

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİR OFİS BİNASININ ENERJİ YÜKLERİNİN ÇİFT KABUKLU CEPHE
SİSTEMİ VE GÜNEŞ KIRICILAR İLE AZALTILMASI**

Hansa Gül ÇETİN

**Danışman
Prof. Dr. Neşe DİKMEN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2018**



© 2018 [Hansa Gül ÇETİN]

TEZ ONAYI

Hansa Gül ÇETİN tarafından hazırlanan "**Bir Ofis Binasının Enerji Yüklerinin Çift Kabuklu Cephe Sistemi ve Güneş Kırıcılar ile Azaltılması**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Mimarlık Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Prof. Dr. Neşe DİKMEN
Süleyman Demirel Üniversitesi



Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Berna GÜÇ
Süleyman Demirel Üniversitesi



Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Gülhan İNCE
Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi



Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Yasin TUNCER



TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Hansa Gül ÇETİN



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET	ii
ABSTRACT.....	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
2.1. Çift Kabuklu Cephe Kavramı	3
2.2. Çift Kabuklu Cephelerin Tarihçesi	7
2.3. Çift Kabuk Cephe Bileşenleri	9
2.3.1. Taşıyıcı elemanlar	10
2.3.1.1. Cephe taşıyıcı sistem (ikincil strüktür) tipleri	11
2.3.1.2. Cephe panelinin taşıyıcı sistem seçenekleri	15
2.3.2. Tespit bileşenleri	18
2.3.3. Saydam bileşenler	18
2.3.3.1. Cam tipleri.....	19
2.3.4. Opak bileşenler.....	23
2.3.5. Havalandırma boşluğu.....	23
2.3.6. Güneş kontrol elemanları	26
2.3.7. Yürüme yolu.....	29
2.4. Çift Kabuklu Cephelerin Sınıflandırılması	29
2.4.1. Hava sirkülasyonuna göre çift kabuk cephe sistemleri	29
2.4.2. Havalandırma şekline göre çift kabuk cepheler	32
2.4.3. Havalandırma Koridorunun Bölünmesine Göre;	40
2.4.3.1. Kutu Tipi Çift Kabuk Cepheler.....	41
2.4.3.2. Koridor Tipi (kat yüksekliğinde) Çift Kabuk Cepheler	44
2.4.3.3. Çok Katlı Çift Kabuklu Cepheler.....	47
2.4.3.4. Şaft Kutu Tipi Çift Kabuk Cepheler	49
2.5. Çift Kabuk Cephelerin Olumlu Ve Olumsuz Yönleri.....	53
2.6. Çift Kabuklu Cephelerde Tasarım Etmenleri.....	54
2.7. Isıl Performans	62
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	66
3.1 Materyal.....	66
3.2. Yöntem	71
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	73
4.1. Yapının Mevcut Durumunun Yıllık Isıl Yükleri	73
4.2. Giydirme Cam Cephe Ekleyerek Isıl Performansı İyileştirme	74
4.2.1. Cepheye U değeri 1,8 w/m ² K olan cam eklendiğinde elde edilen enerji yükleri	74
4.2.2. Cepheye U değeri 1,4 w/m ² K olan cam eklendiğinde elde edilen enerji yükleri	77
4.3. Dikey Güneş Kiriçlerin Isıtma Ve Soğutma Yüklerine Etkisi.....	81
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	84
KAYNAKLAR	88
ÖZGEÇMİŞ	94

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BİR OFİS BİNASININ ENERJİ YÜKLERİNİN ÇİFT KABUKLU CEPHE SİSTEMİ VE GÜNEŞ KIRICILAR İLE AZALTILMASI

Hansa Gül ÇETİN

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Neşe DİKMEN

Isısal konfor vücut ile çevre arasındaki ısı değişiminin bir sonucudur. Bu değişim sonucunda sağlanması gereken ısı denge istenen konfor koşullarına ulaşmak için önemlidir. Isı konforu etkileyen faktörlerden bazıları; güneş ışıınımı, rüzgâr, hava sıcaklığı, havanın nemi gibi iklimsel olan özellikler ve bölgenin coğrafi konumudur. Binayı dış ortamdan ayıran yapı kabuğu termal konforun sağlanmasında büyük rol oynamaktadır. Mekânın sınırlarını oluşturan elemanların iç yüzey sıcaklıkları bu koşulların sağlanmasında etkili olmaktadır. Binaların enerji etkinliğini arttırmak için uygulanan çözümlerden birisi; iki adet cam giydirme cephe paneli ile bunların arasında yer alan hava boşluğundan meydana gelen çift kabuklu cephe sistemleridir. Kabuklar arasında bulunan boşluk; havalandırmanın, temizliğin, bakım-onarımın yapıldığı ve güneş kontrol elemanlarının yerleştirildiği bir bileşendir. İklimsel değişiklikler, kullanım amacı ve performans ihtiyacına göre boşluk genişliği 20-200 cm arasında değişkenlik gösterebilmektedir.

Bu çalışmada, sıcak-nemli iklim bölgesinde bulunan Antalya’da inşa edilmiş ve tek kabuklu giydirme cephe sistemine sahip olan bir ofis binasının enerji yükleri cephelere eklenen ikinci kabuk ve güneş kırıcılarla azaltılmıştır. Araştırma kapsamında, DesignBuilder simülasyon programı ile binanın farklı modelleri hazırlanmış ve bu modellerin ısıtma ve soğutma yükleri karşılaştırılmıştır. Öncelikle yapının mevcut durumu modellenerek enerji yükleri hesaplanmıştır. Daha sonra yapının uygun olan iki cephesine cam katman eklenerek çift kabuklu cephe sistemi oluşturulmuştur. Cam U değeri ve boşluk genişliği birbirinden farklı olan çift kabuklu cephe sistemlerine sahip modellerde elde edilen enerji yükleri karşılaştırılmıştır. Daha sonra, ilk aşamada belirlenen en uygun sistemin önce iki daha sonra dört cephesine dikey güneş kırıcılar eklenerek ısıtma ve soğutma yükleri hesaplanmıştır. Yapılan çalışmada ikinci kabuğun ısıtma, güneş kırıcıların soğutma yükleri açısından daha etkili olduğu görülmüştür. Yalnızca iki cepheye eklenen ikinci kabuk ve dört cepheye uygulanan güneş kırıcılarla binanın toplam enerji yüklerinde %21,8 oranında azalma sağlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Isısal konfor, boşluk genişliği, çift kabuklu cephe, simülasyon, giydirme cephe

2018, 94 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

REDUCTION OF THE ENERGY LOADS OF AN OFFICE BUILDING WITH DOUBLE-SKIN FACADE SYSTEM AND SOLAR SHADING DEVICES

Hansa Gül ÇETİN

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Architecture**

Supervisor: Prof. Dr. Neşe DİKMEN

Thermal comfort is the result of thermal transfer between body and environment. The thermal balance, that needs to be provided as a result of that change, is very important to reach the desired comfort conditions. Some of the factors which affect the thermal comfort are climatic features such as sun radiation, wind, air temperature, air humidity and geographical location features of the region. The structure envelope which separates the building from outside is very vital to provide the thermal comfort. Inner surface temperatures of elements which create the border of space are effective for providing these conditions. One of the solutions which is applied for increasing energy efficiency of the buildings; two glass curtain wall panels and the double skin facade systems which occur because of the air cavity between the glass curtains. The cavity between the layers is a component which provide ventilation, cleaning, repair-maintenance, and location of the sun control devices. The cavity width may vary between 20cm-200cm depending on the climatic differences, the purpose of use and performance necessity.

On this study, the energy load of the office building which has single skinned facade system and which was built in Antalya, the city that is located in hot-humidity climate region, was reduced by adding the double skinned facade and sun shadings. As part of this research, the different models of the building was prepared by using the DesignBuilder simulation program and heating cooling loads were compared. First of all, the energy loads were calculated by modeling the the current situation of the building. Later, a double-skinned façade system was built by adding a second façade layer to the available two facades of the existing curtain wall system. The energy loads which were acquired from the models that own double skin facade system, which have different glass U value and cavity width, were compared. After that, the heating and cooling loads of the most available system which was diagnosed at the first step were calculated by adding vertical sun shadings firstly to two, later to four facade.

On this research, the second skin was seen to be more efficient regarding to the loads of the heating, and sun shades cooling. Solely, by addition of the two skins to the two facades, and by application of the sun shades to the four facades, total %21,8 reduction of the energy loads of building was provided.

Keywords: Thermal Comfort, Cavity Width, Double Skin Facade, Simulation, curtain wall

2018, 94 pages

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Prof. Dr. Neşe DİKMEN' e teşekkürlerimi sunarım. 4612-YL2-16 No'lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim. Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan eşime, kızlarıma, aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Hansa Gül ÇETİN
ISPARTA, 2018



ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.2. Sapphire İstanbul, kış bahçesi görünümlü cephe boşluğu	3
Şekil 2.3. Çift kabuklu cephe sistemi.....	4
Şekil 2.4. Cephelerin Güneş Işınımı	5
Şekil 2.5. Tek kabuklu cephe, çift kabuklu cephe ve hava akış penceresi.....	7
Şekil 2.6. Crystal Palace Binası'nın dış görünüşü.....	8
Şekil 2.7. Steiff Fabrikası, Almanya, dış görünüş – 1903.....	8
Şekil 2.8. Çift kabuk cephe bileşenleri şematik perspektif çizimi	10
Şekil 2.9. Cephe konstrüksiyon elemanlarının şematik gösterimi	11
Şekil 2.10. Döşeme alnından bağlantı detayı	12
Şekil 2.11. Döşemeye üstten bindirilerek uzatılmış konsol taşıyıcılı strüktür	12
Şekil 2.12. Hybrid destekli cam cephelerin farklı taşıtılma modelleri.....	13
Şekil 2.13. Hybrid Destekli Sistem Bağlantı Örneği	13
Şekil 2.14. Channel 4 Binası, Londra - Asma Strüktür Sistemi.....	14
Şekil 2.15. Çerçeve strüktür	15
Şekil 2.16. Çubuk sistem giydirme cephe bileşenleri	16
Şekil 2.17. Yarı panel sistem montaj işlemi.....	17
Şekil 2.18. Panel Sistem Bileşenleri	17
Şekil 2.19. Farklı boşluk genişliği örnekleri	23
Şekil 2.20. Torno International Headquarter Binası Cephe Çalışması	24
Şekil 2.21. Havalandırma boşluğu farklı genişlikleri.....	26
Şekil 2.22. Dış güneş kontrol elemanı tipleri	27
Şekil 2.23. Çift kabuk ara boşluğundaki güneş kontrol elemanlarının konumları	28
Şekil 2.24. Yürüme Yolu Kesiti.....	29
Şekil 2.25. Çift kabuk cephe sistemlerinde havalandırma	30
Şekil 2.26 Hava sirkülasyonuna göre çift kabuklu cephe sistemleri	30
Şekil 2.27. Büroturm 1 Bligh in Sydney/AUS nokta detayı	31
Şekil 2.28. Çift kabuklu cephelerde doğal havalandırma prensibi.....	33
Şekil 2.29. Doğal havalandırma sistemi çalışma prensibi.....	34
Şekil 2.30 Doğal havalandırılmalı cephelerde kullanılan mekanik pencere örneği	34
Şekil 2.31. Fotonik Merkezi Binası, Şaft Tipli Çift Kabuk Cephe Sistemi	35
Şekil 2.32. Fotonik Merkezi Binası Cephe Sistem Şeması.....	36
Şekil 2.33. Mekanik havalandırılmalı çift kabuk cephe.....	37
Şekil 2.34. Halenseestrasse Binası ve Cephe Boşluğunun görünüşü.....	38
Şekil 2.35. Hibrit havalandırılmalı cephe sistemlerinin çalışma ilkeleri.....	39
Şekil 2.36. Occidental Chemical Center Binasının görünüşü ve cephe kesiti	40
Şekil 2.37. Havalandırma boşluğunun bölümlenmesine göre çift kabuklu cepheler	41
Şekil 2.38. Kutu pencere tipi çift kabuklu cephe montajı.....	41
Şekil 2.39. Binanın havalandırma sistemini cephe modülüne bağlayan havalandırma hücresinin görünümü.....	42
Şekil 2.40. Kutu pencere tipi.....	43
Şekil 2.41. Kat yüksekliğinde kutu tipi çift kabuk cephelerine ait görünüş, kesit ve plan .	43
Şekil 2.42. Koridor tipi bir çift kabuk cephenin Şematik çizimi	44
Şekil 2.43. Koridor tipi çift kabuk cephe görünüş, kesit ve planı üzerinde havalandırma Prensibi	45
Şekil 2.44. Koridor tipi Çift kabuk cam cephe kuruluşları ve sistem kesiti, Dusseldorf Stadtter City Gate Binası	46
Şekil 2.45. Koridor Tipi Çift Kabuk Cephenin Yangın Sırasında Davranışı	47
Şekil 2.46. Çok katlı bir çift kabuk cephenin şematik çizimi	47
Şekil 2.47. Çok katlı çift kabuk cephe görünüş-kesit ve planı üzerinde havalandırma prensibini gösteren şema.....	48
Şekil 2.48. Business Promotion Center , 1993.....	49

Şekil 2.49. Şaft-kutu tipi çift kabuk cephe görünüş kesit ve planı üzerinde havalandırma prensibini gösteren şema	50
Şekil 2.50. Research Establishment Ofis Binası	51
Şekil 2.51. ARAG 2000 Tower Görünüşleri.....	52
Şekil 2.52. ARAG 2000 Kulesi'nin, cephe yüzeyindeki doğal havalandırma mekanizması	52
Şekil 2.53. Stuttgart'taki bir ofis binası cephesinin ses yalıtım değerleri	55
Şekil 2.54. Gladbacher Bank binası yenilenme öncesindeki (solda) ve sonrasındaki (sağda) durumu	62



ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Çift kabuklu cephelerin yangındaki risk durumları	58
Çizelge 3.1. Antalya ili verileri 1929-2016.....	66
Çizelge 3.2. TS 825 Bölgelere göre U değerleri	67
Çizelge 5.1. Oluşturulan modellere ait bilgiler	86



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

C	Celcius
cm	Santimetre
K	Kelvin
kWh	KiloWatt saat
mm	Milimetre m Metre
m²	Metrekare
T	Sıcaklık
U	Isıl geçirgenlik katsayısı
UD	Duvarın ısıl geçirgenlik katsayısı
UP	Pencerenin ısıl geçirgenlik katsayısı
UT	Tavanın ısıl geçirgenlik katsayısı
Ut	Zemine oturan döşemenin ısıl geçirgenlik katsayısı
W	Watt
°	Derece
φ	Bağıl nem
%	Yüzde

1. GİRİŞ

Dünyada ve ülkemizde tüketilen enerjinin büyük bir kısmı ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma ihtiyaçları için kullanılmaktadır. Özellikle Dünya ölçeğinde tüketilen enerjinin %40 ı inşaat sektörüne ait olduğu için daha az enerji harcayan binaların tasarımı zorunlu hale gelmiştir (Li vd., 2017). İnsan hayatının gereksinimleri nedeniyle yapı sektöründe ciddi gelişmeler yaşanmaktadır. Teknolojinin dünya çapında ilerlemesi, farklı yapı tiplerinin çoğalmasını etkileyerek yapılarda yeniliklerin ve gelişmelerin artışını da hızlandırmıştır (Mangan, 2006). Bu yüzden binalarda kullanılan enerjinin azaltılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının daha çok kullanılması hedeflenmektedir. Bir yapıda en çok enerji kaybına sebep olan yapı kabuğu enerji verimliliği ve enerji performansı bakımından önemlidir (Ünal ve Tokman, 2011). Buna bağlı olarak yapı kabuğunu oluşturan yapı elemanlarına ait enerji kayıplarının %40'ı dış duvarlardan, %30'u pencerelerden %17'si kapılardan, %7'si çatıdan ve %6'sı döşemelerden olmaktadır (İnan ve Başaran, 2013). Isısal konfor vücut ile çevre arasındaki ısı değişiminin bir sonucudur. Bu değişim sonucunda sağlanması gereken ısı denge istenen konfor koşullarına ulaşmak için önemlidir. Isı konforu etkileyen faktörlerden bazıları; güneş ışıması, rüzgar, hava sıcaklığı, havanın nemi gibi iklimsel olan özellikler ve bölgenin coğrafi konumudur (Olesen vd., 2004). Mekanın sınırlarını oluşturan elemanların iç yüzey sıcaklıkları bu koşulların sağlanmasında etkili olmaktadır (Örkmez ve Çetiner, 2012).

Binalarda cephe tasarımları, endüstri devriminin öncesinde daha az malzeme ve gelişmemiş bir teknoloji ile gerçekleştirilmekteydi. Endüstri devrimi ile malzeme ve teknolojinin gelişmesi yeni cephe tasarımlarının oluşturulmasını sağlamıştır. Ancak ilerleyen teknolojik çalışmalar konfor şartlarını iyileştirmeyi hedeflerken, diğer taraftan hızlı nüfus artışı, mevcut doğal kaynakların tükenmeye başlaması ve enerji maliyetlerinin artışı gibi sebepler bina tasarım yaklaşımına yeni boyutlar getirmiştir. 1970'lerde yaşanan petrol krizi sonrasında fosil kaynaklı enerji tüketimini azaltmak için konfor koşullarının sağlanmasında daha az enerji tüketen ve çevreye daha az zarar veren enerji kaynaklarının kullanıldığı yapı tasarımları artmıştır (Altın ve Orhon, 2014). Endüstri devrimi ile geniş boyutlu pencerelerin yer aldığı yapıların çoğalmasıyla giydirme cephe sistemleri uygulanmaya başlamıştır. Giydirme cephelerde büyük ölçüde cam malzemenin kullanılmasından dolayı yazın ısı kazançlarının kışın ise ısı kayıplarının artmasıyla gereksiz enerji harcanmakta ve iç mekanlarda ısıtma, soğutma ve havalandırma şartları ile kullanıcı konfor koşulları yeterli seviyede sağlanamamaktadır (Alakavuk, 2010). Hem görsel anlamda kaygı oluşturmeyen hem de enerji kayıplarının minimum olacağı giydirme cephe sistemlerinin yeni tasarımlarının arayışlarına başlanmıştır. Yeni sistemlerden birisi olan çift kabuklu cam cephe

sistemlerinin uygulanması ile güneşten ısı - ışık kazancı sağlanmakta ve havalandırma sorunlarında farklı detaylar üretilmektedir (İnan ve başaran, 2013).

Enerji tüketiminin azaltılmasına yönelik çalışmalar sonucunda geliştirilen, çift kabuklu cephe sistemleri, iki adet cam giydirme cephe paneli ile aralarında yer alan hava boşluğundan meydana gelmektedir (Ioannidis vd., 2017). Kabuklar arasında bulunan boşluk; havalandırmanın, temizliğin, bakım-onarımın yapıldığı ve güneş kontrol elemanlarının yerleştirildiği bir bileşendir. İklimsel değişiklikler, kullanım amacı ve performans ihtiyacına göre boşluk genişliği 20-200 cm arasında değişkenlik gösterebilmektedir. Özellikle bakım onarım ve temizliğin kolay bir şekilde yapılabilmesi için bu genişliğin 60 cm den başlaması daha iyi olmaktadır. Aynı zamanda iklimsel farklılıkların olduğu yerlerde çift kabuk cam cephe elemanlarının yerleşimi, malzeme seçiminin doğru yapılması ve binanın yönü önemlidir. Çift kabuk cepheler, ilk yatırım maliyetleri tek kabuk cephelere oranla yüksek olmakla birlikte binanın enerji tüketimini önemli ölçüde azaltmakta ve klima sistemlerinin kullanımını azaltması nedeniyle daha konforlu mekânlar oluşturmaya yardımcı olmaktadır (Tatlı, 2006). Bu çalışmada, sıcak-nemli iklim bölgesinde bulunan Antalya’da inşa edilmiş ve tek kabuklu giydirme cephe sistemine sahip olan bir ofis binasının enerji yüklerini azaltmaya yönelik öneriler geliştirilmiştir. Çalışma, soğutma yükleri oldukça fazla olan binanın cephesine ikinci bir kabuk eklenerek çift kabuklu sistem oluşturulduğu takdirde enerji harcamalarının azalacağı hipotezi üzerine kurgulanmıştır. DesignBuilder enerji simülasyon programında hazırlanan modellerle binanın ısıl performansının iyileştirilmesi için uygun çözümler araştırılmıştır. Çalışma toplam dört aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada binanın mevcut durumu DesignBuilder simülasyon programı yardımıyla modellenerek yapının ısıtma ve soğutma yükleri hesaplanmıştır. Daha sonra çalışmanın ikinci ve üçüncü aşamasında, yapının 4 cephesine de uygulanmış olan giydirme cephe sisteminin, güneydoğu ve kuzeybatı cephelerine farklı u değerine sahip camlı ikinci cephe katmanı eklenerek koridor tipli çift kabuklu giydirme cephe sistemi oluşturulmuştur. Oluşturulan yeni cephe sisteminin 60 ila 120 cm boşluk genişliklerine sahip 8 farklı modeli hazırlanmıştır. Farklı boşluk genişliği ve farklı u değerine sahip modellerin her birine ait ısıtma ve soğutma yükleri hesaplanmıştır.

Çalışmanın son aşaması olan dördüncü aşamada, ikinci ve üçüncü aşamada elde edilen verilere göre en düşük soğutma yüküne sahip modelin hem güneydoğu hem de kuzeybatı yönlerine dikey gölge elemanları eklenerek ısıtma ve soğutma yükleri hesaplanmıştır. Daha sonra kuzeydoğu, kuzeybatı, güneydoğu ve güneybatı olmak üzere 4 cephesine de dikey güneş kırıcılar eklenerek tekrar ısıl yüklerdeki değişimi incelenmiştir. Böylece çift kabuklu cephe sisteminin mevcut duruma göre ısıl performansı ne kadar etkilediği gözlemlenmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Çift Kabuklu Cephe Kavramı

Cam, uygulama alanı çok geniş bir malzeme olup bina cephelerinde yıllardır kullanılmaktadır. Cephelerde camın cepheye tamamen kaplanmasıyla giydirme cepheler ortaya çıkmıştır. Giydirme cepheler bina taşıyıcısına bağlı olmadan bina dış cephesine monte edilen, yük ileten elemanlardan oluşup yük taşımayan, iç ve dış ortam arasında filtre görevi yapan dış örtü sistemleridir (Alakavuk, 2010). Doğan Hasol giydirme cephe tanımını “Çok katlı bir yapıda, döşemelerin önünden geçerek devam eden, bunlara veya kolonlara asılan, taşıyıcı olmayan çoğu bölümü camlı dış duvar” olarak ifade etmiştir (Hasol, 2010). Cam giydirme cephe sistemleri yüksek binalarda; üretim kolaylığı, cephe estetiği, montaj hızı ve su geçirimsizliği gibi faktörlerin etkisiyle yaygın olarak kullanılmaktadır (Işık, 2014). Gelişen teknoloji ile cepheler iç ve dış ortamı ayıran bir eleman olmaktan ziyade binaya enerji kazanımı sağlanması, cephenin termal şartlarının iyileşmesi, havayı filtre edilebilmesi, doğal havalandırmaya imkân vermesi, ses izolasyonu ve ses geçişlerinin kontrol edilmesi gibi koşulların beklentisi çift kabuklu cephelerin ortaya çıkmasını ve gelişmesini sağlamıştır (Gratia ve Herde, 2007).

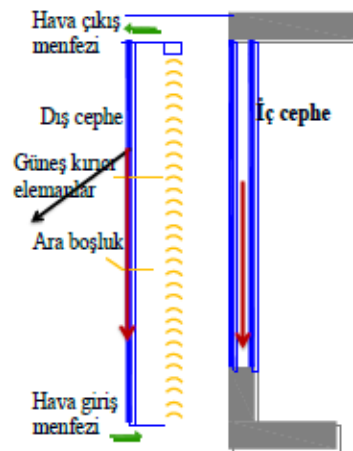
Çift kabuk cepheler, yapının enerji performansına fayda sağlayan ikincil cam örtünün ilave edilmesi ile gün ışığından maksimum seviyede yararlanılan sistemlerdir (Alberto vd., 2017). İki adet cephe sisteminden oluşan ve iki katman arasında hava boşluğu olan çift kabuk cepheler, günümüzde enerji problemi olan yapılarda bir çözüm oluşturmuştur. Aynı zamanda çift kabuklu cephe sistemleri bir kış bahçesi olarak Şekil 2.1’ deki gibi uygulanabilmektedir (Örkmez, 2012).



Şekil 2.1. Sapphire İstanbul, kış bahçesi görünümlü cephe boşluğu (Tabanlıoğlu, 2016)

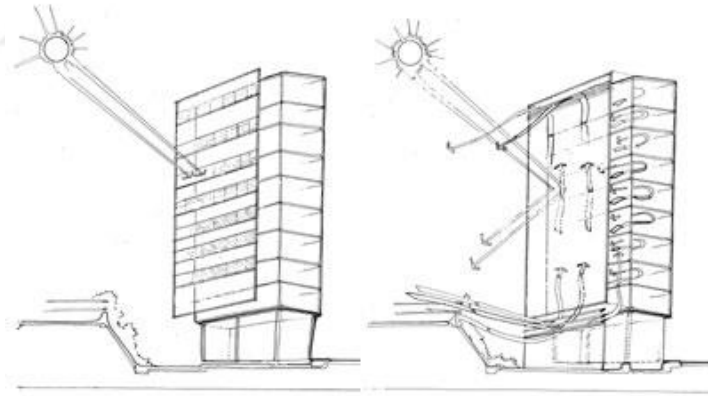
Çift cidarlı cephe sistemleri literatürde farklı isimlerde ifade edilebilmektedir. En sık kullanılan ifadeler “çift kabuklu cepheler”, “çift cam cepheler”, “çift tabakalı cepheler” ve “çift katmanlı cepheler” dir (İnan ve Başaran, 2013). Arons’ un 2001 deki çalışmasında çift kabuk cepheler ikiz kabuk olarak tanımlanmıştır. Bazı önemli araştırmacılara göre çift kabuk cephe tanımları şu şekilde ifade edilmiştir: Harrison ve Boake 2003 yılındaki çalışmasında; “Hava koridoru ile ayrılan bir çift cam kabuktur” olarak belirtmiştir. Compagno 2002 yılında; “Binanın esas cephesi önüne ikinci bir cam kabuk yerleştirilmesi ile oluşan bir düzenlemedir” şeklinde çift kabuklu cephe sistemini ifade etmiştir. Sealens 2002’ de yaptığı çalışmasında; “Çok kabuklu cepheler; havalandırma kanalı olarak kullanılan bir boşluk tarafından ayrılmış iki saydam yüzeyden oluşan kabuk tasarımıdır. Bu tanım; kabuk konstrüksiyonu, sınırlayıcı yüzeylerin şeffaflığı ve boşluktaki hava akımı olarak üç ana elemanı ifade etmektedir” (Poirazis, 2004). Oesterle 2001’ de “Birisi dış birisi iç katman olmak üzere iki kabuktan oluşur. Bu iki kabuk arasında güneş ışınlarının korunumu ve havalandırma kontrolünün sağlandığı boşluk yer almaktadır” şeklinde çift kabuklu cephe sistemini açıklamıştır (Ahmed vd., 2016). Uttu da 2001’ deki tanımında “20 cm’ den birkaç metreye kadar çıkabilen bir boşlukla ayrılan bir çift cam kabuktur” olarak ifade etmiştir (Ünal, 2006). Loncour ise 2004’ te havalandırılmış çift cidarlı cephe sisteminin klasik tek katmanlı cephe sistemine ikinci bir cam cephe yüzeyinin ilavesi ile sağlandığını belirtmiştir (Loncour vd., 2004).

BBRI 2002’ ye göre çift katmanlı cephelerde iki katman arasındaki hava boşluğu doğal, fan destekli veya mekanik yollarla havalandırılmaktadır. Cephe katmanları arasındaki boşluk, 20 cm’ den 200 cm e kadar farklı genişliklerde uygulanmaktadır. Şekil 2.2’ deki gibi havalandırma boşluğuna güneş kırıcılar, cephe tasarımına bağlı olarak cephe önüne ısıtıcı radyatörler yerleştirilebilmektedir (Dickson, 2004).



Şekil 2.2. Çift kabuklu cephe sistemi (Kutluay vd., 2015)

Çift kabuklu cephelerde genellikle ana cam tabaka yalıtılmış olarak uygulanmaktadır. Tabakaların arasında bulunan hava boşluğu tampon bir bölge gibi ısının korunmasını, rüzgârın ve sesin yalıtılmasını sağlamaya yardımcı olmaktadır (Poirazis, 2004). Ancak boşluğun genişliği ve havalandırma sisteminin tipi çevresel şartlara göre değişebilmektedir (Erturan, 2010). Yüksek yapılarda rüzgâr basıncından dolayı pencereler rahat bir şekilde açılmamaktadır. Çift kabuklu sistemlerde dış kabuğun dışarı ile bağlantılı olması sayesinde iç cephedeki pencerelerin açılımı sağlanabilmekte ve kabuklar arasındaki boşluk havalandırılabilir (Ünal, 2006). Güneş kontrol elemanları çoğunlukla iç ve dış kabuk arasındaki havalandırma boşluğunda yer almaktadır. Böylece bu elemanlar kötü hava koşullarından ve hava kirliliğinden daha az zarar görmektedir (Poirazis, 2004). İç ve dış cephe katmanları tek veya çift camlı olarak uygulanabilmektedir. Ancak genellikle ikincil cam tabaka çoğu zaman tek tabakalı güvenlik camı veya lamine camdan meydana gelmektedir. Dış katman da ısıl özellikler için yalıtımlı camın kullanımı da fayda sağlamaktadır (Erturan, 2010). Çift kabuklu cepheler genellikle çok camlı olduğu için dışarıda hava sıcaklığı maximum seviyede olduğunda çok fazla güneş ışını almakta ve bu yüzden yaz mevsiminde aşırı ısınmaya sebep olmaktadır (Şekil 2.3) (Gertis, 1999). Binanın ısıl konfor şartlarını ideal hale getirmek ve soğutmayı minimumda tutmak için bu durumun ön tasarım aşamalarında dikkate alınması gerekir (Manz ve Frank, 2005).



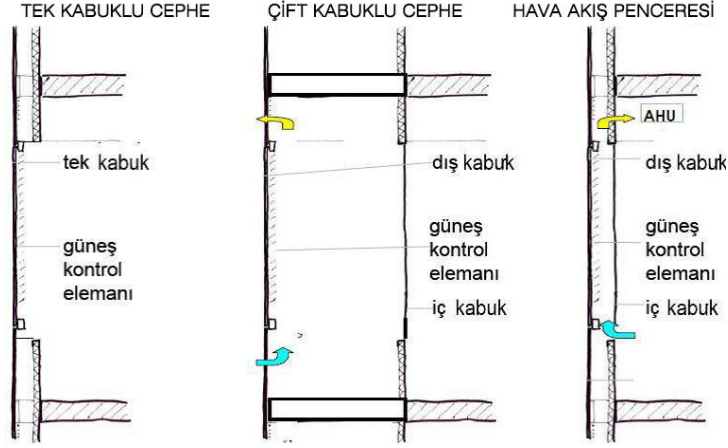
Şekil 2.3. Cephelerin Güneş Işınımı (Singleaspect, 2015)

Çift kabuklu cephe sistemleri soğuk mevsimde ısı kaybı, sıcak mevsimde ise ısı kazancı problemlerinin azaltılmasında etkilidir (Jiru ve Haghighat, 2008). Doğal havalandırmayı yönlendiren güç termal yüzdürme kuvveti ya da rüzgâr basıncıdır. Bu yüzden hava akımının kontrolü hava durumuna bağlı olarak sürekli değildir (Oesterle vd., 2001). Son zamanlarda inşa edilen çift kabuklu cephe sistemleri geometrisi, yapım şekilleri ve gelişen teknik çözümler ile özel estetik taleplere daha uygun seviyeye gelmiştir (Manz ve Frank, 2005). Ofis binalarının uygulamalarında hava şartlarına uygun ve sağlıklı çalışma ortamlarının

meydana gelmesi hem de çevreye daha az zarar veren yapı oluşturulması göz önünde tutulmaktadır. Avrupa’ daki toplam enerji tüketiminin %40’ ını yapı-inşaat uygulamaları oluşturduğu için, fosil yakıt tüketiminin neden olduğu çevresel etkiye karşı mücadelede çift kabuklu cephe sistemleri önemli bir rol almaktadır (Gratia ve Herde, 2004). Çift kabuklu cepheler modern yapı inşasında gittikçe önem kazanmaktadır. Avrupa’ da mimaride rekabet haline gelen çift kabuklu cephelerde detay sorunları hala göze çarpmaktadır (Oesterle vd., 2001). Ayrıca çift katmanlı cepheler maliyetli olmasına rağmen yatırımcılar, enerji ve verimliliği hedef alır ve bu yapılar ilk yatırım maliyetini kısa bir sürede karşılayabilmektedirler. Çift kabuklu cephe sistemli binalar doğal havalandırma sağlamaktadırlar. Fakat rüzgâr hızının yüksek seviyede olması durumunda ve dış mekânın aşırı gürültülü olduğu hallerde doğal havalandırma yapılamamaktadır (Gratia ve Herde, 2004).

Çift kabuklu cephe sistemlerinde dış kabuk; daha çok kalınlaştırılmış (8, 10, 12, 15 mm), lamine, temperli ya da özel güvenlik camlarından oluşmaktadır. Aynı zamanda sistemin durumuna göre berrak cam, düşük yayınlı (Low-e) cam, renkli cam ve güneş kontrol camları kullanılabilmektedir. Havalandırma tipine göre tek veya çift cam uygulanabilmektedir (Poirazis, 2004). İç kabukta kullanılacak cam tipi; berrak cam, düşük yayınlı (Low-e) cam, renkli cam ve güneş kontrol camları gibi türlerden mevcut ortam şartlarına göre tercih edilebilmektedir (Compagno, 2002).

Çift kabuklu cephelerde havalandırma boşluğunun genişliği boşluk içerisindeki güneş kırıcı elemanların ve kabukların bakımı için minimum 60 cm olmalıdır. Çok katmanlı cam kabuklar arası genişlik 20 cm ila 60 cm arasında olduğu zaman sistemin adı “Hava akış penceresi (airflow window)” olarak tanımlanmaktadır (Örkmez,2012) (Şekil 2.4).

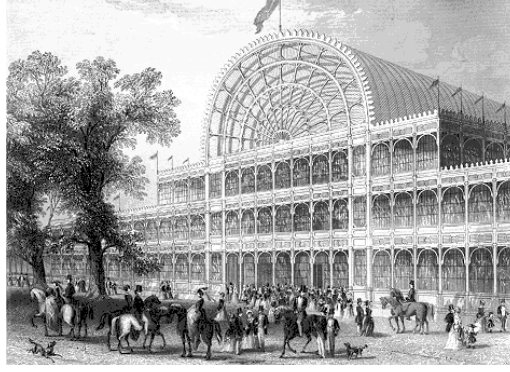


Şekil 2.4. Tek kabuklu cephe, çift kabuklu cephe ve hava akış penceresi (Haase ve Amato, 2006)

Sıcak ve ılıman iklimlerde iç mekânın soğutulması için yılın büyük bölümünde enerji harcanmaktadır. Bu soğutma yüklerini minimum seviyelere indirmek için, termal yükleri oluşturan kaynakları da azaltmak hedeflenmelidir (Arons, 2000). Çift kabuklu cephelerde ışık geçirgenliği ciddi bir mimari sorun olmaktadır. Bunun sebebi dış kabuğun çevreyle yakın temasta olmasıdır. Gelişmekte olan bu cephe teknolojisi ile yapılarda enerji etkinliğinin sağlanması, sürdürülebilirlik ve yeşil bina sertifikasına sahip olması için çalışılmaktadır. Böylece bu tip cephe strüktürü kullanılan yapıların sayıca artışı ve başarısı estetik yapısına ve büyük ölçüde gün ışığına sahip olması gibi durumlara bağlıdır.

2.2. Çift Kabuklu Cephelerin Tarihçesi

1849 yılında Mimar Jean Baptiste Jobard, mevsime bağlı olarak, iki cephe kabuğu arasındaki havanın kontrol edilerek uygun ısıнын yakalanabileceğini ve ısı konforun sağlanabileceğini savunmuştur (Dickson, 2004). Çift kabuk cephe sistemini mekanik olarak havalandırılan çoklu çeper cepheler şeklinde tanımlayan Jobard, kışın sıcak havanın, yazın ise soğuk havanın iki cam cephe arasındaki hareketinin nasıl olacağını açıklamıştır. 1851 yıllarında Joseph Paxton tarafından Londra’da uluslararası sergi için yapılan Crystal Palace yapısı ilk giydirme cephe sistemli tasarlanan ve uygulanan binadır. Şekil 2.5’ te de görüldüğü gibi cam ve çelik sisteme sahip olan Crystal Palace binası giydirme cephe sistemlerinin gelişiminde temel yapı olarak bilinmektedir (Alakavuk, 2010).



Şekil 2.5. Crystal Palace Binası'nın dış görünüşü (Archdaily, 2016)

İlk çift kabuk cephe sistemi 1903 yılında Almanya'nın Giengen şehrindeki Steiff Fabrika binasında uygulanmıştır. Bu binanın yapılmasındaki öncelikli amaç, bölgenin soğuk hava koşullarına ve sert rüzgarlarına karşı dayanıklılık gösterecek ve doğal aydınlatmayı arttıracak bir cephe oluşturmak olmuştur. İnşa edilen binanın ilk katı depo olarak tasarlanmış, ikinci ve üçüncü katları ise ofis olmak üzere üç kattan oluşmaktadır (Ghaffarianhoseini vd., 2016) (Şekil 2.6). 1903 yılında Otto Wagner, Viyana şehrinde Post Office Savings Bank a sunduğu projesiyle yarışmayı kazanmıştır. 1904 ve 1912 yıllarında iki aşamada gerçekleştirilen bu binanın salonuna çift kabuktan oluşan cam ışıklık çatı yapılmıştır (Örkmez, 2012).



Şekil 2.6. Steiff Fabrikası, Almanya, dış görünüş - 1903 (Archinform, 2015)

1920 li yılların sonunda çift kabuk cephe sistemleri gelişmeye başlamış sonrasında tasarımda görsellik ön plana çıkmıştır. Mimar Moisei Ginzburg Narkomfin' in Rusya'da inşa ettiği toplu konut binasının şeffaf şeritlerinde çift kabuk cephe sistemi uygulanmıştır. Yine Le Corbusier Moskova' da Centrosoyus adlı binada bu sistemi kullanmıştır. Bundan sonraki süreçte Cite de Refuge ve Paris' teki Immeuble Clarte binaları da aynı sistemle tasarlanmıştır (Yellamraju, 2004).

1970' li yılların sonlarına kadar çift kabuk cephe sistemlerinde önemli bir gelişme kaydedilmemiştir. 1970' li yıllarda enerji krizinin ortaya çıkmasıyla beraber enerji kullanımı mümkün olduğunca azaltılmaya çalışılmış ve petrol, kömür, doğalgaz gibi fosil içerikli kaynakların yerine güneş, rüzgar, gibi sürdürülebilir enerji kaynaklarının kullanımına ağırlık verilmiştir. Bununla beraber çift kabuk cephe kavramı da önem kazanmaya başlamıştır. Çift kabuklu cephe uygulamalarında fotovoltaiik panellerin cephede kullanımıyla bina için gerekli olan enerjinin bir bölümünü kendi kendine üretirler. Ayrıca bu özelliği bakımından diğer sistemlere göre en başta tercih edilirler (Wigginton ve Harris, 2002).

1978 yılında Cannon Design mimarlık ofisi ve Hox şirketi Newyork' taki Hooker Ofis binasını tasarlamışlardır. İlk defa havalandırmalı çift kabuk cephe sistemi bu binada uygulanmıştır. Bu sistemin temelinde Le Corbusier' in havalandırma tekniği fikri vardı ve o bu fikri 50 yıl önce sunmuştur (Yellamraju, 2004). Seksenli yıllarda, çift kabuk sistemlerinin uygulanma sebepleri arasında çevresel yargılar yer almış ve sistemler buna uygun tasarlanmıştır. Uygulamalar özellikle de Avrupa ülkelerinde artarak devam etmiştir. 1990' larda iklimsel ve çevresel koşullardan kaynaklanan kaygılarla tasarlanılan “yeşil bina” nitelikli çok katlı binalarda çift kabuklu cephe sisteminin uygulanması daha çok artmıştır. Bunun başlıca nedeni ise uygulanan bu sistem sayesinde çok katlı binalarda güçlü rüzgarlı hava şartlarına rağmen pencerelerin açılabilme özelliğinin bulunmasıdır (Tatlı, 2006). Mevsimsel değişen hava koşullarına karşı minimum enerji tüketen, doğal havalandırmalı, kullanıcı tarafından güneş ve ısı kontrolünün yapılabildiği, mekanik sistemlerin az kullanıldığı, istenen ısı düzeyinin kontrol altına alınabildiği yapılara gereksinim duyularak ve bunlara uygun iklimle dengeli tasarımlar uygulanmaya başlanmıştır (Çetiner, 2002). 1997' de Ingenhoven tarafından tasarlanan Rwe AG Headquarters ve Foster ile Partnerleri tarafından tasarlanan Commerzbank bu sistemin kullanıldığı bina örnekleridir. Günümüzde çift kabuk cepheler çerçevesinde enerjinin daha etkin kullanılmasına yönelik çalışmalar artmıştır. Çevresel bilincin artmasıyla doğal kaynakların daha etkili ve tasarruflu kullanımı ve kullanıcılar için daha konforlu mekanların oluşturulması ön plana alınmıştır. Bunun sonucunda sistemin öneminin artmasını sağlamıştır (Civil, 2018).

2.3. Çift Kabuk Cephe Bileşenleri

Çift kabuk cepheyi oluşturan bileşenler aşağıdaki gibi sıralanmaktadır (Şekil 2.7) :

2.3.1. Taşıyıcı elemanlar

2.3.2. Tespit bileşenleri

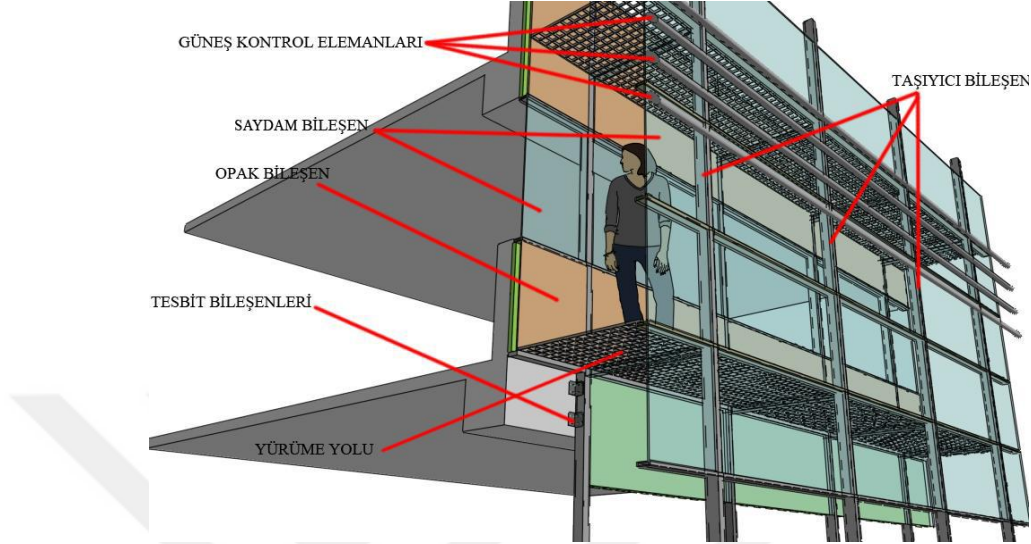
2.3.3. Saydam bileşenler

2.3.4. Opak bileşenler

2.3.5. Havalandırma boşluğu

2.3.6. Güneş kontrol elemanları

2.3.7. Yürüme yolu



Şekil 2.7. Çift kabuk cephe bileşenleri şematik perspektif çizimi (Ölmez, 2013)

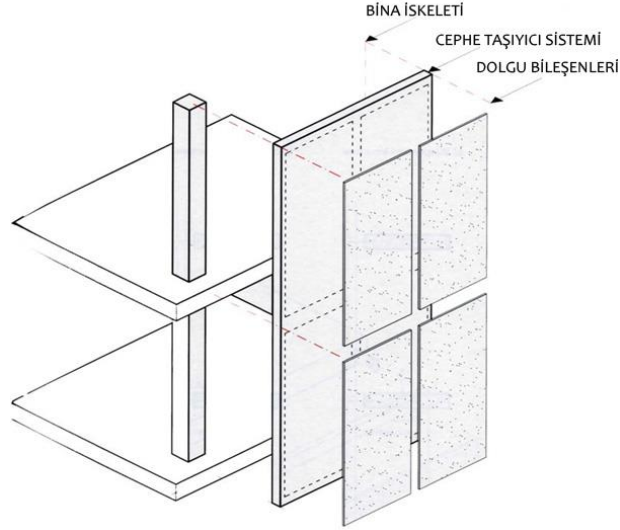
2.3.1. Taşıyıcı elemanlar

Cephelerde 3 temel konstrüksiyon tanımından bahsedilebilir;

Bina iskeleti (birincil strüktür); Kolon, kiriş, taşıyıcı duvar ve döşemelerden oluşmaktadır.

Cephenin taşıyıcı sistemi (ikincil strüktür); Kabuk bileşenlerinin taşınmasını sağlayan bir taşıyıcı sistem oluşturmaktadır. İkincil strüktür üzerindeki yükleri birincil strüktüre aktarır.

Dolgu bileşenleri; Şekil 2.8' de görüldüğü gibi İkincil strüktür üzerine monte edilen cam, metal gibi materyallerden oluşan panellerdir (Erturan, 2010). Aşağıda çift kabuklu cepheyi ana taşıyıcı sisteme taşıtmaya yardımcı olan ikincil (destekleyici) strüktür tipleri ve cephe panellerinin taşıyıcı sistem seçenekleri açıklanmıştır:



Şekil 2.8. Cephe konstrüksiyon elemanlarının şematik gösterimi (Erturan, 2010)

2.3.1.1. Cephe taşıyıcı sistem (ikincil strüktür) tipleri

Bina strüktürü ve tasarımı açısından en önemli faktör ikincil strüktürün binanın ana taşıyıcısı ile ilişkisidir.

İkincil strüktürler aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir;

- a. Konsol Strüktürler
- b. Hybrid Destekli Strüktürler
- c. Asma Strüktürler
- d. Çerçeve Strüktürler

a. Konsol strüktürler

Konsol strüktürlerde; U profil veya dikdörtgen kutu profilden oluşan taşıyıcı kısım ile kat döşemelerine bağlantı sağlanmaktadır. Bağlantılar farklı şekillerde olabilmektedir. Bir yöntemde; döşemenin kalın bölümüne takoz tespitlenir ve takozla da konsol strüktür sabitlenir (Şekil 2.9). Başka bir yöntemde ise; Şekil 2.10' da gösterildiği gibi konsol strüktür içeri doğru uzatılarak döşemenin üzerine blonlanan takozla bağlantı oluşturulur (Ünal, 2006).



Şekil 2.9. Döşeme alnından bağlantı detayı (Uuttu, 2001)

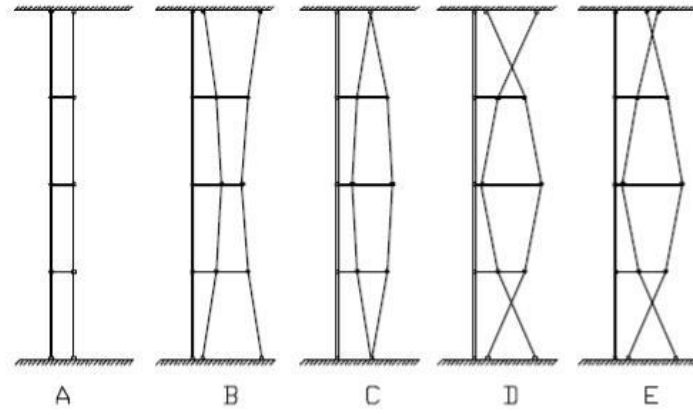


Şekil 2.10. Döşemeye üstten bindirilerek uzatılmış konsol taşıyıcılı strüktür (Uuttu, 2001)

b. Hybrid destekli strüktürler (asma-germe)

Asma germe sistemler olarak da adlandırılan karma destekli strüktür sistemler paslanmaz çelik kablo, çubuklar, cam paneller, paslanmaz tespit vidaları ve contalardan oluşmaktadır. Düşey taşıyıcılar yerine kabloların kullanımı camın ve rüzgârın yükünü taşıtmayı sağlayabilmektedir (Şekil 2.12). Yüksek cephelerde ise rüzgâr yükünü taşıtabilmek ve sehim olmaması için yatay kafes kirişler uygulanmalıdır (Erturan, 2010).

Kablo sisteminde meydana gelebilen termal genişlemeye yönelik ön gerilmeli kabloların kullanılması gerekmektedir (Ünal, 2006). Kabloları ait farklı bağlantı tipleri mevcuttur ve aşağıdaki Şekil 2.11’ de gösterilen bağlantı tiplerinden D tipli olan en yüksek dayanıma sahiptir.



Şekil 2.11. Hybrid destekli cam cephelerin farklı taşıtılma modelleri (Erturan, 2010)



Şekil 2.12. Hybrid Destekli Sistem Bağlantı Örneği (Raf, 2017)

c. Asma strüktürler

Bu sistemde dış kabuk ana taşıyıcı sisteme gergeri çubuklarla asılarak taşınılmaktadır (Şekil 13). Genellikle yatay ve çapraz ayarlanabilen demir çubuklardan oluşur. Yatay düzendeki gergiler yassı demirlerden, çapraz düzendeki demirler ise aşağıdan yukarıya veya yukarıdan aşağıya doğru eğimli olarak kullanılabilir (Ünal, 2006).



Şekil 2.13. Channel 4 Binası, Londra - Asma Strüktür Sistemi (Theguardian, 2016)

Asma strüktürlerin dikkat edilmesi gereken 3 tip deformasyon şekli vardır.

1. Makası güçlendirici bir eleman yoksa ana çerçeve strüktür rüzgar basıncı altında yana doğru deforme olabilir.
2. Çatıdaki kar yükü ve farklı seviyelerdeki hareketli yükler altında üstteki süspansiyon borusu deforme olabilir.
3. Rüzgâr nedeniyle kablo makasları deforme olabilir (Kallioniemi, 1999).

Asma strüktürlü cam cepheli yapılar; camın ölü yükünü taşıması, rüzgâr yüküne karşı dayanımlı olabilmesi ve sıcaklık farklılıklarında ön gerilmeye sahip olması nedeniyle yüksek performansa sahip olmalıdır. Yine asma strüktürlerin montaj aşamasında kesilen cam tabakaların ebatlarının dış tabakadaki cam boyutlarıyla aynı olması gereklidir (Erturan, 2010).

d. Çerçeve strüktürler

Taşıyıcı strüktürün çerçeve şeklinde olduğu bu sistemde yatay profiller hem kaynaklanarak hem de bulonlanarak iç kabuk ile bağlanır. Rüzgâr yüklerine, camın yüküne ve servis bölgesindeki yüklere dayanıklı olacak şekilde çerçeve oluşturulur. Sehim yapmaması için camlar dört taraftan desteklenir. Şekil 2.14’ te de görüldüğü gibi bu strüktürlerde profil kesitleri küçük olduğu için sistem daha hafiftir (Uuttu, 2001).



Şekil 2.14. Çerçeve strüktür (Uuttu, 2001)

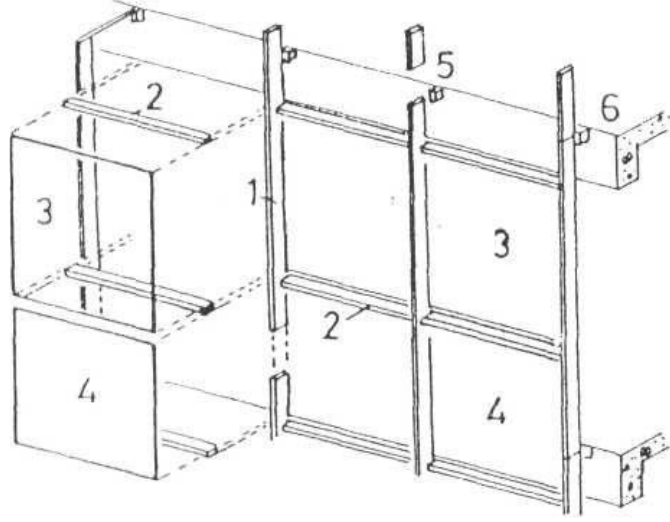
2.3.1.2. Cephe panelinin taşıyıcı sistem seçenekleri

Giydirme cephe sistemlerinin kullanıldığı yapı kabuklarında, cephe panellerinin montajı 3 farklı şekilde sınıflandırılmaktadır,

- a. çubuk sistem,
- b. yarı panel sistem,
- c. panel sistem (Ünal, 2006).

a. Çubuk sistem

Yatay ve düşey çubukların dik yönde yerleştirilerek ızgara sistemi oluşturulmasıyla meydana gelen çubuk sistemde, bina cephesine aks aralarında çubuklar asılır. Bunların arasına yatay kayıtlar monte edilir, cam içten ya da dıştan takılır (Şekil 2.15) (Işık, 2014). Ekonomik bir sistem olmasına rağmen yatay ve düşey hareketlere karşı uyumu zayıftır (Yıldırım, 2011). Kısa sürede uygulama kolaylığı olması, basit bileşenlerinin bulunması, bakım-onarım işlerinin rahat olması sebebiyle avantajlı bir sistemdir. Ancak dış görünümün sıradan oluşu estetik kaygılara sebep olmaktadır. Aynı zamanda çok sayıda kesişim noktası olan profillerin sızıntıya neden olması da karşılaşılan problemlerdendir (Bağmuratov, 2012).



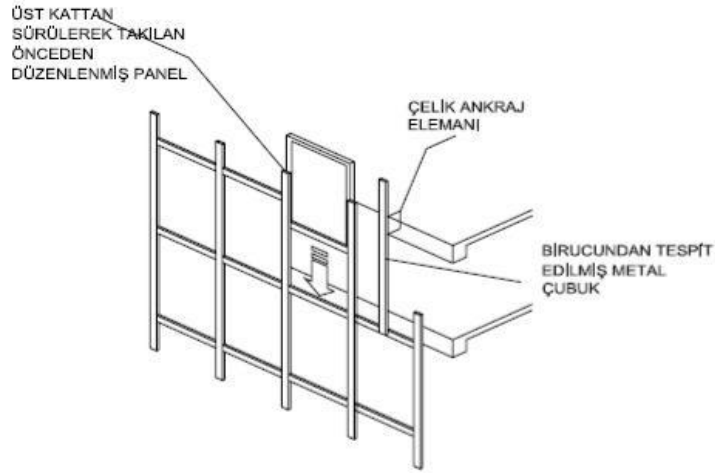
Şekil 2.15. Çubuk sistem giydirme cephe bileşenleri (Işık, 2014)

(1. Dikme 2. Yatay kayıt 3. Cam 4. Parapet elemanı 5. Ankraj elemanı 6. Döşeme kirişi)

Tespiti döşeme veya kirişlerin altına, üstüne ve altına yapılabilen taşıyıcı dikmelerin yüksekliği tek veya iki katlı olmalıdır. Dikmeler alüminyum veya çelik gibi malzemelerden oluşabilmektedir. Yatay yönde bulunan kayıtlar da saydam ve opak levhalar gibi malzemeleri yerleştirebilmek için uygulanmaktadır. Geçmeli olan birleşim detaylarıyla hareket imkanı sağlayan çözümler uygulanmalıdır (Erturan, 2010).

b. Yarı panel sistem

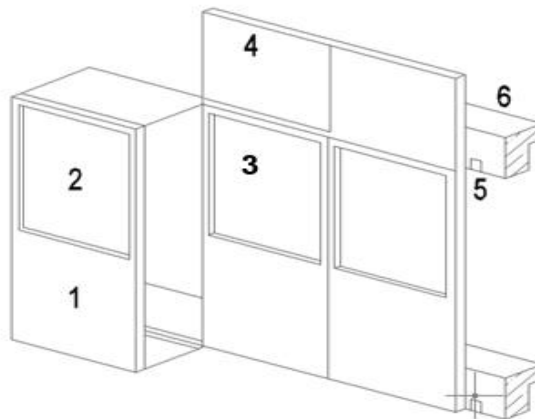
Kat seviyelerinde yatay şeritler halinde hazırlanmış, kat yüksekliğinde panellerden oluşan bir sistemdir. Yatay ve düşey profiller çubuk sistemler gibi yerinde monte edilmektedir. Şekil 2.16' da gösterildiği gibi önceden hazırlanan kat yüksekliğindeki paneller şantiyeye getirilir daha sonra şantiyede camlar ve profillerle bağlantı montajı yapılır. Kat bazında oluşan sistem her katta tekrarlanarak süreklilik oluşturur (Işık, 2014). Şantiyede camlar içten veya dıştan takılmaktadır. Cephede genişmeler oluşabilmektedir ancak bu sorunu her kat kendi içinde absorbe edebilmekte böylece gürültü oluşmamaktadır (Eşsiz, 1997).



Şekil 2.16. Yarı panel sistem montaj işlemi (Ünal, 2006)

c. Panel sistem

Üretimi fabrikada tamamlanarak şantiyeye tek parça olarak teslim edilen modüler boyutlu panellerden oluşmaktadır. Paneller bütün gereken özellikleri oluşturulup tüm cam, dolgu paneller de dahil olarak tamamlanır (Şekil 2.17) (Bağmuratov, 2012). Panellerin kaba inşaat montajı kendilerine ait çerçevelerinden yapılır. Böylece panelin, her üç yönde hareket etmesini sağlayacak tespit yerleri belirlenmelidir (Gür, 2001). Cepheyi oluşturan doğrama elemanları taşınabilir bir iki aks ve bir kat yüksekliğinde camlı paneller halinde hazırlanılarak şantiyeye getirilir. Tam olarak yatay ve düşey bina hareketlerine uygun bir sistemdir. Çok hızlı montaj imkanı sağlaması nedeniyle yüksek katlı ve kısa sürede bitirilmesi gereken inşaatlar için ekonomik bir sistemdir (Yıldırım, 2011).



Şekil 2.17. Panel Sistem Bileşenleri (Ünal, 2006)

(1-2 Camlı ve parapet elemanlı cephe Elemanı 3. Yerine konulmuş eleman 4.Yeni takılacak eleman 5.Ankraj elemanı 6. Döşeme kirişi)

2.3.2. Tespit bileşenleri

Ankraj profilleri, baskı profilleri, kenetler, vida, dübel, cıvata, macun, conta vb. gibi tespit elemanları; taşıyıcı ızgaranın bina taşıyıcısına, saydam ve opak panelin taşıyıcı ızgaraya ve taşıyıcı ızgarayı oluşturan yatay ve düşey çubukların birbirleriyle birleştirilmesi amacıyla kullanılmaktadır (Lakot, 2007). Paslanmaz çelik veya alüminyum alaşım malzemelerden üretilmektedirler. Saydam ve opak panelin taşıyıcıyı ızgaraya tespitinde kullanılan tespit bileşenleri ise, sızdırmazlık sağlanması amacıyla kullanılan macun ve contalardır. Yatay ve düşey çubukların birbirlerine birleştirilmesi için ise alüminyum ya da paslanmaz çelik köşe takozları kullanılır (Tatlı, 2006). Cephenin birincil strüktür elemanlarının her katta döşemeye bağlanması ile giydirme cephenin yapıya tespiti yapılır.

Giydirme cephe sisteminde tespit düzeni ise;

- Çerçevenin kaba yapıya veya yapıya ait taşıyıcı sisteme tespiti,
- Çerçeve bileşenlerinin kendi aralarında bağlantıları için tespiti,
- Saydam ve opak panellerin çerçevelere olan tespitini içermektedir (Ünal, 2006).

2.3.3. Saydam bileşenler

Cam; inorganik esaslı, amorf bünyeli, erime noktası sabit olmayan, çok yüksek sıcaklıklarda akıcı hale gelebilen, soğuduğunda ise katılaştıran ve durgunlaşan, sıvı maddelerin özelliklerini taşıyan, aynı zamanda normal sıcaklıklarda kristalleşmeden hızla katılaşarak katı madde özelliği de taşıyabilen bir silikat malzemedir. Bina cephelerinde büyük boyutlarda saydam yüzeyler bulunmakta ve bu saydam yüzeylerin bulunduğu mekânların ısı konforu veya dış etkenlere karşı ihtiyaçlarına yönelik farklı tiplerde camlar kullanılmaktadır (Ünal, 2006).

Camda ısı performansının sağlanabilmesi için U değeri ve SHGC değerleri önemlidir. Bunlar aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır:

Isı geçirme katsayısı olan U değeri [$W/(m^2K)$] : Isıl performansın sağlanmasında yapı kabuğunu oluşturan elemanların ısı iletim katsayısı olan U değeri (W/m^2K) oldukça önemli bir etkiye sahiptir. Bir yapı elemanı kesitinde meydana gelen ısı akışının miktarı olarak tanımlanan U değeri, enerji performansı dikkate alınan sistemlerde temel tasarım kriterlerinden birisidir (Örkmez, 2012). Camın merkezindeki ısı aktarımını temsil eder ve camın iç ve dış çevre sıcaklıkları arasındaki sıcaklık farkı başına ısı aktarım hızının yoğunluğunu ifade eder. U değerinin artması ısı geçişinin artışına ve ısı yalıtımının sağlanamamasına neden olmaktadır. Bu nedenle, enerji etkinliği sağlayabilmek için yapı

kabuğu elemanlarının U değerlerinin düşük olması gerekmektedir. U değeri, W/m^2K olarak ifade edilmektedir (Yılmaz ve Gökdemir, 2007).

Güneş Isısı Kazanç Katsayısı (SHGC): Tüm pencerenin güneş ışınımına karşı güneş kontrolü açısından performansına yönelik hassas değerlendirmelerde kullanılmaktadır. SHGC değeri; camdan iç mekâna geçen ısı enerjisi ile çerçeve ve cam tarafından soğurulduktan sonra iç mekana verilen ısı enerjisinin toplamıyla elde edilmektedir. Güneş ısı kazanç katsayısı; 0 ile 1 arasında farklılık gösterebilmektedir. SHGC değeri yüksek olduğunda yüksek ısı kazancı, düşük olduğunda ise düşük ısı kazancı anlamına gelmektedir (Süt, 2013). Çift kabuk cephe sistemlerinde hem iç hem de dış kabuğu oluşturan saydam elemanlar tek cam, çift cam veya üçlü cam olarak uygulanmaktadır. Camlar görsel ilişki ve aydınlık düzeyi açısından kullanılacak yüzey alanının belirlenmesinde etkilidir. Aynı zamanda cam türü seçimi yapılacağı zaman ısı kayıp ve kazanç denetimi, enerji korunumu gibi konular da dikkate alınmaktadır (Kalafat, 2011).

BBRI nin ve Baldinelli' nin açıklamasına göre çift kabuklu cephe sisteminde dış katman genellikle tek tabakalı camdan iç katman ise yalıtımlı çift camdan oluşmaktadır. Ancak Poirazis 2004 teki çalışmasında havalandırma tipine bağlı olarak cephelerde tek veya çift cam uygulamasının değişkenlik gösterebildiğini söylemiştir. Aynı zamanda çift kabuk cephe katmanlarında yaygın olarak kullanılan cam tiplerini şöyle açıklamıştır:

İç kabuk: Genellikle çift veya üç tabakalı yalıtımlı cam tiplerinden oluşmaktadır.

Dış kabuk: Genellikle temperlenmiş veya lamine cam olarak tek tabaka halinde uygulanmaktadır.

2.3.3.1. Cam tipleri

Cam tipleri; beyaz, float, buzlu-kumlu-aside daldırılmış, güneş kontrol, güvenlik, ısı yalıtımlı ve fotovoltaiik camlar olmak üzere 7 başlık altında incelenmektedir.

a. Beyaz camlar

Tüm cam tiplerinin üretimi için ana ürün olarak bilinen beyaz camlar renksiz cam hamurunun erimiş kalay üzerinde yüzdürülmesi ile oluşur (Lakot, 2007).

b. Float camlar

Eriyen camın erimiş kalay üzerinde yüzdürülmesiyle üretilmektedir. Böylece camın yüzeyleri paralel ve hatasız olarak imal edilmektedir. Güneş ışınları ve ısı artışlarına karşı cam yüzeylerinde dayanımın artışı için özel yüzey film tabakaları kullanılmaktadır. Hammadde çeşidine göre içerisine demir oksit ilave edilerek float camın rengindeki yeşil oranı azaltılmaktadır. Böylece daha şeffaf cam elde edilir ve çift kabuklu cephelerde estetik açıdan şeffaflık önemli bir yer almaktadır. Ayrıca float camlar kırıldıkları zaman küçük parçalara bölündükleri için çift kabuklu cephelerde genellikle iç kabukta kullanılmaktadır (Tatlı, 2006).

c. Buzlu- kumlu ve aside daldırılmış camlar

Işık geçiren ancak görüntü geçişini engelleyen camlardır. Bu tip camlarda yazları yoğun gelen güneş ısı kontrol edilir ve kışın da iç mekândaki ısı kaybı önlenir. Ayrıca güneş ışığından yeterli bir şekilde faydalanılarak elektrik için harcanan enerji kullanımı minimuma indirilebilir (Kalafat, 2011).

d. Güneş kontrol camları

Güneş kontrol camlarının yüzeylerinde özel katman bulunmakta veya bazı tiplerinde camın tamamen boyanmasıyla ışık kontrolü sağlanmaktadır. Özellikle sıcak iklim koşullarında iç mekâna daha az ışığın ve güneş enerjisinin girmesine neden olmaktadır. Ancak bütün mevsimlerde kaplamanın etkisi aynıdır. Bu yüzden güneş kontrol camları kış mevsiminde güneş enerjisinden kazanımın azalmasına sebep olmaktadır (Bağmuratov, 2012).

Renkli camlar

Metal oksitlerin eritilmiş cam hamuruna eklenmesiyle renklendirilmiş camlar elde edilmektedir. Cam güneşten gelen enerjiyi emer ve camın ısınıp artıran dezavantaj oluşturabilir. Isınan cam sıcaklığın düşük olduğu ortama doğru ısı aktarımını yapar. Mavi, pembe, gri, bronz, yeşil renklerde üretilmektedir (Kalafat, 2011).

Low-e (düşük yayınlı) camlar

Yüzeyinde, cama uzun dalga boyunda radyasyonu yansıtma özelliği sağlayan düşük yayınlı kaplamaya sahip düz cam türüdür. Low-e kaplama ısı levhalarına şekil vermek için

kullanılmaktadır. Cam yüzeyindeki yansıtma özelliğini düşüren kaplamalar için iyi iletken olan metal tabakalar çok idealdir (Ünal, 2006). Low-e camlar mekândan ısı kaçışının %70’lik bölümünü denetleyerek ısı kontrolünde etkili olmaktadır.

İç mekan ısısı low-e camların üzerine yansıdığında bu camlar ısıyı tekrar iç mekana geri yansıtırlar. Böylece kış aylarında iç mekandaki sıcak havanın dış mekana geçişi, yaz aylarında da soğuk havanın iç mekandan dış mekana geçişi azaltılmış olmaktadır (Alakavuk, 2009).

Yansıtıcı (reflektif) camlar

Üretim hattının içinde veya dışında farklı metal veya metal oksitlerle camın yüzeyi kaplanır ve yüksek seviyede yansıtıcılık özelliği kazanır. Bu tip ince metalik kaplamaların en büyük dezavantajları yumuşak yüzeye sahip olmaları ve metal yüzeylerin kimyasal dayanımlarının düşük olmasından dolayı korozyona uğramalarıdır (Lakot, 2007).

e. Güvenlik camları

Cephede kullanılan camların kırılma risklerinin en az seviyede olması ve kırıldığında da küçük, zararsız parçalara ayrılması veya parçaların bir arada kalmasının amaçlandığı türlerdir. Temperli, kısmi temperli ve lamine camlar olarak 3 farklı tipte gruplanmaktadır.

Temperlenmiş camlar

Camın önce ısıtılıp sonra hızla soğutulmasıyla darbe, basınç ve ısıl şoklara karşı dayanımının sağlanması ile temperlenmiş camlar elde edilmektedir. Yatay aks üzerinde camın dış yüzeylerinde basınç gerilimi, ortasında ise bir çekme gerilimi oluşabilmesi için ani ısıtma ve soğutma uygulaması yapılmaktadır. Böylece cam yüzeylerine 10.000 psi basınç ön gerilimi kazandırılmaktadır. Isıl işlem görmeyen cama göre 5 kat daha mukavemetli olan temperli camlar kırıldığı zaman zar büyüklüğünde parçalara ayrılır. Temperleme işleminden sonra kesme, delme, bizote, rodaj gibi işlemlere ihtiyaç duyulursa soğutma uygulamasından önce yapılması gerekmektedir. Aksi takdirde herhangi bir işlemde cam kırılabilmektedir (Kalafat, 2011).

Kısmı temperli camlar

Cam, temperleme işleminde olduğu gibi ısıtılır fakat soğutma işlemi daha yavaş bir şekilde yapılmaktadır. Yüzey gerilimi temperlenmiş cama göre daha az olduğu için basınç, darbe gibi direnç gerektiren etkilere dayanımı daha düşüktür (Toydemir, 1999).

Lamine camlar

İki veya daha fazla cam plakanın elastik iç katmanlarla birbirine bağlanması ile oluşan lamine camlar kırıldığında parçalanıp dağılmaması özelliği ile çift kabuk cephelerin dış kabuğunda kullanılmaktadır. Tabakalı cam olarak da ifade edilen lamine camlar iki cam tabakası arasına bir PVB (polivinilbütural) tabaka konularak, belirli bir sıcaklıkta ve basınç altında yapıştırılarak oluşturulmaktadır (Erturan, 2010).

f. Isı yalıtımlı camlar

Yalıtımlı camlar iki cam plakanın arasına hava hapsedilerek yapılır. İyi bir ısı yalıtımı elde edebilmek için argon, kripton, karbondioksit gibi asal gazlarla; iyi bir ses yalıtımı için ise sülfürheksaflorid gazı ile doldurulmaktadır. Gaz dolgulu camlar kuru hava dolgulu camlara göre daha iyi ses yalıtımı sağlayabilmektedir. Tek tabakalı düz cama göre yalıtımlı camlar yazın yüksek sıcaklık ve aşırı ısınmalara karşı kışın da soğuk hava koşullarından koruma özelliğiyle cam sanayi endüstrisinde yeni bir devrim oluşturmuştur (Borch vd., 2004).

g. Fotovoltaik camlar

Herhangi bir binanın ısıtma, aydınlatma ve bir çok enerji ihtiyacının güneş kaynaklı karşılanabilme kapasitesi fotovoltaik kavramı ile ifade edilmektedir. Fotovoltaik camlar; ışık anlamına gelen “photo” ve voltaj anlamına gelen “voltaic” kelimelerinin birleşiminden oluşmaktadır. Güneş pillerinin cephede yerleşimi ve yapının ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisinin sağlanması fotovoltaik camlarla karşılanmaktadır. Güneş enerjisi tükenmeyen bir kaynak olarak yapılarda genellikle kolektörlerden sağlansa da güneş pillerinin uygulama alanları yaygınlaşmıştır (Kalafat, 2011). Yaklaşık olarak güneş enerjisinin %15 ini elektrik enerjisine dönüştürebilme özelliğine sahip olan fotovoltaik panellerin direk kabuk sistemini oluşturması binalarda elektrik üreten cephe tasarımı açısından olumlu bir özellik teşkil etmektedir (Tatlı, 2006).

2.3.4. Opak bileşenler

Cephe sistemlerinde parapet kuşağı ve sağır bölümler binanın taşıyıcı sistemini gizlemek amacıyla kullanılan opak panellerden oluşmaktadır. Bu paneller metal sandviç panel, suni ya da doğal taş, paslanmaz çelik gibi birden fazla katmanlı sistemlerden oluşabilmektedir. Sistemin yalıtımını sağlayan taşıyıcı, camyünü ve polistren sert köpük gibi malzemeler de yine opak bölümlerin katmanlarını oluşturmaktadır. Opak bileşenlerin sistemi genellikle; iç katmanda bir galvanizli levha, dış katmanda tek cam tabaka ve ortasında da ısı yalıtım malzemesinden oluşur (Ünal, 2006).

2.3.5. Havalandırma boşluğu

Çift kabuklu cephelerde katmanlar arasında bulunan havalandırma boşluğu cephe sisteminin temizlik, bakım-onarım, güneş kontrol elemanlarının yerleşimi ve bu güneş kontrol elemanlarının dış etkilere karşı korunmasını sağlayan bir bileşendir. Çift kabuklu cephelerde boşluk içerisindeki güneş kırıcı elemanların ve kabukların bakımı için boşluk genişliği minimum 60 cm olmalıdır (Örkmez, 2012). İklimsel değişiklikler, kullanım amacı ve performans ihtiyacına göre boşluk genişliği 20-200 cm arasında değişkenlik gösterebilmektedir. Boşluktaki hava kalitesi de boşluk derinliği, cam tipi, güneş kontrol elemanlarının çeşidi ve konumu, iç ve dış menfezlerin yerleşimleri ve boyutları, havalandırma sistemine göre değişmektedir. Genellikle 50cm ve 200cm arası boşluk genişliğine sahip olan cepheler yürüme, bakım onarım, temizlik imkanı sağlayabilmektedir. Ayrıca 200cm den daha büyük olan boşluk genişlikleri de galeri boşluğu oluşturabilmektedir (Şekil 2.18).



a) 5-20cm
UCB Building-Brussels



b) 50-200cm
Brussimo-Brussels



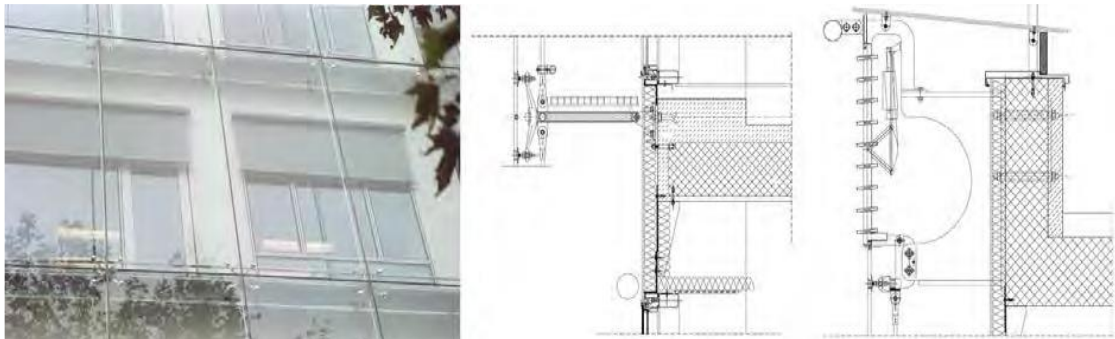
c) 200 cm ve üzeri
Commerzbank Frankfurt

Şekil 2.18. Farklı boşluk genişliği örnekleri (Loncour, 2004)

Havalandırma boşluğunun dış ve iç kabuk yüzeyinde menfezler yer almaktadır. Bu menfezler pasif sistemlerle veya aktif sistemlerde açılıp kapatılabilmektedir. Poirazis' e göre havalandırma boşluğunun iç ve dış katmanlarında bulunan menfezlerin tipleri, boyutları ve konumları 3 farklı şekildedir.

- Yüksek katlı yapılarda dış kabukta yer alan menfezlerin tipi, boşluğun hava akımını ve akış hızını etkilemektedir. İç kabukta bulunan menfezler de iç mekân havalandırmasını ve kullanıcılarının termal konfor şartlarını etkilemektedir.
- Menfezlerin boyutları; havalandırma boşluğunda etki eden hava akımı ve akış hızından dolayı sıcaklık derecesini değiştirmektedir.
- İç ve dış kabuktaki menfezlerin konumu havanın boşluk içerisindeki giriş çıkış noktalarını ve yine buna bağlı olarak gelişen akım yönünü etkilemektedir (Poirazis, 2004).

Enerji etkinliği sağlamak için binaların cepheleri tasarım aşamasında çift kabuklu yapılabilir. Ayrıca, inşa edilmiş tek kabuklu bir binanın ısı performansını arttırmak amacıyla cepheye ikinci bir katman eklenerek çift kabuklu sistem oluşturulabilir. Brunoro ve Rinaldi, (2011)'e göre 1950' de Milano da inşa edilen Torno International Headquarter binasında yazın soğutma, kışın ise ısıtma yüklerinin fazla olmasından dolayı cephede iyileştirme yapılmasına karar verilmiş ve çift kabuklu cephe uygulaması yapılmıştır (Şekil 2.19). Bina mevcut halinde tek tabakalı cam ve yalıtımsız parapet duvardan oluşurken, cephe önüne tamamı cam yüzeyli low-E çift camdan bina yüksekliğinde çift kabuklu cephe sistemi yapılmıştır. İki kabuk arasında 55 cm boşluk bırakılarak ve güneş kırıcı konumlandırılarak uygulama yapılmıştır. Yenileme öncesinde yıllık 250KWh/m² enerji harcayan binada yenileme sonrasında %30-%40 oranda enerji kazancı sağlanmıştır (Brunoro ve Rinaldi, 2011).



Şekil 2.19. Torno International Headquarter Binası Cephe Çalışması - (Brunoro ve Rinaldi, 2011)

Çift kabuklu cephelerde bulunan havalandırma boşlukları hava geçirmez ve havalandırılmalı olarak iki grupta incelenmektedir. Faist (1999) bu iki tip havalandırma boşluğuna sahip çift kabuklu cephenin karşılaştırmasını şu şekilde yapmıştır:

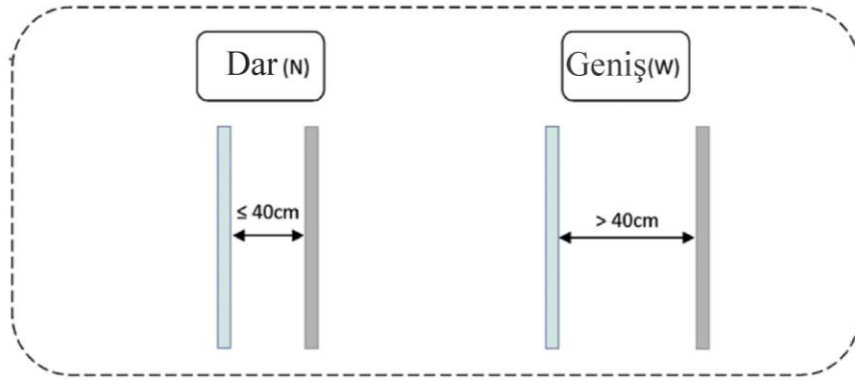
Hava geçirmez cephelerde:

- Cephenin derinliği boşluk içerisindeki sıcaklığı etkilememektedir.
- Pencerelerin genellikle kapalı olduğu görülmektedir ve açıldığında iyi havalandırma yapılamamaktadır.
- Ses yalıtımı konvansiyonel duvara göre çok düşüktür.
- Havalandırma boşluk kanalı en alt kotta açıktır ancak en üst kotta bir vana ile kapanabilme özelliğine sahiptir.
- Havalandırma kanalında karşılaşılan ısı artışından dolayı fazla yüksek yapılamamaktadır.

Havalandırılmalı cephelerde ise:

- Cephenin derinliği sıcaklığı etkileyeceği için doğru hesaplanmalıdır.
- Odaların havalandırılması sağlanmaktadır.
- Dış katmanda çift cam kullanıldığı zaman ses yalıtımı daha iyi sağlanabilmektedir.
- Havalandırma kanalının en alt kotta ve en üst kotta kapalı olduğu görülmektedir.
- Havalandırma kanalında ısı artışı sebebinden dolayı cephenin yüksekliği sınırlıdır ancak hava geçirimsiz cepheye göre birkaç kat daha fazla yapılabilmektedir (Poirazis, 2004).

Pomponi ve diğerlerinin 2016 yılındaki araştırmalarında birçok yapıda boşluk genişliği incelenmiş ve farklı genişliklerdeki boşluk genişliklerinin gruplandırması yapılmıştır. Aşağıdaki Şekil 2.20' de şeması gösterildiği gibi; katmanlar arasında bulunan havalandırma boşluğunun 40 cm ve daha küçük genişliklerde olması durumunda dar havalandırma boşluğu, 40 cm den daha büyük olduğu genişliklerde ise geniş havalandırma boşluğu olarak tanımlanmıştır (Pomponi vd., 2016).



Şekil 2.20. Havalandırma boşluğu farklı genişlikleri (Pomponi vd., 2016)

2.3.6. Güneş kontrol elemanları

Bina dış katmanından iç mekâna girme ihtimali olan ışınların istenmeyen bölümünü yansıtmada kullanılan elemanlara güneş kontrol elemanları denilmektedir. Güneş kontrol elemanları güneş ışınımından kaynaklanan ısı artışını azaltabilmek için uygun yere konumlandırılmalıdır (Li vd., 2017). Enerji etkin yapı tasarımında büyük ölçüde kullanılan panjur, jaluzi, vb. gibi güneş kontrol elemanlarının tipi, konumu ve biçimleri; hava boşluğunun ısı şartlarını, boşluk içerisindeki hava akımını ve görsel konforu büyük ölçüde etkilemektedir (Lakot, 2007).

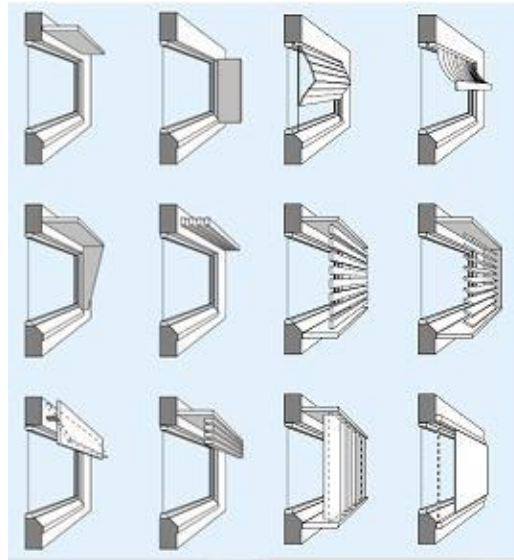
Güneş kontrol elemanlarının sistemi seçilirken binaya ait özellikler ve binanın konumlandığı yerleşke, yönlenme, bina tipi ve binanın kullanım amacı, iklimsel özellikler ve iç mekâna giren sokak aydınlatmaları gibi diğer ışık kaynakları dikkate alınmalıdır (Cirit, 2012). Güneş kırıcılar genellikle alüminyum ya da ahşap malzemeden oluşan sabit ya da elle ayarlanabilen veya otomasyon sistemiyle kontrol edilmek üzere hareketli olabilen bileşenlerdir (Lakot, 2007). Ayarlanabilir güneş kontrol elemanlarında süreklilik önemli bir kriterdir. Bu sistem, iç mekân güneş kontrol elemanına ve sabit güneş kontrol elemanına göre daha çok bakım ve tamir gerektirmektedir.

Genellikle binanın dış cephesine uygulanan sabit güneş kontrol elemanları pek çok mimari tasarım olanağına imkân sunmaktadır. Tipik olarak; yatay saçaklar, düşey elemanlar, ya da kare kafes sistem modeller olarak görülmektedirler. Sabit dış gölge elemanları, doğu ve batı cephelerinde uygulandığında iyi sonuçlar vermektedir. Sıcak ve ılımlı iklimlerde, soğutma yüklerinin yüksek olduğu bölgelerde, saçakların jaluzi şeklinde olması sayesinde bina cephesinde hava kolay hareket ederek, serinletici etki bırakabilmektedir (Cirit, 2012).

Güneş kontrol elemanları çift kabuk cephe sistemlerinde konumlarına göre üç bölümde incelenmektedir:

- a. Cephe sisteminin dışında yer alan
- b. Cephe boşluğunun içerisinde yer alan
- c. İç cephenin iç yüzeyinde yer alan (Cirit, 2012)

a. Cephe sisteminin dışında yer alan: Güneş ışınlarından kaynaklanan istenmeyen ısı kazancının cama ulaşmadan bina dışında kontrol edilebilmesi sayesinde ısıl performansta daha etkili uygulamalardır. İçeride yer alan mekanizmalara göre daha pahalıdırlar ve dış mekândaki koşullara maruz kaldıkları için sık bakım gerektirirler (Ölmez, 2013). Pencere dışarıdan tamamıyla gölgelendiğinde ısı kazancı %80'lere kadar azalabilmektedir (ASHRAE, 1997). Dış güneş kırıcıları sabit veya hareketli olarak iki farklı türde uygulanabilmektedir. Yatay saçaklar, düşey elemanlar, panjurlar, kepenkler ve kafes tipi elemanlar sabit güneş kırıcılarıdır. Şekil 2.21' te de gösterilen dış dikey güneş kırıcıları doğu ve batı cephelerine yerleştirildiğinde daha fazla etkinlik sağlayabilmektedir (Süt, 2013). Güney cephesinde doğru konumlandırılan yatay güneş kırıcıları, yaz mevsiminde mekânı istenmeyen ısı kazançlarından korurken, kışın ise güneşten pasif olarak yararlanmaya imkân vermektedir (Şahinoğlu, 2012).

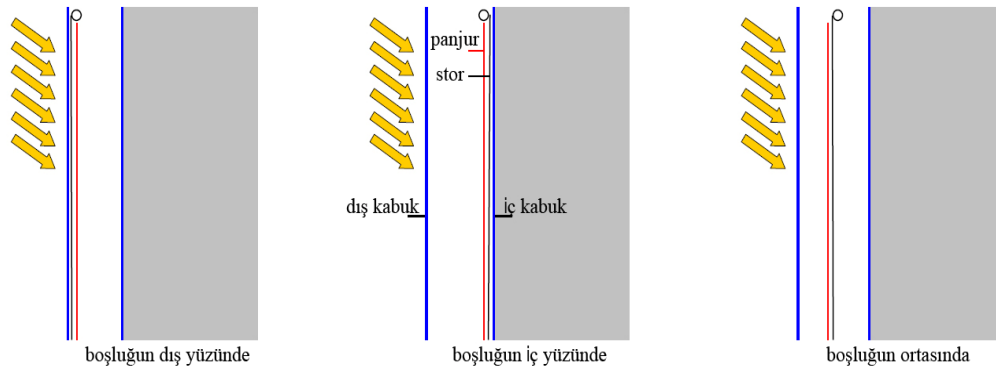


Şekil 2.21. Dış güneş kontrol elemanı tipleri (Stack, 2010)

Güneş kontrol elemanları öngörülere göre uygun tasarlanmamış ve uygulanmamış oldukları zaman zor, pahalı ve tehlikeli olabilmektedir. Dış elemanlar, direkt, yaygın ve yansıyan ışınları kontrol etmede iyi bir çözümdür. Aynı zamanda, gün ışığı derecelendirmesini de ısıl

kazançları da kademelendirebilmektedir. Sistem, cepheden ve açıklıktan doğrudan havalandırmayı sağlayabilmektedir. Hareketli elemanlar da kapatılmış konumdayken, kapalı hava koşullarında aydınlatmayı engelleyecek bir problem oluşturmazlar. Güç destekli dış güneş kontrol elemanlarının, enerji kesintisi halinde kullanıcı ile denetimi yapılabilir (Baker,1995).

b. Cephe boşluğunun içerisinde yer alan; Güneş ışıını sonucunda mekan içerisinde kalmasından dolayı ısınması artan bu elemanların performansları dışarıda olanlara göre daha düşüktür. Ancak dış etkilere maruz kalmaması daha az bakım gerektirmesi yönüyle uzun ömürlü olmasını sağlamaktadır (Ölmez, 2013). Güneş kontrol elemanları çift kabuklu cephelerde havalandırma boşluğunun içerisinde farklı şekilde yerleştirilebilmektedir. Şekil 2.22’ teki gibi boşlukta dış yüzeye yakın, boşluğun ortasında ve iç yüzeye yakın olarak üç farklı konumda bulunabilmektedir (Gratia ve Herde, 2007).



Şekil 2.22. Çift kabuk ara boşluğundaki güneş kontrol elemanlarının konumları (Ünal, 2006)

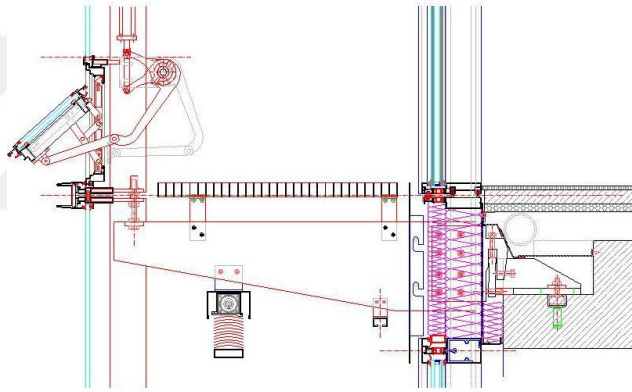
Güneş kontrol elemanlarının iç kabuğa yakın yerleştirilmesi halinde; boşluk içerisinde aşırı ısınma problemi ortaya çıkmaktadır. Bu sebeple Lund Institute of Technology’nin yaptığı deneyler sonucu güneş kontrol elemanlarının dış kabuk ile arasında en az 15 cm mesafe olacak şekilde yerleştirilmesinin daha iyi sonuçlar vereceği açıklanmıştır (Tatlı, 2006).

c. İç cephenin iç yüzeyinde yer alan: İçerideki güneş kontrol modüllerinin ayarlanabilir ve katlanabilir olarak uygulanması tercih edilmektedir. Genellikle, stor perdeler, perdeler, ve jalousiler şeklinde görülmektedir. Uygulanması kolay ve bakımları rahat olan bu elemanlar aynı zamanda gece dış mekân ile iletişimin kesilmesini de sağlayabilirler. Kamaşmaya sebep olan yaygın ve yansıyan ışığın denetiminde de yardımcı olurlar. Aşırı ısınmanın meydana geldiği güneşlenme gün sayısının fazla olduğu yerlerde çeşitli önlemler almak gerekmektedir. İç güneş kontrol elemanları tek başına etkili bir çözüm oluşturmamaktadır.

Doğru ve uygun tasarımıyla uygulandıkları takdirde jaluziler, gün ışığını yaygın ışık olarak iç mekana taşıyabilirler. İç güneş kontrol elemanları, aydınlatma açısından kamaşmanın önlenmesine olanak vermekle birlikte güneş ısınımı iç mekâna ulaşmaktadır. Enerjilerini soğrulma yolu ile ortama bırakıp ısı açığa çıkaran güneş kırıcılarından dolayı yapıda mekanik soğutma ya da havalandırma sistemlerine de ihtiyaç duyulmaktadır (Cirit, 2012).

2.3.7. Yürüme yolu

Çift kabuk cephelerin ara boşluğunda iç ve dış cephe katmanını birleştiren bir bileşendir (Şekil 2.23). Genellikle galvanize çelik veya ahşap panel malzemelerden oluşmaktadır. Bu bileşenler taşıyıcı bileşenlerin üzerine veya kat döşemelerine monte edilebilmektedirler. Cephe arası temizlik, bakım-onarım ve güneş kontrol elemanlarının ara boşlukta yerleşimi için alan sağlamaktadır. Ara boşluğun genişliği yürüme yolunun genişliğine bağlı olarak artmakta ve azalmaktadır (Ölmez, 2013).



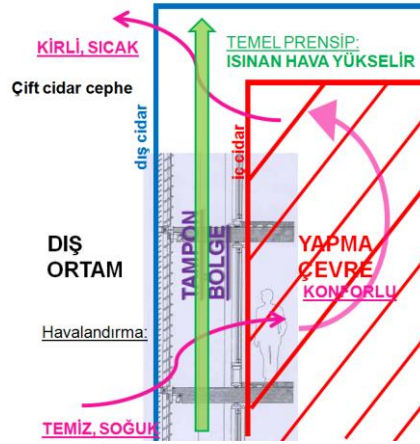
Şekil 2.23. Yürüme Yolu Kesiti (Tatlı, 2006)

2.4. Çift Kabuklu Cephelerin Sınıflandırılması

2.4.1. Hava sirkülasyonuna göre çift kabuk cephe sistemleri

İç ve dış kabuklarda mevcut olan açıklıkların yerleşimine göre hava akımı farklı şekillerde katmanlar arasında geçiş gösterebilmektedir. Mevsime, iklime ve dış mekân koşullarına göre bu akım farklılıkları birbirlerine dönüştürülebilen sistemlerdir (Haase ve Amato, 2006). Şekil 2.24’ da gösterildiği gibi cephe sisteminin alt kotlarında temiz ve soğuk hava, üst kotlarında kirli ve ısınmış hava bulunur. 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 bulunduğundan, hava akımının düzenlendiği sistemler tam anlamıyla mekanik sistemler olarak adlandırılmaz (Waldner vd., 2007).

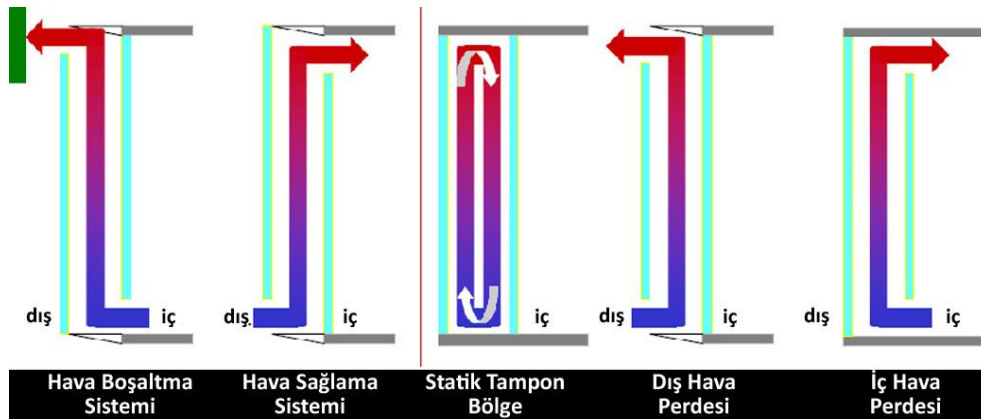


Şekil 2.24. Çift kabuk cephe sistemlerinde havalandırma (Örkmez, 2012)

Hava sirkülasyonunun katmanlar arasındaki geçiş türleri;

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

Olarak 5 farklı tipte incelenmektedir (Şekil 2.25) (Waldner vd., 2007).



Şekil 2. 25 Hava sirkülasyonuna göre çift kabuklu cephe sistemleri (Haase ve Amato, 2006)

a. Hava boşaltma sistemi

Hava mekân içerisinde alt kotta gelir ve üst kottan dış mekana doğru atılır. Havanın binadan uzaklaştırılması ile hem cephe hem de bina havalandırılmış olur.

b. Hava sağlama sistemi

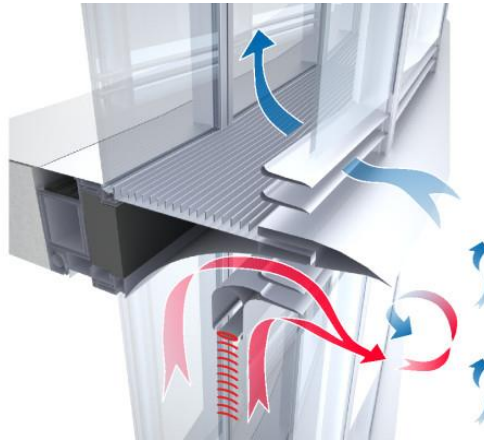
Mevcut havalandırma açıklıkları; dış kabukta alt kotta konumlanmış olup iç kabukta üst kotta bulunmaktadır böylece tampon bölge havası iç ve dış ortam havası ile ilişkilidir.

c. Statik tampon bölge

Çift cephenin her iki katmanı da hava geçirmeyecek şekilde açıklık olmadan uygulanır. Bu durumda boşluk içerisindeki hava iç ortamda havalandırmada kullanılamaz ve mekanik havalandırmayı zorunlu kılar. Genellikle soğuk iklimlerde mekanik havalandırılmalı yapılarda veya ılıman iklimlerde karma havalandırma sistemli binalarda ısıtma mevsiminde kullanılır. Böylece boşluk tampon bir bölge gibi ısı kayıplarını azaltmada rol oynar (Haase ve Amato, 2006).

d. Dış hava perdesi sistemi

Hava sirkülasyonu dış kabukta alt kottan havanın girişi ve üst kottan da çıkışı ile sağlanmaktadır. Bina ile dış ortam arasında açıklık bulunmamaktadır. Bu da yazın soğutma yüklerini azaltmada etkili olmaktadır (Şekil 2.26). Bu tip sistem doğal havalandırma ve karma havalandırma sistemli çift kabuk sistemlerde uygulanabilmektedir (Örkmez, 2012).



Şekil 2.26. Büroturn 1 Bligh in Sydney/AUS nokta detayı (Baunetzwissen, 2015)

e. İç hava perdesi sistemi

Dış kabuk dış ortama kapalı ve herhangi bir açıklık bulundurmamaktadır. İç kabukta ise alt kottan hava çıkışı ve üst kottan hava girişi yapılarak havanın tampon bölgede sirküle edildikten sonra ısıtılarak tekrar içeri girişi sağlanmaktadır. Böylece ısı kayıpları azalarak ısıtma mevsiminde mekanik sistemlere harcanan enerji azaltılmış olur (Haase ve Amato, 2006).

2.4.2. Havalandırma şekline göre çift kabuk cepheler

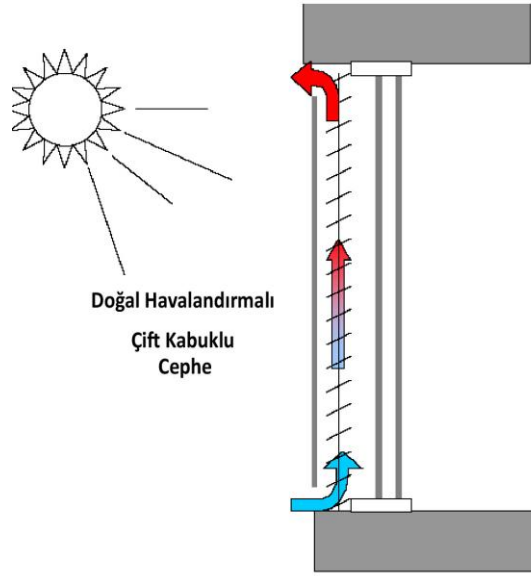
Çift kabuklu cephe sistemli yapılarda kabuklar arasında yer alan boşluk genişliği bakım-onarım, temizlik ve doğal havalandırmaya olanak sağlayabilmektedir. Kabuklar arasında yer alan boşluk genişliği sistemin belirlenmesi ve bu sistemin oluşturacağı performansa, iklimsel koşullara ve kullanım amacına göre değişkenlik gösterebilir. Boşluk derinliği güneş kontrol elemanlarının konumu ve şekli, kullanılan camın cinsi, boşluktaki iç ve dış açıklıkların boyutu, konumu ve havalandırma sisteminin seçimi boşluktaki havanın kalitesini etkilemektedir (Erturan, 2010).

Havalandırma şekline göre çift kabuk cepheler 3 grupta incelenmektedir;

- a. Doğal havalandırmalı (pasif) cepheler
- b. Mekanik havalandırmalı (aktif) cepheler
- c. Doğal ve mekanik havalandırmalı (hybrid) cepheler (Loncour vd., 2004).

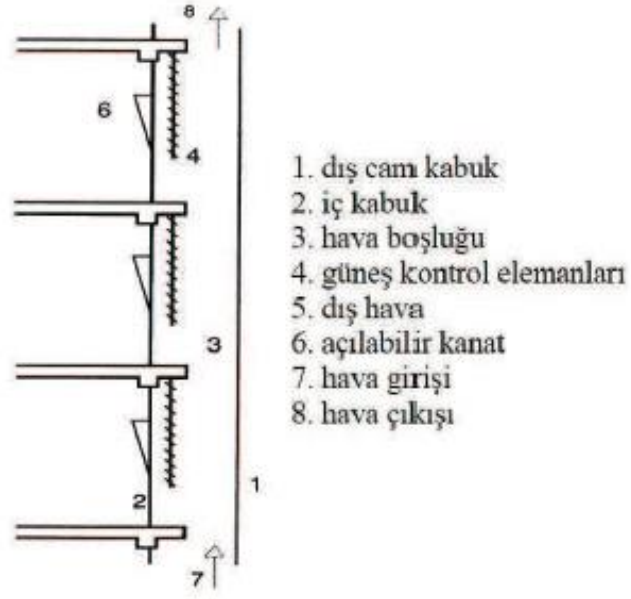
a. Doğal Havalandırmalı Cepheler

Dışarıdaki havanın yapıya açıklıklardan girmesiyle cephede oluşan infiltrasyon ve eksfiltrasyon hareketleri doğal havalandırmayı ifade etmektedir (Erturan, 2010). NBN EN 12792 Binalar İçin Havalandırmayı kapsayan Avrupa Standartlarına göre doğal havalandırmanın tanımı kuvvetli hava akımı olmadan meydana gelen basınç farklılıkları olarak ifade edilmiştir. Doğal havalandırmalı cepheler aynı zamanda pasif cepheler olarak anılmaktadır (Loncour vd., 2004). Şekil 2.27’ de gösterildiği gibi doğal havalandırılan cephelerde boşluk içine alınan hava rüzgâr basıncı ve baca etkisi ile dışarı atılmaktadır. Cephe uygun şekilde tasarlanmazsa rüzgâr basıncından dolayı iç ve dış hava hareketlerine etki eden basınç farklılıkları oluşabilmektedir (Lakot, 2007).



Şekil 2.27. Çift kabuklu cephelerde doğal havalandırma prensibi (Bayram, 2003)

Baca etkisiyle sağlanan havalandırmada; dış ortamdaki serin hava boşluktaki en alt açıklıktan içeriye alınır ve ısıtılır. Sıcak hava soğuk havadan daha hafiftir dolayısıyla termal olarak rahatsızlık vermeden yükselerek dışarıya atılır (Şekil 2.28). Böylece sistem döngüsü sağlanmış olur (Lakot, 2007). Isıtma ve soğutma dönemlerinde boşluktaki havanın tampon bölge oluşturması ve kontrollü havalandırma sayesinde daha az enerji harcanmaktadır. Ancak değişken hava koşullarına bağlı olarak doğal havalandırma tümüyle kontrol edilemez. Bu nedenle bu tür cephelerde hem elle açılan pencereler hem de mekanik şekilde açılan pencereler birlikte kullanılabilir (Şekil 2.29) (Erturan, 2010).



Şekil 2.28. Doğal havalandırma sistemi çalışma prensibi (Kalafat, 2011)



Şekil 2.29 Doğal havalandırmalı cephelerde kullanılan mekanik pencere örneği (Loncour vd., 2004)

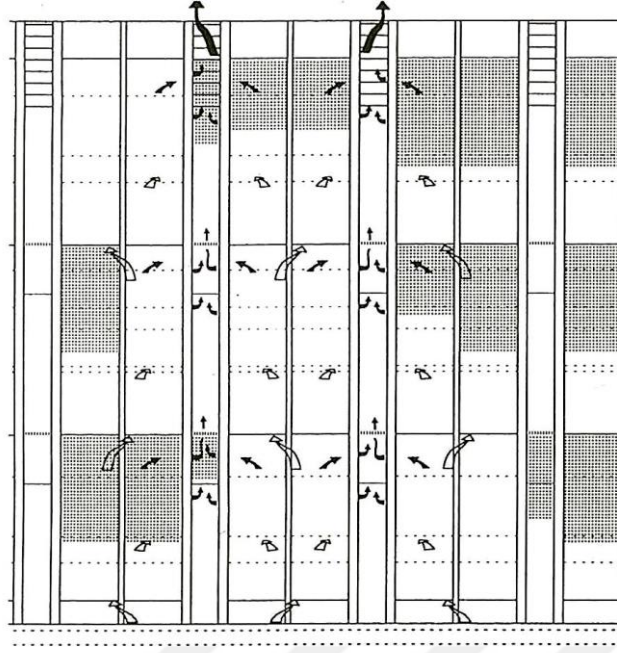
Doğal havalandırmanın uygulama şekillerinden en önemlisi gece havalandırmasıdır. Bu yöntemde sabah saatlerinde menfezler veya pencereler otomatik açılarak yapıya soğuk hava depolanmaktadır. Depolanan soğuk hava yapıdaki ısı kazançlarının bir kısmını karşılar ve böylece enerji tasarrufu sağlanmış olur (Eşsiz ve Özgen, 2004).



Şekil 2.30. Fotonik Merkezi Binası, Şaft Tipli Çift Kabuk Cephe Sistemi (Mimoa, 2016)

Yukarıdaki Şekil 2.30’ de Berlin-Aldershof’da 1995-98 yıllarında Sauerbruch Hutton Architects tarafından yapılan Fotonik Merkezi Binasında doğal havalandırmalı çift kabuk cephenin bir örneği yer almaktadır.

Araştırma merkezi kavisli bir koridor ile ayrılmış amip şeklinde 3 ve tek katlı iki binadan oluşmaktadır. Üç katlı olan binanın cephesi şaft tipi çift kabuk cephedir. Yapının taşıyıcı sistemi, egzoz hava çıkışı için 0.75 m genişliğinde şaft oluşturan, prefabrike çift kolonlu renkli beton olarak tasarlanmıştır. Şaftların sol ve sağında, kat yüksekliğinde ve 1.5 m genişliğinde, şaftla havalandırma açıklıkları aracılığıyla bağlantısı bulunan cephe boşluğu düzenlenmiştir (Şekil 2.31). Dış cephe, vasistaslı ve kayıtlı yapıda tek tabakalı düz camdan; iç cephe ise kat yüksekliğinde, low-e kaplanmış yalıtım camlı düşey sürme pencerelerin bulunduğu çerçeve ünitelerinden oluşmaktadır. Dış cephenin hemen arkasında 0.70 genişliğindeki cephe boşluğunda renkli alüminyum jalûziler bulunmaktadır (Compagno, 2002).



Şekil 2.31. Fotonik Merkezi Binası Cephe Sistem Şeması (Compagno, 2002)

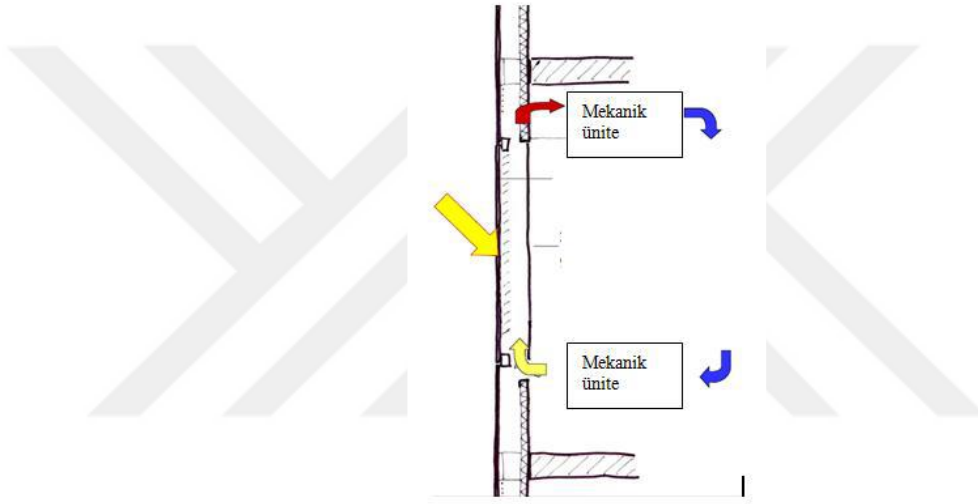
Dışarıdaki hava, kat yüksekliğindeki cephe boşluğuna havalandırma açıklıklarından alınmaktadır. İç mekan havalandırılması için elle açılabilen düşey sürme pencereler bulunmaktadır. Isınan kullanılmış hava, yükselerek çatı seviyesindeki cam jalüzilerden dışarı atılır ve havalandırma konseptiyle binanın geceleri soğutulmasını sağlar (Erturan, 2010).

b. Mekanik Havalandırmalı Cepheler

Mekanik havalandırmalı cephelerde boşluk içindeki havanın giriş ve çıkışı döşeme altında veya üstünde yer alan bir havalandırma sistemiyle sağlanarak temiz havanın dağıtımının yapılması amaçlanmaktadır (Lakot, 2007). Mekanik havalandırma NBN EN 12792 Avrupa Standartlarına göre “Kuvvetli hava akımı ile havalandırma” olarak tanımlanmaktadır (Loncour vd., 2004). Doğal havalandırmanın yapılamadığı zamanlarda bina içine alınacak havanın filtre edilmesi, nemlendirilmesi, ısıtılması ya da soğutulması gibi durumlar gerektiğinde, ayrıca dışarıda hava kirliliği görülmesi halinde genellikle mekanik havalandırma tercih edilmektedir (Eşsiz ve Özgen, 2004). Mekanik havalandırmalı çift kabuk cephe ara boşluğundaki hava akımı 3 ayrı şekilde olmaktadır. Birinci durumda hava; iç kabuk alt noktasından alınarak üst noktadan emilir ve böylece sirküle edilmiş olur. İkinci durumda ara boşluğa üst noktadan pompalanan hava alt noktadan emilmek suretiyle sirküle edilir. Üçüncü durumda ise; iç kabuktan ara boşluğa kabuk yüksekliği boyunca her noktadan

hava geçişi sağlanmaktadır. Bu durumda da ara boşluktaki hava üstteki emme noktalarından çekilerek sirküle edilmektedir (Ünal, 2006).

Dış kabuk, yalıtımlı çift camdan oluşarak yapıyı dış hava koşullarına karşı korur. İç cephe ise genellikle tek camlı uygulanmaktadır. Bu yöntemle havalandırılan çift kabuk cephelerde, tampon bölgedeki hava iç ortam havasını tazelemek için kullanılır. Isıtma mevsiminde tampon bölgede bulunan hava, dış kabuğun gün içinde kolektör gibi topladığı güneş ışınları sayesinde ısıtılmış olarak iç ortama aktarılmaktadır. Böylece iç mekânın ön ısıtması sağlanarak mekanik sistemden kaynaklanan enerji tüketimi aza indirilmektedir (Şekil 2.32) (Örkmez, 2012).



Şekil 2.32. Mekanik havalandırmalı çift kabuk cephe

Doğal havalandırmalı cephelere göre mekanik havalandırmalı cephelerde elektrik maliyeti daha fazla olsa da, tampon bölgede oluşturulan hava perdesi sayesinde cephenin soğutulması sağlanarak harcanan enerji azaltılmaktadır. Bu yolla, iklim şartları ve konstrüksiyona bağlı olarak; soğutmak için harcanan enerjiden %10 tasarruf sağlanabilir. Mekanik havalandırmalı cephelerde “soğuk asma tavan” uygulamaları ile soğutma sağlanabilir. Dolayısıyla bu sistemlerde klima tesisatına gerek yoktur (Örkmez, 2012). Mekanik havalandırmalı sistemler, aynı zamanda doğal havalandırmalı sistemlere göre daha fazla gürültü kontrolü sağlarlar (Lakot, 2007).

Hilde Léon tarafından Berlin /Almanya da yapılan Konrad Wohlage adlı 10 katlı binanın son 7 katı çift kabuk cephe şeklinde yapılmıştır. Diğer taraflardaki cephelerde tek kabuklu cephe sistemi uygulanmıştır. Yapının çift kabuk cephe bölümünün havalandırma boşluğu

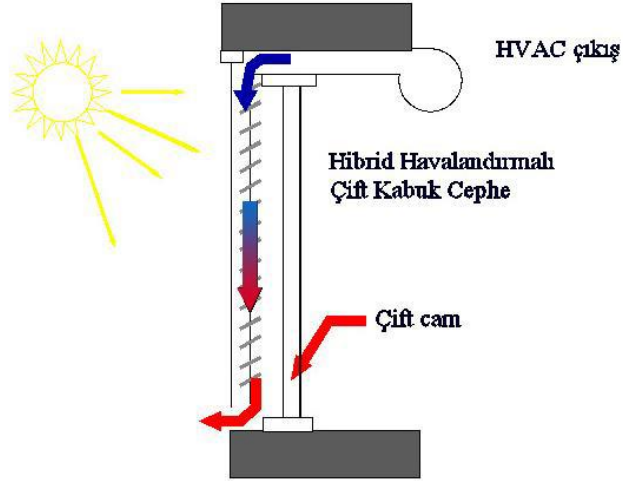
mekanik olarak havalandırılmaktadır. Temiz hava çatıdan alınarak, düşey borular ile çift kabuk ara boşluğundan aşağı inmektedir. Bu ana şafttan yatay yardımcı borularla boşluk içindeki hava iletimi sağlanmaktadır. Geceleri ısınan hava mekanik olarak yenilenmektedir. Ara boşluktaki hava kışları güneş ışıının etkisiyle ısınarak iç mekân ısıtmasında kullanılmaktadır. Dış kabuk 12 mm kalınlığında yalıtımlı tek camdan oluşmaktadır. İç kabukta ise çift camlı sürgülü kapılar vardır. Dış kabuğun iç yüzüne yerleştirilen güneş kırıcı elemanlar ile fazla güneş ışınlarından korunulmaktadır. Dış kabuk noktasal bağlantılı çerçeve strüktür ile taşıtılmaktadır (Şekil 2.33) (Ünal, 2006).



Şekil 2.33. Halenseestrasse Binası ve Cephe Boşluğunun görünüşü (Ünal, 2006)

c. Doğal ve Mekanik Havalandırmalı (Hibrit) Cepheler

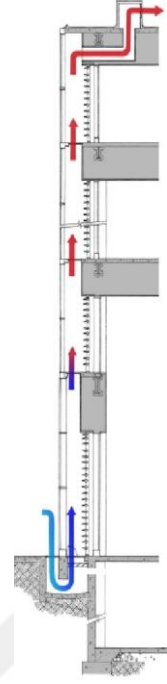
Karma sistemler, özellikle iç kabuktaki açıklıklarda iç ortamla tampon bölge arasındaki hava değişimini güçlendirmek ve hızlandırmak için konumlandırılan fanlardan yararlanan cebri sistemlerdir (Waldner vd., 2007). Aşağıdaki Şekil 2.34’ te hibrit havalandırma sistemine sahip çalışma mekanizmasının şemasında görüldüğü gibi hem doğal havanın girişi bulunmakta hem de mekanik ünitenin desteği yer almaktadır.



Şekil 2.34. Hibrit havalandırmalı cephe sistemlerinin çalışma ilkeleri (Erturan, 2010)

Özellikle ılıman iklim bölgelerindeki yapılarda kullanılan, hem doğal hem de mekanik havalandırmanın beraber kullanıldığı karma sistemlerde öncelikle doğal havalandırma tercih edilmektedir. Çünkü mekanik havalandırma doğal havalandırmanın yetersiz olduğu ve performansı karşılayamadığı durumlarda devreye girmektedir. Karma havalandırmalı sistemlerde hava şartlarına göre havalandırma şekilleri otomatik olarak devreye girebilmektedir. Bunun yanı sıra bu sistem yüksek katlı binalarda dahi mekanik havalandırma ile birlikte doğal havalandırmaya imkan veren pencerelerin kullanımını da sağlamaktadır (Loncour vd., 2004).

Cannon Design Inc. tarafından NewYork ta 1980 yılında yapılan Occidental Chemical Center bölmesiz çift kabuklu cepheden oluşmaktadır. Cephe her yönde (kuzey, güney, doğu, batı) dört alana ayrılmıştır. Birbirinden bağımsız olan bu cepheler günün belli saatlerindeki gün ışığı faktörüne göre tasarlanmıştır. Çift kabuk ara boşluğunun havalandırmasında doğal ve mekanik havalandırma uyumlu bir şekilde kullanılmıştır. Doğal havalandırma basınç farklarından faydalanılarak sağlanır. Bütün sistemler merkezi bilgisayar tarafından kontrol edilir. Dış kabuk yeşil renkli izolasyonlu çift camdan oluşmaktadır, iç kabuktaki pencere doğramalarında şeffaf beyaz cam kullanılmıştır. Cephe boşluk genişliği 1525 mm ve ayarlanabilir panjurlar cephe boşluğunda bulunur. Dıştaki kabuk çerçeve strüktür ile taşınmaktadır (Şekil 2.35) (Ünal, 2006).



Şekil 2.35. Occidental Chemical Center Binasının görünüşü ve cephe kesiti (Harrison ve Boake, 2015)

2.4.3. Havalandırma Koridorunun Bölünmesine Göre;

Çift kabuk cephelerde iki cam yüzeyin arasında kalan boşluğun bölünmesine dayalı olan sınıflandırma 4 grupta incelenmektedir.

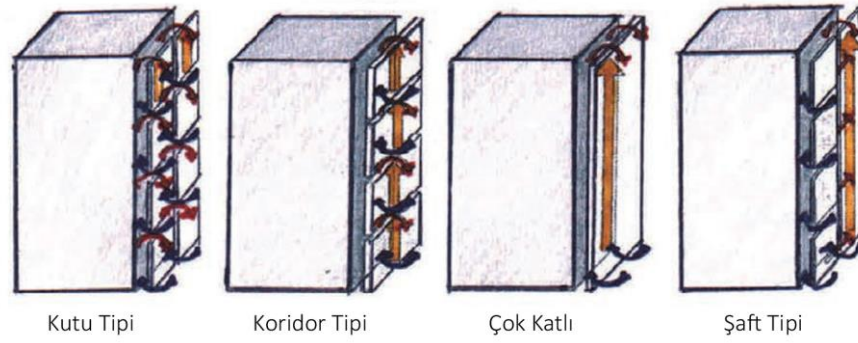
Buna göre havalandırma boşluğunun bölünmesine göre çift kabuk cepheler;

2.4.3.1 Kutu Tipi Çift Kabuk Cepheler

2.4.3.2 Koridor Tipi Çift Kabuk Cepheler

2.4.3.3 Çok Katlı Çift Kabuk Cepheler

2.4.3.4 Şaft Tipi Çift Kabuk Cepheler (Şekil 2.36) (Ünal, 2006)



Şekil 2.36. Havalandırma boşluğunun bölümlenmesine göre çift kabuklu cepheler (Ünalan ve Tokman, 2011)

2.4.3.1. Kutu Tipi Çift Kabuk Cepheler

Çift kabuk arasında kalan hava boşluğu yatay ve düşey şekilde bölümlenerek bağımsız ve küçük kutulardan meydana gelir, böylece katların yatay ve modüllerin dikey bir şekilde havalandırılması yapılabilmektedir. Her katta hava giriş çıkışı için açıklıkların olması da etkili bir doğal havalandırma sağlamaktadır (Örkmez, 2012). Çift kabuk cephelerin en eski uygulanmış şekli olan kutu pencereler, uygulama aşamasında iç mekân penceresinin ön kısmına tek camlı bir pencere daha eklenmesiyle oluşan panel sistemlerdir (Şekil 2.37). İki sistem arasındaki mesafe genellikle 200-400 mm arasında olmaktadır (Alakavuk, 2010).



Şekil 2.37. Kutu pencere tipi çift kabuklu cephe montajı (Poirazis, 2004)

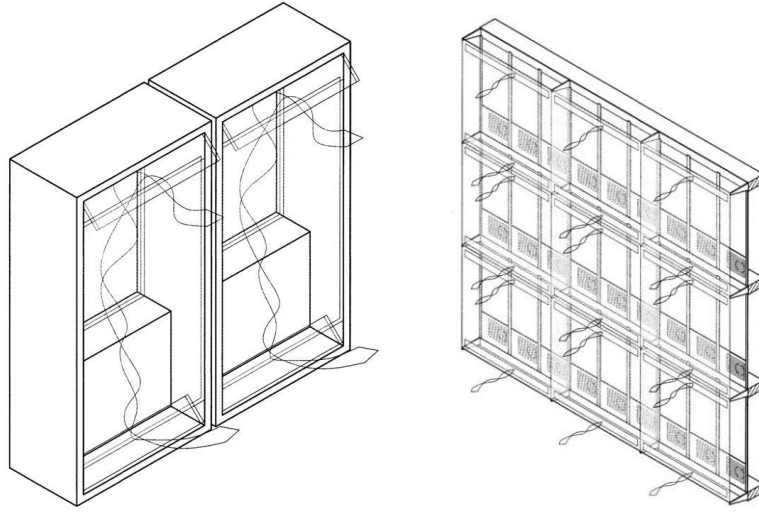
Hem katlar arasında hem de tekil pencereler arasında bulunan düşey ve yatay bölmeler ses ve kokunun mekândan mekâna geçişini engeller. Bu yüzden dış mekânın gürültülü olduğu yerlerde ve odalar arasında ses yalıtımı ihtiyaç duyulan özel durumlarda sık uygulanmaktadır. Bölümlenme türüne bağlı olarak da yangın durumunda, alev ve duman bütün cephede yayılmaz. Bu nedenle cephede geleneksel dikdörtgen açıklıklarla bu ihtiyaçları yerine getiren tek yapım şeklidir (Oesterle vd., 2001).

Kutu tipi çift kabuklu cepheler genel olarak yüksek binalarda kurulurlar. Dış kabukta güçlendirilmiş tek cam iç kabukta ise yalıtımlı çift cam kullanılmaktadır. Çift kabuk arasında kalan havalandırma boşluğuna motorlu panjurlar yerleştirilebilir. İç kabuktaki pencereler doğal havalandırmayı sağlamak için genellikle açılabilirler. Dış kabukta besleme havası ve egzoz hava açıklıkları bulunmaktadır (Şekil 2.38) (Erturan, 2010).

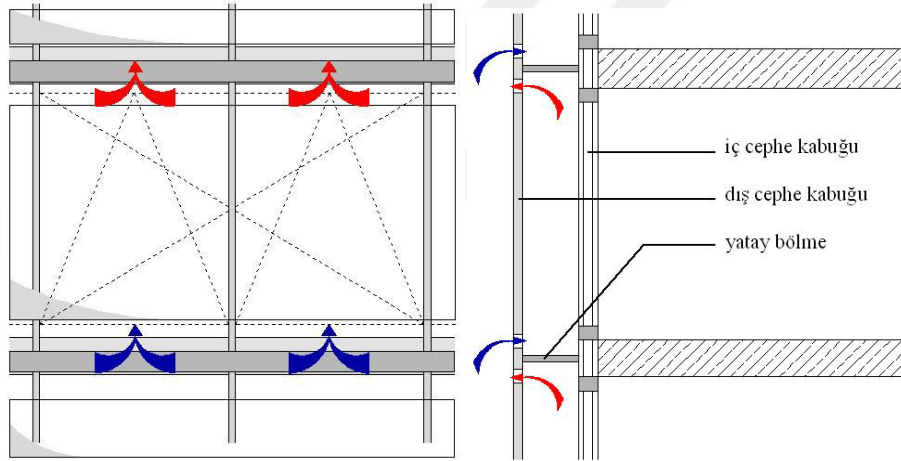


Şekil 2.38. Binanın havalandırma sistemini cephe modülüne bağlayan havalandırma hücresinin görünümü (Loncour vd., 2004)

Kutu pencere tipi çift kabuk cephelerde altta ve üstte bulunan havalandırma kapakları kullanıcı kontrolüne imkân vermektedir (Erturan, 2010). Küçük ebatlı havalandırma açıklıkların olması gürültünün azaltılması açısından yapının daha iyi bir performansa sahip olmasında yardımcı olur, ancak yaz aylarında aşırı ısınmada riskli durumların yaşanma ihtimali vardır. Farklı ihtiyaçların karşılanabilmesi için, dış kabuktaki açıklıkların değişken olmaları gerekmektedir. Bu durumda tasarım aşamasında her pencere elemanı için ayrı hava giriş ve çıkış açıklıkları tasarlanmalıdır (Şekil 2.39) (Şekil 2.40) (Hausladen vd., 2006).

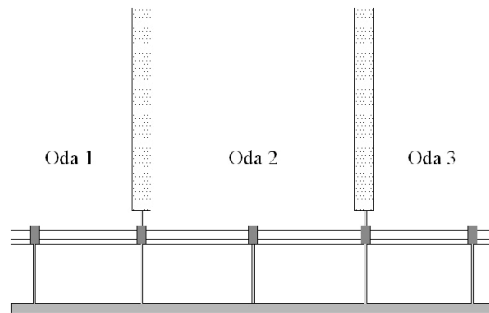


Şekil 2.39. Kutu pencere tipi (Erturan, 2010)



a) Görünüş

b) Kesit



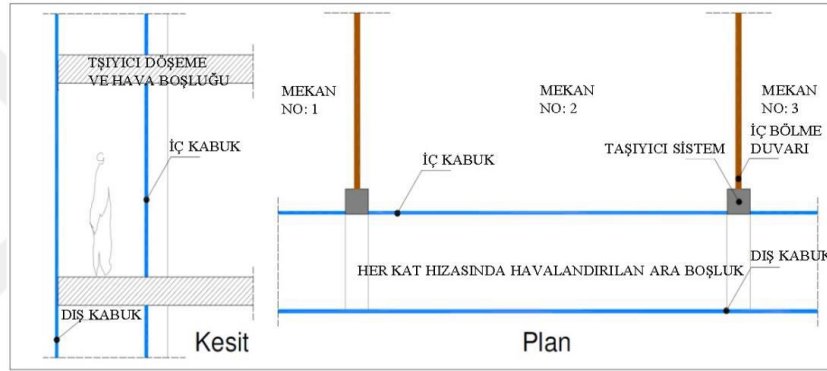
c) Plan

Şekil 2.40. Kat yüksekliğinde kutu tipi çift kabuk cephelerine ait görünüş, kesit ve plan (Oesterle vd., 2001)

2.4.3.2. Koridor Tipi (kat yüksekliğinde) Çift Kabuk Cepheler

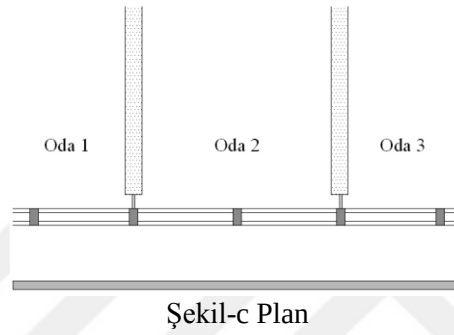
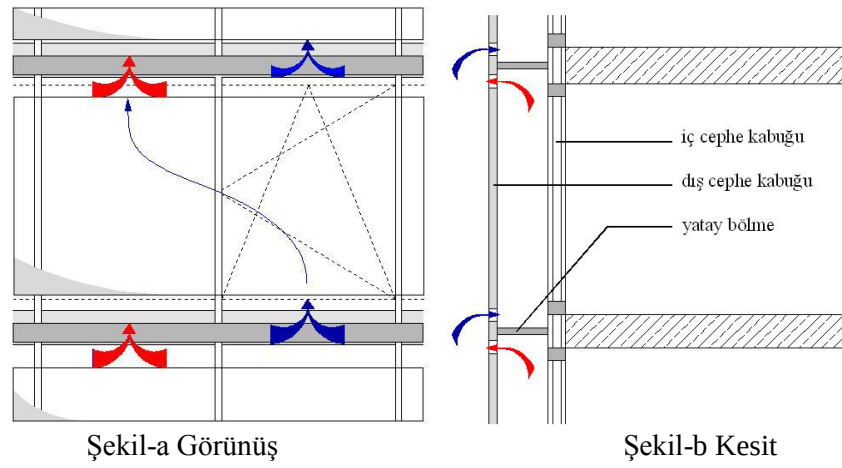
Çift kabuk cephe sistemlerinin en sık uygulanan türlerinden bir tanesidir. Koridor tipi çift kabuk cepheler tampon bölgenin katlar arasında yatay bölümlenmesiyle meydana gelmektedir. Tampon bölgeye kat döşemelerinin alt noktasından hava girişi alınır ve kat yüksekliğinin üst noktalarındaki döşeme hizalarında bulunan açıklıklardan da hava çıkışı gerçekleşmektedir. Havalandırma koridoru her katta ayrıldığı için katlar bağımsız şekilde havalandırılabilir. Böylece kullanılan havanın katlar arasında ulaşımı engellenir ve aşırı ısınma problemi ortadan kalkmış olur (Şekil 2.41) (Hausladen vd., 2006).

Havalandırma boşlukları ve bölücülerin her katta bulunması karmaşa oluştursa da cephenin işlevsel yönü çok gelişmiştir. Yapıdaki ısı ve ses yalıtımı, yapının yangın tehlikesine karşı korunumu diğer çift kabuklu cephelerden daha iyidir (Sahraei, 2013).



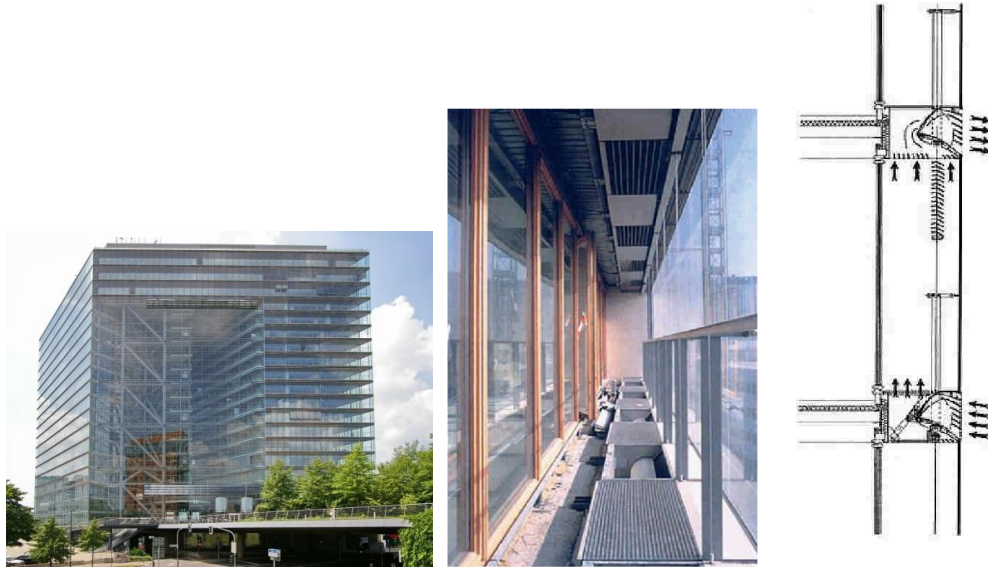
Şekil 2.41. Koridor tipi bir çift kabuk cephenin Şematik çizimi

Koridor tipi Çift kabuk cephenin yatayda havalandırılması hava boşluğunda basıncın kontrol edilebilmesine olanak sağlar. Bu şekilde istenen farklı basınç durumlarında, rüzgâr yönüne ve hızına bağlı olarak cephe kapakları açılıp kapanabilmektedir. Koridor tipi cepheli yapılar betonarme kat döşemesinden veya hava geçirimsiz kaplamalı çelik döşemeden meydana gelmektedir (Şekil 2.42) (Hausladen vd., 2006).



Şekil 2.42. Koridor tipi çift kabuk cephe görünüş, kesit ve planı üzerinde havalandırma Prensipleri (Erturan, 2010)

Şekil 2.43’ te gösterilen Kent Kapısı olarak anılan 70 m yüksekliğe sahip olan “Stadttor” Binası 56 m yükseklikte atrium ile birbirine bağlı 16 katlı iki kütleden oluşmaktadır. Rüzgâr etkisine ve trafik gürültüsüne karşı cam bir kabuk ile çevrelenmiştir. Çift kabuk cephe sisteminin iç tabakası ahşap çerçeveli, low-e tipli çift camdan oluşmaktadır ve büyük bölümünde doğal havalandırmayı sağlamaktadır. Kat yüksekliğinde olan çift kabuk sistemin boşluk genişliği ise binanın formuna göre 90 cm den 140 cm’ e kadar artmaktadır (Erturan, 2010). Temizlik ve bakım için yürünebilen boşluğa güvenlik amaçlı korkuluklar yerleştirilmiştir. Ara boşluğun doğal havalandırılması döşemelerin alın kısmına yerleştirilen balık ağzı detayı ile yapılmaktadır (Boduroğlu, 2010).



Şekil 2.43 Koridor tipi Çift kabuk cam cephe kuruluşları ve sistem kesiti, Dusseldorf Stadttor City Gate Binası (Boduroğlu, 2010)

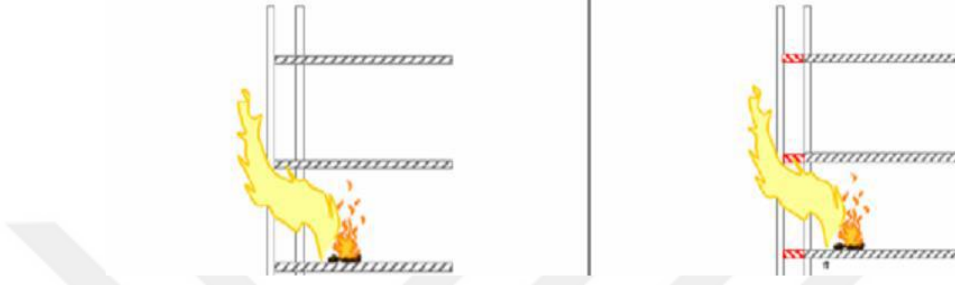
Sıcak hava, cephe boşluklarında yükselerek binanın üstündeki kapakçıklardan dışarı atılmaktadır. Bina içindeki hava hareketleri de binanın üst kotlarında alçak basınçla daha da ilerlemektedir. Bina doğal ve mekanik havalandırma modlarını otomatik olarak düzenleyen yönetim sistemi ile kontrol edilmektedir. Strüktürel çerçeve, betonarme ile doldurulmuş çelik kolonlar ve kompozit döşemelerden oluşmaktadır. Dış cephe tamamıyla alüminyum havalandırma kutularının yatay bantları arasında yerleştirilmiş düz cam paneller ile kaplanmıştır. Çift kabuk cephe sistemi, ofis katlarının üç cephesini sararak havalandırılmış bölge yaratmıştır. Dış kabuk güvenlik camından oluşmakta ve korkuluğa noktasal, havalandırma kanallarına ise doğrusal olarak tespit edilmiştir (Erturan, 2010).

Koridor tipi çift kabuk cepheler, hava sirkülasyonlarını aşağıdaki maddelerde açıklandığı gibi farklı şekillerde yönlendirebilme potansiyeline sahip olan cephe sistemleridir:

- İç kabuk pencereleri kapalı ve kat seviyelerindeki havalandırma delikleri açık durumdayken dış hava perdesi olarak,
- İç kabuk pencereleri ve havalandırma açıklıkları aynı anda açıldığında, hava sağlama ve hava boşaltma sistemi olarak,
- İç kabuk pencereleri ve havalandırma açıklıkları aynı zamanda kapatıldığında, statik tampon bölge olarak kullanılabilirler.

Böylece koridor tipi çift kabuklu cepheler, iklime göre farklı çalışabilme ve dış ortam koşullarına göre istenen sisteme uyarlanabilme özelliği kazanır. (Loncour vd., 2004)

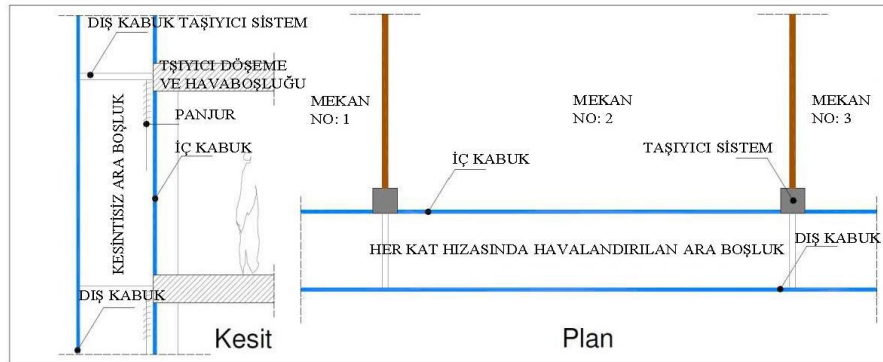
Yangından korunma bakımından koridor tipi çift kabuk cepheler avantaj oluşturlar. Aşağıda Şekil 2.44’ da olduğu gibi; yangın halinde iken duman ve alevler menfezlerden yükselerek dışarı çıkma eğiliminde olurlar; böylece üst katlara yangının ulaşması biraz daha vakit alır (Lakot, 2007).



Şekil 2.44. Koridor Tipi Çift Kabuk Cephenin Yangın Sırasında Davranışı (Lakot, 2007)

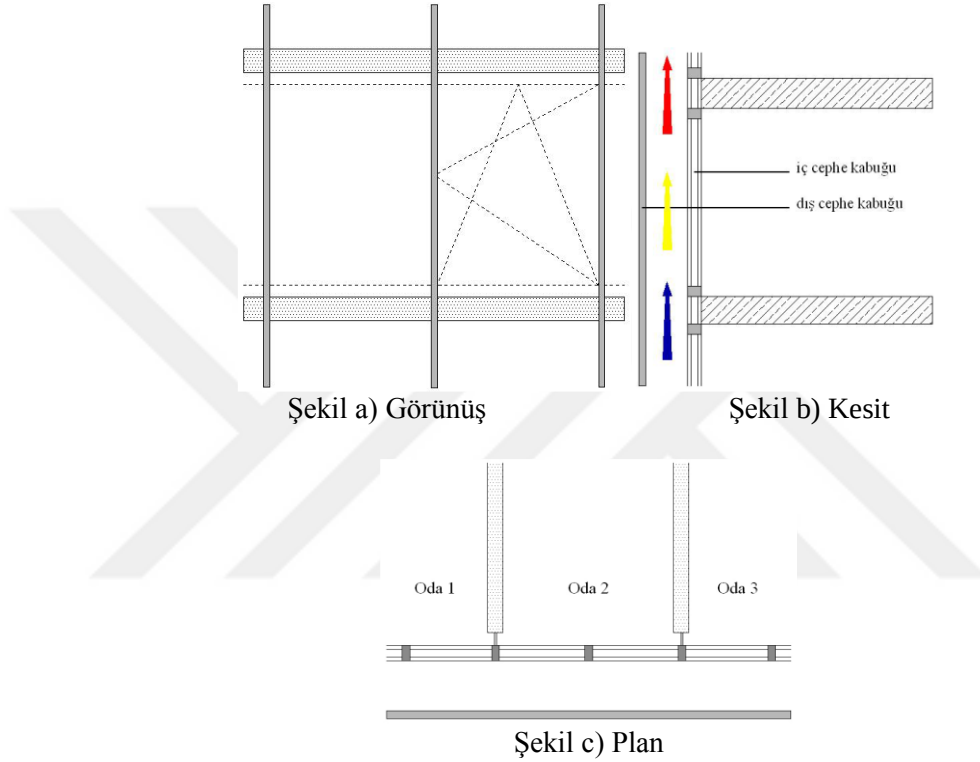
2.4.3.3. Çok Katlı Çift Kabuklu Cepheler

Çok katlı çift kabuklu cepheler iki kabuk arasında yatay ve düşey bölüntü olmadan cephe boyunca kesintisiz boşluğa sahip olan sistemlerdir (Şekil 2.45). Kabuklar arasında 1 metreden daha az boşluk olduğu zaman çift kabuklu cephe olarak veya birkaç metre boşluk bırakıldığında ikinci katman bir ön cam duvar görevi yapacak şekilde oluşturulur. Genel olarak iki cephe birbiriyle taşıyıcı sistem açısından bağımsızdır. Ancak dış kabuk içten strüktüre çelik taşıyıcılar ile bağlanmaktadır (Erturan, 2010).



Şekil 2.45. Çok katlı bir çift kabuk cephenin şematik çizimi (Ünal, 2006)

Tampon bölgede genellikle havalandırma zemin ve çatı katlarındaki açıklıklardan sağlanmaktadır. Alt kottaki açıklıktan giren hava alt katta kullanılır ve ısıtılmış olur daha sonra tekrar tampon bölgeye atılan hava üst katlara kullanılmış olarak ulaşır (Şekil 2.46). Bundan dolayı üst katlarda aşırı ısınan havadan dolayı yaz mevsiminde soğutma yüklerinin artışı görülür. Ancak bu tip cephe sistemlerinde pencere ile havalandırma yapılmaması tercih edilmelidir. Çok katlı binalarda uygulamak yerine 4-6 katlı binalarda uygulanması daha verimli olabilmektedir (Örkmez, 2012).

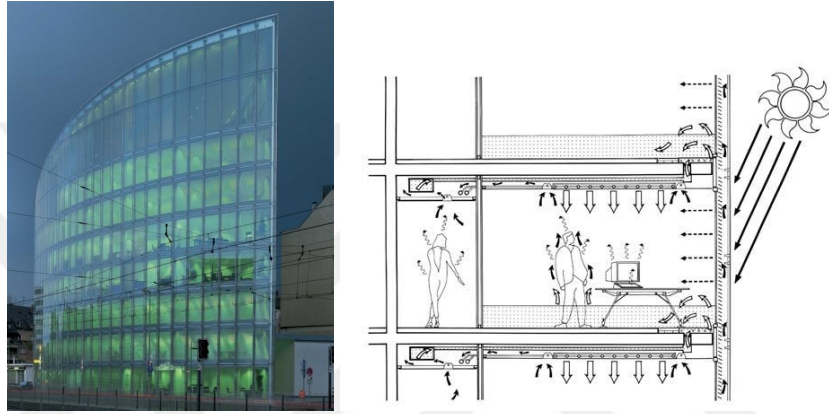


Şekil 2.46. Çok katlı çift kabuk cephe görünüş-kesit ve planı üzerinde havalandırma prensibini gösteren şema (Oesterle vd.)

Dış mekân ve iç mekân arasında ek bir tabakadan oluşan bina yüksekliğinde olan çift kabuklu cepheler dış mekandaki sesin binaya girmesini engellemektedir. Aynı zamanda iç cepheyi yağmur, rüzgâr gibi hava koşullarından da korumaktadır. Fakat iç mekândaki seslerin yayılımı dezavantaj oluşturmaktadır. Diğer bir dezavantaj ise yangınlarda alev ve dumanın katlar arasında hızla yayılmasıdır (Alakavuk, 2010). Kat hizalarında yürüme yolları mevcuttur ve bu yürüme yolları temizlik ve bakım-onarım amaçlı kullanılmaktadır (Erturan, 2010).

Norman Foster' ın Almanya' nın Duisburg şehrinde tasarladığı Business Promotion Center çok katlı çift kabuklu cephe sistemine sahiptir (Şekil 2.47). Yapının havalandırma sistemi ile

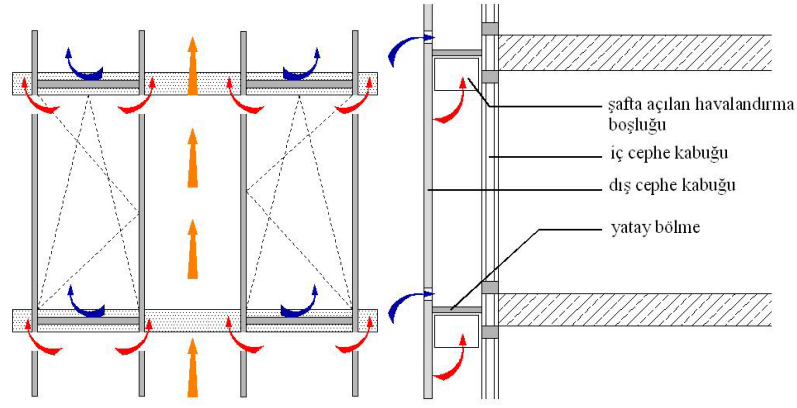
kabuklar arasındaki boşluğa ait mekanik havalandırma sistemi birbirinden ayrı olarak kurgulanmıştır. Ancak her iki sistemde birbirini destekleyecek şekilde çalıştırılarak boşlukta bulunan havanın sıcaklığı dış ortam sıcaklığına göre ayarlanabilmektedir. Dış kabuk tek camlı panelden oluşurken iç kabuk hareketli low-e camlı panellerden oluşmaktadır. Katmanlar arasında 200 mm boşluk bulunmaktadır. İç mekânları güneşin yakıcı etkisinden korumak için cam yüzeyler arasındaki boşlukta kısmi delikli elle kumanda edilen metal jalûziler bulunmaktadır. İç yüzeydeki cam ise çift tabakalı ve low e kaplamalı olup, tabakalar arasındaki boşlukta argon gazı bulunmaktadır. İç yüzeyde bulunan camlar hem sistemin temizliği hem de metal jalûzilerin kontrolü için açılabilir özelliğe sahiptir (Poirazis, 2004).



Şekil 2.47. Business Promotion Center , 1993 (Foster and partners, 2017)

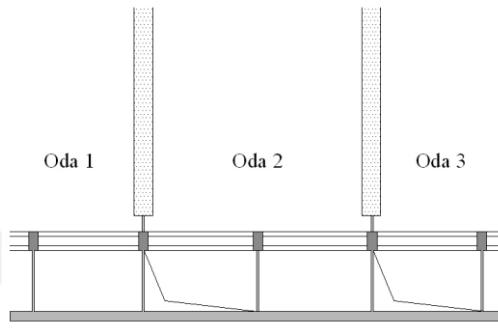
2.4.3.4. Şaft Kutu Tipi Çift Kabuk Cepheler

Şaft kutu tipi çift kabuk cepheler yapının yüksekliği boyunca devam eden düşey şaflara kutu pencere cephe birimlerinin bağlanmasıyla oluşan sistemlerdir. Bu cephe sisteminin temeli Munster’ deki Alco Company’ nin geliştirdiği “twin-face” konseptine dayanmaktadır (Erturan, 2010). Boşlukta ısınan hava yükselir ve düşey hava şaflarına alınır ve yükselmeye devam ederek binadan dışarıya tahliye edilir (Şekil 2.48). Şaflar sayesinde havalandırma hızlı ve kolay olabilmektedir (Loncour vd., 2004). Hava basıncının şafttaki belirli seviyelerde aşırı artışından dolayı sıcak hava yatay boşluklara girer ve bu kaçışa karşı koymak için şaft yüksekliği sınırlı tutulmalıdır. Ancak bu sınırlama rüzgâr ve bina yüksekliği gibi sebeplere göre değişkenlik gösterdiği için her duruma özel hesap yapılmalıdır (Sahraei, 2013).



Şekil a) Görünüş

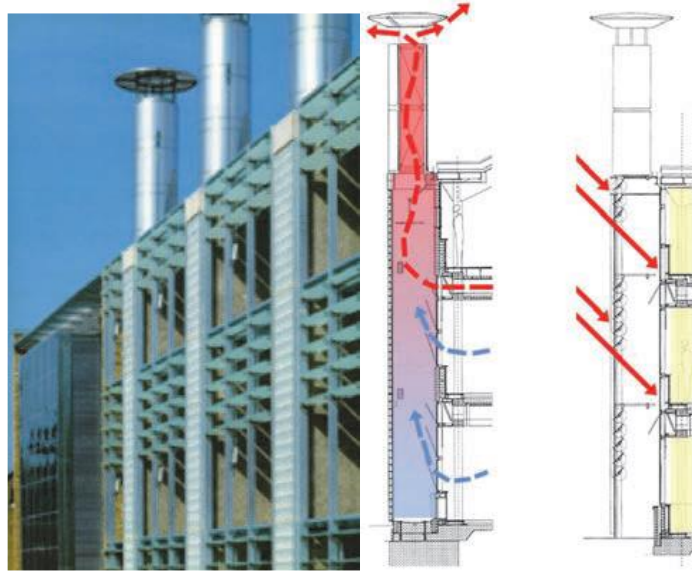
Şekil b) Kesit



Şekil c) Plan

Şekil 2.48. Şaft-kutu tipi çift kabuk cephe görünüş kesit ve planı üzerinde havalandırma prensibini gösteren şema (Oesterle vd., 2001)

Sistemin tekrarlayan ve modüler birimlerden oluşması inşaa kolaylığı sağlar ve maliyeti azaltır. Dış mekân ve yapı arasındaki ses yalıtımı başarılıdır. Ancak mekânlar arası şaft borularında ses oluşur ve bu ses katlar arasında yayılır. Bu sorun şaft borularına yalıtım yapılmasıyla giderilir. Kanallardaki basınç az olduğu zaman hava tampon bölgeye geri kaçar bu duruma çözüm amacıyla kanal ağızlarına mazgallar yerleştirilir veya hava hareketini önleyen damper adı verilen hava kapakçıkları ile boşluğa kontrollü hava alımı yapılabilir (Şekil 2.49) (Örkmez, 2012).

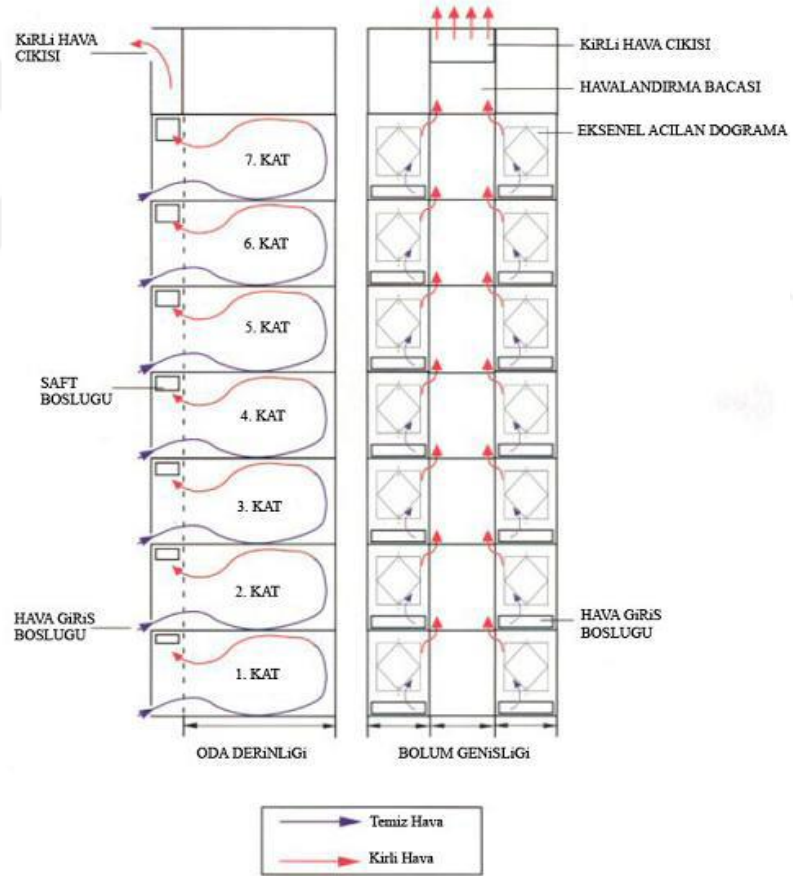


Şekil 2.49. Research Establishment Ofis Binası (Ünalan ve Tokman, 2011)

Almanya'nın Duesseldorf kentinde bulunan ve şaft tipi çift kabuklu cephe sistemine sahip olan ARAG 2000 Kulesi'nde dış ortam şartları uygun olduğu zamanlarda doğal havalandırma yapılmakta, dış koşullar uygun olmadığı durumlarda ise bina mekanik olarak havalandırılmaktadır (Şekil 2.50). Cephe yüzeyi modüler bir şekilde bölümlenmektedir. Her bir kutu pencere modülü üzerinde bulunan havalandırma kanalıyla kirli havayı her katın altında ve üstünde yer alan ızgaralardan düşey yönde yükselen şafta ileterek dışarı yönlendirir. Şaftın havalandırılması da servis katlarında yer alan kanallar aracılığıyla sağlanmaktadır (Şekil 2.51). İki kabuk arasında 92cm genişliğinde boşluk bulunmaktadır. İç cephedeki cama ofisleri güneşten korumak için metal gölgeleme elemanları eklenmiştir. İç kabukta açılabilir pencereler bulunmakta ve hava sızdırmaz cam ile uygulanmıştır (Boduroğlu, 2010). Yangın halinde katlar arasında hava tahliye kanalından duman yayılabilir. Baca etkisinden dolayı bu sistem yüksek binalardan ziyade az katlı binalarda uygulanmalıdır (Poirazis, 2004).



Şekil 2.50. ARAG 2000 Tower Görünüşleri (Structurae, 2016)



Şekil 2.51. ARAG 2000 Kulesi'nin, cephe yüzeyindeki doğal havalandırma mekanizması (Oesterle vd., 2001)

2.5. Çift Kabuk Cephelerin Olumlu Ve Olumsuz Yönleri

Çift kabuklu cephe sistemlerinde tasarım öncesi dönemde ve problemlere ilişkin mimari çözümler oluşturabilmek için sisteme ait olumlu ve olumsuz yönlerinin araştırılması gereklidir. Bu olumlu yönlerin bazıları şöyledir:

1. Isı geçirme katsayısı tek kabuk cephelere göre daha azdır. Böylece binaya harcanan ısıtma yükleri minimum düzeydedir.
2. Mevcuttaki İkinci bir cam kabuğun olması rüzgâr basıncının azalmasını sağlar.
3. Yüksek binalarda uygulandığında pencere açma imkânı tanır.
4. Binanın doğal havalandırmasını sağlar (Tatlı, 2006).
5. Havalandırma sayesinde iç mekâna alınan temiz hava, klima sistemi için harcanan enerjiyi aza indirir (Kalafat, 2011).
6. Dış kabukta oluşabilecek yoğuşma riski bu sistemde hava sirkülasyonu sayesinde daha az yaşanmaktadır.
7. İyi bir ses yalıtımına sahiptir. Gürültülü ortamlarda sesin iç ortamlara girmesi yüksek seviyede engellenmektedir (Tatlı, 2006).
8. Bu sistem iki katmanlı olduğu için iç kabuktaki pencereler açık konumdayken yazın doğal havalandırma ile gece soğutması sağlanabilir.
9. Bu tür cepheler mekân kullanıcılarına iklimsel şartlara müdahale etme imkânı tanır.
10. Güneş kontrol elemanları veya benzeri elemanlar ara boşlukta konumlandırılarak kötü hava şartlarına direkt maruz kalmaz ve iç cepheden kontrol altında tutulur (İnan ve Başaran, 2013).
11. Bakım onarım imkânı sağlar.
12. Boşluk yangın durumlarında acil kaçışa olanak verir (Tatlı, 2006).

Olumsuz yönleri ise;

1. Maliyeti yüksek bir sistemdir.
2. Tasarımda dikkat edilmesi gerekenlere uyulmazsa ara boşluk aşırı ısınarak sera etkisi yaşanır.
3. Hava boşluğundaki akım hızının artışı basınç farklılıklarına sebep olmaktadır.
4. Ara boşluk bölümlenmediği zaman mekanlar arası ses, yangın ve duman yayılım problemleri yaşanabilmektedir.
5. Mekanik sistemlerle havalandırıldığı durumlarda ek maliyet oluşmaktadır (İnan ve Başaran, 2013).

2.6. Çift Kabuklu Cephelerde Tasarım Etmenleri

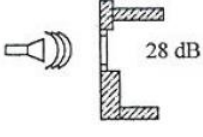
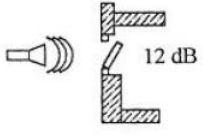
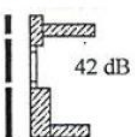
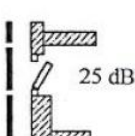
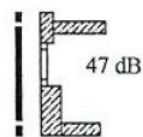
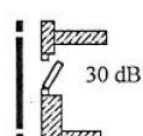
Çift kabuklu cephe sistemlerinin tercih edilmesinde etkili kriterlerden bazıları olan ses, ısı, günışığı, yangın, rüzgâr, maliyet ve estetik başlıklarının incelenmesi aşağıda açıklanmaktadır.

Ses (Gürültü Kontrolü)

Gürültü; günümüzde dış ortamın kirlilik sebeplerinden birisi olarak bilinmektedir. Çeşitli gürültü kaynaklarının oluşturduğu bu gürültü değişik yollarla cepheyi geçerek yapı içini etkiler. Bu etkilemede, cephenin niteliği ve yapının ya da hacmin işlevi önemli rol oynar (Sözen, 2001).

Çift kabuklu cephelerde dış kabuğun sesi perdelemesinden dolayı ara boşluktaki gürültü seviyesi düşük olduğu için iç kabuktaki pencerelerin açılması durumunda dahi iç ortam ses seviyesi konfor koşullarını sağlayabilmektedir (Ünal, 2006). Eğer Bir çift kabuk cephe çok katlı ise, iç kabukta açıklık olduğu zaman mekanlar arasında ses geçişleri olabileceği için rahatsızlığa sebep olabilmektedir (Oosterle vd., 2001). Kabukta bulunan malzemelerin kütesinin yoğunluğu ses geçişlerinin oranını etkilemektedir. Bu yüzden, dış ortam gürültüsü çok olan yapılarda, yüksek sese karşı izolasyon sağlayan cepheler oluşturulmalıdır (Erturan, 2010). Cephe kabuğundaki açıklıkların boyutları, kabuğun gürültüyü içeriye iletimini etkilemektedir. Cephede yer alan havalandırma boşlukları fazla olduğu zaman havalandırmaya iyi yönde etki ederken, gürültü bakımından iyi olmamaktadır. Bu yüzden cephede menfez ve açıklıkların yerleri ve boyutları belirlenirken sesin iletimi de düşünülmelidir (Oosterle vd., 2001).

Cam yüzeylerde ses izolasyonu; camın kalınlığının artırılması veya çift cam konstrüksiyon kullanılması ile sağlanmaktadır. Çift cam arasındaki boşluk genişliği istenen yalıtımı sağlayabilecek şekilde olmalıdır. Camın kalınlığı iki katına çıkartıldığında ses geçirimsizliği 4 dB artmaktadır (Ünal, 2006). Geleneksel tek cephe sistem ile çift cephe sistemin Şekil 2.52’ de Stuttgart’ daki bir ofis binası üzerinde iki farklı uygulamasında ses yalıtım özelliklerinin karşılaştırılması gösterilmiştir (Erturan, 2010).

Tek Kabuk	Çift Kabuk	Çift Kabuk
 	Açıklıkların pencere yüksekliğinde düzenlendiği durum  	Açıklıkların kat yüksekliğinde düzenlendiği durum  

Şekil 2.52. Stuttgart'taki bir ofis binası cephesinin ses yalıtım değerleri (Ünal, 2006)

Cam cephenin sağlaması gereken ses yalıtımı, yapının bulunduğu bölgenin gürültü seviyesine ve binanın işlevine göre farklılık göstermektedir. Ses yalıtım değeri ile ölçülmekte olan bu özellik; çift camlı bir pencere için 33-35 dB, trafik gürültüsünün yoğun olduğu yerler için ise 26-29 dB olarak önerilmektedir (Ünal, 2006). Yoğun trafik arterlerine yakında yer alan ticari binalarda; dış mekânda ortalama 80 dB gürültü seviyesi var ise 50-55 dB'lik bir yalıtım ile iç mekânda konforun sağlanması mümkün olabilmektedir (Örkmez, 2012). Çift cephenin ses izolasyonu dış cephedeki açıklıkların boyutuna ve konumuna göre değişmektedir. Dış cephedeki açıklık alanı cephenin %10'u kadar ise yaklaşık 3-6 dB lik, %5' i kadar ise yaklaşık 10dB lik ses yalıtımı sağlamaktadır (Süyük, 2003).

Isı

Yapı kabuğunun termofiziksel özellikleri; güneş ışınlamına ilişkin yutuculuk (a), geçirgenlik (t), yansıtıcılık (r), optik ve toplam ısı geçirme katsayısı (U) ve saydamlık oranı olarak sıralanmaktadır. Yutuculuk, geçirgenlik ve yansıtıcılık katsayıları; kabuk bileşeni tarafından yutulan, geçirilen ve yansıtılan güneş ışınlamı miktarlarının dış yüzeye gelen güneş ışınlamına oranlarından oluşmaktadır. Toplam ısı geçirme katsayısı (U) değerinin istenen düzeyde olması ile kabuktan ısı transferi azaltılarak, ısıtma ve soğutma enerjisinden tasarruf sağlanmaktadır (Erikci, 2013).

Dış kabuk hem yazın hem de kışın ısısal yalıtımda önemli bir rol alır. Yapının bulunduğu konum güneş kırıcıların dış yüzeyde kullanımına imkân vermiyorsa; güneş kırıcılar çift kabuklu cephenin ara boşluğunda konumlandırılarak ısı yalıtımına doğrudan etki ederler. Yaz gecelerinde çift kabuklu cephelerin ara boşluğunda soğuk hava depolanması ile gün

içinde kullanılan soğutma enerjisine ekonomik bir katkı sağlanmış olur. Tek kabuklu cephelerde böyle bir durum bulunmamaktadır. Yine de çift kabuk cepheler de iç kabuktaki camlı yüzey arttırıldığı zaman yapının soğutma yükleri buna bağlı olarak artmaktadır. Isınan hava yukarı doğru yükselirken soğuyan hava da dibe çökmektedir. Dolayısıyla sürekli bir hava sirkülasyonu yaşanmaktadır. Günümüzde çift cam arasındaki bu ısı döngüsünü azaltmak için ara boşluğa hava yerine gaz doldurulmaktadır (Oesterle vd., 2001).

Pencerelerin ve camların şeffaf yapı elemanları olmalarından dolayı, u-değeri ne ek olarak ışık ve güneş ısı artışlarının geçirgenliği de önemlidir. Işık iletim değeri Tl, güneş enerjisi iletimi ise g-değeri olarak gösterilmektedir. G-değeri ve Tl değeri güneşin ışık şiddetine, geçirgen malzemenin optik özelliklerine ve güneşin açısına bağlıdır. Güneş kontrollü camlar düşük g-değerine sahiptirler (Ünal, 2006).

Binanın ve ısıtma sisteminin ısısal performansını etkileyen en önemli tasarım kriteri olan cephe, fiziksel özellikleri ve ısı geçişine karşı farklı davranışlar gösteren opak ve saydam bileşenlerden meydana gelmektedir (Yılmaz, 2005). Bir cam cephede oluşan ısı geçişleri; iletim, taşınım ve ışıyım yoluyla olmak üzere üç grupta toplanmaktadır. Cephenin her iki yüzeyi arasındaki sıcaklık farklılıkları ısı geçişlerinin denetimi ile azaltılarak konfor düzeyi sağlanmakta ve böylece cephe enerji etkinliğine ulaşılabilir (Güzel ve Sönmez, 2008). Aynı zamanda cam cephe yüzeyindeki ısı geçişleri cephe sistemi, malzemesi ile binanın yönelme durumuna ve biçimlenişine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Cephe sisteminin ısı geçişleri üzerindeki etkisi, cam panellerin birbirleri ve taşıyıcı ızgara ile bağlantılarının sızdırmazlığı ile de ilgili bir konudur. Söz konusu bağlantıların ısı köprüsü oluşturmayacak şekilde düzenlenmesi gerekmektedir (Ünal, 2006).

Gün ışığı

Güneş doğal aydınlatma ve ısıtmada kullanılan bir elemandır. Bina tasarım sürecinde kullanılan güneş ışıyımı ve güneşlenme süreleri en etkili verileri oluşturmaktadır. Isıtma yükleri bakımından soğuk dönemlerde güneşten yarar sağlanırken, sıcak dönemlerde güneş kontrol elemanları ile gölgeleme sayesinde korunma sağlanmaktadır (Erikci, 2013).

Cam cephelerle yapay aydınlatmanın tükettiği enerjinin minimuma indirilmesi amaçlanmaktadır. Buna bağlı olarak, iç mekânda sağlanan doğal ışığın parlaklık düzeyinin konfor koşullarını olumsuz yönde etkilememesi de göz ardı edilmemelidir. Cam cephenin doğal aydınlatma ihtiyacı cam yüzeyinden geçen ışık miktarına bağlı olarak belirlenmektedir. Işık geçirgenlik faktörü ile ölçülmekte olan bu miktarın düşük olması

halinde; ilave aydınlatma gereksinimi daha fazla enerji kullanımına ve soğutma yükünün artmasına neden olmaktadır (Çetiner, 2002).

Çift kabuklu ve tek kabuklu cephelerin doğal aydınlatma ihtiyaçlarına ait özellikler arasında çok benzerlikler vardır. Çift kabuklu cephelerin ikinci kabuktan dolayı bazı farklılıkları aşağıdaki gibidir;

- İkinci kabuk sayesinde içeri alınan ışık miktarı azaltılabilmektedir,
- Çift cephe arasındaki boşluğun derinliği ile içteki cephenin güvenliği sağlanmaktadır,
- Cepheler arası boşluğa güneş kırıcı elemanlar yerleştirilebilmektedir (Oesterle vd., 2001).

Günlüğü hava durumuna göre ve günün saatlerine göre farklılıklar gösterir. Hava açık olduğunda dış aydınlatma 100.000 lüks seviyelerine ulaşırken, bulutlu günlerde 5000 lüks seviyelerine düşmektedir. Ofis alanlarında doğal ışığın yetersiz olduğu durumlarda yapay aydınlatma seviyesi 300 ila 500 lüks yoğunluğu arasında olmalıdır (Oesterle vd., 2001). Günlüğü, çalışma masası seviyesindeki değeriyle önemlidir. Havanın bulutlu olduğu durumlarda her yönden ışık alınması fayda sağlamaktadır (Ünal, 2006). Güneş ışınlarının cephe yüzeyine geliş açıları ve binanın yerleşim yönü cephe tasarımını etkileyen en önemli faktörler arasında yer almaktadır.

Güneşin yüksekliğine, atmosferdeki oranına ve bulut miktarına göre günlüğünün yoğunluğu değişmektedir. Doğal ışığın mekânların derinliklerine kadar alınabilmesi enerji tasarrufunun ve kullanıcı konforunun sağlanması için önemlidir. Aynı zamanda doğal ışık kullanımının yazın soğutma enerjisi, kışın ise ısıtma enerjisi ile binalarda enerji tasarrufu açısından ve binanın kendi ihtiyacı olan enerjiyi üretmesinde büyük etkisi vardır (Berköz vd, 1995).

İçeri alınan günlüğünün miktarında pencerede kullanılan doğramanın cinsi ve pencerenin temizlenme sıklığı da etkili olmaktadır. Ayrıca, son yıllarda geliştirilen ışık yönlendiren camlar, günlüğünü yatay ve düşey taşıyan, ileten gelişmiş günlüğü sistemleri ile penceresiz veya pencerelerinden yeteri kadar günlüğünden faydalanamayan hacimlere günlüğünün ulaştırılması sağlanarak sistemin kullanım süresi ve harcanan güç minimuma düşürülebilmektedir (Erturan, 2010).

Yangın

Yangın, sıcaklık artışına neden olarak camın yapısında değişiklikler oluşturmaktadır. Cam cephelerde yangına karşı dayanım; kullanılan camın özellikleri ve cam paneller ile diğer bileşenler arasındaki derzlerle sağlanmaktadır. Aynı zamanda cephe ile taşıyıcı sistem arasındaki birleşimlerin herhangi bir kattaki alevin ya da dumanın diğer katlara yayılmasını önleyebilecek şekilde tasarlanması gereklidir (Çetiner, 2002).

Çift kabuk cephede dış ve iç katmanlar birbirinden farklı malzemelerden oluşur. Dış cephe kolay tutuşmayan, yanıcı olmayan A sınıfı yapı malzemelerden oluşurken, iç cephe B sınıfı kolay yanan malzemelerden oluşabilmektedir. Koridor ve kutu pencere tipli çift kabuklu cepheler katlar arasında yangının sıçramaması için bir çeşit önlemdir. Ofis binalarında yangının ilk başladığı zamanlarda yangının cephe boşluğundaki etkisi kullanıcılar tarafından fark edilmesini sağlar. Bu da daha çok konut binalarında, otellerde, huzur evlerinde, yatak odaları için kullanılır. Benzer durumlar çok insanın kullandığı binalar için geçerlidir (Oosterle vd., 2001).

Çift kabuklu cephenin değişik formlarına göre riskleri çizelge 2.1’ de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Çift kabuk cephelerin yangındaki risk durumları (Oosterle vd., 2001)

Parametreler	Tanım		Riskler	
Çift Kabuk Cephe Konstrüksiyon tipleri	A1	Yatay ve Düşey Bölmeli	Kutu Pencere Tipi	Düşük
	A2		Şaft-Kutu Tipi	Düşük
	B	Koridor Cepheler		Orta
	C	Çok Katlı Cepheler		Yüksek
Yapının Yüksekliği	I	Düşük Yükseklikteki Yapılar		Düşük
	II	Orta Yükseklikteki Yapılar		Orta
	III	Yüksek Yapılar		Yüksek
Yapının Kullanım Şekli	a	Ofis Kullanımında		Düşük
	b	Ev Kullanımında		Orta
	c	Otel, Okul, Hastane Gibi Özel Kullanımlarda		Yüksek

Bu ek tedbirler şunları içermelidir:

- Otomatik erken yangın ikaz sistemi odalarda ve cephe boşluğunda
- Cephe boşluğu için duman atma mekanizmasını otomatik aktifleştirecek sistem
- Odalarda ve cephe boşluğunda otomatik devreye girecek yangın müdahale sistemleri

Duman dedektör aparatlarıyla çalışan erken yangın ikaz sistemleri bulunmaktadır. Riskli ortamlarda odalara ve çift kabuklu cepheye su püskürten yangın müdahale elemanları yerleştirilir (Ünal, 2006).

Rüzgâr

Rüzgârı ifade edebilmek için yapının içinde ve dışında bulunan binaya doğru gelen bütün hava akımlarını belirtmek gereklidir. Bazen hava akımı yapıların strüktürel yapısını dahi etkileyebilmektedir. Havadaki basınç farklılıklarının var olma sebebi hava akımından kaynaklanmaktadır. Hava akımı her zaman yüksek basınçlı bölgeden alçak basınçlı bölgeye doğru hareket etmektedir. Yapı içindeki hacimlerde birbirlerine bağlı ve mekânlarda basınç farklılıkları mevcut ise yine yapı içinde hava akımı gerçekleşmektedir (Çetiner, 2002).

Yapı içindeki basınç farklılıklarını etkileyen 3 temel sebep bulunmaktadır.

1. Yapı içinde kullanılan mekanik ısıtma ve soğutma üniteleri ile oluşan basınç farklılıklarının meydana getirdiği hava akımları,
2. Isınan havanın yükselmesi, soğuk havanın ise alçalması sonucu oluşan hava hareketi,
3. Rüzgâr aracılığıyla gerçekleşen basınç farklılıkları.

Rüzgâr binanın içindeki ve çevresindeki hava akımlarında büyük etki sağlamaktadır. Bunun sebebi ise şöyle açıklanabilir; Binalar hava akımlarına engel oluşturarak rüzgârın binanın etrafından dolaşarak devam etmesine sebep olur. Daha sonra binaya çarptığı bölgede pozitif yani itme basıncı, binanın tam ters yönünde ise negatif yani emme basıncı oluşturduğu görülür. Basıncın şiddeti rüzgârın hızına göre değişkenlik gösterir. Rüzgârın yapılarıdaki etkisi binanın formuyla ve konumlandırılış şekline bağlı olarak da farklılaşabilmektedir. Çift kabuk cephe tasarımlarında önemli parametreler olan etkin rüzgâr yönü ve şiddeti, ara boşluğa hava giriş ve çıkış yerlerini belirlemek ciddi kararlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Cephenin bina yüksekliğine bağlı olarak aldığı rüzgâr yükü dikkate alınmalıdır. Çünkü cam cephe sisteminin rüzgâr yüklerine karşı dayanım sağlaması için; taşıyıcı profillerin ve cam plakaların rüzgâr yükünden dolayı yapacakları sehim miktarlarına göre boyutlandırılmaları gerekmektedir (Ünal, 2006). Rüzgâr odaklı hava değişimi iki şekilde yapılabilir. Oda

ya da binadaki açıklıklar farklı aerodynamic basınç bölgelerinde yer almış ise, sonrasında hava pozitif basınç bölgelerinden basınçsız bölgeye doğru akar. Genellikle hava değişimi rüzgâr hızına ve hava türbülansına bağlıdır. Gelen hava akımı oda içine yalnızca bir açıklıktan içeri alınır. Ancak, yoğun hava değişimi rüzgâr basıncının yönündeki değişiklikler ve dalgalanmalar sonucunda bina içinde gerçekleşebilir. Rüzgârın odaya giriş hızında cephe açıklıklarının tasarımları sınırlandırıcı etkiye sahip olabilmektedir (Hausladen vd., 2006).

Cephe sistemi iç ve dış basıncı kendi kendine dengeleyecek şekilde tasarlanmalıdır. Çünkü rüzgâr akımı kendine paralel doğrultudaki cephe panellerini dışa, dik doğrultudaki cephe panellerini ise içe doğru itme eylemi halinde bulunmaktadır. Ayrıca değişken basınçta olan rüzgâr yükü özellikle narin yapılarda strüktüre ve cephe sistemine hem zarar verir hem de uğultu ve gürültü ile kullanıcı konforunu rahatsız eder (Erturan, 2010). Dörtgen planlı yapılar haricinde olan değişik geometrik formlar, cephede değişik yükler oluşturarak durumu karmaşık bir hale sokar. Böyle durumlarda rüzgâr tüneli deneyleri yapmak iyi bir çözümdür. Strüktürel tasarım ve cephe tasarımları yaparken en çok bu deneylerin sonuçları dikkate alınmaktadır (Sev, 2009).

Maliyet

Bir cephe maliyetinin toplam bina maliyeti içerisindeki payı %15-%40 arasında olmasına rağmen, bina cephesinin bina işletim maliyetindeki etkisi %40 veya daha fazla olabilmektedir. Bu yüzden, son yıllarda fosil enerji kaynaklarının tükenmesi, bu kaynakların kullanılmasının yarattığı çevre sorunları, bir ülkedeki toplam enerjinin %40-50 payının binalarda kullanılıyor olması ile binalarda enerji verimliliğinin önemi artmıştır. böylece yapı ve malzeme teknolojisindeki gelişmelerle maliyetler dikkate alınmaktadır (Erturan,2010).

Çift kabuk cephe sisteme sahip bir proje için önce yapıya ait inşaat ve işletme maliyetlerinin hesaplanması gerekmektedir. Bu maliyetler binanın kullanımında tüketileceği enerjilerin toplamından oluşmaktadır. Çift kabuk cepheden sağlanacak kazanımlar ile ilave cephe strüktürü arasındaki maliyet farkı incelenmelidir (Çetiner, 2002).

Cephe sistemlerinin ekonomik yönden analizlerinde bazı maliyet unsurları hesaba katılmalıdır. Bunlar;

- Dış cephe kabuğunda maliyeti etkileyen detaylar; cam montaj tipi, cam tipi, cephe tipi, cephe ebatları ve pencere camlarının ebatlarıdır.
- Çift kabuklu cephenin ek yatırım maliyetleri; ikinci cephe strüktürü maliyeti, güneş kırıcı elemanlarının maliyeti, havalandırma sistemlerinin maliyeti, ek olarak

yapılacak yangın koruma materyallerinin maliyeti ve ses yalıtımı ile ilgili maliyetleri içermektedir.

- İşletme ve bakım maliyetleri; cephe temizliği, ilave aydınlatmaların enerji maliyeti, cephe için bakım ve servis maliyeti, güneş kırıcı elemanlarının ve yangından korunma cihazlarının v.b. maliyetlerini kapsamaktadır.
- İç cephe katmanında maliyeti belirleyen durumlar; kullanılan pencere tipi ve sistemi, cephede kullanılan cam yüzdesi ve cam tipinden oluşmaktadır.
- Çift kabuk arasında bulunan hava boşluğuna ait maliyet; ara boşluğun derinliği, dış kabuk destekleyici strüktür tipine, güneş kırıcı tipine ve ara boşluğun havalandırma şekline bağlı olarak hesaplanmaktadır.

İlk yatırım maliyetini hesap ederken toplam maliyeti düşük tutmak için malzeme, araç-gereç ve uygulama tekniklerinin düzgün bir şekilde seçiminin yapılmaması; işletme, bakım, onarım ve yenileme maliyetlerinin artmasına sebep olmaktadır. Bu yüzden, yapım ve kullanım süreci bir bütün olarak ele alınarak cephenin ekonomik etkinliği hedeflenmelidir (Ünal, 2006). Çift kabuk cephe sistemlerde ikinci bir cephe tabakasıyla maliyette oluşan artış, verimlilik açısından tek cephe sistemi ile kıyaslanmalıdır (Süyük, 2003). Cephe tasarımında bir projedeki masraflar ve faydalar ile projenin tümüne bakılmalı ve ayrıca tüm sistemin yaşam döngüsüne bakılmalıdır. Buna ek olarak kullanım ve bakım masrafları da önemsenmelidir. Kabuktaki ısıtma ve soğutma yükleri azaltılarak genel anlamda HVAC sistemlerinin kullanımı da maliyeti azaltabilir (Yellamraju, 2004).

Estetik

Çift kabuk cephelerin dış görünüş açısından giydirme cepheli tek kabuklu cephelerden pek bir farkı görülmemektedir. Tek kabuklu eski bir cepheye ikinci bir cephe ilave edilmesiyle oluşturulan çift kabuklu cepheler; eski görünümlü ve dış cephesinde sorunları olan tek kabuklu binaların yenilenmesini ve estetik bir görünüm elde edilmesini sağlamaktadır. Almanya'daki Gladbacher Bank binasının cephesindeki çift kabuk uygulaması bunun iyi örneklerinden birisidir. Şekil 2.53' te görülen fotoğraftaki eski binaya fayda sağlaması amacıyla binanın mevcut cephesinin önüne ilave bir cam cephe yerleştirilmiştir.



Şekil 2.53. Gladbacher Bank binası yenilenme öncesindeki (solda) ve sonrasındaki (sağda) durumu (Schrammen, 2015)

Bu ilave cephe sayesinde binanın eskimiş cephesi yerine yeni bir bina görüntüsü elde edilerek, çift kabuğun getirdiği görsel, estetik avantajlardan da yararlanılmıştır.

Bu örnekten anlaşılabileceği üzere çift kabuk cephelerin estetik açıdan eski binaların görünümlerinin düzeltilmesinde kullanılabilecek alternatif bir yöntem olduğu görülmektedir (Ünal, 2006).

2.7. Isıl Performans

Isıl konfor, kişinin bulunduğu ortamdan ısısal açıdan hoşnut olması ve mekânın yaşam koşullarına uygunluğudur. Bireylerin yaşamını devam ettirebilmesi, sağlıklı yaşayabilmesi ve çalışma ortamlarında verimli olabilmeleri için iç mekanda ısıl konfor koşullarının sağlanması gerekir (Namlı, 2015). Mekânlara doğal ısı kazancı sağlanamadığı durumlarda yapay yöntemlerle ortam konforu sağlanmaktadır. Ancak ısı kazancı sağlanabilmesi için güneşe göre konumlandırılarak planlanan yapılar ısıl performans bakımından daha avantajlıdır.

Isı geçişleri fiziksel olarak iletim, taşınım ve ışıyım olmak üzere üç yolla meydana gelir. Bina kabuğu bir bütün olarak düşünüldüğünde ısı yalıtım katmanının bina kabuğu boyunca sürekliliği sağlanmalıdır. Genellikle farklı ısıl özelliklere sahip yapı malzemelerinin birleşim detaylarında ısı köprüsü oluşmasından dolayı yüzey sıcaklığı düşer ve birleşim noktasında bağıl nem oranı artarak yoğuşmaya neden olurlar. Bu da, küf oluşumuna yol açabilmektedir. Isı köprülerinin oluşmasıyla harcanan enerji miktarı artmakta ve iç ortam konfor şartlarını olumsuz yönde etkilemektedir (Türkmen, 2016).

Isıl konfor; ASHRAE Standart 55-81'e göre kişinin iklimsel çevresinden tatmin olduğu koşullar olarak tanımlanır. İnsanlar aynı iklim koşullarından farklı etkilenirler bu yüzden, her insanın memnuniyet derecesi aynı değildir. Uygun iklim şartlarının oluşturulmasında mümkün olduğu kadar çok insanın memnuniyeti önemlidir. Binalarda ısı konfor koşulları minimum yakıt tüketimi ile sağlanmalıdır. Bu sebeple, ısı konfor koşullarının saptanması, enerji korunumunu hedefleyen binaların tasarım sürecinin ilk aşamasını oluşturmaktadır (Türktaş, 2014).

Isıl Konfor koşulları sağlanmamış bir mekânda çalışan insan üzerindeki pozitif veya negatif yöndeki ısı yük, dikkatin dağılmasına ve neticesinde performansın düşmesine sebep olabilir. Birtakım ısı konforu etkileyen parametrelerden bazıları kişiye göre değişimler, yaş, cinsiyet, hava akımı ve asimetrik ısı ışıdır. Konfora etki eden en temel faktörler ise kişisel ve çevresel parametreler olarak iki grup altında toplanabilir.

Kişisel parametreler;

- Kişinin aktivite düzeyi
- Kişinin giysi durumu

çevresel parametreler ise;

- Ortam sıcaklığı
- Ortam bağıl nemi
- Ortalama ışıdır sıcaklığı
- Ortamdaki bağıl hava hızı

olarak sıralanmaktadır (Yiğit ve Atmaca, 2007).

Kişinin aktivite düzeyi:

Kullanıcıya bağı bir ısı konfor parametresi olan insan vücudunun birim yüzey alanında birim zamanda üretilen enerji miktarı aktivite düzeyi olarak tanımlanmaktadır. “Met” birimiyle ifade edilmekte ($1 \text{ met} = 58.2 \text{ W/m}^2$) ve ısı konforda etkili olan aktivite düzeyine bağı olarak bireyin ortamdan memnun olması için mekana 106 W 'lık ısı transfer etmesi gerekir (Tuncer, 2006).

Kişinin giysi türü

Isıl konfor açısından kullanıcıya bağı bir parametre türü olan giysilerin ısı yalıtım değeri “clo” birimi ile ifade edilmektedir. Isıl konfor sağlanabilmesi için 21°C ortam sıcaklığı, 0.1 m/sn hava hızı ve %50 nem oranının sağlandığı mekanda kişinin taşıdığı giysinin 1 clo değerinde olması gerekmektedir (Şahinoğlu, 2012).

Ortam sıcaklığı:

Isıl konfor performansını etkileyen, ölçümü kolay bir parametredir. Mekân ile kişi arasında taşınım yoluyla gerçekleşen ısı transfer miktarını belirler ve bu transfer iki kaynaktan da sıcaklıklar eşitleninceye kadar devam eder. İklimsel ortam şartlarından etkilenen insan vücudunda, sıcak ortamlarda aşırı uyku hali ve yorgunluk oluşurken, soğuk ortamlarda ise dikkat dağınıklığı ile bedensel ve zihinsel verimin azaldığı görülür (Güler ve Ülkü, 2007).

Ortam bağıl nemi:

Bağıl nem havadaki nem oranının % olarak ifade edilmesidir. Ortamdaki havada bulunan su buharı miktarının aynı şartlardaki hava içinde bulunabilecek maksimum su buharı miktarına oranına bağıl nem denilmektedir (Tepe, 2006). Tercih edilen bağıl nem %30 ile %70 aralığındadır ve en çok kabul edilen değer %50 dir (Yiğit ve Atmaca, 2007).

ASHRAE Standart-55 kriterlerine göre; kabul edilen mekân ısıları ve nem yüzdeleri;

- a. Yaz aylarında, %30 bağıl nem 24,5-28°C,
- b. Yaz aylarında, %60 bağıl nem 23-25,5°C,
- c. Kış aylarında, %30 bağıl nem 20,5-25,5°C,
- d. Kış aylarında, %60 bağıl nem 20-24°C olmalıdır

ASHRAE standardı 62-1989, nemlilik seviyesinin binanın içinde yüzde 30-60 RH seviyesinde tutulmasını önerir. Bu nemlilik değerleri sayesinde bakteri, virüs, mite, mantarların yaşamı, solunum yoluyla alınan enfeksiyonlar ve diğer solunum problemleri büyük ölçüde azalmaktadır (Namlı, 2015).

Ortalama ışıınım sıcaklığı:

Farklı yüzey sıcaklıklarının ortalama etkilerini veren, kişi ile ortam arasında ışıınım yoluyla gerçekleşen ısı transferini belirleyen bir değişkendir. Bireyin duruşu, ya da nesnelerin yüzey sıcaklıklarına bağlı olarak değişim göstermektedir (Şahinoğlu, 2012). Özellikle iyi bir yalıtıma sahip olmayan binalarda dış duvarların yüksek güneş ışıınına maruz kalmasıyla iç duvarlar da yüksek ısıya ulaşmaktadır. Bu sebeple iç ortamdaki ısı, nemin ve hava hızının kontrol edilmesi, istenilen değerlerde tutulması ısı konforu sağlamada yeterli olmayabilir. İç ortam sıcaklığı konfor sınırları içerisinde olsa bile, ortamda mevcut olan sıcak veya soğuk duvarlar ve yüzeyler ortamda bulunan insanlara soğukluk veya sıcaklık hissi

vereabilmektedir. Bu nedenle, ortamda sıcak veya soğuk yüzeyler mevcut ise konfor hesaplamalarında ışı nım sıcaklığı da önemsenmeli ve dikkate alınmalıdır (Yiğit ve Atmaca, 2007).

Ortamdaki bağı l hava hızı

Hava hızı; kişi ve kişinin bulunduğu ortam arasında oluşan ısı alışverişlerini ve dengesini belirleyen önemli bir etkindir. Hava hareketlerinin artmasıyla kişinin çevresindeki hareketsiz hava tabakası azalır ve üşüme hissi oluşur bundan dolayı da ısı l konforsuzluk durumu meydana gelir. Isıl konfor koşullarının sağı lanabilmesi için hava hızı ortalama 0,05 m/s olarak kabul edilmelidir (Namlı, 2015).



3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde tez konusu kapsamında seçilen binaya ait fiziki ve coğrafi özelliklere değinilmiştir. Aynı zamanda binanın Antalya ilinde bulunması sebebiyle ile ait iklimsel veriler açıklanmıştır. Bina modellemesi Design Builder programı aracılığıyla yapılmıştır. Programın genel özellikleri materyal başlığı altında tanıtılmıştır. Yöntem bölümünde ise mevcut binaya farklı boşluk genişliklerine sahip çift kabuklu cephe sistemleri eklenerek oluşturulan modellemelerin aşamalarından bahsedilmiştir.

3.1 Materyal

Çalışmada modellenen binanın konumlandığı Antalya ili, Türkiye'nin güneyinde bulunan Akdeniz Bölgesinde 36° 06' ve 37° 27' kuzey enlemleri ile 29° 14' ve 32° 27' doğu boylamları arasında bulunmaktadır (Hamamcı, 2015). Sıcak ve nemli bir iklime sahip olmasından dolayı rüzgârdan faydalanılması gerekmektedir. Aksi takdirde güneş ışınlımlarından kaynaklanan ısı kazançları ortam konforuna zarar verebilmektedir (Berköz, 1995). Meteorolojiden alınan son istatistik verilere göre sıcaklık, yağışlı gün sayısı, güneşlenme süreleri aşağıda Çizelge 3.1' de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Antalya ili verileri 1929-2016 (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2016)

Aylar	Oc.	Şu.	Ma.	Ni.	Ma.	Ha.	Te.	Ağ.	Ey.	Ek.	Ka.	Ar.	Yıllık
Son İklim Periyoduna (1929-2016)													
Ort. Sıcaklık °C	9.9	10.5	12.7	16.2	20.5	25.3	28.4	28.2	24.8	20.1	15.1	11.4	18.6
Ort. En Yüksek Sıcaklık °C	14.9	15.5	17.9	21.3	25.6	30.8	34.1	34.0	31.0	26.5	21.2	16.7	24.1
Ort. En Düşük Sıcaklık °C	6.0	6.4	8.0	11.2	15.1	19.6	22.6	22.6	19.3	15.2	10.7	7.5	13.7
Ort. Güneşlenme Süresi (Saat)	5.2	5.6	6.5	8.1	10.6	11.4	12.1	11.4	10.0	8.1	6.3	5.0	100.3
Ort. Yağışlı Gün Sayısı	12.8	10.8	8.8	6.7	5.3	2.5	0.6	0.6	1.8	5.6	7.5	12.1	75.1
Son İklim Periyoduna (1929-2016)													
En Yüksek Sıcaklık °C	23.9	25.9	28.8	36.4	38.7	44.8	45.0	44.5	42.5	38.7	33.0	25.4	45.0
En Düşük Sıcaklık °C	-4.3	-4.6	-1.6	1.4	6.3	11.1	14.8	13.6	10.3	4.9	00	-1.9	-4.6

Antalya’da kış aylarında ortalama sıcaklık 9,9 °C iken en düşük sıcaklık ortalaması 6 °C’ ye kadar inmektedir. Yaz aylarında ise ortalama sıcaklık 28,2 °C iken en yüksek sıcaklık ortalaması 34,1 °C’ye kadar çıkabilmektedir. Yıllık ortalama bağıl nem oranı %62, yıllık yağış miktarı ortalaması ise 1066,9 mm dolaylarındadır. Yıllık ortalama güneşlenme süresi 100.3 saat olan Antalya’ da hakim rüzgar yönü Kuzeybatı’ dır (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2016).

Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları Standardına (TS 825) göre Türkiye beş adet derece gün bölgesine ayrılmıştır. Antalya ili bu bölgeler arasında 1. derece-gün bölgesindedir (Şekil 3.4). Standartta her bölgeye ait duvar, tavan, taban ve pencere bileşenlerinde sağlanması gereken maksimum ısı geçirgenlik katsayısı (U değeri) belirtilmiştir.



Şekil 3.1. Antalya ilinin 1. Bölgede olduğunu gösteren harita (Atmaca, 2016)

TS 825 Isı Yalıtımı Kuralları Standardında bölgelere göre en fazla kabul edilmesi tavsiye edilen U değerleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir. Pencere için tüm bölgelerde 1.8 w/m²K değeri görülmektedir (Çizelge 3.2). Diğer bileşenlere ait değerlerde farklılıklar mevcuttur.

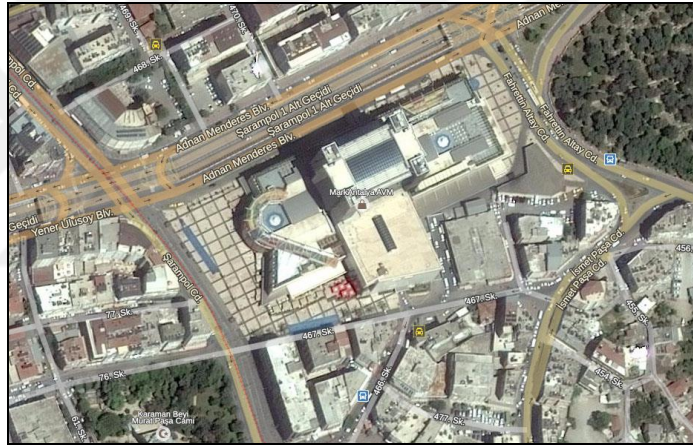
Çizelge 3.2. TS 825 Bölgelere göre U değerleri (TS825, 2013)

	U_D (W/m ² K)	U_T (W/m ² K)	U_t (W/m ² K)	U_P (W/m ² K)
1. Bölge	0,66	0,43	0,66	1,8
2. Bölge	0,57	0,38	0,57	1,8
3. Bölge	0,48	0,28	0,43	1,8
4. Bölge	0,38	0,23	0,38	1,8
5. Bölge	0,36	0,21	0,36	1,8

Tez kapsamında mevcut bir yapının enerji performansını arttırmak amacıyla iyileştirme önerileri yapılmıştır. Uygulamanın yapılacağı bina Antalya Muratpaşa bölgesinde konumlanan bir Alışveriş ve İş Merkezi' dir (Şekil 3.1). Binanın tüm cephelerinin giydirme cephe sistemli olması sebebiyle binada oluşan dezavantajların ortadan kaldırılabilmesi amaçlanmıştır.

Antalya' da yer alan binanın seçilme nedenleri şunlardır:

- Antalya' da nadir bulunan çok katlı ofis yapılarından biri olması,
- Yapıda kullanılan giydirme cepheden dolayı aşırı güneş ışınlarına maruz kalması
- Yapının yıllık enerji tüketiminin yüksek olması,
- Konumlandığı alan itibari ile yoğun trafik gürültüsü olan bir yerde bulunması ve ses kontrolünün sağlanmasının gerekliliği,



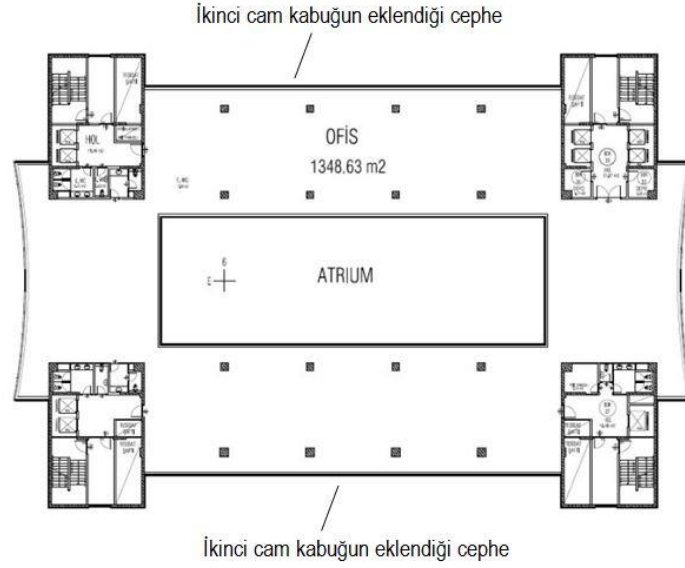
Şekil 3.2. Çalışma alanı yakın çevre yerleşimi uydu görüntüsü (Google harita)

2013 yılında inşası tamamlanan bina aynı yıl kullanılmaya başlanmıştır. Bina 7'si bodrum kat olmak üzere toplam 22 kattan oluşmaktadır. Yapının birinci bodrum kat, zemin kat ve üzerinde bulunan ilk dört kat alışveriş merkezini, beşinci ve on ikinci katlar tesisat katlarını, altıncı kat ile on dördüncü katlar arası ofis katlarını oluşturmaktadır. Kat yükseklikleri 3.50 m olan binanın ofis katlarında cam giydirme cephe, alışveriş merkezine ait katlarda ise taş giydirme cephe sistemi kullanılmıştır. Her bir ofis katı 1828 m²' den oluşmaktadır. Ortada bulunan atriumun etrafı cam giydirme sistemle kapatılmıştır (Şekil 3.3). Ofis katlarında bölücü duvarlar kiracıların kullanım ihtiyacına göre şekillenmektedir. Katlar arasında hava geçişi sadece merdivenlerde gerçekleşmektedir.



Şekil 3.3. Atrium etrafı koridorlar

Bina cephesinde her katta 80 cm yüksekliğinde beton parapet yapılmıştır. Cam giydirme cephe sistemi, üzerine 8 cm kalınlığında alüminyum folyolu taş yünü kaplanmış olan parapetin önünden geçmektedir. U değeri $2,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ olan cam sistem, 6+12+6 mm mavi renkli low-E reflekte camdan oluşmaktadır. Cephe sisteminde pencereler açılmamakta ve doğal havalandırma yapılamamaktadır. Binanın ısıtılması ve soğutulması klimalar, dolayısı ile elektrik enerjisi ile sağlanmaktadır. Bu yapının en çok güneş alan mekânlarının ofis katlarında olması ve ofis hacimlerinde daha fazla soğutma enerjisi harcanması nedeniyle binanın 5. ve 14. katlar arasında kalan bölümlerinin analizleri yapılmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. İş merkezinin ofis kat planı (6,7,8,9,10,11,12,13. Kat)

Design Builder Versiyon 4.7.0.022 Programı

Simülasyonlarda hem kısa sürede hem de ekonomik bir şekilde sonuca ulaşmayı sağlayan Design Builder programı Energy Plus ara yüzünü kullanan bir yazılımdır. Aynı zamanda yapıların tasarım sürecinde enerji yükleri, karbon değerleri, aydınlatma ve konfor koşulları ile ilgili ön değerlendirmenin yapılabilirdiği bir programdır. Yapıya ait malzeme türünün belirlenmesi, cam renginin seçilebilmesi, yapım teknikleriyle ilgili detayların belirtilmesi gibi özelliklerle simülasyonlar oluşturulabilmektedir. Design Builder mimarlar, mühendisler ve enerji danışmanları gibi pek çok kullanıcıya olanak sağlamaktadır. Programın temel kullanım alanları aşağıda sıralanmıştır:

- Cephe sistemlerinin ısıl performans açısından etkisinin incelenmesi,
- Yeterli günışığının belirlenmesi ve aydınlatma elemanlarının modelde enerji açısından değerlendirilmesi,
- Yapıya ve yapının yakın çevresine ait sıcaklık, basınç gibi değerlerin CFD modülü kullanımıyla hesaplanması,
- Bina vaziyet planının ve binaya ait yatay-düşey yönlerde gölge etkisinin görsel şekilde aktarılması,
- Doğal havalandırmalı binalarda termal simülasyon,
- HVAC tasarımına yardımcı olabilmek,
- Tasarım ile ilgili görüşmelerde aracı iletişimi sağlayan materyal olarak kabul edilmesi,

- Üniversitelerde bazı bölümlerde enerji modellemesi ve simülasyon konulu derslerde kullanılması,

Sonuçlar istenilen şekilde grafik haline getirilerek sunum yapılabilmekte veya tabloya dönüştürülerek başka programlarda da görüntülenebilmektedir (Altensis, 2016).

3.2. Yöntem

Bu çalışma toplam dört aşamadan oluşmaktadır. Çalışmanın ilk aşamasında binanın mevcut durumu DesignBuilder simülasyon programı yardımıyla modellenerek yapının ısıtma ve soğutma yükleri hesaplanmıştır. Bu aşamada binanın ortam sıcaklığı 22-24°C ayarlanmıştır. Çalışmanın ikinci aşamasında, bütün cephelerinde giydirme cephe sistemi uygulanmış olan mevcut bina modelinin kuzeybatı ve güneydoğu cephelerine ısı geçirme katsayısı (u değeri) 1.8w/m²K olan ikinci cephe katmanı eklenerek çift kabuklu cephe sistemi yapılmıştır. Isınan havanın yükselmesi bulunduğu katın üzerindeki kat yüzeylerinin ısınma olasılığını arttırarak performansla olumsuz etki oluşturabilmektedir. Bu yüzden bu tezde bina yüksekliğinde çift kabuklu cephe sistemi yerine koridor tipli cephe sisteminin uygulaması önerilmiştir. Böylece her kat taze havayı içeriye alıp yine kat seviyesinde dışarıya vermektedir. Yine bu tezde katların kendi içerisinde uyumlu hacimlere sahip olması da tercih sebebi olmaktadır. Kutu ve shaft tipi çift kabuk cephe sistemi üretim yönüyle koridor cephe sistemine göre daha maliyetli olduğu için öngörülmemiştir. Eklenen giydirme cam cephe sistemine 200x30 cm boyutlarında beşi kat döşemelerinin alt noktasında hava girişi sağlayan, beşi kat döşemelerinin üst noktasında hava çıkışı sağlayan toplam on adet menfez yerleştirilmiştir. Hazırlanan koridor tipli çift kabuklu cephe sisteminin 60 (Model 1A), 80 (Model 2A), 100 (Model 3A) ve 120 (Model 4A) cm boşluk genişliklerine sahip dört farklı modeli hazırlanmıştır. Farklı boşluk genişliğine sahip modellerin her birine ait ısıtma ve soğutma yükleri hesaplanmıştır.

Üçüncü aşamada, mevcut durumun kuzeybatı ve güneydoğu cephelerine U değeri 1,4 W/m²K olan ikinci cam katman eklenmiştir. Hazırlanan koridor tipli çift kabuklu cephe sisteminin 60 (Model 1B), 80 (Model 2B), 100 (Model 3B) ve 120 (Model 4B)cm boşluk genişliklerine sahip dört farklı modeli hazırlanarak bu modellerin ısıtma ve soğutma yükleri hesaplanmıştır. Bu aşamalarda elde edilen veriler karşılaştırılmış ve ısı yükleri açısından en uygun kabuk sistem belirlenmiştir.

Son çalışma aşamasında, ikinci ve üçüncü aşamada elde edilen verilere göre en düşük soğutma yüküne sahip modelin hem güneydoğu (GD) hem de kuzeybatı (KB) yönlerine

sırasıyla 200, 150, 100 ve 50 cm aralıklarla gölge elemanları eklenerek ısıtma ve soğutma yükleri hesaplanmıştır. Doğu ve batı yönlerinden gelen yatay güneş ışınlarından dolayı güneş kırıcılar dikey olarak yerleştirilmiştir. Daha sonra kuzeydoğu (KD), kuzeybatı (KB), güneydoğu (GD) ve güneybatı (GB) olmak üzere 4 cepheye de sırasıyla 200, 150, 100, 50 cm aralıklarla dikey güneş kırıcılar eklenerek tekrar ısıl yüklerdeki değişimi incelenmiştir. Tüm hazırlanan modellerin yıllık ısıtma ve soğutma yükleri hesaplanarak analizlerinden elde edilen sonuçlar aktarılmış ve bu sonuçlar kıyaslanarak tartışılmıştır.

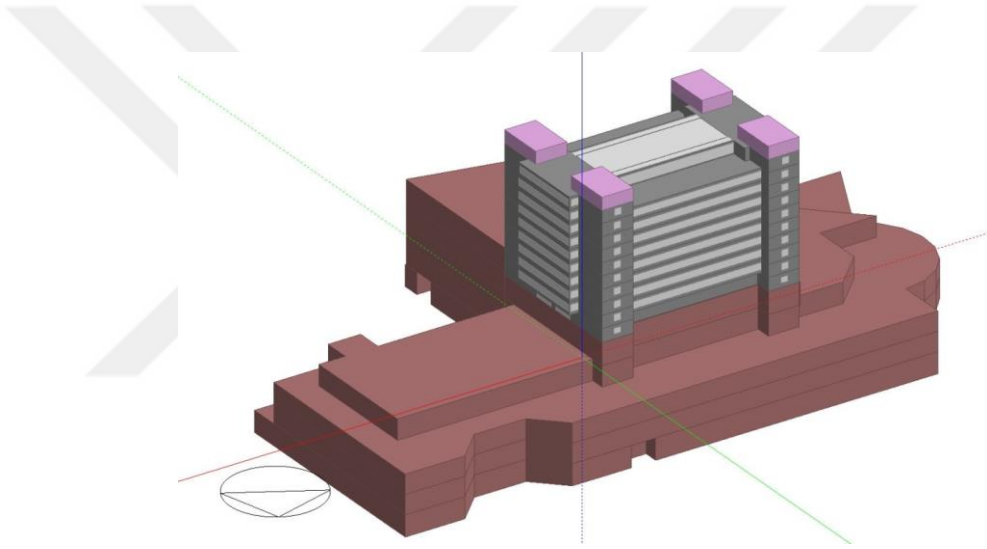


4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Tez çalışmasında mevcut yapının modeli ve farklı U değeri ile oluşturulan 8 adet çift kabuklu cepheye sahip model hazırlanmıştır. Bu modellerin yıllık ısıtma ve soğutma yüklerine ait değişimler aşağıda anlatılmıştır. Daha sonra en uygun soğutma yüküne sahip modele güneş kırıcı eklenmesiyle ısı yüklerinde oluşan değişiklikler de aşağıda incelenmiştir.

4.1. Yapının Mevcut Durumunun Yıllık Isıl Yükleri

Çalışmanın bu aşamasında binanın mevcut durumu DesignBuilder simülasyon programı aracılığıyla modellenmiştir. Binaya ait yıllık ısıtma yükü ve soğutma yükü hesaplanmıştır. Hazırlanan modelin görseli aşağıda Şekil 4.1’ de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Model M’nin 3D modeli

Mevcut cephe sistemine (Model M) ait modelin yıllık ısıtma ihtiyacı 175270 kWh yıllık soğutma ihtiyacı ise 746120 kWh olarak hesaplanmıştır. Binaının mevcut durumuna ait plan şeması ve kat seviyesinde kısmi şematik kesiti (Şekil 4.2) aşağıdaki gibidir.



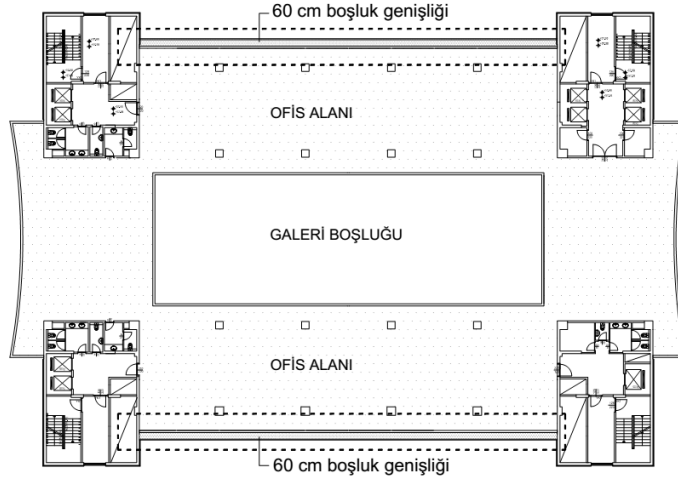
Şekil 4.2. Mevcut yapının planı ve şematik kısmi cephe kesiti

4.2. Giydirme Cam Cephe Ekleyerek Isıl Performansı İyileştirme

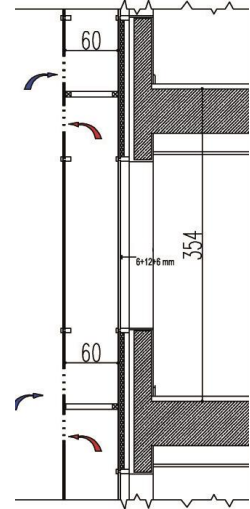
Çalışmada ofis binasının Kuzeydoğu ve güneybatı cephelerindeki döşemenin içbükey formda ve çıkma olarak yer alması nedeniyle giydirme sistem görsellik, uygulama ve taşıma açılarından problem yaratacağından bu cephelere ikinci katman eklenmemiştir. Binanın yalnızca kuzeybatı ve güneydoğu cephelerine önce U değeri $1.8 \text{ w/m}^2\text{K}$ olan ikinci cam katman, sonrasında $1.4 \text{ w/m}^2\text{K}$ olan ikinci cam katman eklenerek çift kabuklu sistemli model oluşturulmuştur. Analizler sonucunda hesaplanan ısıtma ve soğutma yükleri aşağıda belirtilmiştir.

4.2.1. Cepheye U değeri $1,8 \text{ w/m}^2\text{K}$ olan cam eklendiğinde elde edilen enerji yükleri

Model 1A (60 cm boşluk genişlikli): Boşluk genişliği 60 cm olan koridor tipi çift kabuklu cephe sistemine ait modelin yıllık ısıtma ihtiyacı 117250 kWh , yıllık soğutma ihtiyacı ise 711600 kWh olarak hesaplanmıştır. Bu modele ait plan şeması ve kat seviyesinde kısmi şematik kesit (Şekil 4.3) aşağıdaki gibidir.



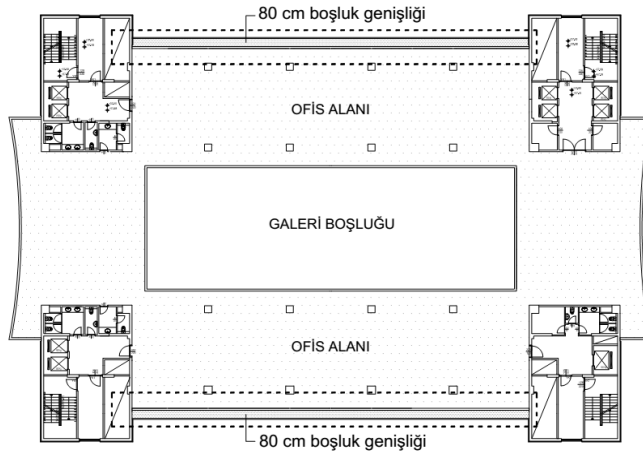
a) Plan



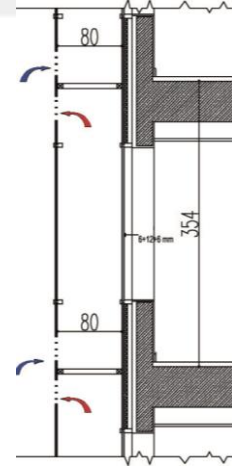
b) Kısmi kesit

Şekil 4.3. Model 1A Plan ve kısmi şematik cephe kesiti

Model 2A (80 cm boşluk genişlikli): Boşluk genişliği 80 cm olan koridor tipi çift kabuklu cephe sistemine ait modelin yıllık ısıtma ihtiyacı 117100 kWh, yıllık soğutma ihtiyacı ise 710230 kWh olarak hesaplanmıştır. Bu modele ait şematik plan ve kat seviyesinde kısmi şematik kesit (Şekil 4.4) aşağıdaki gibidir.



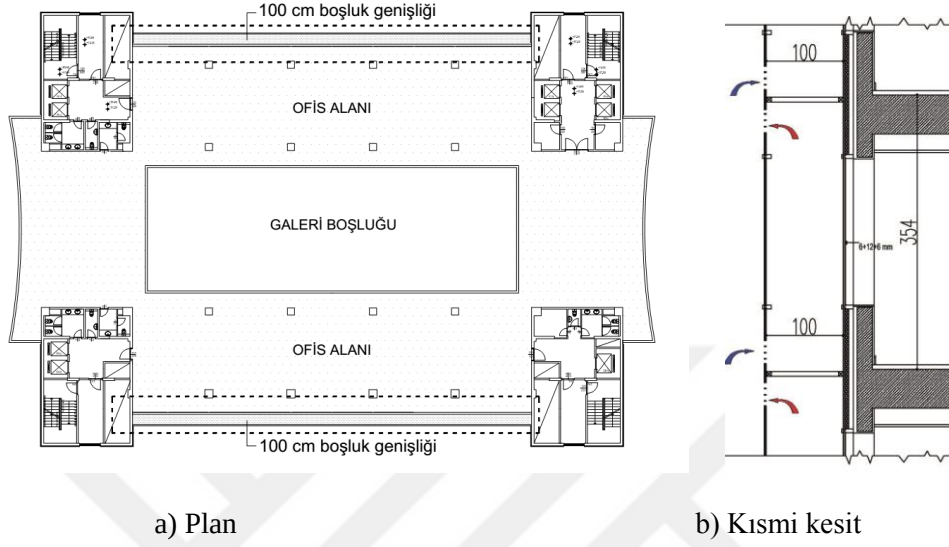
a) Plan



b) Kısmi kesit

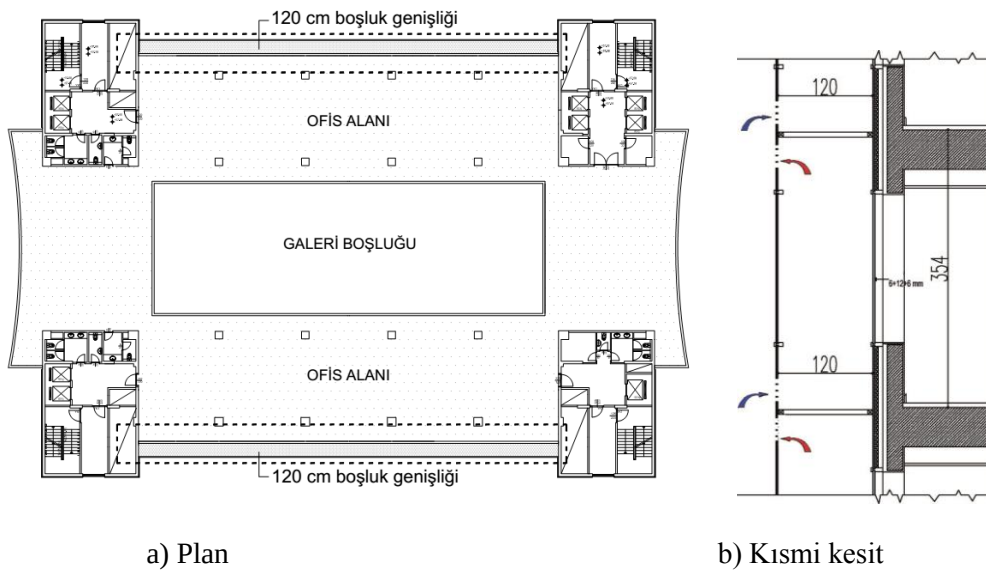
Şekil 4.4. Model 2A Plan ve kısmi şematik cephe kesiti

Model 3A (100 cm boşluk genişlikli): Boşluk genişliği 100 cm olan koridor tipi çift kabuklu cephe sistemine ait modelin yıllık ısıtma ihtiyacı 117890 kWh, yıllık soğutma ihtiyacı ise 705820 kWh olarak hesaplanmıştır. Bu modelin şematik planı ve kat seviyesinde kısmi şematik kesiti (Şekil 4.5) aşağıdaki gibidir.



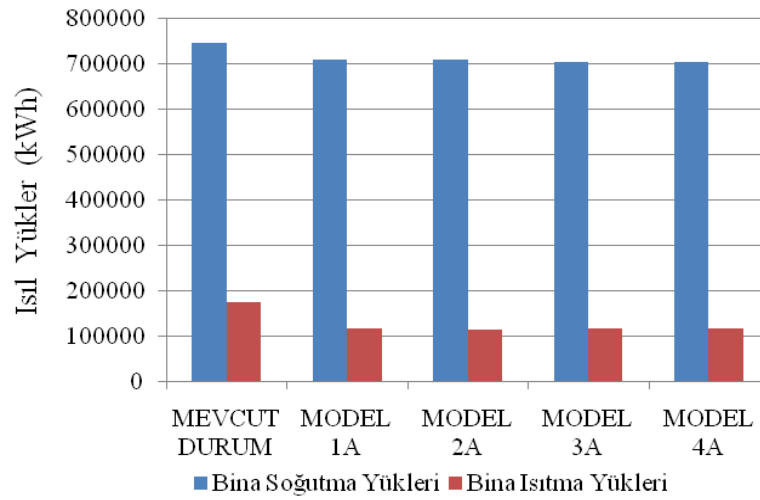
Şekil 4.5. Model 3A Plan ve kısmi şematik cephe kesiti

Model 4A (120 cm boşluk genişlikli): Boşluk genişliği 120 cm olan koridor tipi çift kabuklu cephe sistemine ait modelin yıllık ısıtma ihtiyacı 118350 kWh, yıllık soğutma ihtiyacı ise 704310 kWh olarak hesaplanmıştır. Bu modelin şematik planı ve kat seviyesinde kısmi şematik kesiti (Şekil 4.6) aşağıdaki gibidir.



Şekil 4.6. Model 4A Plan ve kısmi şematik cephe kesiti

Simülasyonlar sonucunda ikinci kabuğun yapının yıllık ısıtma ve soğutma yüklerini azalttığı ancak boşluk genişliğinin elde edilen yükler arasında önemli farklılıklar oluşturmadığı gözlenmiştir (Şekil 4.7). En düşük ısıtma yükü boşluk genişliği 80 cm olan Model 2A’da 117100 kWh, en düşük soğutma yükü ise boşluk genişliği 120 cm olan Model 4A’da 704310kWh olarak hesaplanmıştır. Oluşturulan modellerde en düşük toplam enerji yükü Model 4A’da elde edilmiştir. Model 4A’da elde edilen ısıtma ve soğutma yüklerinin toplamı, mevcut durumun enerji yüklerinden %10,72 daha azdır. Yapının soğutma yükleri ısıtma yüklerinden daha fazla olduğu için soğutma yüklerinde en fazla azalmanın olduğu model aynı zamanda en düşük toplam yükün elde edildiği model olmuştur.

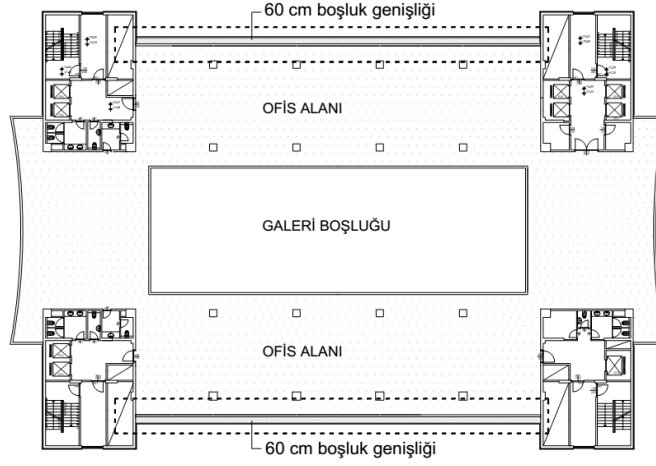


Şekil 4.7. Cepheye U değeri 1,8 w/m²K olan cam eklendiğinde elde edilen ısıtma ve soğutma yükleri (Modellerdeki boşluk genişlikleri: 1A-60 cm, 2A-80 cm, 3A-100 cm, 4A-120)

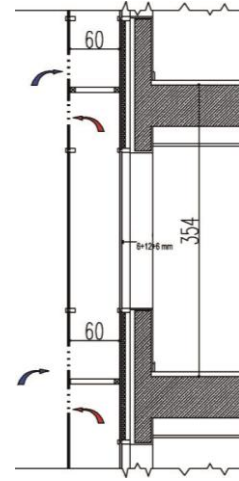
4.2.2. Cepheye U değeri 1,4 w/m²K olan cam eklendiğinde elde edilen enerji yükleri

Bu bölümde mevcut cephe üzerine eklenen ikinci cephede kullanılan cama ait U değeri 1.4w/m²K’ dir. Elde edilen çift kabuklu cephe sisteminde boşluk genişlikleri değiştirilerek oluşturulan modellerin ısıtma ve soğutma yükleri belirtilmiştir.

Model 1B (60 cm boşluk genişlikli): Boşluk genişliği 60 cm olan koridor tipi çift kabuklu cephe sistemine ait modelin yıllık ısıtma ihtiyacı 112820 kWh, yıllık soğutma ihtiyacı ise 723000 kWh olarak hesaplanmıştır. Bu modelin şematik planı ve kat seviyesinde kısmi şematik kesiti (Şekil 4.8) aşağıdaki gibidir.



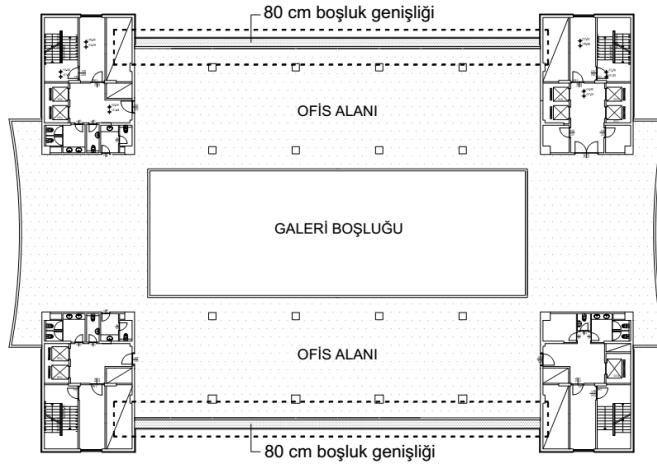
a) Plan



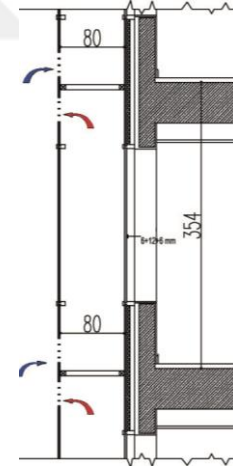
b) Kısmi kesit

Şekil 4.8. Model 1B Plan ve kısmi şematik cephe kesiti

Model 2B (80 cm boşluk genişlikli): Boşluk genişliği 80 cm olan koridor tipi çift kabuklu cephe sistemine ait modelin yıllık ısıtma ihtiyacı 113320 kWh, yıllık soğutma ihtiyacı ise 720090 kWh olarak hesaplanmıştır. Bu modelin şematik planı ve kat seviyesinde kısmi şematik kesiti (Şekil 4.9) aşağıdaki gibidir.



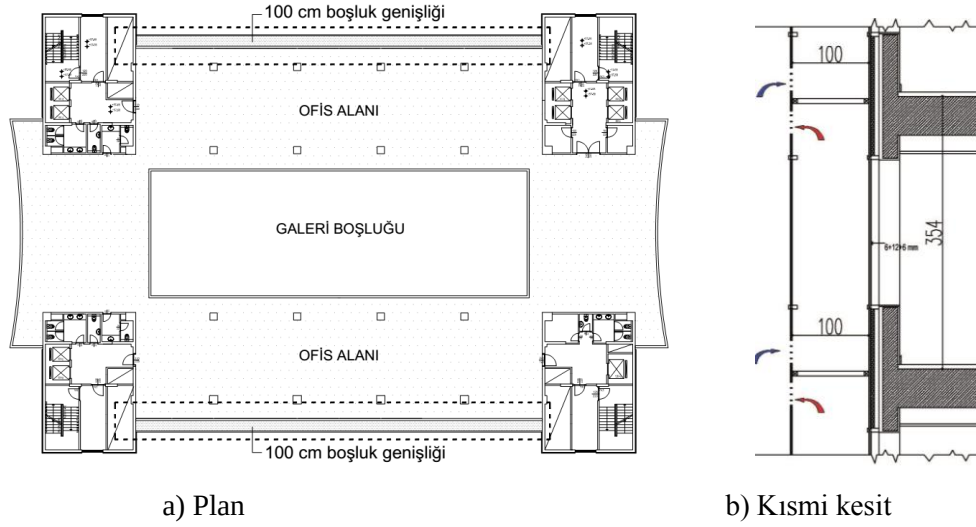
a) Plan



b) Kısmi kesit

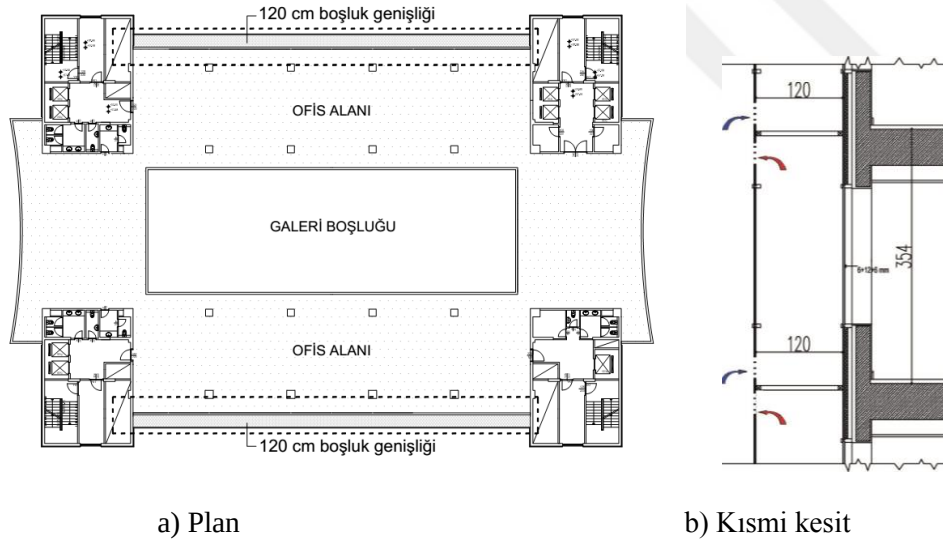
Şekil 4.9. Model 2B Plan ve kısmi şematik cephe kesiti

Model 3B (100 cm boşluk genişlikli): Boşluk genişliği 100 cm olan koridor tipi çift kabuklu cephe sistemine ait modelin yıllık ısıtma ihtiyacı 114120 kWh, yıllık soğutma ihtiyacı ise 715690 kWh olarak hesaplanmıştır. Bu modelin şematik planı ve kat seviyesinde kısmi şematik kesiti (Şekil 4.10) aşağıdaki gibidir.



Şekil 4.10. Model 3B Plan ve kısmi şematik cephe kesiti

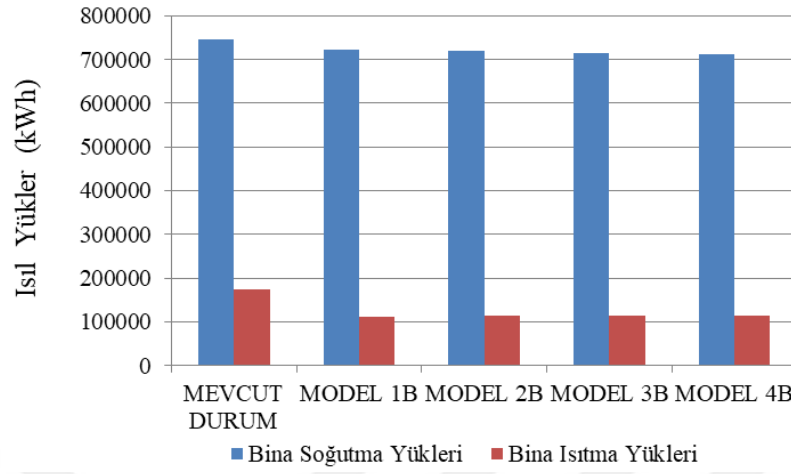
Model 4B (120 cm boşluk genişlikli): Boşluk genişliği 120 cm olan koridor tipi çift kabuklu cephe sistemine ait modelin yıllık ısıtma ihtiyacı 115180 kWh, yıllık soğutma ihtiyacı ise 712660 kWh olarak hesaplanmıştır. Bu modelin şematik planı ve kat seviyesinde kısmi şematik kesiti (Şekil 4.11) aşağıdaki gibidir.



Şekil 4.11. Model 4B Plan ve kısmi şematik cephe kesiti

Hazırlanan modellerin analizleri sonucunda elde edilen ısıtma ve soğutma yüklerinin kendi aralarında ve mevcut durumla karşılaştırması Şekil 4.12’ de görülmektedir. İkinci kabuğun yapının yıllık ısıtma ve soğutma yüklerini azalttığı ancak boşluk genişliğinin elde edilen yükler arasında önemli farklılıklar oluşturmadığı gözlenmiştir. En düşük ısıtma yükü boşluk genişliği 60 cm olan Model 1B’de 112820 kWh, en düşük soğutma yükü ise boşluk genişliği 120 cm olan Model 4B’ de 712660 kWh olarak hesaplanmıştır. Oluşturulan modellerde en

düşük toplam enerji yükü Model 4B’de elde edilmiştir. Model 4B’de elde edilen ısıtma ve soğutma yüklerinin toplamı, mevcut durumun enerji yüklerinden %10,15 daha azdır.



Şekil 4.12. Cepheye U değeri 1,4 w/m²K olan cam eklendiğinde elde edilen ısıtma ve soğutma yükleri

(Modellerdeki boşluk genişlikleri: 1B-60 cm, 2B-80 cm, 3B-100 cm, 4B-120)

Kurgulanan çift kabuklu cephe sistemine ait camın U değeri 1,4 w/m²K ve 1,8 w/m²K olarak belirlenen tüm modellerin simülasyon sonuçlarından elde edilen değerlere göre en düşük ısıtma yükü ihtiyacı 60 cm boşluk genişliğine sahip Model 1B’ de elde edilmiştir. Modellenen çift kabuklu cephe sistemlerinden en düşük soğutma yükü ihtiyacı ise 120 cm boşluk genişlikli Model 4A’ ya aittir. Oluşturulan modellerde en düşük toplam enerji yükü % 10,72 oranında kazanç sağlayan Model 4A’ da elde edilmiştir. Hem yıllık soğutma yükü hem de yıllık toplam enerji yükü açısından en avantajlı model olduğundan Model 4A’ya uygulanan sistem, bina için en uygun ek kabuktur.

4.3. Dikey Güneş Kırıcıların Isıtma Ve Soğutma Yüklerine Etkisi

Çalışmanın bu aşamasında en düşük soğutma yüküne sahip, boşluk genişliği 120 cm ve eklenen cephe camına ait u değeri 1,8 w/m²K olan modele 200, 150, 100 ve 50 cm aralıklarla dikey güneş kırıcılar (dkg) eklenerek ısıtma ve soğutma yüklerinde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Dikey güneş kırıcılar öncelikle sadece ikinci cephenin eklendiği kuzeybatı ve güneydoğuya, daha sonra kuzeydoğu, kuzeybatı, güneydoğu ve güneybatı olmak üzere 4 cepheye birden eklenerek yüklerdeki farklılıklar incelenmiştir.

GD- KB- 200: Boşluk genişliği 120 cm olarak modellenen en düşük soğutma yüküne sahip Model 4A' nın hem güneydoğu hem de kuzeybatı cephelerine 200 cm aralıklarla dikey güneş kırıcılar eklenerek simülasyon yapılmıştır. Analiz sonucuna göre binanın ısıtma yükü 123170 kWh, soğutma yükü ise 684770 kWh ' dır.

GD- KB- GB- KD- 200: Boşluk genişliği 120 cm olarak modellenen en düşük soğutma yüküne sahip Model 4A' nın kuzeydoğu, kuzeybatı, güneydoğu ve güneybatı cephelerine aynanda 200 cm aralıklarla dikey güneş kırıcılar eklenerek simülasyon yapılmıştır. Analiz sonucuna göre binanın ısıtma yükü 128340 kWh, soğutma yükü ise 662120 kWh' dır.

GD- KB- 150: Boşluk genişliği 120 cm olarak modellenen en düşük soğutma yüküne sahip Model 4A' nın hem güneydoğu hem de kuzeybatı cephelerine 150 cm aralıklarla dikey güneş kırıcılar eklenerek simülasyon yapılmıştır. Analiz sonucuna göre binanın ısıtma yükü 124960 kWh, soğutma yükü ise 681730 kWh' dır.

GD- KB- GB- KD- 150: Boşluk genişliği 120 cm olarak modellenen en düşük soğutma yüküne sahip Model 2A' nın kuzeydoğu, kuzeybatı, güneydoğu ve güneybatı cephelerine aynanda 150 cm aralıklarla dikey güneş kırıcılar eklenerek simülasyon yapılmıştır. Analiz sonucuna göre binanın ısıtma yükü 131680 kWh, soğutma yükü ise 652160 kWh' dır.

GD- KB- 100: Boşluk genişliği 120 cm olarak modellenen en düşük soğutma yüküne sahip Model 4A' nın hem güneydoğu hem de kuzeybatı cephelerine 100 cm aralıklarla dikey güneş kırıcılar eklenerek simülasyon yapılmıştır. Analiz sonucuna göre binanın ısıtma yükü 127520 kWh, soğutma yükü ise 668770 kWh' dır.

GD- KB- GB- KD-100: Boşluk genişliği 120 cm olarak modellenen en düşük soğutma yüküne sahip Model 4A' nın kuzeydoğu, kuzeybatı, güneydoğu ve güneybatı cephelerine

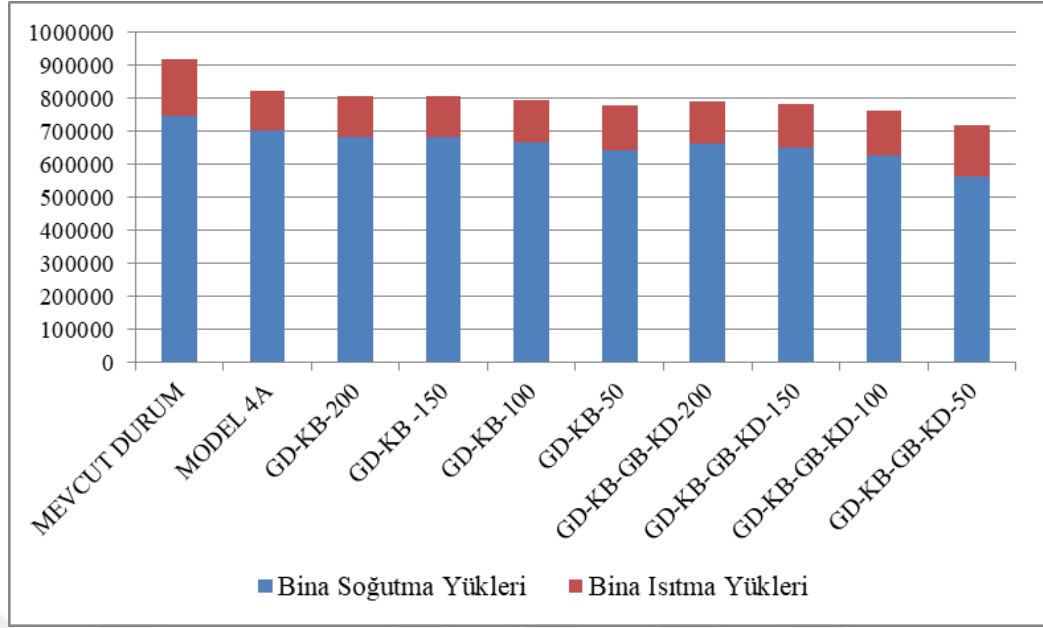
100 cm aralıklarla dikey güneş kırıcılar eklenerek simülasyon yapılmıştır. Analiz sonucuna göre binanın ısıtma yükü 138010 kWh, soğutma yükü ise 625530 kWh' dir.

GD- KB- 50: Boşluk genişliği 120 cm olarak modellenen en düşük soğutma yüküne sahip Model 4A' nın hem güneydoğu hem de kuzeybatı cephelerine 50 cm aralıklarla dikey güneş kırıcılar eklenerek simülasyon yapılmıştır. Analiz sonucuna göre binanın ısıtma yükü 135480 kWh, soğutma yükü ise 642210 kWh' dir.

GD- KB- GB- KD-50: Boşluk genişliği 120 cm olarak modellenen en düşük soğutma yüküne sahip Model 4A' nın kuzeydoğu, kuzeybatı, güneydoğu ve güneybatı cephelerine 50 cm aralıklarla dikey güneş kırıcılar eklenerek simülasyon yapılmıştır. Analiz sonucuna göre binanın ısıtma yükü 156140 kWh, soğutma yükü ise 564370 kWh' dir.

Güneş kırıcı eklenen bütün modellerin analizlerinde; mevcut yüklere ve Model 4A'ya göre toplam ısı yüklerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Hem sadece iki cepheye hem de dört cepheye birden güneş kırıcı eklenmiş olan modellerde Model 4A'yla karşılaştırınca ısıtma yüklerinde artış, soğutma yüklerinde ve toplam yüklerde azalma görülmektedir. Model 4A'ya göre soğutma yüklerinde en fazla enerji kazancı % 19,87 oranında dört cepheye birden 50 cm aralıklarla güneş kırıcılar eklendiğinde sağlanmıştır. Aynı zamanda dört cepheye birden 50 cm aralıklarla güneş kırıcılar eklendiğinde Model 4A'ya göre yıllık toplam ısı yüklerine bakıldığında en çok %12,42 oranında enerji kazancı elde edilmiştir. Model 4A'ya göre ısıtma yüklerinde artış olmuş ancak en az artış %4,07 oranında iki cephede birden 200 cm aralıklarla güneş kırıcı eklendiğinde görülmüştür (Şekil 4.13).

Mevcut durumla karşılaştırıldığında ise ısıtma, soğutma ve toplam yüklerin hepsinde birden azalma olduğu tespit edilmiştir. İki cepheye 50 cm aralıklarla eklenen güneş kırıcıların enerji yüklerine etkisi ile dört cepheye birden 150 cm aralıklarla eklenen güneş kırıcıların etkisi birbirine yakındır. Soğutma dönemindeki ısı konfor koşulları ısıtma dönemindeki konfor koşullarından daha olumsuz olan ve hem ısıtma hem de soğutma için elektrik enerjisi kullanılan binada toplam yükler açısından en avantajlı alternatif dört cepheye birden 50 cm aralıklarla güneş kırıcı eklenen (GD- KB- GB-KD- 50) modeldir. Bu model, mevcut durumun ısıtma yüklerini %10,91, soğutma yüklerini %24,36 ve toplam yükleri %21,8 oranında azaltmıştır (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. Önce iki, daha sonra dört cepheye 200, 150, 100 ve 50 cm aralıklarla eklenen güneş kırıcıların mevcut duruma ve Model 4A'ya etkisi

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapı tasarımında en önemli kriter olan iç mekan konfor koşullarının sağlanmasında, enerji etkin yapı kabuğu uygulamaları büyük rol oynamaktadır. Günümüzde yapı teknolojilerinin gelişmesiyle yapılarda giydirme cephe sistemlerinin uygulaması sürekli artış göstermektedir. Giydirme cephe sistemleri estetik ve hızlı yapım tekniğine sahip olsa da ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemleri açısından yüksek maliyetlere sebep olmaktadır. Gelişmiş pek çok ülkede ikinci bir kabuk ilavesi ile çift kabuklu cephe sistemleri oluşturularak enerji etkin yapılar tasarlanmaktadır. Enerji korunumu yanı sıra konfor koşullarını da sağladığı için bu sistemler tercih edilmektedir. Bunun yanında binalarda enerji performansını sağlamak için konum, çevresel etkenler, bina formu, yönlenme gibi parametreler de etkili olmaktadır. Özellikle sıcak ve nemli iklim bölgelerinde güneş ışınlarına maruz kalan giydirme cephelerde aşırı ısınma sorunları yaşanmaktadır. Bu sebeple soğutma yüklerinde artışlar görülmektedir. Bu çalışmada, TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardına göre 1. derece gün bölgesinde olan Antalya ilinde bulunan bir ofis bina cephesinin ısı yüklerinin düşürülmesine yönelik önerilerde bulunulmuştur. Mevcut bina modeline ikinci bir kabuk ilave edilerek oluşturulan cephe sisteminde boşluk genişliği farklılıkları, eklenen cephe camının U değeri değişimi ve güneş kırıcı uygulaması ile binanın yıllık ısıtma ve soğutma yüklerine olan etkileri incelenmiştir.

Çalışmanın ilk aşamasında mevcutta mekanik havalandırmalı, tek kabuklu giydirme cephe sistemine sahip bir ofis yapısının design Builder programı aracılığı ile modellenmesi yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda Antalya ilinin sıcak ve nemli bir iklim bölgesinde olmasından dolayı binanın yıllık soğutma yükünün ısıtma yükünden fazla olduğu görülmüştür. Bu yüzden soğutma yükünü azaltmaya yönelik iyileştirmeler yapılmıştır.

İkinci aşamada, kuzeybatı ve güneydoğu cephelerine ikinci katman eklenerek çift kabuklu sistem oluşturulmuştur. Oluşturulan modellere ait tanımlamalar aşağıdaki çizelge 4.1' de belirtilmiştir. Bu aşamada ikinci katman camının U değeri 1,8 W/m²K kabul edilerek, kabuklar arası boşluk genişlikleri 60 cm, 80 cm ve 100 cm ve 120 cm olmak üzere dört model oluşturulmuştur. Yapılan analizler sonucunda boşluk genişliği arttırıldıkça soğutma yüklerinin azalarak değiştiği görülmüştür ve yıllık soğutma yükünün en düşük olduğu model, boşluk genişliği 120 cm olan Model 4A olmuştur. Bu modelde soğutma yükü, mevcut bina modelinin soğutma yüküne göre %5,60 oranında azalmıştır. Bunun yanında Model 4A'nın ısıtma yükü mevcut duruma göre %32,48 azalmaktadır. Yıllık ısıtma yükleri bakımından ise en avantajlı seçenek 80 cm boşluk genişliğine sahip Model 2A olmuştur. Bu

modelde yıllık ısıtma yükü mevcut yapının durumuna göre %33,19 oranında azalmıştır. Yıllık toplam ısıl yükler bakımından incelendiğinde ise en yüksek kazanç %10,72 olarak yine Model 4A'da olmuştur. Bu aşama analizleri sonucunda boşluk genişliği arttıkça soğutma yüklerinin azaldığı görülmüştür.

Üçüncü aşamada, ikinci aşamadan farklı olarak ikinci katman camının U değeri 1,4 W/m²K olarak kabul edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, yıllık soğutma yükünün en düşük olduğu model, boşluk genişliği 120 cm olan Model 4B olmuştur. Bu modelde soğutma yükü, mevcut binanın soğutma yüküne göre %4,48 azalmıştır. Bununla birlikte mevcut binanın yıllık ısıtma yüküne oranla %34,28 kazanç sağlanmıştır. Isıtma yüklerine bakıldığında ise en yüksek kazanç, boşluk genişliğinin 60 cm olduğu Model 1B'de olmuştur. Bu model ısıtma yükünü %35,63 oranında azaltmaktadır. Yıllık toplam ısıl yük bakımından ise mevcut bina yüklerine oranla en yüksek kazanç %10,15 oranında Model 4B'de görülmüştür. Bu aşamada U değerinin düşürülmesi ısıtma yüklerinde kazanç sağlamış ancak soğutma yüklerinde u değeri 1,8 w/m²K olan modellere göre daha iyi bir sonuç vermemiştir. Toplam ısıl yükler bakımından da u değerinin düşürülmesi çok büyük fark oluşmasa da artmıştır. Bu yüzden ikinci ve üçüncü aşamaların sonucunda, iklim koşulları göz önüne alındığında hem yıllık toplam yük, hem de ısıl performans bakımından en kazançlı model 1,8 w/m²K U değerine sahip olan 120 cm boşluk genişlikli Model 4A olarak belirlenmiştir. Yapının kuzeybatı cephesi yoğun taşıt trafiğinin olduğu bir caddeye paralel olduğu için ikinci kabuk uygulaması ofis katlarına ulaşan gürültü miktarını azaltmak açısından da faydalı olacaktır.

Çalışmanın dördüncü aşamasında Model 4A'ya soğutma yüklerini düşürmesi hedeflenerek güneş kırıcılar eklenmiştir. Güneydoğu ve kuzeybatı yönlerine 200 cm, 150 cm, 100 cm ve 50 cm olmak üzere dört farklı aralıklı dikey güneş kırıcılar eklenerek ısıtma ve soğutma yükleri hesaplanmıştır. Eklenen güneş kırıcıların arasındaki mesafe azaltıldıkça Model 4A'ya göre ısıtma yüklerinin arttığı, ancak hem mevcut duruma hem de Model 4A'ya göre soğutma yüklerinin azaldığı görülmüştür. Hesaplamalar sonucunda en düşük soğutma yükü güneydoğu ve kuzeybatı cephelerine 50 cm aralıklarla güneş kırıcı eklenen GD- KB- 50' de elde edilmiştir. Bu durumda mevcut bina modelinin soğutma yüküne kıyasla %13,93 oranında enerji kazancı sağlanırken, Model 4A'ya göre %8,82 oranında enerji kazancı sağlanmıştır. Mevcut binanın yıllık toplam ısıl yüklerine göre GD- KB- 50' de ısıl yükler %15,6 oranında azalırken, Model 4A'nın yıllık ısıl yüklerine göre %5,47 oranında azalmıştır. GD- KB- 50'de ısıtma yükleri mevcut binanın ısıtma yüklerine oranla %22,7 azalmış, ancak Model 4A'ya göre %14,47 oranında artmıştır.

Daha sonra kuzeydoğu, kuzeybatı, güneydoğu ve güneybatı olmak üzere 4 cepheye de sırasıyla 200 cm, 150 cm, 100 cm ve 50 cm olmak üzere dört farklı aralıklarla dikey güneş kırıcılar eklenerek ısı yüklerindeki değişim incelenmiştir. En düşük soğutma yüküne sahip olan dört cephesine birden 50 cm aralıklarla güneş kırıcı eklenen modelin soğutma yükleri mevcut bina modelinin soğutma yüklerine göre %24,36 oranında azalırken, Model 4A' ya göre %19,87 oranında azalmıştır. GD- KB- GB- KD-50'nin ısıtma yükleri mevcut binanın ısıtma yüklerine göre %10,91 oranında azalma göstermiştir. Yıllık toplam ısı yük bakımından da en düşük yüke sahip olan bu modelin, hem mevcut binanın yıllık toplam ısı yüklerine göre %21,80 oranında, hem de Model 4A'ya göre %12,42 oranında daha az enerji harcadığı belirlenmiştir. Mevcut durumla karşılaştırıldığında güneş kırıcı eklenen modellerin ısıtma, soğutma ve toplam yüklerinin hepsinde birden azalma olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 5.1. Oluşturulan modellere ait bilgiler

	CAM U DEĞERİ	BOŞLUK GENİŞLİĞİ	GÜNEŞ KIRICI YÖNLERİ	GÜNEŞ KIRICI ARALIKLARI
Model 1A	1,8 W/m ² K	60 cm	-	-
Model 2A	1,8 W/m ² K	80 cm	-	-
Model 3A	1,8 W/m ² K	100 cm	-	-
Model 4A	1,8 W/m ² K	120 cm	-	-
Model 1B	1,4 W/m ² K	60 cm	-	-
Model 2B	1,4 W/m ² K	80 cm	-	-
Model 3B	1,4 W/m ² K	100 cm	-	-
Model 4B	1,4 W/m ² K	120 cm	-	-
GD-KB-50	1,8 W/m ² K	120 cm	GD-KB	50
GD-KB- 100	1,8 W/m ² K	120 cm	GD-KB	100
GD-KB- 150	1,8 W/m ² K	120 cm	GD-KB	150
GD-KB- 200	1,8 W/m ² K	120 cm	GD-KB	200
GD-KB-GB-KD-50	1,8 W/m ² K	120 cm	GD-KB-GB-KD	50
GD-KB-GB-KD-100	1,8 W/m ² K	120 cm	GD-KB-GB-KD	100
GD-KB-GB-KD-150	1,8 W/m ² K	120 cm	GD-KB-GB-KD	150
GD-KB-GB-KD-200	1,8 W/m ² K	120 cm	GD-KB-GB-KD	200

Yapılan araştırmada ikinci kabuğun ısıtma, güneş kırıcıların soğutma yüklerini azaltma açısından daha etkili olduğu görülmüştür. İkinci kabuk eklenmeseydi yapının ısıtma yüklerinde artış olacak dolayısı ile kış aylarındaki konfor koşulları mevcut durumdan daha olumsuz hale gelecekti. Enerji yüklerini azaltmayı hedefleyen bu çalışmada, yalnızca iki cepheye eklenen ikinci kabuk ve dört cepheye 50 cm aralıklarla uygulanan güneş kırıcılarla binanın mevcut durumunun toplam enerji yüklerinde %21,8 oranında azalma sağlanmıştır.

Binalarda uygulama sonrasında yapılan çözümler yerine proje tasarım aşamalarında alınabilecek doğru kararlar ile hem daha az maliyetli hem de uygulama açısından enerji performansı daha yüksek yapılar inşa etmek mümkündür. Gelecekte çift kabuklu cephe sistemleri tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de enerji kullanımı hassasiyetine karşı

gelişimine devam edeceği için bu çalışma mimar ve mühendislere yol gösterici niteliğindedir. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda bu çalışmada kullanılan değişkenlere ek olarak cam tipleri ve güneş kırıcıların; malzeme, renk, boyut farklarının çift kabuk cephe sistemlerinde ısıl performansa etkileri araştırılabilir.



KAYNAKLAR

- Ahmed M.M. S., Abel-Rahman A. K., H. Ali A.H. ve Suzuki M., 2016. Double Skin Façade: The State of Art on Building Energy Efficiency. Clean Energy Technologies, Vol. 4, No. 1, January, 84-89.
- Alakavuk, E., 2010. Sıcak İklim Bölgelerinde Çift Kabuk Cam Cephe Sistemlerinin Tasarımı İçin Kullanılabilecek Bir Yaklaşım. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 217s., İzmir
- Alakavuk, E., 2009. İzmir İli'nde Uygulanacak Olan Çift Tabakalı Akıllı Giydirme Cephelerin Cephe Tabakaları Arasındaki Boşluk Boyutlandırılması. Jurnal of Yasar University, 4(16), 2729-2744
- Alberto, A., Ramos, N.M.M., Almeida, R.M.S.F., 2017. Parametric study of double-skin facades performance in mild climate countries. Journal of Building Engineering 12, 87-98. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2017.05.013>
- Altensis, 2016 Erişim Tarihi:08.09.2016 <http://www.altensis.com/hizmetler/designbuilder-software>
- Altın M., Orhon A. V., 2014. Akıllı Yapı Cepheleri ve Sürdürülebilirlik 7. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu 3 - 4 Nisan 2014 Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Archdaily, 2016. Erişim Tarihi: 28.04.16 <https://www.archdaily.com/397949/ad-classic-the-crystal-palace-joseph-paxton>
- Archinform, 2015. Erişim Tarihi: 10.07.2015 <https://deu.archinform.net/projekte/856.htm>
- Arons, D., 2000. Properties and Applications of Double-Skin Building Facades. Massachusetts Institute of Technology (MIT), MSc thesis in Building Technology, USA.
- ASHRAE, 2009. Handbook: Fundamentals, Chapter 15, Fenestration. American Society Of Heating, Refrigerating And Air Conditioning Engineers, Inc., Atlanta Ga, USA. 15.1-15.4.
- buildin
- Atmaca, U., "TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardındaki Güncellemeler", Tesisat Mühendisliği, 154, s. 21-35, 2016
- Bağmuratov, D., 2012. Metal Çerçevesi Giydirmeye Cephelerin Sürdürülebilirlik Açısından İncelenmesi. Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 198s., İstanbul.
- Baker, N., 1995. Light and Shade: Optimising Daylight Design. European directory of sustainable and energy efficient building, James & James.
- Bayram, A., 2003. Energy Performance Of Double-Skin Façades In Intelligent Office Buildings: A Case Study In Germany. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 135s., Ankara.
- Berköz, E., Aygün, Z.Y., Kocaaslan, G., Yıldız, E., Ak. F., Küçükdoğu, M., Enarun, D., Ünver, R., Yener, K. A., Yıldız, D., 1995. Enerji Etkin Konut ve Yerleşme Tasarımı, TÜBİTAK Araştırma Projesi, İstanbul

- Baunetzwissen, 2015. Erişim Tarihi: 14.10.2015
http://www.baunetzwissen.de/objektartikel/Nachhaltig-Bauen-Bueroturm-1-Bligh-in-Sydney-AUS_2403573.html
- Boduroğlu, ş., 2010. Akıllı Binalarda Enerji Etkin Cephe Tasarımı. 5. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Tınaztepe Yerleşkesi Buca – İzmir, 15 -16 Nisan 2010.
- Borch, I.T., Keuning, D., Melet, E., Kruit, C., Peterse, K., Vollaard, P., Vries, T., Zijlstra, E., 2004. Skins for buildings : The Architect's Materials Sample Book, BIS Publishers, 608p, Amsterdam.
- Brunoro, S., Rinaldi, A., 2011. Double layer glass façade in the refurbishment and architectural renewal of existing buildings in Italy, World Renewable Energy Congress, Sweden, 8-13 may 2011, 1899-1905.
- Cirit, A., 2012. Binalarda Güneş Kontrol Elemanlarının Soğutma Enerjisi Yüklerine Etkisinin İrdelenmesine İlişkin Bir Çalışma. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 81s, İstanbul.
- Civil, 2018. Erişim Tarihi: 03.01.2018 <http://www.civil.ist.utl.pt/~cristina/EBAP/FolhasEdifAltos/commerzbank/commerzbank.pdf>
- Compagno, A., 2002. Intelligent Glass Facades: Materials, Practice, Design:5th Revised and Enlarged Edition. Urheberrechtlich Geschütztes Material, 112s, Berlin.
- Çetiner, İ., 2002. Çift kabuk cephelerin enerji ve ekonomik etkinliğinin değerlendirilmesinde kullanılabilecek bir yaklaşım, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 149s. İstanbul.
- Dickson, A., 2004. Modelling Double-Skin Facades. University of Strathclyde, Energy Systems & the Environment Department of Mechanical Engineering, MSc. Thesis, 117 s., Glasgow UK.
- Erikci, S. N., 2013. Türkiye’de Binaların Enerji Performansı Hesaplama Yönteminin Farklı İklim Bölgelerinde Değerlendirilmesi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü YL Tezi, 90s. İstanbul.
- Erturan, B. ,2010. Akıllı Cephe Tasarım İlkeleri ve Uygulama Örneklerinin İncelenmesi. Mimar Sinan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Y.Lisans Tezi, 275s., İstanbul.
- Eşsiz, Ö. ve Özgen, A., 2004. Büro Yapılarında Enerji Tüketimini Azaltan Çift Kabuklu Cam Cephe Sistemleri, Yapı Dergisi, 276, s.97-104.
- Eşsiz, Ö., 1997. İleri Teknoloji (High Tech) Yapıları ve Uygulama Örneklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, M.S.G.S.Ü., İstanbul
- Fosterandpartners, 2017. Erişim Tarihi: 11.02.2017 <http://www.fosterandpartners.com/projects/business-promotion-centre/>
- Gertis, K. 1999. New Facade Developments—Do They Make Sense From A Building Physics Point Of View Part 2: Glass Double Facades, Bauphysik 54–66.

- Ghaffarianhoseini A., Ghaffarianhoseini A., Berardi U., Tookey J., Li D.H.W., Kariminia S., 2016. Exploring the advantages and challenges of double-skin façades (DSFs), *Renew. Sustain. Energy Rev.* 60, 1052-1065.
- Gratia, E., Herde, A. D., 2004. Natural Cooling Strategies Efficiency In An Office Building With A Double-Skin Façade. *Energy and Buildings*, 36, 1139–1152.
- Gratia, E., Herde, A. D., 2004. Optimal Operation Of A South Double-Skin Facade. *Energy and Buildings*, 36, 41-60.
- Gratia, E., Herde, A.D., 2007. The most efficient position of shading devices in a double-skin facade. *Energy and Buildings*, Vol. 39, 364–373.
- Güler, H., Ülkü, S. 2007. Bitişik Nizamlı Villa Tipi Konutlarda Yapısal Konfor Koşulları Üzerine Bir Araştırma. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 12, 2.
- Gür N. V., 2001. Hafif Giydirme Cephe Sistemlerinin Analiz Ve Değerlendirilmesi İçin Bir Model. *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 134s., İstanbul.
- Güzel, N., Sönmez, A., 2008. Gelişmiş Giydirme Cepheler, *Dizayn ve Konstrüksiyon Dergisi*, 272, s.47-48
- Haase, M., Alex, A., 2006. Design Considerations For Double-Skin Façades in Hot and Humid Climate. *Envelope Technologies for Building Energy Efficiency*, Vol.II-5-1.
- Hamamcı, S. F., 2015. Coğrafi bilgi sistemlerinde gürültü düzeyi katmanı oluşturma çalışması Antalya örneği. *İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi* 85 s., İstanbul
- Harrison, K., ve Boake, T., M., 2003. *Tectonics of the Environmental Skin*, University of Waterloo, School of Architecture, Kanada.
- Harrison, K., ve Boake, T., M., University of Waterloo, School of Architecture The Tectonics Of The Environmental Skin , The Occidental Chemical Center Niagara Falls, New York, 1980, Cannon Design Inc. Erişim Tarihi: 16.11.2015 www.tbboake.com/ds/hooker.pdf
- Hasol, D., 2010. *Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü*, Yapı-Endüstri Merkezi, İstanbul, Türkiye.
- Hausladen G., Saldanha M., Liedl P., 2006. *Climate Skin*, Birkhauser, 191s., Basel, Boston, Berlin
- Ioannidis Z., Buonomano A., Athienitis A.K., Stathopoulos T., 2017, Modeling of double skin fac, ades integrating photovoltaic panels and automated roller shades: Analysis of the thermal and electrical performance, *Energy and Buildings* 154, 618–632 s.
- Işık, Z. S., 2014. Yüksek Yapılarda Havalandırma ve İklimlendirme Sistemleri ile Cephe Sistemlerinin İlişkilendirilmesi ve Uygulama Örnekleri. *Haliç Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 137s, İstanbul.
- Inan, T. & Basaran, T., 2013. Çift cidarlı cephelerdeki etkin mimari tasarım kararları. *SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 17, 427–436s. İzmir.

- Jiru, T. E. , Haghighat, F., 2008. Modeling ventilated double skin facade—A zonal approach. *Energy and Buildings*, 40 ,1567–1576.
- Kalafat, M., 2011. İstanbul'daki Yüksek Binalarda Akıllı Cephe Sistemleri Performansının Enerji Etkinliği ve Kullanıcı Memnuniyeti Kapsamında Değerlendirilmesi. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 214s, İstanbul.
- Kallioniemi, J., 1999. Joints And Fastenings In Steel-Glass Facades. Helsinki University Of Technology , Master Thesis, Finland
- Kutluay P., İnan T., Ersoy U. , Başaran T., 2015. Türkiye'den ve Dünyadan Örnekler Işığında Çift Cidarlı Cephenin Gelişimi 12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 8-11 NİSAN Bina Fiziği Sempozyumu Bildirisi, 2249-2263s. İzmir.
- Lakot. E., 2007. Ekolojik ve Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Enerji Etkin Çift Kabuklu Bina Cephe Tasarımlarının Günümüz Mimarısındaki Yeri ve Performansı Üzerine Analiz Çalışması. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 197s., Trabzon
- Li, L., Darkwa, J. Ve Kokogiannakis, G., 2017. Heat transfer analysis of an integrated double skin façade and phase change material blind system. *Building and Environment* 125, 111-121s
- Loncour, X., Deneyer, A., Blasco, M., Flamant, G. ve Wouters P., 2004. Ventilated Double Facades Classification & Illustration Of Facade Systems. Belgian Building Research Institute (BBRI), 49s., Belçika.
- Mangan, S.D., 2006. Akıllı Binalarda Alt Sistem Değerlendirmesi: İstanbul Örneği, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 346s. İstanbul.
- Manz, H. ve Frank, Th., 2005. Thermal Simulation Of Buildings With Double-Skin Facades *Energy and Buildings* 37 Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research, Laboratory for Applied Physics in Building, 1114–1121p., Switzerland.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2016 <https://www.mgm.gov.tr> Erişim Tarihi: 15.06.2017
- Mimoo, 2016. Erişim Tarihi: 22.04.2016 <https://www.mimoo.eu/projects/Germany/Berlin/Photonic%20Centre/>
- Namlı, A., 2015. Mevcut Konut Yapılarının Enerji Etkin İyileştirilmesi: Namlı Evi. Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 197s., İstanbul.
- Oesterle, E., Lieb, K., Lutz, M., Heusler, A. 2001. Double Skin Facades-Integrated Planning, Prestel, Munich, Almanya
- 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
- Ölmez, D., 2013. Çok Katlı Ofis Yapılarında Camlı Yüzeyin Isıl Performansının Arttırılmasına Yönelik İyileştirme Alternatiflerinin İrdelenmesi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 144s., aAnkara.

- Örkmez, A.S., 2012. Çift Kabuk Cephe Sistemlerinde Isıl Konforun Değerlendirilmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 153 s., İstanbul.
- Örkmez, A.S., Çetiner, İ. 2012. Çift Kabuk Cephe Sistemlerinin İç Mekan Isıl Konforuna Etkisi. 6. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, 12 – 13 Nisan, Uludağ Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi - Görükle Kampüsü – Bursa, 11s.
- Poirazis, H., 2004. Double Skin Facades for Office Buildings Literature Review. Report EBD-R--04/3, Lund University, Sweden, 194 s.
- Pomponi, F., Piroozfar, P. A., Southall, R., Ashton, P., & Farr, E. R., 2016. Energy performance of Double-Skin Façades in temperate climates: A systematic review and meta-analysis. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 54, 1525-1536.
- Raf, 2017. Erişim Tarihi: 24.06.2017 http://v1.raf.com.tr/dergisayfa_1563_tuna-yapi-transparan-cam-cephe-sistemleri.html
- Sahraei, S., 2013. Az Katlı Ofis Binaları İçin Modüler Çift Kabuk Cephe Sistemi Geliştirmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, YL Tezi, 126s., İstanbul.
- Schrammen, 2015. Erişim Tarihi: 16.11.2017 <http://www.schrammen.info/de/referenzen/ref/gladbacher-bank-bismarckstrasse.html?=&from=43>
- Sev. A., 2009. Sürdürülebilir Mimarlık, Yapı-Endüstri Merkezi Yayınları, 224s., İstanbul.
- Singleaspect, 2015. Erişim Tarihi: 18.07.2015 <http://singleaspect.org.uk/sustower/SOA-present.htm>
- Sözen Ş., M., 2001. Yapı Kabuğunda Isı ve Ses Yönünden Denetim Konfor İlişkisi, Tesisat Mühendisliği Dergisi, 61, 34-35.
- Stack, I.A., Goulding J., Lewis J.O., 2010. Shading Systems. European Commission Shading Systems Energy Research Group, University College Dublin School of Architecture, Richview, 28p, Dublin.
- Structurae, 2016. Erişim Tarihi: 19.07.2016 <https://structurae.net/structures/arag-tower>
- Süyük, E., 2003. Hafif Giydirme Cephe Sistemler, Çift Cephe Prensi ve Uygulamalarının İncelenmesi, Mimar Sinan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 171s., İstanbul.
- Süt, G., 2013. Türkiye Derece Gün Bölgelerinde Mevcut Çok Katlı Konut Binalarının Dış Kabuğunda Yapılacak Enerji Etkin Yenileme Stratejileri. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 172s., Ankara.
- Şahinoğlu, S., 2012. Gölge Elemanlarının Pencerenin Isıtma/Soğutma Enerjisi Ve Görsel Konfor Performansına Etkisinin Değerlendirilmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 149s., İstanbul.
- Tabanlıoğlu, 2016. Erişim Tarihi: 01.03.2016 <http://www.tabanlıoglu.com/project/sapphire>
- Theguardian, 2016. Erişim Tarihi: 05.12.2016 <http://www.theguardian.com/media/2012/aug/01/channel-4-news-martin-fewell>

- Tatlı G., 2006. Çift Kabuk Cephelerin Ekonomik Etkinliğinin Yaşam Dönemi Maliyet Analiziyle İrdelenmesi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 132s., Ankara.
- Tepe, H., (2006). Bağlı Nemin Sertleşmiş Betonun Fiziksel Özelliklerine Olan Etkilerinin İncelenmesi, Fırat Üniv., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 76s., Elazığ.
- Toydemir, N., 1999, Cam Yapı Malzemeleri, 112s.
- Tuncer, K., 2006. Isıl Konforun Fanger Yöntemiyle İncelenmesi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 147s., Ankara.
- Türktaş, M. H., 2014. Sıcak Nemli İklim Bölgesi İçin İklimsel Tasarım Parametrelerinin Isıl Performansa Etkisini Değerlendirme: Bir Konut Örneği. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 145s., İstanbul.
- Türkmen, M., 2016. Bina Kabuğunda Isı Yalıtımı Uygulamalarının Yapısal Performansı Ve Etkinliğinin İstanbul'da Bir Alan Çalışması İle İncelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 255s., İstanbul.
- TS 825, 2013. Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, TSE, Ankara.
- Uuttu, S., 2001. Study Of Current Structure Of Double-Skin Façade. Master thesis dissertation. Department of civil and environmental engineering, Helsinki university of technology, Finland.
- Ünal, M., 2006. Çift Kabuk Cephelerin Sistematik Analizi ve Uygulama Örneklerinin İncelenmesi. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 183s., İstanbul.
- Ünalın, H., Tokman, L.Y., 2011. Sürdürülebilir Mimari Tasarım: Bir Renovasyon Projesi Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi. Cilt/Vol.:12-Sayı/No: 2 : 129-157
- Waldner, R., Flamant, G., Prius, S., Erhorn-Klutting, H., Ifigenia, F., Duarte, R., Blomqvist, C., Kiossefidi, N., Geysels, D., 2007. Best Practice For Double Skin Façades, University of Lund, 153p., Sweden.
- Wigginton, M., Harris, J., 2002. The Intelligent Skin, Architectural Press, New York, p. 176.
- Yellamraju, V., 2004. Evaluation And Design Of Double-Skin Facades For Office Buildings In Hot Climates Texas A&M University, Yüksek Lisans Tezi, 191s., Texas.
- Yılmaz, M. ve Gökdemir, H. 2007. Sürdürülebilir Gelecek İçin Isı Yalıtımlı Alüminyum Sistemlerin Önemi. İzolasyon Dünyası Dergisi, (68), 48-49.
- Yıldırım, Ö., 2011. Giydirmeye Cephelerin Projelendirilmesinde Verimliliğin Araştırılması. Haliç Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 161s., İstanbul.
- Yılmaz, Z., 2005. Akıllı Binalar ve Yenilenebilir Enerji. VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 23 – 26 Kasım, 387-398, İzmir.
- Yiğit, A., Atmaca İ., 2007. Dünya'da Ve Türkiye'de Isıl Konfor Çalışmaları. VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 305-315s. 25-28 Ekim, İzmir.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Hansa Gül ÇETİN
Doğum Yeri ve Yılı : Antalya, 1984
Medeni Hali : Evli
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : yl1330129027@stud.sdu.edu.tr

Eğitim Durumu

Lise : Özel Antalya Yağmur Lisesi
Lisans : Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, 2006

Mesleki Deneyim

Aybak Mimarlık 2006-2011
AHC (Hansa Gül Çetin) Mimarlık 2013-..... (halen)