

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SICAK - NEMLİ İKLİM BÖLGELERİNDE AVLU BOYUTLARININ
BİNALARDAKİ KONFOR KOŞULLARINA ETKİSİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet BEKAR

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

Haziran, 2018

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SICAK - NEMLİ İKLİM BÖLGELERİNDE AVLU BOYUTLARININ
BİNALARDAKİ KONFOR KOŞULLARINA ETKİSİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Mehmet BEKAR
(502151513)**

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Gülten MANİOĞLU

Haziran, 2018

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 502151513 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Mehmet BEKAR, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “SICAK - NEMLİ İKLİM BÖLGELERİNDE AVLU BOYUTLARININ BİNALARDAKİ KONFOR KOŞULLARINA ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Gülten MANİOĞLU**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Gül KOÇLAR ORAL**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Neşe GANIÇ SAĞLAM
Özyeğin Üniversitesi

Teslim Tarihi : 4 Mayıs 2018
Savunma Tarihi : 5 Haziran 2018





Aileme,



ÖNSÖZ

Lisans ve yüksek lisans hayatım boyunca bilgi ve tecrübesi ile bana yol gösteren, bu çalışmanın her aşamasında sabır ve görüşleriyle destek olan çok değerli danışman hocam Doç. Dr. Gülten Manioğlu'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bu çalışmaya değerli görüşleri ile katkıda bulunan Yrd. Doç. Dr. Murat Çakan'a ve eğitim hayatım boyunca bilgilerini ve deneyimlerini benimle paylaşan değerli hocalarıma teşekkür ederim.

Hayatım boyunca her zaman destekleriyle yanımda olan aileme en içten teşekkürlerimi sunarım. Okul dönemim boyunca desteklerini esirgemeyen arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Haziran 2018

Mehmet Bekar
(Mimar)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
SEMBOLLER	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xxi
SUMMARY	xxv
1. GİRİŞ	1
2. BİNALARDA KONFOR KOŞULLARINI ETKİLEYEN KİŞİSEL VE ÇEVRESEL DEĞİŞKENLER.....	5
2.1 Kişisel Değişkenler	5
2.1.1 Kullanıcı niteliğine ve durumuna ilişkin değişkenler	5
2.1.1.1 Aktivite düzeyi	5
2.1.1.2 Giysi türü.....	6
2.1.1.3 Kullanıcının mekandaki konum ve duruş şekli.....	8
2.1.2 Fizyolojik değişkenler	8
2.2 Çevresel Değişkenler.....	8
2.2.1 Dış iklim elemanları	8
2.2.1.1 Güneş ışıınımı	8
2.2.1.2 Dış hava sıcaklığı	9
2.2.1.3 Dış hava nemliliği	10
2.2.1.4 Dış hava hareketi.....	10
2.2.2 İç iklim elemanları	11
2.2.2.1 Ortalama ışıınımsal sıcaklık	11
2.2.2.2 İç hava sıcaklığı.....	12
2.2.2.3 İç hava nemi	12
2.2.2.4 İç hava hareketi	13
2.2.2.5 Operatif sıcaklık	14
3. BİNALARDA KONFOR KOŞULLARINI ETKİLEYEN TASARIM DEĞİŞKENLERİ	17
3.1 Binanın Yeri	17
3.2 Bina Aralıkları.....	18
3.3 Hacim Organizasyonu ve Hacimlerin Yönlendiriliş Durumu.....	27
3.4 Bina Formu.....	34
3.5 Bina Kabuğu.....	41
4. SICAK-NEMLİ İKLİM BÖLGELERİNDE AVLU BOYUTLARININ BİNALARDAKİ KONFOR KOŞULLARINA ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	47
4.1 Dış Çevreye Ait İklim Verilerinin Toplanması.....	47

4.2 İç Çevreye Ait İklim Verilerinin Toplanması	48
4.3 Sıcak-nemli İklim Bölgelerinde Avlu Boyutlarının Binalardaki Konfor Koşulları Üzerindeki Etkisinin Değerlendirilmesinde Etkili Olan Binaya İlişkin Değişkenlerin Belirlenmesi	48
4.3.1 Binanın yerinin ve diğer binalara göre konumunun belirlenmesi	48
4.3.2 Bina formunun ve hacim organizasyonunun belirlenmesi	48
4.3.3 Hacimdeki havalandırma seçeneklerinin belirlenmesi	49
4.3.4 Havalandırma sürelerinin belirlenmesi	49
4.3.5 Binanın fonksiyonuna bağlı olarak binaya ilişkin kullanım sürelerinin belirlenmesi	52
4.3.6 Bina kabuğunun optik ve termofiziksel özelliklerinin belirlenmesi	52
4.4 Farklı Avlu Boyutları, Bina Yönlendiriliş Biçimi ve Havalandırma Seçeneklerine Sahip Binaların Konfor Koşullarının Değerlendirilmesi	54
4.4.1 Farklı avlu boyutları, bina yönlendiriliş biçimi ve havalandırma seçeneklerine sahip binaların operatif sıcaklık değerlerinin hesaplanması	56
4.4.2 Farklı avlu boyutları, bina yönlendiriliş biçimi ve havalandırma seçeneklerine sahip binaların bağıl nem değerlerinin hesaplanması	63
4.4.3 Farklı avlu boyutları ve bina yönlendiriliş biçimine sahip binaların güneş ışınlamı kazancı değerlerinin hesaplanması	69
4.4.4 Farklı avlu boyutları ve bina yönlendiriliş biçimine sahip binaların güneş ışınlamı kazancı ve operatif sıcaklık değerlerinin karşılaştırılması	75
4.4.5 Farklı avlu boyutları ve bina yönlendiriliş biçimlerine sahip binaların bağıl nem ve operatif sıcaklık değerlerinin karşılaştırılması	80
4.4.6 Tek taraflı havalandırma yapılan hacimler ile çapraz havalandırma yapılan hacimlerin karşılaştırılması	95
4.5 Hacimde Oluşan Hava Hareketinin Sayısal Olarak İncelenmesi	109
4.5.1 Sayısal analiz sürecine ait değişkenler	109
4.5.1.1 Geometrik modelleme	110
4.5.1.2 Akış alanı oluşturma	110
4.5.1.3 Çözüm ağı oluşturma	113
4.5.1.4 Sayısal analiz	116
4.5.2 Analiz sonuçları	119
4.5.2.1 Tek taraflı havalandırma yapılan modeller için analiz sonuçları	121
4.5.2.2 Çapraz havalandırma yapılan modeller için analiz sonuçları	134
4.5.2.3 Tek taraflı havalandırma yapılan hacimler ile çapraz havalandırma yapılan hacimlerin karşılaştırılması	148
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	151
KAYNAKLAR	155
ÖZGEÇMİŞ	161

KISALTMALAR

ASHRAE	: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
BN	: Hacimde oluşan bağıl nem değerleri
BTO	: Building Technologies Office
CFD	: Computational fluid dynamics
Clo	: Giysilerin ısı geçirme direnci birimi
DBT	: Dry bulb temperature
DOE	: U.S. Department of Energy
epw	: Energy plus weather
HAD	: Hesaplamalı akışkanlar dinamiği
idf	: EnergyPlus Input Data File
ISO	: International Organization for Standardization
MET	: Metabolizma düzeyi
MRT	: Mean radiant temperature
OS	: Hacimde oluşan operatif sıcaklık değerleri
OT	: Operative temperature
RNG	: Re-Normalisation Group
TSE	: Türk Standardları Enstitüsü
W/H	: Binalar arasındaki mesafenin bina yüksekliğine oranı
XPS	: Ekstrüde Polistren



SEMBOLLER

ρ	: Yoğunluk
$^{\circ}\text{C}$	: Santigrat derece
a	: Kalınlık
a_c	: Saydam bileşenlerin yutuculuk katsayısı
a_o	: Bileşenin yutuculuk katsayısı
c	: Özgül ısı
cm	: Santimetre
$d_1, d_2, \dots, d_n$	: Opak bileşeni oluşturan malzemelerin kalınlıkları
$F_{(p-1)} \dots F_{(p-2)}$	: Yüzeylerle insan arasındaki açı faktörleri
h_c	: Konvektif ısı transfer katsayısı
h_r	: Yaygın ısı transfer katsayısı
I_{cl}	: Kıyafet yalıtımı
J	: Joule
k	: Türbülans kinetik enerjisi
m	: Metre
m^2	: Metrekare
pc	: Isıl kapasite
r_c	: Saydam bileşenin yansıtıcılık katsayısı
r_o	: Bileşenin yansıtıcılık katsayısı
s	: Saniye
β	: Güneşin yükseliş açısı
$t_1 \dots t_2$	: Yüzeylerin sıcaklıkları
t_{odm}, t_{oim}	: Bileşenin iç ve dış yüzeylerindeki maksimum sıcaklık değerleri
t_{oio}, t_{odo}	: Bileşenin iç ve dış yüzey sıcaklıklarının günlük ortalama değerleri
t_r	: Ortalama ışınsal sıcaklık
U	: Toplam ısı geçirme katsayısı
V_K, V_D	: Hız bileşenleri
W	: Watt
α_i, α_d	: İç ve dış yüzeysel ısı iletkenlik katsayıları

γ	: Cephe azimut açısı
ε	: Türbülans sönümlleme hızı
λ	: Isı iletkenlik katsayıları
Σ	: Güneşin azimut açısı
τ_0	: Saydam bileşenin geçirgenlik katsayısı
f	: Genlik küçültme faktörü



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Metabolik hızlar.	6
Çizelge 2.2 : Kumaşların tipik kombinasyonları için ısı yalıtım.	7
Çizelge 3.1 : Farklı iklim bölgelerinde binalar arası ideal boşluklar.	26
Çizelge 4.1 : Binaların bulunduğu yerin bilgileri.	48
Çizelge 4.2 : Tek taraflı havalandırma için üretilen avlulu bina modelleri.	50
Çizelge 4.3 : Çapraz havalandırma için üretilen avlulu bina modelleri.	51
Çizelge 4.4 : Tek taraflı ve çapraz havalandırma için günlük havalandırma programı.	52
Çizelge 4.5 : Bina kabuğu katmanlaşma detayları.	54
Çizelge 4.6 : Sayısal analizi yapılan avlulu bina formları.	111
Çizelge 4.7 : Tek taraflı havalandırma yapılan modellerde D1 düzleminde oluşan hız dağılımlarının kontur olarak gösterimi.	122
Çizelge 4.8 : Tek taraflı havalandırma yapılan modellerde D1 düzleminde oluşan hız dağılımlarının vektör olarak gösterimi.	123
Çizelge 4.9 : Tek taraflı havalandırma yapılan modellerde D2 düzleminde oluşan hız dağılımlarının kontur olarak gösterimi.	124
Çizelge 4.10 : Tek taraflı havalandırma yapılan modellerde D2 düzleminde oluşan hız dağılımlarının vektör olarak gösterimi.	125
Çizelge 4.11 : Tek taraflı havalandırma yapılan hacimlerde Çizgi 1 üzerinde oluşan hız değerleri.	127
Çizelge 4.12 : Tek taraflı havalandırma yapılan hacimlerde Çizgi 2 üzerinde oluşan hız değerleri.	128
Çizelge 4.13 : Tek taraflı havalandırma yapılan modellerde D3 düzleminde oluşan hız dağılımlarının kontur olarak gösterimi.	130
Çizelge 4.14 : Tek taraflı havalandırma yapılan modellerde D4 düzleminde oluşan hız dağılımlarının kontur olarak gösterimi.	131
Çizelge 4.15 : Tek taraflı havalandırma yapılan modellerde D3 düzleminde oluşan hız dağılımlarının vektör olarak gösterimi.	132
Çizelge 4.16 : Tek taraflı havalandırma yapılan modellerde D4 düzleminde oluşan hız dağılımlarının vektör olarak gösterimi.	133
Çizelge 4.17 : Çapraz havalandırma yapılan modellerde D1 düzleminde oluşan hız dağılımlarının kontur olarak gösterimi.	135
Çizelge 4.18 : Çapraz havalandırma yapılan modellerde D1 düzleminde oluşan hız dağılımlarının vektör olarak gösterimi.	136
Çizelge 4.19 : Çapraz havalandırma yapılan modellerde D2 düzleminde oluşan hız dağılımlarının kontur olarak gösterimi.	137
Çizelge 4.20 : Çapraz havalandırma yapılan modellerde D2 düzleminde oluşan hız dağılımlarının vektör olarak gösterimi.	138
Çizelge 4.21 : Çapraz havalandırma yapılan hacimlerde Çizgi 1 üzerinde oluşan hız değerleri.	141

Çizelge 4.22 : Çapraz havalandırma yapılan hacimlerde Çizgi 2 üzerinde oluşan hız değerleri.	142
Çizelge 4.23 : Çapraz havalandırma yapılan modellerde D3 düzleminde oluşan hava akımı hız dağılımlarının kontur olarak gösterimi.	144
Çizelge 4.24 : Çapraz havalandırma yapılan modellerde D4 düzleminde oluşan hava akımı hız dağılımlarının kontur olarak gösterimi.	145
Çizelge 4.25 : Çapraz havalandırma yapılan modellerde D3 düzleminde oluşan hava akımı hız dağılımlarının vektör olarak gösterimi.	146
Çizelge 4.26 : Çapraz havalandırma yapılan modellerde D4 düzleminde oluşan hava akımı hız dağılımlarının vektör olarak gösterimi.	147



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1 : İklim bölgelerine göre yerel parçasının konumu.	18
Şekil 3.2 : Binaların konumlarına göre gölgeli alan oluşumu.	19
Şekil 3.3 : Bina grupları yerleşiminin hava akımına etkisi.	21
Şekil 3.4 : Bina gruplarında kümülatif etki.	22
Şekil 3.5 : Bina yerleştirilmesinde kanal (a), huni (b) ve Venturi (c) etkisi.	22
Şekil 3.6 : Bina yüksekliği ile binaların çevresinde oluşan hava akımı ilişkisi.	23
Şekil 3.7 : Yüksek katlı bina ve onun rüzgar önü bölgesinde alçak katlı bina arasında oluşan hava akımı.	23
Şekil 3.8 : Çapraz yapı etkisi (a-b).	24
Şekil 3.9 : Basamak etkisi.	24
Şekil 3.10 : Soğuk iklim bölgelerinde binaların konumlandırılması.	25
Şekil 3.11 : Bina aralıklarına bağlı olarak hava akım rejimleri.	26
Şekil 3.12 : Hava akımı doğrultusuna dik ve 45° açı yaparak konumlanan binaların basınç bölgeleri ve hava akımları.	28
Şekil 3.13 : Hava hareketi doğrultusu bina yönelmesi ilişkisi.	28
Şekil 3.14 : Dış hava akımı yönü duvar boşluğuna dik olması durumunda doğal havalandırma.	29
Şekil 3.15 : Dış hava akımı yönü duvar boşluğu ile açı yaptığı durumda doğal havalandırma.	29
Şekil 3.16 : İç bölme duvarları yerleşimi hava akımı ilişkisi.	30
Şekil 3.17 : Farklı rüzgar yönlerine göre iç ortamda oluşan çapraz havalandırma durumları.	30
Şekil 3.18 : Farklı hacim organizasyonlarına sahip binaların güneşlenme ve rüzgar alma durumları.	31
Şekil 3.19 : Tek taraflı ve çapraz havalandırma için yükseklik ve derinlik oranı.	32
Şekil 3.20 : Binanın çevresindeki peyzaj elemanları ile hava akımı ilişkisi.	32
Şekil 3.21 : Yerleşme çevresine yerleştirilen ağaçlar ile hava akımının yönlendirilmesi.	33
Şekil 3.22 : Yerleşme çevresine yerleştirilen ağaçlar ile oluşturulan Venturi etkisi.	33
Şekil 3.23 : Prizma ve silindirik biçimli yüksek yapıların çevresindeki hava hareketi ve oluşan basınç bölgeleri.	36
Şekil 3.24 : Bina yüksekliği rüzgar altı bölgesi derinliği ilişkisi.	36
Şekil 3.25 : Podyum alanının rüzgara etkisi.	37
Şekil 3.26 : Avluda gün boyunca gerçekleşen hava hareketleri.	38
Şekil 3.27 : Farklı avlu yüksekliği/genişliği oranları hava akımı hareketi ilişkisi. ...	39
Şekil 3.28 : Çatı eğimine bağlı olarak oluşan basınç bölgeleri.	39
Şekil 3.29 : Bina çatılarının biçimine göre oluşan hava akımı.	40
Şekil 3.30 : Saçak derinliği iç ortama giren hava akımı ilişkisi.	40
Şekil 3.31 : Saçak konumlandırmaları hava akımının geçiş düzlemi ilişkisi.	41
Şekil 3.32 : Duvar boşluğunda hava devinimi.	44

Şekil 3.33 : Doğal havalandırmaya uygun pencere açılış örnekleri.	44
Şekil 3.34 : Farklı tip pencerelerden iç ortama giren hava akımı.	45
Şekil 4.1 : Avlulu bina modeli boyutları (cm.).	49
Şekil 4.2 : Avluya bakan cephede pencerenin konumu ve boyutları (cm.).	53
Şekil 4.3 : IDF Editor arayüzü.	55
Şekil 4.4 : SketchUp ve OpenStudio eklentisinin arayüzü.	55
Şekil 4.5 : Tek taraflı havalandırma yapılan hacmin avluya bakan penceresinin güneye yönlendirildiği durumda hacimde oluşan operatif sıcaklık değerleri.....	56
Şekil 4.6 : Tek taraflı havalandırma yapılan hacmin avluya bakan penceresinin batıya yönlendirildiği durumda hacimde oluşan operatif sıcaklık değerleri.	57
Şekil 4.7 : Tek taraflı havalandırma yapılan hacmin avluya bakan penceresinin kuzeye yönlendirildiği durumda hacimde oluşan operatif sıcaklık değerleri.....	57
Şekil 4.8 : Tek taraflı havalandırma yapılan hacmin avluya bakan penceresinin doğuya yönlendirildiği durumda hacimde oluşan operatif sıcaklık değerleri.	58
Şekil 4.9 : Çapraz havalandırma yapılan hacmin avluya bakan penceresinin güneye yönlendirildiği durumda hacimde oluşan operatif sıcaklık değerleri.	60
Şekil 4.10 : Çapraz havalandırma yapılan hacmin avluya bakan penceresinin batıya yönlendirildiği durumda hacimde oluşan operatif sıcaklık değerleri.	60
Şekil 4.11 : Çapraz havalandırma yapılan hacmin avluya bakan penceresinin kuzeye yönlendirildiği durumda hacimde oluşan operatif sıcaklık değerleri.	61
Şekil 4.12 : Çapraz havalandırma yapılan hacmin avluya bakan penceresinin doğuya yönlendirildiği durumda hacimde oluşan operatif sıcaklık değerleri.	61
Şekil 4.13 : Tek taraflı havalandırma yapılan hacmin avluya bakan penceresinin güneye yönlendirildiği durumda hacimde oluşan bağıl nem değerleri.....	63
Şekil 4.14 : Tek taraflı havalandırma yapılan hacmin avluya bakan penceresinin batıya yönlendirildiği durumda hacimde oluşan bağıl nem değerleri.	64
Şekil 4.15 : Tek taraflı havalandırma yapılan hacmin avluya bakan penceresinin kuzeye yönlendirildiği durumda hacimde oluşan bağıl nem değerleri.....	64
Şekil 4.16 : Tek taraflı havalandırma yapılan hacmin avluya bakan penceresinin doğuya yönlendirildiği durumda hacimde oluşan bağıl nem değerleri.	65
Şekil 4.17 : Çapraz havalandırma yapılan hacmin avluya bakan penceresinin güneye yönlendirildiği durumda hacimde oluşan bağıl nem değerleri.	66
Şekil 4.18 : Çapraz havalandırma yapılan hacmin avluya bakan penceresinin batıya yönlendirildiği durumda hacimde oluşan bağıl nem değerleri.	67
Şekil 4.19 : Çapraz havalandırma yapılan hacmin avluya bakan penceresinin kuzeye yönlendirildiği durumda hacimde oluşan bağıl nem değerleri.	67
Şekil 4.20 : Çapraz havalandırma yapılan hacmin avluya bakan penceresinin doğuya yönlendirildiği durumda hacimde oluşan bağıl nem değerleri.	68
Şekil 4.21 : Tek taraflı havalandırma yapılan hacmin avluya bakan penceresinin güney, batı, kuzey ve doğuya yönlendirildiği durumda hacimde oluşan güneş ışınlı kazancı değerleri.....	70
Şekil 4.22 : Çapraz havalandırma yapılan hacmin avluya bakan penceresinin güney, batı, kuzey ve doğuya yönlendirildiği durumda hacimde oluşan güneş ışınlı kazancı değerleri.....	71
Şekil 4.23 : 21 Temmuz günü için tek taraflı havalandırma yapılan hacmin avluya bakan penceresinin güney, batı, kuzey ve doğuya yönlendirildiği durumda güneş ışınlı kazancı değerleri (günlük).	74
Şekil 4.24 : 21 Temmuz günü için çapraz havalandırma yapılan hacmin avluya bakan penceresinin güney, batı, kuzey ve doğuya yönlendirildiği durumda güneş ışınlı kazancı değerleri (günlük).	74

Şekil 4.25 : Tek taraflı havalandırma yapılan doğu ve güneye yönlendirilen hacimler için güneş ısınımı kazancı ve operatif sıcaklık değerleri.	76
Şekil 4.26 : Tek taraflı havalandırma yapılan batı ve kuzeye yönlendirilen hacimler için güneş ısınımı kazancı ve operatif sıcaklık değerleri.	77
Şekil 4.27 : Çapraz havalandırma yapılan doğu ve güneye yönlendirilen hacimler için güneş ısınımı kazancı ve operatif sıcaklık değerleri.	78
Şekil 4.28 : Çapraz havalandırma yapılan batı ve kuzeye yönlendirilen hacimler için güneş ısınımı kazancı ve operatif sıcaklık değerleri.	79
Şekil 4.29 : Tek taraflı havalandırma yapılan ve güneye yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Pencere Açık).	81
Şekil 4.30 : Tek taraflı havalandırma yapılan ve güneye yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Pencere Kapalı).	81
Şekil 4.31 : Tek taraflı havalandırma yapılan ve güneye yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Gece Havalandırması).	81
Şekil 4.32 : Tek taraflı havalandırma yapılan ve batıya yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Pencere Açık).	82
Şekil 4.33 : Tek taraflı havalandırma yapılan ve batıya yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Pencere Kapalı).	83
Şekil 4.34 : Tek taraflı havalandırma yapılan ve batıya yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Gece Havalandırması).	83
Şekil 4.35 : Tek taraflı havalandırma yapılan ve kuzeye yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Pencere Açık).	84
Şekil 4.36 : Tek taraflı havalandırma yapılan ve kuzeye yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Pencere Kapalı).	85
Şekil 4.37 : Tek taraflı havalandırma yapılan ve kuzeye yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Gece Havalandırması).	85
Şekil 4.38 : Tek taraflı havalandırma yapılan ve doğuya yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Pencere Açık).	86
Şekil 4.39 : Tek taraflı havalandırma yapılan ve doğuya yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Pencere Kapalı).	86
Şekil 4.40 : Tek taraflı havalandırma yapılan ve doğuya yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Gece Havalandırması).	87
Şekil 4.41 : Çapraz havalandırma yapılan ve güneye yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Pencere Açık).	88
Şekil 4.42 : Çapraz havalandırma yapılan ve güneye yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Pencere Kapalı).	88
Şekil 4.43 : Çapraz havalandırma yapılan ve güneye yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Gece Havalandırması).	89
Şekil 4.44 : Çapraz havalandırma yapılan ve batıya yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Pencere Açık).	90
Şekil 4.45 : Çapraz havalandırma yapılan ve batıya yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Pencere Kapalı).	90
Şekil 4.46 : Çapraz havalandırma yapılan ve batıya yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Gece Havalandırması).	90
Şekil 4.47 : Çapraz havalandırma yapılan ve kuzeye yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Pencere Açık).	92
Şekil 4.48 : Çapraz havalandırma yapılan ve kuzeye yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Pencere Kapalı).	92
Şekil 4.49 : Çapraz havalandırma yapılan ve kuzeye yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Gece Havalandırması).	92

Şekil 4.50 : Çapraz havalandırma yapılan ve doğuya yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Pencere Açık).	93
Şekil 4.51 : Çapraz havalandırma yapılan ve doğuya yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Pencere Kapalı).	94
Şekil 4.52 : Çapraz havalandırma yapılan ve doğuya yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Gece Havalandırması).	94
Şekil 4.53 : Hacmin avluya bakan penceresinin güneye yönlendirildiği durumda hacimde oluşan operatif sıcaklık değerleri.	96
Şekil 4.54 : Hacmin avluya bakan penceresinin kuzeye yönlendirildiği durumda hacimde oluşan operatif sıcaklık değerleri.	97
Şekil 4.55 : Hacmin avluya bakan penceresinin batıya yönlendirildiği durumda hacimde oluşan operatif sıcaklık değerleri.	99
Şekil 4.56 : Hacmin avluya bakan penceresinin doğuya yönlendirildiği durumda hacimde oluşan operatif sıcaklık değerleri.	100
Şekil 4.57 : Hacmin avluya bakan penceresinin güneye yönlendirildiği durumda hacimde oluşan bağıl nem değerleri.	103
Şekil 4.58 : Hacmin avluya bakan penceresinin kuzeye yönlendirildiği durumda hacimde oluşan bağıl nem değerleri.	104
Şekil 4.59 : Hacmin avluya bakan penceresinin batıya yönlendirildiği durumda hacimde oluşan bağıl nem değerleri.	106
Şekil 4.60 : Hacmin avluya bakan penceresinin doğuya yönlendirildiği durumda hacimde oluşan bağıl nem değerleri.	107
Şekil 4.61 : ANSYS Workbench platformu arayüzü.	112
Şekil 4.62 : Avlulu bina ile çevre alan arasında bırakılan mesafeler.	112
Şekil 4.63 : DesignModeler Geometry modülünde oluşturulan akış alanı.	113
Şekil 4.64 : Sayısal analizi yapılacak hacmin çözüm ağı uygulanmış izometrik görünümü.	114
Şekil 4.65 : Sayısal analizi yapılacak hacmin çözüm ağı uygulanmış yan görünümü.	114
Şekil 4.66 : İncelenecek hacmin çevresinde daha sık oluşturulan çözüm ağı.	114
Şekil 4.67 : Akış alanı yüzey tanımlamaları.	115
Şekil 4.68 : Fluent programı arayüzü.	116
Şekil 4.69 : İterasyon sayısı boyunca değerlerin yakınsaması.	117
Şekil 4.70 : Sayısal analizlerde kabul edilen rüzgar yönü ve bileşenleri.	118
Şekil 4.71 : D1 (a), D2 (b), D3 (c) ve D4 (d) düzlemlerinin bina üzerindeki konumları.	119
Şekil 4.72 : Çizgi 1 (a) ve Çizgi 2'nin (b) konumu.	120
Şekil 4.73 : Tek taraflı havalandırma yapılan hacimlerde Çizgi 1 üzerinde oluşan hava akımı hız değerleri.	126
Şekil 4.74 : Tek taraflı havalandırma yapılan hacimlerde Çizgi 1 üzerinde oluşan ortalama hız değerleri.	126
Şekil 4.75 : Çapraz havalandırma yapılan hacimlerde Çizgi 1 üzerinde oluşan hava akımı hız değerleri.	139
Şekil 4.76 : Çapraz havalandırma yapılan hacimlerde Çizgi 1 üzerinde oluşan ortalama hız değerleri.	139
Şekil 4.77 : Tek taraflı ve çapraz havalandırma yapılan hacimlerde Çizgi 1 üzerinde oluşan hava akımı hız değerleri.	148
Şekil 4.78 : Tek taraflı ve çapraz havalandırma yapılan hacimlerde Çizgi 1 üzerinde oluşan ortalama hız değerleri.	148

SICAK - NEMLİ İKLİM BÖLGELERİNDE AVLU BOYUTLARININ BİNALARDAKİ KONFOR KOŞULLARINA ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Dünyada hızla artan enerji kullanımı sebebiyle enerji kaynakları giderek azalmakta, bunun sonucunda enerji verimliliği önem kazanmaktadır. Binalarda kullanılan enerji, toplam tüketilen enerjinin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Türkiye’de sanayileşme ve kentleşmenin artması ve hızla artan nüfus yeni binaların yapımının artmasına sebep olmuştur. Yeni yapılan binalarda, geleneksel binalardaki enerji etkin ve iklimle dengeli yaklaşım göz ardı edilmekte ve bunun bir sonucu olarak enerji giderlerinin arttığı görülmektedir. Binalarda enerjinin büyük bir bölümü ısıtma ve soğutma gereksinimleri için harcadığından bu alanda yapılan harcamaların azaltılması ve binalarda enerji etkinliğinin sağlanması öncelikli bir sorun haline gelmiştir. Mimarların tasarım aşamasında enerji etkin tasarım değişkenleri için doğru kararlar almasıyla binaların enerji harcamalarını azaltmak olanaklıdır.

Her iklim bölgesinde mevcut iklimsel koşullar düşünülerek gerçekleştirilen iklimle dengeli bina tasarımı, binalarda konfor koşullarını sağlamanın en etkili yollarından birisidir. Bu amaçla sıcak-nemli iklim bölgelerinde, gölgeli alanları arttırarak güneşin ısıtıcı etkisinden korunmak ve doğal havalandırmayı sağlamak iç konfor koşullarının sağlanmasında en önemli tasarım kararlarındanıdır.

Avlulu bina formu özellikle sıcak iklimlerdeki mevcut iklimsel koşullar düşünülerek tasarlanmıştır. Avlu, etrafı duvarlar ve yapı alanlarıyla tamamen veya kısmen çevrilmiş üstü açık alandır. Avlunun temel fonksiyonu yapının etrafındaki mikro klimayı etkileyerek binanın konfor koşullarını iyileştirmektir. Avlunun boyutları, bina kabuğunda oluşan gölgeli alanı etkileyen en önemli değişkenlerdendir ve bunun sonucunda hacme ulaşan güneş ışınımı miktarını dolayısıyla iç mekan konfor koşullarını etkilemektedir. Bunun yanı sıra, avlular doğal havalandırmayı sağlamakta ve aşırı nemin etkisinin azaltılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Doğal havalandırma sayesinde kullanıcılara daha konforlu ve sağlıklı yaşam alanları oluşturulmakta, ayrıca mekanik havalandırma ve soğutma sistemlerine olan ihtiyaç azaltılarak binaların enerji tüketimi önemli ölçüde azaltılmaktadır. Avlu boyutları değiştiğinde avluya bakan hacimlerde oluşan hava akımı hızı ve bağıl nem değerleri değişiklik göstermekte, buna bağlı olarak iç mekan konfor koşulları değişmektedir.

Bu çalışmada farklı avlu boyutlarına sahip binalarda, binanın yönlendiriliş durumu, havalandırma süresi ve havalandırma seçeneklerinin binalardaki konfor koşulları üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Tüm hesaplamalar avluya bakan hacim için yapılmıştır. Seçilen hacmin iç mekan konfor koşullarına ait değişkenler Türkiye’nin sıcak-nemli iklim bölgesini temsil eden Antalya ili için 21 Temmuz günü seçilerek hesaplanmıştır. Bina enerji simülasyon programı kullanılarak operatif sıcaklık, bağıl nem ve güneş ışınımı kazancı değerleri

hesaplanmış ve iç mekan konfor koşulları üzerine kapsamlı bir değerlendirme gerçekleştirilmiştir.

Operatif sıcaklık, bağıl nem ve güneş ışıınımı kazancı değerleri hesaplandıktan sonra avlu derinliğinin ve havalandırma seçeneklerinin hacim içinde oluşan hava akımına etkisini incelemek için hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) yazılımı yardımıyla sayısal analizler gerçekleştirilmiştir. Farklı avlu derinliklerinde ve havalandırma seçeneklerinde hacim içinde oluşan hız dağılımları kontur ve vektörel olarak incelenmiş, hacim içinde oluşan hava akımının hızı ve hareketi değerlendirilmiştir.

Çalışma beş ana bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölüm olan giriş bölümünde, azalan enerji kaynakları ve artan enerji tüketimi özetlenmiştir. Binaların enerji tüketimindeki payı ve enerji etkin bina tasarımının önemi üzerinde durulmuştur. Pasif tasarım kararları ile binaların ısıtma ve soğutma ihtiyacının dolayısıyla enerji tüketiminin azaltılacağına değinilmiştir.

İkinci bölümde, binalarda konfor koşullarını etkileyen değişkenler açıklanmış ve bu değişkenler kişisel değişkenler ve çevresel değişkenler başlıkları altında incelenmiştir. Kişisel değişkenler, kullanıcı niteliğine ve durumuna ilişkin değişkenler ve fizyolojik değişkenler, çevresel değişkenler ise dış iklim elemanları ve iç iklim elemanları başlıkları altında tanımlanmıştır.

Üçüncü bölümde, binalarda konfor koşullarını etkileyen binaya ilişkin değişkenler açıklanmış ve bu değişkenler binanın yeri, bina aralıkları, hacim organizasyonu ve hacimlerin yönlendiriliş durumu, bina formu ve bina kabuğu başlıkları altında incelenmiştir. Tüm değişkenler farklı iklim bölgeleri için, hem güneş ışıınımına hem de hava hareketine göre irdelenmiştir.

Dördüncü bölümde, avlu boyutlarının binalardaki konfor koşullarına etkisinin değerlendirildiği bir çalışma ortaya konulmuştur. Avlu genişliği aynı (400 cm.), derinliği farklı (50, 100, 150, 200, 250, 300 cm.) olan 6 avlulu bina formu üretilmiştir. Avluya bakan hacim bütün seçeneklerde sabit tutulmuştur (400 x 400 cm.). Avluya bakan hacim için avluya bakan duvarında tek pencere olan (tek taraflı havalandırma) ve avluya bakan duvarı ve karşı duvarında iki penceresi olan (çapraz havalandırma) iki farklı havalandırma seçeneği üretilmiştir. 6 farklı avlu formunun, avluya bakan hacminin kuzey, doğu, güney ve batıya yönlendirilmesiyle, farklı havalandırma süreleri (bütün gün açık, bütün gün kapalı, gece havalandırması) ve havalandırma seçenekleri (tek taraflı ve çapraz havalandırma) uygulanmasıyla toplam 144 bina enerji simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Simülasyonlar EnergyPlus 8.3.0 bina enerji simülasyon programı kullanılarak, Antalya ilinde en sıcak günü temsil eden 21 Temmuz için yapılmıştır. Hacimde oluşan operatif sıcaklık, bağıl nem ve güneş ışıınımı kazancı değerleri incelenmiştir. Avlu boyutları, hacmin yönlendiriliş biçimi, havalandırma süresi ve havalandırma seçeneklerinin konfor koşullarına etkisi, bina enerji simülasyonları yardımıyla karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

İç hacimde oluşan operatif sıcaklık, bağıl nem ve güneş ışıınımı kazancı değerleri incelendikten sonra hacimde oluşan hava hareketinin sayısal analizleri yapılmıştır. Sayısal analiz için incelenecek hacimlerin geometrik modelleri bir akış alanı içerisinde oluşturulmuş daha sonra bu alana çözüm ağı tanımlanmıştır. Geometrik modeller ve çözüm ağı ANSYS Workbench platformu yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Sayısal analizler bir hesaplamalı akışkanlar dinamiği yazılımı olan ANSYS FLUENT 16.2 programında gerçekleştirilmiştir. Avlu derinliği farklı

(50, 100, 150, 200, 250, 300 cm.) olan 6 avlulu bina formunda tek taraflı ve çapraz havalandırma yapıldığı toplam 12 model için analizler gerçekleştirilmiştir. Düşey ve yatay düzlemler oluşturularak hız dağılımının kontur ve vektörel olarak sonuçları değerlendirilmiştir. Hacim içinde oluşan hava akımının hızı ve hareketi hesaplanarak, avlu derinliği ve havalandırma seçeneğinin hacimde oluşan hava hareketine etkisi ve bunun sonucunda iç mekan konfor koşullarına etkisi incelenmiştir.

Beşinci bölümde, yapılan çalışmanın sonuçlarının değerlendirilmesine yer verilmiştir. Avlu boyutları, hacim yönlendirmesi ve havalandırma seçenekleri ile hacimlerde oluşan operatif sıcaklık, bağıl nem, güneş ışıınımı kazancı değerlerinin ve hava akımı hızının dolayısıyla iç mekan konfor koşullarının önemli ölçüde değiştiği ve tasarım aşamasında bu değişkenlere ait verilecek doğru kararlar ile hacimlerde istenen konfor koşullarının sağlanabileceği vurgulanmıştır.





AN EVALUATION OF THE EFFECTS OF COURTYARD DIMENSIONS ON THERMAL COMFORT CONDITIONS IN BUILDINGS IN HOT - HUMID CLIMATIC REGIONS

SUMMARY

Energy sources are constantly diminishing due to increasing global energy use and thus energy efficiency has become very important. Energy used in buildings constitutes a major portion of the total consumed energy. Increased urbanization and industrialization as well as fast growing population in Turkey resulted in an increase in construction of new buildings. Energy efficient and climate responsive approach is ignored in new buildings and this has caused an increase in energy costs. Since most of the energy in buildings is used for heating and cooling, reducing consumption in this area and achieving energy efficiency in buildings have become a priority. If architects take correct decisions about energy efficient design variables reducing energy consumption in residential buildings can be possible.

One of the most effective ways to have thermal comfort conditions in buildings is to design climate responsive buildings according to existing climate conditions for each climatic region. Protection from heating effect of the sun by increasing areas in shade and allowing natural ventilation are the most important design decisions to ensure indoor thermal comfort conditions.

Building forms with courtyards have been especially designed to accommodate climate conditions of hot climates. A courtyard is a circumscribed area, completely or partially surrounded by buildings and walls, which is open to the sky. The main function of a courtyard is to improve thermal comfort of a building by affecting the micro climate. Dimensions of a courtyard are the most important variables for the shade created by the building envelope and so these affect the amount of solar radiation the space is exposed to and thereby indoor comfort conditions. Additionally, courtyards provide natural ventilation and play an important role in mitigating the effects of excessive humidity. Natural ventilation provides more comfortable and healthy living areas for occupants and furthermore by reducing the need for mechanical ventilation and cooling systems, significantly reduces the energy consumption of buildings. When a courtyard's dimensions change, air flow speed and relative humidity values in spaces facing the courtyard change leading to a change in indoor thermal comfort conditions.

This study intends to evaluate the effects of orientation, ventilation duration and ventilation options of buildings with varying courtyard dimensions on the thermal comfort conditions in buildings. All calculations were made for the space facing the courtyard. Variables of indoor thermal comfort of the chosen space were calculated for July 21st in Antalya which represents hot-humid climatic region in Turkey.

Operative temperature, relative humidity and total solar radiation values transmitted through windows were calculated using a building energy simulation program and a comprehensive evaluation about indoor thermal comfort conditions was made.

After operative temperature, relative humidity and total solar radiation values transmitted through windows were calculated, numerical analyses were done using a computational fluid dynamics (CFD) software to study the effect of courtyard depth and ventilation options on the air flow in the space. Distribution of velocity in different courtyard depths and ventilation options were examined using vector plots and contour plots and the air flow speed and movement in the space were evaluated.

The study consists of five sections.

The first section summarizes decreasing energy sources and increasing energy consumption. This section emphasizes the contribution of buildings in overall energy consumption and the importance of energy efficient building design. The section discusses that heating and cooling requirements and thus energy consumption of buildings can be reduced with passive design decisions.

The second section explains variables that affect thermal comfort conditions in buildings and these variables are further analysed under two groups: personal variables and environmental variables. Personal variables are defined in two groups including variables related to occupant characteristics and conditions and physiological variables and environmental variables are defined in two groups: outdoor climate elements and indoor climate elements.

Third section explains the variables that affect thermal comfort conditions in buildings and these variables are examined under various categories including building location, spaces between buildings, space organization and space orientation, building form and building envelope. All variables were examined based on solar radiation and air movements for different climatic regions.

Fourth section presents an evaluation of the effects of courtyard dimensions on thermal comfort conditions. 6 building forms with different courtyards with the same width (400 cm.) but with different depths (50 cm., 100 cm., 150 cm., 200 cm., 250 cm., 300 cm.) were created. The space facing the courtyard remains unchanged (400 x 400 cm.). For the space facing the courtyard; two ventilation options were created: the first one has one window facing the courtyard (single - sided ventilation) and the second one has two windows on opposite sides (cross ventilation). A total of 144 building energy simulations were made by shifting the orientation of the space facing 6 different courtyard forms to north, east, south and west, by applying different ventilation durations (open all day, closed all day, night time ventilation) and different ventilation options (single - sided and cross ventilation).

Simulations were done for July 21st which represents the hottest day in Antalya, using EnergyPlus 8.3.0 building energy simulation software. Operative temperature, relative humidity and total solar radiation values transmitted through windows were analysed. The effects of courtyard dimensions, orientation of space, ventilation duration and ventilation option on thermal comfort were evaluated by comparison using building energy simulations.

Indoor operative temperature, relative humidity and total solar radiation values transmitted through windows were analysed and then numerical analyses of indoor air movements were done. Geometric models of the spaces to be used in numerical analysis were created within a flow area and then this area was defined as the solution network. Geometric models and solution network were developed using ANSYS Workbench platform. Numerical analyses were done with ANSYS FLUENT 16.2, a computational fluid dynamics (CFD) software. Analyses were done

for 12 models in which single - sided and cross ventilation in 6 building forms with courtyards with different depths (50 cm., 100 cm., 150 cm., 200 cm., 250 cm., 300 cm.) were used. The results of distribution of speed were evaluated on horizontal and vertical axis in contour and vector plots. The speed and movement of the air flow in the space were calculated and the effect of courtyard depth and ventilation option on the air movement and thereby on the indoor thermal comfort conditions were examined.

Fifth section includes the evaluation of the study findings. This section emphasizes that operative temperature, relative humidity, solar radiation values and air flow speed and therefore indoor thermal comfort conditions change significantly based on courtyard dimensions, space orientation and ventilation options and the desired comfort conditions in spaces can be achieved with correct decisions about these variables.





1. GİRİŞ

Dünyada toplam tüketilen enerji miktarının %45-50'si binalarda kullanılmaktadır [1]. Türkiye'de ise nihai enerji tüketiminde binalar yaklaşık %30, toplam elektrik tüketiminde de %40'luk bir paya sahiptir [2,3]. Türkiye'de hızla artan nüfus, sanayileşme ve kentleşme ile birlikte yeni binaların yapımının giderek arttığı görülmektedir. Ülkemizde kullanılan enerjinin büyük bölümünün ithal edildiği göz önünde bulundurulduğunda, enerji ihtiyacının artması dışa bağımlılığı da arttıracak ve daha fazla enerji ithal edilmesi gerekecektir.

Yeni yapılan binalarda genellikle geleneksel binalardaki enerji etkin ve iklimle dengeli yaklaşım göz ardı edilmektedir. Tasarım aşamasında enerji korunumu dikkate alınmamakta, bu nedenle binalarda iklimsel konfor koşullarının sağlanması için çok fazla enerji harcanmaktadır. Bu şekilde yapılan yeni binalar bulunduğu bölgenin iklimsel özelliklerinden bağımsız ve enerji harcayan mekanik sistemlerle konfor koşullarının sağlandığı binalar olmaktadır.

Enerji harcamalarının büyük bir bölümünü oluşturan konut sayısının giderek artması enerji giderlerinin artması gibi önemli bir sonucu ortaya çıkarmaktadır. Binalarda enerjinin büyük bir bölümü binanın ısıtma ve soğutma gereksinimlerini karşılamak için harcanmaktadır. Türkiye'de konutlar ve ticari yapılarda ısıtma amacıyla kullanılan enerji, binanın toplam kullandığı enerjinin yaklaşık %80'ini oluşturmaktadır [3]. Ancak sıcak-nemli ve sıcak-kuru iklim bölgelerinde, ısıtma istenmeyen dönem ısıtma istenen dönemden daha uzun olduğu için soğutma için harcanan enerji miktarları da giderek artmaktadır [4]. Bununla birlikte enerji kaynağı olarak fosil kaynaklar kullanıldığında çevre kirliliği oluşmakta ve bu kaynaklar belirli bir sürede tükeneceğinden kullanımının en aza indirilmesi gerekmektedir. Bu yüzden binalarda ısıtma ve soğutma enerjisi harcamalarının azaltılması ve binalarda enerji etkinliğinin sağlanması öncelikli bir sorun haline gelmiştir.

Günümüzde enerji kaynaklarının azalmasıyla birlikte, enerji konusunda yapılan araştırmalarla enerjinin korunumu için gerekli önlemler alınmaya başlamaktadır.

Enerji tüketiminin azaltılması için önemli bir potansiyele sahip olan yapı sektöründe binaların enerji tüketimini sınırlayan yönetmelik ve kanunlar hazırlanmaktadır. Tasarım aşamasında ise enerji etkin tasarım değişkenleri için alınan doğru kararlarla enerji harcamalarını azaltmak olanaklıdır.

Binalarda konfor koşullarını sağlamanın en etkili yollarından biri her iklim bölgesinde mevcut iklimsel koşulları esas alarak iklimle dengeli bina tasarımını gerçekleştirmektir. Sıcak-nemli iklim bölgelerinde güneşin ısıtıcı etkisinden korunmak ve aşırı nemin etkisini azaltmak konfor koşullarının sağlanmasında çok önemli bir rol oynamaktadır. Sıcak iklim bölgelerinde genellikle güneş ışınlamından etkilenen dış cephe alanını azaltmak, bir başka deyişle gölgeli cephe alanını arttırmak amacıyla en önemli pasif sistem elemanlarından biri olan avlulu plan tipinde binalar sıkça tercih edilmektedir. Avluyu çevreleyen mekanlar ve avluyu dış sokaktan ayıran yüksek duvarlar sayesinde gün boyunca avlu içinde gölgeli alanlar oluşturulabilir. Avlunun boyutları ve avlunun yönlendiriliş biçimi gibi tasarım değişkenleri avlu yüzeylerinde gerçekleşen gölgeli alanların belirlenmesinde önemli etkenlerdir. Avlu boyutlarının değişmesiyle birlikte avlu duvarlarında gerçekleşen ısı kayıp ve kazançları, dolayısıyla iç hacimlerde oluşan konfor koşulları da değişim gösterecektir.

Avlu formu aynı zamanda doğal havalandırmayı da destekleyen bir yapıya sahiptir. Doğal havalandırma, yapılarda havalandırma ve soğutmayı pasif şekilde sağlamanın en önemli yollarından birisidir. Mekanik sistemler kullanılmadan havalandırılan binalar kullanıcı açısından daha konforlu ve sağlıklı olmakta, ayrıca binaların enerji tüketimi önemli ölçüde azaltılmaktadır. Doğal havalandırma, özellikle sıcak nemli iklim bölgelerinde konforsuzluk yaratan yüksek nemliliği önlemek açısından çok önemlidir [5].

Sıcak nemli iklimlerde yaz boyunca günlük sıcaklık ve nem değişiminden avlulu yapıda avantaj olarak yararlanma üç aşamada gerçekleşir. İlk aşamada geceleyin avluya çekilen serin hava avlu çevresindeki odalara yayılır. Avludan atmosfere ışınlama ısı kaybı oluşur. İkinci aşama, direkt güneş ışınlamının avlu zeminini etkilediği öğle saatlerindedir. Bir kısım serin hava yükselmeye ve odaların dışına sızmaya başlar. Bu hareket odalarda konveksiyonla hava akımlarını oluşturur. Bu durumda avlu boyutlarına da bağlı olarak bir baca gibi etki eder. Üçüncü aşamada avlu zemini evin içinden daha ılıktır ve geç öğleden sonra konveksiyon akımları

oluşur. Güneşin batışı ile hava sıcaklığı hızla düşer avlu ışınlama ısı kaybeder ve serin hava avluya oradan da iç hacimlere akmaya başlar. Tüm bu süreçte; güneş ışınlama kazancı ve hava hareketlerini etkilemeleri bakımından avlunun boyutları ve hacimlerin avluya bakan ve dış duvarlarındaki pencere boyutları ve ek olarak hacimlerde tercih edilen havalandırma biçimleri hacim içi konfor koşullarını doğrudan etkilemektedir [6,7].

Bu çalışmada sıcak-nemli iklim bölgesinde avlulu bir binada; farklı avlu boyutlarının, farklı yönlerde bakan ve farklı havalandırma biçimlerinin önerildiği bir hacimde meydana gelen iç konfor koşulları üzerindeki etkisi parametrik bir yaklaşımla incelenmiştir. Oluşturulan 144 seçenekte avluya bakan hacimde oluşan operatif sıcaklık, bağıl nem ve güneş ışınlama kazancı değerleri hesaplanmıştır. Tasarım aşamasında alınacak pasif kararlar ile hacimlerdeki konfor koşullarının değişimi değerlendirilmiştir. Avluya bakan hacmin güneye yönlendirildiği durumlar için, 12 avlulu bina formunun doğal havalandırma davranışının sayısal analizi yapılarak, avlu derinliği ve havalandırma seçeneklerinin avluya bakan hacimde oluşan hava akımı hızına etkisi incelenmiştir. İç hacimde oluşan hava akım hızının, hacimde meydana gelen iç konfor koşulları üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir.



2. BİNALARDA KONFOR KOŞULLARINI ETKİLEYEN KİŞİSEL VE ÇEVRESEL DEĞİŞKENLER

İklimsel konfor; belirli bir eylem gerçekleştirmekte olan insanın, bedensel ve zihinsel performansının en az enerji sarfederek istenen düzeyde gerçekleşmesi olarak ifade edilebilir. 'İnsanın minimum miktarda enerji harcayarak çevresine uyum sağlayabildiği koşullar' iklimsel konfor durumu olarak tanımlanmıştır [8]. Binalarda konfor koşullarını etkileyen değişkenler kişisel değişkenler ve çevresel değişkenler olarak iki ana başlığa ayrılabilir.

2.1 Kişisel Değişkenler

Binalarda konfor koşullarını etkileyen kişisel değişkenler kullanıcı niteliğine ve durumuna ilişkin değişkenler ve fizyolojik değişkenler olarak ikiye ayrılır.

2.1.1 Kullanıcı niteliğine ve durumuna ilişkin değişkenler

Aktivite düzeyi, giysi türü, kullanıcının mekandaki konum ve duruş şekli, ırk, yaş ve cinsiyet kullanıcı niteliğine ve durumuna ilişkin değişkenler olarak sıralanabilir.

2.1.1.1 Aktivite düzeyi

Aktivite düzeyi, insan vücudunun yiyecekleri yakarak birim zamanda ürettiği enerji miktarını etkiler. İnsanın yaptığı eylem türü yani aktivite düzeyi, metabolizma düzeyi ile doğrudan ilişkilidir. Metabolizma düzeyi genellikle MET birimi ile ifade edilmektedir. 1 MET 58,2 W/m² değerindedir [9]. Aktivite seviyelerinin aldığı değerler eylem türüne göre değişir ve bazı farklı eylemlerin metabolik hızları Çizelge 2.1'de verilmiştir.

1 MET, oturarak dinlenen bir insanın birim vücut yüzey alanından birim zamanda üretilen enerji miktarıdır [10]. Metabolizma hızı ırk, yaş ve cinsiyet gibi değişkenlere göre kişiden kişiye değişmektedir. Genç insanlar genellikle yaşlı insanlara göre daha yüksek aktiviteye sahiptir [9]. İnsan vücudu ısı dengeye ulaşmak için, yaptığı aktiviteye bağlı olarak metabolizmanın ürettiği kadar ısı kaybetmelidir. Isıl konfor

insanın çevresiyle yaptığı ısı alışverişi miktarıyla doğrudan ilişkili olduğundan, aktivite düzeyi ısı konforu etkileyen önemli faktörlerdendir.

Çizelge 2.1 : Metabolik hızlar [9].

Aktivite	Metabolik Hız	
	W/m ²	Metabolik birim (met)
Yaslanma	46	0,8
Oturma (rahat)	58	1,0
Durgun aktivite (ofis, ev, okul, laboratuvar)	70	1,2
Ayakta durma, hafif aktivite (alışveriş, laboratuvar, hafif sanayi)	93	1,6
Ayakta durma, orta seviyede aktivite (tezgahtar, ev işi, makine işi)	116	2,0
Yer seviyesinde yürüme		
2 km/h	110	1,9
3 km/h	140	2,4
4 km/h	165	2,8
5 km/h	200	3,4

Farklı eylemlerde insan vücudu farklı miktarlarda ısı üretmektedir, bunun sonucunda aynı mekanda farklı eylemlerde bulunan insanlar için konfor koşulları farklılaşmaktadır. Aynı hava sıcaklığında oturma, koşma, yürüme ve bisiklet sürme gibi farklı eylemler gerçekleştiren kişiler farklı vücut ısılarına sahiptir ve değişen koşullar sebebiyle hissettikleri hava sıcaklığı değeri değişmektedir. Yüksek fiziksel aktivite düzeyi soğuk havalarda insanın ısınmasını sağlarken sıcak havalarda ısının insan üzerindeki etkisini artırır.

2.1.1.2 Giysi türü

Giysiler farklı ısı yalıtım dirençlerine sahiptir ve dolayısıyla insanla çevresi arasında bir yalıtım oluştururlar. Giysi türü insan ile dış çevre arasındaki ısı transferi miktarını değiştirir ve bundan dolayı ısı konfor koşulları açısından önemli kişisel değişkenlerden birisidir. Giysi, türüne göre insanı daha az veya daha çok çevresinden yalıtır ve yansıyan ısıdan koruyabilir. Günümüzde soğuk kış ayları, sporcular, nemli bölgelerde yaşayanlar ve çok soğuk bölgelerde yaşayanlar vb. için ısı konfor dikkate alınarak tasarlanmış birçok giysi mevcuttur.

Isı konfor hesaplamalarında giysilerin ısı geçirme dirençleri Clo denilen bir değerle ifade edilir. 1 Clo 0,155 m²·°C/W değerindedir [9]. Farklı tipteki giysiler farklı clo

değerlerine sahiptir ve kumaşların tipik kombinasyonları için ısı yalıtım değerleri Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.2 : Kumaşların tipik kombinasyonları için ısı yalıtım [9].

İş kıyafeti	I_{cl}		Günlük kıyafet	I_{cl}	
	Giysi birimi (clo)	$m^2 \cdot K / W$		Giysi birimi (clo)	$m^2 \cdot K / W$
Külot, tulum, çoraplar, ayakkabılar	0,70	0,110	Külot, tişört, şort, ince çoraplar, sandaletler	0,30	0,050
Külot, gömlek, tulum, çoraplar, ayakkabılar	0,80	0,125	Külot, kısa kollu gömlek, ince pantolon, ince çorap, ayakkabılar	0,50	0,080
Külot, gömlek, pantolon, iş önlüğü, çoraplar, ayakkabılar	0,90	0,140	Külot, iç etek, külotlu çorap, elbise, ayakkabılar	0,70	0,105
Kısa kollu ve bacaklı iç çamaşırı, gömlek, pantolon, ceket, çoraplar, ayakkabılar	1,00	0,155	İç çamaşırı, gömlek, pantolon, çoraplar, ayakkabılar	0,70	0,110
Uzun kollu ve bacaklı iç çamaşırı, termal ceket, çoraplar, ayakkabılar	1,20	0,185	Külot, gömlek, pantolon, ceket, çoraplar, ayakkabılar	1,00	0,155
Kısa kollu ve bacaklı iç çamaşırı, gömlek, pantolon, ceket, kalın kapitone mont ve iş önlüğü, çoraplar, ayakkabılar, şapka, eldivenler	1,40	0,220	Külot, külotlu çorap, bluz, uzun etek, ceket, ayakkabılar	1,10	0,170
Kısa kollu ve bacaklı iç çamaşırı, gömlek, pantolon, ceket, kalın kapitone mont ve iş önlüğü, çoraplar, ayakkabılar	2,00	0,310	Uzun kollu ve bacaklı iç çamaşırı, gömlek, pantolon, V yaka süveter, ceket, çoraplar, ayakkabılar	1,30	0,200
Uzun kollu ve bacaklı iç çamaşırı, termal ceket ve pantolon, kalın kapitone parka kalın kapitone iş önlüğü, çoraplar, ayakkabılar, şapka, eldivenler	2,55	0,395	Kısa kollu ve bacaklı iç çamaşırı, gömlek, pantolon, yelek, ceket, palto, çoraplar, ayakkabılar	1,50	0,230

2.1.1.3 Kullanıcının mekandaki konum ve duruş şekli

Kullanıcının mekandaki konumuna ve duruş şekline göre ısıyınım yoluyla yaptığı ısı alışverişı miktarı değişmektedir. Ortalama ısıyınımsal sıcaklık hacimdeki yüzeylerin sıcaklıklarına bağlı olduğu gibi insanların o yüzeylere göre konumlandırılışı durumuna da bağlıdır. Bundan dolayı kullanıcının mekandaki konumu iklimsel konforu etkileyen önemli etkenlerden birisidir.

2.1.2 Fizyolojik değişkenler

Fizyolojik değişkenler, ortalama vücut sıcaklığı, deri sıcaklığı, terleme miktarı ve kalp atışı, görölür terleme ve ısı duyu veya hissediş gibi değişkenler olarak ele alınmaktadır [5].

2.2 Çevresel Değişkenler

Binalarda konfor koşullarını etkileyen çevresel değişkenler dış iklim elemanları ve iç iklim elemanları alt başlıklarında sıralanabilir.

2.2.1 Dış iklim elemanları

Dış iklim elemanları dış çevredeki iklim durumunu belirler ve binalardaki konfor koşulları çevredeki iklime göre değişiklik gösterir. Dış iklim koşulları bölgelere göre farklılık gösterir ve binalar tasarlanırken bulunduğu bölgenin dış iklim elemanlarını göz önüne alarak konfor koşullarının pasif olarak iyileştirilmesi sağlanabilir.

Binalarda konfor koşullarını etkileyen dış iklime bağlı değişkenler güneş ısıyınımı, dış hava sıcaklığı, dış hava nemi ve dış hava hareketi olarak ele alınabilir.

2.2.1.1 Güneş ısıyınımı

Güneş ısıyınımı çevrenin fiziksel ve biyolojik unsurlarının sıcaklıklarını arttırarak sıcaklık değişimlerini meydana getirir. Sıcaklık değişimlerinin hava sıcaklığı ve hava hareketlerinin oluşumunda etkisi vardır. Atmosfer içinde ise güneş ısıyınımı değerine etki eden çeşitli faktörler bulunmaktadır. Güneş ışınları atmosfere girdikten sonra değişimlere uğrayarak direkt, yaygın ve yansımış olmak üzere 3 ayrı bileşene ayrılır.

- Direkt güneş ısıyınımı: Doğrultusu değişmeden atmosferden geçen, yatay düzleme ve bina kabuğunun özelliklerine bağlı olarak bina iç ortamına ulaşan kısa dalga ısıyınımıdır.

- Yaygın ışınlm; Toz parçacıkları, su ve hava molekülleri tarafından yansıtılan, doğrultusu belirli olmadan yapı yüzeylerine ulaşan ışınlmdır.
- Yansımış güneş ışınlmı; evre yüzeylerden ve çoğunlukla yery zeyinden yansıtılarak, yapı yüzeylerine ulaşan ışınlmdır.

Yüzeyle ulaşan direkt güneş ışınlmının değişimi konum, zaman ve yöne bağlıdır. Yeryüzüne ulaşan güneş ışınlm şiddetinin değişimi ise atmosfer koşulları, güneş sabiti, bulunulan yerin deniz yüzeyinden olan yüksekliği, güneşin yükseliş açısı, güneşin azimut açısı ve güneşin geliş açısına bağlıdır.

Yükseliş açısı (β): Güneş ışınlmı ile güneş ışınlmının yatay düzlem üzerindeki izdüşümü arasındaki aıdır.

Azimut açısı (Σ): Yatay düzlemde ölçülen, güneş ışınlmının yatay düzlemdeki izdüşümünün güneyden veya kuzeyden yaptığı sapma açısıdır

Cephe azimut açısı (γ): Güneş ışınlmının yatay düzlemdeki izdüşümü ile cephenin normalinin aynı düzlem üzerindeki izdüşümü arasında kalan aıdır.

Bölgenin enlemine ve zamana göre güneşin yükseliş açısı değişim göstermektedir.

Güneş ışınlmının direk bileşeni doğrusal olduğundan, farklı yönlere bakan yüzeylerde güneş ışınlmı şiddeti de değişiklik gösterecektir. Bundan dolayı binaların güneş ışınlmından kazandığı ısı miktarı, binanın cephesinin baktığı yöne göre değişiklik göstermektedir ve binada iç mekanda oluşan iklimsel konforu etkileyen önemli bir değişkendir. Kullanıcılar pencerelere yakın olduğunda güneş ışınlmı memnuniyetsizliğe sebep olabilir [11]. Mimarlık çalışmalarında ve bilimsel araştırmalarda en az 10 yıllık güneş ışınlmı değerlerinin kullanılması önerilmektedir.

2.2.1.2 Dış hava sıcaklığı

Dış hava sıcaklığı; güneşin geliş açısı, mevsim, gün içindeki saat, yükseklik ve topoğrafik yapı gibi etkenlere bağlı olarak değişmekte ve kuru termometre ile ölçülmektedir. Aynı güneş geliş açısına sahip yani aynı enleme sahip yerleşim alanlarında diğer atmosfer koşullarının ve coğrafı, topoğrafik koşulların farklı olması sebebiyle yıllık sıcaklık ortalamaları farklılık göstermektedir [12].

Atmosfer koşulları günlük hava sıcaklığı değişimini etkilemektedir. Işınım şiddetinin fazla olduğu açık atmosfer koşullarında günlük sıcaklık değişimi yüksek olurken,

bulutlar ışı nım kaçmasını önledikleri için kapalı atmosfer koşullarında günlük sıcaklık değ işimi daha az olmaktadır. Bilimsel araştırmalarda 10 yıllık meteorolojik verilerden alınan ortalama dış hava sıcaklığı değ erleri kullanılmaktadır.

2.2.1.3 Dış hava nemliliği

Yeryüzündeki su kaynaklarının buharlaşması sonucunda havaya karış an su miktarının buhar bası ncı veya oran olarak ifade edilmesi, dış hava nemliliği olarak tanımlanabilir.

Kuru ve yaş termometre sıcaklığı, hava sıcaklığı ve bağı l nemlilik, buhar bası ncı ve ç iğ noktası havadaki su buharı miktarını etkileyen faktörlerdir [13].

Bağı l nem doymuş buhar bası ncına bağı l olarak değ işmektedir. Hava sıcaklığının artması ile bağı l nemlilik düşerken doymuş buhar bası ncı artar.

Dış hava nemliliği yağış miktarını ve buharlaşmayı etkilemenin yanı sıra iç mekan konfor koşullarını da doğı l havalandırma sonucu dış havanın iç mekana girerek iç havanın özelliklerini değ iş tirmesiyle etkiler. İç mekana giren su buharı havanın bağı l neminde artma ve sıcaklığında azalmaya neden olur [14].

Dış hava neminin hacimdeki bağı l nem üzerindeki etkisi kullanıcı yoğunluğu ve pencere tipi gibi değ işkenlerden daha fazla olabilmektedir. Doğı l havalandırma yapılan binalarda dış hava neminin etkisi ile değ iş en iç hava neminin konfora etkisi mekanik havalandırma yapılan binalara göre daha fazla olmaktadır [15].

Binalar ve yerleşmeler bulundukları bölgelerin iklimsel özelliklerine göre nemden faydalanacak veya nemden korunacak şekilde tasarlanmalıdır. Mimarlık çalışmalarında ve bilimsel araştırmalarda en az 10 yıllık ortalama bağı l nem değ erleri kullanılmaktadır.

2.2.1.4 Dış hava hareketi

Rüzgar, yüksek basınç alanlarından düşük basınç alanlarına doğı ru hareket eden yatay yönlü hava akımlarının sonucu meydana gelir. Havadaki sıcaklık farkları yoğunluk farklarına, hava kütleleri arasındaki yoğunluk farkları da atmosferik basınç farklarına neden olur. Basınç bölgelerinin yeri hava akımlarının yönünü belirlerken, basınç farkı miktarları da hava akımlarının hızını belirlemektedir.

Hakim rüzgar, ısı kazanç ve kayıplarını etkileyen böylelikle konfor koşullarını belirleyen bir etkidir. Hakim rüzgar yönü ve şiddeti, binalar ve yerleşmeler tasarlanırken dikkate alınması gereken önemli faktörlerdendir. Hava hızı kullanıcının ısı konforunu etkileyen 6 ana faktörden birisidir [16]. Hava hızı insan vücudunun hem konvektif hem de evaporatif ısı kayıplarını etkilediğinden ısı konfor koşullarını etkiler [17,18]. Hissedilen sıcaklık değeri rüzgar hızı arttıkça hızlı bir şekilde düşmektedir.

Rüzgarın hızına bağlı olarak birim zamanda yapı kabuğundan içeri giren hava miktarı değişiklik gösterir. İçeri giren hava miktarı arttığında, mekanın hava değişimi sayısı ve iç hava hızı artmaktadır. Ayrıca, dış havanın iç mekan havasıyla karışım oranı büyümekte ve iç hava sıcaklığı ve nemi dış hava koşullarına yaklaşmaktadır. Rüzgar analizleri 30 yıllık rüzgar ölçümlerinden yararlanılarak yapılmakta, bilimsel araştırmalarda en az 20 yıllık ortalama rüzgar verilerine ihtiyaç duyulmaktadır.

2.2.2 İç iklim elemanları

İç mekan konfor koşulları, iç iklimsel koşulların kullanıcıyı konforda hissettirdiği aralıkta olması sonucunda sağlandığı için iç iklime bağlı değişkenler tasarım aşamasında göz önünde bulundurulmalıdır.

Binalarda konfor koşullarını etkileyen iç iklime bağlı değişkenler;

- ortalama ışımsal sıcaklık,
- iç hava sıcaklığı,
- iç hava nemi,
- iç hava hareketi ve
- operatif sıcaklık

olarak ele alınabilir.

2.2.2.1 Ortalama ışımsal sıcaklık

Güneş ışıının etkisi açık mekanlarda önem kazanırken, mekanı çevreleyen yüzeylerin sıcaklıklarının etkisi ile oluşan ısı ışıınım kapalı mekanlarda önem kazanmaktadır. İç hava sıcaklığının oluşmasında, mekanı çevreleyen yüzeyler ile iç mekan arasında ışıınım yoluyla ısı alışverişi olduğundan iç yüzey sıcaklıkları, iklimsel konforu etkileyen önemli bir değişkendir [19].

Ortalama ışımsal sıcaklık, çevre yüzeyler ile insan arasındaki ısısal ışıma (radyasyon) yoluyla oluşan ısı transferini belirler ve çevre yüzeylerin sıcaklıklarının birleşik etkisini ifade eder [20]. Ortalama ışımsal sıcaklık denklem 2.1 yardımı ile hesaplanmaktadır [19].

$$t_r = t_1 F_{(p-1)} + t_2 F_{(p-2)} + \dots + t_n F_{(p-n)} \quad (2.1)$$

t_r : n adet yüzeyi olan bir mekanda P noktasında bulunan insan için ortalama ışımsal sıcaklık, °C

$t_1 \dots t_2$: yüzeylerin sıcaklıkları, °C

$F_{(p-1)} \dots F_{(p-2)}$: yüzeylerle insan arasındaki açı faktörleri

İnsanın mekandaki konumu, duruş biçimi, çevre yüzeylerin sıcaklığı ortalama ışımsal sıcaklığı etkileyen değişkenlerdir. Aynı mekanın farklı noktalarında farklı ortalama ışımsal sıcaklık değerleri elde edilecektir.

2.2.2.2 İç hava sıcaklığı

İç hava sıcaklığı, kuru termometre ile ölçülen iç ortamın sıcaklığıdır ve insan ile çevresi arasında taşınım yoluyla gerçekleşen ısı alışverişi miktarını önemli ölçüde etkiler. Vücut yüzey sıcaklığı ile iç hava sıcaklığı arasındaki denge kuruluncaya kadar insan ile çevresindeki ısı taşınımı devam eder. Kurulan denge sonucu sağlanan vücut yüzey sıcaklığı, insanın iklimsel olarak konforunda olup olmadığını belirleyen en önemli değişkenlerden birisidir.

İç hava sıcaklığı, iç mekan çevre kalitesini ve kullanıcı performansını etkileyen ısıl çevrenin önemli göstergelerdendir [21]. İç hava sıcaklığı konveksiyon yolu ile ısı dağılımını belirlediği için en önemli çevresel faktörlerdendir [22].

2.2.2.3 İç hava nemi

İç hava nemi, kullanıcının cildinden su buharı difüzyonu ile cildin yüzeyinden terin buharlaşması ile ve solunum ile vücuttan kaybedilen ısı miktarını etkileyen önemli bir değişkendir. Bağıl nem ısıl konfor koşullarını etkileyen önemli ısıl çevre parametrelerindendir [23]. Nemliliğin ısıl konfora etkisi hava sıcaklığı konfor aralığında olduğunda en düşük seviyededir [24].

Sıcak havalarda bulunan mekanda nem oranı arttıkça, kullanıcının vücut ısısını sabit tutmak için terlemeyle ısı kaybetmesine engel olacaktır. Havadaki nem oranının

insan vücudunun terleyerek ısınıpını düşürmesine engel olmaya başlamasıyla kullanıcı fiziksel olarak rahatsızlık hissetmeye başlayacaktır. İç hava nemi kontrol altına alınması gereken önemli bir iklim elemanıdır.

%30 ile %65 arasındaki nem oranlarının konfor koşullarına çok fazla etkisi yoktur. Yüksek nem oranları cilt yüzeyinden buharlaşmayı ve solunumu kısıtlar ve böylece yayılma mekanizmasını kontrol eder, çok düşük nem oranları ise mukoza zarlarının (ağız, boğaz) ve aynı anda cildin kurumasına yol açarak, rahatsızlığa sebep olur [22].

2.2.2.4 İç hava hareketi

İç hava hareketi, vücuttan buharlaşma ve taşınım ile ısı kaybedilmesinde etkili olduğu için kullanıcıların konfor koşullarını değiştiren önemli bir etkidir. Hava hareketinin hızı da vücut yüzeyi ile hava arasındaki ısı taşınım katsayısını etkilediğinden, insanla çevresi arasında oluşan ısı geçişi miktarını etkilemektedir [20].

İç mekanlarda yüksek hava akım hızı, hava sıcaklığı düşük olduğunda kullanıcıların üşmesine, hava sıcaklığı yüksek olduğunda ise kullanıcıların serinlemesine sebep olmaktadır. Soğuk havalarda hava akım hızı 0,3 - 0,5 m/s aralığının üstüne çıktığı durumlarda, kullanıcıları üşüteceğinden ısı stresi meydana getirecektir [25,26].

Sıcak ve nemli iklimlerde, iç mekan hava hızı arttıkça, kullanıcıların kendilerini konforunda hissettikleri maksimum iç mekan hava sıcaklığı da artmaktadır [27]. Bu durum doğal havalandırma yapabilen binalar için oldukça önemlidir çünkü doğal havalandırma yapılan binalarda genellikle yüksek iç hava akım hızları ve yüksek iç hava sıcaklıkları vardır [28].

Yaz mevsiminde doğal havalandırma soğutma enerjisi tüketimini azaltmaya yardımcı olur. Kış mevsiminde ise yüksek iç hava akım hızları olumsuz bir etki oluşturarak daha yüksek ısıtma enerjisi tüketimine sebep olur. Bu etkileri kontrol altında tutmak için 2 hava akım hızı limiti vardır; yaz mevsiminde en yüksek 0,9 m/s, kış mevsiminde en düşük 0,15 m/s olmalıdır [29].

Hacim içerisindeki iç hava hareketi hızı değiştikçe kullanıcı üzerindeki etkileri de değişmektedir. Farklı hava hareketi hızlarının kullanıcı üzerinde oluşturduğu öznel etkiler aşağıda verilmiştir.

<0.1 m/s havasız oda

0.1 ile 0.2 m/s arası fark edilmez

0.2 ile 0.5 m/s arası rahat

0.5 ile 1 m/s arası fark edilir

1 ile 1.5 m/s arası hava akımlı(cereyanlı)

>1.5 m/s rahatsız edici

İç hava sıcaklığı çok yükseldiğinde iç mekanda 2 m/s değerine çıkan hava hareketi hızları ısı konfor açısından kabul edilebilir [22]. Fakat, iç ortam hava hareketi hızı 0,8 m/s değerini geçtiğinde mekanda kağıtların uçuşması gibi istenmeyen durumlar ortaya çıkmaktadır. Konfor koşulları düzensiz hava akımı ve türbülans olumsuz etkilenir.

2.2.2.5 Operatif sıcaklık

Operatif sıcaklık insan bedeninin ısı konforunu belirleyen temel sıcaklıktır. Kuru termometre hava sıcaklığı, çevre yüzeylerinin ortalama ışıınım sıcaklığı, hava hızı, insanın giysi ve aktivite düzeyi gibi değişkenleri bünyesinde bulundurmaktadır [30,31]. Hem hava sıcaklığını hem de ortalama ışıınımsal sıcaklığı temsil eden operatif sıcaklık, iç mekan iklimsel konfor koşulları hesaplanırken kullanıcının ısı kaybını basit bir şekilde ölçmede kullanılabildiği gibi konfor sıcaklığının limitlerini belirlemek için de kullanılır [32-34]. Isıl çevre için en önemli kriter operatif sıcaklıktır [35].

Isıl konfor “ISO 7730 - Isıl Çevre Ergonomisi” ve “ASHRAE 55 – İnsanların Kullandığı Mekânlar İçin Isıl Çevre Şartları” standartlarında, operatif sıcaklık kullanılarak tanımlanmaktadır [30,36].

Operatif sıcaklık hesaplanırken, özellikle bina cephesine gelen güneş ışıınımı değerleri yüksek olduğu ve iç mekan ısı konfor koşullarının sıcaklık ve nem açısından sağlamadığı durumlarda ortalama ışıınımsal sıcaklığın etkisi çok önemli olmaktadır [37]. Operatif sıcaklık, ortalama ışıınımsal sıcaklıktan etkilendiği için kullanıcının mekan içerisindeki konumuna bağlı olarak değişir. Ayrıca operatif sıcaklık, dış iklim koşullarına göre değişen iç yüzey sıcaklıklarından etkilendiği için gün içerisindeki zamana göre değişiklik gösterir [33].

Operatif sıcaklık, sayısal olarak, konveksiyon ve radyasyon katsayılarıyla birlikte hava sıcaklığı ve ortalama ışıınımsal sıcaklığının ağırlıklı ortalaması şeklinde hesaplanmaktadır (2.2) [38].

$$t_o = \frac{(h_c \cdot t_a + h_r \cdot t_r)}{(h_c + h_r)} \quad (2.2)$$

t_o : operatif sıcaklık, °C

t_a : hava sıcaklığı, °C

t_r : ortalama ışıınımsal sıcaklık, °C

h_c : taşıınımla ısı transferi katsayısı, W/m².°C

h_r : ısısal ışıınımla ısı transferi katsayısı, W/m².°C

Aynı zamanda kabul edilebilir ve oldukça doğru test sonuçları veren basitleştirilmiş operatif sıcaklık hesaplaması vardır. Özellikle direkt güneş ışığına ve 0,2 m/s'den büyük hava hızlarına maruz kalmayan ve fiziksel aktivitesi dinlenme seviyesinde (1.0 – 1.3 met arası) olan kullanıcılar için bu ilişki aşağıdaki gibi ifade edilebilir (2.3) [10,36].

$$t_o = \frac{t_a + t_r}{2} \quad (2.3)$$



3. BİNALARDA KONFOR KOŞULLARINI ETKİLEYEN TASARIM DEĞİŞKENLERİ

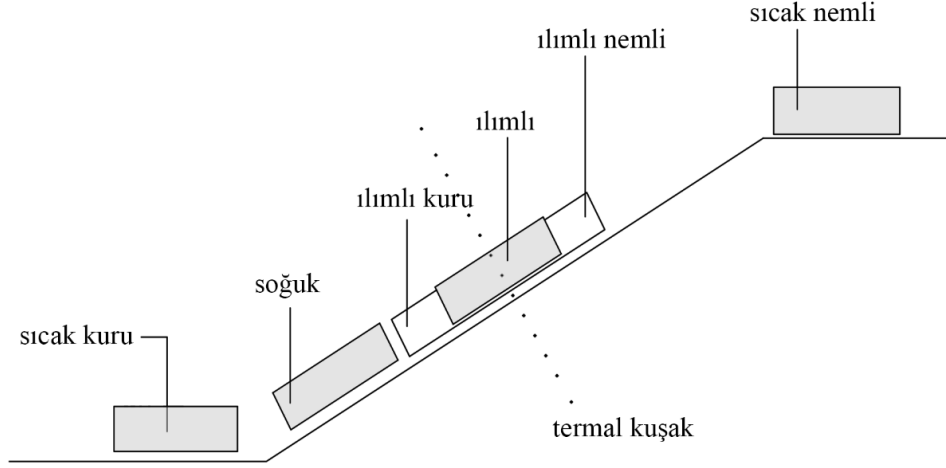
Binaya ilişkin değişkenler dış iklim koşullarının iç iklimsel konfor üzerindeki etkilerini değiştirirler. Bundan dolayı bu değişkenlerin binalardaki konfor koşulları, binanın ısıtma, soğutma ve aydınlatma yükleri üzerinde önemli etkileri vardır. Binanın yeri, bina aralıkları, bina formu, binanın yönlendiriliş durumu, bina kabuğu, dış hava hareketi ve bina ilişkisi binalarda konfor koşullarını etkileyen binaya ait değişkenlerdir.

3.1 Binanın Yeri

Binanın yeri, iklim ve hava akımlarının kontrolünde etkili olan bir değişkendir. Arazinin eğimi, baktığı yön, konumu ve güneş ışıınımı yansıtma özelliği (örtüsü) bu değişkeni etkileyen alt değişkenlerdir. Topoğrafik yapının bu değişkenleri iklim elemanlarının binalar üzerindeki etkilerinin ve sürelerinin değişmesine neden olmaktadır. Binaların güneş ışıınımı kazançları ve rüzgardan yararlanma değerleri binanın arazi içindeki yerine göre değişmektedir. Bu değişkenlerin uygun değerleri bölgesel iklim koşullarına ve kullanıcıların iklimsel konfor ihtiyaçlarına göre belirlenir ve yerleşmeler için uygun olan bölgeleri tanımlarlar. Binanın yeri, enerji harcamalarını etkileyen dış hava sıcaklığı, hava hareketi, güneş ışıınımı ve nem gibi iklimsel elemanları etkilediği gibi, binanın enerji etkinliğinde önemli olan mikro klima koşullarını da değiştirmektedir [1].

İklimsel koşullar açısından uygun olarak yapılan yerleşme seçimi sayesinde; binanın yapma ısıtma ve soğutma ihtiyaçları azaltılabilir ve bunun sonucunda binanın enerji harcamaları azaltılır ve hava kirliliği önlenir. Ayrıca arazi kullanımına bağlı olarak sağlıklı ve konforlu açık mekanlar oluşturulabilir ve insan sağlığını olumsuz etkilemeden maksimum bina yoğunluğu sağlanabilir [39].

Eğimli arazilerde bina yerleşimini iklim ve bina tipi etkiler. Binalar için güneye doğru eğimlendirilmiş kavramsal bir arazide iklim bölgelerine uygun yerleşim şeması Şekil 3.1’de gösterilmektedir.



Şekil 3.1 : İklim bölgelerine göre yerey parçasının konumu [39].

Soğuk iklimlerde güneş ışıınımı kazancını maksimuma çıkaran ve yüksek kotlardaki kuzey rüzgarlarından korunmayı sağlayan güneşe bakan yamaçların alt kısımlarına yerleşmek uygundur.

Sıcak ve kuru iklimlerde, güneş ışıınımını dik açıyla almamak, sıcak rüzgarlardan korunmak ve serin havalardan faydalanmak için vadi tabanlarına yerleşilmelidir. Böylelikle vadi tabanlarındaki göl ve nehirlerin yardımıyla nem kazancı da artırılabilir.

Ilımlı iklim bölgelerinde binalar güneş ışıınımından maksimum kazanç elde etmek için güneşe bakan ve termal kuşak olarak adlandırılan yamaçın orta kısımlarına yerleştirilmelidir. Ilımlı-nemli iklim bölgelerinde, yaz aylarında nemliliğin yarattığı konforsuzluğu dağıtmak için rüzgara ihtiyaç duyulur. Bundan dolayı termal kuşağın üst noktaları ılımlı nemli iklim bölgeleri için en uygun yerleşme noktalarıdır. Ilımlı-kuru iklim bölgelerinde ise neme ihtiyaç duyulduğundan rüzgardan korunma gereksinimi vardır. Bu nedenle termal kuşağın alt noktaları ılımlı-kuru iklim bölgeleri için en uygun yerleşme noktalarıdır.

Sıcak nemli iklim bölgelerinde ise yine güneş ışıınımını dik açıyla almamak ve üst kotlardaki rüzgarlardan maksimum yararlanarak nemi dağıtmak için tepelere yerleşilmelidir.

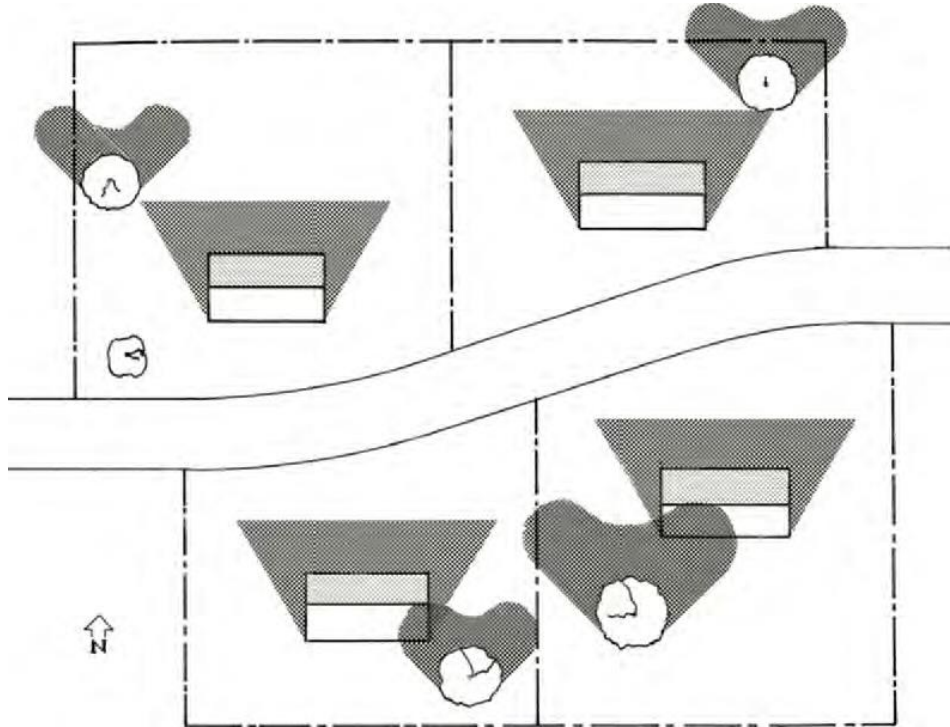
3.2 Bina Aralıkları

Binaların aralarındaki uzaklıklar (aralıklar), binaların yükseklikleri ve birbirlerine göre konumları, binayı etkileyen dış iklim elemanlarından güneş ışıınımı ve hava

hareketi hızını etkileyen önemli faktörlerdendir. Güneş ışıını ve hava hareketi hızı, bina aralıklarının ısıtma ve iklimlendirme enerjisi açısından değerlendirilmesinde etkilidir. Binalar konumlandırılırken, birbirlerinin güneş ışıını kazançlarını ve faydalı hava hareketi hızlarını engellememeleri enerji korunumu açısından önemlidir.

Bina aralıkları güneş ışıını açısından belirlenirken, binanın bulunduğu bölgenin iklimsel şartlarına göre güneş ışıınından faydalanma veya korunmadan hangisinin öncelikli olduğu incelenmelidir. Binalar arasındaki mesafeler, güneş ışıının ısıtıcı etkisinden pasif ısıtma ve iklimlendirme yolu ile yararlanma veya kaçınma gereksiniminin bir sonucudur. Binaların gölgelerinin uzunluğu güneşin profil açısının aylara ve günün saatlerine göre değişmesiyle değişmekte ve günün bazı saatlerinde bina cephelerinde gölgeli alanlar oluşmaktadır.

Profil açısı; güneş ışıının binanın ele alınan cephesine dik olarak geçirilen kesit düzlemi üzerindeki izdüşümü ile yatay düzlem arasındaki açı olup, binaların oluşturduğu gölgeli alanların derinliklerinin hesaplandığı gölge analizlerinde kullanılmaktadır. Gölge analizleri yardımı ile, enerji korunumu açısından, binaların birbirlerine göre gölgede kalma, güneş ışıını alma ve gün ışığından yararlanma miktarını hesaplayabilmek olanaklıdır. Şekil 3.2’de binaların birbirine göre konumları ile gölgeli alan oluşturma durumları gösterilmektedir.



Şekil 3.2 : Binaların konumlarına göre gölgeli alan oluşumu [40].

Binaların, güneş ışınlamından korunmanın öncelikli olduğu iklim bölgelerinde birbirlerine gölge düşürecek şekilde konumlandırılmaları önemlidir. Bu nedenle güneş ışınlamından korunmanın ve gölgeli alan gereksiniminin öncelikli olduğu sıcak iklimlerde, sık ve yoğun bina yerleşmeleri ve dar sokaklar tasarımıda kullanılan en önemli stratejilerdendir.

Türkiye’de sıcak-kuru iklim bölgesindeki geleneksel mimari örneklerinde sıcak iklimden korunmak için çeşitli önlemler alındığı gözlenmektedir. İncelenen örneklerde en sık rastlanan stratejiler, yüksek avlu duvarları ile çevrilen evler ve dar sokaklardır. Bu sayede gün boyunca gölge etkisinden yararlanılmaktadır [5,41].

Binaların, güneş ışınlamı kazancının öncelikli olduğu iklim bölgelerinde ise güneş ışınlamından maksimum fayda sağlanmak istendiğinde, bina aralıkları en az komşu binaların ve diğer engellerin en uzun gölge boyu kadar olmalıdır. Gün boyunca güneşin geliş açısına bağlı olarak engellerin oluşturacağı gölgelenmiş alanların boyutları değişecektir [39].

Binanın güneş ışınlamından kazandığı ısı miktarının bir fonksiyonu olan iç hava sıcaklığı ve ortalama ışınlamsal sıcaklık gibi iç iklim elemanlarının değerleri, cepheleri hiç gölgeli alana sahip olmayan binalarda cepheleri gölgelenen binalara göre çok daha yüksektir [20]. Ele alınan binanın cephesi çevresindeki engeller nedeniyle gölge altında kalıyorsa bu durumda güneş ışınlamından ısı kazancı söz konusu değildir.

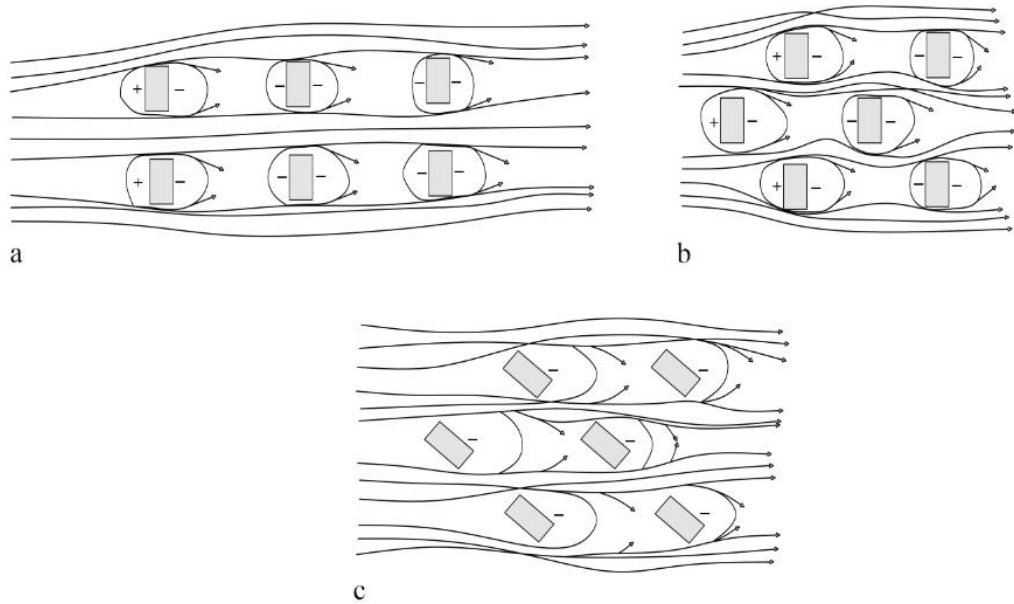
Bina aralıkları hava hareketi açısından belirlenirken, bölgenin iklimsel özelliklerine bağlı olarak hakim rüzgardan faydalanmak veya korunmak öncelikli olabilir. Isıtmanın istendiği dönemin hakim olduğu özellikle nemli iklim bölgelerinde rüzgardan korunmak, ısıtmanın istenmediği dönemin hakim olduğu iklim bölgelerinde ise rüzgardan faydalanmak önceliklidir. Bina cephesini etkileyen rüzgarın hızı hakim rüzgar doğrultusundaki bina aralıklarına göre değişiklik gösterir. Bu nedenle bina aralıklarının hakim rüzgar doğrultusundaki değişimi, iç iklimsel konfor koşullarının sağlanması için gerekli olan dış tasarım rüzgar hızına bağlı olarak düzenlenmelidir.

Bina gruplarından oluşan yerleşim birimlerinde, yerleşimin karakteri (binaların konumları, biçimlenişleri, yoğunluğu) ve hava akımına göre yönlendirilmesi, hava akımı üzerinde farklı etkiler yapmaktadır. Binalar bulundukları bölgenin hakim rüzgar

yönüne göre dar veya geniş açıklıklar bırakacak şekilde konumlandırılarak, açık mekanlarda ve bina cephelerinde oluşacak rüzgar hızını arttırarak veya azaltarak rüzgarı kontrol altına alabilirler [42].

Yakın çevredeki yapıların biçim-konum ve ölçüleri, yerleşim birimlerinde ele alınacak bina yüzeyindeki hava akımını önemli şekilde değiştirmektedir [43-46]. Bina yüzeyinin rüzgarı alış açısı, yüzeyi etkileyen dinamik ve statik basıncın şiddetine bağlı olarak değişir [47].

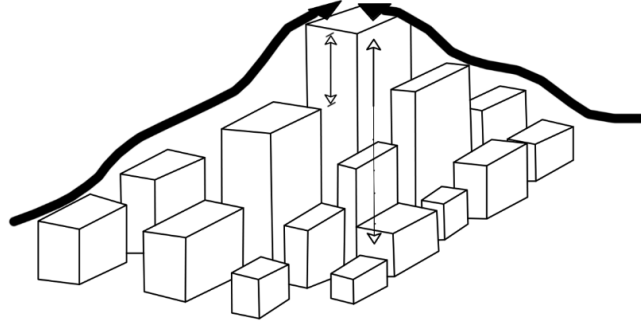
Dağınık yerleşmelerdeki binaların, sıkışık yerleşmelerdeki binalara göre doğal havalandırmadan yararlanma ihtimali daha yüksektir. Dağınık dokudaki yerleşmelerde rüzgar daha az engellenmektedir. Şekil 3.3'te bina gruplarının rüzgarın geliş yönüne göre ve yerleşme karakteristikleriyle hava akımına etkileri gösterilmektedir. Bina grupları hava akımı yönünde yoğun olarak ve birbirlerini engelleyecek şekilde yerleştirildiğinde istenmeyen rüzgar gölgeleri oluşabilir (Şekil 3.3-a). Yapılar dağınık yerleştirilerek veya hava akımına göre diyagonal konumlandırılarak istenmeyen bu durumun oluşması engellenebilir (Şekil 3.3-b,c). Binalar birbirlerine göre farklı konumlandırılarak hava akımının yönü ve hızı değiştirilebilir.



Şekil 3.3 : Bina grupları yerleşiminin hava akımına etkisi [48].

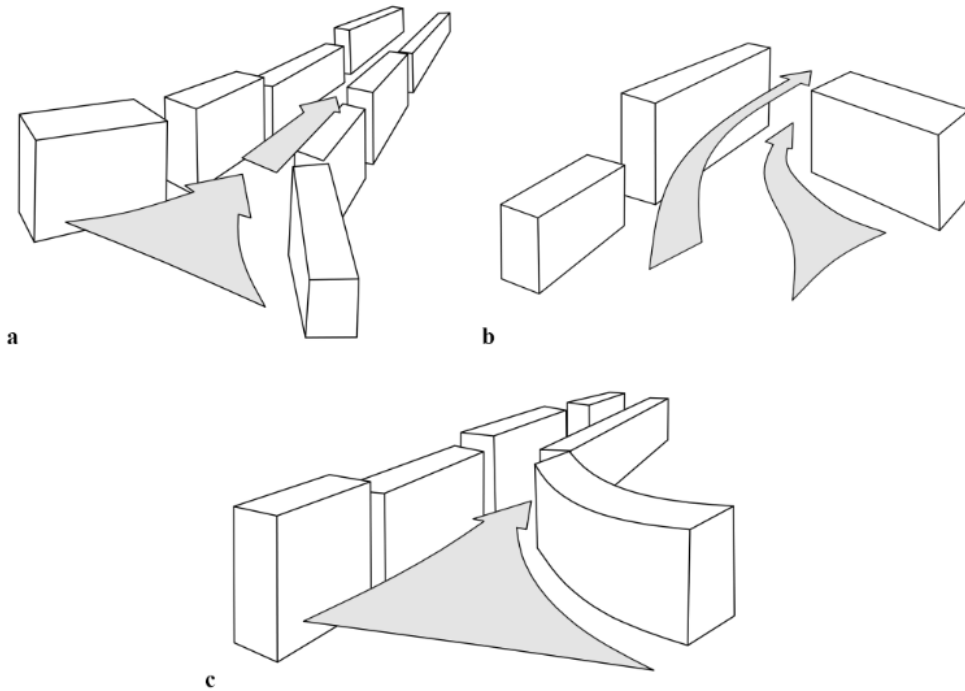
Binanın bulunduğu çevrede binalar çok yoğun ve düzensiz olduğunda, binanın engel oluşturan binalardan daha yüksek tasarlanması rüzgardan daha çok faydalanmasını sağlamaktadır. Bina grupları yerleşme ölçeğinde yığın halinde toplu biçimde

basamaklandırılarak konumlandırıldığında kümülatif etki oluşmakta ve hava akımı da önemli ölçüde artmaktadır (Şekil 3.4) [49].



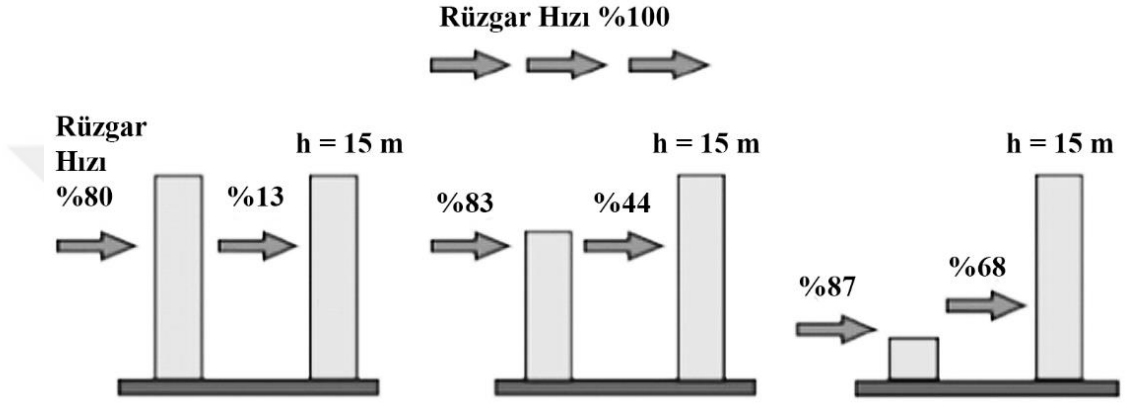
Şekil 3.4 : Bina gruplarında kümülatif etki.

Binaların kent dokusu içerisinde kanal veya koridor meydana getirecek şekilde konumlanışları sonucunda Venturi etkisi ile o bölgelerde hava akımı hızında artışlar oluşabilecektir. Binalar, birbirlerine paralel olarak kanal biçiminde sıralandığında ve bazı ters rüzgar koşulları oluştuğunda bu alanda kanal etkisi oluşur ve konforsuzluk meydana gelir. İki veya daha çok bina keskin açılarla ve arada boğaz oluşacak şekilde bir araya geldiğinde boğaz kısmında huni etkisi oluşur. Genellikle 8-10 katlı binalar konforsuzluğun %30 artmasına, 18 katlı binalar ise %60 artmasına sebep olur [49]. Şekil 3.5 a, b ve c’de oluşan yüksek rüzgar hızları sonucunda, bu alandaki yayalarda rahatsızlıklar meydana gelmektedir.

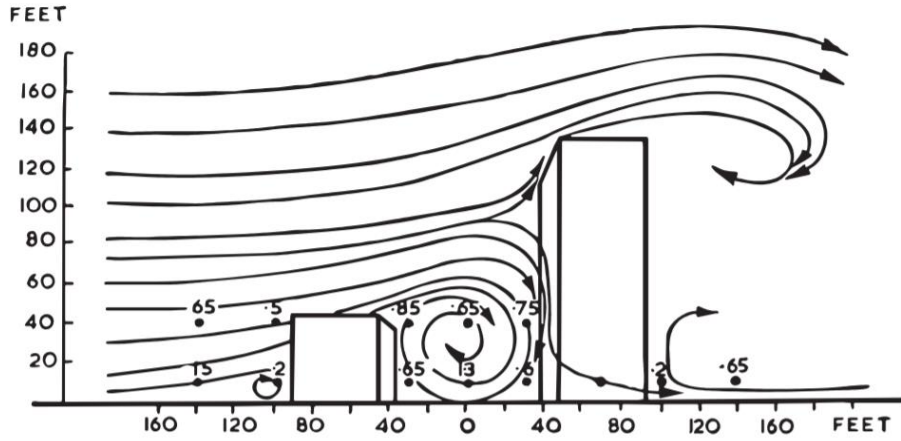


Şekil 3.5 : Bina yerleştirilmesinde kanal (a), huni (b) ve Venturi (c) etkisi [50].

Farklı yükseklikteki bina grupları arasındaki ilişki bina yüksekliklerine göre değişiklik göstermektedir. Bina gruplarında rüzgar önü bölgede bulunan binanın yüksekliğine bağlı olarak binaların çevresinde oluşan hava akımı Şekil 3.6’da gösterilmektedir. Çok katlı binaların hava akımı yönüne daha az katlı bina yerleştirildiğinde, çok katlı binaların etek girdapları ile, diğer binanın oluşturduğu küçük girdaplar birleşerek büyük girdaplar oluşabilir ve kritik alanlar ortaya çıkabilir [51]. Şekil 3.7’de yüksek bina ve bu binanın rüzgar önü bölgesine yerleştirilen daha alçak binanın çevresinde oluşan hava akımı gösterilmektedir.

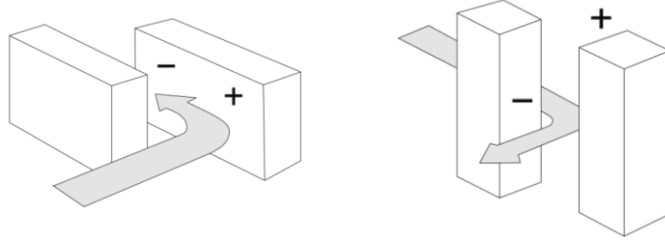


Şekil 3.6 : Bina yüksekliği ile binaların çevresinde oluşan hava akımı ilişkisi [52].



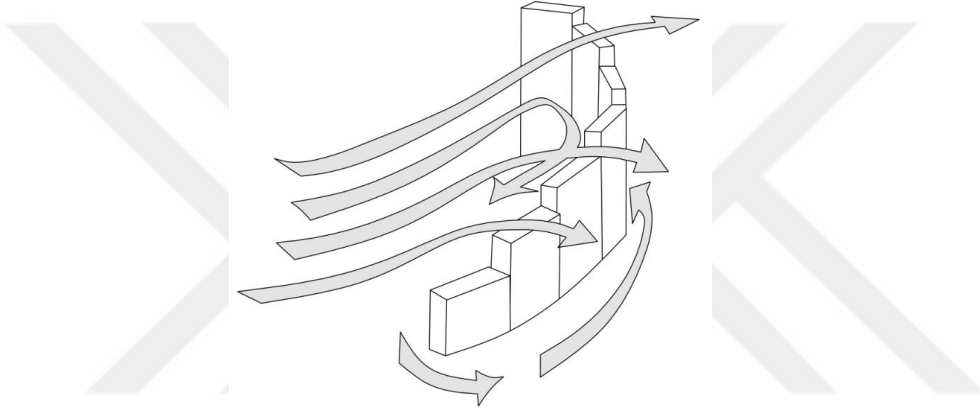
Şekil 3.7 : Yüksek katlı bina ve onun rüzgar önü bölgesinde alçak katlı bina arasında oluşan hava akımı [46].

Komşu binalar birbirlerinin rüzgarına engel olabilecekleri gibi, formlarına ve birbirlerine göre konumlarına bağlı olarak cephelerinde oluşan rüzgar etkisinin artmasına da neden olabilirler. Bu durum yapı adalarında istenmeyen rüzgar yönü değişimlerine de yol açabilmektedir. Ölçeğe ve binaların birbirlerine göre uzaklıklarına bağlı olarak farklı konforsuzluk seviyeleri meydana gelir [49] (Şekil 3.8 a-b).



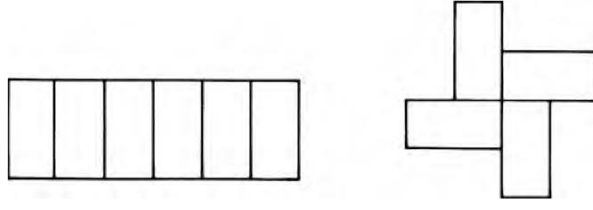
Şekil 3.8 : Çapraz yapı etkisi (a-b).

Bina grupları yükseklikleri giderek artan şekilde gruplandırıldığında, rüzgara açık cepheleri olan binaların rüzgar altı bölgelerinde farklı basınç bölgeleri oluşur. Farklı binaların arka kısımlarında alçak basınç bölgeleri farklılaşması ile basamak etkisi oluşur (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 : Basamak etkisi [50].

- Rüzgarın soğutucu etkisinden faydalanmanın öncelikli olduğu sıcak-nemli iklim bölgelerinde, binaların birbirini engellemeyecek şekilde yerleştirilmesiyle rüzgardan maksimum düzeyde yararlanılabilir. Sıcak nemli iklim bölgelerinde, seyrek yerleştirilen binalarla oluşturulan yerleşim dokusunda binaların rüzgardan maksimum yararlanması sağlanmalıdır. Seyrek dokuda binaların güneşin olumsuz etkilerinden korunma sağlanması da düşünülmelidir ve bu iki değişken için optimum durum oluşturulmalıdır [54,55].
- Rüzgarın soğutucu etkisinden korunmanın öncelikli olduğu soğuk iklimlerde ise binaların dış duvar alanını, dolayısıyla ısı kayıplarını azaltacak şekilde, bitişik nizam şeklinde yerleştirilmeleri daha uygundur (Şekil 3.10) [40]. Ancak bu yoğun doku oluşturulurken binaların güneş ışıınının ısıtıcı etkisinden faydalanması ve doğal havalandırmayı sağlamak için yeterli miktardaki hava akımlarının binaların içine alınması sağlanmalıdır [54,55].



Şekil 3.10 : Soğuk iklim bölgelerinde binaların konumlandırılması [40].

Sıcak kuru iklim bölgelerinde, az katlı sıkışık bir yerleşim dokusu oluşturularak, güneşin istenmeyen aşırı ısıtıcı etkisinden korunmak önceliklidir. Yerleşmenin dokusuna uygun dar sokaklarda koridor etkisi yardımıyla hava akımlarının oluşması sağlanabilir. Su ögesi kullanılarak nem artırılıp havanın kuruluğunu azaltmak önemlidir [54,55].

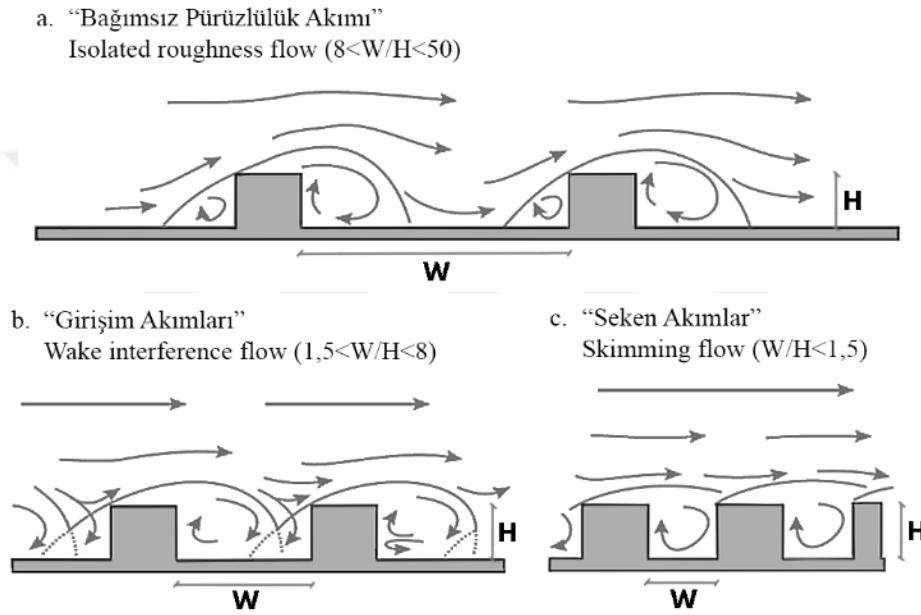
Ilımlı kuru iklim bölgelerinde, ısıtmanın istendiği dönemin daha etkin olması nedeniyle ısıtmanın istendiği dönemin hakim rüzgarından korunmak önceliklidir. Bitişik nizam yerleşmeler, veya ısıtmanın istendiği dönemin hakim rüzgarı doğrultusunda binaların birbirleri için engel oluşturmaları ancak yine aynı dönem için binaların güneş ışınımından maksimum yararlanacak şekilde konumlandırılmaları esastır.

Ilımlı nemli iklim bölgelerinde, ısıtmanın istendiği dönemin daha etkin olması nedeniyle binaların ısıtmanın istendiği dönemin hakim rüzgarından korunmaları ve güneş ışınımından maksimum yararlanacak şekilde konumlandırılmaları önceliklidir. Ancak ısıtmanın istenmediği dönemde nem etkisini azaltmak için de binaların bu dönemin hakim rüzgarına açık olmaları ve rüzgardan maksimum yararlanmaları sağlanmalıdır.

Bina aralıklarına bağlı olarak sıkışık kent dokusunda, sokak kanyonlarında ve avlulu binalarda hava akımının karakteristiği değişmektedir. Bina aralıklarına bağlı olarak sokak kanyonları ve birbirine yakın boyutlardaki kübik binalar üzerinden geçen hava akımının 3 ana akım rejimini tanımlanmaktadır [56,57]. Bu 3 hava akım rejimi (1) “bağımsız pürüzlülük akımları” (isolated roughness flow), (2) “girişim akımları” (wake interference flow) and (3) “seken akımlar” (skimming flow) olarak sıralanmıştır [51].

“Bağımsız pürüzlülük akımları”, binalar arası mesafenin bina yüksekliğine oranı (W/H) 8 ile 50 arasında olduğunda gerçekleşmektedir. Binalar arası mesafenin bina yüksekliğine oranı (W/H) 1,5 ile 8 arasında olduğunda “girişim akımları”, 1,5’tan az

olduğunda ise “seken akımlar” gerçekleşmektedir. Binalar arasındaki mesafe çok fazla olduğunda, binalar rüzgar karşısında bağımsız engeller oluşturur ve “Bağımsız pürüzlülük akımları” oluşur. “Girişim akımları” rejiminde bina aralığı rüzgar arkası bölgesi yeterli genişlikte olmadığı için hava akımı düzenli karakteristiğe geçmeden rüzgar arkası bölgesindeki binanın ön yüzüne çarpar ve girdaplı bir karakteristiğe sahip olur [57]. “Seken akımlar” rejiminde binalar çok yakın konumlandırıldığından hava akımı genellikle binaların arasındaki bölgeye ve dolayısıyla binanın içine giremez [58]. Şekil 3.11’de 3 ana akım rejimi gösterilmektedir.



Şekil 3.11 : Bina aralıklarına bağlı olarak hava akım rejimleri.

Farklı iklim tiplerinde hakim rüzgar doğrultusunda rüzgara göre ve kuzey-güney doğrultusunda güneşe göre binalar arasında bırakılması gereken boşluk oranları Orhon vd. [59] ‘e göre Çizelge 3.1’de gösterilmektedir. Farklı iklim bölgelerinde binaların konumlandırılmalarıyla iklim bölgesine uygun kent dokuları oluşmaktadır.

Çizelge 3.1 : Farklı iklim bölgelerinde binalar arası ideal boşluklar.

İklim Bölgesi	Yapı Aralıkları	
	Rüzgara göre (Hakim rüzgar doğrultusunda)	Güneşe göre (kuzey – güney doğrultusunda)
Sıcak - Nemli	$5 - 7H < D_x$	$1 \frac{1}{2} - 2 \frac{1}{2} H$
Sıcak - Kuru	$1 \frac{1}{2} - 2 H$	$1 \frac{1}{2} - 2 \frac{1}{2} H$
Ilımlı - Kuru	$H - 5 H$	$2 - 3 H$
Ilımlı - Nemli	$H - 5 H$	$2 - 3 H$
Serin	$H - 5 H$	$1 \frac{1}{2} - 2 \frac{1}{2} H$

H = Engel binanın yüksekliği, D_x = Binalar arası mesafe

3.3 Hacim Organizasyonu ve Hacimlerin Yönlendiriliş Durumu

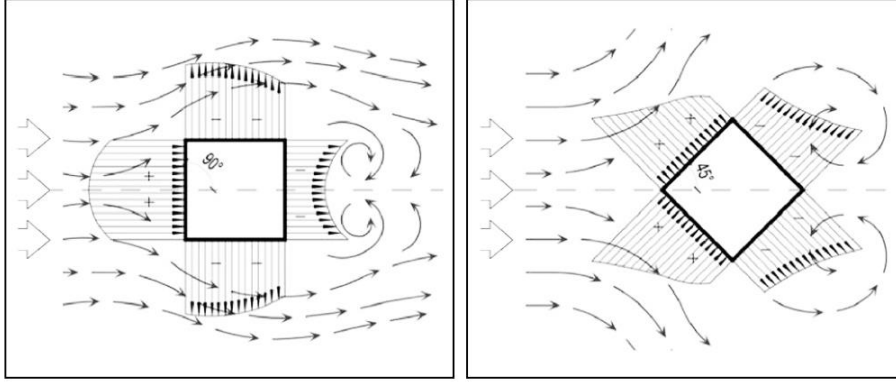
Pasif iklimlendirme açısından binanın yönlendiriliş durumu, güneş enerjisi kazancından ve rüzgarın serinletici etkisinden yararlanma veya korunma ile ilgilidir. Güneş ışıınımı ve rüzgar gibi dış iklim elemanlarının değeri yönlere göre değışim gösterirler. Bu nedenle binaların yönlendiriliş durumuna göre güneş ışıınının ısıtıcı ve rüzgarın serinletici etkisi de değışim gösterir. Böylece farklı yönlere bakan kabuk elemanlarını etkileyen güneş ışıınım miktarları da farklı olacaktır. Bir başka deyişle bina kat planlarında hacimleri çevreleyen bina kabuğundan güneş ışıınım aracılığı ile kaybedilen veya kazanılan ısı miktarı, iç iklimsel konfor koşullarını, dolayısı ile iç hava sıcaklığı ve ortalama ışıınımsal sıcaklık gibi çevresel değışkenlerin değeri doğrudan etkiler. Bu nedenle bina kabuğunda gerçekleşen ısı kayıp ve kazançları dolayısıyla iç iklimsel konfor koşullarının değeri hacmin dış duvarının baktığı yönün bir fonksiyonudur. Yönlere göre değışim gösteren güneş ışıınının, hacimlerdeki ısı kazancı miktarının değışimine etki etmesi nedeniyle, binanın yönlendiriliş durumu bina içi hacimlerde iklimsel konforu etkilemektedir [39].

Yönlere göre değışim gösteren bir diğeri iklim elemanı da rüzgardır. Binaların rüzgara göre yönlendiriliş durumu ısıtmanın istendiğı dönemde rüzgarın serinletici etkisinden korunma ve ısıtmanın istenmediğı dönemde ise rüzgarın serinletici etkisinden ve nemi dağıtma özelliğinden faydalanma şeklinde ele alınmalıdır. Bazı durumlarda rüzgardan yararlanırken güneşten korunmak gerekli olabilir, böyle durumlarda güneş kontrol elemanları kullanılmalıdır.

Yoğun kentsel doku içinde yer alacak binalarda doğal havalandırma ihtiyacı fazla olan mekanların, hava akımının daha yüksek, türbülansın daha az olduğı üst katlara konumlandırılması faydalı olacaktır.

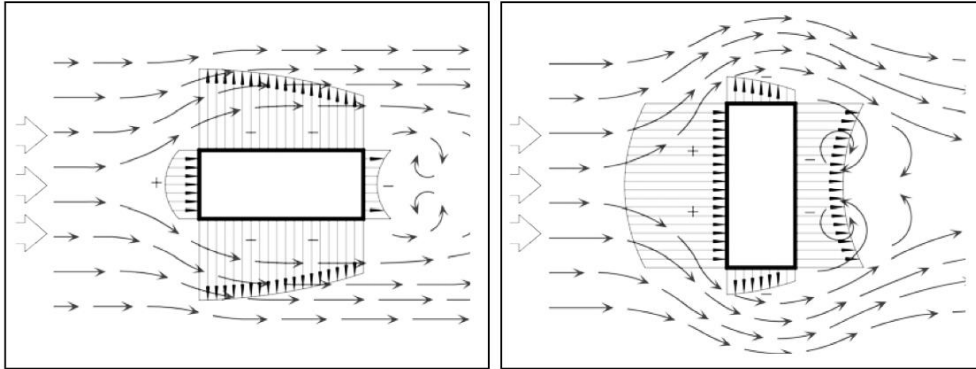
Rüzgarın serinletici etkisinden faydalanmanın öncelikli olduğı bölgelerde, hakim rüzgar yönü binanın yönlendiriliş durumu açısından en önemli faktördür.

Hava akımı bir bina ile karşılaştığında binanın etrafında farklı düzeylerde basınç bölgeleri oluşturur. Binanın hava akımını karşıladığı cephede pozitif basınç ile itme etkisi, diğeri cephelerinde ise negatif basınç ile emme etkisi oluşur [48]. Binanın hava akımı ile yaptığı açığı göre etrafında oluşan basınç bölgeleri ve düzeyleri Şekil 3.12'de gösterilmektedir [53]. Hava akımı ile 45° açı yaparak yönlenen bina hava akımına dik yönlenen binaya göre daha fazla rüzgar alır [60].



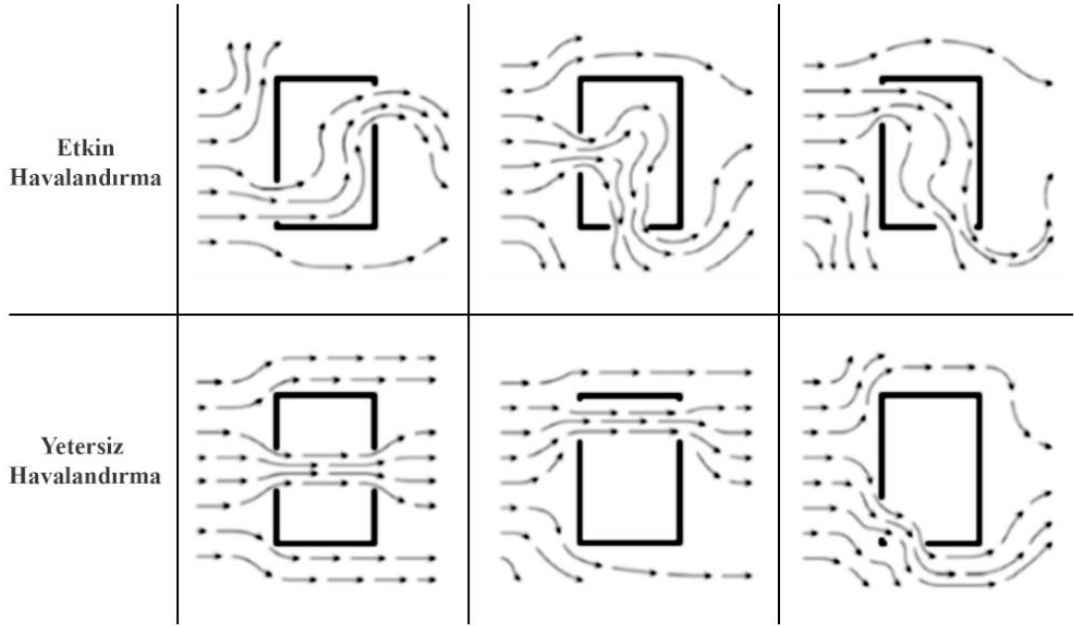
Şekil 3.12 : Hava akımı doğrultusuna dik ve 45° açı yaparak konumlanan binaların basınç bölgeleri ve hava akımları.

Dar cephesi hava akımı doğrultusunda yönelen binaların geniş cephelerinde negatif basınç ile emme etkisi ortaya çıkar. Binanın geniş cephesi hava akımı doğrultusunda yönlendirilirse, bu cephede pozitif basınç ile itme etkisi arka cephesinde ise emme etkisi oluşur [61]. Binanın geniş cephesi hava akımının geldiği doğrultuya yönlendirildiğinde, bina içi ve çevresinde istenmeyen hava akımları oluşmaktadır. Şekil 3.13'te bina cephesinin hava akım doğrultusuna göre yönelmesi sonucu bina etrafında oluşan basınç bölgeleri ve düzeyleri gösterilmektedir [62,63].

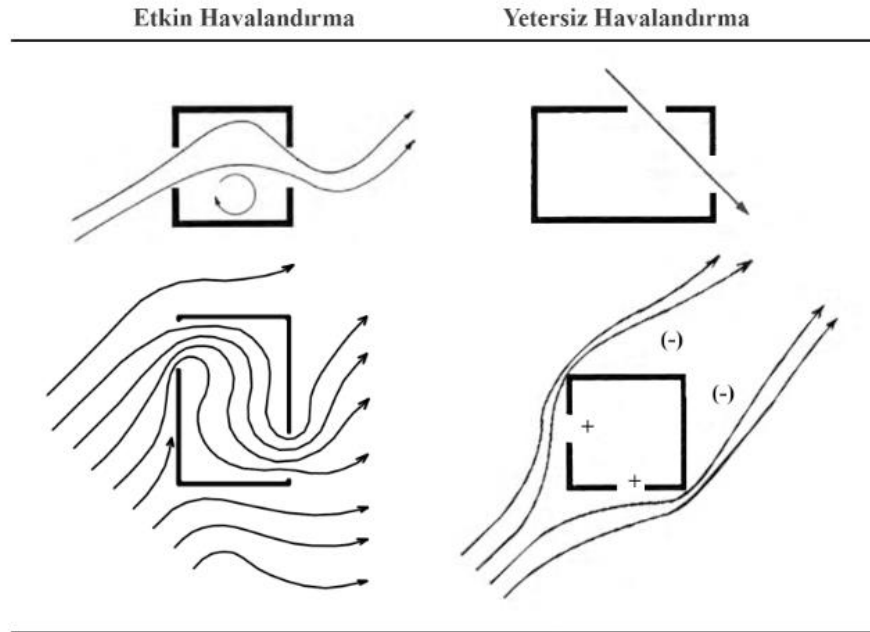


Şekil 3.13 : Hava hareketi doğrultusu bina yönelmesi ilişkisi.

Binaların ve hacimlerin rüzgara göre yönlendirilmelerinde, bina iç hacimlerinde özellikle nemli bölgelerde etkili bir doğal havalandırmanın sağlanması önceliklidir. Özellikle sıcak-nemli iklim bölgelerinde hacimler çapraz havalandırmaya olanak verecek ve geniş cepheleri hakim rüzgara açık şekilde yönlendirilmelidir. Doğal havalandırma sağlamak amacıyla pencere giriş ve çıkış açıklıkları düzenlenirken, açıklıkların yönleri, birbirlerine göre konumları ve dış hava akımlarının yönü dikkate alınmalıdır. Şekil 3.14 ve 3.15'te duvar boşluklarının farklı düzenlemeleri ve farklı dış hava akımı yönü ile iç mekanda sağlanan doğal havalandırma örnekleri verilmiştir [40,53,64].

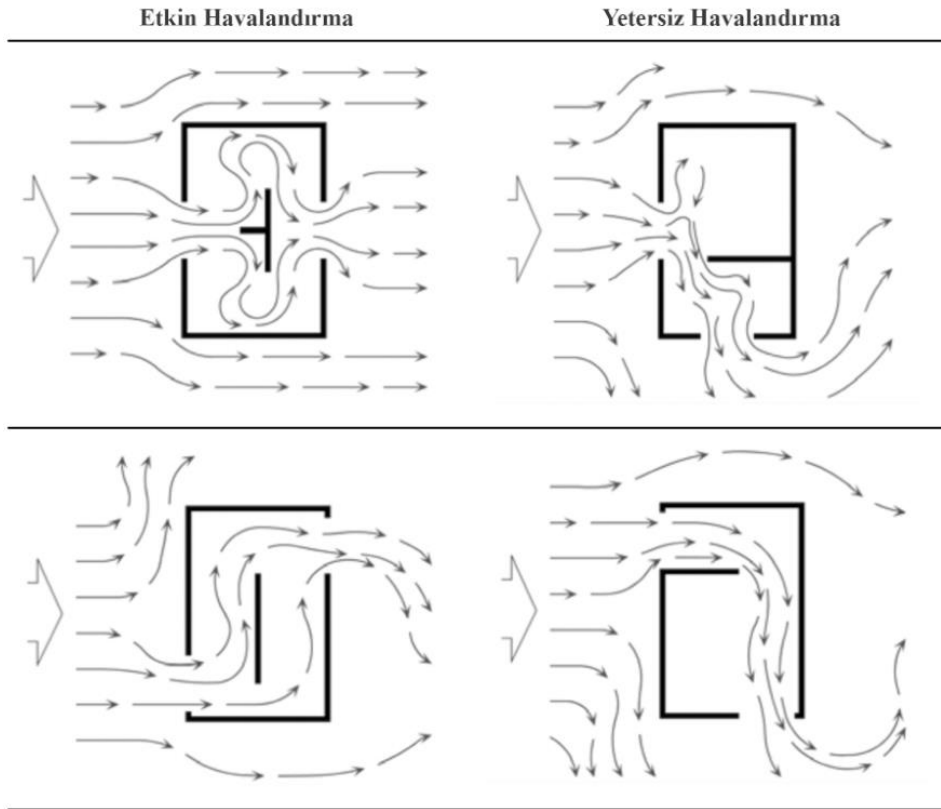


Şekil 3.14 : Dış hava akımı yönü duvar boşluğuna dik olması durumunda doğal havalandırma.



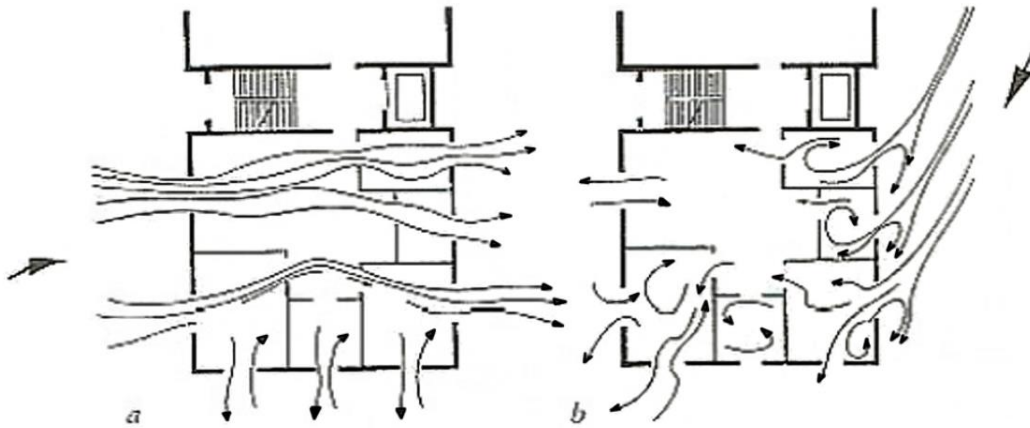
Şekil 3.15 : Dış hava akımı yönü duvar boşluğu ile açı yaptığı durumda doğal havalandırma.

İç bölme duvarları hava akımını engellemeyecek şekilde düzenlenmeli, mobilyalar da bina içi hava sirkülasyonunu etkilemeyecek ve hava akım değerlerini azaltmayacak şekilde yerleştirilmelidir. Şekil 3.16'da iç bölme duvarlarının hava akımına etkileri gösterilmektedir.



Şekil 3.16 : İç bölme duvarları yerleşimi hava akımı ilişkisi [53].

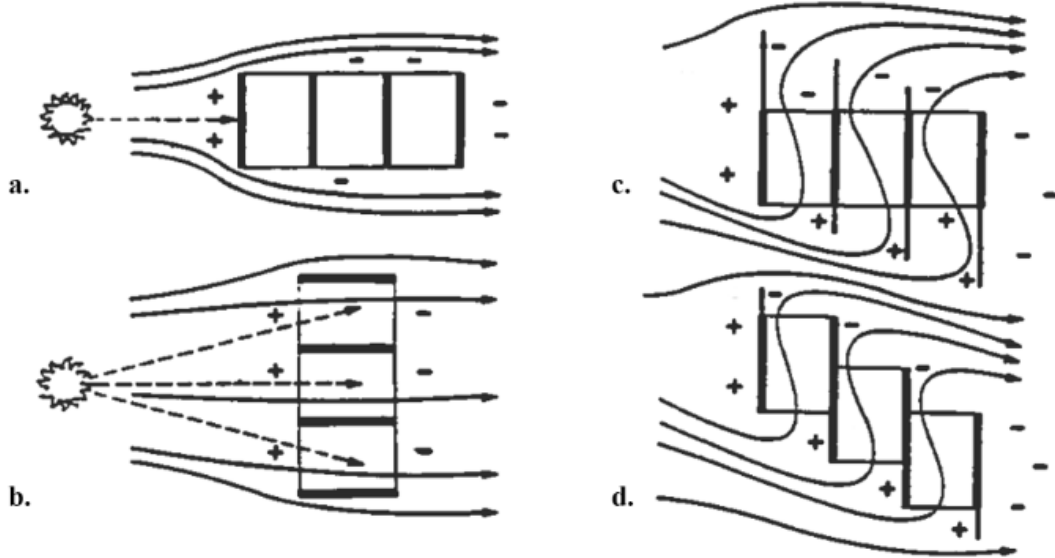
Apartmanlarda, mutfak ve banyo gibi kötü kokular oluşabilecek mekanlar baca yönünde düzenlenmeli ve diğer odalardan gelecek hava akımlarını karşılayacak açıklıklar optimum düzeyde olmalıdır. Bu sayede istenmeyen kokuların diğer odalara geçişi engellenir ve yapının dışına çıkması sağlanır. Yaşam alanları rüzgar alan bölgelere, yatak odaları ise daha korunaklı bölgelere konumlandırılmalıdır. Çok katlı bir apartman dairesinde rüzgar yönlerindeki değişimin iç ortamda oluşan çapraz havalandırmaya etkisi Şekil 3.17'de gösterilmektedir.



Şekil 3.17 : Farklı rüzgar yönlerine göre iç ortamda oluşan çapraz havalandırma durumları [48].

Bina yerleşimi ve hacim organizasyonu yapılırken hakim rüzgar yönü ve güneşlenme durumu birlikte düşünülmelidir. Şekil 3.18’de farklı hacim organizasyonuna sahip binalardaki rüzgardan yararlanma ve güneşlenme durumları gösterilmiştir. Şekil 3.18 - a durumunda bina güneş ışıınının istenmeyen etkisinden korunmakta ama doğal havalandırma sağlanamamaktadır. Şekil 3.18 - b durumunda ise hava akımının geldiği yöne açıklıklar yapıldığından doğal havalandırma sağlanmaktadır ama bina güneş ışıınınına maruz kalmaktadır. Şekil 3.18 - c, d durumlarında yapılan düzenlemelerle zıt basınç bölgeleri oluşturularak doğal havalandırma sağlanırken, bina güneş ışıınınının istenmeyen etkilerinden de korunmaktadır.

Binanın yönlendirme kararı verilirken güneş ışıınınından ve rüzgardan yararlanma yönleri açısından farklılık olduğu durumlarda dış ortam koşullarına göre iki değişkenden de en uygun şekilde faydalanacak mimari çözümler uygulanmalıdır. Güneş kontrol elemanları, rüzgardan yararlanırken güneş ışıınınından korunmak istenildiği durumlarda kullanılabilir. Bina içi hacim organizasyonları da bu kriterler göz önünde bulundurarak düşünülmelidir.



Şekil 3.18 : Farklı hacim organizasyonlarına sahip binaların güneşlenme ve rüzgar alma durumları [64].

Doğal havalandırmanın etkin bir şekilde yapılabilmesi için mekanların derinlikleri ve yükseklikleri arasında tek taraflı ve çapraz havalandırma için belirli maksimum oranlar vardır. Şekil 3.19’da gösterildiği üzere tek taraflı doğal havalandırma stratejisinde mekanın derinliği yüksekliğinin maksimum 2,5 katı, çapraz havalandırma stratejisinde ise maksimum 5 katı olmalıdır [65]. Sıcak iklim bölgelerinde tek taraflı doğal havalandırma genellikle yeterli olmamaktadır ve karşı

tek taraflı havalandırma için
maksimum derinlik = $2,5 \times h$

yükseklik, h

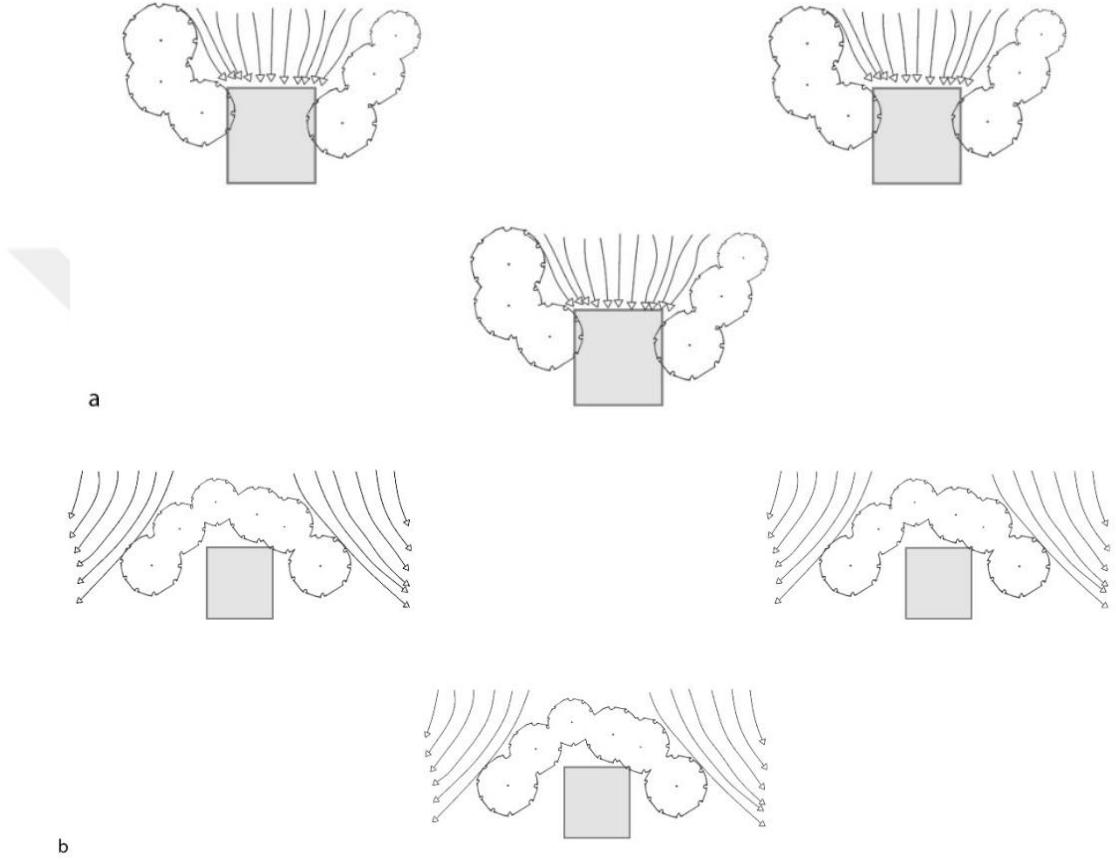
yükseklik, h

çapraz havalandırma için
maksimum derinlik = $5 \times h$

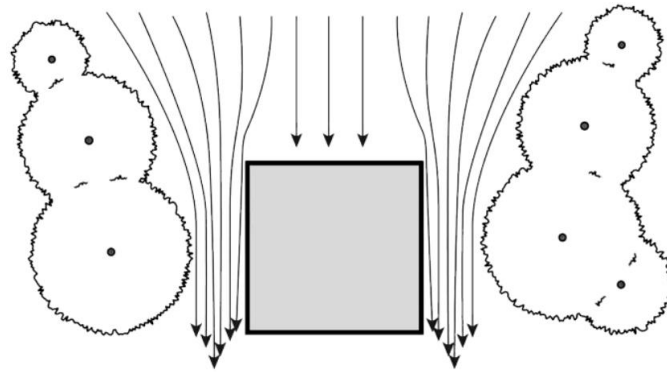
Yer seçiminde, bulunulan iklim bölgesinin karakteristiğine bağlı olarak, peyzaj yardımıyla hacimlerde rüzgardan korunmak veya faydalanmak olanaklıdır.

32

Binanın çevresine yerleştirilen yeşil dokuya bağlı olarak, hava akımı yerleşmeye doğru yönlendirilebilir veya yerleşmeden uzaklaştırılabilir. Şekil 3.21-a'da yeşil doku ile hava akımı yerleşmeye doğru yönlendirilirken, Şekil 3.21-b'de yerleşmeden uzaklaştırılmaktadır. Yeşil doku yerleşme çevresine huni gibi yerleştirildiğinde, Venturi etkisi ile hava akım hızının arttığı alanlar oluşturulabilir (Şekil 3.22). Bu sayede rüzgar hızı %25 oranında arttırılabilir [64].



Şekil 3.21 : Yerleşme çevresine yerleştirilen ağaçlar ile hava akımının yönlendirilmesi. ([48]'den uyarlanmıştır.)



Şekil 3.22 : Yerleşme çevresine yerleştirilen ağaçlar ile oluşturulan Venturi etkisi [48].

3.4 Bina Formu

Binanın yatay ve düşey doğrultudaki boyutları, bina kabuğunun yüzey alanını belirleyen en önemli değişkenlerdir. Hacmin taban alanı sabit kalsa bile, planda hacmin genişliğinin derinliğine oranı olarak tanımlanan biçim faktörü, bina yüksekliği, çatı türü, çatı eğimi ve cephe eğimi gibi değişkenler kabuk elemanının yüzey alanını etkiler. Bina kabuğu yüzey alanının değişimine bağlı olarak, kabuk elemanlarından geçen ısı miktarı ve dolayısıyla da iç hava sıcaklığı ve ortalama ışımsal sıcaklık değişim gösterecektir [67].

Bu nedenle bina formu, bina içi konfor koşullarını belirleyen bu parametrelere olan etkisiyle bina enerji harcamalarını etkileyen çok önemli bir faktördür. Enerji etkin bina tasarımı sürecinde bina formu belirlenirken, iklimsel koşullara bağlı olarak enerji harcamalarını minimuma indiren formlar tercih edilmelidir.

- Ilımlı-nemli iklim bölgesinde bina formu daha esnek olup, bu bölgeye ait konut örneklerinde çeşitli girinti ve çıkıntılar öngörülmüştür. Bina cephelerindeki çıkıntılar kışın maksimum güneş ışımasını içeri alır, yazın da binanın cephesine attığı gölgelerle cepheyi ve dolayısıyla mekanları serinletir. Pencere alanlarının büyük tutulmasında bir sakınca görülmemiş, bu sayede mekanlara bol ışık sağlanabilmektedir. Bu iklim bölgesinde yağışlara göre şekillenen çatılar, genellikle kırma-beşik çatı formundadır. Çatı saçakları çok geniş olup, binanın cephesini yaz aylarında güneş ışınlamından, kış aylarında ise yağmurdan korurlar.
- Ilımlı-kuru iklim bölgesinin konut tipleri form olarak ılımlı-nemli iklim bölgesinin konut tipiyle benzerlik gösterir. Ancak ısıtmanın istendiği dönem uzun olduğu için bina kabuğunda gerçekleşecek olan ısı kayıplarının azaltılması için daha kompakt formlara da başvurulabilir. Pencere alanları daha küçük tutularak ısı kayıplarının azaltılması hedeflenmektedir. Kar yağışlarının daha sık görüldüğü bu bölgelerde çatılar yine kırma ve beşik çatı formundadır.
- Sıcak-nemli iklim bölgelerinde en çok ihtiyaç duyulan rüzgar ve gölgeli alandır. Bina formu tasarımında en çok ihtiyaç duyulan öğeler, düşük ısı tutuculu minimum bina kabuğu alanı, karşılıklı hava hareketini sağlayacak şekilde geniş pencere alanları ve hakim rüzgara karşı geniş cephe verecek şekilde yerleştirilmiş dar ve ince uzun binalardır. Sıcak-nemli iklim bölgelerinde binaların kolonlar üzerinde yükseltilmesi veya zemin katta bazı açıklıklar bırakılması rüzgarın binaların altından

geçerek binayı soğutmasına yardımcı olduğu için tercih edilmektedir. Bu iklim bölgesinde çatılar da iklime ve yağışlara uygun olacak şekilde eğimli, hafif ve geniş saçaklı olacak şekilde tasarlanmaktadır.

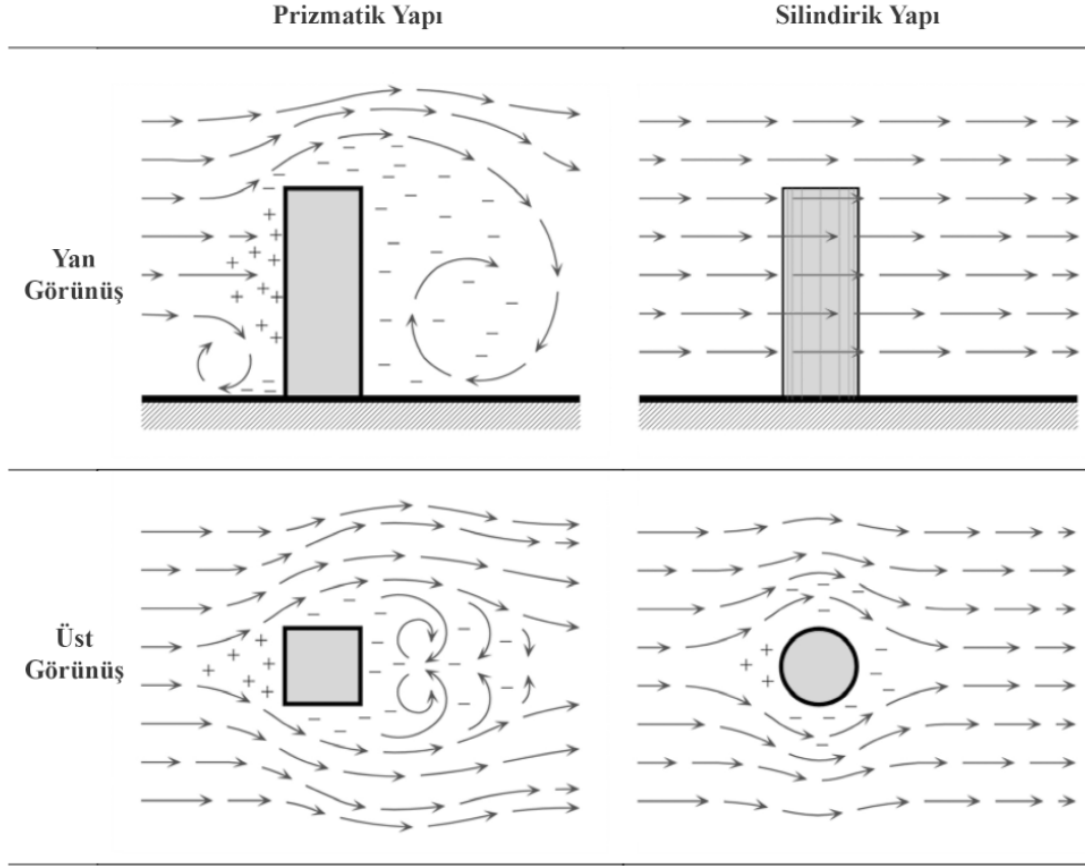
- Sıcak-kuru iklim bölgesinde planlamada güneş ışınlamına maruz kalan alanı azaltmak için mümkün olduğunca kompakt kütleler tercih edilir. En yaygın olarak kullanılan plan tipi, avlulu plan tipleridir. Avlular, su ve bitki ögesi de kullanılarak hem buharlaşma yoluyla avlunun zemin sıcaklığını azaltır hem de gölgeli alanların artmasını sağlayarak, gün içinde dış mekanların da kullanılmasını sağlarlar.
- Isıtmanın öncelikli olduğu soğuk iklim bölgelerinde ise kareye yakın plan tipleri olan binalar, ısı kaybının azaltılması için en az dış duvar alanına sahip olacak şekilde ve mümkün olduğu kadar kompakt inşa edilirler. Soğuk iklim bölgesinde alınan pasif önlemlerden bazıları pencere alanlarının küçük olması ve binaların bitişik nizamda düzenlenmesidir.

Binanın formu, güneş ışınlamı kazanç ve kayıplarını etkilediği gibi, hava akımı karakterini de doğrudan etkiler. Bina formuna ilişkin binanın yüksekliği, çatı türü, çatı eğimi, bina boyutlarına ilişkin oranlar (bina yüksekliği/bina derinliği), bina kabuğundaki elemanlar (saçaklar, gölgeleme elemanları), cephelerin eğimi gibi parametreler bina çevresindeki rüzgar hızlarını ve basınç alanlarını değiştirmektedir ve binanın doğal havalandırılmasında oldukça etkilidir [68].

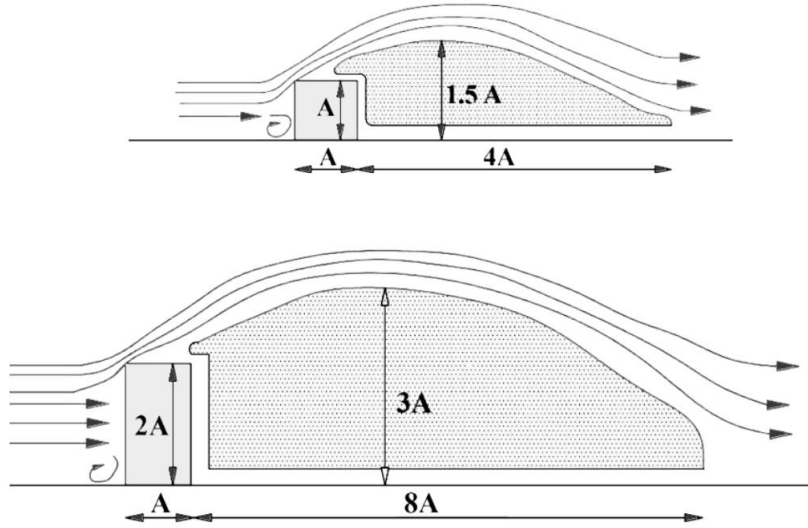
Silindir ve prizma biçiminde olan binalara çarpan hava akımı yukarıdan aşağıya doğru hızı artacak şekilde yönlenir. Binanın geometrik şekli köşeli olduğunda bina çevresinde farklı akım bölgeleri oluşur. Bu bölgeler hava akımının geliş yönüne bağlı olarak durağan, yeniden uyanma (hızlanma) ve girdaplı bölgelerdir.

Şekil 3.23'te prizma ve silindir biçimindeki yüksek yapılara çarpan hava akımının bina çevresindeki hareketi ve oluşturduğu basınç bölgeleri gösterilmektedir [62].

Binanın uzunluğu ve genişliği sabitken, yüksekliği değiştirildiğinde, bina arkasında kalan rüzgar altı bölgesi derinliği değişmektedir. Binanın yüksekliği ile rüzgar altı bölgesi derinliği arasında doğru orantı bulunur, yükseklik arttıkça rüzgar altı bölgesi derinliğinin artmasına ve rüzgar altı yönde hava akımının azalmasına neden olur (Şekil 3.24) [52].



Şekil 3.23 : Prizma ve silindir biçimli yüksek yapıların çevresindeki hava hareketi ve oluşan basınç bölgeleri.

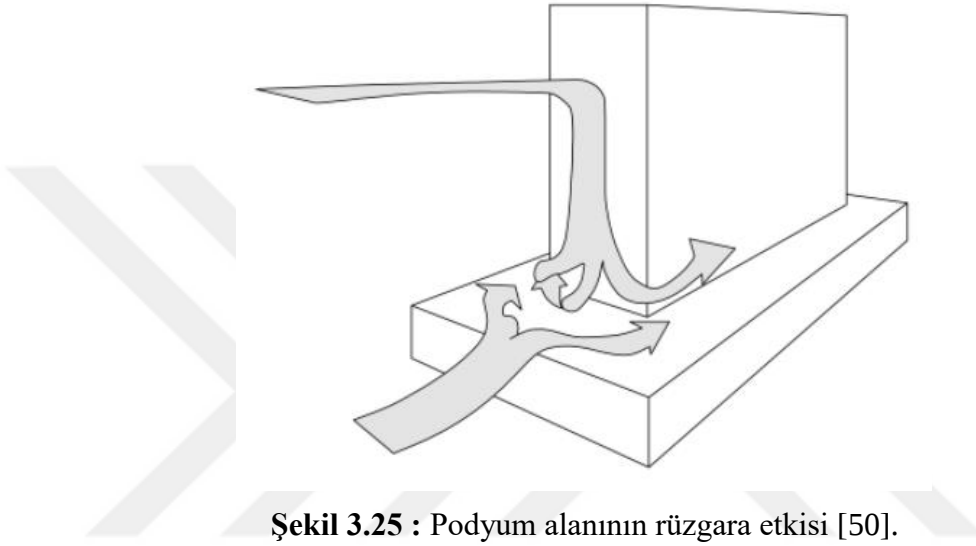


Şekil 3.24 : Bina yüksekliği rüzgar altı bölgesi derinliği ilişkisi.

Bina yüksekliği arttırıldığında bina çevresindeki ve iç mekandaki hava akımlarının karakteri de değişmektedir. Binanın yan cephesinden geçen hava akımı miktarının bina üstünden geçen hava akımı miktarına oranı artmaktadır. Çok katlı binalarda

düşey yönde güçlü akımlar oluşur ve bu akımlar da etek girdaplarına dönüşürler. Etek girdapları yüzünden sokak düzeyindeki konforsuzluk 5 katlı binalarda %20, 16 katlı binalarda %50 ve 35 katlı binalarda %120 oranında artışa sebep olmaktadır.

Çok katlı binaların sokak düzeyinde hava akımları sebebiyle oluşan konforsuzluk, doğru bir şekilde tasarlanan podyum alanı sayesinde azaltılabilir. Yukarıdan aşağıya doğru hızlanan hava akımlarının bir bölümünün sokak düzeyine ulaşması podyum alanı sayesinde engellenebilir (Şekil 3.25).



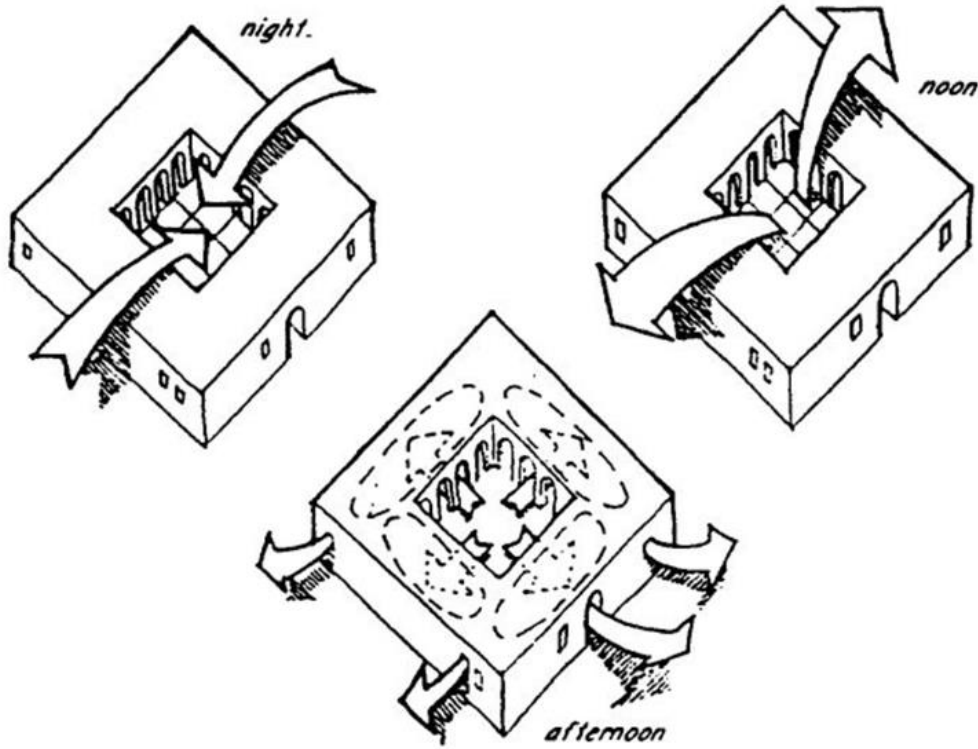
Şekil 3.25 : Podyum alanının rüzgara etkisi [50].

Çok katlı binaların yükseklikleri arttırıldığında merdiven boşlukları ve şaftlarda oluşan baca etkisini arttıracak ve rüzgar hızının düşük olduğu bölgelerde doğal havalandırma olanağı sağlayacaktır.

Sıcak nemli iklim bölgelerinde, binalarda pasif soğutma sağlanması için bina formunun hava hareketini arttırması beklenmektedir. Avlulu bina formu, sıcak-kuru iklim bölgelerinde çokça kullanılmakla birlikte sıcak-nemli iklim bölgelerinde de gölgeli alan yaratması, doğal havalandırma sağlanması ve iç ortamlarda nemin olumsuz etkisini azaltabilmesi bakımından tercih edilmektedir [69]. Gündüz ve gece sıcaklık farklarından dolayı avluda oluşan hava hareketleri yardımı ile iç mekanlarda nemin etkisini azaltmak ve konforlu alanlar oluşturmak olanaklıdır.

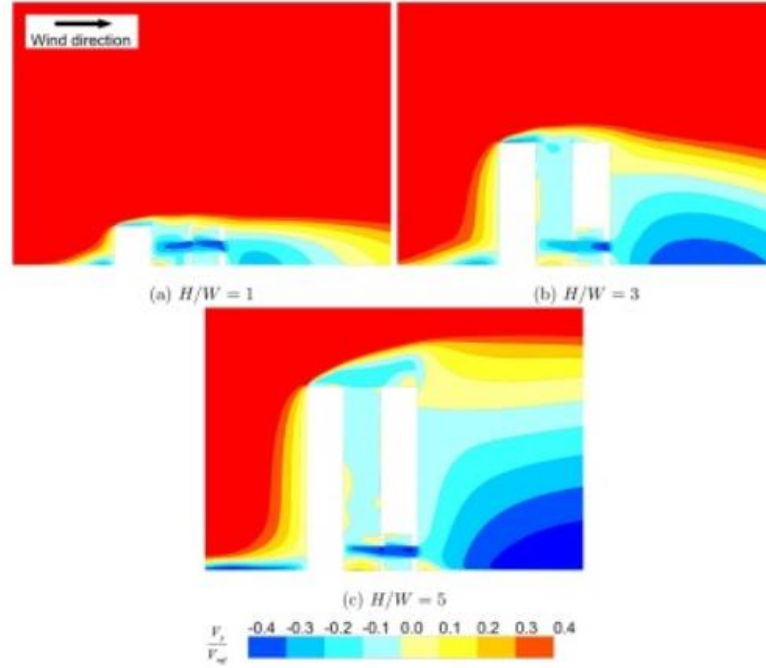
Avluda gün boyunca gerçekleşen hava hareketi Şekil 3.26'da gösterilmiştir. Talib [6], 24 saatlik bu hareketi 3 aşamaya ayırmıştır. İlk aşamada gece soğuyan hava avlu ve avlu çevresindeki odalarda birikir. Yapı ve eşyalar bu soğuk havanın etkisiyle öğleden sonraya kadar serin kalabilir. Buna ek olarak, gece avludan açık gökyüzüne doğru ışıma yoluyla hızla ısı kaybı gerçekleşir. Öğlen saatlerinde gerçekleşen ikinci

aşamada avlu direkt güneş ışınlamı etkisiyle ısınır, birikmiş olan soğuk hava yükselir. Bu durumda dışarıdan avluya doğru baca etkisiyle konfor sağlayan hava akımları oluşur. Masif duvarlar dış ortamdaki sıcaklığın içeriye geçişini geciktirir ve 12 saate kadar olan bu gecikme süresi duvarın zaman geciktirmesine bağlıdır. Son aşamada, öğleden sonra günbatımına yakın avlu ve iç mekanlar daha sıcaktır, fakat güneşin batmasıyla yapı hızlı bir şekilde tekrar soğur. Serin gece havası tekrar avluya doğru inmeye başlar ve günlük döngü tamamlanır [70].



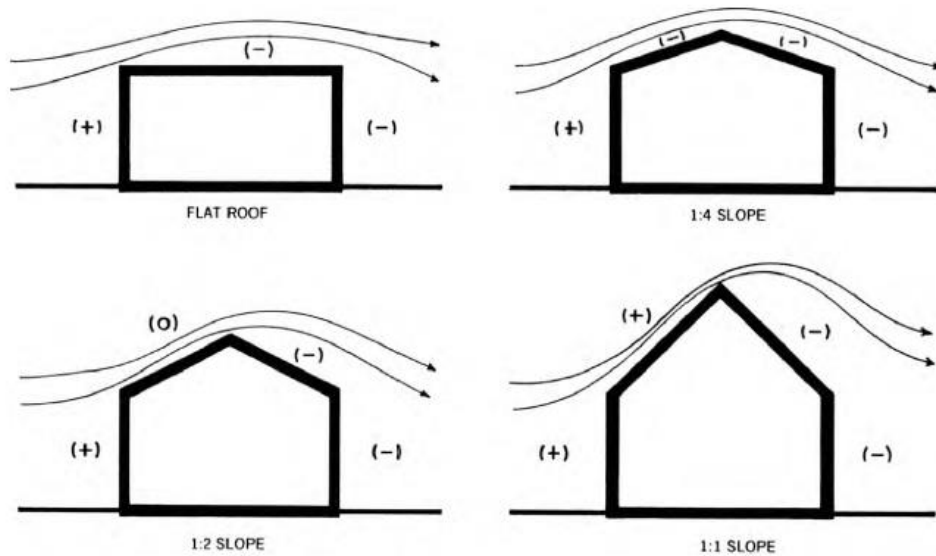
Şekil 3.26 : Avluda gün boyunca gerçekleşen hava hareketleri [6].

Avlular, bina ile dış çevre arasında bir alan oluşturarak, binanın mikroklimasını ve bina içi hava hareketini etkiler [28,71]. Avlunun yüzey alanı ve hava akımının geliş yönünde avluya bakan açıklıklar, avlunun yüksekliğinin genişliğine oranı, avlunun boyutları ve avlunun formu avluda oluşan hava akımını etkileyen değişkenlerdir. Avlu yüksekliğinin genişliğine oranı, avluda ve dolayısıyla avluya bakan mekanlarda oluşan hava akımı miktarını ve mekana ulaşan güneş ışınlamını etkileyen önemli bir faktördür. Avlu yüksekliğinin derinliğine oranının avlu içi ve avluya bakan mekanın içinde oluşan hava akımına etkisi bir çok araştırmada incelenmiştir. Şekil 3.27’de Micallef ve diğ. yaptıkları çalışmada avlu yüksekliği / genişliği oranının 1, 3 ve 5 olduğu durumlarda hava akımının hareketi gösterilmektedir.

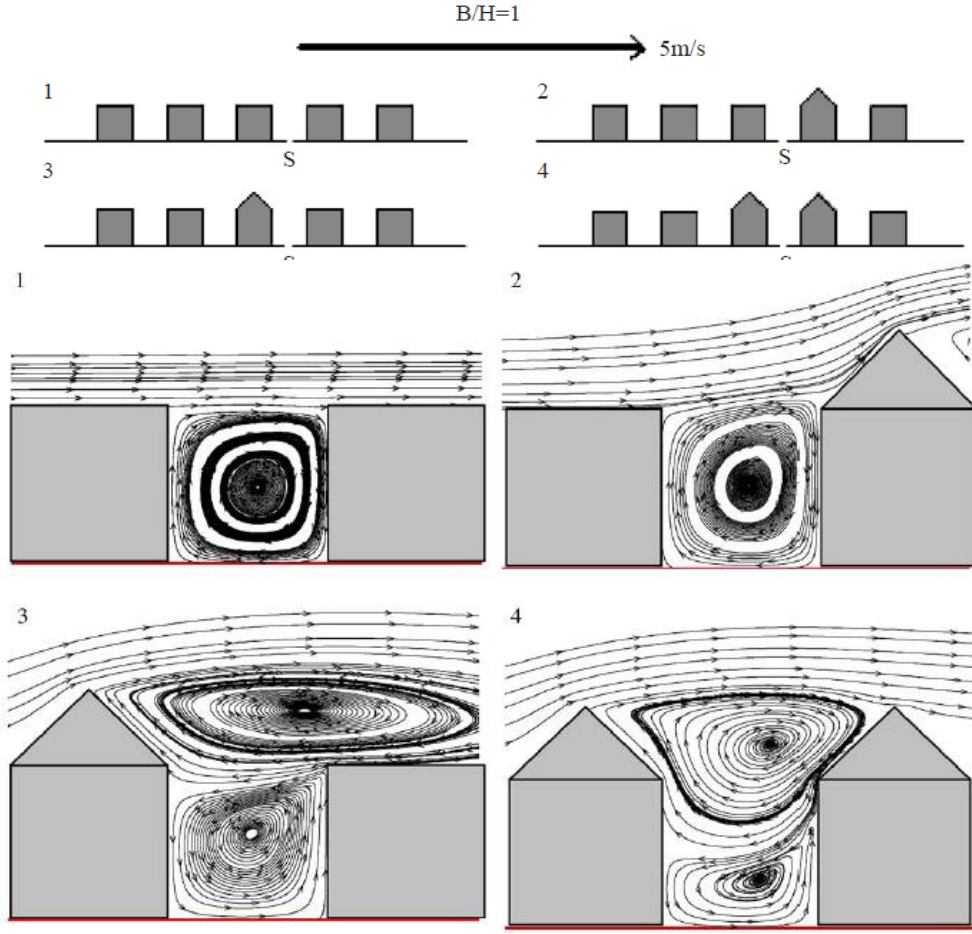


Şekil 3.27 : Farklı avlu yüksekliği/genişliği oranları hava akımı hareketi ilişkisi [72].

Bina formunun bir diğer bileşeni olan çatı türü, rüzgarın geldiği yöne göre binanın arkasında kalan (rüzgar altı) bölgede oluşan türbülanslı alan dağılımını değiştirmektedir. Şekil 3.28’de farklı çatı eğimlerinde binanın etrafında oluşan basınç bölgeleri gösterilmektedir. Bina çatısının rüzgar yönüne göre arka bölümünde basınç her durumda negatif olurken, rüzgarın geldiği yöndeki basınç çatı eğimine bağlı olarak değişmektedir. Xie ve diğ. bina grupları arasında farklı çatı biçimlenişinin hava akımına etkisini incelemişlerdir. Şekil 3.29’da farklı çatı biçimine sahip binalar arasında oluşan hava akımları gösterilmektedir.



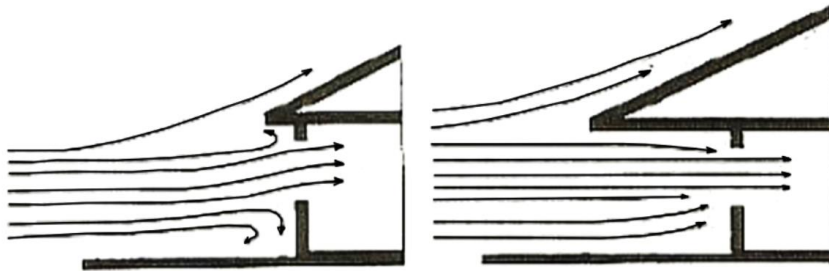
Şekil 3.28 : Çatı eğimine bağlı olarak oluşan basınç bölgeleri [40].



Şekil 3.29 : Bina çatılarının biçimine göre oluşan hava akımı [73].

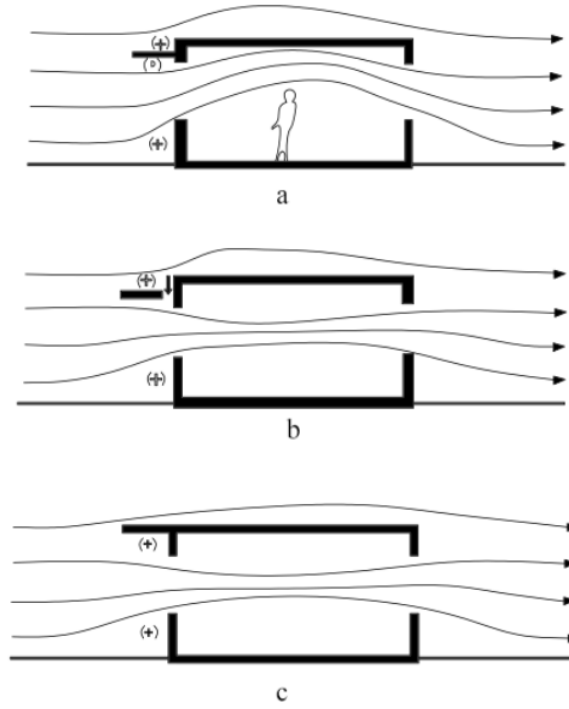
Çapraz havalandırmanın etkinliğini arttırmak için genellikle rüzgarın geldiği cephenin derinliği minimumda tutulmalı, rüzgarın geldiği cephenin derinliğine oranının da çok yüksek değerlere çıkmasından kaçınılmalıdır.

Saçaklar güneş ışınlamını ve hava hareketini kontrol etmeyi sağlayan elemanlardır. İki iklim elemanı kontrol edilirken birine göre alınan önlemin diğerine olan etkisine dikkat edilmeli ve iki iklim elemanı için optimum önlem alınmalıdır. Saçak derinliği arttığında açıklık etrafındaki pozitif basınç artar ve artan basınç iç mekan hava hızının artmasına sebep olur (Şekil 3.30).



Şekil 3.30 : Saçak derinliği iç ortama giren hava akımı ilişkisi [48].

Pencerelerin hemen üzerinde yerleştirilen masif yatay saçaklar, içeri giren hava akımının tavana doğru yönelmesine neden olmaktadır. Bu tip uygulamalarda pencerenin hemen altında oluşan pozitif basınç alanı ile saçığın üzerinde oluşan pozitif basınç alanının dengelenememesinden kaynaklanmaktadır (Şekil 3.31 - a). Duvar ile saçak arasında boşluk bırakıldığında ya da saçak ile pencere arasında belirli bir mesafe bırakıldığında hava akımını kullanıcı düzlemine yönlendirir (Şekil 3.31 - b, c).



Şekil 3.31 : Saçak konumlandırmaları hava akımının geçiş düzlemi ilişkisi [40].

3.5 Bina Kabuğu

Bina kabuğu, iç ve dış ortamı birbirinden ayıran, bir yaşam alanını örten ve binayı dış iklim koşullarından koruyan yapı bileşenlerinin tümüdür. Bina kabuğu, dış ortam elemanlarının iç ortama etkilerini kısıtlayarak iklimsel, görsel ve işitsel anlamda kullanıcılara konforlu alanlar sağlanmasına yardımcı olur. Bir binanın çevresiyle gerçekleştirdiği ısı alışverişinin çok büyük bir bölümü bina kabuğundan olmaktadır. Opak ve saydam bileşenlerden oluşan bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri kabuktan geçen ısı miktarını dolayısıyla iç hava sıcaklığı gibi iç çevre iklimsel koşullarını değiştirmektedir. Bina kabuğu bulunduğu bölgedeki iklimsel şartlara göre en uygun şekilde seçilerek, binaların yıllık enerji giderleri en aza

indirilebilir. Bina kabuğu iç iklimsel koşulları belirlediği gibi yapma ısıtma ve iklimlendirme yüklerini de belirler [10].

Bina kabuğunun performansını etkileyen optik özellikleri yapı kabuğunun güneş ışınlamına karşı yutuculuk, yansıtıcılık ve geçirgenlik katsayıları, termofiziksel özellikleri ise toplam ısı geçirme katsayısı, saydamlık oranı, zaman geciktirmesi ve genlik küçültme faktörüdür [39].

Güneş ışınlamına karşı yutuculuk, yansıtıcılık ve geçirgenlik katsayıları

Bina kabuğuna ait opak ve saydam bileşenler tarafından yutulan, yansıtılan ve geçirilen güneş ışınlamı miktarlarının bileşen dış yüzeylerine oranları sırasıyla yutuculuk, yansıtıcılık ve geçirgenlik katsayılarıdır. Bu özelliklere bağlı olarak bina kabuğunun dış yüzeyine gelen güneş ışınlamı, güneş ısı kazancına dönüşür [39]. Bina kabuğunun güneş ışınlamına karşı yutuculuk (a), yansıtıcılık (r) ve geçirgenlik (τ) katsayıları boyutsuzdur ve aralarındaki bağıntılar aşağıdaki gibidir (3.1 – 3.2).

Opak bileşenler için;

$$a_o + r_o = 1 \quad (3.1)$$

a_o : bileşenin yutuculuk katsayısı

r_o : bileşenin yansıtıcılık katsayısı

Saydam bileşenler için;

$$a_c + r_c + \tau_c = 1 \quad (3.2)$$

a_c : saydam bileşenin yutuculuk katsayısı

r_c : saydam bileşenin yansıtıcılık katsayısı

τ_o : saydam bileşenin geçirgenlik katsayısı

Toplam Isı Geçirme Katsayısı

Toplam ısı geçirme katsayısı (U) bina kabuğunun hem opak hem de saydam bileşenine ilişkin termofiziksel bir özelliktir. Bu katsayı farklı iki çevreyi ayıran bina bileşeninin iki tarafındaki hava sıcaklıkları arasındaki fark $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ olduğunda, 1 m^2 alandan bu alana dik doğrultuda 1 saatte geçen toplam ısı miktarını tanımlamaktadır. Denklem (3.3) opak bileşenlerin toplam ısı geçirme katsayısını hesaplamak için kullanılmaktadır [75].

$$U_o = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_d}} \quad (3.3)$$

U_o : opak bileşenin toplam ısı geçirme katsayısı, W/m².K

α_i, α_d : iç ve dış yüzeysel ısı iletkenlik katsayıları, W/m².K

$d_1, d_2, \dots, d_n$: opak bileşeni oluşturan malzemelerin kalınlıkları, m

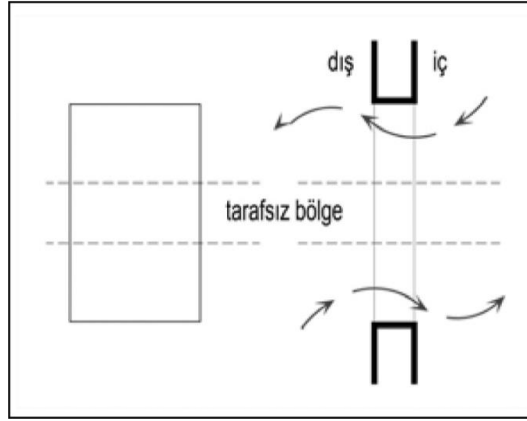
$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$: opak bileşeni oluşturan malzemelerin ısı iletkenlik katsayıları, W/m.K

Saydamlık Oranı

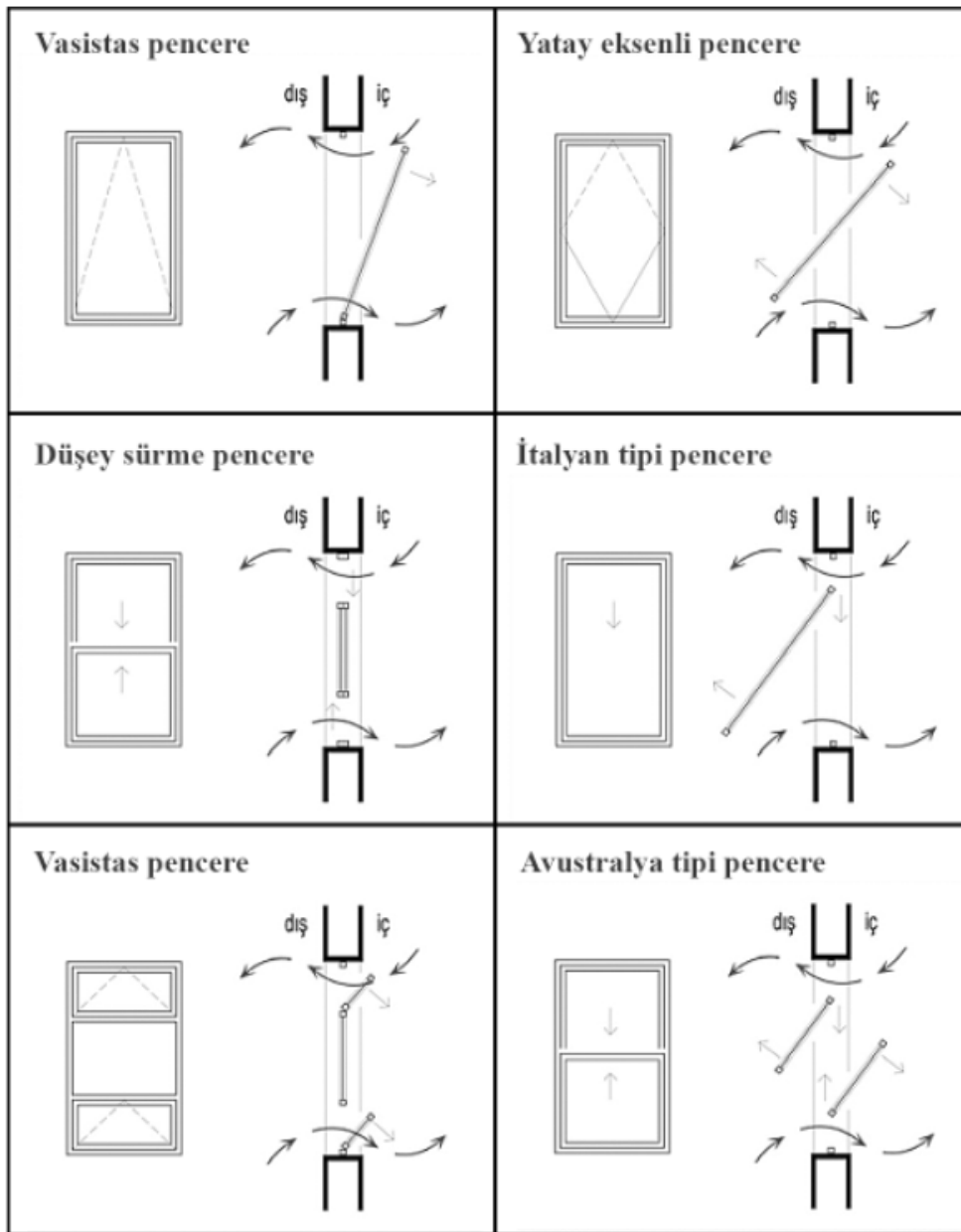
Saydamlık oranı, saydam ve opak bina bileşenlerinden oluşmuş olan bina kabuğuna ilişkin bir özelliktir ve saydam bileşen alanının bina kabuğu alanına oranıdır [39]. Bina kabuğundaki saydam ve opak bileşenden geçen ısı miktarları birbirinden farklıdır ve bundan dolayı saydamlık oranına bağlı olarak kabuktan geçen ısı miktarı değişmektedir. Güneş enerjisinden yararlanma ve korunma konusunda saydamlık oranı çok önemli bir değişkendir. Saydam bileşenin açılan kanatları ise doğal havalandırmada gerekli olan giriş ve çıkış açıklıklarının belirleyicileridir. Bu nedenle saydam bileşenin boyutları güneş ışıınımı kazanç ve kayıplarını etkilediği gibi doğal havalandırmayı ve dolayısıyla iç konfor koşullarını da doğrudan etkilemektedir.

Doğal havalandırmanın etkin kullanılması için bina kabuğunda bulunan açıklıkların yeterli miktarda temiz havayı mekana alacak ve kirli havayı dışarıya atacak şekilde tasarlanmış olması önemlidir. Bina kabuğunda bulunan açıklıklar pencereler, örtüler, kapılar, hava menfezleri ve vantilatörlerdir. Pencerelerin boyutları, tipleri, duvardaki yerleşimleri, açılış yönleri ve kanat düzenlemeleri iç mekana sağlanan doğal havalandırma üzerinde çok önemlidir. Sıcak ve kirli hava duvar boşluğunun üst kısımlarında bulunurken, daha soğuk ve temiz olan hava alt kısımlarında bulunur. Bu iki kısmın ortasında ise devinimin olmadığı tarafsız bir bölge oluşur ve pencere tasarımı yapılırken bu duruma dikkat edilmesi gerekmektedir (Şekil 3.32). Havalandırma açısından uygun pencere açılış örnekleri Şekil 3.33'te gösterilmiştir [62,76].

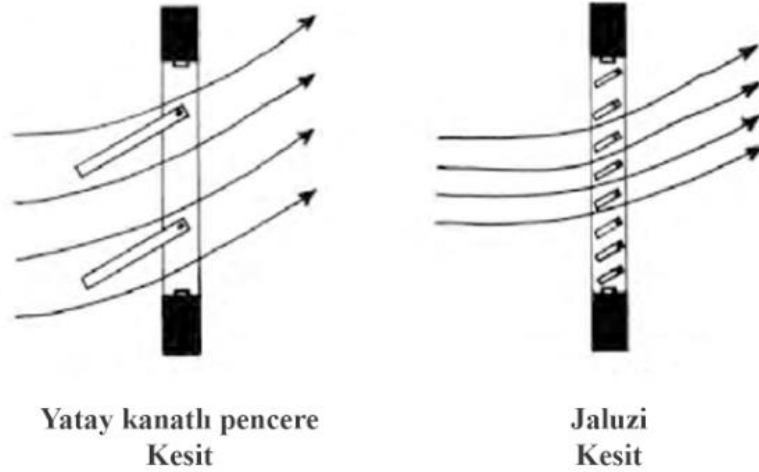
Yatay kanatlı pencereler ve jaluziler, yağmur sularının içeri girmesine engel olurken hava akımının iç mekana girmesine olanak vermektedir ve bu sayede yağışın olduğu zamanlarda açık tutulabilirler (Şekil 3.34). Bu özellikleri sıcak nemli iklim bölgelerinde tercih edilmelerini sağlamaktadır [48].



Şekil 3.32 : Duvar boşluğunda hava devinimi.



Şekil 3.33 : Doğal havalandırmaya uygun pencere açılış örnekleri.



Şekil 3.34 : Farklı tip pencerelerden iç ortama giren hava akımı [40].

Opak Bileşenin Zaman Geciktirmesi ve Genlik Küçültme Faktörü

Zaman geciktirmesi ve genlik küçültme faktörü, opak kabuk bileşenleri ısı depolayabildikleri için opak kabuk bileşenleri ile ilişkili termofiziksel özelliklerdir. Opak bileşeni oluşturan katmanların ısı iletkenlik katsayıları (λ), kalınlıkları (a), yoğunlukları (ρ), özgül ısıları (c), ve dolayısıyla ısı kapasitelerinin (pc) bir fonksiyonudur [77]. Isı dalgalarının geçiş süresi malzemenin kalınlığı ve direnci arttıkça uzamaktadır. Saydam kabuk bileşenlerinin ısı depolama kapasiteleri ihmal edilecek seviyede olduğundan dolayı bu bileşenler için zaman geciktirmesi ve genlik küçültme faktörü geçerli değildir.

Zaman geciktirmesi, gün içinde kabuk bileşeninin iç yüzeyinde maksimum sıcaklığın oluştuğu saat ile dış yüzeyinde maksimum sıcaklığın oluştuğu saat arasındaki süre farkı olarak tanımlanmaktadır [78].

Genlik küçültme faktörü, gün içinde bileşenin maksimum iç yüzey sıcaklığı ile ortalama iç yüzey sıcaklıkları farkının, maksimum dış yüzey sıcaklığı ile ortalama dış yüzey sıcaklıkları farkına olan orandır (3.4) [77].

$$f = \frac{t_{oim} - t_{oio}}{t_{odm} - t_{odo}} \quad (3.4)$$

t_{oio} , t_{odo} : Bileşenin iç ve dış yüzey sıcaklıklarının günlük ortalama değerleri, °C

t_{odm} , t_{oim} : Bileşenin iç ve dış yüzeylerindeki maksimum sıcaklık değerleri, °C



4. SICAK-NEMLİ İKLİM BÖLGELERİNDE AVLU BOYUTLARININ BİNALARDAKİ KONFOR KOŞULLARINA ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Binaların öncelikle pasif değişkenler açısından ele alınması ve tasarım aşamasında bu değişkenlere ait doğru kararların verilmesi, ısısal konfor koşullarının sağlanabilmesi için aktif sistemlere duyulan gereksinimi azaltacaktır. Bu nedenle enerji korunumu açısından binalarda, öncelikle binaya ve binanın bulunduğu yere ait iklimsel verilerin elde edilmesi ve buna bağlı olarak da tasarıma ilişkin değişkenlerin belirlenmesi söz konusudur. Bina ve hacimlerin yönlendiriliş durumu, bina formları ve dış kabuk termofiziksel özellikleri gibi değişkenlere de güneş enerjisinden yararlanma veya sakınma açısından optimal değerler kazandırılarak binanın pasif bir ısıtma sistemi şeklinde çalışması sağlanmalıdır.

Avlulu bina formu, sıcak - kuru iklim bölgesinde tercih edilmesine rağmen, gölgeli alan ve hava hareketinin birleşik etkisi yardımı ile nemin olumsuz etkilerini azaltabildiğinden sıcak – nemli iklim bölgesinde de konfor koşullarını sağlayabilecek bir bina formudur. Bu nedenle bu çalışmada, farklı avlu boyutlarına sahip binalarda, binanın yönlendiriliş durumu, havalandırma seçenekleri ve havalandırma sürelerinin binalardaki konfor koşulları üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Avlu genişliği aynı, derinliği farklı olan 6 avlulu bina formunun, avluya bakan hacminin kuzey, doğu, güney ve batıya yönlendirilmesi ve farklı havalandırma seçenekleri uygulanmasıyla toplam 144 bina enerji simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Simülasyon çalışmasında yapılan kabuller ve izlenen yol aşağıdaki gibidir.

4.1 Dış Çevreye Ait İklim Verilerinin Toplanması

Simülasyon çalışmasında yapılan bütün hesaplamalarda, geçmiş senelerde ölçülmüş olan gerçek atmosfer koşullarına ait veriler ile hazırlanan meteorolojik veri dosyası kullanılmıştır. Meteorolojik veriler Meteonorm iklim verisi elde etme programından alınan ‘tipik meteorolojik yıl’ verilerinin düzenlenmesi ile oluşturulmuştur. Simülasyon hesaplamalarında kullanılan meteorolojik veriler hava sıcaklığı, hava

hareketi hızı ve yönü, güneş ışınlamı ve bağıl nem gibi dış iklim elemanlarına ait veriler içermektedir. EnergyPlus simülasyon programında hesaplamalar için simülasyonların gerçekleştirildiği Antalya iline ait epw. (energy plus weather) formatındaki iklimsel veriler kullanılmıştır.

4.2 İç Çevreye Ait İklim Verilerinin Toplanması

Bina performansının pasif olarak değerlendirilmesi için hacimlerde ısı kaynağı olacak ve enerji harcayacak ekipman kullanılmamıştır. Böylelikle hiçbir aktif sistem öngörülmeden pasif tasarım değişkenleri için alınan kararlar doğrultusunda hacimlerde meydana gelen iç iklim elemanlarının değerleri incelenmiştir.

4.3 Sıcak-nemli İklim Bölgelerinde Avlu Boyutlarının Binalardaki Konfor Koşulları Üzerindeki Etkisinin Değerlendirilmesinde Etkili Olan Binaya İlişkin Değişkenlerin Belirlenmesi

Binaya ilişkin yapma çevre değişkenleri, iç mekanlarda oluşan hava hareketi hızı, operatif sıcaklık ve bağıl nem gibi değişkenleri dolayısıyla binalardaki konfor koşullarını etkilemektedir. Çalışmada kullanılan farklı avlu boyutlarına sahip binalarda gerçekleşen konfor koşullarının değerlendirilmesinde etkili olan yapma çevre değişkenleri aşağıda verilmiştir.

4.3.1 Binanın yerinin ve diğer binalara göre konumunun belirlenmesi

Çalışmada incelenen binalar Antalya ilinde, düz bir arazide bulunmaktadır. Hesaplamalarda bulunulan yere ait kullanılan veriler Çizelge 4.1’de gösterilmektedir. Binaların çevrelerinde, bu binalara gölge düşürecek başka bir yapı olmadığı varsayılmıştır ve EnergyPlus programında arazi yapısı kırsal bölge seçilmiştir.

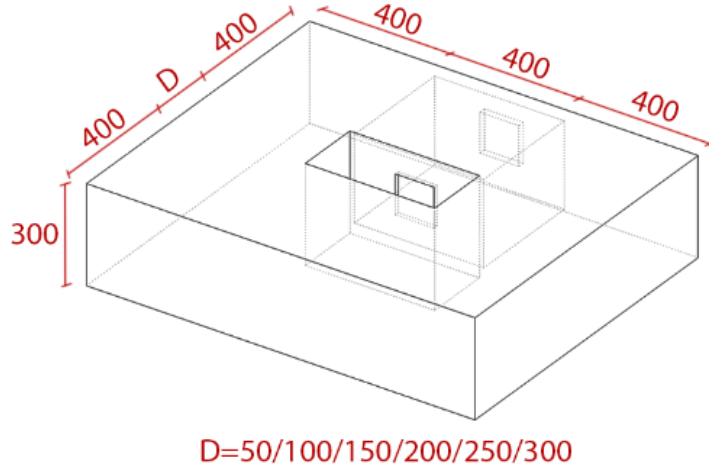
Çizelge 4.1 : Binaların bulunduğu yerin bilgileri.

İsim	Enlem	Boylam	Zaman Dilimi	Yükseklik
Antalya	36,87 (deg)	30,73 (deg)	2 (saat)	57 (m)

4.3.2 Bina formunun ve hacim organizasyonunun belirlenmesi

Değerlendirme çalışmasında avlu genişliği aynı (400 cm.) derinliği farklı olan (D = 50 cm., 100 cm., 150 cm., 200 cm., 250 cm., 300 cm.) 6 avlulu bina formu

üretilmiştir. Avluya bakan 400x400 cm. boyutlarında iç hacim her bina formunda aynıdır. Çalışma için üretilen modellerin ölçüleri Şekil 4.1’de gösterilmektedir.



Şekil 4.1 : Avlulu bina modeli boyutları (cm.).

Avluya bakan bu hacmin kuzey, doğu, güney ve batıya yönlendirilmesi ile hacimde gerçekleşen konfor koşullarındaki değişim incelenmiştir.

4.3.3 Hacimdeki havalandırma seçeneklerinin belirlenmesi

Avluya bakan ve kuzey, doğu, güney ve batıya yönlendirilen iç hacim için;

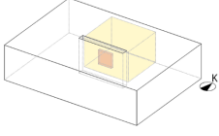
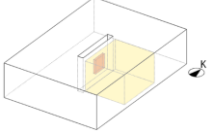
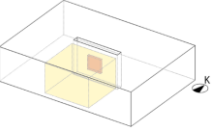
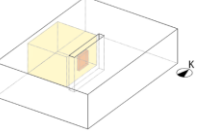
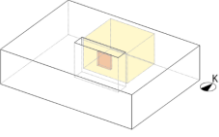
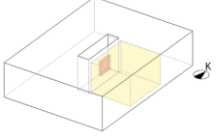
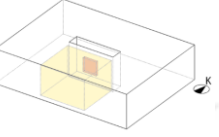
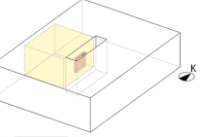
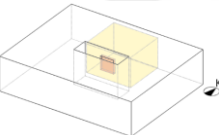
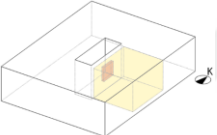
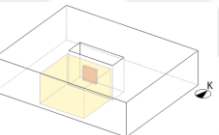
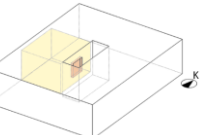
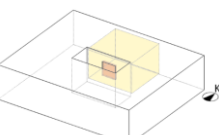
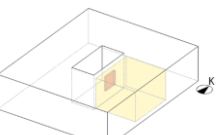
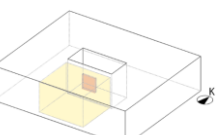
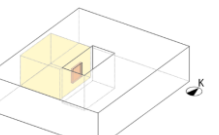
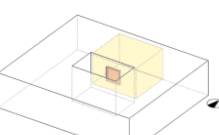
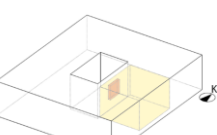
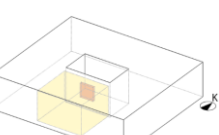
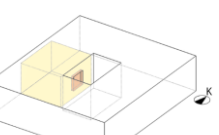
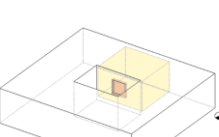
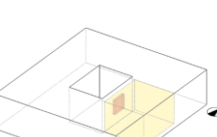
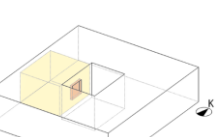
- avluya bakan duvarında tek pencere olan (tek taraflı havalandırma) ve
- avluya bakan duvarı ve karşı duvarında yer alan iki penceresi olan (çapraz havalandırma)

şeklinde 2 farklı havalandırma seçeneği üretilmiştir. Tek taraflı havalandırma (T) ve çapraz havalandırma (Ç) seçenekleri 6 farklı avlu boyutu ve bütün yönlendiriliş durumları (G, B, K, D) için değerlendirilmiştir. Çalışma için üretilen bina formları, yönlendiriliş ve havalandırma durumları Çizelge 4.2 ve 4.3’te gösterilmektedir.

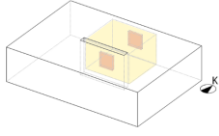
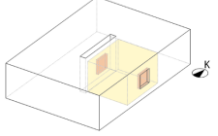
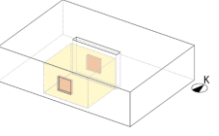
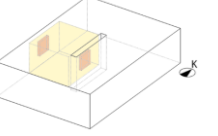
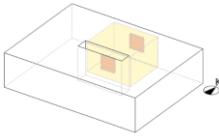
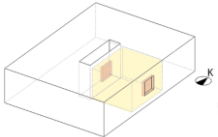
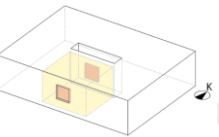
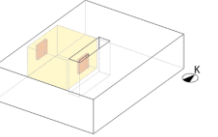
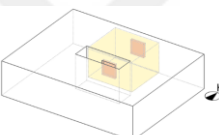
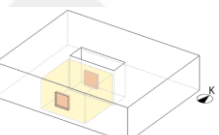
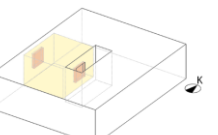
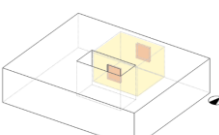
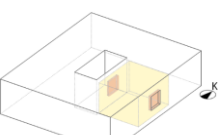
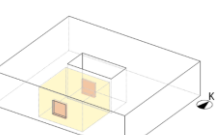
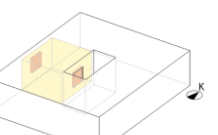
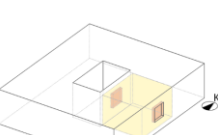
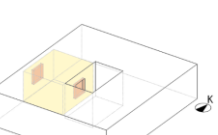
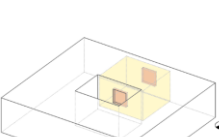
4.3.4 Havalandırma sürelerinin belirlenmesi

Çalışmada hem tek taraflı hem de çapraz havalandırma için pencerelerin bütün gün açık olduğu, bütün gün kapalı olduğu ve gün içinde kapalı gece açık olduğu 3 farklı havalandırma süresi seçeneği kabul edilmiştir. Çizelge 4.2 ve 4.3’te belirlenmiş olan 48 farklı durum için 3 farklı havalandırma süresi uygulanarak toplam 144 simülasyon gerçekleştirilmiştir. EnergyPlus programında 3 farklı havalandırma süresi seçeneği için oluşturulan günlük havalandırma programı Çizelge 4.4’te verilmiştir.

Çizelge 4.2 : Tek taraflı havalandırma için üretilen avlulu bina modelleri.

Avlu Derinliği (cm.)	Güney	Batı	Kuzey	Doğu
50	 T_50_G	 T_50_B	 T_50_K	 T_50_D
100	 T_100_G	 T_100_B	 T_100_K	 T_100_D
150	 T_150_G	 T_150_B	 T_150_K	 T_150_D
200	 T_200_G	 T_200_B	 T_200_K	 T_200_D
250	 T_250_G	 T_250_B	 T_250_K	 T_250_D
300	 T_300_G	 T_300_B	 T_300_K	 T_300_D

Çizelge 4.3 : Çapraz havalandırma için üretilen avlulu bina modelleri.

Avlu Derinliği (cm.)	Güney	Batı	Kuzey	Doğu
50	 C_50_G	 C_50_B	 C_50_K	 C_50_D
100	 C_100_G	 C_100_B	 C_100_K	 C_100_D
150	 C_150_G	 C_150_B	 C_150_K	 C_150_D
200	 C_200_G	 C_200_B	 C_200_K	 C_200_D
250	 C_250_G	 C_250_B	 C_250_K	 C_250_D
300	 C_300_G	 C_300_B	 C_300_K	 C_300_D

Çizelge 4.4 : Tek taraflı ve çapraz havalandırma için günlük havalandırma programı.

AÇIK	00:00 – 24:00	1
KAPALI	00:00 – 24:00	0
GECE HAVALANDIRMASI	00:00 – 09:00	1
	09:00 – 21:00	0
	21:00 – 24:00	1

4.3.5 Binanın fonksiyonuna bağlı olarak binaya ilişkin kullanım sürelerinin belirlenmesi

Binanın konfor koşullarının değerlendirilmesi amacıyla bina kullanım sürelerine ilişkin kabuller aşağıdaki gibidir.

- Kullanıcı yoğunluğu hacim başına 2 kişi olarak belirlenmiştir.
- Kullanıcıların hafta içi ve hafta sonu aynı olmak üzere; 08:00 ile 19:00 saatleri arasında birinin, 19:00 ile 08:00 saatleri arasında ikisinin de hacimde bulundukları kabul edilmiştir.
- Aydınlik seviyesi her hacim için 8 W/m² olarak belirlenmiştir.
- Aydınlatmanın saat 19:00 ile 24:00 arasında yapılacağı ancak aydınlık seviyesinin bu saatler boyunca eş zamanlı olmayacağı, bu nedenle sabit kalmayacağı göz önünde bulundurularak, günlük aydınlatma programı oluşturulurken harcamalar belli bir indirgeme katsayısı ile dengelenmiştir. Bu çalışmada indirgeme katsayısı 0,5 kabul edilmiştir. 00:00 ile 19:00 saatleri arasında aktif bir aydınlatma sistemi çalışmadığı kabul edilmiştir.

4.3.6 Bina kabuğunun optik ve termofiziksel özelliklerinin belirlenmesi

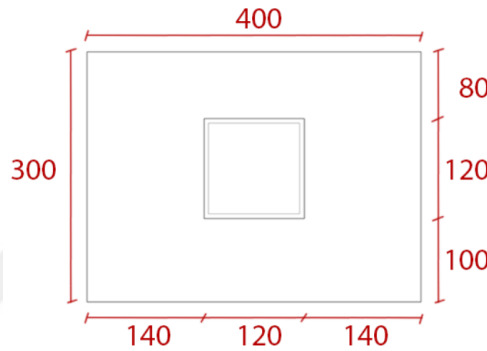
Bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri, iç hacimlerde oluşan operatif sıcaklık, bağıl nem ve hava hareketi hızı gibi iç iklimsel konfor koşullarını dolayısıyla binanın konfor koşullarını etkileyen oldukça önemli bir değişkendir. Çalışmada kullanılan bina modellerinin kabuğuna ilişkin optik ve termofiziksel özellikleri aşağıda yer almaktadır.

- Tek taraflı havalandırma yapılan modellerde iç hacmin avluya bakan cephesi 400 cm. genişliğinde 300 cm. yüksekliğindedir. Bu cephede bulunan pencerenin

genişliği ve yüksekliği 120 cm. olarak belirlenmiştir. Modelde diğer cephelerde saydam malzeme kullanılmamıştır.

- Çapraz havalandırma yapılan modellerde i hacmin avluya bakan cephesi ve karşı cephesi 400 cm. genişliğinde 300 cm. yüksekliğindedir. Bu cephelerde bulunan pencerenin genişliği ve yüksekliği 120 cm. olarak belirlenmiştir. Modelde diğer cephelerde saydam malzeme kullanılmamıştır.

Modellerde i hacmin avluya bakan cephesinde pencerenin konumu ve boyutları şekil 4.2’de gösterilmektedir.



şekil 4.2 : Avluya bakan cephede pencerenin konumu ve boyutları (cm.).

- Çalışmada oluşturulan bütün bina modellerinde, saydam bileşenin toplam ısı geçirme katsayısı $U = 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ olarak kabul edilmiştir.
- Bina modellerinin opak bileşenlerinin toplam ısı geçirme katsayıları TS-825 ‘Bina Isı Yalıtım Kuralları’ Standardında bulunulan bölgeye göre verilmiş olan sınır değerlere uygun olarak belirlenmiştir. [75]

Antalya ili (sıcak-nemli iklim bölgesi) TS-825 ‘Binalarda Isı Yalıtım Kuralları’ Standardına göre 1. Bölge Derece Gün İlleri arasında yer almaktadır. Standartta 1. bölge için tavsiye edilen maksimum Toplam Isı Geçirme Katsayısı değerleri;

- dış duvar için, $U_{\text{duvar}} = 0,66 \text{ (W/m}^2\text{K)}$,
- atı döşemesi için, $U_{\text{tavan}} = 0,43 \text{ (W/m}^2\text{K)}$,
- zemine oturan döşeme için, $U_{\text{döşeme}} = 0,66 \text{ (W/m}^2\text{K)}$ ve
- pencereler için, $U_{\text{pencere}} = 1,8 \text{ (W/m}^2\text{K)}$

olarak belirlenmiştir.

Modellerde bu sınır değerlere uygun olarak oluşturulan bina kabuğu detayları ve malzemelerin termofiziksel özellikleri izelge 4.5’te gösterilmektedir.

Çizelge 4.5 : Bina kabuğu katmanlaşma detayları.

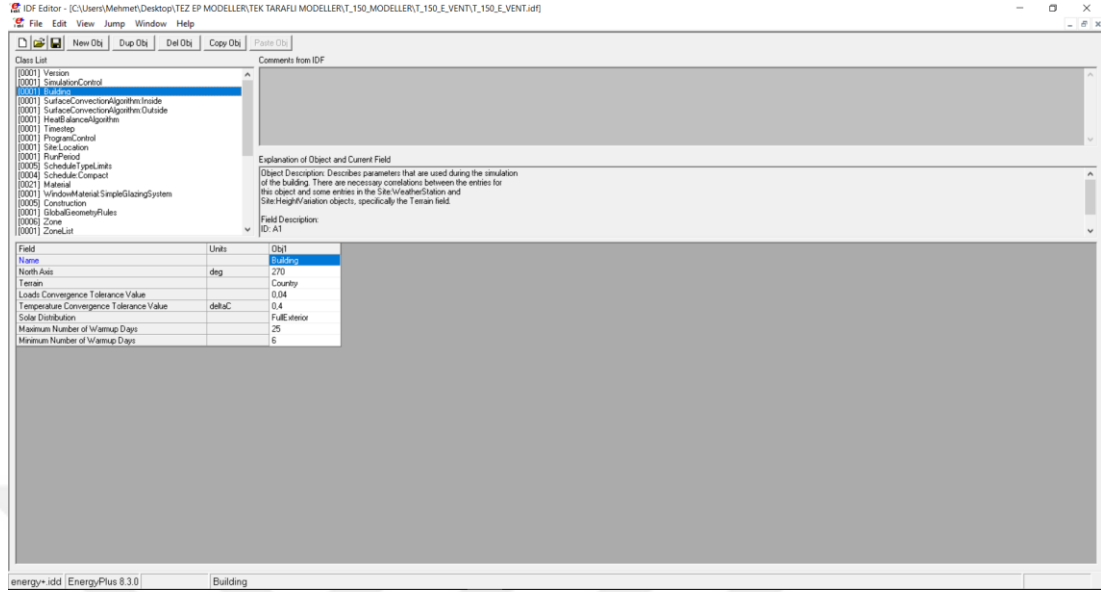
	Malzeme	Kalınlık (m)	Isı Geçirgenlik Katsayısı λ (W/mK)	Toplam Isı Geçirme Katsayısı (U değeri) (W/m ² K)
	Çimento Sıva Harcı	0,02	1	
Dış Duvar Katmanları	İzolasyon Malzemesi (XPS)	0,02	0,034	0,633
	Gazbeton Duvar Bloğu	0,19	0,29	
	Alçı Sıva	0,02	1	
	Düzeltilme Şapı	0,03	0,41	
Çatı Katmanları	İzolasyon Malzemesi (XPS)	0,06	0,034	0,399
	Betonarme Döşeme	0,12	0,25	
	Alçı Sıva	0,02	0,4	
	Düzeltilme Şapı	0,04	0,41	
Zemine Oturun Döşeme Katmanları	Betonarme Döşeme	0,25	0,25	0,646
	Tesviye Şapı	0,03	0,41	
	Zemin Kaplaması (Ahşap)	0,03	0,14	

4.4 Farklı Avlu Boyutları, Bina Yönlendiriliş Biçimi ve Havalandırma Seçeneklerine Sahip Binaların Konfor Koşullarının Değerlendirilmesi

Farklı avlu boyutlarına, bina yönlendiriliş biçimi ve havalandırma seçeneklerine sahip avlulu bina modellerinin iç konfor koşullarına ait hesaplamalar EnergyPlus 8.3.0 simülasyon programında yapılmıştır.

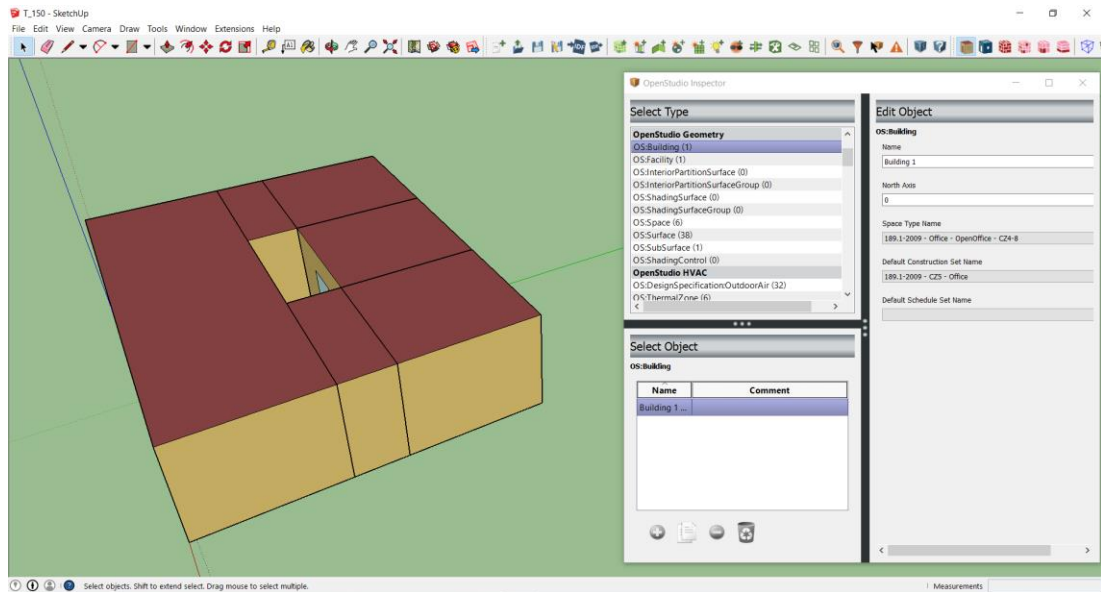
EnergyPlus programı binaların enerji simülasyonlarının yapılması için yaygın olarak kullanılan bir yazılımdır. DOE-2 ve BLAST programlarının birleştirilmesi ile ortaya çıkmıştır [79]. Program ısıtma, soğutma, aydınlatma, havalandırma ve diğer enerji akışlarına ait sistemlerin modellenbildiği yüksek hesaplama kapasiteli bir bina enerji simülasyon programıdır. Transfer fonksiyonu, sonlu farklar yöntemi ve sonlu elemanlar gibi algoritmalar kullanarak hesaplamalar yapmaktadır [80]. U.S. Department of Energy (DOE) bünyesindeki Building Technologies Office (BTO) tarafından geliştirilmiş ücretsiz ve açık kaynaklı bir programdır. Programda .idf

uzantılı (EnergyPlus Input Data File) metin dosyası IDF Editor yardımıyla düzenlenerek kullanılmaktadır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 : IDF Editor arayüzü.

EnergyPlus programında IDF-Editor ile bütün verilerin girilmesi çok uzun zaman almaktadır ve bu sebeple farklı arayüz programları geliştirilmiştir. IDF dosyasını oluşturan OpenStudio programı yaygın kullanılan arayüz programlarından biridir. Program 3 boyutlu modelleme programlarından SketchUp programına eklenti olarak eklenebilmektedir (Şekil 4.4). Bu çalışmada SketchUp programında OpenStudio eklentisiyle modeller oluşturulduktan sonra IDF-Editor'a aktarılmıştır. IDF-Editor'da veriler düzenlenmiş ve EnergyPlus ile bina enerji simülasyonları gerçekleştirilmiştir.

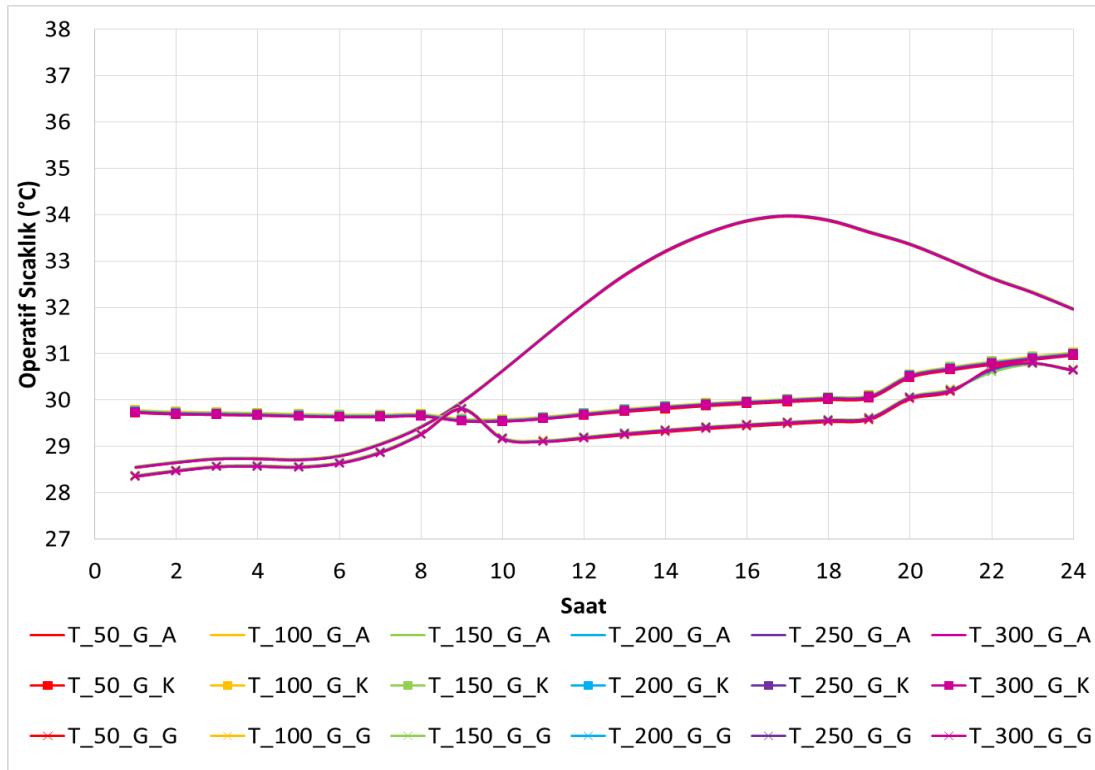


Şekil 4.4 : SketchUp ve OpenStudio eklentisinin arayüzü.

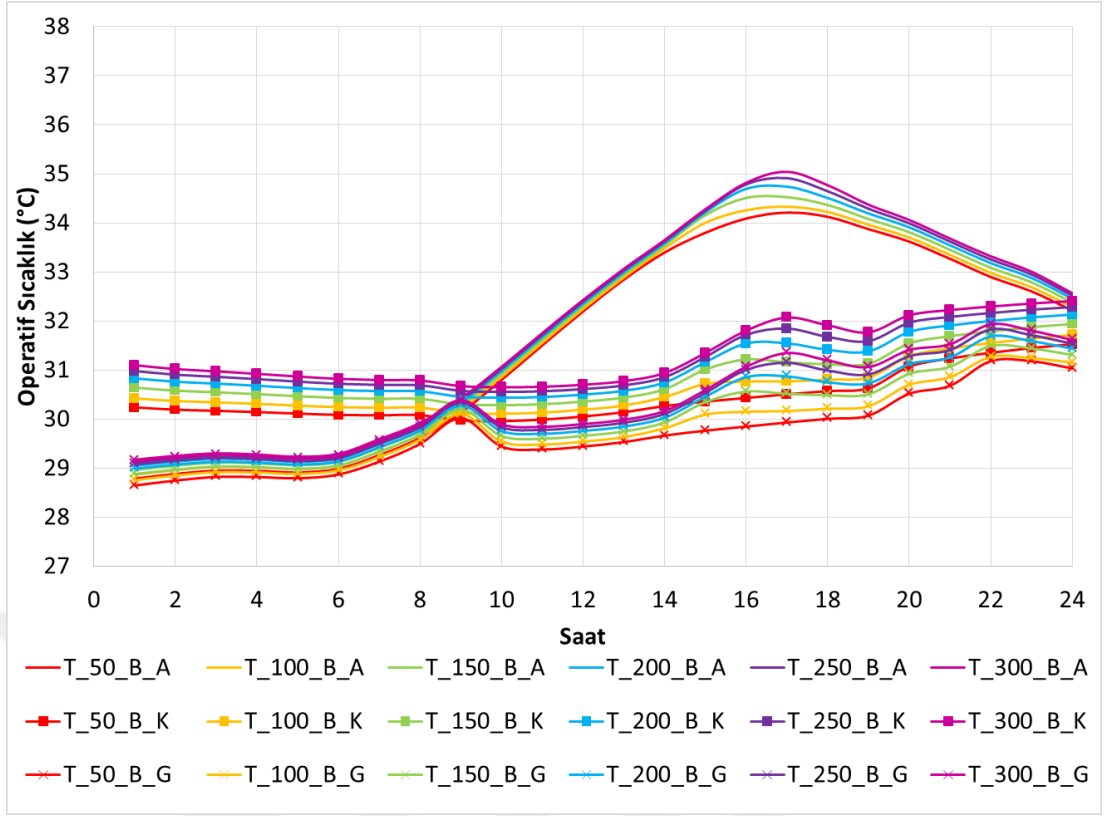
Farklı avlu boyutlarına sahip modellerin simülasyonları, yılın en sıcak gününü temsil eden 21 Temmuz için gerçekleştirilmiştir. Ancak hesaplamalar, 21 Temmuz gününden 3 gün önce ve 3 gün sonrasını da kapsayacak şekilde 7 gün için yapılmıştır. Böylece 21 Temmuz günü için iç ortamda oluşan konfor koşullarına ilişkin daha gerçekçi sonuçlar elde etmek olanaklı olmuştur. EnergyPlus programı ile gerçekleştirilen hesaplamalarda sonlu farklar yöntemi ve analitik çözüm algoritmaları kullanılmıştır. Hesaplamalar sonucu iç hacme ait 21 Temmuz günü için operatif sıcaklık, bağıl nem ve güneş ışıınımı kazancı değerleri elde edilerek değerlendirilmiştir. Güneş ışıınımı kazancı değerleri direkt ve yaygın ışıınım değerlerinin toplamından oluşmaktadır.

4.4.1 Farklı avlu boyutları, bina yönlendiriliş biçimi ve havalandırma seçeneklerine sahip binaların operatif sıcaklık değerlerinin hesaplanması

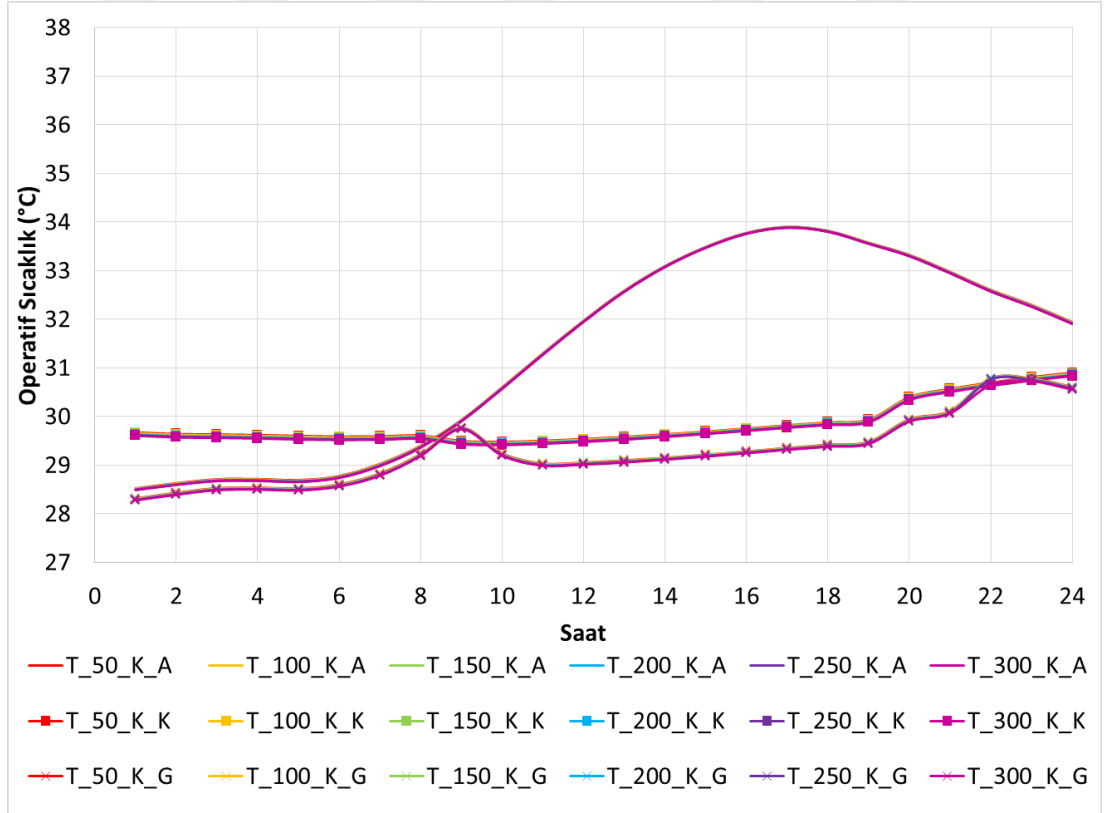
Yapılan hesaplamalar sonucu tek taraflı havalandırma yapılan hacmin avluya bakan penceresinin güney, batı, kuzey ve doğuya yönlendirildiği, pencerenin bütün gün açık olduğu (A), bütün gün kapalı olduğu (K) ve gece havalandırması (G) yapıldığı durumlarda hacimde oluşan operatif sıcaklık değerleri sırasıyla Şekil 4.5 – 4.6 – 4.7 – 4.8’ de gösterilmektedir.



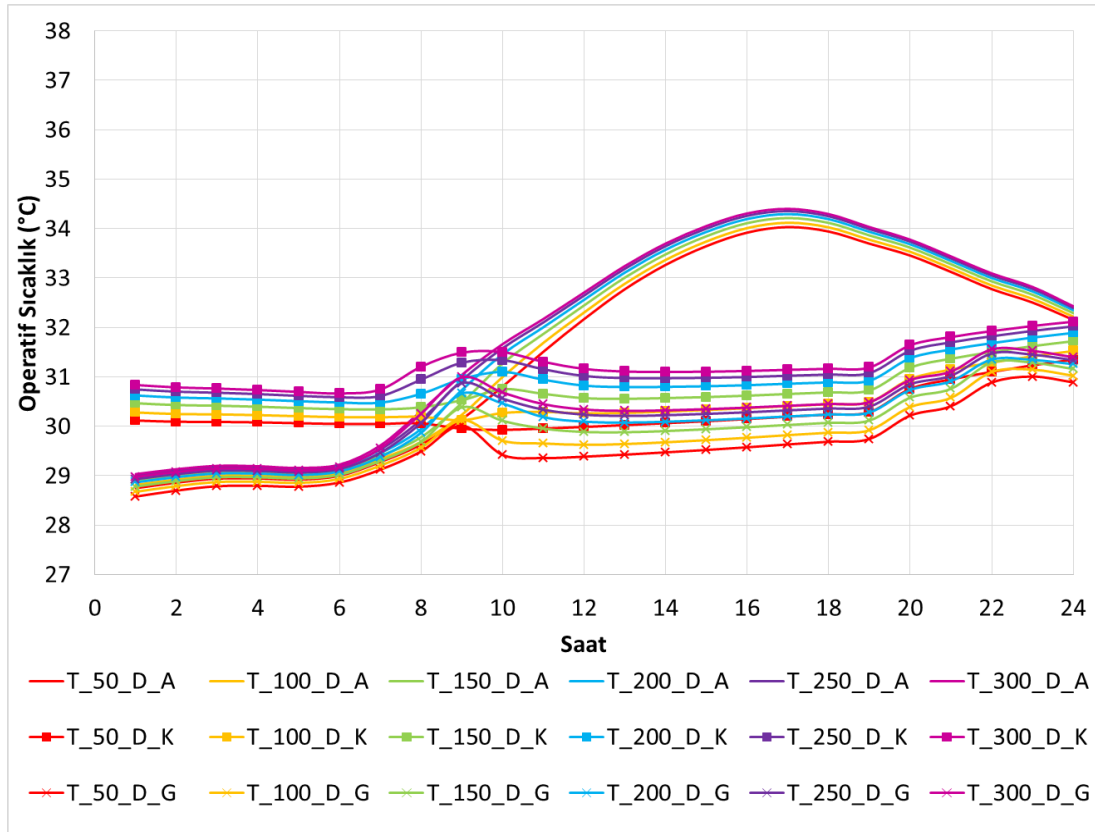
Şekil 4.5 : Tek taraflı havalandırma yapılan hacmin avluya bakan penceresinin güneye yönlendirildiği durumda hacimde oluşan operatif sıcaklık değerleri.



Şekil 4.6 : Tek taraflı havalandırma yapılan hacmin avluya bakan penceresinin batıya yönlendirildiği durumda hacimde oluşan operatif sıcaklık değerleri.



Şekil 4.7 : Tek taraflı havalandırma yapılan hacmin avluya bakan penceresinin kuzeye yönlendirildiği durumda hacimde oluşan operatif sıcaklık değerleri.



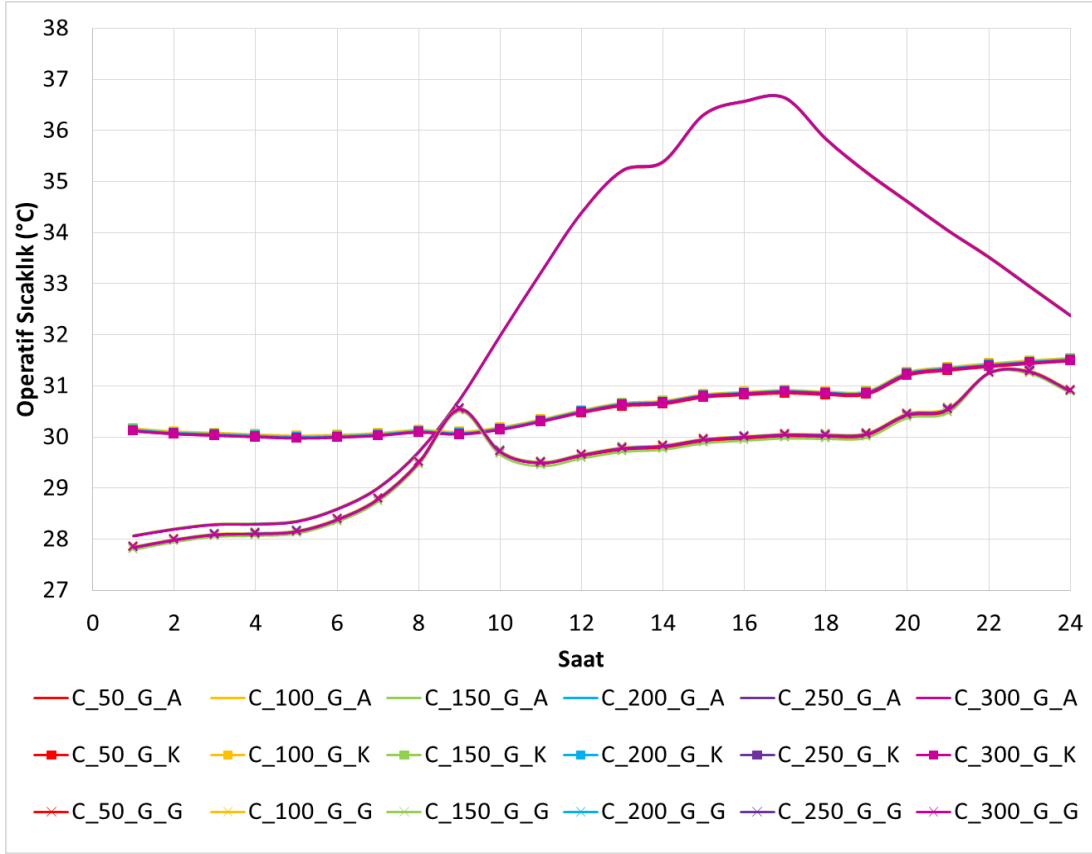
Şekil 4.8 : Tek taraflı havalandırma yapılan hacmin avluya bakan penceresinin doğuya yönlendirildiği durumda hacimde oluşan operatif sıcaklık değerleri.

Farklı avlu boyutlarına, farklı bina yönlendiriliş biçimine ve farklı havalandırma sürelerine sahip tek taraflı havalandırma yapılan hacimlerin operatif sıcaklıkları değerlendirildiğinde (Şekil 4.5 - 4.6 – 4.7 – 4.8);

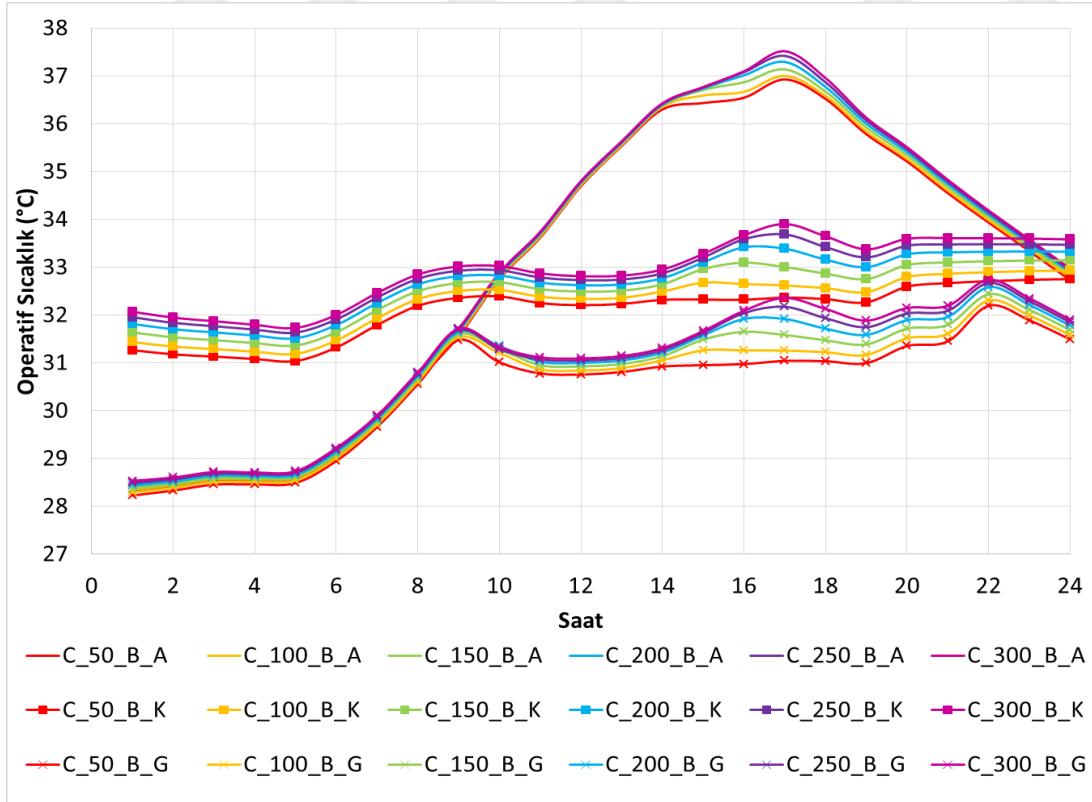
- Avlu derinliği değiştiğinde, avluya bakan pencerenin güney ve kuzeye yönlendirildiği durumlarda hacimde oluşan operatif sıcaklık değerleri tüm havalandırma seçenekleri ayrı ayrı ele alındığında kendi içinde benzerlik göstermektedir.
- Avlu derinliği değiştiğinde, avluya bakan pencerenin doğu ve batıya yönlendirildiği durumlarda hacimde oluşan operatif sıcaklık değerleri tüm havalandırma seçenekleri ayrı ayrı ele alındığında kendi içinde benzerlik göstermektedir.
- Hacmin avlu penceresi güneye ve kuzeye yönlendirildiğinde, tüm havalandırma seçenekleri için avlu derinliği arttıkça operatif sıcaklıklar aynı kalmıştır. Hacmin avlu penceresi doğu ve batıya yönlendirildiğinde ise, tüm havalandırma seçenekleri için avlu derinliği arttıkça operatif sıcaklıklar artmıştır.

- Hacmin avluya bakan penceresi güney, batı, kuzey ve doğuya yönlendirildiğinde hacimde oluşan en düşük operatif sıcaklık değerleri, pencerenin batı ve doğuya yönlendirildiği, avlu derinliğinin 50 cm. olduğu ve gece havalandırması yapılan (T_50_B_G, T_50_D_G) seçeneklerde gerçekleşmektedir.
- Pencerelelerin bütün gün kapalı olduğu seçeneklerde güneş ışıını etkisiyle, avluya bakan pencerenin doğuya yönlendirildiği hacimlerde saat 09.00'da, avluya bakan pencerenin batıya yönlendirildiği hacimlerde ise saat 17.00'da daha yüksek operatif sıcaklık değerleri elde edilmiştir.
- Avluya bakan pencerenin doğuya ve batıya yönlendirilmesi halinde pencerenin kuzeye ve güneye yönlendirilmesinden daha yüksek operatif sıcaklık değerleri elde edilmiştir.
- Avluya bakan hacmin penceresi aynı yöne yönlendirildiği ve aynı avlu derinliğine sahip hacimler kendi içinde havalandırma süresi seçeneklerine göre değerlendirildiğinde; en düşük operatif sıcaklık değerleri gece havalandırması yapılan hacimlerde, en yüksek operatif sıcaklık değerleri ise pencerenin bütün gün açık olduğu hacimlerde oluşmaktadır.
- Avluya bakan hacmin penceresinin batı ve doğuya yönlendirilmesi halinde; pencerelerin bütün gün kapalı ve avlu derinliğinin 50 cm. olduğu (T_50_B_K, T_50_D_K) hacimlerde, gece havalandırması yapılan ve avlu derinliğinin 200 cm. ve daha fazla olduğu (T_200_B_G, T_200_D_G, T_250_B_G, T_250_D_G, T_300_B_G, T_300_D_G) hacimlerden daha düşük operatif sıcaklık değerleri elde edilmiştir.
- Avluya bakan hacmin penceresinin batı ve doğuya yönlendirilmesi halinde; avlu derinliğinin 100 cm. olduğu ve pencerelerin bütün gün kapalı olduğu (T_100_B_K, T_100_D_K) durumlarda ve gece havalandırmasının olduğu ve avlu derinliğinin 100 cm. olduğu (T_100_B_G, T_100_D_G) durumlarda hacimde oluşan operatif sıcaklık değerleri ayrı ayrı ele alındığında kendi içinde benzerlik göstermektedir.

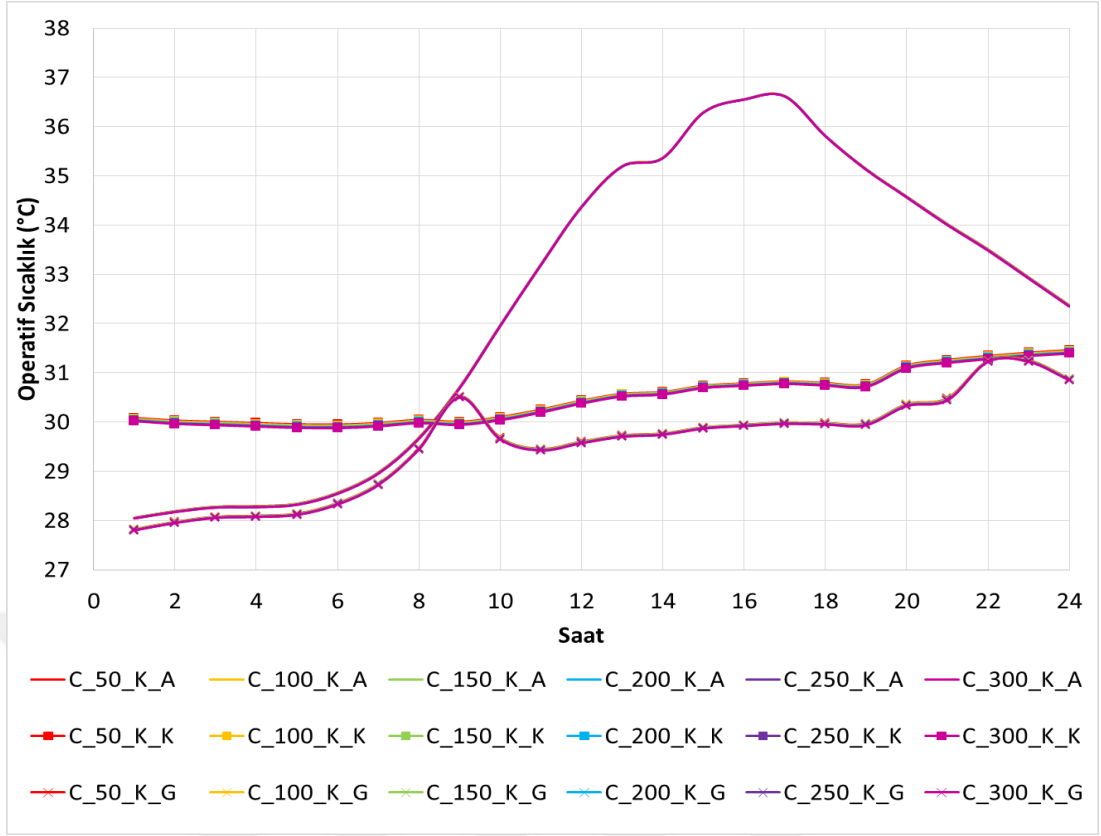
Yapılan hesaplamalar sonucu “çapraz havalandırma” yapılan hacmin avluya bakan penceresinin güney, batı, kuzey ve doğuya yönlendirildiği ve pencerenin bütün gün açık olduğu (A), bütün gün kapalı olduğu (K) ve gece havalandırması (G) yapıldığı durumlarda hacimde oluşan operatif sıcaklık değerleri sırasıyla Şekil 4.9 - 4.10 – 4.11 – 4.12’ de gösterilmektedir.



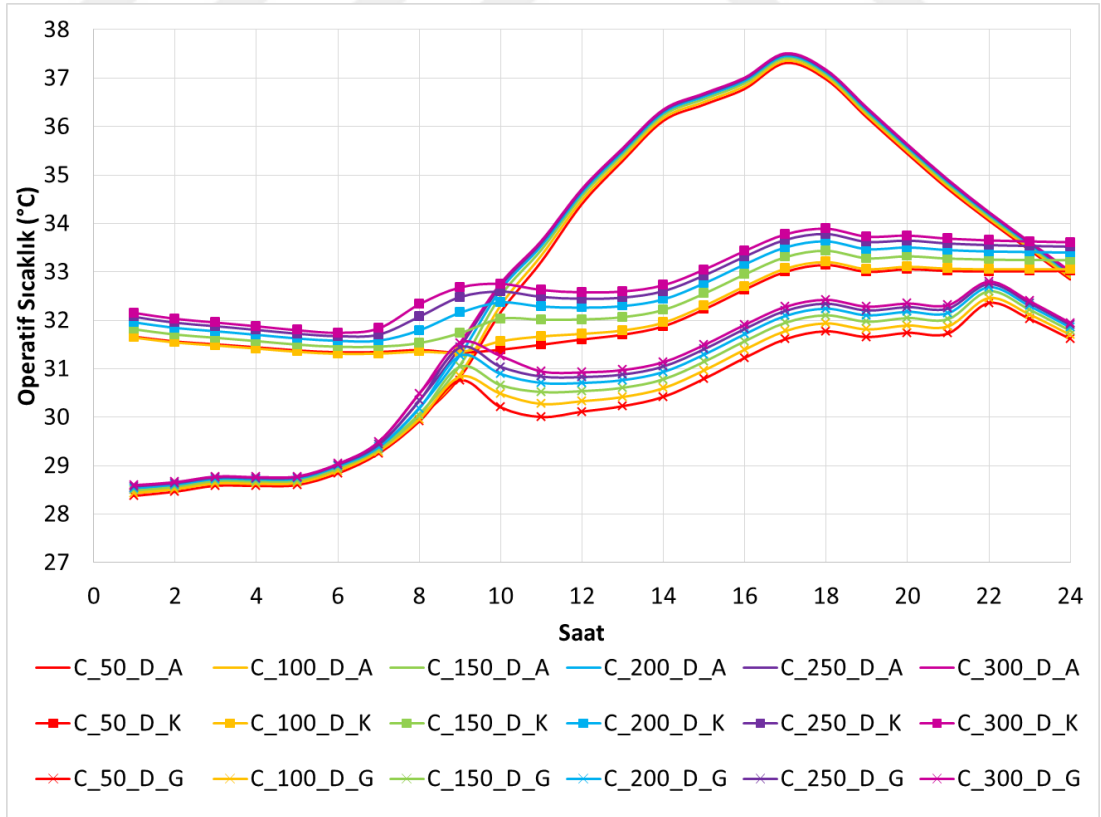
Şekil 4.9 : Çapraz havalandırma yapılan hacmin avluya bakan penceresinin güneye yönlendirildiği durumda hacimde oluşan operatif sıcaklık değerleri.



Şekil 4.10 : Çapraz havalandırma yapılan hacmin avluya bakan penceresinin batıya yönlendirildiği durumda hacimde oluşan operatif sıcaklık değerleri.



Şekil 4.11 : Çapraz havalandırma yapılan hacmin avluya bakan penceresinin kuzeye yönlendirildiği durumda hacimde oluşan operatif sıcaklık değerleri.



Şekil 4.12 : Çapraz havalandırma yapılan hacmin avluya bakan penceresinin doğuya yönlendirildiği durumda hacimde oluşan operatif sıcaklık değerleri.

Farklı avlu boyutlarına, farklı bina yönlendiriliş biçimine ve farklı havalandırma sürelerine sahip “çapraz havalandırma” yapılan hacimlerin operatif sıcaklıkları değerlendirildiğinde (Şekil 4.9 – 4.10 – 4.11 – 4.12);

- Avlu derinliği değiştiğinde, avluya bakan pencerenin güney ve kuzeye yönlendirildiği durumlarda hacimde oluşan operatif sıcaklık değerleri tüm havalandırma seçenekleri ayrı ayrı ele alındığında kendi içinde benzerlik göstermektedir.

- Avlu derinliği değiştiğinde, avluya bakan pencerenin doğu ve batıya yönlendirildiği durumlarda hacimde oluşan operatif sıcaklık değerleri tüm havalandırma seçenekleri ayrı ayrı ele alındığında kendi içinde benzerlik göstermektedir.

- Aynı avlu derinliği ve havalandırma sürelerine sahip hacimlerde avluya bakan hacmin penceresinin doğuya ve batıya yönlendirilmesi halinde pencerenin kuzeye ve güneye yönlendirilmesinden daha yüksek operatif sıcaklık değerleri elde edilmiştir.

- Yönlere bağlı olarak bir karşılaştırma yapıldığında; avlu penceresi batıya yönlendirildiğinde gece havalandırması yapılmış olsa dahi, avlu penceresinin kuzeye veya güneye yönlendirildiği ve pencerelerin bütün gün kapalı olduğu tüm seçeneklerde saat 07:00 – 24:00 arasında daha düşük operatif sıcaklık değerleri elde edilmiştir.

- Avluya bakan hacmin penceresi aynı yöne yönlendirildiği ve aynı avlu derinliğine sahip hacimler kendi içinde havalandırma süresi seçeneklerine göre değerlendirildiğinde;

- en düşük operatif sıcaklık değerleri gece havalandırması yapılan hacimlerde,

- en yüksek operatif sıcaklık değerleri ise pencerenin bütün gün açık olduğu hacimlerde oluşmaktadır.

- Avluya bakan hacmin penceresinin batıya ve doğuya yönlendirildiği durumda, pencerelerin bütün gün açık olduğu, pencerelerin bütün gün kapalı olduğu ve gece havalandırması yapılan hacimlerin hepsinde avlu derinliği arttıkça hacimde oluşan operatif sıcaklık değerleri yükselmektedir.

- Çapraz havalandırma yapılan hacimler içinde en düşük operatif sıcaklık değerlerini gerçekleştiren seçenek;

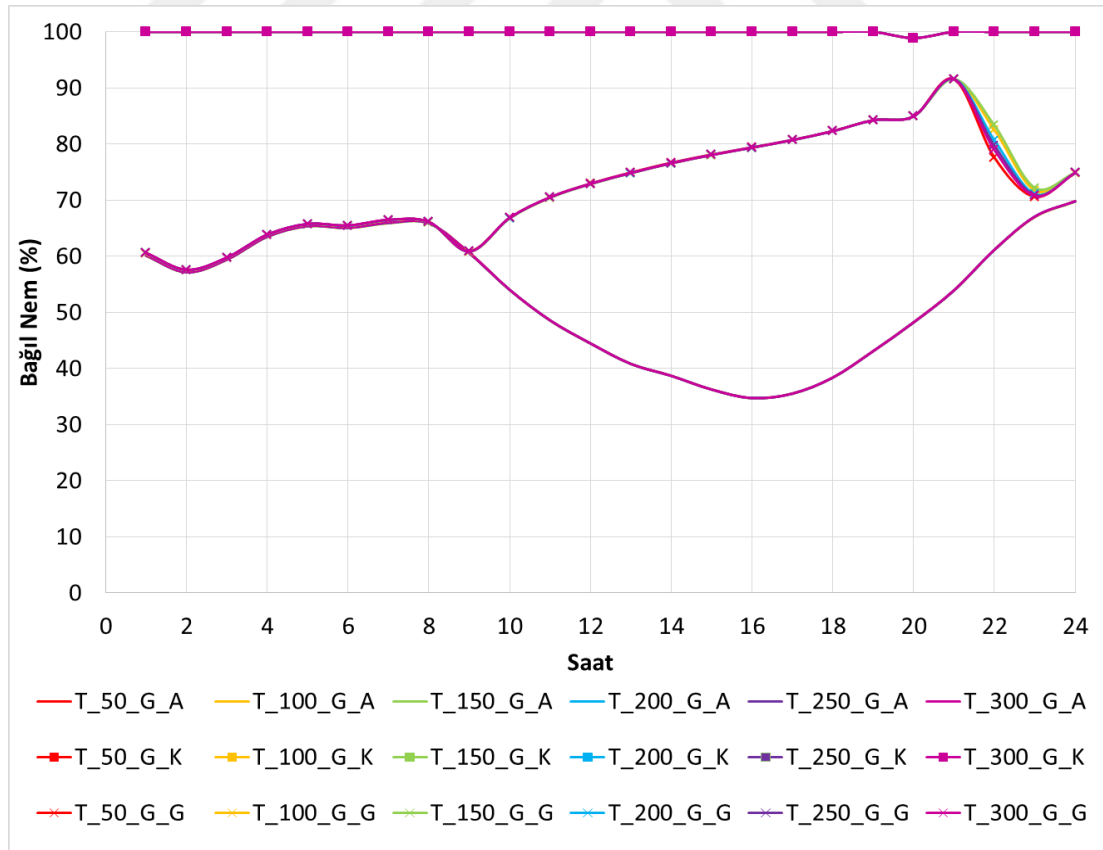
- avluya bakan hacmin penceresinin kuzeye yönlendirildiği, avlu derinliğinin 300 cm. olduğu ve gece havalandırması yapılan (C_300_K_G) seçenektir.

• Çapraz havalandırma yapılan hacimler içinde en yüksek operatif sıcaklık değerlerini gerçekleştiren seçenek ise;

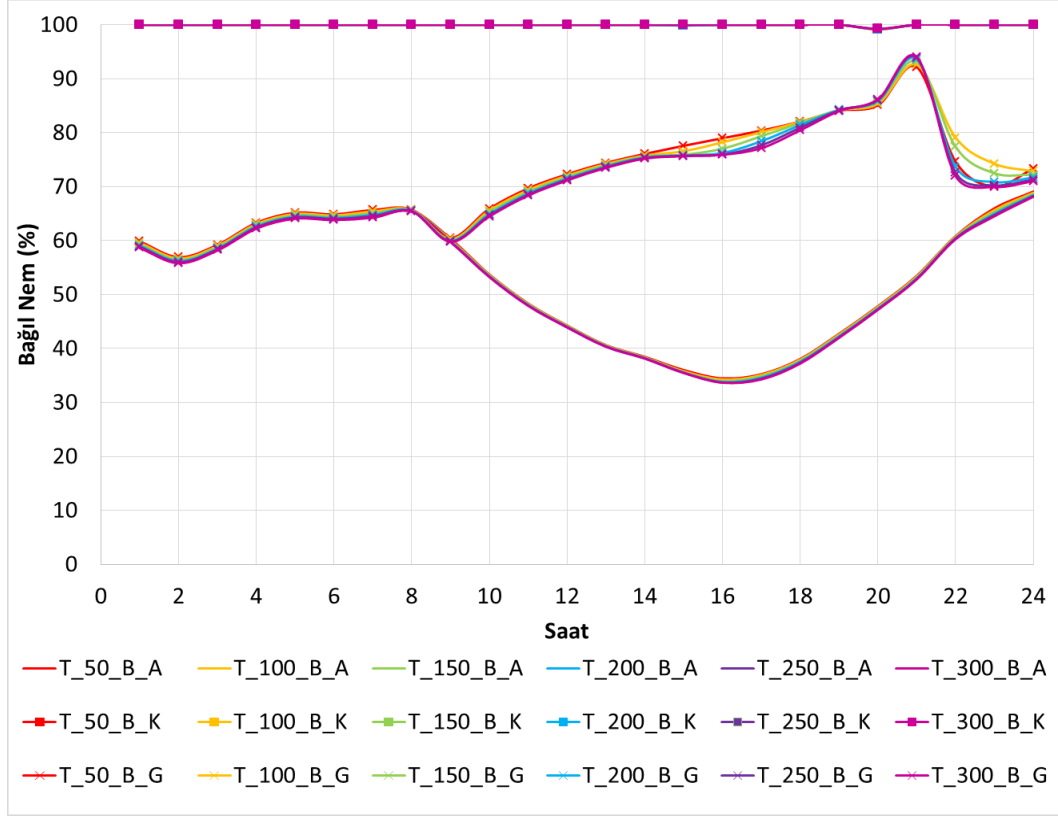
- avluya bakan hacmin penceresinin batı ve doğuya yönlendirildiği, avlu derinliğinin 300 cm. olduğu ve pencerelerin bütün gün açık olduğu (C_300_B_A, C_300_D_A) seçeneklerdir.

4.4.2 Farklı avlu boyutları, bina yönlendiriliş biçimi ve havalandırma seçeneklerine sahip binaların bağıl nem değerlerinin hesaplanması

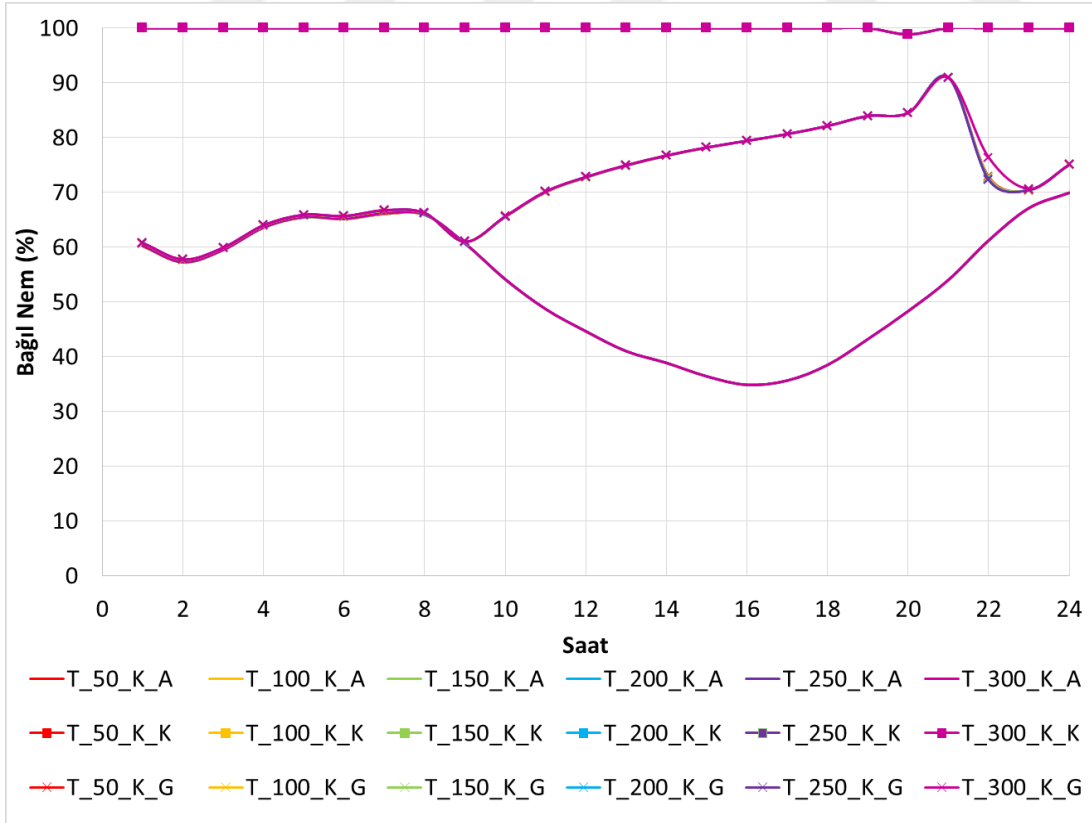
Yapılan hesaplamalar sonucu “tek taraflı havalandırma” yapılan hacmin avluya bakan penceresi güney, batı, kuzey ve doğuya yönlendirildiğinde, pencerenin bütün gün açık olduğu (A), bütün gün kapalı olduğu (K) ve gece havalandırması (G) yapıldığı durumlarda hacimde oluşan bağıl nem değerleri sırasıyla Şekil 4.13 – 4.14 – 4.15 – 4.16’ da gösterilmektedir.



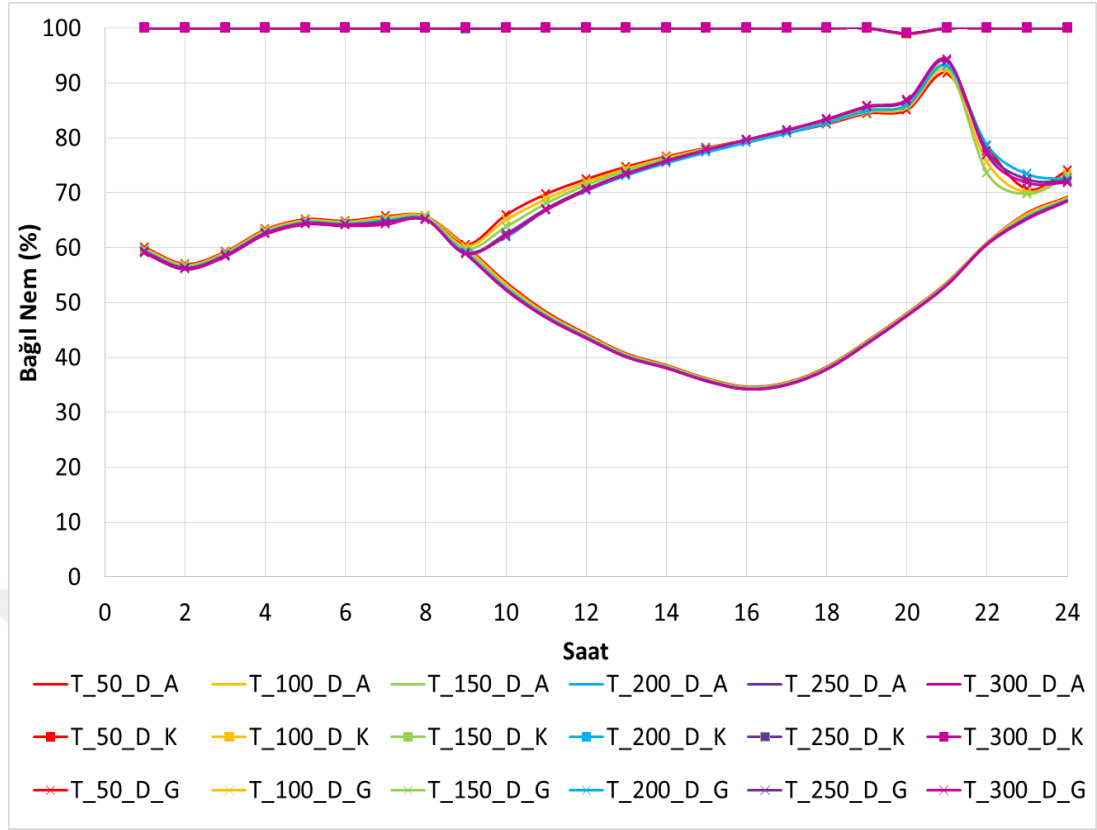
Şekil 4.13 : Tek taraflı havalandırma yapılan hacmin avluya bakan penceresinin güneye yönlendirildiği durumda hacimde oluşan bağıl nem değerleri.



Şekil 4.14 : Tek taraflı havalandırma yapılan hacmin avluya bakan penceresinin batıya yönlendirildiği durumda hacimde oluşan bağıl nem değerleri.



Şekil 4.15 : Tek taraflı havalandırma yapılan hacmin avluya bakan penceresinin kuzeye yönlendirildiği durumda hacimde oluşan bağıl nem değerleri.



Şekil 4.16 : Tek taraflı havalandırma yapılan hacmin avluya bakan penceresinin doğuya yönlendirildiği durumda hacimde oluşan bağıl nem değerleri.

Farklı avlu boyutlarına, farklı bina yönlendiriliş biçimine ve farklı havalandırma sürelerine sahip “tek taraflı havalandırma” yapılan hacimlerin bağıl nem değerleri değerlendirildiğinde (Şekil 4.13 – 4.14 – 4.15 – 4.16);

- Avlu derinliği değiştiğinde, avluya bakan pencerenin güney ve kuzeye yönlendirildiği durumlarda tek taraflı havalandırma yapılan hacimde oluşan bağıl nem değerleri tüm havalandırma süreleri ayrı ayrı ele alındığında kendi içinde benzerlik göstermektedir.
- Avluya bakan pencerenin doğuya ve batıya yönlendirildiği hacimlerde ise pencerenin bütün gün açık olduğu ve pencerenin bütün gün kapalı olduğu seçeneklerde benzer eğilim devam etmekte ancak gece havalandırmasının yapıldığı seçenekte avlu derinliği değiştiğinde hacimde oluşan bağıl nem değerleri küçük de olsa değişim (doğuya yönlendirilen hacimde %0,9, batıya yönlendirilen hacimde %1,8) göstermektedir.
- Avluya bakan hacmin penceresi aynı yöne yönlendirildiği ve aynı avlu derinliğine sahip hacimler kendi içinde havalandırma süresi seçeneklerine göre

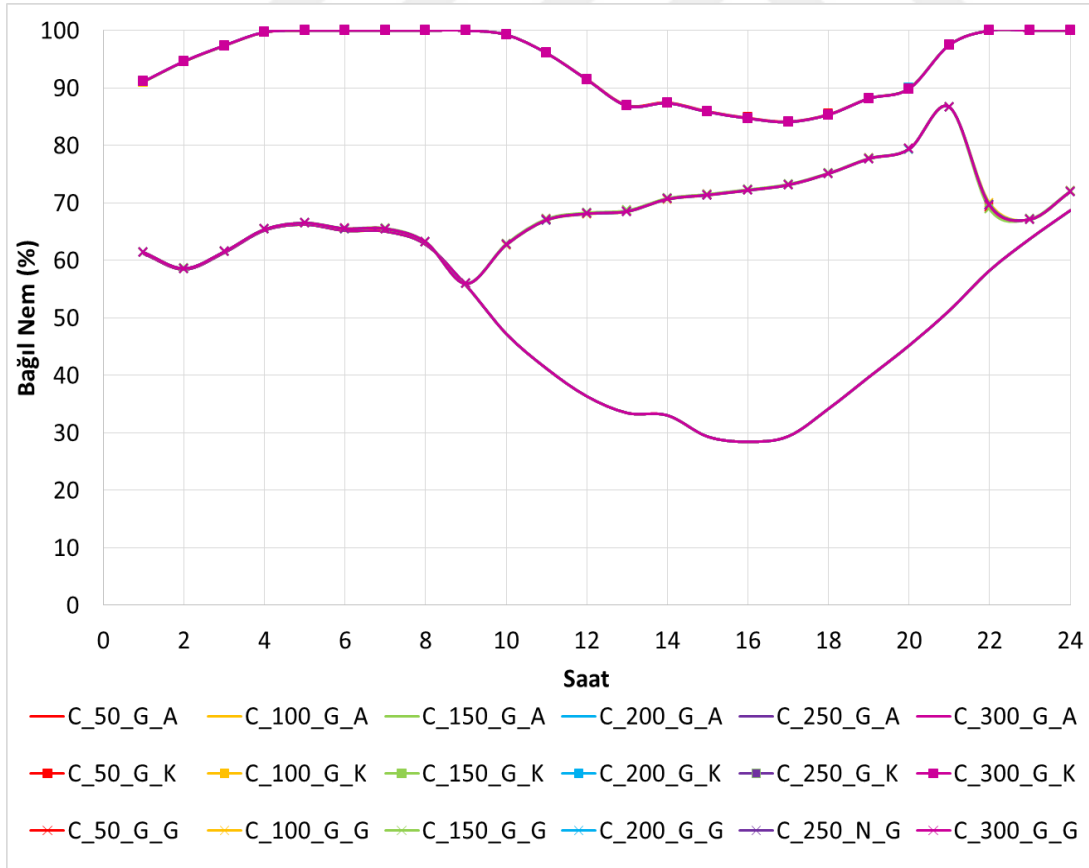
değerlendirildiğinde; hacimde oluşan bağıl nem değerleri, pencerelerin bütün gün açık olduğu seçeneklerde en düşük, pencerelerin bütün gün kapalı olduğu hacimlerde ise en yüksek olmaktadır.

- Gece havalandırması yapılan hacimlerde tüm yönlendirmeler için en yüksek bağıl nem değerleri;

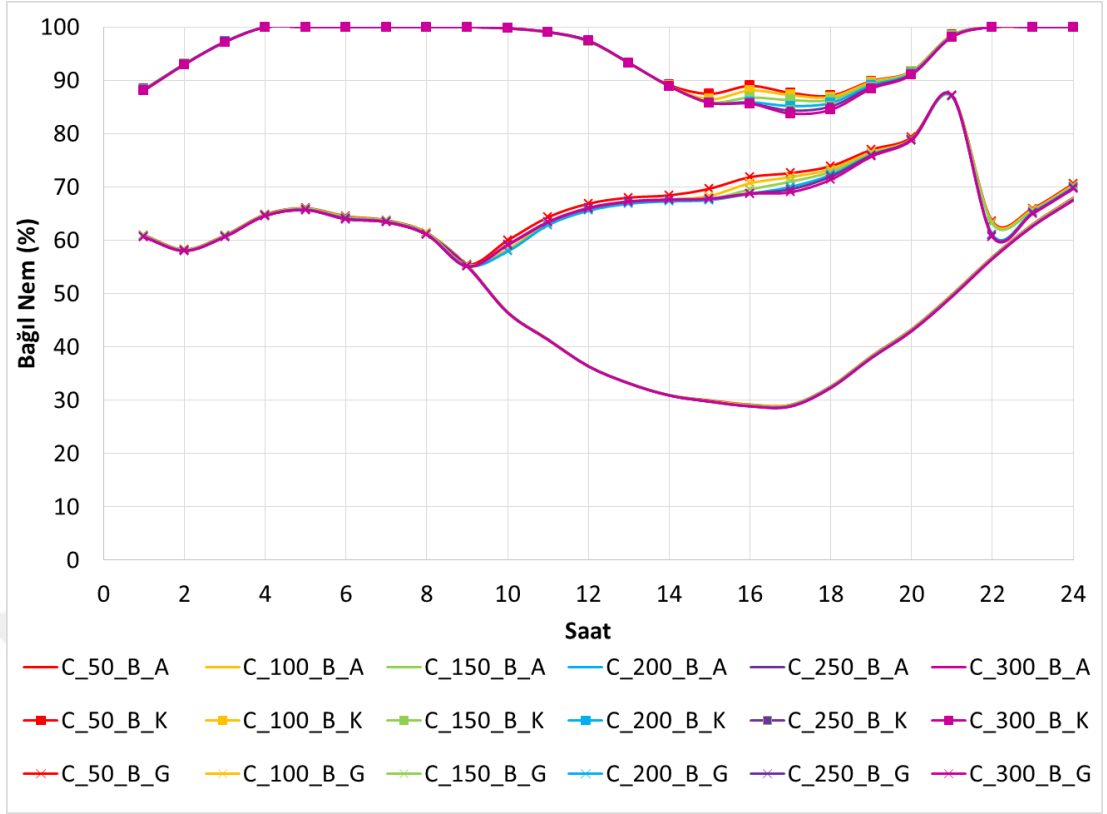
- saat 16:00 ile 22:00 saatleri arasında avlu duvar mesafesinin 300 cm. olduğu (T_300_G_G, T_300_B_G, T_300_K_G, T_300_D_G) durumda,

- diğer saatlerde ise avlu duvar mesafesinin 50 cm. olduğu (T_50_G_G, T_50_B_G, T_50_K_G, T_50_D_G) durumda gerçekleşmektedir.

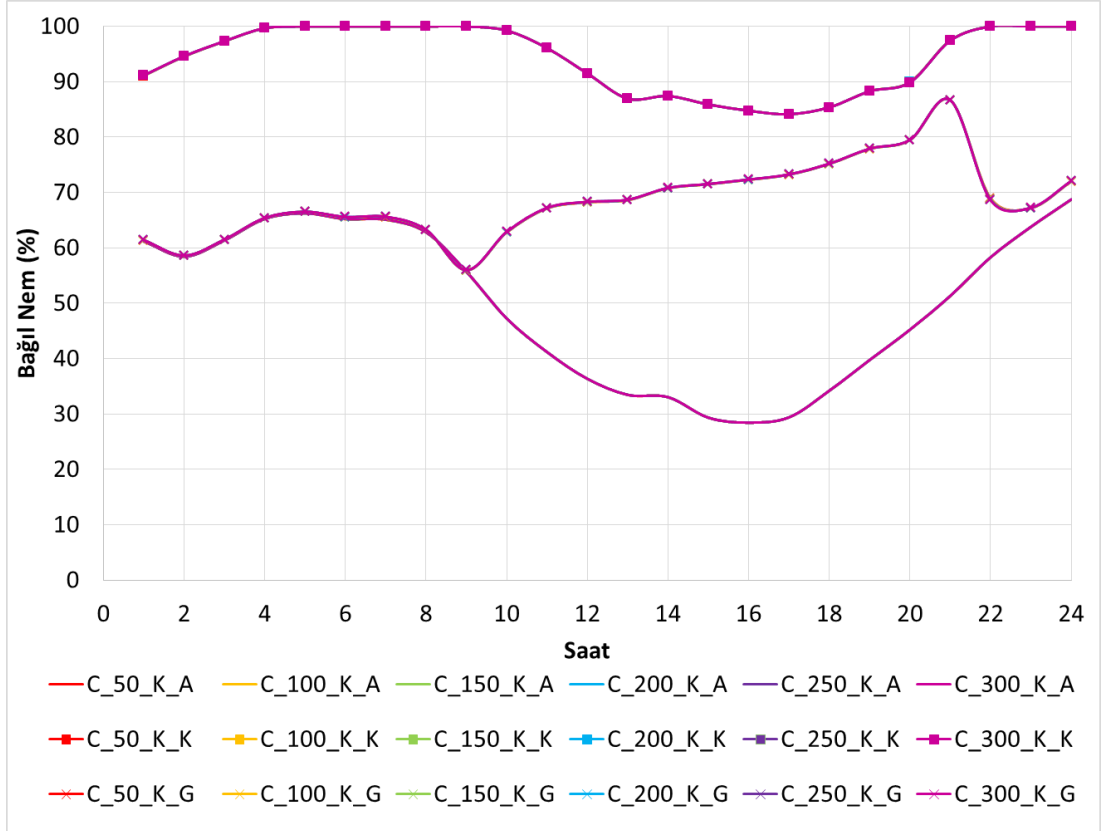
Yapılan hesaplamalar sonucu “çapraz havalandırma” yapılan hacmin avluya bakan penceresi güney, batı, kuzey ve doğuya yönlendirildiğinde, pencerenin bütün gün açık olduğu (A), bütün gün kapalı olduğu (K) ve gece havalandırması (G) yapıldığı durumlarda hacimde oluşan bağıl nem değerleri sırasıyla Şekil 4.17 – 4.18 – 4.19 – 4.20’ de gösterilmektedir.



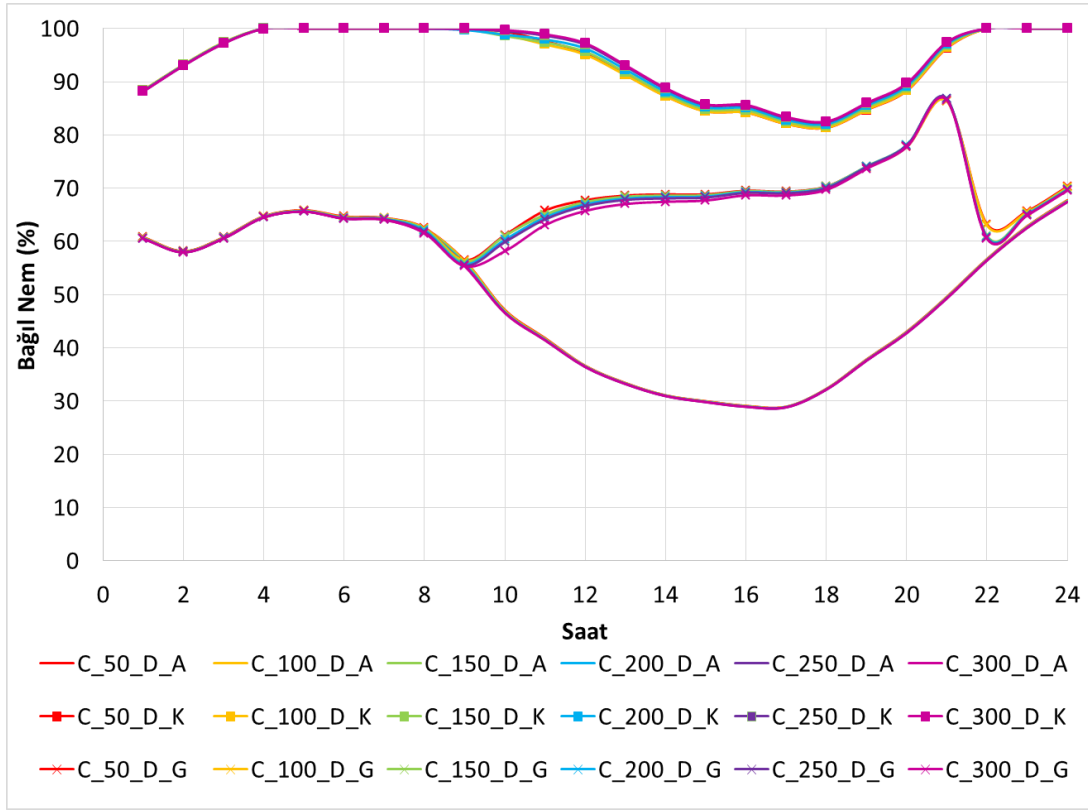
Şekil 4.17 : Çapraz havalandırma yapılan hacmin avluya bakan penceresinin güneye yönlendirildiği durumda hacimde oluşan bağıl nem değerleri.



Şekil 4.18 : Çapraz havalandırma yapılan hacmin avluya bakan penceresinin batıya yönlendirildiği durumda hacimde oluşan bağıl nem değerleri.



Şekil 4.19 : Çapraz havalandırma yapılan hacmin avluya bakan penceresinin kuzeye yönlendirildiği durumda hacimde oluşan bağıl nem değerleri.



Şekil 4.20 : Çapraz havalandırma yapılan hacmin avluya bakan penceresinin doğuya yönlendirildiği durumda hacimde oluşan bağıl nem değerleri.

Farklı avlu boyutlarına, farklı bina yönlendiriliş biçimlerine ve farklı havalandırma süresi seçeneklerine sahip “çapraz havalandırma” yapılan hacimlerin bağıl nem değerleri değerlendirildiğinde (Şekil 4.17 – 4.18 – 4.19 – 4.20);

- Avlu derinliği değiştiğinde, avluya bakan pencerenin güney ve kuzeye yönlendirildiği durumlarda çapraz havalandırma yapılan hacimde oluşan bağıl nem değerleri tüm havalandırma süresi seçenekleri ayrı ayrı ele alındığında kendi içinde benzerlik göstermektedir.
- Avluya bakan pencerenin doğuya ve batıya yönlendirildiği hacimlerde ise pencerenin bütün gün açık olduğu seçenekte benzer eğilim devam etmekte ancak pencerenin bütün gün kapalı olduğu ve gece havalandırmasının yapıldığı seçeneklerde avlu derinliği değiştiğinde hacimde oluşan bağıl nem değerleri küçük de olsa değişim (kapalı – doğuya yönlendirilen hacimde %0,7, batıya yönlendirilen hacimde %0,6, gece havalandırması – doğuya yönlendirilen hacimde %0,9, batıya yönlendirilen hacimde %1) göstermektedir.

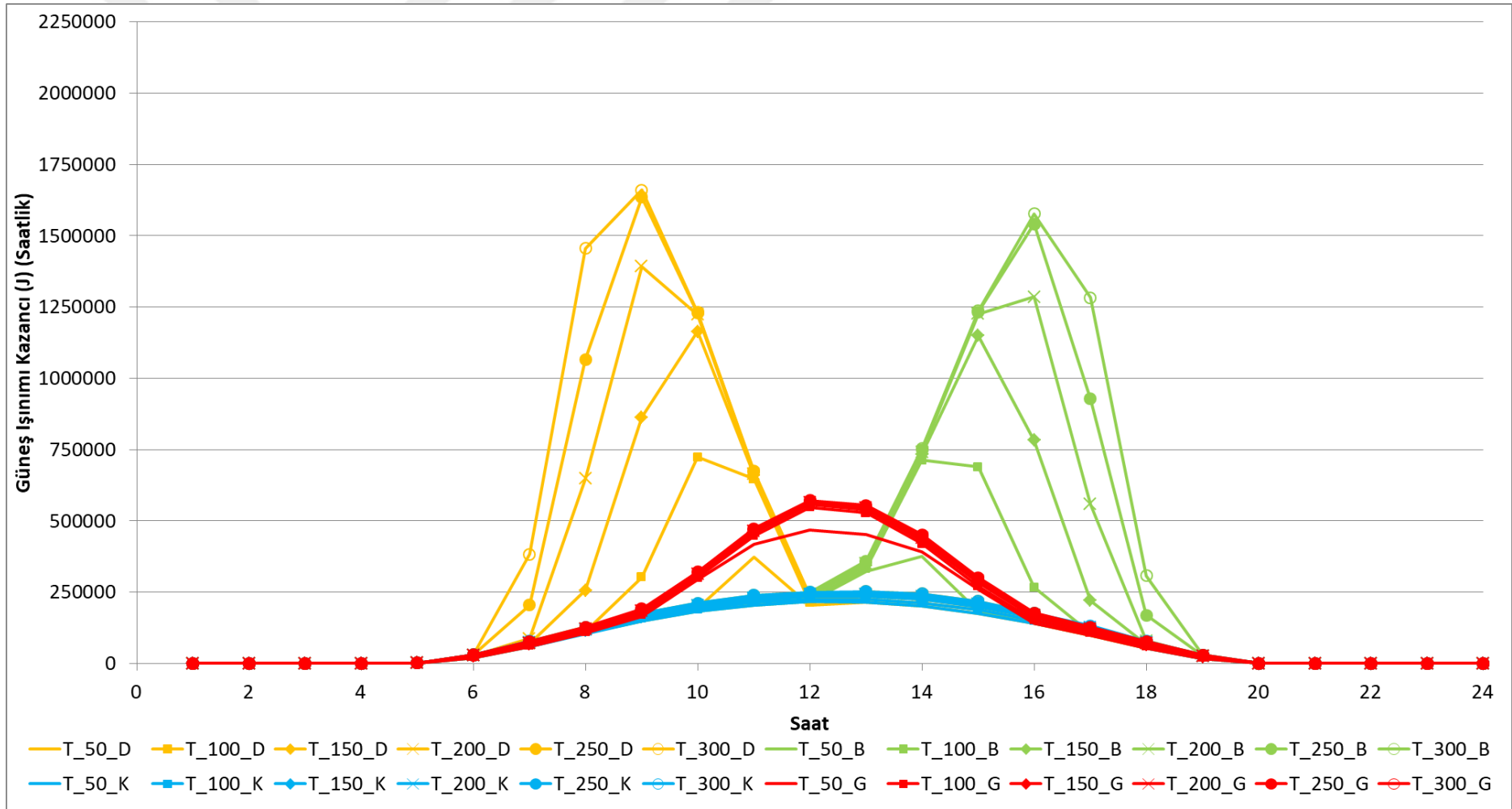
- Avluya bakan hacmin penceresi aynı yöne yönlendirildiği ve aynı avlu derinliğine sahip hacimler kendi içinde havalandırma süresi seçeneklerine göre değerlendirildiğinde; hacimlerde oluşan bağıl nem değerleri, pencerelerin bütün gün açık olduğu hacimlerde (A) en düşük, pencerelerin bütün gün kapalı olduğu hacimlerde (K) ise en yüksek olmaktadır.
- Gece havalandırması yapılan hacimlerde tüm yönlendirmeler için en yüksek bağıl nem değerleri,
 - saat 16:00 ile 22:00 saatleri arasında avlu duvar mesafesinin 300 cm. olduğu (C_300_G_G, C_300_B_G, C_300_K_G, C_300_D_G) durumlarda,
 - diğer saatlerde ise avlu duvar mesafesinin 50 cm. olduğu (C_50_G_G, C_50_B_G, C_50_K_G, C_50_D_G) durumlarda gerçekleşmektedir.

4.4.3 Farklı avlu boyutları ve bina yönlendiriliş biçimine sahip binaların güneş ışıını kazancı değerlerinin hesaplanması

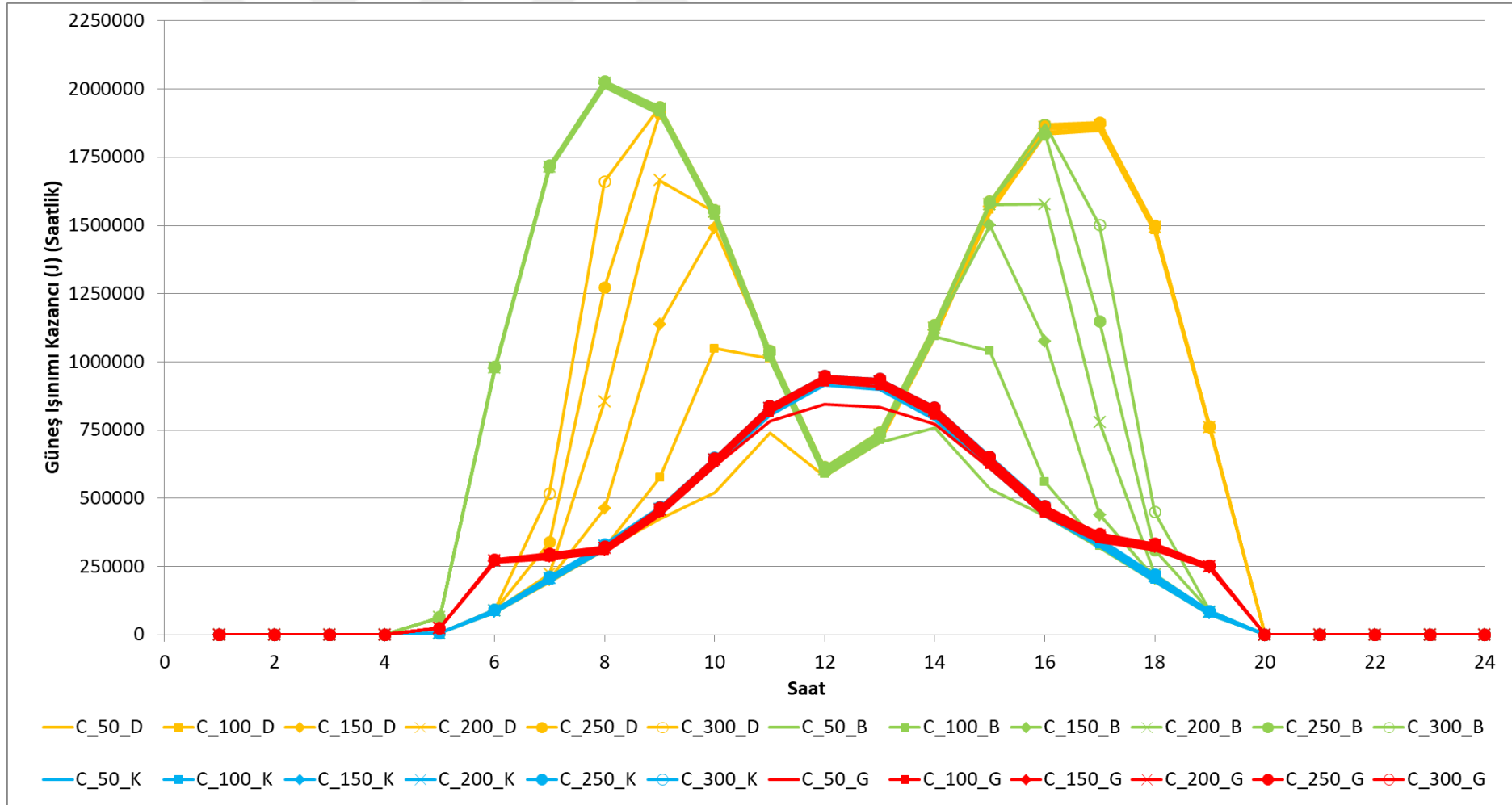
Yapılan hesaplamalar sonucu hacmin avluya bakan penceresi güney, batı, kuzey ve doğuya yönlendirildiğinde güneş ışıını kazancı değerleri “tek taraflı havalandırma” yapılan hacimler için Şekil 4.21’de, “çapraz havalandırma” yapılan hacimler için Şekil 4.22’de gösterilmektedir.

Farklı avlu boyutlarına ve bina yönlendiriliş biçimine sahip tek taraflı ve çapraz havalandırma yapılan hacimlerin güneş ışıını kazancı değerleri değerlendirildiğinde (Şekil 4.21 – 4.22);

- Avluya bakan hacmin penceresi aynı yöne yönlendirildiği ve aynı avlu derinliğine sahip hacimler kendi içinde havalandırma seçeneklerine göre değerlendirildiğinde; tek taraflı havalandırma yapılan (tek pencere) hacimlerin güneş ışıını kazancı değerleri çapraz havalandırma yapılan (çift pencere) hacimlere göre daha düşüktür.
- Tek taraflı ve çapraz havalandırma yapılan hacimlerde, avlu derinliği 50 cm. olduğunda avluya bakan pencerenin güneye yönlendirilmesi (T_50_G, C_50_G) halinde pencerenin doğuya, batıya ve kuzeye yönlendirilmesinden (T_50_D, T_50_B, T_50_K, C_50_D, C_50_B, C_50_K) daha yüksek güneş ışıını kazancı değerleri elde edilmiştir.



Şekil 4.21 : Tek taraflı havalandırma yapılan hacmin avluya bakan penceresinin güney, batı, kuzey ve doğuya yönlendirildiği durumda hacimde oluşan güneş ışıınımı kazancı değerleri.

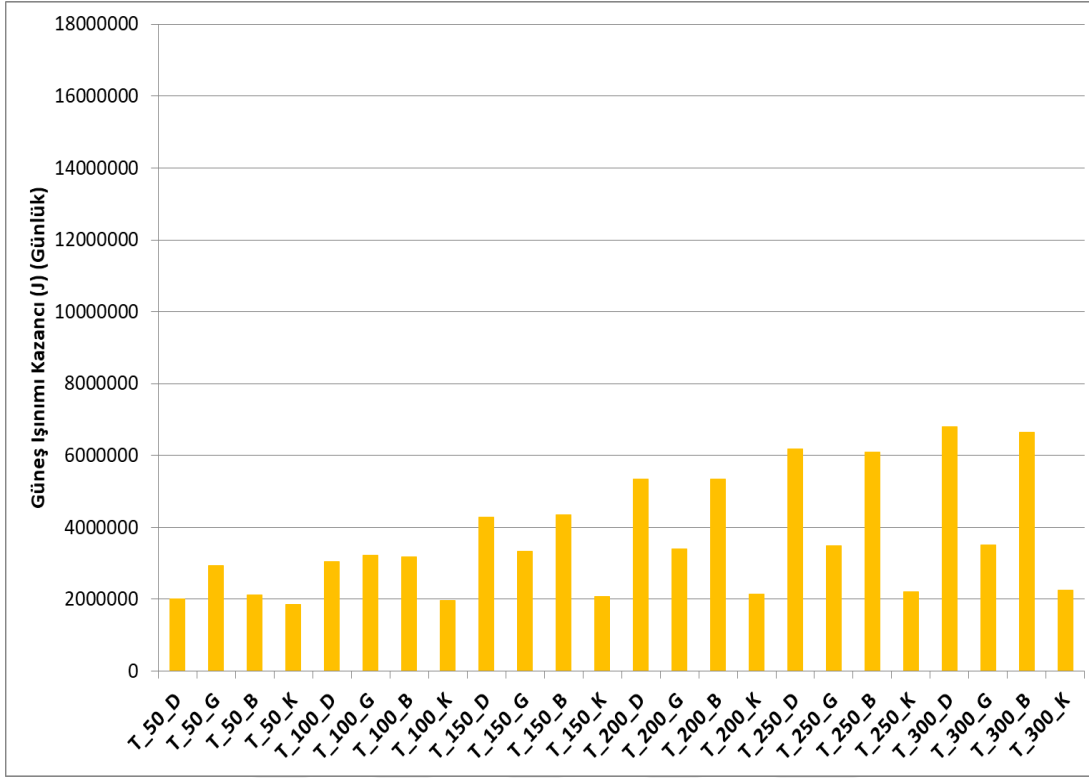


Şekil 4.22 : Çapraz havalandırma yapılan hacmin avluya bakan penceresinin güney, batı, kuzey ve doğuya yönlendirildiği durumda hacimde oluşan güneş ışıını kazancı değeri.

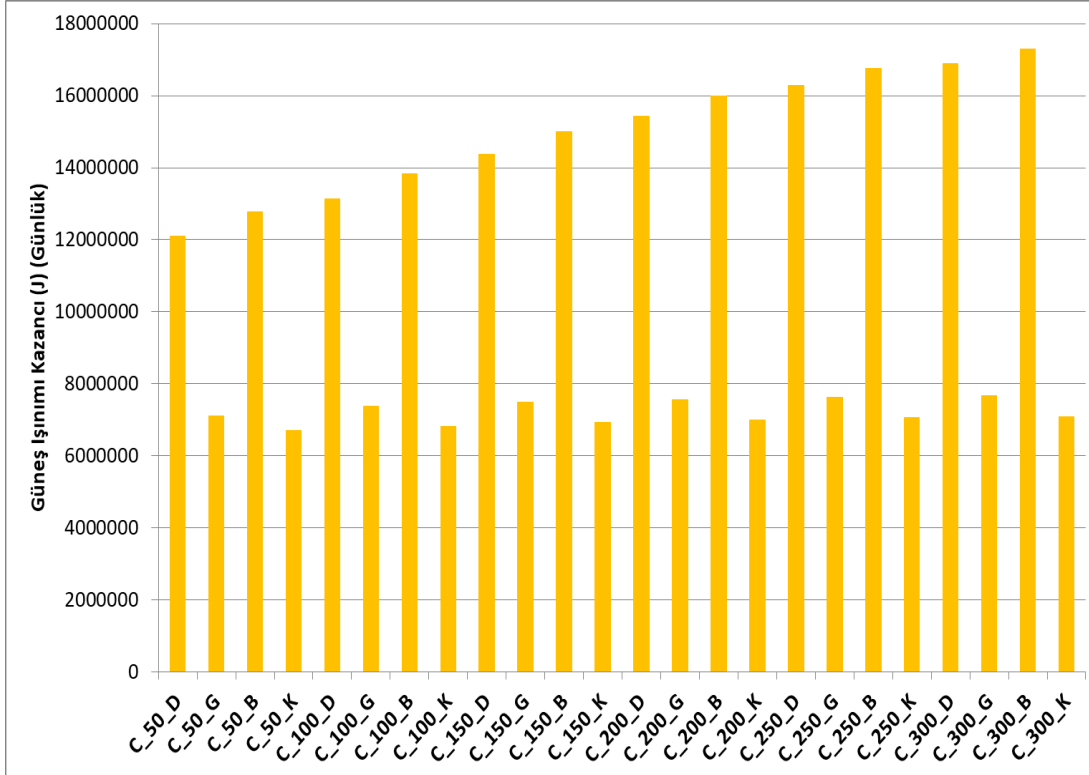
- Avlu derinliği 100 cm., 150 cm., 200 cm., 250 cm. ve 300 cm. olduğunda ise, avluya bakan pencerenin doğuya ve batıya yönlendirilmesi halinde pencerenin kuzeye ve güneye yönlendirilmesinden daha yüksek güneş ışınlamı kazancı değerleri elde edilmiştir.
- Tek taraflı ve çapraz havalandırma yapılan hacimlerde, güneş ışınlamı kazancı değerleri, avluya bakan pencerenin doğuya yönlendirildiği seçeneklerde öğleden önce, batıya yönlendirildiği seçeneklerde ise öğleden sonra, karşı avlu duvarının gölge düşürmesi nedeniyle avlu derinliği azaldıkça azalmaktadır.
- Bütün yönlerde avlu derinliği arttıkça güneş ışınlamı kazancı değerleri yükselmekte, her yön kendi içinde değerlendirildiğinde;
 - en düşük değerler avlu derinliğinin 50 cm. olduğu,
 - en yüksek değerler ise avlu derinliğinin 300 cm. olduğu durumlarda oluşmaktadır.
- Tek taraflı havalandırma yapılan hacimlerin avluya bakan penceresinin doğuya yönlendirilmesi halinde en yüksek güneş ışınlamı kazancı değerleri;
 - avlu derinliği 50 cm. olduğunda (T_50_D) saat 11:00'de,
 - avlu derinliği 100 cm. ve 150 cm. olduğunda (T_100_D, T_150_D) saat 10:00'da,
 - avlu derinliği 200, 250 ve 300 cm. olduğunda (T_200_D, T_250_D, T_300_D) saat 09:00'da oluşmaktadır.
- Tek taraflı havalandırma yapılan hacimlerin avluya bakan penceresinin batıya yönlendirilmesi halinde en yüksek güneş ışınlamı kazancı değerleri;
 - avlu derinliği 50 ve 100 cm. olduğunda (T_50_B, T_100_B) saat 14:00'de,
 - avlu derinliği 150 cm. olduğunda (T_150_B) saat 15:00'de,
 - avlu derinliği 200, 250 ve 300 cm. olduğunda (T_200_B, T_250_B, T_300_B) saat 16:00'da oluşmaktadır.
- Tek taraflı havalandırma yapılan hacimlerin avluya bakan penceresinin güneye ve kuzeye yönlendirilmesi halinde en yüksek güneş ışınlamı kazancı değerleri bütün avlu derinlikleri için saat 12:00'da oluşmaktadır.

- Tek taraflı havalandırma yapılan hacimlerde avlu derinliğinin eşit olduğu durumlarda;
 - avluya bakan pencerenin kuzeye yönlendirilmesi halinde en düşük güneş ışıınımı kazancı değerleri,
 - avluya bakan pencerenin doğu ve batıya yönlendirilmesi halinde en yüksek güneş ışıınımı kazancı değerleri elde edilmiştir.
- Tek taraflı havalandırma yapılan hacimlerin avluya bakan penceresinin kuzeye yönlendirilmesi halinde güneş ışıınımı kazancı değerleri tüm avlu derinliği seçenekleri (T_50_K, T_100_K, T_150_K, T_200_K, T_250_K, T_300_K) ayrı ayrı ele alındığında kendi içinde benzerlik göstermektedir.
- Tek taraflı havalandırma yapılan hacimlerin avluya bakan penceresinin güneye yönlendirilmesi halinde de benzer eğilim devam etmekte sadece avlu derinliğinin 50 cm. olduğu (T_50_G) durumda diğer seçeneklerden önemli ölçüde daha düşük bir güneş ışıınımı kazancı değeri elde edilmektedir.
- Çapraz havalandırma yapılan hacimlerin avluya bakan penceresinin doğuya yönlendirilmesi halinde en yüksek güneş ışıınımı kazancı değerleri avlu derinliği
 - 50, 100, 150 ve 200 cm. olduğunda (C_50_D, C_100_D, C_150_D, C_200_D) saat 17:00'de,
 - avlu derinliği 250, 300 cm. olduğunda (C_250_D, C_300_D) saat 09:00'da oluşmaktadır.
- Çapraz havalandırma yapılan hacimlerin avluya bakan penceresinin batıya yönlendirilmesi halinde en yüksek güneş ışıınımı kazancı değerleri bütün avlu derinlikleri için saat 08:00'de oluşmaktadır.
- Çapraz havalandırma yapılan hacimlerin avluya bakan penceresinin güneye ve kuzeye yönlendirilmesi halinde en yüksek güneş ışıınımı kazancı değerleri bütün avlu derinlikleri için saat 12:00'da oluşmaktadır.

Yapılan hesaplamalar sonucu 21 Temmuz günü için hacmin avluya bakan penceresi güney, batı, kuzey ve doğuya yönlendirildiğinde güneş ışıınımı kazancı değerleri (günlük) tek taraflı havalandırma yapılan hacimler için Şekil 4.23'te, çapraz havalandırma yapılan hacimler için Şekil 4.24'te gösterilmektedir.



Şekil 4.23 : 21 Temmuz günü için tek taraflı havalandırma yapılan hacmin avluya bakan penceresinin güney, batı, kuzey ve doğuya yönlendirildiği durumda güneş ışıını kazancı değerleri (günlük).



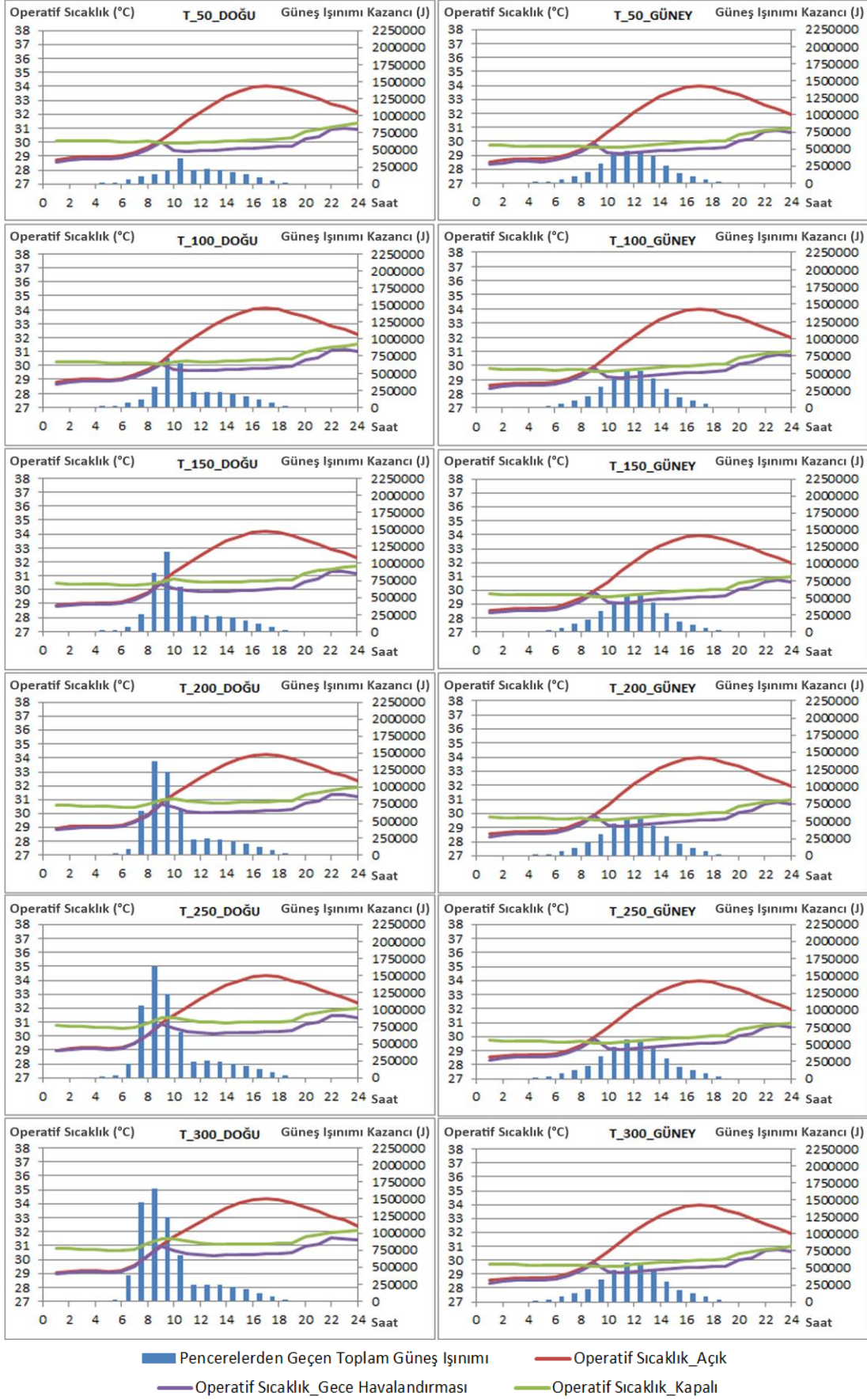
Şekil 4.24 : 21 Temmuz günü için çapraz havalandırma yapılan hacmin avluya bakan penceresinin güney, batı, kuzey ve doğuya yönlendirildiği durumda güneş ışıını kazancı değerleri (günlük).

Tek taraflı ve çapraz havalandırma yapılan hacmin avluya bakan penceresi güney, batı, kuzey ve doğuya yönlendirildiğinde güneş ışıını kazancı değerleri (günlük) değerlendirildiğinde;

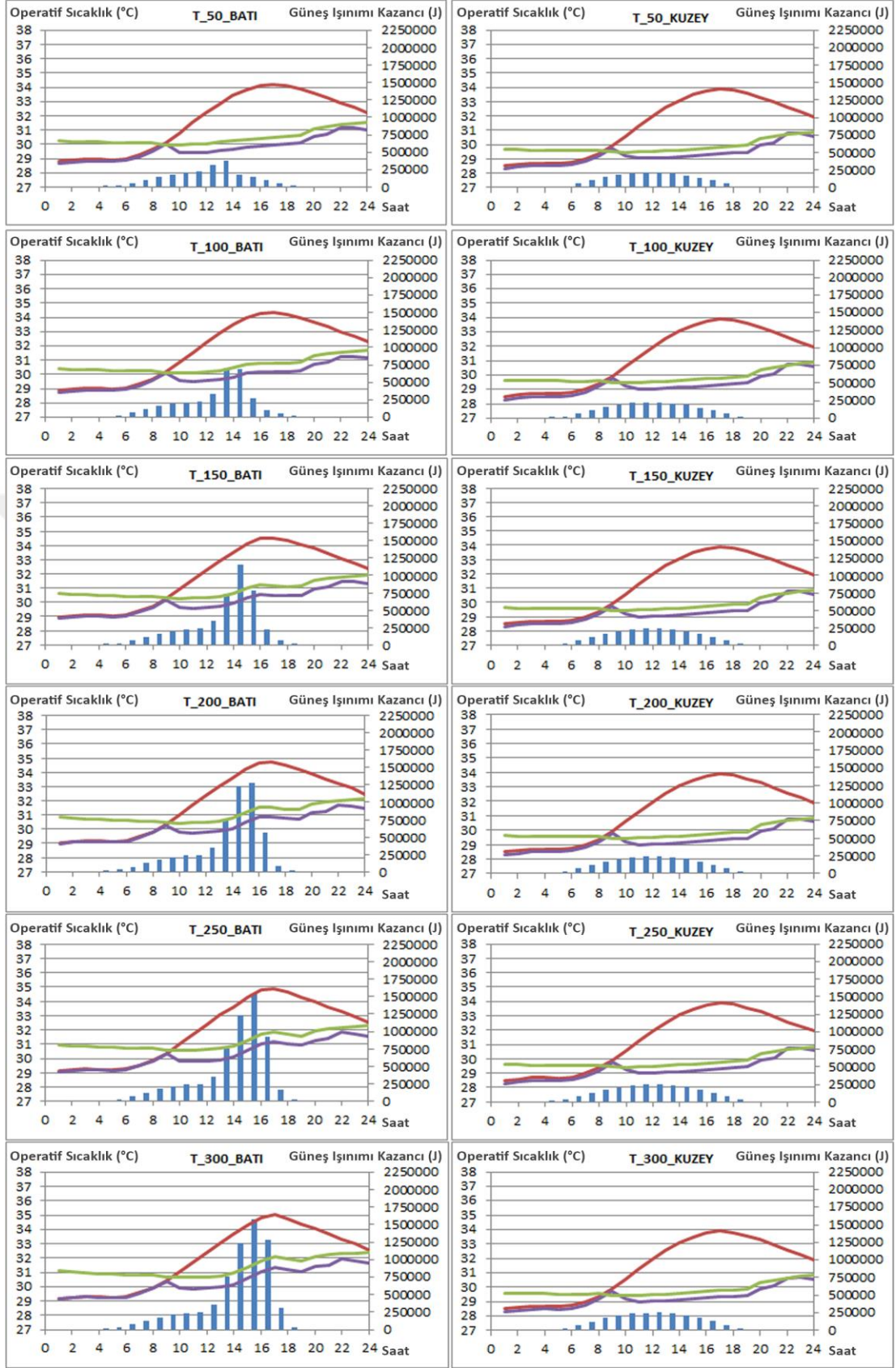
- Çapraz havalandırma yapılan aynı avlu derinliğine sahip hacimler değerlendirildiğinde; güneş ışıını kazancı değeri avluya bakan hacmin penceresinin batıya yönlendirildiğinde en yüksek, kuzeye yönlendirildiğinde en düşük olmaktadır.
- Tek taraflı havalandırma yapılan aynı avlu derinliğine sahip hacimler kendi içinde değerlendirildiğinde; güneş ışıını kazancı değeri, avlu derinliği 50 cm. ve 100 cm. olduğunda pencerenin güneye yönlendirildiğinde en yüksek, avlu derinliği 150 cm., 200 cm., 250 cm. ve 300 cm. olduğunda ise doğuya yönlendirildiği durumda en yüksek olmaktadır.
- Tüm avlu derinlikleri için hacmin avluya bakan penceresinin kuzeye yönlendirildiği durumda güneş ışıını kazancı değerleri en düşük olmaktadır.
- Aynı avlu derinliğine sahip aynı yöne yönlendirilen hacimler kendi içinde değerlendirildiğinde çapraz havalandırma yapılan hacimlerin günlük toplam güneş ışıını kazancı tek taraflı havalandırma yapılan hacimlere göre daha yüksektir.
- Tek taraflı havalandırma yapılan hacimlerde günlük toplam ve ortalama güneş ışıını kazancı değerleri; avlu derinliği 300 cm. olduğunda avlu derinliğinin 50 cm. olduğu seçeneğe göre avluya bakan pencere doğuya yönlendirildiğinde %238, batıya yönlendirildiğinde %212, güneye yönlendirildiğinde %21 ve kuzeye yönlendirildiğinde %19 artış göstermektedir.
- Çapraz havalandırma yapılan hacimlerde günlük toplam ve ortalama güneş ışıını kazancı değerleri; avlu derinliği 300 cm. olduğunda avlu derinliğinin 50 cm. olduğu seçeneğe göre avluya bakan pencere doğuya yönlendirildiğinde %39, batıya yönlendirildiğinde %35, güneye yönlendirildiğinde %8 ve kuzeye yönlendirildiğinde %6 artış göstermektedir.

4.4.4 Farklı avlu boyutları ve bina yönlendiriliş biçimine sahip binaların güneş ışıını kazancı ve operatif sıcaklık değerlerinin karşılaştırılması

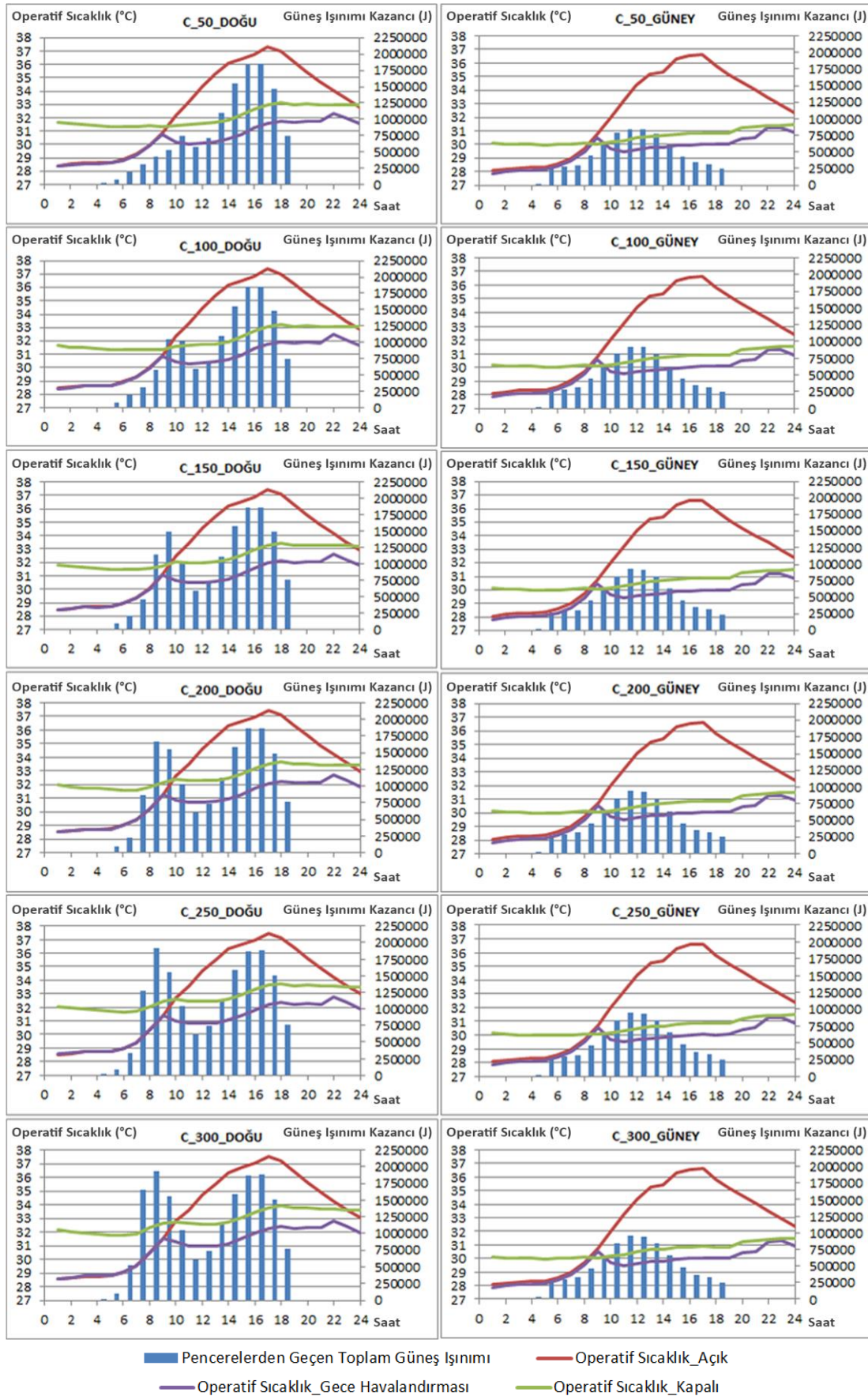
Yapılan hesaplamalar sonucu güneş ışıını kazancı ve operatif sıcaklık değerleri tek taraflı havalandırma yapılan hacimler için Şekil 4.25 – 4.26’ da, çapraz havalandırma yapılan hacimler için Şekil 4.27 – 4.28’ de gösterilmektedir.



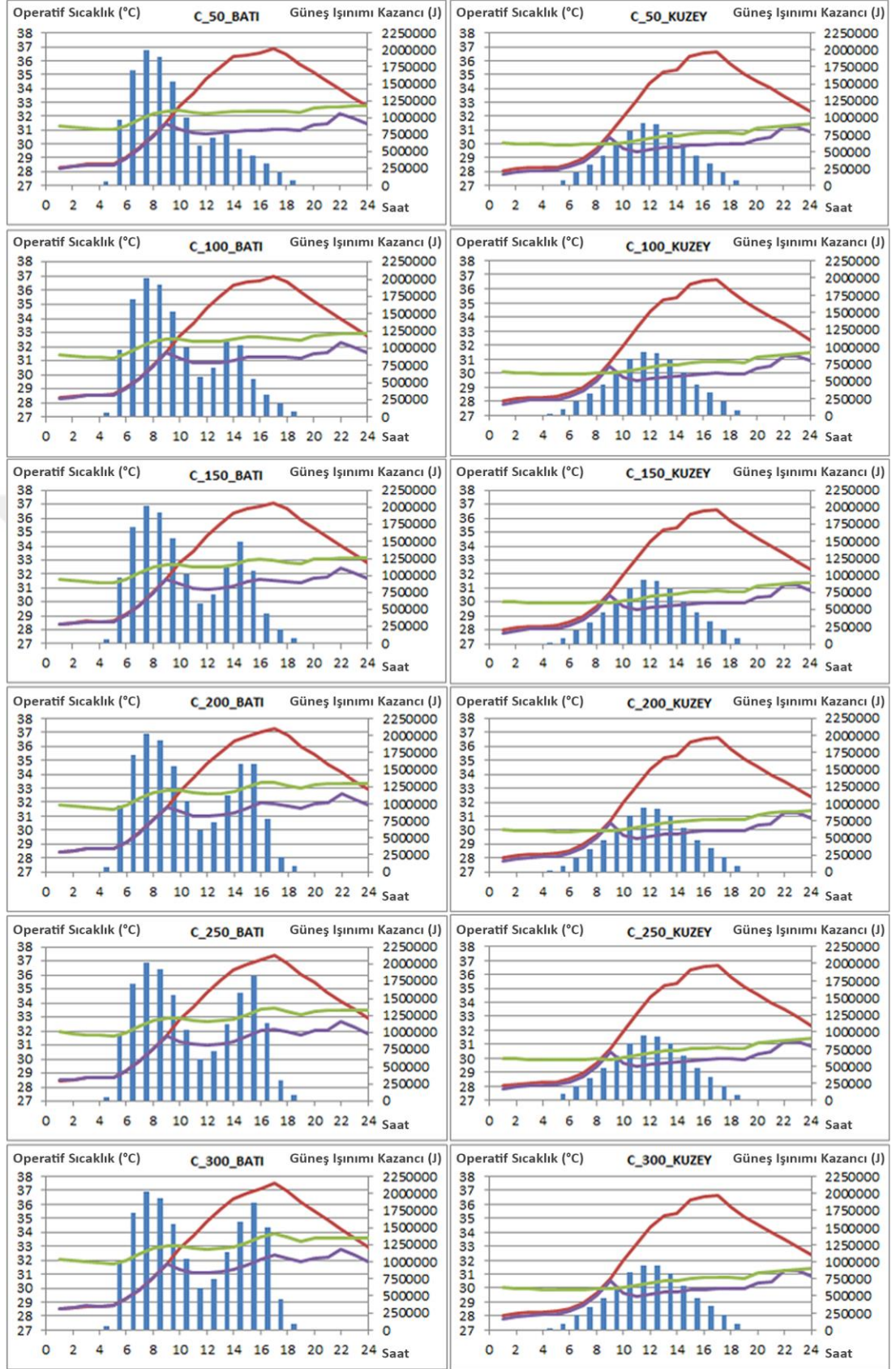
Şekil 4.25 : Tek taraflı havalandırma yapılan doğu ve güneye yönlendirilen hacimler için güneş ışınlımı kazancı ve operatif sıcaklık değerleri.



Şekil 4.26 : Tek taraflı havalandırma yapılan batı ve kuzeye yönlendirilen hacimler için güneş ışınlmı kazancı ve operatif sıcaklık değeri.



Şekil 4.27 : Çapraz havalandırma yapılan doğu ve güneye yönlendirilen hacimler için güneş ışıınımı kazancı ve operatif sıcaklık değerleri.



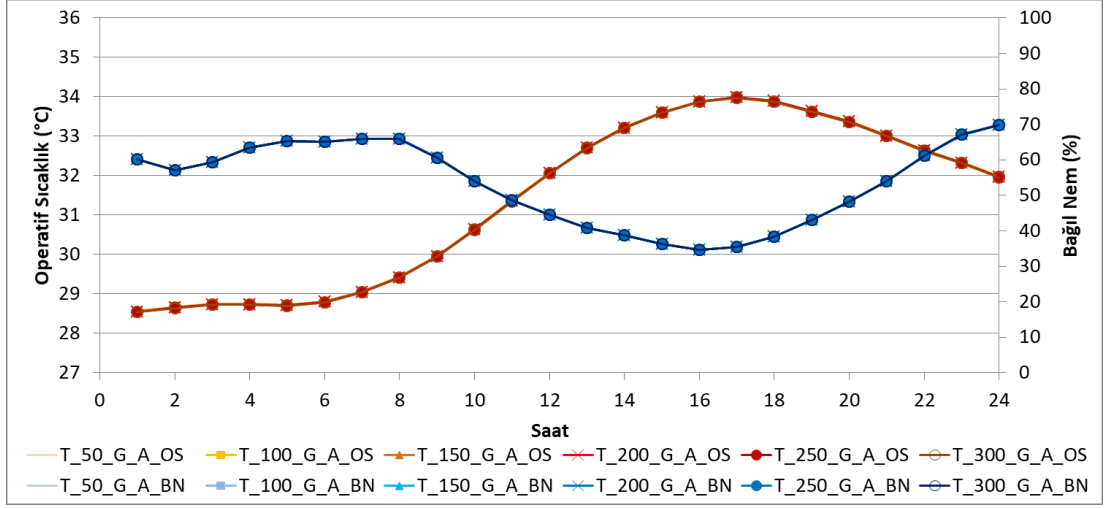
Şekil 4.28 : Çapraz havalandırma yapılan batı ve kuzeye yönlendirilen hacimler için güneş ışıını kazancı ve operatif sıcaklık değerleri.

Farklı avlu boyutlarına ve bina yönlendiriliş biçimlerine sahip tek taraflı ve çapraz havalandırma yapılan hacimlerin güneş ışıını kazancı değerleri ve operatif sıcaklık değerleri karşılaştırıldığında (Şekil 4.25, 4.26, 4.27, 4.28);

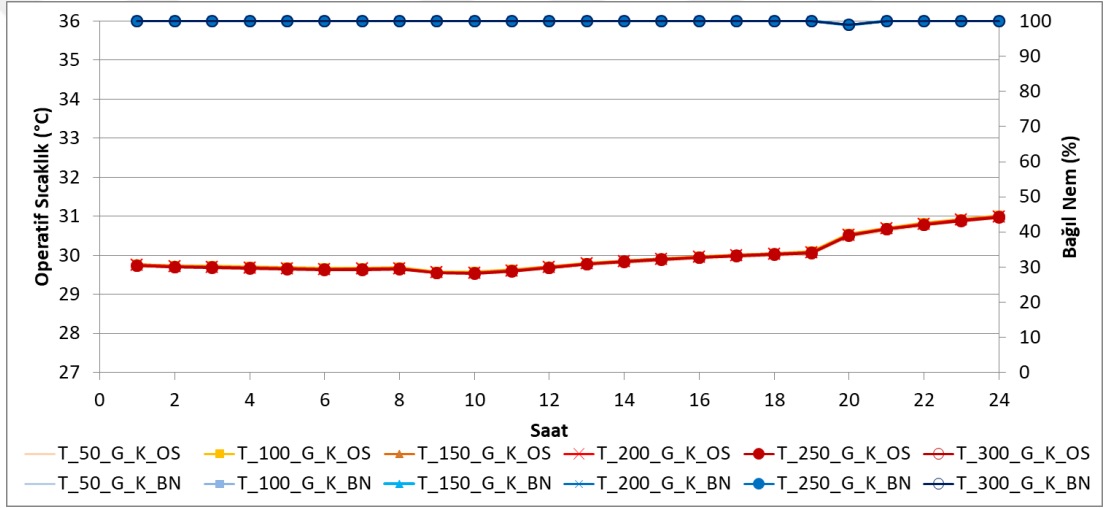
- Hacmin avluya bakan penceresinin doğuya ve batıya yönlendirildiği hacimlerde avlu derinliği arttıkça güneş ışıını kazancı değerleri artmakta ve buna bağlı olarak havalandırma süresi seçenekleri kendi içinde değerlendirildiğinde operatif sıcaklık değerleri artış göstermektedir.
- Hacmin avluya bakan penceresinin güneye ve kuzeye yönlendirildiği hacimlerde avlu derinliği arttıkça güneş ışıını kazancı değerlerinde önemli bir değişiklik (tek taraflı havalandırma %20, çapraz havalandırma %7) olmamakta ve buna bağlı olarak havalandırma süresi seçenekleri kendi içinde değerlendirildiğinde operatif sıcaklık değerleri önemli bir değişiklik (kuzeye yönlendirilen hacim %0,1, güneye yönlendirilen hacimde %0,8) göstermemektedir.
- Hacmin avluya bakan penceresinin doğuya yönlendirildiği tek taraflı ve çapraz havalandırma yapılan hacimlerde avlu derinliği arttığında saat 07:00 ile 10:00 arasında güneş ışıını kazancı değerlerinin artışına bağlı olarak pencerelerin bütün gün kapalı olduğu ve gece havalandırması yapılan seçeneklerde operatif sıcaklık değerleri yükselmektedir. Pencerelerin bütün gün açık olduğu durumda ise avlu derinliği arttıkça operatif sıcaklık değerleri de artmakta ancak en yüksek sıcaklıklar saat 16:00'da gerçekleşmektedir.
- Hacmin avluya bakan penceresinin batıya yönlendirildiği tek taraflı ve çapraz havalandırma yapılan hacimlerde avlu derinliği arttığında saat 14:00 ile 16:00 arasında güneş ışıını kazancı değerlerinin artışına bağlı olarak pencerelerin bütün gün kapalı olduğu ve gece havalandırması yapılan seçeneklerde operatif sıcaklık değerleri yükselmektedir. Pencerelerin bütün gün açık olduğu durumda avlu derinliği arttıkça operatif sıcaklık değerleri artmakta ancak en yüksek sıcaklıklar saat 16:00'da gerçekleşmektedir.

4.4.5 Farklı avlu boyutları ve bina yönlendiriliş biçimlerine sahip binaların bağıl nem ve operatif sıcaklık değerlerinin karşılaştırılması

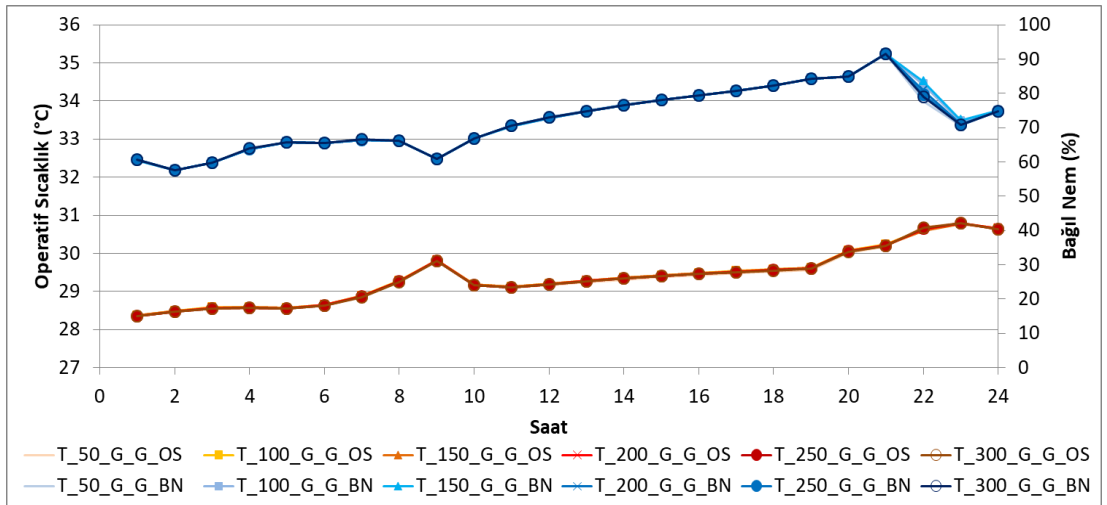
Yapılan hesaplamalar sonucu “tek taraflı havalandırma” yapılan hacmin avluya bakan penceresinin “güney” yönüne baktığı durumlarda bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri sırasıyla Şekil 4.29 – 4.30 – 4.31’ de gösterilmektedir.



Şekil 4.29 : Tek taraflı havalandırma yapılan ve güneye yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Pencere Açık).



Şekil 4.30 : Tek taraflı havalandırma yapılan ve güneye yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Pencere Kapalı).

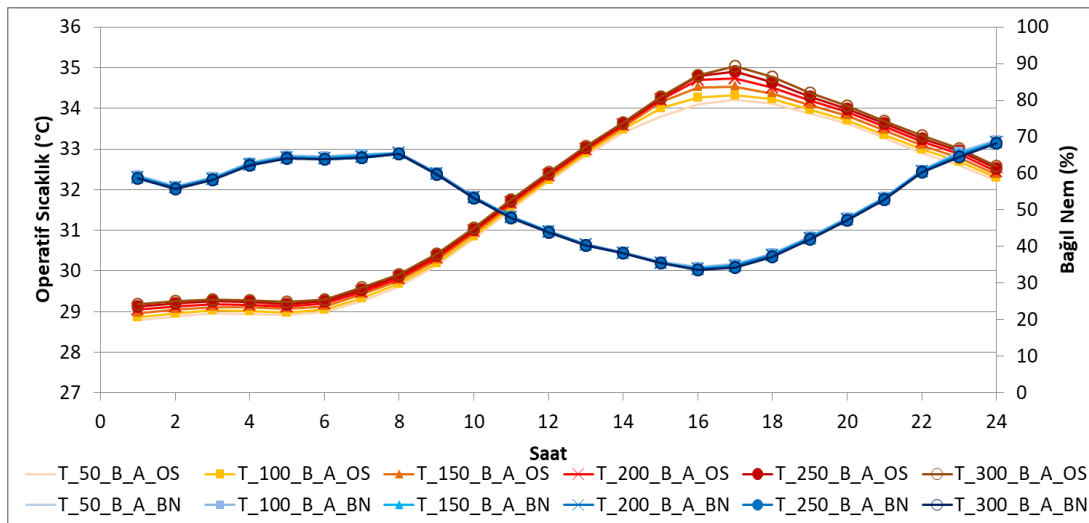


Şekil 4.31 : Tek taraflı havalandırma yapılan ve güneye yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Gece Havalandırması).

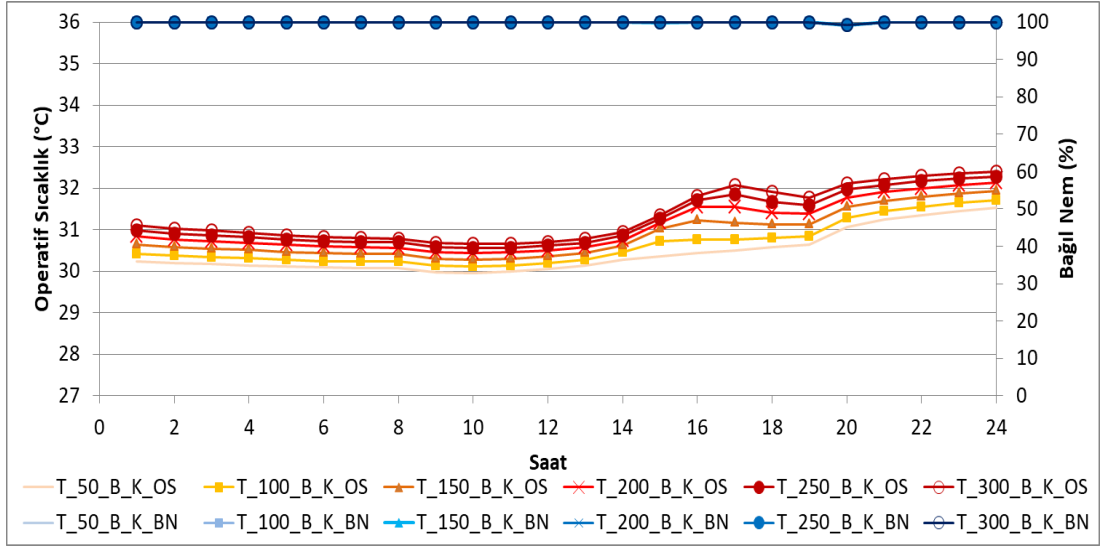
Farklı avlu boyutlarına sahip “tek taraflı havalandırma” yapılan hacmin avluya bakan penceresi “güney” yönüne yönlendirildiğinde bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri karşılaştırıldığında (Şekil 4.29 – 4.30 – 4.31);

- Avlu derinliği arttıkça her havalandırma süresi seçeneği ayrı ayrı ele alındığında operatif sıcaklık değerleri (%0,1 artmakta) ve hacimde oluşan bağıl nem değerleri (%0,2 artmakta) benzerlik göstermektedir.
- Aynı avlu derinliğine sahip hacimler kendi içinde havalandırma süresi seçeneklerine göre değerlendirildiğinde; operatif sıcaklık değerleri, gece havalandırması yapılan hacimlerde en düşük, pencerelerin bütün gün açık olduğu hacimlerde en yüksek olmaktadır.
- Aynı avlu derinliğine sahip hacimler kendi içinde havalandırma süresi seçeneklerine göre değerlendirildiğinde; bağıl nem değerleri, pencerelerin bütün gün açık olduğu hacimlerde en düşük, pencerelerin bütün gün kapalı olduğu hacimlerde en yüksek olmaktadır.
- Pencerelerin bütün gün açık olduğu hacimlerde bütün avlu derinlikleri seçenekleri için operatif sıcaklık değerleri saat 17:00’de en yüksek, bağıl nem değerleri saat 16:00’da en düşük olmaktadır.

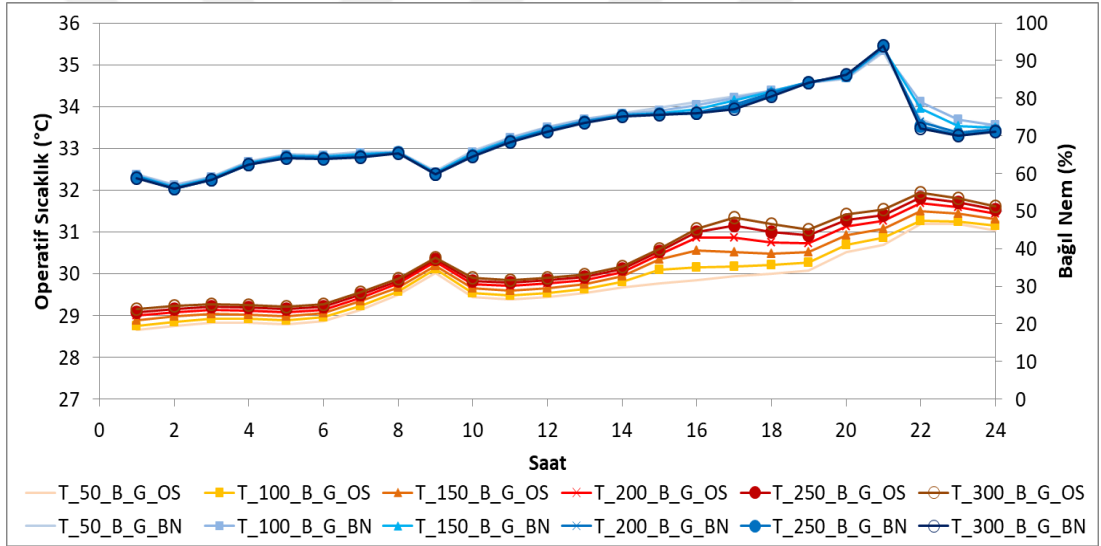
Yapılan hesaplamalar sonucu “tek taraflı havalandırma” yapılan hacmin avluya bakan penceresi “batı” yönüne baktığı durumlarda bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri sırasıyla Şekil 4.32 – 4.33 – 4.34’ te gösterilmektedir.



Şekil 4.32 : Tek taraflı havalandırma yapılan ve batıya yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Pencere Açık).



Şekil 4.33 : Tek taraflı havalandırma yapılan ve batıya yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Pencere Kapalı).



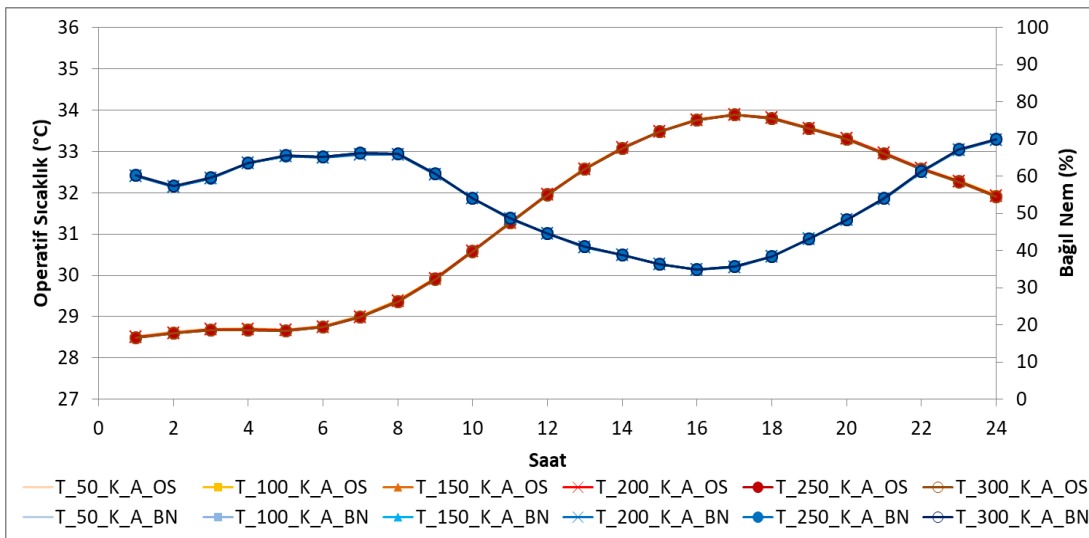
Şekil 4.34 : Tek taraflı havalandırma yapılan ve batıya yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Gece Havalandırması).

Farklı avlu boyutlarına sahip “tek taraflı havalandırma” yapılan hacmin avluya bakan penceresi “batı” yönüne yönlendirildiğinde bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri karşılaştırıldığında (Şekil 4.32 – 4.33 – 4.34);

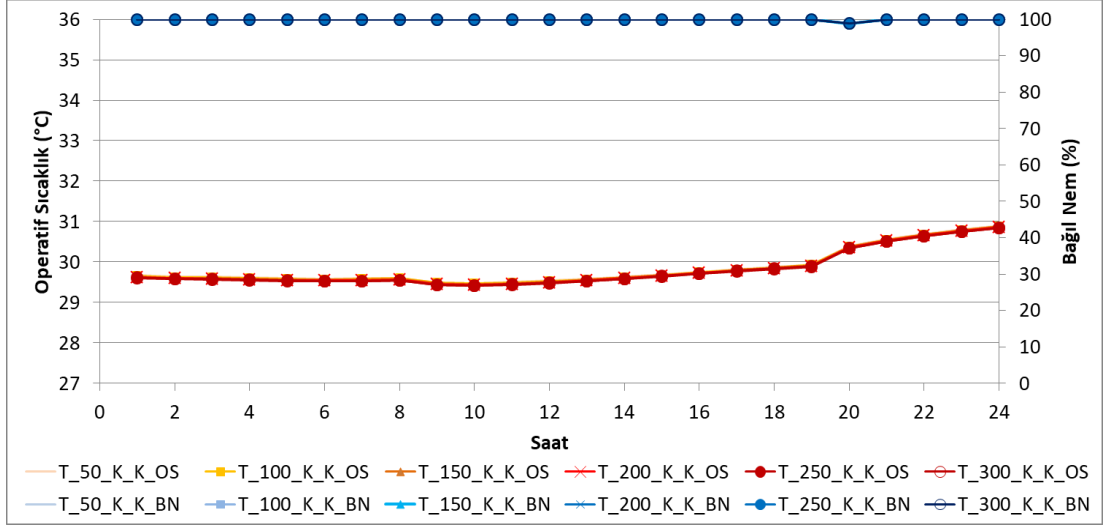
- Bağıl nem değerleri havalandırma süresi seçeneklerine göre değerlendirildiğinde; pencerelerin bütün gün açık olduğu ve bütün gün kapalı olduğu durumlarda hacimde benzer bağıl nem değerleri elde edilmekte, sadece gece havalandırması yapılan hacimlerde avlu derinliği arttıkça hacimde oluşan bağıl nem değerleri küçük de olsa (%1,8) değişim göstermektedir.

- Avluya bakan hacmin penceresi aynı yöne yönlendirildiği ve aynı havalandırma süresi seçeneğine sahip hacimler kendi içinde değerlendirildiğinde; avlu derinliği arttıkça operatif sıcaklık değerleri artmıştır.
- Havalandırma süresi seçenekleri kendi içinde değerlendirildiğinde avlu derinliğinin 50 cm. olduğu hacimlerde en düşük operatif sıcaklık değerleri, avlu derinliğinin 300 cm. olduğu hacimlerde en yüksek operatif sıcaklık değerleri elde edilmiştir.
- Avluya bakan hacmin penceresi aynı yöne yönlendirildiği ve aynı avlu derinliğine sahip hacimler kendi içinde havalandırma süresi seçeneklerine göre değerlendirildiğinde; operatif sıcaklık değerleri, gece havalandırması yapılan hacimlerde en düşük, pencerelerin bütün gün açık olduğu hacimlerde en yüksek olmaktadır.
- Avluya bakan hacmin penceresi aynı yöne yönlendirildiği ve aynı avlu derinliğine sahip hacimler kendi içinde havalandırma süresi seçeneklerine göre değerlendirildiğinde; bağıl nem değerleri, pencerelerin bütün gün açık olduğu hacimlerde en düşük, pencerelerin bütün gün kapalı olduğu hacimlerde en yüksek olmaktadır.

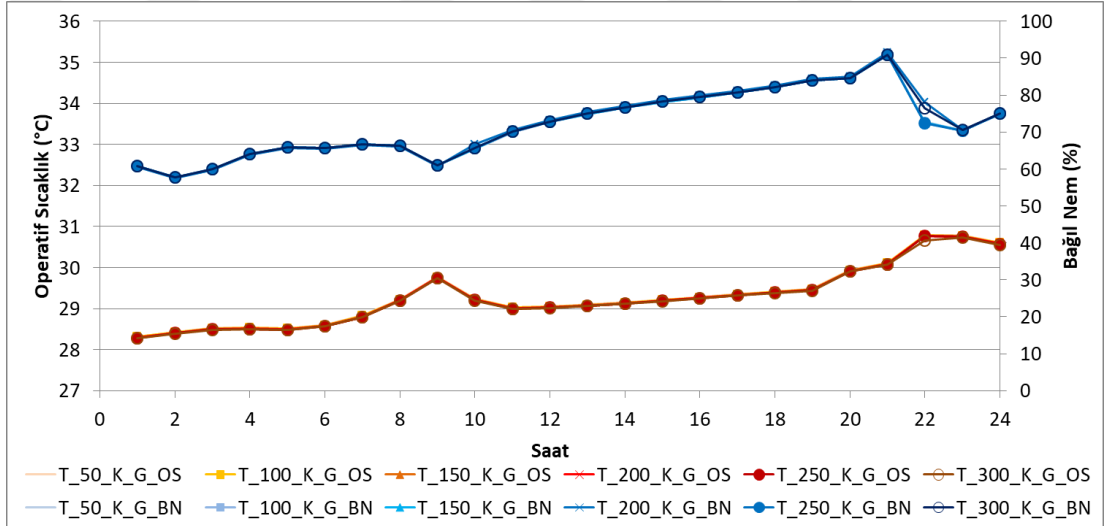
Yapılan hesaplamalar sonucu “tek taraflı havalandırma” yapılan hacmin avluya bakan penceresi “kuzey” yönüne baktığı durumlarda bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri sırasıyla Şekil 4.35 – 4.36 – 4.37’ de gösterilmektedir.



Şekil 4.35 : Tek taraflı havalandırma yapılan ve kuzeye yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Pencere Açık).



Şekil 4.36 : Tek taraflı havalandırma yapılan ve kuzeye yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Pencere Kapalı).



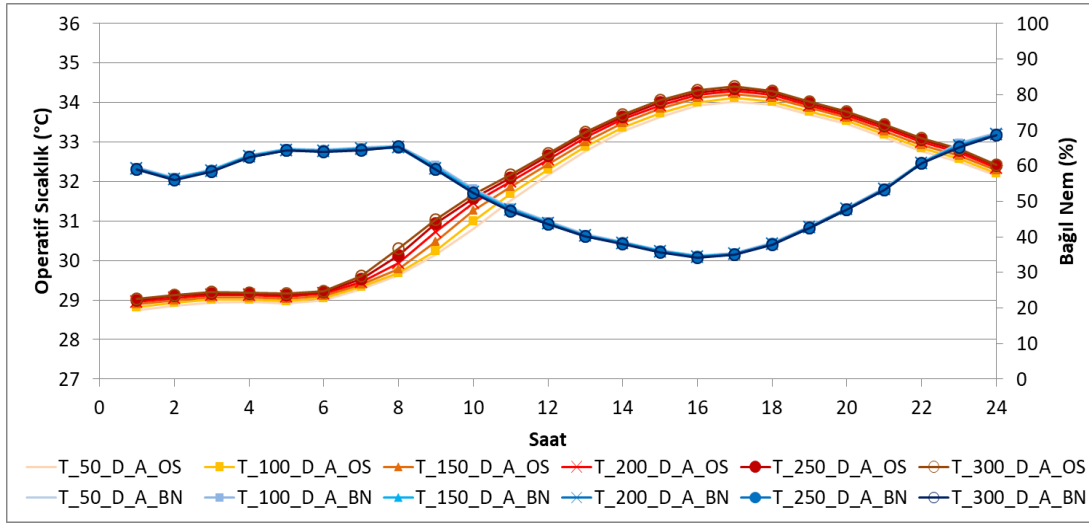
Şekil 4.37 : Tek taraflı havalandırma yapılan ve kuzeye yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Gece Havalandırması).

Farklı avlu boyutlarına sahip “tek taraflı havalandırma” yapılan hacmin avluya bakan penceresi “kuzey” yönüne yönlendirildiğinde hacimde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri karşılaştırıldığında (Şekil 4.35 – 4.36 – 4.37);

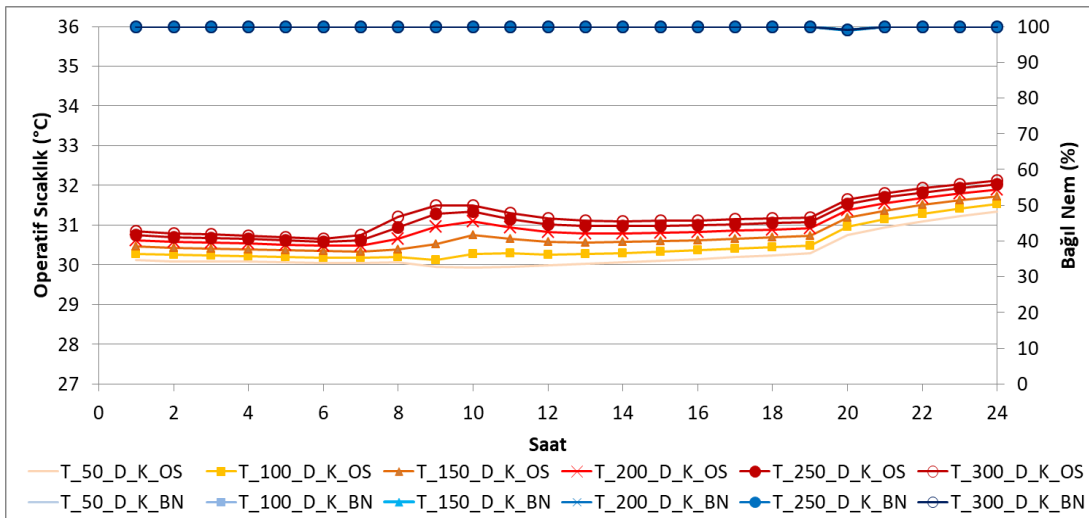
- Avlu derinliği arttıkça tüm havalandırma süresi seçenekleri ayrı ayrı ele alındığında operatif sıcaklık değerleri ve hacimde oluşan bağıl nem değerleri benzerlik göstermektedir.
- Aynı avlu derinliğine sahip hacimler kendi içinde havalandırma süresi seçeneklerine göre değerlendirildiğinde; operatif sıcaklık değerleri, gece havalandırması yapılan hacimlerde en düşük, pencerelerin bütün gün açık olduğu hacimlerde en yüksek olmaktadır.

- Aynı avlu derinliğine sahip hacimler kendi içinde havalandırma süresi seçeneklerine göre değerlendirildiğinde; bağıl nem değerleri, pencerelerin bütün gün açık olduğu hacimlerde en düşük, pencerelerin bütün gün kapalı olduğu hacimlerde en yüksek olmaktadır.
- Pencerelerin bütün gün açık olduğu hacimlerde bütün avlu derinlikleri seçenekleri için operatif sıcaklık değerleri saat 17:00'de en yüksek, bağıl nem değerleri saat 16:00'da en düşük olmaktadır.

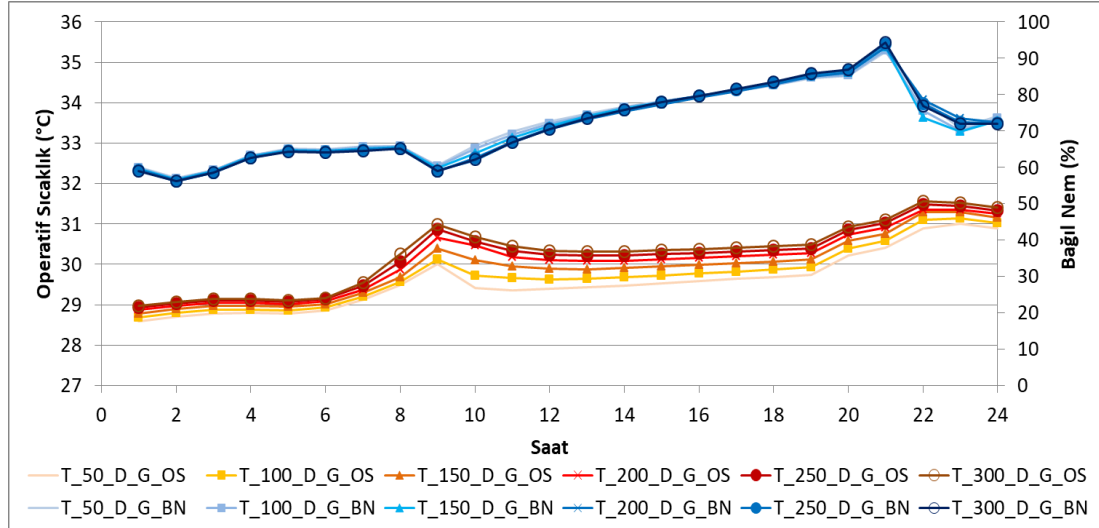
Yapılan hesaplamalar sonucu “tek taraflı havalandırma” yapılan hacmin avluya bakan penceresi “doğu” yönüne baktığı durumlarda bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri sırasıyla Şekil 4.38 – 4.39 – 4.40’ ta gösterilmektedir.



Şekil 4.38 : Tek taraflı havalandırma yapılan ve doğuya yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Pencere Açık).



Şekil 4.39 : Tek taraflı havalandırma yapılan ve doğuya yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Pencere Kapalı).



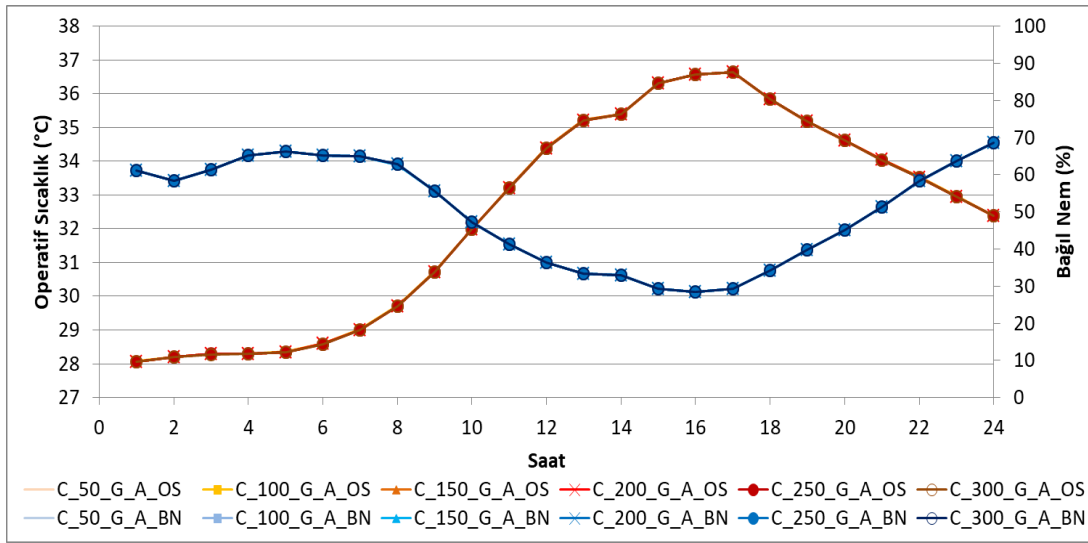
Şekil 4.40 : Tek taraflı havalandırma yapılan ve doğuya yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Gece Havalandırması).

Farklı avlu boyutlarına sahip “tek taraflı havalandırma” yapılan hacmin avluya bakan penceresi “doğu” yönüne yönlendirildiğinde hacimde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri karşılaştırıldığında (Şekil 4.38 – 4.39 – 4.40);

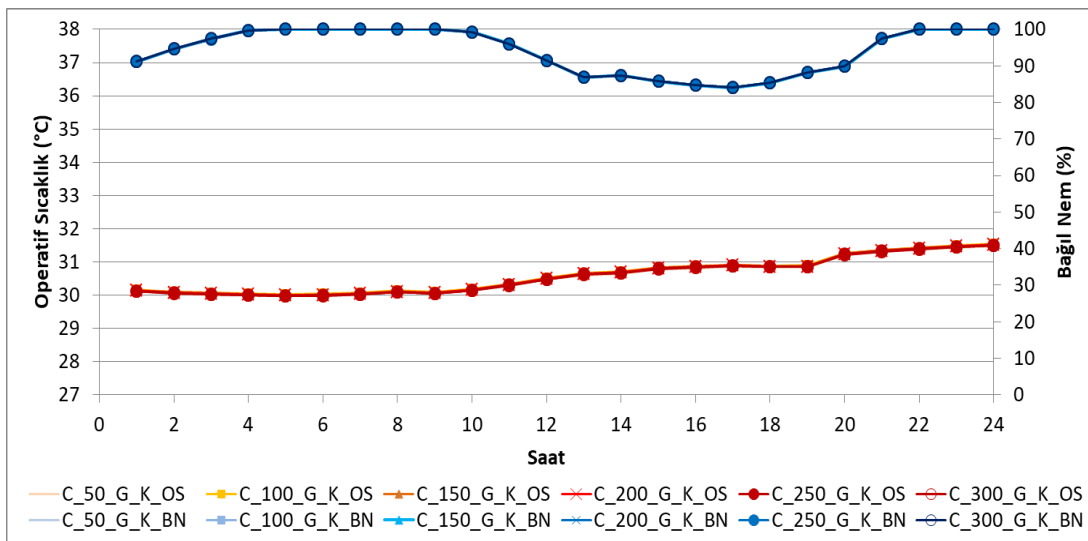
- Bağıl nem değerleri havalandırma süresi seçeneklerine göre değerlendirildiğinde; pencerelerin bütün gün açık olduğu ve bütün gün kapalı olduğu durumlarda hacimde benzer bağıl nem değerleri elde edilmekte, sadece gece havalandırması yapılan seçeneklerde avlu derinliği arttıkça hacimde oluşan bağıl nem değerleri küçük de olsa (%0,9) değişim göstermektedir.
- Avluya bakan hacmin penceresi doğuya yönlendirildiği ve aynı havalandırma süresi seçeneğine sahip hacimler kendi içinde değerlendirildiğinde; avlu derinliği arttıkça operatif sıcaklık değerleri artmıştır.
- Havalandırma seçenekleri kendi içinde değerlendirildiğinde;
 - avlu derinliğinin 50 cm. olduğu hacimlerde en düşük operatif sıcaklık değerleri,
 - avlu derinliğinin 300 cm. olduğu hacimlerde en yüksek operatif sıcaklık değerleri elde edilmiştir.
- Avluya bakan hacmin penceresi doğuya yönlendirildiği aynı avlu derinliğine sahip hacimler havalandırma süresi seçeneklerine göre değerlendirildiğinde; operatif sıcaklık değerleri, gece havalandırması yapılan hacimlerde en düşük, pencerelerin bütün gün açık olduğu hacimlerde en yüksek olmaktadır.

- Avluya bakan hacmin penceresi doğuya yönlendirildiği ve aynı avlu derinliğine sahip hacimler kendi içinde havalandırma süresi seçeneklerine göre değerlendirildiğinde; bağıl nem değerleri, pencerelerin bütün gün açık olduğu hacimlerde en düşük, pencerelerin bütün gün kapalı olduğu hacimlerde en yüksek olmaktadır.

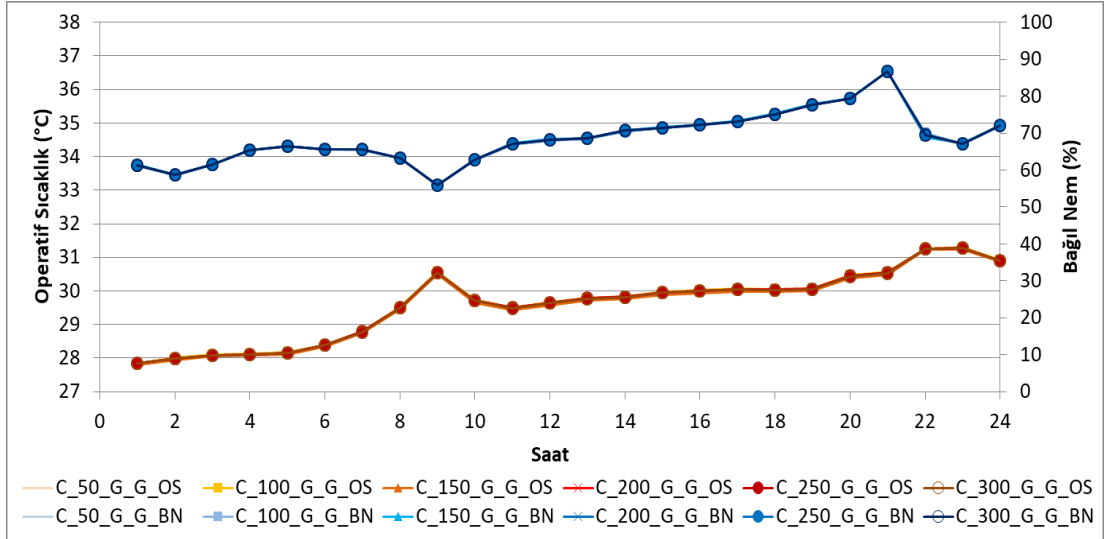
Yapılan hesaplamalar sonucu “çapraz havalandırma” yapılan hacmin avluya bakan penceresi “güney” yönüne baktığı durumlarda bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri sırasıyla Şekil 4.41 – 4.42 – 4.43’ te gösterilmektedir.



Şekil 4.41 : Çapraz havalandırma yapılan ve güneye yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Pencere Açık).



Şekil 4.42 : Çapraz havalandırma yapılan ve güneye yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Pencere Kapalı).

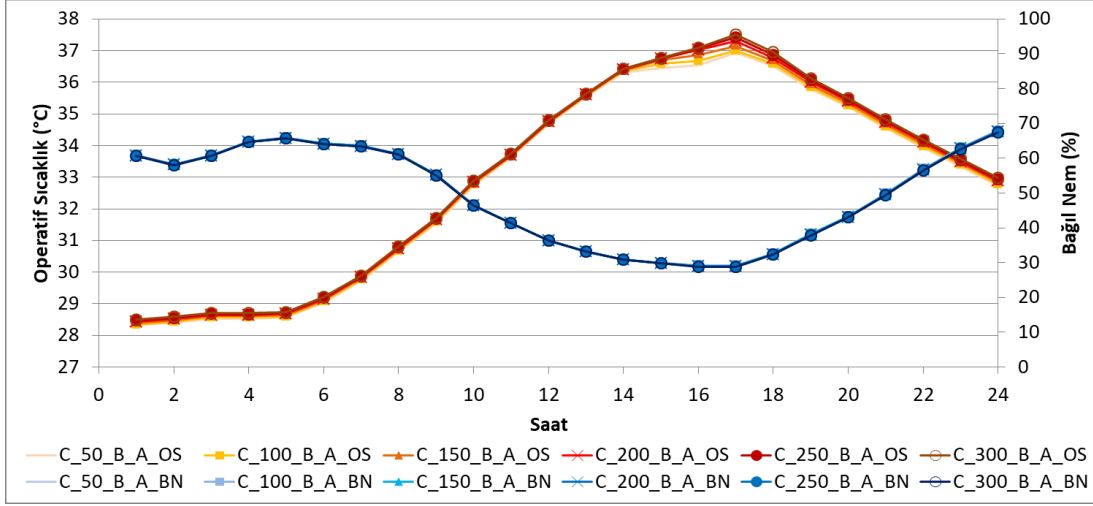


Şekil 4.43 : Çapraz havalandırma yapılan ve güneye yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Gece Havalandırması).

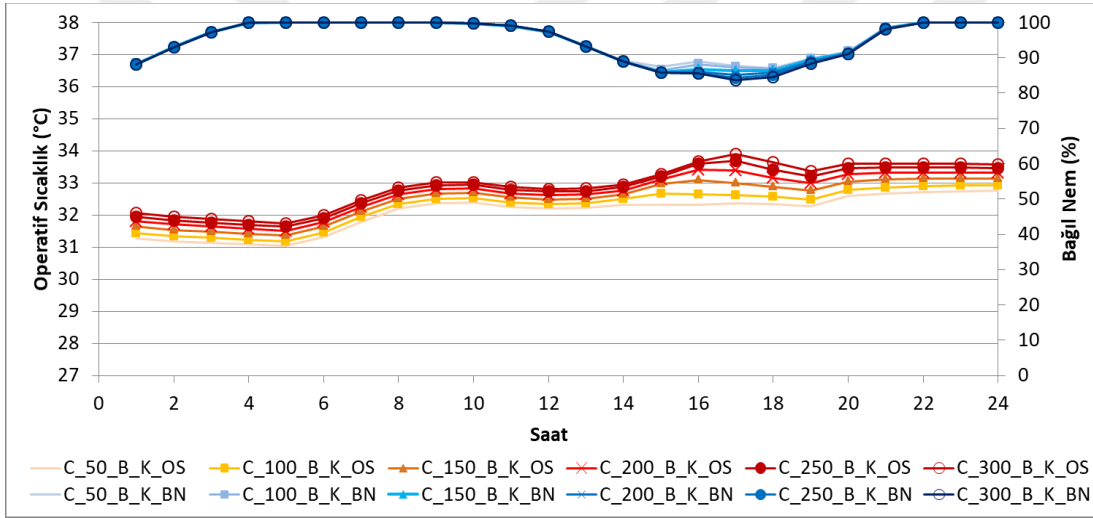
Farklı avlu boyutlarına sahip “çapraz havalandırma” yapılan hacmin avluya bakan penceresi “güney” yönüne yönlendirildiğinde hacimde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri karşılaştırıldığında (Şekil 4.41 – 4.42 – 4.43);

- Avlu derinliği arttıkça tüm havalandırma süresi seçenekleri ayrı ayrı ele alındığında operatif sıcaklık değerleri ve hacimde oluşan bağıl nem değerleri minimum seviyede değişiklik (%0,1) göstermektedir.
- Aynı avlu derinliğine sahip hacimler kendi içinde havalandırma süresi seçeneklerine göre değerlendirildiğinde; operatif sıcaklık değerleri, gece havalandırması yapılan hacimlerde en düşük, pencerelerin bütün gün açık olduğu hacimlerde en yüksek olmaktadır.
- Aynı avlu derinliğine sahip hacimler kendi içinde havalandırma süresi seçeneklerine göre değerlendirildiğinde; bağıl nem değerleri, pencerelerin bütün gün açık olduğu hacimlerde en düşük, pencerelerin bütün gün kapalı olduğu hacimlerde en yüksek olmaktadır.
- Pencerelerin bütün gün açık olduğu hacimlerde bütün avlu derinlikleri seçenekleri için operatif sıcaklık değerleri saat 17:00’de en yüksek, bağıl nem değerleri saat 16:00’da en düşük olmaktadır.

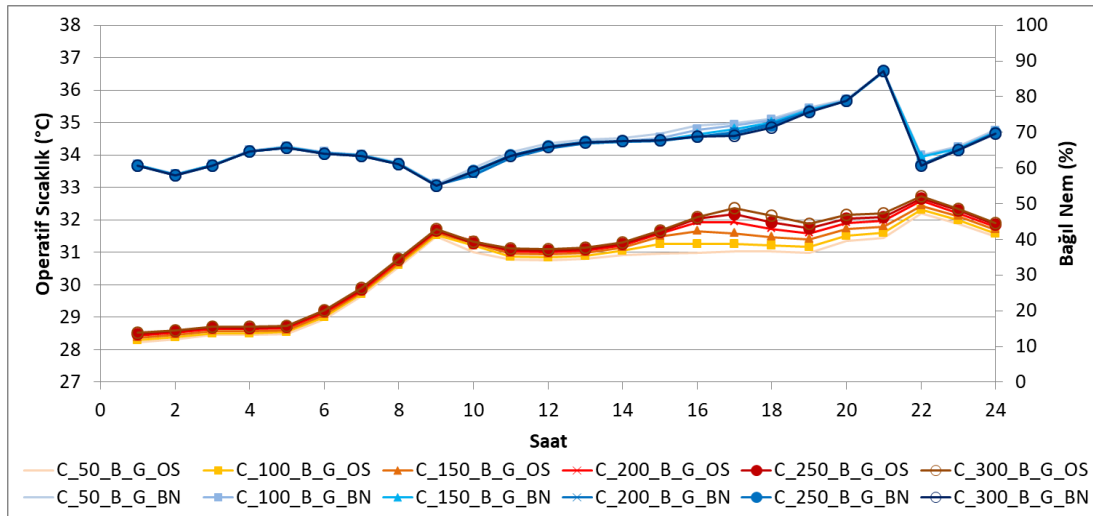
Yapılan hesaplamalar sonucu “çapraz havalandırma” yapılan hacmin avluya bakan penceresi “batı” yönüne baktığı durumlarda bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri sırasıyla Şekil 4.44 – 4.45 – 4.46’ da gösterilmektedir.



Şekil 4.44 : Çapraz havalandırma yapılan ve batıya yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Pencere Açık).



Şekil 4.45 : Çapraz havalandırma yapılan ve batıya yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Pencere Kapalı).



Şekil 4.46 : Çapraz havalandırma yapılan ve batıya yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Gece Havalandırması).

Farklı avlu boyutlarına ve havalandırma sürelerine sahip “çapraz havalandırma” yapılan hacimlerin avluya bakan penceresi “batı” yönüne yönlendirildiğinde hacimde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri karşılaştırıldığında (Şekil 4.44 – 4.45 – 4.46);

- Bağıl nem değerleri havalandırma süresi seçeneklerine göre değerlendirildiğinde; avlu derinliği arttıkça pencerelerin bütün gün açık olduğu ve bütün gün kapalı olduğu durumlarda hacimde benzer bağıl nem değerleri elde edilmekte, sadece gece havalandırması yapılan hacimlerde küçük de olsa (%1) değişim göstermektedir.

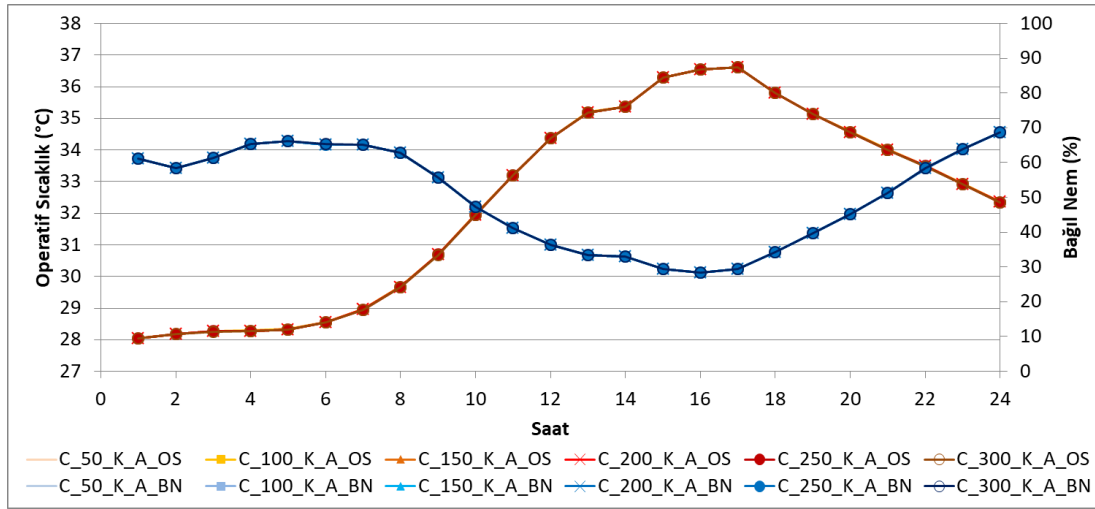
- Avluya bakan hacmin penceresi aynı yöne yönlendirildiği ve aynı havalandırma süresi seçeneğine sahip hacimler kendi içinde değerlendirildiğinde; avlu derinliği arttıkça operatif sıcaklık değerleri artmıştır.

- Havalandırma süresi seçenekleri kendi içinde değerlendirildiğinde;
 - avlu derinliğinin 50 cm. olduğu hacimlerde en düşük operatif sıcaklık değerleri,
 - avlu derinliğinin 300 cm. olduğu hacimlerde en yüksek operatif sıcaklık değerleri elde edilmiştir.

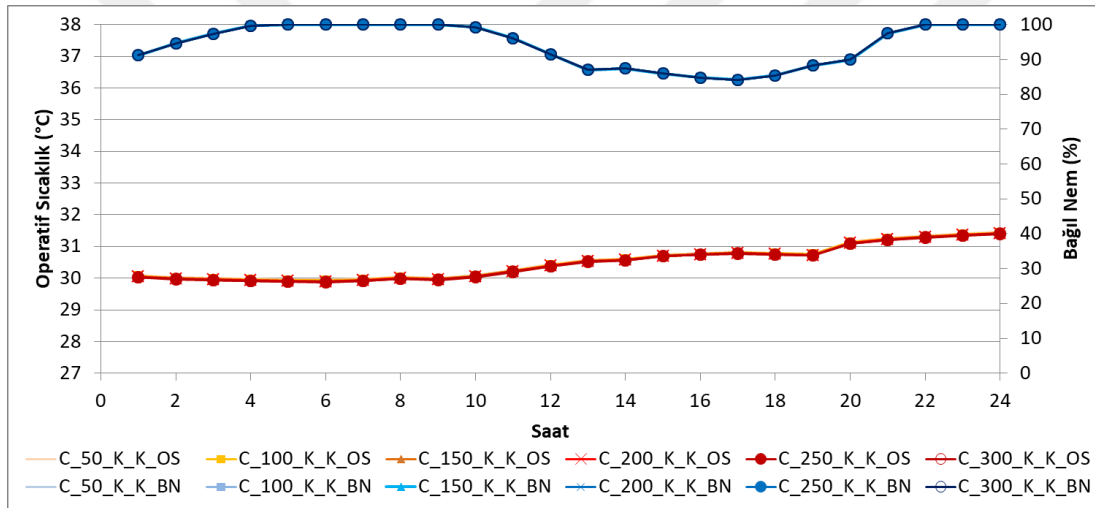
- Avluya bakan hacmin penceresi aynı yöne yönlendirildiği ve aynı avlu derinliğine sahip hacimler kendi içinde havalandırma süresi seçeneklerine göre değerlendirildiğinde; operatif sıcaklık değerleri, gece havalandırması yapılan hacimlerde en düşük, pencerelerin bütün gün açık olduğu hacimlerde en yüksek olmaktadır.

- Avluya bakan hacmin penceresi aynı yöne yönlendirildiği ve aynı avlu derinliğine sahip hacimler kendi içinde havalandırma süresi seçeneklerine göre değerlendirildiğinde; bağıl nem değerleri, pencerelerin bütün gün açık olduğu hacimlerde en düşük, pencerelerin bütün gün kapalı olduğu hacimlerde en yüksek olmaktadır.

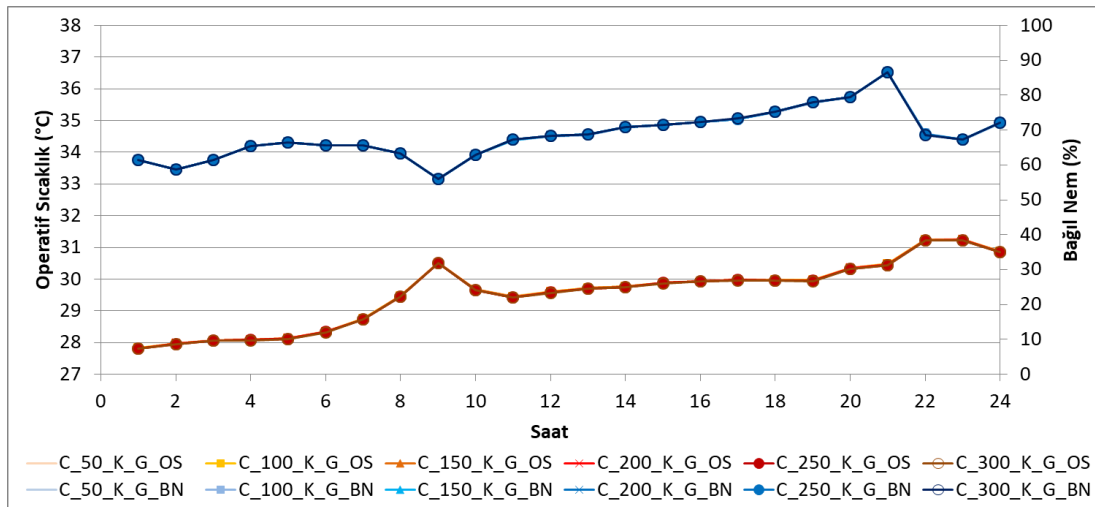
Yapılan hesaplamalar sonucu farklı avlu derinlikleri ve havalandırma sürelerine sahip “çapraz havalandırma” yapılan hacmin avluya bakan penceresi “kuzey” yönüne baktığı durumlarda hacimde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri sırasıyla Şekil 4.47 – 4.48 – 4.49’ da gösterilmektedir.



Şekil 4.47 : Çapraz havalandırma yapılan ve kuzeye yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Pencere Açık).



Şekil 4.48 : Çapraz havalandırma yapılan ve kuzeye yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Pencere Kapalı).

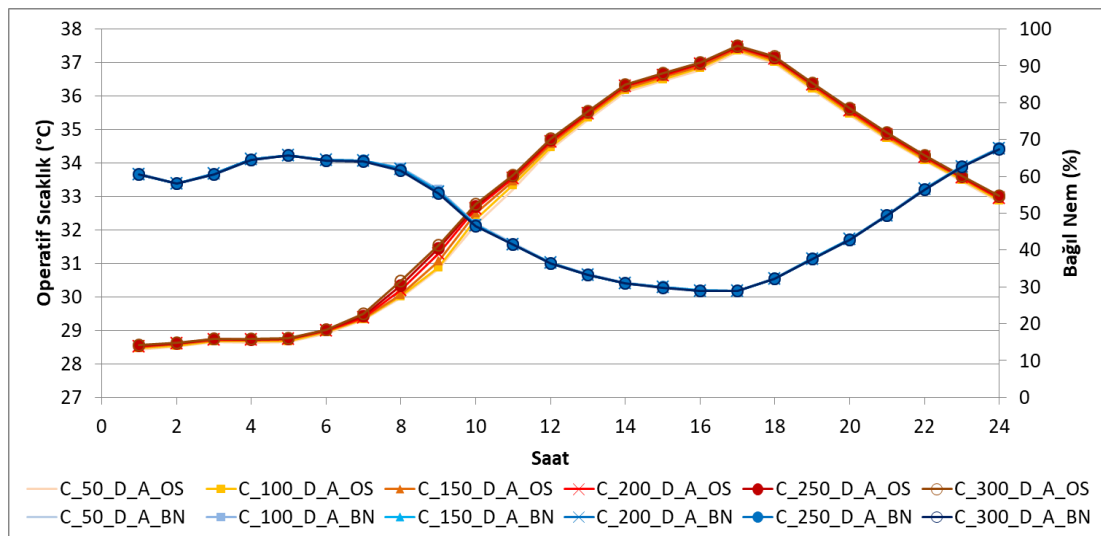


Şekil 4.49 : Çapraz havalandırma yapılan ve kuzeye yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Gece Havalandırması).

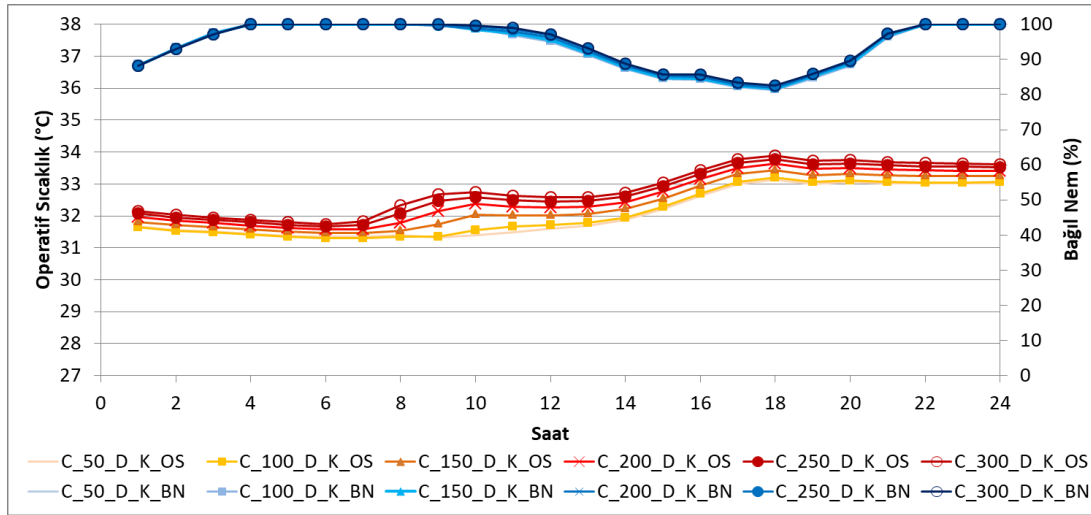
Farklı avlu boyutlarına sahip “çapraz havalandırma” yapılan hacmin avluya bakan penceresi “kuzey” yönüne yönlendirildiğinde bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri karşılaştırıldığında (Şekil 4.47 – 4.48 – 4.49);

- Avlu derinliği arttıkça tüm havalandırma süresi seçenekleri ayrı ayrı ele alındığında operatif sıcaklık değerleri ve hacimde oluşan bağıl nem değerleri minimum seviyede değişiklik (%0,1) göstermektedir.
- Aynı avlu derinliğine sahip hacimler kendi içinde havalandırma süresi seçeneklerine göre değerlendirildiğinde; operatif sıcaklık değerleri, gece havalandırması yapılan hacimlerde en düşük, pencerelerin bütün gün açık olduğu hacimlerde en yüksek olmaktadır.
- Aynı avlu derinliğine sahip hacimler kendi içinde havalandırma süresi seçeneklerine göre değerlendirildiğinde; bağıl nem değerleri, aynı avlu derinliğine sahip hacimlerde pencerelerin bütün gün açık olduğu hacimlerde en düşük, pencerelerin bütün gün kapalı olduğu hacimlerde en yüksek olmaktadır.
- Pencerelerin bütün gün açık olduğu hacimlerde bütün avlu derinlikleri seçenekleri için operatif sıcaklık değerleri saat 17:00’de en yüksek, bağıl nem değerleri saat 16:00’da en düşük olmaktadır.

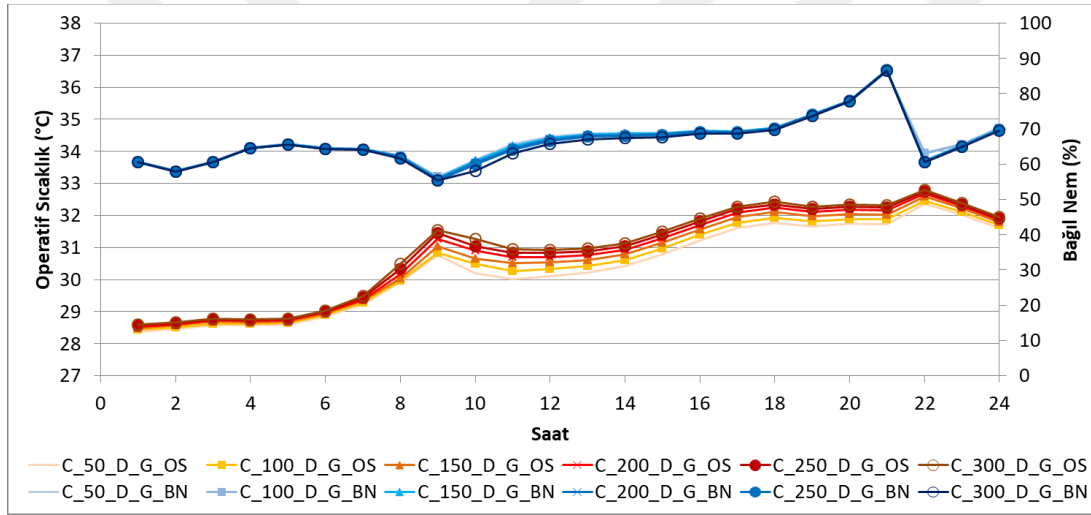
Yapılan hesaplamalar sonucu “çapraz havalandırma” yapılan hacmin avluya bakan penceresi “doğu” yönüne baktığı durumlarda bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri sırasıyla Şekil 4.50 – 4.51 – 4.52’ de gösterilmektedir.



Şekil 4.50 : Çapraz havalandırma yapılan ve doğuya yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Pencere Açık).



Şekil 4.51 : Çapraz havalandırma yapılan ve doğuya yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Pencere Kapalı).



Şekil 4.52 : Çapraz havalandırma yapılan ve doğuya yönlendirilen hacimlerde oluşan bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri (Gece Havalandırması).

Farklı avlu boyutlarına sahip “çapraz havalandırma” yapılan hacmin avluya bakan penceresi “doğu” yönüne yönlendirildiğinde bağıl nem ve operatif sıcaklık değerleri karşılaştırıldığında (Şekil 4.50 – 4.51 – 4.52);

- Bağıl nem değerleri havalandırma süresi seçeneklerine göre değerlendirildiğinde; avlu derinliği arttıkça sadece gece havalandırması yapılan hacimlerde küçük de olsa değişim (%0,9) göstermektedir.
- Avluya bakan hacmin penceresi aynı yöne yönlendirildiği ve aynı havalandırma süresi seçeneğine sahip hacimler kendi içinde değerlendirildiğinde; avlu derinliği arttıkça operatif sıcaklık değerleri artmıştır. Havalandırma seçenekleri kendi içinde değerlendirildiğinde avlu derinliğinin 50 cm. olduğu hacimlerde en

düşük operatif sıcaklık değerleri, avlu derinliğinin 300 cm. olduğu hacimlerde en yüksek operatif sıcaklık değerleri elde edilmiştir.

- Avluya bakan hacmin penceresi aynı yöne yönlendirildiği ve aynı avlu derinliğine sahip hacimler kendi içinde havalandırma süresi seçeneklerine göre değerlendirildiğinde; operatif sıcaklık değerleri, gece havalandırması yapılan hacimlerde en düşük, pencerelerin bütün gün açık olduğu hacimlerde en yüksek olmaktadır.

- Avluya bakan hacmin penceresi aynı yöne yönlendirildiği ve aynı avlu derinliğine sahip hacimler kendi içinde havalandırma süresi seçeneklerine göre değerlendirildiğinde; bağıl nem değerleri, pencerelerin bütün gün açık olduğu hacimlerde en düşük, pencerelerin bütün gün kapalı olduğu hacimlerde en yüksek olmaktadır.

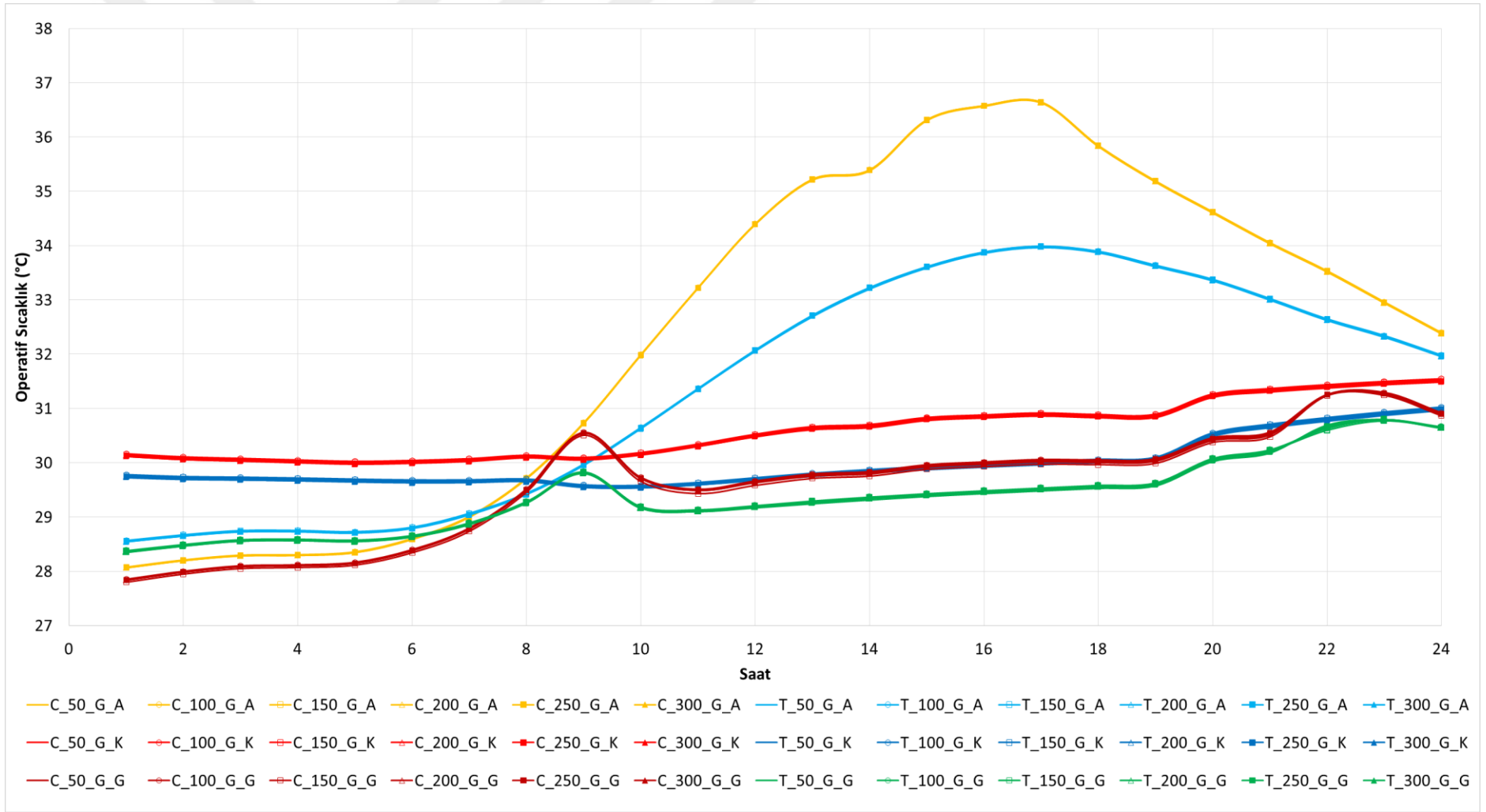
4.4.6 Tek taraflı havalandırma yapılan hacimler ile çapraz havalandırma yapılan hacimlerin karşılaştırılması

Yapılan hesaplamalar sonucu tek taraflı ve çapraz havalandırma yapılan hacimlerin avluya bakan penceresi güneye ve kuzeye yönlendirildiği, pencerenin bütün gün açık olduğu (A), bütün gün kapalı olduğu (K) ve gece havalandırması (G) yapıldığı durumlarda hacimde oluşan operatif sıcaklık değerleri Şekil 4.53 ve Şekil 4.54’de gösterilmektedir.

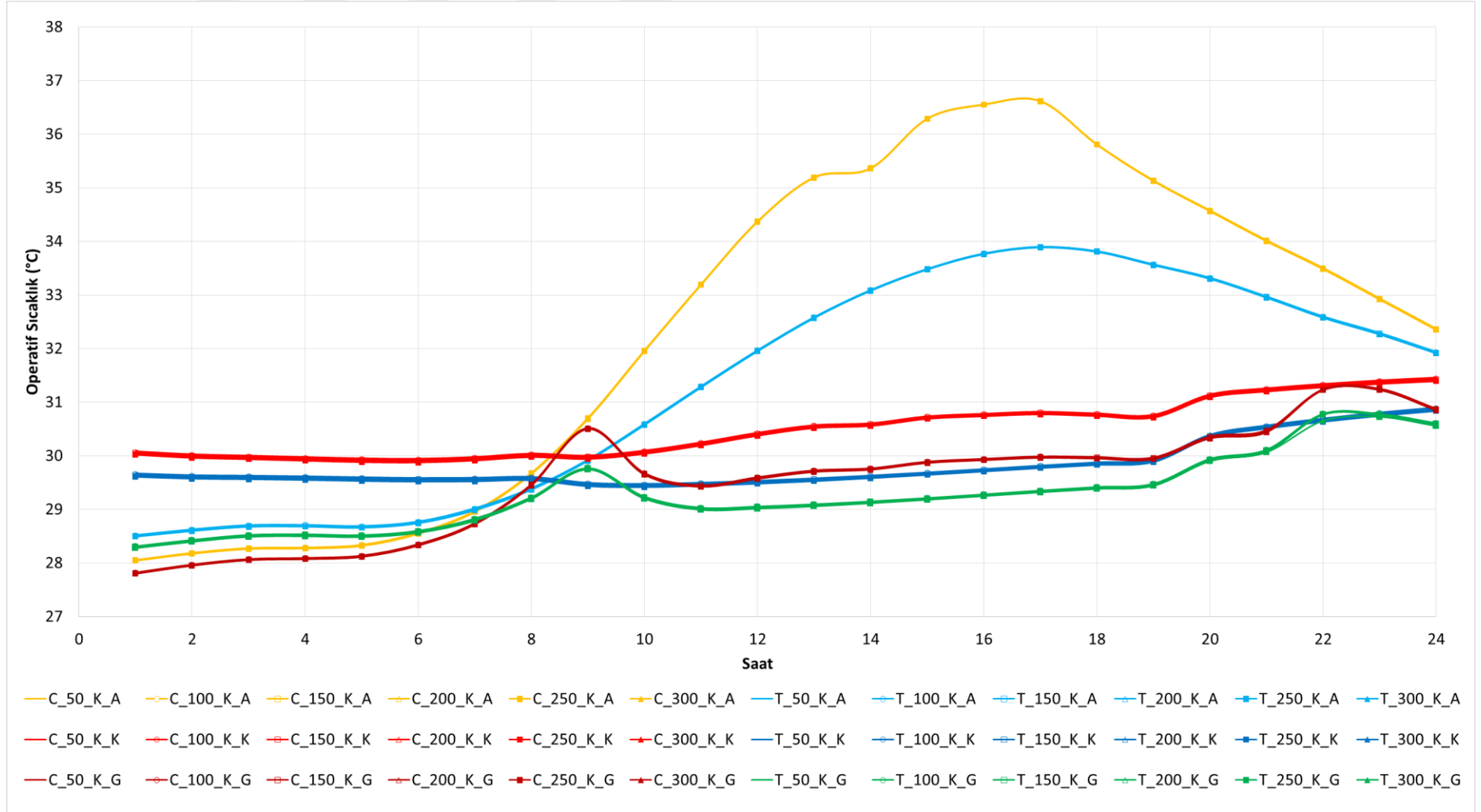
Avluya bakan hacmin penceresi güneye ve kuzeye yönlendirilen, farklı avlu boyutlarına ve havalandırma seçeneklerine sahip tek taraflı ve çapraz havalandırma yapılan hacimlerin operatif sıcaklıkları değerlendirildiğinde (Şekil 4.53 – 4.54);

- Avluya bakan hacmin penceresi kuzeye ve güneye yönlendirildiği, aynı avlu derinliğine ve havalandırma süresine sahip hacimler kendi içinde ayrı ayrı değerlendirildiğinde; çapraz havalandırma yapılan hacimlerin operatif sıcaklık değerleri tek taraflı havalandırma yapılan hacimlere göre daha yüksek olmaktadır.

- Avluya bakan hacmin penceresi güneye yönlendirilen hacimlerde çapraz ve tek taraflı havalandırma yapıldığında, tüm havalandırma süresi seçenekleri için; en yüksek operatif sıcaklık değerleri avlu derinliğinin 100 cm. olduğu, çapraz havalandırma ve pencerelerin bütün gün açık olduğu seçenekte (C_100_G_A) oluşmaktadır.



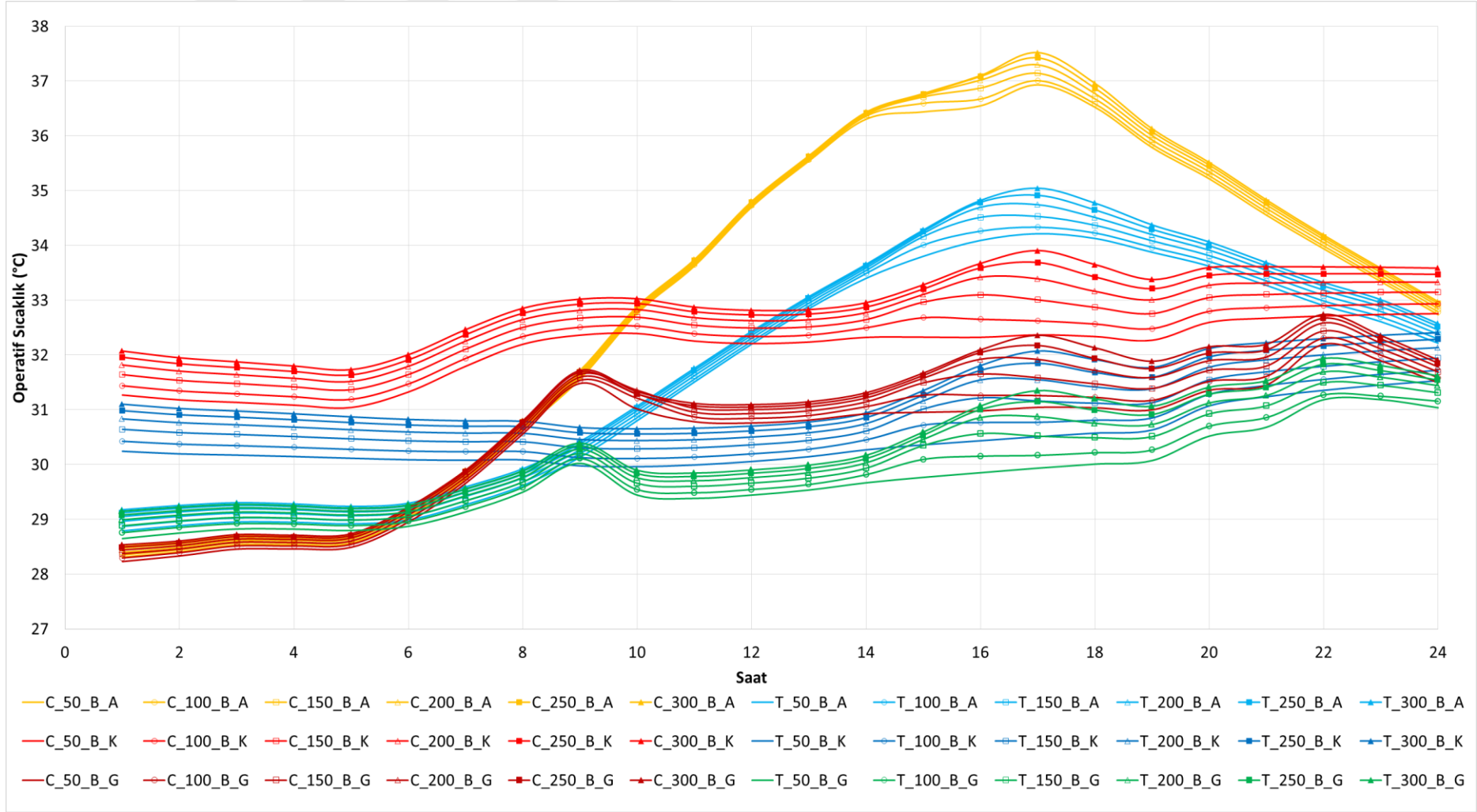
Şekil 4.53 : Hacmin avluya bakan penceresinin güneye yönlendirildiği durumda hacimde oluşan operatif sıcaklık değerleri.



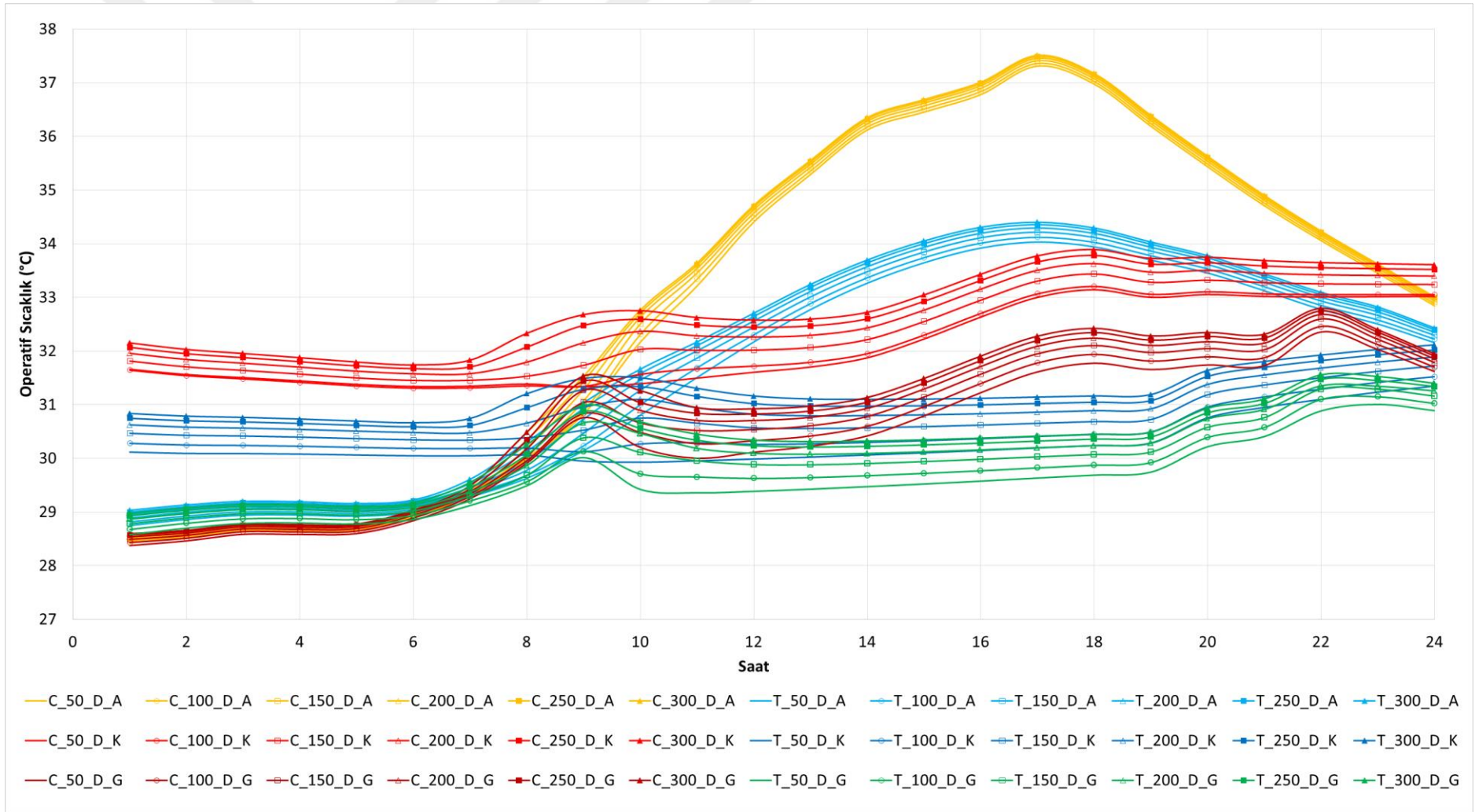
Şekil 4.54 : Hacmin avluya bakan penceresinin kuzeye yönlendirildiği durumda hacimde oluşan operatif sıcaklık değerleri.

- Avluya bakan hacmin penceresi kuzeye yönlendirilen hacimlerde çapraz ve tek taraflı havalandırma yapıldığında, tüm havalandırma süresi seçenekleri için; en yüksek operatif sıcaklık değerleri avlu derinliğinin 50 cm. olduğu, çapraz havalandırma yapılan ve pencerelerin bütün gün açık olduğu seçenekte (C_50_K_A) oluşmaktadır.
- Avluya bakan hacmin penceresi güneye yönlendirilen hacimlerde çapraz ve tek taraflı havalandırma yapıldığında, tüm havalandırma süresi seçenekleri için; en düşük operatif sıcaklık değerleri avlu derinliğinin 50 cm. olduğu, tek taraflı havalandırma ve gece havalandırması yapılan seçenekte (T_50_G_G) oluşmaktadır.
- Avluya bakan hacmin penceresi kuzeye yönlendirilen hacimlerde çapraz ve tek taraflı havalandırma yapıldığında, tüm havalandırma süresi seçenekleri için; en düşük operatif sıcaklık değerleri avlu derinliğinin 300 cm. olduğu, tek taraflı havalandırma ve gece havalandırması yapılan seçenekte (T_300_K_G) oluşmaktadır.
- Avluya bakan hacmin penceresi güneye yönlendirilen hacimler kendi içinde değerlendirildiğinde; çapraz havalandırma ve gece havalandırması yapılan tüm avlu derinliği seçenekleri (C_50_G_G, C_100_G_G, C_150_G_G, C_200_G_G, C_250_G_G, C_300_G_G) ile tek taraflı havalandırma ve pencerelerin bütün gün kapalı olduğu tüm avlu derinliği seçeneklerinde (T_50_G_K, T_100_G_K, T_150_G_K, T_200_G_K, T_250_G_K, T_300_G_K) saat 10:00 ile 21:00 arasındaki operatif sıcaklık değerleri benzerlik göstermektedir.
- Avluya bakan hacmin penceresi kuzeye yönlendirilen hacimler kendi içinde değerlendirildiğinde; çapraz havalandırma ve gece havalandırması yapılan tüm avlu derinliği seçeneklerinde (C_50_K_G, C_100_K_G, C_150_K_G, C_200_K_G, C_250_K_G, C_300_K_G), tek taraflı havalandırma ve pencerelerin bütün gün kapalı olduğu tüm avlu derinliği seçeneklerine (T_50_K_K, T_100_K_K, T_150_K_K, T_200_K_K, T_250_K_K, T_300_K_K) göre saat 12:00 ile 19:00 arasındaki operatif sıcaklık değerleri daha yüksek olmaktadır.

Yapılan hesaplamalar sonucu tek taraflı ve çapraz havalandırma yapılan hacimlerin avluya bakan penceresi batıya ve doğuya yönlendirildiği, pencerenin bütün gün açık olduğu (A), bütün gün kapalı olduğu (K) ve gece havalandırması (G) yapıldığı durumlarda hacimde oluşan operatif sıcaklık değerleri Şekil 4.55 ve Şekil 4.56'da gösterilmektedir.



Şekil 4.55 : Hacmin avluya bakan penceresinin batıya yönlendirildiği durumda hacimde oluşan operatif sıcaklık değerleri.



Şekil 4.56 : Hacmin avluya bakan penceresinin doğuya yönlendirildiği durumda hacimde oluşan operatif sıcaklık değerleri.

Avluya bakan penceresi batıya ve doğuya yönlendirilen, farklı avlu derinliklerine ve farklı havalandırma sürelerine sahip tek taraflı ve çapraz havalandırma yapılan hacimlerin operatif sıcaklıkları değerlendirildiğinde (Şekil 4.55 – 4.56);

- Avluya bakan hacmin penceresi doğuya ve batıya yönlendirilen çapraz havalandırma yapılan hacimler ile tek taraflı havalandırma yapılan hacimlerin operatif sıcaklık değerleri arasında oluşan fark pencerelerin bütün gün açık olduğu seçenekte en yüksek olmaktadır.
- Avlu derinliğinin değişimi çapraz ve tek taraflı havalandırma yapılan hacimlerde farklı havalandırma sürelerinin uygulanması halinde operatif sıcaklığı etkilemektedir.
- Avluya bakan hacmin penceresi batıya yönlendirilen hacimlerde en düşük operatif sıcaklık değerleri avlu derinliğinin 50 cm. olduğu tek taraflı havalandırma ve gece havalandırması yapılan seçenekte (T_50_B_G) oluşmaktadır.
- Avluya bakan hacmin penceresi doğuya yönlendirilen hacimlerde en düşük operatif sıcaklık değerleri avlu derinliğinin 50 cm. olduğu tek taraflı havalandırma ve gece havalandırması yapılan seçenekte (T_50_D_G) oluşmaktadır.
- Avluya bakan hacmin penceresi batıya yönlendirilen hacimlerde en yüksek operatif sıcaklık değerleri avlu derinliğinin 300 cm. olduğu, çapraz havalandırma yapılan ve pencerelerin bütün gün açık olduğu seçenekte (C_300_B_A) oluşmaktadır.
- Avluya bakan hacmin penceresi doğuya yönlendirilen hacimlerde en yüksek operatif sıcaklık değerleri avlu derinliğinin 300 cm. olduğu, çapraz havalandırma yapılan ve pencerelerin bütün gün açık olduğu seçenekte (C_300_D_A) oluşmaktadır.
- Avluya bakan hacmin penceresi doğuya yönlendirilen hacimlerde tek taraflı havalandırma yapılan seçenekte, avlu derinliğinin 50 cm. ve pencerelerin bütün gün kapalı olduğu (T_50_D_K) durumda oluşan operatif sıcaklık değerleri, avlu derinliğinin 200 - 250 - 300 cm. olduğu ve gece havalandırması (T_200_D_G, T_250_D_G, T_300_D_G) yapılan duruma göre daha düşük olmaktadır.
- Avluya bakan hacmin penceresi doğuya yönlendirilen hacimlerde, saat 09:00 ile 24:00 arasında tek taraflı havalandırma yapılan avlu derinliğinin 50 cm. ve

pencerelerin bütün gün kapalı olduğu (T_50_D_K) durumda oluşan operatif sıcaklık değerleri, çapraz havalandırma yapılan tüm avlu derinliklerinin gece havalandırması (C_50_D_G, C_100_D_G, C_150_D_G, C_200_D_G, C_250_D_G, C_300_D_G) yapılan duruma göre daha düşük olmaktadır.

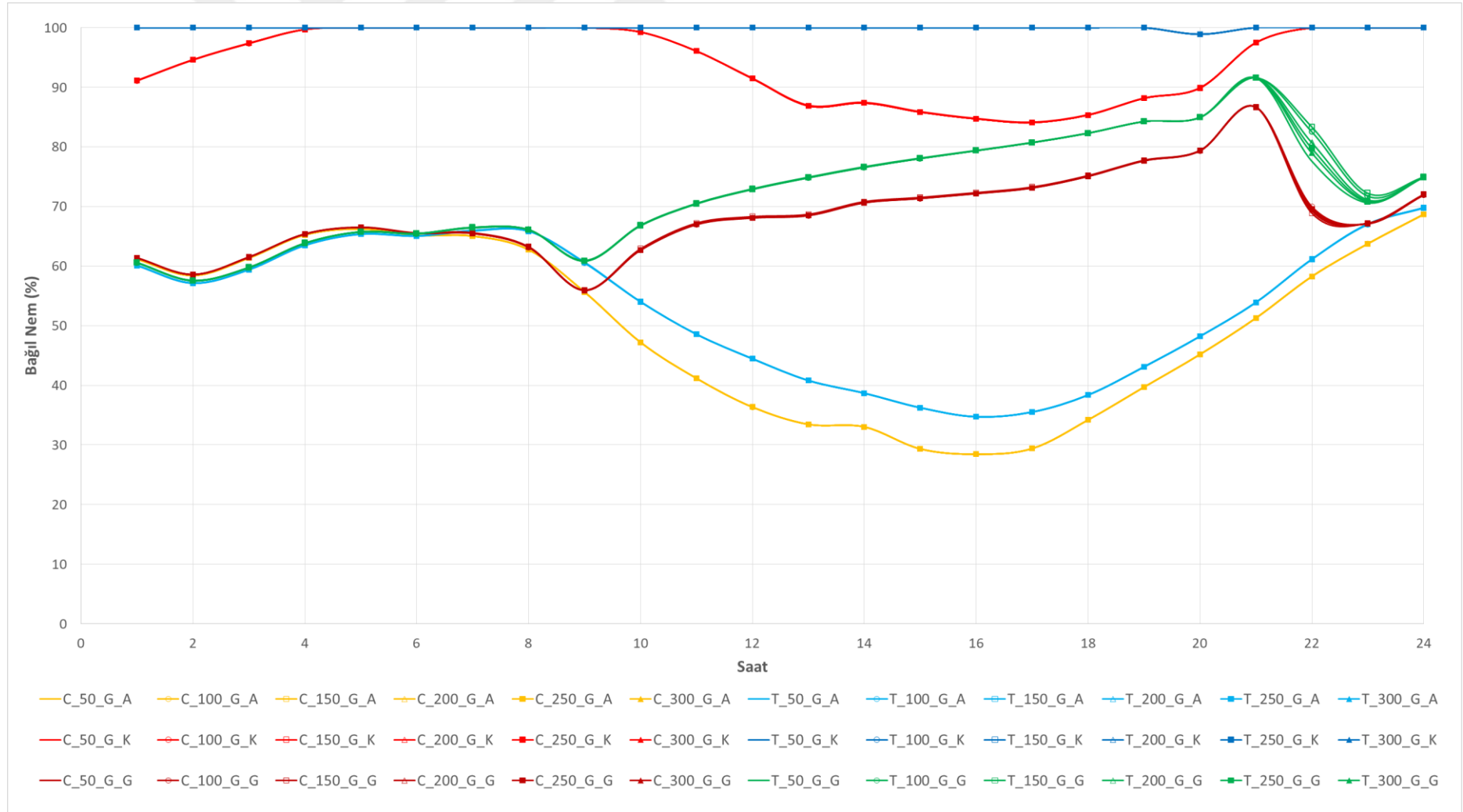
- Avluya bakan hacmin penceresi batıya yönlendirilen hacimlerde tek taraflı havalandırma yapılan seçenekte saat 09:00'da ve 15:00 ile 24:00 saatleri arasında, avlu derinliğinin 50 cm. ve pencerelerin bütün gün kapalı olduğu (T_50_B_K) durumda oluşan operatif sıcaklık değerleri, avlu derinliğinin 200 - 250 - 300 cm. olduğu ve gece havalandırması (T_200_B_G, T_250_B_G, T_300_B_G) yapılan duruma göre daha düşük olmaktadır.

- Avluya bakan hacmin penceresi batıya yönlendirilen hacimlerde tek taraflı havalandırma yapılan seçenekte saat 09:00'da ve 16:00 ile 23:00 saatleri arasında, avlu derinliğinin 100 cm. ve pencerelerin bütün gün kapalı olduğu (T_100_B_K) durumda oluşan operatif sıcaklık değerleri, avlu derinliğinin 300 cm. olduğu ve gece havalandırması (T_300_B_G) yapılan duruma göre daha düşük olmaktadır.

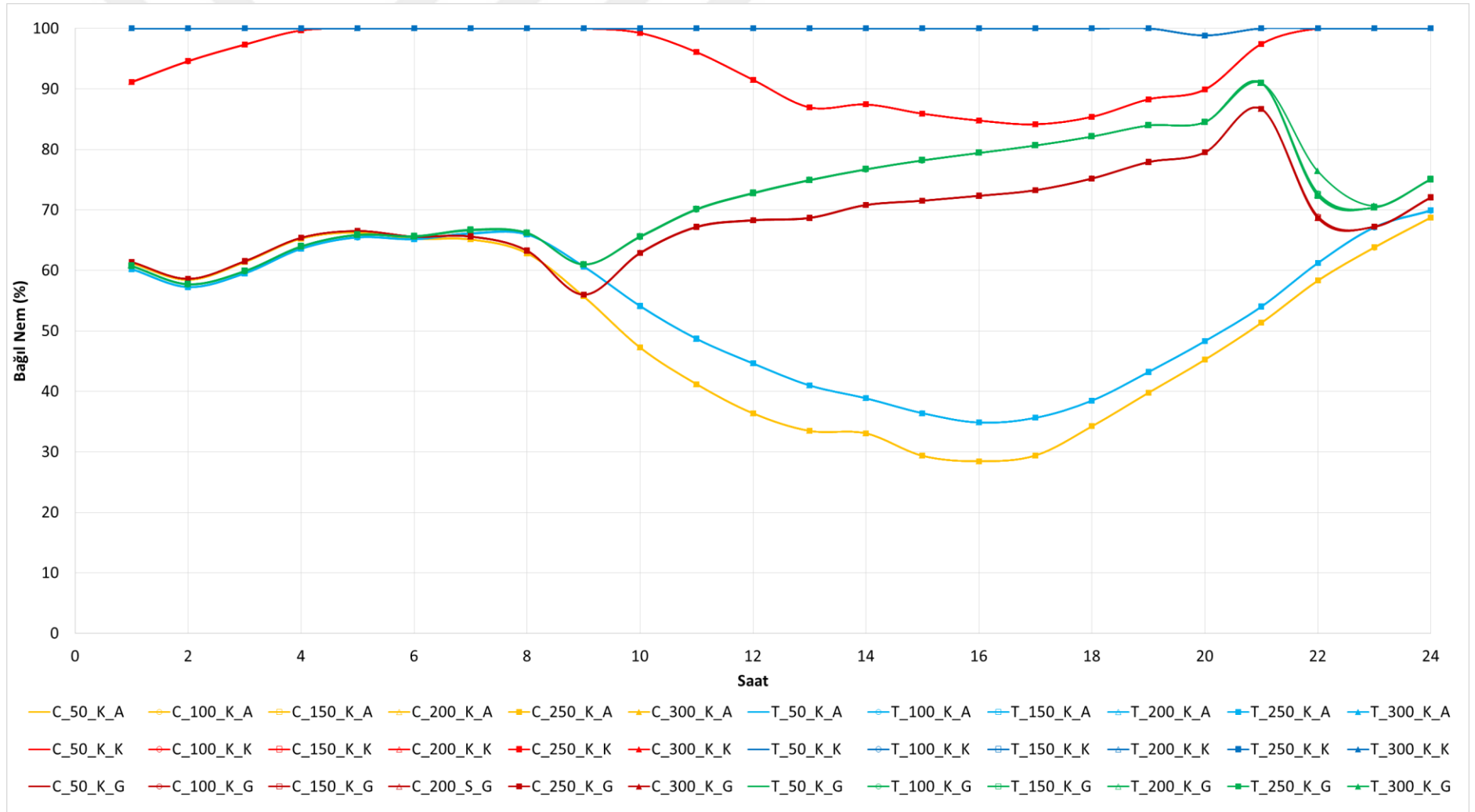
- Avluya bakan hacmin penceresi batıya yönlendirilen aynı avlu derinliğine sahip hacimler kendi içinde değerlendirildiğinde, tek taraflı havalandırma yapılan ve pencerelerin bütün gün kapalı olduğu durumda hacimde meydana gelen operatif sıcaklık değerleri, çapraz havalandırma ve gece havalandırması yapılan duruma göre daha düşük olmaktadır.

- Avluya bakan hacmin penceresi batıya yönlendirilen hacimlerde çapraz havalandırma yapılan seçenekte saat 00:00 ile 06:00 ve 16:00 ile 21:00 saatleri arasında, avlu derinliğinin 50 cm. ve gece havalandırması yapılan (C_50_B_G) durumda oluşan operatif sıcaklık değerleri, tek taraflı havalandırma yapılan avlu derinliğinin 300 cm. olduğu ve gece havalandırması (T_300_B_G) yapılan duruma göre daha düşük olmaktadır.

Yapılan hesaplamalar sonucu tek taraflı ve çapraz havalandırma yapılan hacimlerin avluya bakan penceresi güneye ve kuzeye yönlendirildiği, pencerenin bütün gün açık olduğu (A), bütün gün kapalı olduğu (K) ve gece havalandırması (G) yapıldığı durumlarda hacimde oluşan bağıl nem değerleri Şekil 4.57 ve Şekil 4.58'de gösterilmektedir.



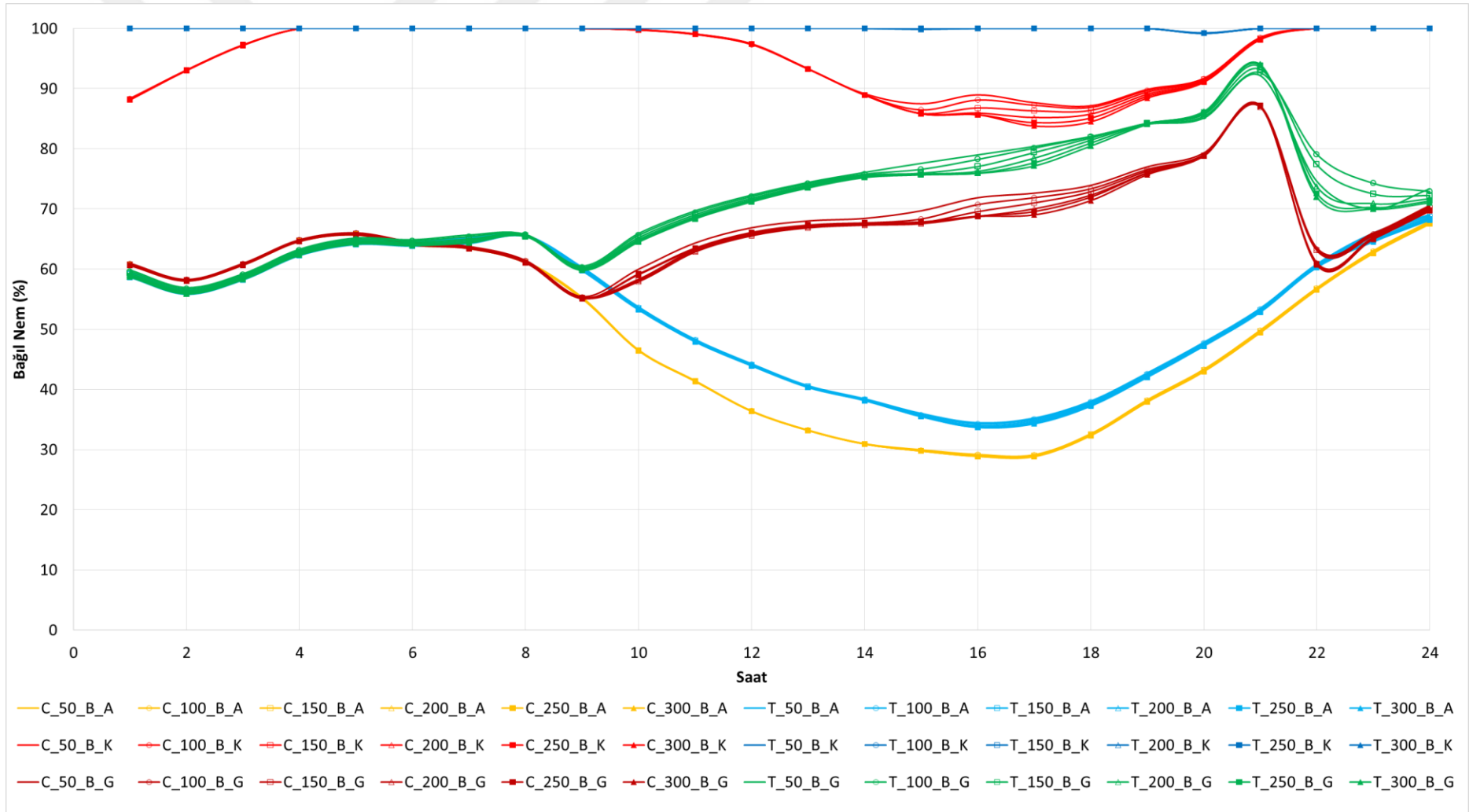
Şekil 4.57 : Hacmin avluya bakan penceresinin güneye yönlendirildiği durumda hacimde oluşan bağıl nem değerleri.



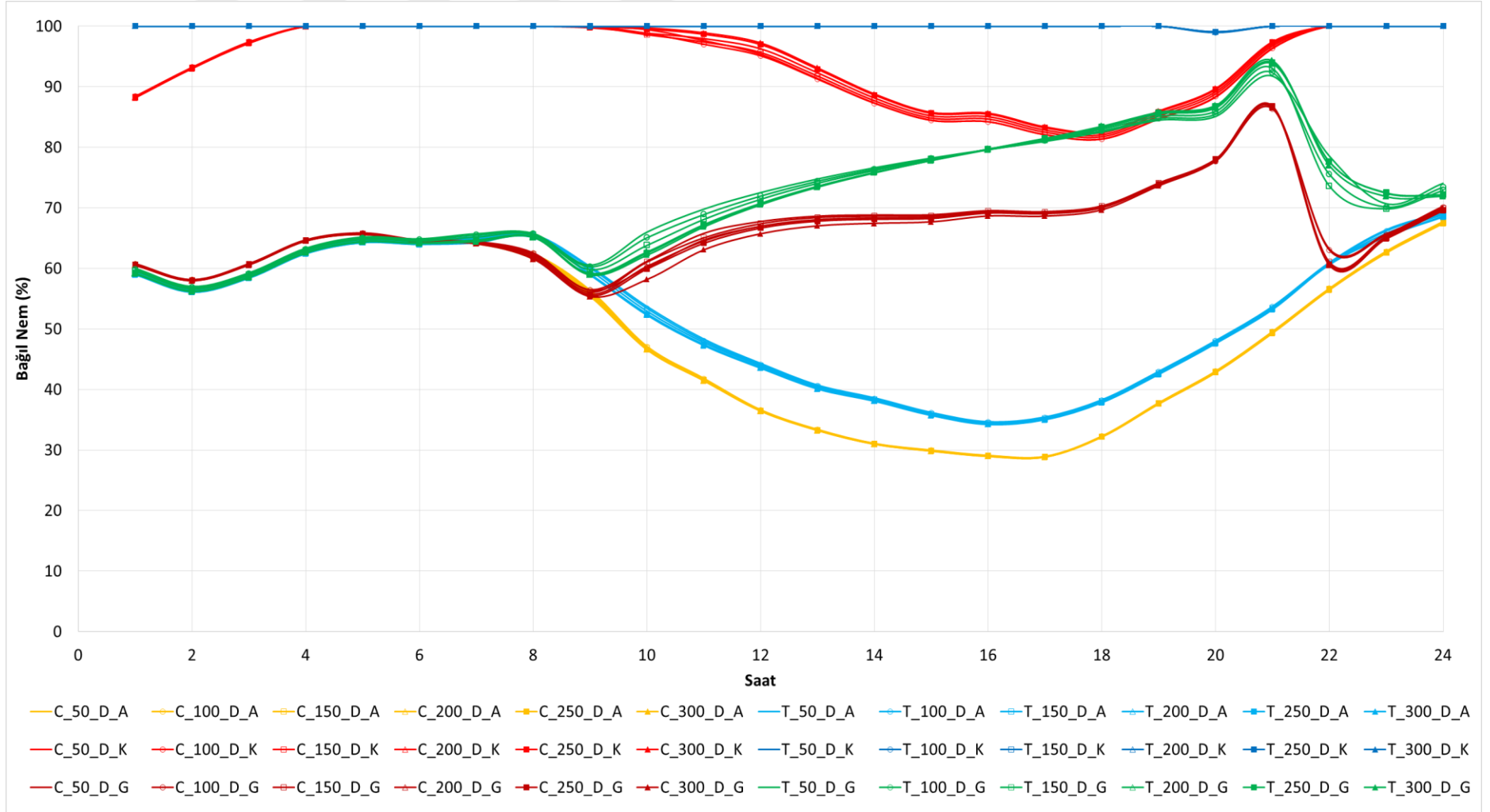
Avluya bakan hacmin penceresi güneye ve kuzeye yönlendirilen, farklı avlu boyutlarına ve havalandırma sürelerine sahip tek taraflı ve çapraz havalandırma yapılan hacimlerin bağıl nem değerleri değerlendirildiğinde (Şekil 4.57 – 4.58);

- Avluya bakan hacmin penceresi güneye ve kuzeye yönlendirilen aynı avlu derinliği ve havalandırma seçeneğine sahip hacimlerde oluşan bağıl nem değerleri, pencerelerin bütün gün açık olduğu seçeneklerde en düşük, pencerelerin bütün gün kapalı olduğu hacimlerde ise en yüksek olmaktadır.
- Avluya bakan hacmin penceresi güneye ve kuzeye yönlendirilen aynı avlu derinliği ve havalandırma süresi seçeneğine sahip hacimlerde çapraz havalandırma yapılan hacimlerin bağıl nem değerleri tek taraflı havalandırma yapılan hacimlere göre daha düşük olmaktadır.
- Avluya bakan hacmin penceresi güneye ve kuzeye yönlendirilen hacimlerde en düşük bağıl nem değerleri çapraz havalandırma yapılan ve pencerelerin bütün gün açık olduğu durumlarda gerçekleşmiştir ve avlu derinliği arttıkça bağıl nem değerleri değişmemektedir.
- Avluya bakan hacmin penceresi güneye ve kuzeye yönlendirilen hacimlerde en yüksek bağıl nem değerleri tek taraflı havalandırma yapılan ve pencerelerin bütün gün kapalı olduğu durumlarda gerçekleşmiştir ve avlu derinliği arttıkça bağıl nem değerleri değişmemektedir.
- Avluya bakan hacmin penceresi güneye yönlendirilen, gece havalandırması ve tek taraflı havalandırma yapılan hacimlerde en yüksek bağıl nem değerleri, saat 21:00 ile 24:00 arasında avlu derinliği 150 cm. olduğu (T_150_G_G) durumda, diğer saatlerde ise avlu derinliği 50 cm. olduğu (T_50_G_G) durumda gerçekleşmektedir.
- Avluya bakan hacmin penceresi kuzeye yönlendirilen, gece havalandırması ve tek taraflı havalandırma yapılan hacimlerde en yüksek bağıl nem değerleri avlu duvar mesafesinin 300 cm. olduğu (T_300_K_G) durumda gerçekleşmektedir.

Yapılan hesaplamalar sonucu tek taraflı ve çapraz havalandırma yapılan hacimlerin avluya bakan penceresi batıya ve doğuya yönlendirildiği, pencerenin bütün gün açık olduğu (A), bütün gün kapalı olduğu (K) ve gece havalandırması (G) yapıldığı durumlarda hacimde oluşan bağıl nem değerleri sırasıyla Şekil 4.59 ve Şekil 4.60'ta gösterilmektedir.



Şekil 4.59 : Hacmin avluya bakan penceresinin batıya yönlendirildiği durumda hacimde oluşan bağıl nem değerleri.



Şekil 4.60 : Hacmin avluya bakan penceresinin doğuya yönlendirildiği durumda hacimde oluşan bağıl nem değerleri.

Avluya bakan hacmin penceresi batıya ve doğuya yönlendirilen, farklı avlu boyutlarına ve havalandırma sürelerine sahip tek taraflı ve çapraz havalandırma yapılan hacimlerin bağıl nem değerleri değerlendirildiğinde (Şekil 4.59 – 4.60);

- Avluya bakan pencerenin doğuya ve batıya yönlendirildiği hacimlerde oluşan bağıl nem değerleri; pencerenin bütün gün açık olduğu seçenekte benzer eğilim göstermekte ancak pencerenin bütün gün kapalı olduğu ve gece havalandırmasının yapıldığı hacimlerde avlu derinliği arttıkça hacimde oluşan bağıl nem değerleri küçük de olsa (tek taraflı havalandırma; doğu %0,9, batı %1,8, çapraz havalandırma; doğu %0,9, batı %1) değişim göstermektedir.

- Avluya bakan hacmin penceresi batıya ve doğuya yönlendirilen, aynı avlu derinliği ve havalandırma seçeneğine sahip hacimlerde hacimde oluşan bağıl nem değerleri,

- pencerelerin bütün gün açık olduğu seçeneklerde en düşük,
- pencerelerin bütün gün kapalı olduğu hacimlerde ise en yüksek olmaktadır.

- Avluya bakan hacmin penceresi batıya ve doğuya yönlendirilen, aynı avlu derinliği ve havalandırma süresi seçeneklerine sahip hacimlerde çapraz havalandırma yapılan hacimlerin bağıl nem değerleri tek taraflı havalandırma yapılan hacimlere göre daha düşük olmaktadır.

- Avluya bakan hacmin penceresi batıya ve doğuya yönlendirilen gece havalandırması ve tek taraflı havalandırma yapılan hacimlerde en yüksek bağıl nem değerleri, saat 16:00 ile 21:00 arasında avlu derinliğinin 300 cm. olduğu (T_300_B_G, T_300_D_G) durumda, diğer saatlerde ise avlu derinliğinin 50 cm. olduğu (T_50_B_G, T_50_D_G) durumda gerçekleşmektedir.

- Avluya bakan pencerenin batıya ve doğuya yönlendirildiği hacimlerde bağıl nem değerleri; çapraz havalandırma yapılan, avlu derinliğinin 300 cm. ve pencerelerin bütün gün açık olduğu (C_300_B_A, C_300_D_A) seçeneklerde en düşük olmaktadır.

Çalışmada incelenen farklı avlu derinlikleri, bina yönlendirilişi, havalandırma seçeneği ve havalandırma süresine sahip tüm seçeneklerde, hacimde oluşan operatif sıcaklık ve bağıl nem değerleri birlikte iç hacim konfor koşulları açısından değerlendirildiğinde;

- en uygun sonuç avluya bakan hacmin penceresinin kuzeye yönlendirildiği, tek taraflı havalandırma yapılan 300 cm. derinliğinde ve gece havalandırması yapılan (T_300_K_G) seçenekte,
- en olumsuz sonuç ise avluya bakan hacmin penceresinin batıya yönlendirildiği, çapraz havalandırma yapılan 300 cm. derinliğinde ve pencerelerin bütün gün açık olduğu (C_300_B_A) seçenekte oluşmuştur.

4.5 Hacimde Oluşan Hava Hareketinin Sayısal Olarak İncelenmesi

Bina enerji simülasyon programında iç hacme ait operatif sıcaklık, bağıl nem ve güneş ışıınımı kazancı değerleri hesaplandıktan sonra, avlu derinliği ve havalandırma seçeneği değişiminin iç hacimde oluşan hava akımına etkisini incelemek için avlulu bina modellerinin sayısal analizleri gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın bu adımında doğal havalandırma yapılan binalarda bina etrafında ve iç mekanlarda oluşan hava akımı hızları, hız dağılımının kontur ve vektörel olarak ifade edilmesi, sıcaklık alanları, basınç alanları ve açıklıkların akış karakteristikleri gibi hesaplamalar gerekmektedir. Hacimde oluşan hava hareketinin sayısal çözümleri için gerekli olan bu tür hesaplamalar sadece “Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği” (HAD) yazılımları ile yapılabildiğinden, çalışmanın bu aşamasında HAD yazılımı olan ve birçok mühendislik alanında ve bilimsel araştırmalarda, akış, türbülans ve ısı transferi hesaplamalarında yaygın olarak kullanılan ANSYS FLUENT 16.2 programı kullanılmıştır.

FLUENT programında sonlu hacimler yöntemi kullanılmaktadır. Sonlu hacimler yönteminde kontrol hacmi hücre olarak adlandırılan küçük alt birimlere ayrılır ve bu birimler için çözümler gerçekleştirilir. Hücreler küçüldükçe, çözümün güvenilirliği artmakta, fakat çözüm süresi uzamakta ve çözüm için gerekli olan bilgisayar kapasitesi artmaktadır.

4.5.1 Sayısal analiz sürecine ait değişkenler

Sayısal analiz süreci, geometrik modelleme, akış alanı oluşturma, çözüm ağı oluşturma, analiz ve sonuçların işlenmesi aşamalarından oluşmaktadır.

4.5.1.1 Geometrik modelleme

Sayısal analizler, iklimsel konfor çalışmalarında birinci derece yön olarak kabul edilen [39] ve kuzey yönünün ardından en düşük operatif sıcaklık değerlerinin gerçekleştiği, hacimlerin avluya bakan penceresinin, güneye yönlendirildiği seçenekler için yapılmıştır.

Bina enerji simülasyonunda kullanılan farklı avlu derinliğine ($D = 50 \text{ cm.}, 100 \text{ cm.}, 150 \text{ cm.}, 200 \text{ cm.}, 250 \text{ cm.}, 300 \text{ cm.}$) sahip 6 farklı avlulu bina formu kullanılarak geometrik modellemeler yapılmıştır. 6 avlulu bina formu için avluya bakan duvarında tek pencere olan (tek taraflı havalandırma) ve avluya bakan duvarı ve karşı duvarında yer alan iki pencere olan (çapraz havalandırma) iki farklı havalandırma seçeneğinin analizleri gerçekleştirilmiştir.

Sayısal analizler, anlık ve avlulu bina modelinin rüzgar önü bölgesinde bulunan cephesine, rüzgar dik açıyla gelecek şekilde yapılmaktadır. Bu nedenle hacmin avluya bakan dış duvarına dik açıya en yakın değerde (190°) ve meteorolojik veri dosyasında güney yönüne 10° açıyla gelen saat 11:00'de gerçekleşen rüzgar kullanılarak ve saat 11:00 için sayısal analizler gerçekleştirilmiştir.

Sayısal analizlerde kullanılan farklı avlu derinliğine sahip avlulu bina formları, havalandırma seçenekleri ve rüzgar yönü belirlenmiş olarak üretilen toplam 12 geometrik model Çizelge 4.6'da gösterilmektedir.

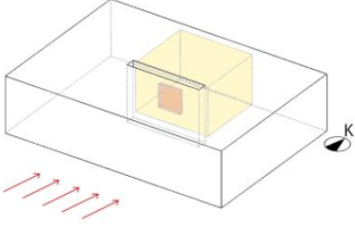
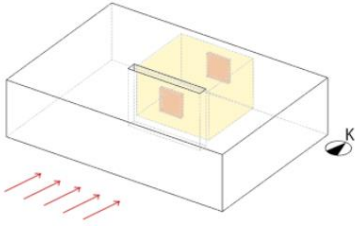
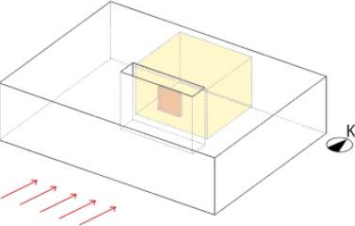
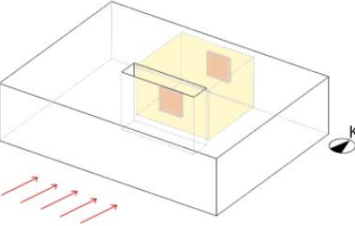
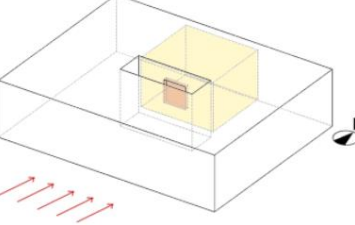
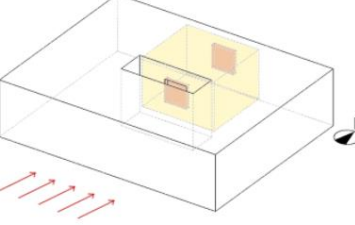
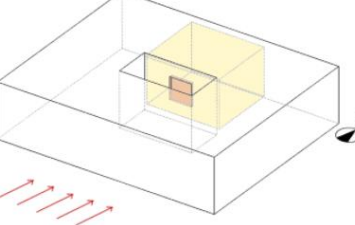
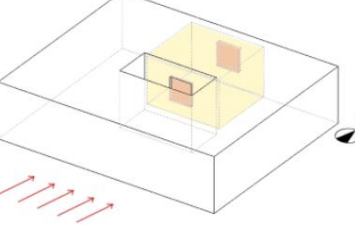
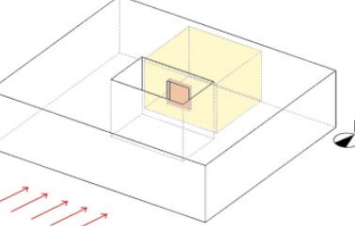
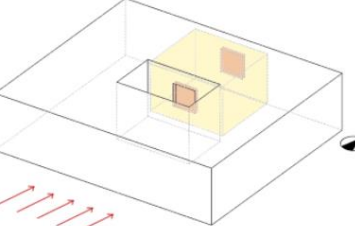
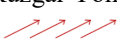
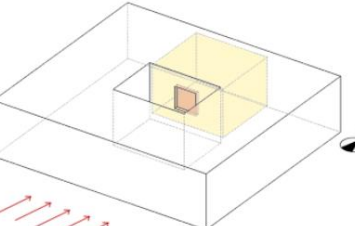
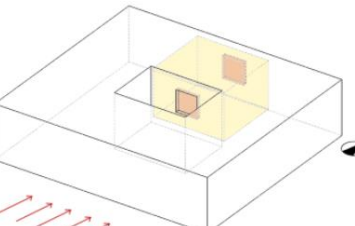
Hava hareketinin sayısal analizi yapılacak olan hacimlerin modelleri, çözüm ağları ve sayısal analizleri ANSYS Workbench platformu yardımıyla yapılmıştır. Bu platform ile modellenen hacim, bu hacim için oluşturulan çözüm ağı ve son olarak bu hacmin sayısal analizi birlikte düzenlenebilmektedir. Şekil 4.61'de ANSYS Workbench platformu gösterilmektedir.

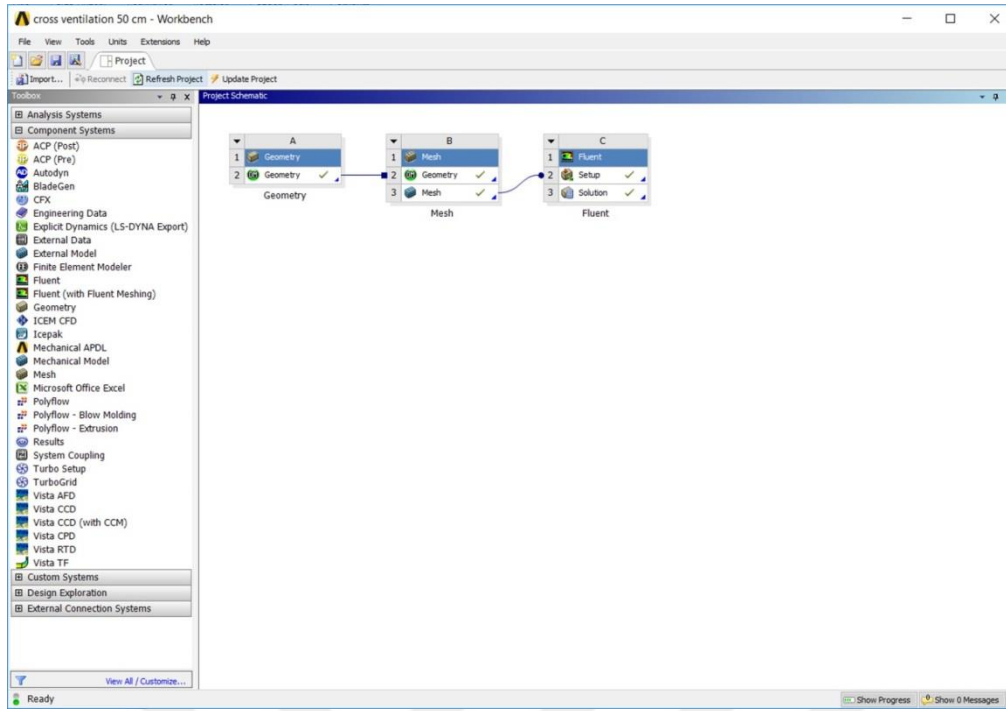
4.5.1.2 Akış alanı oluşturma

Akış alanı oluşturma, geometrik modelin içerisinde hava akışı olan bölgenin analiz amacıyla üç boyutlu sayısal ağ ile örülmesi işlemidir. Bu örgü yoğunlukla dikdörtgen bir prizma formunda bir yapısal ağ olarak oluşturulur.

Hacmin analizini yapabilmek için avlulu bina geometrik modelinin çevresinde dikdörtgenler prizması şeklinde bir akış alanı oluşturulmuştur. Akış alanının modeli ANSYS DesignModeler Geometry modülünde modellenmiştir.

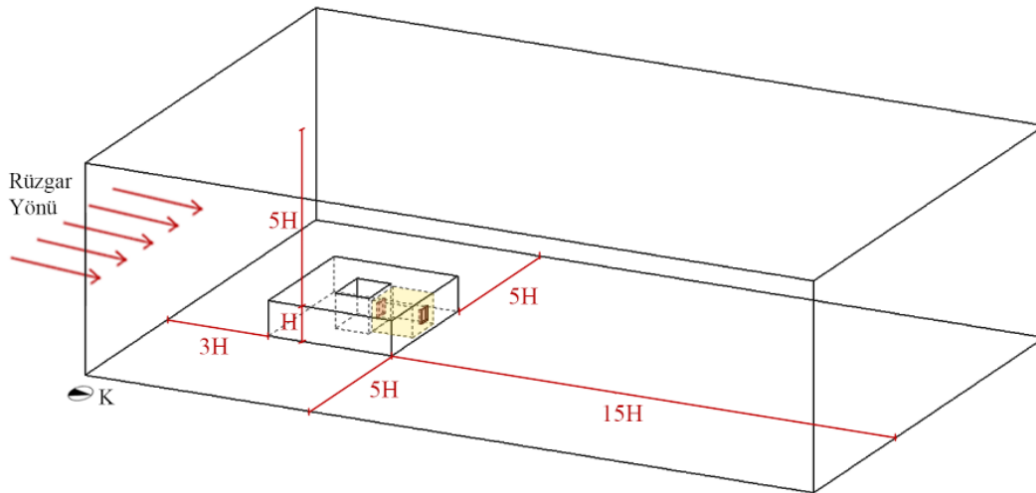
Çizelge 4.6 : Sayısal analizi yapılan avlulu bina formları.

Avlu Derinliği	Tek taraflı havalandırma	Çapraz havalandırma
50 cm. Rüzgar Yönü 	 T_50_G	 C_50_G
100 cm. Rüzgar Yönü 	 T_100_G	 C_100_G
150 cm. Rüzgar Yönü 	 T_150_G	 C_150_G
200 cm. Rüzgar Yönü 	 T_200_G	 C_200_G
250 cm. Rüzgar Yönü 	 T_250_G	 C_250_G
300 cm. Rüzgar Yönü 	 T_300_G	 C_300_G



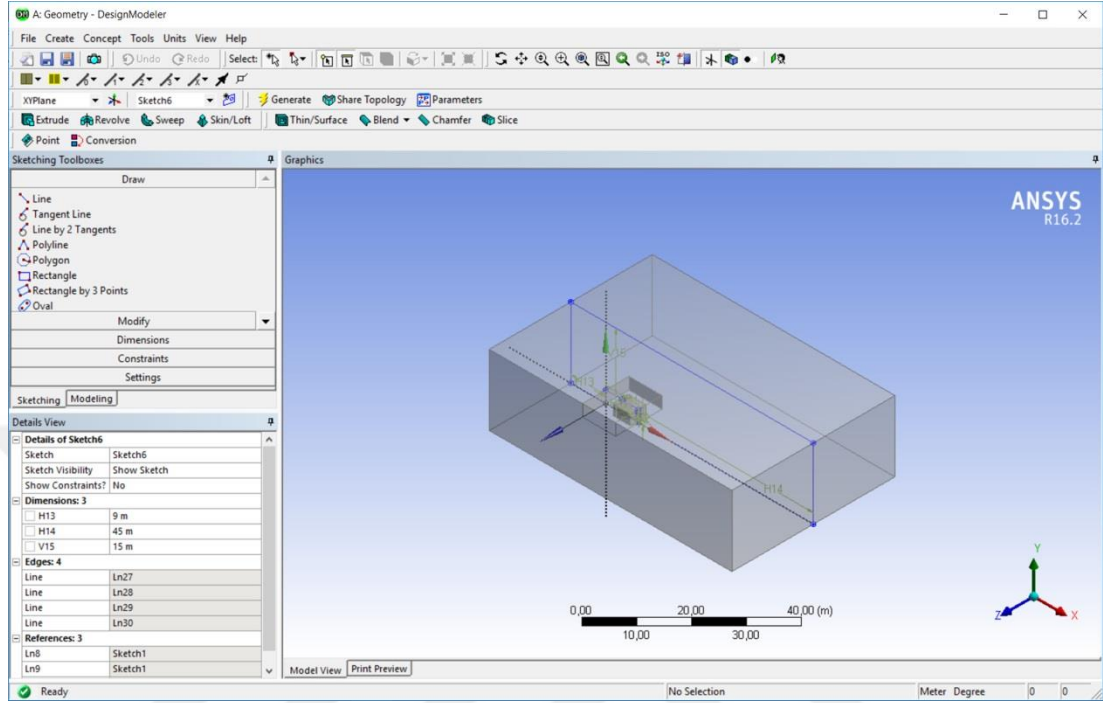
Şekil 4.61 : ANSYS Workbench platformu arayüzü.

Akış alanının boyutları binanın yüksekliği H olduğunda rüzgara göre arka bölgesinde $15H$, yan kısımlarda $5H$ ve binanın üstünde $5H$ mesafeler oluşturacak şekilde belirlenmiştir. Bu mesafeler binanın etrafında yeniden hava akışı oluşmasına imkan sağlayan, dış ortamdan gelen rüzgarın etkisinin incelenebilmesi için gerekli olan ve literatürde [81-83] önerilen ölçülerdir. Binanın rüzgara göre ön bölgesinde bina ile akış alanı arasında bırakılan mesafe akış yönünde istenmeyen gradyanların sınırlandırılması için $3H$ 'e düşürülmüştür [84-86]. Akış alanı boyutları, sayısal çözümün doğruluğunu önemli ölçüde değiştirmektedir. Avlulu bina ve çevre alan arasında bırakılan mesafeler Şekil 4.62'de gösterilmiştir.



Şekil 4.62 : Avlulu bina ile çevre alan arasında bırakılan mesafeler.

ANSYS DesignModeler Geometry modülü arayüzü ve oluşturulan akış alanı modeli Şekil 4.63’te gösterilmiştir.



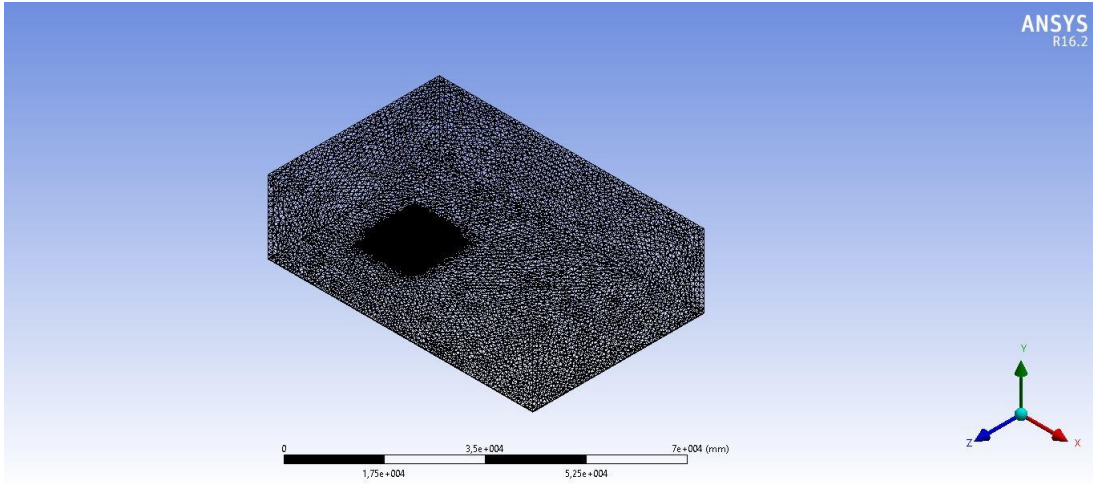
Şekil 4.63 : DesignModeler Geometry modülünde oluşturulan akış alanı.

4.5.1.3 Çözüm ağı oluşturma

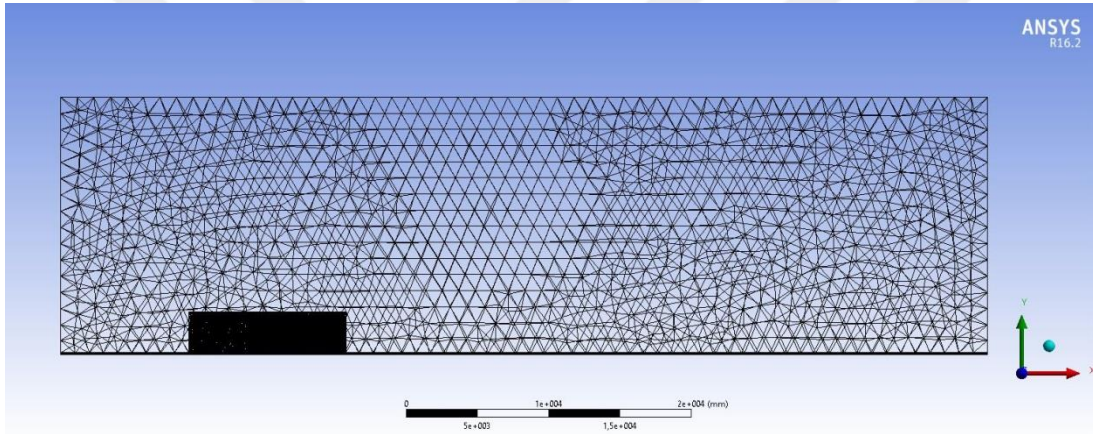
Çözüm ağı oluşturma işlemi sayısal analizi yapılacak bölgeyi yeterince küçük alt birimlere bölme işlemidir. Oluşan sonlu sayıdaki elemanların tamamı çözüm ağı veya sayısal ağ olarak adlandırılmaktadır. Çözüm ağının geometriyi düzgün bir şekilde örmesi gerekmektedir. Oluşturulan çözüm ağı çeşidi sayısal analiz yöntemine uygun seçildiğinde ve hücreler küçüldükçe çözümün güvenilirliği artar. Hücrelerin küçülmesi işlem süresini ve çözüm için gerekli olan bilgisayar sistemini arttırmaktadır.

Bu çalışmada çözüm ağı ANSYS Meshing modülünde oluşturulmuştur. Farklı ağ çeşitleri ve hücre sayılarına sahip çözüm ağları oluşturulmuş ve istenen kalite sınırları içerisinde çözüm ağı elde edilmiştir.

Çözüm ağı için karmaşık modellere daha uygun olan üçgensel hacim (tetrahedrons) ağ yapısı seçilmiştir. Geometriye uygulanan çözüm ağlarının izometrik görünümü Şekil 4.64’te, yan görünümü Şekil 4.65’te gösterilmektedir.

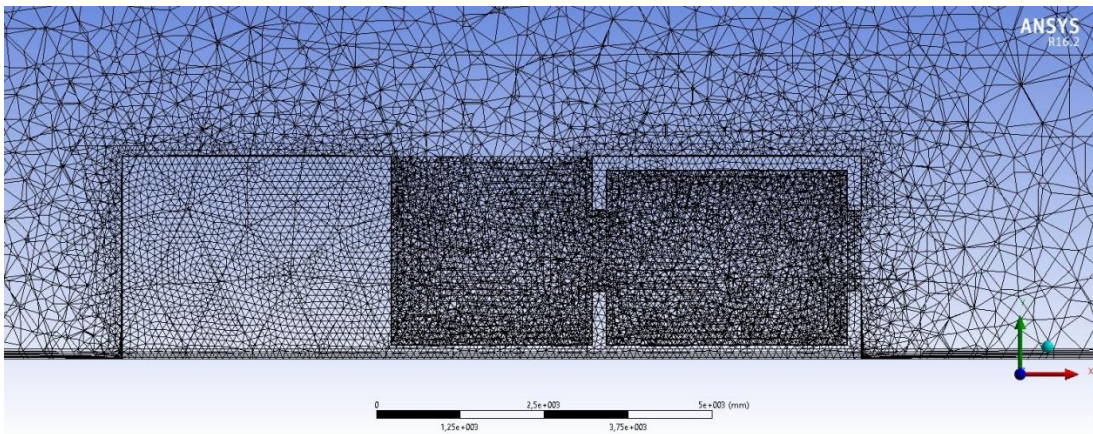


Şekil 4.64 : Sayısal analizi yapılacak hacmin çözüm ağı uygulanmış izometrik görünümü.



Şekil 4.65 : Sayısal analizi yapılacak hacmin çözüm ağı uygulanmış yan görünümü.

Sayısal analiz sonuçları incelenecek hacmin ve binanın etrafında daha sık oluşturulan çözüm ağları Şekil 4.66’da gösterilmektedir. Bina çevresinden uzaklaştıkça çözüm ağı daha seyrek olmaktadır.



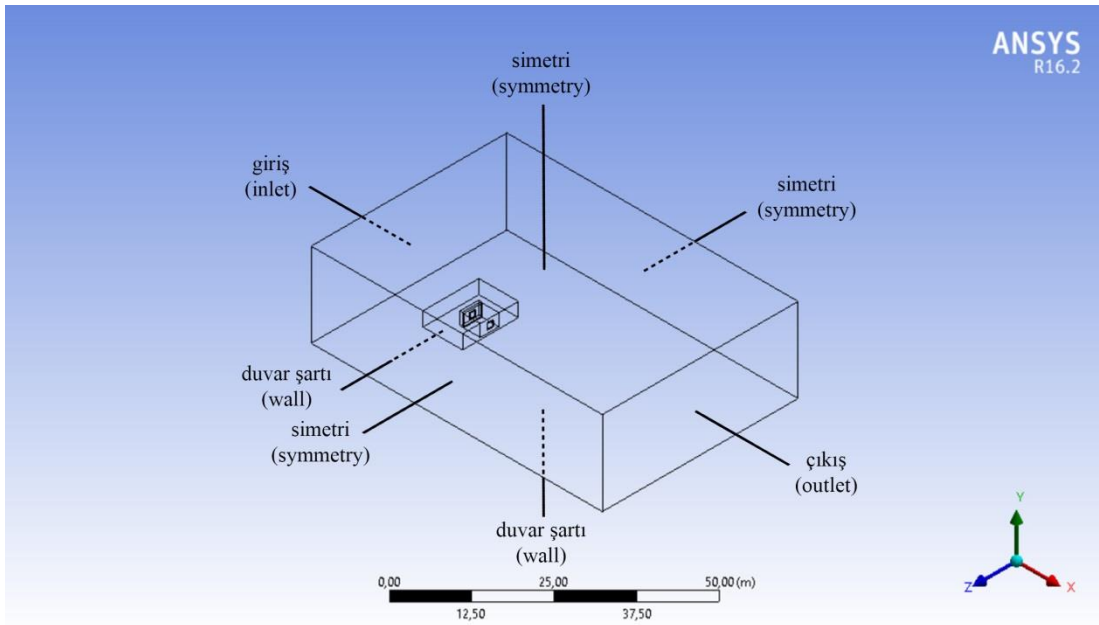
Şekil 4.66 : İncelenecek hacmin çevresinde daha sık oluşturulan çözüm ağı.

Sayısal analiz için toplamda;

- T_50_G modeli için 1.356.101
- T_100_G modeli için 1.389.425
- T_150_G modeli için 1.428.392
- T_200_G modeli için 1.499.729
- T_250_G modeli için 1.513.168
- T_300_G modeli için 1.556.477
- C_50_G modeli için 1.353.604
- C_100_G modeli için 1.388.901
- C_150_G modeli için 1.436.623
- C_200_G modeli için 1.496.292
- C_250_G modeli için 1.509.947
- C_300_G modeli için 1.554.456

adet element hacimsel olarak oluşturulmuştur.

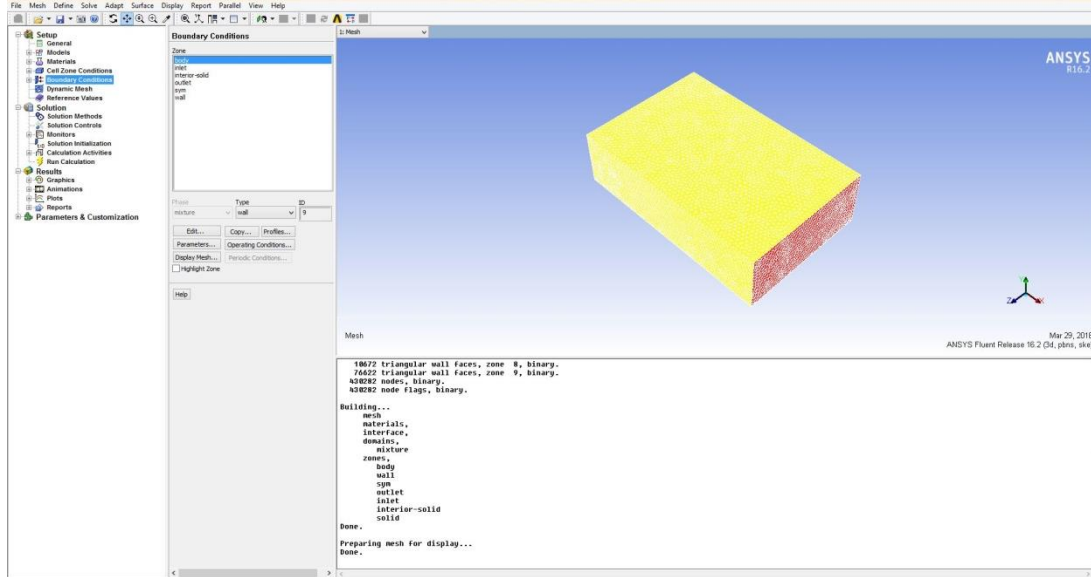
Çözüm ağı oluşturulduktan sonra yüzeyler tanımlanmıştır. Şekil 4.67’de gösterildiği gibi hava akımının geldiği yüzey “giriş” (inlet), hava akımının çıktığı yüzey “çıkış” (outlet), bina modelinin bütün yüzeyleri ve modelin alt yüzeyi “duvar” (wall) ve modelin üst ve yan yüzeyleri “simetri” (symmetry) olarak tanımlanmıştır.



Şekil 4.67 : Akış alanı yüzey tanımlamaları.

4.5.1.4 Sayısal analiz

Çözüm ağı oluşturulduktan sonra sayısal analiz ANSYS FLUENT 16.2 paket programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Fluent programının arayüzü Şekil 4.68’de gösterilmektedir.



Şekil 4.68 : Fluent programı arayüzü.

Fluent programında çözücü tipi Pressure-Based modeli seçilmiş ve çözümler sürekli hal (steady-state) için gerçekleştirilmiştir.

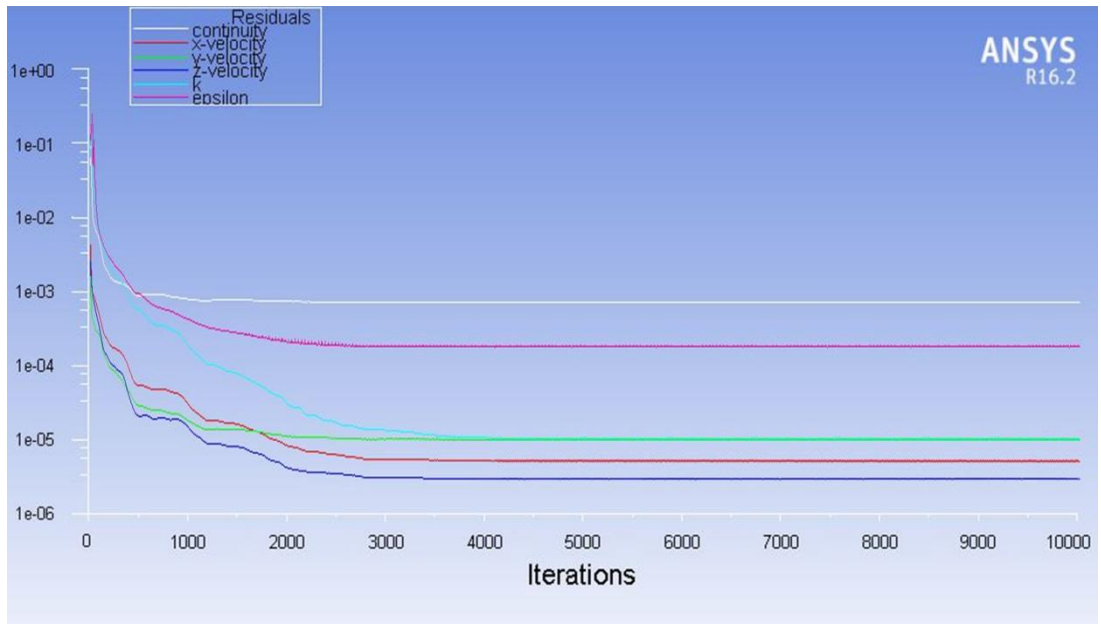
Fluent programında iki farklı sayısal analiz türü gerçekleştirilmiştir. İlk olarak sadece hız etkisinin incelendiği enerji denkleminin deaktif olarak seçildiği modeller uygulanmıştır. Bu seçenekte doğal taşınım hesaba katılmamış ve gravity bölümünde yer çekimi ivmesi tanımlanmamıştır.

Bina çevresinde ve içerisinde oluşan hava akımı düzgün olmadığından türbülans modellerinden Standart $k-\epsilon$ türbülans modeli seçilmiştir. $k-\epsilon$ türbülans modeli kolay uygulanabilir, türbülanslı viskozitenin hesaplanmasıyla alakalı düşük bir hesaplama maliyetine sahiptir ve birçok akış için makul derecede iyi sonuçlar sağlamaktadır. Bu model sadece başlangıç ve/veya sınır koşullarının sağlanması gereken en basit ve en yaygın türbülans modelidir [87-89]. Bu modelde türbülans kinetik enerjisi (k) ve türbülans sönmüleme hızı (ϵ) için iki adet transport denklemi yazılmıştır. Katı duvarların yakınında ince ızgara aralığının kullanılmasını gerektirmektedir [90]. Duvar yaklaşımı olarak Standart Duvar Fonksiyonu (Standard Wall Function) kullanılmıştır.

İkinci seçenekte ise yüzeylere sıcaklık tanımlanarak hava hareketinin nasıl değişeceği incelenmiştir. Bu seçenekte enerji denklemi aktif hale getirilmiş, doğal taşınım etkilerinin gözlenebilmesi için yer çekimi ivmesi tanımlanmış ve “Full Buoyancy Effect” seçeneği aktif hale getirilmiştir. Literatür araştırmasına göre doğal taşınım çözümleri rüzgar tüneli deneylerine daha yakın sonuçlar veren RNG $k - \epsilon$ türbülans modeli seçilmiştir.

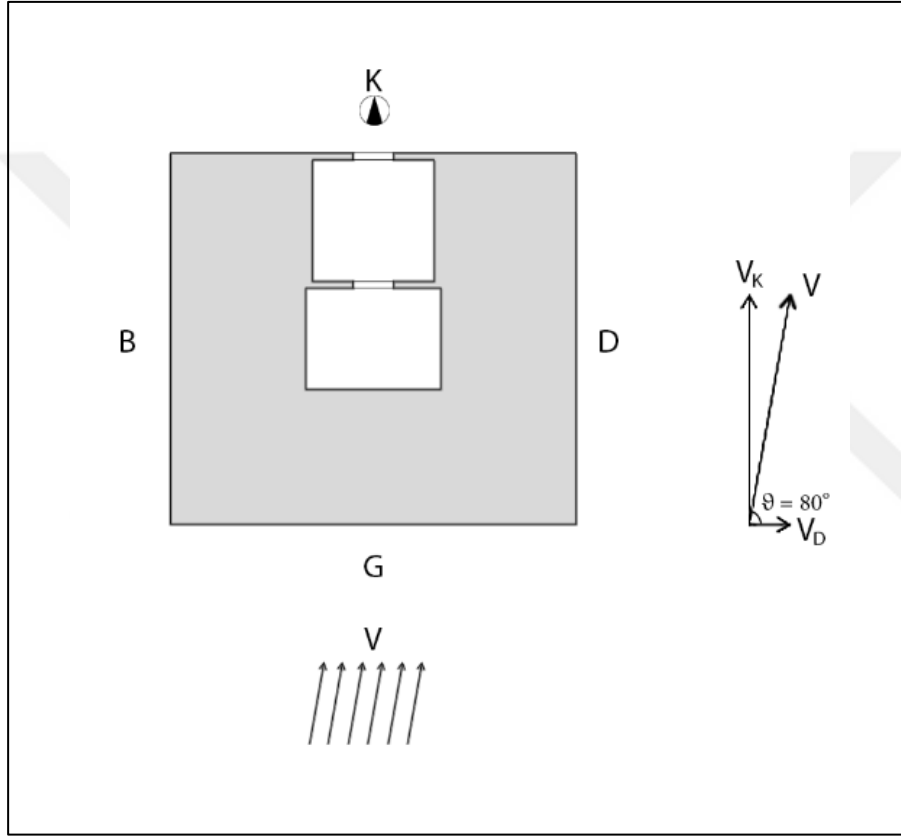
İncelenen modellerde sadece hız etkisinin incelendiği analizler ile duvarlara sıcaklık tanımlanan analizler benzer hava hareketi hızı ve akışları göstermiştir. Duvarlara sıcaklık tanımlanan analizler sadece hız etkisinin incelendiği analizlere göre önemli ölçüde daha uzun sürmektedir. Bu sebeple bu çalışmada kullanılan analizlere duvarlara sıcaklık tanımlanmamış ve sadece rüzgarın davranışı incelenmiştir.

Çözüm yöntemi olarak SIMPLE algoritması esas alınmıştır. Çözümlerde daha hassas sonuçlar elde etmek amacıyla değişkenlerin ağ noktaları arasındaki değişim için, Second Order Upwind yaklaşımı kullanılmıştır. Yakınsama kriterleri; süreklilik, x, y ve z yönlerindeki hızlar için $1 \cdot 10^{-6}$, k ve epsilon için $1 \cdot 10^{-3}$ olarak alınmıştır. Hazırlanan modelin çözümünde iterasyon sayısı 10000 olarak belirlenmiştir. Hız, süreklilik ve türbülans parametreleri iterasyon sürecinde sürekli olarak güncellenir. Güvenli hata toleransı ve çözüm yakınsama kriterleri gerçekleşmesiyle yakınsama başarılı olur. 10000 iterasyon sonucunda Şekil 4.69’da görülen yakınsama elde edilmiş ve iterasyon tamamlanmıştır.



Şekil 4.69 : İterasyon sayısı boyunca değerlerin yakınsaması.

Sayısal analizlerde rüzgarın yönü ve hızı, EnergyPlus simülasyon programında simülasyonların gerçekleştirildiği Antalya iline ait epw. (energy plus weather) formatındaki iklimsel veriler esas alınarak 21 Temmuz günü saat 11:00'da gerçekleşen güney ile batı yönünde 10 derece açı yaparak esen hızı 1,7 m/s olarak kullanılmıştır. Açılı gelen rüzgarın avludaki hacme göre yönü ve bileşenleri Şekil 4.70'te gösterilmektedir. Vektörlerin bileşenlerine ayrılma hesaplamalarında [91] açılı gelen rüzgarın hız vektörünün kuzey yönündeki bileşeni denklem 4.1, doğu yönündeki bileşeni denklem 4.2 yardımıyla hesaplanmıştır.



Şekil 4.70 : Sayısal analizlerde kabul edilen rüzgar yönü ve bileşenleri.

$$V_K = V \cdot \sin\theta \quad (4.1)$$

$$V_D = V \cdot \cos\theta \quad (4.2)$$

Bütün modeller için elde edilen analiz sonuçları, denklem 4.1 ve 4.2 yardımıyla elde edilen rüzgar bileşenleri;

$$V_K = 1,647 \text{ m/s,}$$

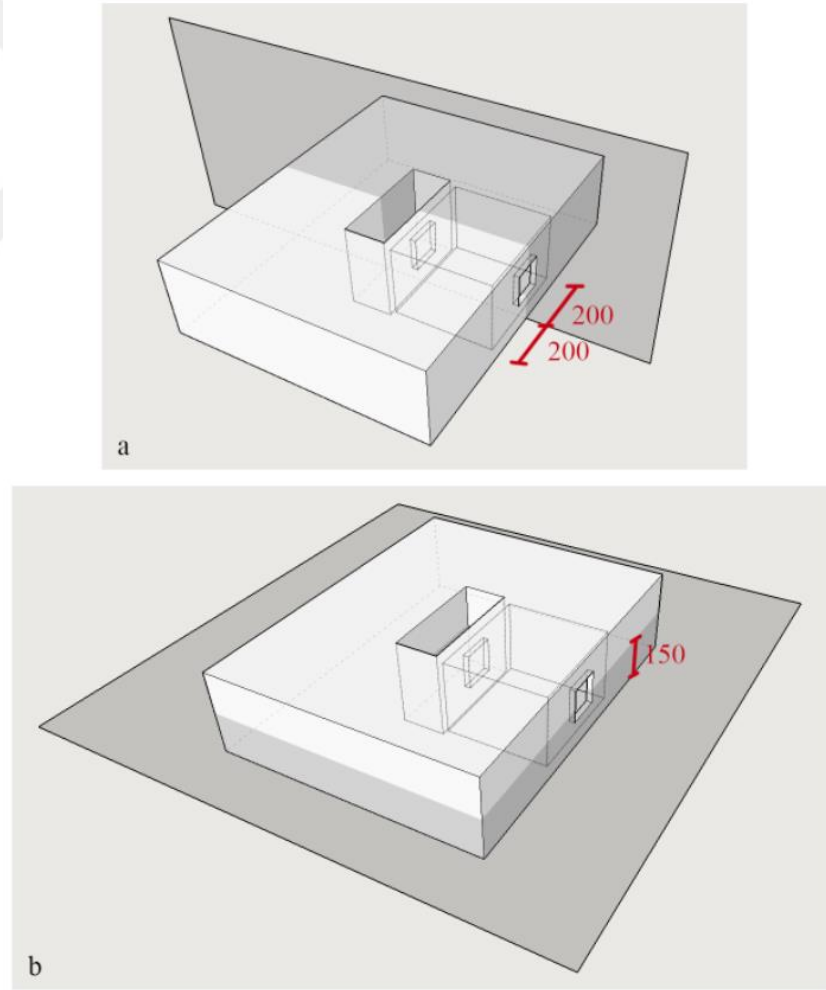
$$V_D = 0,295 \text{ m/s}$$

alınarak hesaplanmıştır.

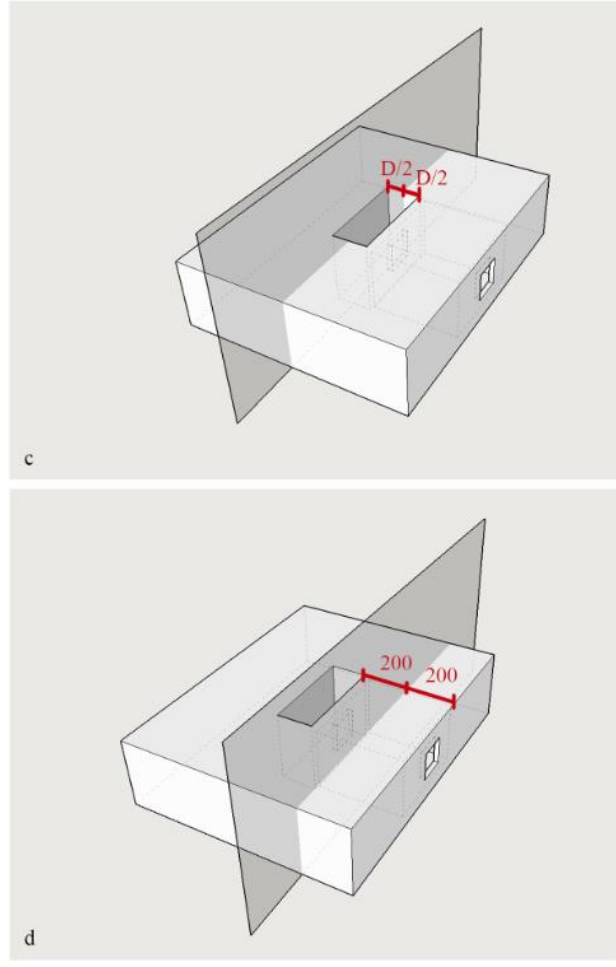
4.5.2 Analiz sonuçları

Tek taraflı havalandırma yapılan (T_50_G, T_100_G, T_150_G, T_200_G, T_250_G, T_300_G) ve çapraz havalandırma yapılan (C_50_G, C_100_G, C_150_G, C_200_G, C_250_G, C_300_G) toplam 12 modelde açıklıkları kesecek şekilde yatay ve düşey düzlemler oluşturulmuştur.

D1 düzlemi bina, hacim ve açıklıkların güney-kuzey yönünde orta ekseninden düşeyde geçecek şekilde, D2 düzlemi yatayda zeminden 150 cm. yukarıda, D3 düzlemi avlunun doğu-batı yönünde orta ekseninden düşeyde geçecek şekilde ve D4 düzlemi hacmin doğu-batı yönünde orta ekseninden düşeyde geçecek şekilde oluşturulmuştur. Oluşturulan D1 düzlemi (a), D2 düzlemi (b), D3 düzlemi (c) ve D4 düzlemi (d) Şekil 4.71’de gösterilmektedir.

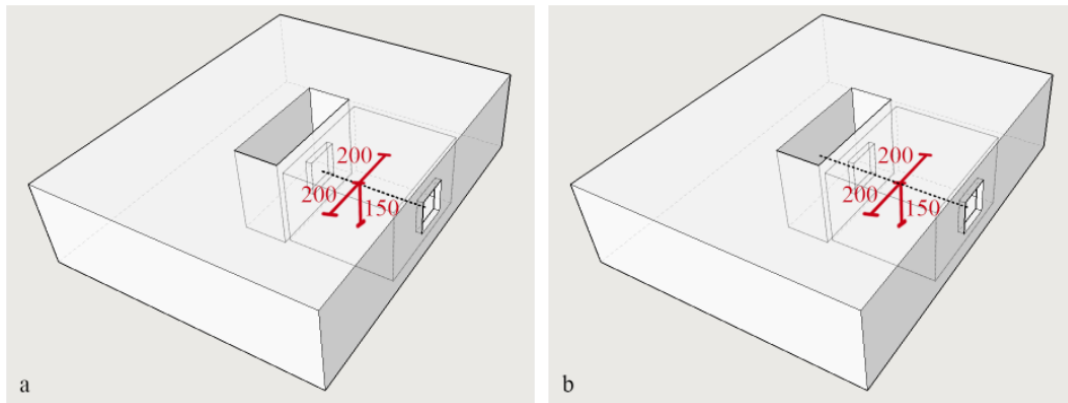


Şekil 4.71 : D1 (a), D2 (b), D3 (c) ve D4 (d) düzlemlerinin bina üzerindeki konumları.



Şekil 4.71 (devam) : D1 (a), D2 (b), D3 (c) ve D4 (d) düzlemlerinin bina üzerindeki konumları.

Hacim içindeki hava akımı hızı hesaplamalarında kullanmak için binanın plan düzleminde pencerelerin merkez aksından geçen, kesitte ise zeminden 150 cm. yukarıda olan iki çizgi oluşturulmuştur. Hacmin içinden geçen çizginin konumu Şekil 4.72 - a'da (Çizgi 1), hacimle birlikte avlunun da içinden geçen çizginin konumu ise Şekil 4.72 – b'de (Çizgi 2) gösterilmektedir.



Şekil 4.72 : Çizgi 1 (a) ve Çizgi 2'nin (b) konumu.

4.5.2.1 Tek taraflı havalandırma yapılan modeller için analiz sonuçları

Tek taraflı havalandırma yapılan avlulu bina formlarında oluşan hız dağılımları yatay ve düşey düzlemlerde kontur ve vektörel olarak elde edilmiştir. Farklı avlu derinliklerine sahip avlulu modellerde D1 düzleminde oluşan hız dağılımları kontur ve vektörel olarak sırasıyla Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8’de gösterilmektedir.

D1 düzleminde oluşan hız dağılımları incelendiğinde bina etrafında oluşan maksimum hız, rüzgarın bina yüzeyine çarpıp yükseldiği bölgede oluşmaktadır.

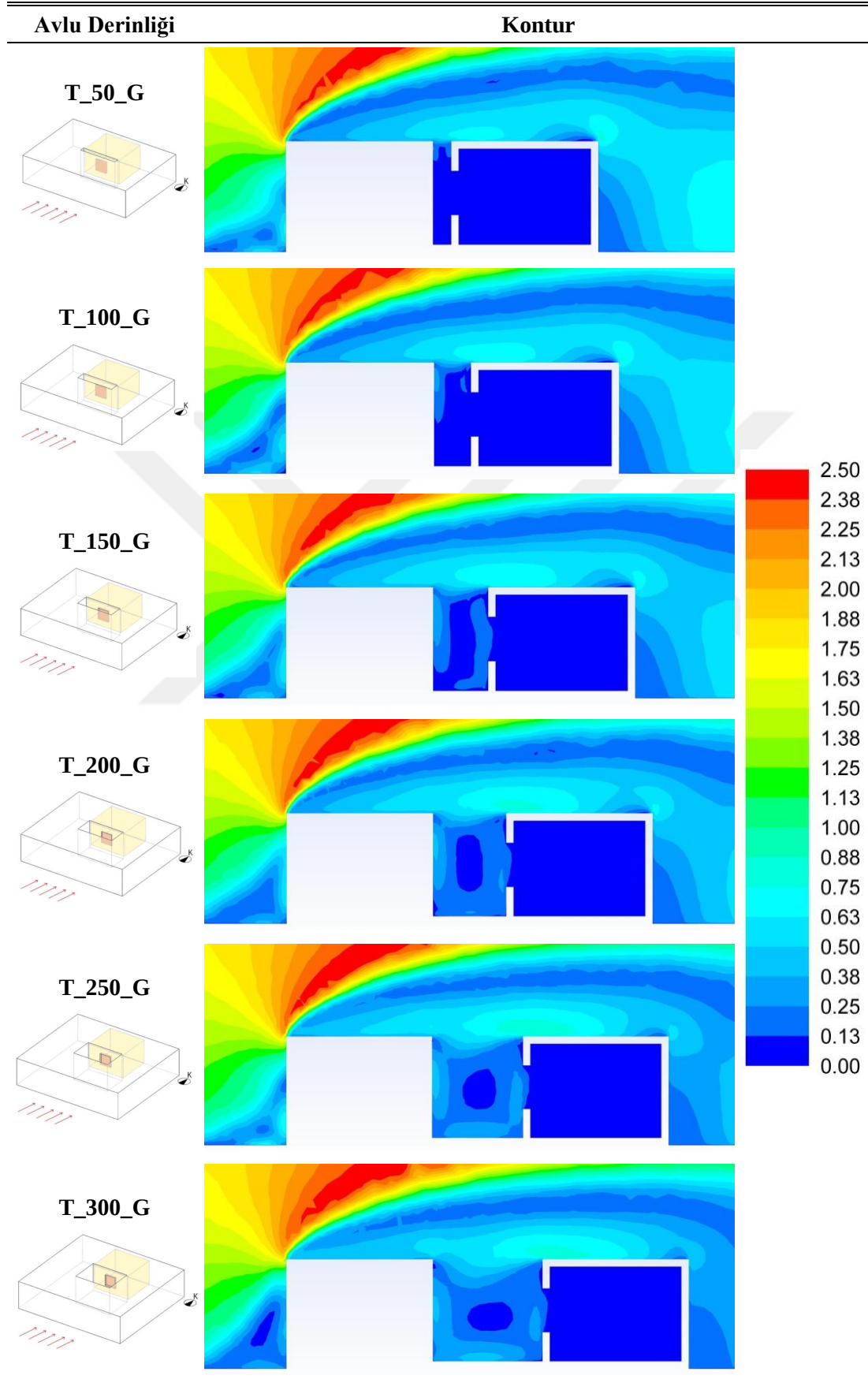
Avlu derinliği 50 cm. olduğunda D1 düzleminde avlu içerisinde hava akımı hızı maksimum 0.13 m/s olmakta, avlu derinliği 300 cm. olduğunda ise hava akımı hızı maksimum 0.5 m/s değerine yükselmektedir. Avlu derinliği 50 cm. olduğunda D1 düzleminde avluya bakan hacimde oluşan hava akımı hızı maksimum 0.02 m/s olmakta, avlu derinliği 300 cm. olduğunda ise hava hızı maksimum 0.08 m/s değerine yükselmektedir. Hacimde oluşan hava akımı hızları tüm avlu derinlikleri için 0.01 m/s değerine yakın olmakta, avluya bakan pencere etrafında yükselmektedir.

Vektörel hız dağılımlarında hava akımının yönü incelenmiştir. Avlu derinliği arttıkça avluya giren hava akımı hızı artmakta, ve avluda dönen akımlar meydana gelmektedir. D1 düzleminde hava akımı hacme avluya bakan pencereden girmekte, hacimde oluşan hava akımının çok düşük (0.01 m/s) olduğu görülmektedir. Avlu derinliği arttıkça avluya bakan pencereden içeri giren hava akımı hızı artmaktadır.

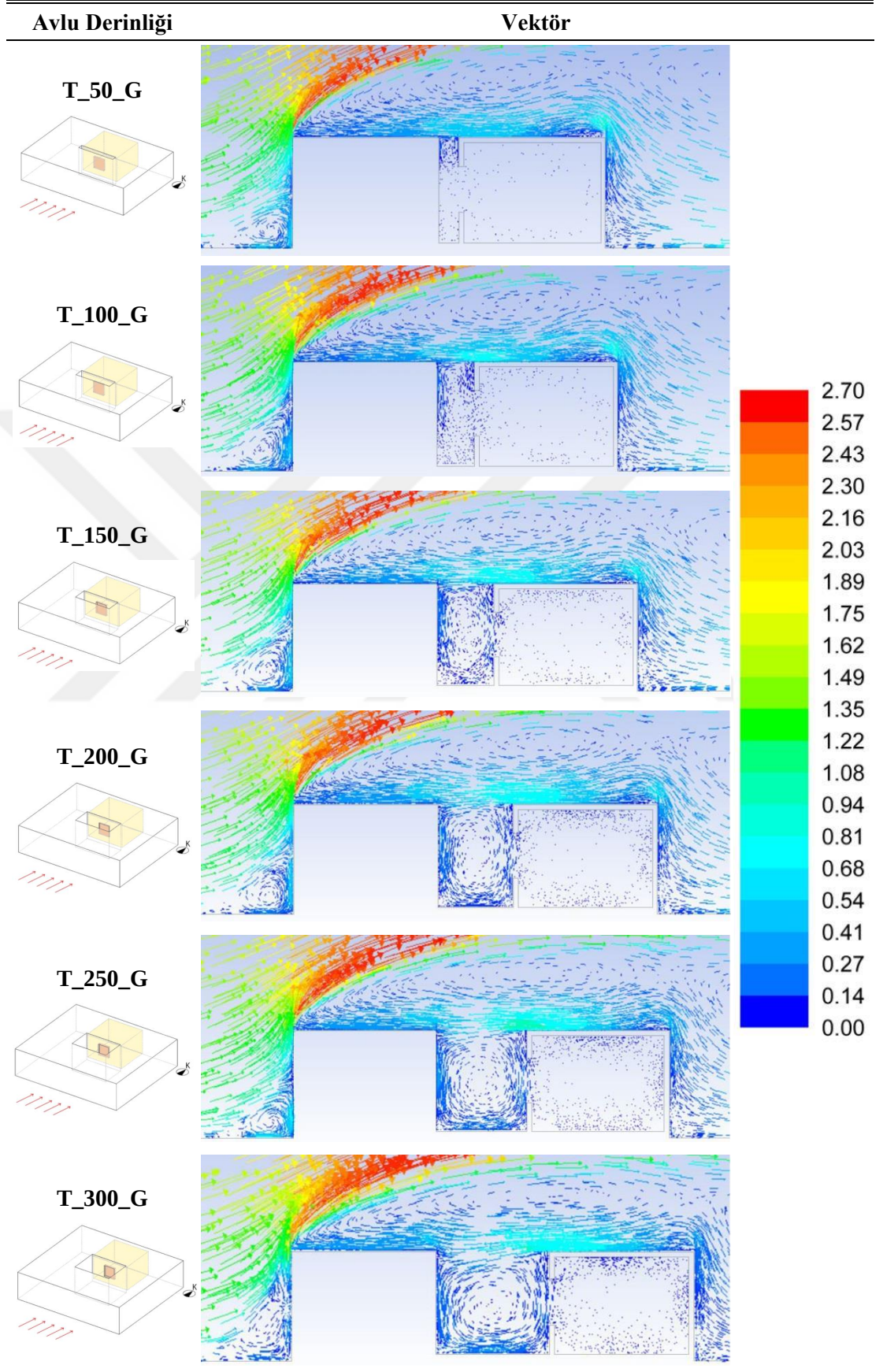
Farklı avlu derinliklerine sahip avlulu modellerde D2 düzleminde oluşan hız dağılımları kontur ve vektörel olarak sırasıyla Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10’da gösterilmektedir. Yatay düzlemde oluşan hız dağılımları incelendiğinde bina etrafında oluşan maksimum hız, rüzgarın geliş yönüne bağlı olarak bina yüzeyine çarpıp doğuya yöneldiği bölgede oluşmaktadır. Avlu derinliği arttıkça avlu ve hacimde oluşan hava akımı hızı artmaktadır. Avlu derinliği 50 cm. olduğunda oluşan maksimum hava hızı avluda ve hacimde 0.02 m/s olmakta, avlu derinliği 300 cm. olduğunda ise hava akımı hızı avluda ve hacimde 0.05 m/s değerine yükselmektedir.

Vektörel hız dağılımları incelendiğinde hava akımı avluya bakan pencereden hacme girmektedir. Hacimde oluşan hava akımları avluya bakan pencere etrafında maksimum hıza ulaşmakta, avluda oluşan hava akımları ise avlunun rüzgar önü bölgesinde bulunan duvarının etrafında maksimum hıza ulaşmaktadır.

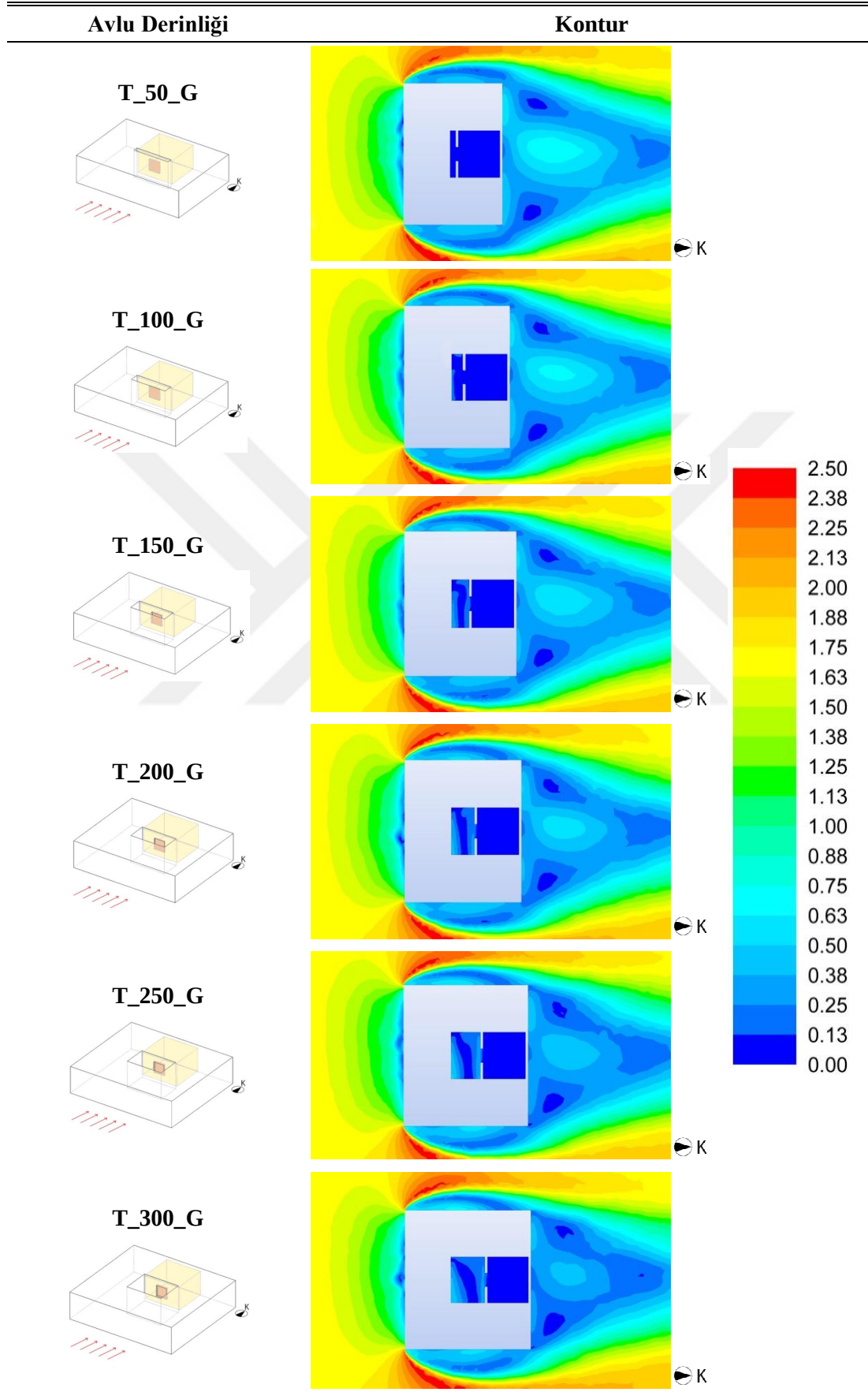
Çizelge 4.7 : Tek taraflı havalandırma yapılan modellerde D1 düzleminde oluşan hız dağılımlarının kontur olarak gösterimi.



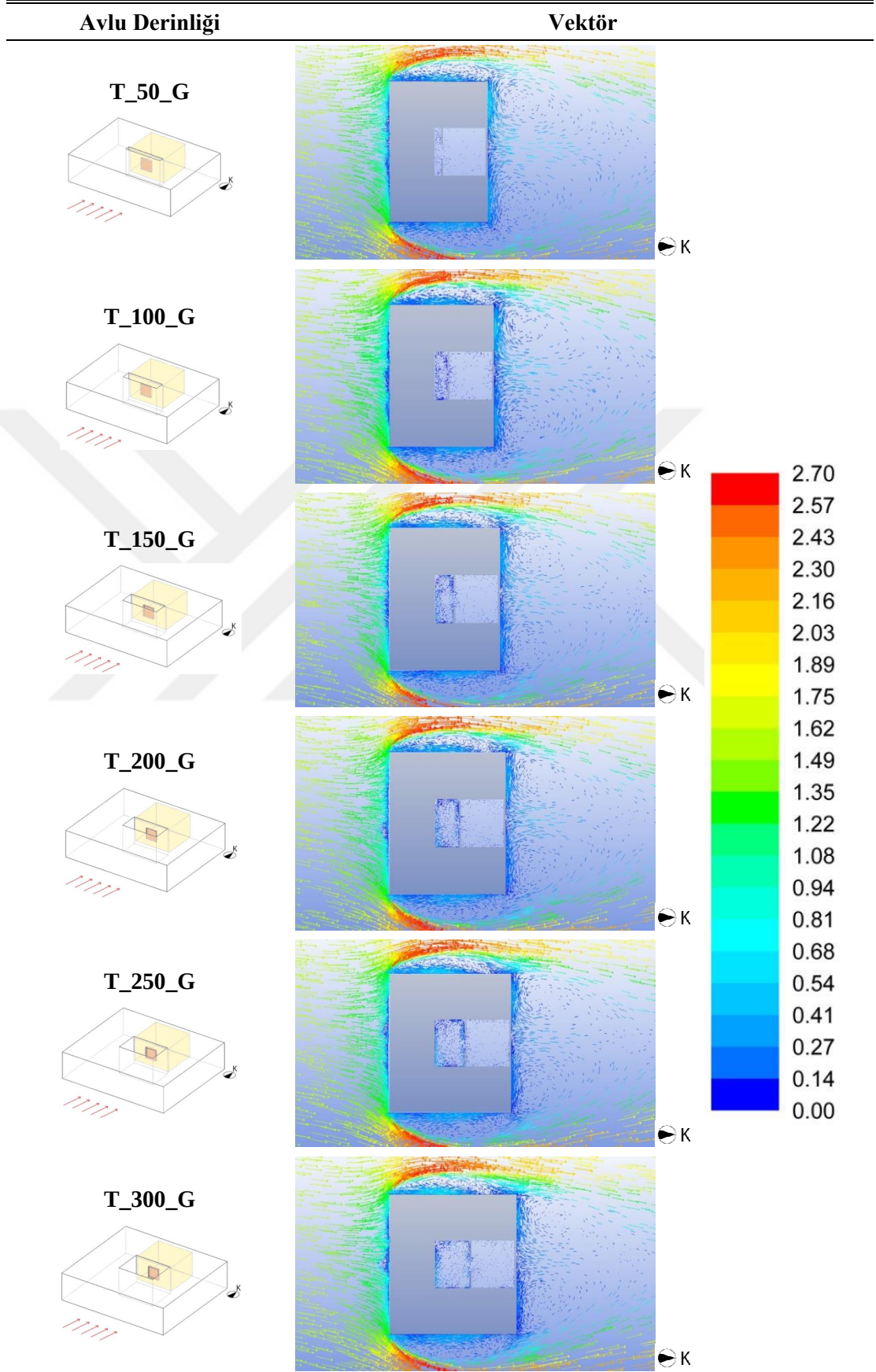
Çizelge 4.8 : Tek taraflı havalandırma yapılan modellerde D1 düzleminde oluşan hız dağılımlarının vektör olarak gösterimi.



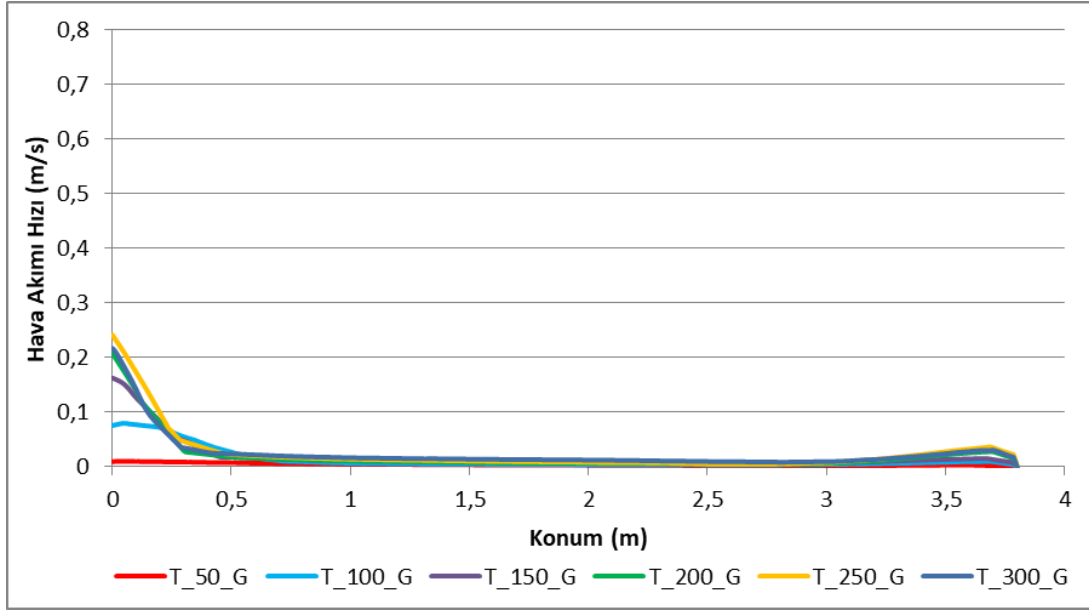
Çizelge 4.9 : Tek taraflı havalandırma yapılan modellerde D2 düzleminde oluşan hız dağılımlarının kontur olarak gösterimi.



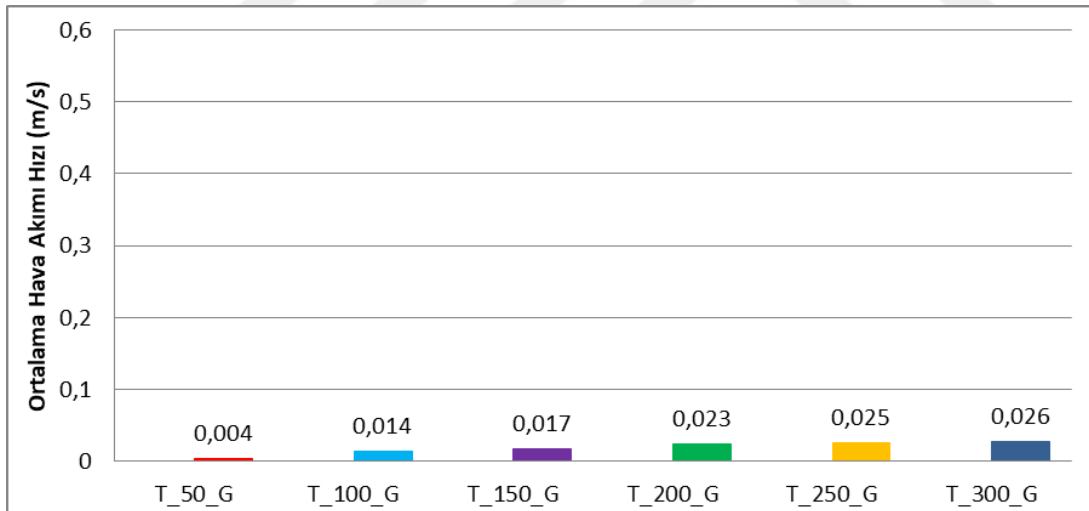
Çizelge 4.10 : Tek taraflı havalandırma yapılan modellerde D2 düzleminde oluşan hız dağılımlarının vektör olarak gösterimi.



Farklı avlu derinliklerine sahip tek taraflı havalandırma yapılan hacimlerde Çizgi 1 üzerinde oluşan hava akımı hızları ve ortalama hız değerleri Şekil 4.73 ve Şekil 4.74 ve Çizelge 4.11’de gösterilmektedir.



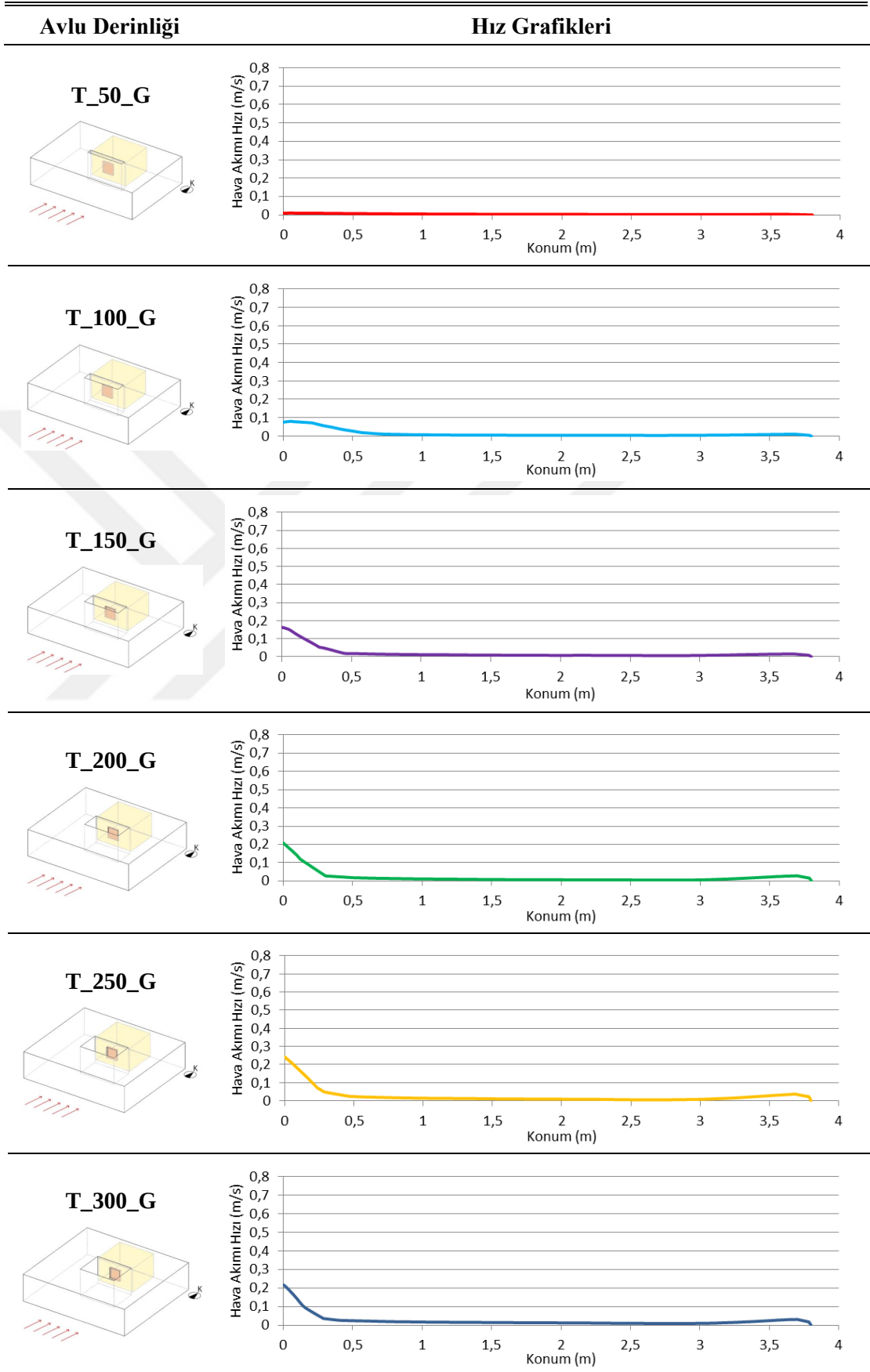
Şekil 4.73 : Tek taraflı havalandırma yapılan hacimlerde Çizgi 1 üzerinde oluşan hava akımı hız değerleri.



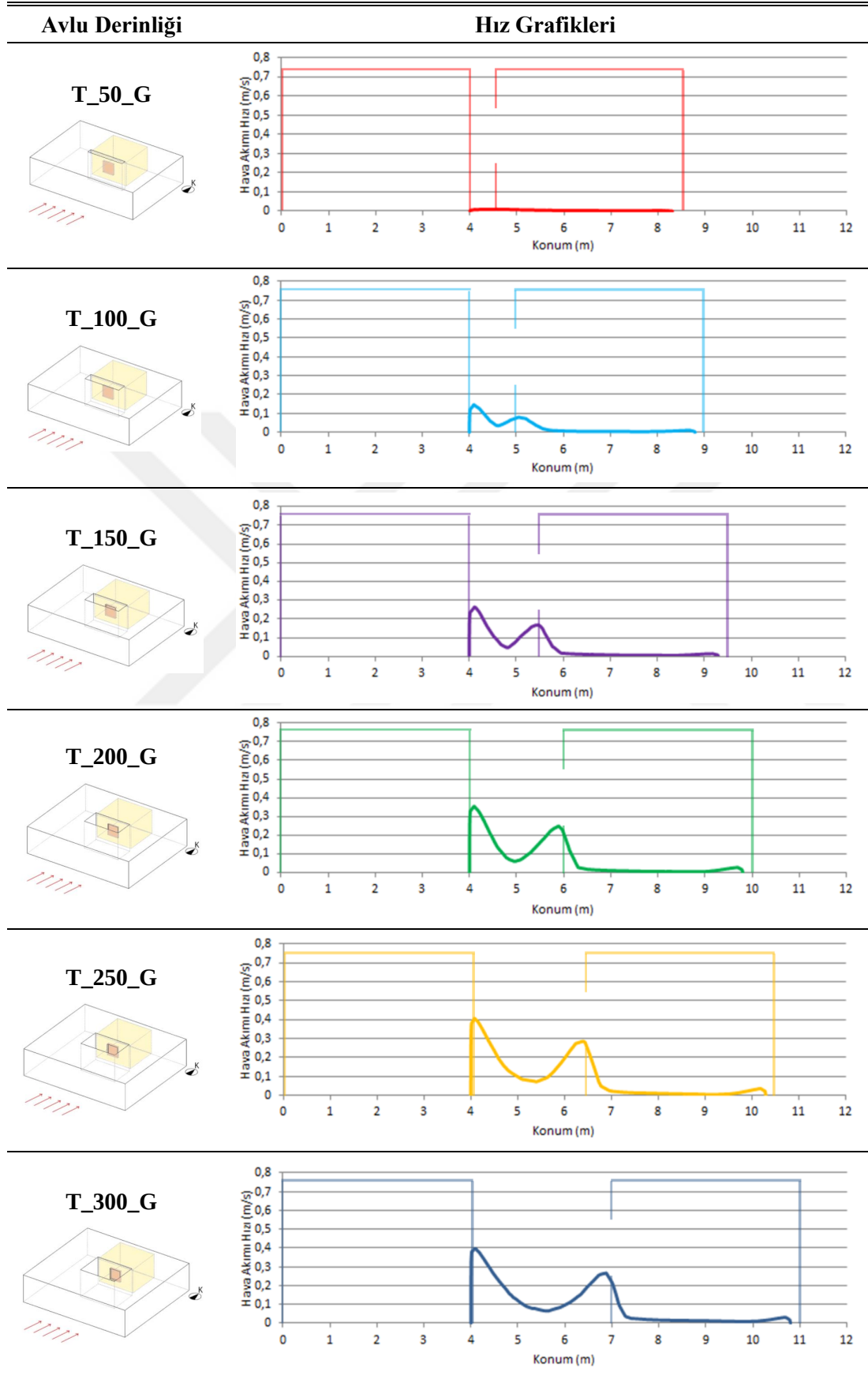
Şekil 4.74 : Tek taraflı havalandırma yapılan hacimlerde Çizgi 1 üzerinde oluşan ortalama hız değerleri.

Avlu derinliği 300 cm. olduğunda (T_300_G) hacimde oluşan ortalama hava hızı avlu derinliği 50 cm. olduğunda (T_50_G) oluşan ortalama hava hızına göre %550 artış göstermektedir. Avlu derinliği 200 cm., 250 cm. ve 300 cm. olduğunda hacimde oluşan ortalama hava hızı değerleri benzerlik (standart deviasyon %7) göstermektedir. Tek taraflı havalandırma yapılan hacimlerde Çizgi 2 üzerinde oluşan hava akımı hızları Çizelge 4.12’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.11 : Tek taraflı havalandırma yapılan hacimlerde Çizgi 1 üzerinde oluşan hız değerleri.



Çizelge 4.12 : Tek taraflı havalandırma yapılan hacimlerde Çizgi 2 üzerinde oluşan hız değerleri.



Tek taraflı havalandırma yapılan hacimlerde Çizgi 2 üzerinde oluşan hava akımı hızları değerlendirildiğinde;

- Avlu derinliği arttıkça avluda ve iç hacimde oluşan hava akımı hızları artmaktadır.
- Avluda oluşan hava akımı hızları, avlu derinliği 50 cm. olduğunda (T_50_G) en düşük, avlu derinliği 300 cm. olduğunda (T_300_G) en yüksek olmaktadır.
- Avluda oluşan hava akımı hızları avlunun rüzgar önü tarafında bulunan duvar önünde en yüksek olmaktadır. Avlu duvarından uzaklaştıkça hava akımı hızı düşmekte, hacmin avluya bakan pencere olan duvarına yaklaştıkça ise hava akımı hızı artmaktadır.
- Hacimde oluşan hava akımı hızları incelendiğinde, en yüksek hava akımı hızı avluya bakan pencere tarafında oluşmakta, hacmin iç bölgesine doğru hava akımı hızı azalmaktadır.
- Bütün avlu derinlikleri için avluda oluşan en yüksek hava hızı değeri hacimde oluşan en yüksek hava hızı değerinden daha yüksek olmaktadır.

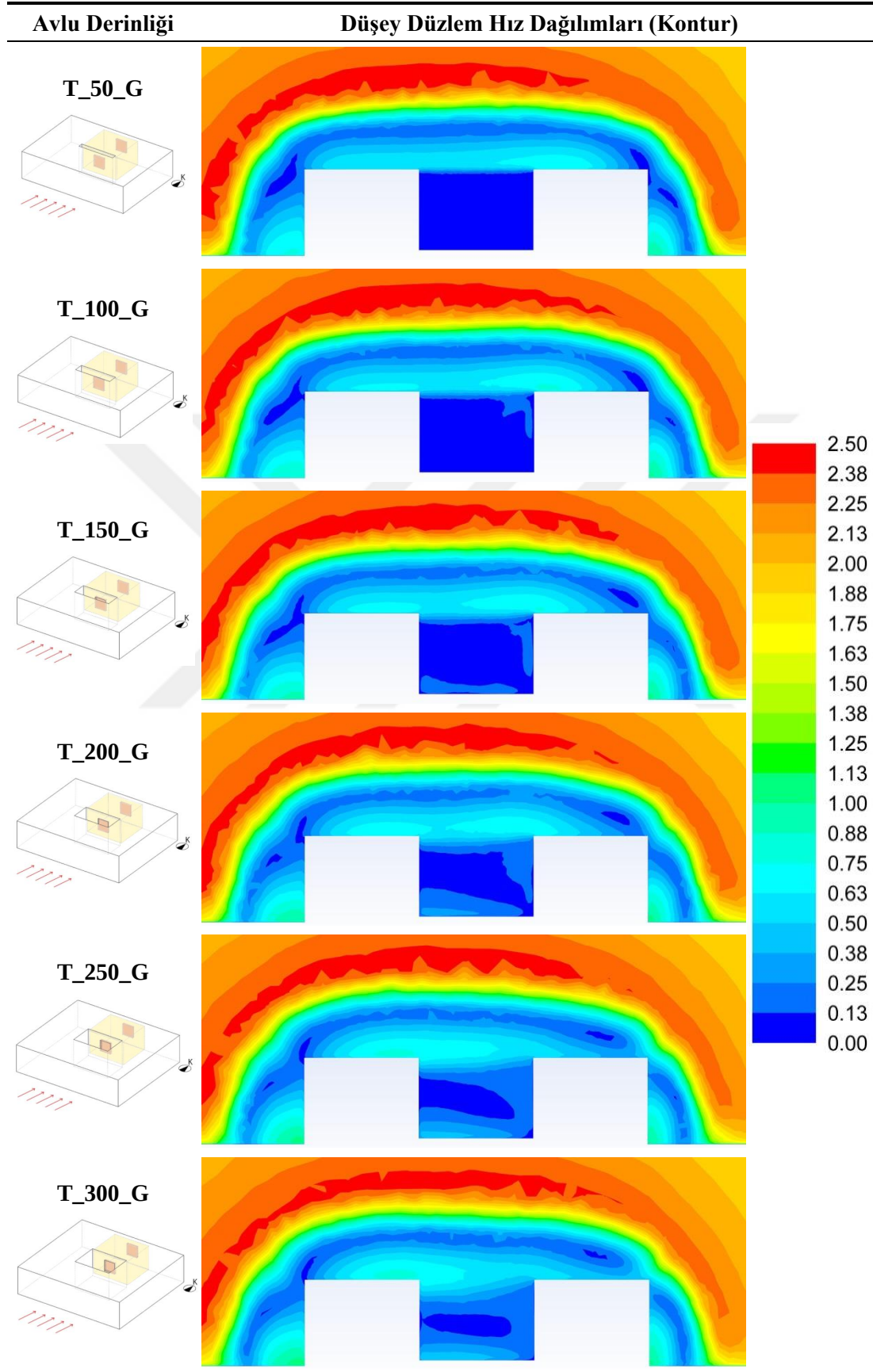
Farklı avlu derinliklerine sahip tek taraflı havalandırma yapılan avlulu modellerde D3 ve D4 düzlemlerinde oluşan hız dağılımları kontur ve vektörel olarak sırasıyla Çizelge 4.13 – 4.14 – 4.15 ve 4.16’da gösterilmektedir.

D3 ve D4 düzlemlerinde oluşan hız dağılımları incelendiğinde avlu derinliği arttıkça avlu içerisinde oluşan hava akımı hızı artmakta, avluda oluşan en yüksek hava akımları zeminde ve avluya hava akımlarının girdiği bölgede oluşmaktadır.

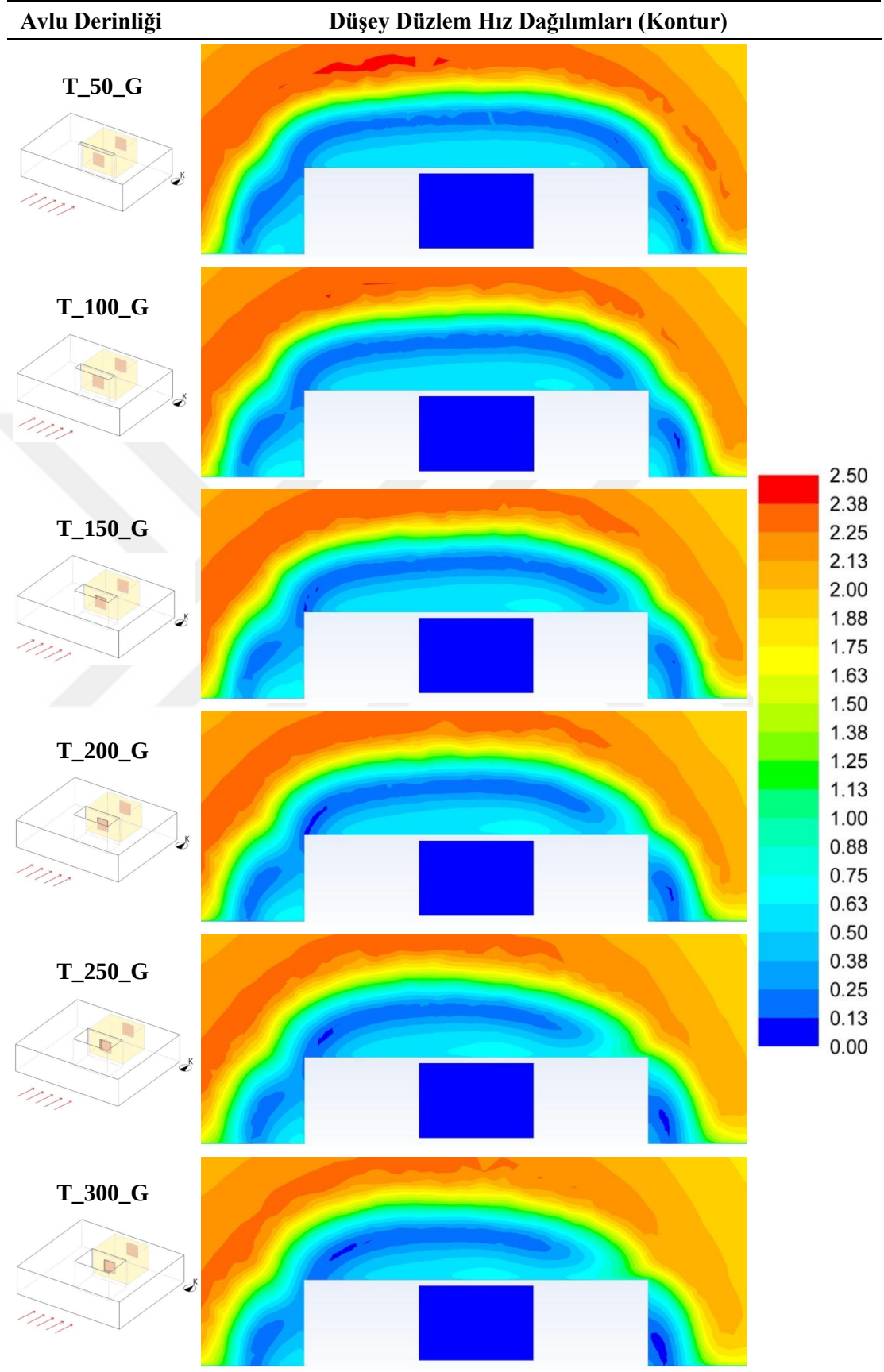
- Rüzgar yönünün etkisiyle avlunun doğu kanadındaki hava akımı hızları daha yüksektir. Avlu derinliği 50 cm. olduğunda (T_50_G) avlu içerisinde hava akımı hızı maksimum 0.11 m/s, avluya bakan hacimde oluşan hava akımı hızı maksimum 0.01 m/s olmakta, avlu derinliği 300 cm. olduğunda (T_300_G) ise avluda oluşan hava akımı hızı maksimum 0.7 m/s değerine, avluya bakan hacimde oluşan hava akımı hızı maksimum 0.07 m/s değerine yükselmektedir.

Vektörel hız dağılımlarında hava akımının yönü incelendiğinde; avlu derinliği arttıkça avluda hava akımının avluya girdiği bölgelerde ve avlu zeminine yakın kotlarda hava akımının arttığı gözlenmekte, hacimde ise hava akımı benzerlik göstermektedir.

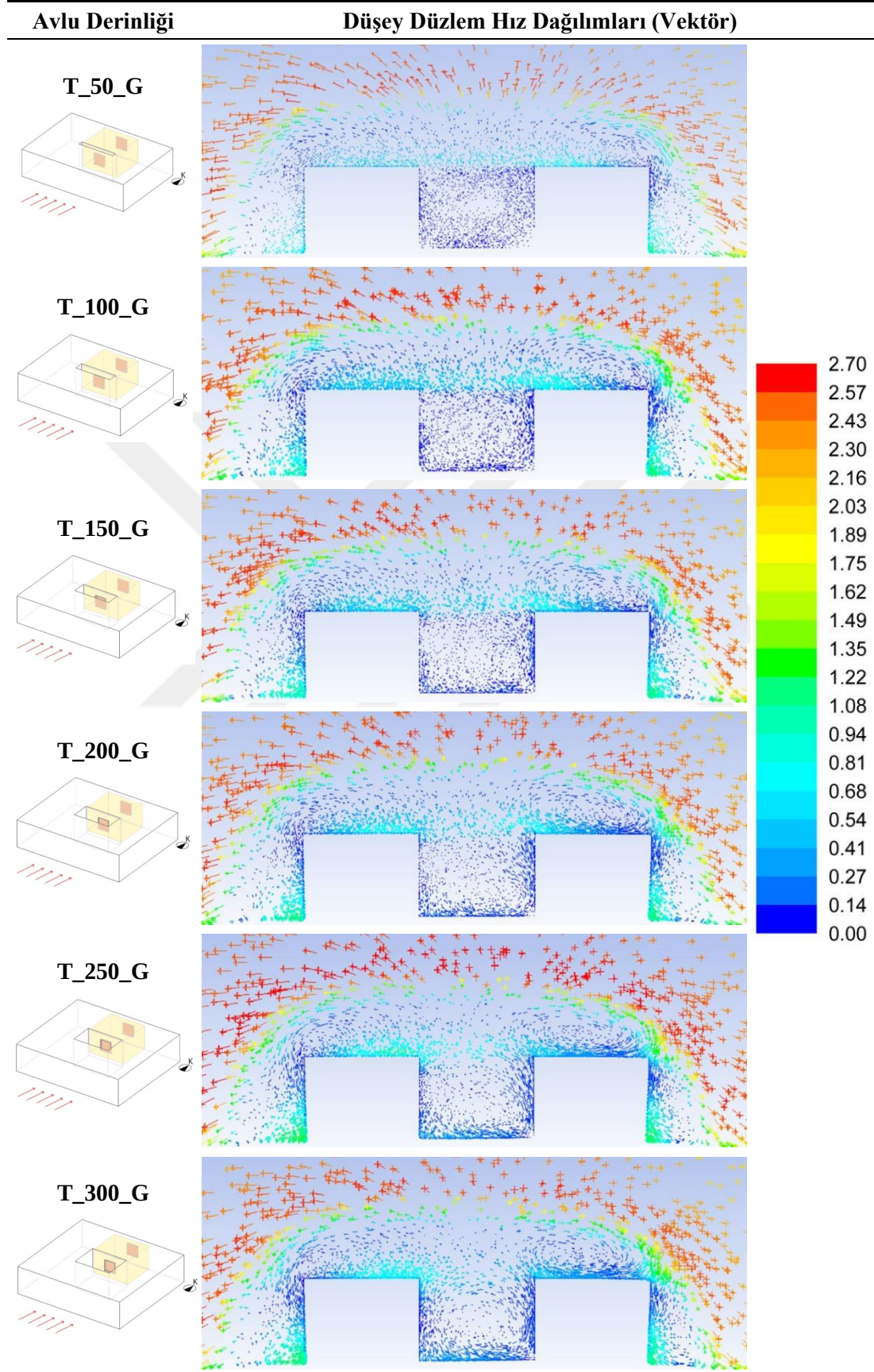
Çizelge 4.13 : Tek taraflı havalandırma yapılan modellerde D3 düzleminde oluşan hız dağılımlarının kontur olarak gösterimi.



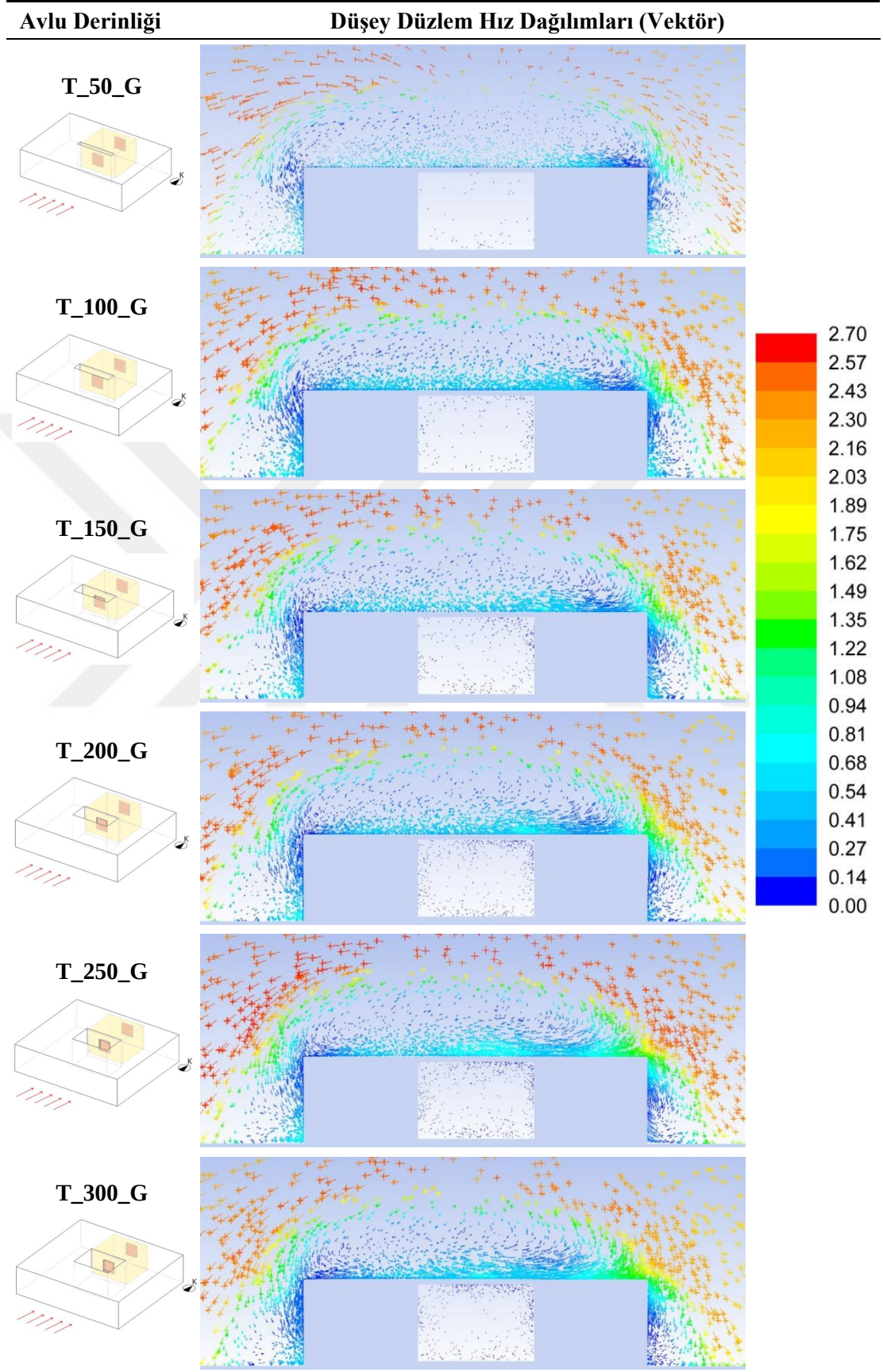
Çizelge 4.14 : Tek taraflı havalandırma yapılan modellerde D4 düzleminde oluşan hız dağılımlarının kontur olarak gösterimi.



Çizelge 4.15 : Tek taraflı havalandırma yapılan modellerde D3 düzleminde oluşan hız dağılımlarının vektör olarak gösterimi.



Çizelge 4.16 : Tek taraflı havalandırma yapılan modellerde D4 düzleminde oluşan hız dağılımlarının vektör olarak gösterimi.



4.5.2.2 Çapraz havalandırma yapılan modeller için analiz sonuçları

Çapraz havalandırma yapılan avlulu bina formlarında oluşan hız dağılımları yatay ve düşey düzlemlerde kontur ve vektörel olarak elde edilmiştir. Farklı avlu derinliklerine sahip avlulu modellerde D1 düzleminde oluşan hız dağılımları kontur ve vektörel olarak sırasıyla Çizelge 4.17 ve Çizelge 4.18’de gösterilmektedir.

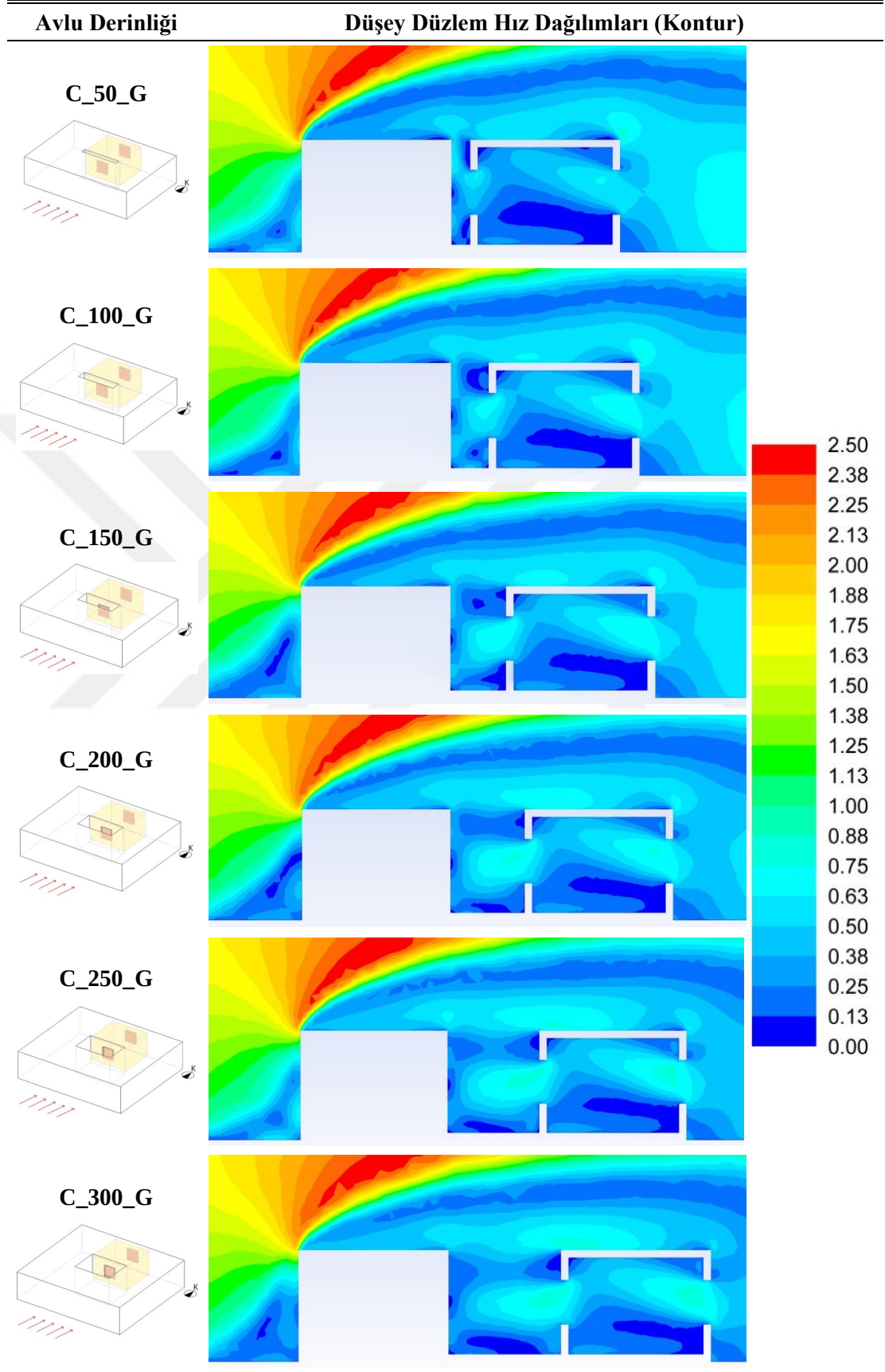
D1 düzleminde oluşan hız dağılımları incelendiğinde bina etrafında oluşan maksimum hız, rüzgarın bina yüzeyine çarpıp yükseldiği bölgede oluşmaktadır. Avlu derinliği arttıkça avlu içerisinde oluşan hava akımı hızı artmaktadır. Avlu derinliği 50 cm. olduğunda (C_50_G) D1 düzleminde avlu içerisinde hava akımı hızı maksimum 0.5 m/s olmakta, avlu derinliği 300 cm. olduğunda (C_300_G) ise hava akımı hızı maksimum 0.88 m/s değerine yükselmektedir. Avlu derinliği 50 cm. (C_50_G) olduğunda D1 düzleminde avluya bakan hacimde oluşan hava akımı hızı maksimum 0.63 m/s olmakta, avlu derinliği 300 cm. olduğunda (C_300_G) ise hava hızı maksimum 0.88 m/s değerine yükselmektedir. Hacimde oluşan hava akımları her iki pencere etrafında yükselmekte rüzgar arkası bölgede bulunan pencere etrafında maksimum hıza ulaşmaktadır.

Vektörel hız dağılımlarında hava akımının yönü incelenmiştir. Hava akımının avluya bakan çapraz havalandırma yapılan hacmin içine rüzgar arkası bölgede bulunan pencereden girdiği görülmektedir. Rüzgar arkası bölgeden hacme giren hava akımı avluya bakan pencereden hacimden dışarıya çıkmaktadır. Avlu derinliği arttıkça rüzgar arkası bölgede bulunan pencereden içeri giren hava akımı hızı artmaktadır.

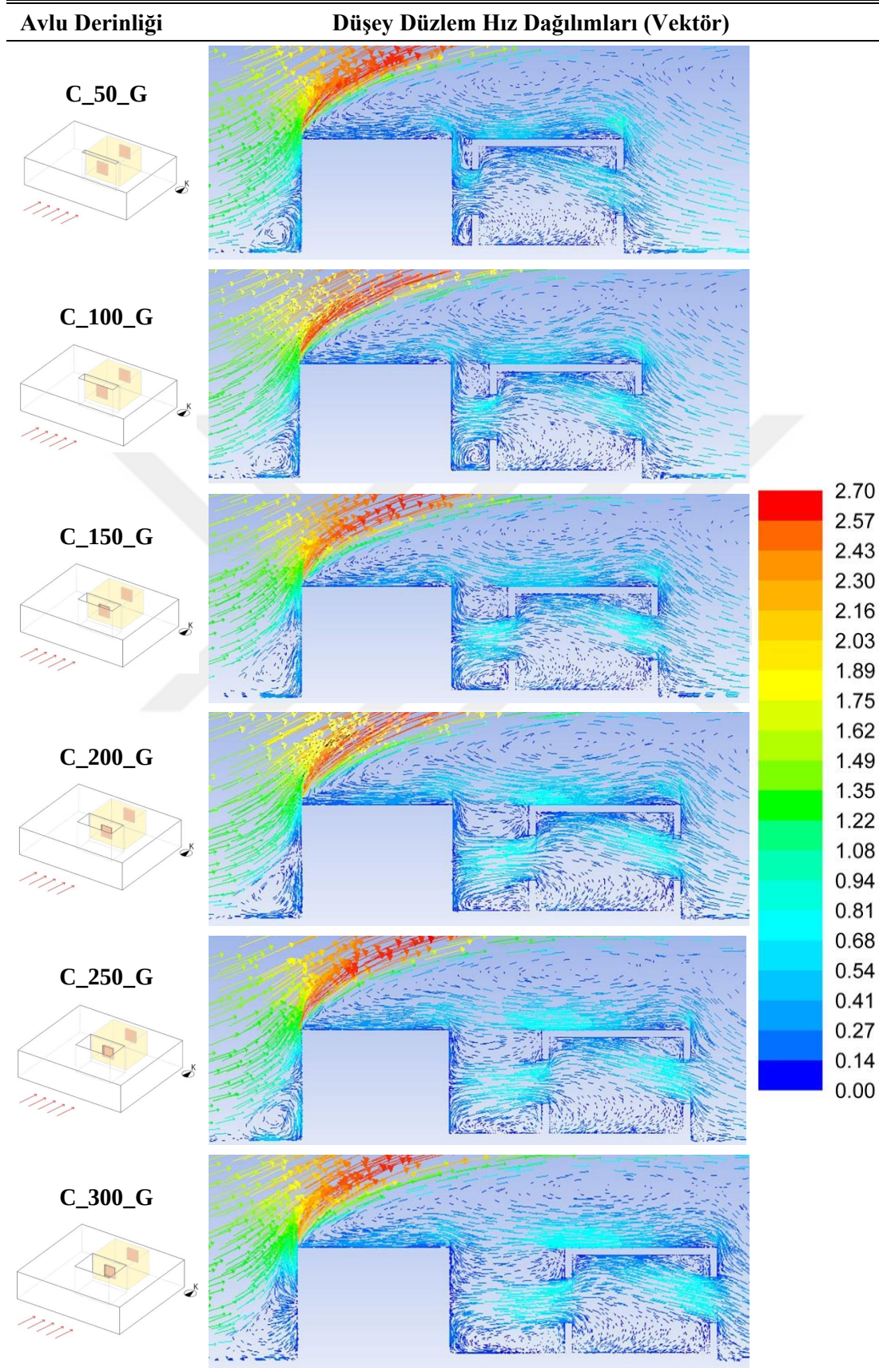
Farklı avlu derinliklerine sahip avlulu modellerde D2 düzleminde oluşan hız dağılımları kontur ve vektörel olarak sırasıyla Çizelge 4.19 ve Çizelge 4.20’de gösterilmektedir.

Yatay düzlemde oluşan hız dağılımları incelendiğinde bina etrafında oluşan maksimum hız, rüzgarın geliş yönüne bağlı olarak bina yüzeyine çarpıp doğuya yöneldiği bölgede oluşmaktadır. Avlu derinliği arttıkça avlu ve hacimde oluşan hava akımı hızı artmaktadır. Avlu derinliği 50 cm. olduğunda (C_50_G) oluşan maksimum hava hızı avluda ve hacimde 0.5 m/s olmakta, avlu derinliği 300 cm. olduğunda (C_300_G) ise hava akımı hızı avluda ve hacimde 0.75 m/s değerine yükselmektedir.

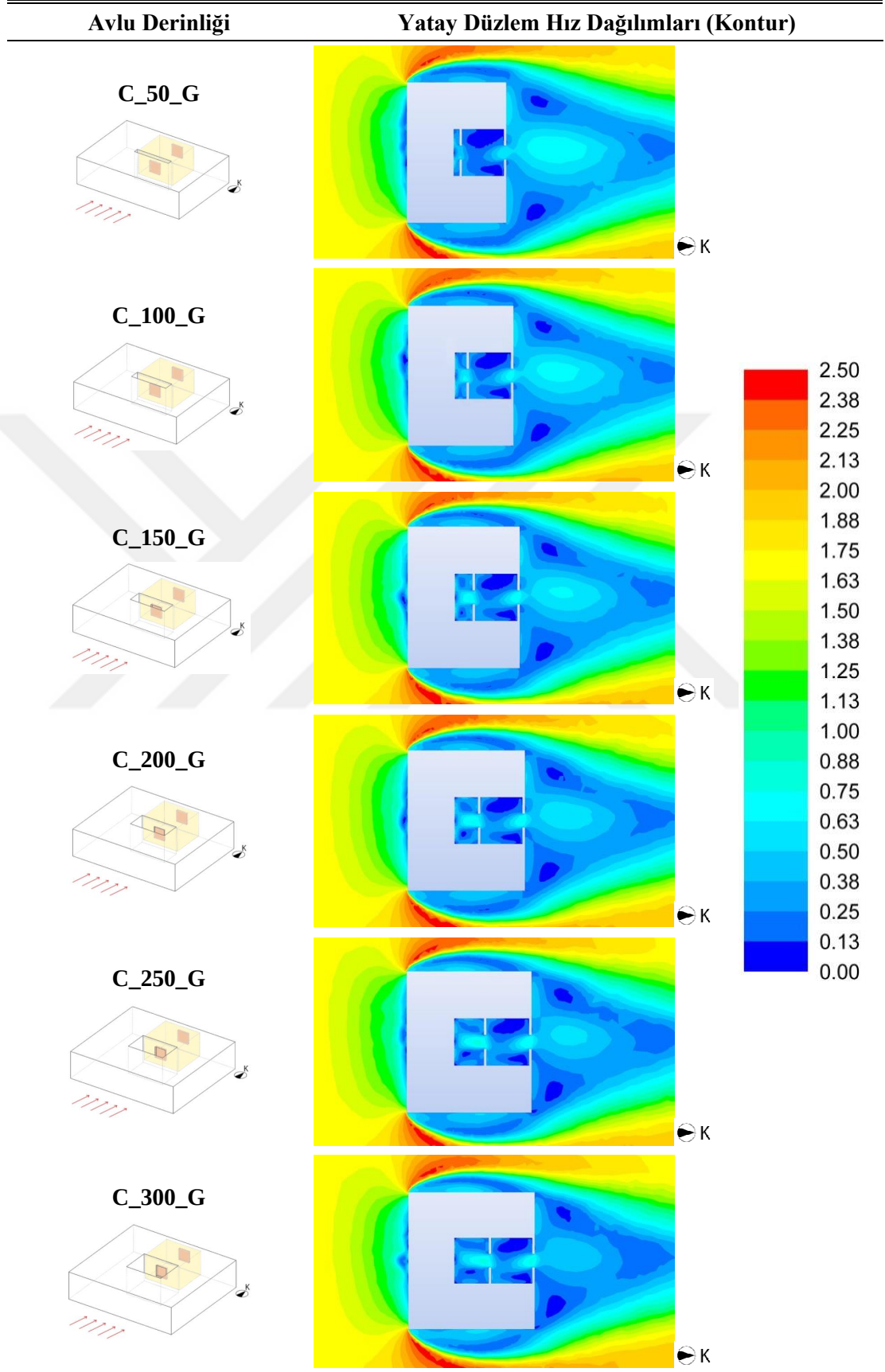
Çizelge 4.17 : Çapraz havalandırma yapılan modellerde D1 düzleminde oluşan hız dağılımlarının kontur olarak gösterimi.



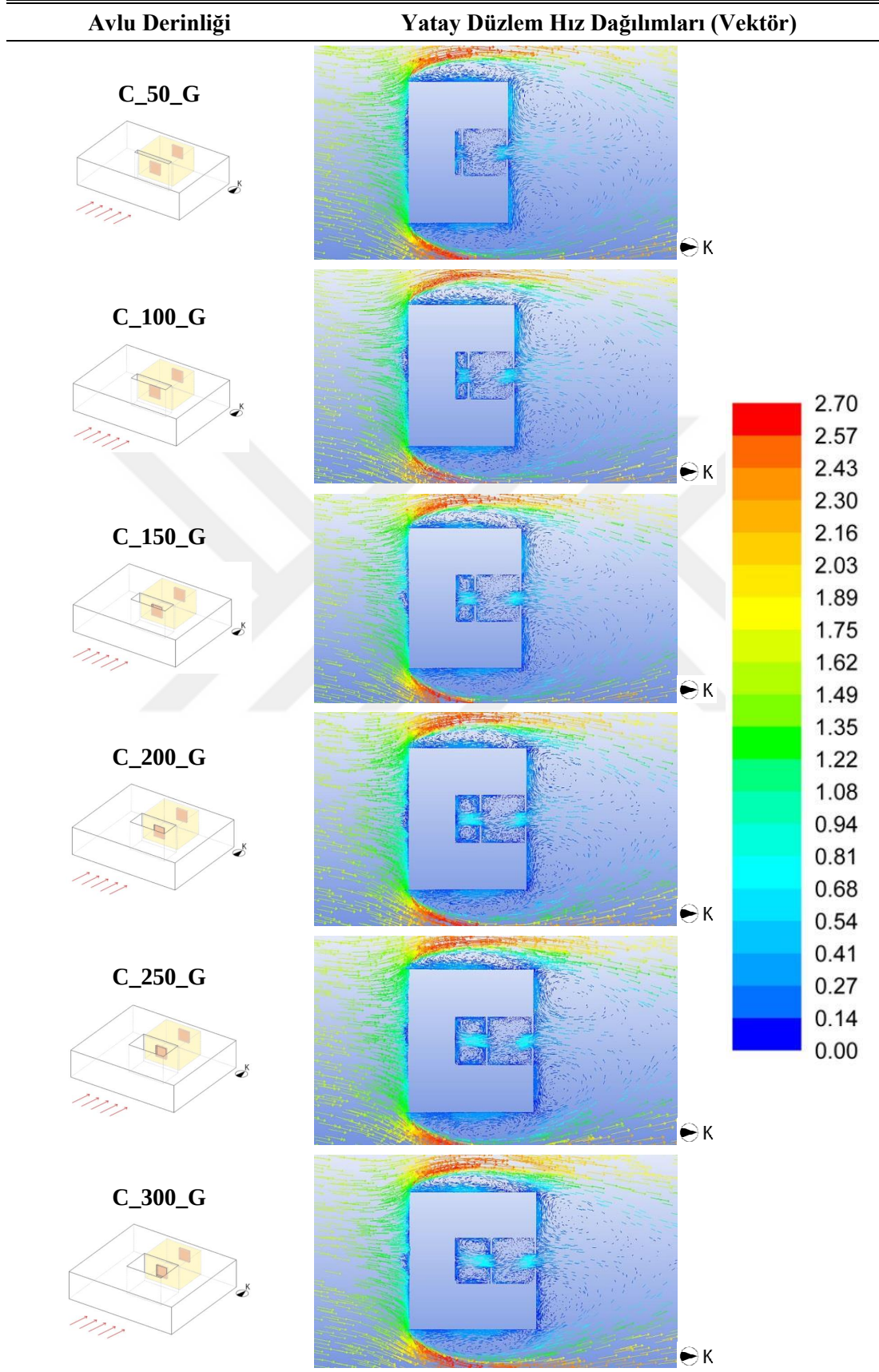
Çizelge 4.18 : Çapraz havalandırma yapılan modellerde D1 düzleminde oluşan hız dağılımlarının vektör olarak gösterimi.



Çizelge 4.19 : Çapraz havalandırma yapılan modellerde D2 düzleminde oluşan hız dağılımlarının kontur olarak gösterimi.

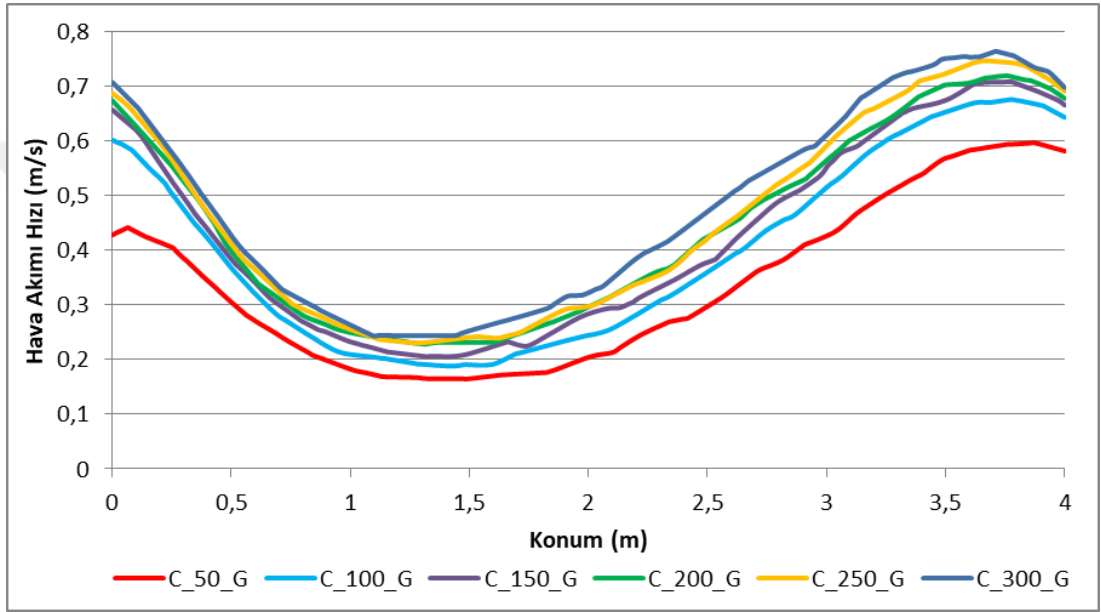


Çizelge 4.20 : Çapraz havalandırma yapılan modellerde D2 düzleminde oluşan hız dağılımlarının vektör olarak gösterimi.

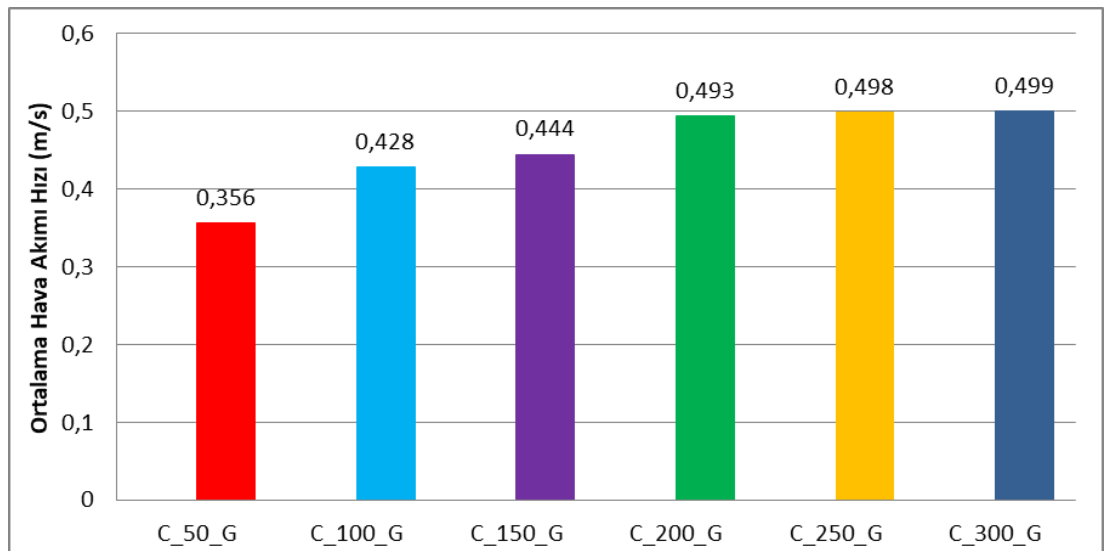


Vektörel hız dağılımları incelendiğinde rüzgar arkası bölgede bulunan pencereden hacme giren hava akımı avluya bakan pencereden dışarıya çıkmıştır. Hacimden avluya gelen hava akımı avlu duvarına çarparak dönen akımlar meydana getirmektedir. Avluda oluşan hava akımları avluya bakan pencere etrafında maksimum hıza ulaşmaktadır.

Farklı avlu derinliklerine sahip çapraz havalandırma yapılan hacimlerde Çizgi 1 üzerinde oluşan hava akımı hızları ve ortalama hız değerleri Şekil 4.75, Şekil 4.76 ve Çizelge 4.21’de gösterilmektedir.



Şekil 4.75 : Çapraz havalandırma yapılan hacimlerde Çizgi 1 üzerinde oluşan hava akımı hız değerleri.



Şekil 4.76 : Çapraz havalandırma yapılan hacimlerde Çizgi 1 üzerinde oluşan ortalama hız değerleri.

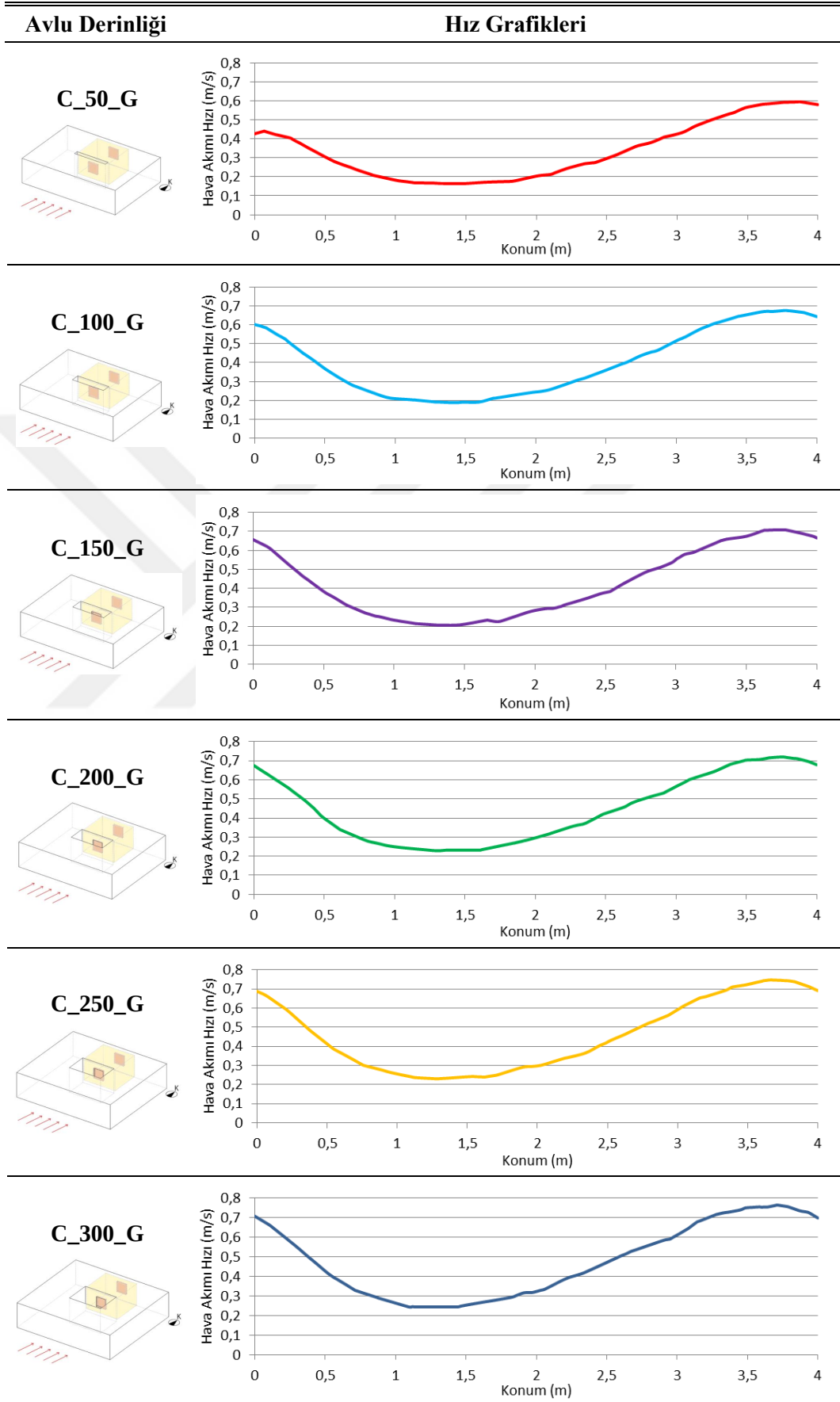
Farklı avlu derinliklerine sahip çapraz havalandırma yapılan hacimlerde Çizgi 1 üzerinde oluşan hava akımı hızları ve ortalama hız değerleri incelendiğinde (Şekil 4.75, Şekil 4.76 ve Çizelge 4.21);

- Avlu derinliği arttıkça hacimde oluşan hava akımı hızı artmaktadır (Şekil 4.75 – Çizelge 4.21).
- Avlu derinliği 300 cm. olduğunda (C_300_G) hacimde oluşan ortalama hava hızı avlu derinliği 50 cm. olduğunda (C_50_G) oluşan ortalama hava hızına göre %40 artış göstermektedir (Şekil 4.76).
- Avlu derinliği 200 cm., 250 cm. ve 300 cm. olduğunda (C_200_G, C_250_G, C_300_G) hacimde oluşan ortalama hava hızı değerleri benzerlik (standart deviasyon %0,6) göstermektedir (Şekil 4.76).

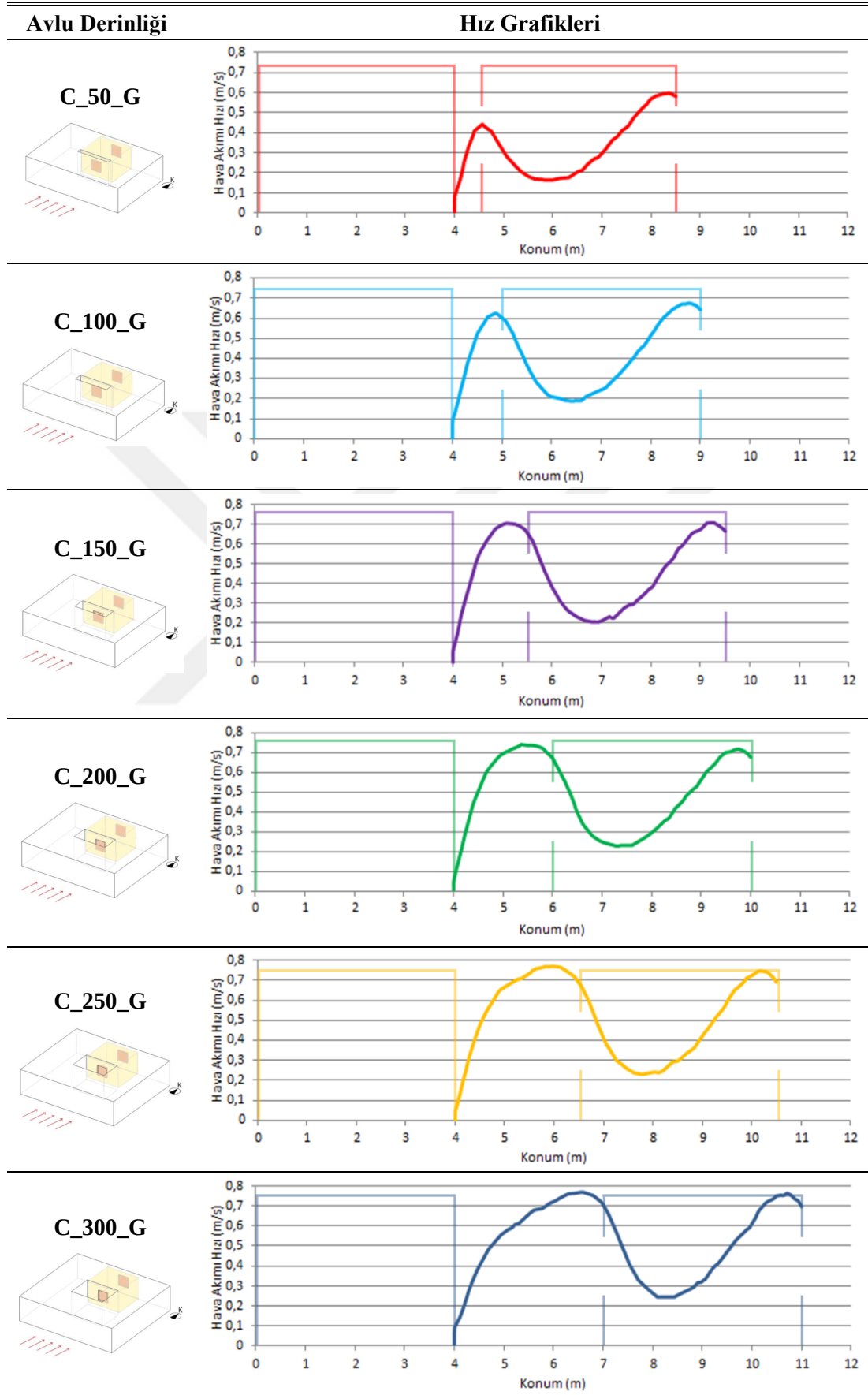
Farklı avlu derinliklerine sahip çapraz havalandırma yapılan hacimlerde Çizgi 2 üzerinde oluşan hava akımı hızları değerlendirildiğinde (Çizelge 4.22);

- Avlu derinliği arttıkça avluda ve iç hacimde oluşan hava akımı hızları artmaktadır.
- Hava akımı hızları, avlu derinliği 50 cm. olduğunda (C_50_G) en düşük, avlu derinliği 300 cm. olduğunda (C_300_G) en yüksek olmaktadır.
- Avluda oluşan hava akımı hızları hacmin avluya bakan pencere olan duvarına yaklaştıkça artmaktadır.
- Hacimde oluşan hava akımı hızları incelendiğinde, her iki pencere çevresinde de hava akımı hızı artmakta, en yüksek hava akımı hızı rüzgar arkası bölgede yer alan pencere tarafında oluşmaktadır.
- Avlu derinliği 50 cm. (C_50_G) ve 100 cm. (C_100_G) olduğunda avluda oluşan en yüksek hava hızı değeri hacimde oluşan en yüksek hava hızı değerinden daha düşük olmaktadır.
- Avlu derinliği 150 cm. olduğunda (C_150_G) avluda ve hacimde oluşan en yüksek hava hızı değerleri benzerlik göstermektedir.
- Avlu derinliği 200 cm., 250 cm. ve 300 cm. olduğunda (C_200_G, C_250_G, C_300_G) ise avluda oluşan en yüksek hava hızı hacimde oluşan en yüksek hava hızı değerinden yüksek olmaktadır.

Çizelge 4.21 : Çapraz havalandırma yapılan hacimlerde Çizgi 1 üzerinde oluşan hız değerleri.



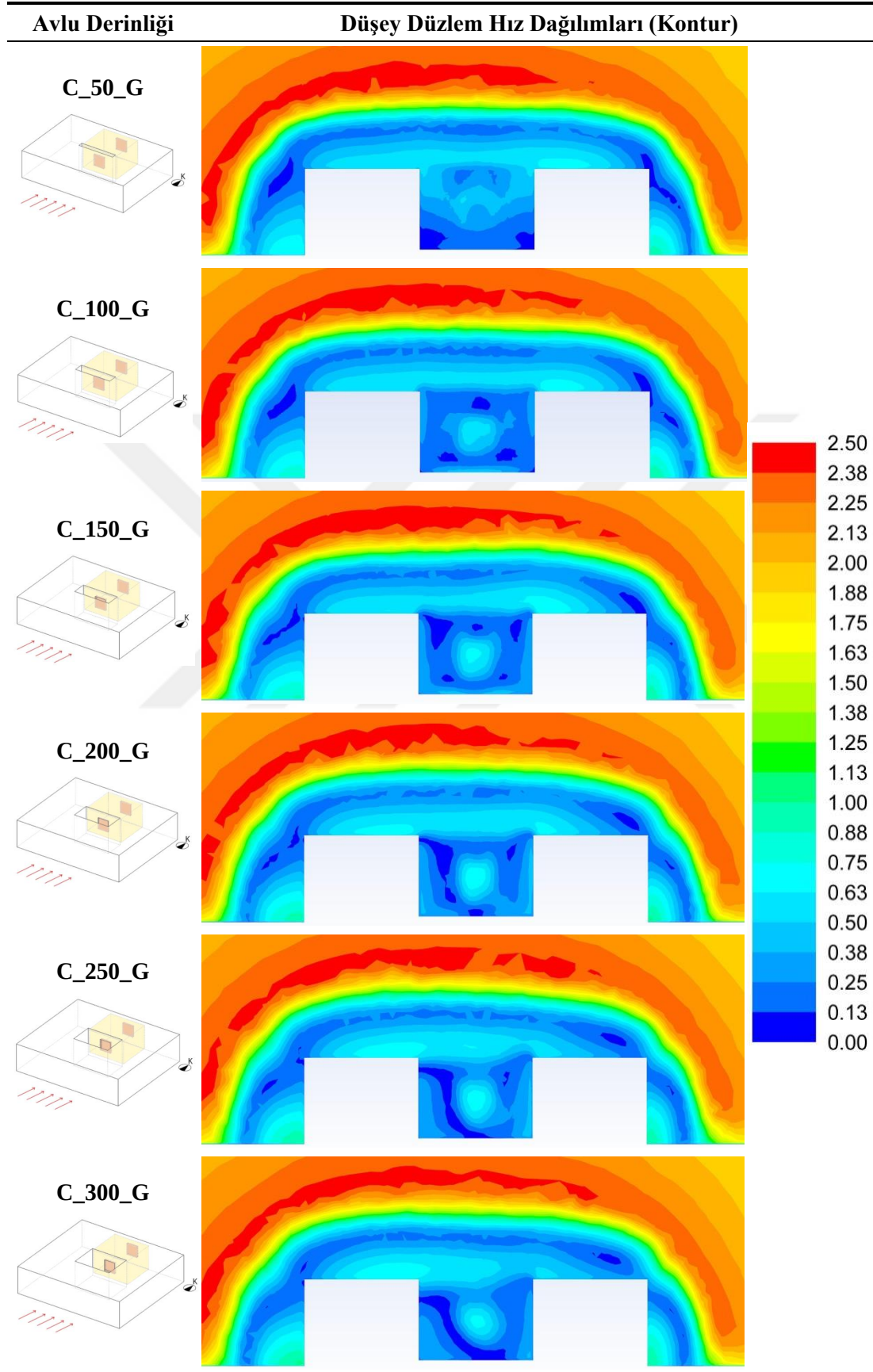
Çizelge 4.22 : Çapraz havalandırma yapılan hacimlerde Çizgi 2 üzerinde oluşan hız değerleri.



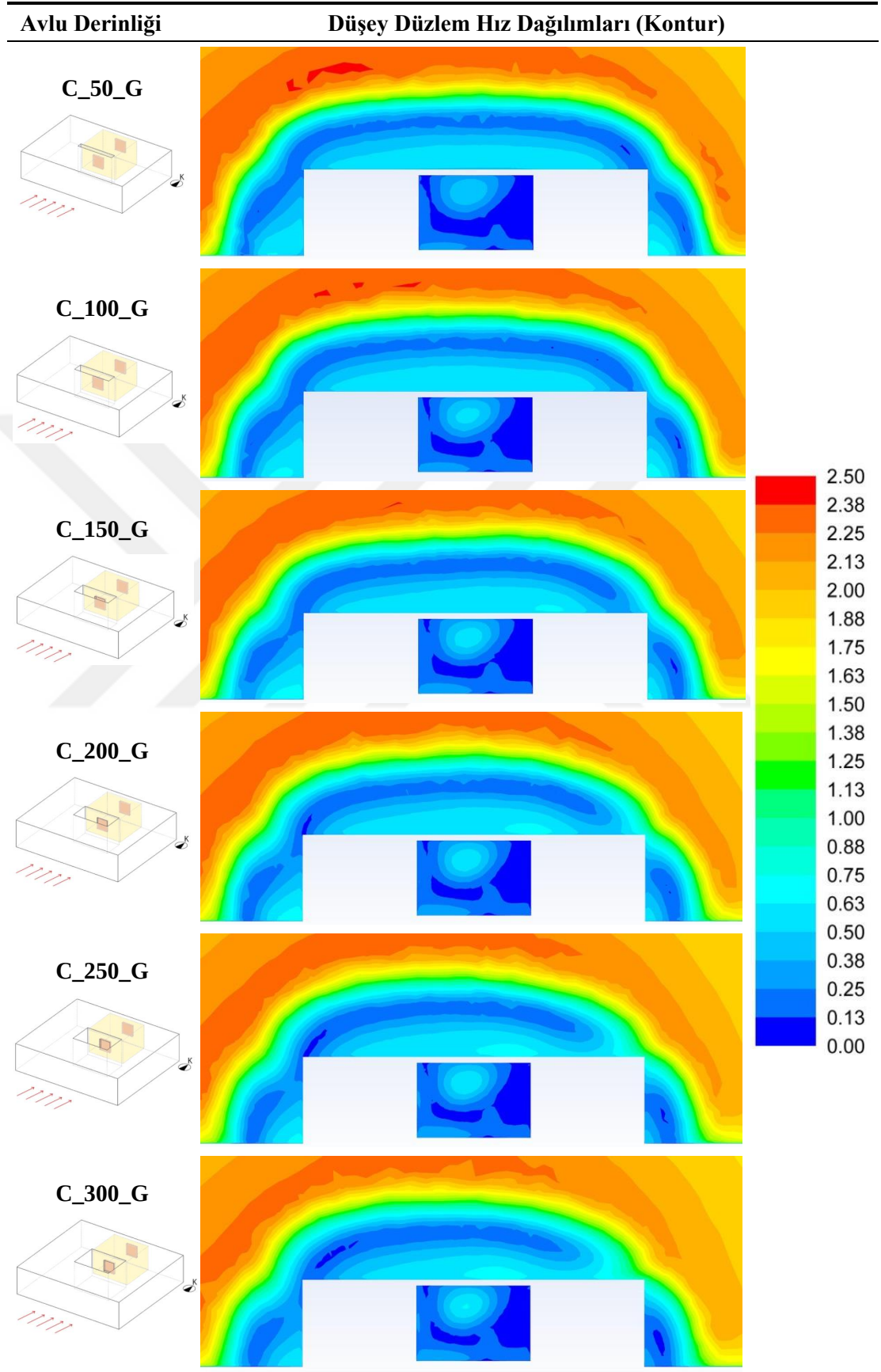
Farklı avlu derinliklerine sahip çapraz havandırma yapılan avlulu modellerde D3 ve D4 düzlemlerinde oluşan hava akımı hız dağılımları kontur ve vektörel olarak sırasıyla Çizelge 4.23 – 4.24 – 4.25 ve 4.26’da gösterilmektedir.

- D3 ve D4 düzlemlerinde oluşan hız dağılımları incelendiğinde avlu derinliği arttıkça avlu içerisinde ve hacimde oluşan hava akımı hızı artmaktadır. En yüksek hava akım hızları avluda ve hacimde, orta ekseninde oluşmaktadır.
- Rüzgar yönünün etkisiyle avlunun doğu kanadında daha yüksek hava akım hızları oluşmaktadır (Çizelge 4.23).
- Avlu içerisinde oluşan hava akımı hızının maksimum değeri (Çizelge 4.23),
 - avlu derinliği 50 cm. olduğunda (C_50_G) 0.52 m/s,
 - avlu derinliği 100 cm. olduğunda (C_100_G) 0.59 m/s,
 - avlu derinliği 150 cm. olduğunda (C_150_G) 0.66 m/s,
 - avlu derinliği 200 cm. olduğunda (C_200_G) 0.71 m/s,
 - avlu derinliği 250 cm. olduğunda (C_250_G) 0.73 m/s,
 - avlu derinliği 300 cm. olduğunda (C_300_G) 0.75 m/s olmaktadır.
- Hacim içerisinde oluşan hava akımı hızının maksimum değeri (Çizelge 4.24),
 - avlu derinliği 50 cm. olduğunda (C_50_G) 0.49 m/s,
 - avlu derinliği 100 cm. olduğunda (C_100_G) 0.55 m/s,
 - avlu derinliği 150 cm. olduğunda (C_150_G) 0.59 m/s,
 - avlu derinliği 200 cm. olduğunda (C_200_G) 0.62 m/s,
 - avlu derinliği 250 cm. olduğunda (C_250_G) 0.65 m/s,
 - avlu derinliği 300 cm. olduğunda (C_300_G) 0.66 m/s olmaktadır.
- Rüzgar yönünün etkisiyle avluya bakan hacmin batı kanadında daha yüksek hava akım hızları oluşmaktadır (Çizelge 4.24).
- D3 ve D4 düzlemlerinde vektörel hız dağılımlarında hava akımının yönü incelendiğinde; avlu derinliği arttıkça avluda düşeyde ve yatayda orta aksta (Çizelge 4.25), hacimde ise düşeyde tavan ile orta aks arasında dönen akımlar meydana gelmektedir (Çizelge 4.26).

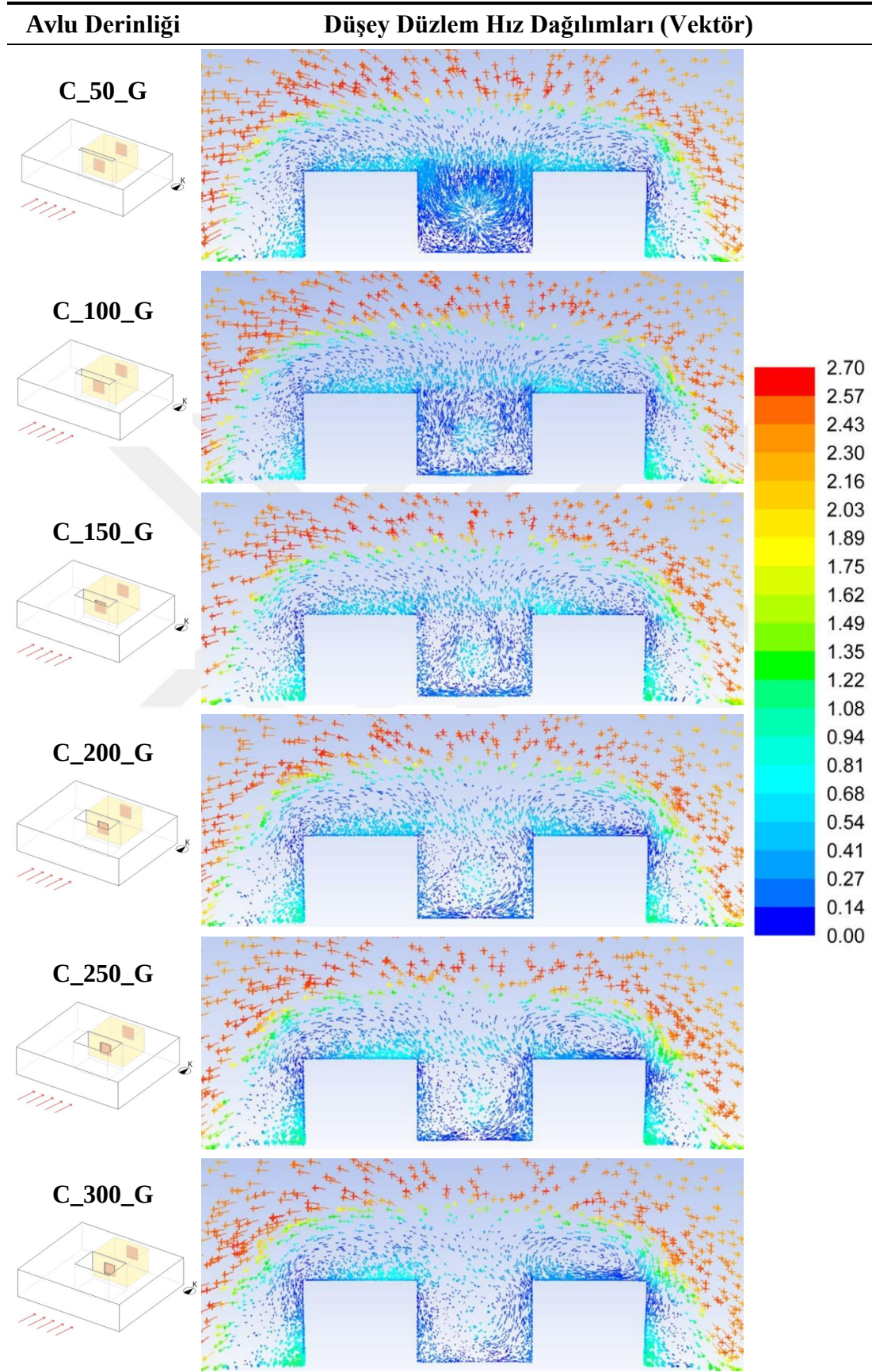
Çizelge 4.23 : Çapraz havalandırma yapılan modellerde D3 düzleminde oluşan hava akımı hız dağılımlarının kontur olarak gösterimi.



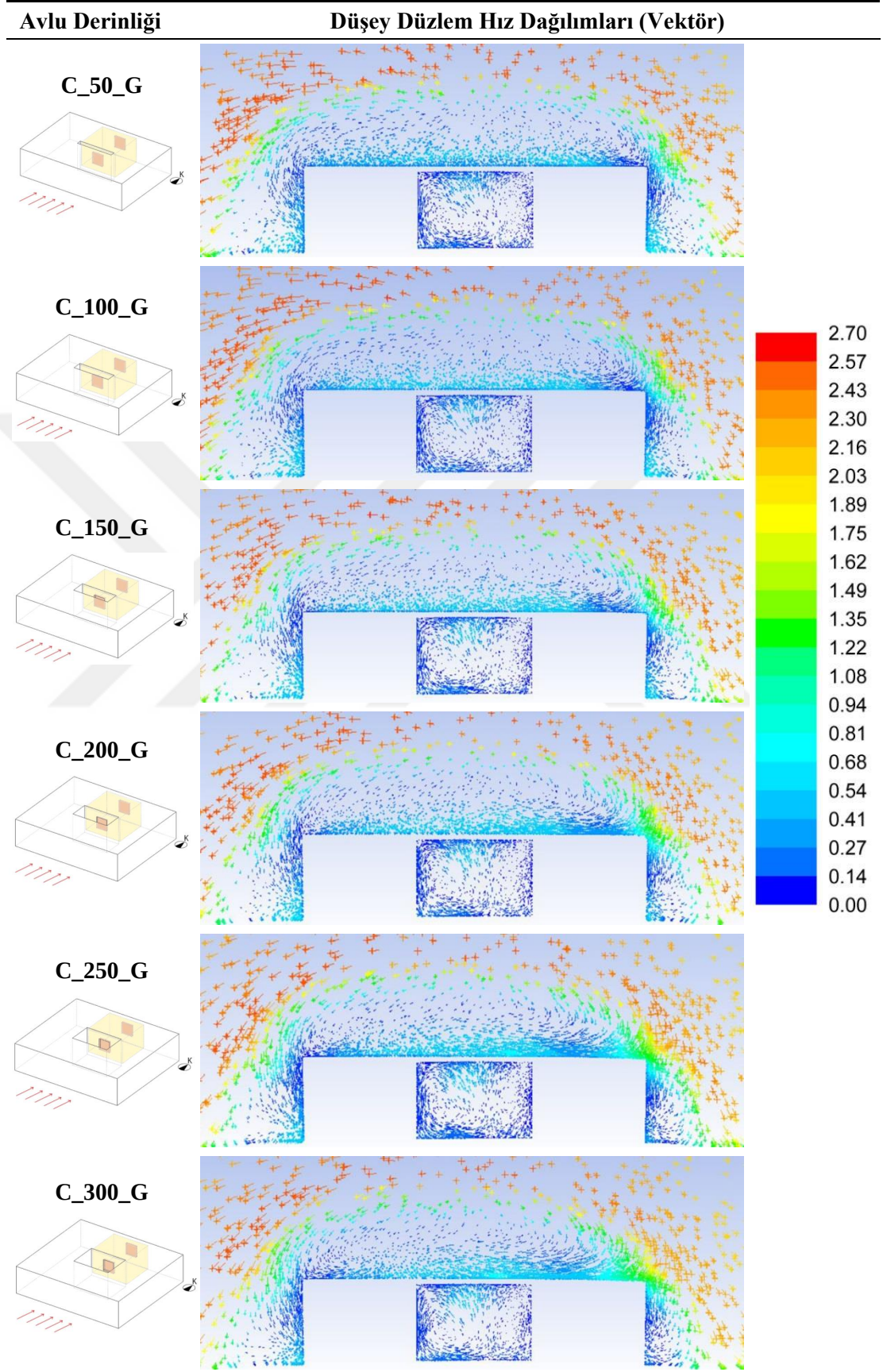
Çizelge 4.24 : Çapraz havalandırma yapılan modellerde D4 düzleminde oluşan hava akımı hız dağılımlarının kontur olarak gösterimi.



Çizelge 4.25 : Çapraz havalandırma yapılan modellerde D3 düzleminde oluşan hava akımı hız dağılımlarının vektör olarak gösterimi.

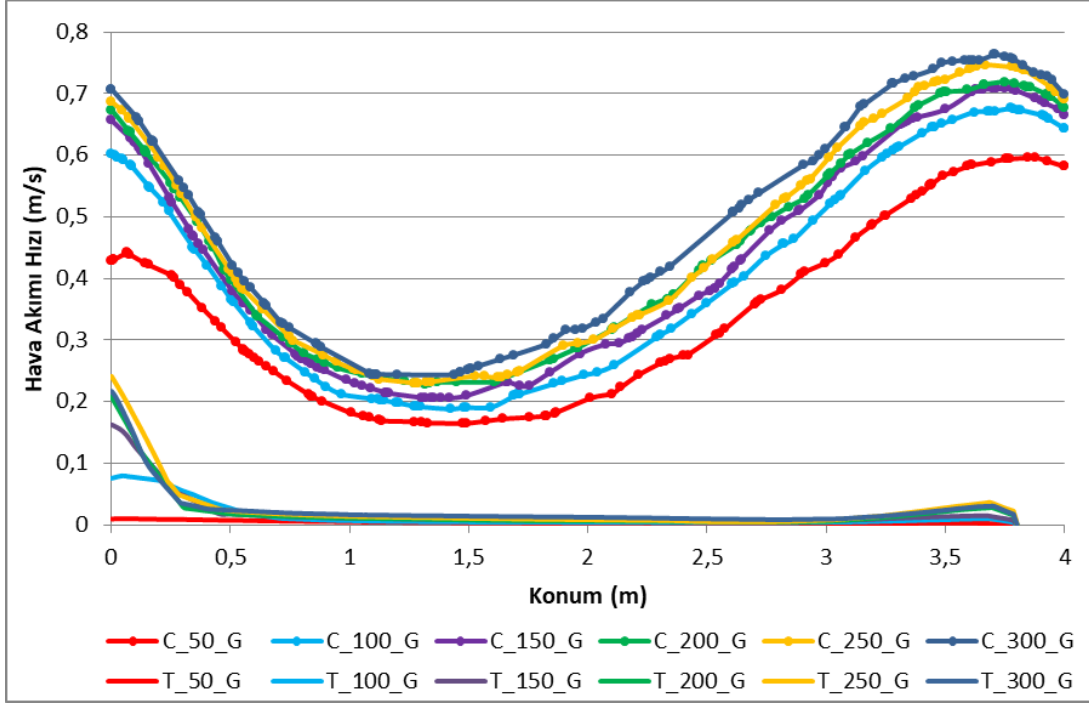


Çizelge 4.26 : Çapraz havalandırma yapılan modellerde D4 düzleminde oluşan hava akımı hız dağılımlarının vektör olarak gösterimi.

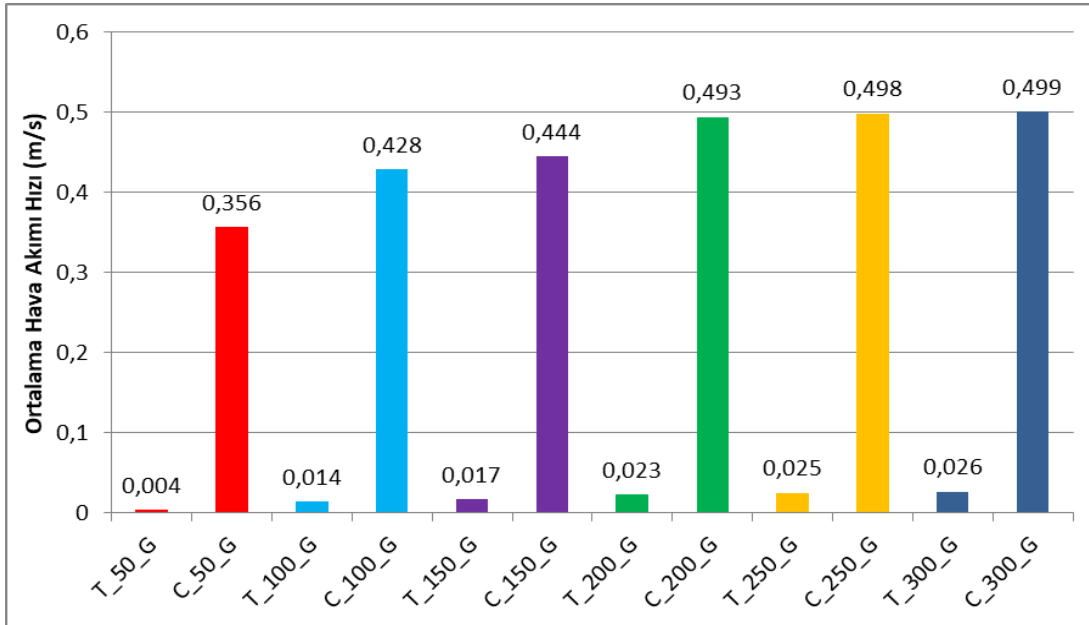


4.5.2.3 Tek taraflı havalandırma yapılan hacimler ile çapraz havalandırma yapılan hacimlerin karşılaştırılması

Farklı avlu derinliklerine sahip tek taraflı ve çapraz havalandırma yapılan hacimlerde Çizgi 1 üzerinde oluşan hava akımı hızları ve ortalama hız değerleri Şekil 4.77 ve Şekil 4.78’de gösterilmektedir.



Şekil 4.77 : Tek taraflı ve çapraz havalandırma yapılan hacimlerde Çizgi 1 üzerinde oluşan hava akımı hız değerleri.



Şekil 4.78 : Tek taraflı ve çapraz havalandırma yapılan hacimlerde Çizgi 1 üzerinde oluşan ortalama hız değerleri.

Tek taraflı ve çapraz havalandırma yapılan hacimlerde Çizgi 1 üzerinde oluşan hava akımı hızları değerlendirildiğinde;

- Çapraz havalandırma yapılan hacimlerde oluşan ortalama hava akım hızları, tek taraflı havalandırma yapılan hacimlerde oluşan ortalama hava akım hızlarına göre daha yüksektir (Şekil 4.78).
- Avlu derinliği arttıkça, tek taraflı havalandırma yapılan hacimde avluya bakan pencere etrafında hava akımları oluşmaktadır.
- Avlu derinliği arttıkça, çapraz havalandırma yapılan hacimlerde ise rüzgar arkası bölgede bulunan pencere etrafında ve avluya bakan pencere etrafında hava akımı hızları yükselmekte ve hacim içi havalandırma hızı da artmaktadır.

Doğal havalandırma davranışı incelenen tek taraflı ve çapraz havalandırma yapılan avluya bakan penceresi güneye yönlendirilmiş 12 hacimde oluşan hava akım hızları iç hacim konfor koşulları açısından değerlendirildiğinde;

- en uygun sonuç çapraz havalandırma yapılan avlu derinliğinin 300 cm. olduğu (C_300_G) seçenekte,
- en olumsuz sonuç ise tek taraflı havalandırma yapılan avlu derinliğinin 50 cm. olduğu (T_50_G) seçenekte oluşmuştur.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde hızla artan nüfus, sanayileşme ve kentleşmeyle birlikte enerjiye olan talep de önemli ölçüde artmakta ve bunun sonucu olarak enerji kaynakları tükenmektedir. Enerji harcamalarının büyük bir bölümünü binalarda harcanan enerji oluşturmaktadır. Bu durum binalarda ısıtma ve soğutma sistemleri için harcanan enerjinin en aza indirilmesi için enerji etkin tasarımın önemini ortaya çıkarmaktadır. Binalarda tasarım aşamasında alınan doğru kararlar ile hacimlerde konfor koşulları sağlanabilir ve bu sayede enerji giderleri azaltılabilir.

Sıcak iklim bölgelerinde, binalarda harcanan enerjinin büyük kısmını, iklimsel konfor koşullarının sağlanması için sıklıkla kullanılan soğutma sistemleri oluşturmaktadır. Avlulu plan tipleri güneş ışınlamından etkilenen dış cephe alanını azaltmak ve binaya doğal havalandırma sağlamak amacıyla sıcak iklim bölgelerinde uygulanan en önemli pasif tasarım değişkenlerinden birisidir. Avlunun boyutlarının değişmesiyle birlikte avlu duvarlarında oluşan gölgeli alanlar, dolayısıyla bina kabuğunda gerçekleşen ısı geçişi ve avluya bakan hacimlerdeki iç hava akımı hızları önemli şekilde etkilenmekte bunun sonucu olarak da iç hacimde oluşan konfor koşulları değişmektedir.

Bu çalışmada, sıcak-nemli iklim bölgelerinde avlu boyutlarının, bina yönlendiriliş durumunun, havalandırma seçeneklerinin ve havalandırma sürelerinin avluya bakan hacim içindeki konfor koşulları üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Avlu genişliği aynı (400 cm.), derinliği farklı (50, 100, 150, 200, 250, 300 cm.) olan 6 farklı avlulu bina formu oluşturulmuştur. Avlulu bina formlarında avluya bakan 400 x 400 cm. boyutlarında iç hacim bütün formlarda sabit tutulmuş, bu hacmin avluya bakan duvarında tek pencere olan (tek taraflı havalandırma) ve avluya bakan duvarı ve karşı duvarında yer alan iki penceresi olan (çapraz havalandırma) iki havalandırma seçeneği incelenmiştir. Pencereilerin bütün gün açık olduğu (açık), pencerelerin bütün gün kapalı (kapalı) olduğu ve gün içinde kapalı gece açık olduğu (gece havalandırması) 3 farklı havalandırma süresi kabul edilmiştir. 6 farklı avlulu bina formunun avluya bakan hacminin doğu, güney, batı ve kuzeye

yönlendirilmesi ve farklı havalandırma seçeneği ve süresi uygulanarak toplam 144 farklı seçenek incelenmiştir.

Çalışmada incelenen binaların bulunduğu yer Türkiye’de sıcak-nemli iklim bölgesini temsil eden Antalya olarak seçilmiştir. Seçilen hacmin performansını değerlendirmek amacıyla, yılın en sıcak gününü temsil eden 21 Temmuz’da hacimde oluşan operatif sıcaklık, bağıl nem ve güneş ışıınımı kazancı değerleri, yüksek hesaplama kapasiteli bir bina enerji simülasyon programı olan EnergyPlus 8.3.0 simülasyon programında ayrı ayrı hesaplanmıştır. Bina kabuğu detayları TS 825’e uygun olarak belirlenmiştir.

Bir sonraki adımda ise avlu derinliğinin ve havalandırma seçeneğinin iç hacimde oluşan hava akımına etkisini incelemek için bina modellerinin sayısal analizleri yapılmıştır. Sayısal analizler bir Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği yazılımı olan ANSYS FLUENT 16.2 programında gerçekleştirilmiştir.

Bina enerji simülasyonunda da kullanılmış olan farklı avlu derinliğine sahip (50 cm., 100 cm., 150 cm., 200 cm., 250 cm., 300 cm.) ve farklı havalandırma seçeneğine sahip (tek taraflı ve çapraz havalandırma) hacimlerin avluya bakan penceresinin güneşe yönlendirildiği toplam 12 seçeneğin anlık doğal havalandırma davranışı incelenmiştir.

İncelenen seçeneklerde avluya bakan hacimde oluşan operatif sıcaklık, bağıl nem, güneş ışıınımı kazancı değerleri ve hava akımı hızları değerlendirildiğinde;

- Avlu boyutlarının, avluya bakan hacimlerin yönlendiriliş biçimlerinin ve hacimlerdeki havalandırma seçeneklerinin hacimlerde gerçekleşen iç iklimsel koşullar üzerinde doğrudan etkili olduğu,
- Avluya bakan doğuya ve batıya yönlendirilmiş hacimlerde avlu boyutlarının, iç ortamda oluşan operatif sıcaklık değerlerinin değişiminde avluya bakan güneşe ve kuzeye yönlendirilmiş hacimlere göre daha etkin olduğu,
- Avluya bakan hacimlerde, hacmin yönlendiriliş durumunun hacimde uygulanan havalandırma seçeneklerine kıyasla daha etkin olduğu,
- Avluya bakan hacimlerde, hacimde uygulanan havalandırma süresi seçeneklerinin avlu derinliği seçeneklerine kıyasla daha etkin olduğu,
- Avluya bakan hacimlerde, hacimde uygulanan havalandırma seçeneklerinin avlu derinliğine kıyasla daha etkin olduğu,

- Binanın fonksiyonuna bağlı olarak farklı havalandırma süresi seçimi gerekliliği ortaya çıktığında (ofis veya konut vb.) farklı avlu boyutları ve yönlendiriliş biçimi seçenekleri göz önünde bulundurularak en uygun seçeneğin üretilebileceği,
- Binanın fonksiyonuna bağlı olarak farklı saatlerde kullanım söz konusu olduğunda (gece veya gündüz kullanımı) farklı avlu boyutları ve yönlendiriliş biçimi seçenekleri göz önünde bulundurularak en uygun seçeneğin üretilebileceği,
- Avlu boyutlarının avluya bakan hacmin yönüne bağlı olarak güneş ışınlamı kazancı değerlerini ve hacim içinde oluşan operatif sıcaklık değerlerini etkilediği,
- İç mekanda oluşan operatif sıcaklık değeri üzerindeki dış ortam sıcaklığının etkisinin avlu duvarının pencere üzerine düşürdüğü gölgenin etkisinden daha fazla olduğu (Şekil 976-978),
- Tek taraflı ve çapraz havalandırma yapılan hacimlerde farklı avlu boyutları ve farklı havalandırma süreleri uygulandığında benzer sonuçlar verebileceği ve bu nedenle havalandırma seçeneğine bağlı olarak avlu boyutları ile hacimdeki konfor koşullarının değişebileceği,
- Avlu boyutlarının ve hacimlerdeki havalandırma seçeneklerinin hacimlerde oluşan hava akımı hızı dolayısıyla iç iklimsel koşullar üzerinde doğrudan etkili olduğu,
- Çapraz havalandırma yapılan hacimlerde tek taraflı havalandırma yapılan hacimlere göre daha yüksek hava akımı hızları olduğu ve daha etkin doğal havalandırma yapıldığı,
- Tasarım aşamasında, avlu derinliği, yönlendiriliş durumu, havalandırma seçeneği ve havalandırma süresi değişkenlerine ilişkin optimum kararlar alındığında, hacimlerde meydana gelebilecek soğutma yüklerinin dolayısıyla soğutma enerjisi harcamalarının azaltılabileceği,

sonuçları elde edilmiştir.

Çalışmadan elde edilen, operatif sıcaklık, bağlıl nem, toplam güneş ışınlamı kazancı değerleri ve hava akımı hızlarına ilişkin tüm sonuçlar, bir konfor koşulu değerlendirme yöntemi kullanılarak analiz edildiğinde, en uygun konfor koşullarını sağlayan, en etkin bina formu seçeneği, yönlendiriliş biçimi, havalandırma seçeneği

ve havalandırma süresini belirlemek olanaklıdır. Uygun konfor koşullarının tasarım aşamasında alınan kararlarla pasif şekilde oluşturulmasıyla binada ısıtma ve soğutma sistemleri için kullanılan enerji miktarını en aza indirmek mümkündür. Ayrıca hacimlere sağlanan doğal havalandırma ile soğutma enerjisi giderleri azaltılabilir ve kullanıcılara sağlıklı ve konforlu ortamlar sağlanabilir.

Gelecekte yapılacak farklı değerlendirmelerle bu çalışmayı geliştirmek olanaklıdır. Bu çalışmada yılın en sıcak gününü temsil eden 21 Temmuz günü için yapılan tüm hesaplamalar, hem ısıtma hem de soğutma dönemini birlikte değerlendirebilmek amacıyla tüm yıl için tekrar edilebilir ve sadece avluyla etkileşimde olan hacim için değil, tüm bina için yıllık performans değerlendirilebilir. Sıcak iklim için yapılan bir çalışma olması nedeniyle bina kabuğu detayları çeşitlendirilebilir ve özellikle ısı kütlenin etkisini incelemeye olanak verecek kabuk detayları geliştirilerek analizler tekrarlanabilir. Çalışmada incelenen hacimde yer alan pencereler aynı aks üzerinde bulunmaktadır. Pencerelerin farklı konumlandırılmasıyla oluşturulacak seçeneklerle havalandırma açısından pencere konumlarının etkisinin değerlendirilmesi de faydalı olacaktır. Bu tez çalışmasında incelenen konunun daha kapsamlı çalışmalar ile desteklenmesiyle optimum konfor koşullarını sağlayan tasarımlar yapmak olanaklı olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] **Yılmaz, Z.** (2006). Akıllı binalar ve yenilenebilir enerji. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 91, 7-15.
- [2] **Özyurt, G. ve Karabalık, K.** (2009) “Enerji verimliliği, binaların enerji performansı ve Türkiye’deki durum”, *TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Türkiye Mühendislik Haberleri*, 457(54), 32-34.
- [3] **Kavak, K.** (2005). *Dünyada ve Türkiye’de enerji verimliliği ve Türk sanayisinde enerji verimliliğinin incelenmesi*. (Uzmanlık tezi). DPT, Yayın no: 2689.
- [4] **Yılmaz, Z.** (2007). Evaluation of energy efficient design strategies for different climatic zones: Comparison of thermal performance of buildings in temperate-humid and hot-dry climate. *Energy and Buildings*, 39 (3), 306-316.
- [5] **Oral, K. G. ve Manioğlu, G.** (2005). İklimle dengeli tasarım: Mardin, Antakya örnekleri, *Tasarım*, 157 , 136-142.
- [6] **Talib, K.** (1984). *Shelter in Saudi Arabia*. New York: St. Martin’s Press.
- [7] **Almusaed, A.** (2011). *Biophilic and Bioclimatic Architecture, Analytical Therapy for the Next Generation of Passive Sustainable Architecture*. London: Springer-Verlag.
- [8] **Olgay, V.** (1963). *Design with Climate-Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*. New Jersey: Princeton University Press.
- [9] **TS EN ISO 7730.** (2006). *Isıl çevrenin ergonomisi – PMV ve PPD indislerinin hesabını ve bölgesel ısı konfor kriterlerini kullanarak ısı konforunun analitik olarak belirlenmesi ve yorumu*, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.
- [10] **ASHRAE standard 55.** (2013). *Thermal environment conditions for human occupancy*, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta.
- [11] **Hodder, S. G. & Parsons, K.** (2007). The effects of solar radiation on thermal comfort. *International Journal of Biometeorology*, 51 (3), 233-250.
- [12] **Gürler, Z.** (1977). *İklim yapı ilişkilerinde güneş faktörü ve Antalya ili uygulama yöntemleri*. (Doktora tezi). İDGSA, Mimarlık Bölümü, İstanbul.
- [13] **Goulding, J.R., Lewis, O.J., & Steemers, T.C.** (1992). *Energy Conscious Design: A Primer for Architects*. London: Batsford for the Commission of the European Communities.

- [14] **Berköz, E.** (1969). *Biyoklimatik konfor yönünden tavan yüksekliğinin belirlenmesinde kullanılabilecek bir metod.* (Doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [15] **Vellei, M., Herrera, M., Fosas, D., & Natarajan, S.** (2017). The influence of relative humidity on adaptive thermal comfort. *Building and Environment*, 124, 171-185.
- [16] **Fountain, M. & Arens, E. A.** (1993). Air movement and thermal comfort, *ASHRAE Journal*, 35 (8), 26-30.
- [17] **Tanabe, S.** (1988). *Thermal comfort requirements in Japan.* (Doctoral thesis). Waseda University, Tokyo.
- [18] **Mallick, F. H.** (1996). Thermal comfort and building design in the tropical climates. *Energy and Building*, 23 (3), 161-167.
- [19] **Fanger, P. O.** (1972). *Thermal Comfort.* New York: McGraw-Hill.
- [20] **Manioğlu, G.** (2002). *Isıtmada enerji ekonomisi ve yaşam dönem maliyeti açısından uygun bina kabuğu ve işletme biçimi seçeneğinin belirlenmesinde kullanılabilecek bir yaklaşım.* (Doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [21] **Taleghani, M., Tenpierik, M., Kurvers, S., & Dobbels, A.** (2013). A review into thermal comfort in buildings. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 26, 201-215.
- [22] **Szokolay, S. V.** (2014). *Introduction to Architectural Science: The Basis of Sustainable Design* (3rd ed.). New York: Routledge, Taylor and Francis Group.
- [23] **Li, B., Tan, M., Liu, H., Ma, X., & Zhang, W.** (2010). Occupant's perception and preference of thermal environment in free-running buildings in China. *Indoor and Built Environment*, 19 (4), 405-412.
- [24] **McIntyre, D. A.** (1980). *Indoor Climate.* Essex, UK: Applied Science Publishers.
- [25] **Yüceer, N. S.** (2015). *Yapıda Çevre ve Enerji.* Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti..
- [26] **Çalışkan, O. ve Türkoğlu, N.** (2012). Türkiye'nin biyoklimatik koşullarının analizi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 10 (2), 151-164.
- [27] **Cândido, C.M., De Dear, R., Lamberts, R., & Bittencourt, L.S.** (2008). Natural ventilation and thermal comfort: air movement acceptability inside naturally ventilated buildings in Brazilian hot humid zone. *Windsor Conference*, Windsor, UK: July 27-29.
- [28] **Passe, U. & Battaglia, F.** (2015). *Designing Spaces for Natural Ventilation: An Architect's Guide.* New York: Routledge, Taylor and Francis Group.
- [29] **Orosa, J. A. & Oliveira, A. C.** (2012). *Passive Methods as a Solution for Improving Indoor Environments.* London: Springer-Verlag.
- [30] **Evren, F. ve Kılış, B.** (2015). İnsan vücudunun ısı taklidi ile oda tipi bir operatif sıcaklık ölçelerin tasarımı, prototip imalatı ve

kalibrasyonu. 12. *Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Isıl Konfor Sempozyumu*, İzmir, Türkiye: 11 Nisan.

- [31] **Christensen, J. E.** (2008). A method for more specific simulation of operative temperature in thermal analysis programmes. *8th Nordic Symposium on Building Physics 2008*, Copenhagen, Denmark: June 16-18.
- [32] **Atmaca, İ. ve Yiğit, A.** (2009). Isıl konfor ile ilgili mevcut standartlar ve konfor parametrelerinin çeşitli modeller ile incelenmesi. 9. *Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, Ankara, Türkiye: Mayıs 6-9.
- [33] **Zmrhal, V. & Drkal, F.** (2007). Using energy simulation to operative temperature evaluation, *Proceedings: Building Simulation 2007*, pp. 875-886.
- [34] **Abdullah, A.H., Bakar, S.K.A., & Rahman, I.A.** (2013). Simulation of office's operative temperature using Ecotect model. *International Journal of Construction Technology and Management*, 1 (1), 33-37.
- [35] **Kalz, D. E. & Pfafferott, J.** (2014). *Thermal Comfort and Energy – Efficient Cooling of Nonresidential Buildings*. Cham, Heidelberg, New York, Dordrecht, London: Springer.
- [36] **Chowdhury, A.A., Rasul, M.G., & Khan, M.M.K.** (2008). Thermal-comfort analysis and simulation for various low-energy cooling-technologies applied to an office building in a subtropical climate. *Applied Energy*, 85 (6), 449-462.
- [37] **Atmaca, I., Kaynakli, O., & Yigit, A.** (2007). Effects of radiant temperature on thermal comfort. *Building and Environment*, 42 (9), 3210-3220.
- [38] **ASHRAE** (2017). *2017 ASHRAE Handbook - Fundamentals*, Chapter 9, Thermal Comfort. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta.
- [39] **Berköz, E. Yılmaz, Z., Kocaaslan, G.ve ekibi.** (1995). Enerji etkin konut ve yerleşme tasarımı, TÜBİTAK Araştırma Raporu, Proje No: İNTAG 201.
- [40] **Lechner, N.** (2015). *Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Methods for Architects* (4th ed.). New Jersey, Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
- [41] **Manioğlu, G.** (2007). Geleneksel mimaride iklimle uyumlu binalar: Mardin'de bir öğrenci atölyesi. *Teskon 2007, VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, İzmir, Türkiye: 25 Ekim.
- [42] **Yılmaz, Z. ve diğerleri.** (2006). Türkiye ve İrlanda'daki binaların enerji etkin tasarım ve yapımı için sürdürülebilirlik stratejileri", İ.T.Ü. Araştırma Fonu, Proje No: 30657.
- [43] **Gandemer, J.** (1979). Les effets aerodynamiques du vent dans les ensembles batis, *Technique Architect*, 325.
- [44] **Evans, B. H.** (1957). Natural air flow around buildings. (Research Rep. No. 56). Texas Engineering Experiment Station.

- [45] **Grigs, P. F.** (1974). A wind tunnel of the effects of canopies on velocities beneath a tall building. BRS., Current Paper, N83/74, Garston.
- [46] **Sexton, D.E.** (1968). Building aerodynamics. Current Paper 64/68, Building Research Station, also In: *Proceedings of the CIB Symposium on Weathertight Joints for Walls*, Oslo, September 25–28, 1967.
- [47] **Ok, V.** (2007). Sağlıklı kentler için pasif iklimlendirme ve bina aerodinamiği. *VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, İzmir, Türkiye: 25 Ekim.
- [48] **Santamouris, M.** (1998). *Natural Ventilation in Buildings*. London: James & James (Science Publishers).
- [49] **Bennett, J.** (2007). Wind Design Guide (BBSC_433). Victoria University of Wellington, New Zealand.
- [50] **Gandemer, J. & Guyot, A.** (1976). *Intégration du phénomène vent dans la conception du milieu bâti*. Paris, France: Premier Ministre Groupe Central des Villes Nouvelles Secretariat General.
- [51] **Ok, V., Ath, V., Özsoy, A., Altaş, N.E., & Yılmaz, Z.** (1996). Yerleşme dokusu dizayn değişkenlerinin açık mekanlardaki rüzgar hızına ve akım tipine etkilerinin incelenmesi ,TÜBİTAK, Proje No: İNTAG 214.
- [52] **Aldeberky, A. A.** (2010). The influence of high-rise buildings on the environment.
- [53] **Watson, D. & Labs, K.** (1993). *Climatic Building Design: Energy Efficient Building Principles and Practices*. New York: McGraw-Hill.
- [54] **Oral, K. G.** (2007). Ekolojik yaklaşımda iklimle dengeli yapı tasarımı. *Tasarım*, 170, 110-114.
- [55] **Akşit, F.** (2005). Türkiye'nin farklı iklim bölgelerinde enerji etkin bina ve yerleşme birimi tasarımı. *Tasarım*, 157, 124-127.
- [56] **Hussain, M. & Lee, B. E.** (1980). An investigation of wind forces on three dimensional roughness elements in simulated atmospheric boundary layer flow. Report BS 56, Department of Building Science, Faculty of Architectural Studies, University of Sheffield.
- [57] **Oke, T. R.** (1988). Street design and urban canopy layer climate. *Energy and Building*, 11 (1), 103-113.
- [58] **Kovar-Panskus, A., Louka, P., Sini, J.-F., Savory, E., Czech, M., Abdelqari, A., Mestayer, P.G., & Toy, N.** (2002). Influence of geometry on the mean flow within urban street canyons – A comparison of wind tunnel, experiments and numerical simulations. *Water, Air and Soil Pollution: Focus*, 2 (5-6), 365280.
- [59] **Orhon, İ., Küçükdoğu, M.Ş., ve Ok, V.** (1988). *Toplu Konut İşletmesi 1: Proje Planlama- Tasarım El Kitabı*. Ankara: Tübitak YAE Yayınevi.
- [60] **Kachadorian, J.** (1997). *The Passive Solar House, Using Solar Desing to Heating & Cooling Your Home*. USA: Chelsea Green Publishing Company.

- [61] **Zorer, G.** (1992). *Yapılarda Isısal Tasarım İlkeleri*. İstanbul: YTÜ Mimarlık Fakültesi Yayınları.
- [62] **Darçın, P. ve Balanlı, A.** (2012). Yapılarda doğal havalandırmanın sağlanmasına yönelik ilkeler. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 128, 33-42.
- [63] **Gedik Zorer, G.** (2009). *Yapıda Soğutma Sistemleri*, YTÜ Mimarlık Bölümü Yapı Fiziği Bilim Dalı Yayınlanmamış Ders Notları.
- [64] **Arens, E.** (1984). *Natural Ventilative Cooling of Buildings Design Manual* 11.02. NAVFAC , Alexandria, VA.
- [65] **Spengler, J.D., Samet, J.M., & McCarthy, J.F.** (2001). *Indoor Air Quality Handbook*. New York: McGraw-Hill.
- [66] **Roaf, S., Thomas, S., & Fuentes, M.** (2003). *Ecohouse 2: A Design Guide*. London: Elsevier Science & Technology Books.
- [67] **Yılmaz, Z., Koçlar Oral, G., & Manioğlu, G.** (2000). Isıtma enerjisi tasarrufu açısından bina kabuğu ısı yalıtım değerinin bina formuna bağlı olarak belirlenmesi (Proje No: 985). Sonuç Raporu, İstanbul: İTÜ.
- [68] **Ok, V.** (2005). Yapma çevre tasarımında rüzgar etkileri. *Tasarım*, 157, 70-74.
- [69] **Ok, V., Yaşa, E., & Özgünler, M.** (2008). An experimental study of the effects of surface openings on air flow caused by wind in courtyard buildings. *Architectural Science Review*, 51 (3), 263-268.
- [70] **Gallo, C., Sala, M., & Sayigh, A.A.M.** (1998). *Architecture: Comfort and Energy*. Oxford, UK: Elsevier Science.
- [71] **Khan, N., Su, Y., & Riffat, S.B.** (2008). A review on wind driven ventilation techniques. *Energy and Buildings*, 40, 1568-1604.
- [72] **Micallef, D., Buhagiar, V., & Borg, S.P.** (2016). Cross-ventilation of a room in a courtyard building. *Energy and Buildings*, 133, 658-669.
- [73] **Xie, X., Huang, Z., & Wang, J.** (2005). Impact of building configuration on air quality in street canyon. *Atmospheric Environment*, 39 (25), 4519-4530.
- [74] **Nicol, F., Humphreys, M., & Roaf, S.** (2012). *Adaptive Thermal Comfort: Principles and Practice*. New York: Routledge.
- [75] **TS-825** (2013). *Binalarda Isı Yalıtım Kuralları*. Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.
- [76] **Balanlı, A.** (2007). *Yapı Elemanları 2-Doğramalar*. YTÜ Mimarlık Bölümü Yapı Elemanları ve Malzemeleri Bilim Dalı.
- [77] **Kocaaslan, G.** (1991). *Hacimlerin pasif ısıtma sistemleri olarak değerlendirilmesinde kullanılabilecek bir yöntem*. (Doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [78] **Berköz, E.** (1983). *Güneş ışıınımı ve yapı dizaynı*. (Profesörlük tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [79] **Crawley, D.B. et al.** (2004). EnergyPlus: an update. Proceedings of the SimBuild 2004 Conference, August 4–6, 2004, Boulder, CO.

- [80] **Akgüç, A.** (2017). EnergyPlus ve DesignBuilder simülasyon araçlarının işlevi ve kullanımına yönelik genel bir bakış. *TTMD Dergisi*, 111, Ek.
- [81] **Franke, J.** (2006). Recommendations of the COST Action C14 on the use of CFD in predicting pedestrian wind environment, *The Fourth International Symposium on Computational Wind Engineering*, Yokohama, Japan: July 16-19.
- [82] **Cowan, I.R., Castro, I.P., & Robins, A.G.** (1997). Numerical considerations for simulations of flow and dispersion around buildings, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 67-68 (1), 535-545.
- [83] **Hall, R. C. (Ed.)** (1997). Evaluation of modelling uncertainty – CFD modelling of nearfield atmospheric dispersion (EU Project EV5V-CT94-0531). Final Report, WS Atkins Consultants Ltd.
- [84] **Perén, J.L., Van Hooff, T., Leite, B., & Blocken, B.** (2016). CFD simulation of wind-driven upward cross ventilation and its enhancement in long buildings: Impact of single-span versus double-span leeward sawtooth roof and opening ratio. *Building and Environment*, 96, 142-156.
- [85] **Van Hooff, T., Blocken, B., & Tominaga, Y.** (2017). On the accuracy of CFD simulations of cross-ventilation flows for a generic isolated building: Comparison of RANS, LES and experiments. *Building and Environment*, 114, 148-165.
- [86] **Ramponi, R. & Blocken, B.** (2012). CFD simulation of cross ventilation for a generic isolated building: Impact of computational parameters. *Building and Environment*, 53, 34-48.
- [87] **Blocken, B.** (2004). *Wind-driven rain on buildings - measurements, numerical modelling and applications*. (Doctoral thesis). Katholieke Universiteit Leuven, Belgium.
- [88] **Versteeg, H.K. & Malalasekera, W.** (1995). *An Introduction to CFD, The Finite Volume Method*. England: Longman Scientific and Technical.
- [89] **Tablada, A.** (2006). *Shape of new residential buildings in the historical centre of old Havana to favour natural ventilation and thermal comfort*. (Doctoral thesis). Katholieke Universiteit Leuven, Belgium.
- [90] **Bardina, J.E., Huang, P.G., & Coakley, T.J.** (1997). *NASA technical memorandum*, California, USA.
- [91] **Harris, F. E.** (2014). *Mathematics for Physical Science and Engineering: Symbolic Computing in Maple and Mathematica*. USA: Academic Press, Elsevier.

ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Mehmet BEKAR
Doğum Tarihi ve Yeri : 12/12/1992 – Alanya, ANTALYA
E-posta : mhmtbkr@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Fakülte 1.'liği.

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2016 yılından beri kurucusu olduğu Studio 3 Mimarlık'ta çalışma hayatına devam etmektedir.
- 2017 yılında 7 İklim 7 Bölge – Mahalle Ulusal Mimari Kentsel Tasarım Fikir Yarışması'nda (Ege Bölgesi) 3.'lük Ödülü'nü kazandı.