

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇİFT KABUK CEPHE SİSTEMLERİNDE
ISIL KONFORUN DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ayşe Selin ÖRKMEZ

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

HAZİRAN 2012

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇİFT KABUK CEPHE SİSTEMLERİNDE
ISIL KONFORUN DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Ayşe Selin ÖRKMEZ
(502101501)**

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

Tez Danışmanı: Y. Doç. Dr. İkbāl ÇETİNER

HAZİRAN 2012

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 502101501 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Ayşe Selin ÖRKMEZ**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**ÇİFT KABUK CEPHE SİSTEMLERİNDE ISIL KONFORUN DEĞERLENDİRİLMESİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Y. Doç. Dr. İkbāl ÇETİNER**
İstanbul Teknik Üniversitesi

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

Prof. Dr. Neşe YÜĞRÜK AKDAĞ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **04 Mayıs 2012**
Savunma Tarihi : **07 Haziran 2012**

Evrene ve aileme,

ÖNSÖZ

Çalışmalarım sırasında engin bilgileri, tecrübesi, sevgi ve samimiyeti ile beni yönlendiren ve bu çalışmanın ilerlemesinde önemli katkıları bulunan, lisans eğitimimden itibaren hep yanımda olan ve hep yanımda olmasını istediğim değerli tez danışmanım, Y. Doç. Dr. İkbâl ÇETİNER'e sonsuz teşekkürlerimi ve sevgimi ifadelendirmekten onur duyarım.

Ayrıca, lisans ve yüksek lisans eğitimimde güler yüzlerini eksik etmeden sahip oldukları derin mesleki bilgilerini benimle paylaşan tüm Yapı ve Yapı Fiziği Kürsüsü hocalarıma altı senelik bir teşekkürü de bir cümleye sığdırmak isterim.

Bir ipek böceğinin kozası gibi örebilmek için; manevi ve maddi anlamda iradelerini hiç esirgemedi kullanarak kurmaya çalıştıkları hayatımın anlamı olan aileme, teşekkürü, asla hakkıyla ödenemeyecek bir borç bildiğimi belirtmek isterim.

Ayrıca; yeryüzüne, gökyüzüne, kainata, oksijene, suya... ve sahip olduğum tüm maneviyata; her koşulda, sonsuz ve sonsuz teşekkürler ederim.

Haziran 2012

Ayşe Selin Örkmez
(Mimar)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
1.1 Amaç	2
1.2 Kapsam.....	2
1.3 Yöntem	3
2. ÇİFT KABUK CEPHE SİSTEMLERİ.....	5
2.1 Tarihçe.....	5
2.2 Çift Kabuk Cephe Sistemlerine İlişkin Tanımlar	7
2.3 Çift Kabuk Cephe Sistem Bileşenleri.....	8
2.3.1 Dış kabuk	8
2.3.2 Tampon bölge	9
2.3.3 İç kabuk.....	9
2.3.4 Güneş kontrol bileşeni	9
2.4 Çift Kabuk Cephe Sistemlerinin İşlevleri	11
2.4.1 Havalandırma	12
2.4.1.1 Doğal havalandırma	12
2.4.1.2 Mekanik havalandırma.....	14
2.4.1.3 Karma tip havalandırmalı cepheler	15
2.4.2 Güneş ışınlı kontrolü.....	19
2.4.2.1 Tampon bölge.....	19
2.4.2.2 Havalandırma açıklıkları.....	20
2.4.2.3 Güneş kontrol bileşenleri	21
2.4.2.4 Cam tipi.....	21
2.4.3 Doğal aydınlatma	23
2.4.4 Gürültü kontrolü.....	23
2.4.5 Yangın korunumu	24
2.4.6 Temizlik ve bakım kolaylığı	25
2.4.7 Kullanıcı kontrolü	25
2.4.8 Güvenlik.....	26
2.5 Çift Kabuk Cephe Sistemlerine İlişkin Sınıflandırmalar	26
2.5.1 Boşluk geometrisine göre çift kabuk cepheler.....	26
2.5.1.1 Bina yüksekliğinde çift kabuk cephe	26
2.5.1.2 Kat yüksekliğinde çift kabuk cephe	28
2.5.1.3 Kutu pencere çift kabuk cephe	30
2.5.1.4 Şaft tipi çift kabuk cephe.....	31

2.5.2 Havalandırma yöntemine göre çift kabuk cephe sistemleri	32
2.5.2.1 Tampon sistem	32
2.5.2.2 Hava çekme sistemi.....	33
2.5.2.3 İkiz cephe sistemi	34
2.5.2.4 Birleşik (hibrid) sistem.....	35
2.5.3 Havalandırma modlarına göre çift kabuk cephe sistemleri.....	36
2.5.3.1 Hava sağlama sistemi modu	37
2.5.3.2 Statik tampon bölge modu.....	37
2.5.3.3 Dış hava perdesi modu	38
2.5.3.4 İç hava perdesi modu.....	38
2.6 Bölüm Sonucu	38
3. YAPMA ÇEVREDE ISIL KONFOR.....	39
3.1 Isıl Konforu Etkileyen Parametreler.....	39
3.1.1 Vücudun ısı dengesi	40
3.1.2 Enerji dönüşüm yolları	41
3.1.2.1 İletim/ kondüksiyon.....	42
3.1.2.2 Taşınım/ konveksiyon	42
3.1.2.3 Işınım/ radyasyon	43
3.1.2.4 Faz değişimi / Buharlaşma	43
3.2 Isıl Konfor Modelleri.....	43
3.2.1 Fanger ısı konfor modeli	43
3.2.2 CBE ısı konfor modeli	47
3.2.3 Isıl konfor konusunda yapılmış diğer çalışmalar	48
3.3 Isıl Konfor ile İlgili Standartlar	49
3.3.1 Doğal havalandırılmalı iç ortamlarda ısı konfor şartları	49
3.3.2 Koşullandırılmış iç ortamlarda ısı konfor koşulları	51
3.3.2.1 PMV – PPD indisleri.....	51
3.3.2.2 Operatif sıcaklık	52
3.3.2.3 Nem limiti	54
3.3.2.4 Arttırılan hava hızı	55
3.3.2.5 Lokal konforsuzluk	56
3.4 Bölüm Sonucu	57
4. ÇİFT KABUK CEPHE SİSTEM BİLEŞENLERİNİN ISIL KONFOR KOŞULLARINA ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	59
4.1 Çalışmada Kullanılan Benzetim programları	59
4.1.1 DesignBuilder 2.3.6.....	60
4.1.2 Gambit 2.4.6.....	61
4.1.3 ANSYS Fluent 13	62
4.2 Uygulama	64
4.2.1 Dış ortama ilişkin iklim verilerinin belirlenmesi	64
4.2.2 Ofis binasına ve ofis hacmine ilişkin verilerin belirlenmesi	65
4.2.3 İç ortam ve kullanıcıya ilişkin verilerin belirlenmesi	65
4.2.4 Cephe sistem ve bileşen seçeneklerinin belirlenmesi	67
4.2.5 Üretilen seçenekler.....	67
4.2.6 İç ortam ve iç yüzey sıcaklıklarının belirlenmesi.....	74
4.3 Bölüm Sonucu ve Değerlendirilmeler	78
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	83
EKLER.....	91
ÖZGEÇMİŞ.....	129

KISALTMALAR

ASHRAE	: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
BREEAM	: Building Research Establishment Environmental Assessment Method
CBE	: Center for Built Environment
clo	: Giysilerin yalıtım direnci birimi
CFD	: Computational Fluid Dynamics
dB	: desibel
DSF	: Double skin façade
EN	: European Norm
fpm	: feet per minute (yol/ zaman- hız birimi)
GMT	: Greenwich Mean Time
H	: İç ısı üretimi
HAD	: Hesaplamalı Akışkan Dinamiği
HIT	: High Insulation Technology
HVAC	: Heating Ventilation Air Conditioning
IWEC	: International Weather for Energy Calculations
ISO	: International Organization for Standardization
k- ε model	: kinetic energy – epsilon (rate of dissipation)model
kWh	: Kilo-watt hours
LEED	: Leadership in Energy and Environmental Design
low-e	: Lowest Possible Percentage of Dissatisfied
LPPD	: Hava sıcaklığı
M	: Metabolizma oranı
m/s	: metre bölü saniye
met	: Metabolizma birimi
MRT	: Mean Radiant Temperature
p_a	: Ortam havasındaki su buharı basıncı
PPD	: Predicted Percentage of Dissatisfied
PMV	: Predicted Mean Vote
RANS	: Reynolds- Averaged Navier Stokes
RNG	: ReNormalisation Group
SHGC	: Solar Heat Gain Coefficient (Güneş ışınlımından kaynaklanan ısı kazanç katsayısı)
SSF	: Single skin façade
t_a	: Hava sıcaklığı
t_{air}	: İç ortam sıcaklığı
t_{is}	: İç yüzey sıcaklığı
t_{mrt}	: Ortalama ışıma sıcaklığı
t_{op}	: Operatif sıcaklık
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
U	: Isı geçirgenlik katsayısı (W/m ² K)
UCB	: Univesity of California

v : Bağlı hava hızı
W : Mekanik güç

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Isıl konfor düzeyi üzerinde etkili olan parametreler [5].....	45
Çizelge 3.2 : Isıl duyarlılık indeksi [5].	46
Çizelge 3.3 : PMV ve PPD indislerine göre ısı ortam sınıflandırmaları [54].....	51
Çizelge 3.4 : Isıl konforun sağlandığı değerler için PMV ve PPD değerleri [53].	52
Çizelge 3.5 : Doğal havalandırılmalı alanlar için yaz ve kış dönemlerinde kabul edilebilir operatif sıcaklık değerleri [53, 54, 56].	52
Çizelge 3.6 : Hava hareketi hızına bağlı olarak A katsayısı [53]	53
Çizelge 3.7 : Doğal lokal konforsuzluk parametrelerinin alabileceği maksimum değerler [53].	56
Çizelge 3.8 : Bir mekan için kabul edilebilir memnuniyetsizlik yüzdesine (PD) göre lokal konforsuzluk parametrelerinin alabileceği değerler [54].....	57
Çizelge 4.1 : Çift kabuk cephe seçeneklerinin ısıl konfora etkilerinin değerlendirilmesinde uygulama süreci.	64
Çizelge 4.2 : Seçeneklerin isimlendirilmesinde kullanılan kodlama sistemi.	69
Çizelge 4.3 : Cephe sistem seçeneklerinde kullanılan cam ve camlama tiplerinin teknik özellikleri	69
Çizelge 4.4 : Isıl konfor analizi yapılacak cephe sistem seçenekleri.....	70
Çizelge 4.5 : Seçeneklerin tampon bölge ve oda hacimlerine düşen güneş ışınlımından kaynaklanan ısı kazanç değerleri.....	72
Çizelge 4.6 : Seçenekler için hesaplanmış iç yüzey sıcaklığı (T_{is}) ve ortalama ışınlımsal sıcaklık değerleri (T_{mrt}).	77
Çizelge 4.7 : Seçeneklerin iç ortam ısıl konforuna etkilerinin değerlendirilmesinde kullanılan hesap değerleri	78
Çizelge A.1 : Çift kabuk cephe sistemleri kullanılan ofis örnekleri.	92
Çizelge B.1 : Seçenekler için ASHRAE 55 ve CBE Pencere Değerlendirme Yöntemi'ne göre belirlenen ısıl konforla ilişkili parametre değerlerinin sonuçları.	123
Çizelge B.2 : Seçenekler için TS 13788 Standardına göre belirlenen ısıl konforla ilişkili parametre değerlerinin sonuçları.	126

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Bina cephesi boyunca çift kabuk sistemler [8].....	5
Şekil 2.2 : Steiff Factory, Almanya, Giengen [9].	6
Şekil 2.3 : Post Office Savings Bank, Otto Wagner, Viyana [10] ve Centrosoyus, Le Corbusieur, Moskova [11].	6
Şekil 2.4 : Narkomfin Binası, Rusya [12].	6
Şekil 2.5 : Temel durum, çift kabuk cephe ve hava akış penceresi [16].	8
Şekil 2.6 : %100 şeffaf olmayan iç kabuğa bitişik ısıtma radyatörü [18].....	10
Şekil 2.7 : Güneş kontrol bileşeninin dış kabuğun hemen arkasında bulunması durumu [21].	11
Şekil 2.8 : Çift kabuk cephe sistemlerinde havalandırma.....	12
Şekil 2.9 : Çift kabuk cephe sistemlerinde baca etkisi ile havalandırma [24].....	13
Şekil 2.10 : İç ve dış kabukta bulunan açıklıklarla havalandırma sağlanması [28]..	13
Şekil 2.11 : Doğal havalandırmalı çift kabuk cephe - GSW Binası [29].....	14
Şekil 2.12 : Mekanik havalandırmalı çift kabuk cephe [16].....	14
Şekil 2.13 : Mekanik havalandırmalı çift kabuk cephe -Dragon Hava Ofisi Binası, Wong Tung & Partners [16].	15
Şekil 2.14 : Karma havalandırmalı çift kabuk cephe/ Debis Tower, Renzo Piano, 1996, Berlin, Almanya [29].	16
Şekil 2.15 : Çift kabuğun mekanik havalandırmalı bir binada tek başına ön ısıtıcı olma durumu [13].	17
Şekil 2.16 : Çift kabuk sistemin havalandırma kanalı olarak çalışması durumu [13].....	17
Şekil 2.17 : Çift kabuk sistemin kirli hava boşaltma kanalı olarak çalışması durumu [13].	18
Şekil 2.18 : Çift kabuğun ön soğutucu olma durumu [13].	19
Şekil 2.19 : Tampon bölge – ısıtma durumu	20
Şekil 2.20 : Tampon bölge - soğutma durumu	20
Şekil 2.21 : Kışın ve yazın iç ve dış kabukta yer alan havalandırma açıklıklarının durumu [31].	21
Şekil 2.22 : Dış kabukta güneş kırıcı işlevli cam lamellerden oluşan çift kabuk cephe örneği [16].....	24
Şekil 2.23 : Briarcliff House Ofis Binası [4].	24
Şekil 2.24 : Beyaz renkli güneş kırıcı lamellerin üzerinde biriken toz- Occidental Chemical Center [37].....	25
Şekil 2.25 : Boşluk geometrisine göre çift kabuk cepheler [13].....	27
Şekil 2.26 : Bina yüksekliğinde çift kabuk cephelerde yangın yayılımı [39].....	28
Şekil 2.27 : Kat yüksekliğinde çift kabuk cephelerde yangın yayılımı [39].	29
Şekil 2.28 : Stadttor İş Merkezi, Düsseldorf [29].	30
Şekil 2.29 : RWE Yönetim Binası, 1991-97, Overdiek & Partners, Almanya [38].	31
Şekil 2.30 : Şaft Giydirme Cephe Sistemi Kesit ve Görünüşü, Photonics Centre,	

Berlin [4].	32
Şekil 2.31 : Tampon sistem çift kabuk cephe çalışma şeması [7].	33
Şekil 2.32 : Hava çekme sistemi çalışma şeması [7].	34
Şekil 2.33 : İkiz cephe sistemi çalışma şeması [7].	35
Şekil 2.34 : The Tjibaou Center, kesit ve görünüş [46].	36
Şekil 2.35 : Açıklıkların durumuna göre havalandırma modları [17].	37
Şekil 3.1 : Vücudun ısı dengesi [50].	41
Şekil 3.2 : İnsan vücudu ile çevresi arasında ısı alışverişi [50].	42
Şekil 3.3 : PMV değerine bağlı olarak PPD değeri [5].	46
Şekil 3.4 : Dış cephe iç yüzey sıcaklığına bağlı olarak PMV-PPD indislerinin tayini [6].	48
Şekil 3.5 : Doğal havalandırmalı iç ortamlar için izin verilen operatif sıcaklık değerleri [53].	50
Şekil 3.6 : Grafik konfor zonu metodunda bahsedilen şartları sağlayan iç ortamlar için kabul edilebilen operatif sıcaklık ve nem değerleri [53].	54
Şekil 3.7 : Giysilerin yalıtım direnci ve aktivite düzeyinin bir fonksiyonu olarak istenilen maksimum PPD değerleri [54].	55
Şekil 4.1 : Design Builder ortamında İstanbul iline ilişkin IWEK kaynaklı iklim verileri.	61
Şekil 4.2 : Ofis binası tip kat planı.	66
Şekil 4.3 : Farklı amaçlarla kullanılan binalar için tavsiye edilen ortalama iç sıcaklık değerleri [50].	66
Şekil 4.4 : Mevcut ofis binalarının çift kabuk cephe sistem bileşenlerinin analizi. ..	68

ÇİFT KABUK CEPHE SİSTEMLERİNDE ISIL KONFORUN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

İnsanoğlunun dış çevre şartlarına karşı korunma, güvenlik, barınma gibi ihtiyaçlarını karşılayabilmesi için oluşturduğu yapma çevrede konfor koşullarının sağlanabilmesi için enerji ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Artan dünya nüfusu ile bu enerji ihtiyacının petrol, kömür, doğal gaz gibi yeryüzü kaynaklı tükenen enerji kaynakları ile karşılanması; çevre kirliliği, mevcut enerji kaynaklarının tükenmesi ve canlı türlerinin zarar görmesi gibi olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Bu yüzden ihtiyaç duyulan enerjinin güneş, su ve rüzgar gibi tükenmez kaynaklardan elde edilen yenilenebilir enerji türleriyle karşılanması amaçlanmaktadır. Günümüzde gelişen yapı ve malzeme teknolojileri, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanan “enerji etkin sistemlerin” bina endüstrisinde de kullanılabilmesini sağlamaktadır.

Enerji etkin tasarımların temel amacı, binalarda farklı dış ortam koşullarında minimum enerji kullanımıyla iç ortam konfor koşullarının sağlanabilmesidir. Bu doğrultuda, binanın dış kabuk sisteminin tasarımı önem kazanmaktadır. Günümüzde, iki adet cephe sistemi ile aralarında yer alan hava tabakasından oluşan çift kabuk cephe sistemleri, iç ve dış ortam arasında tampon bir bölge oluşturarak binanın enerji kayıp ve kazançlarını dengelediklerinden ve yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak iç ortam konfor koşullarının sağlanması için dış ortam koşullarına göre ayarlanabilir olduklarından dolayı, günümüzün enerji problemine küresel ölçekte önerilen çözümlerden biridir.

Çalışmanın amacı, gelişmiş ülkelerde mimarlar tarafından sıkça tercih edilen enerji etkin cephe sistemlerinden biri olan çift kabuk cephe sistemlerine ait bileşenlerin, iç ortam ısı konfor düzeyine olan etkilerinin incelenmesi ve çift kabuk cephe sistemlerinin iç ortam ısı konfor düzeyine olan etkilerinin tek kabuk cephe sistemleriyle karşılaştırılmasıdır. Bu amaçlar doğrultusunda tezde yazın araştırması ve bilgisayar ile benzetim yöntemleri bir arada kullanılmıştır. Tezin ilk üç bölümünü kapsayan yazın araştırması ile benzetim aşaması için gerekli teorik altyapı sağlanmış, dördüncü bölümde ise bileşen farklılaşmasına dayalı üretilen cephe sistem seçeneklerini değerlendirmek üzere bilgisayar programı kullanılarak sayısal veriler elde edilmiş ve sonuçlar doğrultusunda değerlendirmeler yapılmıştır.

Tezin birinci bölümünde çalışmanın amaç, kapsam ve yönteminin irdelendiği giriş kısmı yer almaktadır.

İkinci bölümde, çift kabuk cephe sistemlerinin tarihçesi, çift kabuk cephe sistemlerine ilişkin tanımlamalar anlatılmış, bu cephe sistemlerinin bileşenleri ve işlevleri sıralanmış ve çift kabuk cephe sistemlerine ilişkin sınıflandırmalara yer verilmiştir.

Üçüncü bölümde, yapma çevrede ısı konfor konusu irdelenmiş, ısı konfor tanımlanmış, ısı konfora etki eden parametrelerden bahsedilmiş, iç ortamda ısı

konfor düzeyinin belirlenmesi için geliştirilmiş modeller ve bu modeller doğrultusunda belirlenen ve standartlarda yer alan ısı konfor koşulları anlatılmıştır.

Dördüncü bölümde ise, bileşen farklılaşmasına dayalı olarak tek ve çift kabuk cephe sistem seçenekleri üretilmiş ve üretilen seçeneklerin değerlendirilebilmesi için gerekli iç ortam ısı konfor koşullarına ilişkin değerlendirme parametreleri belirlenmiştir. Üretilen seçenekler bilgisayar ile benzetim yöntemine tabi tutularak, iç ortam ısı konfor düzeyinin belirlenmesinde kullanılacak parametrelere ilişkin değerler hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar tek ve çift kabuk cephe sistem bileşenlerinin iç ortam ısı konfor düzeyine olan etkilerinin karşılaştırılmasına yönelik olarak değerlendirilmiştir..

Sonuç bölümünde, çalışmanın kapsamı ve çalışmada izlenen yöntem doğrultusunda çift kabuk cephe sistem bileşenlerinin iç ortam ısı konfor düzeyine etkileri değerlendirilmiş ve tek ve çift kabuk cephe sistemlerinin ısı konfor düzeyine olan etkileri karşılaştırılmıştır.

EVALUATING THE EFFECT OF DOUBLE SKIN FACADE SYSTEMS ON INDOOR THERMAL COMFORT CONDITIONS

SUMMARY

In the world of today, there have been an arise in the demand of energy in order to meet the needs of gradually increasing of human population, such as safekeeping from outside conditions, sheltering, securty and comfort. The use of nonrenewable energy resources to meet the demand in occupied spaces lead to environmental pollution, extinction of living species, depletion of existing energy resources and economical crisis. To prevent the harm of consumption, the resources of energy are oriented to sustainable and clean energy resources which can be obtained from sun, water and wind. In this age, the development of building and material technologies engaged architects to design and use energy efficient systems in building industry. Energy efficient systems basicly consist of minimizing heat losses in winter, using sun energyfor cooling in summer, providing natural ventilation and benefiting from daylight as possible in a built environment.

The main aim of energy efficient systems in archtitectural design is to minimize the energy consumed for providing the stability of indoor comfort conditions at optimum level in variable outdoor conditions. Therefore, the building envelope must be adaptable to protect indoor from changes of environment, dynamic and intelligent.

Among intelligent façade systems, “Double skin facade systems (DSF)” are developed with the aim of decreasing the energy consumption when generating livable and comfortable indoor climates for human occupancy and, can be seen as a solution to the global energy problem of today. As Compagno said, DSF is the double or multiple layered glass sheets which are separated by an air corridor. This air layer, which is named as “buffer zone”, creates a new outdoor environment to the occupied zone, which is more defected against climatic changes than the real one (2002). The fundamental components of DSF systems can be specified as: external skin, buffer zone and internal skin. External and internal skin layers usually consist of single, double or multiple layered glass systems. A solar radiation control device such as blinds or louvers, also can be located to the buffer zone, in order to improve the performance of DSF system (Oesterle, 2001).

According to Compagno, DSF systems can be preferred in sustainable buildings because of supplying fresh air to indoor environment by natural ventilation, optimizing solar radiation gain to the envelope of the building, improving day lighting conditions, preventing spread of fire among different storeys, giving occupants the chance of controlling the climatic variables (solar radiation, daylight, air) diffusing to indoor environment, decreasing energy demand to create comfortable spaces, providing ease of maintenance and cleaning up with the help of supplying attainability to the facade components by occupants (2002). A DSF system can decrease the energy demand by creating an isolated new outdoor environment to the occupied space. In winter, this new outdoor is hotter and in summer, it is colder. As a result of natural convection, the hot air raises in the buffer zone and sometimes

this accumulation causes overheating problems, especially in summer (Poirazis, 2004).

DSF systems provide a livable, healthy and comfortable indoor environment to occupants. Thermal comfort is defined as “that condition of mind which expresses satisfaction with the thermal environment” in ASHRAE 55-66 (4) Standard. There are six parameters affecting the indoor thermal comfort conditions, the four of which are physical and the two of which are individual. The physical parameters are air temperature, radiant temperature, moisture ratio and air speed. The individual parameters are clothing factor and activity level. Although there are also a variety of factors affecting indoor comfort conditions such as nationality and geography, thermal comfort is the result of heat exchange between the body and its surround. The heat balance after this heat exchange is important for providing occupant’s thermal comfort in the indoor. The heat exchange between the body, the indoor air, and the surfaces that defines the indoor space permanently occurs by means of radiation. The amount and rate of this heat exchange is affected by the temperatures of the indoor air and the internal surfaces. According to ASHRAE 55 (2010) and ISO 7730 (2005) Standards, which are widely accepted in Europe and USA, there are two main parameters used for thermal comfort evaluation in naturally ventilated indoor environments, namely operative temperature and local discomfort. Operative temperature is a combination of air temperature and mean radiant temperature which is the arithmetical average of inner surface temperatures. The physical properties, thermal and optical behavior of the building envelope separating the indoor and outdoor have an important influence on the temperatures of air and surfaces of indoor space.

The aim of the study is to evaluate the effects of the components of double skin façade systems on the indoor thermal comfort conditions. It is also aimed to examine the advantages of double skin façade systems by comparing the effects of double and single façade systems on indoor thermal comfort levels.

The scope of the study consists of the single and double skin façade systems with differentiated glass types, glazing systems, cavity depths and sun control system. The evaluations are made for summer conditions with maximum outside temperature for İstanbul. It is supposed that the façade system alternatives are applied to the south side of an office room which is naturally ventilated and has no mechanical cooling system.

There are three main processes that form the method of the study. In the first process, the data about DSF and indoor thermal comfort conditions is gained in relation with the aim of the study. Then secondly, to evaluate the façade systems and components, the façade system alternatives are generated and the calculations are done. In order to determine the thermal comfort levels of façade systems with different components; the internal surface temperatures, thermal gradients and velocity vectors of the buffer zones and indoor environments are calculated. The mean air temperature, internal surface temperatures and the mean air velocity which are the parameters affecting thermal comfort must be calculated considering thermo-fluid flow effects because of natural ventilation requires computational fluid dynamics (CFD) analyses. The study, therefore, uses computational fluid dynamics (CFD) analysis method under ANSYS Fluent 13 solver software. The program is able to generating solutions to the problems with not only laminar, transitional, turbulent, multiphase fluid flows, but

also conductive, convective and radiative heat transfers or chemical reactions by consisting of calculator modules (ANSYS FLUENT web site: www.anova.com).

Three main calculation models are conducted in CFD calculations when evaluating thermal comfort conditions of different façade alternatives, which are radiation heat transfer calculation, global heat transfer calculation, and thermo-fluid flow calculation. Because of the complicated airflow and heat transfer calculations, many of the CFD solvers are not so appropriate for evaluating the thermal performance of façade alternatives. The radiation heat transfer models under selected CFD solver software ANSYS Fluent 13 are very computationally demanding, and require high computer costs, calculation time and very detailed definitions of the optical properties of materials as well. In this study, to overcome this limitation, apart from the thermal and fluid flow calculations, the optical analyzes of the alternatives are done under DesignBuilder energy simulation software in order to achieve the effect of solar radiation on façade alternatives. Then, the solid models of the generated facade alternatives are created in GAMBIT medium, which is a digital mesh modelling program and is used when defining calculation modules on the geometry before making digital calculations in solver engineering programs. The CFD analyses are conducted in Fluent 13 in order to obtain the surface and air temperatures. The alternatives are evaluated to determine the effect of single and double skin façade systems on indoor thermal comfort level.

In the first section of the study, the aim, the scope and the method of the study is explained.

In the second section, after making an overview to the history and development of DSF systems, the definitions about DFS systems are mentioned. Then the components of the façade systems are described. Afterwards, the functions of the façade system and the different classifications about the façade system are explained in a detailed way. Finally an evaluation of the DSF is made to determine the component variations of single and double skin façade alternatives.

In the third section, thermal comfort is defined according to standards. After the parameters affecting thermal comfort are mentioned, the thermal comfort models developed to determine “the indoor thermal comfort conditions” are explained. Finally, indoor thermal comfort conditions defined in relation with indoor thermal comfort models by ASHRAE 55 2010, ISO 7730 2010 and TS 13730 2004 standards are explained.

In the fourth section, the selected simulation programs, DesignBuilder Energy Simulation Program, GAMBIT Digital Mesh Modelling Program and ANSYS Fluent 13 Calculator Program, are introduced. The alternative generation progress by considering the variables of the facade systems are explained. The properties of the supposed office building, are told with the outdoor and indoor occupancy conditions. The solar radiation calculation in DesignBuilder and its results are explained. To consider the risk of overheating in summer, facade alternatives are rated with their performances on the extreme summer day, July 4, which is the day that maximum outside dry bulb temperature occurred on according to the average year information of IWEC weather data file, which is founded in DesignBuilder library. The IWEC files contain hourly weather observations such as dry bulb temperature, dew point temperature, wind speed, and wind direction, which are derived from a database of surface observations developed by the National Climatic Data Center, Asheville; and hourly solar radiation and illuminance data that is calculated from earth-sun

geometry and cloud cover (US Department of Energy web site). To validate the contribution of DSF systems on thermal comfort conditions in naturally ventilated spaces, the cases are considered as there is no mechanical ventilation and cooling system in indoor environment and the ventilation is supplied by the open vents and windows. The selected calculation models in Fluent 13 and the CFD processes are also explained. In ANSYS Fluent, “the fluid flow problem is defined by the laws of conservation of mass, momentum, and energy. These laws are expressed in terms of partial differential equations which are discretized with a finite element based technique.” According to the ANSYS Fluent 13 User’s Guide, Reynolds-Averaged Navier Stokes (RANS) equations are used for indoor airflow simulations. When solving “energy, continuity and momentum equations”, the RNG $k-\epsilon$ turbulence model is selected according to the User’s Guide, as well. The effect of natural convection is an important parameter which must be considered in the naturally ventilated facade alternatives. In order to calculate the airflow caused by natural convection properly in Fluent medium, “The Boussinesq approximation” which is recommended for many natural-convection flows, is selected. The effect of “gravity” is also activated in program in order to see the falling down of dense and cold air which represents the effect of natural convection. Selected “body force weighted” model for turbulence calculations under “Solution Methods” module is another model supporting proper natural convection calculation. In order to get more converged results than pressure and velocity calculations, second-order upwind spatial discretization method are selected (ANSYS Fluent 13 User’s Guide). This CFD model is set up for all the facade alternatives, and after calculations are finished, the results about temperature fields and velocities are achieved and the aimed evaluation is made about the performances of different facade systems and components.

In the last section of the study, the effect of different facade systems and components on the indoor thermal comfort conditions is evaluated in the direction of scope and method of the study. According to two-stepped simulation results of a naturally ventilated office building in extreme summer conditions, it can be said that DSF systems provide more improvements in indoor thermal comfort level than SSF systems do. Active use of solar shading devices results in improvement in thermal comfort conditions because they prevent solar radiation to come in. Low-e glass type has more effective results than clear glass type and the alternatives consists of double glazing in the outer facade layer are also more effective than the alternatives with single glazing outer facade layer. Also according to simulation results, 60cm cavity depth is more appropriate than 150mm cavity depth for naturally ventialed indoor spaces in İstanbul.

Owing to two-stepped simulations and the long required time for these steps, it was not possible to evaluate much more facade alternatives for this paper. Within the scope of this ongoing study, the facade alternatives with different buffer zone depths and glass and glazing types will be generated in order to evaluate the thermal performances for not only summer but also winter conditions

1. GİRİŞ

Günümüzde fiziksel çevre koşullarının düzenlenmesinde (aydınlatma, ısıtma, soğutma, havalandırma, vb.) yeryüzü kaynaklı fakat tükenen enerji türlerinin kullanımı; çevre kirliliği, mevcut enerji kaynaklarının tükenmesi ve ekonomik nedenlerle azaltılmaya çalışılmaktadır. Bu amaçla, ihtiyaç duyulan enerjinin kaynağını tükenmez kaynaklara yönlendirmek için stratejiler üretilmektedir. Bu stratejiler için geliştirilen tüm sistemler “enerji etkin sistemler” olarak düşünülebilir. Temelde, aydınlatmada gün ışığından en üst düzeyde yararlanmak, kış ısıtmasında güneş enerjisinden maksimum düzeyde yararlanmak ve ısı kaybını önlemek, yaz soğutmasında güneş enerjisini kullanmak ve havalandırmayı doğal yollarla sağlamak prensiplerini içeren enerji etkin sistemler, hem katı hem de akışkan ortamları kullanabilirler [1].

Binalarda farklı dış ortam koşullarında minimum enerji kullanımı iç ortam konfor koşullarının sağlanabilmesi için enerji etkin tasarımların temel amacıdır [2]. Malzeme ve bina teknolojisi alanındaki gelişmelerin de katkısıyla bina kabuğunda kullanılmaya başlanan çift kabuk cephe sistemi enerji etkin sistemler arasında yerini almıştır [3]. Çift kabuk cephe sistemleri, en basit şekilde; iki adet cam giydirme cephe sistemi ile aralarında yer alan hava tabakasından oluşurlar. Bu sistemlerde, iç ve dış ortam arasında bir tampon bölge yer alır [4].

“Akıllı” olarak da nitelendirilebilen çift kabuk cephe sistemleri, yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak iç ortam ısı konfor koşullarının sağlanması için dış ortam koşullarına göre ayarlanabilirler. “Kullanıcının termal çevreden tatmin olma durumu” olarak tanımlanan ısı konforunun belirlenmesinde çevresel parametreler (hava sıcaklığı, ışıma sıcaklığı, nem ve hava hareketi hızı) ile kişisel parametreler (giysilerin yalıtım direnci ve metabolizma hızı) etkilidir [5]. Vücudun içinde bulunduğu çevreyle yaptığı ısı alışverişi sonucunda sağlaması gereken ısı denge; iç ortamda istenen ısı konfor düzeyinin sağlanması açısından önemlidir. Kullanıcı ile onu çevreleyen ortam ve bu ortamı sınırlayan tüm yüzeyler arasında ısıtım (radyasyon) yolu ile sürekli olarak ısı alışverişi gerçekleşir. Bu ısı alışverişi,

kullanıcının ısı dengesinde sağlanmasında önemli bir rol oynar ve iç ortama ilişkin sıcaklık değerlerinden etkilenir. İç ortama ilişkin sıcaklık değerleri, onu sınırlayan ve dış ortamdaki ayıran cephe sistem bileşenlerinin ısısal ve optik davranışları gibi birçok fiziksel özelliğinden etkilenir [6].

Sağlıklı bir yapma çevre oluşturmak üzere geliştirilmiş çevreye duyarlı cephe sistemleri arasında yer alan çift kabuk cephe sistemlerinde de, ikinci bir kabuğun ilavesi ile iç ortam ısı konfor düzeyinde olumlu yönde katkılar oluşacaktır. Bu katkının hangi etmenlere bağlı olarak ne miktarda değişeceğinin değerlendirilmesi gerekmektedir.

1.1 Amaç

Çalışmanın amacı, günümüzün enerji problemine küresel ölçekte önerilen çözümlerden biri olan çift kabuk cephe sistemlerine ait bileşenlerin, iç ortam ısı konfor düzeyine olan etkilerinin incelenmesidir.

Ayrıca, çalışmada çift kabuk cephe sistemlerinin, iç ortam ısı konfor düzeyine olan etkileri tek kabuk cephe sistemleriyle de kıyaslanarak bu sistemlerin iç ortam ısı konforuna katkıları sorgulanmaktadır.

1.2 Kapsam

Çift kabuk cephe sistemleri, yüksek binalarda üst katlardaki pencerelerin açılabilmesi ve iç ortamda doğal havalandırma yapılmasına olanak vermektedir. Bu yüzden sıklıkla ofis binalarında tercih edilmektedir. Fakat, bu cephe sistemleri yaz döneminde özellikle iç kazançların yüksek olduğu ofis işlevli binalarda güneş ışıını değeri yüksek olduğu güney cephesinde kullanıldığı zaman, aşırı ısınma etkisine neden olabilmektedir.

Bu doğrultuda, çalışmada farklılaştırılan bileşenlere sahip tek ve çift kabuk cephe sistemlerinin, ofis işlevli bir binanın güney cephesine uygulanması halinde iç ortamdaki ısı konfor durumunun analizi çalışma kapsamını oluşturmuştur. Ayrıca, ofis binalarının iç ortam ısı konforunun sağlanmasında en kritik durumlar olarak görülen yaz koşulları ve iç mekanda doğal havalandırma durumu çalışma kapsamında ele alınmıştır.

1.3 Yöntem

Tek ve çift kabuk cephe sistemlerinin ve çift kabuk cephe sistem bileşenlerinin iç mekan ısı konforuna etkilerinin değerlendirilmesi amacıyla yapılan çalışmada yazın araştırması ve benzetim programı kullanımı yöntemlerinden yararlanılmıştır.

Yazın araştırması ile;

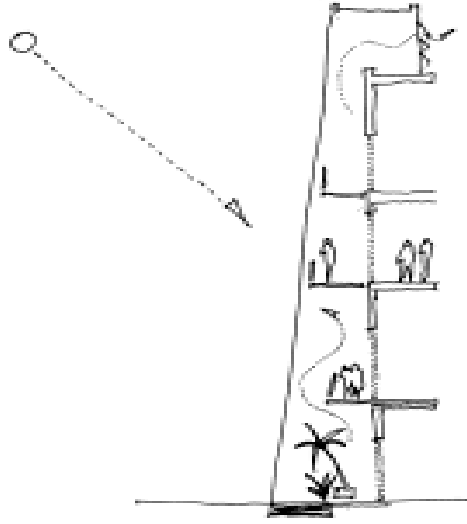
- Çift kabuk cephe sistemlerinin bileşenleri, işlevleri ve sınıflandırmaları analiz edilmiş,
- Isıl konfor modelleri ve standartlar yardımıyla iç mekan ısı konforunu etkileyen etmenler belirlenmiş,
- Bileşen farklılaşmasına dayalı cephe seçeneklerinin oluşturulmasında çift kabuk cephe sistemlerinin kullanıldığı ofis binaları incelenerek sıklıkla kullanılan cephe bileşenleri tesbit edilmiştir.

Benzetim programı kullanımı ile;

- cephe seçeneklerinin iç ortam ısı konforuna olan etkileri belirlenmiştir. Bu doğrultuda, aşağıda hangi amaçla kullanıldıkları kısaca açıklanan üç benzetim programından yararlanılmıştır:
 - ✓ DesignBuilder Enerji Benzetim Programı yardımıyla, cephe seçeneklerinin yer aldığı ofis hücrelerinde yer alan tampon bölge ve iç ortamın güneş ışınlamından kaynaklanan ısı kazançlarını belirlemek üzere “Işınım (radyasyon) yoluyla gerçekleşen ısı transferi hesabı” yapılmıştır.
 - ✓ Gambit 2.4.6 Sayısal Ağ Modelleme Programı, ofis binasının katı modellerinin ve sayısal ağlarının oluşturulmasında kullanılmıştır.
 - ✓ ANSYS Fluent 13 Çözdürücü Programı ile bir önceki aşamada oluşturulan katı modellerde yer alan cephe seçeneklerinin kullanıldığı ofis hacimlerinin, uygun hesaplama yöntemleriyle, iç yüzey ve iç ortam sıcaklık değerlerinin belirlenmesi için “İletim (kondüksiyon) ve taşınım (konveksiyon) yoluyla gerçekleşen ısı transferi hesabı ve ısı-akışkan analizi” yapılmıştır.

2. ÇİFT KABUK CEPHE SİSTEMLERİ

Aralarında belli bir mesafede hava boşluğu bulunan iki adet cephe sisteminden oluşan çift kabuk cepheler, günümüzde enerji etkinlik kaygısını taşıyan binalarda sıkça kullanılan bir çözüm oluşturmıştır. Çift kabuk sistemler, aynı zamanda bina cephesi boyunca devam eden kış bahçesi gibi de düşünülebilir (Şekil 2.1) [7].



Şekil 2.1 : Bina cephesi boyunca çift kabuk sistemler [8].

2.1 Tarihçe

1849’da, Jean-Baptiste Jobard, çift kabuk cepheleri mekanik olarak havalandırılan çoklu çeper cepheler şeklinde tanımlamıştır. Jobard çift kabuk cephelere ilişkin yaptığı tanımlamada kışın sıcak havanın, yazın da soğuk havanın iki cam çeper arasında nasıl hareket etmesi gerektiğini açıklamıştır. Çift kabuk cephe ilk kez Almanya, Giengen’de Steiff Factory’de 1903 yılında kullanılmıştır. Bu bina yapılırken amaç ve öncelikler, bölgenin soğuk iklim şartlarına ve sert rüzgarlarına dayanıklılık gösterecek ve doğal ışık alma oranını yükseltecek bir cephe yapmak olmuştur. Ortaya çıkan çözüm, ilk katı depo, 2. ve 3. katları ise ofis olmak üzere 3 katlı bir binadır. 1904 ve 1908 yıllarında yine çift kabuk cepheleri bulunan ek binalar yapılmıştır (Şekil 2.2), [9].



Şekil 2.2 : Steiff Factory, Almanya, Giengen [9].

1903 yılında Otto Wagner, Viyana’da Post Office Savings Bank’a yaptığı proje ile yarışma kazanmıştır. 1904 ve 1912 yıllarında iki kademeli olarak inşa edilen bu binanın, ana salonunda çift kabuktan oluşan bir ışıklığı mevcuttur (Şekil 2.3) [9].



Şekil 2.3 : Post Office Savings Bank, Otto Wagner, Viyana [10] ve Centrosoyus, Le Corbusieur, Moskova [11].

1920’lerin sonundan itibaren, çift kabuk cephe sisteminin gelişimini, mimari tasarımın görsel öncelikleri yönlendirmeye başlamıştır. Rusya’da, Mimar Moisei Ginzburg Narkomfin toplu konut binasında kullandığı şeffaf şeritlerde çift kabuk cephe sistemini denemiştir (Şekil 2.4). Le Corbusieur ise Moskova’da Centrosoyus isimli binada çift kabuk cephe sistemini kullanmıştır. Bundan yaklaşık bir sene sonra ise, Cite de Refuge ve Paris’te Immeuble Clarte binalarını aynı cephe sistemi ile tasarlamıştır [9].



Şekil 2.4 : Narkomfin Binası, Rusya [12].

1970’lerin sonlarına ve 1980’lerin başlarına kadar bu cephe sistemi, çok az gelişme göstermiştir. Uzun zamana yayılı ve kökeni endüstri devrimi ve artan nüfus ile

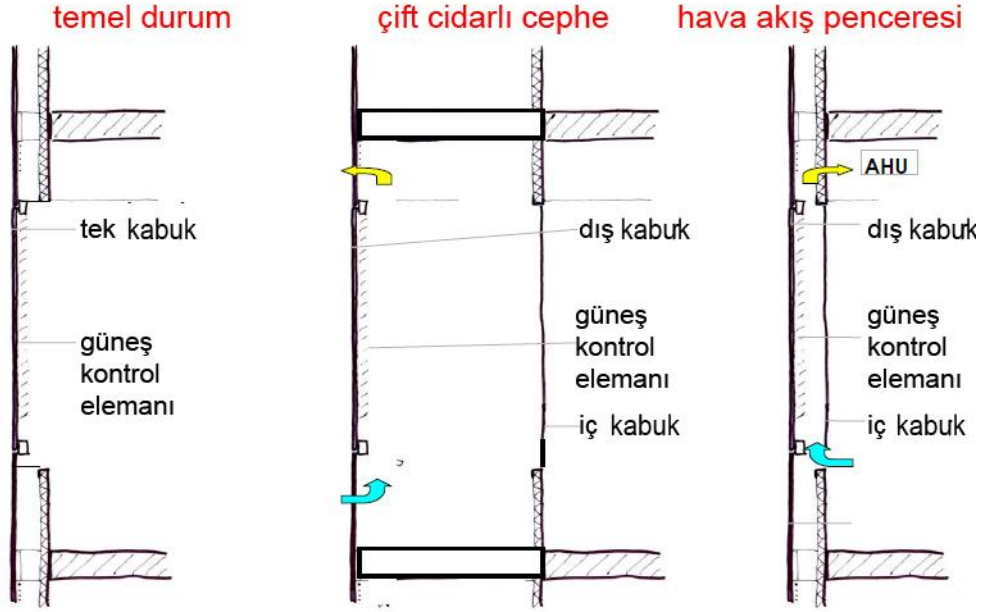
gelişen teknoloji olan binalarda mekanik sistem kullanımının artması sonucunda, dünya çapında harcanan enerji 1970’lerde petrol krizine sebep olmuştur. Binalarda ısı korunumu için enerji tüketimi ve havalandırmayı azaltma yoluna gidilmiştir ve bu da “Hasta Bina Sendromu (Sick building syndrome)” denen bir duruma yol açmıştır. Böylece pasif yöntemler tekrar önem kazanarak, ısıtma, soğutma ve havalandırmaya getirdiği pasif çözümler nedeniyle çift kabuk sistem önem kazanmıştır. 1980’lerde yaygınlaşan çift kabuk cephe sistemleri, 1990’larda artan çevre problemlerine bir çözüm olarak görülmüş ve gelişen teknolojinin yardımıyla başta yeşil binalarda olmak üzere yapı endüstrisinde daha da sık kullanılmaya başlanmıştır [13].

2.2 Çift Kabuk Cephe Sistemlerine İlişkin Tanımlar

Harrison ve Boake, “Çevreye Duyarlı Kabuğun İnşaat Bilgisi (Tectonics of the Environmental Skin)” adlı çalışmalarında, çift kabuk cephe sistemini “birbirinden hava koridoruyla ayrılmış bir çift cam kabuk” olarak tanımlamışlardır. Bu çalışmaya göre; cam kabuklar arasındaki hava tabakası aşırı ısınmaya, rüzgara ve sese karşı önlem olarak yalıtım sağlar. Güneş kontrol bileşenleri ise genellikle bu kabukların arasındaki bölümde bulunur. Bütün bu elemanlarla farklı kombinasyonlar elde edilebilir [14]. Çift kabuk cepheler, başka bir kaynakta ise “içerisindeki ya da dışarıdaki havanın sistem içerisinde dolaşmasını sağlayan iki ayırıcı düzlem veya bazen ikiz çeper” şeklinde tanımlanmıştır [15].

Sini Uuttu, çift kabuk cepheleri “genişliği 20 cm ile birkaç metre arasında değişen bir hava koridoru ile birbirinden ayrılan ve cephe boyunca devam edebilen veya bir kısmı boyunca kullanılabilir olan bir çift cam çeper” olarak tanımlamaktayken, kimi kaynaklarda da, çift kabuk teriminin tampon bölge bir cephe sistemini tanımlamak açısından uygun olduğu belirtilmektedir [9].

Çift kabuk cephelerde, tampon bölge, içerisinde bulunan güneş kırıcı elemanların ve kabukların bakımı için minimum 60 cm olmalıdır. İki tek veya çok katmanlı cam kabuk arasında genişliği 20 cm ile 60 cm arasında değişen tampon bölge bir cephe sistemleri için, “hava akış penceresi (airflow window)” terimi kullanılmaktadır (Şekil 2.5) [16].



Şekil 2.5 : Temel durum, çift kabuk cephe ve hava akış penceresi [16].

2.3 Çift Kabuk Cephe Sistem Bileşenleri

Çift kabuk cepheler, aralarında bir insanın dolaşabileceği genişlikte boşluk bulunan iki ayrı cam kabuktan oluşur. Çift kabuk sistemlerin tümünde rastlanan temel bileşenler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- 1- dış kabuk
- 2- ara boşluk (tampon bölge)
- 3- iç kabuk
- 4- güneş kontrol bileşeni [17].

Yüksek binalarda kullanılabilen ve çoklu bileşen prensibine dayanan bu cephelerde, temel olarak, dış kabuk; hava, rüzgar ve diğer dış ortam etmenlerine karşı koruyuculuk görevi üstlenirken; iç kabuk; yapma çevre ile aradaki boşluk yani tampon bölge arasında ilişki kurar [18].

2.3.1 Dış kabuk

Cephede koruyuculuk işlevi olan dış kabukta, daha çok kalınlaştırılmış (8, 10, 12, 15mm), lamine, temperli ya da özel güvenlik camları kullanılır. Ayrıca, berrak, düşük yayınlı (low E kaplamalı), renkli, filmli ya da güneş kontrol camları sistemin özelliklerine göre tercih edilebilir. Seçilen havalandırma tipine göre tek veya çift cam ünitesi kullanılabilir. Cephe, doğal veya karma havalandırma ile

çalışacaksa dış kabuk tek cam, mekanik havalandırmayla çalışacaksa çift cam üniteleri kullanılabilir. Seçilen havalandırma tipine göre açılabilen veya açılmayan üniteler bulundurur [13].

2.3.2 Tampon bölge

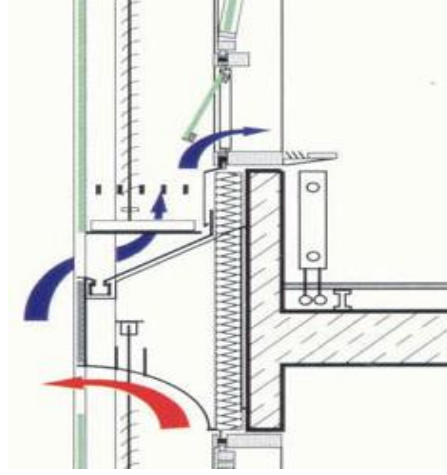
İki kabuk arasında yer alan tampon bölge, yapma çevrenin yeni dış ortamı olarak düşünülebilir ve iç ortam iklimlendirilmesini önemli ölçüde etkiler [8]. Tampon bölgenin, konfor koşullarını sağlamadaki etkisi, seçilen havalandırma tipi (doğal, fan destekli/cebri/karma, mekanik) ve 20cm-2m arasında değişen boşluk genişliği ile doğru orantılıdır [18]. Tampon bölgede, şeffaflık oranı yüksek olan kabuk performansının iyileştirilmesi için güneş kırıcı bileşenler yer alabilir. Güneş kırıcıların tampon bölgede yer alması, bakım ve temizliklerini kolaylaştırır ve dolayısıyla bu bileşenlerin performansını azaltan toz etkisi azaltılabilir. Boşluk genişliği cephe bakım ve temizliğini etkiler [19].

2.3.3 İç kabuk

İç cam ünitesi seçilirken, dış kabuk ve tampon bölge ile beraber karar verilir. Bu bileşende de istenen performansa bağlı olarak, berrak, düşük yayınlı (low E kaplamalı), renkli, filmlı, ya da güneş kontrol camları sistemin özelliklerine göre tercih edilebilir [4]. İç kabuk, sistemin uygulandığı yapının bulunduğu iklim bölgesinin özelliklerine göre %100 şeffaf olmak zorunda olmayıp, gerekli olan yerlerde ısı yalıtımı ile bütünlenmiş opak paneller biçiminde tasarlanabilir [18]. İç kabuk, yapma çevrenin yeni dış ortamı olan tampon bölgeyle ilişkisini belirleyen önemli bir bileşen olup, çift kabuk cephenin özellikle ısıl performansı üzerinde etkilidir. Todoroviç'e göre, iç ortamın konfor koşullarının sağlanmasında önemli bir kontrol parametresi olan iç yüzey sıcaklığının ve çift kabuğun yol açtığı ısı kayıp ve kazançlarının, dolayısıyla da çift kabuk cephenin ısıl performansının belirlenmesinde önemli bir rolü vardır [20]. Cephe fonksiyonu ve camlama tipine göre iç kabuğa bitişik olarak ısıtma radyatörleri eklenebilir (Şekil 2.6) [7].

2.3.4 Güneş kontrol bileşeni

Şeffaflık oranı yüksek olan çift kabuk cephenin sınırladığı iç ortamın ısı ve görsel performansı üzerinde önemli etkisi olan güneş kontrol bileşenleri genellikle tampon bölgede yer alır. Bu durum, güneş kırıcının bakım ve temizliğinin kolaylaşması ve



Şekil 2.6 : %100 şeffaf olmayan iç kabuğa bitişik ısıtma radyatörü [18].

toz / kire daha az maruz kalarak performans düşüşlerinin daha az yaşanması anlamına gelir. Ayrıca, tampon bölgede dış kabuk tarafından korunan güneş kırıcı, iç kabuğun da önünde yer aldığı için, güneş ışınları daha iç ortama girmeden yani kısa dalga boylu ışınlam, uzun dalga boylu ışınlama henüz dönüşmeden yansıtıldığından, yapma çevredeki ısı koşullar, güneş kırıcının iç ortamda bulunmasına göre iyileştirilmiş olur [4].

Güneş kontrol bileşeni seçiminde, bileşenin;

- bileşenin yüzey özelliklerinden yansıtıcılık katsayısı [4]
- açısı [4]
- birlikte kullanılacağı cam tipi ve
- çift kabuk sistemin havalandırma şekli

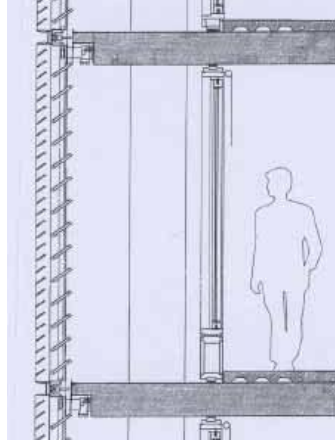
dikkate alınmalıdır [13].

Daha çok alüminyum lameller veya beyaz yansıtıcı tekstil malzemeleri ile oluşturulan güneş kontrol bileşenleri; sabit / hareketli, yatay / dikey, ve doğrudan kullanıcının veya bina otomasyonunu etkileyen sensörlerin kontrolünde olabilir [4].

Tampon bölgede, güneş kontrol bileşeni üç farklı biçimde konumlanabilir [4]:

- İç kabukta yer alan cam ünitelerinin önünde (Şekil 2.7)
- Dış kabukta yer alan cam ünitelerinin arkasında
- Tampon bölgenin ortasında

Şekilde, güneş kontrol bileşeninin dış kabukta yer alan cam ünitelerinin hemen arkasında kullanımı görülmektedir.



Şekil 2.7 : Güneş kontrol bileşeninin dış kabuğun hemen arkasında bulunması durumu [21].

Tampon bölgeye yerleştirilmiş olan güneş kontrol bileşenlerinin temizlik ve bakımları için; boşluk genişliği ve boşluk tipinin sürekli ya da kat bazında kesintili olup olmadığı önemlidir. Bina yüksekliğinde tampon bölgesi bulunan çift kabuk cephe sistemlerinde, her kata hizmet eden güneş kontrol bileşenlerinin temizlik ve bakımı için, döşemeyle bağlantılı olan ve tampon bölgede hava akışını kesmemek üzere delikli olarak tasarlanan yürüme platformları yer almaktadır. Kat döşemesine yakın kotlarda veya aynı kotta yerleştirilen bu platformlarda, çoğunlukla metal ızgara malzemesi tercih edilmektedir [9].

2.4 Çift Kabuk Cephe Sistemlerinin İşlevleri

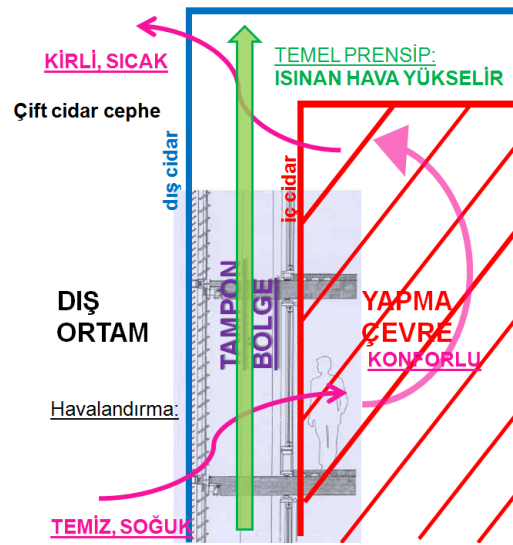
Çift kabuk cephe sistemlerinin işlevleri genel olarak aşağıdaki şekilde sıralanabilir [4, 9, 18, 19]:

- Havalandırma (doğal, karma, mekanik)
- Güneş ışıınımı kontrolü
- Doğal aydınlatma
- Gürültü kontrolü
- Yangın korunumu
- Temizlik ve bakım kolaylığı

- Kullanıcı kontrolü
- Güvenlik

2.4.1 Havalandırma

Çift kabuk cephelerin olumlu özelliklerinden biri, uygulandıkları yapıya havalandırma kolaylığı sağlamalarıdır. Bu özellikleri, çift kabuk cepheleri yüksek binalarda da yaygınlaştırmıştır (Şekil 2.8). Böylelikle binaların dış yüzeyi mimari anlamda ‘kabuk’ olmaktan çıkmış, nefes alıp veren bir ‘deri’ olarak tanımlanabilir hale gelmiştir [22].



Şekil 2.8 : Çift kabuk cephe sistemlerinde havalandırma.

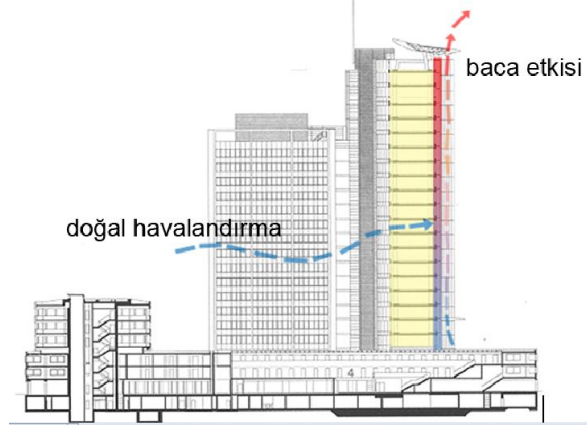
Bu cephe sistemlerinde havalandırma;

- doğal
- mekanik
- karma

olmak üzere üç farklı şekilde gerçekleştirilir.

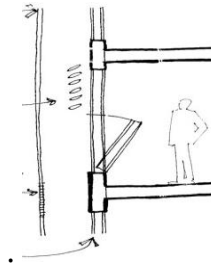
2.4.1.1 Doğal havalandırma

Tampon bölge, çift kabuk cephelerin uygulandığı yapılara atmosferik koşullardan kısmen yalıtılmış yeni bir dış ortam sağlamaktadır. İç ve dış kabukta düzenlenecek açılır kanatlarla doğal havalandırma sağlanabilir (Şekil 2.9) [23].



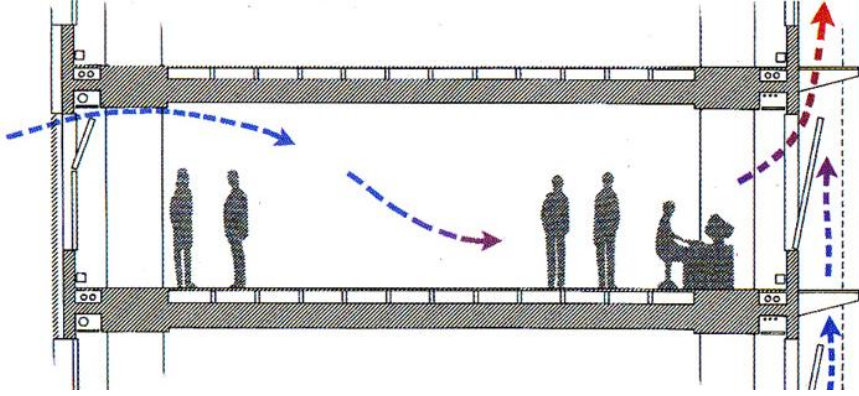
Şekil 2.9 : Çift kabuk cephe sistemlerinde baca etkisi ile havalandırma [24].

Doğal havalandırılmalı çift kabuk cephelerde, alt kottan alınan dış ortam havasıyla, iç ortama taze hava girişi sağlanır ve tampon bölgede ısınan havanın yükselmesi prensibine dayanarak üst kottaki açıklıktan iç ortamın kirli ve sıcak havası dış ortama atılır. Bu durum kaynaklarda “baca etkisi” olarak adlandırılmaktadır [25]. Tampon bölgede yükselerek üst kottan atmosfere karışan havadan ötürü alt kottaki “doğal bir çekiş bacası” vazifesi gören ızgaralı açıklıktan temiz ve serin hava alınır. Isınıp yükselen sıcak hava üst kottaki açıklıkta birikir ve üst kottan atmosfere karışır. Yani bu durumda, tampon bölgenin alt kotundaki açıklık negatif basınca sahip emme bölgesiyken; üst kottaki açıklık da pozitif hava basıncına sahip olup, kirli havanın birikerek dış ortama atıldığı bölgedir [18]. Baca etkisinin büyüklüğü, iç ve dış ortam sıcaklıkları arasındaki farka ve iç hava tabakasının tampon bölge içinde bulunduğu kota bağlı olarak değişir [26]. İç ortamla dış ortam arasındaki hava değişimi, cephe tabakaları arasındaki rüzgar kuvvetine ve hava hareketi hızına bağlı olarak gerçekleşmektedir (Şekil 2.10) [25]. Bu tip çift kabuk cephelerde tampon bölge genişliğinin belirli değerlerin üzerine çıkması halinde, iç ortam havalandırmasında tek etken olan rüzgarın iç ortama daha az etkide bulunması doğal havalandırmanın etkinliğinin ve iç ortam sıcaklık değerlerinin azalmasına neden olmaktadır [27].



Şekil 2.10 : İç ve dış kabukta bulunan açıklıklarla havalandırma sağlanması [28].

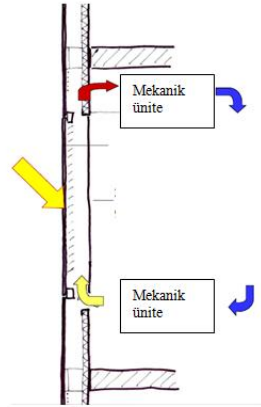
Çok katlı binalarda, örneğin 40. katta bir doğrama açılarak havalandırma yapılması halinde çift kabuk cephedeki tampon bölge sayesinde dış ortamda rüzgar, yağmur gibi iklimsel değişkenlerin etkisinden korunaklı bir biçimde doğal havalandırmadan yararlanılabilir (Şekil 2.11) [15].



Şekil 2.11 : Doğal havalandırmalı çift kabuk cephe - GSW Binası [29].

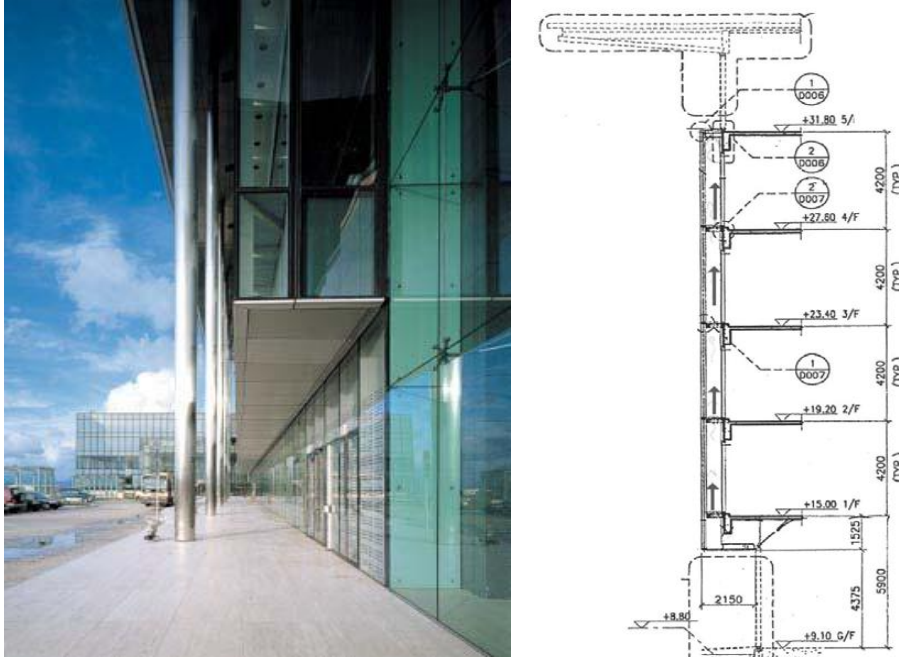
2.4.1.2 Mekanik havalandırma

Doğal havalandırmalı cephelerden farklı olarak, mekanik havalandırmalı cephelerde iki kabuk arasında iç mekanda mevcut olan hava dolaşır. Tampon bölgedeki hava mekanik olarak üstten emilerek içeride bir hava perdesi oluşturulur. Dış kabuk, ısı camlı olup dış etkenlere karşı koyar. İç cephe ise genellikle tek camlıdır [30]. Bu yöntemle havalandırılan çift kabuk cephelerde, tampon bölgedeki havanın iç ortam havasıyla değişimi söz konusu olduğu için, ısıtma mevsiminde tampon bölgede bulunan hava, kolektör vazifesindeki dış kabuğun gün içinde topladığı güneş ışınları sayesinde önceden hafif ısıtılmış şekilde iç ortama aktarılmakta ve bu ön ısıtma mekanik sistem maliyetlerini azaltmaktadır (Şekil 2.12) [17].



Şekil 2.12 : Mekanik havalandırmalı çift kabuk cephe [16].

Doğal havalandırmalı cephelere göre elektrik maliyeti daha fazla olmasına rağmen, tampon bölgede oluşturulan hava perdesi sayesinde cephenin soğutulması daha düşük maliyetlidir. Bu yolla, iklim bölgesine ve konstrüksiyon performansına bağlı olarak; soğutma yüklerinden %10 tasarruf sağlanabilir [30]. Mekanik havalandırmalı cephelerde “soğuk asma tavan” uygulamaları ile soğutma sağlanabilir [25]. Bu sistemlerde klima tesisatına gerek yoktur [30]. Şekil 2.13’te mekanik havalandırmalı bir cephe örneği verilmiştir.



Şekil 2.13 : Mekanik havalandırmalı çift kabuk cephe -Dragon Hava Ofisi Binası, Wong Tung & Partners [16].

2.4.1.3 Karma tip havalandırmalı cepheler

Özellikle ılıman iklim bölgelerinde yer alan binalarda kullanılan çift kabuk cephelerde, genellikle karma havalandırma sistemleri kullanılmaktadır. Karma sistemler, özellikle iç kabuktaki açıklıklarda iç ortamla tampon bölge arasındaki hava değişimini güçlendirmek ve hızlandırmak için konumlandırılan fanlardan yararlanan cebri sistemlerdir [17].

Karma havalandırma sistemli binalarda, çift kabukta hem doğal hem de yapay havalandırma uygulanabilir. Genellikle soğutma mevsiminde doğal havalandırma uygulanırken, kışın mekanik havalandırmadan yararlanılabilir. Binanın bulunduğu iklim bölgesinin özelliklerine göre geçiş mevsiminde, ısı kayıplarını azaltabilecek bir havalandırma tipi seçilir (Şekil 2.14) [25].

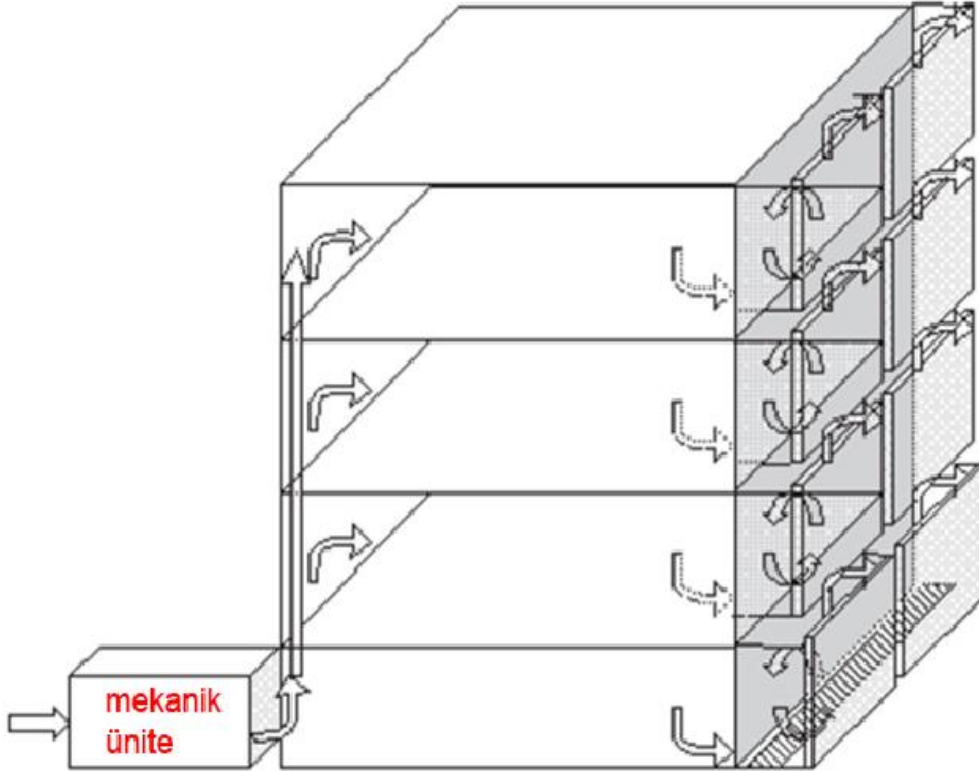


Şekil 2.14 : Karma havalandırmalı çift kabuk cephe/ Debi Tower, Renzo Piano, 1996, Berlin, Almanya [29].

Stec ve van Passen'in belirttiklerine göre (2001): Karma havalandırma sisteminin kullanıldığı binalarda, çift kabuk cephe sistemi havalandırma havasının ön ısıtıcısı olarak, havalandırma kanalı (kirli hava boşaltma kanalı) olarak, ön soğutucu olarak (özellikle gece soğutmasında) HVAC (Isıtma Havalandırma İklimlendirme – Heating Ventilation Air Conditioning) sistemine katkı sağlamaktadır. Enerji maliyetleri, doğal havalandırmalı sisteme nazaran daha düşüktür [13].

Havalandırma havasının ön ısıtıcısı olarak karma havalandırmalı çift kabuk cephe sistemleri, Stec ve van Passen'in 2001 yılında yaptıkları bir çalışmaya göre; ya tek başına ya da mekanik ünitelerle beraber ön ısıtıcı durumunda olabilir. Çift kabuk tek başına ön ısıtıcı işlevindeyken; tampon bölgeye alt kottan alınan temiz hava, her kata iç kabuktaki açıklıklar vasıtasıyla aktarılır. İç mekandaki kullanılmış hava da her katta döşemeye yakın alt kotlardan binadaki düşey şafta aktarılarak dış ortama atılır veya mekanik sistem ünitesine aktarılır (Şekil 2.15). Çift kabuğun mekanik ünitelerle beraber ön ısıtıcı olma durumunda ise, taze hava tampon bölgenin zemin kotundan alınır. Çift kabuktaki açıklıklar kapatılarak, taze hava çatı kotundaki HVAC ünitesine aktarılır. Burada kış koşulları için uygun sıcaklığa getirilerek iç ortama gönderilir.

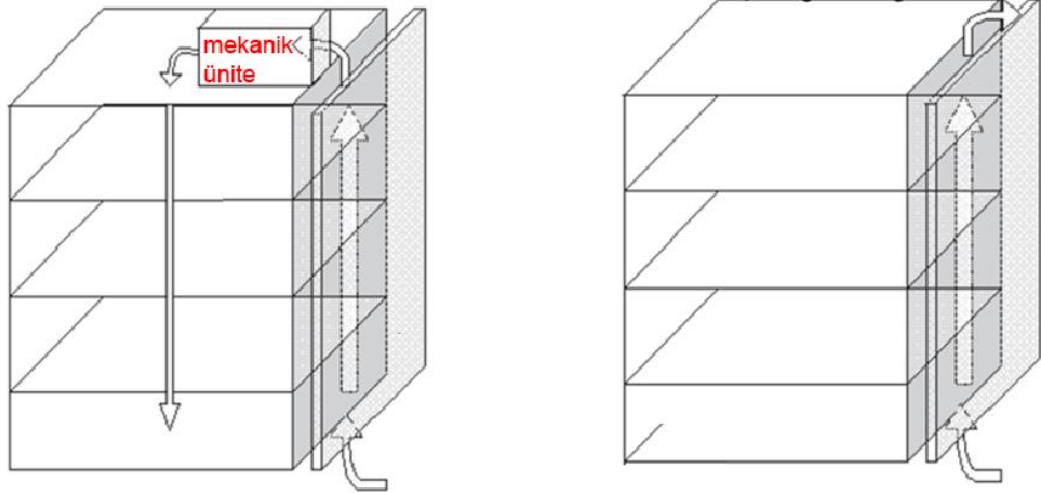
Çift kabuk cepheler, mekanik sistemlerin iç ortam iklimlendirilmesi için kullanıldığı binalarda, sadece kirli hava boşaltma kanalı olarak da çalışabilirler. Binanın alt kotunda bulunan mekanik sistemden koşullandırıldıktan sonra her kata aktarılan hava, iç ortamda kullanıldıktan sonra, kat bazında, tampon bölgeye alt kottan girip üst kottan atılır. Bu tip sistemlerde, çift kabukta kat bazında hava giriş ve çıkış menfezleri bulunmalıdır. Dolayısıyla çift kabuk, koridor, kutu pencere veya shaft sistem olabilir (Şekil 2.17) [13].



Şekil 2.17: Çift kabuk sistemin kirli hava boşaltma kanalı olarak çalışması durumu [13].

Ön soğutucu olarak (özellikle gece soğutmasında) karma havalandırmalı çift kabuk cephelerde, Stec ve van Passen ‘in belirttiklerine göre (2001); yaz durumunda cephenin alt kotundan dış ortamın taze havası alınır. Çift kabuktaki açıklıklar kapatılarak tampon bölgedeki hava, çatı kotundaki HVAC ünitesine yönlendirilir. Burada koşullandırılan hava, iç ortama aktarılır [13].

Ayrıca, gece saatlerinde çift kabuk üzerindeki tüm açıklıklar açılarak, “gece soğutması (night cooling)” olarak adlandırılan pasif soğutmadan da yararlanılabilir (Şekil 2.18) [13].



Şekil 2.18 : Çift kabuğun ön soğutucu olma durumu [13].

2.4.2 Güneş ışıınımı kontrolü

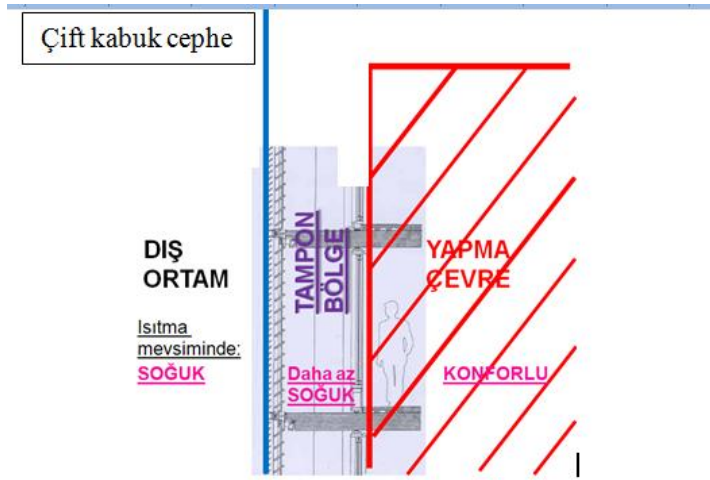
Çift kabuk cephelerde; tampon bölge, havalandırma açıklıkları güneş kontrol bileşenleri ve cam tipi özellikleri güneş ışıınımı ndan kaynaklanan ısının kontrolünde etkilidirler.

2.4.2.1 Tampon bölge

Cepheye gelen güneş ışıınımının bir kısmını emen tampon bölge, dış ortama göre kışın sıcak, yazın ise soğuktur. Atmosferle bina arasında yer alan tampon bölge, dev bir çift cam vazifesi görür [18]. Bu bölge, bina ile dış ortam arasında yeni bir iklim alanı oluşturan bir yalıtım tabakası olarak da düşünülebilir.

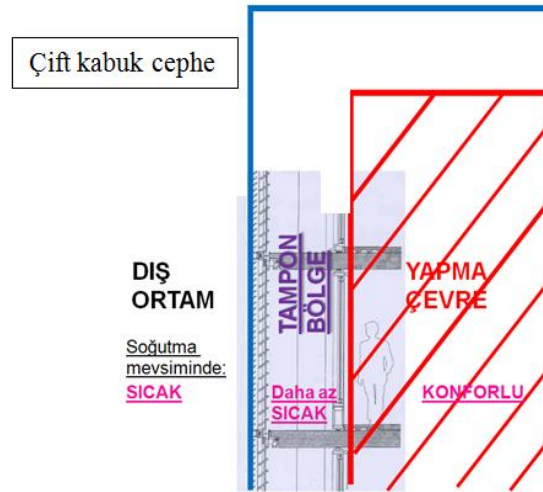
Tampon bölge sayesinde, konfor koşullarının değerlendirilmesinde önemli bir etken olan iç yüzey sıcaklığının optimuma yakın tutulması söz konusudur. Isıtma mevsimi koşulları gözönüne alındığında; tampon bölgede taşınım (konveksiyon) yoluyla ısınan hava yükselirken hava hareketi hızı düşük olduğundan ve sıcaklık dış ortama göre daha fazla olduğundan, iç kabuk yüzeyindeki ısı transferi hızı da düşüktür. Bu durum iç yüzey sıcaklığının yükselmesine, iç ortamla iç yüzey sıcaklığı arasındaki farkın azalmasına ve yapma çevre konfor koşullarının mekan sınırlarına yakın alanlarda da sağlanmasına katkıda bulunur (Şekil 2.19).

Soğutma mevsiminde ise, dış kabuktaki açıklıklardan tampon bölgeye alınan havanın yükselişi sırasında, iç kabuğa temasıyla beraber iç kabuğun yüzey sıcaklığını azaltıcı



Şekil 2.19 : Tampon bölge – ısıtma durumu.

bir etki yapar. Böylece iç kabukta daha düşük yüzey sıcaklıkları elde edilir ve iç mekana dış ortamdan geçen ısı miktarı azalır. İç mekan fazla ısınmadığı için, soğutulması amacıyla harcanması gereken enerji miktarı azalır (Şekil 2.20) [4].

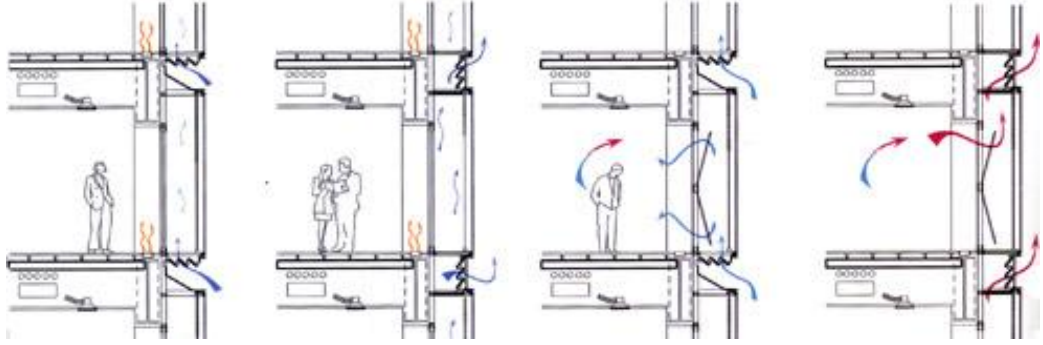


Şekil 2.20: Tampon bölge - soğutma durumu.

2.4.2.2 Havalandırma açıklıkları

Kışın dış kabuktaki havalandırma açıklıklarının kapatılması ile ara boşluktaki havanın güneş ışınları ile ısınması sağlanarak ısı kayıpları azaltılır. Yazın dış ve/veya iç kabukta havalandırma boşlukları açılarak binanın iki kabuğu arasındaki boşluk dev bir baca haline dönüştürülür (Şekil 2.21) [18]. Bu temel bir fizik prensibi olan, ısınan hava yükselmesi ile sağlanır. Özellikle yaz gecelerinde, çift kabukta yer alan açıklıklardan yararlanılarak “gece soğutması (night cooling)” yapılabilmektedir [9].

Aynı prensipten, sadece soğutma yüklerinin azaltılmasında değil doğal havalandırma amacıyla da kullanılabilir.



Şekil 2.21 : Kışın ve yazın iç ve dış kabukta yer alan havalandırma açıklıklarının durumu [31].

2.4.2.3 Güneş kontrol bileşenleri

Güneş kontrol bileşenlerinin yüzey özellikleri, yansıtıcılık katsayıları ve açıları performansları ve işlevleri üzerinde etkilidir. Bu bileşenler, ısıtma mevsiminde yatık gelen güneş ışınlarını iç mekana yönlendirerek binanın güneş ısı kazancında artış sağlarlar. Ayrıca soğutma mevsiminde de uygun açıyla yerleştirildiklerinde aşırı ısınmayı önlemektedirler [15].

2.4.2.4 Cam tipi

Seçilen cam tipine bağlı olarak, çift kabuk cephenin ısı enerji performansı değişmektedir. Örneğin; iç kabukta ısı ve güneş kontrol kaplamalı yalıtım camı ünitelerinde düşük güneş enerjisi toplam geçirgenliği değeri ile soğutma yüklerini azaltır. Kullanılacak cam tipinin seçiminde güneş ışıınımı kontrolü açısından dikkate alınacak faktörler; toplam ısı geçirme katsayısı (U değeri), ısı geçirgenlik direnci ve güneş ısı kazanç katsayısıdır.

Isı geçirme katsayısı (U değeri); bir yapı elemanı kesidinde meydana gelen ısı akışının miktarıdır ve enerji etkin camlama sistemlerinde temel tasarım kriterlerinden biri, tüm kabuk yapı elemanlarında istendiği gibi pencerelerde de düşük U değerinin sağlanmasıdır [32].

Isıl geçirgenlik direnci (R değeri); belirli kalınlıktaki bir yapı bileşeninin karşılıklı iki yüzeyinin sıcaklıkları arasındaki fark 1K derece olduğunda, bir saniyede, 1m² alandan iletim yoluyla geçen ısı miktarına gösterdiği direnç olarak tanımlanmaktadır

[33]. Bu değer, U değerinin aritmetik olarak tersidir. Dolayısıyla, R değerinin yüksek olması, yapının enerji etkinliği için istenen bir durumdur [34].

Güneş ısısı kazanç katsayısı (SHGC değeri); ASHRAE Handbook 1997’de belirtildiği gibi, cepheye gelen direk güneş ışıınımı kazancı ile yutulan ve geri yansıtılan ışıınımları bir arada içermektedir [35]. Güneş ısısı kazanç katsayısı (SHGC değeri), camlama sisteminden geçen güneş ışıınının yüzde olarak değeridir. Bu değerin düşük olması, kesitten daha az güneş ısısı iletildiği ve gölgeleme yeteneğinin yüksek olduğu anlamına gelir [34].

Yukarıda bahsedilen özellikler dikkate alınarak ısı performansını iyileştirilmiş camlama sistemleri geliştirilmiştir. Bunlar [34]:

- ısı yalıtım özelliğinin geliştirilebilmesi için birden fazla cam panelin kullanıldığı ve bu panellerin aralarında bulunan boşluk mesafesinin, havanın taşınım yoluyla ısı iletimine izin vermediği değer olan 2.5cm’in altında olduğu camlama sistemleri
- cam panoların aralarında yer alan boşluklarda; hava yerine ısı tutuculuk değeri daha fazla olan helyum, argon, freon, neon gibi asal gazların kullanıldığı gaz dolgulu camlama sistemleri
- taşınım yoluyla ısı geçişini azaltıcı etkisi olan kauçuk, polimer veya silikon esaslı cam tutucuların kullanıldığı sistemler

Camlama sisteminin yanısıra, kullanılan cam tipinin performansı da yapılarda enerji etkinliğini sağlamak için önemlidir. Mevcut uygulama örneklerinde en çok kullanılan cam tiplerinden biri düşük yayımlı (low-e) cam sistemidir. Bu cam sisteminin ismi olan ‘low-e’ kelimesindeki, ‘e’ İngilizcede ‘emissivity’ sözcüğünden gelir. Bu değer, bir yüzeyin radyasyon yoluyla ısıyı yansıtma ya da yayma yeteneğinin bir ölçüsüdür. Düşük yayınım değeri, camlama sisteminden yayılan ısı miktarının düşük olması, yani ışıınım yoluyla meydana gelen ısı hareketinin kısıtlanması anlamına gelir. Yayınım, U değeriyle ölçülür ve düşük olması yapı kabuğunun şeffaf kısmını ısı hareketine daha dirençli hale getirir. Low-e film katmanı, cam sisteminin ‘görsel ilişki kurma’ performansını etkilemez, çünkü şeffaftır. Low-e film katmanı, ısı radyasyonu yansıtıcı, fakat görünen ışığı geçirici yüzey özelliklerine sahiptir [36].

Farklı iklim bölgelerinde yapıdaki ısıtma ve soğutma ihtiyacı değiştiiğinden dolayı camlama sistemindeki low-e film katmanının konumu da değişir. Soğuk iklimlerde,

low-e film katmanı, çift camlı sistemlerde iç camın dış yüzüne konur. Bu konumlama dışarıdan güneş ışınımının camlama sistemine girmesini, dolayısıyla yapıya ısı kazancını sağlarken; iç ortamda oluşmuş ısı düşük yayılım ve yüksek yansıtıcılık değeri bulunan kaplama sayesinde dış ortama geri yansıtılır. Sıcak iklimlerde de dış camın iç yüzüne konarak, yapıya dış ortamdan güneş ışınımıyla ısı girişini engelleyerek aşırı ısınmayı önler [34].

Yüksek yalıtım teknolojili (High Insulation Technology- HIT) camlama sistemleri yapılarda ısı kayıplarını azaltarak enerji etkinliği arttırmaktadır [15].

2.4.3 Doğal aydınlatma

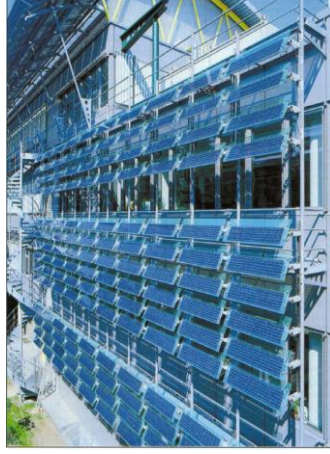
Çift kabuk cephe sistemleri, şeffaflık oranı yüksek olan cephelerdir. Çift kabuk cephe ile; cam yüzey alanındaki artış doğal aydınlatma imkanını da arttırmıştır. Böylece, mekan derinliğinde sağlanan artışla birlikte, günışığından maksimum derecede yararlanılarak yapay aydınlatma maliyetlerinin azaltılması da mümkün olmuştur [23]. Bu sistemlerde kullanılan, çoğunlukla yatay olarak seçilen ve açılar otomasyona ve/veya kullanıcı kontrolüne bağlı olarak değiştirilebilen güneş kırıcı bileşenler sayesinde günışığı kontrolü gün içinde sağlanmaktadır. Ayrıca, kamaşmanın önlenmesi ile iç ortamdaki görsel konfora katkı sağlanması da söz konusudur (Şekil 2.22) [4].

Çift kabuk cephe sistemlerinde, renkli cam kullanımı, camı kumlama, asitleme gibi yüzey işlemlerine tabi tutarak yansıtıcılık değerini arttırmak, ince film katmanlı camların kullanılması veya anahtarlanabilir camlama (elektrokromatik cam, gazokromik, hidrokromik cam, termokromik veya termotropik cam, fotokromik cam) ile performans iyileştirilebilir. Yazın aşırı ısınma, camların emicilik ve yansıtıcılık değerlerinin optimize edildiği ışıksal seçici (spectrally selective) camlarla önenebilir [32].

2.4.4 Gürültü kontrolü

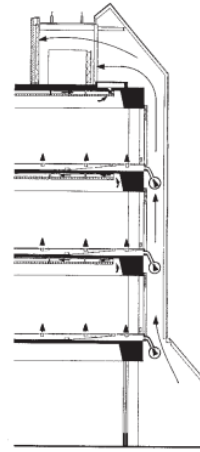
Sistemde yer alan “tampon bölge” sayesinde, dış ortam kaynaklı gürültüler, kullanılan cam tipi, camlama sistemi ve bağlantı detaylarına bağlı olarak büyük ölçüde yalıtılabilir. Ses dalgalarının geçişini; önce dış kabuktaki, sonra da iç kabuktaki cam üniteleri azaltmakta ve ses yalıtım değeri olan camlama sistemi uygulanırsa, dış kaynaklı gürültü düzeyi önemli ölçüde azaltılabilmektedir. Daha çok

ofis binalarında kullanılan çift kabuk cephe sistemlerinden, katlar arasındaki ses geçişini azaltmada yararlanılabilir [9].



Şekil 2.22 : Dış kabukta güneş kırıcı işlevli cam lamellerden oluşan çift kabuk cephe örneği [16].

İşlek trafik arterlerine yakın konumlu ticari binalarda; ortalama 80 dB dış ortam gürültü düzeyinde 50-55 dB'lik bir yalıtım ile iç mekanda yeterli konforun sağlanması mümkün olabilmektedir. Havalimanına yakın olarak konumlandırılan ve işlek bir caddeye cephesi olan Briarcliff House Ofis Binası'nda dış kaynaklı gürültü düzeyini azaltmak için, zemin kat hariç bina yüksekliği boyunca devam eden çift kabuk cephe sisteminden yararlanılmıştır (Şekil 2.23) [4].



Şekil 2.23 : Briarcliff House Ofis Binası [4].

2.4.5 Yangın korunumu

Çift kabuk cephe sistemlerinde yer alan tampon bölge sayesinde dış ortam kaynaklı yangının iç ortama ulaşması büyük ölçüde engellenebilir. Ayrıca, seçilen çift kabuk cephe sistemi tipine göre yangının kattan kata yayılması da engellenebilmektedir [9].

2.4.6 Temizlik ve bakım kolaylığı

Çift kabuk cephe sistemlerinde, dış kabuğun oluşturduğu korunaklı bölge ve kat hizalarında bulunan yürüme yolları sayesinde, sistem bileşenlerinin temizlik ve bakımları kolaylaşmaktadır [9]. Camların ve güneş kontrol bileşenlerinin performanslarında düşüş yaratan önemli etkenlerden biri, yüzeylerinde biriken toz ve kirin; yansıtıcılık, renk gibi yüzey özelliklerini değiştirmesidir [4]. 1981 yılında NewYork'ta yapılan çift kabuk cephe sisteminin kullanıldığı çok katlı bir ofis binası olan Occidental Kimya Merkezi Binası'na (Occidental Chemical Center) yapılan bir inceleme gezisinde; dış kabuk camlama sisteminin yalıtım ünitelerinde meydana gelen bozukluklar ve bazı kırık cam üniteleri nedeniyle, tampon bölgenin dış ortamla etkileşim içine girdiği, tampon bölgede yer almasına rağmen yansıtıcılık kazandırmak için beyaz renge boyanmış alüminyum yatay güneş kırıcı lamellerin üzerinde tozlar biriktiği ve bu nedenle iç ortamdaki ofis kullanıcılarının görsel açıdan konforsuzluk yaşadıkları kaydedilmiştir (Şekil 2.24) [37].



Şekil 2.24 : Beyaz renkli güneş kırıcı lamellerin üzerinde biriken toz- Occidental Chemical Center [37].

2.4.7 Kullanıcı kontrolü

Çift kabuk cephe sistemlerinde, iç ve dış kabukta yer alan havalandırma açıklıkları ve güneş kontrol bileşenleri; sıcaklık, ışık gibi çeşitli fiziksel parametrelere duyarlı sensörlere bağlı bina otomasyon sisteminin yanı sıra kullanıcı kontrolünde de olabilir [38]. Bunun en büyük faydası, iç ortamda konfor koşullarının doğrudan kullanıcılar tarafından kontrol edilebilmesidir. Ayrıca, bu durum, otomasyon sisteminde meydana gelebilecek olası aksaklıklar durumunda, kullanıcı konfor koşullarının sağlanmasında da etkilidir [39].

2.4.8 Güvenlik

Çift kabuk cephe sistemlerinde, iç ve dış ortamı ayıran tampon bölge ve ikinci kabuk sayesinde, kullanıcılar iç pencereleri açarken çeşitli dış ortam tehlikelerinden korunmuş olurlar. Bu cephelerde, açılabilir pencerelerin önünde metal çubuklar kullanmak yerine, bu pencereleri koruyan ve üzerinde sadece sınırlı boyutlarda hava giriş ve çıkış deliklerinin bulunduğu sürekli cam tabakaları mevcuttur. Bu tabakalar, seçilen havalandırma tipine göre çift cam olabildiği gibi, kalınlaştırılmış, lamine veya güvenlik camı da olabilir. Ayrıca derin cepheler, kullanıcıda psikolojik olarak güvenlik hissini de pekiştirir [23].

2.5 Çift Kabuk Cephe Sistemlerine İlişkin Sınıflandırmalar

Çift kabuk cephe sistemlerini; boşluk geometrisine, havalandırma yöntemine ve havalandırma modlarına göre sınıflandırmak mümkündür [7, 13].

2.5.1 Boşluk geometrisine göre çift kabuk cepheler

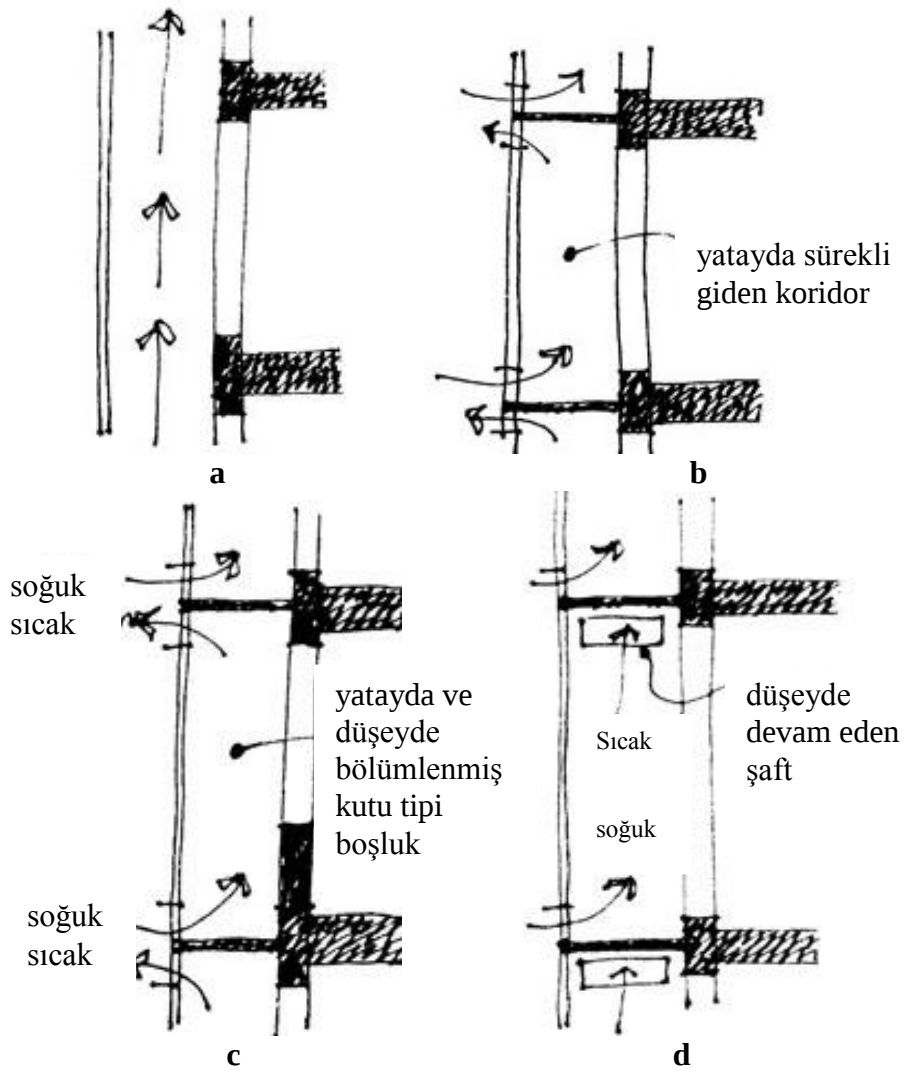
Cephenin tampon bölgede yapılan bölümlenmelere göre değerlendirildiği bu sınıflandırmaya göre, çift kabuk cephe sistemleri; bina yüksekliğinde, kat yüksekliğinde (koridor), kutu pencere ve şaft tipi olmak üzere dört grupta toplanabilir. (Şekil 2.25) [7, 13].

2.5.1.1 Bina yüksekliğinde çift kabuk cephe

Çift kabuk arasındaki tampon bölgede yatay ve düşey bölücü olmayan, bina cephesi boyunca devam eden sürekli bir tampon bölgesi olan sistemlerdir (Şekil 2.25). Bu tip cephelerde, tampon bölgede istenen havalandırma, genellikle zemin ve çatı hizalarındaki açıklıklardan sağlanır [14].

Tampon bölge bina cephesi boyunca devam ederek dış ortamla iç ortam arasında iyi bir ses yalıtımı sağlar. Fakat; çift kabuk arası boşluk, cephe boyunca sürekli olduğundan katlar arasında ses geçişleri risk yaratır. Bunu önlemek için, iç kabukta ses yalıtım değeri uygun camlama sistemleri kullanılabilir [13].

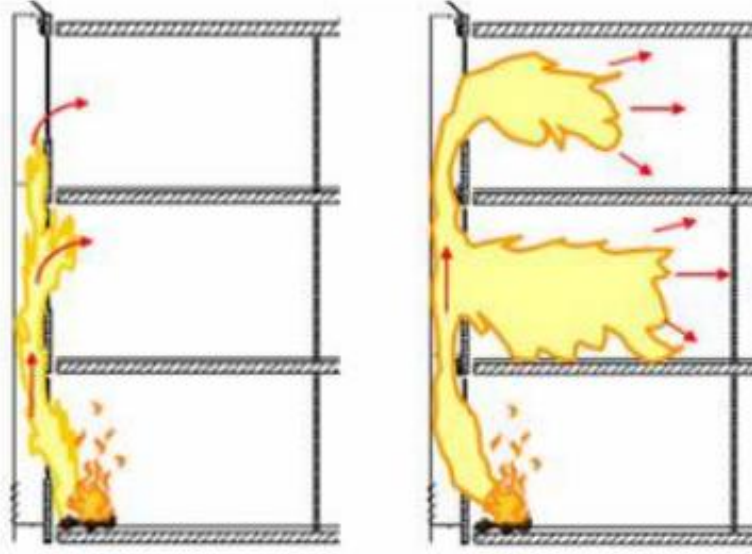
Tampon bölgenin alt kotunda yer alan açıklıktan içeri giren, alt katlarda kullanılarak ısınan ve tekrar tampon bölgeye aktarılan hava, üst katlarda iç ortama aktarılan havayla karışır [40]. Yani üst katlara ulaşan havanın çoğu, alt katlarda kullanılmış ve



Şekil 2.25 : Boşluk geometrisine göre çift kabuk cepheler [13].

ısınmış havadır. Dolayısıyla bu sistem, üst katlarda aşırı ısınma etkisinin oluşması ve yaz aylarında soğutma maliyetlerinin artmasına sebep olabilir. Yaz aylarında, üst katlarda, iki kabuk arasında ısındıkça yükselen hava nedeniyle pencere ile havalandırma yapılamaz. Bu tip çift kabuk cephe sistemlerinin 4-6 kata sahip binalarda uygulanması verimlidir [13].

Yangın ve dumanın kattan kata yayılması söz konusu olduğu için, tampon bölgede kat hizalarında özel önlemler almak ve cephe sisteminin yangın dayanımını sağlamak gerekir (Şekil 2.26) [13]. Yangın sırasında yatay pozisyona geçebilen jaluzilerden oluşan bir dış kabuk ile alevin katlara yayılması önlenabilir [39].



Şekil 2.26 : Bina yüksekliğinde çift kabuk cephelerde yangın yayılımı [39].

Bina yüksekliğindeki çift kabuk cephelerde, bölünmemiş ve etkin havalandırma sağlanması tampon bölgelerin geniş olarak tasarlanması ile mümkün olur [39]. Böylece, bu alanlar bina için ilave bir kullanım alanı sağlarlar. Bölünmemiş tampon bölge, çift kabuk cephe sistemlerinin sıklıkla tercih edildiği ofis binalarında, kafe, oturma ya da dinlenme alanı gibi mekanlar olarak işlevlendirilebilir. Bu alanlara yerleştirilen bitkiler, havayı filtreleme, nemlendirme amaçlı veya gölgeleme ekipmanı olarak kullanılabilir [41].

2.5.1.2 Kat yüksekliğinde çift kabuk cephe

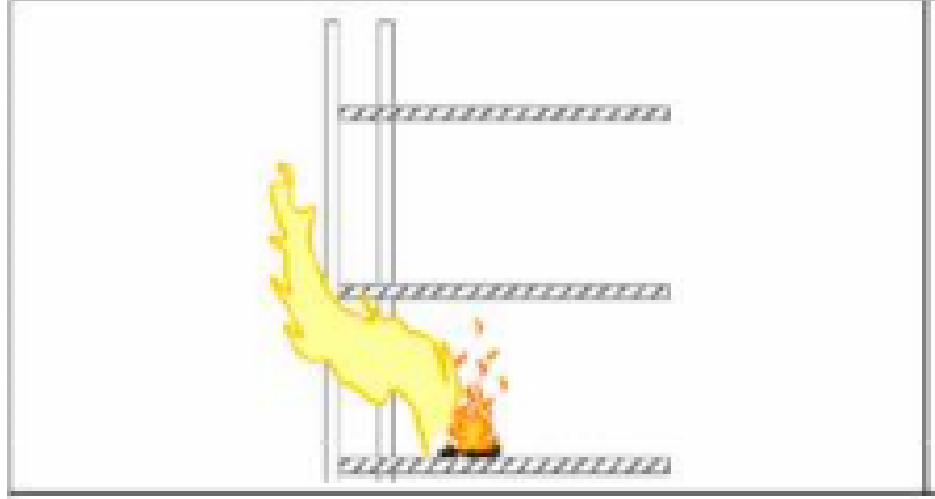
Çift kabuk cephelerin en çok kullanılan çeşitlerinden biri olan kat yüksekliğinde çift kabuk cepheler, tampon bölgenin yatay bölünmesi ile elde edilirler (Şekil 2.25). Tampon bölgeye hava girişi, kat döşemesinin alt noktalarındaki, hava çıkışı ise kat döşemesinin üst noktalarındaki açıklıklardan sağlanır [14].

Tampon bölge, kat bazında bölümlendiğinden ötürü, her kat kendi içinde havalandırılabilir. Bu da, üst kotlara kullanılmış havanın ulaşmasını ve dolayısıyla aşırı ısınma etkisini ortadan kaldırır [42]. Hava giriş ve çıkış yolları kısa olduğu için havalandırma kolaylığı sağlanır. Ayrıca hava giriş-çıkışlarının üst üste veya şaşırtmalı olarak düzenlenmesi, atık havanın devreye girmesini engeller [38].

Dışa doğru ve katlar arasında iyi bir ses yalıtımı sağlanır [39]. Bununla birlikte, kat çevresini dolaşan ara bölge, aynı katta yer alan mekanlar arasında ses iletimine izin

verebileceğinden, iç kabuğun bu etkiyi azaltabilecek şekilde tasarlanması gerekir [41].

Yatay ve düşey izolasyon yoluyla cephede yangın bölümleri birbirinden ayrılır (Şekil 2.27). Ayrıca kat içinde sürekli devam eden bir yatay hacim oluşmaması için, tampon bölge kat içinde birkaç mekanı kapsayacak biçimde de bölümlenebilir. Bu durum, yangın esnasında, alevlerin mekanlar arasında yayılımını azaltan bir faktördür [17].



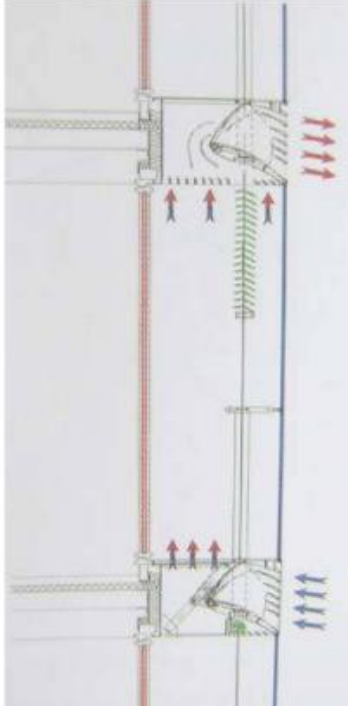
Şekil 2.27 : Kat yüksekliğinde çift kabuk cephelerde yangın yayılımı [39].

Kat yüksekliğindeki çift kabuk cepheler, farklı havalandırma modlarına dönüştürülebilme potansiyeli yüksek olan cephe sistemleridir [42]. Bu tür cepheler:

- İç kabuk pencereleri kapalıyken, kat seviyelerindeki havalandırma delikleri açıldığında dış hava perdesi modunda,
- İç kabuk pencereleri ve havalandırma delikleri eş zamanlı açıldığında, hava sağlama ve hava boşaltma sistemi modunda,
- İç kabuk pencereleri ve havalandırma delikleri eş zamanlı kapatıldığında, statik tampon bölge modunda kullanılabilirler.

Bu da kat yüksekliğinde cephelere, iklime göre farklı çalışabilme ve dış koşullara göre istenen sisteme uyarlanabilme özelliği kazandırır [17].

Şekil 2.28’de 1997’de Düsseldorf’ta yapılmış Stadttor İş Merkezi’nin kat yüksekliğindeki çift kabuk cam cephesi görülmektedir.



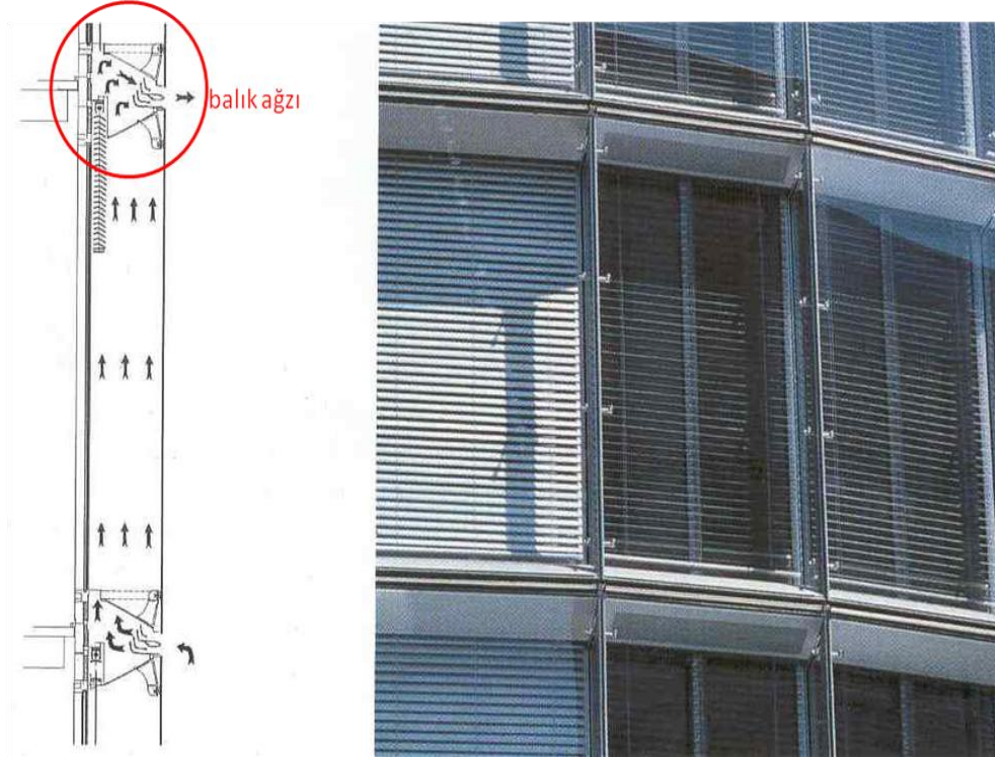
Şekil 2.28 : Stadttor İş Merkezi, Düsseldorf [29].

2.5.1.3 Kutu pencere çift kabuk cephe

Kutu pencere tipi çift kabuk cepheler, tampon bölgenin yatay ve düşey bölümlenip bağımsız ve küçük kutular olarak çalıştığı cephe sistemleridir (Şekil 2.25). Tampon bölge her kat bazında yatay olarak ve her modül bazında dikey olarak havalandırılmaktadır. Hava giriş ve çıkış açıklıklarının her katta yer alması sayesinde etkin doğal havalandırma sağlanabilir [40]. Atık havanın bir üst katça kullanılmasının önlenmesi için her katın hava giriş açıklığının, bir alt katın hava çıkış açıklığıyla üst üste gelmesinin önlenmesi, yani hava giriş ve çıkış açıklıklarının kat ve modül bazında şaşırtılması gerekmektedir [38].

Kutu pencere tipi çift kabuk cephe sisteminin kullanıldığı Almanya'daki RWE Yönetim Binası için, 'balık ağzı' denen özel bir pencere çerçevesi tasarlanmıştır. Bu pencere, katlar arasında yer alan, hava giriş ve çıkışını sağlayan özel deliklere sahiptir (Şekil 2.29) [39].

Balık ağzı içine alınan hava, çift kabuk içinde ısıtılır ve yükselen hava yakındaki balık ağzı pencere çerçevesinden dışarı atılır. Dışarı atılan kirli havanın bir üst kattan geri emilmemesi için, balık ağızlarının yönü şaşırtılmalıdır. Bu sistem, yangının diğer katlara yayılmasını da önlemektedir [38].



Şekil 2.29 : RWE Yönetim Binası, 1991-97, Overdiek & Partners, Almanya [38].

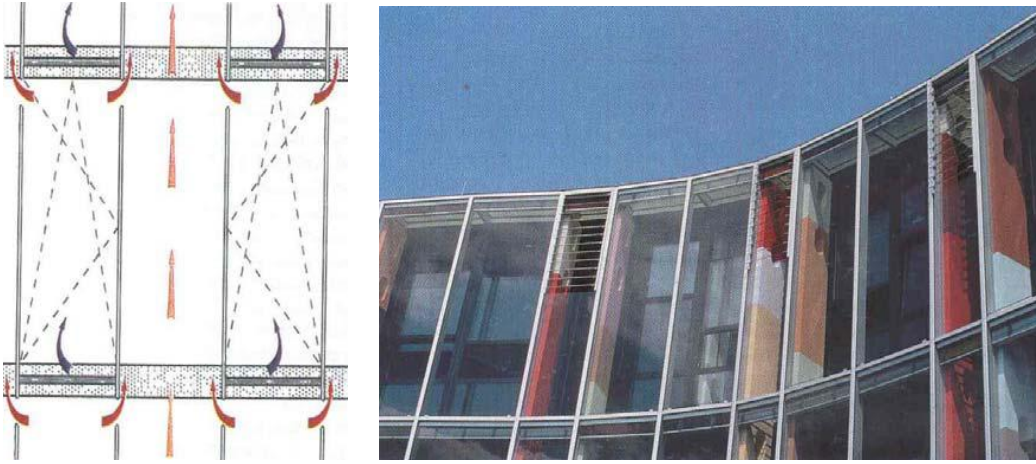
2.5.1.4 Şaft tipi çift kabuk cephe

Şaft tipi çift kabuk cepheler, kutu pencere cephe birimlerinin, bina yüksekliği boyunca devam eden hava bacalarına yani düşey şaftlara bağlandığı cephe sistemleridir (Şekil 2.25) [17]. Şaftlar havalandırmayı hızlandıran ve kolaylaştıran baca etkisini (stack effect) artırır. Sistemde, boşlukta ısınarak yükselen hava düşey şaftlara alınır ve şafta alınan hava yükselmeye devam ederek, yapının üst noktalarından dışarıya atılır [39].

Şaft tipi cephe sisteminde havalandırma bölümlerinin kullanılması ile; cephenin her bölümünde baca etkisi yaratılarak doğal havalandırma olanaklarının artırılması söz konusudur. Yani, temel prensip olarak, şaft tipi çift kabuk cepheler, bina yüksekliğinde çift kabuk cephe ve koridor tipi çift kabuk cephelerin çalışma sistemlerinin bileşkesi olarak düşünülebilir (Şekil 2.30) [39].

Sistemdeki modülerlik ve tekrarlanan üniteler; inşa kolaylığı ve ekonomiklik sağlar [13]. Dışa doğru daha iyi ses yalıtımı sağlanır. Fakat, mekanlara özgü cephe modülleri olmasına rağmen şaft borularında ses oluşur, ve kattan kata yayılır. Bu durum şaft borularında alınan yalıtım önlemleriyle giderilebilir. Hava tahliye

kanalları ve hava deliklerinin tespiti zordur. Kanallardaki basınç azken, hava tampon boşluğuna geri kaçabilir. Kanal ağzlarına konulan mazgallarla veya istenen hava akımının tersi yönündeki hava hareketini önleyen damper adı verilen küçük hava kapakçıklarıyla, boşluğa kontrollü hava alımı sağlanabilir [42]. Yangın durumunda, birçok kata hava tahliye kanalından duman yayılabilir. Baca etkisi sınırlı bir yükseklik gerektirdiği için, şaft tipi çift kabuk cepheler az katlı binalar için uygundur [13].



Şekil 2.30 : Şaft Giydirme Cephe Sistemi Kesit ve Görünüşü, Photonics Centre, Berlin [4].

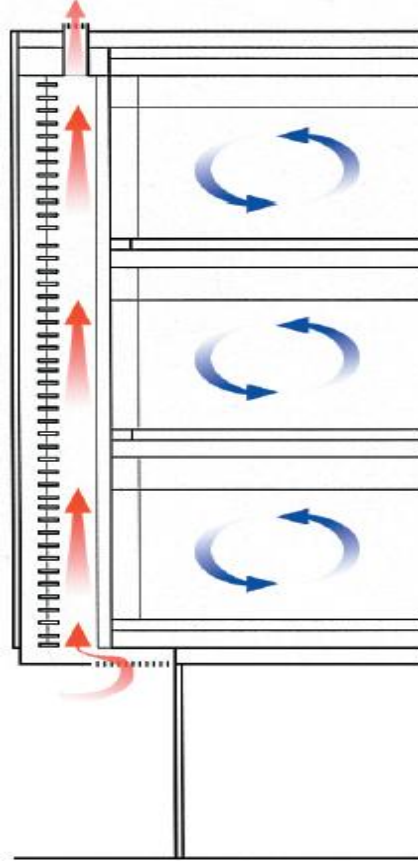
2.5.2 Havalandırma yöntemine göre çift kabuk cephe sistemleri

Bu sınıflandırma türü, çift kabuk cepheleri havalandırma biçimi ve enerji tüketimine göre dört grupta toplamaktadır:

2.5.2.1 Tampon sistem

Dış ve iç kabukta açıklıklar yoktur. Ancak tampon bölgenin alt kotunda dış ortamdan temiz hava girişi, çatı kotunda ise ısınarak yükselen havanın çıkışı için açıklıklar bulunmaktadır. Temiz havanın alt kottan alınıp üst kottan atılması işlemi sadece tampon bölge içinde olmakta, buradaki temiz hava iç ortama verilmemektedir. Dolayısıyla ayrı bir ısıtma-havalandırma-iklimlendirme sisteminin mekanik olarak binayla bütünleştirilmesi gereklidir (Şekil 2.31) [7].

Bu tip cepheler, sadece bina yüksekliğinde tampon bölgeyle değil, kutu pencere tipi çift kabuk cephe ile de çözümlenebilir. Boşluğa gölgeleme bileşenleri yerleştirilebilir. Bu sistem, sadece dış kaynaklı gürültü ve güneşiği kontrolü için kullanılabilir. Doğal havalandırma veya çift kabuk cephenin dahil olduğu mekanik



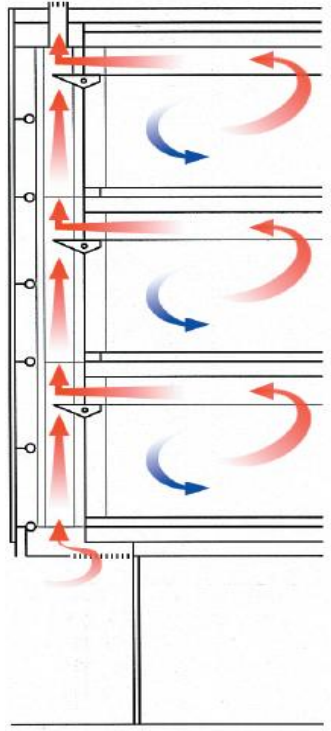
Şekil 2.31 : Tampon sistem çift kabuk cephe çalışma şeması [7].

havalandırma sistemlerine uygun değildir. Önerilen katmanlaşma, her ikisi tek camdan oluşan iki kabuk arasında 25-90 cm genişliğinde bir tampon bölge bulunması durumudur [43].

2.5.2.2 Hava çekme sistemi

Tampon bölgeye temiz hava alt kottan alınır. Mekanda kullanılmış ve sıcak olan hava fanla tampon bölgeye üflenir [44]. Tampon bölgede sıcaklık artar, böylece iç camın iç yüzey sıcaklığı da artar ve mekanda konfor koşullarının elde edilmesi kolaylaşır. Binayı çevreleyen tampon bölgede dolaşan daha sıcak havayla binanın ısı kayıpları ve ısıtma maliyetleri azalır. Fakat mekanik havalandırma söz konusu olduğundan enerji tüketimi azalmaz.

Mekanların sıcaklığı kullanıcı kontrolünde değildir. Gürültü, rüzgar ve duman gibi olumsuz dış çevre koşullarına sahip ortamlarda yer alan binalarda kullanılması tavsiye edilir (Şekil 2.32) [7].



Şekil 2.32 : Hava çekme sistemi çalışma şeması [7].

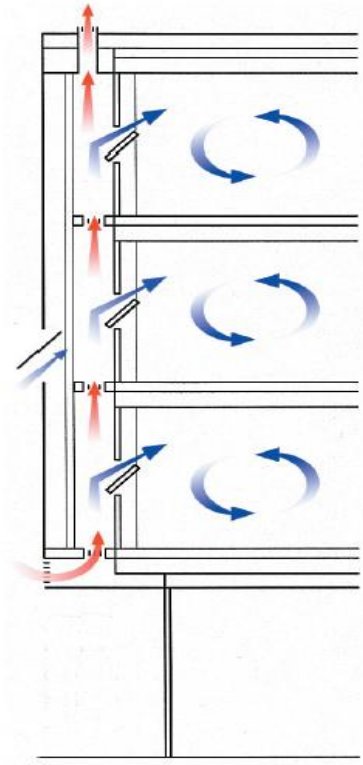
Önerilen katmanlaşma, her ikisi çift camdan oluşan iki kabuk arasında 15-90 cm genişliğinde bir tampon bölge bulunması durumudur [43].

2.5.2.3 İkiz cephe sistemi

Bu sistemde tampon bölgeye taze hava alımı için, tampon bölgenin alt kotunun yanı sıra, dış kabuk ara kotlarda da açıklıklar bulunmaktadır. Ayrıca, iç kabukta açıklıklar sayesinde gürültü, kar, yağmur, rüzgar etkilerinden arınmış taze havanın iç ortama alınması sağlanır. Tampon bölgede ısınarak yükselen hava, çatı kotundaki açıklıktan dış ortama aktarılır. Sistem, doğal havalandırmayla çalışır ama bu sistemle, dış ortam koşulları uygun olmadığında kabuklarda yer alan açıklıklar kapatılarak mekanik havalandırma da yapılabilir [39].

Kabukta yer alan açıklıklarla, gece soğuması yapılabilir ve doğal havalandırmayla da soğutma yükleri azalır. Ses kontrolü için, dış kabuktaki pencereler, kumanda yardımıyla kapatılabilir (Şekil 2.33) [7].

Önerilen katmanlaşma, dış kabukta lamine ya da güvenlik camı, iç kabukta çift cam ve minimum 50-60 cm genişliğinde bir tampon bölge bulunması durumudur [43].

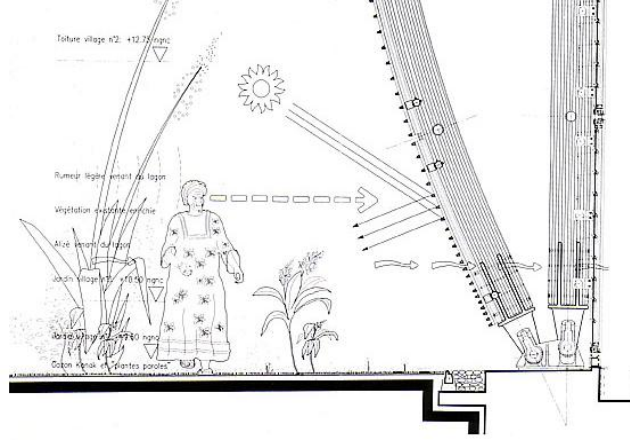


Şekil 2.33 : İkiz cephe sistemi çalışma şeması [7].

2.5.2.4 Birleşik (hibrid) sistem

Birleşik sistemli çift kabuk cepheler, ilk üç sistemin tanımladığı özelliklerin bir kısmını bir arada bulundurabilen veya hiçbirini bulundurmeyen cephelerdir. Bu sistemler; “iç kabukta ve/ veya dış kabukta açıklıkları olan cephe sistemleri” ile “sadece doğal, sadece fan destekli ya da sadece mekanik havalandırma sistemlerinin farklı kombinasyonlarını içeren cephe sistemleri” veya “özellikleriyle ilk üç tipten herhangi biriyle eşleşmeyen çift kabuk cephe sistemleri” biçiminde tanımlanabilirler [41]. İç ya da dış kabukta cam dışında ısısal kütleler veya opak kısımlar olabilir. New Caledonia’da Renzo Piano tarafından 1998 yılında yapılan The Tjibaou Center Binası, birleşik sistemi tanımlayıcı tipik bir örnek olarak verilebilir (Şekil 2.34) [41].

Bu binada, yerel ahşap ve açılıp kapanabilen cam güneş kırıcılar arasındaki sınırlı hava boşluğu, iç ve dış ortam arasındaki tampon bölge işlevini görmektedir. Dış kabuk; yatay olarak konumlandırılmış yerel ve rüzgara dayanıklı tampon bölgeye hava girişini sağlayacak belirli aralıklarla yerleştirilmiş ahşap malzemelerden, iç kabuk ise; rüzgar durumuna göre açılıp kapanabilen cam güneş koruyuculardan oluşmaktadır. Bu çift kabuk düzeni, pasif havalandırmayı maksimum düzeyde desteklemektedir [7].



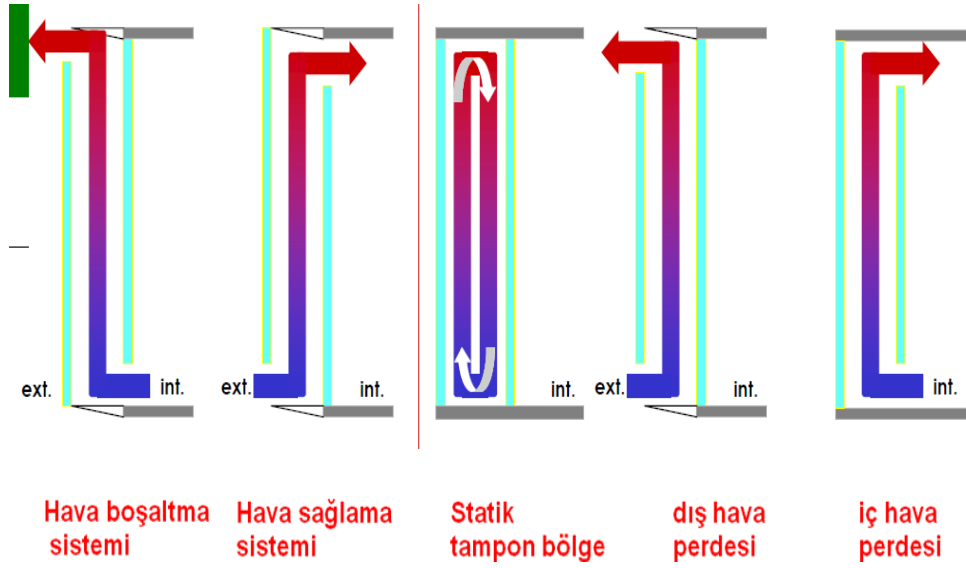
Şekil 2.34 : The Tjibaou Center, kesit ve görünüş [46].

2.5.3 Havalandırma modlarına göre çift kabuk cephe sistemleri

Çift kabuk cephe sistemlerinde iç ve dış kabuklarda bulunan açıklıkların durumuna göre farklı havalandırma modları oluşturulabilir. Oluşturulan bu modlar, mevsime ve dış ortam koşullarına göre birbirlerine dönüştürülebilen sistemlerdir [16]. Her mod, her tip cephe için uygun olmayabilir ve her bir havalandırma modu bir diğerine dönüştürülemeyebilir. Bu modlar (Şekil 2.35):

- Hava boşaltma sistemi
- Hava sağlama sistemi
- Statik tampon bölge
- Dış hava perdesi
- İç hava perdesi

şeklinde sıralanabilir [17].



Şekil 2.35 : Açıklıkların durumuna göre havalandırma modları [17].

kotlarında temiz hava, üst kotlarında kirli ve ısınmış hava bulunur [17]. Bu durumda, iç ortamın kirli ve ısınmış havası iç kabuğun alt kotunda yer alan açıklıktan tampon bölgeye fan destekli sistemlerle cebri olarak da alınabilir. Dış ortam, tampon bölge ve iç ortam havası, aynı anda ilişki içinde bulunduğu için, bu modun uygulandığı sistemler tam anlamıyla mekanik sistemler olarak adlandırılmaz [16].

2.5.3.1 Hava sağlama sistemi modu

İç kabukta üst kotta; dış kabukta ise alt kotta havalandırma açıklıkları mevcut olup, tampon bölge havası doğrudan iç ve dış ortam havasıyla ilişki içinde bulunur. Ayrıca, sistem ısınan havanın doğal yolla yükselmesi prensibinden yararlandığı için, doğal havalandırma istenen durumlarda uygundur [17].

2.5.3.2 Statik tampon bölge modu

İç ve dış çeperde herhangi bir havalandırma açıklığı bulunmamaktadır. Dolayısıyla, tampon bölgede bulunan hava iç ortam için havalandırma havası olarak kullanılamaz. Bu durumda, çift kabuk cephenin havalandırma özelliğinden yararlanılamaz ve bina için mekanik havalandırma sistemleri devreye girmek zorundadır. Tampon bölgeden sadece ısı kayıplarını azaltmada yararlanılabilir. Statik tampon bölge modu, ya soğuk iklim bölgelerinde yer alan mekanik havalandırmalı binalarda ya da ılıman iklim bölgelerinde yer alan karma havalandırma sistemli binalarda ısı kayıplarını azaltmak üzere ısıtma mevsiminde kullanılır [16].

2.5.3.3 Dış hava perdesi modu

Sadece dış kabukta alt kotta hava giriş, üst kotta da hava çıkış açıklığı bulunur. Bu mod, doğal havalandırma prensibiyle kesin olarak örtüştüğünden doğal veya karma havalandırma sistemli çift kabuk cephelere uyarlanabilir. Tampon bölge havasının, dış ortam havasıyla değişimi söz konusu olduğundan yazın soğutma yükleri azaltılabilir [17].

2.5.3.4 İç hava perdesi modu

Dış kabukta herhangi bir açıklık bulunmayıp, iç kabukta alt kotta iç mekandan kirli hava çıkışı, üst kotta da tampon bölgede ön ısıtmaya maruz kalmış havanın iç ortama aktarılması söz konusudur [16]. Dış ortamla hiçbir şekilde irtibatı olmayan tampon bölge sayesinde ısı kayıpları azalır ve böylece ısıtma mevsiminde mekanik sistemlere gelen yük azaltılmış olur [17].

2.6 Bölüm Sonucu

Çift kabuk cephe sistemlerinin enerji performansını etkileyen faktörler havalandırma tipi (doğal, mekanik, karma), boşluk bölümlenmesi, cam tipi ve özellikleri, boşluk genişliği, gölgeleme bileşenlerinin tipi ve konumu, havalandırma açıklıklarının durumu, konumu ve sayısı [46] ile cephe yönü [47] olarak özetlenebilir.

Yapma çevrede ısı konfor koşullarının değerlendirilmesi için yapılacak benzetimler için çift kabuk cephe sistem tipi seçilirken aşağıdaki faktörler dikkate alınmıştır:

- Bina yüksekliğinde, kutu ve şaft tipi çift kabuk cephe sistemlerinin performansının değerlendirilebilmesi için gerekli benzetimlerin yapılması halinde ofis binasının tüm hacimlerinin daha detaylı biçimde modellenmesi gerekmektedir. Bu durum, bilgisayar maliyetlerini arttırdığından yapılan benzetimlerde, kat yüksekliğinde çift kabuk cephe sistemleri ele alınmıştır.
- Çift kabuk cepheden, yaz koşullarında, hem havalandırmada, hem de gece soğutmasında yararlanmak için cephede açıklıkların olması şarttır. Yazın soğutma için cephedeki açıklıkların tamamen açık tutulması tavsiye edilmektedir [23]. Bu bilgi doğrultusunda yapılan benzetimler için, dış kabukta yer alan menfezler ile iç kabukta yer alan pencerelerin tamamının açık olduğu hava boşaltma sistemi modu seçilmiştir.

3. YAPMA ÇEVREDE ISIL KONFOR

Günümüzde gelişen teknoloji ile bunun getirdiği mekanizasyon ve endüstrileşme düzeyindeki artış, toplumda bireylerin hayatlarının büyük bir bölümünü kapalı ortamlarda geçirmelerine sebep olmaktadır. Çoğunlukla mekanik sistemlerle iklimlendirilen kapalı ortamlarda, kullanıcılara konforlu ve sağlıklı bir iç ortam havası sağlamak için, mimarlar ve yapma çevre bilimcileri tarafından, “iç ortam konfor koşulları” üzerine birçok çalışma yapılmakta ve ideal iç ortam koşulları standartlarla tanımlanmaya çalışılmaktadır.

İç ortam genellikle “bir mekanda bulunan kullanıcıyı ısı kaybı veya solunum yoluyla etkileyen tüm fiziksel özelliklerin toplamı” olarak tanımlanır. Dolayısıyla; yapma çevrede kullanıcı konforunu sadece ısı özellikler belirlememektedir. İç ortam havasının kompozisyonu, havadaki toz oranı, koku, farklı türde elektrik yüklü iyonlar ve mikroorganizmalar gibi birçok faktör; yapma çevrede kullanıcı konforunu etkiler. Bu faktörler, çeşitli yollarla tahmin edilebilir ve mekanda konfora etkileri belirlenebilir. Fakat, yapılan çalışmalarda, oluşturulan iç ortamlarda kullanıcıların hissettiği “konfor” düzeyinin saptanmasında daha çok “ısı konfor parametreleri” dikkate alınmaktadır [5]. Isıl konfor, ASHRAE 55-66 (4) 2010 Standartlarında da belirtildiği üzere, “kullanıcının bulunduğu ısı çevreyle uyumlu olma durumu” olarak tanımlanır. Bu tanımın içinde herhangi bir tipolojik ayırım yoktur; standarttaki tanım, ofisleri, okulları, ticari binaları veya mevcut ve yeni yapılacak binaları, kısacası, yapma çevreyi tanımlayan her ortamı kapsamaktadır [48].

3.1 Isıl Konforu Etkileyen Parametreler

Isıl konforu etkileyen en önemli parametreler; çevresel ve kişisel etmenler ile diğer etmenler olmak üzere iki farklı grupta sıralanabilir.

Çevresel ve kişisel etmenler;

- aktivite düzeyi (vücuttaki ısı üretimi),
- kıyafetlerin ısı direnci (clo değeri),

- hava sıcaklığı,
- ortalama ışımsal sıcaklık (mrt),
- rölatif hava hareketi,
- ortam havasındaki su buharı basıncı- bağıl nem

olarak çeşitlenmektedir.

Diğer etmenler ise;

- ulusal coğrafik konum,
- yaş,
- cinsiyet,
- vücut yapısı,
- etnik yapı,
- menstrual döngü,
- tüketilen yiyecek cinsi,
- kalp ritmi,
- ısıl değerlerde değişiklikler,
- ortamda kullanılan renkler – (görsel konforda da etkilidir),
- kullanıcı sayısı,
- hava basıncı

şeklinde sıralanabilir [5].

İnsan vücudu; kendisi de enerji üreten bir sistem olarak; doğada mevcut tüm nesneler gibi onu saran iç ortam havasıyla, çeşitli enerji dönüşüm yollarıyla ısı alışverişinde bulunur. Kullanıcının ısıl konforunun sağlanması için, vücut ile dış ortam arasındaki ısı dengesinin sağlanması gerekir [49]. Bu açıdan vücudun ısıl dengesinin nasıl sağlandığının ve enerji dönüşüm yollarının bilinmesi gereklidir.

3.1.1 Vücudun ısıl dengesi

Yapma çevrede kullanıcının algıladığı sıcaklıktan memnuniyet düzeyi yani ısıl konfor; vücut ile çevre arasında meydana gelen ısıl değişimin bir sonucudur [48].

Vücut, doğadaki diğer tüm nesnelerde olduğu gibi, dış ortamla ısı alışverişinde bulunur ve kendisi de ısı üreterek, yapma çevrenin ortam ısısı ve ortam nemi değerlerinin değişmesinde etkilidir [49].

Vücut ile dış ortam arasında ısı dengenin sağlanmasının amacı, sabit bir iç vücut sıcaklığını yakalamaktır. Vücut, içinde bulunduğu çevreyle sürekli olarak taşınım (konveksiyon), ışıınım (radyasyon) ve buharlaşma yollarıyla ısı alışverişi içindedir, ve maruz kaldığı ısı hareketlerin etkisi ile sabit bir iç vücut sıcaklığına varabilmek için çevresiyle bir “ısıl denge” durumu yakalaması gerekir (Şekil 3.1). Ancak ısıl denge sağlandığında, kişinin ısıl konfor düzeyinden bahsedilebilir. Fanger’in önerdiği ısıl denge denklemi aşağıdaki gibidir (3.1) [5]:

$$S = M - W + E + R + C \quad (3.1)$$

S= Vücutta depolanan ısı miktarı

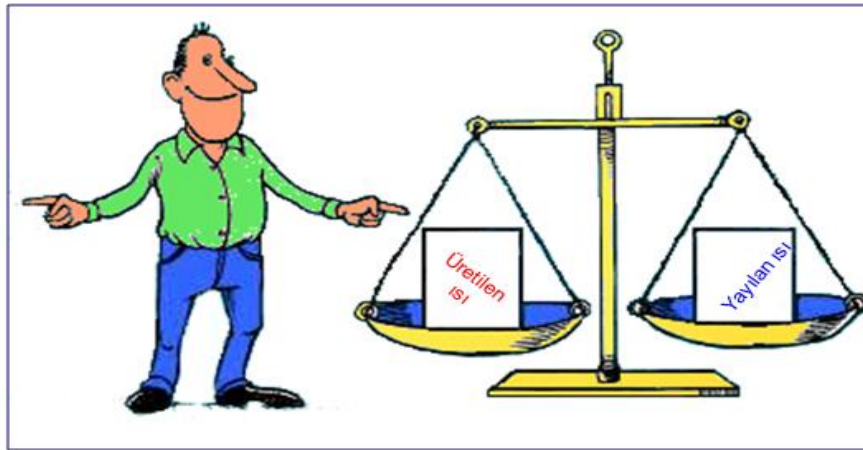
M= Metabolizma miktarı

W= Yapılan mekanik iş,

E= Buharlaşma yoluyla ısı kaybı,

R= Radyasyon ile ısı kaybı,

C= Konveksiyon ile ısı kaybı .



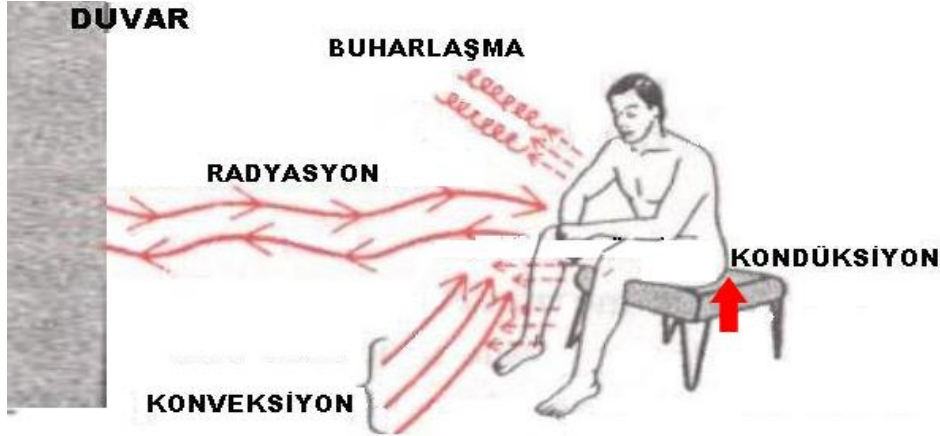
Şekil 3.1 : Vücudun ısıl dengesi [50].

3.1.2 Enerji dönüşüm yolları

Doğada her zaman bir madde veya enerji çok olan yerden az olan yere doğru hareket eder ve iki ortam arasında denge kurulana kadar bu akış devam eder. Isı da her zaman sıcaklık farkı kalmayıncaya kadar, sıcak olan ortamdan soğuk olan ortama doğru hareket eder. İnsan vücudu ile onu saran akışkan olarak iç ortam havası

arasında; doğadaki tüm maddelerde olduğu gibi dört farklı temel yolla ısı alışverişi gerçekleşir [51] (Şekil 3.2):

- iletim/ kondüksiyon
- taşınım/ konveksiyon
- ışınlım/ radyasyon
- faz değişimi/ buharlaşma



Şekil 3.2 : İnsan vücudu ile çevresi arasında ısı alışverişi [50].

3.1.2.1 İletim/ kondüksiyon

Katıların en dış yörüngelerinde bulunan serbest elektronların ısı enerjisiyle titreşmesi ve ısıнын atomsal veya moleküsel hareketle katı ortamda yayılmasına iletim/ kondüksiyon denir. Güneş ışını bir madde tarafından emildiğinde ısı iletimi sayesinde katı ortamda yayılır. Isı iletiminde, katının moleküllerinin yer değişimiyle ısı transferi gerçekleşir [51].

3.1.2.2 Taşınım/ konveksiyon

Sıvı veya gaz gibi akışkan ortamlarda, moleküsel hareketlerle ısıнын hareketine taşınım/ konveksiyon denir. Bir madde ısıyı kendi üst yüzeyinden ortama veya diğer akışkan maddelere sürekli dolaşım yoluyla taşır. Sürekli dolaşım bir cismin üst yüzeyi ile hareketli bir molekül arasında olabileceği gibi, akışkan ortam içinde ısı enerjisiyle bir yerden başka bir yere molekül hareketi olarak da tanımlanabilir [34]. Isınma sonucu genleşen hava hafifler ve yükselir. Havanın bu hareketi sonucunda doğal bir hava akımı meydana gelir. Hava akımı, tipik bir konveksiyon örneği olup, bu durumdan hareket eden havadan ortamdaki kullanıcının ısı alıcıları da etkilenir.

3.1.2.3 Işınım/ radyasyon

Işınım, boşlukta elektromanyetik dalgalarla ısıнын hareketi olarak tanımlanabilir. Her cisim kendi üst yüzey moleküllerinde bulunan titreşim nedeniyle bir yönde kalıcı bir ısı enerjisi yayar. Çok yüksek sıcaklıkta yayılan kısa dalga boylu ışınlar, çok düşük enerji seviyesi olan termik ışın ve ısı oluşumuna neden olur. Bu olay ışının dalga boyu ile birlikte cismin üst yüzey sıcaklığına da bağlıdır [51]. Güneş ışınlarının bize ulaşması tipik bir radyasyon örneğidir. Ayrıca, bir yapı elemanının iç yüzeyi ile onu saran iç ortam havası arasındaki sıcaklık farkı fazla ise, sıcaklığı yüksek olan maddeden düşük olan maddeye doğru radyasyon yoluyla ısı akışı gerçekleşir ve bu da yapı elemanında soğuma veya sıcaklık artışıyla sonuçlanabilir.

3.1.2.4 Faz değişimi / Buharlaşma

Faz değişimi (buharlaşma); maddenin bir fiziksel halden başka bir fiziksel hale geçerken, yani faz değiştirirken, ısı enerjisi açığa çıkarması şeklinde tanımlanabilir. Bu tip ısı alışverişlerine verilebilecek en iyi örnek, terleyen bir kişinin buharlaşma yoluyla bünyesinden ısı kaybetmesi ve açığa çıkan bu ısıнын iç ortam havasına karışarak, iç ortam havasının yükselmesidir [50].

3.2 Isıl Konfor Modelleri

Kullanıcının iç ortamdaki ısıl konfor düzeyinin belirlenebilmesi amacıyla yapılan çalışmalarda çeşitli parametrik değer aralıkları tanımlanmaya çalışılmaktadır.

3.2.1 Fanger ısıl konfor modeli

1966-1970 yıllarında P. O. Fanger tarafından geliştirilen konfor metodu, yapma çevrede sağlanan ısıl konfor düzeyini tesbit etmek için yapılan ilk çalışmalardandır.

Fanger, 1967 yılında, McNall, Jaax, Rohles, Nevins ve Springer'in yapmış olduğu çalışmalardan veri alarak, aktivite düzeyi ile terleme oranı arasındaki lineer bağlantıyı çözmeye çalışmış ve bunun için farklı ısıl koşullarına sahip kapalı mekanlarda bulunan aynı giyimli öğrenci grubuyla bir deney yaparak ısıl duyarlılıklarını ölçmüştür. Sonrasında, aynı ölçümü aynı katılımcılarla farklı aktivite düzeyleri için yapmıştır ve ısıl konfor modelinde yer alacak denklemleri, bu deneylerin sonuçlarıyla birlikte Nevins (1966) ve McNall (1967)'in çalışmalarından aldığı verilere göre oluşturmuştur [52].

Fanger’ın ısı konfor modeli, vücudun ısı üretimi ve ısı denge teorilerine dayanır. Bu teorilere göre, terleme, titreme, vücut yüzeyine kan akışını hızlandırma gibi fizyolojik süreçlerin sonucunda; insan bedeni tarafından üretilen ısıyla, insan bedeninden kaybedilen ısı dengelenmeye çalışılır [52]. Metoda göre, bir ortamda istenen konfor düzeyinin sağlanabilmesi için; ısı konforu etkileyen ölçülebilir parametrelerin, yani; birim yüzey vücut alanı başına düşen ısı üretimi, kıyafetlerin ısı direnci, hava sıcaklığı, ortalama ışımsal sıcaklık, ortam havasındaki su buharı basıncı ve bağıl hava hızının fonksiyonunun sıfır olması gerekmektedir [5]. Bu tanımlamanın denklemi aşağıdaki gibidir **(3.2)**:

$$f (H/A_{Du}, I_{cl}, t_a, t_{mrt}, p_a, v, t_s, E_{sw}/A_{Du}) = 0 \quad (3.2)$$

H/A_{Du} : Vücut yüzey birim alanına düşen iç ısı üretimi

I_{cl} : Giysilerin ısı yalıtım direnci

t_a : Hava sıcaklığı

t_{mrt} : Ortalama ışıma sıcaklığı

p_a :Ortam havasındaki su buharı basıncı

v : Bağıl hava hızı

t_s : Ortalama vücut yüzey sıcaklığı

E_{sw} : terleme esnasında oluşan buharlaşmayla meydana gelen ısı kaybı

A_{Du} : Birim vücut yüzey alanından

Yukarıdaki konfor denkleminde sadece fiziksel parametreler yer almaktadır. Bununla birlikte, konfor; kullanıcının, zihniyle ve algılarıyla da desteklenen psiko-sosyal bir süreçtir. Bu yüzden, Fanger, oluşturduğu modelde ısı konforu, dördü çevresel, ikisi de kişisel olmak üzere toplamda altı parametrik değişkeni esas alarak tanımlamaktadır (Çizelge 3.1).

Fanger, bir yapma çevredeki konfor düzeyinin niceliksel olarak tayini için fiziksel olgularla beraber, kullanıcı psikolojisinin de değerlendirildiği “Tahmini Ortalama Oy (Predicted Mean Vote - PMV)” isimli bütüncül bir ölçüm yöntemini geliştirmiştir [5].

PMV indeksi; “konforlu vücut yüzey sıcaklığı ve terleme oranına sahip bir kişinin çevresine verdiği ısı miktarı ile bu kişinin iç ısı üretimi değeri arasındaki fark”

Çizelge 3.1 : Isıl konfor düzeyi üzerinde etkili olan parametreler [5].

4 Çevresel Parametreler	2 Kişisel Parametreler
Hava Sıcaklığı	Aktivite düzeyi
Ortalama Işınımsal Sıcaklık	
Hava hareketi hızı	Giysilerin Yalıtım Direnci
Bağıl Nem	

olarak tanımlanır ve aşağıdaki formüller ile hesaplanır **(3.3), (3.4)** [5]:

$$PMV = (0,303e^{-0,036*M} + 0,028)*[(M-W) - R - C - K - E - R_{es}] \text{ veya} \quad (3.3)$$

$$PMV = [0.303 e^{-0,036*M} + 0.028] S \quad (3.4)$$

M: Metabolizmanın ısı üretim düzeyi

W: Mekanik iş

R: Işınım yoluyla meydana gelen ısı değişimi

C: Taşınım yoluyla meydana gelen ısı değişimi

K: İletim yoluyla meydana gelen ısı değişimi

E: Terleme yoluyla meydana gelen ısı değişimi

R_{es}: Solunum yoluyla meydana gelen ısı değişimi

S: Vücudun ısı yükü

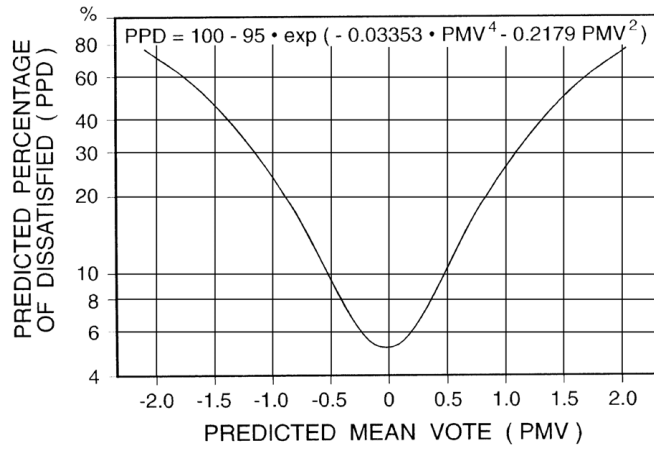
Fanger, oluşturduğu PMV modelinde, kişinin psiko-fiziksel ısı duyarlılığını ölçebilmek için ASHRAE konfor modeliyle örtüşen 7 adımlı bir indeks tanımlamıştır. İndeks -3 ve + 3 arasındaki rakamlarla oluşturulmuştur. Bu indekste ideal durum sıfır (0) rakamıyla örtüştürülmekte ve ideal durumdan uzaklaştıkça indeksin mutlak değeri büyümekte, ortamın idealden daha sıcak ya da daha soğuk olmasına göre de indeksin işareti değişmektedir (Çizelge 3.2) [5].

Fanger, PMV yönteminin matematiksel karışıklığını gidermek amacıyla, bir ortamdaki kullanıcı konfor düzeyini ölçmek için, 1300 denek üzerinde yapılan araştırmalar sonucunda geliştirilen bir grafik yardımıyla o ortamda “konforsuz

Çizelge 3.2 : Isıl duyarlılık indeksi [5].

ASHRAE VE FANGER MODELİ ISIL DUYARLILIK İNDEKSİ						
-3	-2	-1	0	1	2	3
soğuk	serin	hafif serin	nötr	hafif sıcak	sıcak	çok sıcak

hisseden” kullanıcıların yüzde olarak saptanmasını önermiştir ve grafik yardımıyla saptanabilen bu değeri “ Tahmini Konforsuzluk Yüzdesi (Predicted Percentage of Dissatisfied - PPD)” olarak adlandırmıştır ve bu indeksin PMV değeriyle olan ilişkisini aşağıdaki eşitlik ile açıklamıştır (Şekil 3.3) [52].



Şekil 3.3 : PMV değerine bağlı olarak PPD değeri [5].

PPD kavramı, kendisinden sonra yapılan çalışmalarda da iç ortam konfor düzeyinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Mekanda değişken sıcaklık dağılımı olduğu zaman, konforsuz hisseden kullanıcı sayısının artması beklenmektedir. Bu durum için Fanger, “Mümkün Olan En Düşük Konforsuzluk Yüzdesi (Lowest Possible Percentage of Dissatisfied - LPPD)” değerini geliştirmiştir. LPPD değeri de PPD gibi, yine bir grafik yardımıyla saptanabilmektedir. Bu kez, mekanda değişken sıcaklıklar söz konusu olduğundan, grafikten yapılan okumalar farklı sıcaklık değerlerine göre yapılmakta ve mekandaki kullanıcıların konforsuzluk yüzdesi daha gerçekçi bir oranda saptanabilmektedir. Bu model, mekanda düzgün bir sıcaklık dağılımı olduğunu varsaymakta ve bu yüzden bina kabuğundaki şeffaf kısımlar mekandaki hava sıcaklığından farklı bir sıcaklıkta olduğunda “Ortalama Işınım

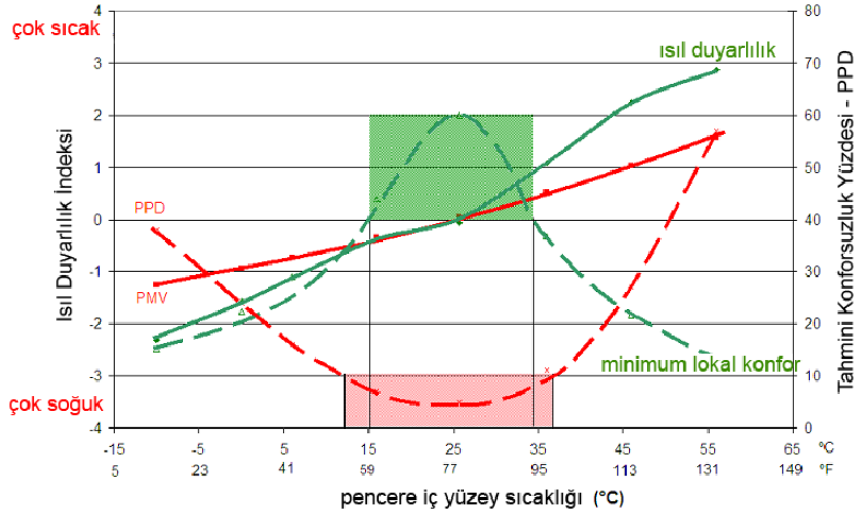
Sıcaklık (Mean Radiant Temperature -MRT)” değerinin hesaplanması gerekmektedir [5].

Günümüzde Amerikan Isıtma Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri (American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers - ASHRAE) grubunca hazırlanmış ASHRAE 55 2010 (Thermal Comfort Conditions For Human Occupancy) ve Uluslararası Standartlar Kurumu (International Standards Organization - ISO) tarafından hazırlanmış ISO 7730 2010 (Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria) standartlarında ve gene ASHRAE tarafından geliştirilen bir konfor yazılımının veritabanında, optimum ve kabul edilebilir ısı konfor koşullarına sahip iç mekanlarda olması gereken değişken değerlerinin tanımlanmasında, bu metod esas alınmıştır [53, 54].

3.2.2 CBE ısı konfor modeli

Berkeley’deki Kaliforniya Üniversitesi (University of California, Berkeley – UCB) Yapma Çevre Merkezi (Center for Built Environment - CBE) tarafından geliştirilen “CBE Konfor Modeli”, ısı konfor düzeyi hesabında; mekandaki düzgün olmayan sıcaklık dağılımının etkisi ile birlikte vücudun farklı bölgelerinin ortam sıcaklığına karşı farklı duyarlılığını ve kişinin mekan içindeki konumunu dikkate almaktadır. PMV modeli, kullanıcının vücudunu tek parça olarak hesaba katarken; CBE konfor modeli, farklı asimetric ve geçişli ısı ortamlarda, vücudu toplamda 5000’den fazla poligona bölümleyerek 16 parçaya ayırır ve her biri ayrıca “çekirdek, kas, yağ ve deri” tabakalarında ayrı ayrı incelenir. Modelde, güneş ışıınımı kazancı, bina kabuğunun şeffaf kısımları, hava hareketi, düzgün olmayan sıcaklık dağılımı ve kişinin konumu da dikkate alınmaktadır [56].

CBE Konfor Modeli kullanılarak dış cephe iç yüzey sıcaklığına bağlı olarak iç ortam PMV ve PPD indislerinin belirlenmesi için 2006 yılında “Pencere Değerlendirme Yöntemleri (Window Rating Methods)” adında bir çalışma yapılmıştır. Yöntemde iç ortam konfor düzeyinin tayininde PMV ve PPD indislerinin sağlaması gereken değerler için ASHRAE 55 ve ISO 7730 standartlarında istenen değer aralıkları geçerlidir. Buna göre, PMV indisinin değeri -0.5 ile +0.5 arasında, PPD indisinin değeri ise < 20 olmalıdır (Şekil 3.4) [6].



Şekil 3.4 : Dış cephe iç yüzey sıcaklığına bağlı olarak PMV-PPD indislerinin tayini [6].

3.2.3 Isıl konfor konusunda yapılmış diğer çalışmalar

Fiala (1998) ve Wang (1994), dinamik koşullarda konfor düzeyini ölçmeye çalışan bir model geliştirmiş, Ring ve de Dear (1991), kullanıcının cildini ve kıyafetini 40 adet katmana bölerek, ısı duyarlılığını çevrede hızla değişen koşullarla ilişkili olarak ölçen karmaşık bir çalışma yapmış, Tanabe (2002) ise Murakami ve Marita ile pencereli ve soğutma tavanlı bir odada, Hesaplamalı Akışkan Dinamiği, (Computational Fluid Dynamics - CFD) analizleriyle desteklenen ve vücut yüzeyinin farklı dalga boylarına olan duyarlılığını ölçen bir yöntem geliştirmişlerdir [6]. Wyon (1989) ve Matsunaga (1993) ısı konfor konusunda yeni yöntemler geliştirdikleri gibi, Kansas Eyalet Üniversitesi (KSU) ve ASHRAE desteğiyle, 1994’de Bina Konfor Analizi Programı’nı (Building Comfort Analysis Program - BCAP) geliştirerek (1994), vücut ve çevresi arasındaki ışımsal ısı değişimini ölçmeyi amaçlamışlardır. Bu konuda yapılmış bir diğer önemli çalışmada da; Gan (1994), kullanıcının vücudunu bölmelere ayırarak yaptığı hesapta, mekan içindeki konumunu da dikkate almış ve “görüş faktörü” denen bir parametre geliştirmiştir Fountain ve Huizenga, 1995 yılında “ASHRAE Isıl Konfor Yazılımını” geliştirmiş ve bu yazılımda PMV ve PPD değerleriyle birlikte, “Etkin Sıcaklık (Effective Temperature - ET*)” değerini de kullanmışlardır. ET* değeri, kişinin ısı konfor düzeyini, vücudu “deri ve çekirdek” olmak üzere iki kısımda ele almak yoluyla inceleyen bir parametredir [6].

3.3 Isıl Konfor ile İlgili Standartlar

İç ortam ısı konfor düzeyinin belirlenmesinde dünyaca kabul görmüş başlıca iki standart bulunmaktadır. Bu standartlar, Amerika Birleşik Devletleri'nde ve Avrupa'da en çok kullanılan ASHRAE 55 2010 [53] ve ISO 7730 [54] Standartlarıdır. Ülkemizde, iç ortam ısı konfor düzeyinin belirlenmesi için geliştirilen “TS EN ISO 7730 2002 (Orta Dereceli Termal Ortamlar- PMV ve PPD İndislerinin Tayini Termal Rahatlık İçin Şartların Belirlenmesi)” yürürlükten kaldırılmış olup, iç ortam ısı konfor düzeyinin belirlenmesi üzerine mevcut durumda geçerli bir standart bulunmamaktadır.

ASHRAE 55 ve ISO 7730 Standartları, PMV ve PPD indisleri ile lokal ısı konfor kriterlerini esas alarak oluşturulmuşlardır. Bu standartlara göre, bir iç ortamda ısı konfor düzeyinin tespitinde etkili çevresel faktörler; sıcaklık, nem, hava hareketi hızı, ısı radyasyon iken, kişisel faktörler; aktivite ve giysilerin yalıtım direncidir. [53, 54].

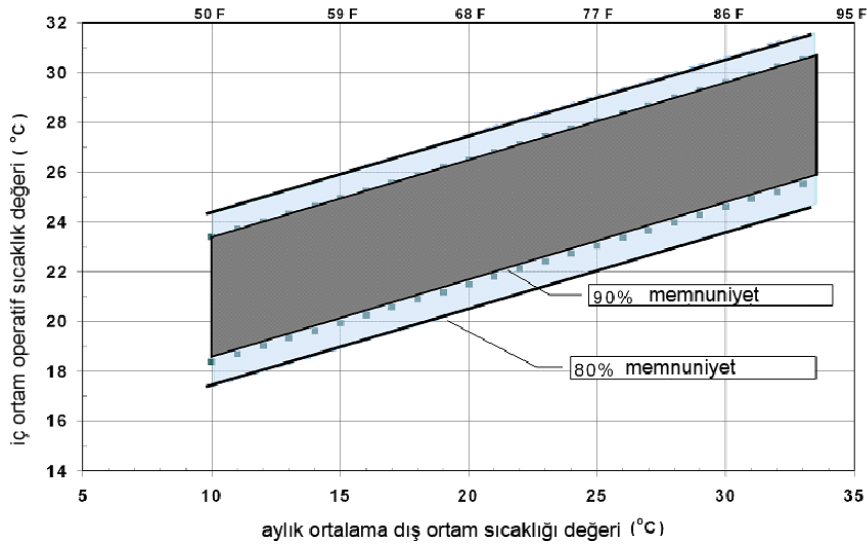
Konforlu bir iç ortam oluşturmak için, iç ortam konfor düzeyinin tayininde, yukarıdaki değişkenlere bağlı değerlerin tümünün istenen aralıklarda sağlanması amaçlanmaktadır [53]. Fakat etnik ve coğrafik değişkenler ile kişisel parametrelerdeki değişikliklerin, koşullandırılmamış iç ortamlara olan etkisinin ihmal edilmemesi gerekmektedir [54]. Bir takım sınırlı (döngüsel ve maksimum 15 dakikalık) sıcaklık değişiklikleri dışında, bu standartlar anlık (steady-state) değerlendirmeler için hazırlanmıştır. ASHRAE 55 standardı, konfor koşulları belirlenecek iç ortamları, “doğal havalandırmalı ve koşullandırılmış” olarak iki ayrı grupta incelemektedir. Geçişli, yani dinamik değişkenlere sahip iç ortamlarda yapılabilen ısı konfor analizleri ISO 7730 standardında verilmiştir.

3.3.1 Doğal havalandırmalı iç ortamlarda ısı konfor şartları

Doğal havalandırmalı iç ortamlar; ısı konfor kontrol parametrelerinin tamamen dış ortam iklim değişkenleri, kullanıcıların açılabilen pencereler üzerindeki kontrol düzeyi, kullanıcıların kişisel parametreleri (giysilerinin yalıtım direnci ve aktivite düzeyleri) ve ısı çevreden beklentileri ile yönlendirildiği ve herhangi bir mekanik ısıtma ya da soğutma sisteminin kullanılmadığı (koşullandırılmamış hava ile doğal havalandırmaya destek havalandırma yapılabilir) iç ortamlardır [53].

Bu yöntemin bir iç ortama, ısıl konfor düzeyi tayininde uygulanabilmesi için kullanıcıların aktivite düzeylerinin 1.0 ile 1.3 met arasında değişmesi gerekmektedir. Bu iç ortamlarda kullanıcılar, giysilerini kendi ısıl memnuniyetlerine göre ayarlama özgürdürler [53].

Doğal havalandırılmalı iç ortamlarda, çoğunlukla ofis binalarında yürütülen 21.000 ölçüme dayalı olarak (% 10 tüm vücutta, %10 da lokal olarak konforsuzluk değerleri dikkate alınarak) %80 ve %90 memnuniyet oranına göre izin verilen operatif sıcaklık değerleri bir tablo haline getirilmiştir (Şekil 3.5). Bu tablonun, doğal havalandırılmalı iç ortamda istenen operatif sıcaklık değer aralığının bulunmasında kullanılabilmesi için, aylık ortalama dış ortam sıcaklığının 10°C (50°F) ile 33.5°C (92.3°F) arasında olması gerekmektedir. Bu değer aralığını sağlamayan dış ortam koşullarına sahip doğal havalandırılmalı iç ortamlar için herhangi bir bilimsel operatif sıcaklık kontrol yöntemi geliştirilmemiştir [53].



Şekil 3.5 : Doğal havalandırılmalı iç ortamlar için izin verilen operatif sıcaklık değerleri [53]

İç ortamlar için izin verilen operatif sıcaklık değerlerinin okunduğu grafik, %80 ve %90 memnuniyet oranına göre hazırlandığı için, doğal havalandırılmalı iç ortamlarda lokal konforsuzluk kontrolü operatif sıcaklık kontrolüyle birlikte zaten yapılmaktadır. Fakat iç ortam için lokal konforsuzluğun bir sorun oluşturduğu düşünülüyorsa, koşullandırılmış iç ortamlarda ısıl konfor kontrolünde yer alan değerlendirme parametreleri, doğal havalandırılmalı iç ortamlar için de kullanılabilir. Doğal havalandırılmalı iç ortamlar için, herhangi bir nem ve hava hareketi hızı limiti yoktur [53].

3.3.2 Koşullandırılmış iç ortamlarda ısı konfor koşulları

ASHRAE 55 2010 ve ISO 7730 2010 Standartlarında koşullandırılmış iç ortamlar için ısı konfor koşullarının belirlenmesinde, PMV – PPD indisleri, operatif sıcaklık değeri, nem limiti, arttırılan hava hareketi hızı ve lokal konforsuzluk etkileri değerlendirilmektedir [53, 54].

3.3.2.1 PMV – PPD indisleri

Bir iç ortamın ısı konfor düzeyinin belirlenmesi için ISO 7730 ve ASHRAE 55 Standartlarında, Fanger tarafından geliştirilen ısı konfor modelinde yer alan PMV ve PPD indislerine bağlı koşullar tanımlanmıştır.

ISO 7730 Standardına göre; “ısı konfor koşullarının” sağlandığı iç ortamlar PMV ve PPD indislerine bağlı olarak 3 grupta toplanmıştır (Çizelge 3.3). Bunlardan A grubu, optimum ısı koşullara sahip gruptur ve bu grupta sağlanması gereken PMV değerinin -0,2 ile +0,2 arasında, PPD değerinin ise %6’dan az olması istenmektedir. B ve C gruplarında; sırasıyla PMV değerlerinin -0,5 ile +0,5 ve -0,7 ile +0,7 arasında, PPD değerlerinin de yine %10 ve %15’den küçük olması beklenmektedir. Bu kontrolün yapılabilmesi için, iç ortamda hava hareketi hızının 0.1m/s’yi ve kullanıcılarının metabolizma düzeylerinin 1.0 met’i geçmemesi, ve ortamın bağıl nem değerinin %50 olması gerekmektedir [54].

Çizelge 3.3 : PMV ve PPD indislerine bağlı olarak ısı ortam sınıflandırmaları [54].

Kategori	PMV	PPD %
A	$-0,2 < PMV < 0,2$	<6
B	$-0,5 < PMV < 0,5$	<10
C	$-0,7 < PMV < 0,7$	<15

ASHRAE 55 Standardı, iç ortamda istenen ısı konfor düzeyinin sağlanabilmesi için, PMV ve PPD değerlerine optimum aralıklar belirlemiştir. Bu standarda göre, ısı konfor koşullarının sağlandığı iç ortamlarda, Çizelge 3.4’te görüldüğü gibi PMV değeri -0.5 ve +0.5 arasında, PPD değeri ise %10’dan küçük olmalıdır (ASHRAE

55). Bu koşullar, ISO 7730 Standardında belirtilen B grubu ısı konfor koşullarına sahip iç ortamlarda istenen koşullarla örtüşmektedir [53].

Çizelge 3.4 : Isıl konforun sağlandığı ortamlar için istenen PPD ve PMV değerleri [53].

PPD	PMV
<10	-0.5 < PMV < +0.5

3.3.2.2 Operatif sıcaklık

Operatif sıcaklık; ISO 7730 standardında, “gerçek ve düzgün bir sıcaklık dağılımı olmayan bir ortamda taşınım ve ışıma yoluyla meydana gelen ısı dönüşüme eşit miktarda ısı değişime maruz kalan kullanıcının bulunduğu, hayali siyah yüzeylerle çevrili bir ortamın düzgün sıcaklığı” şeklinde tanımlanmaktadır [54].

ASHRAE 55 Standardında ise, operatif sıcaklık; bir iç ortamda kullanıcıların kabul edebileceği ısı ortamının yaratılması için hava sıcaklığı ve ortalama ışımsal sıcaklığın kombinasyonu olup, iç ortam ısı konfor koşullarının sağlanması için belirli bir değer aralığında olması gerekir. Operatif sıcaklığın sağlanması gereken değer aralığı, iç ortamdaki nem miktarı ve hava hareketi hızı ile kullanıcıların aktivite düzeyi ve giysilerin yalıtım direncine bağlı olarak değişmektedir [53].

Her iki standartta, bağıl nem oranı %30 ile %70 arasında değişen iç ortamlar ve (0.5 clo kıyafet faktörü için ortak olarak önerilen operatif sıcaklık değerleri Çizelge 3.5’te görülmektedir [53, 54,56].

Çizelge 3.5 : Doğal havalandırılmalı alanlar için yaz ve kış dönemlerinde kabul edilebilir operatif sıcaklık değerleri [53, 54, 56].

	Yaz	Kış
Operatif sıcaklık	24,5°C (+/- 1,5°C)	22°C (+/-2°C)

Bir iç ortamdaki operatif sıcaklık matematiksel ya da grafiksel olarak belirlenebilir.

Matematiksel hesap yöntemine göre: iç ortamda etkin bir ısı kaynağı veya soğutma sistemi yoksa, operatif sıcaklık iç ortam sıcaklığına eşittir. Aksi durumda operatif sıcaklık, iç ortam sıcaklığı ve ortalama ışıma sıcaklığına bağlı olarak formül 3.5 yardımıyla belirlenir [53].

$$T_{op} = A \times T_{air} + (1 - A) \times T_{mrt} \quad (3.5)$$

T_{op} : Operatif sıcaklık

T_{mrt} : Ortalama ışıma sıcaklığı

T_{air} : İç ortam sıcaklığı

A katsayısı, hava hareketi hızına bağlı olarak Çizelge 3.6'dan okunabilir.

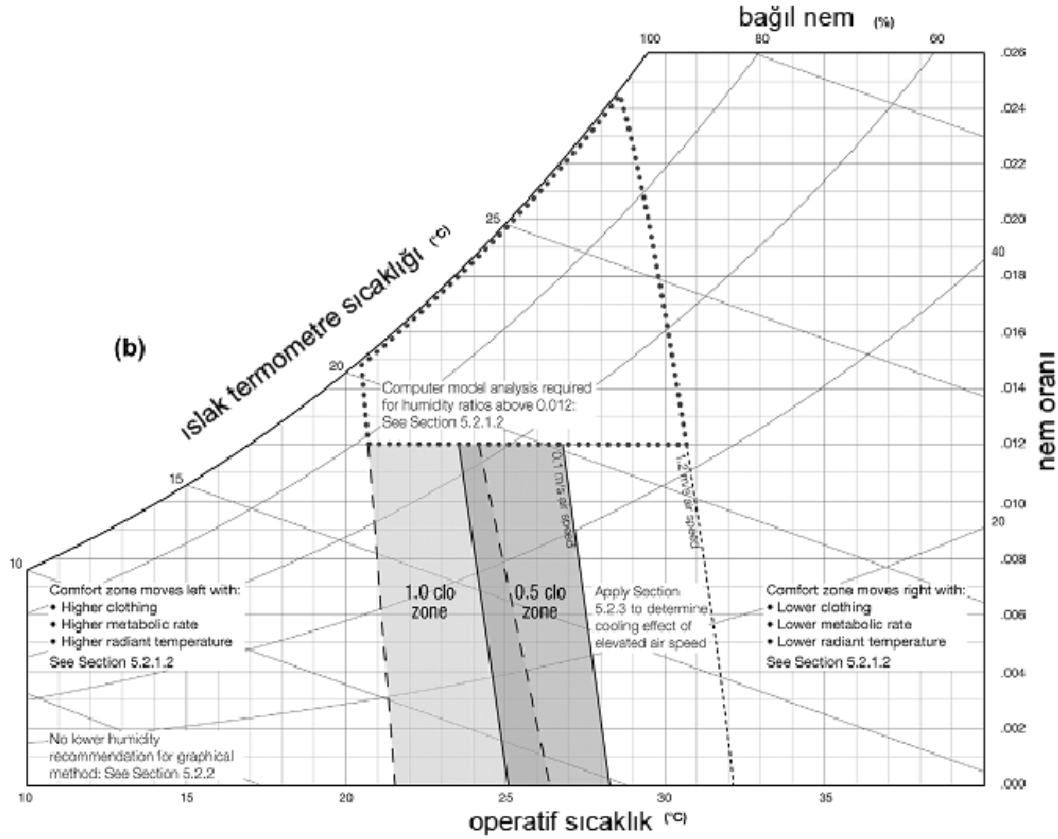
Çizelge 3.6 : Hava hareketi hızına bağlı olarak A katsayısı [53].

v_r	<0.2 m/s (<40 fpm)	0.2 to 0.6 m/s (40 to 120 fpm)	0.6 to 1.0 m/s (120 to 200 fpm)
A	0.5	0.6	0.7

v_r : Hava hareketi hızı, m/s veya fpm

Bu eşitlik, rölatif hava hareketi hızının 1.0 m/s'den küçük ve iç ortam sıcaklığıyla, ortalama ışıma sıcaklığı değerleri arasındaki farkın 4 °C (7°F)'den küçük olduğu durumlarda gerçekleşir. 2009 ASHRAE El kitabı-Esaslar 3'de yer alan 9. Bölüme göre; metabolizma değerleri 1.0 ile 1.3 met arasında değişen (oturma ve benzeri ofis aktiviteleri), doğrudan güneş ışığına maruz olmayan ve hava hareketi hızı 0.20 m/s (40 fpm) değerini geçmeyen iç ortamlarda, operatif sıcaklık, ortam havası sıcaklığı ile ortalama ışıma sıcaklığının aritmetik ortalamasıdır [53].

Grafik konfor zonu yöntemine göre; bir iç ortamda ısı konfor kontrolü için operatif sıcaklığın istenen değer aralıklarında olup olmadığı Şekil 3.6 kullanılarak belirlenebilir. Fakat bu grafik ile yapılan kontrol, sadece kullanıcılarının metabolizma düzeyleri 1.0 ile 1.3 met ve giysilerin yalıtım direnci 0.5 ile 1.0 clo arasında değişen ve hava hareketi hızı 0.2m/s'den fazla olmayan iç ortamlar için geçerlidir. Ayrıca, grafikte belirtilen konfor zonu, o iç ortamda bulunan kullanıcıların %80'inin istenen ısı konfor koşullarına sahip olduğu varsayılarak oluşturulmuştur. Konforun sağlanamadığı kullanıcıların %10'unun PMV-PPD indislerine bağlı olarak tüm vücutlarında, diğer %10'unun da vücutlarının kısmi olarak uzuvlarında konforsuzluk hissetmesi durumu, "ısı konfor koşullarının" sağlandığı varsayılan mekanlar için, konfor metodunca ve ilgili standartlarca tolere edilebilmektedir [53].



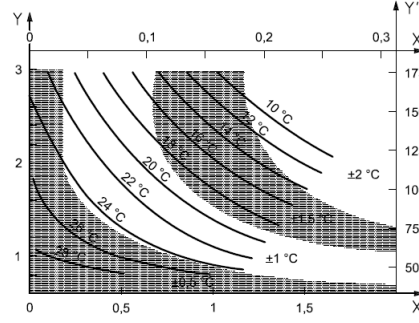
Şekil 3.6 : Grafik konfor zonu metodunda bahsedilen şartları sağlayan iç ortamlar için kabul edilebilen operatif sıcaklık ve nem değerleri [53].

ASHRAE 55 Standardı ile aynı yöntemi esas alarak geliştirilmiş ISO 7730 Standardında da bir iç ortam için kullanıcıların giysilerinin yalıtım direnci ve aktivite düzeylerine bağlı olarak optimum operatif sıcaklık değer aralıkları; A, B ve C kategorilerinde farklı PPD değerlerine bağlı olarak verilmiştir. %6, %10 ve %15'den küçük olarak sağlanması istenen PPD değerleri Şekil 3.7'de yer almaktadır (ISO 7730). Grafik, iç ortamda hava hareketi hızının 0.1m/s'yi, kullanıcılarının metabolizma düzeylerinin 1.0 met'i geçmediği durumlarla sınırlandırılmıştır. Bu ortamlar için belirtilen bağıl nem değeri %50 olup, iç ortamda bağıl nemdeki her % 10 artış için, optimum operatif sıcaklık 0.3⁰C arttırılabilir.

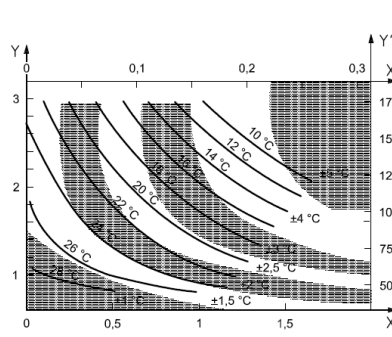
3.3.2.3 Nem limiti

ASHRAE 55 Standardında belirtilen grafik konfor zonu yönteminin kullanılabilmesi için; iç ortam nemlilik oranı 0.012'yi geçmemelidir. Bu değer, standart yoğuşma sıcaklığı olan 16.8⁰C'de, 1.910 kPa (0.277 psi) su buharı basıncına denk gelmektedir. ISO 7730 Standardı ise; iç ortam nemlilik oranında gerçekleşen her %10'luk artış

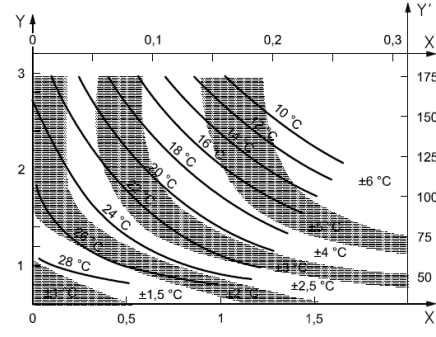
için, iç ortamda kabul edilebilir operatif sıcaklık değerlerinde $0,3^{\circ}\text{C}$ artışa izin vermektedir.



Kategori A: PPD < 6%



Kategori B: PPD < 10%



Kategori C: PPD < 15 %

PPD – Tahmini konforsuzluk yüzdesi (%)

X : Giysilerin yalıtım direnci, (clo)

X': Giysilerin yalıtım direnci, $\text{m}^2\text{°C/W}$

Y : Metabolizma düzeyi, (met)

Y': Metabolizma düzeyi, W/m^2

Şekil 3.7 : Giysilerin yalıtım direnci ve aktivite düzeyinin bir fonksiyonu olarak istenen maksimum PPD değerleri [54].

İç ortam nemliliği için her iki standartta da herhangi bir alt sınır olmayıp, kullanıcıda cilt ve göz kuruluğuna yol açan nem miktarının, iç ortamın “konforsuz” olarak değerlendirilmesine sebep olacağı belirtilmiştir. Ayrıca, genel olarak, konfor koşullarının tanımlandığı iç ortamlarda bağıl nemlilik değerleri de %30 ve %70 arasında olup, iç ortam için ideal bağıl nemlilik değerinin %50 olduğu belirtilmiştir.

3.3.2.4 Arttırılan hava hızı

Yapılan çalışmalara göre, bir iç ortamda hava hareketi hızı arttıkça, ortalama ısıma sıcaklığının kullanıcılar üzerindeki etkisinin azaldığı veya tam tersi durumda, iç ortam hava hareketi hızının azaltılması ile kullanıcının ortalama ısıma sıcaklığından daha fazla etkilendiği saptanmıştır. Bir iç ortamda, ısı konfor koşullarının

sağlanabilmesi için belirli aralıklarda sağlanması gereken iç ortam sıcaklığı, ortalama ışınsal sıcaklık ve dolayısıyla da operatif sıcaklık değerinin, iç ortamda arttırılan hava hareketi hızı sayesinde daha yüksek değerlere çıkmasına izin verilebilir [53, 54].

3.3.2.5 Lokal konforsuzluk

Lokal konforsuzluk, vücudun belli uzuvlarının ısı açıdan konforsuz hissetmesi olarak tanımlanabilir ve bir iç ortamın ısı konfor düzeyinin belirlenmesinde önemli bir parametredir. Lokal konforsuzluk etkilerini dikkate almayan ve vücudun bütün kısımlarına göre yapılan hesaplarla ısı açıdan konforlu olarak varsayılan bir iç ortamda, kullanıcılar kısmi olarak fazla sıcak veya soğuk hissedebilirler. Lokal konforsuzluk parametrelerinin kontrolünün anlamlı olabilmesi için, bir iç ortamda bulunan kullanıcının giysilerinin yalıtım direnci ve aktivite düzeyinin düşük (0.5 ile 0.7 clo, 1 met ile 1.3 met arasında) olması gerekmektedir [53].

ASHRAE 55 ve ISO 7730 Standartlarına göre lokal konforsuzluk; ısıma sıcaklığı asimetrisinden, hava akımından, düşey hava sıcaklığı farkından ve döşeme yüzey sıcaklığından kaynaklanabilir. ASHRAE 55 Standardına göre, bir mekan için kabul edilebilir maksimum memnuniyetsizlik yüzdesine göre (PD) lokal konforsuzluk parametrelerinin alabileceği değerler Çizelge 3.7’de görülmektedir.

Çizelge 3.7 : Bir mekan için kabul edilebilir memnuniyetsizlik yüzdesine (PD) göre lokal konforsuzluk parametrelerinin alabileceği maksimum değerler [53].

Hava akımından kaynaklanan lokal konforsuzluk (%)	Düşey hava sıcaklığı farkından kaynaklanan lokal konforsuzluk (%)	Döşeme yüzeyi sıcaklığından kaynaklanan lokal konforsuzluk (%)	Isıma sıcaklığı asimetrisinden kaynaklanan lokal konforsuzluk (%)
<20	<5	<10	<5

ISO 7730 Standardında ise; A,B ve C şeklinde ısı konfor koşullarının en iyi olduğu varsayılan düzeyden en kötü olduğu düzeye doğru gidildiğinde, lokal konforsuzluk parametrelerinin alması gereken değerler Çizelge 3.8’de görüldüğü gibi verilmiştir.

Ülkemizde bu konuya ilişkin olarak ‘TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları’ standardında [65] ‘sağlıklı bir iç ortamda iç yüzey sıcaklıklarıyla iç ortam sıcaklığı

Çizelge 3.8 : Isıl çevre kategorilerine bağlı olarak lokal konforsuzluk parametrelerinin alabileceği değerler [54].

Kategori	Hava akımından kaynaklanan lokal konforsuzluk (%)	Düşey hava sıcaklığı farkından kaynaklanan lokal konforsuzluk (%)	Döşeme yüzeyi sıcaklığından kaynaklanan lokal konforsuzluk (%)	Işıma sıcaklığı asimetrisinden kaynaklanan lokal konforsuzluk (%)
A	<10	<3	<10	<5
B	<20	<5	<10	<5
C	<30	<10	<15	<10

arasındaki farkın 3°C 'den fazla olmaması' gerekliliği belirtilmiştir. Bu değer, 'TS EN ISO 13788 Bina Bileşenlerinin ve Bina Elemanlarının Nemli Ortamda Isıl Performansı – Kritik Yüzey Nemini ve Bina Bileşenlerinin içindeki Yoğuşmayı Önlemek için İç Yüzey Sıcaklığı – Hesaplama Metotları' standardına göre belirlenmiş bir değerdir [65]. Bu parametrenin kontrolü, ASHRAE 55 ve ISO 7730 standartlarında yer alan lokal konforsuzluk parametrelerinden ısıma sıcaklığı asimetrisinin kontrolü ile aynı amacı taşımaktadır.

3.4 Bölüm Sonucu

Çalışma kapsamında doğal havalandırmalı çift kabuk cephe sistemleri ele alınacağı için; seçeneklerin iç ortam konfor düzeylerinin tayininde, ASHRAE 55 (2010) standardına göre doğal havalandırmalı iç ortamlar için %80 ve %90 memnuniyet oranlarına göre belirlenen operatif sıcaklık değerleri, değerlendirme parametrelerinden biri olarak kabul edilmiştir. Standart kapsamında, lokal konforsuzluk parametrelerinin kontrolünün sadece koşullandırılmış iç ortamlar için zorunlu tutulup, doğal havalandırmalı iç ortamlar için zorunlu tutulmadığından dolayı seçenekler için bu parametreler kontrol edilmemiştir.

Seçeneklerin ısı konfor düzeylerinin tayini için belirlenen bir diğer parametre; CBE Konfor Modeli'ne göre dış cephenin iç yüzey sıcaklığına bağlı olarak PMV ve PPD indislerinin kontrolüdür.

Çalışma kapsamında seçeneklerin değerlendirilmesinde ele alınacak parametrelerden bir diğeri de,, TS 825 standardına göre sağlıklı bir iç ortamda iç yüzey sıcaklıklarıyla iç ortam sıcaklığı arasında olması gereken 3⁰C farkın kontrolüdür.

4. ÇİFT KABUK CEPHE SİSTEM BİLEŞENLERİNİN ISIL KONFOR KOŞULLARINA ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Çift kabuk cephe sistem bileşenlerinin iç ortam ısı konfor düzeyine olan etkilerinin belirlenmesi için:

- iç yüzey sıcaklık değerleri,
- iç ortam sıcaklık dağılımı ve
- hava hareketi hızı

değerlerinin benzetim metoduyla saptanması amaçlanmıştır.

Doğal havalandırma sisteminin uygulandığı cephe seçeneklerinde bu parametrelerin saptanabilmesi için, “doğal taşınım ile ısı akışı” etkisini dikkate alan “hesaplamalı akışkan dinamiği analizinin/HAD (computational fluid dynamics /CFD)” yapılması gerekmektedir [58].

4.1 Çalışmada Kullanılan Benzetim programları

Cephe seçeneklerinin iç mekan ısı konfor düzeyinde oluşturdukları farklılıkların saptanabilmesi için yapılan HAD analizlerinde aşağıda sıralanan üç temel hesap modelinin birlikte çalıştırılması ile doğru sonuç alınabilmektedir [58]:

- Işınım yoluyla gerçekleşen ısı transferi hesabı (radiation heat transfer calculation)
- İletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen küresel ısı transferi hesabı (global heat transfer calculation)
- Isı-akışkan analizi (thermo-fluid flow calculation)

Hava akışı ve ısı transferi hesaplarındaki karışıklıklar nedeniyle, piyasada mevcut HAD yazılımlarının birçoğu, yukarıda adı geçen üç temel hesap modelini bir araya getirmekte zorlanmakta ve bu yüzden de, binalarda cephe sistemlerinin iç ortam ısı konforuna etkilerinin değerlendirilmesinde tek başına yeterli olamamaktadır [59].

Bu doğrultuda, çalışma kapsamında 3 farklı simülasyon programı kullanılmıştır. Bunlar:

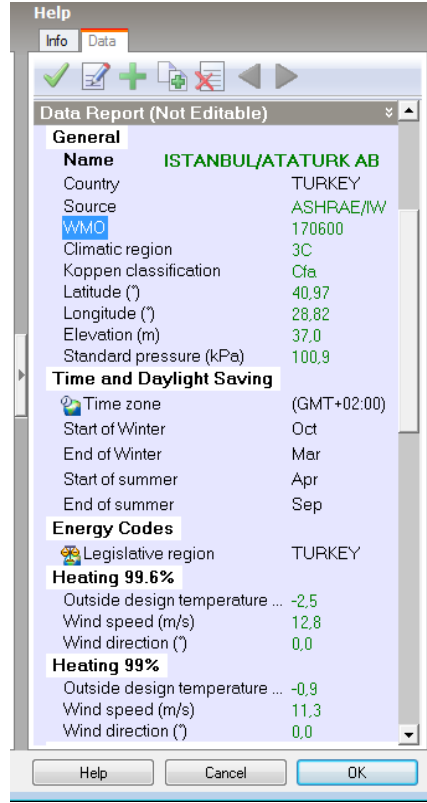
- Farklı çift kabuk cephe seçeneklerinin yer aldığı ofis hacimlerinde yer alan tampon bölge ve iç ortamın güneş ışınlamından kaynaklanan ısı kazançlarının belirlenmesi amacıyla ışınlam yoluyla gerçekleşen ısı transferi hesabı için “DesignBuilder Enerji Benzetim Programı”,
- Farklı çift kabuk cephe seçeneklerinin yer aldığı ofis binalarının katı modellerinin ve sayısal ağlarının oluşturulması için “Gambit 2.4.6 Sayısal Ağ Modelleme Programı”,
- Katı modellerin aktararak, istenen hesaplama yöntemleriyle, çift kabuk cephe seçeneklerinin kullanıldığı ofis hacimlerinde iç yüzey sıcaklık değerleri, iç ortam sıcaklık dağılımı ve hava hareketi hızı değerlerinin saptanması amacıyla iletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen küresel ısı transferi hesabı ve ısı-akışkan analizi için “ANSYS Fluent 13 Çözdürücü Programı”dır.

4.1.1 DesignBuilder 2.3.6

“DesignBuilder Enerji Benzetim Programı”, enerji etkinlik kaygısı taşıyan binaların enerji performanslarının tasarım aşamasında karşılaştırılabilmesi veya çeşitli sertifikasyon sistemlerine göre (LEED, BREEAM) değerlendirilmesi amacıyla kullanılan bir benzetim programıdır. EnerjiPlus benzetim programıyla aynı benzetim motorunu kullanır; fakat, kullanıcı dostu grafik arayüzleri içermektedir [60].

Programda modelleme yapılmadan önce, binanın bulunduğu konum, programın kendi kütüphanesinden seçilerek konumla ilişkili “hava verileri dosyası” aktif hale getirilmiş olur, bu sayede bina ile ilgili dış ortam şartları benzetim ortamına aktarılır. EnergyPlus programıyla aynı benzetim motorunu kullanan DesignBuilder, ANSI/ASHRAE 140 2004 standardıyla uyumlu olarak “Enerji Hesabı için Uluslararası Hava Verileri (International Weather for Energy Calculation / IWEC)” adında bir dosya içermektedir ve benzetim yaparken, belirlenen tasarım günü için güneşin konumu, sıcaklık, basınç ve nem verileri için, IWEC kaynağından alınan bilgilerden yararlanır [61]. Hava verileri dosyası, modellenecek binanın bulunduğu konum ile ilgili olarak 8 adet temel veri girişi içermektedir. Bunlar; konum (eyalet, bölge, ülke, iklimsel bölge), veri kaynağı, enlem, boylam, zaman dilimi, yükselti, ekstrem ısıtma/

soğutma tasarım şartları, günışığından tasarruf dönemleri, tatiller tipik ve ekstrem dönemler, standart basınç, yaz ve kış dönemi başlangıç ve bitiş ayları, dış ortam tasarım sıcaklık değerleri, rüzgar hızı ve rüzgar yönü olarak sıralanabilir (Şekil 4.1) [60].



Şekil 4.1 : DesignBuilder ortamında İstanbul iline ilişkin IWEC kaynaklı iklim verileri.

Program, enerji etkinlik performansı değerlendirilmek istenen binanın katı modelinin oluşturulması için araçlara sahiptir. Katı model oluşturulduktan sonra, binanın yapı elemanlarında yer alan bileşenler, programın zengin malzeme kütüphanesinden seçilerek tanımlanır. Ayrıca, iç ortam konforunun sağlanması için seçilen mekanik ısıtma-soğutma-havalandırma (HVAC) sistemleri ve doğal havalandırma ile ilgili veriler de programa girilerek seçilen gün için benzetim yapılır. Sonrasında araziyle, binayla, binada yer alan hacimler, yapı elemanları ve servis sistemleriyle ilgili olarak istenen sonuçlar alınabilir.

4.1.2 Gambit 2.4.6

Binanın ve cephenin içinde dolaşan havanın sıcaklık, hız ve yoğunluk analizinin yapılabilmesi için, binanın sayısal ağı kurulmuş katı bir modelinin oluşturulması

gerekir. Bu katı modelin oluşturulması, binanın yapı elemanları ile ilgili fiziksel özelliklerinin (ısı iletkenlik katsayısı, geçirgenlik, yutuculuk, vb.) ve sınır koşullarının kabaca belirlenerek FLUENT’de ön tanımlama yapılabilmesi için kaliteli sayısal ağ oluşturabilme ve binanın tüm fiziki yapısını tanımlamamaya imkan veren GAMBIT 2.4.6 programı ile ofis binalarının modelleri ve sayısal ağları kurulmuştur.

Gambit programında istenen modelin kurulması için, nokta, kenar, yüzey ve hacimleri oluşturabilen katı modelleme araçları bulunmaktadır. Model kurma süreci istenen geometrinin özelliklerine göre değişmektedir. Bu yüzden, katı modeller için programa sonradan hesap ağı oluşturmak üzere SOLIDWORKS, CATIA gibi programlardan veri alabilme özelliği sağlanmıştır. Tez sürecinde, katı model ve sayısal ağının oluşturulmasında Gambit harici bir program kullanılmamıştır.

Gambit ortamında farklı katı modelleme araçları yardımıyla kurulan geometri, istenen hesap hassasiyetine göre uygun boyutlarda hesap ağlarına bölünür. Fluent çözücüsü, bu hesap ağlarını, hesap yapacağı birimler / modüller olarak algılar. Gambit ortamında geometriyle ilişkili olarak oluşturulan her kenarın, yüzeyin ve hacmin hesap modüllerine bölünmesi ve her birinin Fluent programının tanıyacağı kalitede olması gerekmektedir. Gambit ile ağlara bölünen model sadece hesaplamalı akışkan dinamiği çözümlerinde değil, ayrıca sonlu elemanlar yöntemiyle yapılan analizlerde de kullanılabilir [63].

Hesaplama modülleri olan sayısal ağlara bölünmüş katı model için, Fluent ortamında hesap yapabilmek amacıyla, malzemelerin fiziksel özelliklerinin tanımlanması gerekmektedir. Örneğin, katı yüzeyler, akışkan ortamlar ve akışkan giriş/ çıkış alanları; Fluent ortamında sıcaklık, hız, yoğunluk gibi detaylı fiziksel özellikleriyle hesaba dahil edilmek üzere Gambit “sınır koşulları” araçlarıyla önceden tanımlanır.

4.1.3 ANSYS Fluent 13

Gelişmiş çözücülere sahip en son versiyonu seçilen ANSYS Fluent13 programı; 1983 yılında geliştirilmeye başlanmış olup, günümüzde otomotiv, havacılık, beyaz eşya, turbomakine, kimya, yiyecek endüstrisi gibi birbirinden farklı bir çok endüstriye ait akışkanlar mekaniği ve ısı transferi problemlerinin çözümünde kullanılabilen genel amaçlı bir hesaplamalı akışkan dinamiği yazılımıdır. Bünyesinde barındırdığı değişik fiziksel modeller üretebilme yeteneğine sahip modüller

sayesinde; laminar (farklı sıcaklıklara sahip katmanları olan-tabakalı), geçişsel (tabakalar arasında geçişli sıcaklık ve yoğunluk değerleri bulunan) ve türbülanslı (çalkantılı) akışlara, iletim, taşınım ve ışıınım yoluyla ısı geçişini içeren problemlere, kimyasal tepkimeleri, yakıt pillerini, akustik, akış kaynaklı gürültü ve çok fazlı akışları içeren problemlere çözümler oluşturabilmektedir [63].

Gambit programında sayısal ağlara bölünmüş ve malzemeleri kabaca tanımlanmış model Fluent ortamına aktarıldıktan sonra, “Problem Kurma” kısmında bulunan araçlar yardımıyla, hesap ağının kalitesi ve ölçeklendirilmesi, yerçekiminin aktif hale getirilmesi gibi işlemler yapılabilir. Yerçekiminin aktif hale getirilmesi; dış ortam rüzgar değerlerinin elde edilmesi ve iç ortam, tampon bölge ve dış ortam arasında ve bu alanlarda meydana gelecek doğal taşınımın etkilerinin hesaba dahil edilmesinde önemlidir.

Ayrıca, çözülmek istenen problemin türüne göre; enerji, radyasyon, akışkanlık, akustik gibi hangi hesap modüllerinin çözüme dahil edileceği de bu menünün altında yer alan “model” sekmesi yardımıyla belirlenmektedir. Çift kabuk cephe sistemlerinde iç mekan ısı konfor koşullarıyla ilişkili olarak hava hareketi sıcaklık dağılımında etkili olduğu için doğal taşınımın enerji denklemlerine dahil edilmesi de enerji denklemleri sekmesinde ayarlanmaktadır. Fluent ortamına modelin global koordinatları ve hesap yapılmak istenen zaman bilgileri girilerek “radyasyon” hesap modülü açılıp, modelde otomatik olarak yeryüzüne düşen güneş ışıınım değeri tesbit edilebilmektedir. Bu ışıınımdan kaynaklanan ısı kazanç, modelde yer alan malzemelerin optik özellikleri de programa veri olarak sağlandıktan sonra, hesap sürecine dahil edilebilmektedir. Bu işlem bilgisayar maliyetlerini arttırdığından ötürü, EnergyPlus benzetim motorunu kullanan Design Builder programında çift kabuk cephe seçeneklerinin kullanıldığı ofis binalarının her birinin tampon bölge ve iç ortamında “doğrudan güneş ışıınımından kaynaklanan ısı kazançlar” belirlenerek, Fluent programında ilgili hacimlere ısı kazanç olarak eklenmiştir.

Modelde yer alan katı ve akışkan malzemeler ile ilgili tüm fiziksel özellikler (yoğunluk, özgül ısı, ısı iletkenlik, referans sıcaklık, akışkanlık, porozite) de “Problem Kurma (problem set up)” menüsünün altındaki “malzemeler” alt menüsüyle tanımlanır. Hangi hesap yöntemlerinin seçileceği “models” menüsünden belirlenir. Son olarak “Çözüm ” menüsünde bulunan araçlar yardımıyla çözdürme işleminin hassasiyetine ve kaç aşamalı çözüm yolu izleneceğine karar verilerek

hesaplamalar başlatılır. Alınan sonuçlardan sonraki aşamalarda kullanılmak üzere istenen değerlere (hız, sıcaklık, yoğunluk) “Sonuçlar” menüsünden ulaşılabilir.

4.2 Uygulama

Çift kabuk cephe sistem bileşenlerinin iç ortam ısı konforuna etkisini değerlendirmek üzere, İstanbul’da olduğu varsayılan bir ofis binasının çift kabuk cephe sistemi için bir uygulama yapılmıştır. Çalışma kapsamında; yaz döneminde doğal havalandırma yapılması halinde aşırı ısınmadan kaynaklanan konfor durumu araştırılmış, kış dönemi ihmal edilmiştir. Uygulama sürecinde öncelikle, sistem ve bileşen değişimine dayalı olarak cephe seçenekleri üretilmiş, bu seçeneklerin iç yüzey ve iç ortam sıcaklıkları ile hava hareketi hızı değerleri elde edilmiş ve sonrasında her bir seçeneğin ısı konfor analizi yapılmıştır. Yapılacak değerlendirmeler için uygulama sürecinde atılan adımlar Çizelge 4.1’de görülmektedir.

Çizelge 4.1 : Çift kabuk cephe seçeneklerinin ısı konfora etkilerinin değerlendirilmesinde uygulama süreci.

Dış ortam iklim verilerinin belirlenmesi
Ofis binasına ve hacmine ilişkin verilerin belirlenmesi
İç ortam kullanım koşullarının belirlenmesi
Cephe sistem ve bileşen seçeneklerinin belirlenmesi
Güneş ışınlamından kaynaklanan ısı kazançların belirlenmesi (Design Builder Enerji Benzetim Programı ile)
HAD analizleri ile seçeneklerin iç ortam ve iç yüzey sıcaklıklarının belirlenmesi (ANSYS Fluent çözücüsü ile)
Seçeneklerin değerlendirilmesi

4.2.1 Dış ortama ilişkin iklim verilerinin belirlenmesi

Seçeneklerin benzetiminde, dış ortama ilişkin iklimsel veriler, ofis binasının bulunduğu “İstanbul” iline ait değerler olarak sabit alınmıştır. Tüm seçeneklerde; “aşırı ısınma” durumunda performansın değerlendirilebilmesi amacıyla, dış ortam koşulları (dış ortam sıcaklığı, rüzgar yönü ve hızı ve güneş ışınlamı değerleri), IWEC

hava verileri dosyasından alınan uzun yıllar ortalamasına göre en yüksek dış sıcaklıkların saptandığı 4 Temmuz günü için, güneş ışınlamından kaynaklanan ısı kazanç değerinin en yüksek olduğu saat 13.00 değerleri dikkate alınarak oluşturulmuştur. IWEC, Amerika Birleşik Devletleri ve Kanada ile birlikte 277 ülkede 18 yıllık ölçümlere dayalı olarak oluşturulmuş kuru termometre sıcaklığı, yoğunlaşma noktası sıcaklığı, rüzgar hızı ve yönü gibi Asheville Ulusal İklim Veri Merkezi'nden (National Climatic Data Center, Asheville) alınan verileri içermektedir. IWEC dosyasından ulaşılabilen güneş ışınlamı ve aydınlatma değerleri, güneş ve dünyanın konumu ile bulutluluk oranı hesaplamaları baz alınarak oluşturulmaktadır.

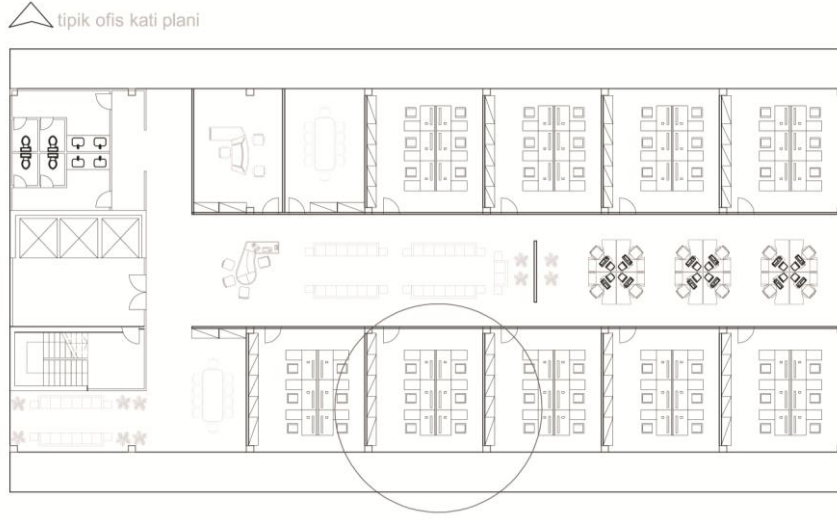
4.2.2 Ofis binasına ve ofis hacmine ilişkin verilerin belirlenmesi

İç ortam ısı konfor koşullarına etkisinin değerlendirilmesi için benzetimlerin yapıldığı ofis binasının plan şeması tipini belirlemek üzere, “cephesinde çift kabuk cephe sistemlerinin kullanıldığı mevcut 31 adet ofis binası” incelenerek, en çok kullanılan ofis plan şeması tipleri belirlenmiştir (Çizelge A.1). İncelemeler sonucunda, çift kabuk cephe sistemlerinin yer aldığı ofis binalarının plan tipleri açısından; “bireysel hücre, grup hücre ve karma düzenli” olanlarının 18 adet, “açık serbest düzenli” olan ofislerin ise 11 adet olduğu belirlenmiştir. İncelenen binalardan 2 tanesi için plan verilerine ulaşılammıştır. Böylece, iç ortam ısı konfor analizi yapılacak olan hacmin, kapalı ve açık ofis alanlarından oluşan karma düzenli bir ofis binasında yer aldığı varsayılmıştır. 42x22 m boyutlarında 10 katlı ve kat yüksekliği 3.5m olarak tasarlanan bu ofis binası altı kişilik grup hücrelerinden oluşmaktadır (Şekil 4.2). Binanın kuzey ve güney cepheleri çift kabuk cephe sistemi ile oluşturulmuştur. Uygulama kapsamında güney cephesi için üretilmiş cephe seçenekleri değerlendirilecektir. Ayrıca, binada seçeneleştirilecek güney cephesi dışında diğer tüm cephelerde, yalıtımlı alüminyum çerçeve sistemli berrak camdan oluşan ısıcam ünitesinin yer aldığı bir dış cephe camlama sistemi kullanılmıştır.

4.2.3 İç ortam ve kullanıcılarına ilişkin verilerin belirlenmesi

Benzetim için tasarlanan ofis binasının iç ortamına ilişkin verilerin tüm seçenekler için aynı olduğu varsayılmıştır. İç ortam hava sıcaklığı, TS825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Türk Standardı ve ASHRAE Standartlarıyla uyumlu olarak 24⁰C alınmıştır

(Şekil 4.3) [65]. İç ortam bağıl nem değeri, kullanıcı konfor koşullarının sağlanması için önerilen değerde – 0,50 olarak - belirlenmiştir [64].



Şekil 4.2 : Ofis binası tip kat planı.

Kullanıcıyla ilişkili olarak iç ortam ısı konfor koşullarını etkileyen ve benzetim sürecinin birinci aşamasında yazılıma sağlanması gereken verilerden biri kıyafet faktörüdür. Ofislerde, tipik takım elbise giyildiği varsayılarak, yaz durumu için kıyafet faktörü “0.5 clo” olarak belirlenmiştir. Kullanıcıyla ilişkili bir diğer faktör de, “metabolizma ya da aktivite düzeyi” olup, tipik ofis işleri için 60 kcal/hr m² olarak belirlenmiştir [5].

Bina tipi	Kategori	Konforlu hissettiren iç ortam operatif sıcaklığı (°C)	
		Isıtma mevsimi- 1,0 clo	Soğutma mevsimi- 0,5 clo
Ofis	Konferans salonu	I	21 - 23
	Oditoryum	II	20 - 24
	Kafeterya	III	23 - 26
	Restoran		22 - 27
	Sınıf		

Şekil 4.3 : Farklı amaçlarla kullanılan binalar için tavsiye edilen ortalama iç sıcaklık değerleri [50].

İç ortam için seçilen havalandırma tipi, yaz koşulları için “doğal havalandırma” olarak seçilmiştir. Cephe sisteminin iç ortam ısı koşulları üzerindeki etkisinin saptanabilmesi için, iç ortamda herhangi bir mekanik soğutma sisteminin çalışmadığı varsayılmıştır.

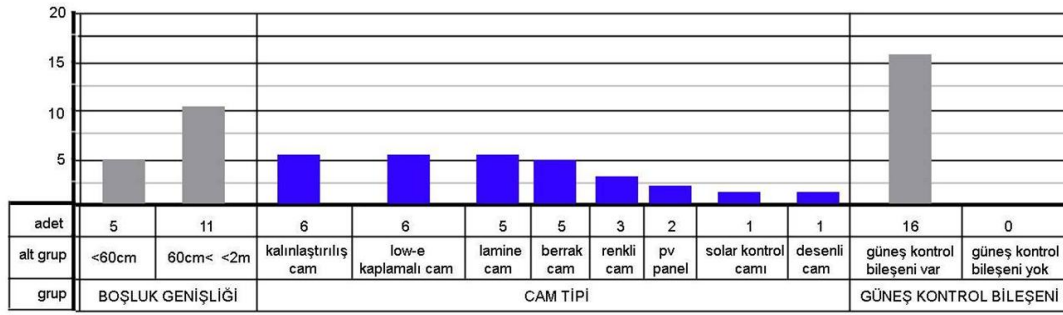
4.2.4 Cephe sistem ve bileşen seçeneklerinin belirlenmesi

Cephe sistem ve bileşen tiplerinin belirlenmesi için, yukarıda belirtildiği gibi “ofis plan şeması tipinin” belirlenmesinde yararlanılan “cephesinde çift kabuk cephe sistemlerinin kullanıldığı mevcut 31 adet ofis binası”; “boşluk genişliği, kullanılan cam tipleri ve güneş kontrol bileşeni” açılarından incelenerek, sıklıkla kullanılan çift kabuk sistem bileşen tipleri saptanmaya çalışılmıştır (Çizelge A.1). Sonuç olarak, çift kabuk cephe sistemlerinin yer aldığı ofis binaları;

- Boşluk genişliği açısından incelendiğinde; boşluk (tampon bölge) genişlikleri 60cm’den küçük olan 5 adet, 60-200 cm arasında olan 11 adet örnek saptanmıştır. Bazı kaynaklar, tampon bölge genişliğinin 60cm’den küçük olması durumunda cephe sistemini ‘hava akış penceresi’ olarak adlandırmakta ve seçilen cephe sisteminin ‘çift kabuk’ olarak adlandırılabilmesi için gerekli minimum tampon bölge genişliğinin 60cm olduğunu belirtmektedir [16]. Bu yüzden, seçeneklerde ‘boşluk genişliğinin’ iç yüzey sıcaklığı üzerindeki etkisinin daha belirgin olarak saptanabilmesi için ara boşluk 60 cm ve 150 cm olarak seçilmiştir (Şekil 4.4).
- Cam tipi açısından incelendiğinde; dış kabukta en çok berrak veya renkli ve kalınlaştırılmış tek cam, iç kabukta ise low-e kaplamalı çift cam ünitelerine rastlanmıştır. Bu tür çift kabuk sistemleri, daha çok kuzey ülkelerinde tercih edilmektedir [13]. Çalışma kapsamında İstanbul için düşünülen ofis binasının güney cephesi için üretilen çift kabuk cephe seçeneklerinde dış kabukta ve iç kabukta hem çift hem de tek camlı üniteler kullanılarak farklı kombinasyonlar oluşturulmuştur.
- Güneş kontrol bileşeni açısından incelendiğinde; binaların tümünde ‘yatay alüminyum güneş kırıcı’ bileşene rastlanmıştır. Çalışma kapsamında seçeneklerde güneş kontrol bileşeninin aktif (kapalı) ya da inaktif (açık) olarak kullanılması ile farklılaşmaya gidilmiştir.

4.2.5 Üretilen seçenekler

Cephe seçenekleri, iç mekan ısı konfor koşulları üzerinde çift kabuk cephe sistemlerinin tek kabuk cephe sistemlerine göre katkısını ve cephe sistem bileşenlerinin etkisini değerlendirmek üzere üretilmiştir.



Şekil 4.4 : Mevcut ofis binalarının çift kabuk cephe sistem bileşenlerinin analizi.

Seçenekler oluşturulurken; iç yüzey sıcaklıklarına etki eden parametreler baz alınmış ve bu parametrelerin bir kısmı tüm seçenekler için “sabitken”, bir kısmı “değişken” olarak belirlenmiştir. Seçeneklerin bulunduğu dış ortama ilişkin iklimsel veriler, ofis binasına ve ofis hacmine ilişkin veriler ile iç ortam ve kullanıcıya ilişkin veriler tüm seçenekler için aynı olup “sabit veriler” olarak, cephe sistem ve bileşen tiplerine ilişkin veriler ise ‘değişken veriler’ olarak kabul edilmiştir.

Uygulama için seçilen değişken veriler;

- Kabuk sistemi,
- Dış ve iç kabukta kullanılan cam tipi ve camlama sistemi,
- Güneş kontrol bileşeni
- Boşluk genişliğidir.

Bu doğrultuda seçenekler için değişkenlerle ilişkili olarak bir kodlama sistemi oluşturulmuş ve seçenekler bu kodlama sistemine göre adlandırılmıştır (Çizelge 4.2). Tabloda “T” harfi tek kabuk cam cephe sistemini, “C” harfi çift kabuk cam cephe sistemini, “K” harfi kapalı konumdaki güneş kontrol bileşenini ve “A” harfi açık konumdaki güneş kontrol bileşenini ifade etmektedir. “0, 1 ve 2” rakamları ise sırasıyla 10mm kalınlığındaki berrak camdan oluşan tek cam ünitesini, 6/12/6mm kombinasyonundan oluşan berrak camdan oluşan çift cam ünitesini ve dış camın iç yüzeyinde düşük yayınlı (low-e) film kaplamalı ısıcam ünitesini tanımlamaktadır. Buna göre, T1K seçeneği kapalı konumda güneş kontrol bileşeni olan çift cam üniteli bir tek kabuk cephe sistemini, C20A150 ise ara boşluğu 150cm ve açık konumda güneş kontrol bileşeni olan, dış kabuğunda low-E kaplamalı çift cam ünitesinin iç

kabuğunda berrak camlı tek cam ünitesinin kullanıldığı bir çift kabuk cephe sistemini tanımlamaktadır.

Çizelge 4.2 : Seçeneklerin isimlendirilmesinde kullanılan kodlama sistemi.

Kabuk sistemi kodu	Dış kabuk cam tipi & camlama sistemi kodu	İç kabuk cam tipi & camlama sistemi kodu	Güneş kontrol bileşeni kodu	Boşluk genişliği kodu
T	1	-	K	-
C	2	0	A	150

Uygulamada tek ve çift kabuk cam cephe sistem seçeneklerinde kullanılan cam ve camlama tiplerinin teknik özellikleri aşağıdaki tabloda verilmiştir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3 : Cephe sistem seçeneklerinde kullanılan cam ve camlama tiplerinin teknik özellikleri.

Cam Kodu	Cam tipi / camlama sistemi	Kalınlık	Ara boşluk gazı	Ara boşluk kalınlığı	Isı geçirgenlik katsayısı / U değeri (W/m ² K)
0	Berrak tek cam	6mm	-	-	5,6
1	Berrak çift cam	6+ 6 mm	hava	12 mm	2,6
2	Low-e kaplamalı çift cam	6+6 mm	hava	12 mm	1,1

Güneş kontrol bileşeninin kullanıldığı seçeneklerin tümünde “yatay alüminyum güneş kırıcı” bileşen kullanılmış ve açısı 45⁰ olarak sabit alınan bu bileşenin, boşluk içinde “dış kabuğun 15cm arkasında” konumlandırıldığı varsayılmıştır. Bileşeni oluşturan her bir yatay elemanın et kalınlığı 0.2cm, genişliği 2.5 cm, uzunluğu da cephe genişliği kadar yani 6m’dir. Bileşenin yansıtıcılık değeri 0.6, yutuculuk değeri

0,3 ve geçirme değeri 0,1’dir. Çalışma kapsamında değerlendirmeye tabi tutulacak cephe seçenekleri Çizelge 4.4’te verilmiştir.

Çizelge 4.4 : Isıl konfor analizi yapılacak cephe sistem seçenekleri.

seçenek kodu	şematik kesit	CEPHE SİSTEMİ									
		TEK KABUK CEPHE SİSTEMİ	ÇİFT KABUK CEPHE SİSTEMİ						güneş kontrol elemanının yeri		
			tampon bölge genişliği (cm)		dış kabuk cam sistemi						
			60	150	01	10	02	20	kapalı (aktif)	açık (inaktif)	
1	T2K		X						X	X	
2	T2A		X						X		X
3	T1K		X				X			X	
4	T1A		X				X				X
5	C20K60			X					X	X	
6	C20A60			X					X		X
7	C10K60			X			X			X	
8	C10A60			X			X				X

Çizelge 4.4 (devam): Isıl konfor analizi yapılacak cephe sistem seçenekleri.

seçenek kodu	şematik kesit	CEPHE SİSTEMİ									
		TEK KABUK CEPHE SİSTEMİ	ÇİFT KABUK CEPHE SİSTEMİ						güneş kontrol elemanının yeri		
			tampon bölge genişliği (cm)		dış kabuk cam sistemi						
			60	150	01	10	02	20	kapalı (aktif)	açık (inaktif)	
C20K150				X				X	X		
C20A150				X				X		X	
C10K150				X		X			X		
C10A150				X		X				X	
C02K150				X			X		X		
C02A150				X			X			X	
C01K150				X	X				X		

Cephe seçeneklerinin yer aldığı ofis binasının katı modeli oluşturularak yapı elemanları ve iç ortam kullanım koşulları ile ilgili tanımlamalar yapılmaktadır. Dış ortam koşullarının tanımlanabilmesi için, seçenekler için uzun yıllar ortalamasına dayanan ve ASHRAE tarafından İstanbul için geliştirilen “IWEC Hava Verileri Dosyası” aktif hale getirilmiştir. Benzetimler uzun yıllar ortalamasına göre 31.5⁰C ile en yüksek dış ortam sıcaklığına sahip gün olarak 4 Temmuz gününün en yüksek

güneş ışınlamı değerine sahip (GMT +2.0 saat dilimine göre) saat 13.00 için yapılmıştır.

Seçeneklerin ısı kazanç değerlerinin hesaplanması için Design Builder ortamında atılan adımlar aşağıda sıralanmaktadır:

- Konumun belirlenmesi
- Katı modelin oluşturulması
- İlgili yapı elemnaları için ısı ve optik özellikleri belirlenmiş olan malzemelerin program kütüphanesinden seçilerek atanması
- İç ortam kullanım koşullarının belirlenmesi
- İç ortam için hava koşullandırma sistemlerinin tanımlanması
- Benzetimin yapılması
- Tampon bölge ve iç ortam için güneş ışınlamı değerlerinin sonuçlardan okunması

Benzetimler sonucu tüm seçenekler için tampon bölge ve oda hacimlerine düşen güneş ışınlamı değerleri izelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5 : Seçeneklerin tampon bölge ve oda hacimlerine düşen güneş ışınlamından kaynaklanan ısı kazanç değerleri.

Seçenek kodu	Tampon bölgeye düşen güneş ışınlamından kaynaklanan ısı kazanç değerleri (kWh)	Oda hacmine düşen güneş ışınlamından kaynaklanan ısı kazanç değerleri (kWh)
T2K	-	0,72
T2A	-	2,48
T1K	-	0,8
T1A	-	2,8
C20K60	0,64	0,04
C20A60	2,08	0,23

Çizelge 4.5 (devam): Seçeneklerin tampon bölge ve oda hacimlerine düşen güneş ışınlımından kaynaklanan ısı kazanç değerleri.

Seçenek kodu	Tampon bölgeye düşen güneş ışınlımından kaynaklanan ısı kazanç değerleri (kWh)	Oda hacmine düşen güneş ışınlımından kaynaklanan ısı kazanç değerleri (kWh)
C10K60	0,79	0,04
C10A60	2,75	0,31
C02K60	1,11	0,07
C02A60	4,31	0,53
C01K60	1,41	0,07
C01A60	4,71	0,53
C20K150	0,64	0,04
C20A150	2,08	0,08
C10K150	0,79	0,05
C10A150	2,75	0,11
C02K150	1,11	0,05
C02A150	4,31	0,11
C01K150	1,11	0,06
C01A150	4,31	0,13

Bir hacme düşen güneş ışınlımı miktarı tampon bölge genişliğinin değişmesine, cephede optik özellikleri farklı cam tipleri kullanılmasına, güneş kontrol bileşeni kullanımına bağlı olarak değiştiği için, “güneş ışınlımından kaynaklanan ısı kazançlar” da farklılaşacaktır. Bu değerler Fluent ortamındaki hesaplara veri olarak dahil edilmiştir. Aslında ANSYS Fluent 13 çözdürücüsü, “radyasyon/ solar calculator” hesaplama modülüyle, hesap ağlarına bölünmüş katı modelin bulunduğu

koordinatlara ve zaman bölgesine bağılı olarak, yeryüzüne düşen güneş ışınımı değerini ve bu değer yardımıyla, malzemelerin optik özelliklerine bağılı olarak farklı hacimlerde gerçekleşecek ısı kazançları hesaplayabilmektedir. Bu hesap “hesaplamalı akışkan dinamiği /HAD (computational fluid dynamics /CFD)” analizi ile mümkün olmaktadır. Bu analiz için doğru sonuçlara ulaşabilmek için, Gambit programı ile dış ortamda yaratılan alanın (dış hesap kübü/ domain) binanın kendi boyutlarının her 3 ekseninde de (X,Y,Z doğrultuları) en az 10 katı büyüklüğünde olması gerekmektedir. Dış ortamda yapılması gereken HAD analizi, bilgisayar maliyetlerini ve problemin çözümünün yakınsama sürecini arttırdığından ve çok yüksek donanımlı bilgisayarlar gerektirdiğinden, güneş ışınımından kaynaklanan kazançlar DesignBuilder programı ile belirlenmiştir.

4.2.6 İç ortam ve iç yüzey sıcaklıklarının belirlenmesi

ANSYS Fluent 13 ortamında oluşturulan HAD modelinin kurulumunda, yazılımın “Yardım Menüsünden (Help Menu)” ulaşılabilen “Kullanıcı Kılavuzu (User’s Guide)” içinde yer alan doğal taşınım, enerji akışı ve ısı-akışkan hesaplama önerileri dikkate alınmıştır. ANSYS Fluent, akışkan hareketi problemlerini “kütle, momentum ve enerji korunumu” yasalarıyla tanımlar ve bu yasaları “sonlu elemanlar analiz yöntemleriyle (finite element based technique) ayrıklaştırılmış diferansiyel denklemler ile açıklar [66]. İç ortam hava akış hareketinin hesaplanmasında, Kullanıcı Kılavuzu, “Reynolds-Averaged Navier Stokes (RANS) denklemlerini” önermektedir. “Enerji, süreklilik ve momentum denklemlerinin” çözümünde ise önerilen iki değişkenli “RNG k- ϵ türbülans modeli” kullanılmıştır. Standart k- ϵ modeli, endüstriyel HAD analizlerinde en yaygın olarak kullanılan türbülans (çalkantı) modellerindendir. Yine kılavuz önerileri doğrultusunda, hücre içi şartlarına ilişkin fiziksel özelliklerin tanımlandığı sekmede “akışkanlık (viscosity)” modeli “laminer/katmanlı (laminar)” olarak seçilerek, tampon bölge ve iç ortamda bulunan havanın hareketinin sıcaklığa bağılı katmanlar bazında değerlendirildiği bir ısı akışkan analizinin yapılması sağlanmıştır.

Doğal havalandırmalı cephe seçenekleri için yapılan ısı akışkan analizi hesaplamalarında “doğal taşınım” etkisi önemli bir yere sahiptir. Kullanıcı Kılavuzu’na göre; bir akışkana ısı verilmesiyle, akışkanda ısı etkisiyle meydana gelen yoğunluk değişimi söz konusu olduğunda, bu yoğunluk değişimine bağılı olarak

devreye giren yerçekimi kuvveti etkisiyle, akışkan bünyesinde “bir akış” gerçekleşir. Doğal havalandırılmalı cephe sisteminde yer alan tampon bölge ve iç ortamda meydana gelen hava akışı ve tabakalaşması doğrudan bu bilgiyle ilgilidir. Isı enerjisi alan hava tabakasında mevcut kinetik enerjinin artmasından dolayı, moleküllerin birbirinden uzaklaşmasıyla bu “daha sıcak” hava tabakasının yoğunluğu düşer ve hafifler. Böylelikle tampon bölgede veya iç ortamda üst kotlara doğru yükselir ve soğuk ve daha yoğun hava tabakasıyla yer değiştirir. Farklı ısı enerjilerine sahip hava tabakalarında meydana gelen bu hareket, bir tür “doğal taşınım”dır. Çalışma kapsamında cephe sistem seçeneklerinin ısı-akışkan analizlerinden doğru sonuçlar alabilmek için doğal taşınım etkilerinin hesaplama sürecine yansıtılması gerekli olup, Kullanıcı Kılavuzu’nda bu tür problemlerin çözümü için tavsiye edilen “Boussinesq yaklaşımı (The Boussinesq approximation)” uygulanmıştır. Bunun için, Fluent ortamında malzemelerin fiziksel özellikleriyle ilgili tanımlamalar yapılırken “yoğunluk” sekmesinin altındaki “boussinesq” şıkkı seçilmiştir. Sistemin düzgün çalışması için momentum denklemlerinden “gövde kuvveti (body-force term)” de aktif duruma getirilmiştir. Boussinesq yaklaşımının uygulanması ile, yazılım analiz sürecinde basınç katsayılarını hesaplarken ısınan havanın genleşme katsayısını da dikkate alır. Böylelikle ısı enerjisiyle hava tabakasında meydana gelen yoğunluk değişimi ve hava hareketi etkileri gözönüne alınabilir ve daha sağlıklı bir doğal taşınım hesabı yapılmış olur. Ayrıca, doğal taşınım hesabında doğruluk düzeyinin arttırılması için “yerçekimi etkisi” de aktive edilerek, ısı enerjisi düzeyine bağlı olarak hava tabakasının yoğunluğundaki değişimin oluşturduğu hava hareketinin ısı-akışkan analizi üzerindeki etkisi daha rahat gözlemlenebilir.

Ayrıca, “Çözüm (solution methods)” menüsünde, akışkan hareketleriyle ilgili olarak türbülans (çalkantı) akışı hesaplamaları için “gövde kuvveti ağırlıklı hesap modeli (body force weighted model)” seçilerek hesaplamada doğal taşınım etkisinin dikkate alınması sağlanmıştır. Basınç ve hız denklemlerinin çözümünde daha güvenilir sonuçlar alabilmek için, iki aşamalı hesaplama yaparak yakınsama oranını arttıran “ikinci mertebeden uzaysal ayrıklaştırma metodu (second-order upwind spatial discretization)” seçilmiştir.

Yukarda hesaplama yöntemleri açıklanan HAD analizi için gerçekleştirilen adımlar aşağıda sıralanmıştır:

- **Gambit Ortamında Atılan Adımlar**

- ✓ Katı modelin oluşturulması
- ✓ Modelin ağırlara bölünmesi
- ✓ Malzemelerin fiziksel özelliklerinin kabaca belirlenmesi
- **Fluent Ortamında Atılan Adımlar**
 - ✓ Problem Kurma
 - Genel adımlar
 - Ağ kalitesinin kontrolü, ölçeklendirme
 - Hız formüllerini, yerçekimini aktive etme
 - Model hesap seçeneklerinin belirlenmesi
 - Problemle ilgili olan hesap modüllerini aktive etme
 - Malzemeler ile ilgili fiziksel özellikleri ayrıntılı tanımlama
 - Modelde yer alan katı ve sıvı tüm malzemelerin fiziksel özelliklerini tanımlama
 - Modelde yer alan akışkanlara ilişkin sınır şartlarının tanımlanması (farklı hacimlere ait iç ortam havası, hava giriş ve çıkış alanları)
 - Katı yüzeyler ile ilgili sınır şartlarını tanımlama
 - ✓ Çözüm
 - Çözüm metodlarına karar verme
 - İstenen hesap hassasiyeti ve doğruluk düzeyine göre kaç aşamalı çözüm uygulanacağını belirleme
 - Gerekli yakınsama düzeyine göre çözüm tekrarlama sayısını belirleme
 - ✓ Sonuçlar
 - Grafik biçimde çıktılar ve raporlar
 - Akışkanlara ve katı yüzeylere ait sıcaklık değerleri ve hız dağılımları

Hesaplamalı akışkan dinamiği analizi ile gerçekleştirilen benzetimler sonucunda tüm seçenekler için yapılan hesaplamalar yardımıyla belirlenen iç ortam ve iç yüzey sıcaklıkları Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6 : Seçenekler için hesaplanmış iç yüzey sıcaklığı (T_{is}) ve ortalama ışımsal sıcaklık değerleri (T_{mrt}).

Seçenek Kodu	İç yüzey sıcaklıkları (T _{is} , °C)									Ort. ışımsal sıcaklık (T _{mrt})
	Dış kabuk		İç kabuk		Kuzey Duvarı	Batı Duvarı	Doğu Duvarı	Tavan	Döşeme	
	Dış yüzey	İç yüzey	Dış yüzey	İç yüzey						
T1K	-	-	31,670	33,324	36,500	36,120	36,450	37,280	34,568	35,707
T1A	-		32,270	35,991	41,426	41,640	42,140	45,111	37,999	40,718
T2K	-	-	31,460	34,038	36,650	36,460	36,870	40,987	35,856	36,810
T2A	-	-	32,270	36,400	45,24	44,380	44,630	49,470	38,340	43,077
C10K60	32,037	31,701	32,080	32,160	32,240	32,230	32,220	32,660	32,115	32,271
C10A60	32,416	31,765	34,068	34,422	34,705	34,694	34,716	36,957	33,760	34,876
C20K60	31,683	32,027	31,013	32,077	32,157	32,160	32,137	32,230	32,160	32,154
C20A60	31,715	31,319	33,930	34,360	34,484	34,482	34,479	37,270	33,520	34,766
C01K60	31,800	31,950	32,53	32,620	33,511	33,420	33,542	33,200	32,700	33,166
C01A60	32,100	32,790	34,660	35,450	35,160	35,150	36,001	38,850	34,350	35,827
C02K60	31,700	31,85	32,490	32,48	32,350	32,290	32,340	32,630	32,180	32,378
C02A60	31,910	32,690	34,570	35,116	35,090	35,100	35,125	38,010	34,210	35,442
C10K150	31,473	31,734	32,360	32,850	33,770	33,080	33,130	35,987	33,170	33,665
C10A150	31,990	32,05	33,380	34,657	36,980	36,530	36,895	39,669	35,795	36,754
C20K150	31,167	31,473	31,981	33,630	33,780	33,220	33,160	34,998	33,002	33,632
C20A150	31,720	32,009	32,969	34,283	36,410	36,183	36,192	39,197	35,288	36,259
C01K150	31,680	31,95	32,972	34,27	34,340	34,350	34,310	35,240	33,120	34,272
C01A150	31,700	33,140	34,139	35,542	37,310	37,610	37,650	40,680	37,640	37,739
C02K150	31,640	31,629	32,450	33,789	33,990	33,378	33,212	35,093	33,990	33,909
C02A150	31,660	32,727	33,610	34,875	35,990	35,936	35,994	39,953	36,114	36,477

4.3 Bölüm Sonucu ve Değerlendirilmeler

Cephe seçeneklerinin iç mekan ısı konfor koşulları üzerindeki etkisini değerlendirmek üzere; Bölüm 3.4’de belirlenen kontrol parametreleri kullanılmıştır. Bu parametreler; operatif sıcaklık, PMV ve PPD indisleri ile iç yüzey sıcaklığı kontrolüne ilişkindir. Bu doğrultuda aşağıda sıralanan kontroller yapılmıştır:

- Doğal havalandırılmalı alanlar için ASHRAE 55’e göre operatif sıcaklık (T_{op}) kontrolü [53].
- PMV indisinin ve PPD indislerinin CBE pencere değerlendirme yöntemine göre kontrolü [6].
- TS EN ISO 13788 2004’e göre, iç yüzey sıcaklıklarının iç ortam sıcaklık değerleriyle aralarındaki farkın 3°C ’yi geçip geçmemesinin kontrolü [57].

Seçeneklerin iç ortam ısı konforuna etkilerinin değerlendirilmesinde yararlanılacak cephe iç yüzey sıcaklıkları (T_{is}), ortalama ışınsal sıcaklıklar (T_{mrt}), ortalama hava sıcaklıkları (T_{hava}) ve operatif sıcaklıklar (T_{op}) ile cephe iç yüzey sıcaklık değerlerine bağlı olarak belirlenen PMV ve PPD indisleri Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7 : Seçeneklerin iç ortam ısı konforuna etkilerinin değerlendirilmesinde kullanılan hesap değerleri.

Seçenek Kodu	Cephe iç yüzey sıcaklığı (T_{is} , $^{\circ}\text{C}$)	Ortalama ışınsal sıcaklık (T_{mrt} , $^{\circ}\text{C}$)	Ortalama iç ortam hava sıcaklığı (T_i , $^{\circ}\text{C}$)	Operatif sıcaklık (T_{op} , $^{\circ}\text{C}$)	Cephe iç yüzey sıcaklığına bağlı olarak PMV indis (%)	Cephe iç yüzey sıcaklığına bağlı olarak PPD indis (%)
T1K	33,324	36,810	37,120	36,965	0,3	6
T1A	35,991	43,077	44,870	43,973	0,4	7
T2K	34,038	35,707	36,270	35,989	0,4	7
T2A	36,400	40,718	42,268	41,493	0,5	8
C10K60	32,160	32,271	32,401	32,336	0,3	6
C10A60	34,422	34,876	35,277	35,076	0,4	7

Çizelge 4.7 (devam): Seçeneklerin iç ortam ısı konforuna etkilerinin değerlendirilmesinde kullanılan hesap değerleri.

Seçenek Kodu	Cephe iç yüzey sıcaklıkları (T _{is} , °C)	Ortalama ışımsal sıcaklık (T _{mrt} , °C)	Ortalama iç ortam hava sıcaklığı (T _i , °C)	Operatif sıcaklık (Top, °C)	Cephe iç yüzey sıcaklık değerine bağlı olarak PMV indisi (%)	Cephe iç yüzey sıcaklık değerine bağlı olarak PPD indisi (%)
C20K60	32,077	32,154	32,250	32,202	0,3	6
C20A60	34,360	34,766	35,285	35,025	0,4	7
C01K60	32,620	33,166	32,397	32,781	0,3	6
C01A60	35,450	35,827	35,920	35,873	0,4	7
C02K60	32,48	32,378	32,466	32,422	0,3	6
C02A60	35,116	35,442	35,700	35,571	0,4	7
C10K150	32,850	33,665	34,925	34,295	0,3	6
C10A150	34,657	36,754	38,758	37,756	0,4	7
C20K150	33,630	33,632	34,128	33,880	0,3	6
C20A150	34,283	36,259	37,348	36,803	0,4	7
C01K150	34,27	34,272	34,390	34,331	0,4	7
C01A150	35,542	37,739	38,945	38,342	0,4	7
C02K150	33,789	33,909	33,998	33,953	0,3	6
C02A150	34,875	36,477	37,744	37,111	0,4	7

Çizelge 4.7’deki ısı konforla ilişkili hesap değerlerinin sonuçları incelendiğinde, en düşük operatif sıcaklıkların, güneş kontrol bileşeninin kapalı (aktif) olduğu 60 cm tampon bölge genişliği bulunan C10K60, C20K60, C01K60, C02K60 kodlu çift kabuk cephe seçeneklerinde gerçekleştiği ve yaklaşık 32°C olduğu görülmüştür. Operatif sıcaklık değerleri, güneş kontrol bileşeninin açık (inaktif) kullanımıyla, artan tampon bölge genişliğiyle ve tek kabuk cephe sistemi seçimiyle artmakta ve böylece iç ortam için sağlanması gereken ısı konfor koşullarından

uzaklaşmaktadır. En yüksek operatif sıcaklık değeri, tek kabuk cephe sistemli, berrak camlardan oluşan ısıcam ünitesinin kullanıldığı ve güneş kontrol bileşeninin açık (inaktif) konumda tutulduğu T1A seçeneğinde $43,97^{\circ}\text{C}$ olarak hesaplanmıştır.

Sonuçların ASHRAE 55 Standardı ve CBE Pencere Değerlendirme Yöntemi'ne göre karşılaştırıldığı Çizelge B.1 incelendiğinde; hiçbir seçeneğin ASHRAE 55 2010 Standardı'nda doğal havalandırmalı iç ortamlar için %80 ve %90 memnuniyet oranına göre istenen $30,5^{\circ}\text{C}$ ve $29,5^{\circ}\text{C}$ değerlerini sağlayamadığı, CBE Pencere Değerlendirme Yöntemi'ne göre iç yüzey sıcaklıklarıyla ilişkili olarak hesaplanan PMV ve PPD indislerinin ise istenen aralıklarda olduğu görülmüştür. PMV ve PPD indislerine ilişkin en büyük değerler, low-e kaplamalı ısıcam ünitesinin ve inaktif konumda güneş kontrol bileşeninin kullanıldığı T2A kodlu tek kabuk cephe sistemi için elde edilmiş ve sırasıyla %0,5 ve %8 olarak belirlenmiştir.

Çizelge B.2'deki TS EN ISO 13788'e göre belirlenen ısıl konforla ilişkili parametre değerlerinin sonuçları incelendiğinde; en düşük iç yüzey ve iç ortam sıcaklık değerleri farkı, low-e kaplamalı ısıcam ünitesinin ve kapalı (aktif) konumda tutulan güneş kontrol bileşeninin yer aldığı C20K60 kodlu çift kabuk cephe seçeneğinde $0,17^{\circ}\text{C}$ olarak belirlenmiştir. 60 cm tampon bölge genişliği bulunan çift kabuk cephe seçeneklerinin tümü istenen maksimum sıcaklık farkı değer aralığını sağlamaktayken, 150 cm tampon bölge genişliği olan ve güneş kontrol bileşeninin açık (inaktif) olarak kullanıldığı C10A150, C20A150 ve C01A150 kodlu çift kabuk seçeneklerinde bu fark 3°C 'den fazla çıkmakta ve istenen konfor koşullarını sağlayamamaktadır. Ayrıca, tek kabuk sistemleriyle oluşturulmuş seçeneklerin tümünde iç ortam ve iç yüzey sıcaklıkları farkı 3°C 'den fazla olup, hiçbir tek kabuk cephe seçeneğinde istenen konfor koşullarının sağlanamadığı görülmektedir. En büyük iç yüzey ve iç ortam sıcaklık değerleri farkı, $8,47^{\circ}\text{C}$ olarak güneş kontrol bileşeninin açık (inaktif) konumda tutulduğu ve berrak ısıcam ünitesinden oluşan T1A kodlu tek kabuk cephe seçeneğinde gerçekleşmiştir. Güneş kontrol bileşeninin açık (inaktif) konumda tutulduğu ve berrak ısıcam ünitesininin kullanıldığı C10A150 kodlu seçenek ise $4,10^{\circ}\text{C}$ ile en yüksek iç yüzey ve iç ortam sıcaklık değerleri farkına sahip çift kabuk cephe seçeneğidir.

Elde edilen tüm hesap sonuçları iç ortam ısıl konforu açısından değerlendirildiğinde;

- Çift kabuk cephe sistemlerinin kullanıldığı seçeneklerde; operatif sıcaklıklar, tek kabuk cephe sistemli seçeneklere göre 4 - 8⁰C daha düşük olarak elde edilmiş ve çift kabuk cephe sistemleri için daha etkin sonuçlar sağlandığı saptanmıştır.
- Güneş kontrol bileşeninin aktif durumda kullanımı halinde, operatif sıcaklık değerlerinde yaklaşık çift kabuk cephe sistemlerinde 3 - 4⁰C, tek kabuk cephe sistemlerinde ise 5 - 7⁰C düşme görülmüştür.
- 60 cm tampon bölge genişliğine sahip çift kabuk cephe seçeneklerinde; operatif sıcaklıklar, 150 cm tampon bölge genişliğine sahip çift kabuk cephe seçeneklerine göre 1 - 3⁰C daha düşük olarak elde edilmiş ve oluşturulan benzetim koşulları için 60cm tampon bölge genişliğinin 150cm'e göre daha etkin sonuç verdiği görülmüştür.
- Low- e cam tipinin kullanıldığı çift kabuk cephe sistem seçenekleri, berrak cam tipinin kullanıldığı çift kabuk cephe sistem seçeneklerine göre; dış kabuğu çift iç kabuğu tek cam sisteminlerinden oluşan çift kabuk cephe sistem seçenekleri de, dış kabuğu tek iç kabuğu çift cam sistemlerinden oluşan çift kabuk cephe sistem seçeneklerine göre daha etkin sonuç vermektedir. Fakat cam tipi ve camlama sistemi farklılaşmasına dayalı olarak üretilen seçenekler için değerlendirme parametrelerinde değer farklılıkları 1⁰C'den az olarak hesaplanmıştır. Bu yüzden çift kabuk cephelerde her iki camın ve camlama sisteminin kullanımıyla yakın performans elde edilebileceği söylenebilir.
- Hiçbir seçenek benzetim yapılan gün ve saatte %90 ve %80 memnuniyet oranlarına göre ASHRAE 55 tarafından istenen 29,5 ve 30,5⁰C operatif sıcaklık değerlerini sağlayamamaktadır. Ancak bu değerler mekanda belirli bir süre için yapılacak soğutma ile konfor değerlerine getirilebilir.
- Tüm seçenekler CBE Pencere Değerlendirme Yöntemi'nde istenen ısı konfor parametrelerine uygunlardır.
- 60 cm tampon bölge genişliği olan çift kabuk cephe seçeneklerinin tümü ve 150 cm tampon bölge genişliği olan çift kabuk cephe seçeneklerin 3 tanesi hariç diğerleri TS 13788 Standardına göre belirlenen ısı konforla ilişkili parametre değerlerini sağlarken, tek kabuk cephe sistemlerinin kullanıldığı

hiçbir seçenek bu değerleri sağlayamamaktadır. Bu sonuçlardan yola çıkarak, tampon bölge genişliği 60 cm civarında tutulan çift kabuk cephe sistemlerinin, tek kabuk ve 150 cm tampon bölge genişlikli çift kabuk cephe sistem seçeneklerine göre daha etkin olduğu söylenebilir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde, yapma çevre tasarımında mimarların en önemli problemi; kullanıcı konfor koşullarının sağlandığı iç mekanı tanımlayan dış kabuğu, sürdürülebilir ve enerji etkin tasarlamaktır. Gelişmiş ülkelerde, ikinci bir kabuk ilavesi ile ısıl konforun arttırılmış olduğu çift kabuk cephe sistemleri, enerji etkin yapı tasarımlarında mimarlar tarafından tercih edilen sistemler arasındadır. Enerji etkin yapı tasarımı; sadece enerjiden tasarruf edilerek değil; aynı zamanda iç mekanda kullanıcı konfor koşulları sağlanarak da mümkün olacaktır. Konfor koşulları arasından “ısıl konforun” yapma çevrede kontrolü için yapılmış çalışmalar ışığında, cephe sistemlerinin önemli bir yer tuttuğu bilinmektedir. Çalışmanın amacı, tek ve çift kabuk cephe sistemlerinin iç ortam ısıl konfor koşullarına olan etkilerinin kıyaslanması ve bu cephe sistem bileşenlerinin iç ortam ısıl konfor koşullarına olan etkilerinin benzetim metoduyla değerlendirilmesidir.

Çalışma kapsamında, yaz koşullarında doğal havalandırılmalı ofis hacimlerinde kullanılmak üzere oluşturulan cephe sistem seçeneklerinde, boşluk genişliği, cam tipi, camlama sistemi ve güneş kontrol bileşeni farklılaşmasına gidilerek, çift kabuk cephe sistem bileşenlerin iç ortam ısıl konforuna etkisi araştırılmıştır. Ayrıca tek ve çift kabuk cephe sistemlerinin de iç ortam ısıl konforuna etkileri karşılaştırılmıştır.

Üç farklı bilgisayar yazılımıyla yapılan ısıl konfor analizi ve değerlendirmeleri sonucunda, İstanbul ili için, yaz koşullarında, çift kabuk cephe sistem seçeneklerinin tek kabuk cephe sistem seçeneklerine göre iç ortam ısıl konforu açısından daha etkin sonuçlar verdiği görülmüştür. Sonuçlar, çift kabuk cephe sistem bileşenlerinin iç mekan ısıl konforuna etkileri açısından değerlendirildiğinde ise, 60 cm boşluk genişliğine sahip cephe seçeneklerinin, 150 cm boşluk genişliğine sahip cephe seçeneklerine göre iç ortam ısıl konforuna daha olumlu etkide bulunduğu sonucuna varılmıştır. Bunun nedeni, “2.4.1.1 Doğal Havalandırma” bölümünde açıklandığı gibi, doğal havalandırılmalı alanlarda, iç ortam havalandırmasında tek etken olan rüzgarın, boşluk genişliğinin artmasıyla iç ortama daha az etkide bulunmasıdır. Bu

doğrultuda, ilerde yapılacak çalışmalarda doğal havalandırmalı alanları sınırlayan çift kabuk cephe sistemleri için optimum boşluk genişliği belirlenebilir.

Güneş kontrol bileşeninin aktif olarak kullanımının daha olumlu sonuç verdiği görülmüştür. Çalışma kapsamında üretilen seçeneklerde, güneş kontrol bileşeni boşlukta dış kabuğun hemen arkasında konumlandırılmıştır. Bu konumlanma, cephenin performansı üzerinde etkilidir. Güneş kontrol bileşeninin boşluğun tam ortasında veya iç kabuğun hemen önünde konumlandırılması durumları da ayrıca değerlendirilip, bu bileşenin boşluktaki konumunun iç ortam ısı konforuna etkileri araştırılabilir.

Dış camın iç yüzeyinde low-e cam tipinin kullanıldığı seçenekler, berrak cam tipinin kullanıldığı seçeneklere göre; dış kabuğunda çift cam ünitesinin kullanıldığı seçenekler, tek cam ünitesinin kullanıldığı seçeneklere göre iç ortam ısı konforu açısından daha etkin sonuçlar vermiştir. Bununla birlikte, low-e cam tipinin kullanıldığı seçenekler için yapılan ısı konfor hesaplamaları; berrak camlı seçeneklere göre çok az farklılık gösterdiği için, cam tipi farklılaşmasının iç ortam ısı konforuna etkisinin çok büyük oranda olmadığı söylenebilir.

Benzetimlerin uzun süre gerektirmesi nedeniyle, bu çalışma kapsamında daha çok sayıda seçenek üretilerek değerlendirilmesi mümkün olamamıştır. İleriye yönelik çalışmalarda; boşluk genişlikleri, cam tipleri, boşluk bölümlenme tipleri, havalandırma modları, havalandırma tipleri ve dış ortam koşullarına göre farklılaşan çift kabuk cephe sistem seçeneklerinin ele alındığı ısı konfor analizleri ve değerlendirmelerinin yapılması yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] **Yürekli, H. ve Yürekli, F.** (1983). Örneklerle Mimari Tasarımda Enerji, İTÜ Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi, İstanbul.
- [2] **Lee, J. ve Strand, K. R.** (2007). *An Analysis of the Effect of the Building Envelope on Thermal Comfort using the EnergyPlus Program*, (doktora tezi) University of Illinois at Urbana-Champaign. Adres: <http://apps1.eere.energy.gov/>
- [3] **Alibaba, H. Z. ve Özdeniz, M. B.** (2011). Thermal comfort of multiple-skin facades in warmclimate Offices. *Scientific Research and Essays*, 6(19), 4065-4078.
- [4] **Compagno, A.** (2002). *Intelligent Glass Facades: Material, Practice, Design*. Birkhäuser-Verlag, Basel, İsviçre.
- [5] **Fanger, P. O.** (1970). *Thermal Comfort Analyses and Applications in Environmental Engineering*, McGraw-Hill., New York.
- [6] **Huizenga, C., Zhang H., Mattelaer, P., Yu, T., Arens, E., Lyons, P.** (2006). Window Performance for Human Thermal Comfort. *Final Report to The National Fenestration Rating Council 2006*. University of California, Berkeley.
- [7] **Boake, T. M., Harrison, K., Collins D., Balbaa T., Chatham A., Lee, R., Bohren A.** (t.y.). What Are Double Skin Façades And How Do They Work? University of Waterloo. *The Tectonics of the Double Skin: Green Building or Just more Hi-Tech Hi-Jinx?* Adres: http://www.architecture.uwaterloo.ca/faculty_projects/terri/ds/tectonic.pdf
- [8] **Tenhunen, O., Lintula, K., Lehtinen, T., Lehtovaara, J., Viljanen, M., Kesti, J.** (2000). *Double Skin Facades – Structures and Building Physics* (yüksek lisans tezi) Helsinki University of Technology, Finlanda. Adres: <http://iusti.polytech.univ-mrs.fr/~meister>
- [9] **Streicher, W.** (2007). Double Skin Façades in European Buildings, *Advances In Building Energy Research*, 1, 1–28.
- [10] **Url** <<http://www.flickr.com/photos/kymtyr/131228324/>>, alındığı tarih: 15.01.2012.
- [11] **Url** <<http://www.galinsky.com/buildings/wiensparkasse/>>, alındığı tarih: 15.01.2012.
- [12] **Url** <<http://www.oginoknauss.org/blog/?p=445>>, alındığı tarih: 15.01.2012.
- [13] **Poirazis, H.** (2004). Double Skin Façades for Office Buildings - Literature Review, *Report EBD-R--04/3*. Lund University, Lund Institute of Technology, Department of Construction and Architecture, Division of Energy and Building Design, İsveç. Adres:

http://www.ebd.lth.se/fileadmin/energi_byggnadsdesign/images/Publikationer/Bok-EBD-R3-G5_alt_2_Harris.pdf

- [14] **Harrison, K., ve Boake, T., M.** (2003). *Tectonics of the Environmental Skin*, University of Waterloo, School of Architecture, Kanada.
- [15] **Harrison, A., Loe, E. ve Read, J.** (1998). *Intelligent buildings in South East Asia*, E & Spon, Londra.
- [16] **Haase, M., ve Amato, A.** (2006). *Ventilated facade design in hot and humid climate*, The Hong Kong University, Çin.
- [17] **Schiefer, C., Waldner, R., Prius S., Farou I, Duarte R., Blomqvist C., Kiossefidi, N., Geysels D., Moujalled B.** (2007) *Best Practice for Double Skin Façades. Yayınlanabilir rapor, EIE/04/135/S07.38652*, Institute of Thermal Engineering, University of Lund, İsveç.
- [18] **Oesterle, E., Lieb, K., Lutz, M., Heusler, A.** (2001). *Double Skin Facades-Integrated Planning*, Prestel, Munich, Almanya.
- [19] **Gavan, V., Woloszyn, M., Kuznik, F. ve Roux, J.** (2008). Experimental study of a mechanically ventilated double-skin facade with venetian sunshading device: A full-scale investigation in controlled environment. *Energy and Building*, 84 (2), Şubat 2010, 183–195.
- [20] **Todorovic, B., Cvjetkovic, T.** (2000) *Double Facade Buildings Heat Losses and Cooling Loads Calculation Based on Inter-Space Temperature*. (Aktaran: Yılmaz Z., Cetintas, F., 2004, Double skin façade's effects on heat losses of office buildings in Istanbul. *Energy and Buildings* 37 (7), Temmuz 2005, 691–697.
- [21] **Küçüközdemiş, G.** (2005). *Cephe Kimliğine, Mimari Tasarımın Bir Parçası Olarak Güneşin Etkisi, 2. Ulusal Çatı & Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu*, 25-26 Mart, İstanbul, Türkiye.
- [22] **Güral, H.** (t.y). *Ticari Binalarda Enerji Verimliliği Amaçlı Çözümler ve Alternatif Enerji Kaynaklarının Mimaride Kullanımı*, İzoder Dergi SY65. Adres: www.izoder.org.tr/izolasyon/PDF/1186988924.pdf
- [23] **Arons, D. ve Daniel, M. M.** (2000). *Properties and Applications of Double Skin Building Facades*. (yüksek lisans tezi) Massachusetts Institute of Technology, Department of Architecture. Amerika Birleşik Devletleri. Adres: <http://hdl.handle.net/1721.1/8724>
- [24] **Url** <<http://blog.omy.sg/archtraveler/tag/double-skin/>>, alındığı tarih: 15.01.2012.
- [25] **Daniels, K.** (1997). *The technology of ecological building : basic principles and measures, examples and ideas*, Birkhäuser Verlag, Basel, İsviçre.
- [26] **Gratia, E. ve De Herde, A.** (2003). Natural ventilation in a double-skin facade, *Energy and Buildings* 36(2), February 2004, 137–146. Adres: <http://www.sciencedirect.com/>
- [27] **Torres, M., Alavedra, P., Gruzman A., Cuerva, E., Clemente R. ve Escalona, V.** (2007). *Double Skin Façades – Cavity And Exterior Openings Dimensions For Saving Energy On Mediterranean Climate*,

- Proceedings: Building Simulation 2007.* Adres: http://www.ibpsa.org/proceedings/BS2007/p407_final.pdf
- [28] **Url** <<http://architecturenotes.com/blog/2009/8/9/double-skin-facades.html>>, alındığı tarih: 15.01.2012.
- [29] **Wigginton, M. ve Harris, J.** (2002). *Intelligent Skins*. Butterworth-Heinemann, Oxford, İngiltere.
- [30] **Url:** <<http://www.metalyapi.com/tcur.asp?kategoriid=196.>>, alındığı tarih: 18.01.2012.
- [31] **Url:** <http://www.wbdg.org/design/env_introduction.php>, alındığı tarih: 18.01.2012.
- [32] **Daniels, K. ve Hammann, R. E.** (2009). *Energy Design For Tomorrow*, Champaign, Münih, Almanya.
- [33] **Yücesoy, L.** (1989). *Yapılarda Isı ve Buhar Etkisi- Bağlantı, Çizelge, Şekil ve Yönetmelikler*, İTÜ Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi, İstanbul.
- [34] **Henderson, S. ve Roscoe, D.** (2010). *Solar Home Design Manual*, Earthscan, İngiltere.
- [35] **Çetiner, İ.** (2002). *Çift Kabuk Cam Cephelerin Enerji ve Ekonomik Etkinliğinin Değerlendirilmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım*. (doktora tezi) İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Bilgisi Programı.
- [36] **Hastings R. ve Wall M.** (2007). *Sustainable Solar Housing*, Earthscan, Londra.
- [37] **Boake, T., Harrison K. ve Chatman, A.** (t.y.). *North American Case Studies: Occidental Chemical Center (Hooker Building), Niagara Falls, NY, USA, Cannon Design Inc. and The Telus Headquarters (William Farrell Building), Vancouver, British Columbia by Peter Busby and Associates The Tectonics of the Double Skin: Green Building or Just more Hi-Tech Hi-Jinx?* University of Waterloo. Adres: http://www.architecture.uwaterloo.ca/faculty_projects/terri/ds/tectcase.pdf
- [38] **Wigginton, M. ve Harris, J.** (2002). *Intelligent Skins*. Butterworth-Heinemann, Oxford, İngiltere.
- [39] **Belgian Building Research Institute [BBRI].** (2004). *Ventilated double facades – Classification and illustration of facade concepts*, Department of Building Physics, Indoor Climate and Building Services, Adres: <http://www.bbri.be/activefacades/new/download/Ventilated%20Doubles%20Facades%20-%20Classification%20&%20illustrations.dvf2%20-%20final.pdf>
- [40] **Hascher, R., Jeska S. ve Klauck, B.** (2002). *A Design Manual Office Buildings*, Birkhauser, Almanya
- [41] **Diprose, P. R. ve Robertson, G.** (1999). *Towards A Fourth Skin? Sustainability And Double-Envelope Buildings*. Department of Architecture, University of Auckland, Auckland, Yeni Zelanda. Adres: <http://www.diprose.co.nz/WREC/WREC.htm>

- [42] **Knaack, U.** (2007). Principles of Facades, Birkhauser, Basel, İsviçre.
- [43] **Lang, W., ve Herzog, T.** (2000). Using multiple glass skins to clad buildings, *Architectural Record*, New York, Mc Graw-Hill, 188, 7, 171-182.
- [44] **Braham, W.** (2005). Active Glass Walls: A Typological and Historical Account, *AIA Convention Conference*, University of Pennsylvania, Amerika, Ocak.
- [45] **Url** < http://www4.architektur.tu-darmstadt.de/powerhouse/db/248,id_167,s_Projects%3B319,1084.fb15.>, alındığı tarih: 22.01.2012.
- [46] **Lee, E., Selkowitz, S., Bazjanac, V., Inkarojrit, V. ve Kohler, C.** (2002). High Performance Commercial Building Facades, *Pier Final Project Report, CEC-500-2006-052-AT15*, Mayıs 2006. Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California, Berkeley, Kaliforniya. Adres: <http://www.energy.ca.gov/2006publications/CEC-500-2006-052/CEC-500-2006-052-AT15.PDF>
- [47] **Bayram, A.** (2003). *Energy Performance Of Double-Skin Façades In Intelligent Office Buildings: A Case Study In Germany.* (yüksek lisans tezi) Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- [48] **Olesen, W., Ashrae, F. ve Brager, S.** (2004). A Better Way To Predict Comfort. *ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers) Journal*, Amerika Birleşik Devletleri.
- [49] **Watson, D.** (1992). Climatic Design- Energy Efficient Building Principles and Practises, McGraw Hill Book Company, New York, İngiltere.
- [50] **Gameiro da Silva, M. C.** (2010). Thermal Comfort. *İstanbul Teknik Üniversitesi Seminer Sunumu*, Aralık 2011. Reseach Group in Energy Environment and Comfort ADAI-LAETA, Department of Mechanical Engineering, University of Coimbra, Portekiz.
- [51] **Gerçek, L. ve Akin, S.** (1988). Güneş ile İnşa Etmek- Pasif Güneş Enerjisi Kullanımı, Yaprak Kitabevi, Ankara.
- [52] **Charles, K. E.** (2003). Fanger's Thermal Comfort and Draught Models. *IRC, National Research Council Canada, IRC-RR-162*, 10 Ekim, Kanada. Adres: <http://www.nrc-cnrc.gc.ca/obj/irc/doc/pubs/rr/rr162/rr162.pdf>
- [53] **ASHRAE 55** (2010). Thermal environmental conditions for human occupancy, *ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers)*, Amerika Birleşik Devletleri.
- [54] **ISO 7730** (2005). Ergonomics of the thermal environment-Analytical determination and interperetion of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria, *ISO (International Organization of Standardisation)*, İsviçre.
- [55] **Zhang, H., Huizenga, C., Arens, E. ve Yu, T.** (2006). Modeling Thermal Comfort In Stratified Environments. Center for Environmental Design Research, University of California at Berkeley. Adres: http://www.cbe.berkeley.edu/research/pdf_files/Zhang_Indoorair2005.pdf

- [56] **Atmaca, İ. ve Yiğit, A.** (t.y.). Isıl konfor ile ilgili mevcut standartlar ve konfor parametrelerinin çeşitli modeller ile incelenmesi, *IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Sempozyum Bildirisi*, 6-9 Mayıs 2009, İzmir.
Adres:
http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/2ee248a3916d607_ek.pdf
- [57] **TS EN ISO 13788** (2004). Bina Bileşenlerinin ve Bina Elemanlarının Nemli Ortamda Isıl Performansı – Kritik Yüzey Nemini ve Bina Bileşenlerinin içindeki Yogusmayı Önlemek için İç Yüzey Sıcaklığı – Hesaplama Metotları, *TSE (Türk Standartları Enstitüsü)*, Ankara.
- [58] **Fuliotto, R., Cambuli, F., Mandas, N. Bacchin, N., Manara, G., ve Chen, Q.** 2010. Experimental and numerical analysis of heat transfer and airflow on an interactive building façade. *Energy and Buildings*, 42(1), 23-28.
Adres:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778809001534>
- [59] **Safer, N., Woloszyn, M., Roux, J., Rusaouën, G. ve Kuznik, F.** (2005). Modeling Of The Double-Skin Facades For Building Energy Simulations: Radiative And Convective Heat Transfer, *Ninth International IBPSA Conference*, 15- 18 Ağustos, Montréal, Kanada.
Adres:
http://www.ibpsa.org/proceedings/BS2005/BS05_1067_1074.pdf
- [60] **Url** <www.designbuilder.co.uk>, alındığı tarih: 30.02.2012.
- [61] **Tronchin L. ve Fabbri, K.** (2007). Energy performance building evaluation in Mediterranean countries: Comparison between software simulations and operating rating simulation. *Energy and Buildings* 40(7), 1176-1187, 2008.
Adres:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778807002447>
- [62] **Url** <<https://confluence.cornell.edu>>, alındığı tarih: 30.02.2012.
- [63] **Url** <www.anova.com.tr>, alındığı tarih: 30.02.2012.
- [64] **Givoni, B.** (1969). Man, Climate, Architecture, Elsevier Co., Londra.
- [65] **TS 825** (2008). Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, *TSE (Türk Standartları Enstitüsü)*, Ankara.
- [66] **ANSYS Fluent 13 User's Guide** - ANSYS Fluent 13 Help Menu'den ulaşılabilir

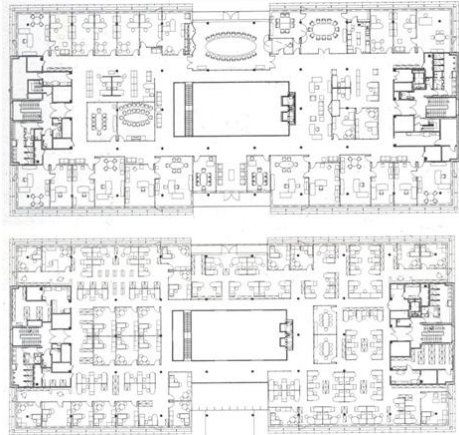
EKLER

EK A : Çift kabuk cephe sistemleri kullanılan ofis örnekleri

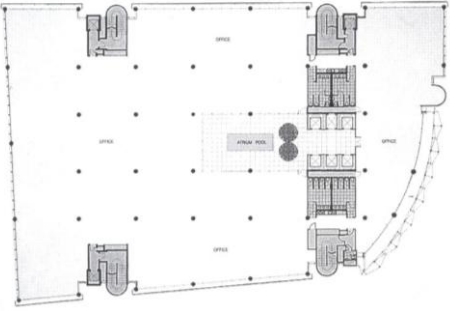
EK B : Seçeneklerin ısı konforla ilişkili parametre değerlerinin sonuçları

EK A

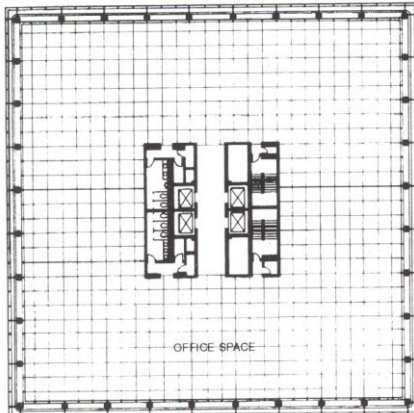
Çizelge A.1 : Çift kabuk cephe sistemleri kullanılan ofis örnekleri.

Tipik Ofis Katı Planı	Bina Kimliği	Plan Özellikleri	Bina Özellikleri	Tanıtıcı Görseller
	Bina adı: Glaxo Wellcome House West	İlişki tipi: Grup, bireysel	Kabuk bilgileri: <u>doğu ve batı cepheleri:</u> % 100 şeffaf, bina yüksekliğinde çift kabuk (15mm berrak float cam- ahşap sabit yatay ve otomatik kontrollü alüminyum güneş kontrol elemanlarıyla 110cm boşluk - 12/12/12mm çift low-e kaplamalı cam ünitesi) <u>Kuzey ve güney cepheleri:</u> % 40 saydamlık oranı	
	İşlev: Yönetim ofis binası		Pasif önlemler: yazın ve geçiş mevsimlerinde açılabilen cam üniteleriyle çift kabukta doğal havalandırma ve gece soğutması, kışın çift kabukla ısı kayıplarını azaltma	
	Mimarı: RMJM Architect			
	Yapım yılı: 1995-1997	İlişki şeması: Tarak ve ızgara	Servisler: fully air conditioning with Variable Air Volume(VAV)	
	Lokasyon: Londra, İngiltere	Plan şeması: Karma (Bireysel hücrese, grup hücrese, Açık Düzenli)		
	Toplam alan: 8350 m2	Sirkülasyon: karma	Otomasyon: BMS, Güneş kontrol elemanları, çift kabukta yer alan damperler, ısıtma ve soğutma sistemleri	

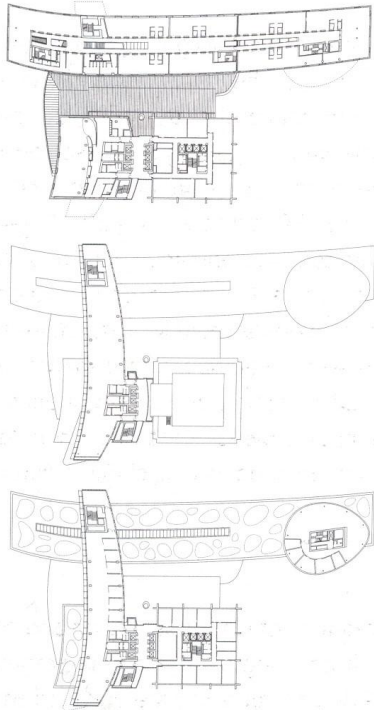
Çizelge A.1 (devam): Çift kabuk cephe sistemleri kullanılan ofis örnekleri.

Tipik Ofis Katı Planı	Bina Kimliği	Plan Özellikleri	Bina Özellikleri	Tanıtıcı Görseller
	Bina adı: Glaxo Wellcome House West	İlişki tipi: Grup	Kabuk bilgileri: <u>doğu ve batı cepheleri:</u> % 100 şeffaf, kat yüksekliğinde çift kabuk (çift cam- otomatik kontrollü alüminyum güneş kontrol elemanlarıyla 88.5cm boşluk - 12mm kalınlaştırılmış cam) <u>Kuzey cephe:%15</u> <u>güney cephe:%70</u> saydamlık	
	İşlev: Yönetim ofis binası	İlişki şeması: Merkezi olmayan (ızgara)		
	Mimarı: RMJM Architect	Plan şeması: Açık serbest düzen		
	Yapım yılı: 1995-1997	Sirkülasyon: 4 adet çekirdek	Pasif önlemler: çift kabukla ara mevsimlerse pasif iklimlendirme ve havalandırma	
	Lokasyon: Londra, İngiltere	İlişki tipi: Grup	Servisler: Soğutma Tavanları, VAV/variable air volume ve fan coil sistemleri	
	Toplam alan: 8350 m2	İlişki şeması: Merkezi olmayan (ızgara)	Otomasyon: BMS- building management systmes ile iklimlendirme ve havalandırma, aydınlatma kontrolü	
Kat sayısı: 4				

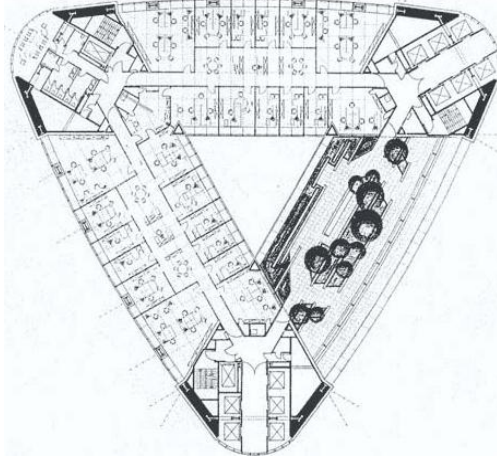
Çizelge A.1 (devam): Çift kabuk cephe sistemleri kullanılan ofis örnekleri.

Tipik Ofis Katı Planı	Bina Kimliği	Plan Özellikleri	Bina Özellikleri	Tanıtıcı Görseller
	Bina adı: Occidental Chemical Center	İlişki tipi: Grup	Kabuk bilgileri: <u>Doğu, batı, kuzey, güney cepheleri:</u> % 100 şeffaf, bina yüksekliğinde çift kabuk (mavi-yeşil renkli çift cam- otomatik kontrollü alüminyum güneş kontrol elemanlarıyla 120cm boşluk –tek berrak cam)	
	İşlev: Çok katlı ofis binası			
	Mimarı: Cannon Design			
	Yapım yılı: 1978-1981	İlişki şeması: Merkezi olmayan (ızgara)	Pasif önlemler: çift kabukla ara mevsimlerse pasif iklimlendirme ve havalandırma	
	Lokasyon: NewYork, Amerika	Plan şeması: Açık serbest düzen	Servisler: Chiller ile soğutma, gazlı sistemlerle ısıtma, VAV/variable air volume ile havalandırma	
	Toplam alan: 18808 m2	Sirkülasyon: 2 adet merkezi çekirdek	Otomasyon: güneş kırıcılar, HVAC, yangın alarm, güvenlik sistemleri merkezi otomatik anabilgisayara bağlı	
Kat sayısı: 9+ B				

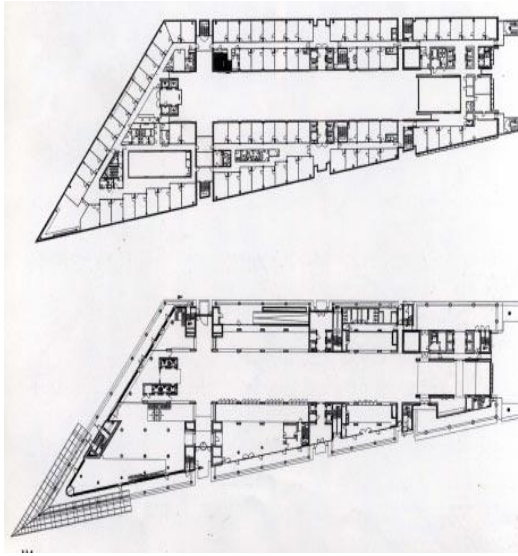
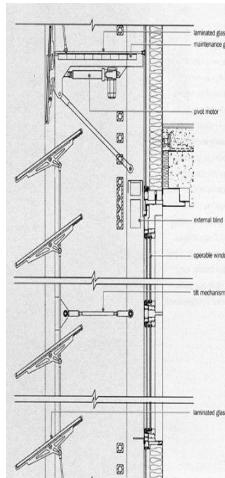
Çizelge A.1 (devam): Çift kabuk cephe sistemleri kullanılan ofis örnekleri.

Tipik Ofis Katı Planı	Bina Kimliği	Plan Özellikleri	Bina Özellikleri	Tanıtıcı Görseller
	Bina adı: GSW Headquarters	İlişki tipi:Grup	Kabuk bilgileri: <u>Doğu cephesinde:</u> güneş kırıcı içeren açılabilir üçlü cam ünitesi, <u>batı cephesinde:</u> çift kabuk (dışta 10mm tek cam- güneş kontrol elemanı içeren 90 cm genişliğinde tampon bölge- çift cam ünitesi)	
	İşlev: Çok katlı ofis binası			
	Mimarı: Sauerbruch & Hutton			
	Yapım yılı: 1990-99	İlişki şeması: Seri, ızgara, tarak	Pasif önlemler: çift kabukta kullanıcı kontrolündeki açıklıklarla iklimlendirme ve havalandırma	
	Lokasyon: Berlin, Almanya	Plan şeması: Kapalı grup hücre Açık serbestdüzen Karma (bireysel hücre+açıkserbest	Servisler: kışın ısı geri dönüştürücü sistemlerden yararlanılıyor. Soğutucu ünite yok, yazın, çift kabukla pasif gece soğutması ve havalandırma yapılıyor.	
	Toplam alan: 47873 m2	Sirkülasyon: 2 adet uç noktalarda çekirdek	Otomasyon: BMS kontrolünde olan çift kabuktaki damperler ve güneş kırıcılar, HVAC sistemleri	
Kat sayısı: 21				

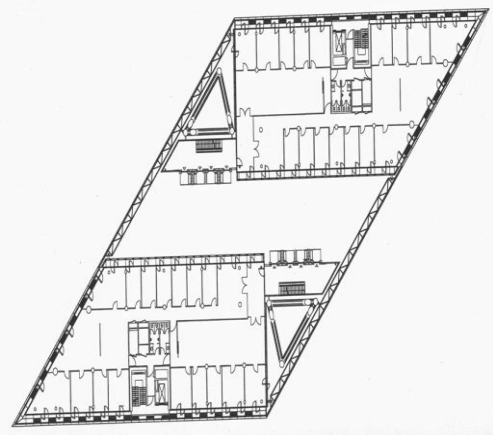
Çizelge A.1 (devam): Çift kabuk cephe sistemleri kullanılan ofis örnekleri.

Tipik Ofis Katı Planı	Bina Kimliği	Plan Özellikleri	Bina Özellikleri	Tanıtıcı Görseller
	Bina adı: Commerzbank Headquarters	İlişki tipi: Bireysel, grup	Kabuk bilgileri: <u>Kuzey, doğu, batı cepheleri: %50 saydamlık oranı</u> ; Açılabilir üniteler barındırarak doğal havalandırma imkanı sağlayan 8mm lamine güvenlik camı-tampon bölge-low-e kaplamalı çift cam ünitesi, <u>Çatı%12 saydamlık oranı</u>	
	İşlev: Çok katlı ofis binası			
	Mimarı: Foster & Partners			
	Yapım yılı: 1991-97	İlişki şeması: tarak	Pasif önlemler: 4 katta bir oluşturulan 14m <u>yüksekliğindeki</u> ara bahçeler, tampon bölge görevini görerek pasif ısıtma ve soğutmaya katkıda bulunur. Sistem, doğal havalandırmaya elverişlidir.	
	Lokasyon: Frankfurt-am-Main, Almanya	Plan şeması: Grup hücre, bireysel hücre	Servisler: döşemeden ısıtma ve soğutma tavanı uygulaması ve otomasyon kontrolünde gece soğutması	
	Toplam alan: 85503m2	Sirkülasyon: 3 adet çekirdek	Otomasyon: BMS kontrolünde olan yapay aydınlatma, HVAC sistemleri, damperler	
Kat sayısı: 48 + 2B				

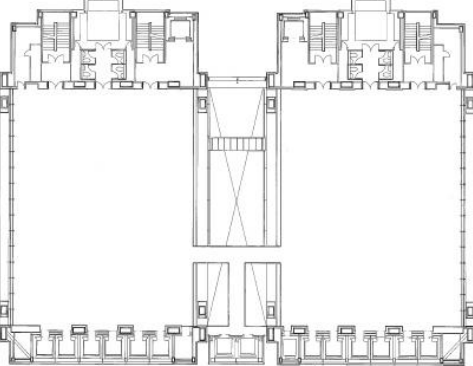
Çizelge A.1 (devam): Çift kabuk cephe sistemleri kullanılan ofis örnekleri.

Tipik Ofis Katı Planı	Bina Kimliği	Plan Özellikleri	Bina Özellikleri	Tanıtıcı Görseller
	Bina adı: Debis Tower	İlişki tipi: Bireysel, grup	Kabuk bilgileri: <u>Tüm cephelerde: %80 saydamlık oranı</u> :çift kabuğun dışında bulunan kabuk açılabilir cam güneş kırıcı panellerden meydana gelmiştir. Gerekliği zaman kapanarak çift cam panellerden oluşan iç kabuğu korumaktadır. <u>Çatı%90 saydamlık oranı</u>	 
	İşlev: Çok katlı ofis			
	Mimarı: Renzo Piano Building Workshop			
	Yapım yılı: 1992-1996	İlişki şeması: seri, Merkezi olmayan (ızgara)	Pasif önlemler:.. Sistemin, doğal havalandırma, gece soğutması, pasif soğutma performansı yüksektir. Kışın dış kabuktaki cam paneller kapatılarak ısı korunumu sağlanır	
	Lokasyon: Berlin, Almanya	Plan şeması: Bireysel hücre Grup hücre	Servisler: BEWAG(bodrumda yer alan ısı dönüştürücüleriyle ayrı ısıtma sistemi) chiller sistemleri	
	Toplam alan: 45000 m2	Sirkülasyon: dağınık	Otomasyon: ışık, sıcaklık ve rüzgar hızına duyarlı BMS kontrolünde devereğe giren mekanik sistemler	
Kat sayısı: 6-21				

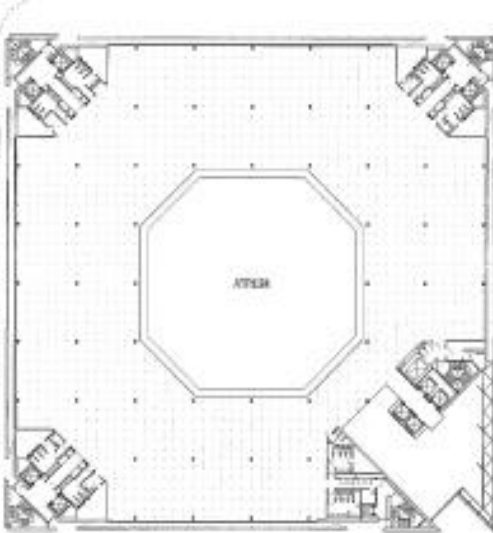
Çizelge A.1 (devam): Çift kabuk cephe sistemleri kullanılan ofis örnekleri.

Tipik Ofis Katı Planı	Bina Kimliği	Plan Özellikleri	Bina Özellikleri	Tanıtıcı Görseller
	Bina adı: Stadttor (City Gate)	İlişki tipi: bireysel	Kabuk bilgileri: <u>Tüm cephelerde: %100 saydamlık oranı</u> ;çift kabuğun dışında bulunan 15mm kalınlaştırılmış transparan low iron cam-90-140cm aralığında değişen tampon bölge-yüksek performanslı ahşap pencerelrden oluşan iç kabuk <u>Çatı%22 saydamlık oranı</u>	
	İşlev: Çok katlı ofis binası			
	Mimarı: Petzinka Pink und Partner	İlişki şeması: Merkezi olmayan (tarak)	Pasif önlemler: pasif havalandırma ve soğutma için iç kabuktaki açıklıklar kullanıcılarca açılabilir.	
	Yapım yılı: 1991-1997			
	Lokasyon: Düsseldorf, Almanya	Plan şeması: Bireysel hücre kapalı	Servisler: BEWAG(bodrumda yer alan ısı dönüştürücüleriyle ayrı ısıtma sistemi) chiller sistemleri	
	Toplam alan: 40000m2	Sirkülasyon: 2adet ofis ünitelerine hitap eden çekirdek	Otomasyon: tüm HVAC sistemleri BMS kontrolündedir	
Kat sayısı: 20 + B				

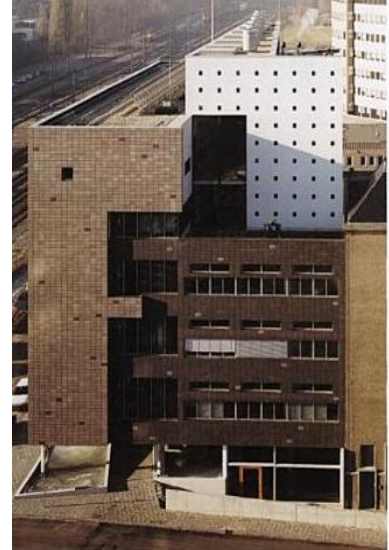
Çizelge A.1 (devam): Çift kabuk cephe sistemleri kullanılan ofis örnekleri.

Tipik Ofis Katı Planı	Bina Kimliği	Plan Özellikleri	Bina Özellikleri	Tanıtıcı Görseller
	Bina adı: Century Tower	İlişki tipi: Grup	Kabuk bilgileri: Kuzey ve güney cephelerde %100, doğu ve batı cephelerde %0 saydırlık oranı. Dış kabukta çift cam, dışa açık olmayan tampon bölgede güneş kırıcılar, iç kabukta ise tek tabakalı renkli cam kullanılmış.	
	İşlev: ofis bloğu			
	Mimarı: Foster and Partners			
	Yapım yılı: 1987-1991	İlişki şeması: Merkezi olmayan (ızgara)	Pasif önlemler: Solar kazanımı minimize eden yerleşim, avlulu tasarım, güneş kırıcı ve renkli cam kullanımı.	
	Lokasyon: Tokyo, Japonya	Plan şeması: Açık serbest düzen	Servisler: Çift kabukta tampon bölge dışa kapalı, mekanik havalandırma yapılıyor. Soğutma tavanı, fan coil uygulamaları mevcut.	
	Toplam alan: 26700 m2 Kat sayısı: 19-21	Sirkülasyon: 2 adet çekirdek	Otomasyon: bina otomasyonu var (PC sistemi, multiple workstation, seperate coax data).	

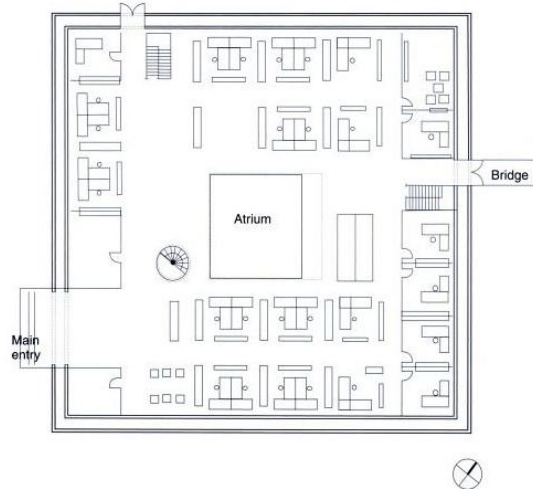
Çizelge A.1 (devam): Çift kabuk cephe sistemleri kullanılan ofis örnekleri.

Tipik Ofis Katı Planı	Bina Kimliği	Plan Özellikleri	Bina Özellikleri	Tanıtıcı Görseller
	Bina adı: Number One Regent's Place	İlişki tipi: Grup		
	İşlev: ofis binası			
	Mimarı: Architecture company British Land, Londra Design Agency			
	Yapım yılı:	İlişki şeması: Merkezi olmayan		
	Lokasyon: Londra, İngiltere	Plan şeması: Açık serbest düzen		
	Toplam alan: 26 000 m2	Sirkülasyon: 4 adet çekirdek		
Kat sayısı: 7				

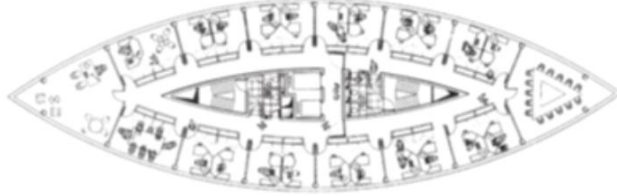
Çizelge A.1 (devam): Çift kabuk cephe sistemleri kullanılan ofis örnekleri.

Tipik Ofis Katı Planı	Bina Kimliği	Plan Özellikleri	Bina Özellikleri	Tanıtıcı Görseller
	Bina adı: Tax office extension	İlişki tipi: Grup, bireysel	Kabuk bilgileri: <u>Kuzey ve güneyde %35, batıda %5, doğu cephesinde de %25 saydırlık oranı olup, Her katta çift bant pencere sistemleri bulunmaktadır.</u>	
	İşlev: Hükümet Ofis Binası			
	Mimarı: Ruurd Roorda			
	Yapım yılı: 1994-1996	İlişki şeması: tarak	Pasif önlemler: Çift pencere sistemleriyle, solar ısı kazanımı, korunumu vedoğal havalandırma ve soğutma kullanıcıların kontrolüne bırakılmaktadır.	
	Lokasyon: Hollanda	Plan şeması: Grup ve bireysel hücre	Servisler: gazla çalışan kazan ve çevresel radyatör sistemiyle ısıtma mekanik olarak destek görmektedir.	
	Toplam alan: 4300 m2	Sirkülasyon: 2 adet çekirdek	Otomasyon: tüm HVAC sistemleri BMS kontrolündedir.	
Kat sayısı: 5 + B				

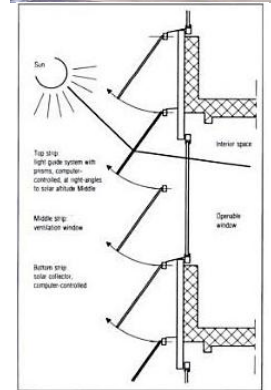
Çizelge A.1 (devam): Çift kabuk cephe sistemleri kullanılan ofis örnekleri.

Tipik Ofis Katı Planı	Bina Kimliği	Plan Özellikleri	Bina Özellikleri	Tanıtıcı Görseller
	Bina adı: Headquarters of Götz	İlişki tipi: Grup, bireysel	Kabuk bilgileri: <u>Tüm cephelerde çift kabuk bulunup, %100 saydamlık oranı mevcuttur.</u> dış kabuğu çift cam,jaluzilerin yer aldığı tampon bölge genişliği 60cm ve low-e kaplamalı açılabilen cam kapılardan oluşan iç camın yer aldığı çift kabuk	
	İşlev: Ofis Binası			
	Mimarı: Webler &Geisler Architect			
	Yapım yılı: 1993-1995	İlişki şeması: Merkezi olmayan (ızgara)	Pasif önlemler: çift kabuk ile pasif ısıtma, soğutma ve havalandırma	
	Lokasyon: Hollanda	Plan şeması: Açık serbest düzen	Servisler: ısı pompalı sistemlerle ısıtma ve soğutma mekanik olarak desteklenmektedir.	
	Toplam alan: 3400 m2	Sirkülasyon: dagınık	Otomasyon: EIB ve LON sistemleri, BMS sistemine kablolarla veri aktarmakta ve sistem bir “sinir sistemi” gibi çalışmaktadır.	
Kat sayısı: 2 + B				

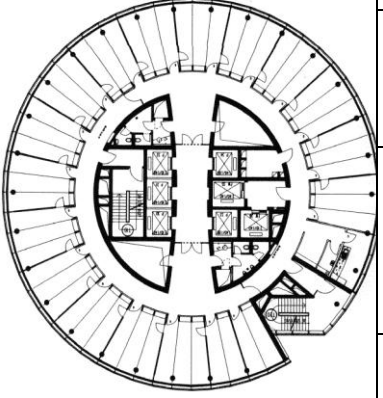
Çizelge A.1 (devam): Çift kabuk cephe sistemleri kullanılan ofis örnekleri.

Tipik Ofis Katı Planı	Bina Kimliği	Plan Özellikleri	Bina Özellikleri	Tanıtıcı Görseller
	Bina adı: Business Promotion Centre	İlişki tipi: Grup	Kabuk bilgileri: <u>Tüm cephelerde çift kabuk bulunup(doğu ve batı), %100 saydamlık oranı mevcuttur.</u> İç kabuk argon dolgulu 6/12/8mm çift cam, dış kabuk da 12mm kalınlaştırılmış camdan oluşmaktadır.	
	İşlev: Ofis Binası (+ sergi alanı)			
	Mimarı: Foster & Partners			
	Yapım yılı: 1988-1993	İlişki şeması: Merkezi olmayan tarak	Pasif önlemler: çift kabuk ile pasif ısıtma, soğutma ve havalandırma	
	Lokasyon: Duisburg, Almanya	Plan şeması: Grup kapalı hücre	Servisler: ısı pompalı sistemlerle ısıtma ve soğutma mekanik olarak desteklenmektedir.	
	Toplam alan: 4000 m2	Sirkülasyon: 2 adet çekirdek	Otomasyon: EIB ve LON sistemleri, BMS sistemine kablolarla veri aktarmakta ve sistem bir “sinir sistemi” gibi çalışmaktadır.	
Kat sayısı: 8 + B				

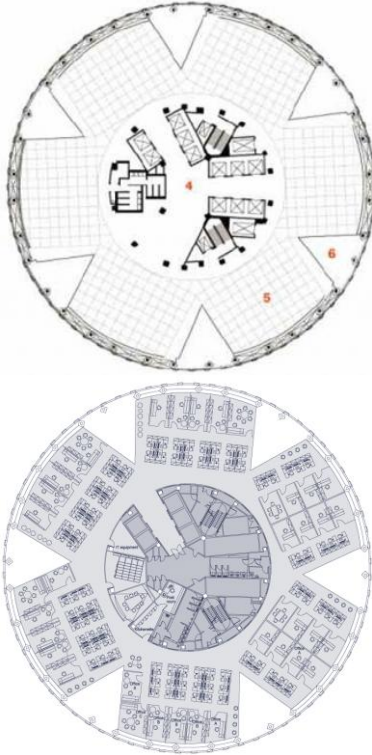
Çizelge A.1 (devam): Çift kabuk cephe sistemleri kullanılan ofis örnekleri.

Tipik Ofis Katı Planı	Bina Kimliği	Plan Özellikleri	Bina Özellikleri	Tanıtıcı Görseller	
	Bina adı: Suva Insurance Company	İlişki tipi: Grup	Kabuk bilgileri: <u>Kuzey ve güney cephelerde %45, saydamlık oranı.</u> opak kısımları bulunan mevcut dış kabuğa açılabilir cam paneller yerleştirilerek oluşturulan çift kabuğun iç pencereleri yüksek performanslı ahşap ve alüminyum çerçeveli olup, dış kabuğu %81'e kadar gün ışığı geçirmektedir.	 	
	İşlev: Ofis Binası				
	Mimarı: Herzog & de Meuron				
	Yapım yılı: 1988-1993	İlişki şeması: Merkezi olmayan ızgara, tarak	Pasif önlemler: çift kabuk ile pasif iklimlendirme ve havalandırma		
	Lokasyon: Basel, İsviçre	Plan şeması: Grup kapalı hücre	Servisler: İsviçrede yasal olarak sadece mekanik havalandırma desteği		
	Toplam alan:	Sirkülasyon: dağınık	Otomasyon: BMS sistemi		
	Kat sayısı: 11 + 3B				

Çizelge A.1 (devam): Çift kabuk cephe sistemleri kullanılan ofis örnekleri.

Tipik Ofis Katı Planı	Bina Kimliği	Plan Özellikleri	Bina Özellikleri	Tanıtıcı Görseller
	Bina adı: Victoria Insurance Tower	İlişki tipi: Grup	Kabuk bilgileri: Bina yüksekliğinde çift kabuk cephe. Dış kabuk 15mm kalınlığına solar kontrol camı, alüminyum güneş kırıcıların bulunduğu 80cm genişliğinde tampon bölge, iç kabuk çift cam ünitesi	
	İşlev: Ofis Binası (+ticari işlevler)			
	Mimarı: HPP Hentrich-Petschinigg & Partner			
	Yapım yılı: 1998	İlişki şeması: Merkezi olmayan ızgara, tarak	Pasif önlemler: çift kabuk ile pasif iklimlendirme ve havalandırma	
	Lokasyon: Düsseldorf, Almanya	Plan şeması: Grup kapalı hücre	Servisler: Binada iç ortam konfor koşulları, geleneksel HVAC sistemleriyle sağlanıyor	
	Toplam alan: 72,000 m ²	Sirkülasyon: dağınık	Otomasyon: BMS sistemlerine bağlıdır.	

Çizelge A.1 (devam): Çift kabuk cephe sistemleri kullanılan ofis örnekleri.

Tipik Ofis Katı Planı	Bina Kimliği	Plan Özellikleri	Bina Özellikleri	Tanıtıcı Görseller
	Bina adı: St Mary Axe (The Gherkin)	İlişki tipi: Grup	Kabuk bilgileri: Dış kabuğu 10mm kalınlaştırılmış renkli cam, 16mm argon boşluğu, 4mm+6mm 0.76mm pvb ara katmanlı lamine cam, iç kabuk ise 6mm+6mm 0.76mm pvb ara katmanlı lamine camdan yapıp, tampon bölge genişliği 1.5 m'dir.	 
	İşlev: Ofis Binası (+ ticari üniteler)			
	Mimarı: Norman Foster			
	Yapım yılı: 2004'te tamamlandı.	İlişki şeması: daire	Pasif önlemler: Çift kabuk yılın %40'ında doğal havalandırma sağlar. Pasif ısıtma, ses yalıtımı katkıları sağlar.	
	Lokasyon: Londra, İngiltere	Plan şeması: Açık düzenli Bireysel hücre	Servisler: Sulu soğutma sistemleri, soğuk odalar, kat bazında yer alan merkezi olmayan mekanik havalandırma üniteleri	
	Toplam alan: Ofis: 46,450 m2 Ticari: 1,400 m2 Kat sayısı: 40 + B	Sirkülasyon: 1 adet merkezi çekirdek bölgesi	Otomasyon: Bina servisleri BMS kontrolündedir. Yapay aydınlatma kontrolü, Functional Extra Low Voltage (FELV) ile sağlanmaktadır.	

Çizelge A.1 (devam): Çift kabuk cephe sistemleri kullanılan ofis örnekleri.

Tipik Ofis Katı Planı	Bina Kimliği	Plan Özellikleri	Bina Özellikleri	Tanıtıcı Görseller
	Bina adı: ARAG 2000 Tower		Kabuk bilgileri: Dış kabuğu tek cam, güneş kontrol elemanlarının yer aldığı 70cm genişlikli tampon bölge boşluğu, iç kabuğu low-e kaplamalı çift camlı alüminyum doğramalı pencere sisteminden oluşan çift kabuk, kutu pencere düzenindedir.	
	İşlev: Ofis Binası			
	Mimarı: RKW & Norman Foster			
	Yapım yılı: 1998 – 2000		Pasif önlemler: yılın % 50 ile 60'ında çift kabuk iç ortam iklimlendirilmesinde kullanılabilir	
	Lokasyon: Düsseldorf, Almanya		Servisler: HVAC sistemleri mevcuttur.	
	Toplam alan:		Otomasyon:BMS sistemlerine bağlıdır.	
	Kat sayısı: 32 + B yükseklik: 124.88 m			

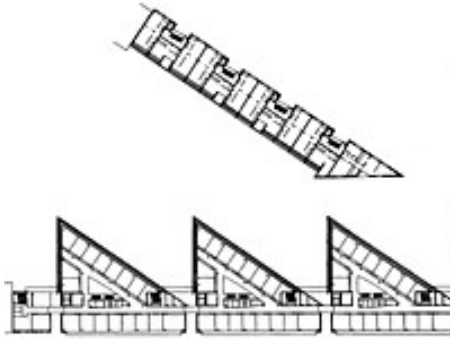
Çizelge A.1 (devam): Çift kabuk cephe sistemleri kullanılan ofis örnekleri.

Tipik Ofis Katı Planı	Bina Kimliği	Plan Özellikleri	Bina Özellikleri	Tanıtıcı Görseller
	Bina adı: Eurotheum		Kabuk bilgileri: Dış kabuğu, tek cam, iç kabuğu alüminyum (thermal break) çerçeveli ve çift camlı açılabilir pencerelerden oluşmakta ve 34cmgenişliğindeki tampon bölgede, yatay alüminyum güneş kırıcı lameller bulunmaktadır.	
	İşlev: Ofis Binası			
	Mimarı: Novotny Mähner + Associates			
	Yapım yılı: 1997 – 1999		Pasif önlemler: Dış kabukta, 75mm genişliğinde ızgaralı açıklıklarla yılın büyük bölümünde doğal havalandırma ve yazın gece soğutması ile kışın açıklıklar kapanarak pasif ısıtma	
	Lokasyon: Frankfurt, Almanya		Servisler:	
	Toplam alan: 15.000m ² Kat sayısı: 31 yükseklik: 110m		Otomasyon: Güneş kırıcılar, elektronik olarak çalışmakta ve otomasyona bağlıdır.	

Çizelge A.1 (devam): Çift kabuk cephe sistemleri kullanılan ofis örnekleri.

Tipik Ofis Katı Planı	Bina Kimliği	Plan Özellikleri	Bina Özellikleri	Tanıtıcı Görseller
	Bina adı: Offices Halensee, Berlin	İlişki tipi: Grup, bireysel	Kabuk bilgileri: Batı cephesinin en üst 7 katı çift kabuk olarak inşa edilmiştir. 85 cm genişliğinde tampon bölgesi olan çift kabuğun dış kabuğu 12mm alınlığında tek camken, iç kabuğu çift camlı kayar pencere biçiminde üretilmiştir.	
	İşlev: Ofis Binası	İlişki şeması: daire		
	Mimarı: Leon Wohlhage Wernik	Plan şeması: Grup hücre Bireysel hücre		
	Yapım yılı: 1994 - 1996	Sirkülasyon: 2 adet çekirdek-merkezi çekirdek bölgesinde	Pasif önlemler: Çift kabukla ses yalıtımı, yazın aşırı ısınmanın önlenmesi ve doğal havalandırma, kışın ısı kayıplarının azaltılması imkanı mevcuttur.	
	Lokasyon: Berlin, Almanya		Servisler: Havalandırma, ısıtma ve soğutma, mekanik sistemlerle desteklenmektedir.	
	Toplam alan: 13.800 m ² Kat sayısı: 11			

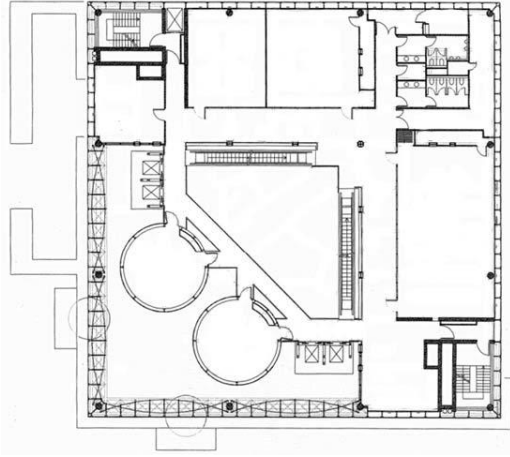
Çizelge A.1 (devam): Çift kabuk cephe sistemleri kullanılan ofis örnekleri.

Tipik Ofis Katı Planı	Bina Kimliği	Plan Özellikleri	Bina Özellikleri	Tanıtıcı Görseller
	Bina adı: VTG Headquarters	İlişki tipi: Bireysel	Kabuk bilgileri: Yapının güney yönünde kalan cadde tarafında oluşturulmuş dış kabuk tek cam, iç kabuk ise kayar kapı niteliğinde çift cam panellerden oluşmaktadır.	
	İşlev: Ofis Binası + rezidans	İlişki şeması: daire		
	Mimarı: Leon Wohlhage Wernik	Plan şeması: Bireysel hücre		
	Yapım yılı: 1994 - 1996	Sirkülasyon: her birime ait merkezi çekirdek	Pasif önlemler: Yapıda termal kütle kullanımı ile kışın ısı korunumu yazın da soğutma ihtiyaçları desteklenmektedir.	
	Lokasyon: Hamburg, Almanya		Servisler: Havalandırma, ısıtma ve soğutma, mekanik sistemlerle desteklenmektedir	
	Toplam alan: Ofis – 24 000 m², konut – 7000 m²		Otomasyon:	
Kat sayısı: 8				

Çizelge A.1 (devam): Çift kabuk cephe sistemleri kullanılan ofis örnekleri.

Tipik Ofis Katı Planı	Bina Kimliği	Plan Özellikleri	Bina Özellikleri	Tanıtıcı Görseller
	Bina adı: Offices Friedrichstraße	İlişki tipi: Bireysel, Grup	Kabuk bilgileri: Çift kabukta tampon bölge genişliği yaklaşık 26cm'dir. İç kabukta yer yer açılabilen pencereler mevcut.	
	İşlev: Ofis Binası + rezidans	İlişki şeması: tarak		
	Mimarı: Leon Wohlhage Wernik	Plan şeması: Bireysel hücre, Grup hücre, Serbest düzenli		
	Yapım yılı: 2004'te tamamlandı	Sirkülasyon: uç noktada tek çekirdek	Pasif önlemler: İç kabuktaki açılabilen pencerelerle doğal havalandırma. Çift kabukla gece soğuması ve ısı kayıplarını kışın minimize etme	
	Lokasyon: Berlin, Almanya		Servisler: Havalandırma, ısıtma ve soğutma, mekanik sistemlerle desteklenmektedir	
	Toplam alan: 5.810 m²			
Kat sayısı: 9	Otomasyon:			

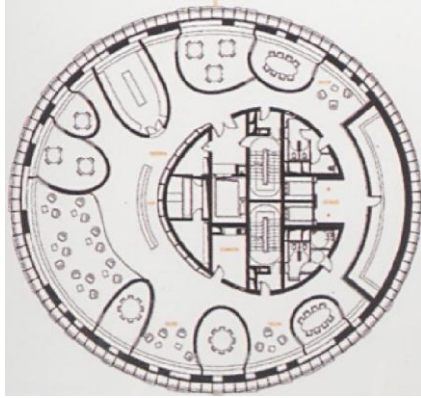
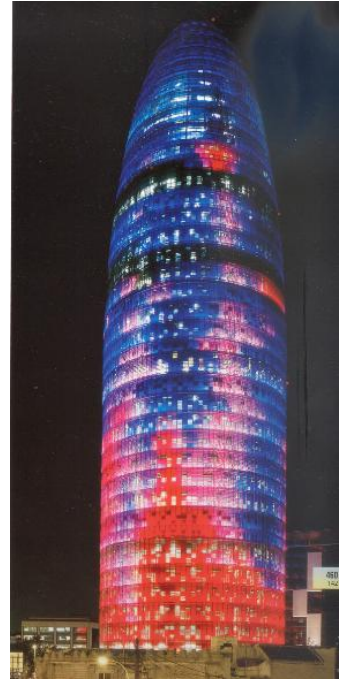
Çizelge A.1 (devam): Çift kabuk cephe sistemleri kullanılan ofis örnekleri.

Tipik Ofis Katı Planı	Bina Kimliği	Plan Özellikleri	Bina Özellikleri	Tanıtıcı Görseller
	Bina adı: Print Media Academy	İlişki tipi: Bireysel, Grup	Kabuk bilgileri: Kutu pencere tipindeki çift kabukta, dış ve iç kabuk tek cam olup arada da 46cm genişliğinde tampon bölge bulunmaktadır.	
	İşlev: Ofis Binası + konferans alanı	İlişki şeması: tarak		
	Mimarı: Schroder Architeckten and Studio Architekten Bechtloff	Plan şeması: Bireysel hücre, Grup hücre, Serbest düzenli		
	Lokasyon: Heidelberg,Almanya	Sirkülasyon: uç noktada tek çekirdek	Pasif önlemler:	
	Toplam alan: 19166 m2		Servisler: Merkezi HVAC sistemi	
	Kat sayısı: 12		Otomasyon:	

Çizelge A.1 (devam): Çift kabuk cephe sistemleri kullanılan ofis örnekleri.

Tipik Ofis Katı Planı	Bina Kimliği	Plan Özellikleri	Bina Özellikleri	Tanıtıcı Görseller
	Bina adı: Telus William Farrell Building		Kabuk bilgileri: mevcut cephenin önüne 90cm genişliğinde tampon bölgeoluşturularak çift cam ünitesi yerleştirilip, çift kabuk oluşturulmuş, tampon bölgede güneş kırıcılar kullanılmış. İç ve dış kabukta açılabilen pencereler mevcut.	
	İşlev: Ofis Binası			
	Mimarı: Busby + Associates Architects Ltd			
	Yapım yılı: 2000’de tüm ekleriyle tamamlandı.		Pasif önlemler: Bina malzemelerinin %70i geri dönüşümden elde edilmiş kat bazında doğal havalandırma, berrak cam ile doğal aydınlatma, ısı kayıplarının azaltılması Çift kabukla ASHREE90.1 standardının gerektirdiği %61daha az enerji tüketimi.Fotovoltaik sistem kullanımı.	
	Lokasyon: Vancouver, British Columbia			
	Toplam alan: 12075 m2 Kat sayısı: 10		Servisler: Bina, HVAC sistemleriyle desteklenmektedir. Otomasyon: BMS	

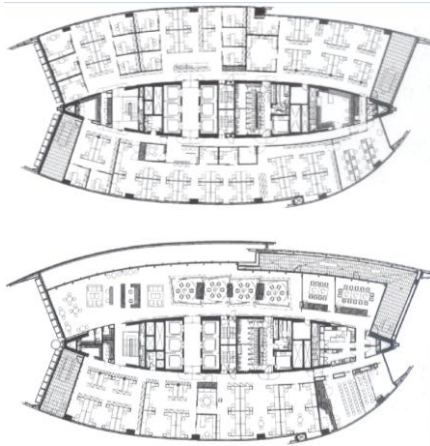
Çizelge A.1 (devam): Çift kabuk cephe sistemleri kullanılan ofis örnekleri.

Tipik Ofis Katı Planı	Bina Kimliği	Plan Özellikleri	Bina Özellikleri	Tanıtıcı Görseller
	Bina adı: Torre Agbar	İlişki tipi: Bireysel, Grup	Kabuk bilgileri: iç kabuk, boyanmış metal levha ve pencerelerin beton duvar strüktürüne entegrasyonu ve dış kabuk ise cam panelleri taşıyan alüminyum çerçevelerin iç kabuk betonuna ankrajıyla oluşturulmuştur.	
	İşlev: Ofis Binası (+konferans)	İlişki şeması: Merkezi olmayan ızgara		
	Mimarı: Jean Nouvel	Plan şeması: Grup hücre, Açık serbest	Pasif önlemler: çift kabukla doğal havalandırma, ısı kayıplarının azaltılması sağlanmaktadır.	
	Yapım yılı: 2001-2004			
	Lokasyon:Barcelona, İspanya			
	Toplam alan: 51,483 m2 (offices :30,000m2)	Sirkülasyon: merkezi çekirdek	Servisler: HVAC sistemleriyle desteklenmektedir.	
Kat sayısı: 34 + 4B	Otomasyon: dış ortam sıcaklığına bağlı sensörlerle, otomatik açılabilen cam paneller, genel olarak binanın HVAC sistemini de yöneten BMS sistemine bağlıdır.			

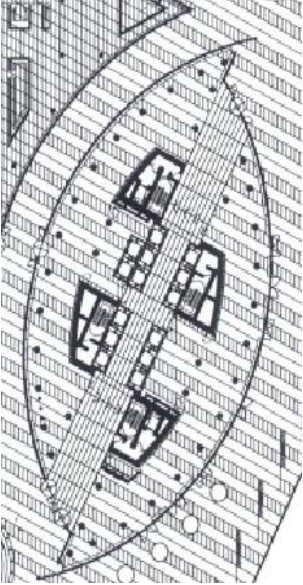
Çizelge A.1 (devam): Çift kabuk cephe sistemleri kullanılan ofis örnekleri.

Tipik Ofis Katı Planı	Bina Kimliği	Plan Özellikleri	Bina Özellikleri	Tanıtıcı Görseller
	Bina adı: Hearst Tower	İlişki tipi: Bireysel, Grup	Kabuk bilgileri: toplamda şeffaflık oranı: %63 olup cephe sistemi olarak çift kabuk kullanılmıştır.	
	İşlev: Ofis Binası	İlişki şeması: Merkezi olmayan ızgara		
	Mimarı: Foster & Partners	Plan şeması: Bireysel hücre açık düzenli	Pasif önlemler: çift kabukla doğal havalandırma, ısı kayıplarının azaltılması, gece soğuması ve ses yalıtımı sağlanmaktadır. Bina LEED sistemine göre altın sınıfındadır.	
	Yapım yılı: 2006			
	Lokasyon: New York, Amerika			
	Toplam alan: 79,500m2	Sirkülasyon: merkezi çekirdek	Servisler: karma kullanımlı binada, iç ortam koşullandırması HVAC sistemleriyle desteklenmektedir.	
	Kat sayısı: 42 + 4B		Otomasyon: BMS sistemleri	

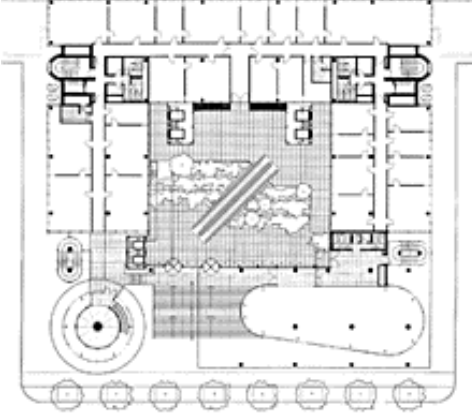
Çizelge A.1 (devam): Çift kabuk cephe sistemleri kullanılan ofis örnekleri.

Tipik Ofis Katı Planı	Bina Kimliği	Plan Özellikleri	Bina Özellikleri	Tanıtıcı Görseller
	Bina adı: Aurora Place	İlişki tipi: Grup, Bireysel	Kabuk bilgileri: Dogu ve batı cephelerinde yer alan çift kabukta, dış kabuk çift cam olup, dıştan içe beyaz nokta desenli 6mm kalınlığında lamine cam ve yer yer 12 mm kalınlığında beyaz cam(extra white glass) ile 6mm kalınlığında low-e kaplamalı cam içermektedir. İç kabuk ise, 6 mm kalınlığında low-e kaplamalı cam ünitelerinin bulunduğu açılabilir kapılardan oluşmaktadır. Tampon bölgede beyaz pudra kaplı alüminyum güneş koruyucular, kuzey cephede yatay metal güneş kırıcılar var.	 
	İşlev: Ofis Binası + residans	İlişki şeması: Merkezi olmayan ızgara		
	Mimarı: Renzo Piano Building Workshop, Architects	Plan şeması: Açık düzenli Grup hücre		
	Yapım yılı: 2000			
	Lokasyon:Sydney, Avustralya			
	Toplam alan: 61300m2	Sirkülasyon: merkezi çekirdek	Pasif önlemler: çift kabukla havalandırma, ısı kayıplarının azaltılması, gece soğuması ve ses yalıtımı sağlanmaktadır.	
Kat sayısı: 44	Servisler: karma kullanımlı binada, iç ortam koşullandırması HVAC sistemleriyle desteklenmektedir.			

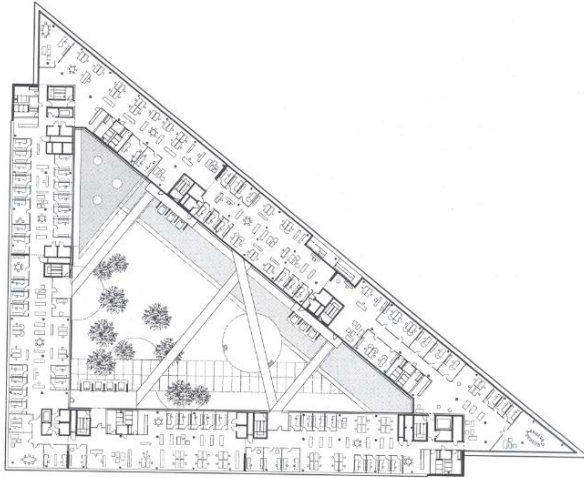
Çizelge A.1 (devam): Çift kabuk cephe sistemleri kullanılan ofis örnekleri.

Tipik Ofis Katı Planı	Bina Kimliği	Plan Özellikleri	Bina Özellikleri	Tanıtıcı Görseller
	Bina adı: Deutsche Post Tower	İlişki tipi: Grup, Bireysel	Kabuk bilgileri: 10 katta bir zonlanan cephe sisteminin dış kabuğu, tek katmanlı olup açılabilen cam panelleren , iç kabuğu ise açılabilen pencerelerden oluşmaktadır.	
	İşlev: Ofis Binası	İlişki şeması: Merkezi olmayan ızgara	Pasif önlemler: çift kabuk sisteminin yanı sıra köprüyle bağlanan bloklar arasında 10 katta bir zonlanan kış bahçesi mevcuttur, dış ortamdan çift kabukla alınan temiz hava, kış bahçesinden atılır.	
	Mimarı: Murph/Jahn Architects	Plan şeması: Açık düzenli Bireysel hücre	Servisler: kış koşullarında mekanik havalandırma ve ısıtma, yaz koşullarında da gece soğutmasına destek olarak soğutma borularınının kullanıldığı sistemler mevcuttur.	
	Yapım yılı: 1998-2002			
	Lokasyon:Bonn, Almanya			
	Toplam alan: 61300m2			
Kat sayısı: 42	Sirkülasyon: 4 adet merkezi çekirdek	Otomasyon: BMS otomasyon sistemleri		

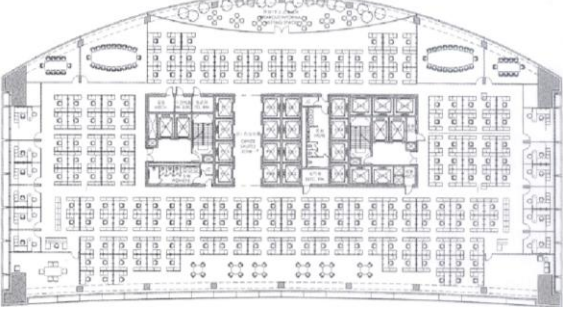
Çizelge A.1 (devam): Çift kabuk cephe sistemleri kullanılan ofis örnekleri.

Tipik Ofis Katı Planı	Bina Kimliği	Plan Özellikleri	Bina Özellikleri	Tanıtıcı Görseller
	Bina adı: Postdamer Platz, B4- B6 Office Buildings	İlişki tipi: Grup, Bireysel	Kabuk bilgileri: Koridor sistemli çift kabuk cephede, dış kabuk tek cam iç kabuk 10mm kalınlığında cam, 22mm boşluk, 6mm camdan oluşmaktadır.	
	İşlev: Ofis Binası + zemin katta ticari işlev	İlişki şeması: Merkezi olmayan ızgara, seri	Pasif önlemler: 2 ayrı binayla vaziyet planında avlu oluşturan ofis binası, çift kabuk sisteminin yanı sıra bu avludan da doğal havalandırma ve güneşiği alımında yararlanılmaktadır. Pasif solar enerjiden yararlanma oranının artırılması için avlu, yalıtım camıyla örtülerek kış bahçesine dönüştürülmüştür.	
	Mimarı: Richard Rogers Partnership	Plan şeması: Grup hücre, bireysel hücre		
	Yapım yılı: 1996 – 1999			
	Lokasyon:Berlin, Almanya			
	Toplam alan: Toplam: 57,800 m2	Sirkülasyon: 2 adet yan çekirdek	Servisler: Pasif sistemlerin yanı sıra, HVAC sistemleri mevcut.	
	Kat sayısı: 9 + 4B		Otomasyon: BMS sistemi ve sıcaklık sensörleri	

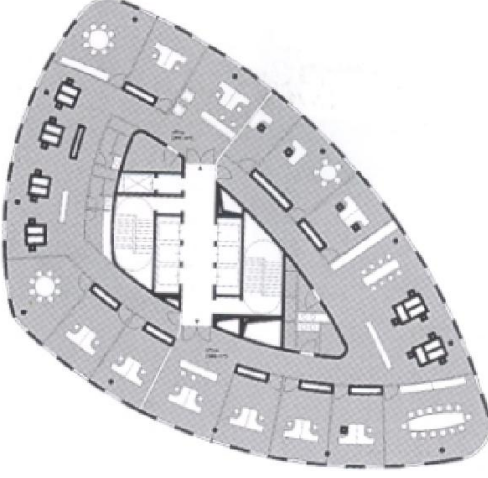
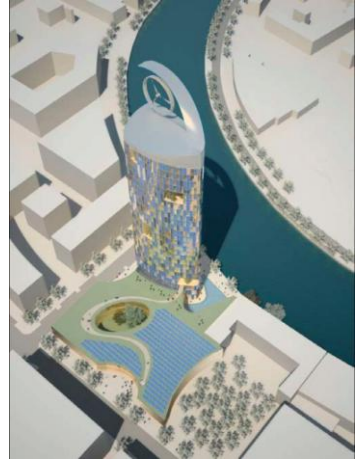
Çizelge A.1 (devam): Çift kabuk cephe sistemleri kullanılan ofis örnekleri.

Tipik Ofis Katı Planı	Bina Kimliği	Plan Özellikleri	Bina Özellikleri	Tanıtıcı Görseller
	Bina adı: Prisma House Office Building	İlişki tipi: Grup, Bireysel	Kabuk bilgileri: Bina yüksekliğinde çift kabuk cephenin, dış kabuğu 8mm temperli cam+16mm hava boşluğu+ 4mm float cam+ 0.76 PVB +4mm float cam, tampon bölge genişliği 120cm' dir	
	İşlev: Ofis Binası	İlişki şeması: Merkezi olmayan ızgara, seri	Pasif önlemler:kısın pasif ısıtmaya destek veren çift kabuk cephenin iç ve dış katmanlarında yer alan açılabilir üniteler sayesinde yılın büyük bölümünde doğal havalandırma ve yazın gece soğutması uygulanabilmektedir.	
	Mimarı: Auer & Weber & Partner	Plan şeması: Açık düzenli, Bireysel hücre, Grup hücre		
	Yapım yılı: 2001			
	Lokasyon:Frankfurt am Main, Germany			
	Toplam alan: 64,670m2	Sirkülasyon: 7 adet çekirdek	Servisler:HVAC sistemleri mevcut	
Kat sayısı: 12+ 2B				

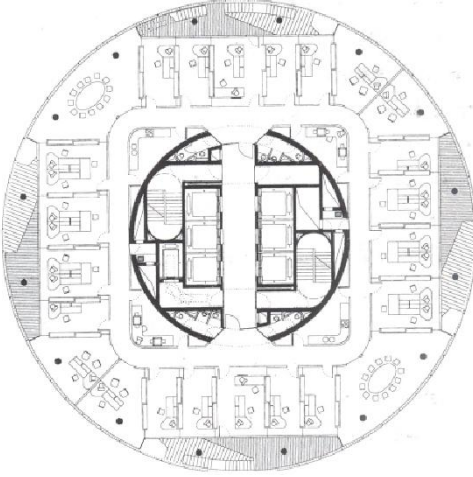
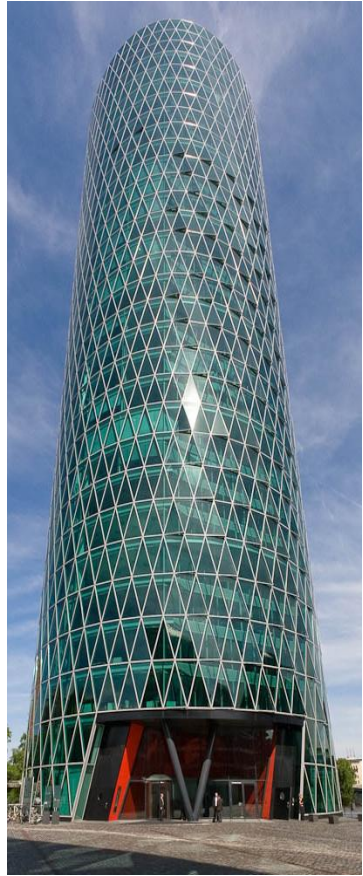
Çizelge A.1 (devam): Çift kabuk cephe sistemleri kullanılan ofis örnekleri.

Tipik Ofis Katı Planı	Bina Kimliği	Plan Özellikleri	Bina Özellikleri	Tanıtıcı Görseller
	Bina adı: Icade Tower	İlişki tipi: Grup, Bireysel	Kabuk bilgileri: Kuzey ve güney cephede(uzun cepheler) 20cm genişliğinde tampon bölgesi olan çift kabuk, doğu ve batıda ise otomatik güneş kontrol elemanlarının bulunduğu 3'lü camlama yapılmıştır.	 
	İşlev: Ofis binası	İlişki şeması: Merkezi olmayan ızgara, seri		
	Mimar: Skidmore, Owings & Merrill	Plan şeması: Grup hücre, Açık düzenli	Pasif önlemler: Binada; rüzgar tribünleri, fotovoltaiik paneller, solar kolektörler, beton çekirdekli termal kütle özellikli yapı elemanları kullanılmıştır ve jeotermal enerji/zemin suyunun ısıtıcı etkisinden yararlanılmaktadır.	
	Yapım yılı: 2007'de inşası başlayan bina yapım aşamasında		Servisler: mekanik HVAC sistemlerinin karma kullanımla desteklendiği binada ısıtma ve soğutmada Soğutma tavanları, soğuk odalar, ısı dönüştürücü üniteler ile kondenserler kullanılmaktadır ve döşeme altından hava sağlanmaktadır	
	Lokasyon: Guangzhou, Çin		Otomasyon: Kabuktaki jaluziler BMS'ye bağlıdır.	
	Toplam alan: 204 000 m2	Sirkülasyon: merkezi çekirdek		
	Kat sayısı: 71			

Çizelge A.1 (devam): Çift kabuk cephe sistemleri kullanılan ofis örnekleri.

Tipik Ofis Katı Planı	Bina Kimliği	Plan Özellikleri	Bina Özellikleri	Tanıtıcı Görseller	
	Bina adı: Study Zero- Energy-Tower	İlişki tipi: Grup, Bireysel	Kabuk bilgileri: Kabukta toplamda şeffaflık oranı %36'dır.Kutu pencere tipi çift kabukta dış kabuk, tek katmanlı lamine cam iken, yatay güneş kırıcıların yer aldığı tampon bölgeden sonra iç kabukta döşeme hizalarında fotovoltaik panellerden oluşan dış cidar ve sandviç ısı yalıtım panelleri bulunmaktadır.		
	İşlev: Ofis (&rezidans,restoran ,otel,mağaza)	İlişki şeması: Merkezi olmayan ızgara, seri	Pasif önlemler: yağmur suyu kullanımı, zemin suyu kullanımı, rüzgar jeneratörü ve cephede yer alan fotovoltaik elemanlar pasif önlemler olarak binada mevcut olup, esnek ve dönüştürülebilir işlevleri olan binada iç ortam kullanımına göre paneller şeffaf yada opak olarak değiştirilebilir. Soğutma ihtiyaçları tamamen yenilenebilir kaynaklardan karşılanmaktadır.		
	Mimarı:	Plan şeması: Bireysel hücre, Grup hücre, Açık düzenli			
	Yapım yılı:				
	Lokasyon:	Sirkülasyon: 2 adet merkezi çekirdek			
	Kat sayısı: 26 + 2B				

Çizelge A.1 (devam): Çift kabuk cephe sistemleri kullanılan ofis örnekleri.

Tipik Ofis Katı Planı	Bina Kimliği	Plan Özellikleri	Bina Özellikleri	Tanıtıcı Görseller
	Bina adı: Westhafen Tower	İlişki tipi: Grup, Bireysel	Kabuk bilgileri: Kimi yerlerde tek kat, kimi yerlerde birkaç kat yüksekliğinde zonlanmış çift kabuk cephenin, dış kabuğu açılabilen üniteleri olan tek cam, iç kabuğu ise çift camdan oluşmaktadır.	
	İşlev: Ofis Binası	İlişki şeması: Merkezi olmayan ızgara, seri		
	Mimarı: Schneider +Schumacher	Plan şeması: Bireysel hücre, Grup hücre, Açık düzenli	Pasif önlemler:dış cephede tampon bölgeler çok katlı kış bahçeleri oluşturmaktadır. Çift kabuk cephe, pasif ısıtma, doğal havalandırma ve ses yalıtımı faydalı.	
	Yapım yılı: 2001–2004			
	Lokasyon:Frankfurt am Main, Germany		Servisler:Çift kabukta karma havalandırma sağlayan ve iç ortam klimatizasyonunda etkili yılın belli dönemlerinde devreye giren HVAC sistemleri mevcut.	
	Toplam alan: 23.527m2	Otomasyon:Çift kabukta, iç ve dış kabukta bulunan açıklıklar kullanıcı kontrolündedir.		
Kat sayısı: 30+ 3B	Sirkülasyon: 2 adet merkezi çekirdek			

EK B**Çizelge B.1 :** Seçenekler için ASHRAE 55 ve CBE Pencere Değerlendirme Yöntemi'ne göre belirlenen ısı konforla ilişkili parametre değerlerinin sonuçları.

ASHRAE 55, 2010 - ISO 7730 2010				CBE Pencere Değerlendirme Yöntemi						
Seçenek Kodu	Mevcut operatif sıcaklık (Top, °C)	Memnuniyet oranına göre istenen operatif sıcaklık (Top, °C)		Uygun/ Uygun değil	Mevcut PMV indisi (%)	İstenen PMV indis aralığı (%)	Uygun/ Uygun değil	Mevcut PPD indisi (%)	İstenen PPD indis aralığı (%)	Uygun/ Uygun değil
		% 80	%90							
T1K	36,965	30,5	29,5	Uygun değil	0,3	-0.5,+0.5	Uygun	6	<20	Uygun
T1A	43,973	30,5	29,5	Uygun değil	0,4	-0.5,+0.5	Uygun	7	<20	Uygun
T2K	35,989	30,5	29,5	Uygun değil	0,4	-0.5,+0.5	Uygun	7	<20	Uygun
T2A	41,493	30,5	29,5	Uygun değil	0,5	-0.5,+0.5	Uygun	8	<20	Uygun
C10K60	32,336	30,5	29,5	Uygun değil	0,3	-0.5,+0.5	Uygun	6	<20	Uygun
C10A60	35,076	30,5	29,5	Uygun değil	0,4	-0.5,+0.5	Uygun	7	<20	Uygun

Çizelge B.1 (devam): Seçenekler için ASHRAE 55 ve CBE Pencere Değerlendirme Yöntemi'ne göre belirlenen ısı konforla ilişkili parametre değerlerinin sonuçları.

		ASHRAE 55, 2010 - ISO 7730 2010			CBE Pencere Değerlendirme Yöntemi					
Seçenek Kodu	Mevcut operatif sıcaklık (Top, °C)	Memnuniyet oranına göre istenen operatif sıcaklık (Top, °C)		Uygun/ Uygun değil	Mevcut PMV indisi (%)	İstenen PMV indis aralığı (%)	Uygun/ Uygun değil	Mevcut PPD indisi (%)	İstenen PPD indis aralığı (%)	Uygun/ Uygun değil
		% 80	%90							
C20K60	32,202	30,5	29,5	Uygun değil	0,3	-0.5,+0.5	Uygun	6	<20	Uygun
C20A60	35,025	30,5	29,5	Uygun değil	0,4	-0.5,+0.5	Uygun	7	<20	Uygun
C01K60	32,781	30,5	29,5	Uygun değil	0,3	-0.5,+0.5	Uygun	6	<20	Uygun
C01A60	35,873	30,5	29,5	Uygun değil	0,4	-0.5,+0.5	Uygun	7	<20	Uygun
C02K60	32,422	30,5	29,5	Uygun değil	0,3	-0.5,+0.5	Uygun	6	<20	Uygun
C02A60	35,571	30,5	29,5	Uygun değil	0,4	-0.5,+0.5	Uygun	7	<20	Uygun
C10K150	34,295	30,5	29,5	Uygun değil	0,3	-0.5,+0.5	Uygun	6	<20	Uygun

Çizelge B.1 (devam): Seçenekler için ASHRAE 55 ve CBE Pencere Değerlendirme Yöntemi'ne göre belirlenen ısı konforla ilişkili parametre değerlerinin sonuçları.

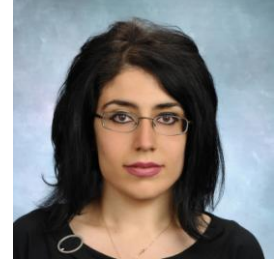
		ASHRAE 55, 2010 - ISO 7730 2010			CBE Pencere Değerlendirme Yöntemi					
Seçenek Kodu	Mevcut operatif sıcaklık (Top, °C)	Memnuniyet oranına göre istenen operatif sıcaklık (Top, °C)		Uygun/ Uygun değil	Mevcut PMV indisi (%)	İstenen PMV indis aralığı (%)	Uygun/ Uygun değil	Mevcut PPD indisi (%)	İstenen PPD indis aralığı (%)	Uygun/ Uygun değil
		% 80	%90							
C10A150	37,756	30,5	29,5	Uygun değil	0,4	-0.5,+0.5	Uygun	7	<20	Uygun
C20K150	33,880	30,5	29,5	Uygun değil	0,3	-0.5,+0.5	Uygun	6	<20	Uygun
C20A150	36,803	30,5	29,5	Uygun değil	0,4	-0.5,+0.5	Uygun	7	<20	Uygun
C01K150	34,331	30,5	29,5	Uygun değil	0,4	-0.5,+0.5	Uygun	7	<20	Uygun
C01A150	38,342	30,5	29,5	Uygun değil	0,4	-0.5,+0.5	Uygun	7	<20	Uygun
C02K150	33,953	30,5	29,5	Uygun değil	0,3	-0.5,+0.5	Uygun	6	<20	Uygun
C02A150	37,111	30,5	29,5	Uygun değil	0,4	-0.5,+0.5	Uygun	7	<20	Uygun

Çizelge B.2 : Seçenekler için TS 13788 Standardına göre belirlenen ısı konforla ilişkili parametre değerlerinin sonuçları.

Seçenek Kodu	İç yüzey sıcaklıkları (T _{is} , °C)						Ortalama Hava sıcaklığı (T _{op} , °C)	Mevcut maks. iç yüzey ve ortalama hava sıcaklık farkı (T, °C)	İstenen maks. iç yüzey ve ortalama hava sıcaklık farkı (T, °C)	Uygun / Uygun değil
	Güney Duvarı	Kuzey Duvarı	Batı Duvarı	Doğu Duvarı	Tavan	Döşeme				
T1K	33,32	36,50	36,12	36,45	37,28	34,57	35,71	3,87	3	Uygun değil
T1A	36,00	41,43	41,64	42,14	45,11	38,00	40,72	8,47	3	Uygun değil
T2K	34,03	36,65	36,46	36,87	40,99	35,86	36,81	2,97	3	Uygun değil
T2A	36,40	45,24	44,38	44,63	49,47	38,34	43,08	6,28	3	Uygun değil
C10K60	32,16	32,24	32,23	32,22	32,66	32,12	32,27	0,29	3	Uygun
C10A60	34,42	34,71	34,69	34,72	36,96	33,76	34,88	1,68	3	Uygun
C20K60	32,08	32,16	32,16	32,14	32,23	32,16	32,15	0,17	3	Uygun
C20A60	34,36	34,48	34,48	34,48	37,27	33,52	34,77	1,99	3	Uygun
C01K60	32,62	33,51	33,42	33,54	33,20	32,70	33,17	1,11	3	Uygun

Çizelge B.2 (devam): Seçenekler için TS 13788 Standardına göre belirlenen ısı konforla ilişkili parametre değerlerinin sonuçları.

Seçenek Kodu	İç yüzey sıcaklıkları (T _{is} , °C)						Ortalama Hava sıcaklığı (T _{op} , °C)	Mevcut maks. iç yüzey ve ortalama hava sıcaklık farkı (T, °C)	İstenen maks. iç yüzey ve ortalama hava sıcaklık farkı (T, °C)	Uygun / Uygun değil
	Güney Duvarı	Kuzey Duvarı	Batı Duvarı	Doğu Duvarı	Tavan	Döşeme				
C01A60	35,45	35,16	35,15	36,00	38,85	34,35	35,83	2,93	3	Uygun
C02K60	32,48	32,35	32,29	32,34	32,63	32,18	32,38	0,29	3	Uygun
C02A60	35,12	35,09	35,10	35,13	38,01	34,21	35,44	2,31	3	Uygun
C10K150	32,85	33,77	33,08	33,13	35,99	33,17	33,67	2,08	3	Uygun
C10A150	34,66	36,98	36,53	36,90	39,67	35,80	36,75	4,10	3	Uygun değil
C20K150	33,63	33,78	33,22	33,16	35,00	33,00	33,63	1,13	3	Uygun
C20A150	34,28	36,41	36,18	36,19	39,20	35,29	36,26	3,07	3	Uygun değil
C01K150	34,27	34,34	34,35	34,31	35,240	33,12	34,27	1,27	3	Uygun
C01A150	35,54	37,31	37,61	37,65	40,680	37,64	37,74	3,40	3	Uygun değil



ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Ayşe Selin ÖRKMEZ

Doğum Yeri ve Tarihi: 01/06/1988- İstanbul.

Adres: Kartaltepe Mah., Bakırköy, İSTANBUL.

E-Posta: ayseselinorkmez@gmail.com

Lisans: İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, 2010, Fakülte 1.'liği.

Mesleki Deneyim ve Ödüller: Schüco Uluslararası İnş. Tic. Ltd. Şti'de mimar/teknik danışman.

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR

- **Örkmez, A.,** Çetiner, İ., 2012: Evaluating Thermal Comfort Near Perimeter Zone In Double Skin Glass Facades. *SASBE 4.th International Conference on Smart and Sustainable Built Environments*, June, 2012 Sao Paulo, Spain.
- **Örkmez, A.,** Çetiner, İ., 2012: Çift Kabuk Cephe Sistemlerinin İç Mekan Isıl Konforuna Etkisi. *6. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu*, Nisan 12-13, 2012 Bursa, Türkiye.