

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AVLULU BİNA BİÇİMİNİN FARKLI İKLİM BÖLGELERİNDE İKLİMSEL
PERFORMANSA GÖRE OPTİMİZASYONU İÇİN
GELİŞTİRİLEN BİR YÖNTEM**

**DOKTORA TEZİ
Enes YAŞA**

Anabilim Dalı : Mimarlık

Programı : Yapı Bilimleri

HAZİRAN 2010

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AVLULU BİNA BİÇİMİNİN FARKLI İKLİM BÖLGELERİNDE İKLİMSEL
PERFORMANSA GÖRE OPTİMİZASYONU İÇİN
GELİŞTİRİLEN BİR YÖNTEM**

DOKTORA TEZİ

Enes YAŞA

(502042614)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 05 Şubat 2010

Tezin Savunulduğu Tarih : 02 Haziran 2010

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Vildan OK

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Zerrin YILMAZ (İTÜ)

Prof. Dr. Cem PARMAKSIZOĞLU (İTÜ)

Prof.Dr.Halit YAŞA ERSOY (MSGSÜ)

Yrd.Doç.Dr. Murat ÇAKAN (İTÜ)

HAZİRAN 2010

ÖNSÖZ

Avlulu binaların farklı iklim bölgelerine göre iklimsel açıdan performansının çözümlenmesi ve farklı iklim bölgelerine göre termal davranışları hakkında yapılan çalışmalar, yeterli tasarım araçlarının olmamasından dolayı yetersiz kalmaktadır. Binalarda enerji verimliliği bakımından özellikle mimarların binaların enerji tüketim miktarının hesaplanması ve enerji etkinlik konusu ile ilgili olarak belli seviyelerde bilgi sahibi olması; ayrıca toplam konfor, mikroklima konularında da bilgilenmeleri gerekmektedir. Yapılan bazı kabullerin ve belli başlı bazı metotların dışında ileri düzeyde yapılan çalışmaların sayısı oldukça azdır. Buna ilaveten konu ile ilgili çalışmalar ve araştırmalar göstermektedir ki; ele alınan avlulu binalar ile ilgili, enerji etkinlik açısından direkt olarak nasıl bir etkilerinin olduğu nasıl davrandıkları hakkında kapsamlı bir strateji ile araştırmadan uzak olduğu görülmektedir. Dolayısıyla bu tez çalışmasının amacı; tüm iklim bölgelerinde mikro iklimi düzenleyici olarak; özellikle de sıcak-kuru iklim bölgesinde pasif iklimlendirme aracı olarak kullanılan avlulu binalar hakkında ulaşılabildiği kadarıyla avlulu binaların enerji etkinliklerini araştırma, ayrıca belirlenen farklı iklim bölgeleri için belirlenecek konfigürasyonlar üzerinde bilgisayar enerji simülasyonu kullanarak farklı tasarım ve iklim koşulları altında gerçek meteorolojik verileri kullanarak bu binaların farklı termal davranışlarını tam olarak doğru bir şekilde tahmin ederek ortaya koymak ve böylece hem sıcak-kuru ve sıcak-nemli hem de soğuk iklim bölgeleri için; o iklim özellik ve verilerine uygun olarak optimum avlu biçimini ortaya koyarak tasarımcılara yeni bir bilgi sağlamaktır.

Öncelikle bu çalışmayı B.A.P. destekleme fonundan “ 32641” proje numarası ile maddi olarak destekleyen okulum İ.T.Ü Rektörlüğü’ne çok teşekkür ederim. Çalışmalarım boyunca beni sonuna kadar destekleyen, sabırla yardım ve desteklerini esirgemeyen başta tez danışmanım, değerli hocam Sayın Prof.Dr. Vildan OK’a, sonsuz teşekkür ederim. Ayrıca tez izleme komitesi üyeleri değerli hocalarım Sayın Prof.Dr. Zerrin YILMAZ ve Prof.Dr. İsmail Cem PARMAKSIZOĞLU’na tüm tez süreci boyunca bilimsel katkılarından dolayı teşekkürü bir borç bilirim. Özellikle tez süreci boyunca anlayışı ve hoşgörüsünü eksik etmeyen sürekli desteğini yanımda gördüğüm değerli hocam sayın Prof.Dr. Mehmet Şener KÜÇÜKDOĞU’ya çok teşekkür ederim.

Özellikle tez sürecimin en kritik zamanında değerli bilgilerinden faydalandığım bana zaman ayırıp yardımlarını esirgemeyen Yrd.Doç.Dr. Azmi AKTACİR’e katkılarından dolayı çok teşekkür ederim. Sayısal analiz çalışmalarını boyunca desteğini sürekli yanımda gördüğüm Mak. Müh. Güven FİDAN’a ayrıca sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca değerli arkadaşlarım; Mimar Ali KAYGISIZ’a, Ömer Faruk TEKİN ve Abdullah ATEŞ’e, Hüseyin Ömer TOP ve Bilgisayar Mühendisi Hasan ATAMAN ve Şüheda TOKER’e değerli yardımlarından dolayı çok teşekkür ederim. Ayrıca bu çalışmanın zor ve sıkıntılı günlerinde sürekli desteğini gördüğüm değerli arkadaşım Özlem BAHADIR’a çok teşekkür ederim. Bütün çalışma süresi boyunca katkıda bulunan tüm arkadaşlarıma ve maddi, manevi desteklerini esirgemeyen aileme gösterdikleri sevgi dolu anlayış için teşekkürü borç bilirim.

Şubat 2010

Enes YAŞA

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER	v
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
SEMBOL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xix
SUMMARY.....	xxi
1. GİRİŞ	1
2. AVLULU BİNA BİÇİMİNDE ENERJİ PERFORMANSI VE İKLİMSEL KONFOR DEĞERLENDİRMELERİ KONULARINDA YAPILAN MEVCUT ÇALIŞMALAR	5
2.1 Bina Enerji Performans Değerlendirmesi ve Bina Simülasyon Programları ...	5
2.1.1 Binalarda Enerji Performansı Değerlendirilmesi	7
2.1.1.1 Bina Enerji Simülasyonu	9
2.1.1.2 Bina Simülasyon Araçlarının Kullanım Alanları.....	11
2.1.1.3 Bina Simülasyon Programı Seçim Kriterleri	13
2.1.1.4 Bina Enerji Simülasyon Programlarının İşleyiş Süreci.....	14
2.1.1.5 Bina Enerji Simülasyon Programlarının Kısıtları	16
2.1.2 Bina Toplam Enerji Yükü Hesaplama Yöntemleri	17
2.1.2.1 ASHRAE Tarafından Önerilen Soğutma Yükü Hesap Yöntemleri	19
2.1.2.2 Admittance Yöntemi	20
2.1.2.3 TETD/TA Yöntemi	20
2.1.2.4 CLTD/SCL/CLF Yöntemi	21
2.1.2.5 RTS Yöntemi	22
2.1.2.6 RTS Soğutma Yükü Hesap Yönteminde Kullanılan Parametreler	23
2.1.2.7 HB (Heat Balance) – Isı Dengesi Metodu.....	27
2.1.3 Mevcut Bina Toplam Enerji Yükü Hesaplama Yöntemlerinin Karşılaştırılması	28
2.1.4 Farklı İklim Bölgelerine Göre Avlulu Binaların Termal Performansının İncelendiği Çalışmalar	29
2.2 Bina İçi ve Etrafındaki Hava Akış Modelleri ile BES (Bina Enerji Simülasyon) Programları Arasındaki İlişki.....	42
2.2.1 Hava Akışı ve Termal Konfor Modellemeleri	44
2.2.2 CFD ve Türbülans Modellemeleri	47
2.2.2.1 k-ε türbülans modeli.....	47
2.2.2.2 Near-Wall işlemi	48
2.3 Bina İçi ve Bina Etrafında Hava Akış üzerine CFD ile Yapılan Çalışmalar ...	49
2.3.1 Hava Hareketinin Termal Konfor Üzerine Etkisi - Konu Üzerine İncelenen Çalışmalar	51
2.4 Binalarda İklimsel Termal Konfor-İklim Konfor İlişkisi.....	53

3. AVLULU BİNA BİÇİMİNİN FARKLI İKLİM BÖLGELERİNDE İKLİMSEL PERFORMANSA GÖRE OPTİMİZASYON MODELİ	59
3.1 Varsayımlar ve Kısıtlamalar.....	60
3.2 Çalışma Süreci.....	61
3.2.1 Avlulu Binalarda Termal Konfor Koşullarının Belirlenmesi.....	68
3.2.2 Isıtma ve Soğutma Yüğü Hesabı	70
3.2.2.1 Avlulu Binalarda Isı Transferi Mekanizması	71
3.2.2.2 Avlulu Binalarda Isı Transferi ve Rüzgar Taşınım Katsayısı İlişkisi	72
3.2.2.3 Soğutma Yüğü Oluşturan Bileşenlerin Saptanması	74
3.2.2.4 Avlu İç Mekan Isı Kazanım Bileşenleri	75
3.2.2.5 Avlu Yüzeylerinden Kaynaklanan Soğutma Yüğü	76
3.2.2.6 Avlu Isıtma-Soğutma Yüğü Hesabı İçin Bina Yüzeyine Gelen Güneş Işınımının Belirlenmesi.....	77
3.2.2.7 Saatlik Toplam Güneş Işınımı Verileri Kullanılarak Bina Dış Yüzeylerine Gelen Güneşlenme Şiddetlerinin Yönlere Ve Aylara Göre Değişimi Hesabı	79
4. AVLULU BİNA BİÇİMİNİN FARKLI İKLİM BÖLGELERİNDE İKLİMSEL PERFORMANSA GÖRE OPTİMİZASYON MODELİNİN UYGULANMASI	83
4.1 Binalarda Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (CFD) Yöntemi ile Rüzgar Akışı ve Toplam Isı Transferi Hesaplaması.....	92
4.2 Optimizasyon Modeline Göre Elde Edilen Bulguların Değerlendirilmesi	94
4.3 Avlulu Binaların Toplam Isı Transfer Miktarları ve Güneş Işınım Kazançlarına Göre Bina Enerji Performanslarının Değerlendirilmesi.....	95
4.4 Avlulu Bina Seçeneklerinin Enerji Performanslarının Güneş Işınım Kazançlarına Göre Değerlendirilmesi.....	103
4.5 Avluya Bakan Cephe Yüzeylerindeki Mekanların Termal Konforu	106
4.5.1 Sıcak-Nemli İklim Bölgesi Örneği Antalya için Avluya Bakan Cephe Yüzeylerindeki Mekanların Termal Konforu	106
4.6 Optimizasyon Modeline Göre Farklı İklim Bölgeleri için Optimum Avlu Oranları	113
4.6.1 Sıcak-Kuru İklim Bölgesi Örneği Diyarbakır için Geçerli Genel Tasarım Ölçütlerine Göre Avlulu Bina Biçimi	119
4.6.2 Sıcak - Nemli İklim Bölgesi Örneği Antalya için Geçerli Genel Tasarım Ölçütlerine Göre Avlulu Bina Biçimi	120
4.6.3 Soğuk İklim Bölgesi Örneği Erzurum için Geçerli Genel Tasarım Ölçütlerine Göre Avlulu Bina Biçimi	122
4.7 Doğal Havalandırma ve Termal Konfor Açısından Avlu Oranlarının Değişikliğinin Etkisi.....	123
4.8 Günlük Güneş Hareketinin Avlu İç Termal Performansa Etkisi Avlu İç Gölgeleme Durumu	128
4.9 Avlulu Binaların ve Avlu İç Termal Konforun Değerlendirilmesi.....	131
4.10 CFD Simülasyon Sonuçlarına Göre Genel Tasarım Ölçütleri ve Buna Bağlı Avlu Biçimi ve Öneriler	134
5. SONUÇLAR	137
5.1 Ana Temel Sonuçlar	142
5.2 Çalışmanın Yapacağı Katkıları	143
5.3 Son Tasarım Tavsiyeleri.....	144
KAYNAKLAR.....	147

EKLER.....	155
ÖZÇEÇMİŞ.....	193

KISALTMALAR

ASHRAE	: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
BLC	: Building Loss Coefficient
BEPAC	: Building Environmental Performance Analysis Club
BES	: Bina Enerji Simülasyon Programları
CAD	: Computer Aided Design
CFD	: Computational Fluid Dynamics
CLTD/SCL/CLF	: Cooling Load Temperature Difference / Solar Cooling Load / Cooling Load Factor - (Soğutma Yüğü Sıcaklık Farkı / Güneş Soğutma Yüğü/Soğutma Yüğü Çarpanı)
CLO	: Giysilerin Isıl Direnci
CIBSE	: Chartered Institution of Building Services Engineers
DNS	: Direct Numerical Simulation
DXF	:Data Exchange File
ESD	: En Sıcak Dönem
EASD	: En Az Sıcak Dönem
GS	: Güneş Saati
H	: Bina Yüksekliğı
HB	: (Heat Balance) – Isı Dengesi
HAD	: Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiğı
HVAC	: Heating Ventilating and Air Conditioning
IBPSA	: International Building Performance Simulation Association
İ.T.Ü	: İstanbul Teknik Üniversitesi
LCC	: Life Cycle Cost
LES	: Large Eddy Simulation
MRT	: Ortalama Radyant Sıcaklığı
TETD/TA	:The Total Equivalent Temperature Difference / Time Averaging-(Toplam Eşdeğer Sıcaklık Farkı/Zaman Ortalama)
TFM	: Transfer Function Method
RTS	: (Radiant Time Series)-(Işınım Zaman Serileri)
SCL	: Solar Cooling Load
SC	: Shading Coefficient
RANS	: Reynolds-Averaged Navier-Stokes Equation
VLD	: Validasyon Modelleri

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 2.1: CLTD/SCL/CLF ve RTS Soğutma Yüğü Hesap Yöntemlerinin Karşılaştırılması.....	26
Çizelge 2.2: Konforlu bir iç mekân için önerilen değerler	57
Çizelge 4.1: Optimizasyon modelinde ele alınan tüm avlu seçeneklerinde uygulanan bina kabuğu ile ilgili bilgiler	91
Çizelge 4.2: Ele alınan tüm avlu seçeneklerinde üç farklı ile ait uzun dönem ortalaması saat 07:00-14:00-21:00 için hakim rüzgar yönleri.....	124
Çizelge A.1: 21 Ocak - Antalya – Bina Toplamı-Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / Bina Yüzey Alanı (m ²).....	156
Çizelge A.2: 21 Temmuz - Antalya – Bina Toplamı-Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / Bina Yüzey Alanı (m ²).	157
Çizelge A.3: 21 Ocak- Diyarbakır – Bina Toplamı-Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / Bina Yüzey Alanı (m ²)	158
Çizelge A.4: 21 Temmuz - Diyarbakır – Bina Toplamı-Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / Bina Yüzey Alanı (m ²)	159
Çizelge A.5: 21 Ocak - Erzurum – Bina Toplamı-Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / Bina Yüzey Alanı (m ²)	160
Çizelge A.6: 21 Temmuz - Erzurum – Bina Toplamı-Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / Bina Yüzey Alanı (m ²)	161
Çizelge A.7: 21 Ocak - Antalya – Çatı-Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / Bina Çatı Yüzey Alanı (m ²)	162
Çizelge A.8: 21 Temmuz - Antalya – Çatı-Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / Bina Çatı Yüzey Alanı (m ²)	163
Çizelge A.9: 21 Ocak - Diyarbakır – Çatı-Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / Bina Çatı Yüzey Alanı (m ²)	164
Çizelge A.10: 21 Temmuz - Diyarbakır – Çatı-Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / Bina Çatı Yüzey Alanı (m ²)	165
Çizelge A.11: 21 Ocak - Erzurum – Çatı-Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / Bina Çatı Yüzey Alanı (m ²)	166
Çizelge A.12: 21 Temmuz - Erzurum – Çatı-Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / Bina Çatı Yüzey Alanı (m ²)	167

Çizelge A.13: 21 Ocak - Antalya – Avlu Zemini-Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / Bina Avlu Yüzey Alanı (m ²)	168
Çizelge A.14: 21 Temmuz - Antalya – Avlu Zemini-Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / Bina Avlu Yüzey Alanı (m ²)	169
Çizelge A.15: 21 Ocak - Diyarbakır – Avlu Zemini-Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / Bina Avlu Yüzey Alanı (m ²)	170
Çizelge A.16: 21 Temmuz - Diyarbakır – Avlu Zemini-Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / Bina Avlu Yüzey Alanı (m ²)	171
Çizelge A.17: 21 Ocak - Erzurum – Avlu Zemini-Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / Bina Avlu Yüzey Alanı (m ²).	172
Çizelge A.18: 21 Temmuz - Erzurum– Avlu Zemini-Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / Bina Avlu Yüzey Alanı (m ²)	173
Çizelge B.1: 21 Ocak- Antalya– Bina Toplamı-Günlük Toplam Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina Yüzey Alanı (m ²)	174
Çizelge B.2: 21 Ocak- Diyarbakır– Bina Toplamı-Günlük Toplam Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina Yüzey Alanı (m ²)	175
Çizelge B.3: 21 Ocak- Erzurum– Bina Toplamı-Günlük Toplam Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina Yüzey Alanı (m ²)	176
Çizelge B.4: 21 Temmuz- Antalya– Bina Toplamı-Günlük Toplam Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina Yüzey Alanı (m ²)	177
Çizelge B.5: 21 Temmuz- Diyarbakır– Bina Toplamı-Günlük Toplam Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina Yüzey Alanı (m ²).	178
Çizelge B.6: 21 Temmuz- Erzurum– Bina Toplamı-Günlük Toplam Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina Yüzey Alanı (m ²)	179
Çizelge B.7: 21 Ocak- Antalya– Çatı-Günlük Toplam Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina Çatı Yüzey Alanı (m ²)	180
Çizelge B.8: 21 Temmuz- Antalya– Çatı-Günlük Toplam Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina Çatı Yüzey Alanı (m ²)	181
Çizelge B.9: 21 Ocak- Diyarbakır– Çatı-Günlük Toplam Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina Çatı Yüzey Alanı (m ²)	182
Çizelge B.10: 21 Temmuz- Diyarbakır– Çatı-Günlük Toplam Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina Çatı Yüzey Alanı (m ²)	183
Çizelge B.11: 21 Ocak- Erzurum– Çatı-Günlük Toplam Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina Çatı Yüzey Alanı (m ²)	184
Çizelge B.12: 21 Temmuz- Erzurum– Çatı-Günlük Toplam Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina Çatı Yüzey Alanı (m ²)	185
Çizelge B.13: 21 Ocak- Antalya– Avlu Zemin-Günlük Toplam Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina Avlu Yüzey Alanı (m ²)	186
Çizelge B.14: 21 Temmuz- Antalya– Avlu Zemini-Günlük Toplam Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina Avlu Yüzey Alanı (m ²)	187
Çizelge B.15: 21 Ocak- Diyarbakır– Avlu Zemini-Günlük Toplam Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina Avlu Yüzey Alanı (m ²)	188

- Çizelge B.16:** 21 Temmuz- Diyarbakır– Avlu Zemini-Günlük Toplam Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina AvluYüzey Alanı (m²).189
- Çizelge B.17:** 21 Ocak- Erzurum– Avlu Zemini-Günlük Toplam Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina AvluYüzey Alanı (m²)190
- Çizelge B.18:** 21 Temmuz- Erzurum– Avlu Zemini-Günlük Toplam Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina AvluYüzey Alanı (m²)191

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1: Bina enerji tüketiminin ana bileşenleri.....	6
Şekil 2.2: Binaların enerji, ısı ve çevresel performansları	9
Şekil 2.3: Bina enerji programlarının işleyiş süreci.....	16
Şekil 2.4: Avlulu bina enerji performans değerlendirme adımları	18
Şekil 2.5: RTS yöntemi hesap prosedürü.	25
Şekil 2.6: Isı dengesi metodu ana teması.....	27
Şekil 2.7: Muhaisen, A. S., Gadi M. B nin incelemiş oldukları dikdörtgen avlu formları.....	33
Şekil 2.8: Muhaisen, A. S., Gadi M. B nin incelemiş oldukları 1-10 arası R2 ve R1 avlu oranları	34
Şekil 2.9: Muhaisen' in çalışması yapılan dikdörtgen avlulu bina modelleri	36
Şekil 2.10: Ratti ve ekibinin çalıştıkları altı adet basitleştirilmiş bina/bahçe kombinasyonunun plan ve 3D görüntüsü	38
Şekil 2.11: Ele alınan 6 model.....	40
Şekil 2.12: Çalışması yapılan model planı, ölçüm noktaları	40
Şekil 2.13: Modellerin türüne göre hava akımı tahmini alanındaki bazı uygulamaları göstermektedir	45
Şekil 2.14: Bioklimatik diyagram.....	56
Şekil 3.1: Araştırma yöntem ve sürecini gösteren akış şeması.....	62
Şekil 3.1 (devam): Araştırma yöntem ve sürecini gösteren akış şeması.....	63
Şekil 3.2: Optimizasyon modeli çalışmasının ana şeması.....	65
Şekil 3.2 (devam): Optimizasyon modeli çalışmasının ana şeması.....	66
Şekil 3.3: Optimizasyon modelinin Isı-Hava ve Isı-Kütle dengesi diyagramı	67
Şekil 3.4: Avlulu Binalarda Isı Transfer Mekanizması	72
Şekil 3.5: Güneş ışınımı için genelleştirilmiş yüzey geometrisi	77
Şekil 4.1: Farklı iklim bölgelerinin ısıtma ve soğutma dönemlerindeki uzun dönem ortalama hakim rüzgar yönleri	84
Şekil 4.2: Optimizasyon modelindeki tüm avlu seçeneklerinde yapılan güneş-gölge analizine örnek	85
Şekil 4.3: Referans avlulu bina plan ve perspektifi (2 katlı, kat yüksekliği 3.00 m ve bina dış ölçüleri 14.00x14.00x6.00m avlu boyutları ise 6.00x6.00x 6.00m)	86
Şekil 4.4: Optimizasyon modelinde ele alınan avlu seçenekleri ve özellikleri	87
Şekil 4.5: Optimizasyon modelinin genel akış diyagramı	89
Şekil 4.6: Tüm avlu seçenekleri için bina toplamı yüzey alanına göre birim ısı transfer miktarı	96
Şekil 4.7: Tüm avlu seçeneklerinin bina toplam yüzey alanı ve toplam bina hacmine göre birim ısı transfer miktarları karşılaştırması	97
Şekil 4.8: 21 Ocak ve 21 Temmuz Gece Saatleri Dönemi tüm avlu seçenekleri için bina toplamı tüm yüzey alanına göre birim ısı transfer miktarı	99

Şekil 4.9: 21 Ocak ve 21 Temmuz Gündüz Saatleri Dönemi Tüm avlu seçenekleri için bina tüm yüzey alanına göre birim ısı transfer miktarı	100
Şekil 4.10: 21 Ocak ve 21 Temmuz günlük bina toplamı tüm yüzey alanına göre birim ısı transfer miktarı.....	102
Şekil 4.11: Tüm avlu seçenekleri için bina toplamı yüzey alanına göre birim güneş ışınlamı kazancı miktarı	104
Şekil 4.12: 21 Ocak-21 Temmuz günlük bina toplamı güneş ışınlamı kazancı	105
Şekil 4.13: Tüm avlu seçenekleri için 21 Ocak ve 21 Temmuz avlu zemini birim güneş ışınlamı kazancı miktarı	115
Şekil 4.14: Tüm avlu seçenekleri için 21 Ocak avlu zemini güneş ışınlamı kazancı miktarı	116
Şekil 4.15: Tüm avlu seçenekleri için 21 Temmuz günlük avlu zemini güneş ışınlamı kazancı.....	118
Şekil 4.16: CFD Ansys Fluent analizinde elde edilen bina yüzey sıcaklık diyagramında yüzey güneş-gölge durumu etkileri	128
Şekil 4.17: Toplam ısı transfer miktarlarına göre üç farklı iklim bölgesi için optimum avlu oranları.....	139
Şekil 4.18: Güneş ışınlamı kazançlarına göre üç farklı iklim bölgesi için optimum avlu oranları.....	141

SEMBOL LİSTESİ

I	: Yatay Yüzeyde Ölçülen Güneş Işınım
I_o	: Atmosferin Dış Yüzeyine Gelen Işınım
ACN	: Atmosfer Açıklık Katsayısı
AST	: Yerel Güneş Zamanı
Tst	: Standart saat
Lloc	: Boylam
Lstd	: Doğu Boylamı
E	: Zaman Denklemi
B	: Atmosferin Yutma Katsayısı
N	: Hesaplamaya Alınan Yılın Günü
Z	: Zenith Açısı
L	: Enlem
D	: Deklinasyon Açısı
H	: Saat Açısı
R	: Güneş-Dünya Uzaklık Oranı
AL	: Yükseklik Açısı
AZ	: Azimuth Açısı
Γ	: Yer Güneş Azimuth Açısı
Θ	: Duvar Yönü Açısı
W	: Yatay Veya Düşey Yüzeyden
O	: Güneş Işınım Açısı
I_{bn}	: Değişik Yüzeyle Gelen Güneş Işınımı
I_b	: Işınımın Duvar Yüzeyine Direkt Etki Etmesi Durumunda Yüzeye Gelen Enerji
I_{ct}	: Yayılan Işınımın Sıfırdan Büyük Olması Durumunda
Y	: Yayılan Işınım Faktörü
I_{dh}	: Yüzeydeki Yayılan Işınım
I_r	: Yeryüzünden yansıyan güneş ışınımı
R_{hog}	: Yansıyan Işınımın Gelene Oranı
I_{rv}	: Düşey Yüzeye Yansıyan Işınım
I_{dh}	: Yatay Yüzeyden Yayılan Güneş Işınım
β	: Yüzeyin Yataydan Olan Eğimi
I_d	: Eğimli Yüzeyden Yayılan Güneş Işınımı
I_{ty}	: Yatay Yüzeydeki Toplam Işınım
I_{td}	: Düşey Yüzeydeki Toplam Işınım
U	: Isı Geçirgenlik Katsayısı

AVLULU BİNA BİÇİMİNİN FARKLI İKLİM BÖLGELERİNDE İKLİMSEL PERFORMANSA GÖRE OPTİMİZASYONU İÇİN GELİŞTİRİLEN BİR YÖNTEM

ÖZET

Binalarda iklimsel konforu sağlamak amacıyla mekânların ısıtılması soğutulması ve havalandırılması; ya mekanik veya pasif sistemler ile sağlanabilmektedir. Mekanik sistemlerde binanın ihtiyacı olan toplam enerji ihtiyacı maliyeti yüksek olduğundan mümkün olduğunca pasif sistemlere yönelimin teşvik edilmesi gerekir. Binalardaki toplam enerji kazanımı; en sıcak dönemde hava hareketini arttırmayı ve bina tarafından emilen güneş ışınımı miktarını azaltmayı hedefleyerek ortamdaki ısı kazançlarını minimuma indirme metodu olan pasif soğutma, ya da en az sıcak dönemde bina tarafından emilen güneş ışınımı miktarını artırarak ortamdaki ısı kazanımını maksimum orana çıkartarak mekanları ısıtma amacıyla ve de hem toplam enerji kazanımı sağlama hem de konfor elde etme amacıyla pasif sistemler daha binaların tasarım aşamasından itibaren tasarlandığında, mekanik sistemlere gerek kalmamakta ya da iklimlendirme için gerekli ekipman büyüklüğü ve maliyeti oldukça düşmektedir. Bu bağlamda sıcak-kuru iklim bölgelerinde gerek mikro klimayı düzenleyici olarak gerekse kent ölçeğinde iklim dengeleyici olarak karşımıza çıkan ve bu iklim bölgelerinin temel karakteristik bina biçimlerinden olan avlulu bina, kullanıldığı iklim bölgesi özelliklerine göre uygun biçimde ve formda uygulanması gerekmektedir.

Avlulu binaların farklı iklim bölgelerine göre termal davranışları hakkında yapılan çalışmalar ve elde edilen veriler yetersizdir. Yapılan bazı kabullerin ve belli başlı bazı metodların dışında ileri düzeyde yapılan çalışmaların sayısı oldukça azdır. Bugüne kadar ele alınan avlulu binalar ile ilgili çalışmalara bakıldığında, gerek enerji etkinlik gerekse iklimsel konfor açısından direkt olarak nasıl bir etkilerinin olduğu ve nasıl davrandıkları hakkında kapsamlı bir strateji ile araştırmadan uzak olduğu görülmektedir. Farklı iklim bölgesinin gerektirdiği iklimsel, meteorolojik farklılıklara göre optimizasyon modeli oluşturularak optimum avlu biçiminin belirlenmesi ve konfor koşullarının sağlanmasına yönelik bir model oluşturulmasına olanak sağlayan bir çalışma yapma ihtiyacı vardır.

Bu çalışmanın amacı, sıcak-kuru iklim bölgelerinde gerek mikro klimayı düzenleyici olarak gerekse kent ölçeğinde iklim dengeleyici olarak kullanılan avlulu binaların enerji etkinliklerini araştırmak, bina içi ve avlu içi konfor durumlarını belirlemektir. Ayrıca farklı iklim bölgeleri için belirlenen farklı avlu biçim seçenekleri üzerinde bilgisayar enerji simülasyonu kullanarak farklı tasarım ve iklim koşulları altında gerçek meteorolojik verileri kullanarak bu binaların farklı termal davranışlarını tam olarak doğru bir şekilde tahmin ederek ortaya koymak ve böylece hem sıcak-kuru ve sıcak-nemli hem de soğuk iklim bölgeleri için; o iklim özellik ve verilerine uygun olarak optimum avlu biçimini ortaya koyma sürecinde tasarımcılara yeni bir bilgi sağlamaktır.

Optimizasyon modeli, dört aşamadan oluşmuştur. Birinci aşamada; konuyla ilgili tüm iç ve dış kaynaklardan, gerek deneysel çalışmalar ve modellere ve gerekse sayısal simülasyon programları ile yapılmış çalışmalar ve bunlar hakkında bilgilere ulaşılmıştır, toplanan bilgiler yorumlanmış, optimizasyon modelinde kullanılacak programa, karşılaştırma örnek ve analizler çıkarılarak belirlenmiştir. Öncelikle avlu bina biçiminin gerek avlu içi gerekse bina içi toplam enerji performans analizini, enerji tüketimini, kullanıcı konfor koşullarını gerçekleştirmek, geleneksel bina biçimlerine göre daha karmaşık olaylar ve bunların birbirleri ile olan etkileşimi daha kompleks olduğu için bu modele uygun simülasyon programı seçimi üzerinde durulmuş ve pek çok farklı simülasyon modelleri incelenmiştir.

İkinci aşamada; optimizasyon modelinde ele alınacak avlu biçimlerine karar verme ele alınan farklı avlu modellerini, Ansys Fluent Gambit programında oluşturup tanımlanan binalara ait modellerin sayısal ağırları oluşturulmuş, ele alınan modellerin ısı bölgelerinin tanımlanmış ve modellere ait yüzeyler oluşturulmuş, sınır şartlara karar verilmiştir.

Üçüncü aşamada ise yapılan her bir analiz için; optimizasyon çalışmasının ölçütleri olarak; yaz ayları soğutma dönemi için 7. ayın 21.; ısıtma dönemi için ise 1. ayın 21. günlerinde saatlik, günlük, gündüz ve gece sürelerince; avlu içi sıcaklık ve ortalama sıcaklık dağılımları, bina içi toplam ısı kazanç ve kayıp değerleri, avlu içi hava hızı hareketleri, havanın yönü, doğrultusu, hava tabakalaşması, avlulu bina ısı bölgelere (zone) ait hava değişim oranı, avlulu bina içi ısı bölgelere (zone) ait ortam sıcaklıkları, tüm bina yüzeyleri ve çatı alanı için; toplam ve ortalama ısı gecisi miktarı, yüzey sıcaklıkları, basınçları, ve hız dağılımları, bina içi ve avlu içi 1.60m, 3.20m ve 6.50m seviyesinde yatay kesitteki sıcaklık, basınç ve rüzgar hızı değerleri analiz edilmiş ve bu değerlere göre avlulu bina yüzeyindeki iç sıcaklık ve ortalama sıcaklık dağılımları, toplam ısı kazancı, toplam ısı kaybı hesapları ve ayrıca güneş ışınım kazançları belirlenmiş ve hesabı yapılmıştır. Soğutma dönemi boyunca daha iyi soğutma ve havalandırma, ısıtma sezonu boyunca ise bina içi ısı kazanç kayıplarını optimize etme amacıyla değişik mimari çözümlerin araştırılması ve bu sonuçların soğutma ve havalandırma yüküne etkilerini ortaya koyacak değerlendirmeler yapılmıştır.

Dördüncü aşamada; üçüncü aşamada gerçekleştirilen tüm değerlendirme parametrelerine göre yapılan sayısal analizlerden elde edilen sayısal ve görsel sonuçlar, literatürdeki bulgularla karşılaştırılarak değerlendirmeler yapılmış ve yorumlanmıştır. Bu aşamada çıkan sonuçlara göre; her bir iklim bölgesi için en sıcak dönem ve en az sıcak dönem boyunca hem gündüz güneşli saatleri döneminde hem de gece dönemi için gerek avlu içi gerekse bina içi toplam enerji performansı ve termal konfor performansı açısından optimum avlu biçimleri ortaya konulmuştur.

Ayrıca avlu içi ve bina yüzeylerine gelen güneş ışınlarının ve gün içerisinde güneşin hareketinin bina üzerindeki termal performansa etkisini analiz etmek ve güneş-gölge ilişkisini incelemek, gölgeli alanlar ile güneş alan alanlar arası termal performans farklarını görebilmek için her üç iklim bölgesini temsilen Diyarbakır, Antalya ve Erzurum için Kış-Isıtma günlerini temsilen güneşin en düşük enlemde olduğu 21 Ocak; Yaz-soğutma günlerini de temsilen güneşin en yüksek enlemde olduğu 21 Temmuz günleri için avlu içi güneş-gölge analizleri çıkartılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bina formu, Binalarda enerji performansı, Avlulu bina, Bina biçim optimizasyonu, İklimsel konfor, CFD Ansys Fluent.

A METHOD DEVELOPED FOR OPTIMIZATION IN VIEW OF CLIMATIC PERFORMANCE OF THE FORM OF THE COURTYARD BUILDINGS IN REGIONS OF DIFFERENT CLIMATES

SUMMARY

Either mechanical or passive systems are used for heating and ventilation of spaces for the purpose of ensuring climatic comfort in buildings. Since the cost of the total energy requirements of the building is high in mechanical systems, an inclination to passive systems should be encouraged as much as possible. Either mechanical systems are not needed any more or the quantity and cost of the equipment necessary for acclimatization shows a significant decrease when passive systems are used as from the design stage of the buildings in order to increase air circulation, and thus to reduce the amount of sun radiation absorbed by the building at the hottest period, or to increase the amount of sun radiation absorbed by the building at the hottest period, and thus to heat the spaces, resulting in both overall energy savings and obtaining comfort. In this context, courtyard buildings, which we face either as a micro climatic regulator in hot-dry climatic regions, or as a climatic regulator at city scale, and which constitute one of the fundamental characteristic building styles of such climatic regions, should be applied in a form compatible with the features of the climatic region it is used.

Studies held on the thermal attitudes in various climatic regions of courtyard buildings and the data at hand are inadequate. The number of advanced studies apart from some acknowledgements and certain methods is quite few. Considering the studies related to the courtyards buildings discussed up until today, it can be seen that they are far from a comprehensive strategy and research on what kind of direct effects they have in terms either of energy or climatic comfort, as well as how they act. There is the need to a study that allows formation of a model toward determination of the optimum courtyard form and meeting the conditions of comfort by establishing an optimization model taking into consideration the climatic, meteorological differences the climatic region requires.

The purpose of this study is to examine the energy efficiencies of the courtyard buildings used either as a micro climatic regulator in hot-dry climatic regions, or as a climatic regulator at city scale, and to determine intra-building and yard comfort statuses. Besides, it is to put forward different thermal behaviors of such buildings by estimating the same fully and accurately using real meteorological data under different design and climatic conditions with computer energy simulation on different courtyards form options put forth for different climatic regions, and thus to provide new information to designers at the process of putting forward the optimum courtyards form according to the characteristics and data of the specific climate for both hot-dry and hot-humid climatic regions.

Optimization model consists of four stages. At the first stage; either experimental studies and models, or studies made using computational simulation programs as

well as information regarding the same were reached from all internal and external resources related to the subject, the collected information was interpreted, and the program to be used in the optimization model was determined through comparison, sampling and analysis. First, choice of the simulation software in compliance with this model was deliberated and several different simulation models were examined in order to realize either the yard or intra-building total energy performance analysis, energy consumption and user comfort conditions, and because of more complicated events compared to traditional building forms, and because their interaction is more complex.

At the second stage; in order to determine the courtyard forms to be elaborated in the optimization model, computational mesh networks of different courtyard models, and the building models formed and defined in Ansys Fluent Gambit program were formed, the heat zones of the elaborated models were defined, and surfaces of the models were formed, and restricting conditions were decided upon.

As to the third stage, for each analysis made; as criteria of the optimization studies; on 21st day of the 7th month for the cooling period of the summer months, and 21st day of the 1st month for the heating period, hourly, daily, daytime and nighttime yard temperature and average temperature distributions, intra-building total temperature gain and loss values, courtyards air velocity movements, direction of air, layering of air, air change ratio pertaining to building heat zones, intra-building heat zones of buildings with a yard, for all building surfaces and roof area; overall and average heat transition amount, surface temperatures, pressures, and velocity distributions, intra-building and courtyards 1.60 m, 3.20m and 6.50m-level horizontal-section temperature, pressure and wind speed values were analyzed, and taking into consideration such values, internal temperature and average surface temperature distributions, overall temperature gain, total temperature loss calculations and also sunlight gains on the surface of the building with a yard were determined and calculated. For the purpose of better cooling and ventilation throughout the cooling season, and optimization of intra-building temperature gains and losses throughout the heating season, investigation of architectural solutions, and evaluations to reveal the effects of such results on cooling and ventilation load were held.

At the fourth stage, the computational and visual results obtained from the computational analyses held according to all evaluation parameters realized at the third stage were compared to the findings at the literature and interpreted. In view of the results obtained at this stage; optimum courtyard forms were put forward both for the daylight and night period, in terms of either in-courtyards or intra-building total energy performance and thermal comfort performance throughout the hottest period and less hot period for each climatic zone.

Besides, in order to analyze the sunlight to the courtyards and building surfaces, and the effect of sun movement on the thermal performance of the building, and to examine sun-shadow relationship and observe the thermal performance differences between the shadow areas and sunny areas, the sun-shadow analyses of the courtyards shall be made for January 21st when the sun is at the lowest latitude to represent winter-heating days, and for July 21st when the sun is at the highest latitude to represent summer-cooling days in Diyarbakir, Antalya and Erzurum to represent all three climatic zones.

Keywords: Building form, Energy performance in buildings, Courtyard buildings, Building form optimization, Climatic comfort, CFD Fluent.

1. GİRİŞ

Çevre, enerji ve bina ilişkileri göz önüne alındığında enerji harcaması bakımından en fazla harcama, bina iklimlendirmesi için ayrılan harcamadır. Özellikle sıcak iklim bölgelerinde soğutma enerjisi giderlerini en aza indirmek için çeşitli pasif edilgen ya da doğal iklimlendirme yolları, mimarlar ya da şehirciler tarafından uygulanmaktadır.

Binalarda bina içi iklimsel konforu sağlamak için mekanların havalandırması ve soğutması; ya mekanik veya pasif sistemler ile sağlanabilmektedir. Pasif sistemler kullanarak, hava hareketini arttırmayı ve bina tarafından emilen güneş ışınımı miktarını azaltmayı hedefleyerek ortamdaki ısı kazançlarını minimuma indirme metodu olan pasif soğutma, binaların tasarım aşamasında kullanıldığında, mekanik sistemlere gerek kalmamakta ya da iklimlendirme için gerekli ekipman büyüklüğü ve maliyeti düşmektedir (Cook, 1989).

Özellikle sıcak iklimlerde bina içi iklimsel konforu için havalandırmanın sağlanması açısından hava hareketlerine, bir pasif iklimlendirme aracı olarak özellikle sıcak ve nemli iklim kuşaklarında gereksinim duyulabilir. Sıcak-kuru iklim bölgelerinde doğal taşınım yoluyla oluşacak bina içi-avlu arası hava akımları, diğer ılımlı-nemli ve sıcak-nemli iklim bölgelerinde rüzgar basıncı yardımı ile elde edilmektedir.

Avlulu binalar, havalandırma teriminin henüz kullanılmadığı bir çağda geliştirildi. Avlulu binalar Çinliler, Japonlar, İspanyollar, Hintlilerin ve birçok kültürün hayatının bir parçasıydı. Japon kültüründe avlulu binalar sıcak yaz ile mücadele edebilmek için bina tasarımının önemli bir parçasıydı (Ohashi, 1988). Givoni'nin belirttiği gibi iç mekan konforunu düzeltirken konforlu, hoş dış ortam çevresi temin eden unsurlar avlu içerisindeki tasarım detaylarıdır. Bölgeye özgü avlular, arzu edilen termal çevre koşullarını mekanik aygıtlarla değil de konseptin, planların, biçimlerin, mekanların, yükseltiler ve detayların içerisindeki mimarı tasarımlar sayesinde temin eder (Subhi-Al-Azzawi, 1989). Hindistan'ın güney kısmındaki bina seçeneklerinin oluşturulması çalışmaları göstermektedir ki avlulu binalar, aynı

bölgedeki diğer bina biçimleri ile kıyaslandığı vakit %50 daha az soğutma yüküne sahiptir (Givoni, 1989).

İç avlulu binalar, iklimsel performans ve konfor koşulları bakımından genellikle çöl iklim bölgeleri başta olmak üzere pek çok sıcak iklim bölgelerinde en uygun çözümdür (Givoni, 1989). Ancak avlulu bina formu, ısıtmanın çok gerekli olduğu dünyanın değişik bölgelerinde nadiren görülen bir formdur.

Özellikle sıcak-kuru iklim bölgelerinin temel karakteristik yapılarından olan avlulu bina, kullanıldığı iklim bölgesi özelliklerine göre uygun biçimde ve formda uygulanması gerekmektedir. Sıcak-kuru iklim bölgesi karakteristik özellikleri ile sıcak-nemli iklim bölgesi karakteristik özellikleri farklılık göstermektedir. Dolayısıyla sıcak-kuru iklim bölgesinde kullanılan avlu biçimi, formu, yapım özellikleri v.b sıcak-nemli iklim bölgesindeki özelliklerden farklılık göstermelidir.

Avlulu binalarda çok yüksek ve çok düşük sıcaklıklarda da problem oluşmaktadır. Bunlar aşağıda sıralanan sebepler yüzünden oluşan termal konforsuzluk problemleridir.

- İklimsel Koşullar,
- Binada kullanılan malzemelerin termal kalitesi,
- Havalandırma ve iç hava kalitesinin yenilenmesi,
- Binanın cephesinin doğru yönlendirilmesi,
- Bütün kış sezonu boyunca avlu içerisinde doğrudan güneş ışınlarının olmaması gibi faktörler yüzünden termal konforsuzluk oluşur.

Geleneksel binaların çoğunda bu gözlemler yapılmış ve doğrulanmıştır (Khalid El Harrouni, 2002).

Ele alınan avlulu binalar ile ilgili yapılan çalışmalar göstermektedir ki; enerji etkinlik açısından direkt olarak nasıl bir etki gösterdikleri ve termal açıdan nasıl davrandıkları hakkında kapsamlı bir strateji ve araştırma görülmemektedir.

Hem deneysel hem de sayısal yaklaşımlarda avlulu binaların termal performansları üzerine yapılan çalışmaların sayıları azdır. Gerçek ölçümlerle yapılan bir kaç yeni çalışma da henüz konunun genellenebilmesine izin vermeyecek düzeydedir. Dolayısıyla bu çalışma; bu bakımlardan dünya ölçeğinde de açık bulunan bir konuya yeni deneyimlerin eklenebileceği, özgün sonuçların alınacağı bir yarar sağlayacaktır.

Farklı iklim bölgesinin gerektirdiği her iklim bölgesi için iklimsel, meteorolojik farklılıklara göre optimum avlu biçiminin belirlenmesi ve konfor koşullarının sağlanmasına yönelik bir model oluşturulmasına olanak sağlayan bir çalışma yapma ihtiyacı vardır.

Avlulu binaların iklimsel açıdan performansının çözümlenmesi çalışmaları, yeterli tasarım araçlarının olmamamsından dolayı yetersiz kalmaktadır. Enerji tüketimi miktarının hesaplanmasında miktarı belirlemenin zorluğunun yanında mimarların ve tasarımcıların enerji etkinlik konusu ile ilgili olarak belli seviyelerde bilgi sahibi olması gerekmektedir. Bu bilinçlenme durumu, tasarımın yalnızca toplam enerji etkinliği açısından ele alınmayıp toplam konfor, mikroklima bakımından da değerlendirilmesini sağlayacaktır.

Avlulu binaların farklı iklim bölgelerine göre termal davranışları hakkında yapılan çalışmalar ve eldeki veriler yetersizdir. Yapılan bazı kabullerin ve belli başlı bazı metotların dışında ileri düzeyde yapılan çalışmaların sayısı oldukça azdır. Buna ilaveten konu ile ilgili çalışmalar ve araştırmalar göstermektedir ki; ele alınan avlulu binalar ile ilgili, enerji etkinlik açısından direkt olarak nasıl bir etkilerinin olduğu nasıl davrandıkları hakkında kapsamlı bir strateji ile araştırmadan uzak olduğu görülmektedir.

Bu çalışmanın amacı, tüm iklim bölgelerinde mikro iklimi düzenleyici olarak; özellikle de sıcak-kuru iklim bölgesinde pasif iklimlendirme aracı olarak kullanılan avlulu binalar hakkında ulaşılabildiği kadarıyla avlulu binaların enerji etkinliklerini araştırma, ayrıca belirlenen farklı iklim bölgeleri için belirlenecek konfigürasyonlar üzerinde bilgisayar enerji simülasyonu kullanarak farklı tasarım ve iklim koşulları altında gerçek meteorolojik verileri kullanarak bu binaların farklı termal davranışlarını tam olarak doğru bir şekilde tahmin ederek ortaya koymak ve böylece hem sıcak-kuru ve sıcak-nemli hem de soğuk iklim bölgeleri için; o iklim özellik ve verilerine uygun olarak optimum avlu biçimini ortaya koyarak tasarımcılara yeni bir bilgi sağlamaktır.

Avlulu binaların yerleşim ölçeğinde ve tek yapı ölçeğinde yapılaşma sınırlamaları için kriter oluşturma, bilgilendirme amacıyla bu binaların ısı kazançları ve kayıplarının optimizasyonunda yararlanılması, ülke ekonomisinde enerji harcamalarının yaklaşık % 40'lık bir payını oluşturan iklimlendirme enerjisinin daha

etkin kullanımında rol oynayacaktır. Ayrıca mimarlara ve bina tasarımcılarına, bu tip binalar üzerine olabilecek çeşitli faktörlerin etkilerinin anlaşılabilmesini sağlamak için yardımcı olacaktır. Tasarımcılara gerçek dünya koşullarında basit ama farklı senaryolar üretmek, avlulu binaların termal performansları açısından gerçek dünya koşulları karşısında nasıl davranacağını tecrübe etmelerine yardımcı olacaktır.

Bu çalışmada; avlulu binaların farklı iklim bölgelerindeki iklimsel performanslarını incelemek için soğuk, sıcak-nemli ve sıcak-kuru iklim bölgeleri olmak üzere üç farklı iklim bölgesi seçilmiş ve bunların meteorolojik iklim verileri kullanılmıştır.

Öncelikle avlu bina biçiminin gerek avlu içi gerekse bina içi toplam enerji performans analizini, enerji tüketimini, kullanıcı konfor koşullarını gerçekleştirmek, geleneksel bina biçimlerine göre daha karmaşık olaylar ve bunların birbirleri ile olan etkileşimi daha kompleks olduğu için bu modele uygun simülasyon programı seçimi üzerinde durulmuş ve pek çok farklı simülasyon modelleri incelenmiştir. Bu çalışmanın amacı; avlulu bina biçimi optimizasyonunda kullanılacak ölçütlerin ortaya konulduğu bir yöntem geliştirmektir. Bu doğrultuda optimizasyon çalışmasının ölçütleri olarak; 7 farklı avlu seçeneği ele alınmış ve her bir konfigürasyon için yaz ayları soğutma dönemi yani soğutma ayları için 7. ay, ve en sıcak dönem örneği olan 21 Temmuz; kış ayları ısıtma dönemi yani ısıtma ayları için ise 1. ay ve en az sıcak dönem örneği olan 21 Ocak günleri için saatlik olarak toplam 24 saatlik; avlu içi sıcaklık ve ortalama sıcaklık dağılımları, bina içi toplam ısı kazanç ve kayıp değerleri, avlu içi hava hızı hareketleri, havanın yönü, doğrultusu, hava tabakalaşması, avlulu bina ısı bölgelere (zone) ait hava değişim oranı, avlulu bina içi ısı bölgelere (zone) ait ortam sıcaklıkları, tüm bina yüzeyleri ve çatı alanı için; toplam ve ortalama ısı gecisi miktarı, yüzey sıcaklıkları, basınçları, ve hız dağılımları, bina içi ve avlu içi 1.60m, 3.20m, 6.50m seviyesinde yatay kesitteki sıcaklık, basınç ve rüzgar hızı değerleri analiz edilmiş ve bu değerlere göre avlulu bina yüzeyindeki iç sıcaklık ve ortalama sıcaklık dağılımları, toplam ısı kazancı, toplam ısı kaybı hesapları ve ayrıca güneş ışınım kazançları belirlenmiş ve hesabı yapılmış; soğutma dönemi boyunca daha iyi soğutma ve havalandırma, ısıtma sezonu boyunca ise bina içi ısı kazanç kayıplarını optimize etme amacıyla değişik mimari çözümlerin araştırılması ve bu sonuçların soğutma ve havalandırma yüküne etkilerini ortaya koyacak değerlendirmeler yapılmıştır.

2. AVLULU BİNA BİÇİMİNDE ENERJİ PERFORMANSI VE İKLİMSEL KONFOR DEĞERLENDİRMELERİ KONULARINDA YAPILAN MEVCUT ÇALIŞMALAR

Avlulu binaların enerji performans kriterleri, farklı iklim bölgelerine göre farklılıklar göstermektedir. Şu ana kadar yapılan bazı çalışmalar göstermiştir ki; avlulu binaların farklı iklim koşullarında termal olarak tamamıyla farklı özellik ve durum göstermiştir. Bunun sonucu olarak bazı sorular ve problemler ortaya çıkmıştır. Bunlar; avlulu binaların tasarımında farklı seçenek ve değişkenlerin (form, biçim, yüzey açıklığı, kompaktlık v.b) farklı iklim bölgelerinde avlu bina tipinin enerji performanslarını nasıl etkilediği, avlulu binaların enerji performansının iklimsel değişiklik üzerine etkilerinin ne olduğu; mimarların, farklı iklim koşulları altında avlulu binalar için hangi malzeme ve yapıım tekniğinin kullanılacağı, hangi iklimde ne kadar kalınlıkta ve yükseklikte avlu kullanacağı ve farklı iklim koşulları altında avlu boyutunun hangi boyutlarda olacağı gibi farklı sorular sorulabilir. Tüm bu soruların cevabının aranabileceği ve kullanılan araç ve yöntem olarakda üst başlık olarak binalarda enerji performans değerlendirilmesi konusu içerisinde ele alınan çalışmaları görmekteyiz. Bina enerji performans değerlendirmesi konusunda özellikle Hui ve ekibinin yapmış oldukları çalışmaların dışında ASHRAE'in yapmış oldukları standart çalışmaları karşımıza çıkmaktadır.

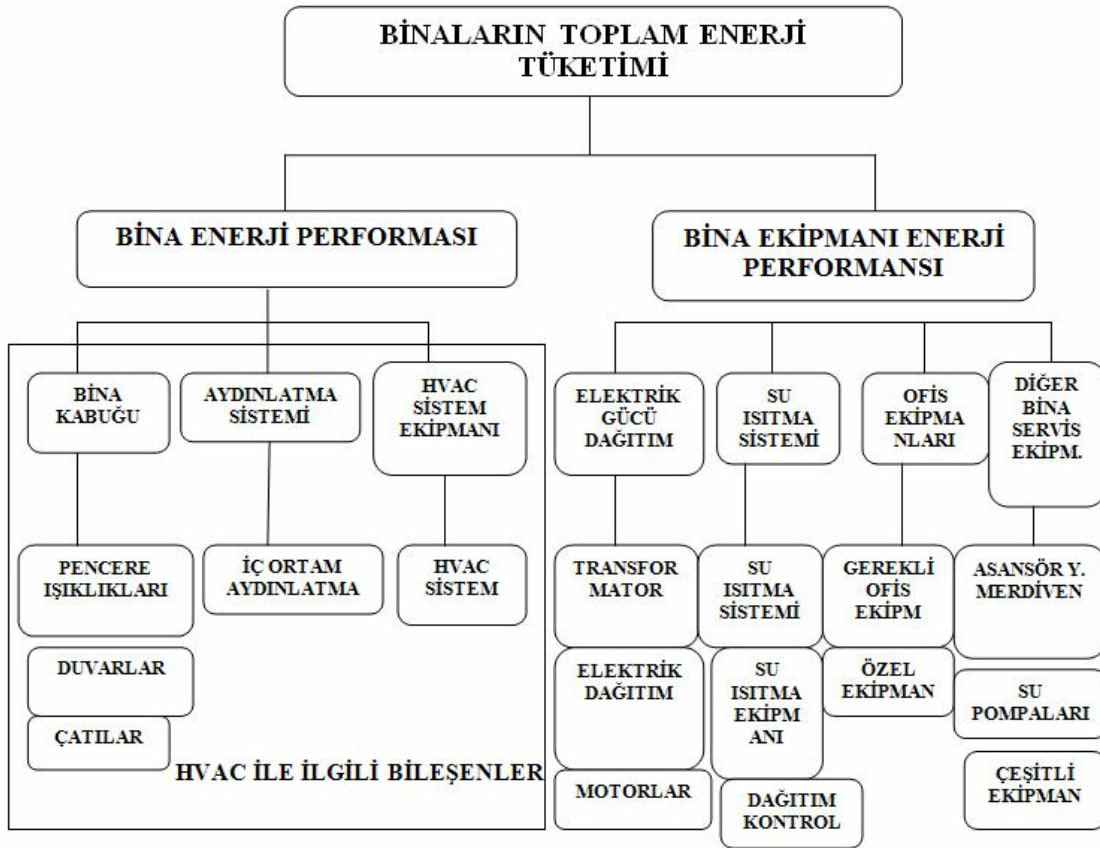
2.1 Bina Enerji Performans Değerlendirmesi ve Bina Simülasyon Programları

Bina enerji performansı kavramı, binanın tanımlanabildiği ve performansının tam olarak değerlendirilebildiği durumu tanımlar. Her ne kadar, çoğu binanın bileşenleri ve tekil sistemlerinin enerji performansını değerlendirmeye yönelik yeterli temel bilgi var olsa da, bina bileşenleri ve sistemlerinin karmaşık etkileşimini içeren tüm bina enerji performansının tamamıyla anlaşılabilmesi ve bunların bir arada dinamik davranışlarının değerlendirilmesi halen tam olarak mümkün olamamaktadır (Hui, 1996).

Genel bir tanımlama olarak ASHRAE (1997)'de karşılaşılmaktadır; enerji performansı, var olan ya da önerilen bina için kullanılan veya tüketilen enerjidir (ASHRAE 1997).

Bir yıl içinde binanın toplam enerji tüketimi genellikle performansın ana göstergesidir. Asıl enerji analizi aylık tüketim, peak talepler ve bileşen bozulmaları gibi diğer yaklaşımları da içerir (Hui, 1996).

Tüm bina göz önünde bulundurulduğunda enerji performans analiz ve optimizasyon süreçlerini karmaşıklaştıran tekil performansları bir araya getirmektedir. Şekil 2-1 bina enerji tüketiminin temel bileşenlerini göstermektedir ve bunları HVAC ile ilişkili bileşenler; genel bina ekipmanı ile ilişkili bileşenler şeklinde iki ana grupta toplamak mümkündür (Hui, 1996).



Şekil 2-1: Bina enerji tüketiminin ana bileşenleri (Hui, 1996).

Bina bütününde yaklaşım, bina tasarımının analizinde doğrudan ve etkin bir yöntemdir ve binaların tıpkı makineler gibi karşılaştırılmalarını kolaylaştırmakta, bina performanslarının kolayca ölçülebilmesine olanak sağlamaktadır. Bu bağlamda binadaki tüm enerji kullanımında maksimum tasarım esnekliğine olanak veren,

entegre, bütüncül bir yaklaşım uygun olacaktır. Ancak, oldukça farklı çeşitteki bina tiplerinin farklı tasarımları nedeniyle, tüm binalar için enerji performansının değerlendirilmesine genel bir temel oluşturulması zordur.

2.1.1 Binalarda Enerji Performansı Değerlendirilmesi

Binaların enerji tüketim sistemlerinin analizinde, herhangi bir binanın ömrü boyunca süre gelen enerji performansının tek, en önemli belirleyicisi, mimari tasarım sürecidir. Enerji parametresi, mimari tasarım süreci içerisinde “fonksiyon”, “biçim”, “ekonomi” ve “zaman” la birlikte başlıca tasarım kararları arasında beşinci parametre olarak tasarımın birincil hedefleri arasında yer almalıdır (Baird, 1984).

Bina enerji performansı değerlendirmesi, binaların enerji etkin tasarımı hakkında karar vermede ve enerji korunumuna ilişkin önlemlerin etkinliğini ölçmede temel teşkil eder. Yeni bir bina tasarımında enerji analizi, bina sistemleri ve bileşenlerinin uygun tipte ve boyutta belirlenmesine yardımcı olur; yeni ekipman ve tasarım seçeneklerinin etkinliği üzerinde çalışabilir. Var olan binalar için, enerji performansı çalışmasında başlıca konular, bina işletimini optimize etmeyi amaçlayan yıllık enerji bilâncoları ve araştırmalarıdır (Hui, 1996).

Binaların enerji performansının hesaplanması, binaların ısıtma, soğutma, kullanım sıcak suyu ve aydınlatma sistemlerinin bir yıl içinde, bina içinde istenilen iç ortam tasarım koşullarını (ısıl konfor ve iç hava kalitesi) sağlamak şartıyla tüketileceği minimum enerjinin hesaplanmasıdır (Olesen, B.W. 2006).

Bina tesisatları, zamanla değişen dış ortam tasarım koşullarında, bina içinde istenilen iç ortam koşullarını sağlamak üzere tasarlanır. Dış ortam koşulları, çok küçük bir zaman dilimi haricinde dış ortam tasarım koşullarından farklıdır.

Enerji performansının en ideal anlamda belirlenmesi, binada ısıl konfor ve iç hava kalitesini sağlayan sistemlerin, değişen dış hava koşullarına göre zamana bağlı (transient) davranışının simülasyonudur. Ancak zamana bağlı enerji tüketim simülasyonları, bu konuda uzman insanlara gereksinim duyulan, kompleks hesaplamalardır. Pratik anlamda, gelişmiş bilgisayar yazılımları kullanılmadan binaların dinamik hesaplamalarının yapılması mümkün değildir. Bu nedenle, binaların enerji performansının belirlenmesi pratiğinde farklı yaklaşımlar kullanılmaktadır (EN 15251, 2007). Enerji performansının hesaplanması için, Türkiye’de yürürlüğe giren “Binalarda Enerji Verimliliği” yasasına göre binalarda

enerji verimliliği hesaplaması yapacak olan hesaplama; ISO 13790:2008' e göre uyarlanmış ve burada farklı gruplar altında hesap zaman dilimleri ise farklı yöntemlerde açıklanmıştır (ISO 13790:2008).

A. Statik (quasi-steady-state) metodlar: Bu metodlarda dinamik etkiler deneysel olarak belirlenmiş ısı kazanç ve/veya kayıp kullanım faktörleri (güneş enerjisi kazanımı vb.) ile hesaba katılır:

1. Aylık metot

2. Sezonluk metot

B. Dinamik metodlar: Bu metodlarda bina kütesine depo edilen ve bu küteden salınan ısı göz önüne alınır. Saatlik bazda iç ve dış ortam sıcaklıklarına, güneş enerjisi değerlerine, havalandırma modları ve güneş kesicilerinin operasyonel programlarına, iç ve dış sıcaklıklarına bağlı olarak kontrol opsiyonlarının bilinmesine gereksinim vardır. Bu metodlar, binalardaki enerji transferinin anlık simülasyonuna yaklaşan, kompleks metodlardır.

3. Basit saatlik metot

4. Detaylı saatlik metot

AB ülkelerinin genel yaklaşımı yönünde, hesaplamaları pratik anlamda yapılabilir kılmak amacıyla derece gün yöntemi kullanılarak daha hassaslaştırılmış “Aylık Metot” kullanılır. Binalarda Enerji performansı, enerji verimliliğini etkileyen bir dizi faktörü dikkate alan enerji dengesine dayalıdır. Bu faktörler aşağıda verilmiştir.

- Binanın konumu ve yönü, dış hava koşulları,
- İç hava koşulları,
- Binanın ısı karakteristikleri,
- Binanın sızdırmazlığı,
- Doğal havalandırma,
- Mekanik havalandırma,
- Isıtma ve sıcak su donanımları ve izolasyonları,
- Güneş enerjisi kazançları,
- Aydınlatma sistemi,
- Pasif güneş enerjisi sistemleri ve güneşten korunma,
- Yeni enerji teknolojileri.

Bina enerji performansı değerlendirmesine yönelik çeşitli yaklaşımlar vardır. Üç kavram, "enerji performansı", "ısıl performans" ve "evresel performans" binanın (veya bileşenlerinin ve sistemlerinin) davranışlarını tanımlamak için literatürde kullanılmaktadır (Hien, W. N, Poh, L. K Feriadi, H., 2000). Bu kavramlar bazen birbirinin yerine kullanılabilir ve birbirinden ayrılması zordur. Genel olarak ısıl performans, yükler (ısıtma ve soğutma) zerine odaklanır ve bu yüklerle ilişkilenen ekipmanlarca kullanılacak enerji ile ilişkilidir. Enerji performansı, binanın ve onun enerji tüketen ekipmanının enerji kullanımı üzerine yoğunlaşır. Çevresel performans; ısıl konfor, aydınlatma, hava hareketi ve akustiğini de içeren tüm iç ortam çevresel faktörleri ile ilgilidir (şekil 2.2).



şekil 2.2: Binaların enerji, ısıl ve çevresel performansları (Hui, 1996).

şekil 2.2, bu üç tür bina performansı kavramını özetlemektedir. Bunlar arasında keşişmeler (rtşmeler) vardır; kesin tanımlamaları kişisel çalışmalar bağlamında ortaya çıkabilir. Farklı birimlerce terminoloji eşitlense bile, çoğu araştırma çalışması temel olarak binaların enerji etkinliğini iyileştirmeyi hedeflemektedir.

Binalarda enerji etkinliği, mimarlık alanının temel sorunlardan biridir (Roaf ve Hancock, 1992) Bina enerji performansının analizi aynı zamanda bina servis sistemi seçimi ve HVAC tasarımı gerçekleştiren disiplinlerde de yoğunlukla tartışılan bir konudur (Hui, 1996)

2.1.1.1 Bina Enerji Simülasyonu

“Benzeşim” olarak da Trkeşitirilebilen simülasyon, karmaşık bir sistemin basitleştirilmiş bir modelini oluşturarak, gerçek sistemin davranışını tahmin etmek ve

analiz etmek üzere bu modeli kullanma süreci olarak tanımlanabilir. Gerçek sistemleri tüm karmaşıklıkları içinde analiz etmek çok zor, hatta imkansızdır ve genellikle bunu, bu karmaşıklık içinde gerçekleştirmek gereksizdir. Simülasyonun temel amacı, gerçek sistemden dikkatlice çekip çıkartılarak, sadece belirli gereklerle ilgili elemanların dikkate alınması ve görelî olarak daha önemsiz olanların göz ardı edilmesi ile, gerçek sistem davranışını doğru olarak tahmin etmek üzere kullanılabilen bir model geliştirmektir (Aburdene, 1988) (Hensen, 2002).

Bina simülasyonu için farklı pek çok model (ölçekli mimari maketlerden, test hücrelerine kadar değişen çeşitlilikte) oluşturmak mümkün ise de, burada söz konusu olan bilgisayar simülasyonlarıdır. Bina simülasyon programları, genellikle hesap yöntemlerine, modelleme düzeylerine, kullanım alanlarına göre sınıflandırılabilir (Hendricx, 2000). Bina simülasyonlarını binanın tasarımı sırasındaki boyut, biçim, vb. bilgilerinin değerlendirilebildiği modelleme araçları, tasarım alternatiflerinin geliştirilmesine yardımcı tasarım araçları ve bina performansı yaklaşımlarını (enerji akışı, strüktürel dayanım, akustik, vb.) değerlendiren analiz araçları olarak üçe ayırmak mümkündür. Binaların enerji korunumlu tasarımı ve enerji performans etkinliği söz konusu olduğunda, her üç kategori de önem kazanmakta ve tasarım süreci boyunca entegre bir bütün olarak çalışmaları ve değerlendirmeye dahil edilmeleri gerekmektedir (ISO 13790, 2008). Modelleme, tasarım ve analizi bir arada bulunduran, büyük, çok zonlu binalar ve bunların ısıtma, iklimlendirme ve havalandırma sistemlerinin değerlendirilebilmesini sağlayan, genellikle saatlik bazda ve her mekan için ayrı hesaplama gerçekleştirebilen detaylı simülasyon programları, binanın entegre bir bütün olarak performansını analiz edebilen bina enerji simülasyon programlarıdır (ISO 13790, 2008).

Tıpkı tüm canlılar gibi, bina enerji simülasyon programlarının da doğduğu, büyüdüğü, geliştiği ve ömrünü tamamlayıp yok olduğu söylenebilir. Mevcut simülasyon programlarının çoğu, bazı geçmiş programların yerini alan yeni jenerasyonlarıdır. Programlarla ilgili son gelişmeleri ve yenilenen sürümlerini takip edebilmek önemlidir.

Buna yönelik olarak pek çok kuruluşun, üniversitelerin ve araştırma laboratuvarlarının internet siteleri yeni bilgilere erişimde ve program gelişimlerini günü gününe takip edebilmede önemli bir kaynaktır (Department Of Energy, Energy Systems Research

Unit, Building Simulation Research Group International Building Performance Simulation Association).

Bir konuya ilişkin bir simülasyon programının seçimi, projenin gereklerine, analizin maliyeti ve süresine, kullanıcının deneyimine ve uygun simülasyon programı verilerinin olanaklarına bağlıdır. En önemli etmen, tasarımın gerekleriyle, programın yeteneğinin çakıştırılabilmesidir.

2.1.1.2 Bina Simülasyon Araçlarının Kullanım Alanları

Pratikte simülasyon araçları şu işlevlere hizmet etmektedir. Bunlar; tasarım seçeneklerini değerlendirmek ve tasarım optimizasyonunu araştırmak, yeni fikirlerin araştırılmasına olanak sağlamak, bina enerji yönetmeliklerine uygunluğu denetlemek, enerji korunumu önlemlerinin etkisini belirlemek üzere ekonomik analiz gerçekleştirmektir.

Tam ve kesin sınıflandırmanın gerçekleştirilebilmesi oldukça zor olsa da, kullanım alanlarına göre, en çok kullanılan uygulamalar içinde; aydınlatma analizi ve simülasyonu, akustik performans analizi, güneş ve gölgeleme analizi, ısı performans analizi, hesaplamalı akışkan dinamiği (HAD), maliyet analizi ve standartlara uyum, yeşil bina tasarımı ve sürdürülebilirlik, kabuk performansı analizi vardır

Aydınlatma Analizi ve Simülasyonu: Herhangi bir biçimdeki aydınlatma simülasyonunun amacı, bir mekândaki veya belirli bir yüzeydeki aydınlık seviyelerini önceden bildirebilmektir. Aydınlatma analizi ve simülasyonunun gelişmişliğine göre çeşitlenen geniş bir alandaki yöntemleri mevcuttur.

Güneş ve Gölgeleme Analizi: Aydınlatma simülasyonuna bir ek olarak güneşin girmesine izin verme ve güneşten gölge sağlama analizidir. Her ne kadar yalnızca gölge ve yansıtma analizi olarak, SR ve SunCast gibi bir dizi uygulama var olsa da, gölge analizi çoğunlukla CAD-tabanlı görselleştirme araçları kullanılarak gerçekleştirilmektedir. ArchiCAD ve Microstation gibi uygulamalar, yerinde güneş pozisyon durumlarını içeren CAD paketlerine örnektir. Pek çok ısı analiz araçları, FACET ve TAS gibi, gölgeleri hesaplayan ve gösteren fonksiyonları da içermektedir (Marsh, 1997).

Isıl Performans Analizi: Isıl performans analizinin amacı iki türdür. Bunlar; bir model üzerinde mekânların iç ortam sıcaklıklarının doğru bir şekilde tahmin etmek, ısıtma ve soğutma yüklerini hesaplamaktır.

Burada da, gelişmişlik ve doğruluk derecesine göre çeşitli düzeylerdeki simülasyon teknikleri geniş bir alana sahiptir. Isıl yük analizinin en temel yöntemi, bina bileşenindeki her bir elemanın oluşturduğu U-değeri ve yüzey alanının fonksiyonu olan Bina kayıp katsayısına (BLC-Building Loss Coefficient) dayalıdır. Bu tek rakam, bir bina için verilen iç ve dış ortam arasındaki sıcaklık farkı için ısı kayıp miktarını ölçmektedir. İklim verisi, yüzeylerdeki söz konusu güneş radyasyonunun belirlenmesi ve eğer bazı durağan iç ortam koşulları sağlanırsa, gerekecek olan ısıtma ve soğutma yüklerinin hesabı için kullanılacaktır (Marsh, 1997). Bu tür yöntemler, sıcaklıktaki periyodik iniş çıkışlara, bina elemanlarının gösterdiği ısıl tepkiye ilişkin hiçbir hesaplamayı içermeyen, sürekli hal hesaplamaları olarak bilinmektedirler.

Binanın dinamik tepkisinin hesaplanmasını içeren bir dizi yöntem de mevcuttur. Bunların en basiti, "Admittance" yöntemidir. Bu sürekli hal hesaplamaya dayalı olsa da, iniş çıkışların yaklaşık ortalamasıyla dinamik performansı simüle etmektedir.

ASHRAE "ağırlıklı faktör", "ısıtma denge" ve "finite difference" gibi daha gelişmiş yöntemler, binaların dinamik tepkilerini daha doğru bir şekilde yansıtmaktadır.

Bunlar, hesaplama olarak daha yoğundur ve oldukça doğruya yakın, tam bir bina modeli gerektirmektedir. BLAST, DOE-2 ve ESP(r) gibi bu yöntemlere dayalı simülasyon araçları oldukça geniş bir kullanım alanına sahiptir ve bir dizi geçerlilik sürecinden geçmişlerdir.

Isı ve hava akışı fiziksel sürecinin tam ve doğru bir modellenmesiyle, döşeme altından ısıtmalı sistemler, soğutulmuş girişler, pasif güneş elemanları ve doğal havalandırma sistemleri gibi daha karmaşık ısıl sistemleri simüle etmek olanaklıdır. Bu araçlar aynı zamanda, duyulur ve gizil yükleri, radyant sıcaklıktan, iç mekansal değişimleri ve birden fazla ortamca izlenen bina içi güneş kazançlarını hesaplayabilir.

Bu araçların asıl kullanım alanı, iklimlendirme tesisatının tasarımı ve analizidir. Önce bir geometrik model oluşturulur ve iç mekanlar bölgenir, herhangi bir mekan için veya mekan grupları için iç ortam sıcaklıkları ve tesisat yükü, yüklenmiş gerçek hava koşulu verilerinden oluşturulabilir.

Computational Fluid Dynamics(CFD)-Hesaplamalı Akışkan Dinamiği (HAD):

Sayısal çözüm metodlarının bilgisayar aracılığıyla sonuçlandırıldığı işlemlerdir. Genellikle bilgisayar ortamında oluşturulan katı model üzerine ağ yapısı örülerek , bu yapıda problem tipine göre temel akışkan ve ısı transferi korunum denklemleri çözdürülür. Elde edilen sayısal datalarda görselleştirilerek, analitik olarak çözülemeyen problemlerin hızlı ve verimli şekilde sonuca ulaştırılmasını sağlar.

Hesaplamalı akışkan dinamiği (Computational Fluid Dynamics-CFD), bina içindeki ve diğer kapalı mekanlardaki hava akış seyri, sıcaklık dağılımı ve zehirli madde hareketini tahmin etmek üzere kullanılan bir tekniktir ve bazı modellerin sonucuna ulaşmak için, bazen bir kaç gün gerektiren, oldukça yoğun bir hesaplama dayanmaktadır.

CFD'nin tasarımdaki asıl yeri, karmaşık doğal havalandırmanın ve yer değiştiren hava tasarımlarının simülasyonuna ve geçerliliğine izin veren, iyi bir detaylama ile hava hareketi ve sıcaklık dağılımını modelleme olanağı sunmasıdır.

Maliyet analizi ve standartlara uyum: Bazı bina simülasyon programları maliyet analizi de gerçekleştirerek, tasarımcıya maliyet etkin enerji korunumlu alternatifler sunmak üzere çeşitli seçenekleri simüle edebilmektedir. Bu tür bina sirkülasyon programlarının en iyi kullanımı, uygulamaya dönük yönetmelikler ve enerji standartlarıyla ilişkilendirilmesidir.

Kabuk performansı analizi: Kabuk performans analizini gerçekleştiren simülasyon programları, kabuk katmanlarını oluşturan malzemelerin termo-fiziksel özelliklerine bağlı olarak, çok katmanlı kabuk konstrüksiyonunda meydana gelen ısı ve nem transferini belirleyebilmektedir. Kabuk katmanları arasında yoğunlaşma oluşma riski ve yoğunlaşma miktarı ile katman sıcaklıklarının belirlenmesi yoluyla kabuğun performansı simüle edilebilmektedir.

2.1.1.3 Bina Simülasyon Programı Seçim Kriterleri

Enerji performansını değerlendirmeye yönelik kullanılacak tasarım programlarının seçim kriterleri, herhangi bir enerji analiz yönteminin seçim kriteriyle aynı gerekleri içermektedir. Enerji analiz yönteminin seçiminde en önemli adım, projenin gerekleri ile yöntemin olanaklarını karşılamaktır. Yöntem, doğru seçimler yapabilmeye yönelik yeterli doğrulukta tüm tasarım olasılıklarını değerlendirme yeteneğine

sahip olmalıdır. ASHRAE (1997)'de enerji analiz yöntem seçimine ilişkin sıralanan faktörler şunlardır:

- **Doğruluk:** Yöntem, doğru tercihlerin seçilebilmesini sağlayacak yeterli bir doğruluğa sahip olmalıdır. Enerji değerlendirmesinde yer alan pek çok parametre nedeniyle kesin doğru bir enerji tahmini olanaklı değildir.
- **Hassaslık:** Yöntem, düşünülen tasarım seçeneklerine karşı hassas olmalıdır. Enerji kullanımında, iki tercih arasındaki fark belirgin olmalıdır.
- **Çok Yönlülük:** Yöntem, göz önünde bulundurulmuş tüm olasılıkları analizine izin vermelidir. Farklı seçenekleri değerlendirmek üzere, farklı yöntemler kullanıldığında, enerji kullanımına yönelik doğru bir değerlendirme yapılamaz.
- **Hız ve maliyet:** Bir analiz için gerekli toplam süre (dataların toplanması, girdi verilerinin hazırlanması ve çıktı verilerinin analizi) bunun sonucunda elde edilecek potansiyel yarara denk olmalıdır. Daha büyük bir hızla aynı sürede daha çok seçenek gözden geçirilebilir. Analizin maliyeti, analizin gerçekleştiği toplam süre ile büyük ölçüde belirlenebilir.
- **Tekrarlanabilirlik:** Yöntem, farklı analizlerin oldukça farklı sonuçlar vermesine neden olacak pek çok belirsiz, kişisel tercihe bağlı, tanımlanmamış seçeneklere izin vermemelidir.
- **Kullanım Kolaylığı:** Bu hem sonuçların tekrarlanabilmesini ve hem de analizin ekonomik olmasını (hızını) etkiler.

Bugün artık, bir bina enerji analiz yönteminin seçimi, bir bilgisayar yönteminin seçimidir ve uygulanmasına, kaç defa kullanılacağına, kullanıcının deneyimine ve programın çalıştırılacağı uygun donanıma bağlıdır (ASHRAE, 1997).

2.1.1.4 Bina Enerji Simülasyon Programlarının İşleyiş Süreci

Bina enerji simülasyonu tekrarlanarak adım adım yürüyen bir süreçtir ve aşağıda sıralanan adımlardan biri veya bir kaçını içermektedir (Hensen, 2002).

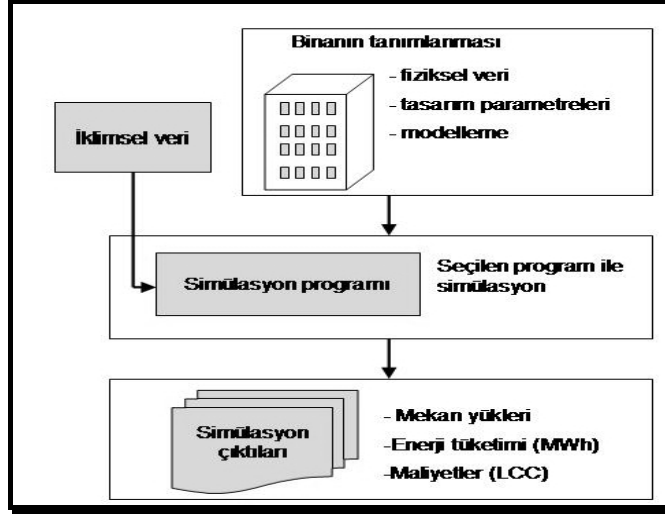
- Problemin veya tasarımın ne tür gerekleri olduğunun belirlenmesine yönelik analiz,
- Bu gereklere bağlı olarak oluşturulan modelden beklenen performans verilerini tam olarak sağlayacak uygun simülasyon yazılımının seçilmesi, Binanın ve

sistemlerinin gerçekçi, ilgili elemanlarına ve niteliklerine uygun modellenebilmesinin sağlanması,

- Modelin, yazılımın gereklerine uydurulması (modelin kalibrasyonu),
- İlgili koşulların (iç ortam konfor koşulları, iklim verisi, vb.) düzenlenerek simülasyonun gerçekleştirilmesi,
- Bir çok değişken (enerji gerekliliği, maksimum yük, konfor parametreleri, emisyonlar, vb.) yardımıyla simülasyon sonuçlarının değerlendirilmesi,
- Sonuçların ilgili tasarım bilgisine dönüştürülmesi.

Bina enerji simülasyon programları, öncelikle binanın modellenmesini gerektirir. Burada tasarıma ilişkin verilerin tanımlanması söz konusudur. Bu, bazen sadece kütle formu, boyut, bileşen ve malzemelerle sınırlı kalabildiği gibi, detaylı simülasyon programları için, saatlik kullanım zaman cetvellerinden, ısıtma, havalandırma, iklimlendirme sistemlerinin özellikleri ve işletim stratejilerine kadar ayrıntılı pek çok bilginin tanımlanmasını da gerektirir. Bu tasarım parametrelerinin bina biçimine yönelik olan kısmı için çoğu enerji simülasyon programı CAD (Computer Aided Design/Drafting) verilerini (çoğunlukla DXF-Data Exchange File-olarak) kabul edebilmektedir ya da program içinde binanın iki ya da üç boyutlu modellenmesinin gerçekleştirilebilmesi söz konusu olabilmektedir. Programın çalıştırılabilmesi için ikinci en önemli veri, binanın yapılacağı bölgeye ait iklimsel verinin elde edilebilmesidir. Bu verileri, bazı programlarda, programın içine manual olarak girebilmek mümkün olabildiği gibi, çoğu program bir kaç farklı formatta (TRY, TMY, BIN, WYEC, vb.) elde edilebilen paket iklim verilerini de kabul edebilmektedir.

Gerekli verilerin girilmesi ile simülasyon çalıştırılır. Elde edilen veriler, genellikle, binanın veya mekanların ısıtma ve soğutma yükleri ile bunları karşılayacak yıllık enerji tüketimleridir. Programların özelliklerine ve girilen veri düzeyine bağlı olarak, enerji maliyetleri veya binanın toplam maliyeti, binanın çevresel zararları (CO₂ emisyonları gibi), yaşam boyu maliyeti (life cycle cost) gibi sonuçlar da elde edebilmek mümkündür (Şekil.2.3).



Şekil 2.3: Bina enerji programlarının işleyiş süreci.

2.1.1.5 Bina Enerji Simülasyon Programlarının Kısıtları

1960’lardan sonra, bina endüstrisinde kullanımı gittikçe artan bilgisayarla modelleme ve simülasyon programları, sınırlı girdi ve çıktı gerekleri ile basit tek yönlü uygulamalardan, geniş bir çerçevedeki performans parametrelerini eşzamanlı analiz edebilen karmaşık modelleme sistemlerine doğru ilerlemiş olmasına rağmen, halen tasarım sürecinde bu tür programların gerekliliği ve uygulanabilirliğinde bazı sıkıntılar vardır. Simülasyon araçlarının temel eksiklikleri şunlardır;

1. Program girdileri geniş ve bilimsel olarak oldukça detaylıdır. Tasarımın erken aşamalarında henüz elde edilmemiş veriler, analizi gerçekleştirirken varsayılmak zorunda kalmaktadır.
2. Programlar, kullanıcının kafasını karıştıran bir yığın çıktı içermektedir. Simülasyon sonuçlarının anlaşılması ve yorumlanması zordur.
3. Çoğu detaylı enerji simülasyon programı araştırma merkezlidir. Bunları kullanmayı öğrenmek zordur ve ustalaşmak uzun bir zaman gerektirir.
4. Programların kullanıcı arabirimi çoğunlukla atlanmaktadır. Özellikle tasarımın ilk aşamalarında kullanılması önem taşıyan programların, katı veri yapısı ve gerekleri nedeni ile, kendisini grafiksel olarak ifade etme yolunda eğitim görmüş tasarımcılar hayal kırıklığına uğramaktadır, yılmaktadır.
5. Yazılım, belirli ihtiyaçlarla kolayca örtüşebilen programlamayı gerçekleştirecek esnekliği kullanıcıya sağlamamaktadır.

6. Çoğu programın geçerliliği ve akreditasyonu düşünülmemiştir. Kullanıcılar hangi programın daha iyi simülasyon sonucu verebileceği konusunda kararsız ve kuşkuludur.

Bu sıkıntılar nedeniyle, bina enerji simülasyonuna yönelik programlar geniş kitleler tarafından kullanılabilir hale gelmediği sürece, mimarlar ve mühendisler geleneksel tek disiplinli yöntemler ve sezgisel yaklaşımlarla bina ve sistemlerini tasarlamaya devam etmek zorunda kalacaklardır ve bu; gereğinden fazla kapasiteye sahip sistemler, yüklü enerji tüketimleri ve görelî olarak bakıldığında başarısız iç ortam konfor koşulları ile sonuçlanacaktır. Oysaki simülasyon, tasarımcılara uzmanlıklarını daha etkin kullanma, genişletme ve iyileştirme olanağı sunmakta, sadece fikirlerin test edilmesinde değil, aynı zamanda yeni fikirlerin geliştirilmesi ve sunulmasında da önem taşımaktadır. Bu bağlamda, bina enerji simülasyonunun tasarım sürecinin son evresinde kullanmak yerine, kolay geri dönüşlerle kararların test edilmesi ve çok daha fazla seçeneğin sınanabilmesinin mümkün olduğu tasarımın erken evrelerinde kullanılması, bina performansı açısından çok daha etkili olacaktır. Simülasyonu, tasarım sürecinin erken evrelerine çekebilmeye yönelik araştırmalar halen devam etmektedir (De Wilde, 2004) (Hui, 1996).

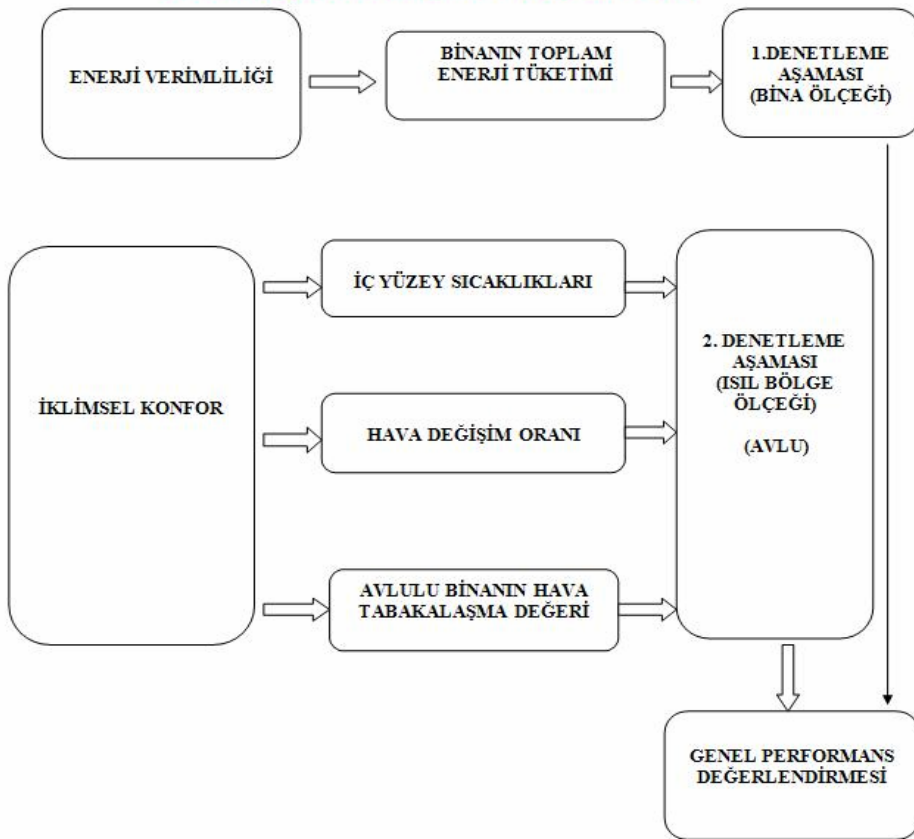
2.1.2 Bina Toplam Enerji Yüğü Hesaplama Yöntemleri

Binaların enerji analizleri ve modellemeleri için tasarlanan bilgisayar programları/genel olarak "bina enerji simülasyon programları" olarak bilinir. Bu programlar geniş, çok zonlu binalar ve bunların HVAC sistemlerinin modellenmesi için tasarlanmıştır (ASHRAE, 1993). Bina içindeki sistemler arası etkileşimler doğaları gereği çok karmaşıktır. Bazı basitleştirilmiş tasarım araçları ve kılavuzlar, tasarımcının durumu anlamasına yardımcı olmak üzere var ise de, detaylı analiz için, daha ayrıntılı, bilgisayara dayalı enerji sirkülasyon araçları gereklidir (Hui, 1996).

Bina kabuğu, HVAC sistemleri, aydınlatma ve kontrol elemanlarını içeren konfor ve enerji tüketimi ile ilişkili ısıl tabanlı tüm elemanlar arasındaki dinamik etkileşimi hesaplamaya yönelik olan detaylı simülasyon programları genellikle saatlik bazda ve her zon için ayrı hesaplamalar gerçekleştirmektedir (Hong, Chou, ve Bong, 2000). Bu detaylı tasarım yanında, simülasyon programları, performansa dayalı bina enerji standartlarına uygunluğun denetiminde de yararlıdır.

Binalarda ısıtma ve soğutma yükü hesaplaması, gün içinde bina yüklerinin pik yaptığı andaki maksimum değerlerin bulunması amacını taşıyan yük hesaplamaları üzerine odaklanmıştır. Standart HVAC tasarım hesaplamaları dahilinde, maksimum soğutma ve ısıtma yükleri, seçilen iç ortam ve dış ortam tasarım koşullarına bağlı olarak hesaplanır. Olası peak yük hesaplanır, böylece ekipmanın doğru boyutu seçilebilir (Hui, 1996). ASHRAE, Carrier ve CIBSE tarafından geliştirilen yük hesaplama yöntemleri HVAC endüstrisinde büyük oranda kabul edilmiştir.

Yük hesaplama kavramında, doğruluk ya da yanlışlık söz konusu değildir, hesaplanan sonuçlara belirli bir perspektif içinde bakılmalıdır. Süreç içinde gerçekleştirilmek zorunda olunan pek çok varsayım ve basitleştirmeler nedeniyle, yük hesaplama, gerçek soğutma veya ısıtma yükünün iyi bir tahmininden öteye hiçbir zaman geçemez. Isıtma-soğutma yükünü hesaplamaya yönelik hangi yöntem kullanılıyor olursa olsun, mimar ve mühendise, bina yapısı ve koşullarına en uygun karşılığı verebilecek olanağı sağlayabiliyor olması gereklidir. Bu, bina enerji performans analizinde önemli doğal bir niteliktir.



Şekil 2.4: Avlulu bina enerji performans değerlendirme adımları.

Şekil 2.4'de bu tez çalışmasının konusu olan avlulu binaların enerji performansının değerlendirilmesindeki aşamalar görülmektedir. Avlulu binalarda enerji hesaplama ve enerji performansının değerlendirilmesi, gerçek iklim koşulları altında bu binaların enerji tüketimini ve karakteristiğini belirlemek üzere gerçekleştirilir. Enerji analizinin belirgin bir bölümü yük hesaplama kavramı ve metodolojisi üzerine kuruludur, bu nedenle yük ve enerji hesaplama benzer bilgi ve tekniğe gereksinim duyar.

Özellikle binalarda soğutma yükü ele alınacak olursa, yaşanacak mekanı istenilen şartlarda konfor koşullarında tutabilmek için ortam havasından veya mahalden atılması gereken enerji miktarıdır. Bu enerji miktarını tesbit etmek için kapsamlı ve dikkatli bir enerji analizi yapmak gerekir. Soğutma yükünün hesaplanmasına etki eden birçok etken vardır. Bunların birbirleriyle olan ilişkilerinden dolayı hassas olarak %100 soğutma yükünü tespit etmek oldukça güçtür. Genellikle soğutma yükü, iç ve dış anlık ısı kazançlarının belirlenip bunların toplanması ile hesaplanır. İç ısı kazancı; mahal içerisinde tamamen dış etkenlerden bağımsız olarak oluşan ısıların genel toplamıdır. İç ısı kazancını; insanlardan, aydınlatmadan, makinelerden ve komşu mahallerden oluşan ısı kazançları oluşturmaktadır. Dış ısı kazancı ise; iklimlendirilecek mahalin dış yüzeyinden içeri giren enerjilerin toplamından meydana gelmektedir (McQuiston, ve Spitler, 1992) (Uralcan, 2002). Bu hesaplamalar için çeşitli denklem ve önceden hazırlanmış çizelge değerlerinden yararlanılır. Akademik ve endüstriyel çevrelerin üzerinde uzlaştıkları belirli bir yöntem olmamakla birlikte, mevcut hesaplama yöntemlerindeki mantık benzerdir (Uralcan, 2002).

2.1.2.1 ASHRAE Tarafından Önerilen Soğutma Yükü Hesap Yöntemleri

ASHRAE tarafından değişik yıllarda önerilen soğutma yükü hesap yöntemleri şunlardır;

- TETD/TA (1967): (The Total Equivalent Temperature Difference/Time Averaging) - (Toplam Eşdeğer Sıcaklık Farkı/Zaman Ortalama)
- CLTD/SCL/CLF (1972): Cooling Load Temperature Difference/Solar Cooling Load/Cooling Load Factor)-(Soğutma Yükü Sıcaklık Farkı/Güneş Soğutma Yükü/Soğutma Yükü Çarpanı),
- HB (2001): (Heat Balance) – Isı Dengesi

- RTS (2001): (Radiant Time Series)-(Işınım Zaman Serileri)

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde genel itibari ile pratik yöntem hariç, sonuçlar arasında bir paralellik mevcuttur. Ancak, değişik yöntemlerle bulunan soğutma yükleri arasında % 5-45 arasında fark tespit edilmiştir.

Aradaki bu farklılıklara, yöntemlerde kullanılan farklı katsayılar, binanın bulunduğu yer için uygun olmayan çizelge değerleri, binadaki bazı yapı malzemeleri ve elemanları için yöntemlerde verilen çizelgelerde uygun değerleri olmaması neden olmaktadır. Konut ve küçük ticari yapılar için kullanılan pratik soğutma yük hesaplamalarının uygun olmadığı görülmüştür. Sağlıklı ve doğru bir soğutma yük hesaplamasında tüm ısı kazancı faktörlerinin ve özel şartların göz önüne alınması gerekir.

2.1.2.2 Admittance Yöntemi

İngiltere’de Yapı Araştırma Enstitüsü (Building Research Station) tarafından hazırlanan Admittance yöntemi” yaz sıcaklıklarının iç mekana etkisini, ısı akımı ve sıcaklık değişimlerini hesaplamak üzere geliştirilmiş, binanın termal performansını gösteren bir yöntemdir. Hesaplamalarda kullanılan admittance Y değeri, her derece sıcaklık salınımı için yüzeye gelen enerji miktarıdır. Bina bileşeninin 24 saatlik devre içinde enerji depolama ve verme yeteneğinin bir ölçüsü olan admittance değeri ısı direncin tersidir. Birimi U değeri ile aynıdır ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$).

2.1.2.3 TETD/TA Yöntemi

1967 yılında ASHRAE tarafından geliştirilen ve önerilen ilk yöntemdir. TETD/TA (The Total Equivalent Temperature Difference/Time Averaging)-(Toplam Eşdeğer Sıcaklık Farkı/Zaman Ortalama) yöntemidir. TETD/TA Yöntemi, ülkemizde en fazla bilinen ve uygulanan yöntemlerin başında gelmektedir. Bu yöntem, tecrübeli kullanıcılara geniş bir aralıkta oldukça geçerli sonuçlar verebilmektedir (McQuiston, ve Spitler, 1992) (ASHRAE 1993). Bu yöntemde mutlak sıcaklık farkı yerine eş değer sıcaklık farkı kullanılmaktadır. Eş değer sıcaklık farkı; yapı malzemeleri gün boyu aldıkları ısıyı depolamakta ve bu ısıyı belirli faz gecikmesinden sonra içeri vermektedir. Hatta güneş battıktan sonra bina kabuğunda ısı dengesi sağlanana kadar iklimlendirilen ortama ısı vermektedir (Tamer,1985).

Camlardan kaynaklanan soğutma yükü hesabında, direkt güneş radyasyonu yanında kondüksiyon ve konveksiyon yoluyla gelen ısı kazançları da hesaplanmaktadır. Çizelgelerde 1 m² pencere alanından geçen radyasyon ısısı değişik katsayılarla çarpılarak birim pencere alanından geçen güneş radyasyon ısısı bulunmaktadır. Bu katsayılar, ısı yutan pencere çarpım faktörü, yönlerden kaynaklanan çarpım faktörü, boyalı camlar için çarpım faktörü, çift veya üç kat cam kullanma durumuna göre çarpım faktörü, kullanılan panjurlara göre çarpım faktörü ve gölgelik çeşidine göre kullanılan çarpım faktörleridir. Pencerenin radyasyon geçirme oranı çeşitli denklemlerle hesaplanacağı gibi çizelgelerden alınan yaklaşık değerlerde kullanılabilir. Pencere komşu binanın gölgesinde ise pencereden hiç güneş ışınımı geçmeyecek dolayısıyla pencerenin ısı geçirme oranı sıfır olarak alınacaktır.

Pencerelerden iletim ve taşınım ile olan ısı kazancı temelde sıcaklık farkına dayanır. Duvar ve çatılarda soğutma yükü hesabında, dış ortam ile iç ortam arasındaki sıcaklık farkı yerine eşdeğer sıcaklık farkı değeri kullanılmaktadır. Eş değer sıcaklık faktörü değerleri çizelgelerde verilir. Ancak bu çizelgeler hazırlanırken belirli özellikler referans alınmıştır. Bunun için düzeltilmiş eşdeğer sıcaklık farkı kullanılır ($\Delta T_{eş-düzeltilme}$). Düzeltilmiş eşdeğer sıcaklık farkı; denklemi ile ifade edilir.

$$\Delta t_{eş-düzeltilme} = \Delta t_{eş-Çizelge} + (11 - \Delta t_{gece-gündüz}) 0.5 + \Delta t_{dış-iç} \quad (2.1)$$

2.1.2.4 CLTD/SCL/CLF Yöntemi

1972 yılında ASHRAE tarafından önerilen geçiş fonksiyonu yönteminden (TFM, Transfer Function Method) türetilen CLTD/SCL/CLF (Cooling Load Temperature Difference/Solar Cooling Load/Cooling Load Factor –Soğutma Yükü Sıcaklık Farkı/Güneş Soğutma Yükü/Soğutma Yükü Çarpanı) doğrudan soğutma yükünü hesaplayan basit bir yöntemdir (Mcquiston, ve Spitler, 2001) (ASHRAE 2001). Bu yöntemde iki dikkat çekici nokta vardır. Bunlardan birincisi; herhangi bir kaynaktan meydana gelen ısı kazancı ile, aynı kaynaktan iklimlendirme sistemine yansıyan soğutma yükünün eşit olmayacağıdır. Depolama etkileri ile oluşan bu fark, çizelgelerden okunan SCL, CLF katsayıları ile depolama etkileri de hesaba katılarak ortadan kaldırılmıştır. İkincisi, soğutma yüküne tüm yük bileşenlerinin, sürekli olarak ve hep birlikte etkilemeyebileceğidir. Bu yöntemde yerine göre uygun kullanım çarpanları ile hesaba katılmaktadır (Mcquiston, ve Spitler, 1992) (Uralcan, 2002).

Kullanılan yapı malzemelerine göre çizelgelerden malzemelerin ısı iletkenliklerine ve ışı nım yayma özelliklerine bakılarak toplam ısı geçiş katsayısı hesaplanabilir. Yüzey geçirgenliklerinin bulunduğu çizelgede taşınım ek olarak ışı nım etkileri de dikkate alınmıştır CLTD değerleri, soğutma şartlarında dış yüzeylerde taşınım ve ışı nım etkilerini birlikte göz önüne alan ve yapı elemanlarının ısı depolama etkilerini de kapsayan eşdeğer sıcaklık farkıdır. Dış ortam sıcaklığı 29.4 C⁰ değerinden fazla olduğu durumlarda düzeltilmiş CLTD değeri için; denklemi kullanılmaktadır (Rees, Spitler, M.G. Davies ve P. Haves. 2000).

$$CLTD_1 = CLTD_0 + (25,5 - T_i) + (T_o - 29,4) \quad (2.2)$$

denklemi kullanılmaktadır. Burada, CLTD₁: Düzeltilmiş soğutma yükü sıcaklık farkı, CLTD₀: ASHRAE (ASHRAE 2001) Çizelgesinden alınan ilk soğutma yükü sıcaklık farkı, T_i: İç ortam sıcaklığı, T_o: Dış ortam sıcaklığıdır. Pencerele re düşen güneş ışı nımı, mahal içine girip, içindeki yüzeylerde yutulduktan sonra zaman içerisinde, mahal havasına geçer ve böylelikle soğutma yükü oluşturur.

SCL (Solar Cooling Load) değeri, pencerenin iç ve dış kısımlarında herhangi bir gölgeleme elemanı (panjur, perde vb.) olup olmasına göre bir referans pencere yüzeyinin birim alanı başına, birim zamandaki güneş ışı nımından oluşan soğutma yükü anlamına gelir. SC (Shading Coefficient), pencerenin iç ve dış kısmında gölgeleme elemanları bulunması nedeniyle ve yaz şartlarında güneş ışınlarının dik geliş açısından ışı nımı azaltma etkisini temsil eden boyutsuz bir çarpandır.

Bir insandan geçen duyulur ve gizli ısı kazançları, insanların etkinliklerine göre çizelgelerden alınır. İnsanların aynı anda iklimlendirilen mahalde olma ihtimaline göre bu değerler kullanım çarpanı ile çarpılır. İnsanlar için kullanım çarpanı, mağazalarda 0.80-0.90, konut ve otel odalarında 0.40-0.60, ofislerde 0.75-0.90 ve endüstriyel mekanlarda 0.85-0.95 değerlerini alabilirler. Eğer ortam sıcaklığı 24 saatlik dönem boyunca sabit tutulamıyorsa, örneğin akşam sistem kapatılıyorsa, duyulur ısının bir kısmı ortamdan uzaklaştırılamayacağı için “kapatma yükü” oluşur. Bu yük sistem ertesi gün tekrar çalıştırıldığında soğutma yükü olarak ortamda belirir (Spitler, McQuiston, ve Lindsey, 1993) (Bulut, Durmaz, ve Aktacir, 2006).

2.1.2.5 RTS Yöntemi

ASHRAE tarafından en son yayınlanan Fundamentals Handbook 2001-2003 yayınında soğutma yük hesabı için iki yöntem sunulmaktadır (ASHRAE 2001).

Bunlar ısı dengesi (Heat Balance-HB) ve ışı nım zaman serisi (Radiant time series-RTS) yöntemleridir. Kesin çözüm olarak adlandırılan ve bugüne kadar önerilen soğutma yükü hesap yöntemlerinin temeli olan HB yöntemi, RTS'ye göre daha karmaşık olup bilgisayar kullanımını zorunlu kılmaktadır.

RTS yöntemi, HB hesap prosedüründen türetilen ve bu yöntemle doğrudan ilgili basitleştirilmiş bir yöntemdir. Bu yöntem, güvenilirdir ve daha az işlem gerektiren bir yöntem olup daha az işlemle daha doğru ve kesin, güvenilir hesaplama ihtiyacına cevap vermek için geliştirilmiştir. RTS yöntemiyle, zon tipinin ve farklı yapıların soğutma yükü üzerindeki etkilerinin araştırılması ve karşılaştırılması kolayca sağlanabilmektedir (Spitler, ve Fisher, 1999) (Spitler, Fisher, ve Pedersen. 1997) Bu yöntemin ASHRAE tarafından önerilen diğer yöntemlerden (TFM, TETD/TA) en önemli farkı, iletimle ısı kazancının hesaplanmasındaki farklılıktır. Bu yöntemle soğutma yükü hesaplanırken aşağıdaki işlem sırası takip edilir (Rees, Spitler, Davies ve Haves, 2000) (Bulut, Durmaz, Aktacir, 2006).

2.1.2.6 RTS Soğutma Yükü Hesap Yönteminde Kullanılan Parametreler

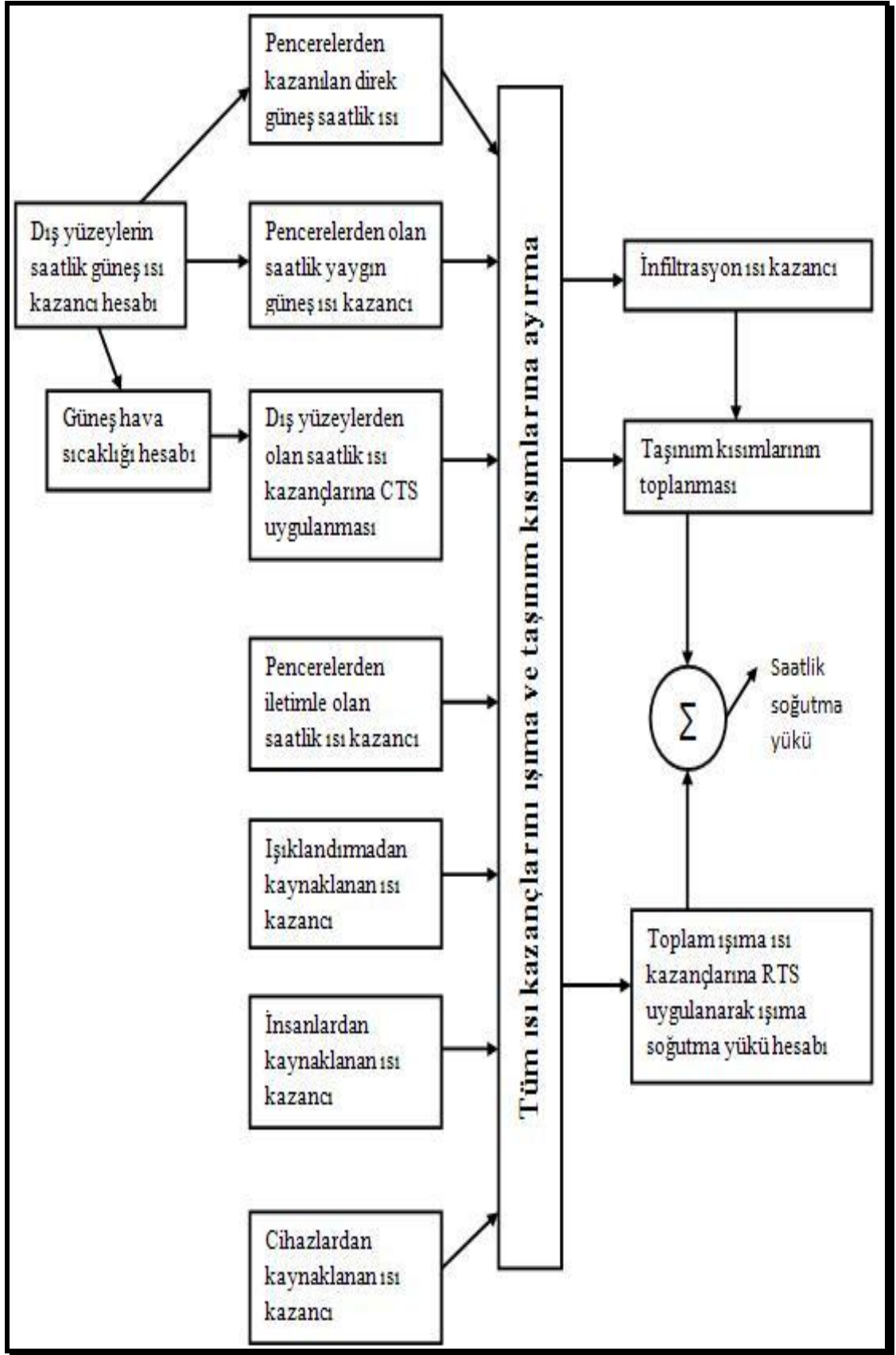
- Opak yüzeylerden (duvar, çatı) iletilen ısı enerjisine, iletim zaman serisi olarak adlandırılan CTS katsayıları uygulanarak ısı kazançları hesap edilir.
- Saydam yüzeylerden (pencere) olan ısı kazançları yaygın ve doğrudan olarak ayrı ayrı hesaplanırlar.
- Sızıntı (infiltrasyon) ısı kazancı, doğrudan soğutma yüküne dönüşür.
- İç ısı kaynaklarından olan ısı kazancı hesaplanır.
- Tüm ısı kazançları toplanır ve belirli oranlarda taşınım ve ışı nım ısı kazançlarına ayrılırlar. Taşınım ısı kazancı hemen soğutma yükü olarak ortamda hissedilirken, ışı nım ısı kazancı ortamda bulunan yüzeylerin ısı l depolama özelliklerine göre belli bir gecikmeyle ortama iletilir.
- ışı nım ısı kazancına, ışı nım zaman serisi katsayısı olarak tanımlanan RTS uygulanarak ışı nımdan kaynaklanan soğutma yükü belirlenir.

Sonuçta, ışı nım ve taşınım ile olan soğutma yükü toplanarak toplam soğutma yükü bulunur.

RTS yönteminde hesaplar, CLTD/SCL/CLF yöntemine göre daha fazla işlem gerektirmektedir. Bu da hesapların daha detaylı olarak yapılmasından kaynaklanmaktadır. Dış hava sıcaklığı ve ısı depolamalar zamanın fonksiyonu (saatlik olarak 24 saat) olarak hesaplanmaktadır. Ancak bir bilgisayar programı hazırlanmasıyla, işlem adımları daha kolay bir şekilde takip edilebilir.

RTS yönteminde çizelgeler az ve kullanılması CLTD/SCL/CLF yöntemine göre daha kolaydır. RTS ile önce ısı kazançları ve daha sonra soğutma yükü bulunurken, CLTD/SCL/CLF yönteminde doğrudan soğutma yükü hesaplanmaktadır (Rees, Spitler, Davies ve Haves, 2000).

RTS yönteminde yapı elemanlarının ısı depolama özelliklerinin belirlenmesi sebebiyle, bina için uygun yapı elemanının seçilmesi olanağını vermektedir. Bu yöntemin, binanın enerji analizine imkan sağlayan ve son yıllarda kullanımı giderek artan Blast, DOE, Energyplus gibi bina simülasyon programlarının kullanılmasına gerek kalmadan yapı eleman seçimi için fikir vermesi dikkate değer önemli bir özelliğidir. CLTD/SCL/CLF yönteminde ise sonuçlar sorgulanamamaktadır. RTS yöntemi CLTD/SCL/CLF yönteminden daha güvenilirdir (Spitler, 2002) (Spitler, Fisher, ve Pedersen, 1997). RTS yöntemi, HB'dan türetilmişken, CLTD/SCL/CLF yöntemi HB yönteminden türetilen TFM'den türetilmiştir Çizelge 2.1'de CLTD/SCL/CLF ve RTS yöntemlerinde kullanılan eşitlikler verilmiştir.



Şekil 2.5: RTS yöntemi hesap prosedürü (ASHRAE 2001).

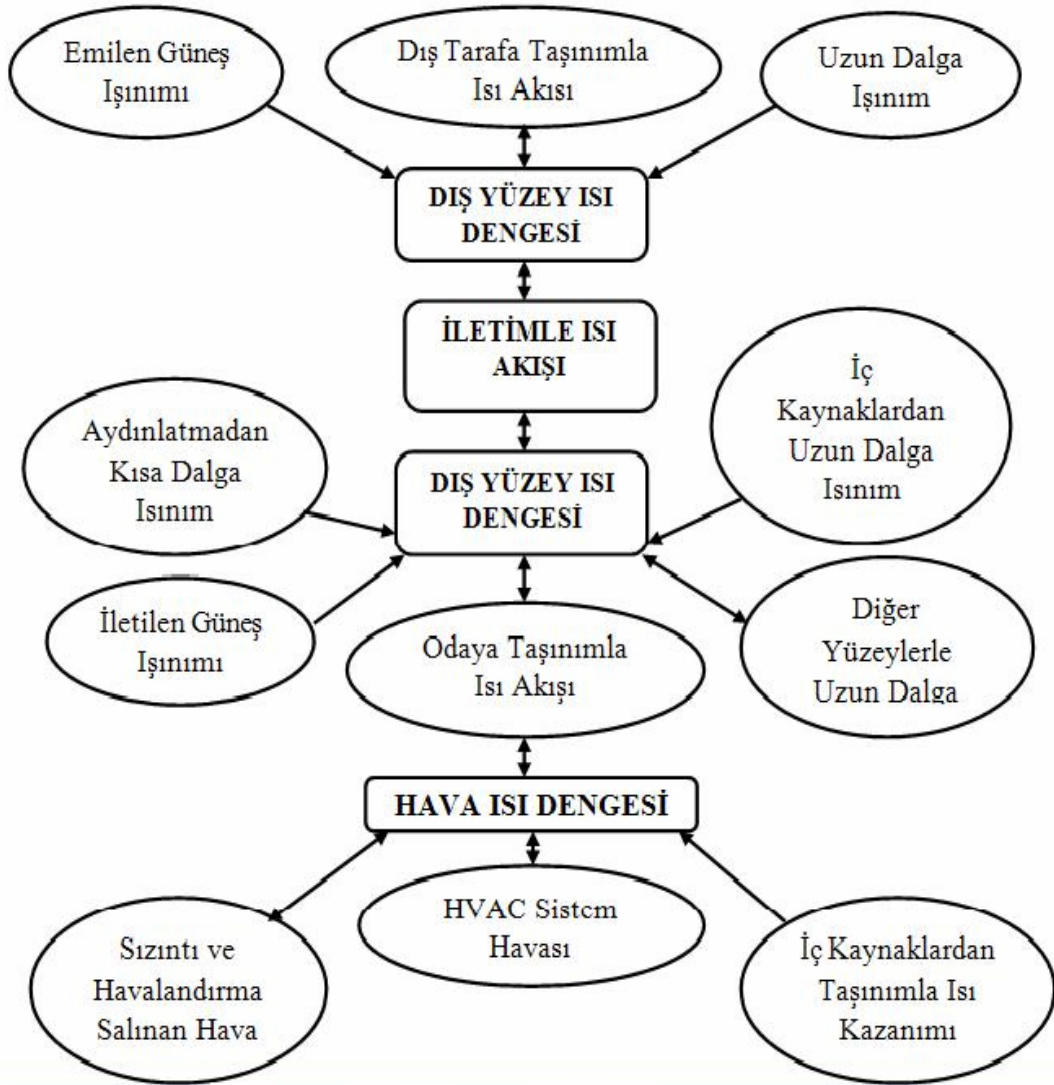
Çizelge 2.1: CLTD/SCL/CLF ve RTS Soğutma Yüğü Hesap Yöntemlerinin Karşılaştırılması (Bulut, Durmaz, Aktacir, 2006).

YÖNTEM	CLTD/SCL/CLF	RTS
Hesaplanan	Soğutma yüğü (Tek adımlı yöntem)	Isı Kazancı-Soğutma yüğü (Çift adımlı yöntem)
Yük	Saatlik	Saatlik
Dış Yüzeyler	$Q=A.U.CLTD$	$Q=A.U.(T_{güneş-hava}-T_{oda})$
Cam-İletim	$Q=A.U.CLTD$	$Q=A.U.(T_{dış}-T_{oda})$
Cam-Işınım	$Q=A.SC.SCL$	$Q_{dir}=A.E_D.IAC.SHGC$ $Q_{dif}=A.(E_d+E_r).IAC.SHGC_D$
İç Bölmeler	$Q=A.U.(T_{komşu}-T_{oda})$	$Q=A.U.(T_{komşu}-T_{oda})$
Sızıntı-Havalandırma	$Q=M.c_p.(T_{dış}-T_{oda})$	$Q=M.c_p.(T_{dış}-T_{oda})$
İnsan	$Q_{duy}=N.q_{1kişiduy}.CLF$	$Q_{duy}=N.q_{1kişiduy}$
	$Q_{giz}=N.q_{1kişigiz}$	$Q_{giz}=N.q_{1kişigiz}$
Işıklandırma	$Q_{duy}=q.F_{kul}.F_{arm}.CLF$	$Q_{duy}=q.F_{kul}.F_{arm}$
Elektrik Motorları	$Q=(P/\epsilon_M).F_{kul}.F_{yük}.CLF$ (Motor ve cihaz odada)	$Q=(P/\epsilon_M).F_{kul}.F_{yük}$
	$Q=P.F_{kul}.F_{yük}.CLF$ (Motor dışarıda cihaz içeride)	$Q=P.F_{kul}.F_{yük}$
	$Q=P.[(1-M)/\epsilon_M].F_{kul}.F_{yük}.CLF$ (Motor iç. cihaz dış.)	$Q=P.[(1-M)/\epsilon_M].F_{kul}.F_{yük}$
Elektrikli ve Buharlı Cihazlar	$Q_{duy}=q_{cih}.F_{kul}.F_{rad}.CLF$	$Q_{duy}=q_{cih}.F_{kul}.F_{rad}$
	$Q_{giz}=q_{cihgiz}.F_{kul}$	$Q_{giz}=q_{cihgiz}.F_{kul}$
Gaz Yakıtlı Cihazlar	$Q_{duy}=(q_{cih}.F_{kul}.F_{rad}.CLF)/F_{kayıp}$	$Q_{duy}=(q_{cih}.F_{kul}.F_{rad})/F_{kayıp}$
	$Q_{giz}=q_{cihgiz}.F_{kul}$	$Q_{giz}=q_{cihgiz}.F_{kul}$

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde genel itibari ile sonuçlar arasında bir paralellik mevcuttur. Ancak, değişik yöntemlerle bulunan soğutma yükleri arasında önemli farklar gözlenmiştir. Aradaki bu farklılıklara, yöntemlerde kullanılan farklı katsayılar, binanın bulunduğu yer için uygun olmayan çizelgeler, binadaki bazı yapı malzemeleri ve elemanları için yöntemlerde verilen çizelgelerde uygun değerlerin olmaması neden olmaktadır. Doğrudan sistem kapasitesini etkileyen soğutma yükünün, çeşitli yöntemlere göre farklılıklar göstermesi özellikle piyasada arzu edilmeyen olumsuz sonuçları doğuracağı açıktır. Soğutma sisteminin büyük kapasiteli seçilmesi durumunda ilk yatırım, işletim ve bakım giderleri artacaktır. Soğutma sisteminin küçük seçilmesi durumunda ise arzulanan konfor değerlerin sağlanmadığı görülecektir. Sonuç olarak, konut ve küçük ticari yapılar için kullanılan pratik soğutma yük hesaplamalarının uygun olmadığı görülmüştür. Soğutma yük hesaplamasında tüm ısı kazancı faktörlerinin ve özel şartları göz önüne alınması gerekir (Rees, Spitler, Davies ve Haves, 2000).

2.1.2.7 HB (Heat Balance) – Isı Dengesi Metodu

Isı dengesi metodu her yüzey için iletim, taşınım, ışınlama ısı dengesi ile oda havası için taşınım ile ısı dengesinin kurulmasının gerektirir. Bu yaklaşımda odada sıcaklığın düzgün dağılımlı olduğu, düzgün dağılımlı yüzey sıcaklıkları, düzgün dağılımlı uzun ve kısa dalga ışınlamalarının etki ettiği, duvarlardan tek yönlü ısıl iletim olduğu kabul edilmiştir. Hesaplamanın ana teması zamandan bağımsız olarak duvar dış yüzey, iç yüzey, ısı dengelerinin oluşturulmasıdır (Şekil 2.6).



Şekil 2.6: Isı dengesi metodu ana teması (ASHRAE 2001).

İletim yolu ile ısı alışverişleri de hesaplanmakta ve iç yüzey ısı dengesi hesabında toplama katılmaktadır. Ayrıca iç mekan hava ısı dengesi hesaplanmaktadır.

Her dış yüzey ısı dengesi;

$$q_{Sol} + q_{LWR} + q_{Conv} - q_{ko} = 0 \quad (2.3)$$

q_{sol} = Emilen direk ve yaygın güneş ışınım akısı (q/A), W/m^2

q_{LWR} = Çevre ve hava arasında net uzun dalga ışınım akısı değişimi, W/m^2

q_{conv} =Dış hava ile taşınım ile akım değişimi, W/m^2

q_{ko} = Duvara iletim yolu ile akım (q/A), W/m^2

denklemleri ile hesaplanmaktadır. Isı dengesi hesap prosedüründe CTF-İletim transfer Fonksiyonu formülasyonu yöntemi kullanılmaktadır. İç yüzey ısı dengesi;

$$q_{LWX} + q_{SW} + q_{LWS} - q_{ki} + q_{Sol} + q_{Conv} = 0 \quad (2.4)$$

q_{LWX} =Oda yüzeyleri arasında net uzundalga ışınım akısı değişimi, W/m^2

q_{SW} =Aydınlatmalardan yüzeye net kısa dalga ışınım akısı, W/m^2

q_{LWS} =Odada bulunan aletlerin uzundalga ışınım akısı, W/m^2

q_{ki} =Duvardan iletim ile akı, W/m^2

q_{sol} =Yüzeyde emilen geçirilmiş güneş ışınımı akısı, W/m^2

q_{conv} =Oda havasına taşınım ile ısı akısı, W/m^2

denklemleri ile hesaplanmaktadır (ASHRAE 2001). Isı dengesi metodunun değerlendirilmesi için inşa edilen aynı seçeneklerde fakat farklı ısı kütlelerine sahip binalar için hesaplanan soğutma yükleri ölçülen soğutma yüklerinden %4 oranında sapma göstermiş ve güvenilir olduğu ortaya konulmuştur (Tait ve David 2006). Isı dengesi prosedürünün soğutma yükleri dışında yüzey sıcaklıkları gibi tüm bileşen performansları hakkında bilgi sağlaması avantaj sağlamaktadır.

2.1.3 Mevcut Bina Toplam Enerji Yükü Hesaplama Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Soğutma yükü hesabında yük bileşenlerinin ve etki düzeylerinin göz önüne alınması için değişik kaynaklarda birbirinden gerek yöntemlerin ve gerekse verilerin ayrıntılarında farklılıklar içeren hesaplama yöntemleri ile karşılaştırılabilir. Akademik ve endüstriyel çevrelerin üzerinde uzlaştıkları belirli bir yöntem olmamakla birlikte

mevcut yöntemlerdeki mantık benzerdir. Hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın sonuç bir tahmindir. Su an günümüzde en geçerli hesaplama yöntemleri, ASHRAE ve CIBSE tarafından önerilen hesaplama yöntemleridir.

2.1.4 Farklı İklim Bölgelerine Göre Avlulu Binaların Termal Performansının İncelendiği Çalışmalar

Genel olarak avlulu binalar ile ilgili çalışmalara bakıldığında avlu içi termal performansın incelendiği çalışmalar son zamanlarda oldukça sık karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmalar; avlu içi hava hareketleri, avlu-bina-güneş-gölge ilişkisi ve bina-avlulu seçeneği ve avlu içi hava hareketi ilişkisi, farklı iklim bölgelerindeki avlu termal performansları olarak incelenebilir. Kent dokusu ve yoğunluğu içerisinde avlu performansının incelendiği Holford'un yapmış olduğu çalışmada avlulu binaların diğer binalar ile olan kent dokusu içerisinde rüzgar ilişkisi ve avlu içi rüzgar ve hava akışı yönünden aralarındaki etkileşimini incelemiş ve kent içerisindeki rüzgar dağılımları oluşan kanyonlardaki rüzgar durumlarını ortaya koymuştur.

Kent dokusu ve yoğunluğu içerisindeki avlu performansının incelendiği bir diğer çalışma olan Sharples ve Bensalem'in yapmış oldukları bir diğer çalışmada ise, şehir yerleşiminde yer alan ve atmosferik şehir sınır tabakası olaylarına maruz kalan avlu ve atrium bina modellerinden hava akışı araştırılmış ve rüzgar tüneli modelinde deneysel verileri incelenmiştir (Sharples ve Bensalem 2002). Avlu üzerini kapatılması, üst örtü sisteminin farklı açılarda yerletirilmesinin avlu içi rüzgar performansının incelendiği Rafik Bensalem'in yapmış olduğu rüzgar tüneli deneysel çalışmada, avlu üzerindeki üst örtünün farklı rüzgar geliş açılara göre avlu içi termal performansı üzerine etkisi incelenmiştir. Yine avlu içi peyzaj düzenlenmesinin avlu içi rüzgar ve termal performansı üzerine etkisinin incelendiği Safarzadeh ve Bahadori'nin bir başka çalışmada, farklı iklim bölgelerinde avlu içerisinde belirlenen yerlere yerleştirilen peyzaj elemanının gerek avlu içi rüzgar ve termal performansı gerekse bina içi termal performansı üzerine etkisinin incelenmiştir (Safarzadeh ve Bahadori 2005).

Avlu seçeneğinin toplam enerji performans değerlendirmesi üzerine yapılan bir diğer çalışma da ise; Clark ve Aldawoud, merkezi atriumun enerji performansı incelenmiş ve aynı geometri ve orandaki avlulu binanın enerji performansı karşılaştırmalı olarak

incelenmiştir (Aldawoud ve Clark 2007). Bina biçim ve formunun farklı iklim bölgelerindeki iklimsel performans üzerine etkisinin incelendiği ve buradan da avlu seçeneğinin çevresel bakımdan değerlendirmesinin yapıldığı bir başka çalışmada Ratti, Raydan Steemers, avlu bina biçim ve formu ile ilgili bina formu ve çevresel açıdan iklimsel performansı üzerine sayısal analiz çalışmaları yapılmıştır (Ratti, Raydan ve Koen Steemers, 2003).

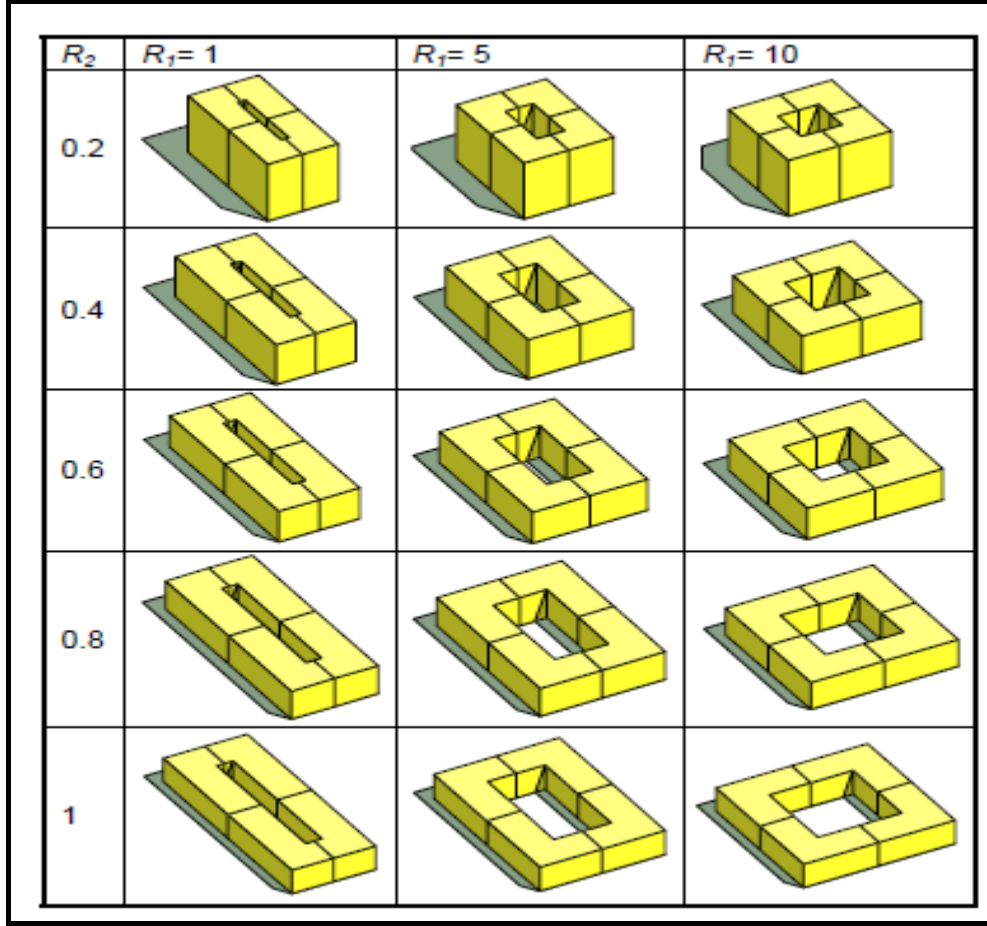
Son yıllarda özellikle farklı iklim bölgelerinde avlunun bina termal performansı üzerine etkisinin incelendiği çalışmaların sayısı hızla artmaktadır. Bunlardan Harrouni çalışmasında; ılıman ve nemli iklim bölgelerindeki geleneksel avlu binalarının avlu etrafındaki odaların iklimsel açıdan termal analizini yapmıştır (Harrouni, 2002). Torre'nin yapmış olduğu tez çalışmasının amacı, tarihi doku içerisindeki bina yerleşim planının ve bina dış formu ve şeklinin özellikle avlulu bina tipi binaların iç mekânının termal yükleri üzerine etkisinin ne kadar olduğunu incelemiş, kompakt kentsel alan içerisinde bina yönlendirilmesinin avlulu binanın termal performansı üzerine ne kadar etkili olduğunu ayrıca hava akışının avlulu bina tipinin soğutma yükü üzerine katkısının ne kadar olduğunu incelemektir (Tablada 2006). 2004 yılında yapılan Uluslar arası Eko-Ev Tasarım Yarışması'nda mansiyon ödülü kazanan Narayan'ın bir tasarım çalışması olan rüzgar kuleli avlulu binanın termal performansının tipik çöl iklimine sahip, gündüz sıcak ve kuru, gece ise soğuk ve kuru olan Hindistan'ın Jaipur kentindeki termal konforu CFD programında analiz çalışmalarını yapmıştır (Narayan, 2005). Nasser, Khalid ve Megren ekibinin yapmış oldukları çalışmanın amacı; iç avlulara sahip binalarda doğal havalandırmalı soğutmanın daha iyi anlaşılması ve optimizasyonu, aynı zamanda sıcak ve kurak bölgelerde havalandırmalı iç avlunun evin termal verimine etkilerini araştırmak içindir. Özellikle sıcak-kuru iklim bölgelerindeki avluların daha iyi termal konfor koşullarına sahip olabilmesi için avlu içerisine su ögesi olan havuz, fiskiye gibi elemanların ayrıca avlu üzeri tente tarzı örtü elemanının bulunması, yaz günleri boyunca hem avlu içi hem de avluya bitişik bina iç hacimleri için daha serin ortamların oluşmasına yardımcı olduğu görülmüştür (Nasser ve diğ. 2001). Avlulu binanın termal performansının incelendiği bir başka çalışmada ise Mohsen; avlunun geometrik ve fiziksel parametrelerinin avlu bina cephesi üzerindeki alınan güneş ısı yayılımı (radyasyonu) etkileri değerlendirilmiştir. Avlu parametreleri değiştirilerek elde edilen radyasyonun değişkenliğini incelemiştir (Mohsen 1995).

Muhaisen ve Gadi ikilisi, avlu biçimi ve avlulu bina üzerine pek çok çalışma yapmışlardır. Bunlar özellikle farklı avlu biçiminin güneş radyasyon kazanç-kayı üzerine ayrıca güneş-gölge etkisi üzerinedir. Bu ikilinin 2006 yılında yapmış oldukları çalışmanın amacı; kışın binanın ihtiyacı olan ısıyı elde etmek amacıyla yeterli miktarda güneş ışınımı sağlamak ve yazın soğutma ihtiyacı için gerekli enerjiyi azaltmak veya yeterli gölgeli alan sağlamak için avlu iç kabuğu oranlaması ve avlu biçimi çalışması yapmaktır. Yine bir başka çalışmalarında avlu biçimi ve seçeneğinin avlu içi güneş- gölge performansının etkisini incelemişler; dairesel geometrideki avlulu binaların gölgeli ve güneşli alanları hesaplamak için bir matematik modeli geliştirmişlerdir. Geliştirilen bu modelde; yıl boyunca herhangi bir zamanda güneş ve yeryüzünde herhangi oran ya da boyutlarda yerleştirilmiş olan dairesel geometrideki avlulu binaların aralarındaki etkileşimi incelenir. Muhaisen ve Gadi ikilisinin avlu biçimi ve seçeneklerini inceledikleri bir başka çalışmada; beş köşeli, altı köşeli, yedi köşeli ve sekiz köşeli gibi çok köşeli avlu biçimlerinin gölgeleme performansını incelemişlerdir. Farklı geometri ve şekillerde farklı boyutlardaki avlularda üretilmiş olan güneşli ve gölgeli alanları hesaplayabilmek için bir bilgisayar programı geliştirmişlerdir. Geliştirilen bilgisayar modeli, güneşin konumu ve avlu formu arasındaki ilişkiyi analiz etme sonucu elde edilen birtakım denklemlere dayalıdır. Tasarlanan model tarafından gerçekleştirilen parametrik bir çalışma, avlu oran ve geometrisini avlu formlarının gölgeleme performansı üzerinde çok büyük etkisi olduğunu göstermiştir (Muhaisen ve Gadi 2005, 2006).

Özellikle CFD ile avlu seçeneğinin termal performansının incelendiği çalışmalara son zamanlarda literatürde rastlanmaktadır. Bunlardan Rajapaksha, Nagai ve Okumiya yapmış oldukları çalışmalarında, sıcak nemli iklim bölgesinde tek katlı yoğun masif kabuğa sahip avlulu binalarda pasif soğutma potansiyelini CFD de araştırmışlar; ve hesaplamalı analizden elde edilen sonuçları, sıcak nemli iklim bölgesinde tek katlı yüksek masif kütleli binalarda pasif soğutma için avlulu binaların uygunluğunu ortaya koymuşlardır (Rajapaksha ve diğ. 2004). Rajapaksha ve ekibinin yapmış oldukları bir başka çalışmada, ılıman-nemli iklimde tek katlı yüksek masif kütleli bir bina içinde avlunun pasif soğutucu potansiyelini araştırmışlardır. Bina tasarımında iç avlunun varlığı iç hacimlerdeki aşırı ısınmış koşulları minimize etmek için doğal havalandırmayı artırma ve optimize etme özelliğini test etmişlerdir (Rajapaksha ve diğ. 2003).

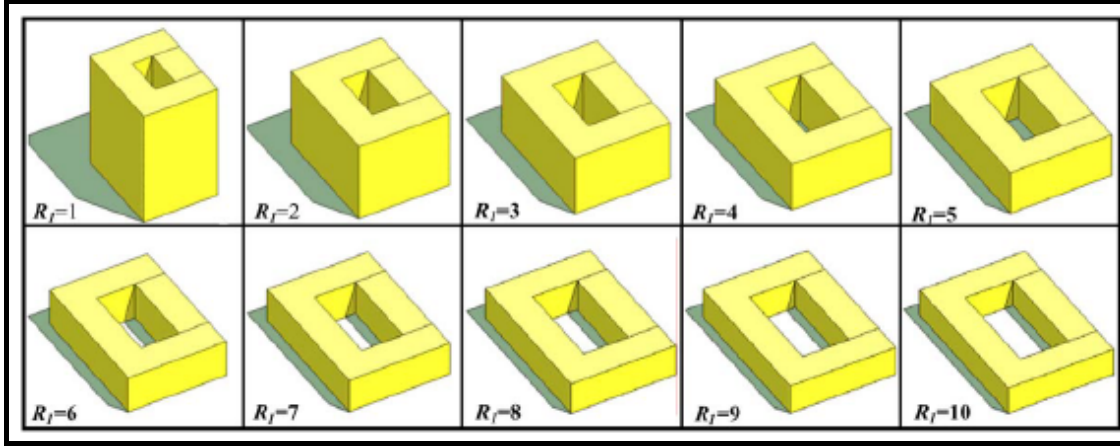
Son yıllarda özellikle sayısal simülasyon çalışmalarında artış gözlenmektedir. Deneysel çalışmalar nispeten daha azdır. Bu doğrultularda yapılan çalışmalara örnek olarak; Safarzadeh ve Bahadori'nin yapmış oldukları "*Airflow In Buildings With Courtyards*" isimli çalışmadır. İran'ın Sıcak-Kuru iklim bölgeleri olan Ahvaz, Kerman, Mashad, Şiraz, Tebriz ve Tahran şehirlerinde bulunan avlulu binaların avlu içerisindeki hava hız ve hava akış yönleri göz önüne alınarak avlu içerisindeki hava akış oranları tahmin etmek için hem rüzgar tüneline deneysel olarak hem de sayısal simülasyonları yapılarak karşılaştırmalar yapılmış ve bulgular ortaya çıkarılmıştır. Sonuçta ise avlu duvarının ve avludaki ağaçların rüzgar gölgeleme etkisinden dolayı rüzgar yönündeki binanın duvarları üzerindeki rüzgar basınç katsayıları, avlusuz binalar ile karşılaştırıldığında azalma olduğu görülmüştür (Safarzadeh, Bahadori, 2005).

Özellikle gerek ele aldıkları parametreler ve yöntem açısından gerekse sonuçları itibari ile bu tez çalışmasında önemli bir katkısı olan, Muhaisen ve Gadi'nin yapmış oldukları avlu biçimi üzerine "*Effect Of Courtyard Proportions On Solar Heat Gain And Energy Requirement in The Temperate Climate Of Rome*" isimli çalışma, bu bölüme daha detaylı olarak ele alınmalıdır. Dolayısıyla Muhaisen ve Gadi'nin yapmış oldukları bu çalışmada, farklı oranlardaki avlu bina biçimlerinin özellikle güneşe bağlı kazanımlarının toplam enerji üzerindeki etkisi üzerine yoğunlaşmaktadır. Çalışmanın amacı, avlu biçiminin yüzey alanındaki artış sonucunda, elde edilen radyasyonun değişkenliği, o iklim bölgesi için avlulu binanın ısınma ve soğuma gereksinimlerini ne ölçüde etkilediğini gözlemlemeyi hedefler.



Şekil 2.7: Muhaisen, A. S., Gadi M. B nin incelemiş oldukları dikdörtgen avlu formları (Muhaisen ve Gadi 2006).

Çalışmanın sonucunda gerek bina yüzeyindeki gölgeleme etkisi ile ilgili gerekse radyasyon kazanımı ile ilgili bazı sonuçlara ulaşılmıştır. Genellikle form sığlaştıkça , avlu zeminine daha fazla radyasyon girer ve daha az gölgeleme oluşur. Avlulu bina derinleştikçe, daha fazla gölge temin edilir ve daha az soğutma yüküne ihtiyaç vardır. Bina yüzeylerine ne kadar çok güneş radyasyonu vurursa o kadar az gölge üretilir ve sonuç olarak daha fazla ısı kazanımı üretilir. Güneşe maruz kalma oranının artması sıcaklığının etkisinin binanın iç alanını ısıtmaya katkı sağlamasına ve iç mekan-dış çevre arasındaki derecelerdeki farkın azalmasına sebebiyet vermesine sebep olur. İki değer arasındaki fark, formun kendini-gölgelemesinin alınan radyasyonu azaltma ve gerekli ısıtma yükünü artırması üzerindeki etkisini gösterir.



Şekil 2.8: Muhaisen, A. S., Gadi M. B nin incelemiş oldukları 1-10 arası R2 ve R1 avlu oranları (Muhaisen ve Gadi 2006).

Bu tez çalışmasının ana kriter değerlerinden olan “Avlulu bina biçiminin farklı iklim bölgelerinde o iklimin gerektirdiği iklimsel performansa göre optimizasyonu” çalışmasında farklı iklim bölgesinde bina biçimi ve avlulu binaların termal performansı üzerine yapılan çalışmalardan bazılarını örnek olarak Aldawoud ve Clark in yapmış olduğu “Comparative Analysis Of Energy Performance Between Courtyard And Atrium In Buildings” isimli çalışmasıdır. Bu çalışmada merkezi atriumun enerji performansı ve aynı seçenek ve orandaki avlulu binanın enerji performansı karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Bu çalışma için kullanılan avlu ve atrium tasarımı kare planlı ve etrafı binalarla çevrelenmiştir. Binada kullanılan camlama tipi ve avlu duvarının yüzdesi ile atrium tepe camı yüzdesi bu çalışmada çeşitli varyasyonlarda kullanılmıştır. İklimsel performansı incelemek için ılıman, soğuk, sıcak-nemli ve sıcak-kuru iklim bölgeleri olmak üzere dört farklı iklim bölgesi seçilmiş ve bunların meteorolojik hava bilgileri kullanılmıştır. Avlu ve atrium binaları arasında pek çok benzerlikler vardır. Aynı zamanda bu binaların enerji performanslarının prensipleri, çeşitlilikleri arasında da benzerlikler vardır. Her iki tipteki bina tipi, binalarda kapladıkları merkezi alan olarak dış çevreyle bağlantıları ve doğal aydınlatma gereksinimi sağlamaları açısından aynı fonksiyonu taşırlar (Michael ve Bendar 1986). Şu ana kadar her iki bina tipinin de pek çok ortak özelliği olmasına rağmen yapılan bazı çalışmalar göstermiştir ki; her iki bina tipi de farklı iklim koşullarında termal olarak tamamıyla farklı özellik ve durum göstermişlerdir. Ayrıca bu çalışmada Victor Olgyay’ın Amerika Birleşik Devletlerindeki dört farklı iklimsel bölgesi için geliştirdiği iklimsel sınıflandırma

sistemi kullanılmıştır. Bunlar; Soğuk İklim, Sıcak-Nemli İklim, Ilıman iklim, Sıcak-Kuru iklim bölgeleridir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar ise şöyledir;

Dört farklı bölge göstermiştir ki; avlu seçeneği düşük katlı binalar için oldukça enerji etkin seçenek olmasına karşın yüksek katlı binalar için ise atrium seçeneği oldukça enerji etkin seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır.

Sıcak-Kuru ve Sıcak-Nemli iklim bölgelerinde görülmüştür ki; avlu ile atrium seçeneği karşılaştırıldığında avlunun atriuma göre enerji etkinlik açısından avlu seçeneği oldukça önemli oranda artış sağlar. Avlu binalarının duvarlarında daha düşük yüzdede camlama ve daha düşük değerde U katsayılı cam kullanıldığı zaman enerji kazanımı oldukça yüksektir.

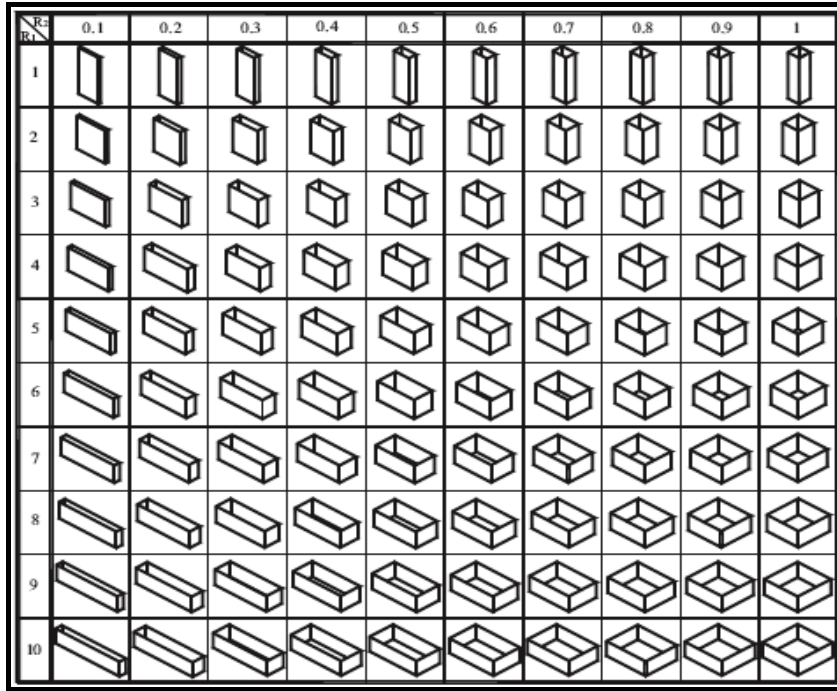
Ilıman iklim bölgelerinde düşük ve orta yükseklikteki binalarda avlu, oldukça enerji etkin bir seçenektir. Genellikle bina yüksekliği kat olarak arttıkça atrium seçeneği, avlu seçeneğine göre daha fazla enerji etkin görülmektedir. Avlunun enerji performansı göstermiştir ki; yüksek camlama oranına sahip avlunun enerji performansında bir artış görülmektedir. Avlunu binaların duvarlarında düşük-e değerli çift cam ya da üçlü camlama tipi gibi düşük U değerli camlama tipi kullanılması göstermiştir ki; avlunun enerji performansı atrium binaları ile karşılaştırıldığında avlunun performansında oldukça önemli artış sağlanmıştır.

Soğuk iklim bölgelerinde avlulu binalar, düşük katlı atrium binaları ile karşılaştırıldığında avlu seçeneği oldukça enerji etkin seçenektir. Avlu seçeneğinin yıllık toplam enerji tüketimi, atrium ile karşılaştırıldığında oldukça yüksektir (Aldawoud ve Clark 2007).

Bir başka üzerinde detaylı olarak durulması gereken avlu biçimi ile ilgili yapılan bir diğer çalışmada ise Ahmed S. Muhaisen'in farklı avlu formlarının avlu içerisindeki gölgeleme üzerine etkisini incelediği "Shading Simulation Of The Courtyard Form in Different Climatic Regions" isimli çalışmasıdır. Muhaisen bu çalışmayı 4 farklı ana iklim bölgesini temsil eden 4 farklı ülkenin şehrinde yapmıştır. Bu şehirler; Kuala Lumpur, Kahire, Roma ve Stockholm'dür. Bu şehirlerin her biri sırasıyla sıcak-nemli, sıcak-kuru, ılıman ve soğuk iklim bölgeleridir. Bu tez çalışmasında da yöntemin bir parçası olan farklı iklim bölgelerini temsilen o iklim bölgesine ait bir ili ele alma ve o ilin üzerinden iklim bölgesi ile ilgili değerlendirme yapma, ayrıca yaz ve kış iklimini temsilde 21 Temmuz ve 21 Ocak günlerine ait meteorolojik veriler

kullanma, bu çalışmadan esinlenilmiştir. Bu araştırma, farklı iklim bölgelerinde farklı oranlardaki avlulu formların gölgeleme performanslarını değerlendirmek amacıyla yapılmıştır. Farklı form ve oranları değerlendirmek için ana kriter ve fiziksel parametreler, avlu içerisine yazın istenen seviyede makul oranda gölge ve kışın ise istenen konfor seviyesinde güneşli alan sağlayabilme kapasitesi şeklinde açıklanmıştır.

Bu çalışmada incelenen avlu seçeneklerinin (Şekil 2.9) fiziksel parametrelerinin ve avlu oranlarının gölgeleme üzerine etkisi ve çalışma için seçilen bölgelerde yaz ve kış güneş alan bölgelerin oranları üzerinde çalışılmıştır. Çalışmada avlunun gölgeleme üzerine etkisi için avlu boyutunun değişebileceği görülmüştür. Aynı zamanda bütün yıl boyunca optimal konfor performansı elde etmek için uygun avlu boyutları ve oranları tavsiye edilmiştir. Bu çalışma; “CourtSun” isimli bilgisayar simülasyon programı kullanılarak yapılmıştır. Bu program, yazar tarafından farklı iklim bölgelerinde farklı boyutlarda ve çeşitli seçeneklerde gölgeli ve güneşli alanların hesabını yapmak için geliştirilmiştir. Geliştirilen bu program; açık güneş bölgeleri ve avlu seçeneği arasında ilişkisi analizi üzerine kuruludur. Program, üretilen gölgeli alan ve güneşe maruz kalan alanın bu alan için geliştirilen matematiksel eşitlikler üzerinden sayısal olarak hesaplar.



Şekil 2.9: Muhaisen' in çalışması yapılan dikdörtgen avlulu bina modelleri (Ahmed S. Muhaisen 2005).

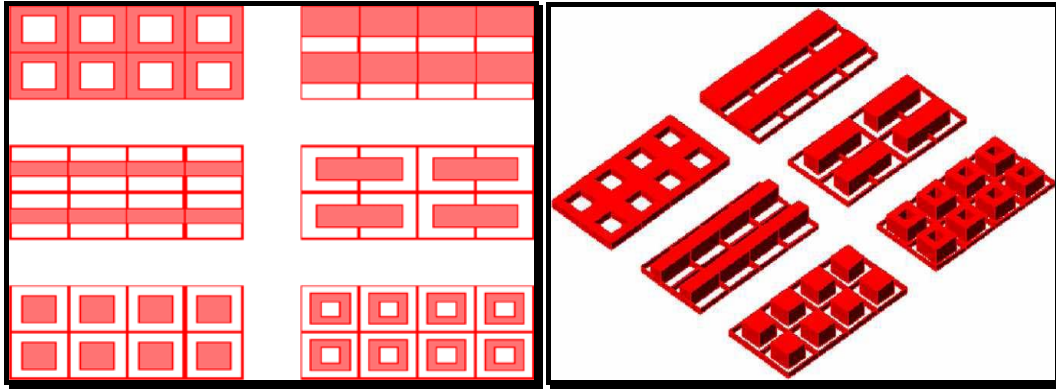
Avlu içi iklimsel koşullarının üzerine güneşin 24 saatlik yörüngesindeki pozisyonun değişikliğinin etkisi, kışın açık ve net bir şekilde gözlemlenebilir. Kışın genel eğilim olarak göstermiştir ki; duvar yüzeyine düşen güneşli alan yüzdesi, zaman geçtikçe ve öğlen saat 12.00 ye kadar giderek artmaktadır. Daha sonra zaman geçtikçe güneşli alan yüzdesi yavaş yavaş azalmaktadır. Kışın eğilim açıkça göstermiştir ki; yer enlemindeki artışla birlikte güneşe maruz yüzey alanı, gün boyunca herhangi zamanda azalma gösterir (Ahmed ve Muhaisen 2005).

Ahmed ve Muhaisen'in yapmış oldukları bu çalışmaya göre optimum avlu oranları; özellikle ele alınan katsayılar göz önüne alındığında yazın optimum gölgeli duvar yüzey alanı elde etmek için aynı zamanda kışın ise optimum güneşli alan elde edebilmek için elde edilen değerlerin daima gerçek hayat şartlarında başarılı olabilmesi mümkün olmadığından dolayı herhangi bir avlu oranını tavsiye etmek pratik olmayabilir. Bu yüzden çalışması yapılan bölgelerde hem kış hem yaz performansı için makul değerler elde edebilmek amacıyla oran aralıklarının sınıflandırılması tavsiye edilmiştir. Yaz mevsimindeki optimum oran; maksimum gölgeli duvar alanına sahip form iken kışın ise güneş ışınlarına maruz kalan form oranıdır. Kuala Lumpur'da yaz ve kış iklim koşulları arasındaki farklılıklar; yazın güneş ışınımı, nemlilik ve dış sıcaklık koşulları gibi değerler açısından, bölgenin ekvatora yakın olmasından dolayı önemsiz derecede az; yazın ise gölgeleme sağlaması açısından kışın güneş alanlara sahip yerler kadar önemlidir.

Ahmed ve Muhaisen'in yapmış oldukları bu çalışmaya göre avlunun yönlendirme etkisi ise; avlunun uzun boyuna aksını doğudan batıya doğru yönlendirme, güneşin konumuna bağlı olarak avlu duvarının pozisyonundaki değişikliğinden dolayı farklı gölgelenme koşullarına sebep olur. Avlunun iç duvar yüzeyinin düşeyde 90^0 lik açı ile sabit olmasından dolayı yönlenmedeki değişiklik, her bir yüzeyin azimuth açısında değişikliğe sebep olabilir. Bunun sonucunda bazı duvarlar uzun müddet güneş ışınlarına maruz kalabilecek iken diğer yüzeyler tamamıyla gölgeli kalabilir. Bu da binanın termal davranışı açısından oldukça önemli bir etki oluşturur. Yönlendirme açısının yanında aynı zamanda gökyüzündeki güneş pozisyonu da her bir yüzey için gölgeleme açısından önemli etki oluşturur. Bu yüzden avlu formu pozisyonundaki değişikliğin asıl amacı, güneş ile ilgili olarak optimum avlu konfor performansı sağlamaktır. Burada tanımlanan optimum yönlendirme açısı, yazın maksimum gölgeli duvar alanına sahip kışın ise minimum gölgeli yüzey alanına sahip

olan açıdır ki bu da iklimden iklime değişiklik gösterir. Sıcak-kuru iklim bölgelerinde avlu formları; kuzeydoğu- güneybatı aksı ile kuzey-güney aksı arasında döndürme ve yönlendirme, bütün mevsimler için etkin bir konfor koşulu sağlayacaktır. Yaz ve kış iklimi için optimum avlu yüksekliği elde etmek için avlu yüksekliği, sıcak-nemli iklim bölgesinde üç katlı olarak bulunurken sıcak-kuru ve ılıman iklim bölgelerinde iki katlı, soğuk iklim bölgelerinde ise tek katlı olarak bulunmuştur.

Avlu seçeneğinin incelendiği bir başka çalışma ise; Ratti, ve diğerlerinin ele aldığı “*Building Form and Environmental Performance; Archetypes, Analysis and an Arid Climate*” isimli çalışmasıdır. Bu çalışmanın amacı; sıcak-kurak iklim bölgesi için termal konfor açısından optimum biçim bulma ve avlulu binanın iç hacimleri ve avlu tarafı ve binaya yakın olan avlu alanında daha fazla saat süresince termal konforu sağlayabilecek daha az enerji tüketimini önerebilecek türde bir bina-bahçe kombinasyonunu sunacak yerleşim ölçeğinde bir tasarım / karar metodu geliştirmek amacıyla yapılmış bir çalışmadır (Ratti ve diğ.2003).



Şekil 2.10: Ratti ve ekibinin çalıştıkları altı adet basitleştirilmiş bina/bahçe kombinasyonunun plan ve 3D görüntüsü (Ratti ve diğ.2003).

Avlularla ilgili yapılan bir başka çalışma ise Harrouni'nin yapmış olduğu “*Thermal Comfort in Courtyard Housing in Morocco*” isimli çalışmadır. Bu çalışmanın amacı; Fas-Rabat bölgesindeki geleneksel avlulu bina modellerinin termal konfor performanslarını analiz etmek, simülasyonunu yapmak, bulguları karşılaştırmak, çevresel açıdan iklimsel koşullara adaptasyonunu basit araştırma metodları ile mimari parametre olarak değerlendirmektir. Bu çalışmada Fas-Rabat'ta bulunan geleneksel avlulu bina modellerinin iklimsel açıdan adaptasyonunu incelemek için yapılmıştır. Avlu etrafındaki odaların termal davranışı, ılıman ve nemli iklim

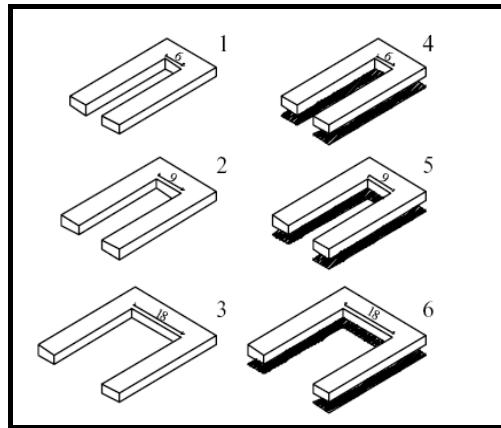
bölgeleri için analiz edilmiştir. Uygun cephe yönlendirilmesi, hava infiltrasyonu, avluyu çevreleyen koşullar, döşeme yüksekliği, duvar ve çatı izolasyonu, yaz ve kış boyunca kullanılan gölgeleme elemanları gibi iç iklim koşullarını etkileyen farklı parametreler, DEROB-LTH gibi farklı termal simülasyon programları kullanılmıştır. İklimsel tasarım için geleneksel araçlar kullanılmış ayrıca bilgisayar simülasyon programında karşılaştırılması yapılmıştır. İç avlulu binalar, genellikle aşırı iklim koşulları altında bulunan binaların mikroklimasını düzenleyen pozitif faktör olarak tanımlanır. Ancak bazı araştırmacılar avluların iklimsel açıdan bazen negatif faktör oluşturabileceğini savunurlar. Geleneksel binaların çoğunda çok yüksek ve çok düşük sıcaklıklarda da problem oluşmaktadır. Bunlar aşağıda sıralanan sebepler yüzünden oluşan termal konforsuzluk problemleridir. Avlu içi konforunu etkileyen en önemli faktör; avlunun uzunluğu ve avlu etrafındaki odaların kat yükseklikleridir. Örneğin sıcak-kurak çöl iklim bölgelerinde oda duvarlarının yüksekliği, avlunun uzunluğundan daha yüksek olduğu zaman avlunun etrafındaki duvarların iç mekanı daha iyi gölgeli alan sağladığı için avlu içi iklimi, dış ortamdaki iklim koşullarından daha iyi performans gösterir. Bunun tam tersi olarak avlu uzunluğu, avlu etrafını çevreleyen duvarların yüksekliğinden daha uzun olduğu zaman, avlu içerisindeki sıcaklık, dış ortamdaki sıcaklıktan daha yüksek değerdedir.

Khalid El Harrouni nin yapmış olduğu çalışmanın sonucunda Sıcak-nemli iklim bölgeleri için tasarım tavsiyeleri verilmiş ve avlulu binalar içerisindeki konfor için bazı sonuçlara ulaşılmıştır. Bunlar; yerleşim planı, kuzey-güney doğrultusunda olmalı, kompakt bir yerleşim planı olmalı, orta seviyede açıklık olmalı, açıklıkların pozisyonu, rüzgar yönünde ve duvar yüksekliği boyunca olmalı, hafif, düşük termal kapasiteli duvarlar ve döşemeler kullanılmalı, hafif, çok iyi izole edilmiş çatı olmalıdır.

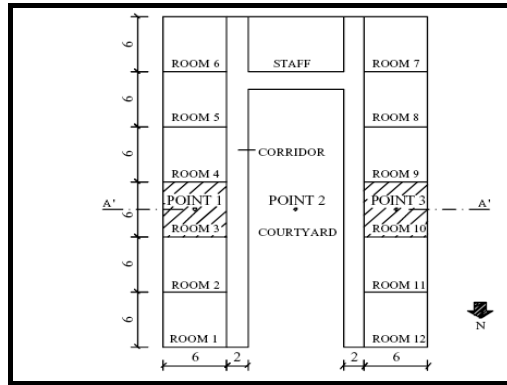
Kış aylarında; döşeme yüksekliğini azaltmak, her ne kadar yaz aylarında izolasyonun kötü yönde etkisi de olsa kış aylarında konforu sağlamak için izolasyonlu çatı ve duvarlar kullanmak. Tüm akşam saatleri ve gece boyunca gece havalandırmasını, hava değişim oranını azaltmak. Ancak sağlık sebebiyle bu oran çok düşük tutulmamalıdır. Yaz aylarında; oda döşeme yüksekliğini mümkün olduğunca yüksek tutmak, avlu içerisinde veya üzerinde kullanılan gölgeleme araçlarının boyutlarını artırmak. Gece konfor ve iş iklim koşullarını artırmak için gece havalandırmasını

mümkün olduğunca artırmak. Bütün gün boyunca düşük hava değişimi oranı tavsiye edilir.

Bir başka çalışma ise Abel Tablada de la Torre nin yapmış olduğu “Courtyard Buildings in Warm-Humid Climate A Comparative Climatic Analysis of Two Different Proposals for the Historical Centre of Old Havana” isimli çalışmadır. Bu çalışma, Küba'nın eski Havana bölgesindeki tarihi özel alanda bulunan yeni binaların termal konforları ile ilgili yapılan doktora çalışmasının bir parçasıdır. Bu bölge için önerilen avlulu binalar, bina malzemelerini ve binanın biçimini, odaların tavan ve taban seviyelerindeki termal yükleri üzerine etkisini test etmek için yapılmıştır. Hava akışının avlulu bina tipinin soğutma yükü üzerine katkısının ne kadar olduğunun incelenmesidir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre; kompakt ya da yüksek yoğunluklu kentsel alan içerisinde iklimsel tasarımın tüm sıcak nemli iklim bölgesi için tavsiye edilen tasarım kriterlerine uyulamayacağıdır. Bu tür karakteristik özellikleri taşıyan her bir kentsel alan için spesifik çalışmalar yapılmalıdır.



Şekil 2.11: Ele alınan 6 model (Tore, 2005).



Şekil 2.12: Çalışması yapılan model planı, ölçüm noktaları (Tore, 2005).

Bu çalışmadan çıkarılacak en önemli ikinci sonuç ise; kompakt kentsel alan içerisinde bağımsız alan rolü oynayan oda konsepti, iklimsel tasarım açısından tüm yerleşme alanına göre daha fazla etkindir. Bu nedenle bina, her bir parçası farklı tasarım kriterlerine göre ayrışık olarak tasarlanmalı(zemin kat, orta katlar, en üst kat, bina cephesi, bina arka cephesi, v.b) ve her bir parça farklı tasarım çözümlerine sahip olmalıdır (Tore, 2005).

Avlulu binaların özellikle pasif iklimlendirme açısından önemi ortaya koyan bir diğer çalışmanın amacı; iç avlulara sahip binalarda doğal havalandırmalı soğutmanın daha iyi anlaşılması ve optimasyonu aynı zamanda sıcak ve kurak bölgelerde havalandırmalı iç avlunun evin termal verimine etkilerini araştırmak için yapılmıştır. Doğal havalandırma, sıcak ve kuru bölgelerde önerilen doğal pasif soğutma stratejilerinden biridir. Çöl bölgelerindeki binalarda yaşayan kişilere uygun termal konforu sağlarken enerji tasarrufu da sağlamak için bu stratejiden yararlanılır.

Araştırmanın sonuçlarında dikkat çeken en önemli bulgular; özellikle sıcak-kuru iklim bölgelerindeki avluların daha iyi termal konfor koşullarına sahip olabilmesi için avlu içerisine su ögesi olan havuz, fiskiye gibi elemanların ayrıca avlu üzeri tente tarzı örtü elemanının bulunması, yaz günleri boyunca hem avlu içi hem de avluya bitişik bina iç hacimleri için daha serin ortamların oluşmasına yardımcı olduğu görülmüştür. Avlunun bir tente ile gündüzleri kapatılıp geceleri açılmasının ortalama avlu sıcaklığını önemli ölçüde düşürdüğü görülmüştür. Sıcak-kuru iklimlerde avlu, maliyet fayda analizi ve iklim açısından değerlendirildiğinde binalar için uygun tasarım stratejisidir. Avlu tasarımı, tek ya da çok katlı binalara uygulanabilir. Fakat ihtiyaç duyulan termal etkinin sağlanabilmesi için avlu, havalandırmayla iç mekanların serinletilmesine yetecek kadar sıcaklığını düşük tutacak kontrollü açıklığa gerek vardır.

Yapılan tüm analizler boyunca tüm soğutma sezonu boyunca sıcak-kuru iklim bölgesi için avlu içi iç sıcaklığı, hiçbir dönemde dış sıcaklığı aşmadığı görülmüştür (Nasser ve diğ. 2001).

2.2. Bina İçi ve Etrafındaki Hava Akış Modelleri ile BES (Bina Enerji Simülasyonu) Programları Arasındaki İlişki

Binaların enerji analizleri ve modellemeleri için tasarlanan bilgisayar programları/genel olarak "bina enerji simülasyon programları" olarak bilinir. Bu programlar geniş, çok zonlu binalar ve bunların HVAC sistemlerinin modellenmesi için tasarlanmıştır (ASHRAE, 1993). Bina içindeki sistemler arası etkileşimler doğaları gereği çok karmaşıktır. Bazı basitleştirilmiş tasarım araçları ve kılavuzlar, tasarımcının durumu anlamasına yardımcı olmak üzere var ise de, detaylı analiz için, daha ayrıntılı, bilgisayara dayalı enerji sirkülasyon araçları gereklidir (Hui, 1996). Bina kabuğu, HVAC sistemleri, aydınlatma ve kontrol elemanlarını içeren konfor ve enerji tüketimi ile ilişkili ısıl tabanlı tüm elemanlar arasındaki dinamik etkileşimi hesaplamaya yönelik olan detaylı simülasyon programları genellikle saatlik bazda ve her zon için ayrı hesaplamalar gerçekleştirmektedir (Hong, Chou, ve Bong, 2000). Bu detaylı tasarım yanında, simülasyon programları, performansa dayalı bina enerji standartlarına uygunluğun denetiminde de yararlıdır.

Bina enerji simülasyonu (BES) yöntemi, binanın dinamik davranışını modelleyerek bina enerji tüketiminin analizi ve tahminine yönelik yöntemlerdir. En popüler olanı, zamana bağlı olarak bina enerji performansını modelleyen programlardır. Bilgisayarla bina enerji simülasyonu bugün bina enerji analizinde en çok kullanılan, en esnek yöntemdir. Bina tasarım parametreleri girdidir; iç ortam koşulları ve enerji performansı çıktıdır. İklim; simülasyon sisteminin sınır koşuludur ve bina yüklerinin çeşitliliğinde temel yönlendirici gücü oluşturur. Bina simülasyonu belirli bir zaman diliminde gerçekleşen her türlü değişimin etkilerini görmeyi sağlar.

Bina simülasyon programlarında temel olarak iki modelleme stratejisi kullanılmaktadır. Bunlar; Sıralı yaklaşım ve eş zamanlı çözüm yaklaşımıdır. Yük modelleme aşamasında, genellikle iki yaklaşımdan söz edilebilir; bunlar; "ağırlıklı faktör" yöntemi ve "ısıl denge" yöntemidir (Homoud, 2001). "Ağırlıklı Faktör" yönteminde, mekanlardaki ısı kazançları daha önce hesaplanmış "ağırlıklı faktörler" kullanılarak, ısıtma veya soğutma yüklerine dönüştürülmektedir. Isı kazancı ağırlıklı faktörleri, mekana giren enerjinin depolanan miktarını ve bu depolanan enerjinin nasıl ileri saatlerde serbest kaldığını belirleyen bir dizi parametredir. Bu yöntem, ısıl kütle etkisini hesaba katmayan, sürekli hal yöntemi gibi daha basit yöntemler ile ısı

denge hesapları gibi çok daha karmaşık yöntemler ara kesitinde yer almaktadır. Isıl denge yöntemi ise, kapalı hacimdeki hava kütlelerinin net anlık ısıtma ve soğutma yükünün hesaplanmasını sağlar. Genellikle her kapalı hacim için, bir enerji dengesi ve bunlara ek olarak hava kütlesi için bir denklem yazılır. Bu denklem takımı daha sonra bilinmeyen yüzey ve hava sıcaklıkları için çözülür. Bu sıcaklıklar bulunduğundan sonra, ortam havasına doğru veya ortam havasından olan taşınım ile ısı akışları hesaplanabilir.

BES programlarında hesaplanamayan ve kullanıcıdan hazır veri girişi olarak girilmesi istenen bina içi/yüzeyi veya bina etrafındaki hava akış modeli bilgisi; hem konfor hem de enerji hesaplamaları için gereklidir. Sayısal Akışkanlar Dinamiği (CFD), binaların içindeki ve etrafındaki hava akımını tahmin etmede kullanılan en yeni ve en kesin yöntemdir (Allard, 1998). Genellikle, manuel ve ampirik hesaplama yöntemleri kesin sonuçlar üretmez ve karışık ısıtma, havalandırma ve klima (HVAC) sistemlerini açıklayamaz. Diğer yandan, bina termal ve enerji simülasyon programları (BES), tüm bir bina ve HVAC sistemleri için detaylı bir enerji bilgisi sağlayabilir. Birçok BES programı; bina kabuğu için (duvarlar, pencereler, zemin, tavan) enerji dengesi denklemlerini, 2.5 denklemini ve iç hava için de 2.6 denklemini kullanarak çözer.

$$q_{iletim} + q_{E-ışınım} = \sum_{k=1}^N q_{ışınım} + q_{taşınım} \quad (2.5)$$

$$\sum_{i=1}^N q_{taşınım} A + Q_{diğerleri} - Q_{çıkan} = \frac{\rho V_{oda} C_p_{hava} - \Delta T_{oda}}{\Delta t} \quad (2.6)$$

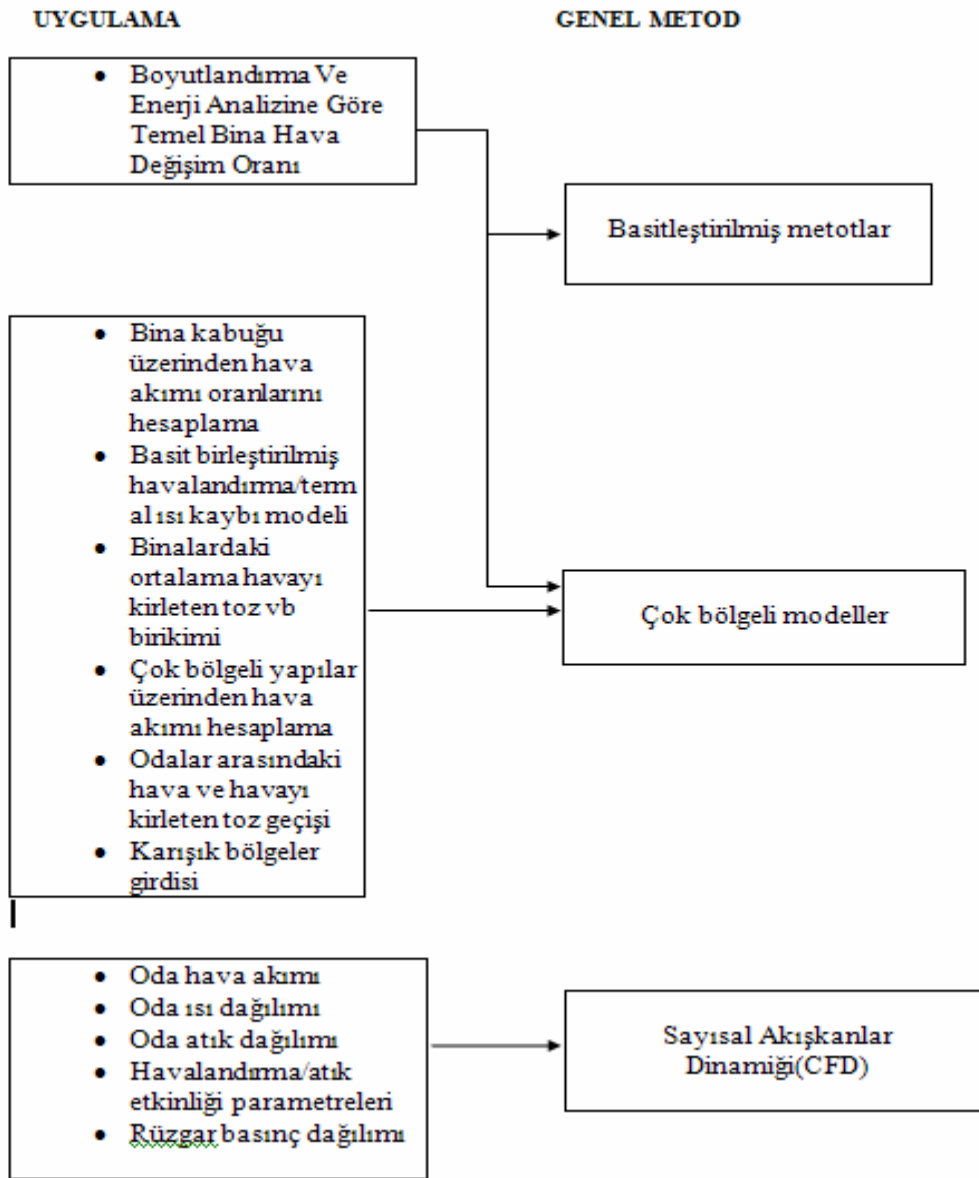
Denklemindeki çözüm, bina içi yüzey sıcaklıklarını ve yüzey taşınım ısı transferini sağlar. İçsel taşınım ısı transferleriyle denklemin (2.5)(2.6) ortalama hava sıcaklığı ve bir alanın kaybettiği sıcaklık değerini belirleyebilir (Zhai ve Chen 2003). BES’de, dış çevrenin etkisi güneş radyasyonu, dış hava sıcaklığı, gökyüzünün diğer dış sıcaklıkları, zemin ve çevre yüzeyleri, rüzgar durumları ve dış hava nemliliği gibi parametreler yoluyla ifade edilir. İç çevrenin etkisi ise ortamda bulunanlardan elde edilen ısı, ışık ve teçhizat, nem üreten kaynakları, mevcut havalandırma teçhizatlarının hassas ve potansiyel etkileri olarak ifade edilir (Allard 1998). BES, aşağıda maddeler halinde ifadelendirilen bir grup ısı ve kütle transfer mekanizmalarını hesaplar.

- Dış yüzeyler ve dış hava arasındaki dış taşınım (genellikle dış bir güç tarafından),
- Bina kabuğunun iç yüzeyleri, bina içerisinde yaşayanlar, aydınlatma elemanları vb ile iç hava arasındaki iç taşınım.Bu olay genellikle doğal ve karmaşıktır.
- Güneşten ve bazı durumlarda da bina içi ısı kaynaklarından gelen kısa-dalga radyasyonu,
- Binaları ve zemini çevreleyen gökyüzü ile kapalı yüzeyler arasındaki dış uzun-dalga radyasyonu,
- İç yüzeyler arasındaki iç uzun-dalga radyasyonu,
- Binanın farklı kapalı bölümleriyle dış bölge arasındaki geniş pencereler ve çatlaklardan hava akışı,
- Bina malzemeleri ve elemanları üzerinden iletim (bina içi ve dışsal).

Yaygın olarak bilinen BES programları, TRNSYS(Klein, ve diğ. 1976) BLAST (Hittle, 1985) DOE-2 (Birdsall, ve diğ. 1986), ESP-r (Clarke, 1985) DEROB LTH (Krist, 1999) ve ENERGYPLUS (Crawley, ve diğ 2001) tır.

2.2.1.Hava Akışı ve Termal Konfor Modellemeleri

Hem konfor hem de enerji hesaplamaları için, binalardaki havalandırma değerleri ve hava akımı özelliklerinin bilgisi gereklidir. Sayısal Akışkanlar Dinamiği (CFD), binaların içindeki ve etrafındaki hava akımını tahmin etmede kullanılan en yeni ve en kesin yöntem olmasına rağmen bütün bina dizaynları bu yöntemin kullanımını gerektirmez. Birçok tasarım talebi, diğer basit model ve araçlar kullanılarak karşılanabilir. Modelin karışıklığına bağlı olarak, binaların doğal havalandırma durumundaki hava akımının tahmininde dört farklı yaklaşım gösterilebilir (Allard, 1998). Bunlar; ampirik modelleme, ağ modelleme, bölgesel modelleme ve CFD modellemedir.



Şekil 2.13: Modellerin türüne göre hava akımı tahmini alanındaki bazı uygulamaları göstermektedir (Santamouris ve diğ 2001).

İlk üç yaklaşımın yoğunlaştırılmış özeti; Allard ve Santamouris'e dayanmaktadır (Santamouris, ve diğ 2001). Diğer yandan CFD modeli daha fazla ayrıntılı açıklanmıştır çünkü CFD, bu araştırmada kullanılan havaakımı ölçme metodudur. En basit modeller ampirik olanlardır. Bu modeller ,hava akımı değerleri ve bölgedeki ortalama rüzgar hızını ayrı ayrı ölçmek için genel ilişkiler sunmaktadır. Bunlar, bu havaakımı parametreleri için yapılacak olan öncül bir tahminde olmaktadır. Ancak ampirik modeller, uygulanabilirlik sınırları içerisinde kullanılmalıdır.

İkinci model yaklaşımı, çok bölgeli hava akımı ağıdır. Bu, iç pencereler yoluyla çeşitli bölgeler arasındaki etkileşimin ölçülmesinin gerekli olduğu durumlarda gerekmektedir.

Ağ hesap modelleri kütleli korunum ile biraz ampirik bilginin birleşimi denklemine dayanmaktadır. Bina, belli bir oda veya alanı simgeleyen birçok boğumdan oluşan bir ızgara ile simgelenir ve pencereler ilintili akım yollarıyla gösterilir. Dış çevreyle etkileşim, içtarafı dış boğumlarla bağlayan akım yollarıyla gösterilir.

Çok bölgeli hava akımı ağı yaklaşımı, mekanik havalandırma teknikleri kullanıldığında, hem ortalama atık birikimi hem de binadaki hava akımı değerini etkili bir biçimde simule edebilir. Ancak bu araçlar hava akımı özelliklerini ve bina içi rüzgar hızını tahmin edemez veya açıklayamazlar. Ağ modelleri çok düşük bir maliyete sahiptir ve kullanımı kolaydır (Santamouris, ve diğ. 2001), (Dec, 2004).

Üçüncü yaklaşım, iç sıcaklık ve rüzgar hızını ölçmek için iki temel ilkeye sahip olan bölgesel modeldir: Çalışan bölüm, birkaç makroskopik alt bölgeye ayrılır, kütle ve enerji korunumu denklemleri, ya momentum denklemleriyle ya da temel akımların tanımlanması ile birlikte kurulur.

Bu yaklaşımda, momentum denklemleri formüle edilmemektedir. Bu nedenle, herbir alt bölgede, yalnızca kütle ve enerji korunum denklemleri oluşturulabilmektedir. İki tür model bir adım öne çıkabilir. Bunlar sıcaklık ve basınç modelleridir. Sıcaklık modelleri, bina içi hava akışının simülasyonunu gerektirirken, basınç modelleri, kaybolan momentum denklemlerini formüle etmek için Bernoulli-tarzı denklemler ilave eder. Bölgesel model, ağ ve CFD modeli arasında orta bir yaklaşım olarak değerlendirilebilir.

Sıcaklık ve hava hızı alanlarında, ki bu ağ modelinden bir adım önde olduğunu gösterir, daha detaylı sonuçlar sağlarken, CFD modeline kıyasla nispeten daha basittir. Ancak, ağ ve çok bölgeli hava akımı modelleri, girdi olarak basınç katsayılarını (C_p) gerektirir. C_p değerlerinin rüzgar tüneli deneyleri yoluyla sağlanmadığı özel düzensiz binalar için C_p değerleri yalnızca CFD modeli kullanılarak elde edilebilir.

2.2.2.CFD ve Türbülans Modellemeleri

Rüzgar tüneli modeli günümüze kadar, yapılardaki hava akım özelliklerini tespit etmek için kullanılan en doğru metod idi. Fakat, sayısal CFD modeli son yıllarda rüzgar tüneli çalışmalarına bir alternatif olarak ortaya çıkmıştır. Çünkü CFD modelinin rüzgar tüneli ile karşılaştırıldığında daha fazla avantajı bulunmaktadır. İlk olarak, CFD modeli rüzgar tüneli modeline nazaran zamandan ve paradan tasarruf sağlamaktadır. İkincisi, CFD modeli üzerinde çalışılan yapının her noktasında hızın ve ısının uzamsal olarak eşit dağılımını sağlamaktadır. Buna rağmen, rüzgar tüneli modelinde de olduğu gibi yüksek düzeyde uzmanlığa ihtiyaç vardır (Blocken, 2004).

Yapıların içindeki / etrafındaki hava akımının simülasyonu için türbülans akım modelleri gereklidir. Bunlar; RANS: Reynolds-Averaged Navier-Stokes Equation, LES: Large Eddy Simulation ve DNS: Direct Numerical Simulation dir. RANS ve k- ϵ türbülans modelinin en çok kullanılan ve en geçerli modeldir. Ayrıca, k- ϵ türbülans modeli " Sadece temel ve / yada sınır koşullarının sağlanmasını gerektiren en basit türbülans modeli" dir (Versteeg ve Malalasekera 1995) (Blocken, 2004). k- ϵ türbülans modelinin temel özellikleri özet olarak aşağıda sunulmuştur.

2.2.2.1 k- ϵ türbülans modeli

k- ϵ türbülans modelinin birçok avantajı bulunmaktadır. Basit bir şekilde uygulanır, türbülans vizkozitesinin hesaplanması ile bağlantılı olarak düşük bir maliyeti vardır ve birçok akımda makul sonuçlar sağlamaktadır. Buna rağmen, k- ϵ türbülans modeli bina çeşitlerindeki hava akımını tam olarak tahmin edemez (Lakehal ve Rodi 1997). Binaların etrafındaki rüzgar akımının türbülans vizkozitesinin anizotrop niteliğini dikkate alarak, hesaplama hatalarına yol açan iki olumsuz özellik Reynolds denkleminin ortalama alınarak hesaplanması ve türbülans vizkozitesinin (ya da anaför vizkozitesi) izotropik skalar büyüklük olarak kabul edilmesidir. Türbülans-kinetik enerji tahmininde yapılan hatalar hesaplama hatalarının temel sebebidir (Murakami ve Muchida 1988) (Blocken, 2004). Bununla birlikte, birçok araştırmacılara göre bu hatalar "bir yapı modelinde ortalama hızı tatmin edici bir düzeyde yeniden üretebilecek ve basit küboid binalarda bina içi akımları tahmin edebilecek" yeterli düzeyde ince bir gridle azaltılabilir (Ayad, 1999). k- ϵ modelinin birçok versiyonu bulunmaktadır fakat bütün akımlar ve sınır koşulları için uygun

olan tek bir model mevcut değildir. Standard k- ϵ modeli en çok kullanılan modeldir (Ayad, 1999).

k- ϵ modelinin en güncel versiyonları Renormalizasyon Grup Modeli ve Gerçekleştirilebilir k- ϵ modelidir. Bu modellerden ikincisi standard modelle karşılaştırıldığında çok daha az sayısal kaynağı gerektirerek üstün bir performansa sahiptir (Blocken, 2004).

2.2.2.2 Near-Wall işlemi

k- ϵ türbülans modeli duvara yakın bölgelerde düşük Reynolds sayısının bu bölgelerdeki vizkoz etkisi nedeniyle akımı tahmin edemez. Duvara yakın bölgeler için iki farklı metod bulunmaktadır: Bunlar; 1."Duvar-Fonksiyon Metodu" ve 2. "Düşük Reynolds Sayı Modelleme Metodu". " Duvar fonksiyon metodunda iç tabaka (doğrusal alt tabaka) çözülmez. Yarı deneysel duvar fonksiyonları duvarı bağlamak için kullanılır ve tamamıyla türbülanslı alan, türbülanslı temel akımlar için geçerli olan türbülans modelleri bu duvar fonksiyonlarıyla kombinasyon halinde kullanılır. Düşük Reynolds sayı modelleme metodunda türbülans modeli duvar boyunca iç tabakanın modellenebilmesi için modifiye edilir. Duvar fonksiyonlarının kullanımı büyük kafeslerin (Kaba hasır) duvara yakın bölgelerde kullanımına kısmen olanak sağlasada düşük Re sayı modelleme duvar yakınında daha sık bir hasırın kullanımını gerektirir (Lauder ve Spalding 1974).

Duvar fonksiyonları genellikle kompleks yüksek Reynolds sayılarında ve üç boyutlu akımlarda kullanılabilir tek olanaktır. Ayrıca "duvar fonksiyonları" düşük Reynolds sayı modelleme ile karşılaştırıldığında bazı avantajları bulunmaktadır: "Bunlar ekonomiktir (daha az hesaplama zamanı ve depolama), güçlü ve oldukça doğru". Buna rağmen, duvar fonksiyon metodu akım şartları formüldeki haliyle kabul edildiğinden farklı olduğunda(sabit kayma ve bölgesel denge hipotezi) kullanılamaz.

Ansys "Fluent Code" için duvar fonksiyonlarında iki seçenek bulunmaktadır: "Standard Duvar Fonksiyonları" ve "Dengeli Olmayan Duvar Fonksiyonları". Standard duvar fonksiyonları, yüksek reynold sayıları ve duvar sınırı akımlarının çoğunluğu için doğru tahminler sunmaktadır. Buna rağmen dengeli olmayan duvar fonksiyonları ayrışma, geri dönüşüm ve yeniden bağlama da dahil olmak üzere birçok kompleks akım için gelişmeler sağlamak üzere tasarlanmıştır (Blocken 2004).

2.3. Bina İçi ve Bina Etrafında Hava Akışı üzerine CFD ile Yapılan Çalışmalar

Binaların çevresindeki hava akımı çok karışık bir fiziksel olgudur. Bu karışıklık, kompleks bina şekilleriyle, bina gruplarıyla ve düzensiz kentsel yapı bilimiyle uğraşırken daha da artar (Jiang ve Chen 2002). Bina etrafındaki hava akımıyla ilgili yapılan çalışmaların büyük bir kısmı basit dikdörtgen bina şekilleriyle ve bina içi havalandırmadaki ve binanın dışındaki bölümde var olan hava akımının ve basınç dağılımının tahminiyle uğraşmıştır. Öte yandan, kentsel hava kalitesinin öneminin artmasına paralel olarak, rüzgar yoluyla gerçekleşen aerosol nakil özellikle kent kanyonları bağlamında çalışılmaya başlanmıştır. Ayrıca, binaların içerisindeki hava kalitesi de son yıllarda önem kazanan bir mevzudur. Binaların içi/çevresindeki hava akımıyla alakalı yapılan çok büyük ölçüde çalışma olmasına karşın, bu çalışmalar çoğunlukla rüzgar yükünü veya dış cephedeki basıncı ölçmek için rüzgar mühendisliği alanında veya kentsel ve bina içi hava kalitesi alanıyla sınırlı kalmıştır (Johnson ve Hunter 1999).

Binaların çevresindeki hava akımıyla, bunun bina içi hava akımı ve doğal havalandırma üzerindeki etkisi arasındaki ilişki tek yönlü ve çapraz havalandırma basit kare bina yapıları dışında fazla incelenmemiştir (Johnson ve Hunter 1998). Dahası, yalnızca yakın zamanda, bilgisayar kaynaklarındaki gelişimden dolayı bazı araştırmacılar bina geometrisinin ve bina basınç dağılımının potansiyel doğal havalandırma ve bina içi termal konfor üzerindeki etkisini incelemiştir. İlâveten, çalışmaların çoğu ya binaların etrafındaki hava akımını simüle eder ya da çevre sınır koşulları göz önünde bulundurarak iç hava akımı örneği oluşturur niteliktedir. Son zamanlarda az sayıda da olsa birkaç çalışma, iç hava akımı ile bina dış cephe akımı arasındaki etkileşimi, oda içindeki akım özelliklerini önemli ölçüde etkilediğinden, dış ve iç hava akımları bir arada gelişmiştir (Kastner-Klein ve Plate 1999).

CFD, son yirmi yılda iç hava akışı analizi için başarılı bir şekilde kullanılmıştır ve şu an pek çok araştırmalarda kullanılmaktadır (Chen ve diğ. 1995), (Ladeine ve Nearon 1997), (Emmerich, 1997), (Nielsen, 1998). Ayrıca, binaların etrafındaki rüzgar akışı, birçok araştırmacı tarafından CFD modeli kullanılarak simüle edilmiştir (Ayad, 1999), (Kovar-Panskus ve diğ. 2002), (Jiang ve Chen 2002, 2003), (Rajapaksha, 2004), (Alvarez ve diğ. 1998) (Shao ve diğ. 1993), Murakami ve Muchida 1998). CFD'nin bina modelleri ve özellikle de binaların içindeki doğal havalandırma mekanizmalarını açıklamadaki sınırlı kullanımına rağmen, CFD yöntemi mevcut en

kesin sayısal metoddur. Dahası, rüzgar-tüneli modeline kıyasla birçok simülasyonu nispeten düşük maliyette mümkün kılar. Bu sebeplerden dolayı CFD modeli, bu tezde avlulu yapıların içindeki ve etrafındaki hava akışının tahmini için kullanılmıştır.

Avlulu yapılardaki hava akımı var olan binalar üzerinde yapılan ölçümler yoluyla çalışılmış olsa da, bu tür binalara göre bir örnek hava akımı modeli geliştirmek araştırmacıların öncelik verdiği bir konu olmamıştır. Bu kısmen avlulu binaların, yeni kentsel gelişimlerde artık pek yer edinemeyen özel bir yapı olmasına bağlanabilir. İlaveten, ılık ve soğuk iklimlerde yaygın olan avlulu binalar, ofis ve otel binaları tasarımında daha sık incelenmektedir. Binaların içi / çevresindeki havanın bilgisine sahip olmak, binaların içinde olduğu avlularda ve kentsel kanyonlarda da hava akımı modellerinin tanımlanabilmesi için çok önemlidir. Dahası bina içi termal konforun tahmin edilebilmesi, yalnızca kompleks hava modelinin binalarla etkileşiminin tam olarak kavranmasıyla kestirilebilen bina içi hava hızı bilgisi gerektirir.

Binalar etrafındaki hava akış modellerinin anlaşılması, dayanıklı bina kabuğu tasarımı için çok önemlidir. Model ölçek binalar ve yapılar, sınır tabaka rüzgar tüneline deneyleri yapılmış ve test edilmiştir. J.C. Cermak tarafından 1956 yılında ilk çalışma, Dünya Ticaret Merkezi binasının modeli üzerinde yapılmıştır. Fiziksel modelleme teknikleri, dağ-vadi arası rüzgar koşulları, rüzgar-dalga etkileşimi gibi çeşitli problemlerin çözümünde kullanılmış ve geliştirilmiştir (Cermak, 1984), (Davenport ve diğ. 1985). Bu gelişmelerin rüzgar mühendisliği alanında pek çok önemli katkısı olmuştur.

Sınır tabaka rüzgar tüneline deneylerinin bina kod ve standartlarının uygulanmasında çok önemli bilgi kaynağı olmuştur (Cermak, 1987). Boyutsal analiz metodu, full ölçekli performansın model-test sonuçları ile ilgili genel prosedürdür. Doğal rüzgarlı koşullarda full ölçekli prototipin davranışını tahmin etmek için yapı ve atmosferik sınır tabakanın fiziksel özellikleri ile ilgisi, uygun bir şekilde model üzerine aktarılmalıdır. Böylece model ve prototip arasındaki tüm basitliğe ulaşabilmek için Reynolds ve Froude sayısı gibi pek çok boyutsuz parametre kullanılır. Pratikte ise bütün bu boyutsuz parametrelerin kullanılması neredeyse hiç mümkün değildir. Her hangi bir özel çalışma içerisinde uygun parametrelerin benzerliğinin seçimi doğadaki problemlere bağlıdır.

CFD alanındaki ilerlemeler ve sayısal modelleme teknikleri, binalardaki uygun rüzgar akışlarını elde etmek için yeni yaklaşımlar sağlar. Özellikle CFD ile çalışılan avlulu binaların termal performansı ile ilgili olarak bina içi ve bina etrafında hava akışının incelendiği “*A ventilated Courtyard As A Passive Cooling Strategy in The Warm Humid Tropics*” isimli çalışmada; ılıman-nemli iklimde tek katlı yüksek masif kütleli bir bina içinde avlunun pasif soğutucu potansiyelini araştırmaktır. Bina tasarımında iç avlunun varlığı; iç hacimlerdeki aşırı ısınmış koşulları minimize etmek için doğal havalandırmayı artırma ve optimize etme özelliği kazandırır. Ancak, bu iklimlendirme stratejisinin etkinliği ve yeterliliği, avluya doğru uygun hava akış modelleri temin etmek için bina elemanlarının tasarım detaylarına bağlıdır. Hesaplamalı analiz çalışmasında bazı hava akışı modelleri tespit edilmiştir. Eğer avlu, gökyüzüne açılan kısımdan havayı emmekten-içeri almaktan ziyade, iç mekanın ısınan havasını dışarıya veren bir huni görevini görürse, daha iyi iç mekân termal değişikliği ve daha iyi iç konfor özellikleri görülür.

CFD’ den elde edilen sonuçlar, bizlere ılıman nemli iklimdeki tek katlı büyük kütleli bir yapıdaki avlunun pasif soğutuculuk potansiyelini ortaya koymuştur. Kütle hava ısı değişimi ve gün içerisindeki iç mekan hava sıcaklığını dış çevre sıcaklığının alt seviyelerine indirmek için olan avlunun etkisi, iç mekan hava akışı modeli ile ilişkilendirilir.

Çevre dışı rüzgar iklimi verileri verildiği ve ölçülmüş etkili havalandırma oranı oluşturulduğu (kurulduğu) zaman, CFD simülasyonları bina üzerinde etkili iç mekan havalandırması için uygun boşluk kompozisyonu oluşturmada araç olarak kullanılabilir. Bu mimari tasarım sonucundan elde edilen sonuç, ılıman nemli iklimlerde iç avlulu doğal havalandırma tasarımı ile planlanmış yüksek kütleli konut yapılarında kullanışlı bilgiler sunmaktadır (Rajapaksha ve diğ. 2003).

2.3.1. Hava Hareketinin Termal Konfor Üzerine Etkisi - Konu Üzerine

İncelenen Çalışmalar

Hava akımının insan üzerindeki konfor etkisi üzerine oldukça fazla sayıda çalışmalarla gösterilmiştir. Rüzgarı mekana alma, insan üzerine yönlendirme; en sıcak dönem boyunca özellikle de Sıcak-Nemli, Ilımlı-Nemli iklim bölgelerinde termal konforu elde etmenin en etkili yollarından birisidir. Yüksek hava hızları, insan teninin yüzeyindeki buharlaşma oranını artırır ve böylece daha serin bir his

duyulur. Çünkü hava hareketi insan vücuduyla çevresi arasındaki iletimsel ısı ve su kütlesi değişimine karar veren mekanizmadır (Givoni, 1994). Hava hareketine bağlı olarak duyulan serinlik hissi, izafi nem oranının yüksek olduğu zamanlarda, ter ve buharlaşma oranı artar ve kişi, derinin nemli durumuna nispeten ani bir serinlik hissi duyar. Nemli ortamlarda, insanların termal algılarında meydana gelen bu ani değişim, son olarak oluşan ısı konforu koşulu yaratmaya yeterli olmasa da ilaveten bir psikolojik serinlik etkisi üretir. Sonuç olarak sıcak ve nemli durumlarda dışarıdaki hava sıcaklığının içeridekinden birkaç derece fazla olduğu durumlarda bile hava hareketi ve doğal havalandırma konforu arttırır. Bir çok araştırmacı doğal havalanmanın rahatlatıcı bir etki gösterebileceği sıcaklık limitleri üzerinde çalışmışlardır. Givoni'ye göre doğal havalandırma, sıcaklık hissini sıcaklığın $33C^0$ nin altında olduğu zamanlarda azaltılabileceğini ileri sürer. $33C^0$ ve $37C^0$ arasında hava hızı, ısı hissi önemli ölçüde etkilemez, ve eğer, nem oranı düşükse rahatsızlık bile oluşturabilir (Givoni, 1998). Yüksek hava hızında, insanlar daha düşük hava hızı ve sıcaklık kombinasyonlarında elde ettikleri kabul edilebilirlik seviyesine ulaşabilir ve o an var olan konfor durumunu kabul ederler. Ancak, odanın gereksinim ve işlevlerine göre, hava hızının artışlarında bazı limitler vardır (Toftum ve diğ. 2000), (Olesen ve Parsons 2002).

ASHRAE 55 Standardı, iç hava hızıyla ilgili olarak 0,8m/s lik bir değer önerir. (ASHRAE Standard 55, 1992). Çünkü daha yüksek hız değerleri, bina duvar kaplamalarının gevşemesine ve dökülmesine neden olabilir. Bu tür hava hızları kişinin, örneğin, %60 üzeri nemin olduğu bir durumda, sıcaklığı 2^0C artan bir odada optimum konforu sürdürmesine imkan tanır (Allard, 1998). Ancak önerilen bu hava hızları, ofislerdeki gereksinimler baz alınarak oluşturulmuştur; evler söz konusu olduğunda, yaşayanların yaptığı etkinlikler de hesaba katılacak olursa hava hızının limiti çok daha yüksek olabilir. Sıcak ve nemli durumlarda yüksek hava hızına gösterilen tolerans daha fazladır. Bu durum yalnızca kabul edilebilir olmakla kalmayıp, yüksek hava hızı ayrıca arzulanabilir. Gece ile gündüz arasındaki düşük sıcaklık farklarından dolayı bina yapısında pek de bir serinletici etki üretilmeyecektir. Dahası sıcak ve nemli bölgelerde söz konusu termal konfor olduğunda temel hedef, insanlar üzerinde doğrudan bir serinlik yaratma olmalıdır; mesela yalnızca bina yapısını serinletmektense hava hareketi yoluyla insanları da serinletmek tercih edilmelidir.

Bu nedenle gece-gündüz arasındaki küçük sıcaklık farklılığından dolayı serinletici bir etki yapamayacak olan ve ayrıca insanların genel yaşayış ve özelliklerine aykırı olan bir strateji ortaya atma, bina tasarımı ve termal konfor yönünden başarısız sonuçlara yol açabilir.

2.4 Binalarda İklimsel Termal Konfor-İklim Konfor İlişkisi

Farklı iklim ve farklı çevre koşullarındaki mimaride meydana gelen tüm evrimler ve gelişmeler; kısmen hem binaları, bulunduğu yerel iklim koşullarına adapte etmenin hem de kullanılan bina içi ve dışı mekanları dış hava muhalefetinden korumanın sürekli bir çabasının sonucu olmuştur. Ancak, bilimsel bir kavram olarak termal konfor; XIX. yüzyılın ikinci yarısından itibaren önem kazanmaya başlamıştır. Kapalı ve yapay sahalarda çalışan insan sayısındaki artış, mühendisleri özellikle, çalışanların üretkenliği bakımından daha duyarlı olmaya itmiştir. Dahası, 1920'in Modern Akımı, tıka basa dolu olan Avrupa sanayi şehirlerindeki sağlıksız yaşam koşullarına daha da dikkat çekmiştir. Modernistler, 'modern insan' a daha rahat ve sağlıklı yaşam koşulları sağlamanın bir yolu olarak temiz hava, ışık ve yeşil alan gibi konulara büyük önem vermişlerdir. 1970'lerdeki enerji krizi ve bu sırada enerjiye olan talebin sürekli artması ,binalarda konfor sağlama maliyetinde ani bir artışa sebep olmuştur.Bu durum, araştırmacıları,makbul termal konfor elde etme ama bunu daha az enerji ve para tüketerek yapma konusuna daha fazla yöneltmiştir. Hasta Bina Sendromu (The sick building syndrome), bu farkındalığa, sağlıklı bir çalışma ortamıyla birlikte termal konforu doğal yollarla elde etme gereksinimini eklemiştir. Son zamanlarda, sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir gelişim kavramları da yalnızca varolan ekonomik sorunları çözmekle kalmayıp doğal çevrenin korunmasına da katkıda bulunan stratejilerin tasarlanmasına ve bazı tekniklerin geliştirilmesine katkıda bulunmuştur. "Termal konfor" la ilgili birçok tanım yapılmıştır.

"Termal konfor" la ilgili birçok tanım yapılmıştır. ASHRAE 55-74 Standardı, termal konforu, "zihnin, içinde bulunduğu termal ortamdan haz duyması" olarak tanımlar (ASHRAE 55-74 Standards, 1974). Fanger, bireyin "termal nötrlük durumu" ve bu durumunun kişinin "ne daha sıcak, ne de daha soğuk bir ortamı tercih etmeyeceği durum" olarak tanımlamıştır (Fanger, P.O., 1972). Fanger; termal çevreyle birey arasında gerçekleşen bu doyumun içinde ilk olarak Macpheson tarafından tanımlanan; çevre veya hava sıcaklığı (Ta), ortalama radyant sıcaklığı (MRT), su

buharı basıncı (pv) ya da izafi nem oranı (RH), izafi rüzgar hızı (V) ve kişisel parametreler, giyim kuşam veya ısı direnci (I_{cl} yada Clo) ve hareketlilik veya metabolik hız (m) gibi birçok parametrenin yer aldığı insan vücudunun ısı dengesine dayalı olduğunu ifade eder (Macpheson RK.1962, Sayigh, A., Marafia, A., 1998).

Givoni, gibi bazı diğer araştırmacılar, termal konforu sıcaklık veya soğukluğa dayalı öfke ya da rahatsızlık duyulmaması, ve memnuniyet içeren bir durum olarak ifade ederler (Givoni, B. 1976). İnsan vücudunun termal konforu devam ettirmesinin ilk koşulu, ortamda bir ısı dengesinin varolmasıdır. İnsan vücudu termodinamik bir sistemdir. Sindirim sistemi ve oksijen tüketiminden mekanik iş ve ısı üretme yetisine sahiptir. Bu sistem, iç organların sağlıklı ve düzenli işlemesi için sürekli olarak

+/- 37,5 °C civarında bir sıcaklığı gerektirir (Butera, F.M., 1998). Bu nedenle, sabit metabolik hıza sahip olan sabit (ortalama) termal bir çevreye uzun süre maruz kalındığında, insan vücudunun uygun bir ısı dengesinin oluşacağı ve böylece ısı üretiminin ısı dağılımını eşitleyeceği farzedilebilir (Fanger, P.O., 1972). Bu ısı, çevreye, deriden konveksiyon ve radyasyon yoluyla dağılır. Bu nedendir ki deri, çevresel değişimlere maruz kalan ve sıcaklığını, ter örtüsünü ve üzerinde bulunan vücut kıllarının pozisyonunu uygun şekilde değiştirerek reaksiyon gösteren organdır. Eğer, radyasyonla ısı kaybı, metabolik hızı dengelemek için yeterli değilse, deri bezelerince ter üretilir ve üretilen bu terin buharlaşması, gerekli olan ilave serinliği sağlar. Eğer nem değerleri yüksekse, ter buharlaşmasının yarattığı serinlik etkisi azalır. Böyle bir durumda, vücut gerekli fizyolojik serinliği üretmek için daha düşük nem oranına sahip olan yerlerde ürettiğinden daha fazla ter üretir. Daha sonra, derinin üzerinde, buharlaşmayı ve dolayısıyla da serinletici etkiyi önleyen ince bir ter örtüsü oluşturulur (Givoni, B., 1998).

Birçok çalışma termal duyarlılığı etkileyen bazı ölçülmesi mümkün olmayan konfor faktörleri de olduğunu ortaya koymuştur. Kültür, alışkanlık ve gelenekler, zihinsel durum ve beklentiler belli termal durumlara karşı gösterilen toleransın boyutunu değiştirebilir. Fanger ve daha başka araştırmacılar tarafından iklimlendirmesiz ve iklimlendirmeli, ayrıca doğal havalandırılmalı binalar üzerinde yapılan çalışmalar, farklı bölgelerden gelen insanların sıcaklık ve konfor tercihlerinde herhangi bir farklılığın olmadığını göstermiştir (Fanger, P.O. 1973, Olesen B. W., 1987) (Tanabe, S., Kimura, K. and Hara, T. 1987).

Dahası cinsiyet, yaş, 24 saatlik veya sezonluk ritimler gibi faktörlerin de tercih edilen termal çevreyi etkilemediği görülmüştür. Kişilerin çevreye fizyolojik adaptasyonlarının, tercih edilen ortam sıcaklığı üzerindeki etkisi fazla değildir. Ancak rahatsız edici sıcaklık veya soğukluğun olduğu çevrelerde yada değişen hava koşullarında, adaptasyon çoğu kez etkili olacaktır (ASRHAE 2001). Çünkü insanların çevrelerindeki değişen durumlara adapte olmaya doğal bir yatkınlıkları vardır (Nicol, J.F., Humphreys, M.A., 2002).

“Adaptasyon” terimi” organizmanın çevredeki tekrar edilen uyarıcılara verdiği tepkilerin giderek azalması” diye tanımlanır ve bina sakinlerinin, kendi şahsi ve ortak gereksinimlerine uygun bina içi havayı oluşturmak için geçtikleri tüm aşamaları kapsar(Brager, G.S., de Dear, R.J.,1998).

Üç tür adaptasyon vardır. 1. Davranışsal adaptasyon, 2. Fizyolojik adaptasyon, 3. Psikolojik adaptasyon,. Davranışsal adaptasyon, üç kategoriye ayrılabilir (Clark, R.P., Edholm, O.G., 1985).

Kişisel adaptasyon: Kişisel değişkenleri değiştirerek ortama uyum sağlama, elbiseyi, etkinliği, duruşu ayarlama, sıcak/soğuk yiyecek veya içecekler yiyip/içme, yada başka bir yere gitme gibi.

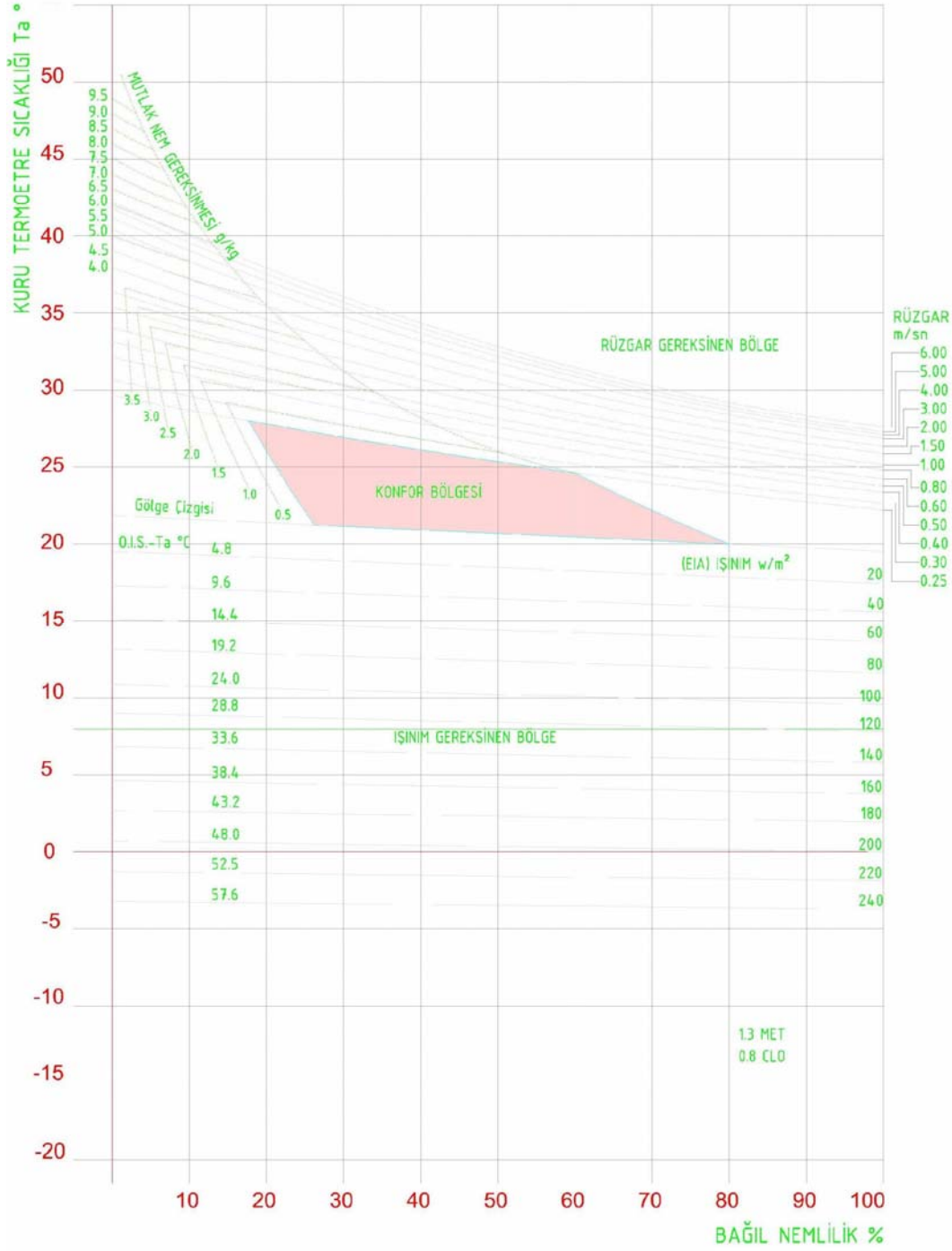
Teknolojik veya çevresel adaptasyon: Kontrol etme gücüne sahip olduğumuz durumlarda çevre koşullarını değiştirme; pencereleri yada gölgelikleri açmak/kapatmak, soğutma veya ısıtma sistemini çalıştırma, havalandırmayı kapatmak yada diğer HVAC kontrol sistemini harekete geçirmek, vb.

Kültürel adaptasyon: Yapılacak işlerin planlanmasını, öğlen uykularını, giysi alışkanlıklarını ayarlama vb. içerir.

Fizyolojik adaptasyon iki kategoriye ayrılabilir: Genetik Adaptasyon: Bir kişi veya bir insan grubunun genetik kalıtımı haline gelen ve süre olarak bir bireyin yaşam süresinden daha uzun zamanda oluşan değişikliklerdir. İklima Alıştırma: Bir veya daha fazla çevresel strese maruz kalmaya tepki olarak fizyolojik termaregülatör sistemde günler veya haftalar boyunca meydana getirilen değişikliklerdir.

İklimsel konfor, kişinin belirli değerlerdeki; iç hava sıcaklığı, bina kabuğu iç yüzey sıcaklığı, nem ve hava hareketi gibi iç iklim bileşenlerinin oluşturduğu çevre etkisi altındayken rahatsızlık (konforsuzluk) hissi duymadığı durum olarak tanımlanmaktadır (Berköz, 1973). İç iklim bileşenleri kişilerin; yaş ve cinsiyetine,

yapılan eylemin düzeyine, giysilerin ısı direncine, kişinin mekân içindeki konumuna bağlı olarak iklimsel konfor üzerinde etkili olmaktadır (Berköz, 1973). İklimsel konfor koşulları; bina içinde iklimsel konfor standartlarının saptanmasına, iklimsel açıdan konforlu olması ve enerji tüketiminin azaltılması istenen ekolojik binaların tasarım ölçütlerinin belirlenmesine veri oluşturmaktadır.



Şekil 2.14: Bioklimatik diyagram (Zeren, 1978).

Şekil 2.14’de, iç mekânda giysileriyle (ısı direnci 0.8 clo), hafif düzeyde eylemde bulunan (eylem düzeyi 1.3 MET) ve her iki cinsiyet grubuna giren yetişkinler için hazırlanmış konfor grafiği görülmektedir. X ekseninde bağıl nem yüzdeleri, Y ekseninde kuru termometre sıcaklıkları yer alan grafik, gölge çizgisi tarafından iki ana gereksinim bölgesine ayrılmaktadır. Gölge çizgisinin altında yer alan bölge en az sıcak dönem olarak (EASD) adlandırılmaktadır. Bu bölgede düşük hava sıcaklığı etkisinin karşılanabilmesi için güneş ışınımıyla pasif, aktif, karma veya yapma ısıtma gereksinimini belirlemektedir. Gölge çizgisinin üzerinde yer alan bölge en sıcak dönem (ESD) olarak adlandırılmaktadır. Bu bölgede durgun ve hareketli hava koşulları için belirlenen temel gereksinim “gölge”dir. Durgun hava koşullarında yalnız gölge ihtiyacının belirlendiği bölge, konfor bölgesi olarak adlandırılmaktadır. Konfor bölgesinin üst sınırı üzerinde yer alan bölgede ise bağıl nem ve hava sıcaklığı birleşimlerine bağlı olarak iklimsel konforun sağlanabilmesi için gölgeye ek olarak belirli miktarlarda hava hareketi ve nemlendirmeye gereksinim duyulmaktadır (Berköz,1973, Kocaaslan, 1991).

Çizelge 2.2: Konforlu bir iç mekân için önerilen değerler (Göksal ve Ülgen, 2000).

Mekân adı	İç ortam havası °C		Bağıl nem %		Hava hareketi en fazla m/s		İç yüzey sıcaklığı °C	
	Yaz	Kış	Yaz	Kış	Yaz	Kış	Yaz	Kış
Yaşama	22-25	19-22	40-60 arası	40-50 arası	0,2-0,4 arası	≤ 0,2	Hava sıcaklığının 2-3 °C altında	Hava sıcaklığının 2-3 °C altında
Yatma	19-22	17-20						
Mutfak	20-22	18-20						
Banyo	22-25	20-23						
Wc	19-22	17-20						
Koridor	19-22	17-20						
Merdiven	18-20	16-18						
Çalışma odası	22-24	19-22						

Konforlu bir iç mekân için önerilen optimum değerler; mekân sıcaklığı (20-22°C), iç yüzey sıcaklığı (17-19 °C), döşeme sıcaklığı (18-20 °C), tavan döşemesi sıcaklığı (18-20 °C), hava hareketi (≤ 0,2 m/s), bağıl hava nemi (% 50) ve düşeyde sıcaklık farkı (≤ 3 °C) olarak verilmektedir(Çizelge 2.2). Bu değerlerin dışına çıkılması kişiler açısından konforsuz iç mekân oluşumuna, dolayısıyla yapma ısıtma veya soğutma enerjisi gereksinimine neden olacaktır.

Sonuç olarak biyoklimatik grafik; yapılı çevrenin hem değerlendirilmesinde, hem de oluşturulmasında kullanılacak, iç iklimsel konfora dayalı biyoklimatik tasarım yöntemlerine veri sağlamaktadır.

3. AVLULU BİNA BİÇİMİNİN FARKLI İKLİM BÖLGELERİNDE İKLİMSEL PERFORMANSA GÖRE OPTİMİZASYON MODELİ

Çalışmaya, farklı iklim bölgesinin gerektirdiği her iklim bölgesi için iklimsel, meteorolojik farklılıklara göre optimum avlu biçiminin belirlenmesi ve konfor koşullarının sağlanmasına yönelik bir model oluşturulmasına olanak sağlayan bir çalışma yapma ihtiyacından yola çıkılmıştır.

Bu çalışmanın amacı, tüm iklim bölgelerinde mikro iklimi düzenleyici olarak; özellikle de sıcak-kuru iklim bölgesinde pasif iklimlendirme aracı olarak kullanılan avlulu binalar hakkında ulaşılabildiği kadarıyla avlulu binaların enerji etkinliklerini araştırma, ayrıca belirlenen farklı iklim bölgeleri için belirlenecek konfigürasyonlar üzerinde bilgisayar enerji simülasyonu kullanarak farklı tasarım ve iklim koşulları altında gerçek meteorolojik verileri kullanarak bu binaların farklı termal davranışlarını doğru bir şekilde tahmin ederek ortaya koymak ve böylece hem sıcak-kuru ve sıcak-nemli hem de soğuk iklim bölgeleri için; o iklim özellik ve verilerine uygun olarak optimum avlu biçimini ortaya koyarak tasarımcılara yeni bir bilgi sağlamaktır.

Avlulu binaların yerleşim ölçeğinde ve tek yapı ölçeğinde yapılaşma sınırlamaları için kriter oluşturma, bilgilendirme amacıyla bu binaların ısı kazançları ve kayıplarının optimizasyonunda yararlanılması, ülke ekonomisinde enerji harcamalarının yaklaşık % 40'lık bir payını oluşturan iklimlendirme enerjisinin daha etkin kullanımında rol oynayacaktır. Ayrıca mimarlara ve bina tasarımcılarına, bu tip binalar üzerine olabilecek çeşitli faktörlerin etkilerinin anlaşılabilmesini sağlamak için yardımcı olacaktır. Tasarımcılara gerçek dünya koşullarında basit ama farklı senaryolar üretmek, avlulu binaların termal performansları açısından gerçek dünya koşulları karşısında nasıl davranacağını tecrübe etmelerine yardımcı olacaktır.

Öncelikle avlu bina biçiminin gerek avlu içi gerekse bina içi toplam enerji performans analizini, enerji tüketimini, kullanıcı konfor koşullarını gerçekleştirmek, geleneksel bina biçimlerine göre daha karmaşık olaylar ve bunların birbirleri ile olan

etkileşimi daha kompleks olduğu için bu modele uygun simülasyon programı seçimi üzerinde durulmuş ve pek çok farklı simülasyon modelleri incelenmiştir.

Avlu seçeneği içerisinde karşılaşılan karmaşık olaylar ve birbirleri ile olan etkileşimini simüle edebilecek olan seçilecek sayısal hesaplama modeli; hem avlu içi hem bina yüzeyinde oluşacak güneş ışınlamı, bina-güneş-gölge ilişkisi, rüzgar akışı, nem v.b atmosferik koşullar sonucu bina ile olan etkileşimini hem de bina iç hacimlerinin toplam enerji kazanç ve kayıplarını hesaplayabilmelidir. Bu amaçla bu çalışmada, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği CFD Ansys Fluent simülasyon programı kullanılmasına karar verilmiştir.

3.1. Varsayımlar ve Kısıtlamalar

Bu çalışma, Türkiye’de “Sıcak-Kuru İklim”, “Sıcak-Nemli İklim”, “Ilıman-Kuru İklim”, “Ilıman-Nemli İklim” ve “Soğuk İklim” olarak görülen beş farklı iklim bölgesi içerisinde üç temel iklim bölgesi yani “Sıcak-Kuru İklim”, “Sıcak-Nemli İklim” ve “Soğuk İklim” bölgeleri ile sınırlanmış, ayrıca yedi farklı avlu seçeneği arasında karşılaştırmalı analizler ile sınırlanmıştır. Ele alınan seçenek oranları ve sayısı ile bina yerleşimi, konumları değiştirilerek daha fazla karşılaştırma yapabilmek ve şu anki hipotezi genişletmek için daha ileri çalışmalar yapılmalıdır. Bu çalışmadaki bir diğer kısıtlama ise bu çalışmada kullanılan simülasyon programının bağıl nem parametresini dikkate almamasıdır. Konfor simülasyonu, bağıl nemin etkisini test etmek ve bina sakinlerinin termal hissinde etkili olan hava hızını test etmek için yapılmalıdır.

Tüm analizlerde avlu konumları doğu-batı doğrultusunda artırılarak tüm seçenekler için saatlik bazda her bir saat için ayrı ayrı olarak toplam 24 saatlik analizler yapılmıştır. Ayrıca bu çalışmada yapılan bir diğer kabul değer ise; ele alınan her bir konfigürasyon için yıllık olarak tüm ay ve günler yerine yaz ayları soğutma dönemi yani soğutma ayları için 7. ay, ve en sıcak dönem örneği olan 21 Temmuz; kış ayları ısıtma dönemi yani ısıtma ayları için ise 1. ay ve en az sıcak dönem örneği olan 21 Ocak günleri için analizler yapılmıştır. Avlulu bina saydam yüzey oranları sınırlaması ise; avlu seçeneğinin bina dışı cephelerinde saydam yüzey oranı %20, opak yüzey oranı %80 iken; bina avlu cephelerinde bu oran saydam yüzey oranı %40, opak yüzey oranı %60 şeklindedir. Değişken avlu oranlarının güneş radyasyonu ve dolayısıyla da binanın gerekli enerjisi üzerindeki etkisini

gözlemleyebilmek için, güneş ısı kazanımı haricinde farklı termal faktörler araştırma süresince sabitlendi. Ele alınan avlulu bina seçeneklerinde mekanik HVAC düşünülmedi Isı kazanımının yalnızca güneş ısı kazanımından kaynaklanması beklenmektedir. Avlulu bina biçimlerinin her bir kat yüksekliği ortalama 3.00 m olarak ele alınmıştır. Tüm avlulu bina seçeneklerinde 21 Ocak ve 21 Temmuz bina içi ısıtma ve soğutma yükü için iç ortam konfor sınır sıcaklık değeri 25 °C kabul edilmiştir.

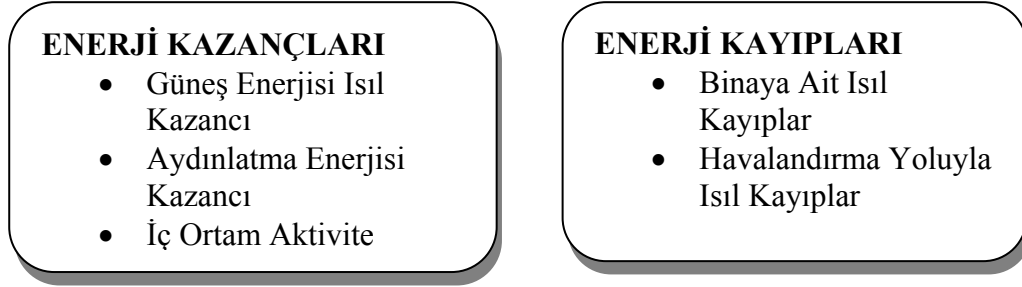
3.2. Çalışma Süreci

Optimizasyon modeli, aşağıda verilen akış şemasına uygun olarak dört aşamadan oluşmuştur.

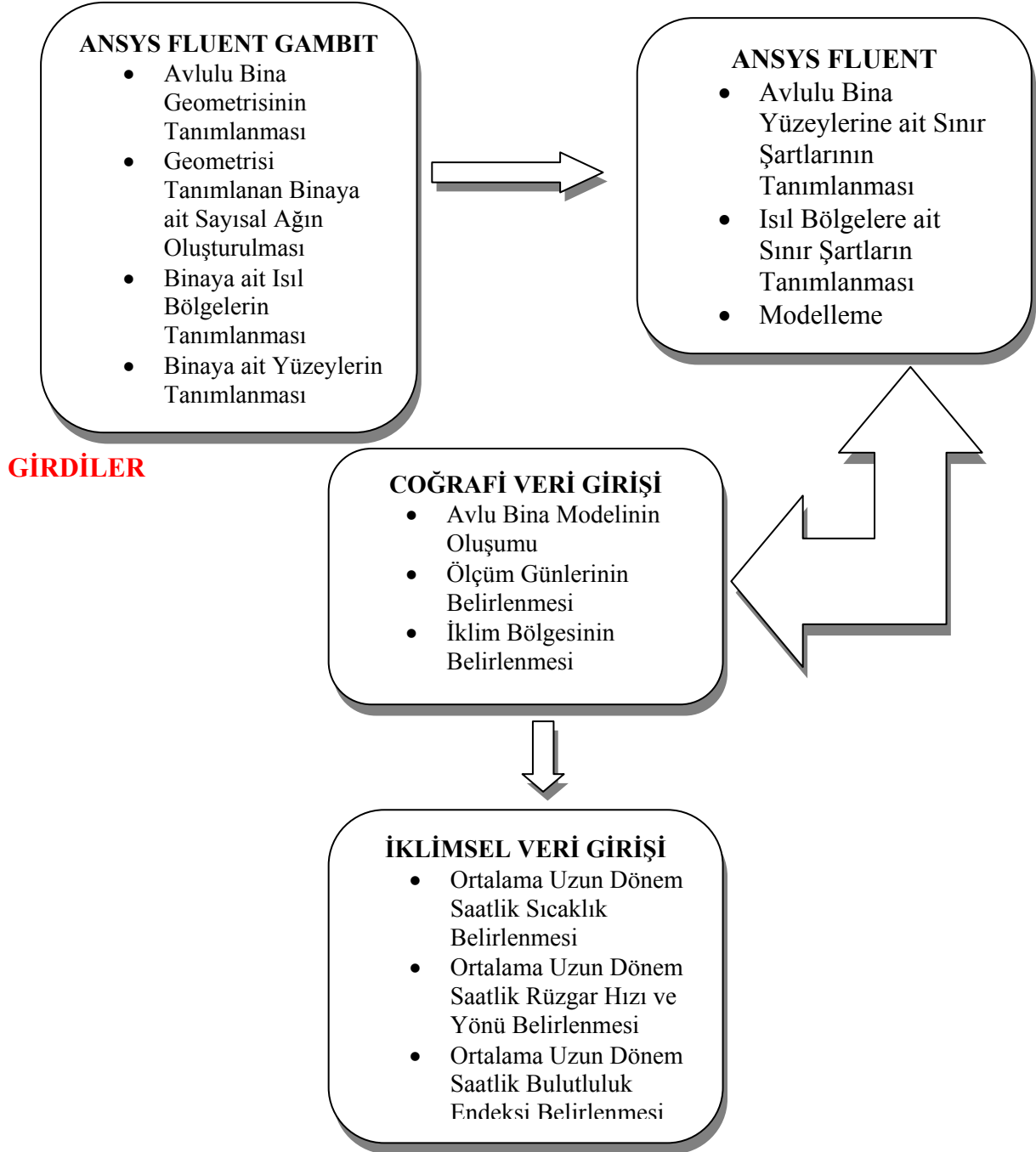
Birinci Aşamada; öncelikli olarak konuyla ilgili tüm iç ve dış kaynaklardan, gerek deneysel çalışmalar ve modellere ve gerekse sayısal simülasyon programları ile yapılmış çalışmalar ve bunlar hakkında bilgilere ulaşılmıştır, toplanan bilgiler yorumlanmış, optimizasyon modelinde kullanılacak programa, karşılaştırma örnek ve analizler çıkarılarak belirlenmiştir.

İkinci Aşamada; optimizasyon modelinde ele alınacak avlu biçimlerine karar verme ele alınan farklı avlu modellerini, Ansys Fluent Gambit programında oluşturup tanımlanan binalara ait modellerin sayısal mesh ağlarının oluşturulmuş, ele alınan modellerin ısı bölgelerinin tanımlanmış ve modellere ait yüzeyler oluşturulmuş, sınır şartlara karar verilmiştir. Daha sonra Ansys Fluent simülasyon programında farklı iklim bölgelerinin coğrafi ve iklimsel veri girişleri yapılmıştır. Ayrıca binaya ait yapı kabuğu, yapı elemanları ve yapı malzemelerine ait geçirgenlik, yansıtıcılık gibi veriler girilmiştir. Daha önce Gambit aşamasında karar verilen ısı bölgeler ve bina yüzeyleri ve elemanlarının tanımlaması yapılmıştır. Daha sonra bina içi ısı kazanımlarını oluşturan veriler girilmiş ve analizler yapılmaya başlanılmıştır. Analizler; yaz ayları soğutma dönemi yani soğutma ayları için 7. Ay, ve en sıcak dönem örneği olan 21 Temmuz; kış ayları ısıtma dönemi yani ısıtma ayları için ise 1. ay ve en az sıcak dönem örneği olan 21 Ocak günleri için saatlik olarak toplam 24 saatlik yapılmıştır.

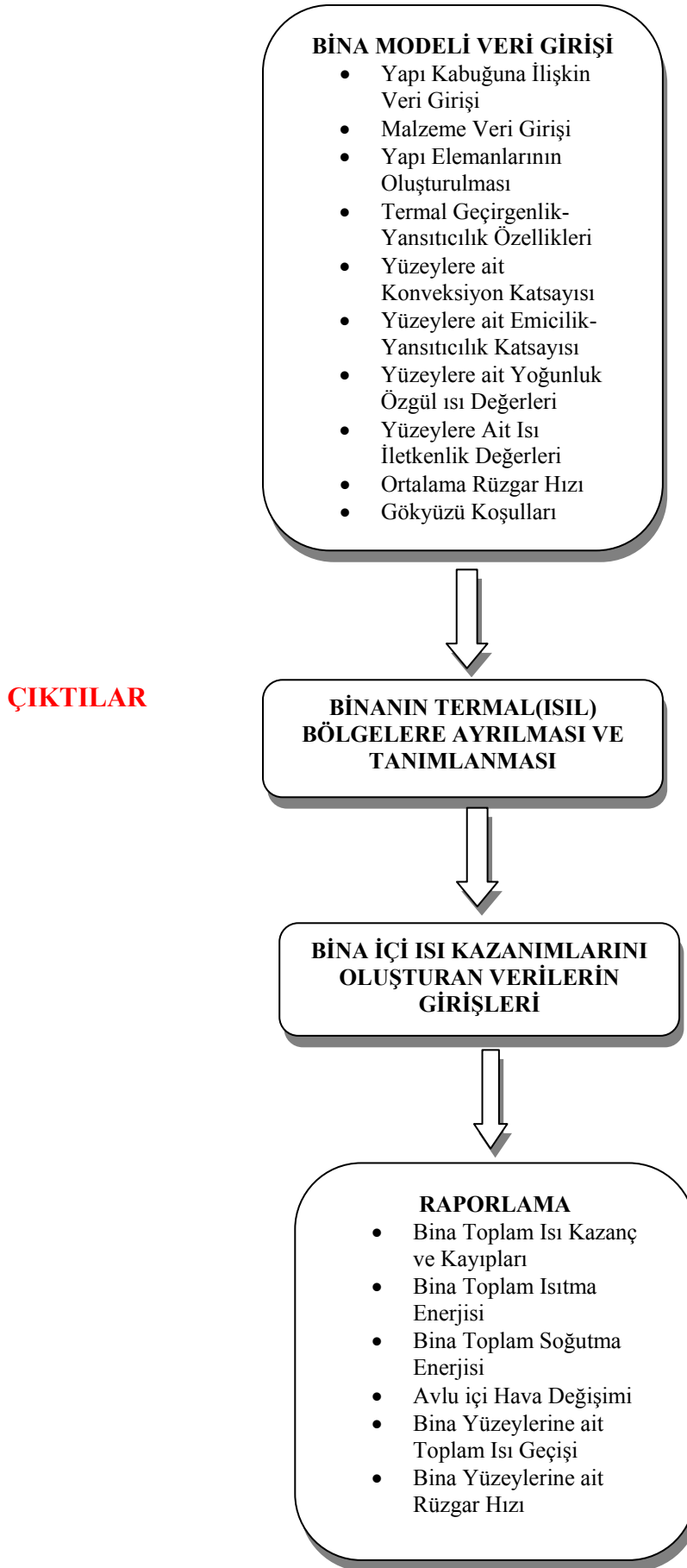
BİNANIN TOPLAM ENERJİ TÜKETİMİNİN HESAPLANMASI



ANSYS FLUENT SİMÜLASYON MODELİ

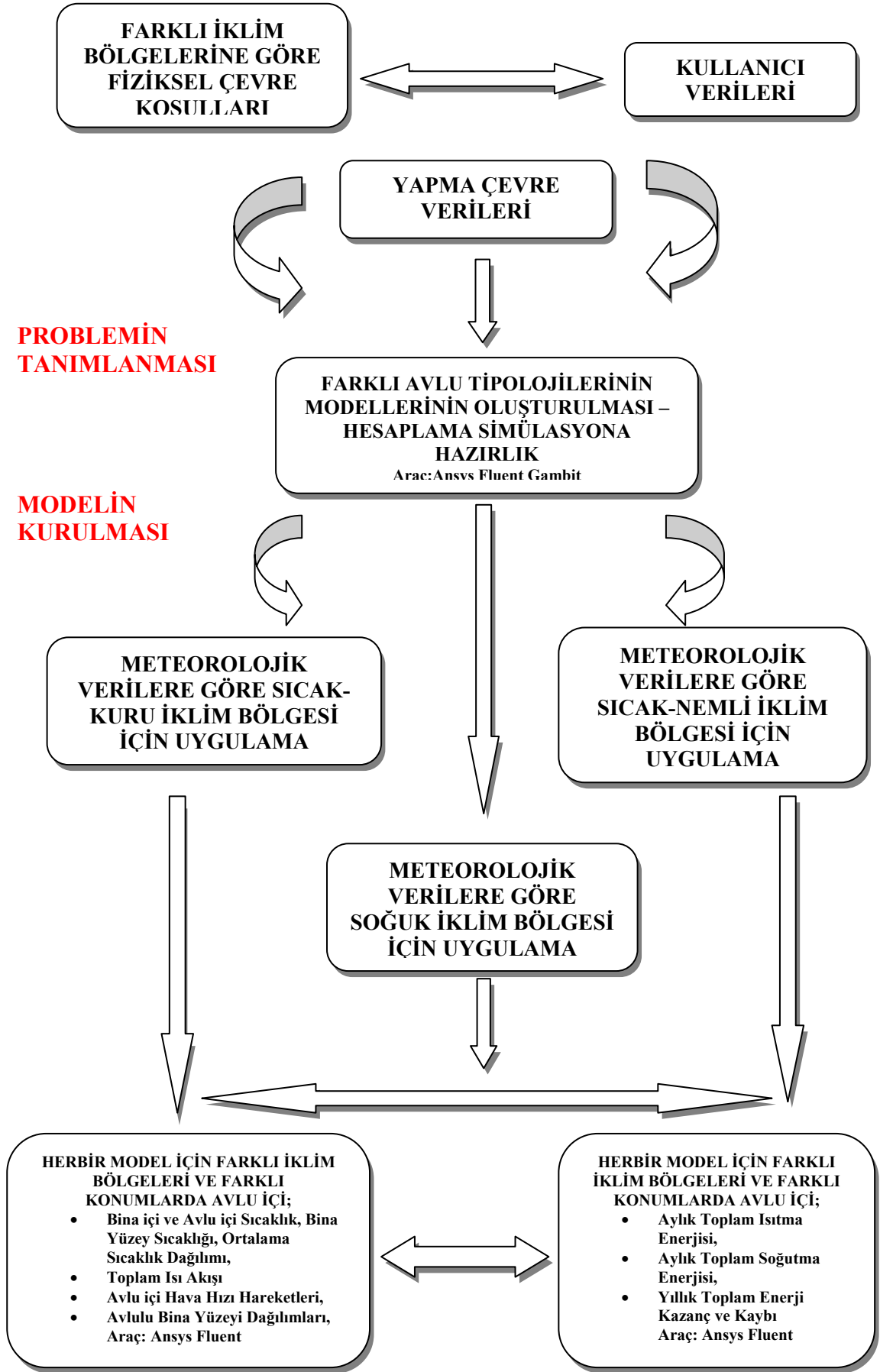


Şekil 3.1: Araştırma yöntem ve sürecini gösteren akış şeması.

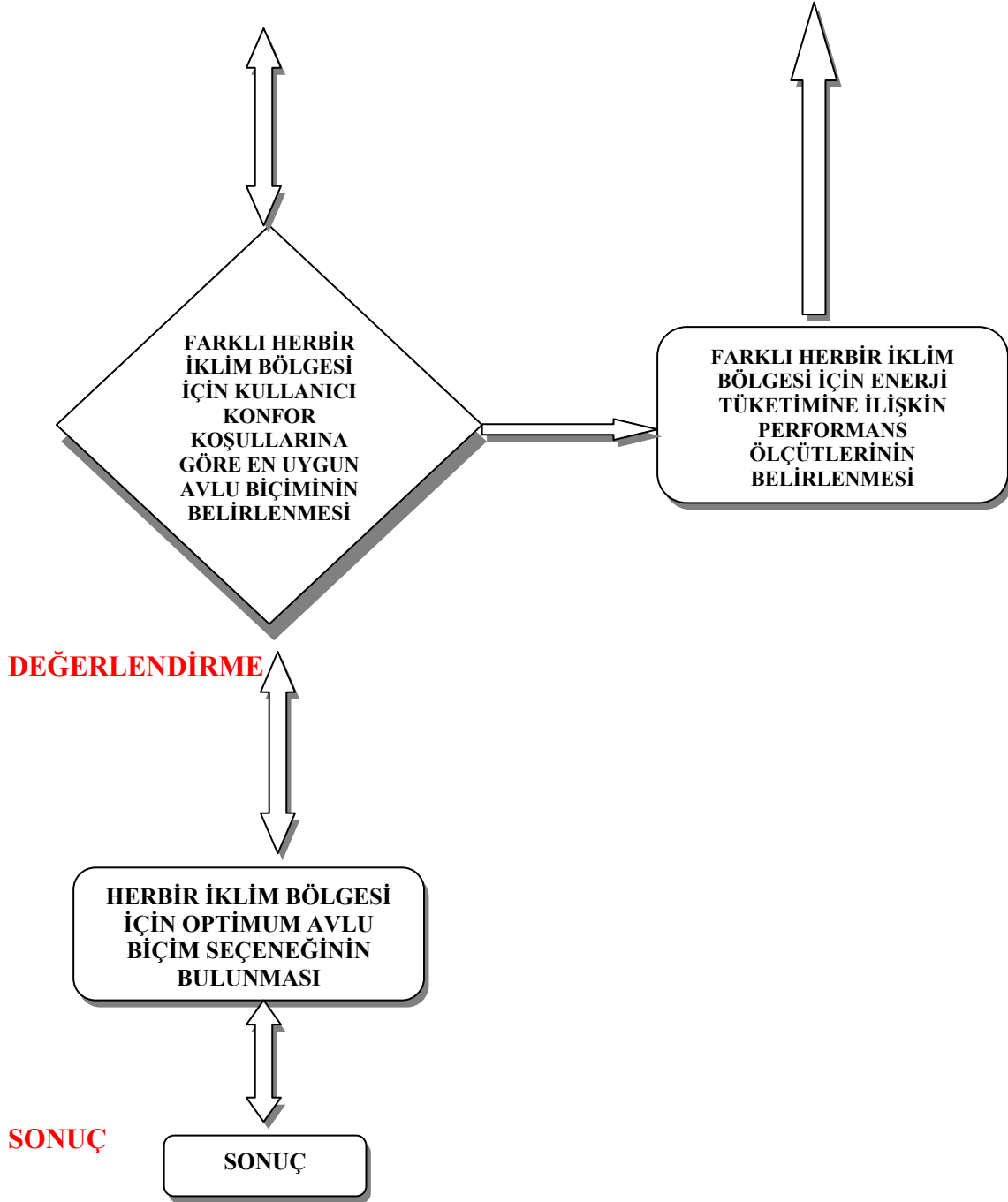


Şekil 3.1 (devam): Araştırma yöntem ve sürecini gösteren akış şeması.

Üçüncü aşamada ise yapılan her bir analiz için; avlu içi sıcaklık ve ortalama sıcaklık dağılımları, bina içi toplam ısı kazanç ve kayıp değerleri, avlu içi hava hızı hareketleri, havanın yönü, doğrultusu, hava tabakalaşması, avlulu bina ısı bölgelere (zone) ait hava değişim oranı, avlulu bina içi ısı bölgelere (zone) ait ortam sıcaklıkları, tüm bina yüzeyleri ve çatı alanı için; toplam ve ortalama ısı gecisi miktarı, yüzey sıcaklıkları, basınçları, ve hız dağılımları, bina içi ve avluda 1.60 m, 3.20 m ve 6.50 m seviyesinde yatay kesitteki sıcaklık, basınç ve rüzgar hızı değerleri sayısal ve görsel olarak raporlama yapılmıştır (Şekil 3.1), (Şekil 3.1).



Şekil 3.2: Optimizasyon modeli çalışmasının ana şeması.



Şekil 3.2 (devam): Optimizasyon modeli çalışmasının ana şeması.

Dördüncü aşamada; üçüncü aşamada gerçekleştirilen tüm değerlendirme parametrelerine göre yapılan sayısal analizlerden elde edilen sayısal ve görsel sonuçlar, literatürdeki bulgularla karşılaştırılarak değerlendirmeler yapılmış ve yorumlanmıştır. Bu aşamada çıkan sonuçlara göre; her bir iklim bölgesi için en sıcak dönem ve en az sıcak dönem boyunca hem gündüz güneşli saatleri döneminde hemde gece dönemi için gerek avlu içi gerekse bina içi termal performans açısından optimum avlu biçimleri ortaya konulmuştur (Şekil 3.1)-(Şekil 3.2). Optimizasyon modelindeki ısı-hava ve ısı-kütle dengesi, şekil 3.3 de verilmiştir.

3.2.1 Avlulu Binalarda Termal Konfor Koşullarının Belirlenmesi

Son yıllarda binalarda termal konfor için yapılan pek çok araştırmada araştırmacıların, özellikle sıcak-kuru iklim bölgelerindeki konfor koşullarına bağlı olarak derin formlarda olan bina biçimlerini önerdikleri görülmektedir (Olgyay, 1963),(Ratti ve diğ. 2003). Bu biçimler, dış çevre koşullarındaki sert hava koşullarına mümkün oldukça az maruz kalacak en az duvar ve çatıdan oluşan küp şekline çok yakın türlerdir. Bazı araştırmalar, merkezi avlulu binaların ısıtma ve soğutma dönemlerinde daha az ısıtma ve özellikle de daha az soğutmaya ihtiyacı olduğunu göstermektedir. Bu ise merkezi avlulu bina tipinin özellikle de en sıcak dönemde termal olarak daha konforlu olduğunu gösteren araştırmalar tarafından da desteklenir (Haydari, 2000). Avlulu binalarda konfor koşulları için pek çok faktör vardır (Gooje, 2003). Bu faktörlerin bazıları şunları içerebilir:

- Avlulu binaların bina yükseklikleri; yükselen sıcak havanın yerine taze ve serin hava ile yenilenmesine olanak sağlayan iç mekanların yüksekliğinin olması,
- Açık avlu alanın gölgelenmiş kısmında olan yüksek duvarlar,
- Yüksek termal kapasite, izolasyon ve bina duvarlarında ısı transferinde zaman geciktirici özelliğini sağlayan yüksek yoğunluklu ağır malzemelerin kullanımı,
- İkincil görev olarak gölgeleme araçları gibi işlev gören ek mimari tasarım araçları,
- Geleneksel avlulu binalar incelendiğinde özellikle farklı hava koşullarında evin farklı kısımlarının kullanılmasına izin veren bölümlerin olması,
- Merkezi avluların daha kolay kullanılabilir, ulaşılabilir ve kontrol edilebilir olması sebebiyle avlu seçiminin özellikle merkezi seçilmesi
- Avlu içi peyzaj ve su özelliklerinin avlu içi ve bina üzerinde gölgeli alanlar oluşturması ve su biriminin buharlaşma ile serinletmeye de katkı sağlamasıdır.

Avlu iç mekan oranlamasının amacı, kışın binayı ısıtmak için yeterli güneş radyasyonunun (ısı yayılımı) elde edilebilirliğini sağlamak ve yazın ise soğuma için olan ihtiyacı azaltmak ya da ortadan kaldırmak için yeterli gölgeyi temin etmektir. Avlu tarafından alınan güneş ısı (radyasyonu) binanın termal performansını etkileyen temel faktör olarak düşünülür. Alınan ısı saçılması (irradiation) oranı genellikle binanın yeri, o yerin iklimsel şartlarını, yıl içerisindeki

zamanı ve avlu biçiminin konfigürasyonları gibi faktörlere bağlıdır. Emilen, absorb edilen (elde edilen) güneş radyasyon oranı yüzey derecelerini artırma ve sonuç olarak da yakın olan hava tabakalarının derecelerini artırma görevi görür. Bunun avlu boşluk alanının termal şartları üzerinde önemli bir etkisi vardır. Bu yüzden maksimum oranda güneş ısı saçılmasının (irridation) girmesini, yazın ve kışın avlunun yeterli termal performansı için, sağlamak gereklidir. Bunun yapılabilmesi için avlu bina kabuğunun iç tarafında uygun konfigürasyon ve oranlamanın yapılmasının gerekli olduğu açıktır. Bunun yapılamaması ise, hem güneş ısı gerektirdiği vakit çok fazla gölge oluşturmakta hem de istenmediği zaman da çok miktarda güneş ısı yayılımı olması gibi zayıf bir avlu performansına sebebiyet verir (Mohsen 1979), (Meir ve diğ. 1995), (Cadima, 2000).

Avlulu binaların termal performansı araştırmacılar tarafından, avlunun geometrik ve fiziksel özelliklerinin etkisini özel bir değerlendirme yapılarak araştırılmıştır. Bu çalışmaların çoğu tipik dikdörtgen avlu formlarını sıcak ya da ılıman iklimde araştırmıştır. Tüm bu çalışmaların sonuçları formun yüzeylerinin ve etrafının aşırı güneş radyasyonundan ve sıcak tozlu rüzgardan korunması gerektiğini göstermektedir. Bir avlu formunun yüzeyinin gölgeli ya da güneşe maruz kalması ya da kısmen gölgeli olması, güneşin gökyüzündeki pozisyonuna ve avlu seçeneğine bağlıdır (Kim 2001).

Güneşin gökyüzündeki pozisyonu, güneşin azimut açısı ve yükseklik açıları tarafından belirlenir. Bu iki açı, yıl boyunca olan zamanın ve enlemin bir fonksiyonudur. Bunlar, farklı enlemler için yayınlanmış bazı güneş çizelgeleri ya da mümkün olan matematik denklemlerini kullanarak sayısal olarak hesaplama ile tahmin edilebilir. Avlu formunun geometrisi, iç yüzeyler tarafından üretilen gölgeli alan oranını fazlaca etkiler ve sonuç olarak alınan güneş radyasyonunu ve binanın termal performansını etkiler. Genellikle derin avlu formlarının, yazın maksimum iç mekan gölge alanı kazanımı için tavsiye edildiği bulunmuştur. Kışın ise güneşli alanların elde ediniimi için sığ formlar daha avantajlı olacaktır. Avlu zemini, kışın bina yüzeyinde meydana gelen güneş radyasyonuna bağlı ısı üretimi ve ısı transferi üzerine çok az bir etkiye sahip iken; oysa yazın, etki daha az kayda değerdir (Muhaisen ve Gadi 2006).

3.2.2 Isıtma ve Soğutma Yüğü Hesabı

Yapılarda termal konforu ve enerji korunumunu sağlamaya yönelik çalışmalar, genellikle soğuk dönemde ısıtma enerjisini, ısıtma yükünü içermektedir. Ancak konu ısıtma ile sınırlı olmayıp havalandırma ve soğutma unsurlarının bir arada ele alınıp değerlendirilmesini gerektirmektedir. Özellikle sıcak iklim bölgelerinde, uzun süren sıcak dönemde ısı girdilerinin fazla oluşu nedeniyle mekanik soğutmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ise enerji kullanımı yönünden çok daha fazla giderlere neden olmaktadır. Enerji etkin bina tasarımı yaklaşımı ile enerji tüketimini en aza indirmek amaçlanmaktadır. Ayrıca sıcak-nemli iklim bölgelerinde, nem faktörü konfor açısından olumsuzluk yaratmakta ve bağıl neme bağılı olarak hissedilir sıcaklıkta artış görülmektedir. Sıcak hava ve yüksek nem oranının yarattığı olumsuz koşullar nedeniyle bu bölgelerde baskın olan sıcak dönem soğutma yükü açısından önem taşımaktadır.

Isıtma yükü; bir ortamı en az sıcak dönem boyunca ısıtma döneminde konfor sıcaklığında tutmak için gerekli ısı miktarıdır. Soğutma yükü ise bir ortamı en sıcak dönem boyunca değişmez sıcaklıkta tutmak için hacimden atılması gerekli ısı miktarıdır. Soğutma yükü hesaplarına etki eden değişkenlerin sayısı çok fazladır ve genellikle bu değişkenlerin kesin olarak tanımlanması zor olup bunların daima birbirleriyle karmaşık bir ilişkisi vardır. Soğutma yükünü meydana getiren pek çok bileşenin değeri, 24 saatlik zaman dilimi içinde önemli düzeyde değişir. Sıcak yaz koşullarında soğutma yükü hesaplarında güneşin etkisi önemli bir faktördür. Enerjinin bir kısmı pencereler yolu ile doğrudan yaşanan hacimlere gelir. Işık geçirmeyen opak duvar yüzeylerine gelen güneş ışınımı ise duvar dış yüzeyi tarafından yutulur ve ısı enerjisi iletimle iç hacimlere geçer. Soğutma yükü hesaplarında, iletim yoluyla yapı bileşenlerinden, infiltrasyon ve havalandırmadan, insan ve cihazlardan kaynaklanan ısı kazançlarının oluşturduğu soğutma yükü belirlenir (Anon, 1998). Bu bileşenlere ek olarak, ortamın neminin oluşturduğu gizli ısı soğutma yüküne etkisi de hesaplanır. Hesaplamaların yapılabilmesi için yapı ya da hacme ilişkin veriler, fiziksel özellik ve büyüklükler, binanın konumu ve yönleri belirlenir. Soğutma yükü hesaplarının yapılacağı günün, dış iklimsel verileri elde edilir. İç aydınlatma aygıtları, o mekanda yaşayan kişi sayısı, iç donanım, aletler vb. iç ısı yüküne etki edecek elemanlar ve iç ortam konfor koşullarına ilişkin değerler belirlenir (Erkmen, 2005).

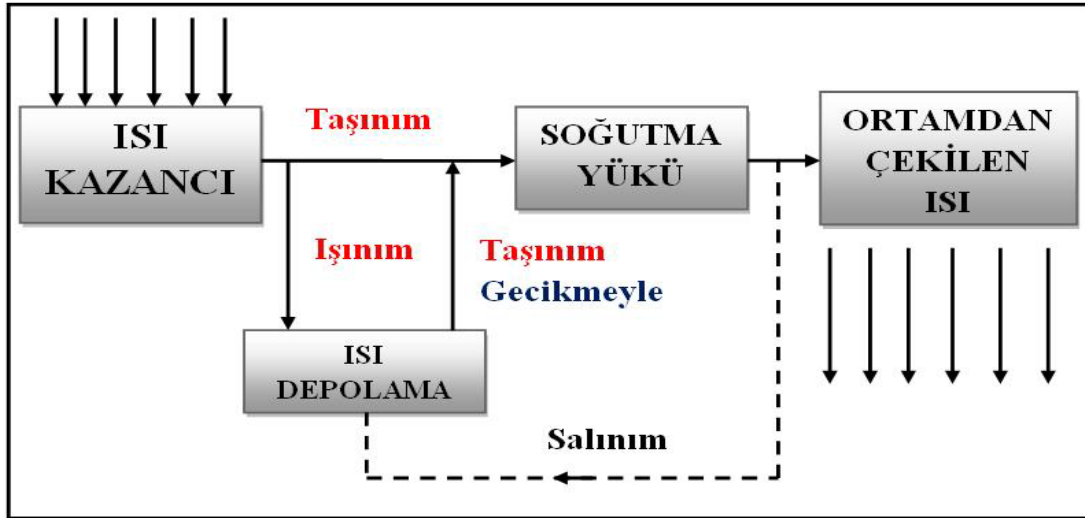
Hesaplanan ısı ve kütle transfer mekanizmaları şunlardır;

- Dış yüzeyler ve dış hava arasındaki dış konveksiyon (genellikle dış bir güç tarafından)
- Kapalı parçaların iç yüzeyleri, yaşayanlar, aydınlatma komutbaşıları vb ile iç hava arasındaki iç konveksiyon.(genellikle doğal ve karmaşıktır)
- Güneşten ve bazı durumlarda da bina içi ısı kaynaklarından gelen kısa-dalga radyasyonu.
- Binaları ve zemini çevreleyen gökyüzü ile kapalı yüzeyler arasındaki dış uzun-dalga radyasyonu
- İç yüzeyler arasındaki iç uzun-dalga radyasyonu
- Binanın farklı kapalı bölümleriyle dış bölge arasındaki geniş pencereler ve çatlaklardan hava akışı, hava sızmaları
- Bina yapı elemanları üzerinden bina içi ve dışsal iletim

3.2.2.1 Avlulu Binalarda Isı Transferi Mekanizması

Avlulu binalarda gerek avlu içerisinden bina yüzeyine doğru gerekse bina etrafından ve çevresinden bina kabuğuna doğru olan ve bina dış yüzeyinde meydana gelen ısı transferi, çok kompleks ve çeşitli süreçlerden geçer. Işınım enerjisi önce ortamı çevreleyen opak yüzeyler ile ortamda bulunan cisimler tarafından yutulmakta, daha sonra bu yüzey ve cisimlerin ısı kapasitelerine göre belli bir gecikmeyle soğutma yüküne etki etmektedir.

Benzer şekilde ortama iletimle olan ısı kazancının büyük kısmı malzemenin ısı kapasitesine bağlı olarak depolanarak ortama belli bir gecikmeyle verilirken, geri kalan kısmı taşınım ile hemen ortama verilmektedir.



Şekil 3.4: Avlulu Binalarda Isı Transfer Mekanizması.

Doğru bir hesaplama için binanın mimari özelliklerinin dışında kullanım bilgilerinin, cihaz ve ışıklandırma çalışma periyodunun, insan yoğunluğu gibi ilgili diğer özelliklerin çok iyi bilinmesi gerekir.

Sıcak yaz koşullarında soğutma yükü hesaplarında güneşin etkisi önemli bir faktördür. Enerjinin bir kısmı pencereler yolu ile doğrudan yaşanan hacimlere gelir. Işık geçirmeyen opak duvar yüzeylerine gelen güneş ışınımı ise duvar dış yüzeyi tarafından yutulur ve ısı enerjisi iletimle iç hacimlere geçer.

Soğutma yükü hesaplarında, iletim yoluyla yapı bileşenlerinden, infiltrasyon ve havalandırmadan, insan ve cihazlardan kaynaklanan ısı kazançlarının oluşturduğu soğutma yükü belirlenir (Anon, 2006). Bu bileşenlere ek olarak, ortamın neminin oluşturduğu gizli ısı soğutma yüküne etkisi de hesaplanır.

Hesaplamaların yapılabilmesi için yapı ya da hacme ilişkin veriler, fiziksel özellik ve büyüklükler, binanın konumu ve yönleri belirlenir. Soğutma yükü hesaplarının yapılacağı günün, dış iklimsel verileri elde edilir. İç aydınlatma aygıtları, o mekanda yaşayan kişi sayısı, iç donanım, aletler vb. iç ısı yüküne etki edecek elemanlar ve iç ortam konfor koşullarına ilişkin değerler belirlenir.

3.2.2.2 Avlulu Binalarda Isı Transferi ve Rüzgar Taşınım Katsayısı İlişkisi

Avlulu binanın gerek avlu tarafındaki yüzeylerine gerekse diğer tarafındaki yüzeylerine doğru ısı akışı, genellikle üç aşamada incelenir. Gölgelemiş bina yüzeyi, normal bina yüzeyi ve sık bina yüzeyi şeklindedir. Isı transfer katsayısı

sürekli hava koşulları ile değişim gösteren kompleks bina geometrisi yüzeyinden hava akışı meydana gelir. Buna destek olarak bazı deneysel çalışmalar da yapılmıştır (Ito, Kimura ve Oka, 1972), (Taki ve Loveday 1996).

Bina kabuğunun dış yüzeyindeki ısı değişimi, rüzgarın hızına yönüne ve akışına bağlıdır. Taşınım ile ısı transferi zorlamalı taşınım ve doğal taşınım olmak üzere ikiye ayrılır. Doğal taşınım, rüzgara bağlı olarak hava hareketi yoğunluk farklılaşmasından, zorlamalı taşınım ise, yüzeydeki basınç farklılaşması ile oluşmaktadır (Seankoplis, 1993). Taşınım ile ısı transferi miktarı Newton'un soğutma kanunu ile belirlenmektedir.

$$q_t = h_c \cdot A \cdot (T_y - T_{Hava}) \quad (3.1)$$

h_c ; $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ birimiyle ifade edilen ısı taşınım katsayısıdır. 'A' akımdan etkilenen yüzey alanıdır. q_t ise (W) cinsinden taşınım ile ısı transfer oranını göstermektedir. Laminer ya da türbülanslı hava akımlarının taşınım katsayılarına büyük etkileri vardır. Akım hızı arttıkça taşınım katsayısı artmaktadır (Çengel ve Boles 1994). Bina yüzeyini etkileyen bir hava hareketi 1 m/s ' i geçmiş olduğunda taşınım zorlamalı olacak ortalama taşınım katsayısı (h_c);

$$h_c = 5 + 3,6 \cdot V \quad (3.2)$$

eşitliği ile ifade edilecek değerde gerçekleşecektir (Dreyfus, 1960). Denklemden yer alan V yüzeyi etkileyen hızı ifade etmektedir. Doğal havalandırmada bina açıklıklarından giren rüzgarın hız ve hareketinden faydalanılarak hacim yüzeylerinin ve taşınım yoluyla havasının soğutulması, yine hız etkisi ile hacimde yaşayan insanların vücutlarından taşınım ile ısı değişimi sağlanması hedeflenmektedir (Allard, 1992), (Givoni, 1998).

Bina kabuğu dış yüzeyi ile atmosfer arasındaki ısı değişimi, karmaşık ve değişken bir süreçtir. Günümüzde ısı kaybını hesaplamak için ortalama ve sadeleştirilmiş yöntemler kullanılmaktadır. Genelde binanın güneşe maruz kalışında gölgeli yüzeyler, normal yüzeyler ve güneşli yüzeyler şeklinde üç farklı durum göz önüne alınır. Bir bina, rüzgarın gün boyu değişen hızına ve yönüne bağlı olarak hava koşullarıyla sürekli değişen karmaşık ısı değişim faktörlerine, farklı geometrik yüzeylere ve farklı akım alanlarına sahiptir.

Bina kabuğu dış yüzeyindeki ısı değişiminde etkili olan bir diğer faktörde rüzgar etkisidir. Rüzgar hızı, 1 m/s'yi aştığı zaman taşınım ile ısı akışı ön plana çıkar ve zorlamalı taşınım meydana gelir. Palyvos ve ekibinin yapmış oldukları çalışmada 30 farklı korelasyon çalışması sonucunda binanın rüzgar üstü bölgesi için farklı, rüzgar altı bölgesi için;

$$h_w = 7.4 + 4.0V_f \text{ (rüzgar üstü)} \quad (3.3)$$

$$h_w = 4.2 + 3.5 V_f \text{ (rüzgar altı)} \quad (3.4)$$

farklı taşınım katsayıları elde etmişlerdir (Palyvos, 2008).

3.2.2.3 Soğutma Yükünü Oluşturan Bileşenlerin Saptanması

Soğutma yükü, yaşanacak mekân istenilen şartlarda konfor koşullarında tutabilmek için ortam havasından veya mahalden atılması gereken enerji miktarıdır. Bu enerji miktarını tesbit etmek için kapsamlı ve dikkatli bir enerji analizi yapmak gerekir. Soğutma yükünün hesaplanmasına etki eden birçok etken vardır. Bunların birbirleriyle olan ilişkilerinden dolayı hassas olarak %100 soğutma yükünü tespit etmek oldukça güçtür. Genellikle soğutma yükü, iç ve dış anlık ısı kazançlarının belirlenip bunların toplanması ile hesaplanır. İç ısı kazancı; mahal içerisinde tamamen dış etkenlerden bağımsız olarak oluşan ısıların genel toplamıdır. İç ısı kazancını; insanlardan, aydınlatmadan, makinelerden komşu mahallerden oluşan ısı kazançları oluşturmaktadır. Dış ısı kazancı ise; iklimlendirilecek mahalin dış yüzeyinden içeri giren enerjilerin toplamından meydana gelmektedir (McQuiston ve Spitler 1992), (Uralcan, 2002). Bu hesaplamalar için çeşitli denklem ve önceden hazırlanmış çizelge değerlerinden yararlanılır. Akademik ve endüstriyel çevrelerin üzerinde uzlaştıkları belirli bir yöntem olmamakla birlikte, mevcut hesaplama yöntemlerindeki mantık benzerdir (Uralcan, 2002). Bina soğutma yükü, yapıdaki enerji ekonomisi çalışmalarını etkileyen önemli bir parametredir. Soğutma yükünü meydana getiren pek çok bileşenin gün boyunca önemli değişimler göstermesi, soğutma yükü hesaplarını karmaşık bir hale getirmektedir.

Bir ortamda soğutma yükünün oluşmasını sağlayan ısı kazançları iletim (Kondüksiyon), taşınım (Konveksiyon) ve ışınım (Radyasyon) yolu ile olmaktadır. Ortamın, taşınım yoluyla ısı kazançları anlık olarak, yani hemen soğutma yüküne

dönüşürken, iletim ve ışıınım ile ısı kazancı hemen soğutma yüküne dönüşmemektedir.

Isıtma-Soğutma Yükünü Oluşturan Bileşenler

- Opak dış duvarlardan kaynaklanan soğutma yükü
- Opak, kapalı hacimlere komşu duvarlardan kaynaklanan soğutma yükü
- Saydam yüzeylerden (cam) kaynaklanan soğutma yükü
- Mahal içerisinde yer alan ısı üreten kaynaklardan (insan, aydınlatma, alet, ekipman v.b.) oluşan soğutma yükü
- Mahale giren insanlardan kaynaklanan ek soğutma yükü
- İnfiltrasyondan kaynaklanan soğutma yükü
- Ventilasyondan kaynaklanan soğutma yükü

3.2.2.4 Avlu İç Mekan Isı Kazanım Bileşenleri

Yapma çevre; hacim düzeyinde ele alındığında, iklimsel konforu etkileyen en önemli iç iklim elemanlarının, iç hava sıcaklığı ve ortalama ışıınımsal sıcaklık olduğu söylenebilir (Yılmaz, 1983). Hacim içerisinde herhangi ek yapma sistem olmadığı durumlarda iç hava sıcaklığı ve ortalama ışıınımsal sıcaklığın değışimi, en sıcak dönemde soğutma yükü oluşumunda en önemli faktörlerdir. Bir hacim içerisindeki hava sıcaklığı ve ortalama ışıınımsal sıcaklığı oluşturan iç yüzey sıcaklıkları, hacmin çeşitli yollarla kazandığı veya kaybettiği ısı miktarlarının etkisiyle belirli değerlere ulaşmaktadır. Mekândaki ısı kazanımları;

- Daha çok rüzgar etkileri ile zorlamalı taşınım olarak ortaya çıkan, dış mekan havası ve dış yüzey arasında oluşan taşınım etkisi,
- İç bina yüzeyi ve iç mekan havası arasında oluşan taşınım etkisi,
- Daha çok güneşten gelen bazen iç mekan ısı kaynaklarından da yayılan kısa dalga ışıınım etkisi,
- Dış bina yüzeyi ve çevre binalar, yeryüzü ve gökyüzü arasında gerçekleşen uzun dalga ışıınım etkisi,
- İç yüzeyler arası uzun dalga ışıınım etkisi,

- Bina açıklıklarından giren ve çıkan hava akımı etkisi,
- Bina iç ve dış kabuk elemanlarından iletimle ısı transferi etkisi ile oluşabilmektedir (Allard, 1992).

3.2.2.5 Avlu Yüzeylerinden Kaynaklanan Soğutma Yüğü

Isı kazancı hesabında doğrudan dış ortam sıcaklığı yerine, düzeltilmiş dış ortam sıcaklığı kullanılır.

Sol-air sıcaklığı (Güneş-Hava sıcaklığı, Eş değer sıcaklığı) kavramı, güneşe maruz kalan yüzeylerin hem dış hava sıcaklığı yüzünden kondüksiyonla giren, hem de güneş enerjisi ile fazladan kazanılan toplam ısıya eş değer bir ısı miktarıdır. Güneş ışınımının vurduğu yüzeylerde aynı oranda ısı girişı verir. Işın enerjisi, gökyüzü ve diğer dış çevre etrafına ısı verir. Bir ortama duvarlardan giren ısı; ortam içerisinde arzu edilen hava koşullarına ve dış ortam iklim şartlarına doğrudan bağlıdır.

En önemli 2 iklim şartı ise;

- Dış ortam sıcaklığı
- Güneş ışınımıdır.

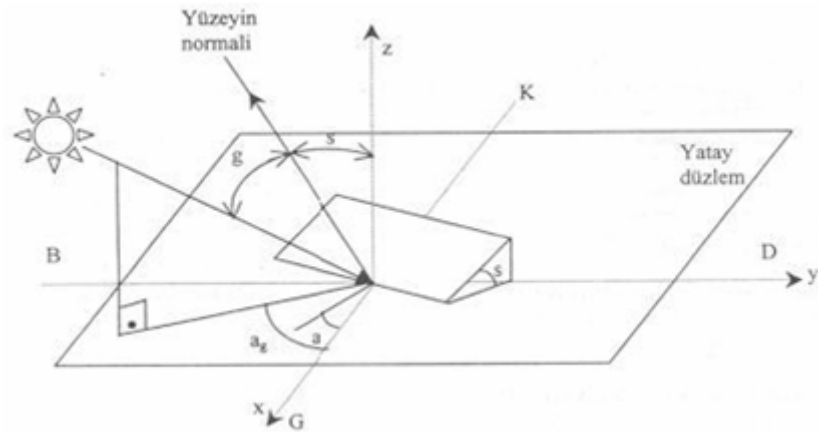
Isı kazancı hesabında doğrudan dış ortam sıcaklığı yerine, düzeltilmiş dış ortam sıcaklığı kullanılır. Güneş ışınımının etkisini de dikkate alarak hesaplanan düzeltilmiş dış ortam sıcaklığına “sol-air sıcaklığı” adı verilir. Sol-air sıcaklığı; dış ortam havasının sıcaklığına, güneş ışınımına, dış yüzey ısı iletim katsayısına ve dış yüzeyin ışınım emiciliğine bağlıdır.

Ortamı çevreleyen duvar ve çatıların dış yüzeyine gelen ısı belirli bir faz farkı (gecikme) ile önce iç yüzeylere aktarılmakta, oradan da mahale geçmektedir. İç yüzeye gelen ısı iki yolla ortama geçmektedir. Bunlar, taşınım ve ışınımıdır. Taşınımla ısı yükü doğrudan soğutma yüküne dönüşür. Işınımla ısı kazancı ise, önce mahalde bulunan cisimlere çarparak o cisimlerin yüzey sıcaklığını artırır. Cisim yüzey sıcaklığı, ortam havası sıcaklığını aşınca da iç ortam havasını ısıtır. Bu işlemlerin oluşabilmesi için belirli bir zaman gerektiğinden, radyasyonla ısı kazancı belirli bir faz farkı ile soğutma yüküne dönüşür. Bu faz farkını dikkate almak amacıyla RTS (Radiant Time Series) değerleri kullanılmaktadır. RTS değerleri mahalın yüzey özelliklerine (halı v.b.) ve mahal içerisinde bulunan cisimlerin yoğunluğuna göre değişir.

ASHRAE (2003), yayınlamış olduğu “Fundamentals Handbook”da; Işınım zaman serileri (RTS) değerleri binanın yapısına göre hafif, orta ve ağır olmak üzere üç farklı durum için verilmiştir. RTS değerleri pencerelerde kullanılmak için güneş RTS (SolarRTS), duvar, çatı ve iç ısı kaynakları için ise güneş dışı RTS (NonsolarRTS) değerleri sunulmuştur.

3.2.2.6 Avlu Isıtma-Soğutma Yüğü Hesabı İçin Bina Yüzeyine Gelen Güneş Işınımının Belirlenmesi

Yeryüzüne gelen güneş ışınımı astronomik, coğrafik, geometrik, fiziksel, meteorolojik faktörler olarak sınıflandırılabilir çok sayıda değışkene bağılıdır. Bu değışkenlerin etkisini teorik olarak belirlemek güç olduğu için, güneş ışınımı hesaplamalarında genellikle, ölçülen güneş ışınımı verilerinden türetilen korelasyonlar kullanılır (ASHRAE. 1989, Duffie JA, Beckman WA,1991). Duvar, çatı veya cam için kullanılabilir genelleştirilmiş yüzey geometrisi Şekil 1'de gösterilmiştir. Burada güneş geliş açısı(g), güneş azimuth açısı (ag) ve zenith açısı (z) türetilen güneş açıları; eğim (s) ve yüzey azimuth açısı (a) ise yüzey açıları olarak bilinir. Atmosfere gelen güneş ışınımı, atmosfer içinde değışikliğe uğradıktan sonra yeryüzüne ulaşır. Türkiye'de farklı konumlarda düzlemsel yüzeye gelen saatlik güneş ışınımının belirlenmesi için kullanılabilir ölçüm verileri ve hesaplama yöntemleri literatürde verilmiştir. Bu kaynaklara göre, Şekil 'de gösterilen eğik yüzeye gelen saatlik toplam güneş ışınımı (I_e), bu yüzeye aynı süre içerisinde gelen direkt (I_{ed}), yaygın (I_{ey}) yansıyan (I_{ya}) güneş ışınımı miktarlarının toplamına eşittir:



Şekil 3.5: Güneş ışınımı için genelleştirilmiş yüzey geometrisi

$$I_e = I_{ed} + I_{ey} + I_{ya}$$

Burada I , I_{ed} ve I_{ey} sırasıyla, yatay düzleme gelen saatlik tüm, direkt ve yaygın güneş ışınlamaları; P çevrenin yansıtma oranı katsayısıdır. Güneş ışınlamı hesaplamalarında, belirli bir süre boyunca yatay düzleme gelen tüm güneş ışınlamının, direkt ve yaygın güneş ışınlamalarının toplamına eşit olacağı kabul edilir. Buna göre yatay düzleme gelen saatlik tüm ve yaygın güneş ışınlamaları

$$r = \frac{I}{Q} = \frac{\pi}{4t_0} \left\{ \cos\left(90 \frac{h}{H}\right) + \frac{2}{\sqrt{\pi}} \left[1 - \exp\left(-4(1 - \|h\|/H)^2\right) \right] \right\} \quad (3.3)$$

$$r_y = \frac{I_y}{Q_y} = \frac{\pi}{24} \frac{\cosh - \cos H}{\sin H - \frac{\pi}{180} H \cos H} \quad (3.4)$$

$$R_d = \frac{I_{ed}}{I_d} = \frac{\cos g}{\cos z} \quad (3.5)$$

ifadelerinden hesaplanır. Bu denklemlerde Q ve Q_y sırasıyla, yatay yüzeye gelen günlük ortalama tüm ve yaygın güneş ışınlamaları; t_0 , gün uzunluğu; h saat açısı; H ise güneş doğuş ve batış saat açısıdır. Güneş saat açıları (h ve H) ve gün uzunluğu(t_0) aşağıdaki bağıntılardan hesaplanır:

$$h = 15(12 - GS) \quad (3.6)$$

$$H = \arccos(-\tan_d \tan_e) \quad (3.7)$$

$$t_0 = 2/15 H.7$$

Burada GS , gündüz saati; d ise deklinasyon açısıdır. Deklinasyon açısı, (n , 1 Ocak'tan itibaren gün sayısı olmak üzere)

$$d = 23.45 \sin\left(\frac{360n + 284}{365}\right) \quad (3.8)$$

amprik ifadesinden hesaplanır. Denklem (3.9)'da görülen R_d değeri, eğik düzleme gelen direkt güneş ışınlamına yatay düzleme gelen direkt güneş ışınlamının oranıdır:

$$R_d = \frac{I_{ed}}{I_d} = \frac{\cos g}{\cos z} \quad (3.9)$$

Güneş geliş açısı(g) ve zenith açısı(z)nin kosinüsleri ise;

$$\cos g = \cos_d \cdot \cos_e \cdot \cos_h \cdot \cos_s + \cos_a \cdot \cos_d \cdot \sin_e \cdot \cos_h \cdot \sin_s + \sin_a \cdot \cos_d \cdot \sin_h \cdot \sin_s + \sin_d \cdot \sin_e \cdot \cos_s - \cos_a \cdot \sin_d \cdot \cos_e \cdot \sin_s \cdot \cos_z = \cos_d \cdot \cos_e \cdot \cos_h + \sin_d \cdot \sin_e$$

ifadelerinden hesaplanır.

Soğutmanın yapıldığı yaz aylarında, hem dış hava sıcaklığı hem de güneş ışınımı farklı saatlerde periyodik bir değişim gösterirler. Bu nedenle soğutma yükünü meydana getiren bileşenlerin saatlik değerlerinin bilinmesi gerekir. İklimlendirilecek ortama kazanılan ısı miktarının önemli bir oranı güneş ışınımı sebebiyledir. Avlulu bina elemanını meydana getiren duvar, çatı, kapı ve pencerelerden belirli bir saatte kazanılan güneş ışınımının yaklaşık olarak hesabı, bu amaç için hazırlanan çizelgeler yardımıyla yapılır. İki kademede yapılan hesaplama işleminin ilk aşamasında, avlulu bina elemanlarına gelen saatlik güneş ışınımı belirlenir. İkinci aşamada ise bu elemanlar için geçerli olan çevre faktörü, geçirgenlik ve gölge etkisi gibi parametreler göz önünde bulundurulur ve ilk kademede hesaplanan saatlik güneş ışınımının değeri düzeltilir.

3.2.2.7 Saatlik Toplam Güneş Işınımı Verileri Kullanılarak Bina Dış Yüzeylerine Gelen Güneşlenme Şiddetlerinin Yönlere Ve Aylara Göre Değişimi Hesabı

Hesaplama şu sıra takip edilerek yapılır; (ASHRAE. 1989., Duffie JA, Beckman WA,1991., K.K. Gopinathan 1991). Önce mevcut güneş zamanının hesaplanması yapılır. Bunun için saat açısının hesaplanması, güneş yükseklik açısının hesaplanması yapılır. Güneş azimuth açısı, yüzey azimuth açısı, Yüzey -Güneş azimuth açısı bulunduktan sonra açık gökyüzü güneş ışınımının profilinin hesaplanması, düşey yüzeyler için güneş ışınımının hesaplanması, yayılan (diffüz) güneş ışınımının hesaplanması, yatay güneş ışınımının hesaplanması, yansıyan güneş ışınımının hesaplanması (yatay ve düşey yüzeyler için), farklı yönler için tasarım güneş ışınım değerinin hesaplanması. yatay ve düşey yüzeye gelen ışınım hesaplamasında,

I =yatay yüzeyde ölçülen güneş ışınım,

I_0 = atmosferin dış yüzeyine gelen ışınım,

ACN=Atmosfer Açıklık Katsayısı

AST=Yerel Güneş Zamanı olmak üzere,

$$AST= tst+4 \cdot (L_{loc}-L_{std}) /60+E/60 \quad (3.10)$$

eşitliğiyle bulunmuştur. Burada, tst ; standart saat, L_{loc} , boylam, L_{std} , standart saat ve E 'de Zaman denklemidir.

Zaman Denklemi;

$$E=9.87 \times \sin(B \times 2) - 7.53 \times \cos(B) - 1.5 \times \sin(B) \quad (3.11)$$

Eşitliğiyle hesaplanmış olup, B , atmosferin yutma katsayısı ise;

$$B=360 \times (N-81) / 365 \quad (3.12)$$

N , hesaplamaya alınan yılın günüdür. Güneş ışınımı hesaplamalarında önemli bir parametre olan zenith açısı, Z

$$\cos(Z) = \sin(L) \times \sin(D) + \cos(L) \times \cos(D) \times \cos(H) \quad (3.13)$$

Denklemiyle elde edilmekte ayrıca bu eşitlikte L , enlemi, D , deklinasyon açısını, H , saat açısını ifade etmekte olup;

$$H=15 \times (12-AST) \quad (3.14)$$

Atmosfer dış yüzeyine gelen ışınımı $\cos(Z) < 0$ ise $I_o = 0$ 'dır. Eğer $\cos(Z) > 0$ ise

$$I_o = 1353 \times R \times \cos(Z) \quad (3.15)$$

Bu denklemde R , güneş-dünya uzaklık oranı olup aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$R=1,00011 + 0,34221 \times \cos(2 \times \pi \times (N-1) / 365) + 0,00128 \times \sin(2 \times \pi \times (N-1) / 365) \\ + 0,000719 \times \cos(2 \times 2 \times \pi \times (N-1) / 365) + 0,000077 \times (2 \times 2 \times \pi \times (N-1) / 365) \quad (3.16)$$

Buna ilave olarak yükseklik açısı, AL

$$\sin(AL) = \cos(L) \times \cos(D) \times \cos(H) + \sin(L) \times \sin(D) \quad (3.17)$$

Ayrıca azimuth açısı, AZ

$$\cos(AZ) = [AL \times \sin(L) - \sin(D)] / [\cos(AL) \times \cos(L)] \quad (3.18)$$

Duvar güneş azimuth açısı, $\gamma = AZ - \theta$, duvar yönü açısını olmak üzere, W , yatay veya düşey yüzeyden O , güneş ışınım açısı,

$$\cos(O) = \cos(AL) \times \cos(\gamma) \times \sin(W) + \sin(AL) \times \cos(W) \quad (3.19)$$

Değişik yüzeylere gelen güneş ışınımı,

$$I_{bn} I_{bn} = ACN \times (AA / \exp [BB / \sin(AL)]) \quad (3.20)$$

Işınımın duvar yüzeyine direkt etki etmesi durumunda yüzeye gelen enerji, I_b

$$I_b = I_{bn} \times \cos(O) \quad (3.21)$$

Diğer durumlarda $I_b = 0$ olacaktır.

I_{ct} , yayılan ışınımın sıfırdan büyük olması durumunda,

$$I_{ct} = CCC \times Y \times I_{bn} \quad (3.22)$$

Aksi durmumda $I_{ct} = 0$ olacaktır.

Y , yayılan ışınım faktörü, $\cos(O)$ 'nun -0,2 den büyük olma durumuna bağlı olup

$$Y = 55 + 0.437 \times \cos(O) + 0.313 \times \cos(O) \times \cos(O) \quad (3.23)$$

Denklemlerle elde edilmektedir. Yüzeydeki yayılan ışınım, I_{dh} ,

$$I_{dh} = CCC \times I_{bn} \quad (3.24)$$

Yeryüzünden yansıyan güneş ışınımı I_r , ise

$$I_r = R_{hog} \times I_{bn} \times [CCC + \sin(AL)] \times [1 - \cos(W)] / 2 \quad (3.25)$$

R_{hog} , yansıyan ışınımın gelene oranı olup yüzeyin topoğrafik şartlarına göre değişmektedir. Düşey yüzeye yansıyan ışınım, I_{rv} , I_r 'nin sıfırdan büyük olması durumunda,

$$I_{rv} = R_{hog} \times I_{bn} \times (CCC + \sin(AL)) / 2 \quad (3.26)$$

Yatay yüzeyden yayılan güneş ışınım I_{dh} , ve β yüzeyin yataydan olan eğimi olmak üzere eğimli yüzeyden yayılan güneş ışınımı I_d ,

$$I_d = I_{dh} \times (1 + \cos(\beta)) / 2 \quad (3.27)$$

Yatay yüzeydeki toplam ışınım, I_{ty}

$$I_{ty} = I + I_{dh} \quad (3.28)$$

Son olarak asıl hedef olan düşey yüzeydeki toplam ışınım I_{td} ,

$$I_{td} = I_b \times I_d + I_{rv} \quad (3.29)$$

ifadesiyle elde edilir.

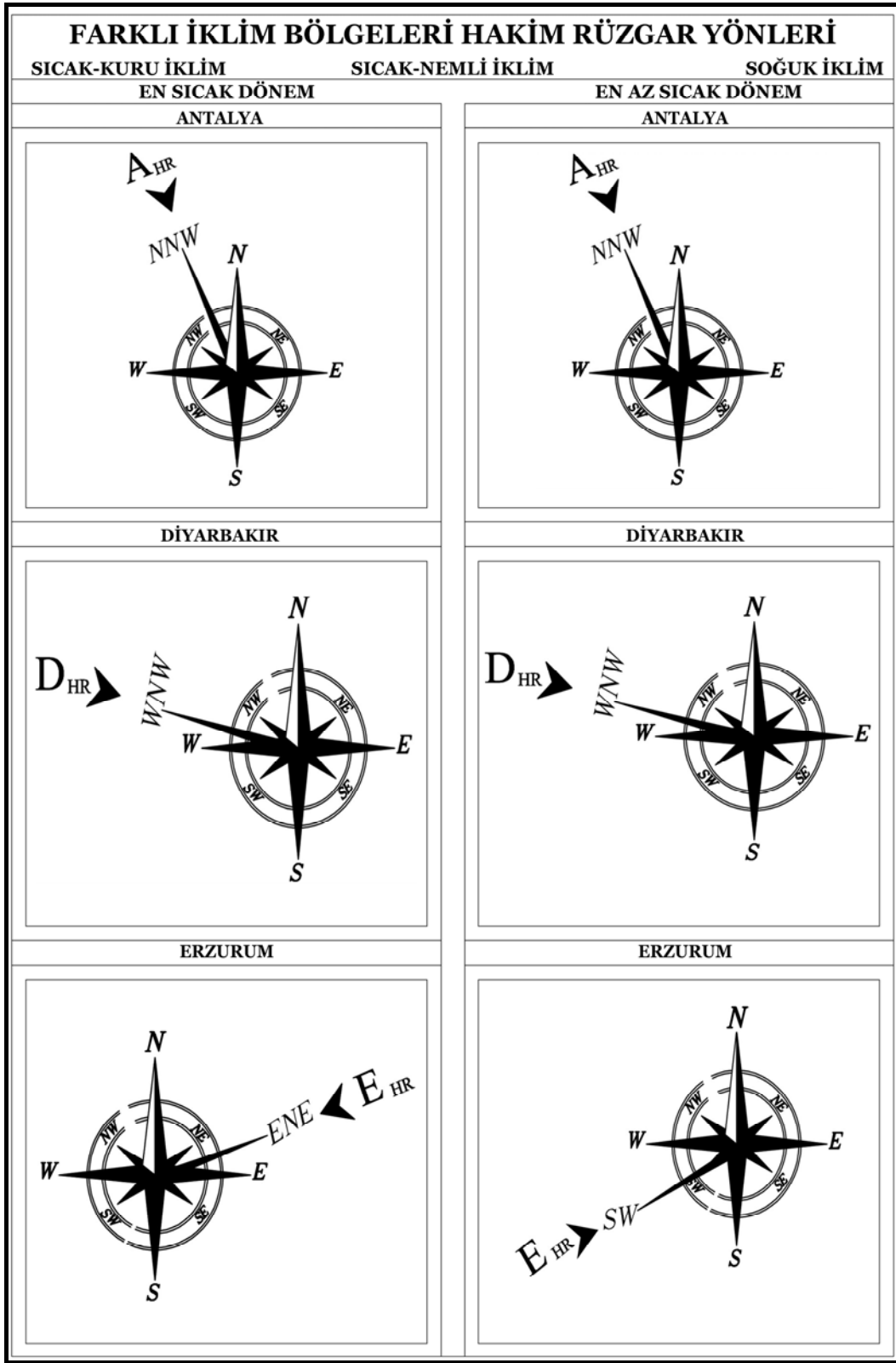
Yukarıdaki eşitliklerde yatay yüzeyde ölçülen güneş ışıınıımı değerleri kullanılır. Hesap sonuçlarından hem yatay yüzeye ve hem de düşey yüzeye gelen doğrudan veya dolaylı güneş ışıınıım değerleri bulunur(ASHRAE. 1989., Duffie JA, Beckman WA,1991., K.K. Gopinathan 1991).

4. AVLULU BİNA BİÇİMİNİN FARKLI İKLİM BÖLGELERİNDE İKLİMSEL PERFORMANSA GÖRE OPTİMİZASYON MODELİNİN UYGULANMASI

Avlulu bina biçiminin farklı iklim bölgelerinde iklimsel performansa göre optimizasyon modeli; yapılan tüm simülasyonlar sonucunda; ele alınan sabit konumlu değişken avlu oranlarına sahip 7 farklı avlu seçeneği için soğutma dönemi yani soğutma ayları için 7. Ay, ve 21 Temmuz; kış ayları ısıtma dönemi yani ısıtma ayları için ise 1. Ay ve 21 Ocak günleri için saatlik olarak toplam 24 saatlik yerel hakim rüzgar dikkate alınarak;

- Avlu içi sıcaklık ve ortalama sıcaklık dağılımları,
- Bina toplam ısı kazanç ve kayıp değerleri,
- Avlu içi hava hızı hareketleri, havanın yönü, doğrultusu, hava tabakalaşması,
- Avlulu bina ısı bölgelere (zone) ait hava değişim oranı,
- Avlulu bina içi ısı bölgelere (zone) ait ortam sıcaklıkları,
- Tüm bina yüzeyleri ve çatı alanı için; toplam ve ortalama ısı gecisi miktarı, yüzey sıcaklıkları, basınçları, ve hız dağılımları,
- Bina içi ve avluda 1.60 m, 3.20 m, 6.50 m seviyesinde yatay kesitteki sıcaklık, basınç ve rüzgar hızının dağılımı,

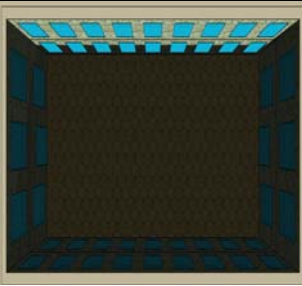
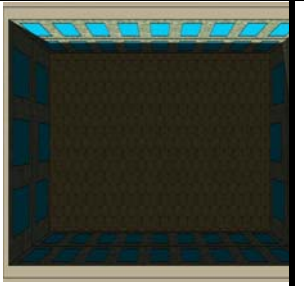
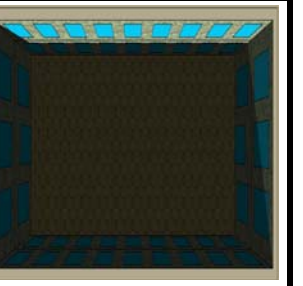
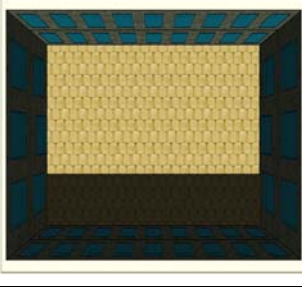
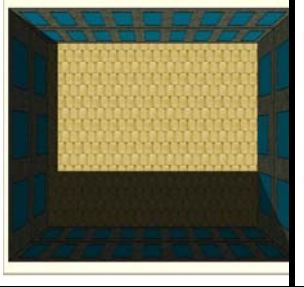
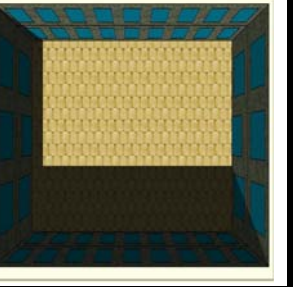
değerleri hesaplanarak uygulanmıştır. Tüm bu değerlerin sayısal ve görsel raporları çıkartılmış ve bu değerlere göre her bir iklim bölgesi için en sıcak dönem ve en az sıcak dönem boyunca hem gündüz güneşli saatleri döneminde hemde gece dönemi için gerek avlu içi gerekse bina içi termal performans açısından optimum avlu biçimleri ortaya konulmuştur. Farklı iklim bölgelerine göre hakim rüzgar yönleri, uzun dönem meteorolojik verilerin ortalamaları alınarak; en sıcak dönem için Temmuz, ve en az sıcak dönem için Ocak aylarında şekil 4.1 deki yönler bulunmuştur (Şekil 4.1).



Şekil 4.1: Farklı iklim bölgelerinin ısıtma ve soğutma dönemlerindeki uzun dönem ortalama hakim rüzgar yönleri.

Ayrıca avlu içi ve bina yüzeylerine gelen güneş ışınlarının ve gün içerisinde güneşin hareketinin bina üzerindeki termal performansa etkisini analiz etmek ve güneş-gölge

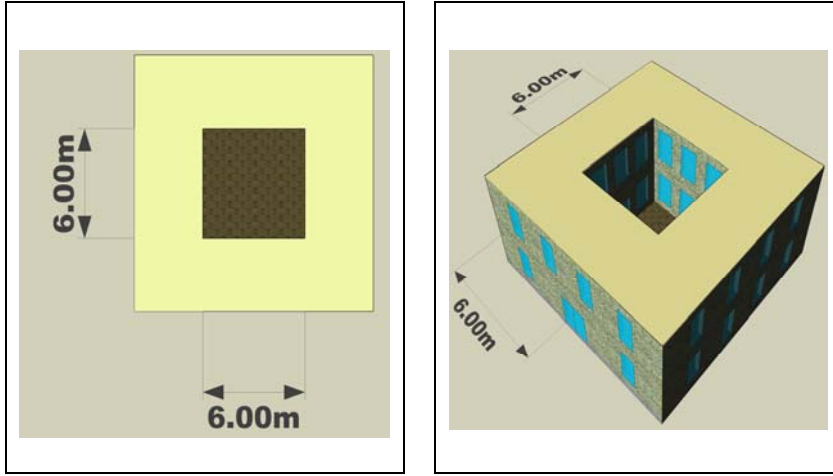
ilişkinini incelemek, gölgeli alanlar ile güneş alan alanlar arası termal performans değerlendirmelerini yapmak için her üç iklim bölgesini temsilen Diyarbakır, Antalya ve Erzurum için kış-ısıtma günlerini temsilen 21 Ocak; Yaz-soğutma günlerini de temsilen 21 Temmuz günleri için Sketch-Up programında avlu içi güneş-gölge analizleri çıkartılmıştır. Buradan elde edilen analizler ile Ansys Fluent’de yapılan analizler karşılaştırılarak Ansys Fluent’in hesaplamalarda; güneşli saatlerde termal performans hesaplaması yaparken özellikle gölgeli alanları hesaba aldığı gözlemlenmiştir.

GÜNEŞ- GÖLGE ANALİZİ	ANTALYA 3H Avlu Seçeneği Saat 12.00	DİYARBAKIR 3H Avlu Seçeneği Saat 12.00	ERZURUM 3H Avlu Seçeneği Saat 12.00
21 OCAK			
21 TEMMUZ			

Şekil 4.2: Optimizasyon modelindeki tüm avlu seçeneklerinde yapılan güneş-gölge analizine örnek.

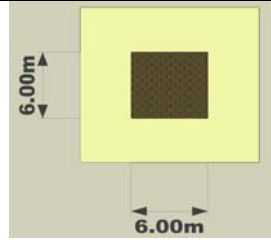
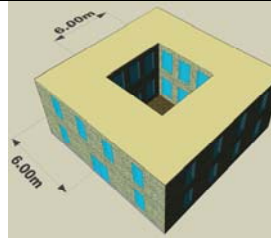
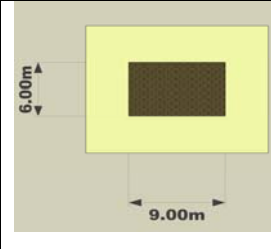
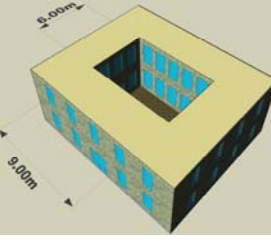
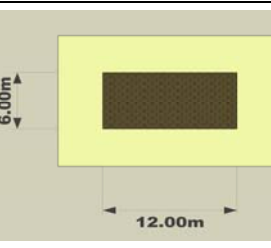
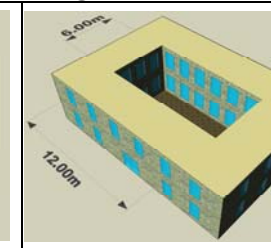
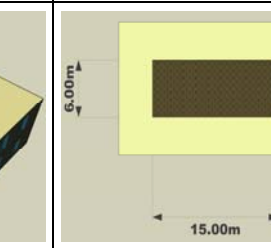
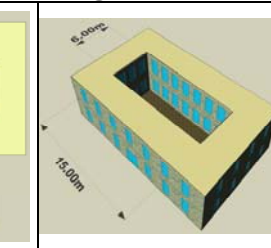
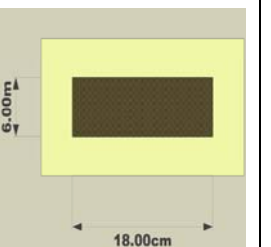
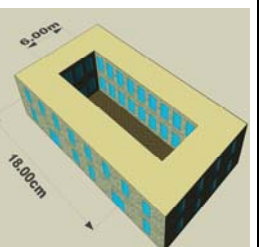
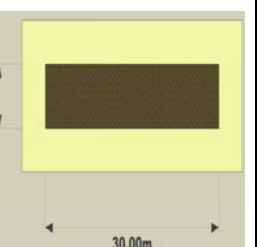
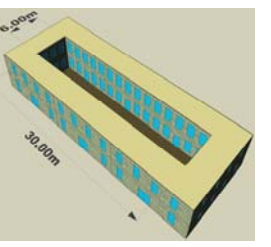
Çalışmada ele alınan 3 farklı iklim bölgelerini temsilen sıcak-kuru iklim bölgesi için “Diyarbakır”, sıcak-nemli iklim bölgesi için “Antalya” ve soğuk iklim bölgesi için ise “Erzurum” illerine ait uzun dönem ortalama meteorolojik iklim verileri kullanılmıştır. Optimizasyon modeli içinde tüm bölgelerde kullanılmak üzere 7 farklı avlu seçeneği ele alınmıştır. Seçenekler oluşturulurken avlu genişliği; daha önce yazar tarafından İ.T.Ü de tamamlanan “*Avlulu Binalarda Doğal Havalandırma ve Soğutma Açısından Rüzgâr Etkisi İle Oluşacak Hava Akımlarına Yüzey Açıklıklarının Etkisinin Deneysel İncelenmesi*” başlıklı yüksek lisans tez çalışmasında ele alınan referans seçeneği üzerinden gidilerek seçenekler oluşturulmuştur (Yaşa, E., 2004).

Burada ele alınan referans bina, H avlu seçeneği bire bir ölçekte 2 katlı, kat yüksekliği 3.00 m ve bina dış ölçüleri 14.00 x 14.00 x 6.00 m. avlu boyutları ise 6.00 x 6.00 x 6.00 m. olarak düşünüldü (Şekil 4.3).



Şekil 4.3: Referans avlulu bina plan ve perspektifi (2 katlı, kat yüksekliği 3.00 m ve bina dış ölçüleri 14.00x14.00x6.00m avlu boyutları ise 6.00x6.00x 6.00m).

Diğer seçenekler ise avlu boyutu $x = y = z = H$ olan ve bina konumu sabit referans binanın kat yüksekliğine ($H=6$), bağlı olarak doğu-batı doğrultusundaki, avlu boyutunun 1.50 kat artırılması ile 6.00x9.00x6.00 ölçülerinde 1.5H avlu seçeneği, 2.00 kat artırılması ile 6.00x12.00x6.00 ölçülerinde 2H avlu seçeneği, 2.50 kat artırılması ile 6.00x15.00x6.00 ölçülerinde 2.5H avlu seçeneği, 3.00 kat artırılması ile 6.00x18.00x6.00 ölçülerinde 3H avlu seçeneği,, 5.00 kat artırılması ile 6.00x30.00x6.00 ölçülerinde 5H avlu seçeneği şeklinde altı adet seçenek üretilmiştir (Şekil 4.4).

OPTİMİZASYON MODELİNDE ELE ALINAN AVLU SEÇENEKLERİNİN ÖZELLİKLERİ			
H Seçeneği		1.5 H Seçeneği	
			
Avlu Boyutları	6.00x6.00x6.00	Avlu Boyutları	6.00x9.00x6.00
Bina Çatı Alanı	160 m²	Bina Çatı Alanı	184 m²
Bina dış yüzey alanı (Top. Isı Trans. için)	960 m²	Bina dış yüzey alanı (Top. Isı Trans. için)	1104 m²
Bina Toplam Hacmi	960 m³	Bina Toplam Hacmi	1104 m³
Avlu Alanı	36 m²	Avlu Alanı	54 m²
Avlu Hacmi	216 m³	Avlu Hacmi	324 m³
AVLU SEÇENEKLERİ ÖZELLİKLERİ			
2H Seçeneği		2.5 H Seçeneği	
			
Avlu Boyutları	6.00x12.00x6.00	Avlu Boyutları	6.00x15.00x6.00
Bina Çatı Alanı	208 m²	Bina Çatı Alanı	232 m²
Bina dış yüzey alanı (Top. Isı Trans. için)	1248 m²	Bina dış yüzey alanı (Top. Isı Trans. için)	1392 m²
Bina Toplam Hacmi	1248 m³	Bina Toplam Hacmi	1392 m³
Avlu Alanı	72 m²	Avlu Alanı	90 m²
Avlu Hacmi	432 m³	Avlu Hacmi	540 m³
AVLU SEÇENEKLERİ ÖZELLİKLERİ			
3H Seçeneği		5 H Seçeneği	
			
Avlu Boyutları	6.00x18.00x6.00	Avlu Boyutları	6.00x30.00x6.00
Bina Çatı Alanı	256 m²	Bina Çatı Alanı	352 m²
Bina dış yüzey alanı (Top. Isı Trans. için)	1536 m²	Bina dış yüzey alanı (Top. Isı Trans. için)	2112 m²
Bina Toplam Hacmi	1536 m³	Bina Toplam Hacmi	2112 m³
Avlu Alanı	108 m²	Avlu Alanı	180 m²
Avlu Hacmi	648 m³	Avlu Hacmi	1080 m³

Şekil 4.4: Optimizasyon modelinde ele alınan avlu seçenekleri ve özellikleri.

Özellikle 5H seçeneği ve sonrasında yapılacak artış sonucunda oluşacak avlu seçenekleri, artık avlu özelliğini kaybederek sokak ve kanyon seçeneğine dönüşmektedir. Bu sebeple H=30m den sonrası artıştaki seçenekler üzerinde durulmamıştır.

Avlu duvarlarının yüzeyinin binanın termal yüküne katkısı, zemin yüzeyinin katkısından daha önemlidir. Bu yüzden gerek her bir seçeneğin avlu yüzey alanı ve gerekse avlu etrafındaki bina duvar yüzeyi alanı, farklı oranlardaki avlu biçimlerinin termal performansları arasındaki kıyaslamada temel oluşturmaktadır. Buna göre bu çalışmada araştırılan tüm seçenekler üzerinde oluşturulan toplam opak ve saydam yüzey oranları bütün seçeneklerde eşit tutulmuştur

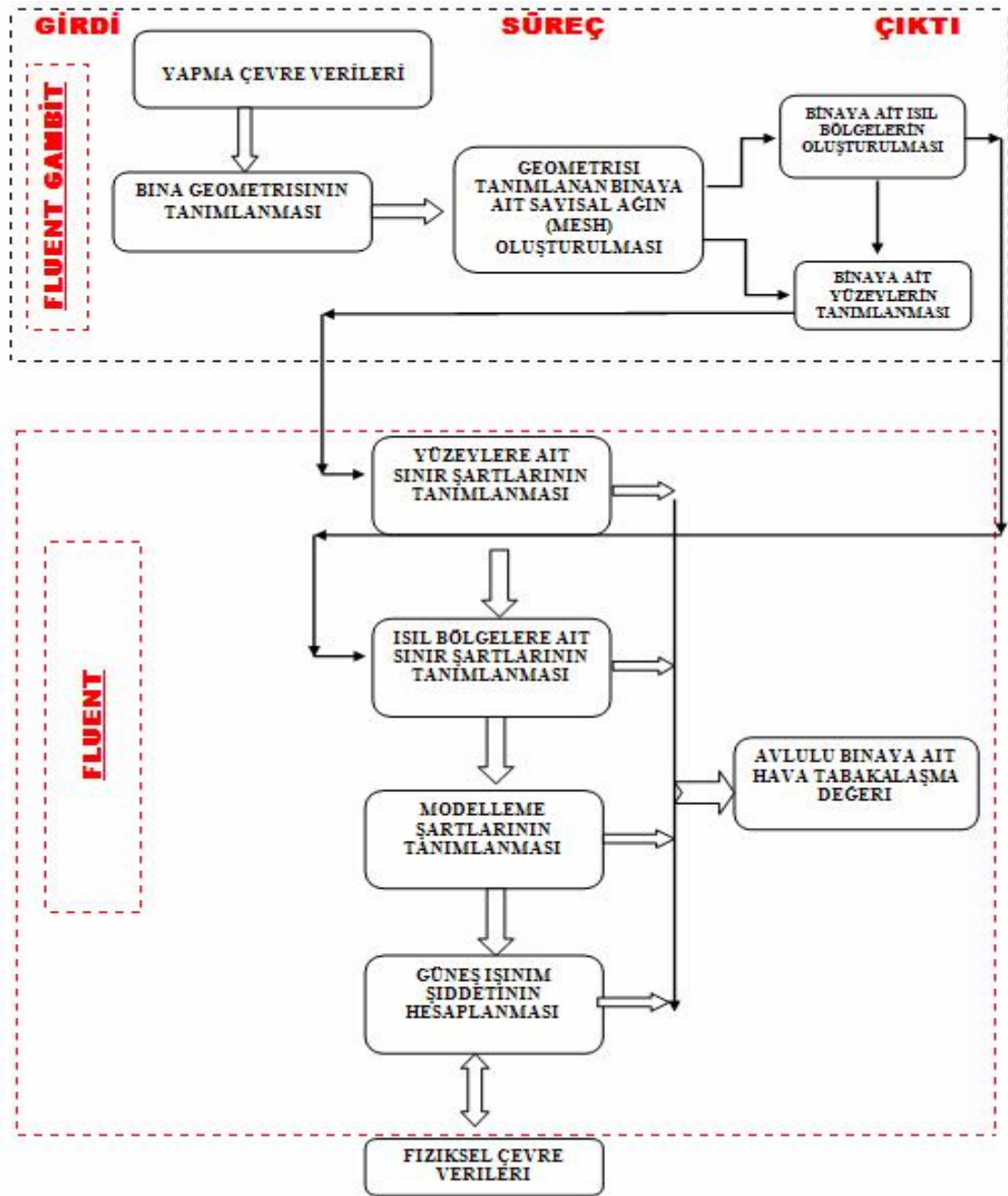
Bu seçenekler, Ansys Fluent Gambit programında çizilerek farklı ısı bölgelere ayrıldıktan sonra sayısal ağ seçenekleri çözümü yapılmıştır.

Ansys Fluent, hem Hesaplamalı akış analizi hem de toplam enerji analizi ve ısı yükleri simüle eden bir programdır. Kullanıcı tarafından oluşturulan veriler ışığında binaya ait enerji tüketimini hesaplamaktadır. Program, kullanıcı yerine karar verici değildir. Ancak verilere ilişkin alt ve üst sınır değerleri tanımlamakta böylelikle binaya uygun HVAC ekipmanı oluşturma, enerji performansının optimizasyonu, toplam maliyet analizi belirleme vb konularda yardımcı olmaktadır. Binanın bulunduğu iklim bölgesine ait meteorolojik veriler ve coğrafi veri girişi; kullanıcı tarafından yapılmaktadır. Meteorolojik veriler, T.C Meteoroloji Genel Müdürlüğüne ait o bölgelerdeki meteorolojik istasyonlarda 1972-2009 yılları arasında alınan kayıtlara göre elde edilen veriler, Ansys Fluent programına girdi olarak girilir. Bu veriler, her iklim bölgesi için dış hava sıcaklıkları, ortalama nem miktarı, rüzgarın yönü ve şiddeti, direkt ve yaygın güneş ışınımı şiddeti, gökyüzü bulutluluk indeksi verileridir.

Geometrik ve malzeme özellikleri, binada kullanılan ekipman bilgileri, ekipman çalışma programları, kullanıcı verileri vb bilgiler girildikten sonra program, sonuç dosyaları üretmeye hazırdır. Bu aşamadan sonra istenilen sonuç dosyalarının niteliği; saatlik, günlük, haftalık, aylık veya yıllık olmak üzere belirtilir. Hata dosyasının kontrolü yapıldıktan sonra, binanın enerji tüketiminin ve kullanıcı konfor koşullarının değerlendirilmesine ilişkin gerekli veriler elde edilebilir.

Ansys Fluent; Program, kullanıcı tarafından belirtilen coğrafi konumda ve hesaplama yapılacak saatte güneşin konumuna ve şiddetine göre güneş ışınımlarının etkilediği yüzeylerdeki güneş ışınımı kazancını hesaplayabilmektedir. Programda, öncelikle yapma çevre verilerine uygun olarak Ansys Fluent; Gambit programında hesaplanacak avlulu binaların üç boyutlu geometrisi oluşturulur.

Geometrisi tanımlanan binaya ait sayısal ağ kurulur. Daha sonra bina, farklı ısı bölgelere (zone) ayrılarak ve binaya ait tüm iç ve dış yüzeyler tanımlanarak bu ısı bölge ve yüzeylere ait gerekli sınır koşulları girilmiştir.



Şekil 4.5: Optimizasyon modelinin genel akış diyagramı.

Optimizasyon modelinde kullanılan veriler; fiziksel çevre verileri, kullanıcı konfor gereksinimleri ve binaya ait veriler olmak üzere sınıflandırabiliriz. Fiziksel çevre verileri; bir yapı kabuğunun enerji korunumu ve konfor koşullarını sağlaması, iklimsel faktörlerin etkisiyle şekillenen ve yapma çevre üzerinde etkili tasarım etkenlerinin uygun değerler almasıyla mümkün olur. Yapı kabuğu tasarımında etkin olan bu değişkenler iki grup altında incelenebilir. Bunlar; fiziksel çevre verileri ve bu verilere göre şekillenen yapma çevre verileridir.

Fiziksel Çevre Verileri; Avlulu binanın bulunduğu iklim bölgesi iline ait meteorolojik veriler ve coğrafi veri girişi; kullanıcı tarafından yapılmaktadır. Meteorolojik veriler, T.C Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğüne ait o bölgelerdeki meteorolojik istasyonlarda 1972-2009 yılları arasında alınan kayıtlara göre elde edilen uzun dönem veriler istenmiş ve bu verilerden simülasyon çalışması yapılacak günlere ait saatlik olarak 24 saatlik ortalamalar çıkartılmış ve bu veriler, Ansys Fluent programına girdi olarak girilmiştir. Bu veriler avlulu binanın bulunduğu; Sıcak-Kuru iklim bölgesi için Diyarbakır'a ait; Sıcak-Nemli iklim bölgesi için Antalya'ya ait, Soğuk iklim bölgesi için Erzurum'a ait;

- Saatlik Ortalama Saatlik Kuru Termometre Sıcaklıkları ($^{\circ}\text{C}$),
- Saatlik Ortalama Direkt ve Yaygın Güneş Işınım Şiddetleri (Wh/m^2),
- Saatlik Ortalama Soğutma Derece Günleri,
- Saatlik Ortalama Isıtma Derece Günleri,
- Saatlik Ortalama Rüzgar Yönü Ve Şiddeti ($^{\circ}\text{-m/sn}$) değerleridir.

Coğrafi veriler ise; Sıcak-Kuru iklim bölgesi için Diyarbakır'a ait; Sıcak-Nemli iklim bölgesi için Antalya'ya ait, Soğuk iklim bölgesi için Erzurum'a ait coğrafi konumu belirten enlem-boylam bilgisi, yön, deniz seviyesinden yüksekliği, topografya özellikleridir. Programa veri girişi olarak enlem-boylam verisi girilmiştir. Sıcak-Nemli iklim bölgesini temsilen seçilen Antalya ilinin enlem-boylam durumu; 36:07 E, 36:14 N; Sıcak-Kuru iklim bölgesini temsilen seçilen Diyarbakır ilinin enlem-boylam durumu 40:14 E, 37:55 N; Soğuk iklim bölgesini temsilen seçilen Erzurum ilinin enlem-boylam durumu ise 41:17 E, 39:55 N konumundadır.

Bina kullanıcı gereksinimleri olarakta ısı konfor parametreleri olarak şu verilere bakılır. Bunlar; ısı bölgelere ait iç ortam sıcaklığı, ortalama ışınımsal sıcaklık,

ortalama iç hava hareketi-hızı, hava değişim oranı, yüzeylere ait taşınım katsayıları verileridir.

Binaya ait veriler ise; bina yakın çevresi, bina kullanıcı verileri ve binaya ait genel özelliklerdir. Ayrıca bina eleman ve bileşenlerine ait verilerde optimizasyon modelinde ele alınan parametrelerdir (Çizelge 4.1).

Bina yakın çevresine ait bilgiler; dış engellerin konumu ve büyüklüğü ve yakın çevredeki yüzeylerin güneş ışınımı yansıtıcılığı verileridir.

Bina Kullanıcı verileri ise; binadaki kullanıcı sayıları, kullanıcı aktivite düzeyi, kullanıcı giysilerinin yalıtım değeri, kullanıcının çalışma süresi ve şeklidir. **Binanın Genel Özellikleri** olarak bina ile ilgili şu parametreler ele alınır. Binanın hacmi, binanın boyutları, binanın fonksiyonu, binanın kullanım süresi, binanın kullanım sıklığı, hvac sisteminin çalışma süresi ve şeklidir.

Bina Bileşenlerine Ait Verileri ise; bina yapı elemanları olarak duvarlar ve döşemeler olarak iki farklı bölümde ele alınır.

Ele alınan tüm bina konfigürasyonlarında uygulanan bina kabuğu ile ilgili bilgiler aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir.

Çizelge 4.1: Optimizasyon modelinde ele alınan tüm avlu seçeneklerinde uygulanan bina kabuğu ile ilgili bilgiler

Malzeme	Kalınlık d_n (m)	Isı iletkenlik hesap değeri λ_h W/mk	d_n/λ_n	U_d
Dış Sıva	0,030	1,400	0,021	0,378
Taşyünü	0,040	0,040	1,000	
Gazbeton (TS 4916'ya uygun harç ile)	0,200	0,140	1,429	
İç Sıva	0,020	0,870	0,023	
TOPLAM		1/Λ	2,473	

Duvarlara ait malzemenin; kalınlığı, yoğunluğu, özgül ısısı, ısı iletkenlik katsayısı, güneş ışınımı emiciliği, güneş ışınımı yansıtıcılığı, yüzey pürüzlülüğü, katman sayısı belirleyici iken; Döşemelerde ise zemine oturan, ara kat, çatı döşemesi olarak ayrı ayrı incelenir. Döşemede kullanılan malzemenin; kalınlığı, yoğunluğu, özgül ısısı, ısı

iletkenlik katsayısı, güneş ışıını emiciliği, güneş ışıını yansıtıcılığı, yüzey pürüzlülüğü ve katman sayısı ele alınır.

Simülasyon programında kullanılan veriler ise; hacim ortam sıcaklıkları, yüzeylere ve ısı bölgelele (zone) ait sınır şartlar, yüzeylere ait emicilik, yansıtıcılık, yoğunluk, özgül ısı, ısı iletkenlik değerlerinin girilmesiyle tanımlanır.

4.1. Binalarda Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (CFD) Yöntemi ile Rüzgar

Akışı ve Toplam Isı Transferi Hesaplaması

Binaların etrafındaki hava akımıyla, bina yüzeylerindeki ve binalar arasındaki hava akımının doğal havalandırma üzerine etkisi ve bunlar arasındaki ilişki tek yönlü ve çapraz havalandırılmalı basit kare bina yapıları dışında fazla incelenmemiştir. Dahası, yalnızca yakın zamanda, bilgisayar teknolojisindeki gelişmelerden dolayı bazı araştırmacılar bina geometrisinin ve bina yüzey basınç dağılımının doğal havalandırma potansiyeli ve bina içi termal konfor üzerindeki etkisini incelemiştir. Ayrıca, çalışmaların çoğu ya binaların etrafındaki hava akımını simüle eder ya da çevre sınır koşulları göz önünde bulundurarak iç hava akımı örneği oluşturur niteliktedir. Son zamanlarda az sayıda da olsa birkaç çalışma, iç hava akım ile bina dış cephe akımı arasındaki etkileşimi, mekan içindeki akım özelliklerini önemli ölçüde etkilediğinden, dış ve iç hava akımlarının bir arada olduğu çalışmalar yapılmıştır (Kastner-Klein ve Plate 1999).

CFD, son yirmi yılda iç hava akışı analizi için başarılı bir şekilde kullanılmıştır ve şu an pek çok araştırmalarda kullanılmaktadır. CFD sayısal çözüm metodlarının bilgisayar aracılığıyla sonuçlandırıldığı işlemlerdir. Genellikle bilgisayar ortamında oluşturulan katı model üzerine mesh yapısı örölerek , bu yapıda problem tipine göre temel akışkan ve ısı transferi enerji korunum denklemleri çözdürölür. Elde edilen sayısal veriler görselleştirilerek, analitik olarak çözülemeyen problemlerin hızlı ve verimli şekilde sonuca ulaştırılmasını sağlar.

Bu çalışmada sayısal analiz için Ansys Fluent çözdürücü olarak, bina modellerinin oluşturulması ve sayısal mesh model yapısını oluşturmak için de Ansys Gambit mesh oluşturmada kullanılmıştır. Öncelikle Ansys Gambit’de belirlenen tüm avlulu bina seçeneklerinin modelleri ve geometrileri oluşturulmuştur. Daha sonra her bir bina modeli üzerine “meshleme” denilen her bir geometrinin ve bina formunun yapısına

uygun olarak seçilen Mesh yapısı, bina üzerine detaylı olarak örülmesi gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan geometriler üzerinde dörtgenel ve altıgen elemanlar kullanılarak mesh yapısı örülmüştür. Optimizasyon modelinde ele alınan avlu biçimine göre belirlenmiş 7 farklı avlulu bina seçeneğinin Ansys Gambit’te oluşturulmuş modellerinde kullanılan mesh yapısına göre düğüm noktası eleman sayıları şu şekilde gerçekleştirilmiştir.

- H avlulu bina seçeneği modeli; 886900 düğüm noktası eleman sayısından,
 - 1.5H avlulu bina seçeneği modeli; 656230 düğüm noktası eleman sayısından,
 - 2H avlulu bina seçeneği modeli; 1141240 düğüm noktası eleman sayısından,
 - 2.5H avlulu bina seçeneği modeli; 1176310 düğüm noktası eleman sayısından,
 - 3H avlulu bina seçeneği modeli; 1192600 düğüm noktası eleman sayısından,
 - 5H avlulu bina seçeneği modeli; 1262128 düğüm noktası eleman sayısından,
- oluşmaktadır.

Bina modelleri üzerinde oluşturulan bu mesh yapısının kalitesi, çözülen problemin doğruluğu ve kararlılığı ile doğrudan ilgilidir. Dolayısıyla mesh yapısının kontrol edilmesi gerekmektedir. Burada kullanılan mesh yapısındaki çarpıklık kalite değerlerine baktığımızda en kötü elemanın 0,6442 mertebelerindedir. En düşük 0.64 ile ortalama 1.2 – 1.8 arası kalite değerindedir. Yapılan analizler için sonuçların hızlı yakınsaması veya ıraksamaması için bu mertebeler yeterlidir. Ansys Gambit’te hazırlanan bina modelleri daha sonra Ansys Fluent çözdürücüde açılarak problemdeki akışkana uygun temel akışkan ve ısı transferi, enerji korunum denklemleri, momentum denklemleri seçilir. Bu aşamada gerek bina ile ilgili gerekse iç ve dış çevre ile ilgili sınır şartlar girilir. Çözdürücü olarak “Pressure Based yöntemi“ ve kapalı (implicit) denklem yöntemi kullanılmıştır. Bütün çözümlerler, sistemin rejime ulaştığı kabul edilerek zamana bağlı olmadan (Steady State) sonuçlandırılmıştır. Türbülans ve enerji modellemesi; k-epsilon (2 eqn) kendi içinde ise realizable opsiyonu açılmıştır. “Near-Wall Treatment” olarak “Standart Wall Function” kullanılmıştır. Enerji denklemi açılarak tüm ısıl faktörler çözümlenmeye dahil edilmiştir.

Sınır şartlarının girilmesi: Tüm avlu seçeneklerinde kullanılan farklı malzeme özelliğine sahip olan malzemeleri sıralayacak olursak; akışkan olarak hava; bina elemanları olarak ise bina kabuğu, döşemeler, kapı, pencere, duvar, çatıdır.

Burada akışkan olan hava için kabul edilen değerler sırasıyla: yoğunluk 1,2256 kg/m³, özgül ısı Cp 1006,43 j/kg-K, ısı iletimi 0,0242 W/m-K, vizkositesi ise 1.7894e-05 kg/m-s şeklindedir.

Aynı zamanda kapı için 0,3499 W/m-K, duvar için 1,3944 W/m-K, çatı için 0.919 W/m-K, pencerede kullanılan camlar için ise 1.05 W/m-K olarak alınmıştır. Tüm avlulu bina seçeneklerinde 21 Ocak ve 21 Temmuz bina içi ısıtma ve soğutma yükü için iç ortam sınır sıcaklık değeri 25 C⁰ kabul edilmiştir. Dış yüzeylerin opaklık ve geçirgenlik değerlerinde pencerelerde kullanılan camlar için; yansıtıcılık %10, emicilik %26, geçirgenlik %64 olacak şekilde ayarlanmıştır.

Güneş ışınımı hesabı yapabilmek ve gün ışığından ne kadar faydalandığını hesaplayabilmek için programda “Solar Calculator” modülü açılmıştır. Buraya veri girişi olarak; binaların bulunduğu saat dilimi, enlemi, boylamı, bulutluluk oranı ve ayı, günü, saati, dakikası eklenmiştir.

Bununla birlikte radyasyon hesaplaması içinde P1 modülü kullanılmıştır. Burada da havanın ne kadar ışığı absorbe ettiği ve ışığın içerideki yayılım datası girilmiştir. Bu katsayılar sıfıra çok yakın değerde olduğu için 0,000025 mertebesinde alınmıştır. Bu değer esasında radyasyonla ısı iletimi ve sıcaklık artımında oldukça etkilidir. Ansys Fluent’de nem verisi girilememektedir.

4.2. Optimizasyon Modeline Göre Elde Edilen Bulguların Değerlendirilmesi

Optimizasyon modeline göre yapılan CFD-Ansys Fluent analizleri sonuçları; ele alınan üç farklı iklim bölgesi için hem yaz soğutma döneminde hem de kış-ısıtma dönemindeki performansları olarak bina toplamında enerji kazanç-kayıbı bakımından bir de gerek bina içi ve gerekse avlu içi konfor parametreleri açısından iki farklı kategoride değerlendirilmiştir. Bunun için bina toplamında enerji kazanç-kayıbı bakımından bina toplamı- toplam ısı transfer miktarı ve bina ve avlu yüzeyleri güneş ışınım kazançları şeklinde iki ana kategoride ele alınmıştır. Bu doğrultuda her iki kategori için elde edilen CFD-Ansys Fluent ham datalarından her üç iklim bölgesi, 21 Ocak ve 21 Temmuz tarihleri için 24 saatlik tüm bina yatay ve düşey yüzeyleri

toplamı toplam ısı transfer miktarları ve güneş ışınım kazançlarının olduğu çizelgeler hazırlanmıştır. Oluşturulan çizelgelerden elde edilen sayısal değerler; hem bina toplam yüzey alanına göre hem de bina toplam hacmine göre ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Ayrıca oluşturulan bu çizelgelerden gündüz ve gece saatleri için ayrı ayrı toplam ısı kazanç ve kayıp çizelgeleri çıkartılmış ve genel olarak değerlendirme yapabilmek için 24 saatlik genel toplam değerlerin olduğu çizelgeler oluşturulmuştur.

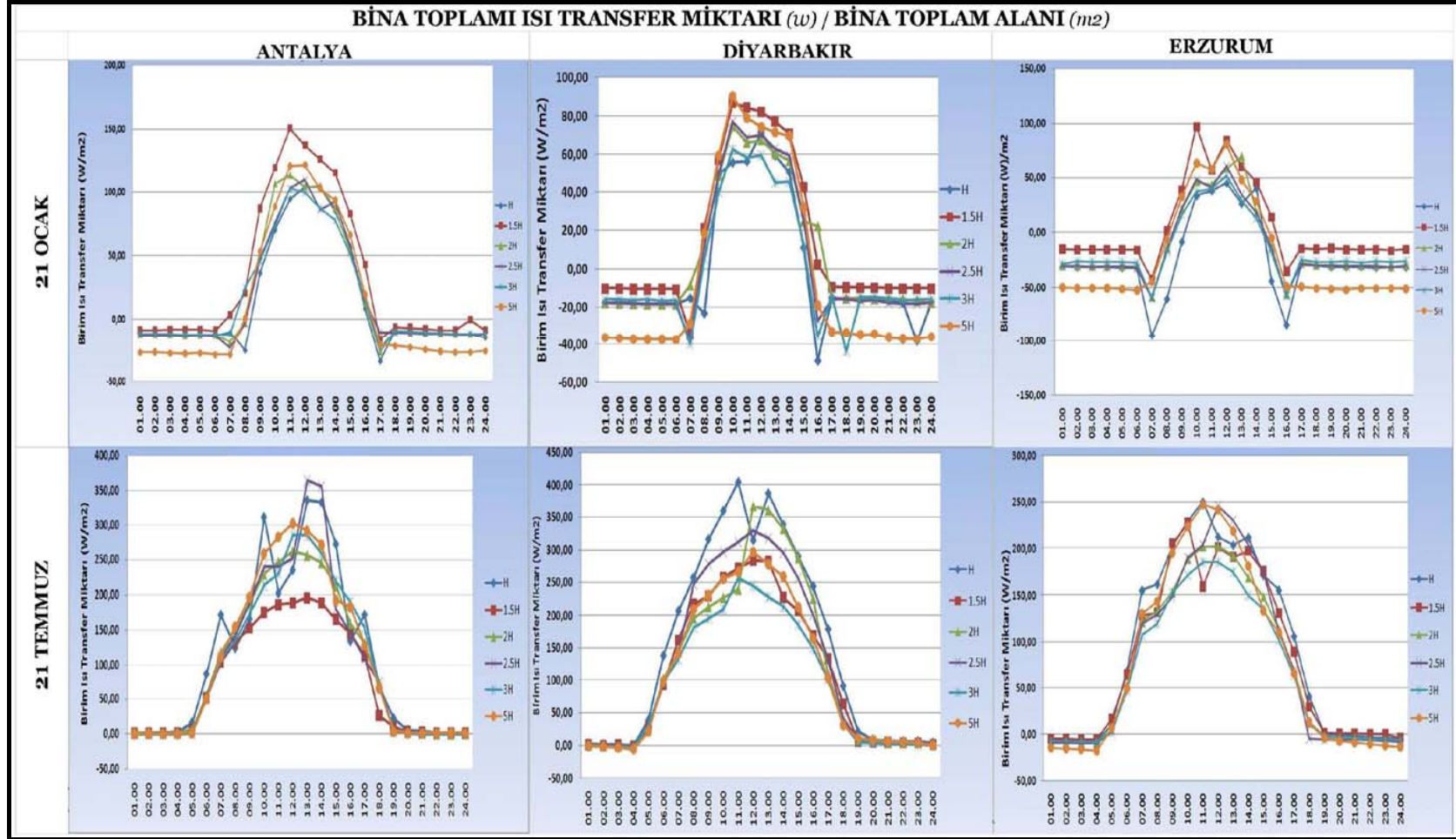
Oluşturulan tüm bu çizelge değerlerinden grafikler çizilmiş ve tüm geometrilerin enerji değerlendirmeleri bu çizelge ve grafiklere göre yapılmıştır. Konfor değerlendirmesi için oluşturulan bu çizelge ve grafiklerin yanında ayrıca CFD-Ansys Fluent'den elde edilen sıcaklık, basınç ve rüzgar dağılımı görsellerinden faydalanılmıştır.

Tüm bu çizelge, grafik ve görsellerden elde edilen sonuçlara göre değerlendirmeler, bu bölümde detaylı olarak ele alınmış ve bir sonraki bölümlerde ise alt sonuçlar çıkartılarak tüm seçenekler için gerek toplam enerji değerlendirmesi ve gerekse konfor değerlendirmeleri yapılmıştır.

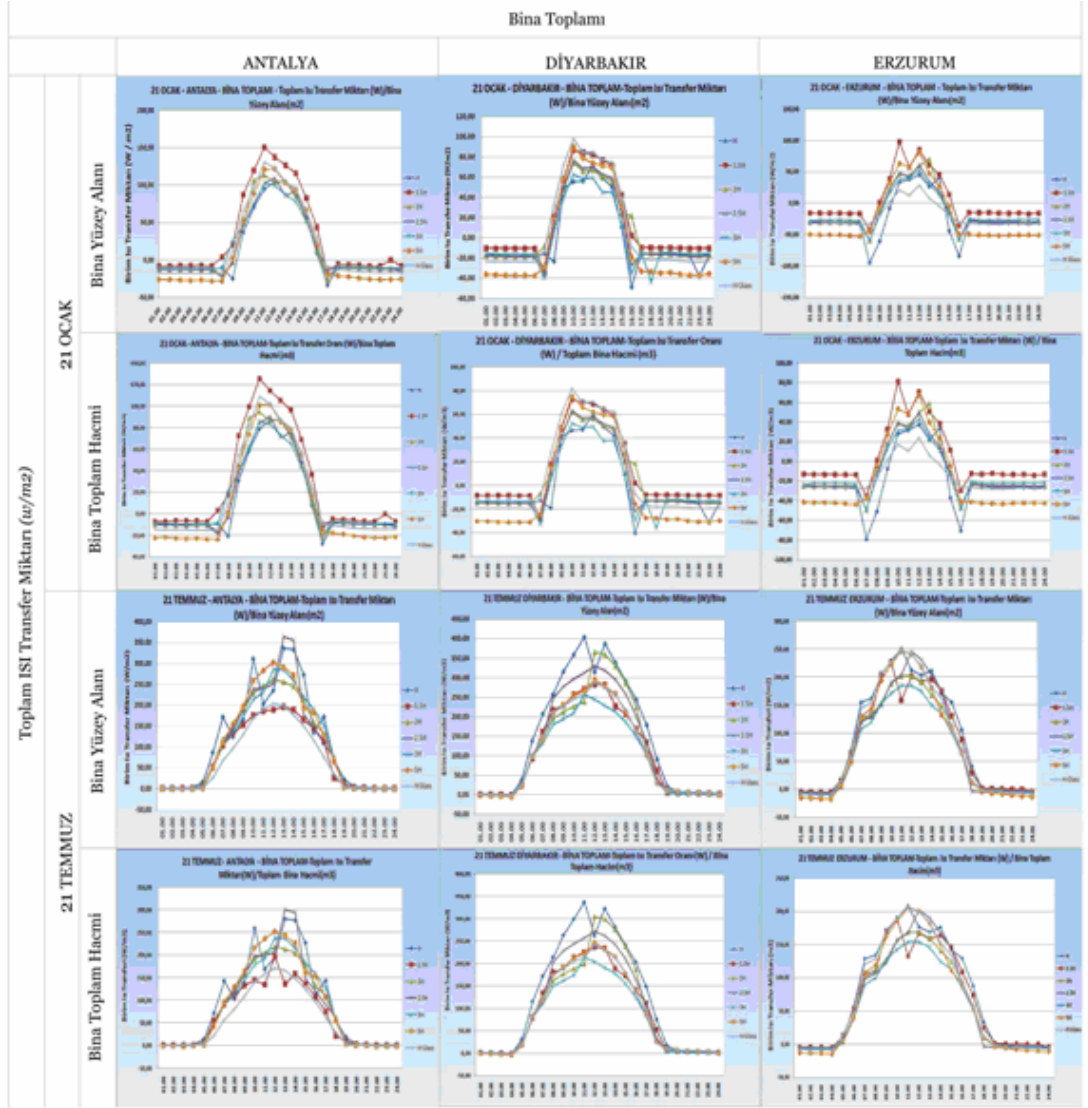
Gerek binalarda enerji performansını değerlendirme aşamasında gerekse bina içi ve avlu içi toplam konfor ve iklimi aşamasında, gölge faktörü ele alınmamışsa bina ve avlu, tamamıyla güneş radyasyon ışınlarına maruz kalmış olarak simülasyon edilmiş ve hesaplama buna göre yapılmış demek olur ki; bu hesaplama ve analiz tam bir gerçekliği ifade etmeyecek ve çıkacak sonuçlar da tam olmayacaktır. Bu optimizasyon modeli çalışmasında kullanılan CFD Ansys Fluent programı, gün içerisinde güneşli saatlerinde bina ve avlu yüzeylerindeki gölge alanları dikkate alarak gölgeli alan yüzeylerinin avlulu binanın ısıtma ve soğutma gereksinimleri üzerindeki etkisini de göz önünde bulundurmuş ve hesaplamıştır.

4.3. Avlulu Binaların Toplam Isı Transfer Miktarları ve Güneş Işınım Kazançlarına Göre Bina Enerji Performanslarının Değerlendirilmesi

Tüm avlu seçenekleri toplam enerji performanslarının değerlendirilmesinde bina toplam yüzey alanları ve bina toplam hacimlerine göre ayrı ayrı çizelgeleme ve grafikler yapılmıştır.



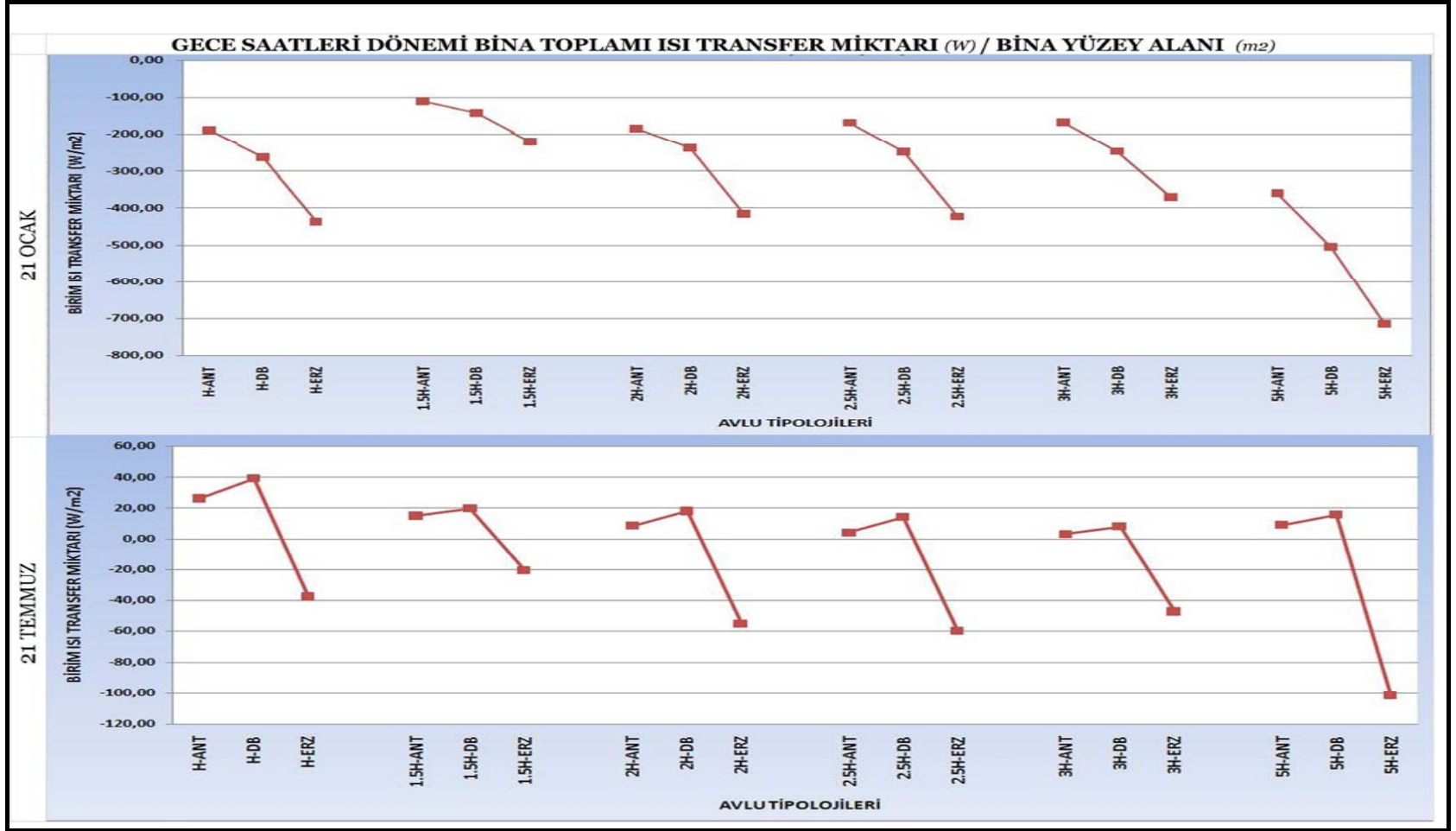
Şekil 4.6: Tüm avlu seçenekleri için bina toplamı yüzey alanına göre birim ısı transfer miktarı.



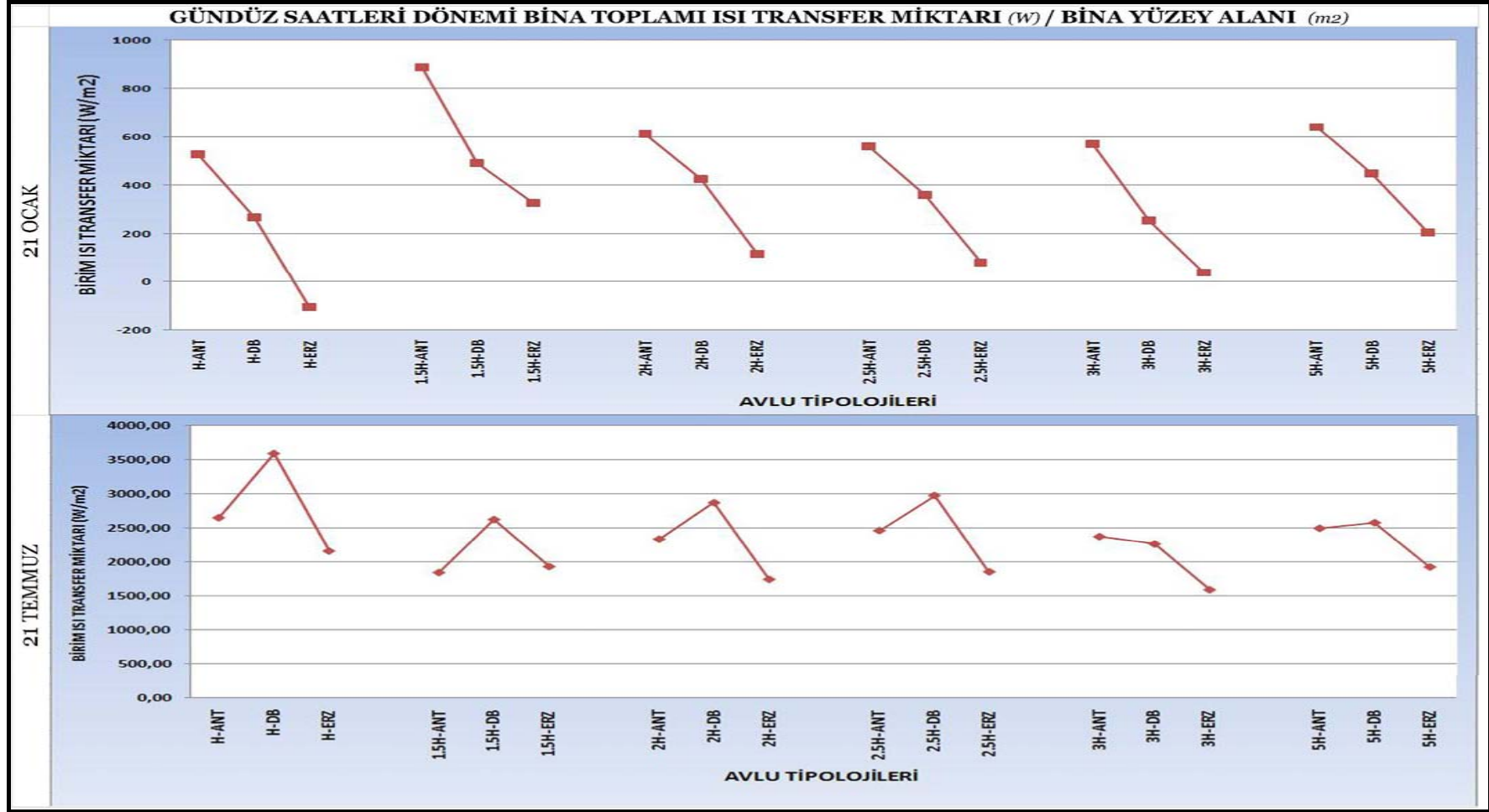
Şekil 4.7: Tüm avlu seçeneklerinin bina toplam yüzey alanı ve toplam bina hacmine göre birim ısı transfer miktarları karşılaştırması.

En az sıcak dönem örneği olan 21 Ocak ısıtma dönemi boyunca özellikle soğuk iklim bölgeleri için istenen, binalarda maksimum oranda enerji kazanımıdır. Bu doğrultuda şekil 4.6 deki grafik değerlerine baktığımızda Antalya için güneşin en yüksek olduğu öğle saatlerinde, binaların kazanmış olduğu maksimum kazanç, $100-150 \text{ W/m}^2$ arasında değişim gösterirken en yüksek değere 1.5 H seçeneğinde rastlanılmakta; Diyarbakir için ortalama $80-100 \text{ W/m}^2$ arasında değişim gösterirken en yüksek değere 5H seçeneğinde görülmekte; Erzurum’ da ise ortalama $50-100 \text{ W/m}^2$ arasında ısı kazanımının olduğu görülmektedir. Burada da en yüksek değere 5H seçeneğinde karşılaşılmıştır (Ek A).

En az sıcak dönem örneği olan 21 Ocak'ta özellikle gündüz saatlerindeki ısı kazanımının fazla olduğu ve aynı zamanda gece saatleri boyunca da ısı kaybının en az olduğu seçeneklere bakılmalıdır. Antalya, Diyarbakır ve Erzurum'da yalnızca gece saatleri boyunca toplamda en az ısı kaybı 1.5H da seçeneğinde olmaktadır. 21 Ocak yalnızca gündüz saatlerine bakıldığında ise en fazla ısı kazancı Antalya'da 1.5H, Diyarbakır ve Erzurum'da 5H seçeneğinde görölmüştür (Şekil 4.8-4.9).



Şekil 4.8: 21 Ocak ve 21 Temmuz Gece Saatleri Dönemi tüm avlu seçenekleri için bina toplamı tüm yüzey alanına göre birim ısı transfer miktarı.

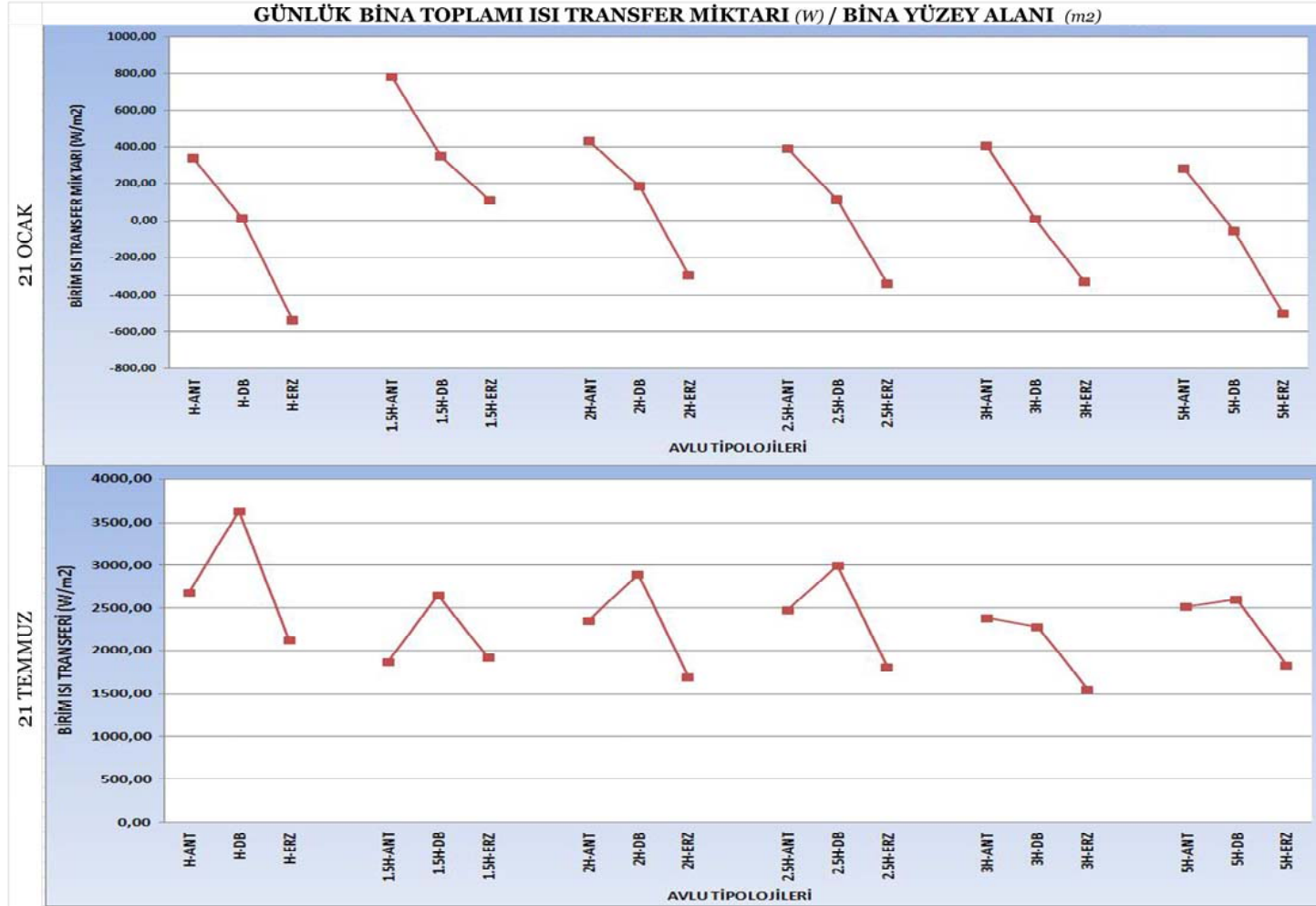


Şekil 4.9: 21 Ocak ve 21 Temmuz Gündüz Saatleri Dönemi tüm avlu seçenekleri için bina tüm yüzey alanına göre birim ısı transfer miktarı.

En sıcak dönem örneği olan 21 Temmuz'da tüm iklim bölgeleri için istenen, binalarda minimum oranda ısı kazanımıdır. Dolayısıyla şekil 4.6 deki grafik değerlerine bakıldığında Antalya için öğle saatlerinde, binaların kazanmış olduğu maksimum kazanç, ortalama $300-350 \text{ W/m}^2$ arasında değişmekte ve en yüksek değer 2.5H seçeneğinde; Diyarbakır için ortalama $350-400 \text{ W/m}^2$ arasında değişmekte ve en yüksek değer H seçeneğinde; Erzurum için ise ortalama $200-250 \text{ W/m}^2$ arasında değişmekte ve en yüksek değer ise 5H seçeneğinde görülmektedir. Bu dönemde minimum ısı kazanımı Antalya için 1.5H, Diyarbakır için 3H; Erzurum için ise 3H seçeneğinde görülmüştür. Gece saatleri boyunca ise Antalya ve Diyarbakır için $0.00-5.00 \text{ W/m}^2$ civarında ısı kazancı olur iken Erzurum'da ise gece boyunca en fazla 5H seçeneğinde $15.00-20.00 \text{ W/m}^2$ ısı kaybı söz konusudur. Gece saatleri boyunca ortalama, Antalya ve Diyarbakır için $0.00-5.00 \text{ W/m}^2$ arasında ısı kazanımı oluşurken; Erzurum'da tüm gece boyunca tüm avlu seçeneklerinde ısı kayıpları meydana geldiği görülmektedir (Şekil 4.9) (Ek A).

21 Temmuz gün boyunca istenen minimum oranda ısı kazanımları; gece boyunca Antalya'da 3H, Diyarbakır'da 3H, Erzurum'da ise 3H seçeneklerinde görülmüştür. Gündüz saatleri boyunca ise Antalya'da 1.5H, Diyarbakır'da 3H, Erzurum'da ise 3H seçeneklerinde görülmüştür (Şekil 4.8-4.9).

Gerek gündüz dönemi toplamı ve gerekse gece dönemi toplamı değerlerine ayrıca şekil 4.10 daki 24 saatlik toplam değerlere bakıldığında, 21 Temmuz'da özellikle gündüz güneşli saatler boyunca toplam ısı kazanımının en az olduğu seçenek olarak Antalya için 1.5H; Diyarbakır ve Erzurum için ise 3H seçeneği olduğu görülmektedir. (Şekil 4.8)



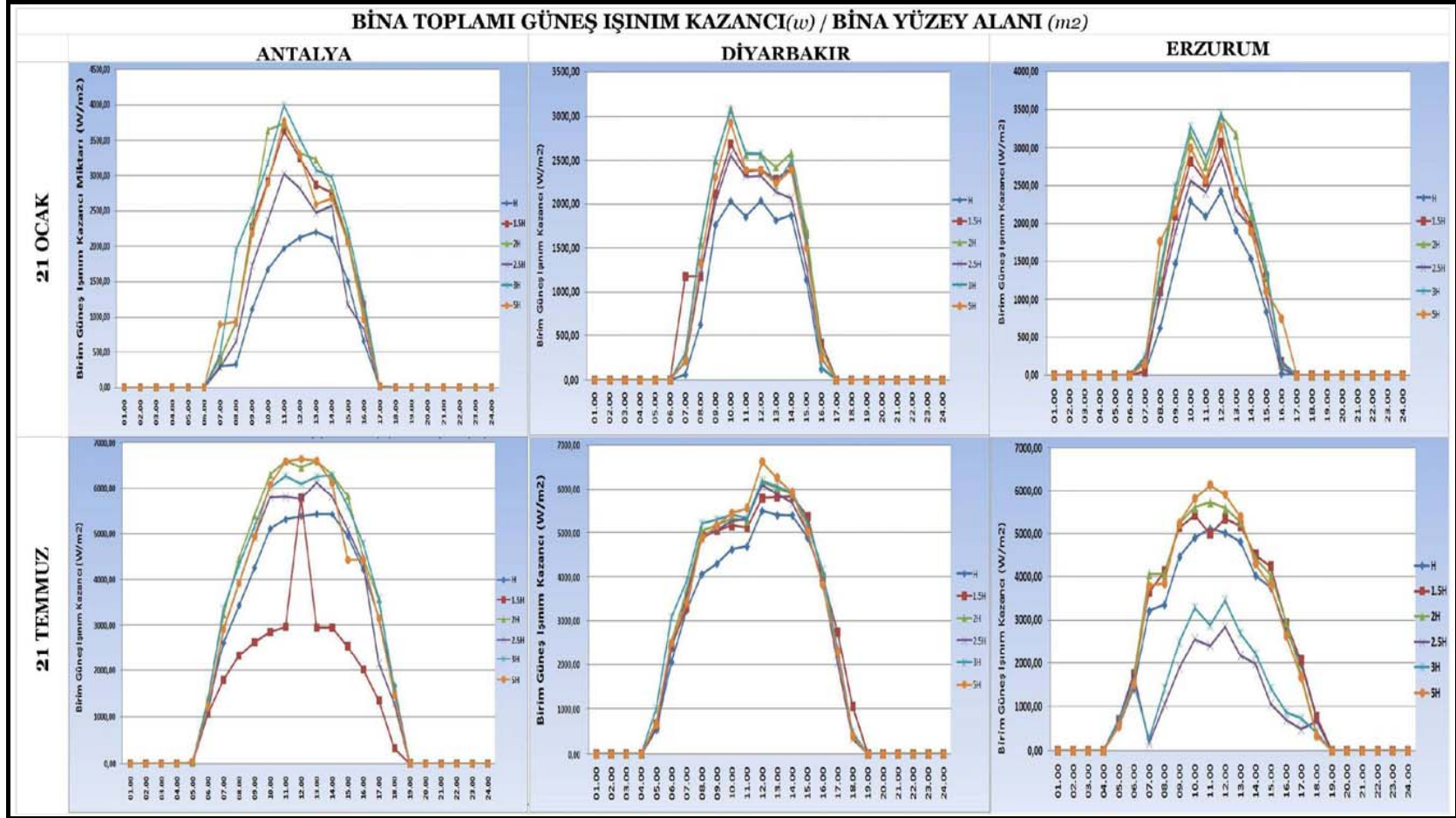
Şekil 4.10: 21 Ocak ve 21 Temmuz günlük bina toplamı tüm yüzey alanına göre birim ısı transfer miktarı.

4.4. Avlulu Bina Seçeneklerinin Enerji Performanslarının Güneş Işınım Kazançlarına Göre Değerlendirilmesi.

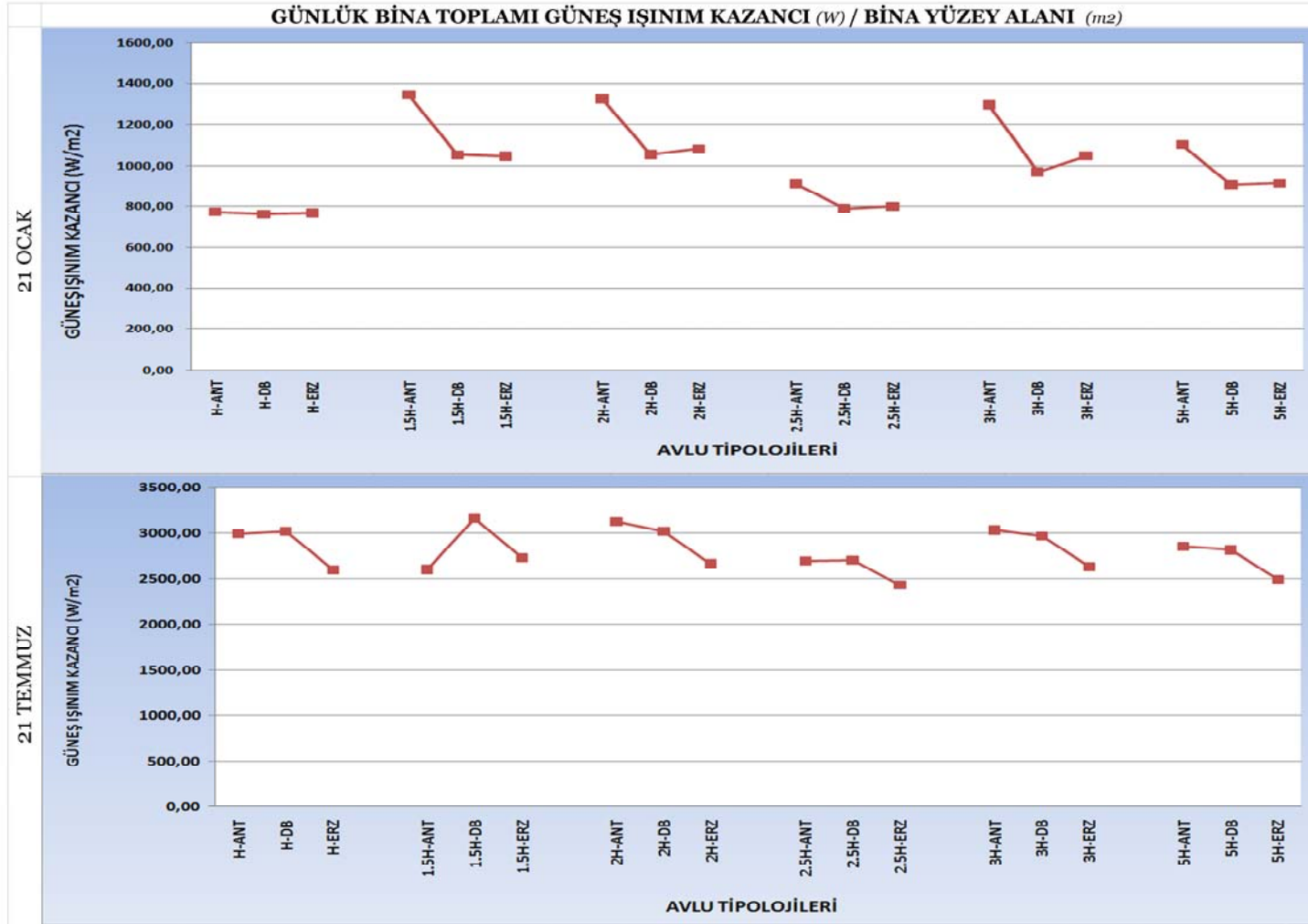
Avlulu bina seçeneklerindeki termal konfor ve enerji performans değerlendirilmesi bakımından güneş ışınımından elde edilen kazançları değerlendirildiğinde; Sıcak-nemli ve Sıcak-kuru iklim bölgelerinde en sıcak dönem boyunca minimum güneş ışınım kazancı beklenirken en az sıcak dönemde ise binaların gündüz güneşli saatleri boyunca maksimum güneş ışınım kazancı elde etmesi beklenir. Dolayısıyla hesaplama sonucunda elde edilen Şekil 4.11 grafiğindeki birim güneş ışınım kazancı değerleri incelendiğinde en az sıcak dönem örneği olan 21 Ocak sıcak-nemli iklim bölgesi Antalya’da güneşli saatleri 07.12-17.07 arasında maksimum güneş ışınım kazancı 1200-1300 W/m² civarında iken; sıcak-kuru iklim bölgesi Diyarbakır’da güneşli saatleri 06.34-16.26 arasında maksimum güneş ışınım kazancı 1000-1100 W/m²; soğuk iklim bölgesi Erzurum’da 06:36-16:17 arasında maksimum güneşten 1000-1050 W/m² arasında kazanım sağladıkları görülmektedir (Ek B), (Şekil 4.11, 4.15).

Buna göre 21 Ocak en az sıcak dönemde avlu seçenekleri arasında gündüz güneşli saatleri boyunca maksimum güneş ışınım kazancı sağlayan Antalya için 1.5H seçeneği; Diyarbakır için 1,5H ve Erzurum için 2H seçenekleridir. (Şekil 4.12) En sıcak dönem örneği olan 21 Temmuz’da ise avlu seçeneklerinin gündüz saati boyunca en az oranda güneş ışınım kazancı elde etmesi beklenir.

21 Temmuz’da bina yüzey toplamından maksimum kazanç; sıcak-nemli iklim bölgesi Antalya’da güneşli saatleri 05:00-19:08 arasında maksimum güneş ışınım kazancı 3000-3200 W/m² arasında iken; sıcak-kuru iklim bölgesi Diyarbakır’da güneşli saatleri 04:19-18:31 arasında maksimum güneş ışınım kazancı 3000-3100 W/m² arasında; soğuk iklim bölgesi Erzurum’da 04:09-18:33 saatleri arasında maksimum güneş ışınım kazancı 2500-2600 W/m² arasında kazanım sağladıkları görülmektedir (Ek B). Toplam bina enerji performansı değerlendirildiğinde soğutma dönemi boyunca en az güneş ışınım kazancı olan bina seçeneği, bu dönem için optimum seçenektir. Dolayısıyla Şekil 4.12 toplam güneş ışınım kazanç değerleri grafik değerlerine baktığımızda 21 Temmuz gündüz saatleri boyunca minimum güneş ışınım kazancı Antalya için 1.5H; Diyarbakır için H; Erzurum için ise 2.5H seçeneklerinin en az kazanım elde ettikleri görülmektedir (Şekil 4.11, 4.15) (Ek B).



Şekil 4.11: Tüm avlu seçenekleri için bina toplamı yüzey alanına göre birim güneş ışınımı kazancı miktarı.



Şekil 4.12: 21 Ocak–21 Temmuz günlük bina toplamı güneş ışınım kazancı.

4.5. Avluya Bakan Cephe Yüzeylerindeki Mekanların Termal Konforu

Dış hava sıcaklığı, güneşin yükseliş açısına bağlı olarak, periyodik değişen bir iklim ögesidir. Sıcaklık, bulunulan enlem, mevsim, gün içindeki saat, topografik yapı (eğim) ve yüksekliğe bağlı olarak değişmektedir. Ekvatora yaklaştıkça ve yaz ayları süresince sıcaklık artmaktadır.

Rüzgâr ve nem ögeleri de sıcaklık üzerinde etkilidirler. Güney yönlü rüzgârlar sıcaklığı artırmakta, kuzey yönlü rüzgârlar sıcaklığı azaltmaktadır. Nem ise bir yerin fazla ısınma veya soğumasını engelleyerek, günlük ve yıllık sıcaklık farkını azaltmaktadır.

Bina etrafındaki ve dışındaki rüzgar akış durumları ve rüzgar hızları, avlu içerisindeki rüzgarın hız ve yönleri farklı olduğu için tüm avlu seçeneklerinin avluya bakan cephelerindeki yüzey sıcaklık değerleri ile bina dış cephesine bakan cephelerin sıcaklıkları çok farklıdır. Dolayısıyla hemen hemen günün tüm saatlerinde gerek avlu içindeki rüzgar hızları ve gerekse avluya bakan bina cephelerindeki yüzey sıcaklıkları, bina dışına bakan cephelere göre daha düşüktür.

4.5.1. Sıcak-Nemli İklim Bölgesi Örneği Antalya için Avluya Bakan Cephe Yüzeylerindeki Mekanların Termal Konforu

Antalya'da avluya bakan bina doğu cephelerinin yüzey sıcaklık durumlarına baktığımızda; 21 Ocak saat 07:00'deki yüzey sıcaklıkları, 8.79⁰C-19.90⁰C arasında değişim göstermektedir. Tüm avlu seçenekleri değerlendirildiğinde özellikle 3H avlu seçeneğindeki avlu içi rüzgar akışı, diğer seçeneklere göre hem avlu içi rüzgarın hareketi ve hızı, hem de doğu cephesi yüzeyindeki akış yoğunluğu gösterdiğinden dolayı rüzgar taşınım katsayısı etkisiyle ve ayrıca avlu cephesi gölge durumundan dolayı doğu cephesi yüzeyi sıcaklığı cephenin tüm yüzeylerinde ortalama 8.79⁰C - 10.58⁰C dir. Saat 07:00'de 1.5H avlu seçeneğinde avlu içinde rüzgar hızı 0.4 m/s ve genellikle rüzgar akış yoğunluğu avlu ortasında meydana gelip avlu cephesine bakan doğu-batı cepheleri yüzeyindeki akış yoğunluğu daha az olmasından dolayı doğu cephesi yüzeyindeki ortalama sıcaklık, diğer seçeneklerdeki doğu cephesi yüzeyleri sıcaklıklarına göre daha yüksektir. 1.5H avlu seçeneğinin özellikle doğu cephesi köşelerine doğru sıcaklık daha yüksek değerde 13⁰C.-14⁰C, cephe yüzeyinin orta giriş kapısı etrafında ise sıcaklık daha düşük seviyede 8⁰C - 9⁰C dir.

Tüm avlu seçeneklerinde zemin kat seviyesindeki cephe yüzey sıcaklıkları, 1. kat seviyesindeki cephe yüzey sıcaklığına göre daha düşüktür. 21 Temmuz'da Antalya'da gündüz güneş doğuş-batış saatleri saat 05:00 ile 19:08 arasındadır. 21 Temmuz saat 07:00'de Antalya'da avluya bakan bina cephelerinin yüzey sıcaklık durumlarına baktığımızda; avluya bakan doğu cephelerinin 21 Temmuz saat 07:00'deki yüzey sıcaklıkları, 24.56⁰C- 58.54⁰C arasında değişim göstermektedir. Tüm avlu seçenekleri değerlendirildiğinde özellikle 2H seçeneğindeki avlu içi rüzgar akışı, diğer seçeneklerdeki avlu içi rüzgar akışı oranı daha az ve hızı daha düşüktür. Bu yüzden avlu içi rüzgarın cephe yüzeyindeki akışı ve rüzgar taşınım katsayısı etkisiyle 1.5H avlu seçeneği avlu cephesine bakan doğu cephesi yüzey sıcaklığı ortalaması 30⁰C civarındadır. H avlu seçeneğinde avlu cephesine bakan doğu yüzey cephesindeki zemin kat bölgesi sıcaklık, 1. kata göre oldukça düşük 32⁰C seviyede görülmektedir. Aynı saatte diğer avlu seçeneklerindeki avlu içi doğu cephesi sıcaklık ortalamaları daha yüksek değerdedir. Saat 07:00'de 5H avlu seçeneğindeki avlu içi rüzgar akış yoğunluğu, diğer seçeneklere göre oldukça yoğun ve türbülanslıdır. 21 Temmuz'da avlu içerisindeki bu yoğun rüzgar akışı, rüzgar taşınım katsayısının etkisi ile bu seçenekte avluya bakan doğu cephesi yüzey sıcaklığını oldukça artırmıştır. Sıcaklık 50⁰C ye kadar yükselmiştir. Aynı cephenin zemin kat seviyesinde özellikle rüzgar akışının cephe yüzeyine gelmediği bölgelerde sıcaklık 35⁰C civarında görülmektedir .

21 Ocak saat 14:00'de Antalya'da avluya bakan bina cephelerinin yüzey sıcaklık durumlarına baktığımızda; avluya bakan doğu cephelerinin 21 Ocak saat 14:00 deki yüzey sıcaklıkları, 20.34⁰C - 45.25⁰C arasında değişim göstermektedir. Saat 14:00 de tüm avlu seçenekleri değerlendirildiğinde özellikle 3H seçeneğinin avlu cephesine bakan doğu cephesi yüzeyindeki sıcaklık dağılımı hem zemin kat seviyesinde hem de 1. kat seviyesinde oldukça homojen olarak dağılım göstermekte ve ortalama yüzey sıcaklık değeri 24.00 ⁰C civarındadır. Saat 14:00'de 2H seçeneğinin avluya bakan doğu cephesi yüzey sıcaklık dağılım ortalaması, diğer seçeneklere göre daha yüksek değerdedir. Ortalama yüzey sıcaklık değeri 35.45⁰C -43.54⁰C arasındadır. Dolayısıyla 21 Ocak'ta saat 14:00'de avluya bakan doğu cephesi yüzey sıcaklık değerleri olarak 2H seçeneği en yüksek değerlere sahiptir.

21 Temmuz saat 14:00'de Antalya'da avluya bakan bina cephelerinin yüzey sıcaklık durumlarına baktığımızda; avluya bakan doğu cephelerinin 21 Temmuz saat 14:00 deki yüzey sıcaklıkları, 27.75⁰C- 62.48⁰C arasında değişim göstermektedir. Tüm avlu

seçenekleri değerlendirildiğinde özellikle 3H seçeneğindeki avlu içi rüzgar akışı, diğer seçeneklerdeki avlu içi rüzgar akışı oranı daha az ve hızı daha düşüktür. Dolayısıyla 3H seçeneğinde avluya bakan cephelerde doğu cephesi yüzey sıcaklığı dağılımı daha homojen ve daha düşüktür.

21 Ocak saat 21:00'de Antalya'da avluya bakan bina cephelerinin yüzey sıcaklık dağılımına baktığımızda; avluya bakan doğu cephelerinin 21 Ocak saat 21:00 deki yüzey sıcaklıkları, 10.62⁰C - 21.35⁰C arasında değişim göstermektedir. Saat 21:00 de tüm avlu seçenekleri değerlendirildiğinde özellikle H avlu seçeneği avluya bakan doğu cephesi yüzey sıcaklığı dağılımı hem zemin kat seviyesi hem de 1.kat seviyesi homojen ve sıcaklık değeri 10 ⁰C civarındadır. 1.5H avlu seçeneği dışındaki diğer avlu seçeneklerinde avluya bakan doğu cephesi yüzey sıcaklığı dağılımı ortalama 10.00 ⁰C civarındadır. 1.5H avlu seçeneğinde ise doğu cephesi yüzey sıcaklığı 14.00⁰C -15.00⁰C civarında görülmektedir. Tüm avlu seçeneklerinde avlu içi rüzgarı; zemin bölgesi vorteks oluşum bölgelerinde yüzey sıcaklıklarında artışlar meydana getirmiştir.

21 Temmuz saat 21:00'de Antalya'da avluya bakan bina cephelerinin yüzey sıcaklık dağılımına baktığımızda; avluya bakan doğu cephelerinin sıcaklıkları 19.86⁰C - 26.90⁰C arasında değişim göstermektedir. Saat 21:00 de tüm avlu seçenekleri değerlendirildiğinde özellikle avlu içi rüzgar akış durumu göz önüne alındığında 1.5H ve 5H avlu seçeneklerinin avluya bakan doğu cephesi yüzey sıcaklık dağılımları, hem zemin kat hem de 1.kat seviyeleri boyunca tüm cephe üzeri 25.00 ⁰C civarında homojen dağılım görülmektedir.

21 Ocak saat 07:00'deki Antalya'da avluya bakan batı cephelerinin değerlendirmelerine baktığımızda yüzey sıcaklıkları, 9.60⁰C-19.55⁰C arasında değişim göstermektedir. Tüm avlu seçenekleri değerlendirildiğinde avluya bakan cephelerde en düşük sıcaklık dağılımı özellikle H-2H-3H-5H avlu seçeneğindeki avlu içi rüzgar akışı, diğer seçeneklere göre hem avlu içi rüzgarın hareketi ve hızı, hem de batı cephesi yüzeyindeki akış yoğunluğu gösterdiğinden dolayı rüzgar taşınım katsayısı etkisiyle ve ayrıca avlu cephesi gölge durumundan dolayı tüm bu seçeneklerin batı cephesi yüzeyi sıcaklığı cephenin tüm yüzeylerinde ortalama 8.79⁰C - 10.58⁰C dir. Saat 07:00'de en yüksek yüzey sıcaklığı; 1.5H ve 2.5H avlu seçeneklerinde görülmektedir. Her iki seçenekte avlu içinde rüzgar hızı 0.4 m/s ve genellikle rüzgar akış yoğunluğu avlu ortasında meydana gelip avlu cephesine bakan doğu-batı cepheleri yüzeyindeki akış yoğunluğu daha az olmasından dolayı doğu

cephesi yüzeyindeki sıcaklık dağılımı, diğer seçeneklerdeki batı cephesi yüzeyleri sıcaklıklarına göre daha yüksektir .

Genel olarak bakıldığında 21 Ocak'ta avluya bakan doğu ve batı cephelerinde sıcaklık dağılımları birbirine benzer simetrik özellik göstermektedir. 21 Temmuz saat 07:00'de Antalya'da avluya bakan batı cepheleri gözönüne alındığında avluya bakan bina cephelerinin yüzey sıcaklık durumlarına baktığımızda; yüzey sıcaklıkları, 24.44⁰C- 58.43⁰C arasında değişim göstermektedir. Tüm avlu seçenekleri değerlendirildiğinde avluya bakan cephelerde en düşük sıcaklık dağılımı özellikle 2.5H-3H seçeneklerindeki avlu içi rüzgar akışı, diğer seçeneklerdeki avlu içi rüzgar akışı oranı daha az ve hızı daha düşüktür. Bu yüzden avlu içi rüzgarın cephe yüzeyindeki akışı ve rüzgar taşınım katsayısı etkisiyle 2.5H-3H avlu seçeneği avlu cephesine bakan doğu cephesi yüzey sıcaklığı 33⁰C civarındadır. Aynı saatte H-1.5H avlu seçeneğindeki avlu içi batı cephesi sıcaklık ortalamaları daha yüksek değerdedir. Saat 07:00'de 5H avlu seçeneğindeki avlu içi rüzgar akış yoğunluğu, diğer seçeneklere göre oldukça yoğun ve türbülanslıdır. 21 Temmuz'da avlu içerisindeki bu yoğun rüzgar akışı, daha çok doğu cephesine doğru yoğunlaştığı için rüzgar taşınım katsayısının etkisi ile 5H seçeneğinde avluya bakan batı cephesi yüzey sıcaklığını oldukça artırmıştır. Yüzey sıcaklığı aynı seçenekte 21 Temmuz saat 07:00 de avluya bakan doğu cephesinde 50⁰C ye kadar artış gösterirken batı cephesinde 34⁰C civarındadır.

21 Ocak saat 14:00'de Antalya'da avluya bakan bina cephelerinin yüzey sıcaklık durumlarına baktığımızda; 19.66⁰C - 45.25⁰C arasında değişim göstermektedir. Saat 14:00 de tüm avlu seçenekleri değerlendirildiğinde avluya bakan doğu cephesinde en düşük sıcaklık dağılımı; özellikle H-1.5H seçeneklerinin sıcaklık dağılımı 22.00 ⁰C civarındadır. En yüksek sıcaklık dağılımı; saat 14:00'de 2H seçeneğinin avluya bakan batı cephesi yüzey sıcaklık dağılımı 33⁰C - 41⁰C arasında, diğer seçeneklere göre daha yüksek değerdedir. Dolayısıyla 21 Ocak'ta saat 14:00'da avlu cephe yüzey sıcaklık değerleri olarak değerlendirildiğinde 2H seçeneği avluya bakan batı cephesi, en yüksek yüzey sıcaklık değerine sahiptir.

21 Temmuz saat 14:00'de Antalya'da avluya bakan bina cephelerinin yüzey sıcaklık durumlarına baktığımızda; avluya bakan batı cephelerinin 21 Temmuz saat 14:00 deki yüzey sıcaklıkları, 28.13⁰C- 68.95⁰C arasında değişim göstermektedir. Tüm avlu seçenekleri değerlendirildiğinde avluya bakan batı cephesi en düşük sıcaklığı; 2H

seçeneğinde 42°C dir. Avluya bakan en yüksek batı cephesi yüzey sıcaklığı 58°C değerine ise 5H seçeneğinde karşılaşılmaktadır.

21 Ocak saat 21:00'de Antalya'da avluya bakan bina cephelerinin yüzey sıcaklık dağılımına baktığımızda; yüzey sıcaklıkları, 9.38°C - 18.13°C arasında değişim göstermektedir. Saat 21:00 de en düşük avluya bakan batı cephesi sıcaklık değeri olarak 9°C ile tüm avlu seçenekleri değerlendirildiğinde özellikle H avlu seçeneğinde karşılaşılmaktadır. Saat 21:00 de en yüksek avluya bakan batı cephesi sıcaklık değeri olarak 1.5H avlu seçeneğinde, ortalama 12°C - 13°C arası değerler ile karşılaşılmaktadır. 21 Temmuz saat 21:00'de Antalya'da avluya bakan bina batı cephelerinin yüzey sıcaklık dağılımına baktığımızda; avluya bakan batı cephelerinin yüzey sıcaklıkları, 20.01°C - 26.87°C arasında değişim göstermektedir. Saat 21:00 de tüm avlu seçenekleri değerlendirildiğinde özellikle avlu içi rüzgar akış durumu göz önüne alındığında 1.5H ve 5H avlu seçeneklerinin avluya bakan batı cephesi yüzey sıcaklık dağılımları, tüm cephe üzeri 26.00°C civarında homojen dağılım görülmektedir. Saat 21:00 de H-2H-2.5H seçeneklerinde özellikle avlu içi rüzgar akış durumunun zemin kat seviyesinde vorteks oluşturması ve bu bölgelerde rüzgar taşınım katsayısının etkisiyle zemin kat bölgesinde daha düşük rüzgar hızı değerlerinin olduğu görülmektedir.

Antalya'da 21 Ocak saat 07:00'deki avluya bakan güney cephelerinin yüzey sıcaklık durumlarına baktığımızda; yüzey sıcaklıkları, 7.41°C - 17.25°C arasında değişim göstermektedir. Tüm avlu seçenekleri değerlendirildiğinde avluya bakan cephelerde en düşük sıcaklık dağılımı özellikle H ve 3H avlu seçeneğindeki avlu içi rüzgar akışı, diğer seçeneklere göre hem avlu içi rüzgarın hareketi ve hızı, hem de batı cephesi yüzeyindeki akış yoğunluğu gösterdiğinden dolayı rüzgar taşınım katsayısı etkisiyle ve ayrıca avlu cephesi gölge durumundan dolayı tüm bu seçeneklerin güney cephesi yüzeyi sıcaklığı cephenin tüm yüzeylerinde ortalama 7.41°C - 9.28°C dir. Saat 07:00'de en yüksek yüzey sıcaklığı; 2.5H avlu seçeneklerinde görülmektedir.

Avluya bakan güney cepheleri gözönüne alındığında 21 Temmuz saat 07:00'de Antalya'da avluya bakan bina cephelerinin yüzey sıcaklık durumlarına baktığımızda; avluya bakan batı cephelerinin 21 Temmuz saat 07:00'deki yüzey sıcaklıkları, 24.39°C - 54.43°C arasında değişim göstermektedir. Tüm avlu seçenekleri değerlendirildiğinde avluya bakan güney cephelerinde en düşük sıcaklık dağılımı özellikle 5H seçeneğindeki avlu içi rüzgar akışı, diğer seçeneklerdeki avlu içi rüzgar akışı oranı daha az ve hızı daha düşüktür. Güney cephesinin yüzey sıcaklık dağılımı

ortalamasına bakıldığında 33⁰C civarındadır. 5H avlu seçeneğindeki avlu içi rüzgar akışının yoğunluğu, rüzgar taşınım katsayısı etkisiyle ve güney cephesindeki gölgeden dolayı sıcaklık, diğer seçeneklere göre düşüktür. Saat 07:00'de 5H avlu seçeneğindeki avlu içi rüzgar akış yoğunluğu, diğer seçeneklere göre oldukça yoğun ve türbülanslıdır. Aynı saatte güney cephesi en yüksek yüzey sıcaklığı ortalaması H avlu seçeneğinde görülür. 21 Ocak saat 14:00'de Antalya'da avluya bakan bina güney cephelerinin yüzey sıcaklık durumlarına baktığımızda; 20.08⁰C - 45.25⁰C arasında değişim göstermektedir. Saat 14:00 de tüm avlu seçenekleri değerlendirildiğinde avluya bakan güney cephesinde en düşük sıcaklık dağılımı; özellikle H-5H seçeneklerinin sıcaklık dağılımı 22.00 ⁰C civarındadır. Saat 14:00'de en yüksek yüzey sıcaklık dağılımı; 2H seçeneğinin avluya bakan güney cephesi yüzey sıcaklık dağılımı 33⁰C - 41⁰C arasında, diğer seçeneklere göre daha yüksek değerdedir.

21 Temmuz saat 14:00'de Antalya'da avluya bakan bina cephelerinin yüzey sıcaklık durumlarına baktığımızda; avluya bakan güney cephelerinin 21 Temmuz saat 14:00 deki yüzey sıcaklıkları, 29.50⁰C- 70.35⁰C arasında değişim göstermektedir. Tüm avlu seçenekleri değerlendirildiğinde avluya bakan güney cephesi en düşük sıcaklığı; 2H – 3H seçeneğinde 41⁰C dir. Avluya bakan güney cephesi en yüksek yüzey sıcaklığı dağılımı 45-49 ⁰C değerine ise 5H seçeneğinde karşılaşılmaktadır.

21 Ocak saat 21:00'de Antalya'da avluya bakan bina güney cephelerinin yüzey sıcaklık dağılımına baktığımızda; yüzey sıcaklıkları, 8.95⁰C - 20.12⁰C arasında değişim göstermektedir. Saat 21:00 de avluya bakan güney cephesi en düşük sıcaklık değeri ile 9.23⁰C ye 2H-2.5H-3H seçenekleri avlu seçeneğinde karşılaşılmaktadır. Saat 21:00 de avluya bakan en yüksek güney cephesi sıcaklığı, 5H avlu seçeneğinde, ortalama 12⁰C – 13⁰C arasında oluşmuştur. 21 Temmuz saat 21:00'de Antalya'da avluya bakan güney cephelerinin yüzey sıcaklıkları, 19.87⁰C - 26.97⁰C arasında değişim göstermektedir. Saat 21:00 de tüm avlu seçenekleri değerlendirildiğinde özellikle avlu içi rüzgar akış durumu göz önüne alındığında en yüksek yüzey sıcaklığı; H ve 1.5H seçeneklerinde görülmektedir ve yüzey sıcaklık dağılımı, yüzeyin genelinde 26.00 ⁰C civarında homojen dağılım göstermektedir. 21 Temmuz'da avluya bakan güney cephesi en düşük sıcaklık Saat 21:00 de 5H seçeneğinde, özellikle avlu içi rüzgar akış durumunun zemin kat seviyesinde vorteks oluşturması ve bu bölgelerde rüzgar taşınım katsayısının etkisiyle ve aynı zamanda

binanın zemine yakın bölgelerinde düşük toprak ve zemin sıcaklığından etkilenecek zemin kat bölgesinde daha düşük değerlerinin oluştuğu görülmektedir.

21 Ocak saat 07:00'deki Antalya'da avluya bakan kuzey cephelerinin yüzey sıcaklık durumlarına baktığımızda yüzey sıcaklıkları 8.84°C - 19.07°C arasında değişim göstermektedir. Tüm avlu seçenekleri değerlendirildiğinde avluya bakan kuzey cephelerinde en düşük sıcaklık dağılımı, özellikle H ve 3H avlu seçeneklerinde görülür. Bu iki seçenekteki avlu içi rüzgar akışı, diğer seçeneklere göre hem avlu içi rüzgarın hareketi ve hızı, hem de batı cephesi yüzeyindeki akış yoğunluğu gösterdiğinden dolayı rüzgar taşınım katsayısı etkisiyle ve ayrıca avlu cephesi gölge durumundan dolayı kuzey cephesi yüzeyi sıcaklığı cephenin tüm yüzeylerinde ortalama 9.51°C - 10.28°C dir. Saat 07:00'de en yüksek yüzey sıcaklığı; 1.5H avlu seçeneğinde görülmektedir.

21 Temmuz saat 07:00'de Antalya'da avluya bakan kuzey cepheleri gözönüne alındığında yüzey sıcaklık durumlarına baktığımızda; 24.29°C - 49.01°C arasında değişim göstermektedir. Tüm avlu seçenekleri değerlendirildiğinde avluya bakan kuzey cephelerinde en düşük sıcaklık dağılımı özellikle 5H seçeneğindeki avlu içi rüzgar akışı, diğer seçeneklerdeki avlu içi rüzgar akışı oranı daha az ve hızı daha düşüktür. Kuzey cephesinin yüzey sıcaklık dağılımı ortalamasına bakıldığında 33°C civarındadır. 5H avlu seçeneğindeki avlu içi rüzgar akışının yoğunluğu, rüzgar taşınım katsayısı etkisiyle ve kuzey cephesindeki gölgeden dolayı sıcaklık, diğer seçeneklere göre düşüktür. Güney cephesi ile benzer özellik göstermektedir. Saat 07:00'de 5H avlu seçeneğindeki avlu içi rüzgar akış yoğunluğu, diğer seçeneklere göre oldukça yoğun ve türbülanslıdır. Aynı saatte kuzey cephesi en yüksek yüzey sıcaklığı ortalaması 37°C ile H avlu seçeneğinde görülür. 21 Ocak saat 14:00'de Antalya'da avluya bakan bina kuzey cephelerinin yüzey sıcaklık durumlarına baktığımızda; 20.33°C - 56.95°C arasında değişim göstermektedir. Saat 14:00 de tüm avlu seçenekleri değerlendirildiğinde avluya bakan kuzey cephesinde en düşük sıcaklık dağılımı; H seçeneğinde 22.00°C civarındadır. Gölge etkisinden dolayı binanın ikinci kat seviyesinde yer yer 30°C değerleri görülür. Saat 14:00'de en yüksek yüzey sıcaklık dağılımı; 2.5H-3H seçeneklerinde özellikle gölge etkisinden dolayı ikinci kat seviyelerinde avluya bakan kuzey cephesi yüzey sıcaklık dağılımı 35°C - 40°C arasında, diğer seçeneklere göre daha yüksek değerdedir.

21 Temmuz Antalya'da saat 14:00'de avluya bakan bina kuzey cephelerinin yüzey sıcaklık durumlarına baktığımızda; 28.60°C - 56.42°C arasında değişim

göstermektedir. Tüm avlu seçenekleri değerlendirildiğinde avluya bakan kuzey cephesi en düşük sıcaklığı; 1.5H seçeneğinde 43°C dir. Avluya bakan kuzey cephesi en yüksek yüzey sıcaklık dağılımı ise 5H seçeneğinde 56°C değerine karşılaşılmaktadır.

21 Ocak saat 21:00'de Antalya'da avluya bakan bina kuzey cephelerinin yüzey sıcaklık dağılımına baktığımızda; yüzey sıcaklıkları, 9.93°C - 20.35°C arasında değişim göstermektedir. Saat 21:00 de avluya bakan kuzey cephesi en düşük sıcaklık değeri olarak 9.23°C ile tüm avlu seçenekleri değerlendirildiğinde özellikle H avlu seçeneğinde karşılaşılmaktadır. 21 Ocak Saat 21:00 de avluya bakan en yüksek kuzey cephesi sıcaklık değeri olarak 5H avlu seçeneğinde, ortalama 12°C – 13°C arası değerler ile karşılaşılmaktadır.

21 Temmuz saat 21:00'de Antalya'da avluya bakan bina cephelerinin yüzey sıcaklık dağılımına baktığımızda; avluya bakan kuzey cephelerinin yüzey sıcaklıkları, 19.86°C - 26.96°C arasında değişim göstermektedir. Saat 21:00 de tüm avlu seçenekleri değerlendirildiğinde özellikle avlu içi rüzgar akış durumu göz önüne alındığında en yüksek yüzey sıcaklığı; 1.5H seçeneğinde görülmektedir. 1.5H seçeneğinde yüzey sıcaklık dağılımı yüzeyin genelinde 26.58°C civarında homojen dağılım göstermektedir. 21 Temmuz'da avluya bakan kuzey cephesi en düşük sıcaklık Saat 21:00 de 5H seçeneğinde, özellikle avlu içi rüzgar akış durumunun zemin kat seviyesinde vorteks oluşturması ve bu bölgelerde rüzgar taşınım katsayısının etkisiyle zemin kat bölgesinde daha düşük rüzgar hızı değerlerinin oluştuğu görülmektedir.

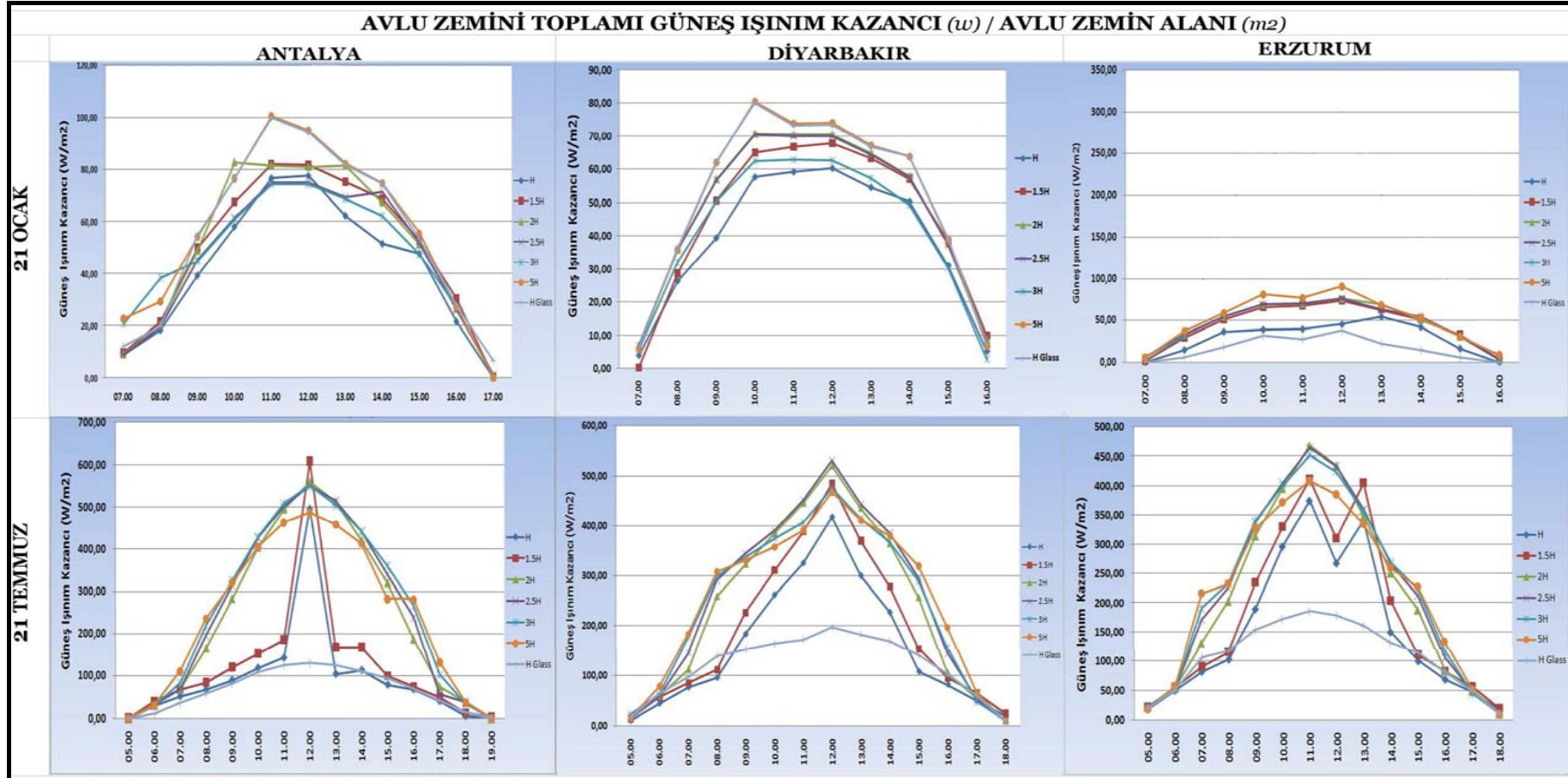
4.6. Optimizasyon Modeline Göre Farklı İklim Bölgeleri için Optimum Avlu Oranları

Tüm avlu seçenekleri toplam enerji performanslarının değerlendirilmesinde avlu zeminlerinin toplam kazandıkları güneş ışınım kazançları ayrı ayrı çizelgeleme ve grafiklerle ortaya konulmuştur. Bu doğrultuda Şekil 4.13 grafiklerini değerlendirirsek; en az sıcak dönem 21 Ocak sıcak-nemli iklim bölgesi avlu zeminlerinin Antalya'da gündüz güneşli saatleri 07:12-17:07 arasında maksimum güneş ışınım kazancı $80\text{-}100\text{ W/m}^2$ civarında iken; sıcak-kuru iklim bölgesi Diyarbakır'da güneşli saatleri 06:34-16:26 arasında maksimum güneş ışınım kazancı $70\text{-}80\text{ W/m}^2$; soğuk iklim bölgesi Erzurum'da 06:36-16:17 arasında maksimum

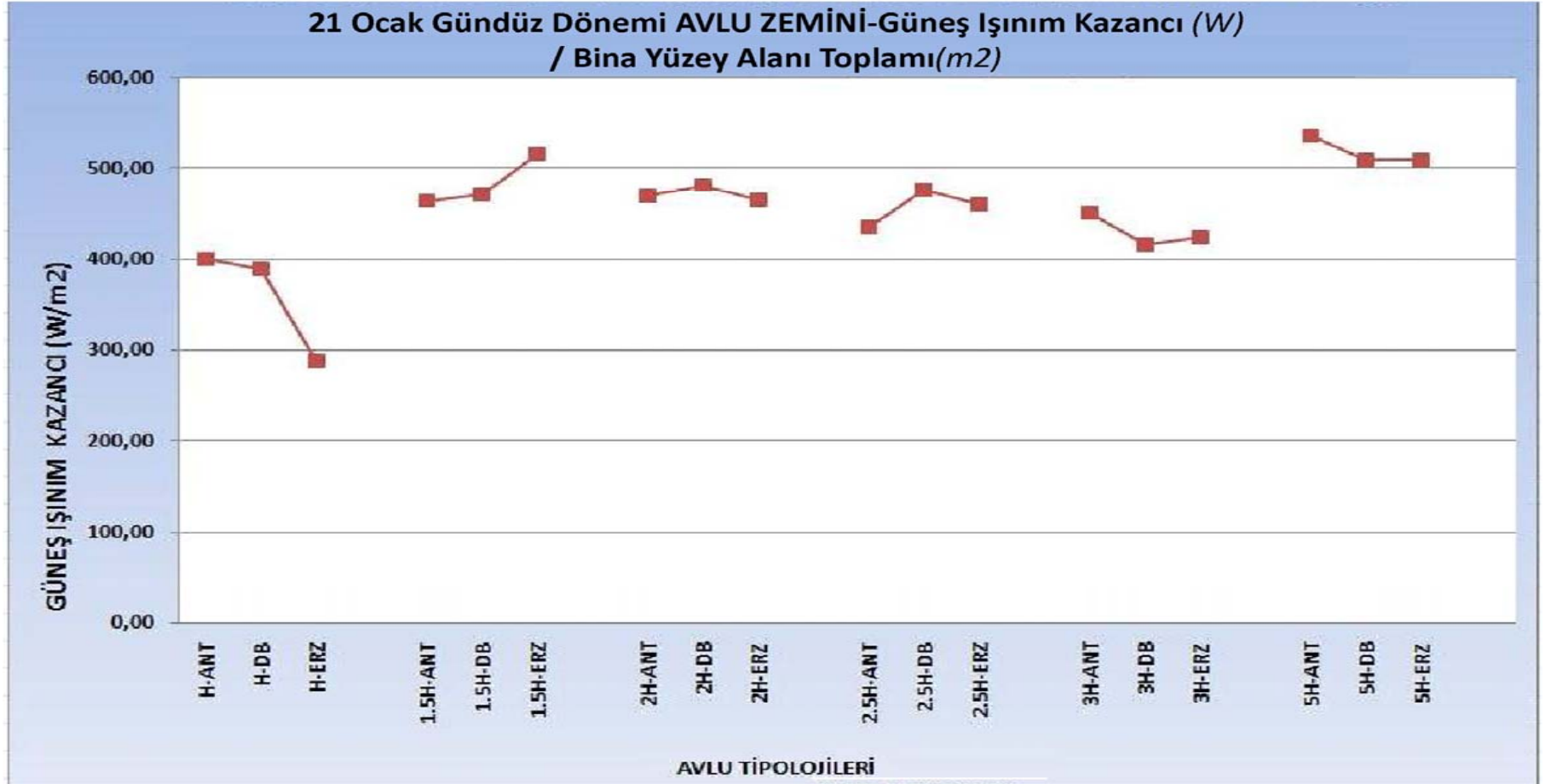
güneş ışı nım kazancı 70-80 W/m² arasında elde edildi. Sıcak-nemli iklim özelliği gösteren Antalya'da en fazla güneş ışı nım değeri 5H seçeneğinde; sıcak-kuru iklim özelliği gösteren Diyarbakır'da 5H; soğuk iklim özelliği gösteren Erzurum'da ise 3H seçeneğinde görölmektedir (Şekil 4.13, 4.23) (Ek B).

21 Temmuz'da bina avlu yüzeyi toplamından maksimum kazanç; sıcak-nemli iklim bölgesi Antalya'da güneşli saatleri 05:00-19:08 arasında maksimum güneş ışı nım kazancı 600-700 W/m² arasında iken; sıcak-kuru iklim bölgesi Diyarbakır'da güneşli saatleri 04.19-18.31 arasında maksimum güneş ışı nım kazancı 500-600 W/m² arasında; soğuk iklim bölgesi Erzurum'da 04:09-18:33 arasında maksimum güneş ışı nım kazancı 400-450 W/m² arasında kazanım sağladıkları görölmektedir (Şekil 4.13).

Toplam bina ve avlu içi enerji performansı değerlendirildiğinde soğutma dönemi boyunca en az güneş ışı nım kazancı istenir. Bu doğrultuda olan bina seçeneği, bu dönem için optimum seçenektir. 21 Temmuz'da Sıcak-nemli iklim özelliği gösteren Antalya'da en az güneş ışı nım kazanımı H seçeneğinde; sıcak-kuru iklim özelliği gösteren Diyarbakır'da H; soğuk iklim özelliği gösteren Erzurum'da H seçeneğinde görölmektedir. Avlu içi termal kazanım bakımından bu dönem boyunca konfor ve enerji kazanım kriterleri doğrultusunda her üç iklim bölgesi için de H seçeneği optimum olarak çı kmıştır (Şekil 4.15).

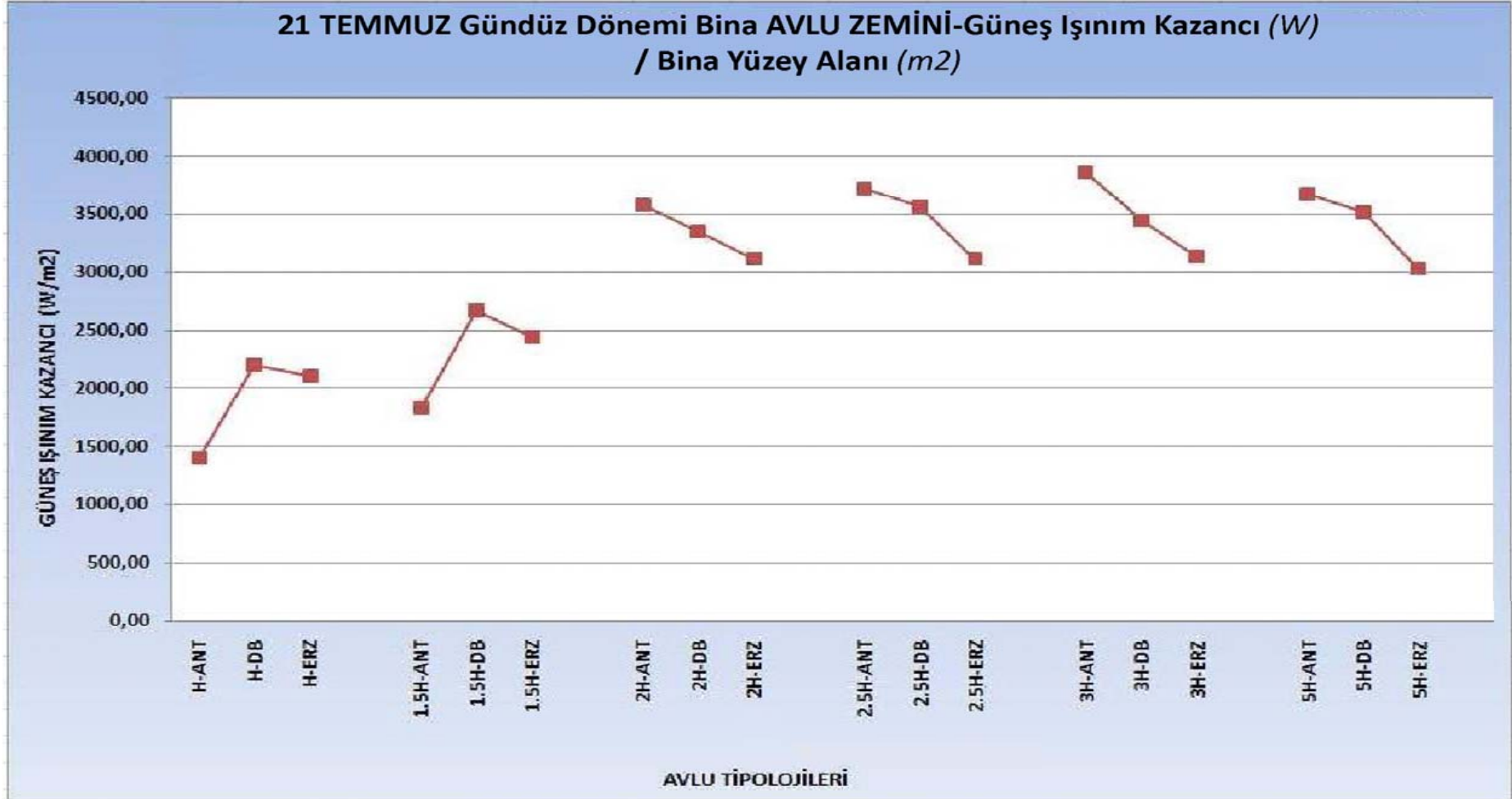


Şekil 4.13: Tüm avlu seçenekleri için 21 Ocak ve 21 Temmuz avlu zemini birim güneş ışınım kazancı miktarı.



Şekil 4.14: Tüm avlu seçenekleri için 21 Ocak avlu zemini güneş ışınım kazancı miktarı.

Ayrıca yapılan gölge analiz çalışması sonucunda özellikle sıcak-nemli ve sıcak-kuru iklim bölgelerinde genellikle güneş yükseldikçe avlu içerisinde oluşan gölgeli alan yüzey alanı da o kadar azalmaktadır. Sıcak-kuru ve Sıcak-nemli iklim bölgesinde en sıcak gün-soğutma dönemi 21 Temmuz boyunca özellikle konfor bakımından önemli ve aynı zamanda enerji kazanımının az olduğu avlu içi gölgeli alan oranı, avlu formu uzadıkça artış göstermekte kışın ise avluda derinlik azaldıkça avlu yüzey alanlarının güneş alma oranları o kadar artmaktadır.



Şekil 4.15: Tüm avlu seçenekleri için 21 Temmuz günlük avlu zemini güneş ışınlm kazancı.

4.6.1 Sıcak-Kuru İklim Bölgesi Örneği Diyarbakır için Geçerli Genel Tasarım Ölçütlerine Göre Optimum Avlulu Bina Biçimi

Sıcak-kuru iklim bölgesinde en sıcak devre için nem oranını ve gölgelemeyi artıracak ve kuru karakterli hava hareketinden korunma (hava hareketinin karakteri nemli ise yararlanılmalı) sağlayacak, en az sıcak devrede ise güneş ışınımının ısıtıcı etkisinin artırılmasını sağlayacak ölçütler önem kazanmaktadır.

Avlulu binaların özellikle avlu içerisinde ve avlu tarafındaki bina hacimlerinde konforlu alanlar sağlaması; bu bölgelerde gölgeli alanlar oluşturmaya bağlıdır. Bu gölgeli alanlar, avlu içerisindeki mikroklimayı kontrol altında tutar. Bu gölgeleme etkisi tüm soğutma yükünü azaltır.

Optimizasyon modeline göre sıcak-kuru iklim bölgesi temsili ili olan Diyarbakır ili için ele alınan tüm avlu seçenekleri arasında seçeneklerin toplam enerji kazanımı-ısı transfer miktarına göre değerlendirmeleri yapıldığında en az sıcak dönem örneği olan 21 Ocak'da güneşin en yüksek olduğu öğle saatlerinde, seçenekler arasında binaların toplam kazanmış olduğu maksimum ısı ortalama $80-100 \text{ W/m}^2$ arasında değişim gösterirken en yüksek değere 5H seçeneğinde görülmektedir.

En az sıcak dönem örneği olan 21 Ocak'ta özellikle gündüz saatlerindeki ısı kazanımının fazla olduğu ve aynı zamanda gece saatleri boyunca da ısı kaybının en az olduğu seçeneklere bakılmalıdır. Diyarbakır 'da gündüz ve gece saatleri boyunca toplamda en az ısı kaybı 1.5H da seçeneğinde olmaktadır (Şekil 4.8-4.9).

En sıcak dönem örneği olan 21 Temmuz soğutma dönemi boyunca sıcak-kuru iklim bölgeleri için istenen, binalarda minimum oranda ısı kazanımıdır. Dolayısıyla şekil 4.6 deki grafik değerlerine bakıldığında Diyarbakır için hem gece hem de gündüz minimum ısı kazanımı 3H seçeneğinde görülmüştür (Şekil 4.8-4.9) (Ek A).

Tüm avlu seçenekleri arasında seçeneklerin termal konfor ve enerji performans değerlendirilmesi bakımından güneş ışınımından elde edilen kazanç, toplam güneş ışınım kazanımları miktarına göre değerlendirmeleri yapıldığında sıcak-kuru iklim bölgesi temsili ili olan Diyarbakır ili için ele alınan tüm avlu seçenekleri arasında 21 Temmuz en sıcak dönem boyunca minimum güneş ışınım kazancı beklenirken 21 Ocak en az sıcak dönemde ise binaların gündüz güneşli saatleri boyunca maksimum güneş ışınım kazancı elde etmesi beklenir. Dolayısıyla hesaplama sonucunda elde edilen Şekil 4.11 grafiğindeki birim güneş ışınım kazancı değerleri incelendiğinde en

az sıcak dönem örneği olan 21 Ocak sıcak-kuru iklim bölgesi örneği Diyarbakır'da maksimum güneş ışıyım kazancı 1.5H seçeneğinde görölmektedir.

En sıcak dönem örneği olan 21 Temmuz soğutma döneminde ise avlu seçeneklerinin gündüz saati boyunca en az oranda güneş ışıyım kazancı elde etmesi beklenir. Minimum güneş ışıyım kazancı Diyarbakır için H seçeneğinde görölmektedir (Şekil 4.11, 4.15) (Ek B).

4.6.2. Sıcak - Nemli İklim Bölgesi Örneği Antalya için Geçerli Genel Tasarım Ölçütlerine Göre Optimum Avlulu Bina Biçimi

Sıcak-nemli iklim bölgesinde en sıcak devrede ısı kazancını ve ışıyımı azaltıcı, nem kaybını ve havalandırmayı artırıcı, en az sıcak devrede ısı korunumu sağlayacak ölçütler optimum konfor koşullarının oluşumu için yeterli olmaktadır.

Optimizasyon modeline göre sıcak-nemli iklim bölgesi temsili ili olan Antalya ili için ele alınan tüm avlu seçenekleri arasında seçeneklerin toplam enerji kazanımı-ısı transfer miktarına göre değerlendirmeleri yapıldığında en az sıcak dönem örneği olan 21 Ocak ısıtma dönemi boyunca özellikle soğuk iklim bölgeleri için istenen, binalarda maksimum oranda ısı kazancı, enerji kazanımıdır. Bu doğrultuda şekil 4.6 daki grafik değerlerine baktığımızda Antalya için güneşin en yüksek olduğu öğle saatlerinde, binaların kazanmış olduğu maksimum kazanç, 100-150 W/m² arasında 1.5 H seçeneğinde rastlanılmaktadır. En az sıcak dönem örneği olan 21 Ocak'ta özellikle gündüz saatlerindeki ısı kazanımının fazla olduğu ve aynı zamanda gece saatleri boyunca da ısı kaybının en az olduğu seçeneklere bakılmalıdır. Antalya'da gece-gündüz saatleri boyunca toplamda en az ısı kaybı 1.5H da seçeneğinde olmaktadır (Şekil 4.8-4.9).

En sıcak dönem boyunca tüm iklim bölgeleri için istenen, binalarda minimum oranda ısı kazanımıdır. Dolayısıyla şekil 4.6 daki grafik değerlerine bakıldığında 21 Temmuz'da Antalya için öğle saatlerinde, binaların kazanmış olduğu minimum ısı kazanımı Antalya için 1.5H seçeneğindedir. Gerek gündüz dönemi toplamı ve gerekse gece dönemi toplamı değerlerine ayrıca şekil 4.10 daki günlük toplam değerlere bakıldığında, 21 Temmuz soğutma döneminde özellikle gündüz güneşli saatleri boyunca toplam ısı kazanımının en az olduğu seçenek olarak Antalya için 1.5H seçeneğidir.

Tüm avlu seçenekleri arasında seçeneklerin termal konfor ve enerji performans değerlendirilmesi bakımından güneş ışınımından elde edilen kazanç, toplam güneş ışınım kazanımları miktarına göre değerlendirmeleri yapıldığında sıcak-nemli iklim bölgesi temsili ili olan Antalya ili için sıcak-nemli iklim bölgelerinde 21 Temmuz en sıcak dönem boyunca minimum güneş ışınım kazancı beklenirken 21 Ocak en az sıcak dönemde ise binaların gündüz güneşli saatleri boyunca maksimum güneş ışınım kazancı elde etmesi beklenir. Şekil 4.11 grafiğindeki birim güneş ışınım kazancı değerleri incelendiğinde en az sıcak dönem örneği olan 21 Ocak sıcak-nemli iklim bölgesi Antalya’da günlük toplam maksimum güneş ışınım kazancı 1200-1300 W/m² civarındadır.

Buna göre 21 Ocak en az sıcak dönemde avlu seçenekleri arasında gündüz güneşli saatleri boyunca maksimum güneş ışınım kazancı sağlayan Antalya için 1.5H seçeneğidir (Şekil 4.12). En sıcak dönem örneği olan 21 Temmuz soğutma döneminde ise avlu seçeneklerinin gündüz saati boyunca en az oranda güneş ışınım kazancı elde etmesi beklenir. Toplam bina enerji performansı değerlendirildiğinde soğutma dönemi boyunca en az güneş ışınım kazancı olan bina seçeneği, bu dönem için optimum seçenektir. Dolayısıyla Şekil 4.12 toplam güneş ışınım kazanç değerlerine baktığımızda 21 Temmuz gündüz saatleri boyunca minimum güneş ışınım kazancı Antalya için 1.5H seçeneğidir.

Tüm iklim bölgesi örnek illeri ve tüm avlu seçenekleri için 21 Ocak ve 21 Temmuz tarihlerinde 08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00 saatleri için yapılan güneş – gölge analizi çalışmasına göre Sıcak-nemli iklim bölgesi örneği Antalya ili içinde 21 Ocak’ta ele alınan tüm saatlerde tüm avlu seçeneklerinin avlu zeminleri üzerine güneş gelmemektedir. Yani günün tüm saatlerinde tüm avlu seçeneklerinin avlu zemini gölgeli durumdadır. 21 Ocak’ta sabah saat 08:00 ve 10:00’da tüm avlu seçeneklerinde avluya bakan kuzey ve batı cepheleri güneşlidir. Saat 12.00 de tüm seçeneklerin sadece avluya bakan kuzey cephesi güneşlidir. Saat 14:00 ve 16:00 da ise avluya bakan kuzey ve doğu cepheleri güneşlidir. Bu saatlerde avluya bakan yüzeylerin güneşli olan bölümlerinin sıcaklıkları, gölgeli alanlara göre daha yüksek değerlerde olduğu görülmektedir.

Antalya’da 21 Ocak’ta tüm avlu seçeneklerinde avlu zeminine güneş ışınları düşmediği için avlu zeminindeki sıcaklık değerleride düşüktür. Dolayısıyla 21 Ocak’ta saat 14:00 de avlu içi sıcaklık değerlerine bakıldığında 5H avlu

seçeneğindeki avlu zemini 26.00⁰C-27.00⁰C kadar ulaşırken diğer seçeneklerde 19.00⁰C -20.00⁰C civarındadır.

Antalya'da 21 Temmuz'da sabah saat 08:00'de tüm avlu seçeneklerinin avluya bakan batı cephesi güneşlidir. H seçeneği dışındaki diğer seçeneklerde ise batı cephesi ile birlikte aynı zamanda avlu zeminine de güneşli alanlar görülmektedir. Saat 10:00'da ise avluya bakan batı ve kuzey cepheleri güneşli cephelerdir. Bu saatte avluya bakan doğu ve kuzey cepheleri hala gölgelidir. Artık avlu zeminine düşen güneşli alan oranı artmakta avlu oranı büyüdükçe avlu zemini güneşli alan oranı da aynı oranda artış göstermektedir. Saat 12:00 de tüm avlu seçeneklerinde artık avlu zemininin kuzey bölümlerinin tamamı ve kuzey cephesi güneşlidir. Saat 14:00 ve 16:00'da ise avluya bakan kuzey ve doğu cepheleri güneşli olup avluya bakan güney ve batı cepheleri gölgelidir.

21 Temmuz'da tüm saatlerde tüm avlu seçeneklerinin avluya bakan güney cepheleri gölgelidir. Avluya bakan güney cephesine yakın bölgelerdeki avlu zemini de tüm saatlerde gölgelidir.

4.6.3 Soğuk İklim Bölgesi Örneği Erzurum için Geçerli Genel Tasarım Ölçütlerine Göre Optimum Avlulu Bina Biçimi

Soğuk iklim bölgesi temsili ili olan Erzurum ili için en az sıcak dönem örneği olan 21 Ocak ısıtma dönemi boyunca özellikle soğuk iklim bölgeleri için istenen, binalarda maksimum oranda ısı kazancı, enerji kazanımıdır. Bu doğrultuda şekil 4.6 deki grafik değerlerine baktığımızda güneşin en yüksek olduğu öğle saatlerinde, binaların kazanmış olduğu maksimum kazanç, Erzurum için ortalama 50-100 W/m² arasında ısı kazanımının olduğu görülmektedir. En yüksek değere 5H seçeneğinde karşılaşılmıştır. En az sıcak dönem örneği olan 21 Ocak'ta özellikle gündüz saatlerindeki ısı kazanımının fazla olduğu ve aynı zamanda gece saatleri boyunca da ısı kaybının en az olduğu seçeneklere bakılmalıdır. 21 Ocak yalnızca gündüz saatlerine bakıldığında en fazla ısı kazancı 1.5H seçeneğinde görülmüştür (Şekil 4.8-4.9).

En sıcak dönem boyunca tüm iklim bölgeleri için istenen, binalarda minimum oranda ısı kazanımıdır. Dolayısıyla şekil 4.6 deki grafik değerlerine bakıldığında minimum kazanç 3H seçeneğinde görülmüştür. 21 Temmuz dönemi gün boyunca istenen minimum oranda ısı kazanımları; gece ve gündüz boyunca Erzurum'da 3H

seçeneklerinde görülmüstür (Ŗekil 4.8-4.9). Gerek gündüz dönemi toplamı ve gerekse gece dönemi toplamı değerlerine ayrıca Ŗekil 4.10 daki günlük toplam değerlere bakıldığında, 21 Temmuz soğutma döneminde özellikle gündüz gneŖli saatleri boyunca toplam ısı kazanımının en az olduğu seçenek Erzurum için ise 3H seçeneği olduğu görülmektedir (Ŗekil 4.8).

Tüm avlu seçenekleri arasında termal konfor ve enerji performans değerlendirilmesi bakımından gneŖ ıŖınımından elde edilen kazanç, toplam gneŖ ıŖınım kazanımları miktarına göre değerlendirmeleri yapıldığında soğuk iklim bölgesi temsili ili olan Erzurum ili için 21 Ocak gününde maksimum gneŖ ıŖınım kazancı 2H seçeneğinde 900-1000 W/m² arasında kazanım sağladıkları görülmektedir (Ŗekil 4.11, 4.15).

Toplam bina enerji performansı değerlendirildiğinde soğutma dönemi boyunca en az gneŖ ıŖınım kazancı olan bina seçeneği, bu dönem için optimum seçenektir. Toplam gneŖ ıŖınım kazancı grafik değerlerine baktığımızda 21 Temmuz gündüz saatleri boyunca minimum gneŖ ıŖınım kazancı Erzurum için 2.5H seçeneğinde elde edildiği görülmektedir (Ŗekil 4.11, 4.15).

4.7 Doğal Havalandırma ve Termal Konfor Açısından Avlu Oranlarının DeęiŖiklięinin Etkisi

Binalarda doğal havalandırma, bina içi ve avlu içi termal konforun değerlendirilmesi açısından hava akımı tahmini ve rüzgar hızı hesaplamaları çok önemlidir.özellikle sıcak-nemli bölgelerde yapılan birçok alıŖma; yoğun nemin etkisiyle konfor durumunun bozulması sonucu sıcak ve nemli koŖullarda termal konfor elde etmede hava hareketlerinin ne denli önemli olduğunu doęrulamıŖtır.

Bu optimizasyon alıŖmasında ele alınan tüm avlu biçimi seçeneklerinin avlu içi rüzgar akıŖ durumlarını değerlendirmek amacıyla saat 07:00-14:00-21:00 saatleri için tüm seçeneklerde avlu içi ve bina dıŖından olmak üzere rüzgar akıŖ durumları incelenmiŖtir. 07:00-14:00-21:00 saatleri için hakim rüzgar yönleri izelge 4.2'de verilmiŖtir.

Çizelge 4.2: Ele alınan tüm avlu seçeneklerinde üç farklı ile ait uzun dönem ortalaması saat 07:00-14:00-21:00 için hakim rüzgar yönleri.

İLLER	ANTALYA		DİYARBAKIR		ERZURUM	
	OCAK	TEMMUZ	OCAK	TEMMUZ	OCAK	TEMMUZ
Saat 07:00	NNW	NNW	WNW	WNW	WSW	ENE
Saat 14:00	SSW	NNE	NNW	ENE	W	ENE
Saat 21:00	NNW	NNW	WNW	NNW	SSE	ENE

21 Ocak saat 07:00'de Antalya'da hakim rüzgar yönü NNW ve ortalama avlu içi rüzgar hızı 0.00-2.00 m/s arasında değişim göstermektedir. Avlu boyu doğu-batı yönünde artarak geliştiği için avlu içi rüzgar akış şiddetinde artış görülmektedir. H seçeneği avlu içerisinde rüzgar döngüsü, avlu oranı diğer seçeneklere göre daha küçük boyutta olduğundan içeride rüzgar hızı, diğer seçeneklere oranla daha fazla ve döngü ve türbülans şiddeti artmaktadır. 2H seçeneğinde avlu içi rüzgar, avluya bakan doğu cephesi üzerinde daha fazla yoğunlaşmakta ve cephe üzerindeki sıcaklığı azalttığı görülmektedir. 3H ve 5H seçeneğindeki avlu içerisinde rüzgar, özellikle avlu ortasında vorteksler oluşturmakta, kenar ve avlu köşeleri daha az rüzgarlı görülmektedir.

21 Ocak saat 14:00'de Antalya'da hakim rüzgar yönü SSW ve ortalama avlu içi rüzgar hızı 0.00-1.80 m/s arasında değişim göstermektedir. Avlu içi rüzgar hızına en fazla 1.20 m/s hızla H-1.5H seçeneklerinde karşılaşılmaktadır. Avlu boyu uzadıkça avlu içi rüzgar hızı daha azalmaktadır. 2.5H seçeneği avlu içi rüzgar akışı, özellikle avluya bakan doğu cephesine doğru yoğunluk göstermekte batı cephesinde daha az akış görülmektedir. 3H ve 5H avlu seçeneklerinde avlu içi rüzgar vortekleri ve türbülans bölgeleri yoğunluk göstermektedir.

21 Ocak saat 21:00'de Antalya'da hakim rüzgar yönü NNW, ve ortalama avlu içi rüzgar hızı 0.00-1.40 m/s arasında değişim göstermektedir. Avlu içi rüzgar hızına en fazla 1.20 m/s hızla 5H seçeneğinde karşılaşılmaktadır. 2H seçeneği avlu içi rüzgar akışı, özellikle avlu ortasında yoğunluk ve avluya bakan doğu cephesine doğru yoğunluk göstermekte batı cephesinde daha az akış görülmektedir. Avlu zemin kat seviyesinde rüzgar akışı daha azdır.

21 Temmuz saat 07:00'de Antalya'da hakim rüzgar yönü NNW, ve ortalama avlu içi rüzgar hızı 0.00-1.20 m/s arasında değişim göstermektedir. Avlu içi rüzgar hızına en fazla 1.20 m/s hızla 5H seçeneğinde karşılaşılmaktadır. H seçeneğindeki avlu içi

rüzgar akışı, bu saatte diğer seçeneklere göre daha azdır. 3H seçeneği avlu içi rüzgar akışı, özellikle avlu ortasında yoğunluk ve avluya bakan doğu cephesine doğru yoğunluk göstermekte batı cephesinde bölgesinde akış oldukça azdır. Avlu zemin kat seviyesinde rüzgar akışı daha azdır.

21 Temmuz saat 14:00'de Antalya'da hakim rüzgar yönü NNE, ve ortalama avlu içi rüzgar hızı 0.00-0.80 m/s arasında değişim göstermektedir. Bu saatte rüzgar hızı ve akışı, diğer saatlere oranla daha azdır. Avlu içi rüzgar hızına en fazla 0.80 m/s hızla 1.5H seçeneğinde karşılaşılmaktadır. H seçeneğindeki avlu içi rüzgar akışı, bu saatte diğer seçeneklere göre daha azdır. En düşük rüzgar akışı ve rüzgar hızı 0.3 m/s ile 3H seçeneğinde görülür. 3H seçeneği avlu içi rüzgar akışı, özellikle avlu ortasında yoğunluk ve avluya bakan doğu cephesine doğru yoğunluk göstermekte batı cephesinde bölgesinde akış oldukça azdır.

21 Temmuz saat 21:00'de Antalya'da hakim rüzgar yönü NNW, ve ortalama avlu içi rüzgar hızı 0.00-1.00 m/s arasında değişim göstermektedir. Avlu içi rüzgar hızına en fazla 1.00 m/s hızla 2.5H seçeneğinde karşılaşılmaktadır. En düşük rüzgar akışı ve rüzgar hızı 0.3 m/s ile 3H seçeneğinde görülür. 3H ve 5H seçeneği avlu içi rüzgar akışı, özellikle avlu ortasında yoğunluk ve avluya bakan doğu cephesine doğru yoğunluk göstermekte batı cephesinde bölgesinde akış oldukça azdır.

21 Ocak saat 07:00'de Diyarbakır'da hakim rüzgar yönü WNW ve ortalama avlu içi rüzgar hızı 0.00-1.70 m/s arasında değişim göstermektedir. Avlu içi rüzgar hızına en fazla H-1.5H seçeneklerinde karşılaşılmaktadır. H seçeneği avlu içerisinde rüzgar döngüsü, avlu oranı diğer seçeneklere göre daha küçük boyutta olduğundan içeride rüzgar hızı, diğer seçeneklere oranla daha fazla ve döngü ve türbülans oranı artmaktadır. Rüzgar döngüsü avluya bakan doğu cephesi yüzeyine doğru artış göstermektedir. 2H seçeneğinde avlu içi rüzgar, avluya bakan doğu cephesi üzerinde daha fazla yoğunlaşmakta ve cephe üzerindeki sıcaklığı azalttığı görülmektedir. 3H seçeneği avlu içi batı bölgesinde rüzgar hızı daha fazla, doğu bölgesinde daha azdır. 5H seçeneğindeki avlu içerisinde rüzgar, özellikle avlu ortasında vorteksler oluşturmakta, kenar ve avlu köşeleri daha az rüzgarlı görülmektedir.

21 Ocak saat 14:00'de Diyarbakır'da hakim rüzgar yönü NNW ve ortalama avlu içi rüzgar hızı 0.00-2.20 m/s arasında değişim göstermektedir. Bu saatte Diyarbakır'da rüzgar akışı artış göstermektedir. Avlu içi rüzgar hızına en fazla 1.20 m/s hızla H-1.5H seçeneklerinde karşılaşılmaktadır. Avlu boyu uzadıkça avlu içi rüzgar hızı daha azalmaktadır. 2.5H seçeneği avlu içi rüzgar akışı, özellikle avluya bakan doğu

cephesine doğru yoğunluk göstermekte batı cephesinde daha az akış görülmektedir. 5H avlu seçeneğinde avlu içi rüzgar vortekleri ve türbülans bölgeleri yoğunluk göstermektedir.

21 Ocak saat 21:00'de Diyarbakır'da hakim rüzgar yönü WNW, ve ortalama avlu içi rüzgar hızı 0.00-1.90 m/s arasında değişim göstermektedir. Avlu içi rüzgar hızına en fazla 1.90 m/s hızla 3H seçeneğinde karşılaşılmaktadır. 1.5H seçeneği avlu içi rüzgar akışı, diğer seçenekteki avlu içi rüzgar akışına göre oldukça azdır. Özellikle avlu ortasında yoğunluk ve avluya bakan doğu cephesine doğru yoğunluk göstermekte batı cephesinde daha az akış görülmektedir. Avlu zemin kat seviyesinde rüzgar akışı daha azdır.

21 Temmuz saat 07:00'de Diyarbakır'da hakim rüzgar yönü WNW, ve ortalama avlu içi rüzgar hızı 0.00-2.50 m/s arasında değişim göstermektedir. Avlu boyu uzadıkça avlu içi rüzgar akışı ve hızı daha da artış göstermektedir. Avlu içi rüzgar hızına en fazla 2.50 m/s hızla 5H seçeneğinde karşılaşılmaktadır. 2.5H - 3H seçeneği avlu içi rüzgar akışı yoğunluğu avlunun tüm bölgelerinde hakimdir. Özellikle 5H avlu ortasında yoğunluk azalmakta avlu köşelerinde hız artışı ve türbülans artmaktadır.

21 Temmuz saat 14:00'de Diyarbakır'da hakim rüzgar yönü ENE, ve ortalama avlu içi rüzgar hızı 0.00-2.10 m/s arasında değişim göstermektedir. Avlu içi rüzgar hızına en fazla 2.10m/s hızla 1.5H seçeneğinde karşılaşılmaktadır. 3H ve 5H seçeneği avlu içi rüzgar akışı, özellikle avlunun tüm bölgesinde yoğunluk göstermektedir.

21 Temmuz saat 21:00'de Diyarbakır'da hakim rüzgar yönü NNW, ve ortalama avlu içi rüzgar hızı 0.00-1.00 m/s arasında değişim göstermektedir. Avlu içi rüzgar hızına en fazla 1.00 m/s hızla 2H seçeneğinde karşılaşılmaktadır. En düşük rüzgar akışı ve rüzgar hızı 0.3 m/s ile 3H seçeneğinde görülür. 3H ve 5H seçeneği avlu içi rüzgar akışı, özellikle avlu ortasında yoğunluk ve avluya bakan doğu cephesine doğru yoğunluk göstermekte batı cephesinde bölgesinde akış oldukça azdır.

21 Ocak saat 07:00'de Erzurum'da hakim rüzgar yönü WSW ve ortalama avlu içi rüzgar hızı 0.00-1.20 m/s arasında değişim göstermektedir. Avlu içi rüzgar hızına en fazla H-1.5H seçeneklerinde karşılaşılmaktadır. H seçeneği avlu içerisinde rüzgar döngüsü, avlu oranı diğer seçeneklere göre daha küçük boyutta olduğundan içeride rüzgar hızı, diğer seçeneklere oranla daha fazla artmaktadır. 2H seçeneğinde avlu içi rüzgar, avluya bakan doğu cephesi üzerinde daha fazla yoğunlaşmakta ve cephe üzerindeki sıcaklığı azalttığı görülmektedir. 3H seçeneği avlu içi batı bölgesinde rüzgar hızı daha fazla, doğu bölgesinde daha azdır. 5H seçeneğindeki avlu içerisinde

rüzgar, özellikle avlu ortasında vorteksler oluşturmakta, kenar ve avlu köşeleri daha az rüzgarlı görülmektedir.

21 Ocak saat 14:00'de Erzurum'da hakim rüzgar yönü W ve ortalama avlu içi rüzgar hızı 0.00-1.20 m/s arasında değişim göstermektedir. Bu saatte Erzurum'da avlu içi rüzgar akışı artış göstermektedir. Avlu içi rüzgar hızına bu saatte 0.80 m/s hızla H-1.5H-2H-2.5H seçeneklerinde karşılaşılmaktadır. Avlu boyu uzadıkça avlu içi rüzgar hızı daha azalmaktadır. 2.5H seçeneği avlu içi rüzgar akışı, özellikle avluya bakan doğu cephesine doğru yoğunluk göstermekte batı cephesinde daha az akış görülmektedir. 5H avlu seçeneğinde avlu içi rüzgar vorteksleri ve türbülans bölgeleri yoğunluk göstermektedir.

21 Ocak saat 21:00'de Erzurum'da hakim rüzgar yönü SSE, ve ortalama avlu içi rüzgar hızı 0.00-1.60 m/s arasında değişim göstermektedir. Avlu içi rüzgar hızına en fazla 1.60 m/s hızla 5H seçeneğinde karşılaşılmaktadır. Özellikle avlu ortasında yoğunluk ve avluya bakan doğu cephesine doğru yoğunluk göstermekte batı cephesinde daha az akış görülmektedir. 3H avlu seçeneği avlu içi rüzgar akış yoğunluğu; diğer seçeneklere oranla daha fazla, zemin kat seviyesinde hız oranı daha azdır ve birinci kat seviyesine doğru artış göstermektedir.

21 Temmuz saat 07:00'de Erzurum'da hakim rüzgar yönü ENE, ve ortalama avlu içi rüzgar hızı 0.00-1.60 m/s arasında değişim göstermektedir. Avlu boyu uzadıkça avlu içi rüzgar akışı ve hızı daha da artış göstermektedir. Avlu içi rüzgar hızına en fazla 1.60 m/s hızla 5H seçeneğinde karşılaşılmaktadır. 2H-2.5H - 3H-5H seçeneği avlu içi rüzgar akışı yoğunluğu avlunun tüm bölgelerinde hakimdir. Özellikle 5H avlu ortasında yoğunluk azalmakta avlu köşelerinde hız artışı ve türbülans artmaktadır.

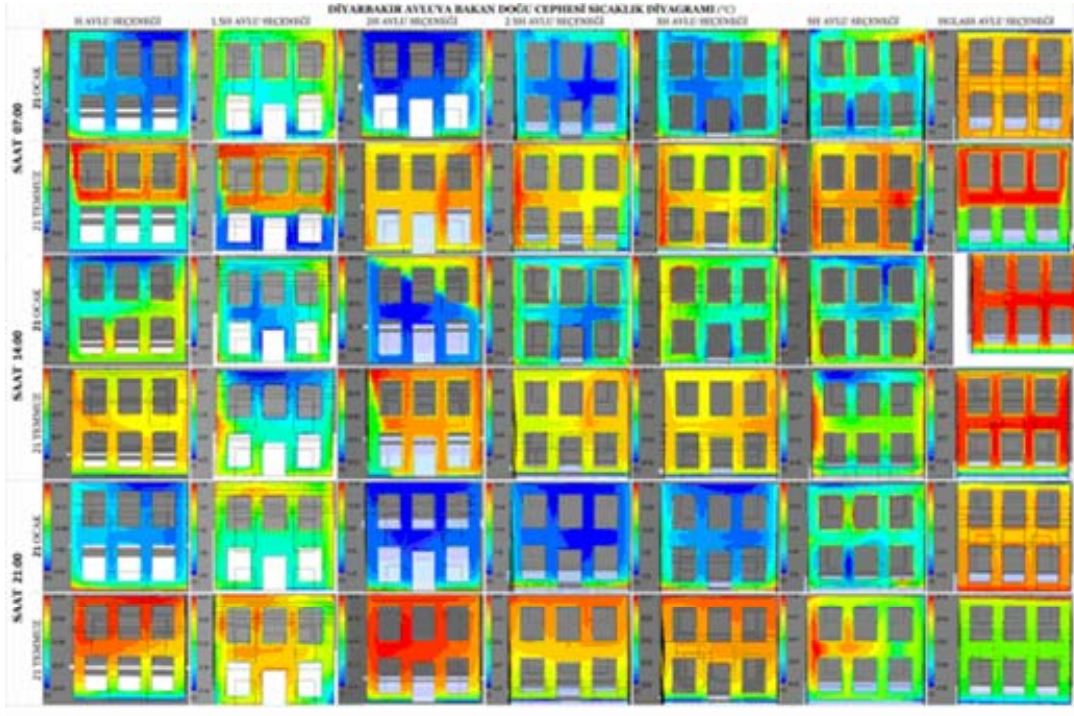
21 Temmuz saat 14:00'de Erzurum'da hakim rüzgar yönü ENE, ve ortalama avlu içi rüzgar hızı 0.00-2.20 m/s arasında değişim göstermektedir. Bu saatte rüzgar hızı artış göstermiştir. Avlu içi rüzgar hızına en fazla 2.10m/s hızla 3H ve 5H seçeneğinde karşılaşılmaktadır. 3H ve 5H seçeneği avlu içi rüzgar akışı, özellikle avlunun tüm bölgesinde yoğunluk göstermektedir.

21 Temmuz saat 21:00'de Diyarbakır'da hakim rüzgar yönü ENE, ve ortalama avlu içi rüzgar hızı, saat 14:00 deki gibi yüksektir. Avlu içi hız, 0.00-2.10 m/s arasında değişim göstermektedir. Avlu içi en fazla rüzgar hızına 2H seçeneğinde karşılaşılmaktadır.

4.8 Günlük Güneş Hareketinin Avlu İçi Termal Performansa Etkisi Avlu İçi Gölgeleme Durumu

Bir avlu formunun yüzeyinin gölgeli ya da güneşe maruz kalması ya da kısmen gölgeli olması, güneşin gökyüzündeki pozisyonuna ve avlu geometrisine bağlıdır. Güneşin gökyüzündeki pozisyonu, güneşin solar azimuth açısı ve yükseklik açıları tarafından belirlenir. Bu iki açı, yıl boyunca olan zamanın ve enlemin bir fonksiyonudur. Bunlar, farklı enlemler için yayınlanmış bazı güneş çizelgeleri ya da mümkün olan matematik denklemlerini kullanarak sayısal olarak hesaplama ile tahmin edilebilir. Avlu formunun geometrisi iç yüzeyler tarafından üretilen gölgeli alan oranını fazlaca etkiler ve sonuç olarak alınan güneş radyasyonunu ve binanın termal performansını etkiler.

Bu optimizasyon modeli çalışmasında kullanılan CFD Ansys Fluent programı, gün içerisinde güneşli saatlerinde bina ve avlu yüzeylerindeki gölge alanları dikkate alarak gölgeli alan yüzeylerinin avlulu binanın ısıtma ve soğutma gereksinimleri üzerindeki etkisini de göz önünde bulundurmuş ve hesaplamıştır.



Şekil 4.16: CFD Ansys Fluent analizinde elde edilen bina yüzey sıcaklık diyagramında yüzey güneş-gölge durumu etkileri.

Şekil 4.16 da gündüz güneşli saatlerde avlulu binanın bir bölümü diğer cephe üzerine gölge bıraktığı için o saatlerde, gölgeli alan yüzey sıcaklığı daha düşük gölge

olmayan güneş alan yüzeyin sıcaklığı daha yüksek olduğu görülmektedir. Bina yüzeylerinin gölgelenme potansiyeli gözönüne alındığında CAD programında yapılan farklı geometrilerin farklı saatlerdeki güneş-gölge analizleri sonucunda, genellikle daha sığ bir formda, avluya daha fazla radyasyon girer ve daha az gölgelenme oluşur. Daha derin formlarda avlu içerisinde daha fazla gölgeli alanlar oluşmaktadır. Bu da daha az güneş radyasyonunun girmesi ve daha az soğutma yükü demektir. Bina yüzeylerine ne kadar çok güneş radyasyonu vurursa o kadar az gölge üretilir ve sonuç olarak daha fazla ısı kazanımı üretilir. Güneşe maruz kalma oranını artması ile güneş radyasyonlarının etkisiyle binanın iç alanını ısıtmaya katkı sağlamasına ve iç mekan-dış çevre arasındaki derecelerdeki farkın azalmasına sebebiyet vermesine sebep olur.

Tüm iklim bölgesi örnek illeri ve tüm avlu seçenekleri için 21 Ocak ve 21 Temmuz tarihlerinde 08.00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00 saatleri için yapılan güneş – gölge analizi çalışmasına göre Sıcak-nemli iklim bölgesi örneği Antalya ili içinde 21 Ocak'ta ele alınan tüm saatlerde tüm avlu seçeneklerinin avlu zeminleri üzerine güneş gelmemektedir. Yani günün tüm saatlerinde tüm avlu seçeneklerinin avlu zemini gölgeli durumdadır. 21 Ocak'ta sabah saat 08.00 ve 10:00 da tüm avlu seçeneklerinde avluya bakan kuzey ve batı cepheleri güneşlidir. Saat 12:00 de tüm seçeneklerin sadece avluya bakan kuzey cephesi güneşlidir. Saat 14:00 ve 16:00 da ise avluya bakan kuzey ve doğu cepheleri güneşlidir. Bu saatlerde avluya bakan yüzeylerin güneşli olan bölümlerinin sıcaklıkları, gölgeli alanlara göre daha yüksek değerlerde olduğu görülmektedir.

Antalya'da 21 Ocak'ta tüm avlu seçeneklerinde avlu zeminine güneş ışınları düşmediği için avlu zeminindeki sıcaklık değerleride düşüktür. Dolayısıyla 21 Ocak'ta saat 14:00 de avlu içi sıcaklık değerlerine bakıldığında 5H avlu seçeneğindeki avlu zemini 26⁰.00C-27⁰.00C kadar ulaşırken diğer seçeneklerde 19.00⁰C -20.00⁰C civarındadır.

Antalya'da 21 Temmuz'da sabah saat 08:00'de tüm avlu seçeneklerinin avluya bakan batı cephesi güneşlidir. H seçeneği dışındaki diğer seçeneklerde ise batı cephesi ile birlikte aynı zamanda avlu zeminine de güneşli alanlar görülmektedir. Saat 10:00'da ise avluya bakan batı ve kuzey cepheleri güneşli cephelerdir. Bu saatte avluya bakan doğu ve kuzey cepheleri hala gölgelidir. Artık avlu zeminine düşen güneşli alan oranı artmakta avlu oranı büyüdükçe avlu zemini güneşli alan oranı da aynı oranda artış göstermektedir. Saat 12:00 de tüm avlu seçeneklerinde artık avlu

zemininin kuzey bölümlerinin tamamı ve kuzeye bakan cephesi güneşlidir. Saat 14:00 ve 16:00'da ise avluya bakan kuzey ve doğu cepheleri güneşli olup avluya bakan güney ve batı cepheleri gölgelidir.

21 Temmuz'da tüm saatlerde tüm avlu seçeneklerinin avluya bakan güney cepheleri gölgelidir. Avluya bakan güney cephesine yakın bölgelerdeki avlu zemini de tüm saatlerde gölgelidir.

Genellikle yazları, yatay yüzeyler tarafından alınan güneş radyasyonu, yüzey dikey olunca elde edilenden daha fazladır. Bunun sebebi ise güneşin açısının sıfıra yaklaşması ve yüksek olan güneş yüksekliğidir. Örneğin, güneş radyasyonu yatay yüzeye normaldir ki bu maksimum radyasyonu almak için en iyi durumdur.

21 Temmuz en sıcak dönem boyunca güneşin geliş açısı yüzeylere ne kadar yakın olursa, daha az geri yansıma olacak ve yüzeyler tarafından daha çok güneş radyasyonu emilecektir. Sonuç olarak, daha fazla güneş enerjisi kazanımı olur ve daha fazla soğutma yüküne ihtiyaç olur. Bu, çatı alanını yaz döneminde soğutma yükünü artırmada duvarlardan daha etkili yapar.

Günlük güneş hareketinin etkisi; Göküzünde güneşin hareketi; o bölgenin bulunduğu enlem değerine, güneşin bulunduğu yıl ve gün gibi farklı faktörlere bağlıdır. Güneşin hareketi genellikle yıl boyunca gün veya gece içerisinde o bölgede simetriktir. Yazın güneşin hareketi ve yörüngesi, kış mevsimine göre daha yüksektir. Bu günlük hareket, avlu biçiminin ve avlu bina kabuğunun oluşumunda önemli bir parametredir. Avlu içi iklimsel koşullarının üzerine güneşin günlük yörüngesindeki pozisyonun değişikliğin etkisi, kışın açık ve net bir şekilde gözlemlenebilir. kışın genel eğilim olarak göstermiştir ki; duvar yüzeyine düşen güneşli alan yüzdesi, zaman geçtikçe ve öğlen saat 12.00 ye kadar giderek artmaktadır. Daha sonra zaman geçtikçe güneşli alan yüzdesi yavaş yavaş azalmaktadır. Maksimum güneşli alan yüzdesi, öğle saatlerinde % 45, % 26, % 17 ve % 4.5 değerlerine ulaşılmıştır. Açıkça göstermiştir ki kışın; enlemdeki artışla birlikte güneşe maruz yüzey alanı, gün boyunca herhangi zamanda azalma gösterir. Antalya'da 21 Ocak tarihinde günün hiçbir saatinde avlu zeminine güneş ışınları düşmemekte avlu zemini tüm saatlerde gölgeli kalmaktadır. 21 Temmuz'da ise 10:00-12.00-14.00 saatlerinde avlu zeminine güneş ışınları gelmekte, diğer saatlerde tüm avlu seçeneklerinde avlu zemini tamamıyla gölgeli kalmaktadır.

4.9 Avlulu Binaların ve Avlu İçi Termal Konforun Değerlendirilmesi

Avlunun termal performansı; genellikle avlu seçeneğine bağlı olan iç kabuk üzerinden içeriye doğru nüfuz eden güneş ışınımına ve güneşin pozisyonuna bağlıdır. Uygun konfor koşullarına ulaşmak için farklı iklim bölgesine göre farklı stratejiler uygulanır. Ancak bütün bunların hepsi iç mekanlarda konfor istenilen zamanlarda ve konfor koşullarının bozulduğu zamanlarda güneş ışınımı konfora ya da konforsuzluğa sebep olduğu zaman avantaj sağlar. Gölgeleme ya da bir diğer deyişle ısı kazanımından kaçınma, yazın termal konforun sağlanmasında kışın ise ısı kazanımı sağlamak için gölgelemeden kaçınma birinci kuraldır.

Avlu formunun geometrisi, iç yüzeyler tarafından üretilen gölgeli alan oranını fazlaca etkiler ve sonuç olarak alınan güneş radyasyonunu ve binanın termal performansını etkiler. Genellikle derin avlu formlarının, yazın maksimum iç mekan gölge alanı kazanımı için tavsiye edildiği görülmektedir. Kışın ise güneşli alanların elde edinimi için sıg formlar daha avantajlı olacaktır. Avlu zemini, kışın bina yüzeyinde meydana gelen güneş radyasyonuna bağlı ısı üretimi ve ısı transferi üzerine az bir etkiye sahip iken; oysa yazın bu etki daha az kayda değerdir.

Bu çalışmada ele alınan tüm avlu biçim seçenekleri içerisinde her bir iklim bölgesi örnek alanları için bina toplam enerji performansları bakımından değerlendirildiğinde; Sıcak-kuru iklim bölgesi temsili olan Diyarbakır ili için; en az sıcak dönem örneği olan 21 Ocak'ta özellikle gündüz saatlerindeki ısı kazanımının fazla olduğu ve aynı zamanda gece saatleri boyunca da ısı kaybının en az olduğu seçeneklere bakılmalıdır. Diyarbakır 'da gündüz ve gece saatleri boyunca toplamda en az ısı kaybı 1.5H da seçeneğinde olmaktadır (Şekil 4.8-4.9) (Ek A).

En sıcak dönem örneği olan 21 Temmuz soğutma dönemi boyunca sıcak-kuru iklim bölgeleri için istenen, binalarda minimum oranda ısı kazanımıdır. Dolayısıyla şekil 4.6 deki grafik değerlerine bakıldığında Diyarbakır için hem gece hem de gündüz minimum ısı kazanımı 3H seçeneğinde görülmüştür (Şekil 4.8-4.9).

Termal konfor ve enerji performans değerlendirilmesi bakımından bina yüzeyleri toplam güneş ışınım kazancı, toplam güneş ışınım kazanımları miktarına göre değerlendirmeleri yapıldığında sıcak-kuru iklim bölgesi temsili ili olan Diyarbakır ili için ele alınan tüm avlu seçenekleri arasında 21 Temmuz en sıcak dönem boyunca minimum güneş ışınım kazancı beklenirken 21 Ocak en az sıcak dönemde ise

binaların gündüz güneşli saatleri boyunca maksimum güneş ışıyım kazancı elde etmesi beklenir. Dolayısıyla hesaplama sonucunda elde edilen Şekil 4.11 grafiğindeki birim güneş ışıyım kazancı değeri incelendiğinde en az sıcak dönem örneği olan 21 Ocak sıcak-kuru iklim bölgesi olan Diyarbakır'da maksimum güneş ışıyım kazancı 2H seçeneğinde görülmektedir(Ek B).

Sıcak-nemli iklim bölgesi temsili ili olan Antalya ili için ele alınan tüm avlu seçenekleri arasında seçeneklerin toplam enerji kazanımı-ısı transfer miktarına göre değerlendirmeleri yapıldığında en az sıcak dönem örneği olan 21 Ocak ısıtma dönemi boyunca özellikle soğuk iklim bölgeleri için istenen, binalarda maksimum oranda ısı kazancı, enerji kazanımıdır. Bu doğrultuda şekil 4.6 deki grafik değerlerine baktığımızda Antalya için 1.5 H seçeneğinde görülmektedir.

Toplam güneş ışıyım kazanımları miktarına göre değerlendirmeleri yapıldığında sıcak-nemli iklim bölgesi temsili ili olan Antalya ili için sıcak-nemli iklim bölgelerinde 21 Temmuz en sıcak dönem boyunca minimum güneş ışıyım kazancı beklenirken 21 Ocak en az sıcak dönemde ise binaların gündüz güneşli saatleri boyunca maksimum güneş ışıyım kazancı elde etmesi beklenir. Bu da Antalya için 1.5H seçeneğidir.

Tüm iklim bölgesi örnek illeri ve tüm avlu seçenekleri için 08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00 saatleri için yapılan güneş – gölge analizi çalışmasına göre Sıcak-nemli iklim bölgesi örneği Antalya ili içinde 21 Ocak'ta ele alınan tüm saatlerde tüm avlu seçeneklerinin avlu zeminleri üzerine güneş gelmemektedir. Yani günün tüm saatlerinde tüm avlu seçeneklerinin avlu zemini gölgeli durumdadır. 21 Ocak'ta sabah saat 08:00 ve 10:00 da tüm avlu seçeneklerinde avluya bakan kuzey ve batı cepheleri güneşlidir. Saat 12:00 de tüm seçeneklerin sadece avluya bakan kuzey cephesi güneşlidir. Saat 14:00 ve 16.00 da ise avluya bakan kuzey ve doğu cepheleri güneşlidir. Bu saatlerde avluya bakan yüzeylerin güneşli olan bölümlerinin sıcaklıkları, gölgeli alanlara göre daha yüksek değerde olduğu görülmektedir.

Antalya'da 21 Ocak'ta tüm avlu seçeneklerinde avlu zeminine güneş ışınları düşmediği için avlu zeminindeki sıcaklık değerleride düşüktür. Dolayısıyla 21 Ocak'ta saat 14:00 de avlu içi sıcaklık değerlerine bakıldığında 5H avlu seçeneğindeki avlu zemini 26.00 °C-27°C kadar ulaşırken diğer seçeneklerde 19.00°C -20.00°C civarındadır.

Antalya'da 21 Temmuz'da sabah saat 08.00'de tüm avlu seçeneklerinin avluya bakan batı cephesi güneşlidir. H seçeneği dışındaki diğer seçeneklerde ise batı cephesi ile

birlikte aynı zamanda avlu zeminine de güneşli alanlar görülmektedir. Saat 10:00'da ise avluya bakan batı ve kuzey cepheleri güneşli cephelerdir. Bu saatte avluya bakan doğu ve kuzey cepheleri hala gölgelidir. Bu saatte avlu zeminine düşen güneşli alan oranı artmakta avlu oranı büyüdükçe avlu zemini güneşli alan oranı da aynı oranda artış göstermektedir. Saat 12:00 de tüm avlu seçeneklerinde artık avlu zemininin kuzey bölümlerinin tamamı ve kuzeye bakan cephesi güneşlidir. Saat 14:00 ve 16:00'da ise avluya bakan kuzey ve doğu cepheleri güneşli olup avluya bakan güney ve batı cepheleri gölgelidir.

21 Temmuz'da tüm saatlerde tüm avlu seçeneklerinin avluya bakan güney cepheleri gölgelidir. Avluya bakan güney cephesine yakın bölgelerdeki avlu zemini de tüm saatlerde gölgelidir.

Soğuk iklim bölgesi örneği olan Erzurum ili için en az sıcak dönem örneği olan 21 Ocak'ta istenen, binalarda maksimum oranda ısı kazancı, enerji kazanımıdır. Bu doğrultuda şekil 4,6 deki grafik değerlerine baktığımızda Erzurum için en yüksek değere 5H seçeneğinde karşılaşılmıştır. 21 Ocak yalnızca gündüz saatlerine bakıldığında en fazla ısı kazancı 1.5H seçeneğinde görülmüştür (Şekil 4.8-4.9).

Termal konfor ve enerji performans değerlendirilmesi bakımından güneş ışınımından elde edilen kazanç, toplam güneş ışınım kazanımları miktarına göre değerlendirmeleri yapıldığında soğuk iklim bölgesi temsili ili olan Erzurum ili için 21 Ocak soğuk iklim bölgesi Erzurum'da maksimum güneş ışınım kazancı 3H seçeneğinde görülmektedir (Şekil 4.11, 4.15).

Tüm avlu seçenekleri toplam enerji performanslarının değerlendirilmesinde avlu zeminlerinin toplam kazandıkları güneş ışınım kazançları değerlendirilirse; en az sıcak dönemde 21 Ocak'ta maksimum güneş ışınım kazancı Sıcak-nemli iklim özelliği gösteren Antalya'da en fazla güneş ışınım değeri 5H seçeneğinde; sıcak-kuru iklim özelliği gösteren Diyarbakır'da 5H; soğuk iklim özelliği gösteren Erzurum'da ise 3H seçeneğinde görülmektedir (Şekil 4.13, 4.23).

21 Temmuz'da Sıcak-nemli iklim özelliği gösteren Antalya'da en az güneş ışınım kazanımı H seçeneğinde; sıcak-kuru iklim özelliği gösteren Diyarbakır'da H; soğuk iklim özelliği gösteren Erzurum'da ise H seçeneğinde görülmektedir. Avlu içi termal kazanım bakımından bu dönem boyunca konfor ve enerji kazanım kriterleri doğrultusunda her üç iklim bölgesi için de H seçeneği optimum olarak çıkmıştır (Şekil 4.15).

Sıcak-nemli iklim özelliği gösteren Antalya'da 21 Ocak'ta tüm avlu seçeneklerinde avlu zeminine güneş ışınları düşmediği için avlu zeminindeki sıcaklık değerleride düşüktür. Dolayısıyla 21 Ocak'ta saat 14:00 de avlu içi sıcaklık değerlerine bakıldığında 5H avlu seçeneğindeki avlu zemini 26.00 °C-27°C kadar ulaşırken diğer seçeneklerde 19.00°C -20.00°C civarındadır.

21 Temmuz'da Antalya'da saat 10:00'da ise avluya bakan batı ve kuzey cepheleri güneşli cephelerdir. Bu saatte avluya bakan doğu ve kuzey cepheleri hala gölgelidir. Bu saatte avlu zeminine düşen güneşli alan oranı artmakta avlu oranı büyüdükçe avlu zemini güneşli alan oranı da aynı oranda artış göstermektedir. 21 Temmuz'da avluya bakan güney cephesine yakın bölgelerdeki avlu zemini tüm saatlerde gölgelidir.

Özellikle sıcak-nemli ve sıcak-kuru iklim bölgelerinde genellikle güneş yükseldikçe avlu içerisinde oluşan gölgeli alan yüzey alanı da o kadar azalmaktadır. Sıcak-kuru ve Sıcak-nemli iklim bölgesinde en sıcak gün-soğutma dönemi 21 Temmuz boyunca özellikle konfor bakımından önemli ve aynı zamanda enerji kazanımının az olduğu avlu içi gölgeli alan oranı, avlu formu uzadıkça artış göstermekte kışın ise avluda derinlik azaldıkça avlu yüzey alanlarının güneş alma oranları o kadar artmaktadır. Form derinliği küçüldüğü zamanlarda ise güneş ışınlarının avlu içerisine doğru girebilme kabiliyetlerinin artmasından dolayıdır.

Optimum avlu oranı, yazın minimum oranda kışın ise maksimum oranda radyasyon almasına izin veren formdur. Her bir iklimde konfor koşullarını elde etmek için iklimsel özelliklere ve genel stratejilere bağlı olmasından dolayı her bir bölgede etkin performansı elde etmek için tavsiye edilen belli avlu oranları düzenlenmiştir.

4.10 CFD Simülasyon Sonuçlarına Göre Genel Tasarım Ölçütleri ve Buna Bağlı Optimum Avlu Biçimi ve Öneriler

Avlulu bina tarafından ne kadar çok radyasyon alınır, yazın gerekli olan soğutma o kadar çok olur ve kışın da ısıtmaya o kadar az ihtiyaç olur. Genellikle kışın gölgelenmenin, gerekli ısıtma yükü üzerindeki etkisi yazın soğutma yükünü azaltma üzerindeki etkisinden daha çoktur. Bu da ısıtma yükünün elde edilen güneş radyasyonuna olan hassasiyeti, soğutma yükünün gölgeli alana olan duyarlılığından daha fazladır. Böylece kışın güneş radyasyonu kazanımı elde etmenin yazın bundan kaçınmaktan daha kritik (önemli) olduğu sonucu çıkarılır. Avlu uzunluğu arttıkça gerekli enerji talebinin arttığı gözlemlenmiştir. Fakat bu artış oranı, aritmetik olarak

avlu uzunluğu artışı ile doğru orantılı değildir. Avlunun planı kareye yaklaştıkça avlu içi gölgeli alan oranı artmakta, 21 Temmuz'da gerekli enerji miktarı azalmakta; 21 Ocak'ta ise artan enerji talebi üzerindeki etkisi biraz daha azalmaktadır. Genellikle, avlulu bina biçimi ne kadar uzun ise, yıllık enerji tüketimi o kadar artar.

Avlulu bina yüzeyleri tarafından alınan güneş radyasyonu, üretilen ısı kazanımı ve bu yüzden de gerekli soğutma ve ısıtma yükleri üzerinde etkilidir.

En az sıcak döneme örnek olarak alınan 21 Ocak'ta özellikle gündüz saatlerindeki ısı kazanımının fazla olduğu ve aynı zamanda gece saatleri boyunca da ısı kaybının en az olduğu seçeneklere bakıldığında. Antalya, Diyarbakır ve Erzurum'da sadece gece saatleri boyunca toplamda en az ısı kaybı yalnızca 1.5H da seçeneğinde olmaktadır. 21 Ocak yalnızca gündüz saatlerine bakıldığında ise en fazla ısı kazancı Antalya, Diyarbakır ve Erzurum'da yine 1.5H seçeneğinde görölmüştür (Şekil 4.6-4.7).

21 Temmuz'da istenen minimum oranda ısı kazanımları; gece boyunca Antalya'da 3H, Diyarbakır'da 3H, Erzurum'da ise 2.5H seçeneklerinde görölmüştür. Gündüz saatleri boyunca ise Antalya'da 1.5H, Diyarbakır'da 3H, Erzurum'da ise 3H seçeneklerinde görölmüştür (Şekil 4.8-4.9).

Yazın soğutma yükünü, kışın ise ısıtma yükünü azaltmak için daha derin formların en uygun olduğu ise CAD programındaki gölge analizinde incelenmiştir. Avlulu binanın, avluya bakan cephe yüzeyleri üzerinde gölge bırakması kendini gölgelemesi, soğutma ihtiyacını aynı cephe üzerinde gölgeli alan ile güneşli alan arasındaki hesaplama yapılarak ortalama %4 civarında azalttığı görölmüştür; oysaki kışın kendini-gölgeleme ısıtma yükünü ortalama %12 civarında artırma etkisine sahiptir. Özellikle soğuk iklim bölgesi Erzurum'da kışın güneş radyasyonu kazanımının, yazın bundan kaçınmaktan daha önemli olduğunu gösterir.

5. SONUÇLAR

Avlulu binaların iklimsel açıdan performansının çözümlenmesi çalışmaları, yeterli tasarım araçlarının olmamasından dolayı yetersiz kalmaktadır. Enerji tüketimi miktarının hesaplanmasında miktarı belirlemenin zorluğunun yanında mimarların ve tasarımcıların enerji etkinlik konusu ile ilgili olarak belli seviyelerde bilgi sahibi olması gerekmektedir. Bu bilinçlenme durumu, tasarımın yalnızca toplam enerji etkinliği açısından ele alınmayıp toplam konfor, mikroklima bakımından da değerlendirilmesini sağlayacaktır.

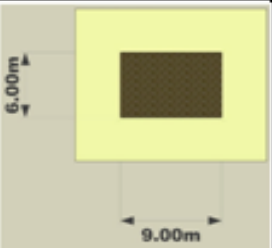

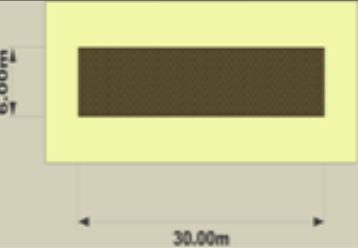
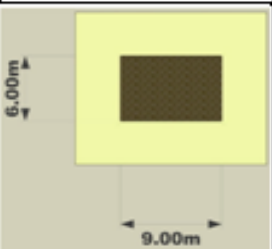
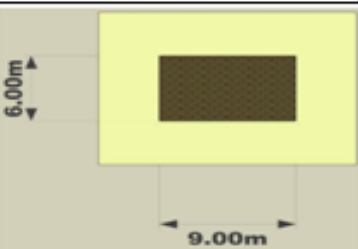
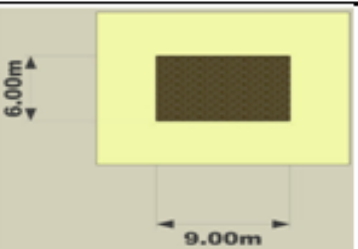
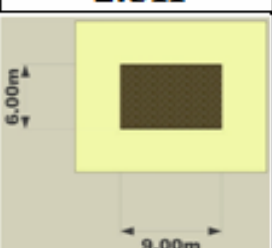
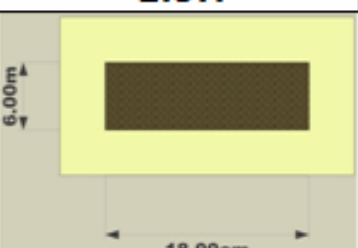

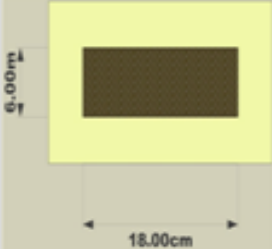
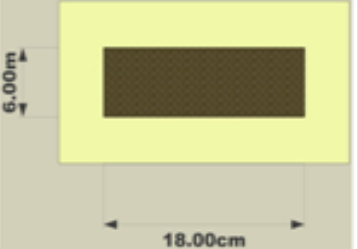
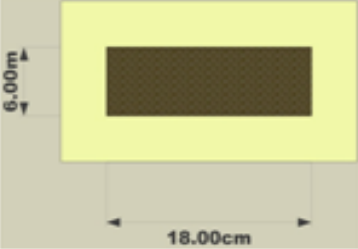
Bu çalışmanın amacı, tüm iklim bölgelerinde mikro iklimi düzenleyici olarak; özellikle de sıcak-kuru iklim bölgesinde pasif iklimlendirme aracı olarak kullanılan avlulu binalar hakkında ulaşılabildiği kadarıyla avlulu binaların enerji etkinliklerini araştırma, ayrıca belirlenen farklı iklim bölgeleri için belirlenecek konfigürasyonlar üzerinde bilgisayar enerji simülasyonu kullanarak farklı tasarım ve iklim koşulları altında gerçek meteorolojik verileri kullanarak bu binaların farklı termal davranışlarını tam olarak doğru bir şekilde tahmin ederek ortaya koymak ve böylece hem sıcak-kuru ve sıcak-nemli hem de soğuk iklim bölgeleri için; o iklim özellik ve verilerine uygun olarak optimum avlu biçimini ortaya koyarak tasarımcılara yeni bir bilgi sağlamaktır.

Herhangi bir avlu plan oranında avlu formu ne kadar genişlerse avlu plan oranı o kadar artar ve bina yüzey alanına orantılı olarak daha fazla gölgeli alana sahip olur. Güneşin yüksek açılarda bulunduğu sıcak iklim bölgelerinde avlular, mümkün olduğunca avlunun daha derin olması, daha fazla gölgeli alan üretebilmesi açısından önemlidir. Avlu boyu uzadıkça günün belli saatlerinde avlu içerisinde oluşan gölgeli alan oranı azalacaktır. Genellikle güneş ne kadar çok yükseldikçe avlu içerisinde oluşan gölgeli alan yüzey alanı da o kadar azalmaktadır.

Yazın oluşacak gölgeli alan avlu içi duvar yüzey alanının yüzdesi, çalışılan herhangi iklim bölgesinde yavaş yavaş form sığlaşırken bunun tam tersi kışın ise avluda derinlik azaldıkça avlu yüzey alanlarının güneş alma oranları o kadar artmaktadır.

Avlu form oranı azaldıkça güneş ışınlarının avlu içerisine doğru girebilme kabiliyetleri azalmıştır. Avlu biçimi dikdörtgene yaklaştıkça içerideki güneş ışınım miktarı artmaktadır.

Optimizasyon modeline göre binaların toplam ısı transferi miktarlarına göre değerlendirildiğinde optimum avlu oranı; yazın minimum oranda kışın ise maksimum oranda bina içerisine ısı kazanımı sağlayan formdur. Sıcak-kuru iklim bölgelerinde avlu formları; en az sıcak dönem örneği olan 21 Ocak'ta özellikle gündüz saatlerindeki ısı kazanımının fazla olduğu ve aynı zamanda gece saatleri boyunca da ısı kaybının en az olduğu seçenekler, toplam ısı kazanımı açısından önemlidir. Sıcak-Kuru iklim bölgesi Diyarbakır'da gündüz saatleri dönemi en az ısı kaybı 5H, gece saatleri boyunca toplamda en az ısı kaybı 1.5H da seçeneğinde olmaktadır. En sıcak dönem örneği olan 21 Temmuz'da istenen, binalarda minimum oranda ısı kazanımıdır. Dolayısıyla şekil 4.6 deki grafik değerlerine bakıldığında Diyarbakır için hem gece hem de gündüz minimum ısı kazanımı 3H seçeneğinde görülmüştür (Şekil 4.8-Şekil 4.17).

BİNA TOPLAMI TOPLAM ISI TRANSFER MİKTARI (W/m ²)			
	ANTALYA	DİYARBAKIR	ERZURUM
21 OCAK Gündüz	 1.5H	 5H	 5H
21 OCAK Gece	 1.5H	 1.5H	 1.5H
21 TEMMUZ Gündüz	 1.5H	 3H	 3H
21 TEMMUZ Gece	 3H	 3H	 2.5H

Şekil 4.17: Toplam ısı transfer miktarlarına göre üç farklı iklim bölgesi için optimum avlu oranları

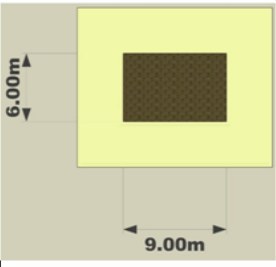
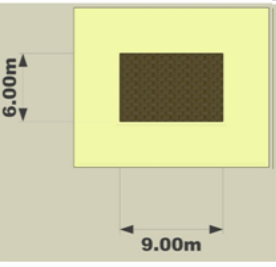
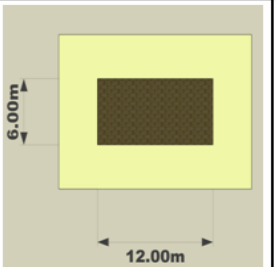
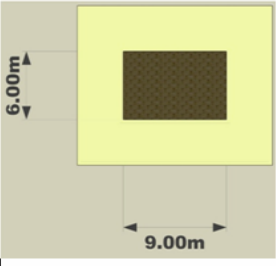
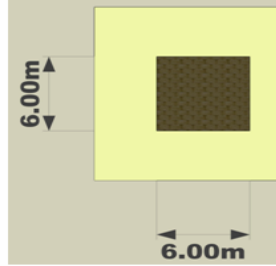
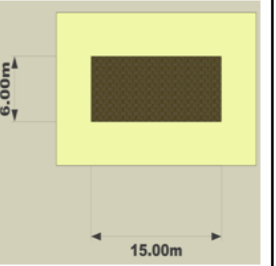
Sıcak-nemli iklim bölgesi örneği Antalya’da 21 Temmuz gündüz saatleri boyunca minimum güneş ışıyım kazancı 1.5H seçeneğindedir. En az sıcak dönem örneği olan 21 Ocak’ta özellikle gündüz saatlerindeki ısı kazanımının fazla olduğu ve aynı zamanda gece saatleri boyunca da ısı kaybının en az olduğu seçeneklere bakılmalıdır. Antalya’da gece-gündüz saatleri boyunca toplamda en az ısı kaybı 1.5H da seçeneğinde olmaktadır (Şekil 4.8-Şekil 4.17).

Soğuk iklim bölgesi örneği olan Erzurum'da en az sıcak dönem örneği olan 21 Ocak'ta özellikle gündüz saatlerindeki ısı kazanımının fazla olduğu ve aynı zamanda gece saatleri boyunca da ısı kaybının en az olduğu seçeneklere bakılmalıdır. 21 Ocak yalnızca gündüz saatlerine bakıldığında en fazla ısı kazancı 5H seçeneğinde görülmüştür. 21 Temmuz soğutma döneminde özellikle gündüz güneşli saatleri boyunca toplam ısı kazanımının en az olduğu seçenek Erzurum için ise 3H seçeneği olduğu görülmektedir. 21 Temmuz'da Erzurum'da gece saatlerinde bina toplamındaki toplam ısı transfer miktarına bakıldığında, 1.5H seçeneğinin dışındaki tüm seçeneklerden ısı kaybı olduğu görülmektedir.

Optimizasyon modeline göre binaların gün içerisinde kazandıkları toplam güneş ışınımı kazançlarına göre değerlendirildiğinde optimum avlu oranı; yazın minimum oranda kışın ise maksimum oranda güneş radyasyonu kazanımı sağlayan formdur. Sıcak-kuru iklim bölgesinde en sıcak devre için nem oranını ve gölgelemeyi artıracak ve kuru karakterli hava hareketinden korunma (hava hareketinin karakteri nemli ise yararlanılmalı) sağlayacak, en az sıcak devrede ise güneş ışınımının ısıtıcı etkisinin artırılmasını sağlayacak ölçütler önem kazanmaktadır.

En az sıcak dönem örneği olan 21 Ocak'ta Diyarbakır'da tüm bina yüzeyleri toplamı güneş ışınımı kazanımının en fazla olduğu avlu seçeneği 1.5H seçeneğidir (Şekil 4.12-Şekil 4.18).

En sıcak dönem örneği olan 21 Temmuz soğutma dönemi boyunca sıcak-kuru iklim bölgeleri için istenen, binalarda minimum oranda güneş ışınımı kazanımının olmasıdır. Dolayısıyla 21 Temmuz soğutma döneminde ise avlu seçeneklerinin gündüz saati boyunca en az oranda güneş ışınım kazancı elde etmesi beklenir. Minimum güneş ışınım kazancı Diyarbakır için H seçeneğinde görülmektedir (Şekil 4.12-Şekil 4.18).

BİNA TOPLAMI GÜNEŞ IŞINIM KAZANCI (W/m ²)			
	ANTALYA	DİYARBAKIR	ERZURUM
21 OCAK (En Fazla Isı Kazancı)	 <p style="text-align: center;">1.5H</p>	 <p style="text-align: center;">1.5H</p>	 <p style="text-align: center;">2H</p>
21 TEMMUZ (En Az Isı Kazancı)	 <p style="text-align: center;">1.5H</p>	 <p style="text-align: center;">H</p>	 <p style="text-align: center;">2.5H</p>

Şekil 4.18: Güneş ışınım kazançlarına göre üç farklı iklim bölgesi için optimum avlu oranları

Sıcak-nemli iklim bölgesinde en sıcak devrede ısı kazancını ve ışınımı azaltıcı, nem kaybını ve havalandırmayı artırıcı, en az sıcak devrede ısı korunumu sağlayacak ölçütler, optimum konfor koşullarının oluşumu için yeterli olmaktadır.

Buna göre 21 Ocak en az sıcak dönemde avlu seçenekleri arasında gündüz güneşli saatleri boyunca maksimum güneş ışınım kazancı sağlayan Antalya için 1.5H seçeneğidir.

En sıcak dönem örneği olan 21 Temmuz soğutma döneminde ise avlu seçeneklerinin gündüz saati boyunca en az oranda güneş ışınım kazancı elde etmesi beklenir. Toplam bina enerji performansı değerlendirildiğinde soğutma dönemi boyunca tüm bina yüzeyleri toplamı güneş ışınımı kazanımının en az olduğu avlu seçeneği, bu dönem için optimum seçenektir. Dolayısıyla şekil 4.12 toplam güneş ışınım kazanç değerlerine baktığımızda 21 Temmuz gündüz saatleri boyunca minimum güneş ışınım kazancı Antalya için 1.5H seçeneğidir (Şekil 4.12-Şekil 4.18).

Soğuk iklim bölgesi temsili ili olan Erzurum ili için en az sıcak dönem örneği olan 21 Ocak ısıtma dönemi boyunca özellikle soğuk iklim bölgeleri için istenen, binalarda maksimum oranda güneş ışınımı kazanımıdır.

Tüm avlu seçenekleri arasında termal konfor ve enerji performans değerlendirilmesi bakımından güneş ışınımından elde edilen kazanç, toplam güneş ışınım kazanımları

miktarına göre değerlendirmeleri yapıldığında soğuk iklim bölgesi temsili ili olan Erzurum ili için 21 Ocak gününde maksimum güneş ışınım kazancı 2H seçeneğidir. Toplam güneş ışınım kazancı grafik değerlerine baktığımızda 21 Temmuz gündüz saatleri boyunca minimum güneş ışınım kazancı Erzurum için 2.5H seçeneğinde elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.12-Şekil 4.18).

5.1 Ana Temel Sonuçlar

Avlu geometrisi hem güneş ışınım kazanımın miktarını hem de bina, avlu içi rüzgar hızını etkilemektedir. Sıcak-kuru iklim bölgesi temsili ili olan Diyarbakır'da genellikle gündüz saatlerinde avlu oranı dar olduğunda $W/H \leq 0.6$ (1.5H) durumda avlu içi rüzgar hızı farklılıkları çok düşüktür (0.8 m/s'den az) Bu nedenle termal konfor üzerinde önemli bir etkisi yoktur diğer taraftan oran geniş olduğunda - $W/H \geq 0.6$ (1.5H) rüzgar hızı; rüzgarın taşınım katsayısı etkisinden dolayı (32°C'den fazla hava sıcaklığı ile >0.1 m/s) güneş ışınımının olumsuz etkisini yok eder. Diyarbakır'da avlu boyu uzadıkça avlu içi rüzgar akışı ve hızı daha da artış göstermektedir.

Sıcak-nemli iklim bölgesi Antalya için ise avlu içi rüzgar konfor durumu, avlu boyu arttıkça rüzgar hızı artış göstermiştir. Özellikle yazın gece saatlerinde 3H ve 5H seçeneği avlu içi rüzgar akışı, avlu ortasında yoğunluk ve avluya bakan doğu cephesine doğru yoğunluk göstermekte batı bölgesi cephesinde akış oldukça azalmaktadır. Avlu boyu azaldıkça avlu içerisine giren rüzgar oranı da azalma göstermektedir. Sıcak ve nemli bölgelerdeki yaz gecelerindeki termal koşullar, neminde etkisiyle hava sıcaklığı gece saatlerinde birkaç derece düşük (3°C'den 5°C'ye) olsa da gündüz kadar sıcak olabilmektedir.

Optimizasyon modelinde kullanılan parametreler ve veri girişi olarak nem parametresi olmadığı için gece saatlerinde özellikle sıcak-nemli iklim bölgesinde nem oranının artı göstermesi ile birlikte farklı koşullar ve gece boyunca yüksek konfor beklentisi gündüzle karşılatırıldığında daha farklı bir termal konfor analizi gerektirmektedir. Sıcak-nemli iklim bölgesi için özellikle $W/H=0.6$ (1.5H) oranından büyük avlular oluşturmak, avlu içi rüzgar akışı sağlama özellikle geceleri konfor sağlama açısından önemlidir. Yine bu bölgelerde özellikle geceleri avlulu bina içi konfor sağlama açısından her odanın doğal havalandırılmasını sağlamak için avluya

bakan cephelerinde en azından bir açıklığın bulunması durumunun irdelenmesi gereklidir.

5.2. Çalışmanın Yapacağı Katkılar

Çalışmanın bilimsel katkıları; Günümüzde rüzgarın dinamik ve statik etkileri yanı sıra çevresel etkileri konusunda yapılan bir çok çalışma özellikle avlulu binaları bu ayrıntıda ele almamaktadır. Hem deneysel hem de sayısal yaklaşımlarda avlulu binaların termal performansları üzerine yapılan çalışmaların sayıları azdır. Gerçek ölçümlerle yapılan bir kaç yeni çalışma da henüz konunun genellenebilmesine izin vermeyecek düzeydedir. Her bir iklim bölgesi için tam olarak hangi bina biçiminin optimum olacağı konusunda daha sonra yapılacak çalışmalara ön bilgiler sunması, tasar verilerine bir taban oluşturması açısından faydalı bir çalışmadır. Gerek bina içi mikroklima konfor durumu, gerekse kent ölçeğinde makroklima konfor durumu açısından avlu biçimi üzerine uzun dönem ortalama meteorolojik verilerinin kullanıldığı CFD analiz çalışmasına örnek teşkil eden bir çalışmadır.

Çalışmanın uygulamaya yönelik sonuçları; Avlulu binalarında daha gerçekçi soğutma ve havalandırma denetiminin tasarım aşamasında yapılabilmesinde, özellikle avlulu binaların farklı iklim bölgelerine göre kullanımında ortaya koyacağı enerji korunumunda, ısı kazançları ve kayıpları öngörmelerinde tasarımcı ve araştırmacılara yeni veriler oluşturacaktır. Bina ve yerleşme tasarımında göz önünde bulundurulacak dış tasarım ve iç tasarım rüzgar hızı, şiddeti ve hava akışı konusunda uygulamaya yönelik sonuçlar elde edilecek ve bunlarda tasarımcılara yeni bir bilgi sağlayacaktır.

Çalışmanın genel sonuçları; Avlulu binaların yerleşim ölçeğinde ve tek yapı ölçeğinde yapılaşma sınırlamaları için kriter oluşturma, bilgilendirme amacıyla bu binaların ısı kazançları ve kayıplarının optimizasyonunda yararlanılması, ülke ekonomisinde enerji harcamalarının yaklaşık % 40'lık bir payını oluşturan iklimlendirme enerjisinin daha etkin kullanımında rol oynayacaktır. Ayrıca mimarlara ve bina tasarımcılarına, bu tip binalar üzerine olabilecek çeşitli faktörlerin etkilerinin anlaşılabilmesini sağlamak için yardımcı olacaktır. Tasarımcılara gerçek dünya koşullarında basit ama farklı senaryolar üretmek, avlulu binaların termal performansları açısından gerçek dünya koşulları karşısında nasıl davranacağını tecrübe etmelerine yardımcı olacaktır.

5.3.Son Tasarım Tavsiyeleri

Çalışmanın sonuçları göstermiştir ki; burada çalışılan avlu biçimlerinin yanı sıra her bir iklim bölgesinde konfor koşullarına ulaşmak için o iklim bölgesinin özelliklerine ve genel pasif iklimlendirme stratejilerine bağlı olarak elde edilen her bir farklı bina biçimlerinin; gerek konumları ve yönleri ve gerekse bina kabuğu özellikleri değişiklik göstereceğinden dolayı o özelliklere uygun detaylı analiz çalışmalarının yapılması tavsiye edilmektedir. Yapılan sayısal analiz çalışması sonucu; her bir iklim bölgesi için tam olarak hangi bina biçiminin optimum olacağı konusunda daha sonra yapılacak çalışmalara ön bilgiler sunması, tasarım verilerine bir taban oluşturması açısından faydalı bir çalışmadır.

Gerek bina içi mikroklima konfor durumu, gerekse kent ölçeğinde makroklima konfor durumu açısından sadece avlu biçimi üzerine olmaksızın daha kompleks bina biçimleri üzerine ve kentsel doku içerisinde yerleşim üzerine CFD simülasyonları ve rüzgar tüneli deneyleri ile araştırmalar yapılmalıdır. Sadece avlu içi değil aynı zamanda avlunun bina içindeki hava akışı, doğal havalandırma üzerine etkisi araştırılmalıdır. Özellikle sıcak-nemli iklim bölgesinde gece saatleri ile gündüz saatleri arasındaki farklı termal durumu göz önüne alarak, gece saatlerindeki konfor koşullarını doğru olarak tahmin etmek için yalnızca CFD programları ile değil, nem faktörünü içerisine alan programlarla birlikte kullanılarak derinlemesine incelenmelidir.

Özellikle bina içerisindeki hava akışını artırmak için uygun bina yüzeyi ve avlu açıklığı ile buna uygun bina biçimi; aynı zamanda özellikle en sıcak dönem boyunca bina hacimlerine doğru olan ısı transferini kontrol altına almak için o iklim verilerine uygun gerek biçimsel gerekse bina kabuğu, malzeme, teknoloji ile ilgili farklı seçenekler üzerinde çalışmalar yapılmalıdır. Tüm bu sonuçların rüzgar tüneli deneylerinde tahkik edilerek validasyonları yapılmalıdır

Avlulu binaların ya da diğer bina biçimlerinin enerji performanslarının değerlendirilmesi, enerji tüketimi miktarının hesaplanmasında miktarı belirlemenin zorluğunun yanında bina içi konfor koşulları konularında da mimarların ve tasarımcıların enerji etkinlik konusu ve konfor ile ilgili olarak belli seviyelerde bilgi sahibi olmaları gerekmektedir. Dolayısıyla tüm bu konular; kompleks, disiplinler arası konulardan oluştuğu için multidisipliner bir ekip tarafından çalışılmalıdır.

Sonuç olarak yapılan tüm analizler ve elde edilen sonuçların güvenirliği ve kullanılabilirliği açısından bundan sonra yapılacak tüm bu çalışmalara kaynak olacak ve değişik durumlarda tasarım verilerine bir taban oluşturacaktır.

KAYNAKLAR

- Aburdene, M. F., 1988.** *"Computer Simulation of Dynamic Systems"*, Wm.C. Brown Publishers, Dubuque, IA, 1988.
- Aktacir, M.A., Büyükalaca, O., Yılmaz, T., 2003.** *"Soğutma Yüğü Hesabında Kullanılan Yöntemler"*, ULIBTK'03 14. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniğı Kongresi, 64-69, 2003.
- Aldawoud, A., Clark, R., 2007.** *"Comparative Analysis of Energy Performance Between Courtyard and Atrium in Buildings"*, Energy and Building, 2007.
- Al-Homoud, M. S., 2001.** *"Computer-Aided Building Energy Analysis Techniques"*, Building & Environment vol 36 p. 421-433.
- Allard, F., 1992.** *"Natural ventilation in buildings, A design handbook"*, European commission. Directorate general for energy altener program, James*James.1992.
- Allard,F.,1998** *"Natural Ventilation in Buildings: A Design Handbook"*, James & James,London, 1998.
- Alvarez, S., ve diğ., 1998** *"Airflow Pattern at Courtyards"*, 1998.
- Anon, 1998.** *"Konutlarda Isıtma ve Soğutma Yüğü Hesapları"*, Bölüm 25, ASHRAE Temel El Kitabı, İstanbul 1998.
- Anon, 2006.** *"Energyplus-Getting Started Reference"*, The Board of The University of Illionis University and The University of California through the Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory.
- ASHRAE 55-74 Standards, 1974.** *"Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy"*. 1974.
- ASHRAE., 1989.** *American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Atlanta, GA, "Fundamentals Handbook (SI)"1989.*
- ASHRAE Standard 55., 1992.** *"Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy"* 1992.
- ASHRAE, 1993.** *"Nonresidential Cooling and Heating Load Calculation Procedures"*, Chapter 26, 1993.
- ASHRAE, 1997.** *"Handbook Fundamentals-SI and IP Edition"*, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc"., Atlanta USA. 1997.
- ASHRAE, 2001.** *"Nonresidential Cooling and Heating Load Calculation Procedures"*, Chapters 28-29, 2001.
- ASRHAE, 2001.** *"Fundamentals Handbook (SI)"*,. pp. 8.15., 2001
- Ayad, S.S. 1999.** *"Computational Study Of Natural Ventilation"*, pp. 67. 1999.

- Baird, G., 1984,** “*Energy Performance of Buildings*”, CRC Pcess, Boca Raton, Fla.
- Bahadori, M.N., 1978.** “*Passive Cooling Systems in Iranian Architecture,*” Scientific American 2 (238) (1978) 144–152.)
- Bendar, M. J. 1986.** “AIA. The New Atrium”. United States: McGraw-Hill,
- Berköz, E., Kocaaslan, G., 1994,** “*Enerji ve Kaynak Tüketimini Azaltan Konut ve Yerleşme Tasarımı*”, Mesa Konutta Kalite, Ankara, s: 141-156. 1994
- Birdsall, B.E., et al., 1998.** “The DOE-2 Computer Program For Thermal Simulation Of Buildings”.1998
- Brager, G.S., de Dear, R.J.,1998.** “*Thermal Adaptation in The Built Environment: A Literature Review*”. pp 85-86. 1998.
- Blocken, B., 2004.** “*Wind-driven Rain On Buildings - Measurements, Numerical Modelling And Applications*”, pp 19- 23., 2004,
- Butera, F.M., 1998.** “*Principles of thermal comfort*”, 1998. pp. 39.
- Bulut, H., Durmaz, A.F., Aktacir, M.A., 2006.** “*İklimlendirme Sistemleri İçin Soğutma Yüğü Hesap Yöntemlerinin Karşılaştırılması*”,Türk Tesisat Mühendisleri Derneği, VII. Uluslar arası Yapıda Tesisat Teknolojisi Sempozyumu, İstanbul, 2006.
- Cadima, PSP. 2000.** “*Transitional spaces: The Potential Of Semi-Outdoor Spaces As A Means For Environmental Control With Special Reference To Portugal*”. Ph.D Thesis. The Open University; 2000.
- Cermak, J. E. 1984.** “*Wind-Simulation Criteria for Wind-Effect Tests*”, ASCE, J. Structural Division, 110, 2, pp. 328-339, 1984.
- Cermak, J. E. 1987.** “*Advances in Physical Modeling for Wind Engineering*”, ASCE, J. Engineering Mechanics, 113, 5, pp. 737–757, 1987.
- Chen, Q., et al, 1995.** “*Prediction of Room Thermal Response By CFD Technique With Conjugate Heat Transfer And Radiation Models*”, 1995, pp. 50-60,1995.
- Clarke, J.A.,1985.** “*Energy Simulation in Building Design*”, 1985.
- Clark, R.P., Edholm, O.G., 1985** “*Man and His thermal Environment*”, 1985,
- Cook, J.,1989.** “*Passive Cooling.*” *Solar Heat Technologies: Fundamentals and Applications Series*”, Vol. 8, MIT Press. 1989.
- Crawley, D.B., et al.,2001.** “*EnergyPlus: creating a new-generation building energy simulation program*”. 2001, pp. 319-331, 2001
- Çengel, A.,Y. and Boles, M. A.,1994.** “*Thermodynamics, An Engineering Approach*”. Second Edition, McGraw-Hill, Inc. p. 96.
- Davenport et al., 1985.** “*BLWT II: The Design and Performance of a New Boundary Layer Wind Tunnel*”, Proceedings of the 5th U.S. National Conference on Wind Engineering, Lubbock, Texas, U.S.A, 2A-35-2A-40, 1985.
- De Wilde, P.,2004.** “*Computational Support For The Selection Of Energy Saving Building Components*”, PhD Thesis, Delft University of Technology, Department of Architecture, DUP Science, Netherlands, 2004.

- Dreyfus,J., 1960.** “*Le confort dans L’habitat-En pays tropical*”. Paris; Eyrolles edutour.1960.
- Duffie JA, Beckman WA. 1991.** “*Solar engineering of thermal processes*”. USA: Wiley, s. 919, 1991.
- Emmerich, S.J., 1997.** “*Use of Computational Fluid Dynamics To Analyze Indoor Air Quality Issues*”, 1997.
- EN 15251:2007.** “*Indoor Environmental Input Parameters for Design and Assessment of Energy Performance of Buildings Addressing Indoor Air Quality, Thermal Environment, Lighting and Acoustics*”. 2007.
- Erkmen, F. İ., 2005.** “*Sıcak İklim Bölgelerinde Yapıların Soğutma Yüklerinin Karşılaştırılması (Antalya, Diyarbakır Örneği)*”, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2005.
- Fanger, P.O., 1972 .** “*Thermal Comfort*”, pp. 14-22, 1972,
- Fanger, P.O., 1973.** “*The Influence Of Age, Sex, Adaptation, Season And Cardigan Rhythm On Thermal Comfort Criteria For Man*”, 1973
- Fathy H., 1986.** “*Natural Energy and Vernacular Architecture*”, The University of Chicago Press, Chicago, 1986.
- Geankoplis, C, J., 1993.** “*Transport Processesand Unit Operations*”. Third Edition, Prentice-Hall International,Inc. p.237. 1993.
- Givoni, B., 1976.** “*Man, Climate and Architecture*”. 1976.
- Givoni, B., 1981.** “*Man Climate and Architecture.*” London: Applied Science;1981.
- Givoni, B., 1989.** “*Urban Design in Different Climates*”. World Meteorological Organization Publication, 1989.
- Givoni, B. 1994.** “*Passive And Low Energy Cooling Of Buildings*” 1994. pp.18
- Givoni, B., 1998.** “*Climate Considerations in Building And Urban Design*” Wiley, New York, 1998.
- Gooje, V 2003.** “*Courtyard Performance; Geometry and Solar Influence*”, Proceedings of the Solar Conference, Austin, USA, 21 -26 June 2003.
- Gopinathan, K.K. 1991.** “*Solar radiation on variously oriented sloping surface*”. Solar Energy 47 3, s. 173–179, 1991.
- Göksal, T., Ülgen, K., 2000,** “*Güneş ve Mimari Bağlamında Enerji Korunumlu Cephe Kuruluşlarında Isıl Davranışların Deneysel Araştırılması*”, Anadolu Üniversitesi Araştırma Projesi No: 980 207, s: 10-52
- Harrouni, K., 2002.** “*Thermal Comfort in Courtyard Housing in Morocco, A Case Study of a Traditional House Model in the Medina of Rabat*”, Architecture, Energy & Environment HDM – Housing Development and Management Lund University, Sweden, 2002.
- Haydari, S., 2000.** “*Thermal Comfort in Iranian Courtyard Housing*”, Ph.D. Thesis, University of Sheffield, Sheffield, UK. 2000
- H. Safarzadeh and M. N. Bahadori 2005.** “*Airflow In Buildings With Courtyards*”, Iranian Journal of Science & Technology, Transaction B, Engineering, Vol. 29, No. B2Printed in The Islamic Republic of Iran, 2005.

- Hensen, J.L.M., 2002.** *"Simulating Building Performance, Just How Useful is it? "*, REHVA Journal, Nr.4, 2002.
- Hien, W. N, Poh, L. K Feriadi, H., 1999,** *"The use of performance-based simulation tool & for building design.and evaluation- a singapore perspective"* Building and Environment 35 (2000) 709-736.
- Hendricx, A., 2000.** *"A Core Object Model For Architectural Design"*, PhD Thesis, Catholic University Louvain, Department of Architecture, Belgium, 2000.
- Hittle, D.C., 1997.** *"Building loads analysis and system thermodynamics (BLAST) users manual (Version 2.0"*
- Hong, T., Chou, S.K., Bong, T.Y., 2000.** *"Building Simulation: An Overview of Developments and Information Sources"*, Building & Environment, Vol.35, No. A, p. 347–361. 2000.
- Hui, S. C. M-1996,** *"Energy Performance of Air-Conditioned Buildings in Hong Kong"*, PhD Thesis, City University of Hong Kong, Hong Kong. 1996.
- ISO 13790:2008.** *"Energy Performance of buildings - Calculation of Energy Use for Space Heating and Cooling"*. 2008.
- Jiang, Y., Chen, Q., 2002.** *"Effect of Fluctuating Wind Direction on Cross Natural Ventilation in Buildings from Large Eddy Simulation"*, Building and Environment 37 page 379-396., 2002.
- Jiang, Y., ve diğ., 2003.** *"Natural Ventilation In Buildings: Measurement in A Wind Tunnel And Numerical Simulation With Large-Eddy Simulation"*, 2003.
- Johnson, G.T., Hunter L.J., 1998.** *"Urban Wind Flows: Wind Tunnel And Numerical Simulations: A Preliminary Comparison"* Environmental Modelling & Software 13 page 279–286., 1998.
- Johnson, G.T., Hunter L.J., 1999.** *"Some Insights into Typical Urban Canyon Airflows"*, Atmospheric Environment 33 page 3991-3999., 1999.
- Kastner-Klein, P., Plate, E.J.,1999.** *"Wind-Tunnel Study Of Concentration Fields in Street Canyons"*, Atmospheric Environment 33 3973-3979., 1999.
- Kim SY. 2001.** *"Optimising Courtyard Housing Design For Solar Radiation Within Dense Urban Environment"*. PhD Thesis. University of Sheffield., 2001.
- Klein, S.A., et al., 1976.** *"TRNSYS-a Transient Simulation Program, 1976, 623.)*
- Krist, H., 1999.** *"Derob LTH. User Manual. Version 99.01"*, 1999.
- Kovar-Pankus, A., ve diğ., 2002.** *'Influence of Geometry On The Mean Flow Within Urban Street Canyons –A Comparison Of Wind Tunnel, Experiments And Numerical Simulations'*, pp. 365–380. 2002.
- Ladeine, F., Nearon, M., 1997.** *"CFD Applications in the HVAC&R Industry"*, 1997, pp. 44. 1997.
- Lakehal, D., Rodi, W., 1997.** *"Calculation of the flow past a surface-mounted cube with two-layer turbulence models"*. pp. 77.,1997.

- Lauder, B.E., Spalding, D.B., 1974.** *“The Numerical Computation Of Turbulent Flows”*, page 269-289., 1974.
- Macpheson RK., 1962.** *“The Assessment Of The Thermal Environment, A Review”*, 1962; pp.19.
- Marsh, A. J., 1997.** *“Performance Analysis and Conceptual Design, Part A-Discussion”*, Doctor of Philosophy Thesis, The University of Western Australia School of Architecture and Fine Arts, Australia. 1997.
- Mcquiston, F.C., Spitler, J. D., 1992.** *“Cooling and Heating Load Calculation Manual”*, Second Edition, ASHRAE Inc., USA, 1992.
- Mcquiston, F.C., Spitler, J. D., 2001.** *“Cooling and Heating Load Calculation Manual”*, Second Edition, ASHRAE Inc., USA, 1992.
- Meir I.A, ve diğ. 1995.** *“On The Microclimatic Behaviour of Two Semienclosed Attached Courtyards in A Hot Dry Region”*. Building and Environment;30(4):563–72. 1995.
- Mohsen MA. 1979.** *“Solar Radiation And Courtyard House Forms II: Application Of The Model”*. Building and Environment 1979;14: 185–201., 1979
- Mohsen MA. 1995.** *“Solar Radiation And Courtyard House Forms II: Application Of The Model”*. Building and Environment 1979;14: 185–201. 1995
- Muhaisen, S. A., 2005.** *“Shading Simulation of The Courtyard Form in Different Climatic Regions”*, School of the Built Environment, The University of Nottingham, University Park, Nottingham, NG7 2RD, UK Received 13 June 2005; received in revised form 24 June 2005; accepted 12 July 2005.
- Muhaisen, A S., Gadi M. B., 2005.** *“Mathematical model for calculating the shaded and sunlit areas in a circular courtyard geometry”*, Building and Environment, Volume 40, Page 1619-1625, 2005.
- Muhaisen, A S., Gadi M. B., 2006.** *“Shading Performance Of Polygonal Courtyard Forms”*, Building and Environment, Volume 41, Page 1050-1059., 2006.
- Muhaisen, A. S., Gadi M. B., 2006.** *“Effect Of Courtyard Proportions On Solar Heat Gain And Energy Requirement in The Temperate Climate Of Rome”*, Building and Environment Volume 41, Issue 3, March 2006, Pages 245-253. 2006.
- Murakami, S., Muchida, A., 1988.** *“3D Numerical Simulation Of Airflow Around A Cubic Model By Means Of K-E Model”*, 1988.
- N. Ito, K. Kimura, J. Oka, 1972.** *“A field experiment study on the convective heat transfer coefficient on exterior surface of a building”*, ASHRAE Transactions, 2225 184., 1972.
- Nielsen, P.V., 1998.** *“The Selection Of Turbulence Models For Prediction Of Room Airflow”*, 1998, pp. 1119-1127., 1998.
- Narayan, T., 2005.** *“A Passive Courtyard Home In Jaipur, India: Design Analysis For Thermal Comfort In A Hot Desert Climate, Solar 2005 Conference: Manuscript Preparation Instructions.* 2005.

- Nasser A. Al-Hemiddi, Khalid A., Megren Al-Saud., 2001.** “*The Effect Of A Ventilated Interior Courtyard On The Thermal Performance Of A House In A Hot–Arid Region*”, *Renewable Energy*, 24, 2001, page 581, 595, 2001
- Nicol, J.F., Humphreys, M.A., 2002.** “*Adaptive Thermal Comfort And Sustainable Thermal Standards For Buildings*”, 2002, pp. 563.
- Olesen, B.W., Parsons, K.C., 2002.** “*Introduction to thermal comfort standards and to the proposed new version of EN ISO 7730*”, pp 543., 2002.
- Olesen B. W., 2004.** “*International Standards For The Indoor Environment*“, pp. 18. 2004.
- Olesen, B.W. 2006.** “*Indoor Environmental Criteria for Design and Calculation of Energy Performance of Buildings*” EN15251. 2006.
- Olgyay, V., 1963,** “*Design With Climate-Bioclimatic Approach To Architectural Regionalism*”, Princeton University Press, New Jersey, s: 6-175., 1963.
- Önen, E., 1985.** “*Havalandırma ve Klima Tesisatı*”, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Teknik El Kitapları 9, Başbakanlık Basımevi, Ankara, 1985.
- Palyvos, J.A. 2008.** “*A Survey Of Wind Convection Coefficient Correlationsfor Building Envelope Energy Systems Modeling*”, *Applied Thermal Engineering*-28, Page 801-808., 2008.
- Rajapaksha, I., 2004.** “*Passive Cooling in the Tropics: A Design Proposition for Natural Ventilation*”,2004.
- Rajapaksha, I., H. Nagai, M. Okumiya., 2003.** “*A ventilated Courtyard As A Passive Cooling Strategy in The Warm Humid Tropics*” ,*Renewable Energy*, ISSN 2003, vol. 28, no11, pp. 1755-1778., 2003.
- Rajapaksha, I., H. Nagai, M. Okumiya., 2004.** “*A Ventilated Courtyard As A Passive Cooling Strategy in The Warm Humid Tropics*” *Fuel and Energy*, Volume 45, Issue 1, Page 53 January 2004.
- Ratti, C., Raydan, D., Steemers, K. 2003.** “*Building Form And Environmental Performance: Archetypes, Analysis and An Arid Climate*”, *Energy and Buildings* 35 49–59, Elsevier Science B.V. 2003.
- Rees, S.J., J.D. Spitler, M.G. Davies and P. Haves. 2000.** “*Qualitative Comparison of North American and U.K. Cooling Load Calculation Methods*”. *International Journal of Heating, Ventilating, Air-Conditioning and Refrigeration Research*, Vol. 6, No. 1, January, pp. 75-99., 1999.
- Roaf; S, Hancock, M.,1992,** “*Energy- Efficient Building: A Design Guide*” Blackwell Scientific Publications, USA., 1992.
- Santamouris, M., ve diğ., 2001.** “*Ventilation of Street Canyons And Its Impact On Passive Cooling Design*”, pp. 2., 2001.
- Santamouris, M., Klitsikas, N., Niahou, K., 2001.** “*Ventilation Of Street Canyons And Its Impact On Passive Cooling Design*”, Information paper, University of Athens, Physics Department, 2001.

- Safarzadeh, H., Bahadori, M.N., 2005.** “*Airflow In Buildings With Courtyards*” School of Mechanical Engineering, Sharif University of Technology, Tehran, I. R. of Iran. 2005.
- Sayigh, A., Marafia, A., 1998.** “*Thermal Comfort and the development of bioclimatic concept in building design*”, 1998. pp. 4.
- Shao, L., ve diğ., 1993.** “*Natural Ventilation via Courtyards: The Application of CFD.*”, pp. 393-403., 1993
- Sharples, S., and Bensalem, R., 2002.** “*Airflow In The Courtyard And Atrium Buildings In The Urban Environment: A Wind Tunnel Study*”, Center of Environment, School of Environment and Development, School of Architecture, University Of Sheffield. England. 2002.
- Spitler, J.D., and Fisher, D.E., 1999.** “*On The Relationship between the Radiant Time Series and Transfer Function Methods for Design Cooling Load Calculations*”. International Journal of Heating, Ventilating, Air-Conditioning and Refrigerating Research 5(2): 125-138., 1999.
- Spitler, J.D., Fisher, D.E., and Pedersen, C.O., 1997.** “*The Radiant Time Series Cooling Load Calculation Procedure*”. ASHRAE Transactions 103(2): 503-515. 1997.
- Spitler, J.D., 2002.** “*Load Calculations Heat Balance Method-Theory-Application*”, Chicago Chapter, ASHRAE, September 19, 2002.
- Spitler, J. D., F. C. McQuiston, K. L. Lindsey, 1993** “*The CLTD/SCLF/CLF Cooling Load Calculation Method*”, ASHRAE Transactions, Vol. 99, Part 1, 1993.
- Taki, A.H., Loveday, D.L. 1996.** “*Surface Convection Coefficients For Building Facades With Vertical Mulliontype Protrusions*”, ImechE J. Power Energy, 210-165., 1996.
- Tamer, Ş., 1985.** “*Klima ve Havalandırma*”, Meteksan A.Ş., Ankara, 1990.
- Tanabe, S., Kimura, K. and Hara, T. 1987.** “*Thermal Comfort Requirements During The Summer Season in Japan*”, pp. 564-577. 1987.
- Tait, David B., 2006.** “*Solar Heat Gain Coefficients For High-Mass Glazing Blocks*”. Engineering, Construction, and Transportation July 1. 2006.
- Tore, A., 2005 .** “*Courtyard Buildings in Warm-Humid Climate A Comparative Climatic Analysis of Two Different Proposals for the Historical Centre of Old Havana*” Historian Office of Havana, Cuba. Faculty of Architecture, ISPJAE, Cuba Postgraduate Centre Human Settlements, KULeuven, Belgium. 2005.
- Toftum J. ve diğ., 2000.** “*Human Response to Air Movement. Part 1. Preference and Draught Discomfort*”, 2000.
- Versteeg, H.K., Malalasekera, W., 1995.** “*An Introduction to Computational Fluid Dynamics, The Finite Volume Method*”, 1995.
- Uralcan, İ. Y., 2002.** “*Klima Tesisatı*”, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, MMO, Yayın No: 296-2, Ankara, 2002.

- Yaş, E., 2004.** “*Avlulu Binalarda Doğal Havalandırma Ve Soğutma Açısından Rüzgâr Etkisi İle Oluşacak Hava Akımlarına Yüzey Açıklıklarının Etkisinin Deneysel İncelenmesi*”, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. 2004.
- Zhai, Z., Chen, Q., 2003.** “*Solution Characters Of Iterative Coupling Between Energy Simulation and CFD Programs*”, pp. 495., 2003.
- Yılmaz, Z., 1983.** “*İklimsel Konfor Sağlanması Ve Yoğuşma Kontrolunda Optimum Performans Gösteren Yapı Kabuğunun Hacim Konumuna Ve Boyutlarına Bağlı Olarak Belirlenmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım*”, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

EKLER

EK A: Tüm Avlu Seçenekleri İçin 24 Saatlik Toplam Isı Transfer Miktarı Çizelgesi.

EK B: Tüm Avlu Seçenekleri İçin Günlük Toplam Güneş Işınım Kazancı Çizelgesi.

EK A: Tüm Avlu Seçenekleri İçin 24 Saatlik Toplam Isı Transfer Miktarı Çizelgesi**Bina Toplam Yüzey Alanı:****Çizelge A.1: 21 Ocak - Antalya – Bina Toplamı-Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / Bina Yüzey Alanı (m²).**

21 OCAK - ANTALYA – Bina Toplamı-Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / Bina Yüzey Alanı (m²)						
GEOMETRİ/SAAT	H	1.5H	2H	2.5H	3H	5H
01.00	-11,99	-8,62	-12,51	-12,63	-11,42	-26,97
02.00	-12,09	-8,64	-12,54	-12,70	-11,44	-26,53
03.00	-12,16	-7,67	-12,65	-12,67	-11,47	-27,60
04.00	-12,23	-7,70	-13,27	-12,82	-11,72	-27,76
05.00	-12,42	-7,75	-12,83	-12,93	-11,72	-27,55
06.00	-12,42	-8,73	-12,96	-13,04	-11,88	-28,51
07.00	-10,62	3,61	-18,81	-23,18	-11,84	-28,55
08.00	-25,08	20,59	-2,97	-3,72	25,34	1,00
09.00	36,69	87,17	49,68	47,08	45,74	53,02
10.00	70,30	119,42	106,36	75,43	72,73	88,54
11.00	94,58	150,70	113,32	102,73	102,77	120,88
12.00	104,12	137,30	103,95	109,63	99,92	121,62
13.00	104,30	126,29	104,61	86,11	87,39	102,70
14.00	85,32	115,50	87,09	92,00	77,81	93,52
15.00	56,61	82,60	53,65	57,27	51,40	66,29
16.00	8,79	43,39	13,32	14,81	16,80	19,79
17.00	-33,64	-15,90	-26,88	-10,19	-23,58	-20,49
18.00	-9,74	-6,03	-9,63	-10,44	-8,97	-21,56
19.00	-9,73	-6,47	-10,79	-10,87	-9,64	-22,72
20.00	-11,22	-7,09	-11,46	-11,49	-10,53	-24,59
21.00	-11,74	-8,34	-11,79	-11,64	-11,01	-26,11
22.00	-11,56	-8,49	-12,23	-12,28	-11,31	-26,93
23.00	-11,80	-0,17	-12,11	-12,21	-11,28	-26,94
24.00	-14,86	-8,52	-12,18	-12,37	-11,18	-25,85

Çizelge A.2: 21 Temmuz - Antalya – Bina Toplamı-Toplam Isı Transfer Miktarı (W)
/ Bina Yüzey Alanı (m²).

21 TEMMUZ - ANTALYA – Bina Toplamı-Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / Bina Yüzey Alanı (m²)						
GEOMETRİ/SAAT	H	1.5H	2H	2.5H	3H	5H
01.00	2,37	1,34	1,58	0,09	0,07	0,62
02.00	2,58	1,46	1,69	0,31	0,08	0,43
03.00	2,25	1,22	1,21	0,04	0,23	0,88
04.00	3,05	1,75	1,85	0,79	0,33	0,66
05.00	16,58	6,30	5,81	0,82	0,92	1,93
06.00	86,29	51,81	55,40	54,81	51,62	50,58
07.00	172,08	104,13	117,73	111,85	107,69	111,95
08.00	124,15	133,02	151,54	143,65	135,82	155,35
09.00	165,56	153,42	188,61	189,52	174,02	197,56
10.00	311,65	175,87	229,90	240,24	213,82	258,75
11.00	203,05	186,60	246,83	240,35	230,57	283,64
12.00	235,63	189,60	261,98	252,20	285,22	302,82
13.00	336,69	196,76	256,32	365,05	284,93	291,59
14.00	333,27	189,59	245,60	356,63	258,60	271,96
15.00	272,96	165,61	212,92	180,23	219,62	192,93
16.00	134,13	145,26	159,17	145,28	190,38	183,14
17.00	172,28	113,29	131,11	109,02	152,70	128,61
18.00	67,62	26,65	73,06	73,32	67,91	66,29
19.00	22,76	10,52	5,32	3,12	4,60	3,25
20.00	5,36	3,51	1,90	1,61	0,79	1,54
21.00	3,94	2,28	1,32	1,40	0,57	1,37
22.00	2,06	1,23	-0,32	-0,12	0,61	1,18
23.00	2,55	1,14	-0,31	0,13	0,56	1,50
24.00	2,28	1,30	0,02	0,22	0,19	1,11

**Çizelge A.3: 21 Ocak- Diyarbakır – Bina Toplamı-Toplam Isı Transfer Miktarı
(W) / Bina Yüzey Alanı (m²).**

21 OCAK - DİYARBAKIR – Bina Toplamı- Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / Bina Yüzey Alanı (m²)						
GEOMETRİ/SAAT	H	1.5H	2H	2.5H	3H	5H
01.00	-17,73	-10,25	-17,91	-17,85	-15,69	-36,26
02.00	-17,41	-10,33	-18,21	-18,11	-15,88	-36,76
03.00	-17,72	-10,40	-18,27	-18,46	-16,14	-37,13
04.00	-18,43	-10,43	-18,55	-18,49	-15,89	-37,28
05.00	-17,69	-10,43	-18,53	-18,47	-16,49	-37,27
06.00	-18,39	-10,50	-18,46	-18,27	-16,08	-37,46
07.00	-15,35	-34,47	-8,54	-37,92	-39,58	-28,79
08.00	-23,33	21,13	12,17	11,86	5,54	18,23
09.00	49,17	57,14	48,38	49,59	39,74	59,16
10.00	55,59	86,79	74,49	76,91	62,56	90,24
11.00	56,21	84,42	65,99	68,74	58,31	78,86
12.00	71,45	82,24	67,24	70,02	59,32	74,20
13.00	59,17	77,05	60,26	62,90	44,85	71,58
14.00	50,39	70,84	56,38	59,14	45,17	69,58
15.00	10,89	42,63	24,46	25,23	12,58	31,73
16.00	-48,77	2,36	22,00	-27,22	-35,33	-18,93
17.00	-15,26	-9,55	-15,79	-16,14	-14,22	-33,17
18.00	-15,81	-9,67	-15,41	-15,97	-43,54	-33,47
19.00	-15,90	-9,86	-15,50	-16,88	-14,69	-34,72
20.00	-15,98	-9,81	-15,89	-16,52	-14,57	-34,30
21.00	-16,58	-10,15	-15,29	-17,76	-15,49	-36,11
22.00	-17,75	-10,31	-15,70	-18,35	-16,34	-36,91
23.00	-38,25	-10,31	-16,59	-18,48	-15,91	-36,97
24.00	-17,37	-10,20	-17,75	-17,91	-15,73	-35,88

Çizelge A.4: 21 Temmuz - Diyarbakır – Bina Toplamı-Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / Bina Yüzey Alanı (m²).

21 TEMMUZ DİYARBAKIR - Bina Toplam-Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / Bina Yüzey Alan (m²)						
GEOMETRİ/SAAT	H	1.5H	2H	2.5H	3H	5H
01.00	2,81	1,26	0,43	0,19	0,03	-0,62
02.00	2,00	0,66	-0,41	-0,67	-0,58	-1,50
03.00	1,10	0,80	-1,32	-1,62	-1,31	-3,00
04.00	0,26	-0,93	-2,12	-2,43	-1,90	-5,03
05.00	38,97	28,10	25,28	24,31	31,25	22,18
06.00	138,62	93,17	101,62	95,43	97,39	98,49
07.00	207,09	161,96	144,89	143,01	133,55	143,30
08.00	257,63	217,23	195,51	247,31	181,11	209,94
09.00	316,32	229,30	213,24	277,76	195,39	230,60
10.00	359,89	257,27	227,16	296,57	210,09	254,95
11.00	404,87	270,97	239,43	311,99	256,71	265,96
12.00	314,81	283,10	366,56	329,47	244,88	296,50
13.00	387,65	281,62	360,14	317,92	228,48	277,89
14.00	338,83	227,33	331,74	295,49	213,82	258,62
15.00	290,17	206,61	286,78	256,56	186,54	212,72
16.00	244,35	168,81	225,57	200,84	150,02	164,69
17.00	179,14	134,28	110,31	133,38	101,16	103,69
18.00	91,27	63,06	37,74	41,56	33,67	31,52
19.00	21,16	5,74	8,12	7,69	5,17	11,69
20.00	8,47	5,15	6,31	6,20	3,78	8,81
21.00	7,52	4,35	5,00	4,82	2,89	6,66
22.00	6,74	3,91	5,24	4,08	2,76	5,61
23.00	6,36	3,18	3,95	3,04	2,00	4,28
24.00	4,18	1,79	1,22	1,01	0,62	0,80

Çizelge A.5: 21 Ocak - Erzurum – Bina Toplamı-Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / Bina Yüzey Alanı (m²).

21 OCAK - ERZURUM – Bina Toplamı-Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / Bina Yüzey Alanı (m²)						
GEOMETRİ/SAAT	H	1.5H	2H	2.5H	3H	5H
01.00	-30,55	-15,28	-29,83	-30,24	-28,19	-49,83
02.00	-31,48	-15,73	-29,98	-30,07	-26,02	-50,36
03.00	-31,08	-15,72	-30,05	-31,08	-26,58	-50,35
04.00	-31,31	-15,71	-30,31	-30,66	-26,35	-50,59
05.00	-31,83	-15,96	-30,26	-30,61	-26,64	-51,59
06.00	-32,28	-16,10	-30,27	-31,59	-27,42	-52,65
07.00	-94,67	-42,60	-58,79	-59,60	-59,23	-44,88
08.00	-60,69	1,65	-14,46	-15,66	-18,09	-7,03
09.00	-8,50	38,96	21,53	21,77	16,12	32,63
10.00	33,74	97,73	46,54	48,36	37,59	63,61
11.00	38,21	57,55	43,63	40,87	40,40	57,94
12.00	45,21	85,06	59,11	61,12	52,37	81,19
13.00	26,50	61,05	70,27	34,87	29,45	47,65
14.00	40,57	45,98	18,05	17,95	13,24	28,23
15.00	-44,07	13,89	-13,75	-14,70	-17,89	-5,56
16.00	-84,47	-35,09	-56,06	-57,22	-57,71	-49,27
17.00	-28,49	-14,89	-26,76	-28,24	-24,16	-49,36
18.00	-29,73	-15,18	-29,07	-29,42	-26,57	-50,89
19.00	-31,19	-14,47	-29,02	-29,82	-26,65	-51,48
20.00	-31,32	-15,65	-29,74	-30,08	-25,90	-52,20
21.00	-31,16	-15,81	-29,74	-29,46	-26,96	-50,92
22.00	-31,76	-15,64	-29,77	-30,24	-25,96	-50,83
23.00	-31,51	-16,89	-30,72	-30,82	-26,49	-50,81
24.00	-31,45	-15,36	-29,37	-29,74	-25,58	-51,09

Çizelge A.6: 21 Temmuz - Erzurum – Bina Toplamı-Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / Bina Yüzey Alanı (m²).

21 TEMMUZ ERZURUM – Bina Toplamı-Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / Bina Yüzey Alanı (m²)						
GEOMETRİ/SAAT	H	1.5H	2H	2.5H	3H	5H
01.00	-6,68	-5,03	-8,24	-8,46	-6,89	-15,19
02.00	-6,70	-5,35	-8,65	-8,92	-7,35	-15,99
03.00	-7,16	-5,68	-9,00	-9,31	-7,70	-16,77
04.00	-7,77	-5,90	-9,15	-9,60	-8,02	-18,13
05.00	9,27	16,01	5,05	2,90	2,87	6,49
06.00	68,39	63,91	52,09	50,86	46,51	49,03
07.00	154,74	128,29	121,62	119,79	107,20	129,79
08.00	161,08	131,12	133,30	129,57	119,84	142,95
09.00	201,76	205,01	153,15	148,32	152,53	194,21
10.00	228,66	227,02	188,49	190,11	171,52	223,01
11.00	250,09	158,76	201,95	203,66	184,91	246,86
12.00	211,97	200,73	202,36	245,72	185,06	240,93
13.00	203,04	190,55	192,23	230,50	174,81	218,45
14.00	211,32	196,65	168,44	203,77	150,02	180,74
15.00	170,58	175,12	148,72	175,73	134,95	133,09
16.00	155,00	130,86	112,68	110,42	101,38	109,60
17.00	105,77	88,65	68,97	68,57	63,51	65,56
18.00	40,67	29,22	12,64	-4,39	11,10	12,44
19.00	0,70	1,66	-2,34	-5,31	-1,87	-3,93
20.00	-1,28	0,80	-4,22	-6,33	-3,37	-7,28
21.00	-2,28	0,38	-4,21	-5,31	-4,11	-9,14
22.00	-3,52	-0,18	-6,12	-6,33	-5,59	-10,87
23.00	-4,44	-0,55	-6,84	-7,07	-5,65	-12,18
24.00	-5,22	-4,40	-7,49	-7,70	-6,27	-13,80

Çatı:**Çizelge A.7: 21 Ocak - Antalya – Çatı-Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / Bina Çatı Yüzey Alanı (m²).**

21 OCAK - ANTALYA - ÇATI - Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / Bina Çatı Yüzey Alanı Toplamı (m²)						
SAAT	H	1.5H	2H	2.5H	3H	5H
1	-12,75	-12,02	-24,98	-24,86	-24,81	-22,66
2	-12,76	-11,52	-24,90	-25,11	-24,95	-22,86
3	-12,83	-12,38	-25,14	-25,01	-24,91	-23,05
4	-13,01	-12,41	-26,41	-25,36	-24,76	-23,10
5	-13,09	-12,97	-25,44	-25,68	-24,93	-23,48
6	-13,03	-11,59	-25,59	-25,82	-24,88	-23,42
7	-12,71	-16,96	-51,64	-72,21	-24,78	-58,16
8	-23,75	-37,00	-70,89	-67,66	-71,13	-66,76
9	-24,52	-108,65	-50,83	-87,91	-43,50	-38,98
10	-26,19	-153,47	-22,95	-122,84	-37,15	-68,77
11	-22,42	-207,32	-367,45	-172,03	-35,80	-110,48
12	-22,94	-189,44	-182,72	-174,87	-30,02	-116,52
13	-24,13	-158,59	-145,23	-150,64	-16,98	-90,17
14	-22,32	-145,03	-260,19	-140,87	-23,72	-57,79
15	-23,03	-100,18	-93,67	-101,30	-38,34	-38,68
16	-21,03	-49,60	-52,82	-64,02	-48,56	-39,38
17	-16,29	-23,09	-51,78	-55,60	-51,34	-22,89
18	-11,35	-19,78	-20,77	-42,73	-21,83	-26,89
19	-11,74	-23,84	-22,63	-34,74	-22,62	-28,27
20	-11,94	-21,05	-23,59	-22,85	-23,95	-26,71
21	-12,18	-25,92	-23,06	-23,01	-26,01	-21,77
22	-12,18	-25,83	-24,18	-24,31	-24,65	-21,62
23	-12,30	-13,71	-23,78	-24,12	-24,71	-21,99
24	-14,76	-21,73	-24,19	-24,43	-25,20	-24,16

Çizelge A.8: 21 Temmuz - Antalya – Çatı-Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / Bina Çatı Yüzey Alanı (m²).

21 TEMMUZ - ANTALYA - ÇATI - Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / Bina Çatı Yüzey Alanı (m²)						
GEOMETRİ	H	1.5H	2H	2.5H	3H	5H
01.00	1,16	0,15	1,16	1,10	0,79	0,75
02.00	1,36	0,18	1,61	1,53	0,21	0,15
03.00	1,00	0,11	0,82	0,77	1,33	1,17
04.00	1,62	0,25	2,58	2,54	2,50	2,36
05.00	4,18	0,48	4,75	4,48	10,50	2,28
06.00	1,57	0,47	9,40	9,81	38,96	6,16
07.00	0,43	0,97	32,17	37,88	44,98	4,58
08.00	17,00	0,86	35,67	44,34	74,31	8,67
09.00	22,89	1,60	58,43	65,87	144,76	21,77
10.00	24,99	3,28	126,71	128,41	169,33	26,59
11.00	38,10	4,05	146,19	151,45	164,46	38,15
12.00	61,61	5,02	188,83	197,88	156,93	36,47
13.00	33,04	4,96	173,36	118,37	146,37	32,63
14.00	22,69	4,61	170,57	97,76	110,30	17,47
15.00	16,47	3,48	116,57	115,59	65,39	15,65
16.00	9,25	2,23	83,13	55,76	31,70	11,06
17.00	14,41	1,62	51,49	39,16	29,76	7,75
18.00	7,99	1,11	29,19	28,99	13,39	4,60
19.00	5,61	0,98	14,47	10,94	5,45	2,96
20.00	4,36	0,98	5,61	6,17	3,86	2,49
21.00	1,59	0,50	4,43	4,05	0,66	0,56
22.00	1,80	0,25	0,94	0,63	0,51	0,63
23.00	1,17	0,21	0,86	0,14	0,32	0,31
24.00	1,16	0,15	0,86	0,83	0,50	0,37

Çizelge A.9: 21 Ocak - Diyarbakır – Çatı-Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / Bina Çatı Yüzey Alanı (m²).

21 OCAK - DİYARBAKIR- ÇATI -Toplam Isı Transfer Miktarı(W) / Bina Çatı Alanı (m²)						
GEOMETRİ	H	1.5H	2H	2.5H	3H	5H
01.00	-17,51	-3,80	-33,59	-33,48	-31,69	-32,61
02.00	-18,44	-3,85	-34,13	-33,82	-31,94	-32,91
03.00	-18,73	-3,91	-34,32	-34,54	-32,27	-33,01
04.00	-18,09	-3,92	-34,98	-34,33	-32,60	-33,01
05.00	-18,73	-4,11	-34,93	-34,48	-31,86	-32,27
06.00	-18,44	-4,51	-36,34	-35,13	-31,59	-34,24
07.00	-18,97	-4,52	-53,58	-89,50	-88,75	-32,21
08.00	-34,75	-3,52	-11,95	-86,29	-84,65	-30,17
09.00	-36,25	-3,20	-68,76	-67,67	-67,42	-23,42
10.00	-31,60	-3,58	-56,39	-51,25	-45,85	-25,15
11.00	-35,97	-3,24	-67,27	-61,92	-58,19	-25,29
12.00	-33,46	-3,27	-66,81	-59,48	-55,61	-24,23
13.00	-34,30	-2,93	-63,80	-60,65	-75,53	-23,17
14.00	-32,81	-1,81	-70,28	-55,77	-63,66	-25,09
15.00	-31,47	-4,14	-69,73	-66,63	-67,32	-26,55
16.00	-24,67	-3,49	-50,93	-75,79	-72,13	-28,37
17.00	-16,38	-3,56	-90,80	-31,46	-28,44	-28,54
18.00	-15,90	-3,69	-70,13	-30,86	-29,53	-29,71
19.00	-16,73	-3,70	-31,95	-32,29	-29,64	-29,91
20.00	-16,57	-3,79	-37,35	-31,80	-28,92	-31,59
21.00	-17,63	-3,84	-19,52	-33,34	-30,99	-31,95
22.00	-18,02	-3,86	-20,82	-34,26	-31,74	-32,09
23.00	-34,01	-3,73	-33,22	-34,69	-31,79	-31,61
24.00	-17,22	-3,76	19,06	-33,64	-31,20	-32,02

Çizelge A.10: 21 Temmuz - Diyarbakır – Çatı-Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / Bina Çatı Yüzey Alanı (m²).

21 TEMMUZ DİYARBAKIR - ÇATI - Toplam Isı Transfer Oranı (W) / Çatı Yüzey Alan (m²)						
GEOMETRİ	H	1.5H	2H	2.5H	3H	5H
01.00	1,43	0,18	1,53	1,27	1,43	-0,67
02.00	0,61	0,20	-0,25	-0,53	-0,45	-2,08
03.00	-0,27	-0,14	-2,28	-2,53	-2,68	-2,97
04.00	-1,04	-0,32	-4,04	-4,30	-4,49	-2,55
05.00	-4,70	-0,29	-8,69	-9,10	-7,37	4,37
06.00	-1,58	1,05	28,53	17,65	33,49	5,91
07.00	5,33	0,96	53,66	53,27	58,10	18,73
08.00	13,09	2,11	95,63	60,66	110,10	22,43
09.00	8,48	2,88	114,25	71,32	123,12	25,75
10.00	8,25	2,99	133,94	91,45	143,25	28,10
11.00	6,99	3,18	146,65	99,22	103,90	36,41
12.00	41,55	4,45	109,63	135,04	184,13	34,56
13.00	22,27	4,09	97,61	125,04	174,73	30,77
14.00	24,36	5,38	86,93	110,93	156,70	24,82
15.00	23,87	-9,11	64,69	91,95	132,49	21,03
16.00	15,31	3,72	43,78	64,69	95,53	16,91
17.00	10,38	2,14	58,77	40,73	60,95	12,13
18.00	8,78	1,45	38,54	32,60	35,05	10,41
19.00	8,40	1,46	18,72	18,12	16,89	8,24
20.00	7,25	1,17	14,81	14,34	13,21	6,57
21.00	5,83	0,93	11,68	11,16	10,24	5,86
22.00	4,96	0,78	11,59	9,32	9,41	4,19
23.00	4,28	0,64	9,33	7,39	7,28	1,77
24.00	2,34	0,33	3,41	3,09	3,22	0,68

Çizelge A.11: 21 Ocak - Erzurum – Çatı-Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / Bina Çatı Yüzey Alanı (m²).

21 OCAK -ERZURUM - ÇATI - Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / Çatı Yüzey Alanı (m²)						
GEOMETRİ	H	1.5H	2H	2.5H	3H	5H
01.00	-31,90	-33,04	-58,62	-58,20	-54,70	-45,50
02.00	-32,26	-33,07	-58,49	-58,54	-55,52	-45,77
03.00	-32,42	-33,10	-59,82	-59,62	-56,47	-45,80
04.00	-32,68	-38,54	-59,38	-59,52	-55,99	-46,14
05.00	-32,71	-43,98	-59,22	-59,37	-56,67	-46,27
06.00	-32,79	-44,60	-58,09	-59,25	-59,48	-47,38
07.00	-46,32	-48,82	-127,78	-126,73	-125,87	-50,22
08.00	-48,75	-49,34	-126,03	-125,38	-124,52	-49,89
09.00	-51,95	-49,77	-113,73	-101,80	-109,64	-48,99
10.00	-50,23	-50,42	-102,62	-111,62	-96,68	-44,24
11.00	-50,23	-50,21	-111,98	-89,53	-97,85	-42,52
12.00	-44,66	-51,07	-93,87	-109,98	-85,44	-46,10
13.00	-49,83	-50,04	-146,98	-108,92	-107,69	-44,52
14.00	-46,98	-49,69	-112,02	-118,96	-105,67	-45,25
15.00	-41,94	-49,77	-122,72	-121,43	-118,29	-43,24
16.00	-39,60	-49,22	-114,60	-112,83	-112,25	-43,40
17.00	-29,20	-43,54	-51,38	-52,67	-50,60	-44,68
18.00	-30,38	-38,28	-54,32	-54,50	-50,98	-45,21
19.00	-30,69	-38,40	-56,34	-55,48	-53,22	-45,68
20.00	-31,10	-33,00	-56,64	-56,03	-53,93	-44,84
21.00	-31,23	-32,01	-57,42	-56,62	-52,46	-45,94
22.00	-32,48	-33,06	-58,38	-57,61	-55,09	-45,82
23.00	-34,58	-33,15	-58,38	-59,10	-55,78	-44,88
24.00	-32,14	-33,02	-57,73	-57,47	-55,15	-45,28

Çizelge A.12: 21 Temmuz - Erzurum – Çatı-Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / Bina Çatı Yüzey Alanı (m²).

21 TEMMUZ ERZURUM - ÇATI - Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / Çatı Yüzey Alanı (m²)						
GEOMETRİ	H	1.5H	2H	2.5H	3H	5H
01.00	-7,93	-1,50	-17,47	-17,41	19,09	-13,14
02.00	-8,21	-1,62	-18,24	-18,35	19,83	-14,08
03.00	-8,78	-1,74	-18,85	-18,99	20,38	-14,48
04.00	-9,89	-1,90	-19,53	-19,70	51,43	-17,69
05.00	-19,31	-2,11	-52,35	-51,40	45,74	-17,39
06.00	-23,39	-2,16	-47,72	-46,94	-7,93	-7,46
07.00	-12,65	-0,19	2,91	3,07	3,78	-9,41
08.00	-10,30	-1,53	-14,80	-53,09	-23,67	-7,67
09.00	18,17	-0,90	-9,71	-12,36	-41,62	-5,54
10.00	-2,85	-0,50	31,45	34,50	-57,24	-2,12
11.00	0,94	0,86	47,31	45,72	-60,66	-0,20
12.00	12,34	1,64	54,06	13,83	-55,76	0,47
13.00	11,14	1,69	51,03	16,46	-39,91	1,85
14.00	-0,86	0,29	37,27	7,12	-33,03	8,69
15.00	4,65	0,27	24,79	6,72	-11,96	-1,32
16.00	-5,37	0,04	11,80	9,32	5,05	-3,64
17.00	-7,72	-0,38	-7,27	-6,92	8,43	-2,09
18.00	-4,03	-0,30	-9,28	-8,84	4,72	-2,88
19.00	-1,18	-0,59	-4,72	-4,53	9,13	-5,60
20.00	-2,96	-0,99	-9,05	-8,89	11,22	-6,87
21.00	-3,90	-1,19	-9,03	-10,94	15,00	-8,66
22.00	-5,04	-1,44	-13,24	-13,14	15,13	-9,91
23.00	-5,89	-1,62	-14,75	-14,68	16,74	-10,82
24.00	-6,64	-1,32	-16,04	-16,23	17,99	-12,30

Avlu Zemini:

Çizelge A.13: 21 Ocak - Antalya – Avlu Zemini-Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / Bina Avlu Yüzey Alanı (m²).

21 OCAK - ANTALYA - AVLU ZEMİNİ-Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / Avlu Zemin Alanı (m²)						
	H	1.5H	2H	2.5H	3H	5H
01.00	-54,68	-42,99	-49,14	-50,94	-49,70	-41,78
02.00	-56,83	-39,73	-48,18	-51,10	-49,32	-40,37
03.00	-60,26	-49,97	-52,68	-55,21	-49,90	-45,79
04.00	-71,38	-54,54	-57,15	-56,04	-95,75	-46,45
05.00	-86,83	-56,04	-54,29	-57,65	-79,43	-43,07
06.00	-99,96	-68,14	-52,27	-57,74	-98,65	-48,27
07.00	-138,28	-101,52	-109,63	-112,85	-102,39	-48,34
08.00	-18,85	-83,56	-79,36	-72,55	-57,30	-51,26
09.00	-30,82	-23,11	-25,75	-31,03	-31,05	-64,82
10.00	54,65	37,22	39,88	10,30	11,01	-60,98
11.00	82,35	57,57	54,45	45,97	38,97	-78,00
12.00	92,49	64,57	61,35	70,09	54,39	-49,47
13.00	102,74	73,47	64,09	37,13	51,71	-52,31
14.00	87,98	62,33	58,85	51,79	44,71	-48,07
15.00	48,66	38,86	19,74	20,94	11,54	-41,28
16.00	-27,73	-18,56	-18,05	-20,50	-22,27	-38,02
17.00	-39,56	-38,70	-60,18	-26,19	-64,66	-29,40
18.00	-47,18	-29,09	-18,81	-25,06	-24,72	-29,53
19.00	-54,56	-23,10	-27,98	-28,77	-33,39	-32,53
20.00	-30,40	-26,66	-34,44	-33,46	-43,92	-34,82
21.00	-110,26	-60,10	-62,49	-38,26	-39,29	-42,75
22.00	-158,29	-74,43	-68,49	-44,45	-97,09	-44,22
23.00	-111,93	-77,71	-66,48	-43,22	-94,14	-45,30
24.00	-77,48	-56,52	-47,47	-47,84	-47,79	-38,67

Çizelge A.14: 21 Temmuz - Antalya – Avlu Zemini-Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / Bina Avlu Yüzey Alanı (m²).

21 TEMMUZ - ANTALYA - AVLU ZEMİNİ-Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / (m²)						
GEOMETRİ	H	1.5H	2H	2.5H	3H	5H
01.00	20,70	18,49	16,52	28,63	50,26	19,86
02.00	35,94	34,25	35,39	30,05	54,42	21,69
03.00	37,44	36,43	62,80	28,23	32,92	19,25
04.00	41,80	73,13	80,03	35,00	41,13	22,22
05.00	54,54	83,60	93,61	86,76	44,45	25,56
06.00	249,01	273,80	239,13	216,82	198,46	23,07
07.00	265,24	307,21	254,89	247,04	270,39	26,98
08.00	324,53	364,52	397,56	429,65	459,51	33,44
09.00	546,71	546,11	542,03	570,33	581,25	50,53
10.00	593,83	675,17	673,52	677,05	706,88	101,54
11.00	747,13	840,18	791,06	785,61	804,13	97,06
12.00	1017,96	949,03	839,32	838,65	916,81	121,37
13.00	999,53	913,85	813,01	870,14	871,05	123,48
14.00	904,68	940,68	719,47	786,47	786,60	121,41
15.00	691,48	696,10	599,28	472,26	649,85	77,11
16.00	546,62	474,95	444,85	368,87	526,32	77,96
17.00	398,85	383,30	301,81	275,55	348,07	47,30
18.00	191,57	201,79	192,21	194,49	204,09	35,27
19.00	166,07	127,77	112,34	101,06	123,97	26,64
20.00	52,60	42,40	36,50	30,30	29,91	23,88
21.00	26,90	22,97	23,45	32,76	29,46	25,97
22.00	20,43	18,21	16,44	26,45	19,37	16,75
23.00	12,74	14,19	17,87	26,45	22,49	16,39
24.00	10,99	12,57	15,10	20,94	37,19	20,05

Çizelge A.15: 21 Ocak - Diyarbakır – Avlu Zemini-Toplam Isı Transfer Miktarı (W)
/ Bina Avlu Yüzey Alanı (m²).

21 OCAK - DİYARBAKIR - AVLU ZEMİNİ-Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / Avlu Zemini (m²)						
GEOMETRİ	H	1.5H	2H	2.5H	3H	5H
01.00	-137,12	-193,99	-169,87	-139,84	-113,02	-56,09
02.00	-133,23	-179,31	-166,41	-139,93	-111,16	-56,66
03.00	-134,28	-183,99	-159,41	-140,13	-113,73	-57,66
04.00	-111,10	-161,09	-164,36	-141,09	-114,21	-57,47
05.00	-113,96	-145,25	-164,38	-97,80	-114,55	-58,13
06.00	-110,72	-163,49	-113,16	-246,84	-129,43	-60,53
07.00	-122,92	-147,95	-152,35	-168,09	-213,00	-60,91
08.00	-142,39	-178,53	-153,85	-139,88	-188,32	-76,82
09.00	-193,87	-200,98	-161,74	-56,60	-126,85	-84,36
10.00	-51,46	-45,36	-52,60	-50,17	-62,05	-70,03
11.00	-30,58	-36,64	-43,44	-43,48	-55,28	-64,07
12.00	-27,74	-26,30	-35,82	-44,17	-47,88	-78,93
13.00	-28,45	-29,39	-44,18	-51,47	-60,60	-58,94
14.00	-36,08	-38,43	-48,24	-80,24	-80,53	-58,24
15.00	-39,92	-55,00	-79,50	-132,20	-88,71	-51,48
16.00	-71,34	-120,35	-148,24	-143,23	-141,08	-43,42
17.00	-74,73	-129,24	-139,10	-81,51	-144,28	-52,41
18.00	-36,16	-44,42	-73,03	-135,59	-165,34	-50,14
19.00	-110,93	-147,14	-177,12	-93,12	-106,97	-55,49
20.00	-99,14	-85,15	-92,02	-137,02	-114,33	-53,17
21.00	-73,27	-128,04	-129,80	-159,35	-105,64	-56,17
22.00	-108,31	-149,95	-151,69	-152,00	-138,31	-57,77
23.00	-129,06	-165,08	-146,82	-136,55	-131,04	-58,37
24.00	-133,24	-167,40	-177,74	-177,17	-122,23	-54,73

Çizelge A.16: 21 Temmuz - Diyarbakır – Avlu Zemini-Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / Bina Avlu Yüzey Alanı (m²).

21 TEMMUZ DİYARBAKIR - AVLU ZEMİNİ-Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / (m²)						
GEOMETRİ	H	1.5H	2H	2.5H	3H	5H
01.00	54,24	76,32	69,31	54,16	45,77	22,44
02.00	51,88	71,56	61,04	47,13	39,95	19,76
03.00	45,92	57,51	47,27	36,05	36,78	14,70
04.00	39,46	38,85	36,32	24,95	27,80	10,69
05.00	82,34	114,89	109,63	108,06	117,44	9,38
06.00	127,43	171,97	234,19	140,27	209,21	14,42
07.00	170,12	238,82	352,13	350,71	380,64	34,15
08.00	274,61	407,14	499,42	551,20	534,32	80,61
09.00	292,78	540,15	591,78	640,91	605,76	87,10
10.00	517,98	593,79	677,18	723,08	666,67	93,80
11.00	685,77	906,75	756,47	802,42	673,08	109,29
12.00	823,39	969,40	952,31	911,80	810,52	129,38
13.00	667,37	932,77	876,19	840,81	760,10	118,78
14.00	568,11	919,11	827,71	785,46	716,28	110,07
15.00	457,97	592,86	629,73	656,87	622,53	102,40
16.00	278,11	377,21	449,06	481,20	467,44	83,05
17.00	145,61	221,57	330,45	334,25	321,68	64,72
18.00	110,09	169,80	231,48	209,69	221,67	60,35
19.00	54,56	96,87	85,44	50,54	87,71	53,13
20.00	39,48	68,11	61,50	56,99	63,43	45,65
21.00	33,43	55,73	50,97	49,52	60,42	41,08
22.00	70,73	129,00	132,55	85,93	83,49	39,78
23.00	90,52	184,62	946,77	106,14	113,19	38,00
24.00	34,72	78,61	76,97	78,00	58,79	29,42

Çizelge A.17: 21 Ocak - Erzurum – Avlu Zemini-Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / Bina Avlu Yüzey Alanı (m²).

21 OCAK - ERZURUM - AVLU ZEMİNİ-Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / (m²)						
GEOMETRİ	H	1.5H	2H	2.5H	3H	5H
01.00	-191,52	-208,15	-202,65	-186,96	-207,63	106,94
02.00	-187,94	-203,47	-200,14	-182,03	-216,80	109,93
03.00	-192,76	-208,15	-206,76	-202,37	-212,12	106,89
04.00	-190,82	-204,71	-202,80	-191,61	-218,12	108,15
05.00	-194,43	-208,67	-203,63	-197,58	-211,51	115,07
06.00	-197,46	-221,56	-210,54	-214,00	-286,67	109,28
07.00	-308,18	-363,86	-394,45	-372,13	-373,57	116,68
08.00	-274,10	-304,17	-333,38	-322,01	-324,32	129,90
09.00	-262,12	-290,34	-327,92	-301,96	-286,85	151,19
10.00	-258,69	-277,52	-329,49	-291,88	-265,45	171,52
11.00	-194,84	-208,48	-199,49	-310,36	-208,71	154,58
12.00	-197,89	-229,74	-227,21	-229,97	-241,97	161,68
13.00	-191,09	-209,07	-196,71	-288,42	-254,68	152,07
14.00	-240,26	-241,62	-250,12	-254,42	-264,66	134,36
15.00	-260,12	-281,24	-352,15	-354,64	-357,68	127,00
16.00	-270,03	-303,94	-323,77	-325,68	-320,73	108,06
17.00	-193,32	-219,51	-214,83	-219,35	-178,23	108,32
18.00	-249,03	-269,30	-254,61	-236,06	-191,23	112,77
19.00	-184,67	-203,10	-209,07	-206,21	-209,38	104,79
20.00	-178,11	-217,63	-208,79	-205,62	-214,35	108,13
21.00	-181,14	-204,65	-198,47	-184,04	-176,15	114,23
22.00	-183,37	-205,94	-199,44	-195,12	-205,21	109,46
23.00	-186,76	-240,70	-242,29	-204,70	-215,84	106,74
24.00	-190,27	-203,14	-195,58	-194,77	-200,32	114,43

Çizelge A.18: 21 Temmuz - Erzurum– Avlu Zemini-Toplam Isı Transfer Miktarı (W) / Bina Avlu Yüzey Alanı (m²).

21 TEMMUZ ERZURUM - AVLU ZEMİNİ-Toplam Birim Isı Transfer Miktarı (W/m²)						
GEOMETRİ	H	1.5H	2H	2.5H	3H	5H
01.00	-31,38	-46,95	-42,24	-30,83	-28,31	-17,87
02.00	-33,46	-50,90	-48,04	-38,00	-37,03	-12,67
03.00	-35,73	-54,34	-52,51	-42,15	-34,04	-15,08
04.00	-34,12	-49,93	-48,05	-46,16	-50,55	-17,13
05.00	-40,51	-57,94	-58,81	-49,75	-40,20	-23,74
06.00	-30,69	-46,64	-49,10	39,64	11,94	-31,53
07.00	138,00	146,23	127,16	171,57	190,87	-207,83
08.00	296,92	290,55	244,35	246,66	268,10	-78,76
09.00	423,55	380,37	365,73	360,10	409,82	-294,12
10.00	802,68	640,11	517,92	517,51	500,54	-236,92
11.00	1004,13	759,73	635,26	614,87	588,63	-165,95
12.00	960,81	759,13	630,86	624,98	585,78	-98,44
13.00	744,03	664,69	550,88	551,27	531,12	-61,77
14.00	545,77	525,08	445,77	445,73	424,34	180,08
15.00	350,33	363,93	345,77	382,72	379,73	245,66
16.00	279,08	277,53	245,53	266,43	267,80	125,11
17.00	182,87	197,96	201,32	180,46	166,13	-135,71
18.00	138,85	147,57	144,25	126,93	112,82	10,09
19.00	41,64	59,80	63,68	51,69	43,98	8,69
20.00	26,81	36,37	32,45	24,84	21,84	2,52
21.00	21,27	26,66	31,29	13,45	10,82	-0,83
22.00	-19,14	-24,01	-30,17	-19,52	-10,45	-4,52
23.00	-11,96	-18,45	-16,67	-11,84	-11,80	-7,08
24.00	-25,19	-37,95	-29,59	-14,56	-23,76	-8,98

EK B: Tüm Avlu Seçenekleri İçin Günlük Toplam Güneş Işınım Kazancı Çizelgesi.

Bina Toplam Yüzey Alanı:

Çizelge B.1: 21 Ocak- Antalya– Bina Toplamı-Günlük Toplam Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina Yüzey Alanı (m²).

21 OCAK - ANTALYA - BİNA TOPLAM - Güneş Işınım Kazancı (w) / Bina Yüzey Alanı (m²)						
GEOMETRİ	H	1.5H	2H	2.5H	3H	5H
01.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
07.00	15,19	24,96	22,25	12,06	16,96	19,69
08.00	18,61	58,09	52,61	29,02	98,24	36,96
09.00	69,20	143,84	133,93	82,93	129,08	108,11
10.00	95,04	178,56	204,88	117,28	165,98	146,35
11.00	110,23	222,60	215,93	154,92	212,73	195,34
12.00	117,41	191,45	187,78	144,37	186,36	172,39
13.00	114,77	166,48	176,82	123,16	159,30	136,24
14.00	116,83	163,53	156,92	125,50	153,38	135,28
15.00	82,01	123,76	116,40	83,88	112,44	102,03
16.00	33,80	70,50	58,63	37,18	61,64	47,51
17.00	0,89	0,81	0,71	0,96	0,67	1,05
18.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Çizelge B.2: 21 Ocak- Diyarbakır– Bina Toplamı-Günlük Toplam Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina Yüzey Alanı (m²).

21 OCAK - DİYARBAKIR - BİNA TOPLAM - Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina Yüzey Alanı (m²)						
GEOMETRİ	H	1.5H	2H	2.5H	3H	5H
01.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
07.00	3,91	9,73	16,80	9,09	14,46	11,18
08.00	38,59	73,05	84,00	55,18	79,44	66,05
09.00	106,37	129,94	135,69	97,26	129,38	115,52
10.00	121,90	162,82	167,09	127,26	160,24	149,39
11.00	103,78	134,59	135,47	113,19	131,53	122,39
12.00	112,29	134,54	135,52	113,38	131,34	122,53
13.00	99,80	130,63	128,39	103,06	106,13	112,69
14.00	106,20	146,92	140,48	100,34	128,92	119,94
15.00	63,85	103,60	94,05	60,27	80,77	74,38
16.00	6,81	26,57	16,52	10,58	7,42	13,08
17.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Çizelge B.3: 21 Ocak- Erzurum- Bina Toplamı-Günlük Toplam Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina Yüzey Alanı (m²).

21 OCAK - ERZURUM - BİNA TOPLAM - Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina Yüzey Alanı (m²)						
GEOMETRİ	H	1.5H	2H	2.5H	3H	5H
01.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
07.00	2,65	3,20	12,55	7,37	12,39	8,33
08.00	36,87	54,69	70,29	47,68	69,67	59,33
09.00	89,16	129,00	128,69	91,13	127,71	109,10
10.00	138,36	173,00	172,60	127,96	172,46	154,20
11.00	119,39	147,97	146,78	119,38	148,73	133,50
12.00	142,16	185,40	185,73	144,84	187,25	171,45
13.00	107,17	142,26	172,60	105,68	138,17	121,02
14.00	85,22	118,36	113,24	106,20	112,62	94,80
15.00	46,01	79,73	71,68	46,49	70,73	55,31
16.00	1,44	11,72	8,08	3,97	6,89	7,65
17.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Çizelge B.4: 21 Temmuz- Antalya– Bina Toplamı-Günlük Toplam Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina Yüzey Alanı (m²).

21 TEMMUZ - ANTALYA - BİNA TOPLAM - Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina Yüzey Alanı (m²)						
GEOMETRİ	H	1.5H	2H	2.5H	3H	5H
01.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05.00	0,89	1,07	1,11	1,13	1,26	1,14
06.00	77,26	71,34	74,39	47,64	68,57	55,09
07.00	162,69	143,78	156,34	115,11	145,75	128,16
08.00	202,91	184,90	206,67	170,67	195,14	180,09
09.00	251,59	224,71	262,53	231,90	250,74	237,91
10.00	301,89	262,73	321,97	290,25	309,79	301,94
11.00	308,70	275,23	349,27	309,32	339,08	336,33
12.00	310,30	270,95	353,46	322,12	344,65	346,86
13.00	308,17	275,05	351,30	325,50	339,76	337,86
14.00	304,82	262,93	324,13	293,41	312,25	304,97
15.00	275,58	243,03	288,65	244,03	275,76	213,21
16.00	228,47	204,08	189,12	192,18	219,56	205,58
17.00	171,85	153,14	167,27	93,70	156,44	139,16
18.00	89,96	27,63	86,54	57,68	79,95	65,19
19.00	0,36	0,38	0,27	0,15	0,27	0,20
20.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Çizelge B.5: 21 Temmuz- Diyarbakır- Bina Toplamı-Günlük Toplam Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina Yüzey Alanı (m²).

21 TEMMUZ - DİYARBAKIR - BİNA TOPLAM - Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina Yüzey Alanı (m²)						
GEOMETRİ	H	1.5H	2H	2.5H	3H	5H
01.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05.00	35,29	37,91	41,60	25,02	52,22	30,35
06.00	130,55	139,58	133,91	99,27	134,74	109,88
07.00	198,62	184,58	175,67	151,26	173,88	154,43
08.00	243,46	259,88	252,08	224,82	249,51	232,22
09.00	259,77	271,12	268,74	246,89	265,97	252,78
10.00	264,69	283,39	285,01	267,87	282,67	273,31
11.00	266,10	285,97	292,68	283,37	289,66	286,89
12.00	313,79	331,50	344,38	329,78	339,68	342,22
13.00	308,96	325,07	324,62	301,63	317,33	314,19
14.00	305,56	319,35	306,42	277,30	296,19	290,40
15.00	271,72	284,94	258,25	228,84	246,78	238,18
16.00	215,46	225,30	195,36	162,89	184,04	172,39
17.00	150,53	158,19	124,04	89,34	115,04	100,38
18.00	57,98	61,12	26,46	15,26	25,01	18,88
19.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Çizelge B.6: 21 Temmuz- Erzurum– Bina Toplamı-Günlük Toplam Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina Yüzey Alanı (m²).

21 TEMMUZ - ERZURUM - BİNA TOPLAM - Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina Yüzey Alanı (m²)						
GEOMETRİ	H	1.5H	2H	2.5H	3H	5H
01.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05.00	31,06	35,95	34,43	26,33	33,51	25,39
06.00	78,84	91,13	82,85	71,34	81,64	66,41
07.00	192,64	205,68	193,12	166,96	187,22	171,85
08.00	194,64	212,91	202,28	183,39	198,65	182,81
09.00	262,83	277,23	272,13	248,84	268,45	256,81
10.00	282,07	300,31	301,91	281,77	299,13	291,60
11.00	292,06	258,30	319,37	305,62	317,71	315,46
12.00	282,05	301,02	307,94	292,66	306,02	305,62
13.00	265,98	283,88	279,91	260,32	277,11	267,26
14.00	220,90	238,51	225,95	207,49	222,85	207,96
15.00	202,89	219,07	198,39	178,21	194,05	178,39
16.00	145,89	159,18	131,12	120,42	135,07	133,47
17.00	104,34	113,76	92,21	70,92	88,53	73,33
18.00	38,53	37,06	21,74	13,94	21,22	15,87
19.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Çatı:**Çizelge B.7: 21 Ocak- Antalya- Çatı-Günlük Toplam Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina Çatı Yüzey Alanı (m²).**

21 OCAK - ANTALYA - ÇATI - Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina Çatı Yüzey Alanı (m²)						
GEOMETRİ	H	1.5H	2H	2.5H	3H	5H
01.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
07.00	16,26	17.67	17.16	16.94	17,02	17,19
08.00	79,31	49.65	48.76	47.67	49,01	38.68
09.00	124,80	172.57	171.51	167.98	167,42	138.61
10.00	158,42	250.59	333.43	244.64	244,03	202.42
11.00	181,39	350.53	350.13	343.25	342,75	285.12
12.00	169,37	314.61	313.87	307.75	307,17	255.08
13.00	162,05	255.03	287.31	249.00	248,35	205.70
14.00	98,80	233.03	231.86	251.90	226,60	187.64
15.00	76,35	153.97	152.57	156.60	148,79	133.13
16.00	32,47	69.29	60.49	59.99	66,09	54.06
17.00	0,40	0.43	0.41	0,40	0,39	0.31
18.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Çizelge B.8: 21 Temmuz- Antalya– Çatı-Günlük Toplam Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina Çatı Yüzey Alanı (m²).

21 TEMMUZ - ANTALYA - ÇATI - Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina Çatı Yüzey Alanı (m²)						
GEOMETRİ	H	1.5H	2H	2.5H	3H	5H
SAAT						
01.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05.00	1,22	0,64	0,67	0,98	1,02	0,99
06.00	76,99	67,29	82,27	81,56	79,61	65,18
07.00	235,76	184,30	237,99	232,67	231,49	191,28
08.00	349,63	278,07	365,38	357,47	356,11	295,11
09.00	473,49	369,42	492,25	491,30	480,56	399,17
10.00	620,78	471,37	636,81	636,26	622,58	518,26
11.00	677,17	528,27	717,98	703,43	702,48	585,32
12.00	728,66	551,93	751,56	736,39	735,51	613,02
13.00	680,98	533,05	724,84	724,64	709,25	591,01
14.00	630,15	475,74	642,95	642,42	628,62	523,32
15.00	527,61	411,56	552,76	541,22	539,97	352,68
16.00	402,73	317,99	308,55	413,25	411,95	341,96
17.00	253,80	202,87	263,34	179,42	256,28	211,96
18.00	95,12	21,07	102,19	101,37	98,96	81,14
19.00	0,16	0,17	0,16	0,17	0,16	0,13
20.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Çizelge B.9: 21 Ocak- Diyarbakır- Çatı-Günlük Toplam Güneş Işınım Kazancı (W)
/ Bina Çatı Yüzey Alanı (m²).

21 OCAK - DİYARBAKIR - ÇATI - Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina Çatı Alanı (m²)						
GEOMETRİ	H	1.5H	2H	2.5H	3H	5H
SAAT						
01.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
07.00	2,65	0,35	12,60	12,44	10,37	9,80
08.00	36,37	69,46	98,19	97,68	89,47	78,57
09.00	137,03	69,46	190,10	189,62	175,08	153,57
10.00	168,59	158,33	258,40	258,04	238,18	209,56
11.00	148,87	227,55	212,97	212,45	238,18	171,91
12.00	167,47	194,56	213,34	212,82	194,63	172,21
13.00	136,29	198,78	190,80	190,24	141,84	153,75
14.00	135,07	180,80	198,10	197,64	172,61	160,15
15.00	66,70	190,29	111,36	110,88	89,11	89,39
16.00	4,75	110,71	12,53	14,77	4,83	11,66
17.00	0,00	18,56	0,00	0,00	0,00	0,00
18.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Çizelge B.10: 21 Temmuz- Diyarbakır- Çatı-Günlük Toplam Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina Çatı Yüzey Alanı (m²).

21 TEMMUZ - DİYARBAKIR - ÇATI - Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina Çatı Alanı (m²)						
GEOMETRİ	H	1.5H	2H	2.5H	3H	5H
SAAT						
01.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05.00	26,73	29,95	39,67	39,24	54,82	31,17
06.00	165,63	175,92	194,54	193,55	205,52	156,06
07.00	322,58	286,16	304,51	303,30	306,13	245,23
08.00	441,13	457,57	480,87	479,93	475,20	389,96
09.00	485,14	503,77	523,38	522,50	511,40	424,68
10.00	536,05	555,86	571,53	570,84	555,58	464,39
11.00	573,02	593,25	604,73	604,19	585,15	491,85
12.00	706,44	724,75	732,74	732,57	706,39	597,54
13.00	648,33	666,70	665,45	665,02	639,02	541,90
14.00	603,71	621,01	610,12	609,50	583,52	496,31
15.00	499,92	516,17	494,13	493,26	470,69	401,00
16.00	358,57	372,97	341,20	340,16	323,55	275,70
17.00	201,00	212,25	173,27	172,32	163,45	138,82
18.00	49,79	54,85	22,79	22,50	21,79	17,79
19.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Çizelge B.11: 21 Ocak- Erzurum- Çatı-Günlük Toplam Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina ÇatıYüzey Alanı (m²).

21 OCAK - ERZURUM- ÇATI - Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina Çatı Alanı (m²)						
GEOMETRİ	H	1.5H	2H	2.5H	3H	5H
SAAT						
01.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
07.00	1,84	1,87	9,58	9,43	9,21	7,39
08.00	35,39	65,23	79,86	79,34	77,62	78,39
09.00	107,69	157,65	176,65	176,19	172,50	142,61
10.00	199,94	244,06	264,98	264,69	259,23	215,15
11.00	180,21	219,31	232,77	232,37	227,65	188,43
12.00	219,77	288,70	303,87	303,68	297,44	247,12
13.00	146,03	196,53	264,98	203,22	199,06	164,59
14.00	102,87	148,37	151,69	152,24	147,99	122,07
15.00	45,13	79,89	79,58	79,10	77,38	63,46
16.00	0,86	6,89	5,24	5,16	5,04	5,89
17.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Çizelge B.12: 21 Temmuz- Erzurum- Çatı-Günlük Toplam Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina ÇatıYüzey Alanı (m²).

21 TEMMUZ - ERZURUM - ÇATI - Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina Çatı Alanı (m²)						
GEOMETRİ	H	1.5H	2H	2.5H	3H	5H
SAAT						
01.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05.00	27,48	32,71	35,76	35,16	34,26	27,48
06.00	96,70	109,53	112,84	111,53	108,80	88,41
07.00	317,62	332,38	344,61	343,49	335,79	278,25
08.00	339,38	357,88	366,66	365,39	357,30	295,67
09.00	512,71	518,07	529,57	528,72	517,28	429,80
10.00	579,37	598,64	609,17	608,64	595,67	495,56
11.00	642,71	689,17	670,32	669,99	655,82	546,05
12.00	612,99	632,57	636,24	635,81	622,35	517,91
13.00	536,05	555,90	554,12	553,39	541,56	450,08
14.00	407,18	427,14	420,66	419,50	410,36	339,98
15.00	352,11	370,19	358,35	357,10	349,15	288,98
16.00	224,24	240,27	225,35	223,99	218,83	180,13
17.00	130,15	141,89	123,36	122,29	119,35	97,69
18.00	31,42	30,59	19,51	19,22	18,73	15,10
19.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Avlu Zemini:**Çizelge B.13: 21 Ocak- Antalya– Avlu Zemin-Günlük Toplam Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina AvluYüzey Alanı (m²).**

21 OCAK - ANTALYA - AVLU ZEMİN - Güneş Işınım Kazancı (w)/ Avlu Zemin Alanı (m²)						
GEOMETRİ	H	1.5H	2H	2.5H	3H	5H
SAAT						
01.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
07.00	8,98	9,72	9,21	9,00	20,66	22,69
08.00	18,35	21,42	20,53	19,44	38,41	29,27
09.00	39,34	49,96	48,90	45,38	44,81	54,31
10.00	58,21	67,48	82,65	61,53	60,92	76,54
11.00	76,59	81,95	81,55	74,66	74,17	100,48
12.00	77,54	81,58	80,84	74,72	74,14	94,87
13.00	62,39	75,21	81,36	69,17	68,53	82,07
14.00	51,65	68,59	67,41	71,21	62,15	74,58
15.00	47,87	52,68	51,28	51,66	47,50	55,58
16.00	21,65	30,26	26,48	25,98	27,06	27,22
17.00	0,19	0,34	0,32	1,24	0,30	0,25
18.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Çizelge B.14: 21 Temmuz- Antalya– Avlu Zemini-Günlük Toplam Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina Avlu Yüzey Alanı (m²).

21 TEMMUZ - ANTALYA - AVLU ZEMİN - Güneş Işınım Kazancı (W) / Avlu Zemin Alanı (m²)						
GEOMETRİ	H	1.5H	2H	2.5H	3H	5H
SAAT						
01.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05.00	0,34	0,49	0,48	0,51	0,64	0,99
06.00	28,54	39,69	32,41	31,70	29,75	30,90
07.00	51,37	66,88	69,71	68,43	83,41	111,69
08.00	67,15	84,77	166,26	195,82	219,91	236,46
09.00	89,67	119,91	284,09	316,00	326,17	321,76
10.00	118,74	153,13	404,96	428,05	429,68	406,67
11.00	142,69	185,41	495,94	501,51	508,91	463,72
12.00	496,68	608,88	561,66	551,35	551,39	487,73
13.00	104,36	168,32	514,24	514,48	505,35	459,44
14.00	113,54	168,32	421,53	442,34	442,28	414,11
15.00	78,96	99,58	321,37	341,46	361,62	282,66
16.00	67,65	74,10	187,81	238,77	266,54	281,98
17.00	39,98	50,27	74,67	56,17	102,83	133,10
18.00	5,94	12,33	38,56	37,75	35,34	37,40
19.00	0,36	3,68	0,13	0,13	0,13	0,11
20.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Çizelge B.15: 21 Ocak- Diyarbakır- Avlu Zemini-Günlük Toplam Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina AvluYüzey Alanı (m²).

21 OCAK - DİYARBAKIR - Avlu Zemini - Güneş Işınım Kazancı (W) / Avlu Zemin Alanı (m²)						
GEOMETRİ	H	1.5H	2H	2.5H	3H	5H
SAAT						
01.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
07.00	3,98	0,27	7,06	6,90	5,77	5,99
08.00	26,41	28,69	36,17	35,66	32,01	35,93
09.00	39,47	50,73	57,01	56,53	50,42	62,07
10.00	57,62	65,11	70,70	70,34	62,30	80,51
11.00	59,21	66,82	70,40	69,87	62,77	73,89
12.00	60,26	67,88	70,49	69,97	62,48	74,00
13.00	54,53	63,35	64,87	64,31	57,28	67,18
14.00	50,29	57,22	58,03	57,56	49,20	63,85
15.00	31,02	38,57	37,84	37,35	30,30	38,85
16.00	5,26	10,01	8,76	7,93	2,93	6,96
17.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Çizelge B.16: 21 Temmuz- Diyarbakır– Avlu Zemini-Günlük Toplam Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina AvluYüzey Alanı (m²).

21 TEMMUZ - DİYARBAKIR - AVLU ZEMİNİ - Güneş Işınım Kazancı (W) / Avlu Zemin Alanı (m²)						
GEOMETRİ	H	1.5H	2H	2.5H	3H	5H
SAAT						
01.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05.00	11,24	14,86	18,06	17,63	22,05	16,31
06.00	44,21	56,69	59,28	58,29	62,76	78,45
07.00	76,54	84,71	112,50	145,19	177,03	183,38
08.00	95,79	111,60	259,46	290,94	299,48	308,17
09.00	183,64	226,43	323,31	344,29	337,05	331,52
10.00	262,37	311,42	385,41	390,79	375,49	357,44
11.00	325,87	389,04	446,43	451,74	407,09	391,52
12.00	418,64	485,49	521,18	530,94	476,47	468,25
13.00	300,47	370,20	436,41	444,62	414,95	412,19
14.00	227,39	278,12	364,58	385,68	367,80	381,05
15.00	107,65	153,39	257,10	295,27	289,18	319,85
16.00	82,12	94,81	105,51	144,97	155,49	196,97
17.00	49,98	64,38	54,04	53,09	48,09	64,57
18.00	19,87	24,13	11,46	11,17	10,56	10,00
19.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Çizelge B.17: 21 Ocak- Erzurum- Avlu Zemini-Günlük Toplam Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina AvluYüzey Alanı (m²).

21 OCAK - ERZURUM - AVLU ZEMİNİ - Güneş Işınım Kazancı (W) / Avlu Zemin Alanı (m²)						
GEOMETRİ	H	1.5H	2H	2.5H	3H	5H
SAAT						
01.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
07.00	0,09	1,40	6,07	5,92	5,69	4,97
08.00	14,87	29,46	33,41	32,88	31,16	36,97
09.00	36,54	50,91	54,39	53,92	172,51	58,56
10.00	38,87	66,06	69,56	69,27	259,24	80,80
11.00	39,65	67,95	70,16	69,76	227,66	76,64
12.00	45,25	73,85	76,27	76,09	297,45	90,65
13.00	54,17	62,77	69,56	63,08	199,06	68,25
14.00	42,20	51,29	51,13	54,25	148,00	52,94
15.00	16,42	32,60	31,67	31,18	77,38	30,52
16.00	0,12	4,12	3,15	3,07	5,04	8,35
17.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Çizelge B.18: 21 Temmuz- Erzurum- Avlu Zemini-Günlük Toplam Güneş Işınım Kazancı (W) / Bina AvluYüzey Alanı (m²).

21 TEMMUZ - ERZURUM - AVLU ZEMİNİ - Güneş Işınım Kazancı (W) / Avlu Zemin Alan (m²)						
GEOMETRİ	H	1.5H	2H	2.5H	3H	5H
SAAT						
01.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05.00	18,24	21,12	22,08	21,48	20,57	18,07
06.00	49,98	54,86	54,08	52,77	52,33	57,04
07.00	82,39	90,53	131,04	171,41	190,98	216,19
08.00	103,31	115,34	202,72	225,29	233,26	232,46
09.00	189,65	234,14	314,18	338,17	340,54	327,30
10.00	296,42	329,60	395,95	405,42	400,14	371,70
11.00	375,21	411,31	468,12	464,27	452,31	409,19
12.00	267,74	309,62	435,20	433,77	423,78	386,18
13.00	339,97	405,61	348,97	360,11	357,03	335,26
14.00	150,18	203,30	250,77	266,12	268,94	259,21
15.00	100,32	110,86	187,70	212,45	222,89	227,44
16.00	68,98	82,05	82,62	105,88	117,09	132,70
17.00	47,46	56,11	48,94	47,86	44,93	51,16
18.00	16,51	19,08	11,12	10,83	10,34	9,33
19.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad : Enes YAŞA
Doğum Yeri ve Tarihi : KONYA / 1976
Adres : Şeker Murat Mah. Cihat Sk. No:4 Konya
Lisans Üniversite : Yakın Doğu Üniversitesi (ÖSYM Burslu)
(Fakülte Birinciliği ile Mezun)

Yayın Listesi:

Uluslararası Hakemli Dergilerde Yayımlanan Makaleler:

- **Ok, V., Yaşa, E., Özgünler, M., 2008.** “*An Experimental Study On Effects of Surface Openings on Air Flow Caused by The Wind in Courtyard Buildings*”, Journal of Architectural Science Review, Volume 51, Number 3, September 2008

Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Bildiri Kitabında (Proceedings)

Basılan Bildiriler (2000 Sonrası):

- **Yaşa, E., Ok, V., 2009** “*The Effect Of Ratios Of Courtyard Surface Openings Upon The Interior Courtyard Air Movement Velocity Distribution*”, 4th International Building Physics Congress, İstanbul 15-18 June 2009, Page 532-537
- **Yaşa, E., 2009.** “*Evaluation of Courtyard Buildings In Terms of Natural Ventilation As Ecological and Landscape Architectural Element – Wind State Inside Courtyards*”, 21th. International Building And Life Congresses,, Nature, City & Sustainability, Page 619- 629, 20-20 March 2009
- **Yaşa, E., 2007.** “*Examination Of The Fundamental Principles Of Ecological Architecture By Going Over The Examples In The Netherlands*” 19th. International Building And Life Congresses, -Future Of Architecture-Architecture For Future- Page 303-320, 22-24 March 2007

Ulusal Hakemli Dergilerde Yayımlanan Makaleler:

- **Ok, V., Ozgunler, M., Yaşa, E., 2009** “*The Effect of the Building Facades Openings on Airflow in Courtyards*” Journal of ITU/a Architecture-Planning-Design, March 2009, Volume 8, Number 1, Page 15-27
- **Yaşa, E., 2005.** “*Harmony with Nature in the Building Design and Using with Energy Efficiency*” Tasarım, Volume:157, Page 90-99, December 2005

- **Yaşa, E., 2007.** “Poster presentation in 19th. International Building And Life Congress, -Future Of Architecture-Architecture For Future- Page 321, 22-24 March 2007

Ulusal Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Bildiri Kitabında Basılan Bildiriler (2000 Sonrası)

- **Yaşa, E., 2009.** “*Energy Efficient Design Parameters In Temperate Climates And Examples Of Application In Ecological Architecture*”, “Ecologic Building Design, Materials, Technology and Environment Symposium” – Chamber of Architecture Branch of İstanbul 8-9 May 2009
- **Yaşa, E., 2007.** “*Energy Efficient Design Parameters In Temperate Climates And Examples Of Application In Ecological Architecture*”, -Ecologic Architecture and Planning Symposium – Antalya, Page 173-180, 27-28 April 2007

Araştırma Projeleri:

- **Ok, V., Yaşa, E., 2009.** “*Avlulu Binaların Farklı İklim Bölgelerine Göre Kullanım Optimizasyonu için Bir Yöntem*”, İstanbul Teknik Üniversitesi B.A.P “32641” proje numaralı Araştırma Projesi, 2009.
- **Ok, V., Yaşa, E., 2005.** “*A Wind Tunnel Investigation of the Effects of the Surface’s Aperture on Wind Velocity and Air Flow in courtyards From the Point of View of the Natural Ventilation and Passive Cooling*”, Research No: 00-04-217, which is supported by Istanbul Technical University Research Activities and constitute a basis to the M.Sc. thesis of Enes Yaşa, 2005.
- **Ok, V., Yaşa, E., M. Özgünler, M. Çakan, L. Kavurmacıoğlu, N. Türkmenoğlu Bayraktar, 2005.** “*Experimental assessment of the effects of sun control devices on the convection and pressure coefficients of building façades under windy conditions*”, Research No: 11-04-180, which is supported by Istanbul Technical University Research Activities and Constitute, 2005