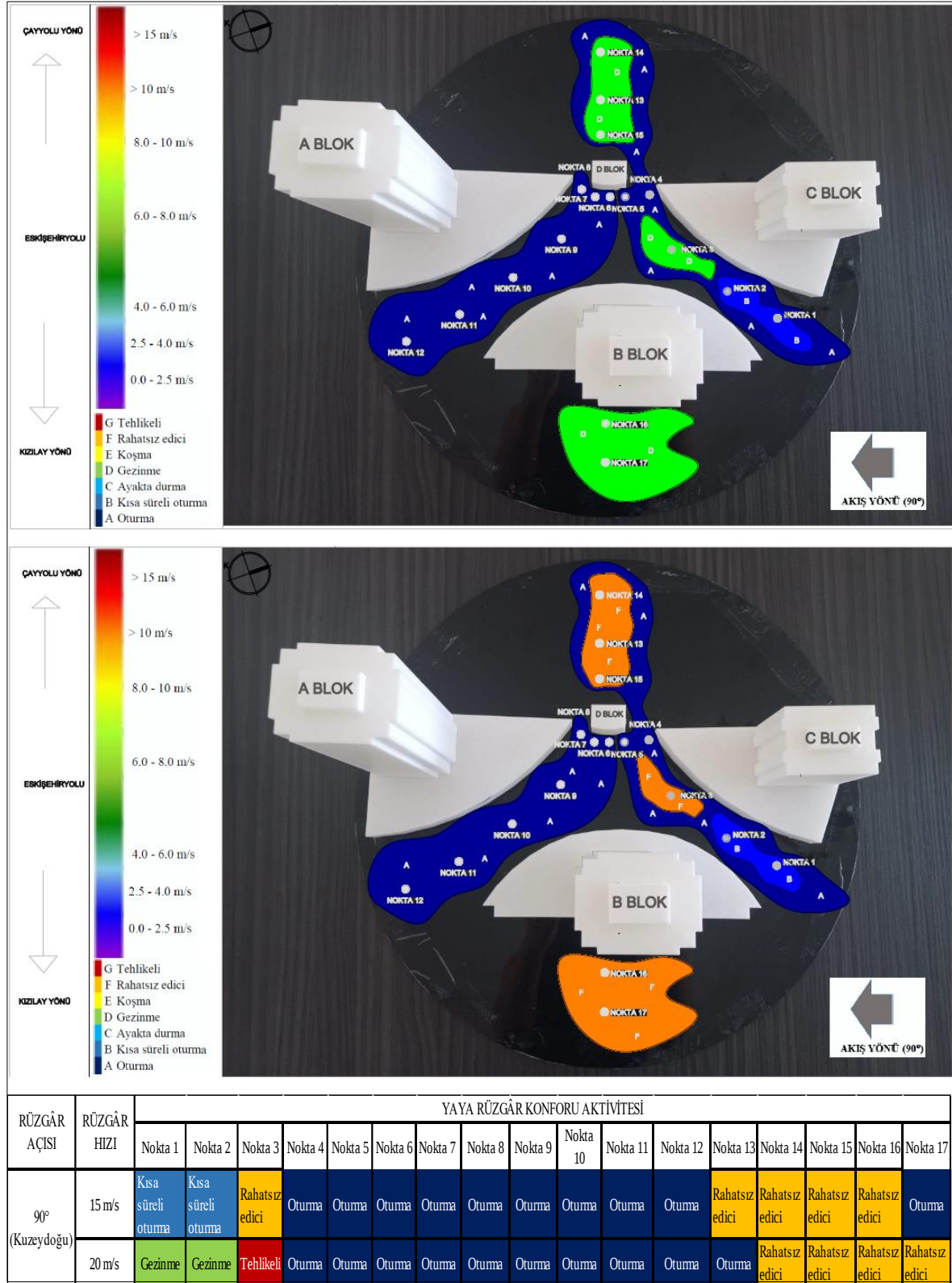
Haziran Ayı

Çizelge 4.18’de sunulan Ankara ili 2021 yılı aylık maksimum rüzgâr hızı ve yönü verileri incelendiğinde Haziran ayına ilişkin maksimum rüzgâr hızının 12,3 m/s ve yönünün kuzey olduğu görülmektedir. Kuzey yönü rüzgâr tüneli testinde 90° ile 180° arasında kalan rüzgâr açısı ile gerçekleştirilen analizlere karşılık gelmekte olup, söz konusu analiz verilerine Şekil 3.68’de yer verilmiştir.

Şekil 4.68’de yer alan analiz verileri incelendiğinde 90° yönünde (kuzeydoğu) 10 m/s hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 4, nokta 5, nokta 6, nokta 7, nokta 8, nokta 9, nokta 10, nokta 11, nokta 12 ve nokta 15 çevresinin oturma, kısa süreli oturma, ayakta durma, gezinme ve koşma için konforlu olduğu; nokta 1 ve nokta 2 çevresinin kısa süreli oturma için konforlu ancak oturma için konforlu olmadığı; nokta 3, nokta 13, nokta 14, nokta 16 ve nokta 17 çevresinin gezinme için konforlu ancak oturma ve kısa süreli oturma için konforlu olmadığı görülmüştür.



Şekil 4.67. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2021 yılı Mayıs ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi



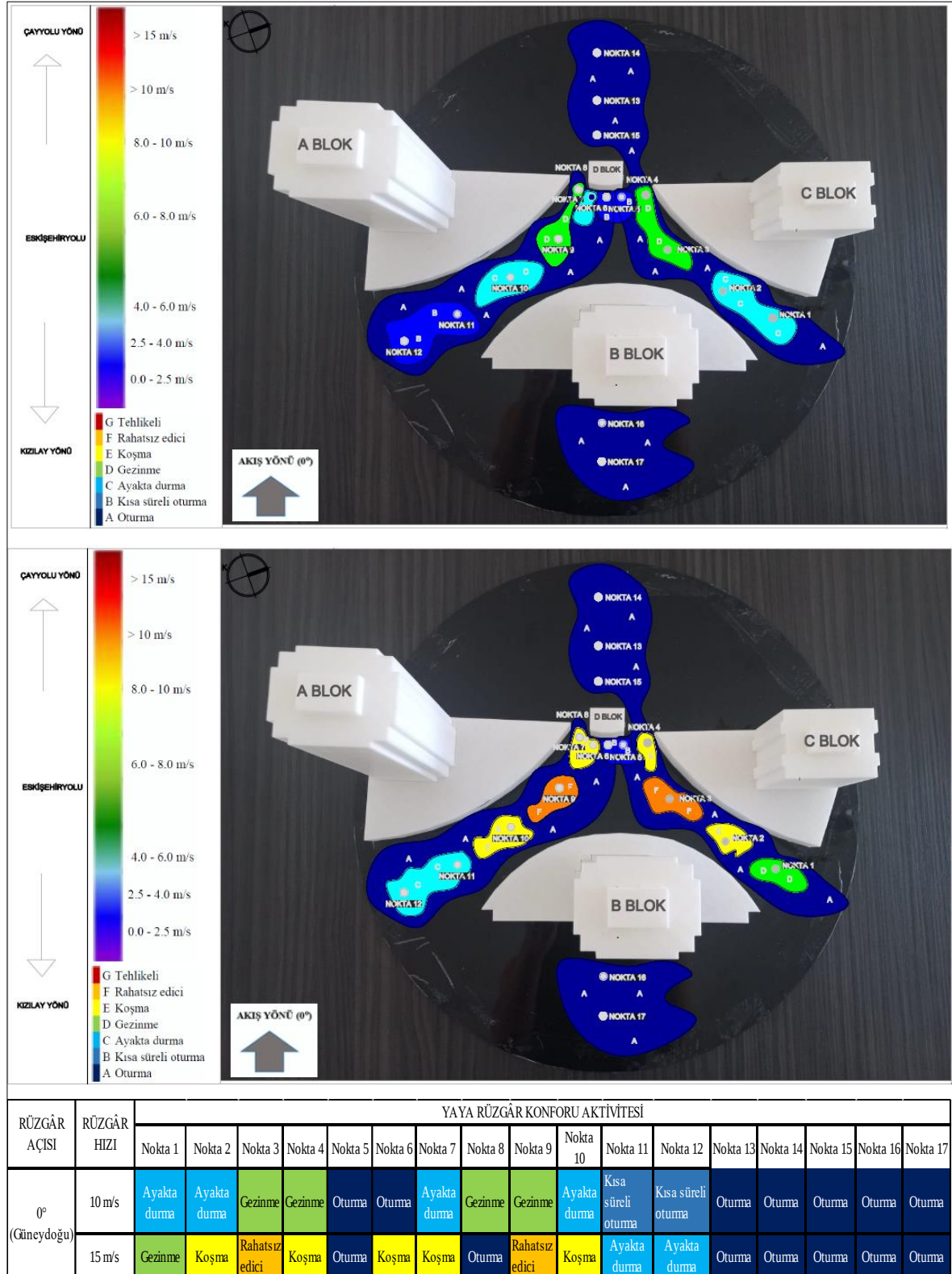
Şekil 4.68. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2021 yılı Haziran ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi

Temmuz Ayı

Çizelge 4.18’de sunulan Ankara ili 2021 yılı aylık maksimum rüzgâr hızı ve yönü verileri incelendiğinde Temmuz ayına ilişkin maksimum rüzgâr hızının 12,3 m/s ve yönünün güneydoğu olduğu görülmektedir. Güneydoğu yönü rüzgâr tüneli testinde 0° rüzgâr açısı ile gerçekleştirilen analizlere karşılık gelmekte olup, söz konusu analiz verilerine Şekil 4.69’da yer verilmiştir.

Şekil 4.69’da yer alan analiz verileri incelendiğinde 0° yönünde (güneydoğu) 10 m/s hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 5, nokta 6, nokta 13, nokta 14, nokta 15, nokta 16 ve nokta 17 çevresinin oturma, kısa süreli oturma, ayakta durma ve gezinme için konforlu olduğu; nokta 11 ve nokta 12 çevresinin kısa süreli oturma için konforlu ancak oturma için konforlu olmadığı; nokta 1, nokta 2, nokta 7 ve nokta 10 çevresinin ayakta durma için konforlu ancak kısa süreli oturma ve oturma için konforlu olmadığı; nokta 3, nokta 4, nokta 8 ve nokta 9 çevresinin gezinme için konforlu ancak ayakta durma, kısa süreli oturma ve oturma için konforlu olmadığı görülmüştür.

0° yönünde (güneydoğu) 15 m/s hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 5, nokta 8, nokta 13, nokta 14, nokta 15, nokta 16 ve nokta 17 çevresinin oturma, kısa süreli oturma, ayakta durma ve gezinme için konforlu olduğu; nokta 11 ve nokta 12 çevresinin ayakta durma için konforlu ancak kısa süreli oturma ve oturma için konforlu olmadığı; nokta 1 çevresinin gezinme için konforlu ancak ayakta durma, kısa süreli oturma ve oturma için konforlu olmadığı; nokta 2, nokta 4, nokta 6, nokta 7 ve nokta 10 çevresinin koşma için konforlu ancak gezinme, ayakta durma, kısa süreli oturma ve oturma için konforlu olmadığı; nokta 3 ve nokta 9 çevresinin rahatsız edici olduğu görülmüştür.



Şekil 4.69. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2021 yılı Temmuz ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi

Ağustos Ayı

Çizelge 4.18’de sunulan Ankara ili 2021 yılı aylık maksimum rüzgâr hızı ve yönü verileri incelendiğinde Ağustos ayına ilişkin maksimum rüzgâr hızının 11,3 m/s ve yönünün kuzey olduğu görülmektedir. Kuzey yönü rüzgâr tüneli testinde 90° ile 180° arasında kalan rüzgâr açısı ile gerçekleştirilen analizlere karşılık gelmekte olup, söz konusu analiz verilerine Şekil 4.70’de yer verilmiştir.

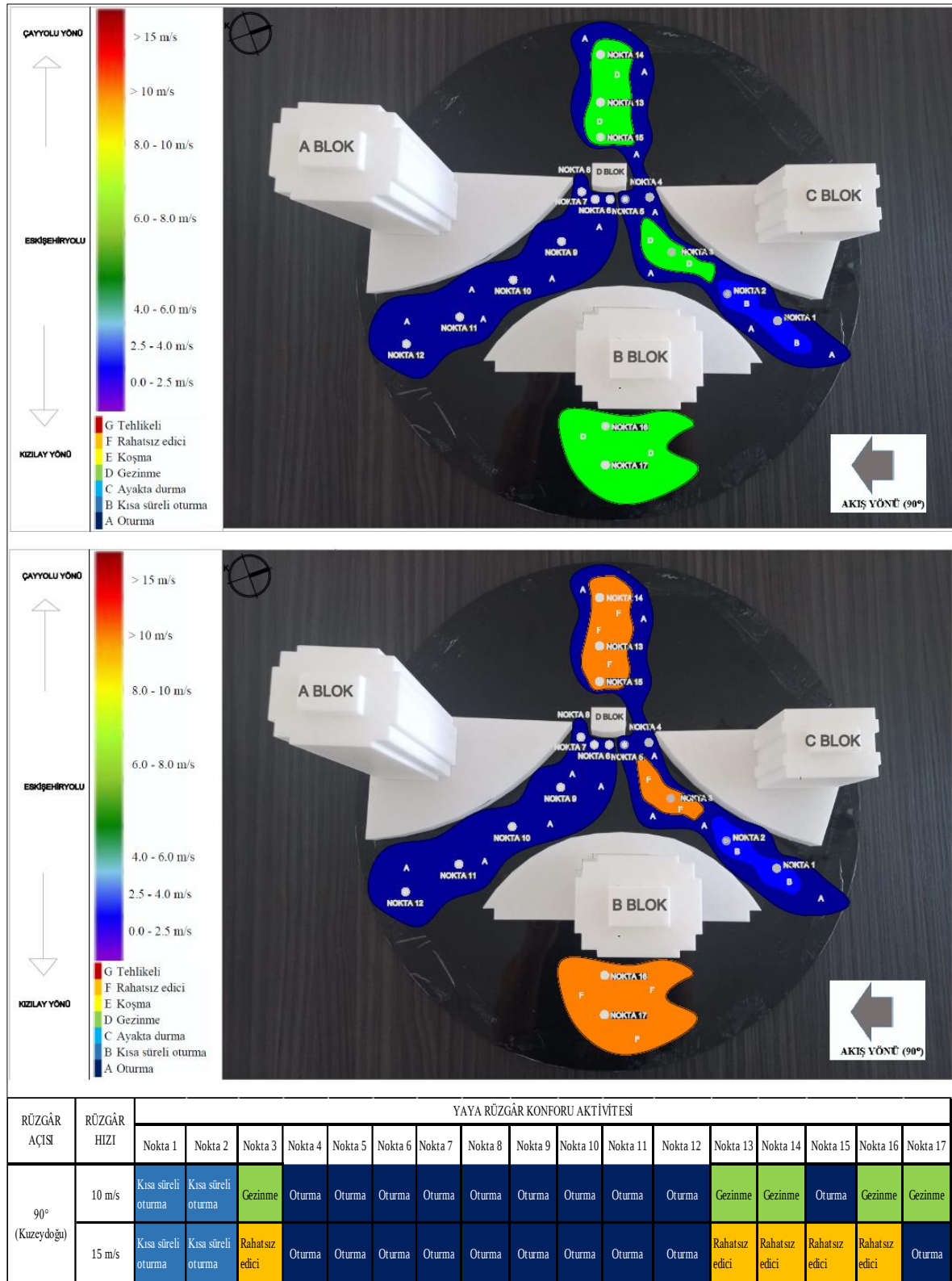
Şekil 4.70’de yer alan analiz verileri incelendiğinde 90° yönünde (kuzeydoğu) 10 m/s hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 4, nokta 5, nokta 6, nokta 7, nokta 8, nokta 9, nokta 10, nokta 11, nokta 12 ve nokta 15 çevresinin oturma, kısa süreli oturma, ayakta durma, gezinme ve koşma için konforlu olduğu; nokta 1 ve nokta 2 çevresinin kısa süreli oturma için konforlu ancak oturma için konforlu olmadığı; nokta 3, nokta 13, nokta 14, nokta 16 ve nokta 17 çevresinin gezinme için konforlu ancak oturma ve kısa süreli oturma için konforlu olmadığı görülmüştür.

Eylül Ayı

Çizelge 4.18’de sunulan Ankara ili 2021 yılı aylık maksimum rüzgâr hızı ve yönü verileri incelendiğinde Eylül ayına ilişkin maksimum rüzgâr hızının 9,8 m/s ve yönünün kuzeybatı olduğu görülmektedir. Kuzeybatı yönü rüzgâr tüneli testinde 180° rüzgâr açısı ile gerçekleştirilen analizlere karşılık gelmekte olup, söz konusu analiz verilerine Şekil 4.71’de yer verilmiştir.

Şekil 4.71’de yer alan analiz verileri incelendiğinde 180° yönünde (kuzeybatı) 5 m/s hızı ile yapılan ölçümler sonucunda tüm nokta çevrelerinin oturma için konforlu olduğu görülmüştür.

180° yönünde (kuzeybatı) 10 m/s hızı ile yapılan ölçümler sonucunda tüm nokta çevrelerinin kısa süreli oturma için konforlu olduğu, ancak oturma için konforlu olmadığı görülmüştür.



Şekil 4.70. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2021 yılı Ağustos ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi

Ekim Ayı

Çizelge 4.18’de sunulan Ankara ili 2021 yılı aylık maksimum rüzgâr hızı ve yönü verileri incelendiğinde Ekim ayına ilişkin maksimum rüzgâr hızının 9,3 m/s ve yönünün kuzey olduğu görülmektedir. Kuzey yönü rüzgâr tüneli testinde 90° ile 180° arasında kalan rüzgâr açısı ile gerçekleştirilen analizlere karşılık gelmekte olup, söz konusu analiz verilerine Şekil 4.72’de yer verilmiştir.

Şekil 4.72’de yer alan analiz verileri incelendiğinde 90° yönünde (Kuzeydoğu) 5 m/s hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 3, nokta 13, nokta 14, nokta 16 ve nokta 17 çevresinin kısa süreli oturma, ayakta durma, gezinme ve koşma için konforlu olduğu ancak oturma için konforlu olmadığı görülmüştür.

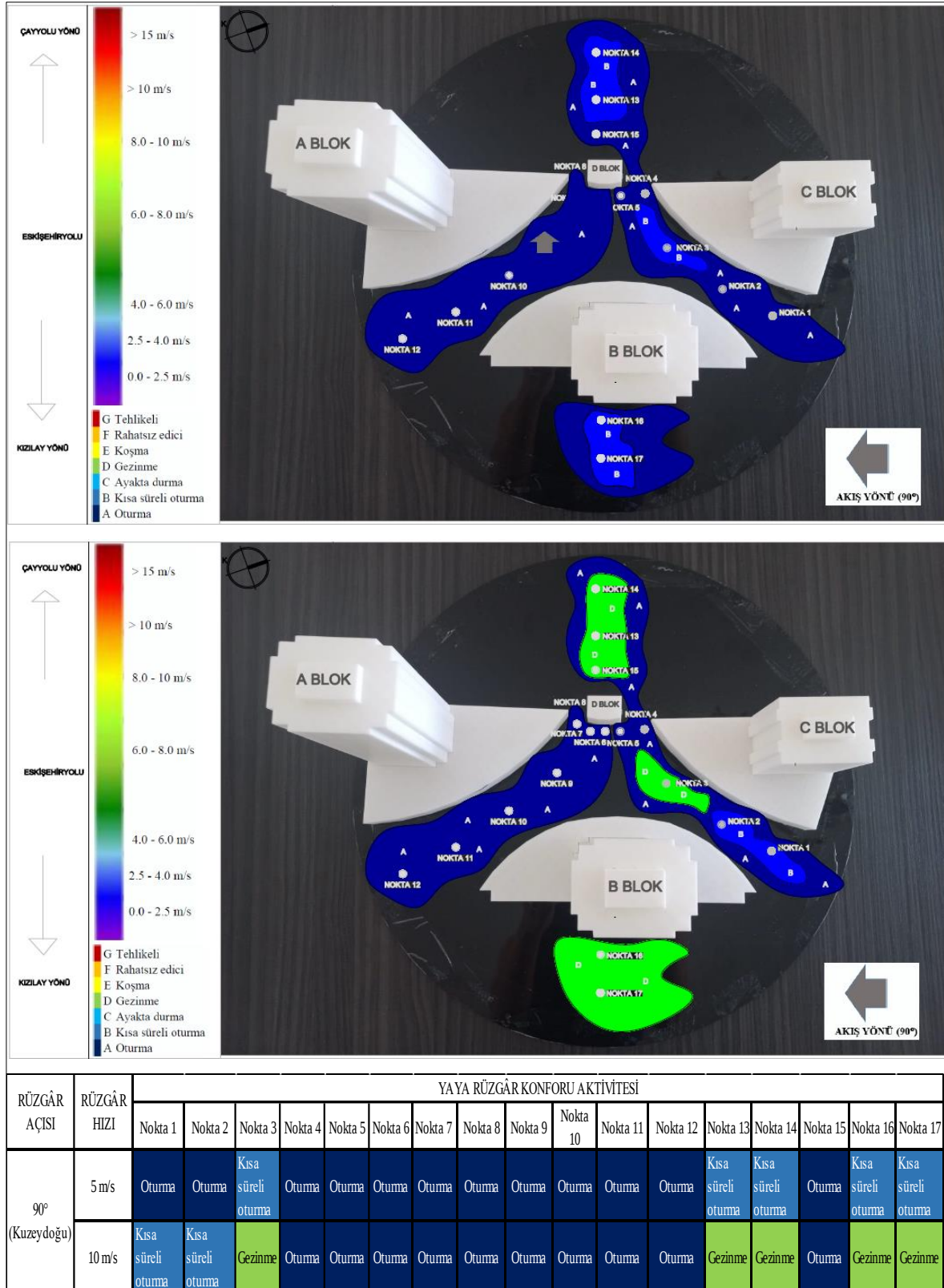
90° yönünde (Kuzeydoğu) 10 m/s hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 1 ve nokta 2 çevresinin kısa süreli oturma için konforlu ancak oturma için konforlu olmadığı görülmektedir.

Kasım Ayı

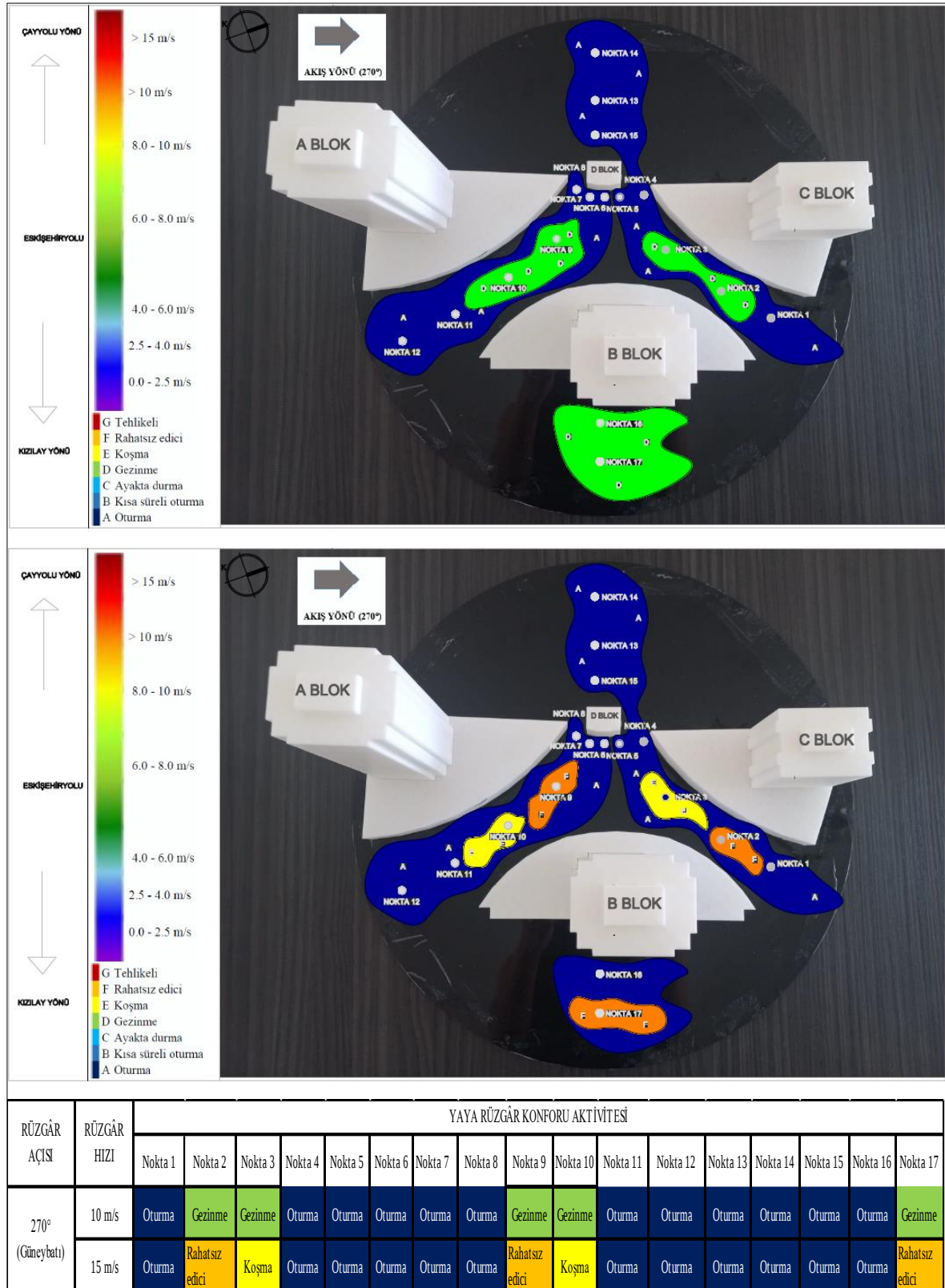
Çizelge 4.18’de sunulan Ankara ili 2021 yılı aylık maksimum rüzgâr hızı ve yönü verileri incelendiğinde Ekim ayına ilişkin maksimum rüzgâr hızının 12,9 m/s ve yönünün batı olduğu görülmektedir. Batı yönü rüzgâr tüneli testinde 180° ile 270° arasında rüzgâr açısı ile gerçekleştirilen analizlere karşılık gelmekte olup, söz konusu analiz verilerine Şekil 4.73’te yer verilmiştir.

Şekil 4.73’te yer alan analiz verileri incelendiğinde 270° yönünde (Güneybatı) 10 m/s hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta2, nokta 3, nokta 9, nokta 10 ve nokta 17 çevresinin gezinme ve koşma için konforlu ancak oturma, kısa süreli oturma ve ayakta durma için konforlu olmadığı görülmüştür.

270° yönünde (Güneybatı) 15 m/s hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 3 ve nokta 10 çevresinin koşma için konforlu ancak oturma, kısa süreli oturma, ayakta durma ve gezinme için konforlu olmadığı görülmüştür.



Şekil 4.72. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2021 yılı Ekim ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi



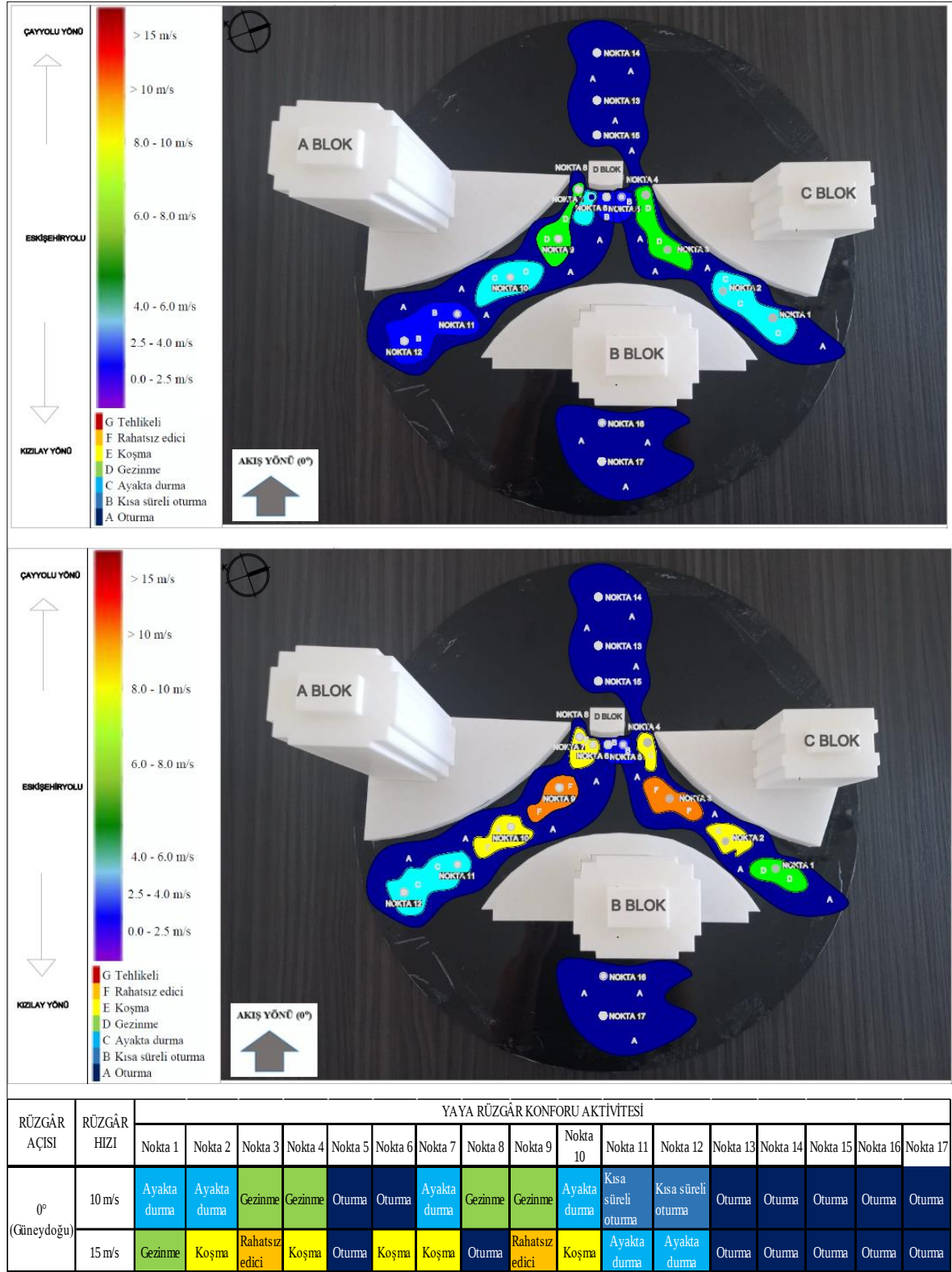
Şekil 4.73. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2021 yılı Kasım ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi

Aralık Ayı

Çizelge 4.18’de sunulan Ankara ili 2021 yılı aylık maksimum rüzgâr hızı ve yönü verileri incelendiğinde Aralık ayına ilişkin maksimum rüzgâr hızının 11,8 m/s ve yönünün güney olduğu görülmektedir. Güney yönü rüzgâr tüneli testinde 0° ile 270° arasında rüzgâr açısı ile gerçekleştirilen analizlere karşılık gelmekte olup, söz konusu analiz verilerine Şekil 4.74’te yer verilmiştir.

Şekil 4.74’te yer alan analiz verileri incelendiğinde 0° yönünde (güneydoğu) 10 m/s hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 5, nokta 6, nokta 13, nokta 14, nokta 15, nokta 16 ve nokta 17 çevresinin oturma, kısa süreli oturma, ayakta durma ve gezinme için konforlu olduğu; nokta 11 ve nokta 12 çevresinin kısa süreli oturma için konforlu ancak oturma için konforlu olmadığı; nokta 1, nokta 2, nokta 7 ve nokta 10 çevresinin ayakta durma için konforlu ancak kısa süreli oturma ve oturma için konforlu olmadığı; nokta 3, nokta 4, nokta 8 ve nokta 9 çevresinin gezinme için konforlu ancak ayakta durma, kısa süreli oturma ve oturma için konforlu olmadığı görülmüştür.

0° yönünde (güneydoğu) 15 m/s hızı ile yapılan ölçümler sonucunda nokta 5, nokta 8, nokta 13, nokta 14, nokta 15, nokta 16 ve nokta 17 çevresinin oturma, kısa süreli oturma, ayakta durma ve gezinme için konforlu olduğu; nokta 11 ve nokta 12 çevresinin ayakta durma için konforlu ancak kısa süreli oturma ve oturma için konforlu olmadığı; nokta 1 çevresinin gezinme için konforlu ancak ayakta durma, kısa süreli oturma ve oturma için konforlu olmadığı; nokta 2, nokta 4, nokta 6, nokta 7 ve nokta 10 çevresinin koşma için konforlu ancak gezinme, ayakta durma, kısa süreli oturma ve oturma için konforlu olmadığı; nokta 3 ve nokta 9 çevresinin rahatsız edici olduğu görülmüştür.



Şekil 4.74. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2021 yılı Aralık ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi

Çizelge 4.19’da 2021 yılına ait ay bazında elde edilen verilerin toplu olarak analizine yer verilmiştir. Ay bazında elde edilen verileri analizleri incelendiğinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Ocak ayında bazı noktaların gezinme için konforlu iken oturma ve kısa süreli oturma için konforlu olmadığı, bazı noktaların koşma için konforlu iken oturma, kısa süreli oturma, ayakta durma ve gezinme için konforlu olmadığı, bazı noktaların ise rahatsız edici olduğu görülmüştür.
- Şubat ayında bazı noktaların gezinme için konforlu iken oturma ve kısa süreli oturma için konforlu olmadığı, bazı noktaların koşma için konforlu iken oturma, kısa süreli oturma, ayakta durma ve gezinme için konforlu olmadığı, bazı noktaların ise rahatsız edici olduğu görülmüştür.
- Mart ayında bazı noktaların gezinme için konforlu iken oturma ve kısa süreli oturma için konforlu olmadığı, bazı noktaların koşma için konforlu iken oturma, kısa süreli oturma, ayakta durma ve gezinme için konforlu olmadığı, bazı noktaların ise rahatsız edici olduğu görülmüştür.
- Nisan ayında bazı noktaların kısa süreli oturma için konforlu iken, oturma için konforlu olmadığı, bazı noktaların gezinme için konforlu iken oturma ve kısa süreli oturma için konforlu olmadığı, bazı noktaların ayakta durma için konforlu iken, gezinme, oturma ve kısa süreli oturma için konforlu olmadığı, bazı noktaların koşma için konforlu iken, oturma, kısa süreli oturma, gezinme ve ayakta durma için konforlu olmadığı, bazı noktaların rahatsız edici olduğu görülmüştür.
- Mayıs ayında bazı noktaların oturma için konforlu, bazı noktaların kısa süreli oturma için konforlu iken, oturma için konforlu olmadığı, bazı noktaların gezinme için konforlu iken oturma ve kısa süreli oturma için konforlu olmadığı, bazı noktaların ise rahatsız edici olduğu görülmüştür.
- Haziran ayında bazı noktaların oturma için konforlu, bazı noktaların kısa süreli oturma için konforlu iken, oturma için konforlu olmadığı, bazı noktaların gezinme için konforlu iken oturma ve kısa süreli oturma için konforlu olmadığı, bazı noktaların ise rahatsız edici olduğu görülmüştür.
- Temmuz ayında bazı noktaların gezinme için konforlu iken oturma ve kısa süreli oturma için konforlu olmadığı, bazı noktaların ayakta durma için konforlu iken, oturma ve kısa süreli oturma için konforlu olmadığı, bazı noktaların gezinme için konforlu iken ayakta

durma, oturma ve kısa süreli oturma için konforlu olmadığı, bazı noktaların koşma için konforlu iken gezinme, ayakta durma, oturma ve kısa süreli oturma için konforlu olmadığı, bazı noktaların rahatsız edici olduğu görülmüştür.

- Ağustos ayında bazı noktaların kısa süreli oturma için konforlu iken, oturma için konforlu olmadığı, bazı noktaların gezinme için konforlu iken oturma ve kısa süreli oturma için konforlu olmadığı, bazı noktaların ise rahatsız edici olduğu görülmüştür.
- Eylül ayında bazı noktaların oturma için konforlu, bazı noktaların kısa süreli oturma için konforlu iken oturma için konforlu olmadığı görülmüştür.
- Ekim ayında, bazı noktaların kısa süreli oturma için konforlu iken, oturma için konforlu olmadığı, bazı noktaların gezinme için konforlu iken oturma ve kısa süreli oturma için konforlu olmadığı görülmüştür.
- Kasım ayında bazı noktaların kısa süreli oturma için konforlu iken, oturma için konforlu olmadığı, bazı noktaların gezinme için konforlu iken oturma ve kısa süreli oturma için konforlu olmadığı, bazı noktaların koşma için konforlu iken gezinme, ayakta durma, oturma ve kısa süreli oturma için konforlu olmadığı, bazı noktaların rahatsız edici olduğu görülmüştür.
- Aralık ayında bazı noktaların gezinme için konforlu iken oturma ve kısa süreli oturma için konforlu olmadığı, bazı noktaların ayakta durma için konforlu iken, oturma ve kısa süreli oturma için konforlu olmadığı, bazı noktaların gezinme için konforlu iken ayakta durma, oturma ve kısa süreli oturma için konforlu olmadığı, bazı noktaların koşma için konforlu iken gezinme, ayakta durma, oturma ve kısa süreli oturma için konforlu olmadığı, bazı noktaların rahatsız edici olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.19. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2021 yılı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizinin toplu gösterimi

RÜZGÂR AÇISI	RÜZGÂR HIZI	YAYA RÜZGÂR KONFORU AKTİVİTESİ																
		Nokta 1	Nokta 2	Nokta 3	Nokta 4	Nokta 5	Nokta 6	Nokta 7	Nokta 8	Nokta 9	Nokta 10	Nokta 11	Nokta 12	Nokta 13	Nokta 14	Nokta 15	Nokta 16	Nokta 17
270° (Güneybatı)	10 m/s	Oturma	Gezime	Gezime	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Gezime	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Gezime
	15 m/s	Oturma	Rahatsız edici	Koşma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Rahatsız edici	Koşma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Rahatsız edici
270° (Güneybatı)	10 m/s	Oturma	Gezime	Gezime	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Gezime	Gezime	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Gezime
	15 m/s	Oturma	Rahatsız edici	Koşma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Rahatsız edici	Koşma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Rahatsız edici
270° (Güneybatı)	10 m/s	Oturma	Gezime	Gezime	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Gezime	Gezime	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Gezime
	15 m/s	Oturma	Rahatsız edici	Koşma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Rahatsız edici	Koşma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Rahatsız edici
0° (Güneydoğu)	10 m/s	Ayakta durma	Ayakta durma	Gezime	Gezime	Oturma	Oturma	Ayakta durma	Gezime	Gezime	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma
	15 m/s	Gezime	Koşma	Rahatsız edici	Koşma	Oturma	Koşma	Koşma	Rahatsız edici	Oturma	Ayakta durma	Ayakta durma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma
90° (Kuzeydoğu)	10 m/s	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Gezime	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Gezime	Gezime	Oturma	Gezime	Gezime
	15 m/s	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Rahatsız edici	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Rahatsız edici	Rahatsız edici	Rahatsız edici	Rahatsız edici	Oturma
90° (Kuzeydoğu)	10 m/s	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Gezime	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Gezime	Gezime	Oturma	Gezime	Gezime
	15 m/s	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Rahatsız edici	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Rahatsız edici	Rahatsız edici	Rahatsız edici	Rahatsız edici	Oturma
0° (Güneydoğu)	10 m/s	Ayakta durma	Ayakta durma	Gezime	Gezime	Oturma	Ayakta durma	Gezime	Gezime	Ayakta durma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma
	15 m/s	Gezime	Koşma	Rahatsız edici	Koşma	Oturma	Koşma	Oturma	Rahatsız edici	Oturma	Ayakta durma	Ayakta durma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma
90° (Kuzeydoğu)	10 m/s	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Gezime	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Gezime	Gezime	Oturma	Gezime	Gezime
	15 m/s	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Rahatsız edici	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Rahatsız edici	Rahatsız edici	Rahatsız edici	Rahatsız edici	Oturma
180° (Kuzeybatı)	5 m/s	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma
	10 m/s	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma
90° (Kuzeydoğu)	5 m/s	Oturma	Oturma	Gezime	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Gezime	Gezime	Oturma	Gezime	Gezime
	10 m/s	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Gezime	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Gezime	Gezime	Oturma	Gezime	Gezime
270° (Güneybatı)	10 m/s	Oturma	Gezime	Gezime	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Gezime
	15 m/s	Oturma	Rahatsız edici	Koşma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Rahatsız edici	Koşma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Rahatsız edici
0° (Güneydoğu)	10 m/s	Ayakta durma	Ayakta durma	Gezime	Gezime	Oturma	Ayakta durma	Gezime	Gezime	Ayakta durma	Kısa süreli oturma	Kısa süreli oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma
	15 m/s	Gezime	Koşma	Rahatsız edici	Koşma	Oturma	Koşma	Koşma	Oturma	Rahatsız edici	Koşma	Ayakta durma	Ayakta durma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma	Oturma

Tez çalışmasının bu bölümünde, ikinci adım olarak Ankara 2021 yılı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi (İstatistiksel analiz) gerçekleştirilmiştir. İlerleyen bölümde, üçüncü adım olarak rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014 yılı – 2021 yılı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizine (İstatistiksel analiz) yer verilecektir.

Adım 3: Rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014 – 2021 yılı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi (İstatistiksel analiz)

Üçüncü adımda, Ankara ili 2014 ve 2021 yıllarına ait aylık maksimum rüzgâr hızları verileri dikkate alınarak örneklem binaya ilişkin elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014 – 2021 yılı maksimum rüzgâr hızı verileri ay bazında karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

Ocak Ayı

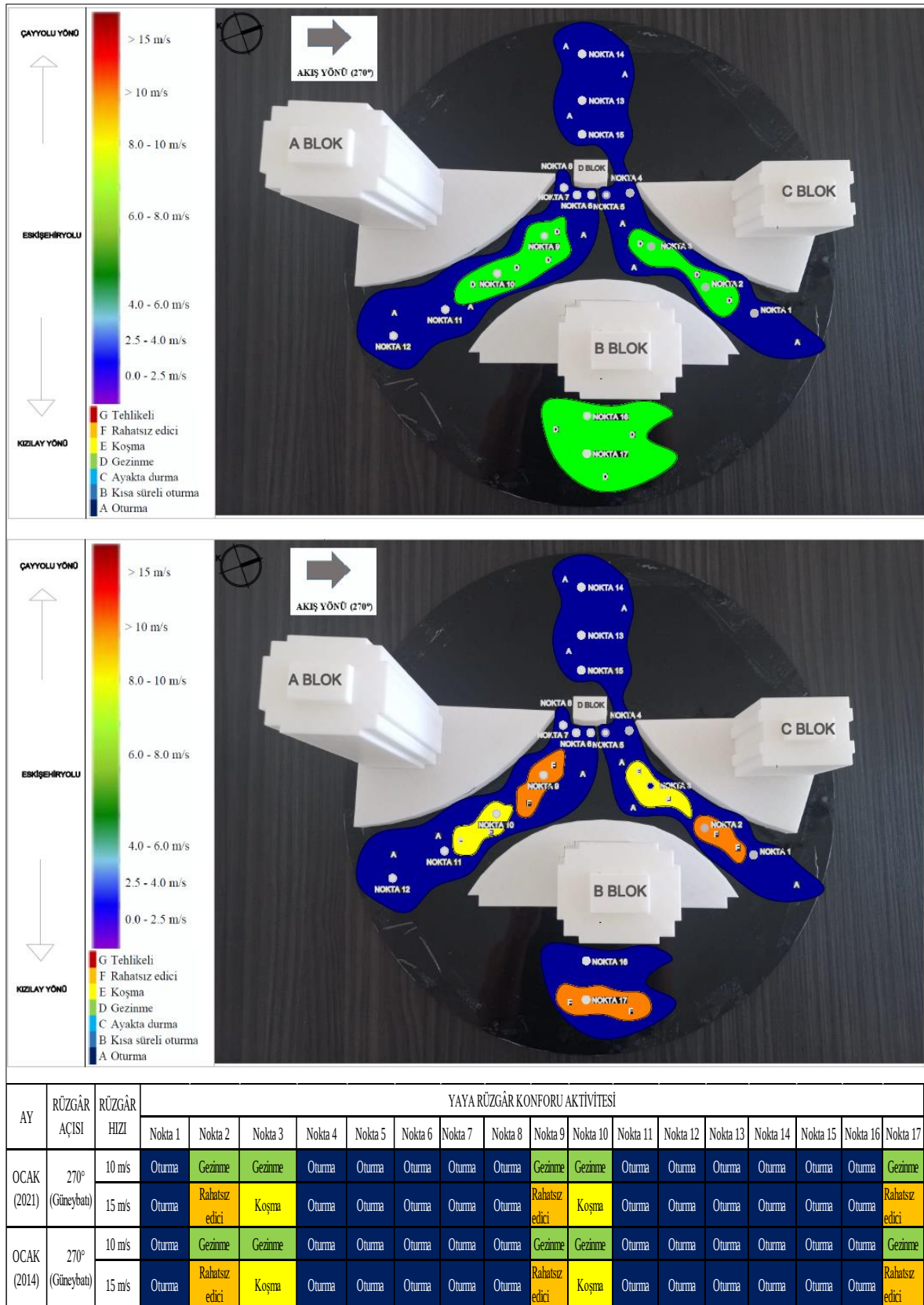
Şekil 4.75'te Ankara ili 2021 ve 2014 yılları Ocak ayı karşılaştırmalı veri analizlerine yer verilmiştir. Ocak ayına ait veriler analizleri incelendiğinde 2014 ve 2021 yılları arasında konfor aktiviteleri arasında herhangi bir farkın oluşmadığı görülmüştür.

Şubat Ayı

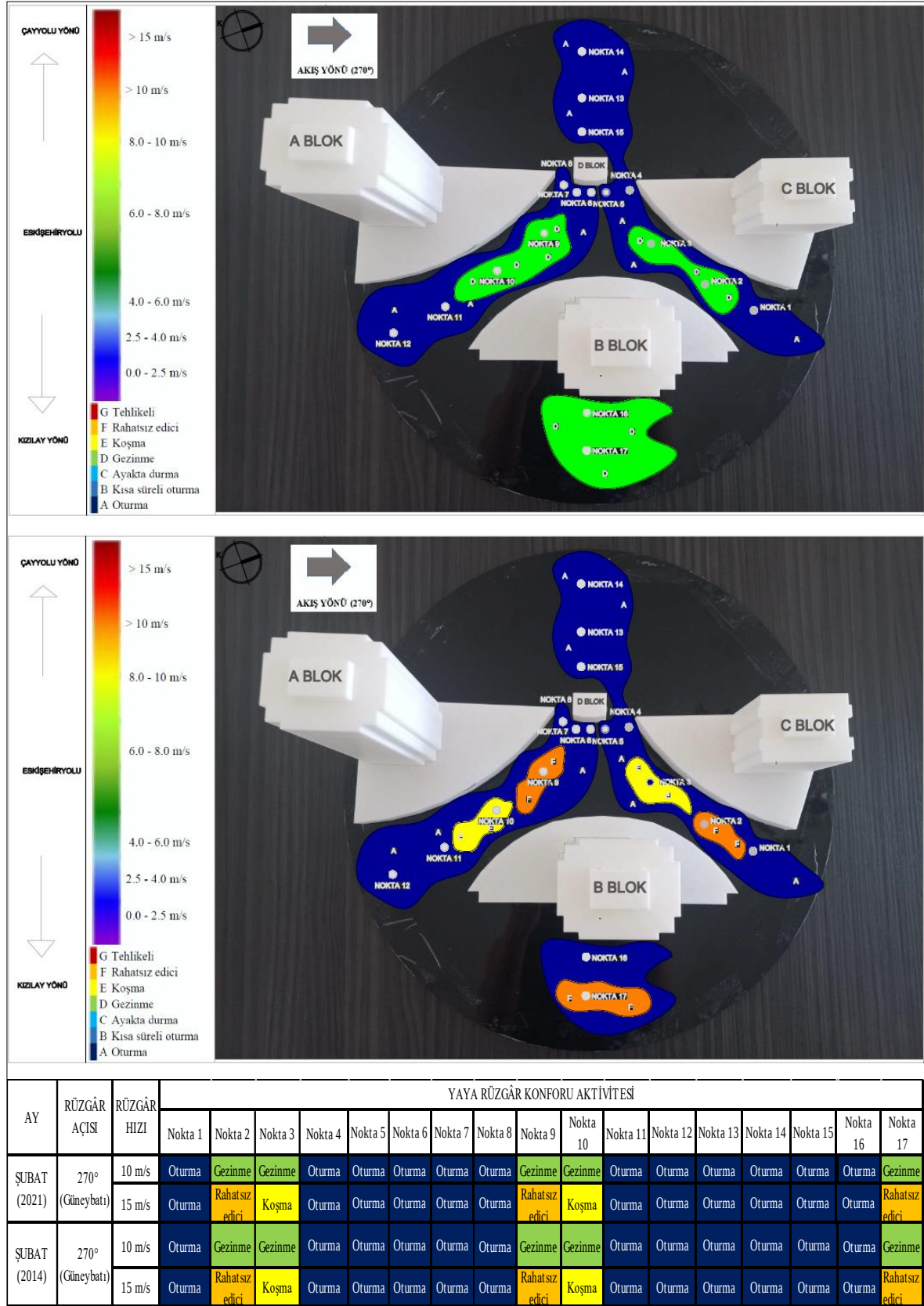
Şekil 4.76'da Ankara ili 2021 ve 2014 yılları Şubat ayı karşılaştırmalı veri analizlerine yer verilmiştir. Şubat ayına ait veriler analizleri incelendiğinde 2014 ve 2021 yılları arasında konfor aktiviteleri arasında herhangi bir farkın oluşmadığı görülmüştür.

Mart Ayı

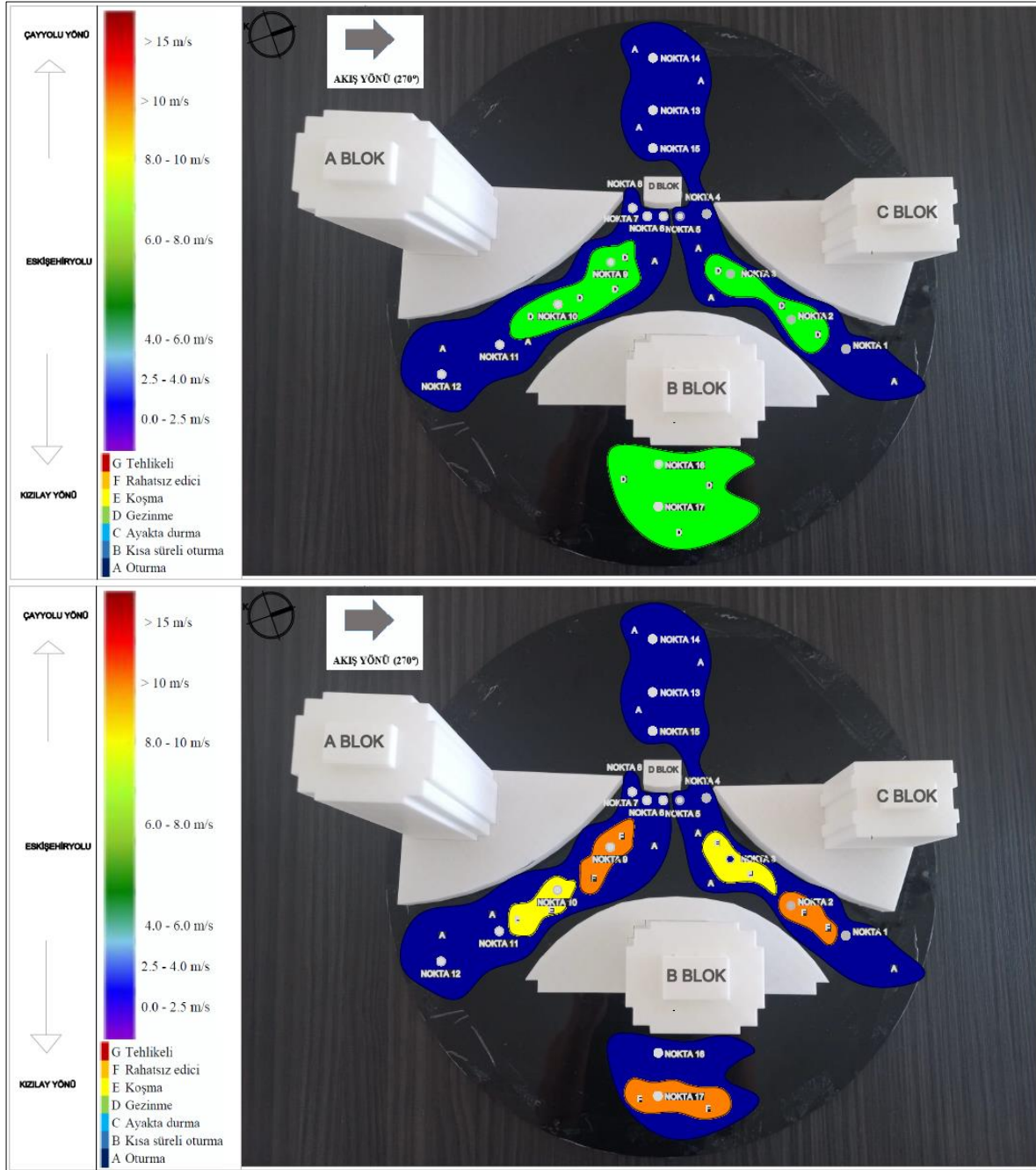
Şekil 4.77'de Ankara ili 2021 ve 2014 yılları Mart ayı karşılaştırmalı veri analizlerine yer verilmiştir. Mart ayına ait veriler analizleri incelendiğinde 15 m/s ile yapılan ölçümlerde 2014 yılında 5 nokta çevresinin rahatsız edici olduğu, 2 nokta çevresinin kısa süreli oturma için konforlu iken oturma için konforlu olmadığı, 2021 yılında 3 nokta çevresinin rahatsız edici, 2 nokta çevresinin koşma için konforlu iken oturma, kısa süreli oturma, gezinme için konforlu olmadığı görülmüştür.



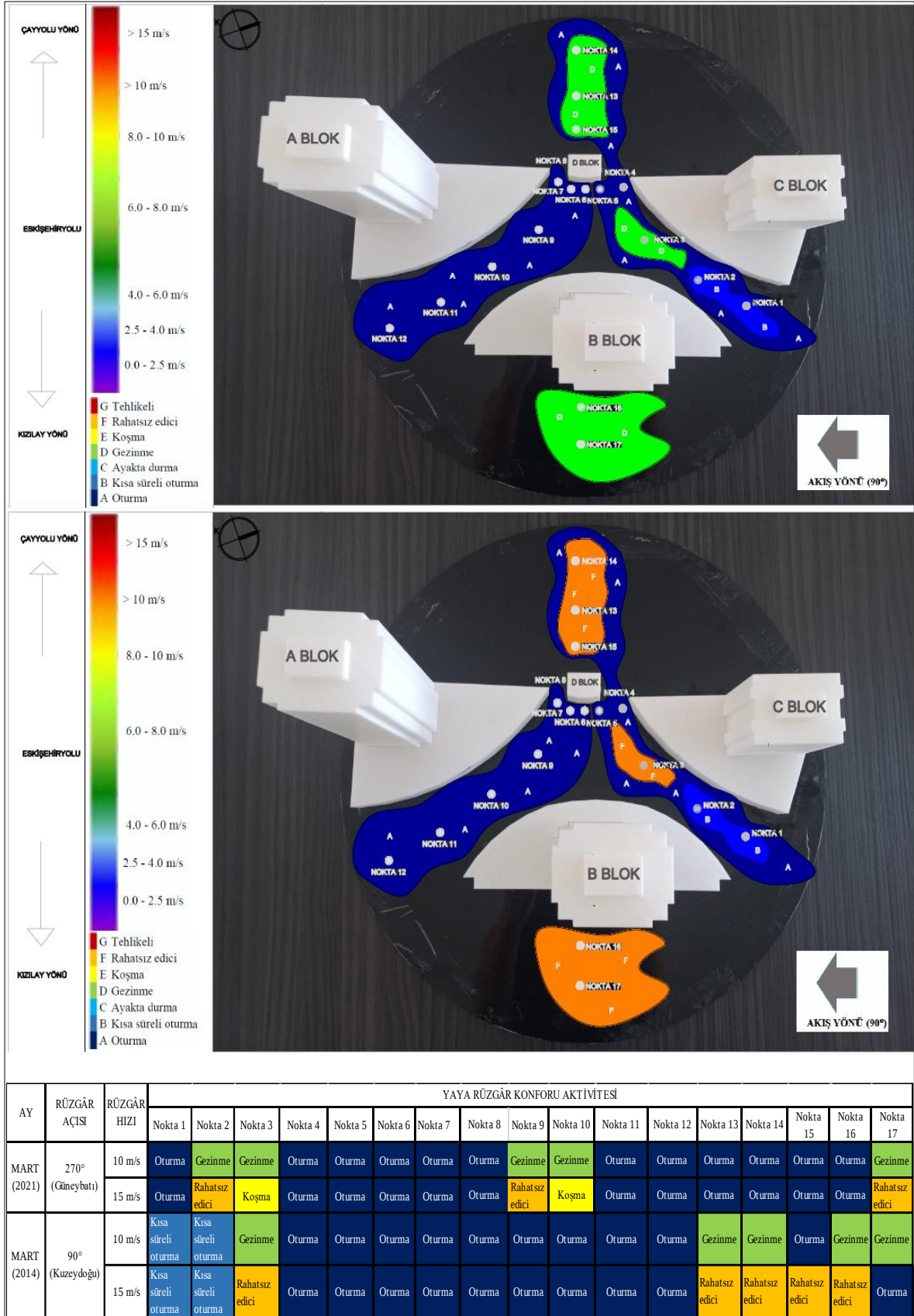
Şekil 4.75. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014-2021 yılları Ocak ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi



Şekil 4.76. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014-2021 yılları Şubat ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi



Şekil 4.77. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014-2021 yılları Mart ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi



Şekil 4.77. (devam) Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014-2021 yılları Mart ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi

Nisan Ayı

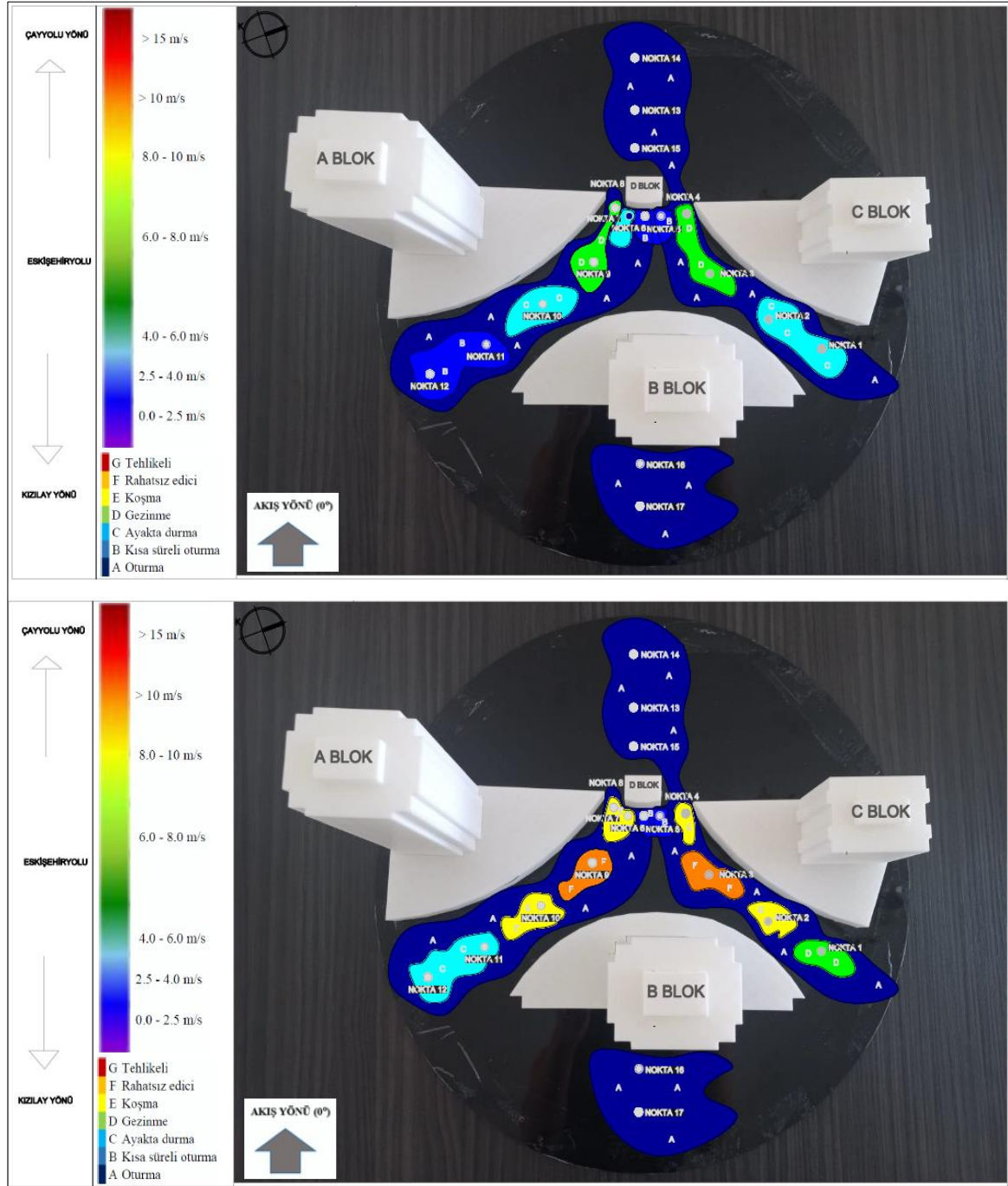
Şekil 4.78’de Ankara ili 2021 ve 2014 yılları Nisan ayı karşılaştırmalı veri analizlerine yer verilmiştir. Nisan ayına ait veri analizleri incelendiğinde 2014 yılında 4 nokta çevresinin rahatsız edici olduğu, 2021 yılında 2 nokta çevresinin rahatsız edici olduğu, 4 nokta çevresinin koşma için konforlu iken oturma, kısa süreli oturma, ayakta durma ve gezinme için konforlu olmadığı, 1 nokta çevresinin gezinme için konforlu iken oturma, kısa süreli oturma, ayakta durma için konforlu olmadığı, 2 nokta çevresinin ayakta durma için konforlu iken oturma, kısa süreli oturma için konforlu olmadığı görülmüştür.

Mayıs Ayı

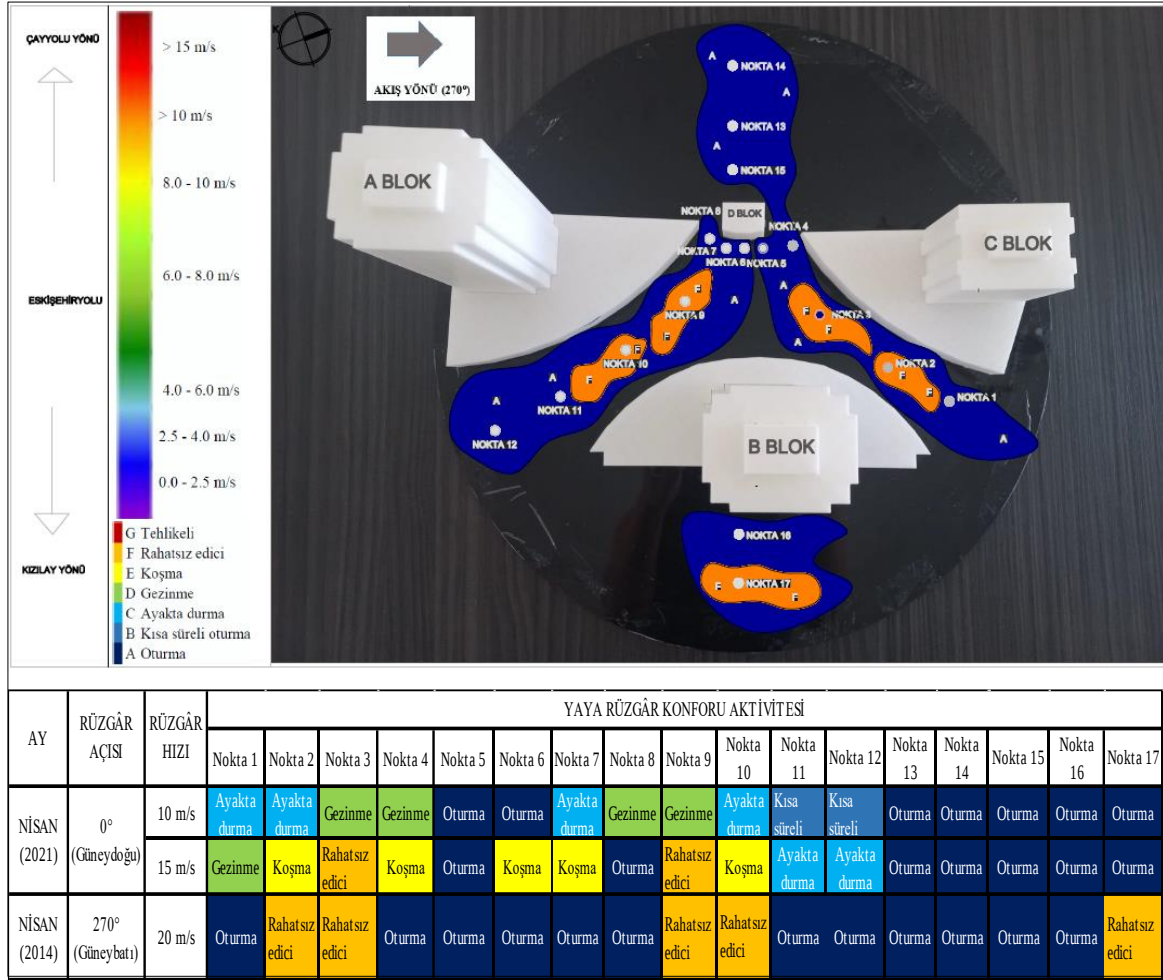
Şekil 4.79’da Ankara ili 2021 ve 2014 yılları Mayıs ayı karşılaştırmalı veri analizlerine yer verilmiştir. Mayıs ayına ait veri analizleri incelendiğinde 2014 yılı veri analizlerine göre 4 nokta çevresinin rahatsız edici olduğu, 2021 yılında 5 nokta çevresinin rahatsız edici olduğu, 2014 yılı veri analizlerine göre 2 nokta çevresinin koşma için konforlu iken oturma, kısa süreli oturma, ayakta durma ve gezinme için konforlu olmadığı, 2021 yılı veri analizlerine göre 5 nokta çevresinin gezinme için konforlu iken oturma, kısa süreli oturma ve ayakta durma için konforlu olmadığı görülmüştür.

Haziran Ayı

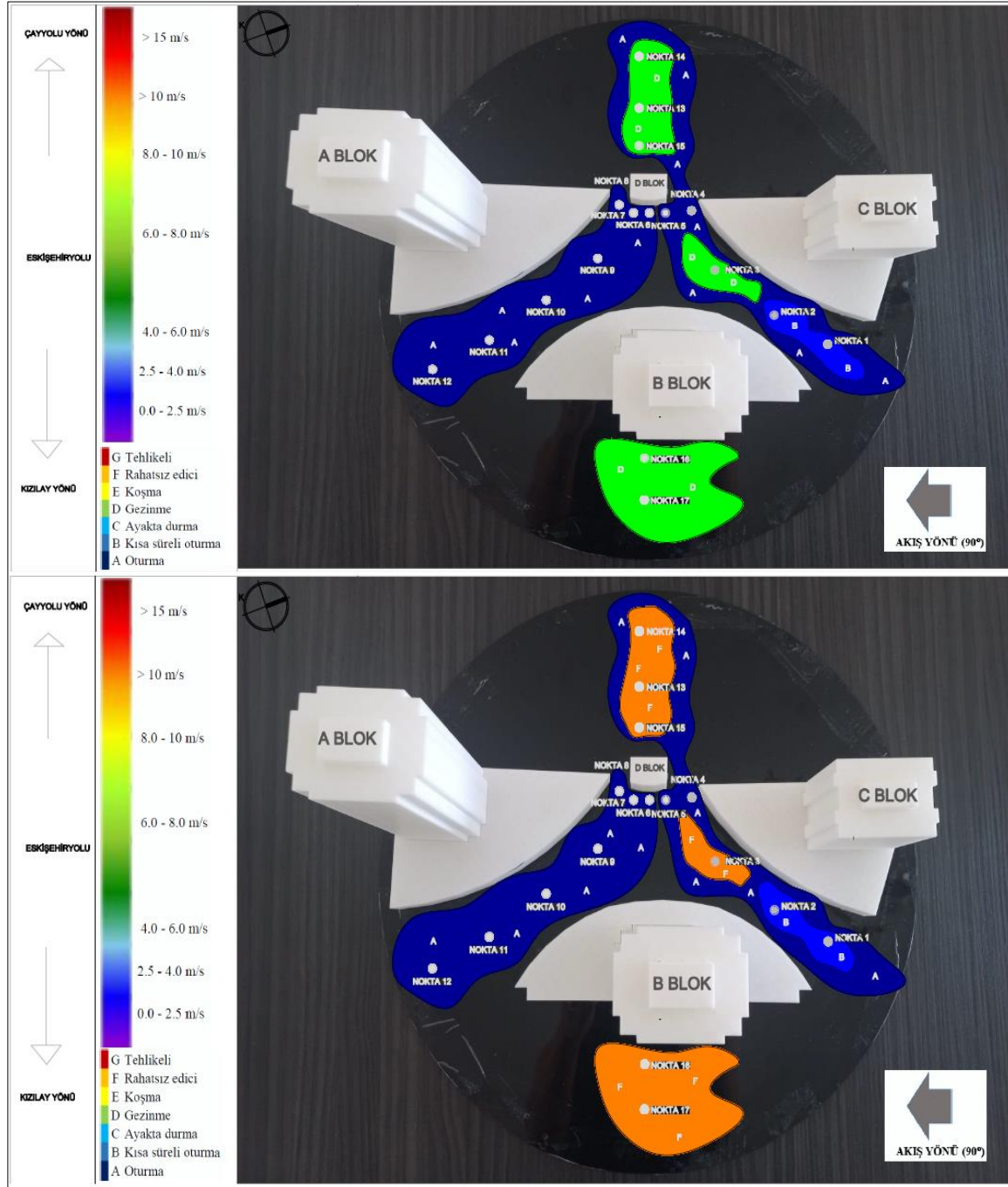
Şekil 4.80’de Ankara ili 2021 ve 2014 yılları Haziran ayı karşılaştırmalı veri analizlerine yer verilmiştir. Haziran ayına ait veri analizleri incelendiğinde 2014 yılı veri analizlerine göre 3 nokta çevresinin ayakta durma için konforlu iken oturma ve kısa süreli oturma için konforlu olmadığı, 2021 yılı veri analizlerine göre 5 nokta çevresinin rahatsız edici olduğu, 5 nokta çevresinin gezinme için konforlu iken oturma, kısa süreli oturma ve ayakta durma için konforlu olmadığı görülmüştür.



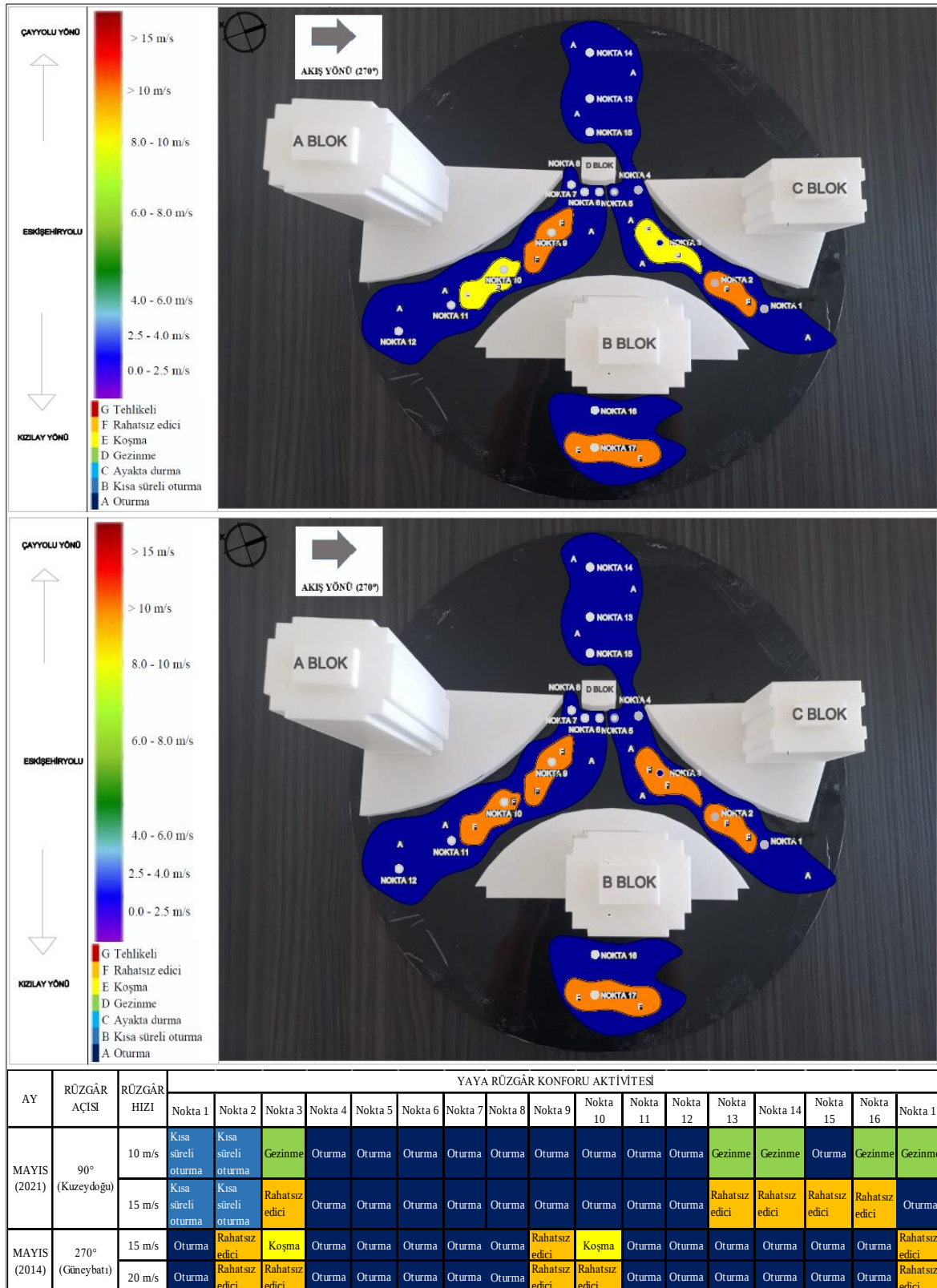
Şekil 4.78. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014-2021 yılları Nisan ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi



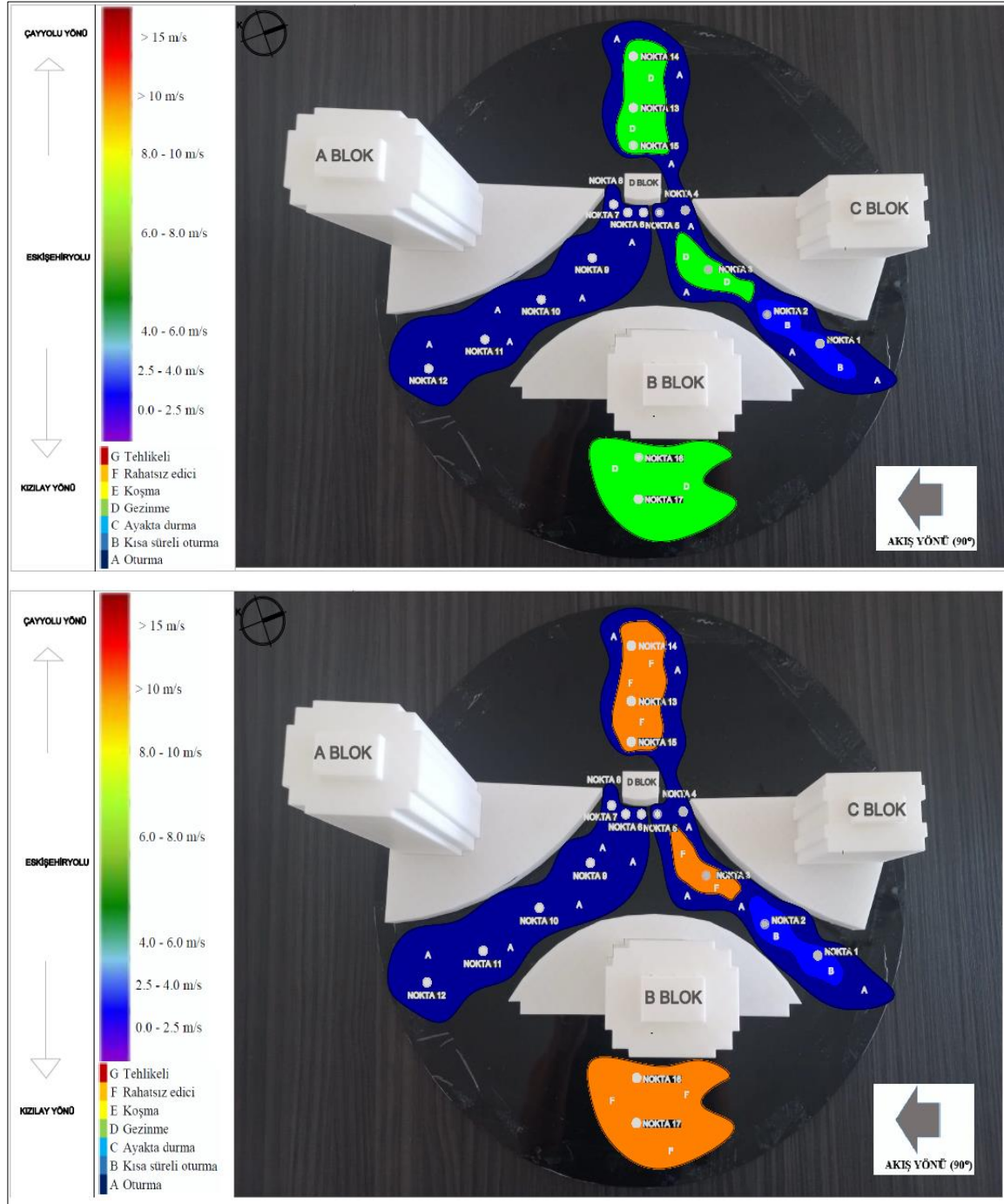
Şekil 4.78. (devam) Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014-2021 yılları Nisan ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi



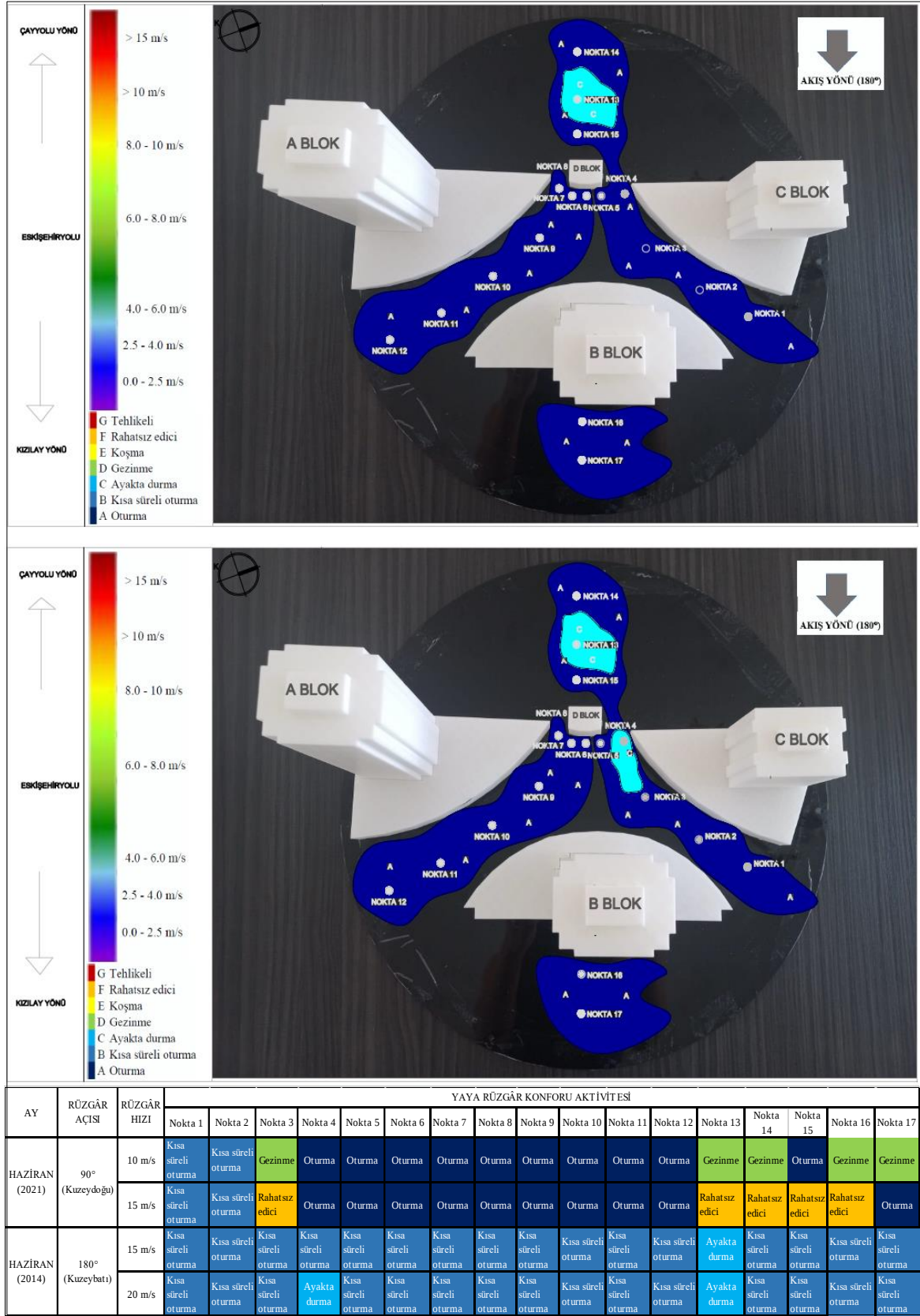
Şekil 4.79. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014-2021 yılları Mayıs ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi



Şekil 4.79. (devam) Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014-2021 yılları Mayıs ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi



Şekil 4.80. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014-2021 yılları Haziran ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi



Şekil 4.80. (devam) Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014-2021 yılları Haziran ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi

Temmuz Ayı

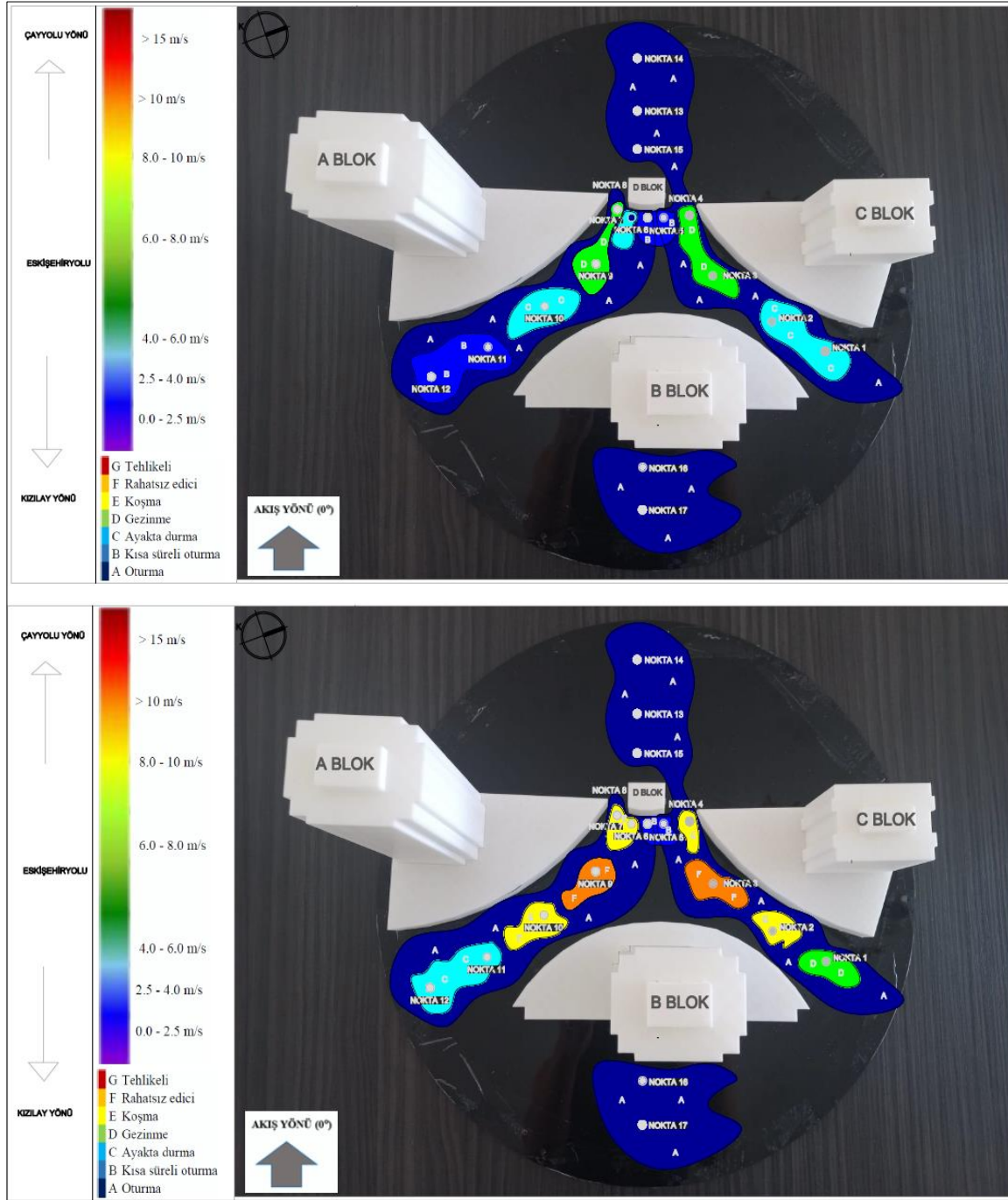
Şekil 4.81’de Ankara ili 2021 ve 2014 yılları Temmuz ayı karşılaştırmalı veri analizlerine yer verilmiştir. Temmuz ayına ait veri analizleri incelendiğinde 2014 yılı veri analizlerine göre 1 nokta çevresinin ayakta durma için konforlu iken oturma ve kısa süreli oturma için konforlu olmadığı, 2021 yılı veri analizlerine göre 2 nokta çevresinin rahatsız edici olduğu, 5 nokta çevresinin koşma için konforlu iken gezinme, oturma, kısa süreli oturma ve ayakta durma için konforlu olmadığı, 5 nokta çevresinin gezinme için konforlu iken oturma, kısa süreli oturma ve ayakta durma için konforlu olmadığı, 4 nokta çevresinin ayakta durma için konforlu iken oturma ve kısa süreli oturma için konforlu olmadığı görülmüştür.

Ağustos Ayı

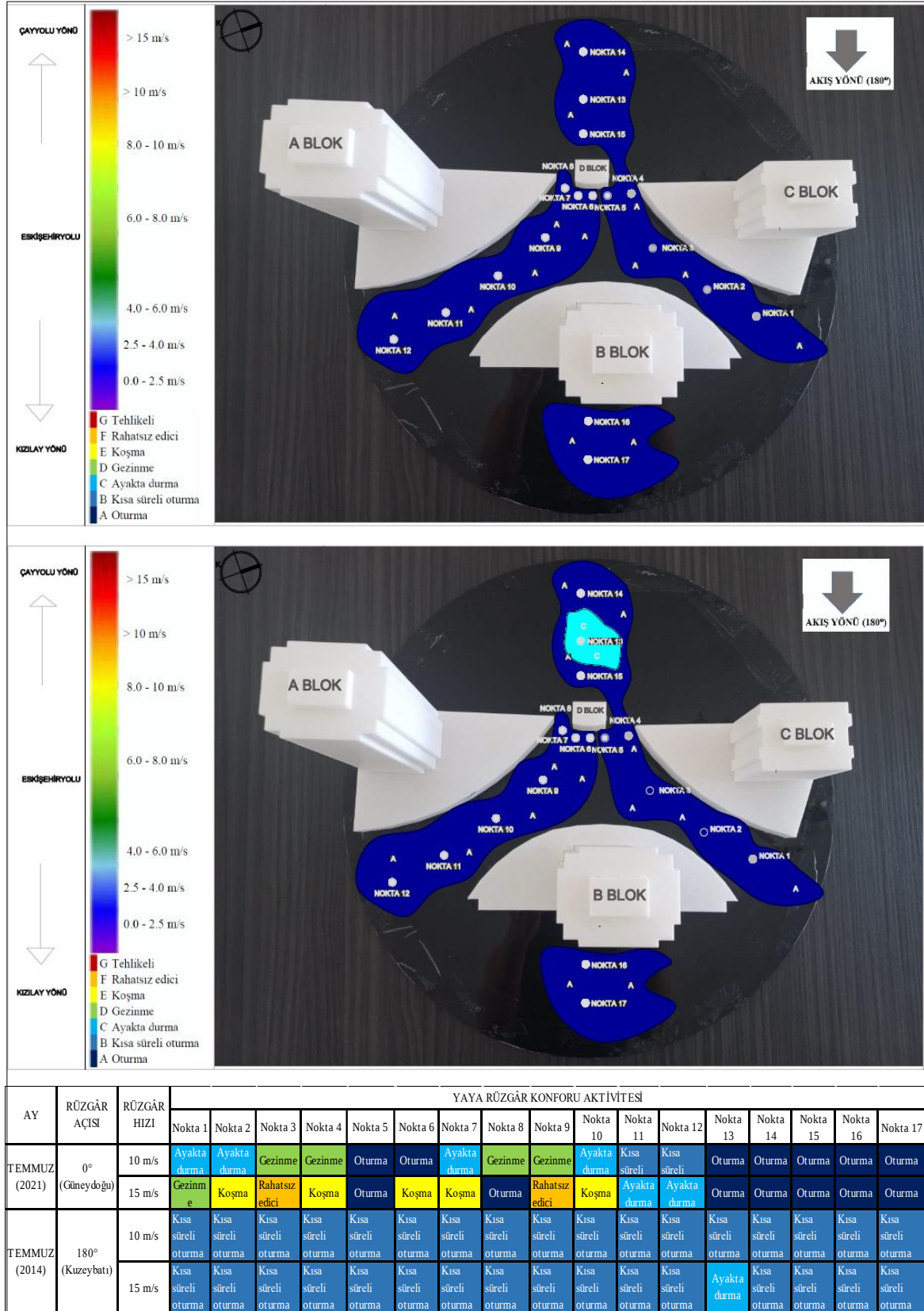
Şekil 4.82’de Ankara ili 2021 ve 2014 yılları Ağustos ayı karşılaştırmalı veri analizlerine yer verilmiştir. Ağustos ayına ait veri analizleri incelendiğinde 2014 yılı veri analizlerine göre 1 nokta çevresinin tehlikeli, 9 nokta çevresinin rahatsız edici, 2 nokta çevresinin gezinme için konforlu iken, oturma, kısa süreli oturma ve ayakta durma için konforlu olmadığı, 2021 yılı veri analizlerine göre 5 nokta çevresinin rahatsız edici, 5 nokta çevresinin gezinme için konforlu iken oturma, kısa süreli oturma ve ayakta durma için konforlu olmadığı görülmüştür.

Eylül Ayı

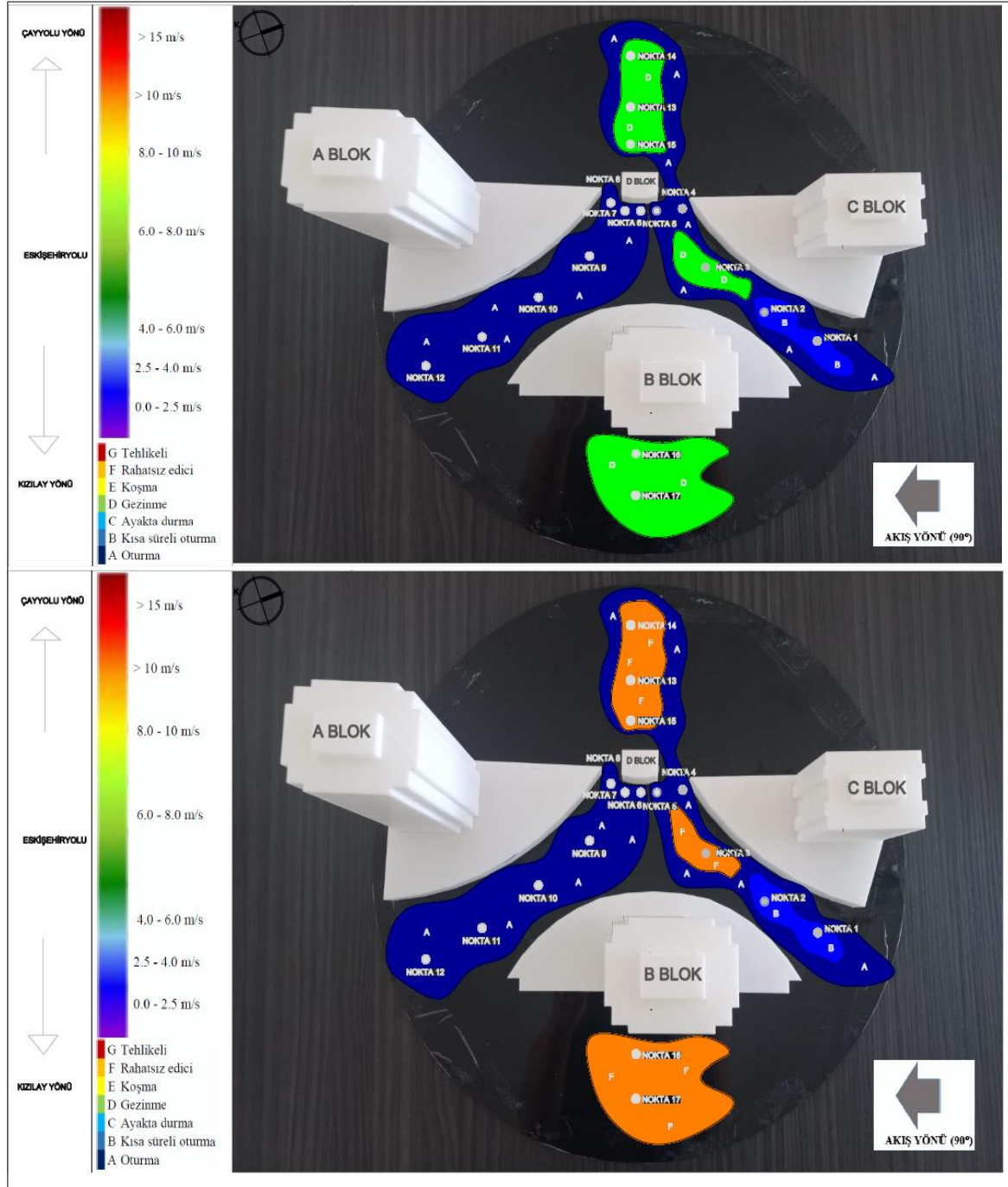
Şekil 4.83’te Ankara ili 2021 ve 2014 yılları Eylül ayı karşılaştırmalı veri analizlerine yer verilmiştir. Eylül ayına ait veri analizleri incelendiğinde 2014 yılı veri analizlerine göre 8 nokta çevresinin rahatsız edici, 2 nokta çevresinin koşma için konforlu iken gezinme, oturma, kısa süreli oturma ve ayakta durma için konforlu olmadığı, 2021 yılı veri analizlerine göre bazı noktaların kısa süreli oturma için konforlu iken oturma için konforlu olmadığı görülmüştür.



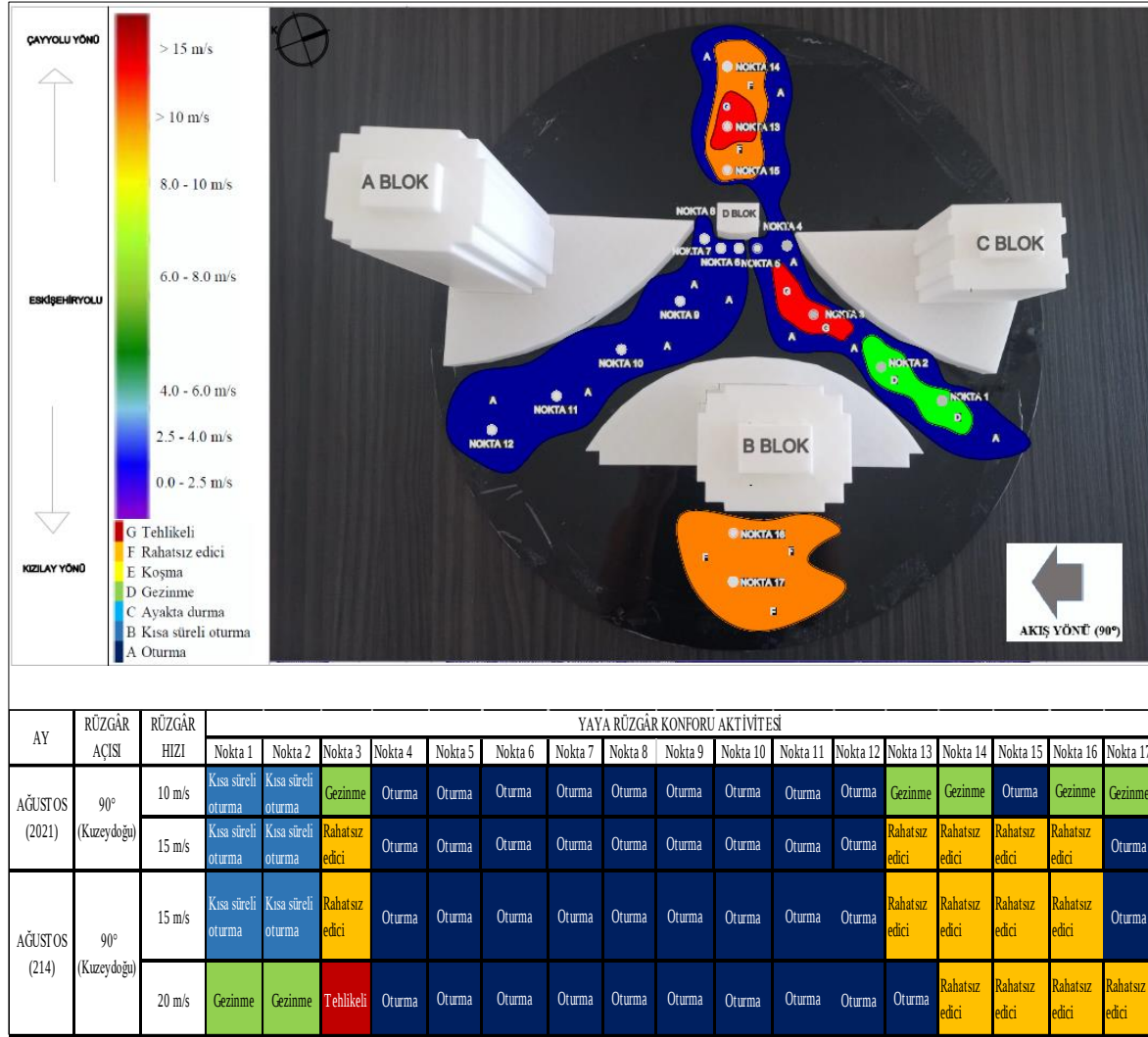
Şekil 4.81. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014-2021 yılları Temmuz ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi



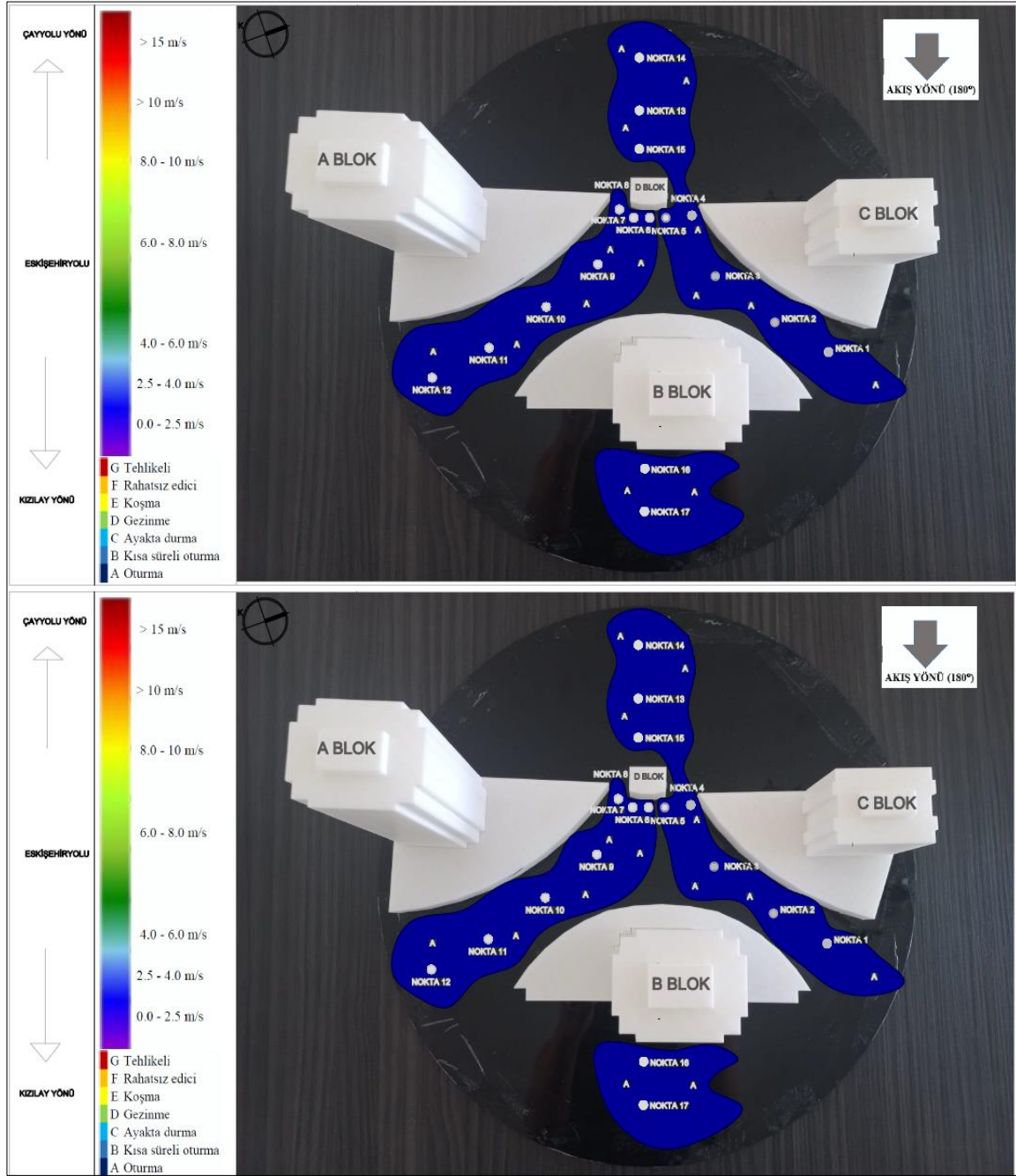
Şekil 4.81. (devam) Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014-2021 yılları Temmuz ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi



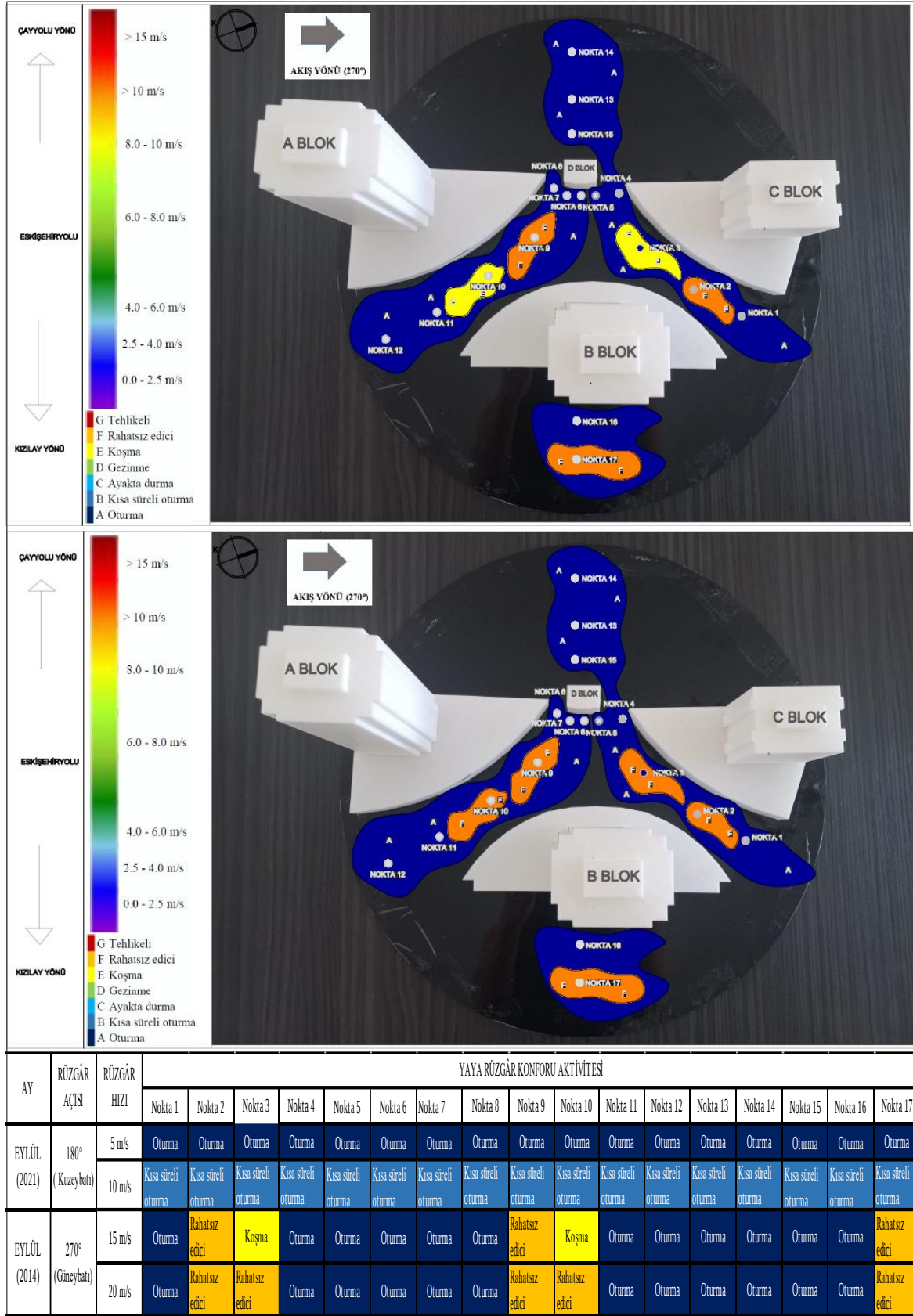
Şekil 4.82. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014-2021 yılları Ağustos ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi



Şekil 4.82. (devam) Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014-2021 yılları Ağustos ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi



Şekil 4.83. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014-2021 yılları Eylül ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi



Şekil 4.83. (devam) Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014-2021 yılları Eylül ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi

Ekim Ayı

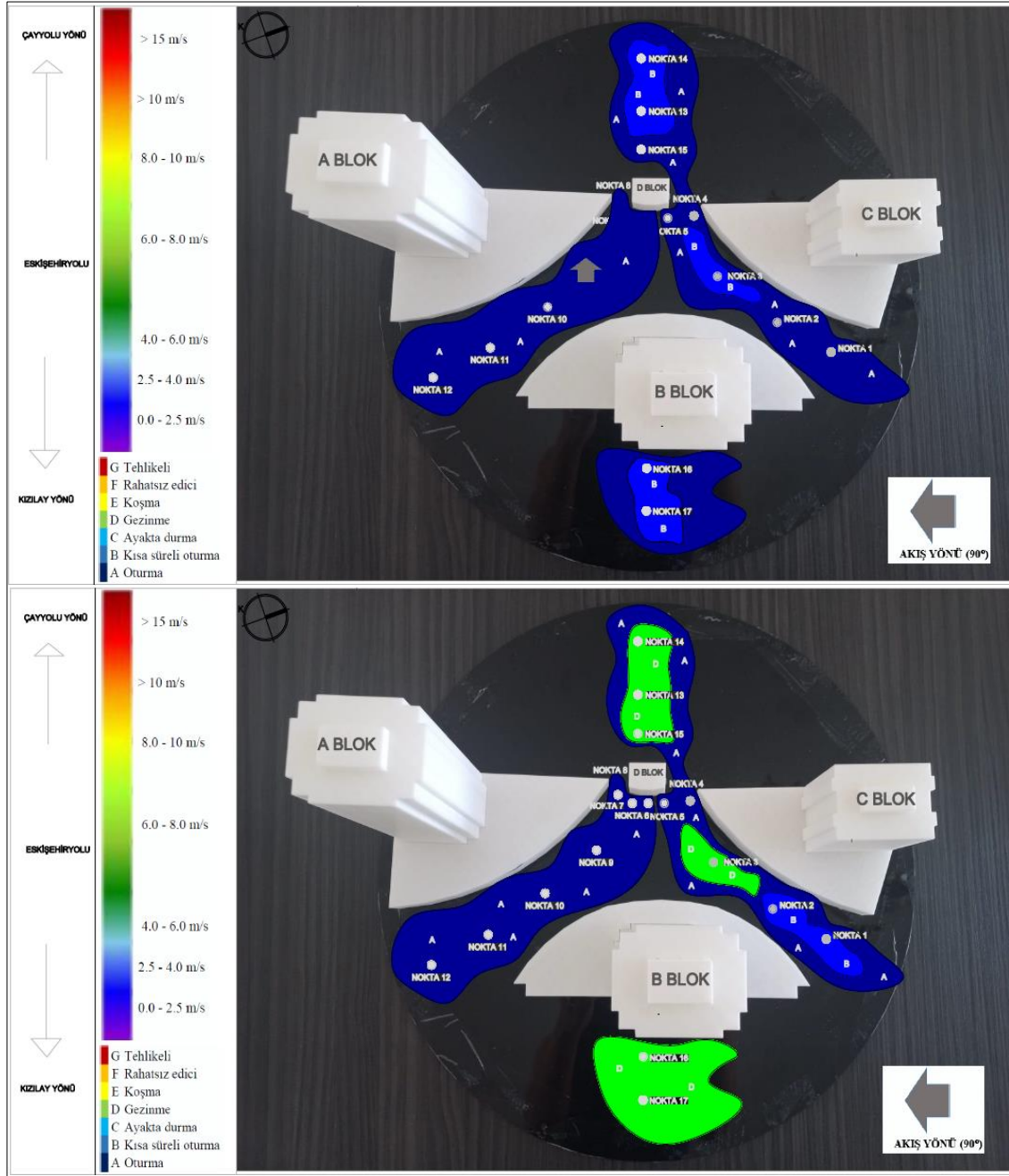
Şekil 4.84'te Ankara ili 2021 ve 2014 yılları Ekim ayı karşılaştırmalı veri analizlerine yer verilmiştir. Ekim ayına ait veri analizleri incelendiğinde 2014 yılı veri analizlerine göre 5 nokta çevresinin rahatsız edici, 5 nokta çevresinin gezinme için konforlu iken oturma, kısa süreli oturma ve ayakta durma için konforlu olmadığı, 2021 yılı veri analizlerine göre 5 nokta çevresinin gezinme için konforlu iken oturma, kısa süreli oturma ve ayakta durma için konforlu olmadığı görülmüştür.

Kasım Ayı

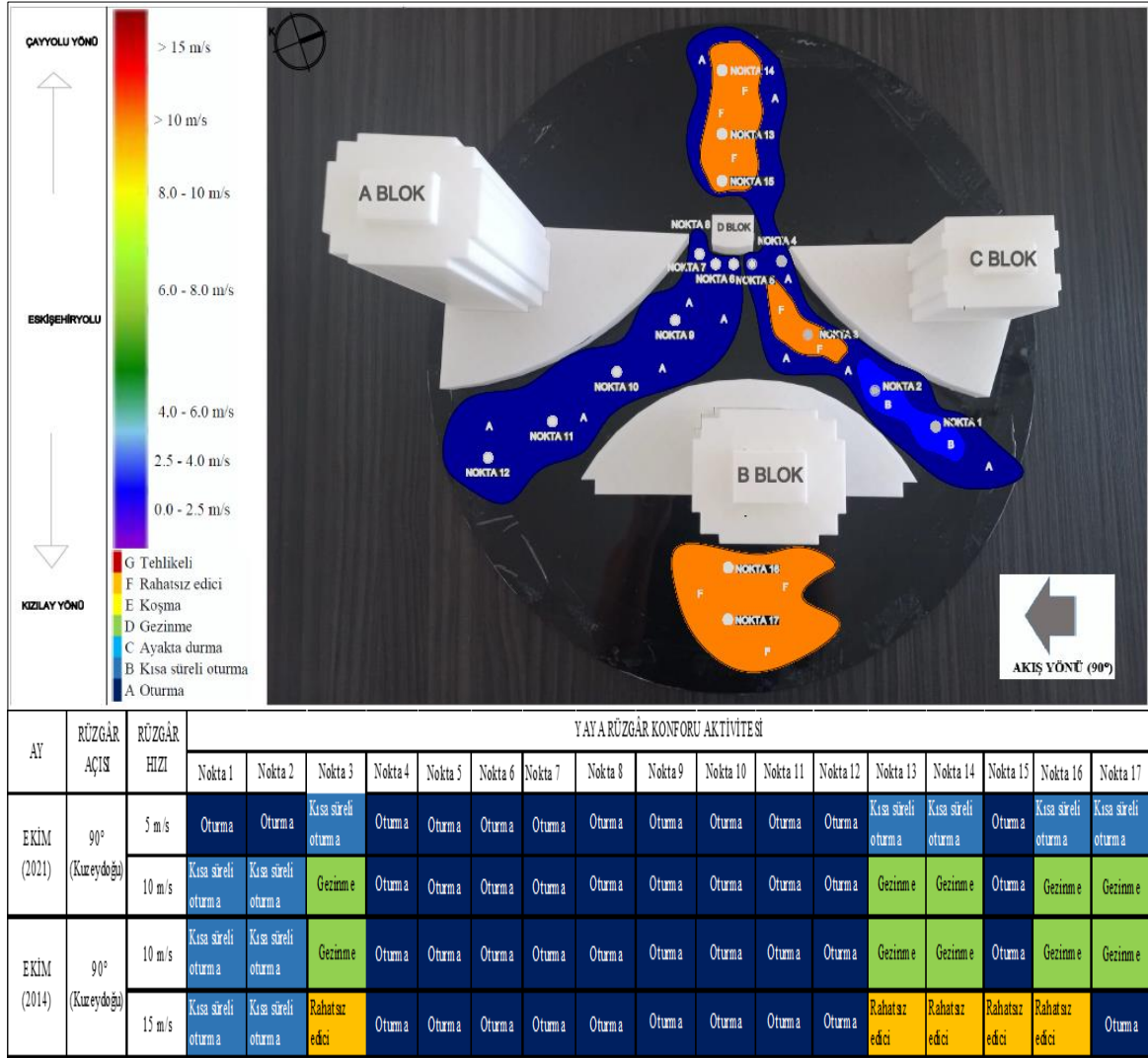
Şekil 4.85'te Ankara ili 2021 ve 2014 yılları Kasım ayı karşılaştırmalı veri analizlerine yer verilmiştir. Kasım ayına ait veri analizleri incelendiğinde 2014 yılı veri analizlerine göre 5 nokta çevresinin rahatsız edici, 5 nokta çevresinin gezinme için konforlu iken oturma, kısa süreli oturma ve ayakta durma için konforlu olmadığı, 2021 yılı veri analizlerine göre 2 nokta çevresinin rahatsız edici, 2 nokta çevresinin koşma için konforlu iken oturma, kısa süreli oturma, ayakta durma ve gezinme için konforlu olmadığı, 5 nokta çevresinin gezinme için konforlu iken oturma, kısa süreli oturma ve ayakta durma için konforlu olmadığı görülmüştür.

Aralık Ayı

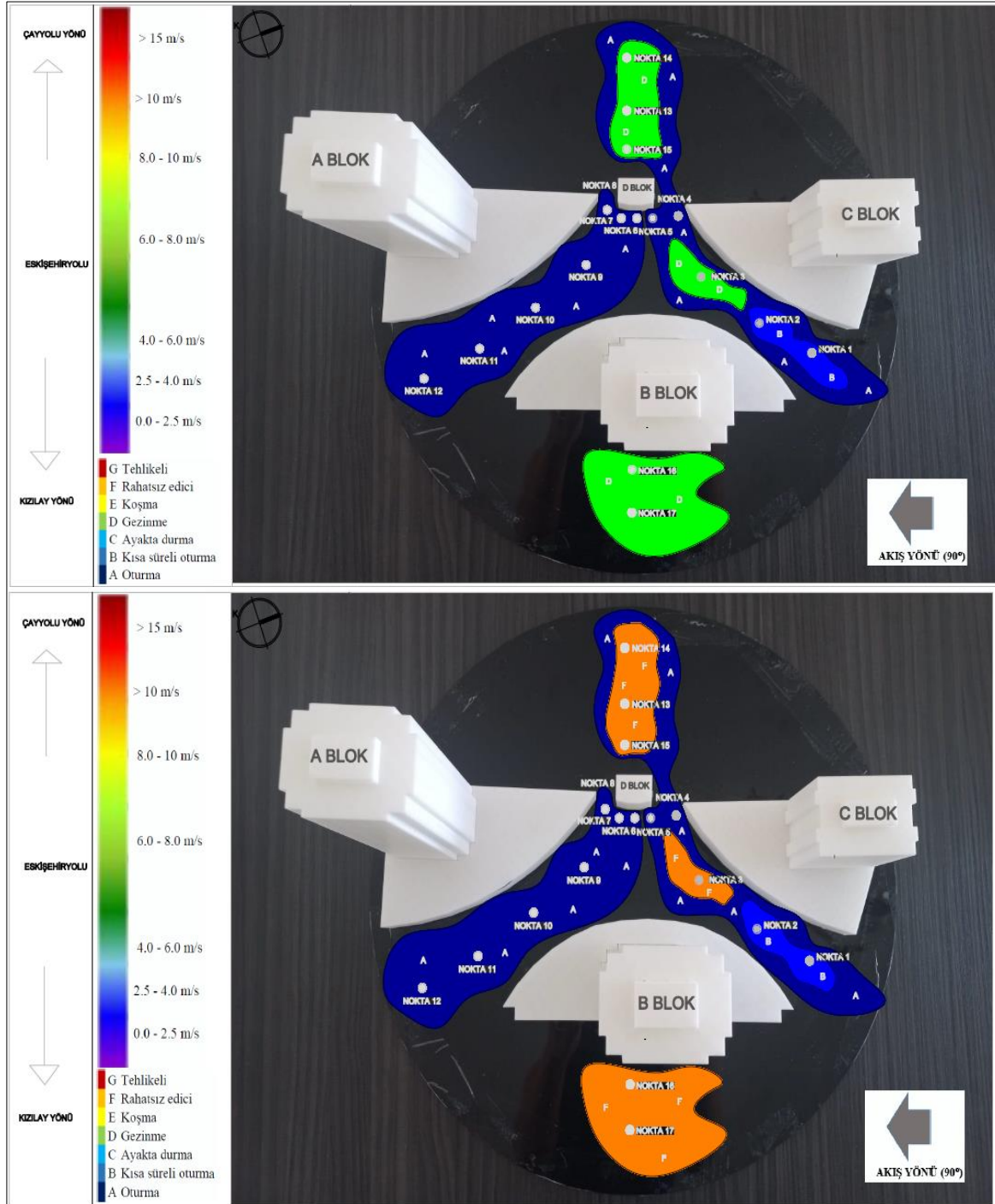
Şekil 4.86'da Ankara ili 2021 ve 2014 yılları Aralık ayı karşılaştırmalı veri analizlerine yer verilmiştir. Aralık ayına ait veri analizleri incelendiğinde 2014 yılı veri analizlerine göre 8 nokta çevresinin rahatsız edici, 2 nokta çevresinin koşma için konforlu iken oturma, kısa süreli oturma, ayakta durma ve gezinme için konforlu olmadığı, 2021 yılı veri analizlerine göre 2 nokta çevresinin rahatsız edici, 5 nokta çevresinin koşma için konforlu iken oturma, kısa süreli oturma, ayakta durma ve gezinme için konforlu olmadığı, 5 nokta çevresinin gezinme için konforlu iken oturma, kısa süreli oturma ve ayakta durma için konforlu olmadığı, 6 nokta çevresinin ayakta durma için konforlu iken oturma ve kısa süreli oturma için konforlu olmadığı görülmüştür.



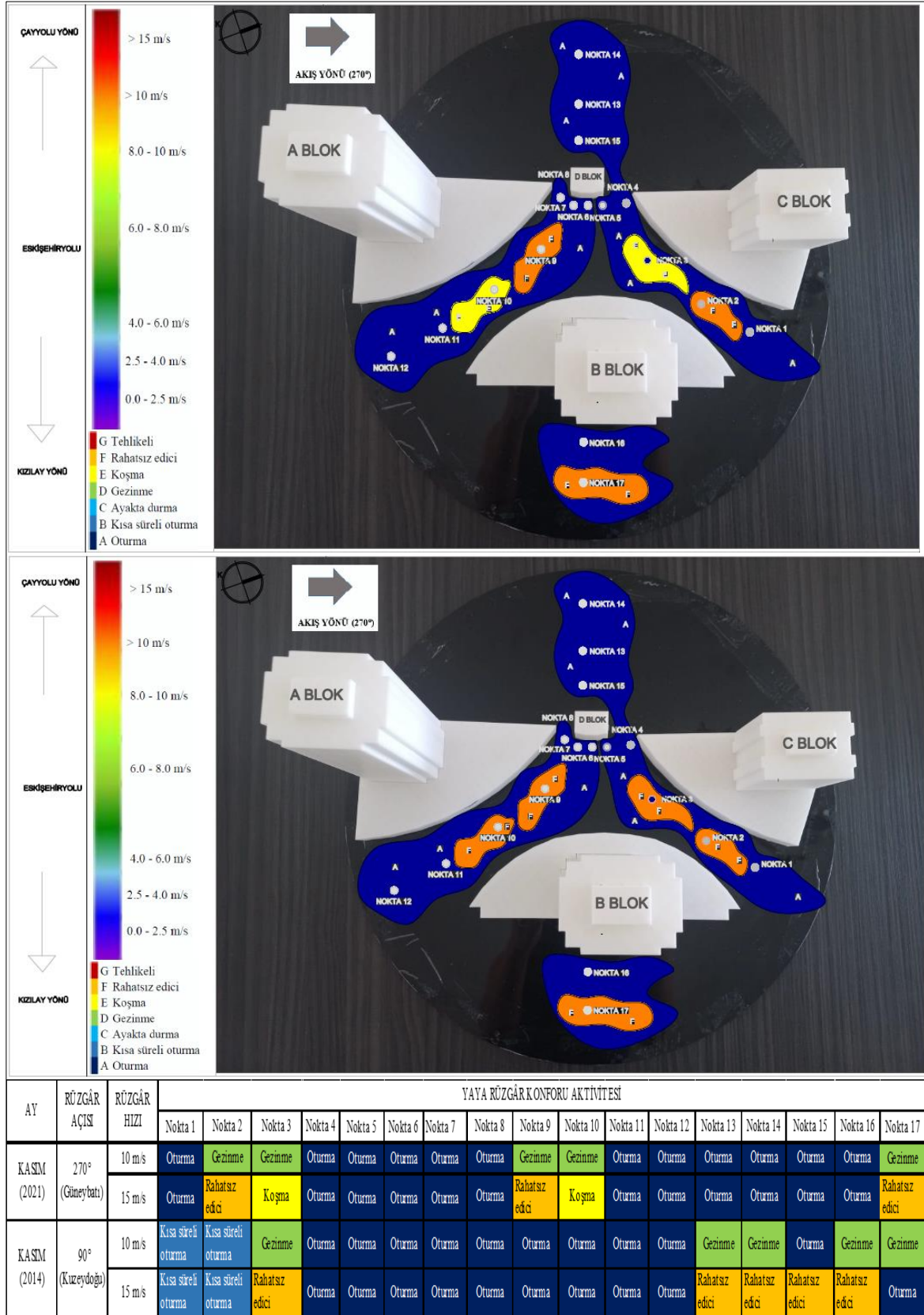
Şekil 4.84. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014-2021 yılları Ekim ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi



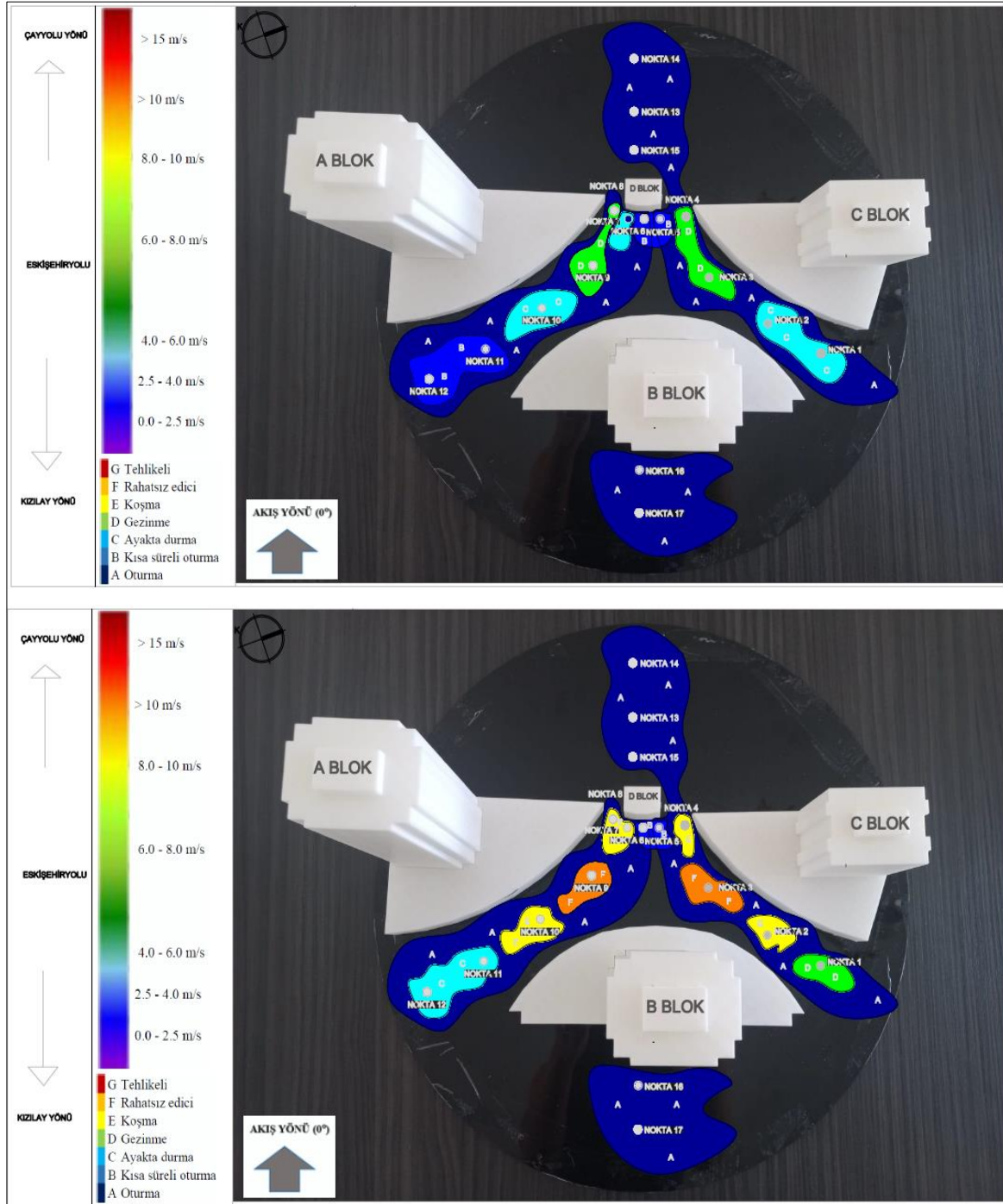
Şekil 4.84. (devam) Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014-2021 yılları Ekim ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi



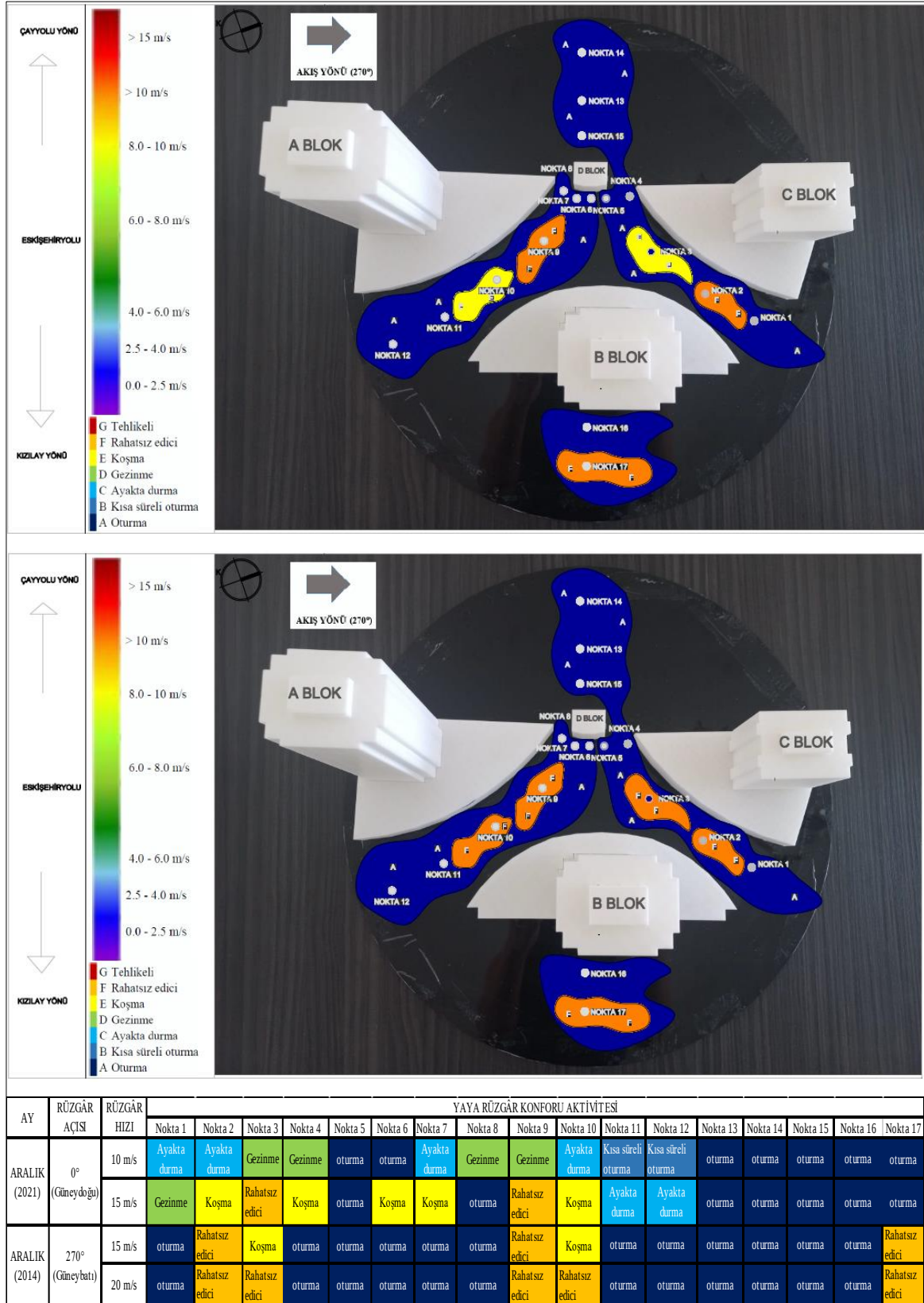
Şekil 4.85. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014-2021 yılları Kasım ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi



Şekil 4.85. (devam) Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014-2021 yılları Kasım ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi



Şekil 4.86. Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014-2021 yılları Aralık ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi



Şekil 4.86. (devam) Tez çalışması kapsamında elde edilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014-2021 yılları Aralık ayı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi

Tez çalışmasının bu bölümünde, üçüncü adım olarak rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara 2014 yılı – 2021 yılı maksimum rüzgâr hızı verilerinin karşılaştırmalı betimsel analizi (İstatistiksel analiz) gerçekleştirilmiştir. İlerleyen bölümde, tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen rüzgâr tüneli testi (deneysel analiz) ve betimsel analizler (İstatistiksel analiz) ile elde edilen bulgulara ve bu bulgulara dayalı tartışmalara yer verilecektir.

4.5. Bulgular ve Tartışma

Tez çalışmasının bu bölümünde, Bölüm 4.4'te detaylı olarak açıklanmış olan örneklem bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin deneysel ve istatistiksel yöntemler ile analizleri sonucunda elde edilen bulgular ve bu bulgulara dayalı tartışmalara yer verilmiştir.

Bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin rüzgâr tüneli testi ile analizi (deneysel analiz) ve rüzgâr tüneli testi sonuçlarının MATLAB yazılımı ile analizi (istatistiksel analiz) sonucunda, tez çalışması kapsamında belirlenen konfor aktiviteleri için ölçüm yapılan bazı noktaların yaya rüzgâr konforu açısından rahatsız edici, hatta bazı noktaların tehlikeli olduğu tespit edilmiştir.

Rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara rüzgâr gülü verilerinin MS EXCEL yazılımı ile karşılaştırmalı betimsel analizi (İstatistiksel analiz) incelendiğinde güney yönü, doğu yönü ile güney, güneydoğu yönünde 0-1,38 m/s, 1,38-2,77 m/s, 2,77-4,16 m/s, 4,16-5,55 m/s, 5,55-6,94 m/s ve 6,94-8,33 m/s şeklinde rüzgâr hızlarının oluşması dikkate alındığında; söz konusu hızların örneklem binaya ilişkin gerçekleştirilen rüzgâr tüneli testinde 0° (Güneydoğu) rüzgâr açısı ile 5 m/s ve 10 m/s rüzgâr hızı ile elde edilen verileri aralığında bulunduğu görülmektedir.

Ankara rüzgâr gülü verileri karşılaştırmalı olarak incelendiğinde örneklem binada güneydoğu yönünden gelen rüzgâr sebebiyle bazı noktaların kısa süreli oturma için konforlu ancak oturma için konforlu olmadığı, bazı noktaların ayakta durma için konforlu ancak kısa süreli oturma ve oturma için konforlu olmadığı, bazı noktaların gezinme için konforlu ancak, ayakta durma, kısa süreli oturma ve oturma için konforlu olmadığı görülmektedir.

Konforlu olmayan bu noktaların konfor kalitesinin artırılabilmesi için tasarım iyileştirme

önerilerinin sunulması gerekmektedir. Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen örneklem binaya ilişkin rüzgâr tüneli testi sonuçlarında tespit edilen konforsuz noktalar için aşağıda belirtilen tasarım iyileştirme önerileri sunulmaktadır.

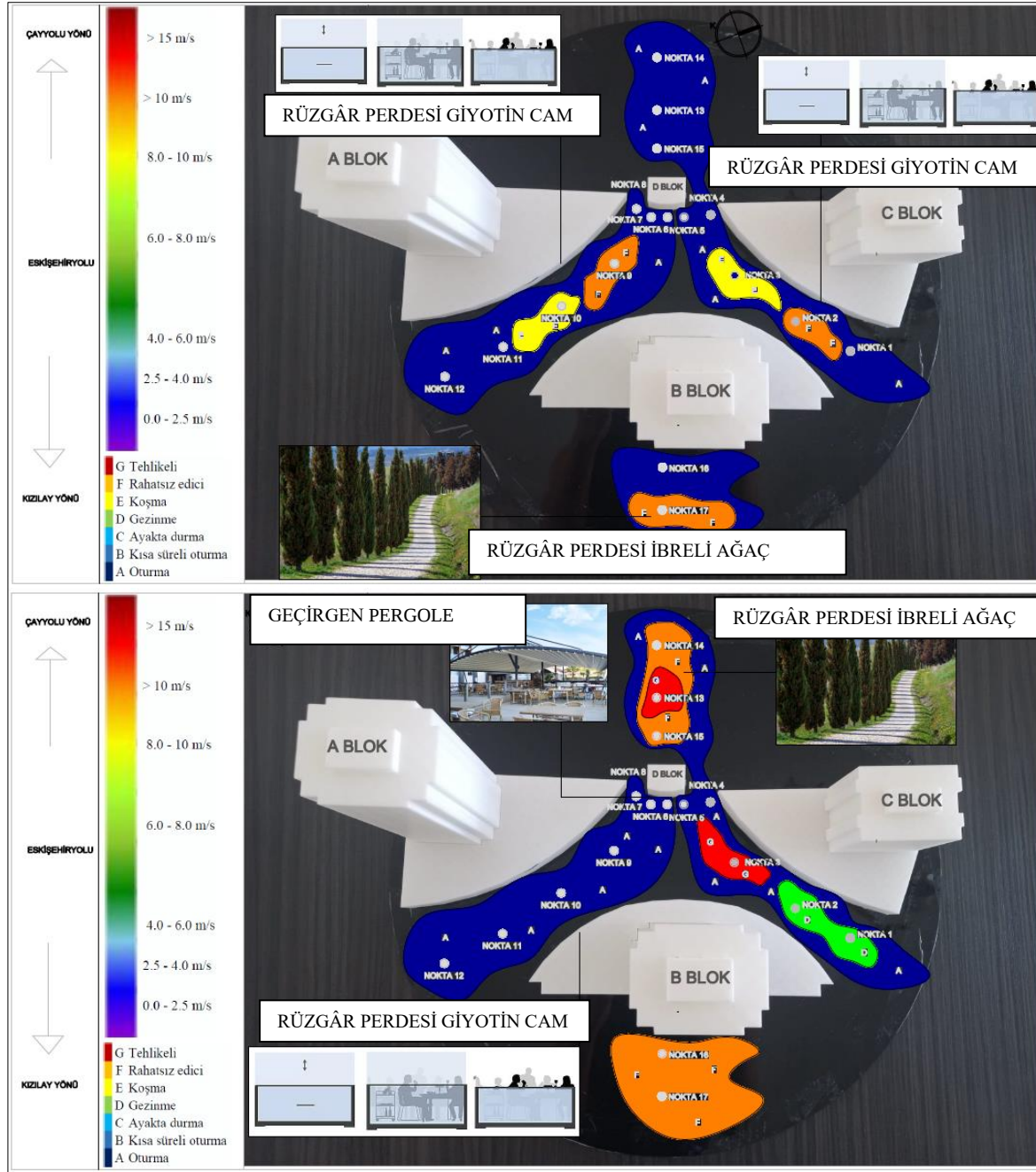
Örneklem binanın mevcut yapılı bir bina olması nedeniyle binanın formu ve binanın yerleşimine ilişkin herhangi bir değişikliğin yapılması mümkün değildir. Ancak, örneklem binada rüzgâr tüneli testi sonuçlarında tespit edilen konforsuz noktalar için uygun konfor koşullarının sağlanabilmesi amacıyla rüzgâr perdesi olarak ibreli ağaçlar, rüzgâr perdesi giyotin cam ve pergole sistemlerinden yararlanılabilir.

Örneklem binada, aktiviteler için uygun yaya rüzgâr konfor koşullarının sağlanabilmesi için Çizelge 4.20’de yer alan öneriler sunulmuştur. Çizelge 4.20’de örneklem binanın rüzgâr tüneli testi sonuçlarında tespit edilen konforsuz her bir nokta için mevcut örneklem bina koşulları ve örneklem binanın ana tasarım kararları gözetilerek farklı iyileştirme önerileri verilmiştir.

Ölçüm Yapılan Nokta	İyileştirme Önerileri
13	Rüzgâr perdesi ibreli ağaçlar / bitkiler
14	
15	
16	
17	
6	Geçirgen pergole
7	
8	
1	Rüzgâr perdesi giyotin cam (restaurant ve kafeterya oturma alanları için) / Geçirgen panel (sokak yürüyüş alanı için)
2	
3	
4	
5	

Çizelge 4.20. Örneklem binada rüzgâr tüneli testi sonuçlarında tespit edilen konforsuz noktalar için uygun konfor koşullarının sağlanabilmesi amacıyla iyileştirme önerileri

Tez çalışması kapsamında örneklem binaya ilişkin gerçekleştirilen analizler sonucunda Çizelge 4.20’de iyileştirme önerisi olarak rüzgar perdelerinin uygulanabileceği belirtilmiştir. Örneklem binada rüzgâr tüneli testi sonuçlarında tespit edilen konforsuz noktalar için uygun konfor koşullarının sağlanabilmesi amacıyla rüzgâr perdesi önerilerine ait görsellere Şekil 4.87’de yer verilmiştir.



Şekil 4.87. Örneklem binada rüzgâr tüneli testi sonuçlarında tespit edilen konforsuz noktalar için uygun konfor koşullarının sağlanabilmesi amacıyla rüzgâr perdesi önerilerine ait görseller

Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara maksimum rüzgâr hızı verilerinin (2014 ve 2021 yılları) MS EXCEL yazılımı ile karşılaştırmalı betimsel analizi (istatistiksel analiz) incelendiğinde, 2021 yılına ait verilerde yaya rüzgâr konforu açısından daha konforsuz noktaların olduğu tespit edilmiştir. Bu bağlamda, 2014 yılından 2021 yılına kadar geçen 7 yıllık süreç içerisinde yaya rüzgâr konforu kriterlerinde değişikliklerin olduğu ifade edilebilir.

2014 yılından 2021 yılına kadar geçen 7 yıllık süreç içerisinde tüm dünyada ortaya çıkan iklim değişikliği nedeniyle çölleşme, kuraklık, seller, fırtına, hortum gibi meteorolojik olaylarda artışlar meydana gelmektedir. Fırtına, hortum gibi meteorolojik olayların artışının yaya rüzgâr konforu üzerinde olumsuz etkiler ortaya çıkardığı görülmektedir. Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen örneklem binaya ait bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin deneysel ve istatistiksel analizleri, iklim değişikliği nedeniyle rüzgârın yaya konforu üzerindeki etkilerinin önemini daha çok ortaya çıkarmaktadır.

Tez çalışması kapsamında, bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesine yönelik olarak BUILD-AERO modeli önerilmiştir. BUILD-AERO modeli, kavramsal analiz esaslı ve yazılım uygulaması esaslı olmak üzere iki değerlendirme aşamasını kapsamaktadır. Modelin kavramsal analiz esaslı değerlendirme aşamasında, bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin analizi için adımlar tariflenmiştir. Yazılım uygulaması esaslı değerlendirme aşamasında ise belirlenen her bir konfor aktivitesi için bir puan verilerek analizi gerçekleştirilen örneklem binaya ilişkin yaya rüzgâr konforu seviyesi puanının hesaplama yöntemi tariflenmiştir.

Tez çalışması kapsamında önerilen BUILD-AERO modeli ile analizleri gerçekleştirilen örneklem binaya ilişkin konfor aktivitesi için puan verilerek örneklem binaya ilişkin yaya rüzgâr konforu seviyesi hesaplanmıştır. Çizelge 4.21’de BUILD-AERO modeli ile elde edilen yaya rüzgâr konfor seviyesi puanı hesabı tablosuna yer verilmiştir. Söz konusu tabloda yer alan puanlar, ölçüm yapılan yönler ve ölçüm yapılan rüzgâr hızları baz alınarak toplanmaktadır. Elde edilen toplam puan üzerinden yaya rüzgâr konforu seviyesi puanı hesabı yapılabilmektedir. Bu puan hesabı, analiz yapılan bina, mekân veya alanın yaya rüzgâr konfor durumu hakkında bilgi vermektedir.

Çizelge 4.21’de yer alan yaya rüzgâr konforu seviyesi puanı hesabı incelendiğinde, 0° (güneydoğu) yönü için gerçekleştirilen analiz sonucuna göre elde edilen yaya rüzgâr konforu seviyesi puanı 299, 90° (kuzeydoğu) yönü için 327, 180° (kuzeybatı) yönü için 354, 270° (güneybatı) yönü için 243 puan olarak hesaplanmıştır. Tez kapsamında önerilen modelde yaya rüzgâr konforu seviyesi puanı yüksek olan yön için konfor seviyesinin de daha iyi olduğu kabul edilmiştir. Bu bağlamda; konfor seviyesi puanlarına bakıldığında 180° (kuzeybatı) yönü için gerçekleştirilen analiz sonucuna göre yaya rüzgâr konfor seviyesinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Yaya konfor seviyesi puanı hesabı ile her bir bina için

yaya rüzgâr konforu seviyesi puanı oluşturulabilir ve bu puan bina enerji sınıfı gibi bina konfor sınıflandırmalarında kullanılabilir.

BUILD-AERO modeli, konuya ilişkin araştırmacı, mimar, mühendis, kent plancısı, iç mimar, müteahhit, kanun koyucu, standart düzenleyici, mülkiyet sahibi, belediye gibi paydaşlar tarafından kullanılabilir ve uzmanlık ve ilgi alanları çerçevesinde sadeleştirilebilir. Ayrıca bu model ve içerisinde ortaya konulan yaya rüzgâr konforu seviyesi puanı hesabı, bina enerji performansı yazılımları için bir alt modül veya eklenti modülü oluşturabilir.

BUILD-AERO modeli ile literatüre aşağıda belirtilen katkıların sağlanabileceği öngörülmektedir:

- BUILD-AERO modeli ile iklim değişikliğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkileri, yaya rüzgâr konforu seviyesi puanları toplanarak hesaplanabilir.
- BUILD-AERO modeli, iklim simülasyonları ve küresel iklim modelleri için bir alt model olarak kullanılabilir.
- BUILD-AERO modelindeki yaya rüzgâr konfor seviyesi puanı hesabı ile her bir bina için konfor seviyesi puanı oluşturulabilir ve bu puandan bina enerji sınıfı gibi bina konfor sınıflandırmalarında yararlanılabilir.
- BUILD-AERO modeli, bazı bina enerji performansı yazılımları için bir altlık oluşturabilir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Rüzgâr ve bina ilişkisi (bina aerodinamiği) konusunda birçok araştırma ve çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu tez çalışması kapsamında, 1. bölüm olan giriş bölümünde tez çalışmasının amacı, önemi ve hedefine yer verilerek, tez kapsamı açıklanmıştır. Tez çalışmasının 2. bölümünde, kapsamlı bir literatür taraması sonucunda elde edilen literatürde gerçekleştirilmiş çalışmalara ve tez kapsamındaki kavramlara ilişkin bilgilere yer verilmiştir. Tez çalışmasının 3. bölümünde, bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesine yönelik BUILD-AERO modeli sunulmuştur. BUILD-AERO modelinin, kavramsal analiz ve yazılım uygulaması esaslı iki değerlendirme aşaması tariflenmiştir.

Tez çalışmasının 4. bölümünde, 3. bölümde önerilen BUILD-AERO modeli çerçevesinde tezin amacı ve hedefi doğrultusunda seçilen örneklem binaya ilişkin rüzgâr tüneli testi ile rüzgâr simülasyon analizi ve bu testler sonucunda elde edilen verilerin analizine yer verilmiştir. Örneklem bina olarak seçilen Tepe Prime Binası'nın 1/500 ölçeğinde yaptırılan maketi üzerinden bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin rüzgâr tüneli testi ile analizi (deneysel analiz) gerçekleştirilmiştir. Örneklem binaya ilişkin gerçekleştirilen rüzgâr tüneli testi sonuçlarının MATLAB yazılımı ile analizi (istatistiksel analiz) gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen bu analizler sonucunda, örneklem binaya ilişkin yaya rüzgâr konfor haritaları oluşturulmuştur. Daha sonra, rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara rüzgâr gülü verilerinin MS EXCEL yazılımı ile karşılaştırmalı betimsel analizi (istatistiksel analiz) gerçekleştirilmiştir. Bir sonraki adım olarak, rüzgâr tüneli testi sonuçları ve Ankara maksimum rüzgâr hızı verilerinin (2014 ve 2021 yılları) MS EXCEL yazılımı ile karşılaştırmalı betimsel analizi (istatistiksel analiz) gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen bu analizler sonucunda elde edilen bulgular tartışılarak, örneklem binaya ilişkin bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılabilmesi için iyileştirme önerileri sunulmuştur. BUILD-AERO modeline çerçevesinde örneklem binaya ait yaya rüzgâr konforu konfor seviyesi puanı hesabı gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak bina formu ile rüzgâr hızı ve yönü ölçütlerinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkileri ortaya konulmuştur.

Tezin ana hipotezi; bina çevresinde oluşan rüzgâr ve hava akımı nedeniyle, yaya rüzgâr konforunun bina formu, bina yerleşimi, rüzgâr hızı ve yönü değişkenleri ile değişim gösterdiğidir. Bu hipotez ışığında örneklem binanın maketi rüzgâr tüneline dört farklı açıya (0° , 90° , 180° ve 270°) ve dört farklı rüzgâr hızına (5 m/s, 10 m/s, 15 m/s ve 20 m/s) göre yerleştirilmiş ve rüzgâr tüneli testi ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Tezin alt hipotezlerinden birisi yaya rüzgâr konforunun rüzgâr hızı ile değiştiğidir. Bu alt hipotez doğrultusunda; tez kapsamında gerçekleştirilen rüzgâr tüneli testi incelendiğinde rüzgâr hızı arttıkça konforsuz alanların da arttığı ve farklı konfor aktiviteleri için konforlu noktaların oluştuğu görülmüştür. Daha düşük seviyedeki rüzgâr hızlarında oturma aktivitesi için konforlu olan noktaların, rüzgâr hızı arttıkça oturma aktivitesi için konforsuz ve kısa süreli oturma, ayakta durma, gezinme, koşma aktiviteleri için konforlu olduğu saptanmıştır. Rüzgâr hızı daha da arttıkça konforlu aktivite noktalarının azaldığı, bazı noktalarda rahatsız edici ve tehlikeli alanların oluştuğu tespit edilmiştir.

Tezin alt hipotezlerinden bir diğeri yaya rüzgâr konforunun rüzgâr yönü ile değiştiğidir. Bu alt hipotez doğrultusunda; tez kapsamında gerçekleştirilen rüzgâr tüneli testi incelendiğinde dört farklı açıya (0° , 90° , 180° ve 270°) göre gerçekleştirilen ölçümlerde her bir açı için farklı konfor aktivitelerinin oluştuğu saptanmıştır.

Örneklem binada yer alan mekânlara ilişkin aktiviteler; oturma, kısa süreli oturma, ayakta durma, gezinme ve koşma aktivitelerinin tamamını kapsamaktadır. Tez çalışması kapsamında elde edilen veri analizlerine göre 0° (Güneydoğu) yönünden gerçekleştirilen ölçümlerde kısa süreli oturma, ayakta durma, gezinme, koşma için konforlu ancak oturma için konforlu olmayan noktalar ile rahatsız edici ve tehlikeli noktaların oluştuğu belirlenmiştir. Veri analizlerine göre 90° (Kuzeydoğu) yönünden gerçekleştirilen ölçümlerde kısa süreli oturma, ayakta durma, gezinme için konforlu ancak oturma için konforlu olmayan noktalar ile rahatsız edici ve tehlikeli noktaların oluştuğu; 180° (Kuzeybatı) yönünden gerçekleştirilen ölçümlerde kısa süreli oturma, ayakta durma için konforlu ancak oturma için konforlu olmayan noktaların oluştuğu tespit edilmiştir. Veri analizlerine göre 270° (Güneybatı) yönünden gerçekleştirilen ölçümlerde kısa süreli oturma, ayakta durma, gezinme, koşma için konforlu ancak oturma için konforlu olmayan noktalar ile rahatsız edici noktaların oluştuğu saptanmıştır.

Örneklem binada yer alan mekân aktivitesinin çoğunlukla oturma olduğu dikkate alındığında, ölçüm yapılan bazı noktaların oturma aktivitesi için konforlu olmadığı belirlenmiştir.

Şahin ve Dostoğlu (2007) tarafından ifade edildiği gibi kent içerisinde binaların yükseklikleri, biçimleri, konumlanışları ve birbirine mesafesi farklı iklimsel özelliklerin ve farklı aerodinamiğe sahip dış mekânların oluşmasına neden olmaktadır. Bu sebeple, bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır. Tez çalışmasında da ele alındığı üzere kentsel mekanlarda yaya rüzgâr konforu çok önemli hale gelmektedir. Bu bağlamda, kentsel mekanların ve binaların tasarım aşamasından itibaren bina aerodinamiğinin ve yaya rüzgâr konforunun birer tasarım değişkeni olarak dikkate alınması gerekmektedir. Koss (2006) tarafından da ifade edildiği üzere sadece yeni binaların tasarımında değil, aynı zamanda mevcut binalar ve kentsel mekânlar için de kabul edilebilir rüzgâr konforu önemli rol oynamaktadır.

He ve Song'a (1999) göre rüzgârın yayalar üzerindeki etkileri genellikle, rüzgâr hızı ve sıklığı ile rüzgâr oluşumu olarak iki değişkene dayanmaktadır. Bu değişkenlerden rüzgâr hızı, doğrudan yaya konforunu etkilemektedir. Stathopoulos (2006) tarafından yaya rüzgâr konforunda rüzgâr hızı, hava sıcaklığı, bağıl nem, güneş radyasyonu, hava kalitesi, insan aktivitesi, giyim seviyesi ve yaş gibi geniş bir değişken yelpazesinin dikkate alınması gerektiği belirtilmektedir. Bu bağlamda tez çalışması kapsamında örneklem binaya ilişkin farklı rüzgâr hızları ile gerçekleştirilen rüzgâr tüneli testleri sonucunda farklı yaya rüzgâr konforu aktiviteleri bulguları elde edilmiştir.

Mfula ve diğerlerine (2005) göre, farklı rüzgâr yönünün bina dizileri üzerinde farklı etkileri olduğu kabul edilerek bina dizileri yoğunluğunun etkisini araştırmak için farklı rüzgâr yönü altında rüzgâr tüneli testleri gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda tez çalışması kapsamında örneklem binaya ilişkin farklı rüzgâr yönlerinde gerçekleştirilen rüzgâr tüneli testleri sonucunda farklı yaya rüzgâr konforu aktiviteleri bulguları elde edilmiştir. Böylece tez kapsamında ortaya konulan hipotez ve alt hipotezleri doğrulanmıştır.

Şahin ve Dostoğlu (2007) tarafından ifade edildiği gibi günümüzde iklim özellikleri dikkate alınmadan tasarlanan binalarda, daha sonra teknoloji kullanılarak gerçekleştirilmek istenilen değişiklikler hem çok maliyetli olmakta hem de istenilen performansı sağlayamamaktadır.

Bu nedenlerden dolayı binaların tasarım aşamasından itibaren kentsel mekânın iklim özelliklerine uygun olarak tasarlanması büyük önem taşımaktadır. Böylece, dış mekânlarda konforlu alanlar oluşturularak yaya konforu sağlamak mümkün olabilmektedir.

Bu ve diğerlerine (2009) göre kentleşme süreci ile birlikte büyük kentlerin yapılaşma alanlarında daha fazla binayla çevrili çok sayıda uzun ve dar sokaklar oluşmuştur. Boşluk olarak adlandırılan yaya seviyesindeki bu alanlarda, yaya rüzgâr konforunun sağlanması yönünde tasarımların yapılması çok önemlidir. Bu alanların tasarım sürecinde kabul edilebilir rüzgâr ortamını sağlamak hedefi ile tasarımlar gerçekleştirilerek yaya rüzgâr konforu sağlanabilir.

Soligo ve diğerleri (1998) tarafından ifade edildiği gibi son yıllarda mimarlar, mühendisler ve kent plancıları, çevre ve kentsel yaşam kalitesi konusunda tasarımlar yapma yönünde çaba göstermektedirler. Bu tasarımlarda, konforlu yaşam alanlarının oluşturulması isteği tasarımlarda ön plana çıkmaktadır. Konforlu dış mekân tasarımlarında yaya rüzgâr konforu önemli bir değişken olarak dikkate alınmaktadır. Blocken ve diğerlerine (2012) göre kentsel mekânlarda rüzgâr yayaların kullanımını etkilemesi nedeniyle önemli bir tasarım değişkeni haline gelmektedir. Yaya rüzgâr konforunun sağlanması kentsel mekânların kullanılabilirliği açısından büyük önem taşıdığından birçok ülkede son yıllarda yeni binalarda ve yeni kentsel mekanlarda yaya rüzgâr konforunun sağlanması yönündeki çalışmalar tasarım aşamasında kent yetkilileri tarafından istenmektedir. Stathopoulos (2006) tarafından da belirtildiği gibi kentsel açık alanlarda iklimsel özelliklerin yaşam kalitesine ve dış mekân konforuna önemli etkilerinin bulunduğu kabul edilerek üniversiteler, araştırma kuruluşları, yerel ve merkezi yönetimler, inşaat ve mimarlık şirketleri tarafından yaya rüzgâr konforu konusunda çalışmalar için önemli miktarda kaynak ayrılmalıdır.

Türkiye’de yüksek binaların gün geçtikçe plansız şekilde artması ve yeşil alanların azalması, yüksek binalarda farklı kullanım amaçlarına sahip iç ve dış mekânların bir arada olması, kent ölçeğinde bina aerodinamiğini ve yaya rüzgâr konforunu olumsuz olarak etkilemektedir. Binaların ve kentlerin yayalarca kullanımı sırasında bir rüzgâr konforu problemi yaşanmakta ve bu nedenle kentlerde bazı alanların yayalar tarafından kullanılmak istenmediği gözlemlenmektedir. Bu durum, söz konusu alanlarda yer alan gerek ticari gerekse sosyal ve kültürel etkinlikleri sekteye uğratmakta ve ülkenin sosyo-ekonomik yapısı açısından olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Türkiye’de halihazırda bu konuda uygulanmakta olan

herhangi bir standart, yasa, yönetmelik veya analiz modeli bulunmamaktadır. Bu eksiklikler, Türkiye inşaat sektöründe gerek bina tasarımı gerekse kentsel tasarımda, bina aerodinamiği ve yaya rüzgâr konforunun tamamen ihmal edilmesine neden olmaktadır.

Söz konusu problem alanındaki eksikliklerin bilimsel, teknolojik ve sosyo-ekonomik açılardan kapatılması ve Türkiye’de yaşanabilir ve konforlu kentler oluşturulması amacıyla inşaat sektöründe farkındalık yaratacak ve rehber teşkil edecek bir çerçeve çizilmesi ve mevzuat altyapısı oluşturulması büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda tez çalışmasında, bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesine yönelik BUILD-AERO olarak adlandırılan bir model önerisi sunulmuştur. BUILD-AERO modelinin amacı, bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi için bir araç oluşturmaktır. Esnek olması sebebiyle modelin bu konuda gerçekleştirilecek sonraki çalışmalara altlık oluşturması hedeflenmektedir. BUILD-AERO modeli kavramsal analiz esaslı ve yazılım uygulaması esaslı değerlendirme aşamalarını kapsamaktadır. Model, tasarım aşamasından itibaren bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi ve yaya rüzgâr konforunun sağlanması için kullanılabilecektir.

BUILD-AERO modeli ile literatüre aşağıda belirtilen katkıların sağlanabileceği öngörülmektedir.

- Yaşanabilir ve konforlu kentler oluşturulması için inşaat sektörü paydaşlarına rehber bir çerçeve oluşturacaktır.
- Kavramsal analiz esaslı değerlendirme dikkate alınarak geliştirilen web tabanlı yazılım uygulamasının inşaat sektöründe ilgili paydaşlar tarafından pratik olarak kullanılabilecektir.
- Yaya rüzgâr konforunun sağlanmasına ilişkin değişkenlere dikkat çekerek inşaat sektöründe bu konuda farkındalık yaratacaktır.
- Yeşil bina sertifika sistemlerinde ihmal edilen söz konusu değişkenlerin ilgili değerlendirme ölçütlerine dahil edilmesinin öneminin ve gerekliliğinin saptanmasına katkı sağlayacaktır.
- Kamuda ve özel sektörde planlama, öncelik belirleme; bina tasarımı ve mevcut tasarımın yenilenmesi konularında karar verilmesinde rehber teşkil edecektir.

- Türkiye inşaat sektöründe bina aerodinamiği ve yaya rüzgâr konforu konularındaki teknolojik ve mevzuatsal gelişmeleri hızlandırmak adına yapılması gereken bilimsel ve teknolojik çalışmalar için girdi oluşturacaktır.
- Bu model ve içerisinde ortaya konulan yaya rüzgâr konfor seviyesi puanı hesabı, bina enerji performansı yazılımları için bir alt modül oluşturabilecektir.
- İklim değişikliğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkileri yaya rüzgâr konforu seviyesi puanları toplanarak hesaplanabilecektir.
- İklim simülasyonları ve küresel iklim modelleri için alt model olarak kullanılabilir.
- Yaya rüzgâr konfor seviyesi puanı hesabı ile her bir bina için konfor seviyesi puanı oluşturulabilecek ve bu puan bina enerji sınıfı gibi bina konfor sınıflandırmalarında kullanılabilir.
- Bina enerji performansı yazılımları için bir altlık oluşturabilecektir.

Yukarıda öngörülen katkılar bağlamında bu tez çalışması yaya rüzgâr konforunun sağlanmasına ilişkin değişkenlere dikkat çekerek inşaat sektöründe bu konuda farkındalık yaratacaktır. Tezde önerilen BUILD-AERO modeli, konuya ilişkin araştırmacı, mimar, mühendis, kent plancısı, iç mimar, müteahhit, kanun koyucu, standart düzenleyici, belediye gibi paydaşlar tarafından tekrar kullanılabilir ve sadeleştirilebilir. BUILD-AERO modeli çerçevesinde;

Araştırmacılar tarafından;

- BUILD-AERO modeli geliştirilerek farklı yazılımlar için küresel ölçekte de altlık oluşturulması sağlanabilir.

Mimar, mühendis, kent plancısı, iç mimar, müteahhitler tarafından;

- BUILD-AERO Binaların tasarım aşamasından itibaren bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin dikkate alınarak tasarımların ve inşaat uygulamalarının gerçekleştirilmesi sağlanabilir.
- Binaların ve dış mekânların tasarım aşamasının ilk adımından itibaren yaya rüzgâr konforunun dikkate alınması sağlanarak konforlu bina ve mekânlar tasarlanabilir.

- Binaların ve dış mekânların konforlu mekânlar olarak tasarlanması ile daha sonra binalar veya mekânların konforlu hale getirilmesi için harcanacak maliyetin azaltılması sağlanabilir.
- Kentsel mekânların tasarlanması ve imar planlarının hazırlanmasında yaya rüzgâr konforunun önemli bir değişken olarak dikkate alınması sağlanabilir.

Türkiye inşaat sektöründe yer alan kanun koyucu, standart düzenleyici, belediyeler tarafından;

- Türkiye’de bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerine ilişkin mevzuat hazırlanması için altlık oluşturması sağlanabilir.
- Binaların tasarım aşamasından itibaren bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin dikkate alınarak tasarımların ve inşa uygulamalarının gerçekleştirilmesi sağlanabilir.
- Kentsel mekanların tasarlanması ve imar planlarının hazırlanmasında yaya rüzgâr konforu önemli bir değişken olarak dikkate alınması sağlanabilir.

Literatüre sağlanacağı öngörülen bu katkılar ile bu tez çalışmasında aşağıdaki hususlar ortaya konulmuştur:

- Bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforunu etkilediği,
- Rüzgâr hızı ve yönünün yaya rüzgâr konforunu etkilediği,
- Bir kent içerisindeki yüksek yoğunluklu bina dizilerinin yaya rüzgâr konforunu etkilediği,
- Farklı kullanım amaçlarına sahip iç ve dış mekânların bir arada olmasının yaya rüzgâr konforunu etkilediği,
- Bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin kavramsal esaslı olarak değerlendirilebildiği,
- Bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin yazılım uygulaması esaslı olarak değerlendirilebildiği.

Bu tez çalışmasının yoğun kentsel alanlarda yaya rüzgâr konforunun sağlanmasına yönelik bina tasarımı ve kentsel tasarım değişkenlerine ışık tutacağı öngörülmektedir. Yaya rüzgâr konforu üzerindeki olumsuz etkilerin azaltılması için bina aerodinamiğinin yaya rüzgâr konforu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesine ilişkin yöntem ve modellerin yerel,

bölgesel ve küresel ölçeklerde tanımlanması büyük önem taşımaktadır. Yerel ve bölgesel ölçekte tanımlanacak yöntem ve modellerin küresel ölçekte de geçerliliği olacaktır. Bu bağlamda, bu tez kapsamında yerel ölçekte Ankara-Türkiye özelinde seçilen bir örneklem bina üzerinden BUILD-AERO modeli çerçevesinde gerçekleştirilen analiz ve değerlendirmelerin küresel ölçekte de geçerliliği olacaktır.

Bu tez çalışmasında ortaya konulan BUILD-AERO modelinin geliştirilerek küresel ölçekte geçerliliği olan bir model haline getirilmesi mümkündür. Bundan sonraki çalışmalarda BUILD-AERO modeli çerçevesinde bina konfor puanı ve bina konfor sertifikası konularında araştırmalar gerçekleştirilebilir.

Sonuç olarak, uygun bina formu seçimi bina çevresinde bina aerodinamiğinin olumsuz etkilerinin azaltılması ile sonuçlanmaktadır. Kent ölçeğinde binaların yerleşimi, bina yükseklikleri ve açık mekân kurguları, kentin rüzgâr etkisini ve böylece yaya konfor koşulları ve yaya rüzgâr konforunu etkilemektedir. Bu tez çalışmasında, yayaların rüzgâr konforu açısından bina formu ve yerleşiminin bina tasarım sürecinin ilk aşamasından itibaren dikkate alınmasının çok önemli olduğu ortaya koyulmuştur.

KAYNAKLAR

- Akkaya, A. V., Akkaya E. K. ve Dağdaş A. (2002, 16-18 Ekim). *Yenilenebilir enerji kaynaklarının çevresel açıdan değerlendirilmesi*. IV. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İstanbul, 37-43.
- Ali, M., Armstrong, P. (1995). *Architecture of tall buildings*. New York. McGraw-Hill Book Company, 52.
- Ali, M.M. ve Armstrong, P.J. (2006). Strategies for integrated design of sustainable tall buildings. *AIA Report on University Research*, 3-22.
- Ali, M. ve Moon, S.K. (2007). Structural developments in tall buildings: current trends and future prospects. *Buildings 2018*, 8 (104), 1-34.
- Almusharaf, A. (2011). *Incorporating the structure of tall buildings within an architectural form generation process*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, College of The Illinois Institute of Technology, Chicago Illinois.
- Amprasi V., Politis I., Nikiforiadis N. ve Basbas S. (2020). Comparing the microsimulated pedestrian level of service with the users' perception: the case of Thessaloniki, Greece, coastal front. *Transportation Research Procedia* 45, 572–579.
- Andres A., Cuerva A. (2006). Pedestrian wind comfort: feasibility study of criteria homogenisation. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 94, 799-813.
- ASCE 7-05. (2005). *Minimum design loads for buildings and other structures*, American Society of Civil Engineers.
- A Tasarım. (2019). *A Tasarım Mimarlık Arşivi*, Ankara
- Bady M., Kato S., IshidaY., Huang H., Takahashi T. (2011). Application of exceedance probability based on wind kinetic energy to evaluate the pedestrian level wind in dense urban areas. *Building and Environment*, 46, 1834-1842.
- Bady M., Kato S., Takahashi T., Huang H. (2011). An experimental investigation of the wind environment and air quality within a densely populated urban street canyon. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 99, 857-867.
- Belloli M., Rosa L. Ve Zasso A. (2014). Wind loads on a high slender tower: numerical and experimental comparison. *Engineering Structures*, 68, 24-32.
- Belostotsky A.M., Afanasyeva I.N., Lantsova I.Y., Petryashev S.O., Petryashev N.O. (2017). Estimation of aerodynamic instability of building structures. *Procedia Structural Integrity*, 6:322-329.
- Bentz, A., C. (2012). *Dynamics of Tall Buildings: Full-Scale Quantification And Impacts on Occupant Comfort*, Doktora Tezi, University of Notre Dame, Notre Dame Indiana.

- Blocken B. (2014). 50 years of computational wind engineering: past, present and future. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 129, 69–102.
- Blocken B. ve Carmeliet J. (2008). Pedestrian wind conditions at outdoor platforms in a high-rise apartment building: generic sub-configuration validation, wind comfort assesment and uncertainty issues. *Wind and Structures*, 11(1), 51-70.
- Blocken B., Janssen W.D., Hoff T.V. (2012). CFD simulation for pedestrian wind comfort and wind safety in urban areas: general decision framework and case study for the Eindhoven University Campus. *Environmental Modelling & Software*, 30, 15-34.
- Blocken B., Persoon J. (2009). Pedestrian wind comfort around a large football stadium in an urban environment: cfd simulation, validation and application of the New Dutch Wind Nuisance Standard. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 97, 255-270.
- Blocken B., Roels S., Carmeliet J. (2004). Modification of pedestrian wind comfort in the silvertop tower passages by an automatic control system. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 92, 849-873.
- Braun A., Awruch A. (2009). Aerodynamic and aeroelastic analyses on the CAARC standard tall building model using numerical simulation. *Computers and Structures*, Porto Alegria Brazil, 564-581.
- Braun, A. L., Awrunch, A. M. (2007). Aerodynamic analysis of buildings using numerical tools from computational wind engineering. *Mecanica Computacional*, Arjantin, 1236-1251.
- Bu Z., Kato S., Ishida Y., Huang. (2009). New criteria for assessing local wind environment at pedestrian level based on exceedance probability analysis. *Building and Environmet*, 44, 1501-1508.
- Butler, K. (2010). *The Impact of Extreme Wind Events On Structures*, Doktora Tezi, University of Notre Dame, Notre Dame Indiana, 19-34.
- Carpentieri M., Corti A. ve Zipoli L. (2004). Wind tunnel experiments of tracer dispersion downwind from a small-scale physical model of a landfill. *Environmental Modelling and Software*, 19(10), 881-885.
- Chan C.M., Chui J.K.L., Huang M.F. (2009). Integrated aerodynamic load determination and stiffness design optimization of tall buildings. *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 18, 59–80.
- Chen X. ve Kareem A. (2005). Dynamic Wind effects on buildings with 3d coupled modes: application of high frequency force balance measurements. *Journal of Engineering Mechanics*, 131 (11), 1-12.
- Cochran L. ve Derickson R. (2011). A physical modeler's view of computational wind engineering. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 99, 139-153.

- Çelik, Ç., A. (2011). *Yaya Seviyesindeki Rüzgâr Hızına Kent Geometrisinin Etkisi*, Doktora Tezi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, İzmir, (18-34).
- Daemei A. B., Khotbehsara E., M., Nobarani E. M., Bahrami P. (2019). Study on wind aerodynamic and flow characteristics of triangularshaped tall buildings and cfd simulation in order to assess drag coefficient. *Ain Shams Engineering Journal* 10, 541–548.
- Dagnew, A., K. (2012). *Computational Evaluation Of Wind Loads On Low- And Highrise Buildings*, Doktora Tezi, Florida International University, Miami Florida, (802).
- Dikmen S.Ü., Yiğit M. A.S., Şener M.S.B. (2012). Yüksek yapı çalışmalarında bir verimlilik etkeni: rüzgâr. *e-Journal of New World Sciences Academy*, 7.
- Dunichkin I., V., Naboni E., Korobeinikova A., E. ve Poddaeva O., I. (2019). Issues of wind mode visualization and pedestrian comfort assessment when designing residential buildings on sloping territories in the arctic zone. *SHS Web of Conferences*, 64.
- Dutton, R., Isyumov, N. (1990). Reduction of tall building motion by aerodynamic treatments. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 72 (5), 36.
- Endo, M. (2011). *Wind Tunnel Modeling and Analysis of Wind Effects on Low-rise Buildings*, Doktora Tezi, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, 12-28.
- Estrada, A. P. (2009). *Reliability of Wind-Sensitive Buildings: A Serviceability Design Consideration*, Doktora Tezi, The University of Western Ontario, Ontario Kanada, 69-80.
- Eurocode 1. (2005). Actions on structures: Part1-4 General actions: Wind Actions.
- Ferreira A.D., Sousa A.C.M. ve Viegas D.X. (2002). Prediction of building interference effects on pedestrian level comfort. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 90, 305-319.
- Filliben J.J., Simiu E. (2010). Tall building response parameters: sensitivity study based on orthogonal factorial experiment design technique. *Journal of Structural Engineering*, 136 (2), 160-164.
- Gan L.L., Yu F.F., Zheng Y.Z., Zhou C., Gao J.J., Cheng X.D. (2018). Research on modeling and simulation in overshadowing influence of coastal building on vessel traffic service radar. *Advances in Mechanical Engineering*, 10 (10), 1-14.
- Gao Y., Yao R., Li B., Turkbeyler E., Luo Q. ve Short A. (2012). Field studies on the effect of built forms on urban wind environments. *Renewable Energy*, 46, 148-154.
- Gerçek D., Güven İ.T., Oktay İ.Ç. (2016). Analysis of the intra-city variation of urban heat island andits relation to land surface/cover parameters. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 3(8), 123-129.

- Gribach D., Gribach J., Churin P. (2018). Influence of buildings aerodynamic characteristics on the calculation of infiltration losses results. *MATEC Web of Conferences* 196, 01048.
- Gupta H., Soong T.T., Dargush G.F. (2000). Active aerodynamic bi directional control of structures II: tall buildings. *Engineering Structures*, 22 (4), 389-399.
- Gutnikov V.A., Lifanov I.K. ve Setukha A.V. (2005). Simulation of the aerodynamics of buildings and structures by means of the closed vortex loop method. *Fluid Dynamics*, 41(4), 555-567.
- Gültekin, A. B. ve Yavaşbatmaz, S. (2012). Sustainable design of tall buildings. *Journal of the Croatian Association of Civil Engineers Gradevinar*, 65 (5), 449-461.
- Günel, M. H., Ilgın, H. E., Sorguç, A. G. (2007). *Rüzgâr Enerjisi ve Bina Tasarımı*. ODTÜ Mimarlık Fakültesi, Ankara, 6-55.
- Günel, M.H. ve Ilgın, H.E. (2008). Bir mimari tasarım kriteri olarak rüzgâr enerjisinin kullanımı. *Emo İzmir Şubesi*, 32-35.
- He B.J., Yang L., Ye M. (2014). Strategies for creating good wind environment around Chinese residences. *Sustainable Cities and Society*, 10, 174-183.
- He J., Song C.C.S. (1999). Evaluation of pedestrian winds in urban area by numerical approach. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 81, 295-309.
- Hocaoğlu, O., F. (2008). *Rüzgâr ve Güneş Verilerinin Sinyal İşleme Yöntemleriyle Analizi ve Sistem Modellemesi*, Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 38-96.
- Hooft T., Blocken B. (2010). Coupled urban wind flow and indoor natural ventilation modelling on a high-resolution grid: a case study for the Amsterdam Arena Stadium. *Environmental Modelling & Software*, 25, 51-65.
- Houghton E.L., Carruthers N.B. (1976). Wind forces on buildings and structures. *The Aeronautical Journal*, 80, 414.
- Huang P., Quan Y., Gu M. (2013). Experimental study of aerodynamic damping of typical tall buildings. *Hindawi Publishing Corporation Mathematical Problems in Engineering*, 1-8.
- Huang, G., Chen, X. (2007). Wind load effects and equivalent static wind loads of tall buildings based on synchronous pressure measurements. *Engineering Structures*, 2641-2653.
- Hwang J. , Kareem A., Kim H. (2010). Wind load identification using wind tunnel test data by inverse analysis. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 99(1), 18-26.

- İlgin H.E., Günel M.H. (2007). The role of aerodynamic modifications in the form of tall buildings against wind excitation. *METU JFA*, Ankara, 2, 17-25.
- Irwin, P. (2008). Bluff body aerodynamics in wind engineering. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 96 (6-7), 701-712.
- Irwin, P. (2009). Wind engineering challenges of the new generation of super-tall buildings. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 97 (7-8), 328-334.
- Irwin, P., Kilpatrick J., Robinson J., Frisque, A. (2008). Wind and tall buildings: negatives and positives. *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 17, 915-928.
- Ishugah T.F., Li Y., Wang R.Z., Kiplagat J.K. (2014). Advances in wind energy resource exploitation in urban environment: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 37, 613-626.
- Isyumov N., Davenport A. (1975). The ground level wind environment in built-up areas. *Proceedings of the 4 th International Conference on Wind Effects On Buildings and Structures*, 403-422.
- İnternet: Dergipark (Haziran, 2022). Dergipark web sitesi uygulaması, Web: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/256394> Erişim Tarihi: 28.06.2022.
- İnternet: Makina Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi (Mart, 2010). Sağlıklı kentler için pasif iklimlendirme ve bina aerodinamiği, Web: <http://www.mmoistanbul.org/yayin/tesisat/103/4> Erişim Tarihi: 01.03.2010.
- İnternet: Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (Nisan, 2016). Parsel sorgulama uygulaması, Web: <https://parselsorgu.tkgm.gov.tr/> Erişim Tarihi: 03.04.2016.
- İnternet: Whole Building Design Guide (Mart, 2010). Wind safety of the building envelope, Web: http://www.wbdg.org/resources/env_wind.php Erişim Tarihi: 01.03.2010
- İnternet: Meteoblue Web Sitesi (Mayıs, 2021). Rüzgar gülü Ankara, Web: https://www.meteoblue.com/tr/hava/archive/windrose/ankara_t%C3%BCrkiye_323786 Erişim Tarihi: 01.05.2021
- İnternet: İstatistikavm (Haziran, 2022). İstatistikavm web sitesi uygulaması, Web: <https://www.istatistikavm.com/istatistiksel-analiz/> Erişim Tarihi: 29.06.2022.
- İstanbul Yüksek Yapılar Rüzgâr Yönetmeliği (2009). *İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanlığı, İmar Müdürlüğü*.
- Jie B.S., Tse K.T., Yukio, T., Ahsan K. (2016). Journal of wind engineering & industrial aerodynamics. *ScienceDirect*, 149, 1-16.
- Jordan S.C., Johnson T., Sterlinga M., Baker C.J. (2008). Evaluating and modelling the response of an individual to a sudden change in wind speed. *Building and Environment*, 43, 1521-1534.

- Kanbur, B.B., Pınarbaşı, A., Koca, A. (2013). Yüksek katlı binalara etkiyen rüzgâr yükleri sonucunda oluşan doğal havalandırmanın HAD ortamında incelenmesi. *Mühendis ve Makina*, 54 (637), 44-53.
- Kang G., Kim J.J. ve Choi W. (2020). Computational fluid dynamics simulation of tree effects on pedestrian wind comfort in an urban area. *Sustainable Cities and Society*, 56, 1-17.
- Kareem A., Kabat S., Haan L.F. (1998). Aerodynamics of Nanjing Tower: a case study. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 77, 725-739.
- Kayısoğlu, B. (2011). *Yüksek Binalarda Rüzgâr Etkilerinin Rüzgâr Tüneli Deneyleriyle Tespiti*, Yüksek Lisans Tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 63-105.
- Kim Y. C. ve Kanda J. (2013). Wind pressures on tapered and set-back tall buildings. *Journal of Fluids and Structures*, 39, 306–321.
- Koss H.H. (2006). On differences and similarities of applied wind comfort criteria. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 94, 781-797.
- Kozmar H. (2011). Characteristics of natural wind simulations in the tum boundary layer wind tunnel. *Theoretical and Applied Climatology*, 106(1), 95-104.
- Kubota T., Miura M., Tominaga Y., Mochida A. (2008). Wind tunnel tests on the relationship between building density and pedestrian level wind velocity: development of guidelines for realizing acceptable wind environment in residential neighborhoods. *Building and Environment*, 43, 1699-1708.
- Kurç, Ö., Kayısoğlu B., Shajoe S.M.N., Uzol O. (2012). Yüksek binalarda rüzgâr etkilerinin rüzgâr tüneli deneyleriyle tespiti. *İMO Teknik Dergi*, 6163-6186.
- Lawson, T. (1978). The wind content of the built environment. *Journal of Industrial Aerodynamic Aerodyn.*, 3:93, 105.
- Liu Z., Zhao X., Jin Y., Jin H. ve Xu X. (2019). Prediction of outdoor human thermal sensation at the pedestrian level in high-rise residential areas in severe cold regions of China. *EnergyProcedia*, 157, 51–58.
- MacDonald, K. A., Penno, J. W., Kolver, E. S., Carter, W. A., Lancaster, J. A. (1998). Balancing pasture and maize silage diets for dairy cows using urea, soybean meal or fishmeal. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. 58: 102-105.
- Melbourne W. (1978). Wind environment studies in Australia. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 3(2-3), 201-214.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2015). *Meteoroloji Genel Müdürlüğü Arşivi*, Ankara
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2022). *Meteoroloji Genel Müdürlüğü Arşivi*, Ankara

- Mfula ve ark. (2005). Wind tunnel modeling of urban building exposure to outdoor pollution. *Atmospheric Environment*, 39(15), 2737-274.
- Migfeng, H.. (2008). *Performance-based Serviceability Design Optimization of Wind Sensitive Tall Buildings*, Doktora Tezi, The Hong Kong University of Science and Technology, Hong Kong, 25-78.
- Mochida A., Lun I.Y.F. (2008). Prediction of wind environment and thermal comfort at pedestrian level in urban area. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 96, 1498-1527.
- Montazeri H. ve Bocken B. (2013). CFD simulation of wind-induced pressure coefficients on buildings with and without balconies: validation and sensitivity analysis. *Building and Environment*, 60, 137-149.
- Mostafavi A., Alborzi F. (2020). The effects of high-rise buildings arrangement on pedestrian-level wind comfort in Tehran District 22. *Researchgate*, 1-17.
- Munshi S.R., Modi V.J., Yokomizo T. (1997). Aerodynamics and dynamics of rectangular prisms with momentum injection. *Journal of Fluids and Structures*, 11(8), 873-892.
- Murakami S. (1983). Turbulence characteristics of wind flow at ground level in built-up area. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 15(1-3), 133-144.
- Murakami S. (1986). Study on acceptable criteria for assessing wind environment at ground level based on residents' diaries. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 24(1), 1-18.
- Murakami S., Ooka R., Yoshida S., Kim S. (1999). CFD analysis of wind climate from human scale to urban scale. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 81, 57-81.
- Murakami S., Zeng J., Hayashi T. (1999). CFD analysis of wind environment around a human body. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 83, 393-408.
- Nathan C.B., Mueller C.T. (2017). Design for structural and energy performance of long span buildings using geometric multi-objective optimization. *Energy and Buildings*, 127, 748-761.
- Nen 8100 (2006): Wind comfort and wind danger in the built environment. Netherlands Normalisation Institute (NEN), Delft, Hollanda.
- Oral, F. (2010). *Sakarya-Esentepe Yöresi Rüzgâr Enerjisi Potansiyelinin Yeni Bir Yaklaşım ile Belirlenmesi*, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 36-75.
- Özgen, A. ve Sev, A. (2000). Çok katlı yüksek yapılarda taşıyıcı sistemler. *Birsan Yayınevi*, İstanbul, 17-161.

- Öztürel N. (2013). *The Effects of Surface Texture And Wind on Building Materials For Heat Loses*, Doktora Tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 25-102.
- Park, S. (2005). *Tall Building Form Generation By Parametric Design Process*, Doktora Tezi, College of The Illinois Institute of Technology, Chicago Illinois, 2-9.
- Ratcliff M. ve Peterka J. (1990). Comparison of pedestrian wind acceptability criteria. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 36(2), 791-800.
- Ricciardelli F., Polimeno S. (2006). Some characteristics of the wind flow in the lower urban boundary layer. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 94, 815-832.
- Sasaki R., Yamada M., Uematsu Y., Saekid H. (2000). Comfort environment assessment based on bodily sensation in open air: relationship between comfort sensation and meteorological factors. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 87, 93-110.
- Semizoğlu, R. (2009). *Rüzgâr Türbinlerinin Gökdelen Mimarisine Etkisinin Tipolojik İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 23.
- Sev, A. (2009). Sürdürülebilir mimarlık. İstanbul. *Yem Yayın*, 20-224.
- Solari G. (2002). The role of analytical methods for evaluating the wind-induced response of structures. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 90 (12-15), 1453-1477.
- Soligo M.J., Irwin P.A., Williams C.J., Schuyler G.D. (1998). A comprehensive assessment of pedestrian comfort including thermal effects. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 77&78, 753-766.
- Sparks P.R. ve Elzebda J. (1983). A comparison of pedestrian comfort criteria applied to a city center. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 15, 123-132.
- Stankovic S., Campbell N., Harries A. (2009). Urban wind energy. *Taylor & Francis Ltd*, 10-150.
- Stathopoulos T. (2006). Pedestrian level winds and outdoor human comfort. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 94, 769-780.
- Stathopoulos T., Wu H. (1995). Generic models for pedestrian-level winds in built-up regions. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 54(55), 515-525.
- Stathopoulos T., Wu H., Zacharias J. (2004). Outdoor human comfort in an urban climate. *Building and Environment*, 39, 297-305.
- Şahin E. ve Dostoğlu N. (2007). Kentsel mekân tasarımında doğal verilerin kullanımı. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 12, 29.

- Şeker D.Z., Tavit A. (1996). Evaluation of exterior building surface roughness degrees by photogrammetric methods. *Building and Environment*, 31(4), 393-398.
- Tanaka, H., Tamura, Y., Ohtake, K., Nakai, M., Kim, Y.,C. (2012). Experimental investigation of aerodynamic forces and wind pressures acting on tall buildings with various unconventional configurations. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, Japan.
- Thomas R.M. (1998). Conducting educational research: A comparative view. *West Port, Conn: Bergin & Garvey.*, Prag, 21-78.
- Tieleman H.W. (2003). Wind tunnel simulation of wind loading on low-rise structures: a review. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 91(12), 1627-1649.
- Tominaga Y., Mochida A., Yoshie R., Kataoka H., Nozu T., Yoshikawaf M., Shirasawa T. (2008). AIJ guidelines for practical applications of CFD to pedestrian wind environment around buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 37, 613-626.
- Turhal, A. Ö. (2008). *Yüzeylerinden Düzgün Üfleme Yapılan Kare Kesitli Silindir Etrafındaki Akışta Aerodinamik Özelliklerin Deneysel Ve Sayısal İncelenmesi*. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 18-65.
- Uzol, O. (2016). *Oğuz Uzol Fotoğraf Arşivi*, Ankara
- Van Druenen T., Van Hooff T. , Montazeri H. ve Blocken B. (2019). CFD evaluation of building geometry modifications to reduce pedestrian level wind speed. *Building and Environment*, 163.
- Visser G. ve Cleijne J. (1994). Wind comfort predictions by wind tunnel tests: comparison with full-scale data. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 52, 385-402.
- Visser G.T., Folkers C.J., Weenk A. (2000). KnoWind: A database-oriented approach to determine the pedestrian level wind environment around buildings. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 87, 287-299.
- Wang, F., Tamura Y., Yoshida A. (2013). Wind loads on clad scaffolding with different geometries and building opening ratios. *Journal of Wind Engineering Industrial Aerodynamics*, 120, 37–50.
- Wang B., Sun S., Li Y., Xie Y.N., Hou Y.X., Jin Q.T. ve Ren Y.Y. (2020). Campus wind environment evaluation in North China—a case study of NCUT. *Energy Reports* 6, 787–793.
- Warsido, W., P. (2013). *Reducing Uncertainties in Estimation of Wind Effects on Tall Buildings Using Aerodynamic Wind Tunnel Tests*, Doktora Tezi, Florida International University, Miami Florida, 36-105.

- Wieringa ve ark. (2001). Requirements engineering paper classification and evaluation criteria: a proposal and a discussion. *Requirements Engineering*, 11(1), 102-107.
- Wu J.C., Chang Y.C. (2011). Along-wind aero-elasticity of high-rise buildings by using indirect forced actuation technique. *Journal of Structural Engineering*, 137 (8), 1-7.
- Wu H., Kriksic F. (2012). Designing for pedestrian comfort in response to local climate. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 104 (106), 397-407.
- Yang Z., Sarkar P. Ve Hu H. (2011). An experimental study of a high-rise building model in tornado-like winds. *Journal of Fluids and Structures*, 27 (4), 471-486.
- Yangluxi L., Chen L. (2020). Study on the influence of voids on high-rise building on the wind environment. *Building Simulation*, 13, 419-438.
- Yang J. Ve Zhang X. (2005). Designing estates for good cross-ventilation in high-rise residential buildings in hong kong. *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*, 621-635.
- Yeter, P. (2011). *Rüzgâr Karakteristiği ve Enerjisine Etki Eden Etkenlerin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü, İstanbul, 7-8.
- Yiğit C.Ö., Li X., İnal C., Ge L., Yetki M. (2010). Preliminary evaluation of precise inclination sensor and GPS for monitoring full-scale dynamic response of a tall reinforced concrete building. *Journal of Applied Geodesy* 4, 103-113.
- Yiğit, C.Ö., İnal C. (2011). Yüksek bir binanın rüzgâr tepkisinin farklı sensörler ile tam ölçekli izlenmesi ve sensör entegrasyonuna ilişkin ön analiz sonuçları. *Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 104.
- Yiğit, C.Ö., İnal, C., Rizos C., Yetkin M., Arslan M.H., Doğanalp S. (2009). Rixos hotel binasının rüzgâr yükü karşısındaki tepkisinin GPS ve yüksek presizyonlu eğim sensörü verileri ile analizi ve sensörlerin karşılaştırılması. *4. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu*, 111-121.
- You, K., Y. (2009). The wind-induced response characteristics of atypical tall buildings. *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, Korea, 18, 217-233.
- Yüksel Ü.D., Yılmaz O. (2008). Ankara Kentsinde Kentsel Isı Adası Etkisinin Yaz Aylarında Uzaktan Algılama ve Meteorolojik Gözlemlere Dayalı Olarak Saptanması ve Değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23 (4), 937-952.
- Zaki S. A., Hagishima A., Tanimoto J. ve Ikegaya N. (2011). Aerodynamic parameters of urban building arrays with random geometries. *Boundary-Layer Meteorol*, 138 (99), 120.
- Zhang A., Gao C., Zhang L. (2005). Numerical simulation of the wind field around different building arrangements. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 93, 891-904.

Zhao X., Ding J.M. ve Suna H.H. (2011). Structural design of Shanghai Tower for wind loads. *Procedia Engineering*, 14, 1759-1767.

EKLER

(Ekler Tezin arka kapağında CD ortamında verilmiştir.)



GAZİ GELECEKTİR...