T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

HAVALANDIRMALI CEPHE SİSTEMİ UYGULAMALARINA YÖNELİK BIM TABANLI BIR ÇÖZÜM ÖNERİSİ

TALHA ORUÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: DOÇ. DR. SEHER GÜZELÇOBAN MAYUK

KASIM 2024

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

HAVALANDIRMALI CEPHE SİSTEMİ UYGULAMALARINA YÖNELİK BIM TABANLI BİR ÇÖZÜM ÖNERİSİ

TALHA ORUÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: DOÇ. DR. SEHER GÜZELÇOBAN MAYUK

KASIM 2024

T.R.
GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL

A BIM-BASED SOLUTION PROPOSAL FOR VENTILATED FACADE SYSTEM APPLICATIONS

TALHA ORUÇ

A THESIS OF MASTER OF SCIENCE
DEPARTMENT OF ARCHITECTURE

ADVISOR: ASSOC. PROF. DR. SEHER GÜZELÇOBAN MAYUK

NOVEMBER 2024

YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

GTÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunun 01/07/2024 tarih ve 2024/33 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 02/10/2024 tarihinde tez savunma sınavı yapılan TALHA ORUÇ'un tez çalışması Mimarlık Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE
(TEZ DANIŞMANI) : Doç. Dr. Seher GÜZELÇOBAN MAYUK

ÜYE : Dr. Öğr. Üyesi Elif ÖZER YÜKSEL

ÜYE : Prof. Dr. Esma MIHLAYANLAR

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunun

……/……./...…. tarih ve …..…/…..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

Aileme

ÖZET

Dış ve iç ortam arasında bir ara yüz olarak konumlanan cepheler, estetik ve işlevsel çeşitli gereksinimlerin karşılanmasında önemli görevler üstlenmektedir. Günümüzde mevcut ve/ya da yeni yapılarda çeşitli cephe sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistemlerinden biri de havalandırmalı cephe sistemleridir. Havalandırmalı cephe sistemleri (HCS), taşıyıcı katman, ısı yalıtım katmanı, hava boşluğu ve kaplama katmanı olmak üzere dört ana katmandan oluşmaktadır. Bu sistemlerin sahada sorunsuz uygulanabilmesi için doğru detaylandırılması ve uygulama süreçlerinin iyi planlanması önemlidir.

Yapı uygulamaları genelinde ve yine cephe uygulamaları özelinde çok sayıda paydaş bir arada çalışmaktadır. Mevcut koşullarda Türkiye'de uygulama aşamalarının çoğunlukla 2B olarak yürütüldüğü görülmektedir. Bu durum, uygulama ve kullanım aşamalarında yapılacak ufak değişikliklerin güncellenmesi söz konusu olduğunda maliyet artışı ve zaman kaybı gibi çeşitli problemlere yol açabilmektedir. Bu tür problemlerin engellenmesi ya da azaltılması konusunda günümüz teknolojilerinden yararlanılmasının yarar sağlayacağı düşünülmektedir. Özellikle cephe gibi karmaşık ve çok boyutlu bir yapı elemanının uygulanması aşamasında, teknoloji desteğine ve mevcut teknoloji araçlarının geliştirilmesine gereksinim vardır.

Son yıllarda AECO (Mimarlık, Mühendislik, İnşaat ve Operasyonlar) sektörlerinde, Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) teknolojilerinin kullanımı yaygınlaşmaktadır. Türkiye'deki sektörlerin BIM kullanımı açısından geçiş aşamasında olduğu bilinmektedir. Bu anlamda, BIM teknolojilerinin cephe sistemleri uygulamalarına dahil edilmesinin hem ülke hem de sektör paydaşları açısından olumlu katkılar sunabileceği düşünülmektedir.

Literatürde yapılan araştırmalar ve sektörde yer alan firmalarla yapılan görüşmelerde karşılaşıldığı üzere özellikle havalandırmalı cephe sistemlerinde daha detaylı teknolojik çözümlere gereksinim olduğu belirlenmiştir. Bu anlamda, mevcut dijital çözümlerin çoğunlukla 2B üretilmesi, var olan 3B obje ve modellerin kullanım kolaylığının bulunmaması, değişken kriterlerle yeterince uyumlu ve esnek olmaması gibi olumsuz yönleri bulunmaktadır.

Tez çalışmasında, havalandırmalı cephe sistemlerinin tasarım ve projelendirme aşamalarında ortaya çıkabilecek metraj hatalarını en aza indirmek, iş gücünü azaltmak ve zaman tasarrufu sağlamak gibi amaçları sağlamak üzere bilgisayar destekli bir çözüm önerisi geliştirilmiştir. Uzmanlarla yapılan görüşmeler ve literatür taraması sonucu, BIM tabanlı bir öneri geliştirilmiştir. Öneri, HCS bileşenleri gözetilerek değişkenler oluşturulması ve gruplandırılmasıyla üretilmeye başlamıştır. Bu değişkenler, Archicad yazılımı, giydirme cephe objesi ve GDL (geometrik tanımlama dili) gibi yeni teknolojiler aracılığıyla BIM ortamına aktarılmıştır. Modelin üretilmesi ve test edilmesiyle çalışma sonlanmıştır. Sonuç olarak, HCS uygulamalarında kullanılmak üzere BIM tabanlı küçük ölçekli bir çözüm önerisi modellenmiştir. Model, yeni değişken girişlerine açık özelliktedir ve özellikle malzeme bilgisi ve hesabına yönelik gereksinimlere yanıt vermektedir. Bu yönleriyle uygulamada karşılaşılması olası hataları azaltabileceği ön görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Havalandırmalı Cephe Sistemleri, Bilgisayar Destekli Uygulama (BDU), Yapı Bilgi Modellemesi (BIM), Geometrik Tanımlama Dili (GDL), Archicad Obje Önerisi.

ABSTRACT

Facades, positioned as an interface between external and internal environments, play a critical role in meeting various aesthetic and functional requirements. Nowadays, a variety of facade systems are used in both existing and new buildings. One such system is ventilated facade systems (VFS), which consist of four main layers: the structural layer, thermal insulation layer, air cavity, and cladding layer. Proper detailing and well-planned implementation processes are essential for the seamless application of these systems on-site.

In building practices in general, and specifically in facade applications, numerous stakeholders collaborate. Currently, in Turkey, most implementation stages are observed to be carried out in 2D. This leads to various issues, such as cost increases and time losses, especially when minor modifications are required during the application and usage stages. Leveraging contemporary technologies is believed to help prevent or mitigate these problems. There is a particular need for technological support and the development of current technological tools during the implementation phase of complex and multidimensional building elements like facades.

In recent years, the use of Building Information Modeling (BIM) technologies has become widespread in the AECO (Architecture, Engineering, Construction, and Operations) sectors. It is known that industries in Turkey are in a transitional phase regarding BIM adoption. Including BIM technologies in facade system implementations is thought to provide positive contributions to both the country and industry stakeholders.

Research in literature and interviews with industry firms reveal a need for more detailed technological solutions, particularly in ventilated facade systems. The existing digital solutions often have drawbacks such as being predominantly 2D, lacking user-friendly 3D objects and models, and not being sufficiently adaptable and flexible to changing criteria.

In this thesis study, a computer-aided solution proposal has been developed to minimize quantity take-off errors, reduce labor, and save time during the design and project planning stages of ventilated facade systems. Based on expert opinions and literature review, a BIM-based proposal was developed. This proposal was initiated by creating and grouping variables considering VFS components. These variables were transferred to the BIM environment through new technologies such as Archicad software, curtain wall objects, and GDL (geometric description language). The study concluded with the modeling and testing of the proposed solution.

As a result, a small-scale BIM-based solution proposal was modeled for use in VFS applications. The model is open to new variable inputs and particularly addresses the requirements related to material information and calculation. It is anticipated that the model could reduce potential errors encountered in practice.

Keywords: Ventilated Façade Systems (VFS), Computer-Aided Application (CAA), Building Information Modeling (BIM), Geometric Description Language (GDL), Archicad Object Proposal.

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım sırasında beni yönlendiren ve bu tezin ortaya çıkmasın da büyük katkıları olan tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Seher GÜZELÇOBAN MAYUK' a, bugüne kadarki eğitimimde payı olan tüm hocalarıma, sevgili aileme ve özellikle de bu süreçte desteğini eksik etmeyen eşime teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
TABLOLAR DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
1.1. Problem Tanımı	1
1.2. Tezin Literatürdeki Yeri, Amacı ve Kapsamı	2
1.3. Tezin Önemi	3
1.4. Tezin Yöntemi ve İçeriği	4
2. CEPHE KAVRAMI VE HAVALANDIRMALI CEPHE SİSTEMLERİ	6
2.1. Cephe Kavramı, Tarihçesi	6
2.2. Cephe Sistemleri	12
2.3. Havalandırmalı Cephe Sistemleri (HCS)	15
2.3.1. HCS'den Beklenen Performans Gereksinimleri	19
2.3.2. HCS Çeşitleri	28
3. HAVALANDIRMALI CEPHE SİSTEMLERİ UYGULAMA AŞAMALARI, DETAYLARI VE DEĞİŞKENLERİ	47
3.1. Havalandırmalı Cephe Sistemleri Uygulama Aşamaları	47
3.1.1. Rölöve ve Yerinde İnceleme Aşaması	51
3.1.2. Tasarım ve Projelendirme Aşaması	52
3.1.3. Uygulama Çizimlerinin Oluşturulması Aşaması	53
3.1.4. Projede Kullanılacak Malzeme Miktarlarının Belirlenmesi Aşaması	54
3.1.5. Malzemelerin Proje Alanına Aktarılması Aşaması	57
3.1.6. Uygulama Başlangıcı Aşaması	58
3.2. Havalandırmalı Cephe Sistemlerine Etki Eden Değişkenler	59
3.2.1. Kaplanacak Yüzeye Bağlı Değişkenler	59
3.2.2. Seçilecek Kaplama Malzemesine Bağlı Değişkenler	62
3.2.3. Seçilecek Taşıyıcı Sisteme ve Bileşenlerine Bağlı Değişkenler	65
4. HAVALANDIRMALI CEPHE SİSTEMİ UYGULAMALARINA YÖNELİK BIM TABANLI BİR ÇÖZÜM ÖNERİSİ	68
4.1. Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) ve Havalandırmalı Cephe Sistemlerinde Kullanımı	68
4.1.1. BIM Boyutları ve Tarihçesi	72
4.1.2. HCS Uygulamalarında Kullanılan Yazılımlar ve Modeller	74
4.1.3. Mevcut BIM Araç ve Modellerinde Karşılaşılan Engeller	78

4.2. BIM Tabanlı Çözüm Önerisi 83
4.2.1. Gruplandırma 84
4.2.2. HCS Bileşen ve Değişkenlerinin Bilgisayar Ortamına Aktarılması 84
4.2.3. Sistem Bileşenlerinin GDL İle Modellenmesi ve Test Edilmesi 92
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 95

KAYNAKLAR 98

ÖZGEÇMİŞ 106

TEZ ÇALIŞMASI KAPSAMINDA YAPILAN YAYINLAR 107

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

2B	:	İki Boyutlu
3B	:	Üç Boyutlu
4B	:	Dört Boyutlu
ABD	:	Amerika Birleşik Devletleri
AECO	:	Mimarlık, Mühendislik, İnşaat ve Operasyonlar
ASTM	:	Amerikan Test ve Malzeme Derneği Standartları
AVM	:	Alışveriş Merkezi
BIM	:	Yapı Bilgi Modelleme
BS	:	İngiliz Standartları
CAA	:	Bilgisayar Destekli Uygulama
DIN	:	Alman Standartları
EN	:	Avrupa Standartları
EPDM	:	Etilen Propilen Dien Monomer (Titreşim Önleyici Eleman)
GDL	:	Geometrik Tanımlama Dili
GTÜ	:	Gebze Teknik Üniversitesi
HCS	:	Havalandırmalı Cephe Sistemi
HVAC	:	Havalandırma ve İklimlendirme
MEP	:	Mekanik, Elektrik ve Tesisat Sistemleri
TDK	:	Türk Dil Kurumu
UNESCO	:	Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü
VFS	:	Ventilated Facade Systems (Havalandırmalı Cephe Sistemleri)

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1. 1: Tez çalışmasının yöntemi.	4
Şekil 1. 2: Tez çalışmasının içeriği.	5
Şekil 2. 1: Parthenon, Yunanistan **[16].**	7
Şekil 2. 2: Pisa Kulesi, İtalya **[18].**	8
Şekil 2. 3: Köln Katedrali, Almanya **[20].**	8
Şekil 2. 4: Floransa Katedrali, İtalya **[22].**	9
Şekil 2. 5: Schönbrunn Sarayı, Avusturya **[24].**	9
Şekil 2. 6: Lazienki Sarayı, Polonya **[26].**	10
Şekil 2. 7: Helsinki Garı, Finlandiya **[28].**	10
Şekil 2. 8: Casa Mila, İspanya **[30].**	11
Şekil 2. 9: Guggenheim Müzesi, ABD **[32].**	11
Şekil 2. 10: Danseden Evler, Çek Cumhuriyeti **[34].**	12
Şekil 2. 11: Haydar Aliyev Kültür Merkezi, Azerbaycan **[36].**	12
Şekil 2. 12: Havalandırmalı cephe sistemi kaplamalarına örnek **[38].**	13
Şekil 2. 13: Doğrudan yüzeye yapıştırma ile kaplamaya örnek **[39].**	14
Şekil 2. 14: Ahşap altyapı ile havalandırmalı cepheye örnek **[40].**	14
Şekil 2. 15: Sıcak cepheye örnek **[41].**	15
Şekil 2. 16: Soğuk cepheye örnek **[42].**	15
Şekil 2. 17: Urnes Stave Kilisesi (Norveç) **[45].**	17
Şekil 2. 18: Havalandırmalı cephe çalışma prensibi **[43].**	18
Şekil 2. 19: Yaz ve kış mevsiminde HCS çalışma prensibi **[46].**	19
Şekil 2. 20: Açık (solda) ve kapalı (sağda) derzli HCS **[69].**	29
Şekil 2. 21: Yapıştırma sistemlere örnekler **[70].**	31
Şekil 2. 22: Havalandırmalı cephe yapıştırmalı sistem bileşenleri ilişkileri **[45].**	32
Şekil 2. 23: Havalandırmalı cephe yapıştırmalı sistem bileşenleri ilişkileri **[45].**	32
Şekil 2. 24: Havalandırmalı cephe yapıştırmalı sistem bileşenleri ilişkileri **[45].**	33
Şekil 2. 25: Havalandırmalı cephe klipsli sistem bileşenleri ilişkileri **[70].**	34
Şekil 2. 26: Havalandırmalı cephe klipsli sistem bileşenleri ilişkileri **[66].**	35
Şekil 2. 27: Havalandırmalı cephe klipsli sistem bileşenleri ilişkileri **[66].**	35
Şekil 2. 28: Havalandırmalı cephe vidalı sistem bileşenleri ilişkileri **[75].**	36
Şekil 2. 29: Havalandırmalı cephe vidalı sistem bileşenleri ilişkileri **[76].**	37

Şekil 2. 30: Havalandırmalı cephe vidalı sistem bileşenleri ilişkileri **[66].** 38
Şekil 2. 31: Havalandırmalı cephe vidalı sistem bileşenleri ilişkileri **[43].** 38
Şekil 2. 32: Havalandırmalı cephe agraflı sistem bileşenleri **[40].** 40
Şekil 2. 33: Havalandırmalı cephe yatay askı sistem bileşenleri **[54].** 41
Şekil 2. 34: Havalandırmalı cephe panel sistem bileşenleri **[72].** 42
Şekil 2. 35: Havalandırmalı cephe panel sistem bileşenleri **[43].** 43
Şekil 2. 36: Ticari bina (Johannesburg/Güney Afrika) – MDS Architecture **[78].** 43
Şekil 2. 37: Gongpyong Ofis Plaza (Seoul / Güney Kore) - SMDP Studio **[79].** 44
Şekil 2. 38: Mimar Ewa Frankiewicz, I Naturali,Crema Marfil **[46].** 44
Şekil 2. 39: Menkes (Toronto / Kanada) - Sweeny&Co Architects **[80].** 44
Şekil 3. 1: Braketlerin montajı **[81].** 47
Şekil 3. 2: Braketler ile düşey profiller **[81].** 47
Şekil 3. 3: Panellerin köşe birleşimi **[81].** 48
Şekil 3. 4: Braket ve düşey profiller ile seramik montajı **[81].** 48
Şekil 3. 5: Havalandırmalı cephe montajı **[81].** 48
Şekil 3. 6: HCS için uygulama hazırlık aşamaları **[2, 82].** 49
Şekil 3. 7: HCS için uygulama hazırlık aşamalarında revize diyagramı **[2, 82].** 50
Şekil 3. 8: Ölçüm yapılmasına bir örnek **[81].** 51
Şekil 3. 9: Tasarımın müşteriye aktarıldığı 2 boyutlu çizime örnek **[84].** 52
Şekil 3. 10: Uygulamacıya aktarılan şematik uygulama çizimleri **[84].** 55
Şekil 3. 11: Sistem elemanlarının 'Attribute' İle bilgisayara aktarımı **[84].** 55
Şekil 3. 12: 'Attribute' içine veri girişi **[84].** 56
Şekil 3. 13: Malzeme sevkiyat diyagramı **[82].** 57
Şekil 3. 14: Ahşap duvarda HCS örneği **[90].** 61
Şekil 3. 15: Ahşap duvarda yatay profilsiz HCS örneği **[90].** 61
Şekil 3. 16: Yatay profil montajı **[85].** 62
Şekil 3. 17: Rijit olmayan yüzeylerde pul kullanımı **[85].** 62
Şekil 3. 18: HCS'nde kullanılabilen düşey profil örnekleri **[90]** 65
Şekil 3. 19: HCS'nde kullanılabilen yatay profil örnekleri **[85, 90].** 66
Şekil 3. 20: HCS'nde kullanılabilen braket örnekleri **[90].** 67
Şekil 4. 1: BIM bileşenleri **[103].** 69
Şekil 4. 2: BIM kullanım alanları **[104].** 69
Şekil 4. 3: Havalandırmalı cephe sistemi elemanları **[42].** 70
Şekil 4. 4: BIM tabanlı yazılımlar ve BIM boyutları **[107].** 73

Şekil 4. 5: Örnek modelin kullanılabileceği programlar **[106].** 75
Şekil 4. 6: BIM tabanlı üretilmiş HCS modeli örneği 1 **[111].** 76
Şekil 4. 7: BIM tabanlı üretilmiş HCS modeli örneği 2 **[76].** 76
Şekil 4. 8: BIM tabanlı üretilmiş HCS modeli örneği 3 **[76].** 76
Şekil 4. 9: BIM tabanlı üretilmiş HCS modeli örneği 4 **[112].** 77
Şekil 4. 10: BIM tabanlı üretilmiş HCS modeli örneği 5 **[77].** 77
Şekil 4. 11: BIM tabanlı üretilmiş HCS modeli örneği 6 **[113] .** 77
Şekil 4. 12: Mevcut BIM tabanlı modelin tasarımda kullanımına örnek **[77].** 78
Şekil 4. 13: Archicad tabanlı mevcut modelin görsel ön izlemesi **[75].** 79
Şekil 4. 14: Archicad tabanlı mevcut modelin arayüzü ve değişkenleri. 80
Şekil 4. 15: Mevcut model üzerinden hazırlanmış deneme model planı. 80
Şekil 4. 16: Deneme model kaplama yüzeyi 3b ön izlemesi. 80
Şekil 4. 17: Deneme model kaplama yüzeyinin plan düzleminde seçimi. 81
Şekil 4. 18: Deneme HCS modelinin otomatik oluşumu. 81
Şekil 4. 19: HCS modelinin 3B ön İzlemesi. 81
Şekil 4. 20: HCS modelinin taşıyıcı sistemi 3B ön izlemesi. 82
Şekil 4. 21: Deneme HCS modelinin düzenlenebilirliği. 82
Şekil 4. 22: Parametrelerin Archicad giydirme cephe aracında tanımlanması. 85
Şekil 4. 23: HCS panellerinin 3B görseli. 86
Şekil 4. 24: Oluşturulan model sonrası panel ölçülerinin tablosu. 86
Şekil 4. 25: Düşey profil ve braketler değişkenleri arayüzü. 87
Şekil 4. 26: Düşey profillerin 3B görseli. 88
Şekil 4. 27: Düşey profil farklılıklarının giydirme cephe arayüzüne eklenmesi. 88
Şekil 4. 28: Düşey profil farklılıklarının giydirme cephe arayüzüne eklenmesi. 89
Şekil 4. 29: Yatay profil ve bağlantı elemanları değişkenleri arayüzü. 90
Şekil 4. 30: Yatay profillerin dahil olduğu 3B görsel. 90
Şekil 4. 31: Profillerin malzeme listesi. 91
Şekil 4. 32: Braketlerin malzeme listesi. 91
Şekil 4. 33: Oluşturulan çözümün plan düzlemindeki karşılığı. 92
Şekil 4. 34: GDL ile braketin modellenmesi. 93
Şekil 4. 35: GDL ile oluşturulan braketin obje düzenleme arayüzü. 93
Şekil 4. 36: Braket obje arayüzü. 94
Şekil 4. 37: Braketin 3B görseli. 94

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2. 1: Havalandırma cephe sistemleri çeşitleri **[8].** 30

Tablo 3. 1: Kullanıldığı yere göre vida çeşitleri **[89].** 60

Tablo 3. 2: Seçilecek kaplama malzemesine bağlı değişkenler tablosu **[85, 90-98]**. 63

1. GİRİŞ

1.1. Problem Tanımı

Yapılarda cepheler, dış ve iç ortam arasında bir ara yüz olarak konumlanmaktadır. Bu açıdan cepheler estetik ve işlevsel çeşitli gereksinimlerin karşılanmasında önemli bir görev üstlenmektedir. Cephe kurgusu, tasarımı, malzeme seçimi ve cephe uygulamaları gibi başlıklar yapı uygulamalarında önem taşımaktadır. Günümüzde gerek mevcut gerekse yeni yapılarda cepheler, yapı üretim süreçlerinde yer alan paydaşların kararları doğrultusunda uygulanmaktadır ve uygulamalarda çeşitli cephe sistemleri kullanılmaktadır. Yapıştırma ya da mekanik tespitle gerçekleştirilebilen türleri bulunan bu cephe sistemlerinden biri de havalandırmalı cephe sistemleridir.

Havalandırmalı cephe sistemleri: yapılara iklimsel, görsel, maliyet gibi çeşitli açılardan değer katmaktadır. Buna karşın; cephe uygulamalarında kullanılacak proje çizimlerinin 2 boyutlu olarak üretilmesi bu tür sistemlerin uygulama ve kullanım aşamalarında yapılacak ufak değişikliklerin güncellenmesi aşamasında maliyet artışı ve zaman kaybı gibi çeşitli problemlere yol açabilmektedir.

Cephe sistemlerinin çoğunlukla ASTM (Amerikan Test ve Malzeme Derneği Standartları) E330-90, ASTM E331-86, BS 5368, DIN (Alman Standartları) 18055 ve EN (Avrupa Standartları) 86 gibi çeşitli standartlara göre üretilmesi ve düzenlenmesi söz konusudur. Buna karşın; sistemlerin uygulamalarında, yer, yapı boyutu, uygulanacak alan boyutu gibi çeşitli değişkenler bulunmaktadır. Bu tür değişkenler; uygulama sırasında standartlaşmayı zorlaştırabilmektedir. Standart dışı uygulamalar da gerek zaman gerek emek, enerji ve ürün kayıplarına neden olabilmektedir.

Son yıllarda, gelişen teknolojinin cephe sistemlerinin üretim ve uygulamalarını kolaylaştırdığı bilinmektedir. Teknoloji desteği ile daha az hata yapıldığı ve iş akışlarının hız kazandığı söylenebilir. Bununla birlikte, sektörde yer alan firmalarla yapılan görüşmelerde de karşılaşıldığı üzere özellikle havalandırmalı cephe sistemlerinde daha detaylı teknolojik çözümlere gereksinim olduğu söylenebilir **[1, 2]**. Bu anlamda, mevcut dijital çözümlerin çoğunlukla 2 boyutlu üretilmesi, 3 boyutlu çözümlerin kullanım kolaylığının bulunmaması, değişken parametrelerle yeterince uyumlu ve esnek olmaması gibi olumsuz yönleri bulunmaktadır. Dolayısıyla,

doğrudan havalandırmalı cephe sistemi uygulamalarında kullanımı kolaylaştıracak bir çözüm önerisi geliştirilmesi önem arz etmektedir.

1.2. Tezin Literatürdeki Yeri, Amacı ve Kapsamı

Yapılan araştırmalarda cephe sistemleri ve uygulama yöntemleri ile ilgili bilgilere literatürde sıklıkla rastlanmaktadır. Buna karşın; cephe uygulama ilkeleri ve bu ilkeleri etkileyen etmenlere yönelik çalışmaların literatürde yer bulmadığı ve teknolojinin ön planda olduğu son yıllarda, teknoloji destekli uygulama çözümlerine gereksinim olduğu belirlenmiştir. Özellikle Türkçe kaynaklar incelendiğinde giydirme cephe sistemleri üzerine çok fazla araştırma ve yayın bulunmasına rağmen aynı durum havalandırmalı cephe sistemleri için söz konusu değildir. Yabancı kaynaklarda ise havalandırmalı cephe sistemleri üzerine çok sayıda kaynak bulunmaktadır. Bu tür kaynaklarınsa çoğunlukla havalandırmalı cephe sistemi sınıflandırmalarını ve standartlarını içerdiği görülmektedir. Bu açılardan, literatürde cephe sistemlerinin teorik anlatımları ile karşılaşılmakta, uygulamaya dair çizim ve çözüm araçlarının detaylı olarak ele alınmadığı belirlenmiştir **[3, 4]**. Mevcutta uygulamalarda kullanılan araçlar konusunda sektörden uzmanlarla gerçekleştirilen görüşmeler sonucunda ise, bu tür araçların (BIM tabanlı olsalar dahi) özellikle havalandırmalı cephe sistemi uygulama projesi çizimi, modellemesi ve malzeme hesabı gibi aşamalarında yetersiz olduğu görülmüştür **[5, 6]**. Dolayısıyla, buna yönelik araçların geliştirilmesi önem taşımaktadır.

Havalandırmalı cephe sistemi uygulamaları sırasında kullanılan dijital teknolojilerin geliştirilmesinin uygulamada yaşanacak zorlukları azaltabileceği ve sağlanabilecek uygulama kolaylığı ile sistemlerin yaygın kullanımının artabileceği düşünülmektedir. Yapılan çalışma ile de doğrudan havalandırmalı cephe sistemi uygulamalarında kullanımı kolaylaştıracak bir çözüm önerisi sunulması amaçlanmıştır. Son yıllarda inşaat sektöründe yaygınlaşan BIM (Yapı Bilgi Modelleme) sistemi desteğiyle üretilen bu çözüm önerisi ile uygulamalardaki zaman ve maliyet kayıpların azaltılabilmesi hedeflenmektedir.

Çalışma kapsamında havalandırmalı cephe sistemlerinden yapıştırmalı cephe sistemlerine odaklanılmıştır. Bu anlamda, bu tür sistemlerin uygulama detayları ve parametreleri incelenerek, üç boyutlu düzenlemelere olanak sağlayan parametrik bir

çözüm önerisi geliştirilmiştir. Önerinin geliştirilmesinde Archicad ve GDL (Geometrik Tanımlama Dili) gibi BIM tabanlı yazılım ve kodlardan yararlanılmıştır.

1.3. Tezin Önemi

Havalandırmalı cephe sistemi kullanımı gittikçe yaygınlaşan bir sistem olmasa da giydirme cephe sistemlerine oranla halen yeni bir sistemdir. Tez kapsamında yapılan araştırmalarda da özellikle Türkçe kaynaklardaki havalandırmalı cephe sistemleri çalışmalarının giydirme cephe sistemlerine kıyasla sayıca az olduğu belirlenmiştir. Yabancı kaynaklarda ise *"Ventilated Façade" veya "Rainscreen Cladding"* olarak bahsedilen havalandırmalı cephe sistemlerinin literatürde daha sıklıkla yer aldığı görülmektedir**[7]**. Bu anlamda yapılan tez çalışmasının, literatürdeki Türkçe kaynak eksikliğine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Buna ek olarak, mevcut kaynaklarda havalandırmalı cephe sistemlerinin çoğunlukla teorik bilgilerle aktarıldığı görülmektedir **[8, 9]**. Yapılan tez çalışması ile, havalandırmalı cephe sistemi uygulama ilkeleri ve bu ilkeleri etkileyen etmenlerden yola çıkılarak, uygulama için gerekli parametrelerin (değişkenlerin) belirlenmesi ve bunlarla farklı uygulama gereksinimlerine hızlı çözümler üretebilen bir öneri geliştirilmek istenmektedir. Dolayısıyla bu amaçla, mevcutta havalandırmalı cephe sistemleri üzerine var olan BIM tabanlı çözümler incelenmiş, çözümlerin olumlu ve olumsuz yönleri belirlenmiştir. Ayrıca bu aşamada, havalandırmalı cephe sistemleri üzerine çalışan veya BIM tabanlı programlar üzerine çalışma yapmış uzmanlar ile görümeler gerçekleştirilmiştir. Bu görüşmeler sonucunda, havalandırmalı cephe sistemlerinde uygulama veya projelendirme aşamalarında karşılaşılan zorlukların ve bu zorluklarla beraber ortaya çıkan sorunların incelenmesi ve bu sonuçlardan çözüm üretilmesi yoluna gidilmiştir. Bu yolla, güncel gereksinimlere yönelik ve cephe uygulamalarında kullanımının sektörde yer alan uzmanlara ve uygulayıcılara kolaylık sağlayabileceği ön görülmektedir.

Bununla birlikte, Archicad yazılımı ve GDL kodları gibi güncel teknolojilerle üretilmiş olan önerinin, zamanın hız ve ekonomik gereksinimlerini karşılama konusunda yine uygulayıcılara katkı sunabileceği tahmin edilmektedir. Bu önerinin ayrıca, diğer cephe sistemlerine de uyarlanabilmesinin olası olduğu ve bu yolla cephe tasarımcılarına tasarımları sırasında esneklik sağlayabileceği düşünülmektedir. Bu

durumun aynı zamanda, düşük maliyetli ve hızlı cephe çözümleri üretmede cephe sistemi uygulayıcılarına katkı sağlayabileceği ön görülmektedir.

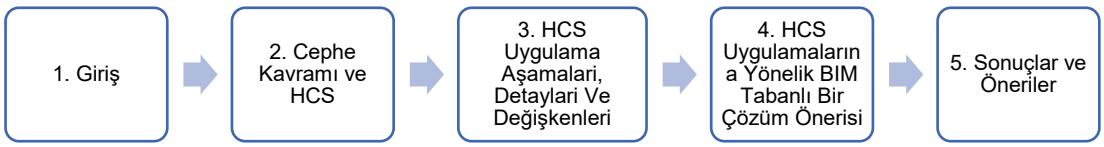
1.4. Tezin Yöntemi ve İçeriği

Havalandırmalı cephe sistemi uygulamalarına yönelik BIM tabanlı bir çözüm önerisinin geliştirildiği bu çalışmada, öncelikli olarak literatür taramasından yararlanılmıştır. Tez için gerekli bilgilerin edinilmesi ve tez kurgusunun oluşturulmasında bu yöntem kullanılmıştır. Tezde geliştirilen çözüm önerisinin mevcuttaki BIM tabanlı çözümlerden yola çıkılarak geliştirilmesinde bu alanda çalışan uzman görüşmelerinden yararlanılmıştır. Literatür taraması ve uzman görüşmeleriyle belirlenen gereksinimler, ArchiCAD yazılımı ve bu yazılımın GDL kodlama ile obje üretme eklentisi ile modellenmiştir. Modelleme sırasında, ilk olarak HCS (Havalandırmalı Cephe Sistemleri) değişkenleri gruplandırılmıştır. Sonrasında, HCS değişkenleri bilgisayar ortamına aktarılmış ve HCS bileşenleri GDL kullanılarak modellenmiştir. Ardından, basit örneklerle öneri test edilmiş ve bu testlerden yola çıkılarak geliştirilen öneriye dair çeşitli bulgulara ulaşılmıştır. Çalışmada kullanılan yöntem **Şekil 1.1**'de özetlenmiştir.

Şekil 1. 1: Tez çalışmasının yöntemi.

Tez çalışmasının içeriğine bakılacak olursa; birinci bölümde problemin tanımlandığı, tezin literatürdeki yeri, amacı ve kapsamını içeren, tezin önemi, tezin yöntemi ve içeriği alt başlıklarından oluşan giriş bölümüne yer verilmiştir. İkinci bölümde ise cephe kavramı ve havalandırmalı cephe sistemleri aktarılmıştır. Bu bölümde; cephe kavramı ve tarihçesi, cephe sistemleri ve havalandırmalı cephe sistemleri (HCS)'nin yeri ve önemi, HCS'nden beklenen performans gereksinimleri, HCS örnekleri ve çeşitleri aktarılmıştır. Bu bölümün oluşturulmasında literatür taraması yönteminden yararlanılmıştır.

Çalışmanın üçüncü bölümünde, HCS sistemleri uygulama aşamaları, detayları ve parametreleri (değişkenleri) aktarılmıştır. Literatür taramasından yararlanılan bu bölümün ardından hem literatür taraması hem de uzman görüşmeleriyle oluşturulmuş olan ve HCS uygulamalarına yönelik BIM tabanlı bir çözüm önerisinin geliştirildiği dördüncü bölüm tez akışında yer almıştır. Bu bölüm; BIM'e dair genel bilgileri ve HCS-BIM ilişkisini içermektedir. Ayrıca, uzman görüşmeleriyle mevcut BIM tabanlı çözümlerdeki engeller ve olumsuz yönler çalışmanın bu bölümünde aktarılmıştır. Sonrasında, önerilen yeni çözüme dair izlenen yol, ayrı başlıklar altında yine bu bölümde sunulmuştur. Geliştirilen BIM tabanlı yeni öneri; değişkenlerin gruplandırılması, değişkenlerin bilgisayar ortamına aktarılması, GDL kullanılarak sistem bileşenlerini modellenmesi ve modelin test edilmesi adımlarından oluşmaktadır. Test sonucunda bulgulara ulaşılmaktadır. Her bir adım ayrı bir alt başlık olarak tezde yer almaktadır. Sonuç ve önerilerin bulunduğu beşinci ve son bölümle tez sonlandırılmıştır. Çalışmanın içeriğine **Şekil 1.2**'de yer verilmiştir.



Şekil 1. 2: Tez çalışmasının içeriği.

2. CEPHE KAVRAMI VE HAVALANDIRMALI CEPHE SİSTEMLERİ

Dünya geneli enerji tüketimine bakıldığında bu enerjinin büyük bir miktarı inşaat sektöründe kullanılmaktadır. Geçmişten günümüze kadar kullanılan bu enerjiyi minimize etmek ve kaynak kullanımını azaltmak için teknolojik gelişmelerden faydalanılarak sayısız çözümler üretilmiştir. Bu çözümlerden bazıları da binanın cephe kısmına odaklanmaktadır. Çünkü cephe, binanın dış etmenlere en çok maruz kalan, bu sebeple dış mekan ile iç mekan koşullarını ayıran ve dış mekandaki etkileri iç mekana aktarırken kontrol görevi üstlenen yapı bölümlerinden biridir. Bu önemli görev cepheyi enerji verimliliği yüksek tasarımlar yapmak istendiğinde dikkat edilmesi gereken en önemli değişkenlerden biri yapmaktadır **[10]**.

Yapı cephelerinin ısı, ses, su ve nem, yangın gibi çeşitli dış etmenlere karşı yapıları koruma işlevi bulunmaktadır. Bunun yanı sıra, yapıların estetik olarak değer kazanmalarında önemli bir eleman olarak görev almaktadır. Bu tür gereksinimlerle başa çıkma konusunda son yıllarda cephe sistemlerinden yararlanılmaktadır. Bir yapının dış alanlarının yatay ve dikey olarak farklı malzemelerle hazırlanan ve montaj ile kurulumu profiller, plastik aparatlar, cam ve silikonlarla yapılan uygulamalara cephe sistemi denir **[11]**. Cephe sistemleri ağırlıklı olarak iş merkezi, AVM (Alış Veriş Merkezi), otel, hastane ve konut işlevli yapılarda kullanılmaktadır.

Tez çalışmasının bu bölümünde cephe kavramı ve havalandırmalı cephe sistemleri (HCS) konuları; cephe kavramı ve tarihçesi, cephe sistemleri ve HCS, HCS alt başlıklarında aktarılmaktadır.

2.1. Cephe Kavramı, Tarihçesi

Cephe kavramı; TDK (Türk Dil Kurumu) güncel Türkçe sözlüğünde "*Bir şeyin veya yapının ön tarafta bulunan bölümü*" ve Ansiklopedik Mimarlık sözlüğünde "*Bir binanın yüzlerinden her biri; özellikle ön yüz*." olarak ifade edilmektedir **[12]**. Cephelerde oluşacak bir aksaklık, kullanıcı konforunu ve yapı kabuğunun ömrünü olumsuz etkilemektedir. Bina performansındaki beklentiyi karşılamak doğru cephe sistemini seçmek ile mümkündür **[13]**.

Binaların dışa bakan dış duvarları, cepheler olarak adlandırılmaktadır. Cepheler, binayı çevresel etkenlerden korumada önemli bir rol oynamanın yanı sıra, binanın

estetik çekiciliğine ve genel kimliğine de katkıda bulunmaktadır. Temelde, cepheler bir binanın "derisi" işlevini görürken, ticari değerinin belirlenmesinde anahtar bir unsur olabilmektedir.

'Cephe' kelimesinin ilk kullanıldığı düşünülen tarih 1681'dir ve Latince'den geçtiği düşünülmektedir. Latince'de yüz anlamına gelen 'facia' teriminin, İtalyanca'da 'faccia' olarak kullanıldığı ve daha sonra Fransızca'ya geçerek 'facade' haline geldiği bilinmektedir **[14]**. Cephelerin tarihini izlemenin en kolay yolu, başlıca mimari stillerin zaman çizelgesini takip etmektir. Çalışmanın bu bölümünde bahsedilen stillere alt başlıklar halinde değinilmektedir.

- Klasik Mimarlık (MÖ 7. - 4. yy)

Antik Yunan ve Roma'nın mimari ilkelerinden türetilmiş olup, özellikle Vitruvius'un 'De Architectura' eserine dayanmaktadır. Rönesans'tan II. Dünya Savaşı'na kadar Batı mimarlığına hakim olan klasik stiller, günümüzde de birçok mimara ilham vermeye devam etmektedir **[15] Şekil 2.1**.

Şekil 2. 1: Parthenon, Yunanistan **[16].**

- Romanesk Mimari (MS 1050 - MS 1170)

Romanesk mimari Avrupa'daki dini yapılarda gözlemlenen, Gotik Mimari'nin şatafatı öncesi kullanılan mimari stili ifade eder. Kelime olarak 'Romalılardan gelen' anlamına gelen 'Romanesque' sözcüğünün isim verdiği bu akım, mimarlık alanı yanında farklı sanat dallarına da etkisini hissettirmiştir etmektedir **[17] Şekil 2.2**.

Şekil 2. 2: Pisa Kulesi, İtalya **[18].**

- Gotik Mimari (MS 1100 - MS 1450)

Gotik tarz, ilk olarak Giorgio Vasari tarafından ‘barbarlara özgü’ olarak tanımlanmış ve zamanla mimari, sanat ve modada belirli bir stilin adı haline gelmiştir. Gotik mimari, Avrupa’daki katedral ve kiliselerde Tanrı'yı yüceltmek ve aynı zamanda piskoposlar ile zengin tüccarların gücünü sergilemek amacıyla görkemli yapılar olarak inşa edilmiştir **[19] Şekil 2.3**.

Şekil 2. 3: Köln Katedrali, Almanya **[20].**

- Rönesans Mimarisi (MS 1400 - MS 1600)

14. ve 17. yüzyıllar arasında antik Roma ve Yunan mimarisinden ilham alarak ortaya çıkan bir stildir. Bu dönemde simetri, orantı ve klasik öğelerin yeniden yorumlanması ön plandadır. Özgün yapılar geliştirilmiş, büyük kubbeler ve geniş pencereler

kullanılmıştır. Floransa Katedrali ve Saint Peter's Basilica gibi önemli eserler bu dönemin karakteristik örnekleridir **[21]Şekil 2.4**.

Şekil 2. 4: Floransa Katedrali, İtalya **[22].**

- Barok Mimarisi (MS 1600 - MS 1755)

Barok mimari, 16. ve 18. yüzyıllarda gelişen ve müzik, resim ve edebiyat alanından sonra mimaride de kendine önemli ölçüde yer edinen akımdır. İtalyan kiliselerinde gücünü tanrı ve mitoloji taslaklarından alan ve işlemeli duvarlar, görkemli bahçelerle donatılmış mimari yapıdır **[23] Şekil 2.5**.

Şekil 2. 5: Schönbrunn Sarayı, Avusturya **[24].**

- Neoklasik Mimarlık (MS 1750 - MS 1920)

Neoklasik mimari, 18. yüzyıl ortalarında İtalya ve Fransa'da ortaya çıkan, antik Roma ve Yunan mimarisine dayanan bir akımdır. Rönesans ve Barok dönemlerinin aşırı unsurlarını azaltarak daha saf ve otantik bir klasik üslup sunan bu mimari stil, arkeolojik keşiflerin etkisiyle gelişmiş ve zamanla Avrupa'da yaygınlaşmıştır **[25] Şekil 2.6**.

Şekil 2. 6: Lazienki Sarayı, Polonya **[26].**

- Art Deco (1925-1940)

Art Deco Fransa kökenli sanat akımıdır. 1920'li yıllardan sonra, özellikle mimari alanında görülmüştür. Adını 1925 yılında yapılan Exposition Internationale des Arts Décoratifs et Industriels Modernes (Uluslararası Modern Dekoratif ve Sınai Sanatlar) sergisinden almıştır **[27] Şekil 2.7**.

Şekil 2. 7: Helsinki Garı, Finlandiya **[28].**

- Art Nouveau (MS 1890 - MS 1910)

Art Nouveau, 19. yüzyılın sonları ile 20. yüzyılın başlarında ortaya çıkan ve doğanın formlarından ilham alan dekoratif bir sanat ve mimari akımdır. Organik çizgiler, akıcı formlar ve doğal motiflerin ön planda olduğu bu stil, endüstriyel üretimle el sanatlarını birleştirerek özgün ve süslemeli yapılar yaratmayı hedeflemiştir. Özellikle Avrupa'da yaygınlaşan Art Nouveau, mimarlık, iç tasarım ve grafik sanatlar gibi birçok alanda etkili olmuştur **[29] Şekil 2.8**.

Şekil 2. 8: Casa Mila, İspanya **[30].**

- Modernizm (MS 1917 - MS 1965)

Modernizm, 18. yüzyılda Avrupa'da başlayan ve gelenek ile dini reddederek bilimi, teknolojiyi ve insanı merkeze alan bir akımdır. Tarihi ve köklü değerlere karşı çıkarak toplumsal ilerlemeyi hedefleyen bu hareket, 1. Dünya Savaşı gibi kültürel şokların etkisiyle şekillenmiştir. Mimarlıkta Frank Lloyd Wright ve Le Corbusier gibi öncü isimler, modernizmin sade ve işlevsel yapısını yansıtan önemli eserler bırakmıştır **[31] Şekil 2.9**.

Şekil 2. 9: Guggenheim Müzesi, ABD **[32].**

- Postmodernizm (MS 1950 - MS 2007)

Postmodernizm, 20. yüzyılın ortalarında modernizmin katı kurallarına tepki olarak doğmuş, gerçeklik ve doğruluk gibi kavramların göreceli olduğunu savunan bir akımdır. Çelişkileri ve karmaşıklığı kucaklayan postmodern eserlerde ironi ve alay sıkça kullanılır; Berlin'deki GSW Genel Merkezi ve Prag'daki 'Dancing House' gibi yapılar, bu akımın önemli örneklerindendir **[33] Şekil 2.10**.

Şekil 2. 10: Danseden Evler, Çek Cumhuriyeti **[34].**

- Parametriklik (1997 – Günümüz)

Zaha Hadid Architects'ten Patrik Schumacher'in geliştirdiği ve geniş çizgiler, eğriler ve düzensiz şekillerle tanımlanan bir mimari akımdır. Jean Nouvel'in Louvre Abu Dhabi ve Frank Gehry'nin Piex gibi eserlerinde görülebilen bu tarz, cephelerde sade ama karmaşık bir estetik sunar. Örneğin, altıgen deliklerle oluşturulmuş alüminyum cephesi ve ışık-gölge hesaplarıyla Alman ticari binası, çevresiyle uyumlu ve etkileyici bir illüzyon yaratır **[35] Şekil 2.11**.

Şekil 2. 11: Haydar Aliyev Kültür Merkezi, Azerbaycan **[36].**

2.2. Cephe Sistemleri

Geçmişten günümüze gelindiğinde yapı cephelerinin çoklu bileşenlerden ve malzemelerden oluşmaya başladığı görülmektedir. Bu anlamda zenginleşen cephelerin formları daha sadeleşmiştir. Teknolojideki gelişmelerle cephe uygulamalarının da gelişmesi söz konusu olmuştur. Cephelerin estetik özelliklerinin yanı sıra performans özellikleriyle de ön plana çıkmaları günümüz beklentileri haline gelmiştir. Bu gibi açılardan son yıllarda yapı cephelerinde, cephe sistemlerinin kullanımı yaygınlaşmaya

başlamıştır. Genellikle ahşap, alüminyum, çelik veya plastik gibi malzemelerin bir arada kullanımı ile yapılan dış cephe sistemleri, binaların korozyona karşı korunmasını sağlar. Binaların içindeki hava ve ısı değişimlerinin kontrol edilerek enerji verimliliğinin arttırılmasını ve binaların çevresindeki hava kirliliğine karşı korunmasını da sağlar. Bu nedenle, dış cephe sistemleri, çevresel faktörlerden kaynaklanan zararlı etkilere karşı binaları korumak için önemli bir inşaat teknolojisidir.

Cepheler dış katman, iç katman ve gövde katmanı olmak üzere farklı katmanlardan oluşmaktadır. Cephe sistemleri de bu katmanlaşmaya uygun olarak şekillenmektedir. Buna göre, sistemlerin çoğunlukla dış katmanı oluşturacak şekilde; dış kaplama ve su, ısı, ses gibi çevresel faktörleri kontrol etmek üzere kontrol katmanlarından oluştuğu söylenebilir. Kaplama malzemesi ile yapı arasındaki katmanlar, sistemin tüm performans özelliklerini etkilemektedir. Cephelerin işlevselliği ve dayanıklılığı, yapı estetiği ve enerji verimliliği gibi özellikleri bu tür katmanlaşmalarla değişebilmektedir.

Cephe sistemleri; kaplama malzemesine, tespit yöntemine, ısı yalıtımı ile ilişkisine ve katmanlaşma durumuna göre sınıflanabilmektedir **[8]**.

Kaplama malzemesine göre yapılan sınıflandırmada; giydirme cephe sistemleri hariç tutularak sistemlerin opak kaplama malzemelerine odaklanılmaktadır. Bu açıdan bu tür cephe sistemlerinde kil, doğal ve yapay taş, ahşap, çimento, metal, plastik ve cam esaslı malzemeler kullanılabilmektedir. Sistemlerde kullanılan kaplama malzemelerinin farklı olumlu ve olumsuz yönleri, kaplama kalınlıkları, montaj sistemleri ve dış etkenlere dayanıklılıkları bulunabilmektedir **[37] Şekil 2.12**.

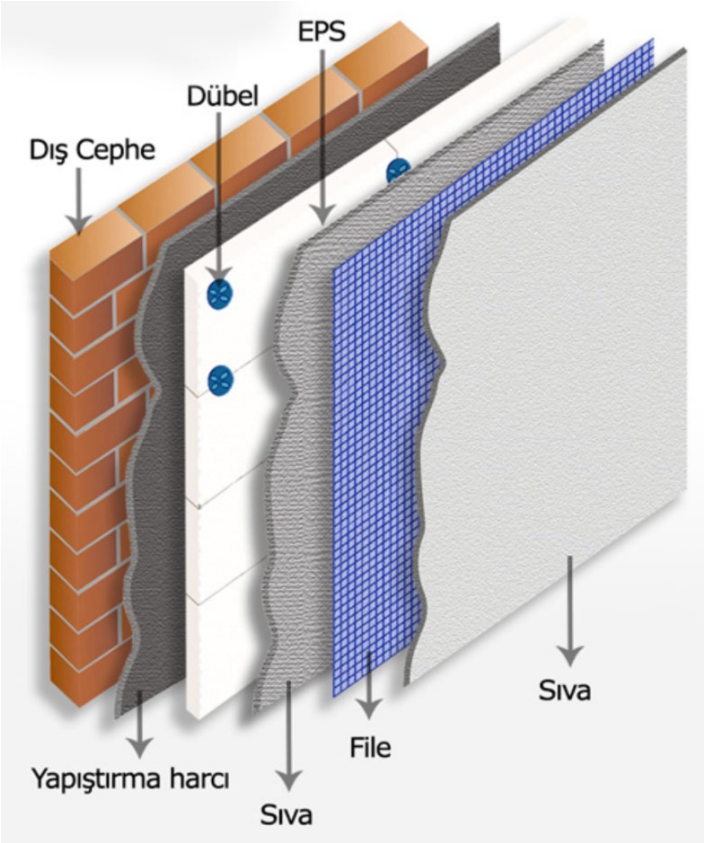
Şekil 2. 12: Havalandırmalı cephe sistemi kaplamalarına örnek **[38].**

Tespit yöntemi, kaplama malzemesinin yapı yüzeyine nasıl sabitlendiği ile ilgilidir. Bu anlamda cephe sistemleri, doğrudan yüzeye tespit edilenler ya da alt konstrüksiyon üzerine tespit edilenler olarak iki şekilde ele alınmaktadır. Doğrudan yüzeye tespit edilen sistemlerde; kaplama malzemesinin yapıştırıcı ya da ankraj elemanları gibi araçlarla yüzeye sabitlenmesi söz konusudur **[37, 39] Şekil 2.13**. Alt konstrüksiyon üzerine tespit edilen sistemlerde; kaplama malzemesi, yapıştırıcı, klips veya vida gibi elemanlar kullanılarak bir alt konstrüksiyona tutturulur. Alt konstrüksiyon malzemesi ahşap, alüminyum veya karma malzemelerden oluşabilmektedir **[2, 40] Şekil 2.14**.

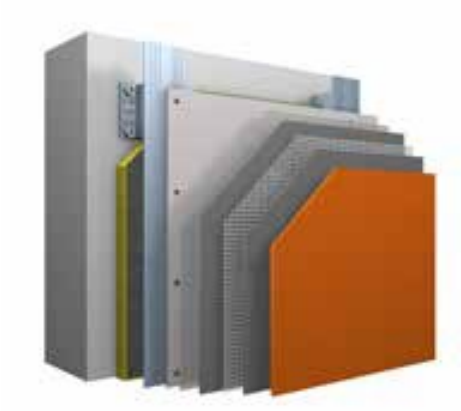
Şekil 2. 13: Doğrudan yüzeye yapıştırma ile kaplamaya örnek **[39].**

Şekil 2. 14: Ahşap altyapı ile havalandırmalı cepheye örnek **[40].**

Cephe sistemleri, ısı yalıtım malzemesi ile kaplama arasındaki etkileşime göre sıcak ve soğuk cepheler olarak sınıflandırılmaktadır. Sıcak cephe türlerinde, ısı yalıtımı doğrudan kaplamaya tutturulmuştur ve arada hava boşluğu yoktur **Şekil 2.15**. Soğuk cepheler, havalandırmalı cepheler olarak da ifade edilebilmektedir. Bu sistemlerde, kaplama ve yalıtım arasında bir hava boşluğu bırakılarak, dış hava sirkülasyonu sağlanır. Bu, cephelerin nefes almasına ve enerji tasarrufuna katkıda bulunur **Şekil 2.16.**



Şekil 2. 15: Sıcak cepheye örnek **[41].**



Şekil 2. 16: Soğuk cepheye örnek **[42].**

2.3. Havalandırmalı Cephe Sistemleri (HCS)

Teknolojik gelişmeler ile cephe üzerine üretilen çözümlerden biri de havalandırmalı cephe sistemleridir. Bu sistemler, modern mimarinin önemli bir parçası olarak, binaların enerji verimliliğini artırmak ve iç mekan konforunu iyileştirmek için

tasarlanmıştır. Havalandırmalı cephe sistemleri dış cephe kaplaması ile yalıtım malzemesi arasında kalan hava boşluğu sayesinde doğal bir havalandırma sağlar. Bu sayede, binanın iç ve dış yüzeyleri arasındaki sıcaklık farkını dengeler, su ve su buharı kontrolü yaparak bina kabuğunun sürekli kuru kalmasını sağlar **[43]**.

Havalandırmalı cephe sistemleri, yapıların daha dayanıklı ve kullanıcılar için daha konforlu hale getirilmesi amacıyla dünya genelinde mühendisler ve zanaatkarlar tarafından yapılan çalışmaların bir sonucudur. Kökenleri, günümüz modern inşaat tekniklerinden oldukça farklı bir zamana, 12. yüzyıldan önceki dönemlere Norveç'e dayanır. Norveç'te, mühendisler tarafından geliştirilen tekniklerden biri, yağmur suyunun tahliyesi ve sızan suyun buharlaşmasını sağlamak için üst ve alt kısımlarda açıklıkları bulunan kapalı derzli ahşap kaplama kullanımıdır. Bu teknik, bilimsel bir yöntemden ziyade deneme yanılma yoluyla geliştirilmiş ve ilk olarak ahırlarda kullanılması sebebiyle 'açık derzli ahır tekniği' olarak isimlendirilmiştir **[44]**.

Norveç'in batı kıyısında, 12. yüzyılda inşa edilen Urnes Stav Kilisesi **Şekil 2.17**, bu teknolojinin erken örneklerinden biri olarak kabul edilir. 1979 yılında UNESCO (Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü) Dünya Mirası Listesi'ne dahil edilen bu yapı, Kelt sanatı, Viking gelenekleri ve Romanesk mekansal yapılar gibi farklı kültürel etkileri bir araya getiren geleneksel İskandinav ahşap mimarisinin olağanüstü bir örneği olarak gösterilse de, aynı zamanda hala ayakta olan en eski havalandırmalı cephe sistemlerinden birine sahip olmasıyla da önemlidir **[44]**. Bu teknikler, zaman içinde gelişerek bugünkü kompleks havalandırmalı cephe sistemlerinin temelini oluşturmuştur.

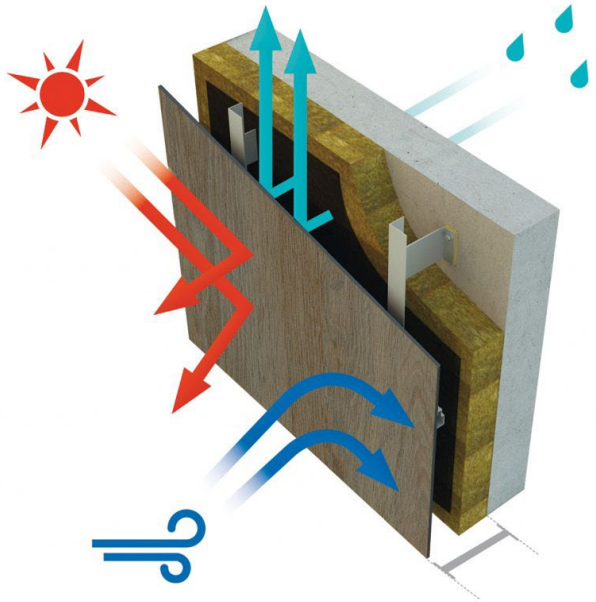
Şekil 2. 17: Urnes Stave Kilisesi (Norveç) **[45].**

Çimento ve tuğla gibi gözenekli malzemelerden oluşan duvarların, uzun bir süre dış etmenlere maruz kaldığında bozulmasına çözüm olarak 1940'larda yapılan bilimsel çalışmalar sonucunda duvar ile kaplama malzemesi arasında bırakılan boşluk su tahliyesini sağlayarak kaplama malzemesinin su buharından uzak tutulması sunulmuştur. Norveç Bina Araştırma Enstitüsü'nün 1960'arın başında yaptığı bir araştırma ile havalandırmalı cephe sistemlerinin prensipleri resmi olarak belgelenmeye başlamıştır. Ayrıca 1970'lerin başlarında ise Mimarlık Alüminyum Üreticileri Birliği tarafından ilk resmi rehber yayınlanarak havalandırmalı cephe kaplama sistemlerinin inşaat sektöründe yaygın olarak kullanımına olanak sağlamıştır **[44]**.

Bugünlere gelindiğinde, havalandırmalı cephe sistemleri kaplama malzemesi bakımından geniş bir yelpazeye sahip olup mimara esneklik, görsellik, estetik ve ekonomik katkılar sağlamaktadır. İklim değişikliği sonucu hava koşullarının giderek tahmin edilemez hale gelmesiyle artan dış etkenlere karşı koruma sağlaması havalandırmalı cephe sistemlerinin tercih edilmesini artırmaktadır **[9]**.

Tasarım sürecinde, havalandırmalı cephe sistemlerinin detaylandırılması büyük önem taşır. Sistem, taşıyıcı yapı elemanları, yalıtım katmanı, hava boşluğu ve dış kaplama

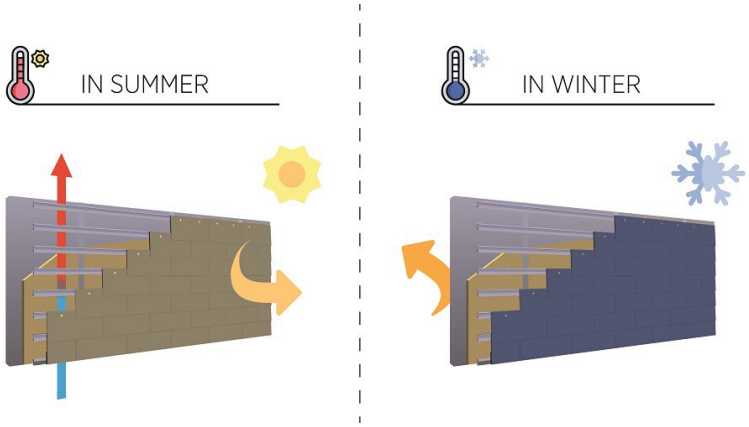
olmak üzere birden fazla katmandan oluşur **Şekil 2.18**. Bu yapı sayesinde, yük taşıyan duvar ile kaplama malzemesi arasında sürekli havalandırmaya izin veren bir hava boşluğu oluşturulur. Yük taşıyan duvar ile kaplama arasında genellikle bir yalıtım tabakası bulunur, ancak bu projeye bağlıdır. Bazen yük taşıyan duvarın kendisi yalıtkan olabilir veya yalıtım malzemesi evin içine yerleştirilebilir. Hava boşluğunun, cephenin üst ve alt kısmında sürekli hava sirkülasyonuna izin veren bir açıklığı vardır. Bu açıklıklar, su yalıtım malzemesinin verimliliğini azaltabileceğinden, su filtrasyonlarını önlemek için doğru şekilde korunmalıdır. Cephenin alt açıklığında, böceklerin ve küçük memelilerin girişini önlerken havalandırmaya izin vermek için havalandırmalı bir saçak bulunur. Üst açıklıkta veya üst saçakta, suyun girmesini önlemek için metal bir profil takılır ve sürekli havalandırmaya izin vermek için gerekli alan bırakılır **[8, 43]**.



Şekil 2. 18: Havalandırmalı cephe çalışma prensibi **[43].**

Sıcaklık farklılıklarının bir sonucu olarak, sistemdeki havalandırma boşluğunda baca etkisi olarak bilinen doğal bir yayılım süreci gerçekleşir. Bu yayılım yaz aylarında sıcak havanın yükselmesini sağlayarak boşluktaki havayı daha soğuk bir hava ile yeniler. Kış aylarında ise boşluktaki hava yükselmeye yetecek kadar sıcak değildir, bu da yalıtım katmanının binanın içindeki ısıyı tutmasına yardımcı olur. Bu baca etkisi

yaz aylarında aşırı ısınmayı önler ve kış aylarında sıcak ve sabit bir iç sıcaklığın korunmasına yardımcı olur **Şekil 2.19**.



Şekil 2. 19: Yaz ve kış mevsiminde HCS çalışma prensibi **[46].**

Seramik, metalik kaplamalar, ahşap veya doğal arduvaz gibi birçok malzeme kaplama için kullanılabilir. En önemli şey, havalandırmalı cephe kaplama sisteminin verimliliğini tamamlayan yüksek kaliteli, dayanıklı ve uzun ömürlü bir malzeme seçmektir. Bina tadilatları yaparken bir havalandırmalı cephe kaplama sistemi kurmak tamamen uygulanabilir ve verimi yüksektir. Bunu yapmak için, havalandırmalı cephe kaplamasını takmadan önce mevcut kaplama malzemesini çıkarmak ve taşıyıcı duvardaki nemi veya kusurları temizlemek gerekir. Ayrıca, bazı yenilemelerde, havalandırmalı cephe kaplamasının genişliği geleneksel bir kaplamadan önemli ölçüde daha geniş olduğundan, yalıtım tabakası havalandırmalı cephe kaplama sistemine entegre edilemez. Havalandırmalı cephe kaplaması yalıtım malzemelerinin türü ve kalınlığı, yalıtım kapasitesine ve proje ihtiyaçlarına (konum, yönelim, inşaat türü, vb.) bağlı olarak her proje için ayrıca seçilir **[47]**.

Havalandırmalı cephe sistemi katmanlarının her birinin binaya ve sistemin kendi içinde doğru şekilde entegre edilmesi, sistemin genel performansını ve dayanıklılığını belirler. Bu anlamda, HCS'den beklenen performans gereksinimlerine göz atmak önem taşımaktadır **[48]**.

2.3.1. HCS'den Beklenen Performans Gereksinimleri

Binaların inşasının amacı; insanları dış çevrenin olumsuz etkilerinden korumak, barınmaları ve fiziksel aktivitelerini gerçekleştirmeleri için uygun ve konforlu bir yer

yaratmak olarak ifade edilebilir. Binalarda kullanıcı için sağlıklı bir iç ortam oluşturmak, havalandırma, ısıtma ve diğer iklimlendirme koşullarını ekonomik bir şekilde sağlamak, yapının uzun ömürlü olmasını sağlamak amacıyla hasar ve deformasyonların oluşumunu önlemek için dış duvarlar ve cephelerin belirli fiziksel gereklilikleri karşılaması gerekmektedir. Çalışmanın bu bölümünden çeşitli kaynaklardan derlenen cephe veya bina kabuğu performans gereksinimleri analiz edilmiş ve HCS'den beklenen performans gereksinimleri olarak sentezlenmiştir **[4, 8, 49]**.

Cephe kaplamalarının sıcaklık değişimleri, yağmur, rüzgar ve diğer doğal etkenlerden etkilenmektedir. Bu nedenle, bina kabukları tasarlanırken bu etkenlerin olumsuz etkilerini önlemek veya azaltmak amacıyla uygun bir şekilde tasarlanmalıdır. Cephe kaplamasının sahip olması gereken işlevlere karşı direnç göstermesi gereken unsurlar; gerekli olanlar, önlenmesi gerekenler ve kontrol edilmesi gerekenler olmak üzere üç gruba ayrılmıştır.

Cephe kaplamasında gerekli olan faktörler; sıcak, soğuk, güneş ışığı, rüzgar, yağmur, kar, dolu ve ıslak kardır. Kaplamada önlenmesi gereken unsurlar; Haşere saldırıları, Beklenmedik böcek ve haşerelerin içeri girmesi, Yangın kaynaklı hasarlar, Nemin emilmesidir. Kaplamada dışarıdan içeriye, içeriden dışarıya veya her iki yönde geçişi kontrol etmesi gereken unsurlar; ısı, hava, ses, ışık olarak belirlenmiştir ayrılmıştır.

Yapı kabuğu, dış çevre koşullarına karşı ilk fiziksel engellerdir. Kullanıcılar için konforlu bir yaşam alanı oluşturmak amacıyla, yapı kabuğunda fiziksel çevre koşullarını kontrol etmek veya ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma gibi sistemler için enerji harcamak gerekmektedir. Günümüzde enerji kullanımının önemi göz önünde bulundurulduğunda, yapıya etki eden dış çevre koşullarını mümkün olduğunca kontrol altında tutmak ve gerektiğinde mekanik sistemlerden faydalanmak önem arz etmektedir. Bu açılardan, yapı kabuğunun karşılaması gereken gereksinimler aşağıda listelenmiştir **[4]**:

- Isı akışını düzenlemek,
- Hava akışını düzenlemek,
- Su buharı akışını kontrol etmek,
- Yağmur sularını yönetmek,
- Işık, güneş ve diğer ışınımları (yansımaları) kontrol etmek,

- Gürültüyü azaltmak,
- Yangın güvenliğini sağlamak,
- Dayanıklılık ve rijitlik sağlamak,
- Uzun ömürlü olmak,
- Estetik ve hoş bir görünüm sunmak,
- Ekonomik olmak.

Cepheler, iç mekanları dış ortamdan ayırarak kullanıcılar için uygun bir yaşam alanı yaratmayı hedefler. Dış çevre koşullarına karşı koruma sağlarken, aynı zamanda kullanıcılar ve şehir için estetik bir etki de oluşturur. Bu işlevleri yerine getirebilmesi için cephelerden belirli performans gereksinimleri beklenmektedir. Bu gereksinimler şunlardır **[8, 43]**:

- Taşıyıcılık ile ilgili performans gereksinimleri,
- Isıl performans gereksinimleri,
- Su ile ilgili performans gereksinimleri,
- Nem ile ilgili performans gereksinimleri,
- Ses ve gürültü ile ilgili performans gereksinimleri,
- Yangın ile ilgili performans gereksinimleri,
- Temizlik ve dayanıklılık.

Yukarıda bahsedilen genel gereksinimlere ek olarak, havalandırmalı cephe için sağlanması gereken birkaç özellik vardır. Bu özellikler aşağıda listelenmiştir **[50]**.

- Bunlardan birincisi malzemelerdir. Havalandırmalı cephe için kullanılan malzemeler dayanıklı olmalı, dış etkilere karşı koyabilmeli ve su sızdırmazlık sağlamalıdır. Ayrıca, iyi bir yangın derecesine sahip olmalı ve bakımı kolay olmalıdır.
- İkincisi hava koşullarına dayanıklılıktır. Havalandırmalı cephe sistemi, bulunduğu yerin rüzgar, kar, şiddetli yağmur veya aşırı sıcaklıklar gibi hava koşullarına karşı dayanıklı olmalıdır.
- Üçüncüsü hava ve nem yönetimidir. Tasarım, havalandırmalı cephenin arkasında nem birikimini önlemek ve kurumanın teşvik edilmesi için uygun hava akışına izin vermelidir. Havalandırmalı cephe aynı zamanda suyun binadan uzaklaştırılmasına olanak tanıyacak şekilde tasarlanmalıdır.

- Bunların yanında ısı performansı da sağlanması gereken özellikler arasında yer alır. Havalandırmalı cephe, enerji tüketimini azaltmaya ve bina sakinlerinin konforunu artırmaya yardımcı olacak iyi bir ısı performansına sahip olmalıdır.
- Havalandırmalı cephe, görsel olarak çekici olmalı ve binanın genel tasarımı ile uyumlu olmalıdır.
- Bu sistemlerin tasarımlarında binanın çevresel etkilerini ve enerji verimliliğini dikkate almalıdır.
- Ayrıca havalandırmalı cephe sistemi, binanın yapısı ve HVAC ve elektrik gibi diğer sistemlerle uyumlu olmalıdır.
- Bu sistemler yangına dayanacak şekilde tasarlanmalı, bina kodları ve yönetmeliklerine uygun olmalı ve yangın durumunda güvenli bir kaçış yolu sağlamalıdır. Havalandırmalı cepheler, özellikle yüksek binalarda yangın güvenliği açısından da önem taşır. Yangın durumunda, bu sistemler alevlerin ve ısı yayılmasının cephe boyunca hızla ilerlemesini yavaşlatarak, bina sakinlerine tahliye için daha fazla zaman sunar. Ayrıca, havalandırmalı sistemlerde kullanılan malzemeler genellikle yangına karşı dirençli özellikler taşır ve bu da yangın sırasında cephe üzerindeki zararı minimuma indirger **[51]**.
- Bunun yanında havalandırmalı cephe sistemi, bakımı, temizliği ve onarımı kolay olmalıdır.

Bu bölümde çeşitli kaynaklardan derlenen ve bahsedilen performans beklentilerinden yola çıkılarak tez kapsamında HCS'den beklenen performans gereksinimleri; taşıyıcılık ile ilgili, ısıl, su ile ilgili, nem ile ilgili, ses ile ilgili, yangın ile ilgili, temizlenebilirlik ve dayanıklılıkla ilgili gereksinimler başlıkları altında ele alınmıştır **[52-56]**.

2.3.1.1. Taşıyıcılık ile İlgili Performans Gereksinimleri

Yapı kabuğunun duvar, döşeme ve çatı gibi diğer bileşenlerinde olduğu gibi, cephe sistemlerinin de taşıyıcılık ile ilgili belirli standartları karşılaması gerekmektedir. Cephe kaplama malzemeleri ve bunların alt yapısı, kendi ağırlığını ve üzerine binen yükleri taşıyabilmelidir. Yapıya etki eden yüklerde olduğu gibi, sabit yükler (ölü yükler) ve hareketli yükler cepheyi de etkilemektedir. Cephe bileşenlerinden kaynaklanan kalıcı yükler statik yüklerdir. Özellikle rüzgar, ısısal şekil değiştirme ve depreme bağlı yükler ise cephelerdeki hareketli yüklerdir. Bu yükler değişkenlik

göstermektedir. Dolayısıyla, sistemlerin üzerine binen yüklerin güvenli bir şekilde cephenin ve yapının taşıyıcı sistemine aktarılacak şekilde tasarlanması ve gerekli hesaplamaların yapılması gerekmektedir. Bu anlamda, hem kaplama malzemelerinin boyutları ve kalınlıkları hem de alt konstrüksiyon elemanlarının seçimi cephenin taşıyıcılık ile ilgili performansları konusunda büyük önem taşımaktadır **[57]**.

Rüzgar, cephe üzerinde önemli bir doğal etki oluşturan faktörlerden biridir. Yapı kabuğu, rüzgar yüklerini herhangi bir deformasyona veya sehime uğramadan güvenli bir şekilde zemine iletmelidir. Rüzgarın neden olabileceği düşme, ayrılma ve devrilme gibi olasılıklar cephe tasarımında göz önünde bulundurulmalıdır. Bu konuda özellikle yüksek katlı yapılarda, rüzgarın önemli bir dış etken olarak dikkate alınması gerekir Bu tür yapıların üst katlarına rüzgar hızı ivmelenerek yani daha yüksek kuvvetle etki eder. Bu nedenle mühendisler, cephe sistemlerinin taşıyıcı konstrüksiyonlarıyla ilgili hesaplamalarında bu unsurları göz önünde bulundurmaktadır **[57]**.

Cephenin taşıyıcılık performansı açısından, üzerine etki eden yüklerin yanı sıra taşıyıcı elemanların dış çevre koşullarından korunması ve uzun ömürlü olması da önem taşımaktadır. Alt konstrüksiyon olarak seçilen elemanların paslanmaz malzemelerden üretilmesi, korozyona karşı dayanıklı olması, su ve nem gibi doğal etkilere karşı korunması ve bu etkilere bağlı aşınmaların önlenmesi gerekmektedir. Dış duvarlar, çeşitli dış faktörlere maruz kalır ve bu durum ısı, nem ve yer çekimi etkisiyle boyutsal değişimlere yol açar. Bu değişimler, özellikle farklı malzemelerin birleşim noktalarında sorunlar yaratabilir. Cephe sistemleri ve HCS'leri birçok alt bileşenden oluştuğundan, bu birleşim noktalarında dış etkilere bağlı olarak ortaya çıkabilecek sorunların tasarım aşamasında dikkate alınması gerekmektedir. Bu açıdan uygulanacak sistemin üç boyutlu olarak modellenmesi ve çeşitli senaryolara göre test edilmesi yarar sağlayacaktır **[58]**.

2.3.1.2. Isıl Performans Gereksinimleri

Isıl performans gereksinimleri açısından, dış duvarlar sıcak ve soğuk hava koşullarına karşı iç ortamı korumalıdır. Bu koruma duvar gövdesinde olabileceği gibi, duvar iç üzeyinden ya da dış yüzeyinden ısı yalıtımı ve diğer katmanlaşmalarla ile de sağlanabilmektedir. Bu tür yalıtım uygulamalarının kesintisiz bir şekilde gerçekleştirilmesi önem taşımaktadır. Dış yüzeye yapılan yalıtım hem iç mekanın hem

de taşıyıcı sistemin ısı transferine karşı korunmasını sağlarken, iç yüzeye uygulanan yalıtım yalnızca iç mekanla sınırlı ısı transferini engeller. Bu sebeple, genellikle ısı yalıtımının dış yüzeye uygulanması tercih edilmektedir. Tarihi yapılar veya yığma sistemle inşa edilen binalarda, duvar aynı zamanda yapının cephesini oluşturduğundan, ısı yalıtımı iç kısma uygulanmaktadır. Bina kabuğunda sıcaklık değişimlerine yönelik gerekli önlemler alınmadığı takdirde, binanın yer aldığı iklim koşulları ile ilişkili olarak, iç ortam kışın çok soğuk yazın ise çok sıcak hale gelebilmektedir. Öte yandan, uygulanacak yalıtım yöntemi tercihlerinde taşıyıcılık ile ilgili performans unsurları göz önünde bulundurulmalıdır **[59]**.

Isı yalıtım uygulamalarında, malzemelerin kesintiye uğradığı bölgelerde ısı köprüleri meydana gelir. Bu durum, kış aylarında yapının iç kısmında ısı kayıplarına yol açar. Cephe sistemlerinde alt konstrüksiyon elemanları ve bu elemanların bağlantı noktaları, ısı köprüsünün oluşabileceği ve yalıtımın kesintiye uğrayabileceği alanlardır. Bu noktalara yönelik detayların geliştirilmesi ve gerekli önlemlerin alınması ısı korunumu açısından önemlidir **[60]**.

Isı yalıtım malzemeleri, organik veya inorganik yapıda olabilir. Taş yünü ve cam yünü organik yapıda ısı yalıtım malzemelerine örnek teşkil ederken, EPS ve XPS gibi polimer yapılı malzemeler inorganik ısı yalıtım malzemeleri arasında yer almaktadır. Isı yalıtım malzemeleri, rulo ve şilte, rijit levha, yerinde uygulanan köpük ve gevşek dolgu gibi çeşitli formlarda uygulanabilmektedir. Taş yünü ve cam yünü rulo ve şilte şeklinde, EPS, XPS ve polistren ise rijit levha olarak, poliüretan ise yerinde köpük dolgu olarak uygulanan ısı yalıtım malzemeleri arasında bulunmaktadır. Bazı ısı yalıtım malzemeleri, su ile temas ettiğinde özelliklerini kısmen veya tamamen kaybedebilir. Malzeme seçimi ve bu malzemelerin korunması bu bağlamda büyük bir önem taşımaktadır. Ayrıca, bu malzemelerin yangına dayanıklılık özellikleri de malzeme seçiminde göz önünde bulundurulması gereken önemli bir faktördür **[61]**.

Yapıların aşırı ısı biriktirmesi veya ısı kaybetmesi, dikkate alınması gereken bir sorundur. Cephelerde kullanılan malzemenin rengi, güneş ışığını yansıtma ve ısıya bağlı renk değişimi gibi faktörlerin etkisiyle nasıl bir davranış sergilediği dikkate alınmalıdır. Cephe sistemlerinde kaplama malzemesi ve alt konstrüksiyon olarak tercih edilen metal veya plastik elemanların ısıl iletkenliği önem arz etmekte olup, ısı köprülerinin oluşumunu engellemek için gerekli önlemler alınmalıdır. Ayrıca, cephede kullanılan kaplama malzemesinin aşırı ısınması ve ısıl gerilmelerden kaynaklanan

hasarların önlenmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, kaplama malzemesinin türü ve rengi büyük bir önem taşımaktadır **[59]**.

Tüm bunlardan yola çıkıldığında gerek cephe sistemleri gerekse HCS için ısıl performansı artıracak yalıtım yöntemlerinin yalıtımın sürekliliğini sağlayacak şekilde uygulanmasına özen gösterilmelidir. Bu açıdan uygulanacak detayların üç boyutlu olarak modellenmesi yarar sağlayacaktır.

2.3.1.3. Su ile İlgili Performans Gereksinimleri

Su, yapı kabuğunun dışarısında tutulması gereken bir dış etkendir. Dış duvarların, yağmur ve kar suları gibi dışarıdan gelen etkilere karşı korunması gerekmektedir. Yağmur suyunun yapıya sızmasında, yağmurun miktarı ve süresinden çok, yağmur yoğunluğu ve rüzgar basıncı daha belirleyici bir rol oynamaktadır. Bu nedenle, özellikle şiddetli rüzgarın etkisiyle yapı yüzeyine düşen yağmur suları cepheler için sorun oluşturabilmektedir.

Su, hava akımlarında olduğu gibi genellikle cephedeki boşluklardan sızarak içeri girmeye meyillidir. Kapı ve pencere birleşim noktaları, cephe kaplamalarının derzleri ve yapı yüzeyindeki diğer boşluklar, suyun yapı içine ulaşabileceği kritik noktalardır. Suyun boşluklardan sızması durumunda, bu sular sıcaklık donma noktasına ulaştığında boşluklarda donarak katı hale dönüşür. Bu süreçte suyun hacmi genişler ve çevresindeki cephe kaplamasında çatlama veya kırılma gibi hasarlara yol açabilir. Ayrıca, küf ve mantar gibi insan sağlığına zarar verebilecek organizmalar, su ile temas eden nemli alanlarda çoğalabilir. Bunun yanı sıra, bazı ısı yalıtım malzemeleri su nedeniyle hasar görebilir ve bu da performans kaybına veya tamamen kayba neden olabilir. Bu nedenle, kullanılan ısı yalıtım malzemelerinin sudan korunması büyük önem taşımaktadır **[59]**.

Tüm bu unsurlarda meydana gelebilecek hasarların yanı sıra, özellikle yapının taşıyıcı sistemi ile etkileşimi korozyona yol açarak yapının ömrünü kısaltabilir. Suyun yapı içerisine sızmasının yol açabileceği bu sorunların önlenmesi gerekmektedir. Yapı kabuğuna suyun ulaşmasını engellemek için genellikle geçirimsiz ya da geçirgen engellerin düzenlenmesi ve hava boşluğu bırakılması olmak üzere üç yöntem uygulanmaktadır **[59]**:

- Geçirimsiz engeller; duvarın dış yüzeyinde su geçirmeyen bir kaplama veya duvarın içinde suya dayanıklı bir bariyer/yalıtım bulunması olarak uygulanır.
- Geçirgen engeller; cephe yüzeyinde yapıya etki eden suyun kuruması için yeterli kalınlıkta su emici malzeme kullanılması olarak uygulanır.
- Hava boşluğu uygulaması; yapı kabuğunda sürekli bir boşluk bırakarak içeri sızan suyun kılcal boşluklara ulaşmasını engelleyen çift cidar oluşturulmasıdır. Bu sistemin etkin bir şekilde çalışabilmesi için bu boşluğun havalandırılması önem taşımaktadır **[14]**.

Gerek cephe sistemleri gerekse HCS için su ile ilgili performansı artıracak yalıtım yöntemlerinin yalıtımın sürekliliğini sağlayacak şekilde uygulanmasına özen gösterilmelidir. Bu açıdan uygulanacak detayların üç boyutlu olarak modellenmesi yarar sağlayacaktır.

2.3.1.4. Nem ile İlgili Performans Gereksinimleri

Su buharı, yapının içinde, yapı kabuğunda ve yapının dış yüzeyinde bulunur. Yapı kabuğunun temel işlevi, su buharını dışarıda tutmaktan çok, onu kontrol etmektir. Su buharının yoğuşması, duvarlarda yapı elemanlarının korozyona uğramasına ve çürümesine yol açabilir. Yapının su buharının olumsuz etkilerinden korunması amacıyla iki farklı yöntem uygulanabilir. Bu yöntemlerden biri, iç mekandaki su buharının dışarı çıkmasına izin veren ancak yağmur sularının içeri girmesini engelleyen kaplama malzemelerinin kullanılmasıdır. Su buharının yapı kabuğunda kontrolü için diğer bir yöntem ise, su buharının duvarın içine sızmasını önlemek amacıyla buhar geciktirici veya kesici yalıtım malzemesinin duvarın sıcak tarafına uygulanmasıdır. Buhar kesicinin yerleşimi, yapının bulunduğu iklim koşullarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Soğuk iklimlerde bu malzeme duvarın iç kısmına, sıcak iklimlerde ise dış kısmına yakın bir konumda yerleştirilir **[14]**.

Su ile ilgili etmenlerde olduğu gibi, gerek cephe sistemleri gerekse HCS için nem ile ilgili performansı artıracak yalıtım yöntemlerinin yalıtımın sürekliliğini sağlayacak şekilde uygulanmasına özen gösterilmelidir. Bu açıdan uygulanacak detayların üç boyutlu olarak modellenmesi yarar sağlayacaktır.

2.3.1.5. Ses ile İlgili Performans Gereksinimleri

Dış ortam sesleri, iç mekanlarda gürültü olarak yansıyarak kullanıcılar için sorunlar yaratabilir. Okul, kütüphane, hastane ve kayıt odaları gibi gürültüye duyarlı yapılar ve mekanlar, havaalanı veya taşıt yolları gibi gürültü kaynaklarına yakın bir konumda yer aldıklarında, ses yalıtımı ile ilgili özel çözümler geliştirilmesi gerekebilir. Ses, hava yolu ve yapı elemanlarının titreşimi aracılığıyla iletilmektedir. İç mekana etki eden sesler, hava kaynaklı ve yapısal kaynaklı olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır. Hava açısından sızdırmaz bir duvarda dış seslerin kontrolü daha kolaydır. Bu açılardan cephelerde çift cam kullanımı tercih edilebilir. Gürültü durumunda pencerelerin açılmaması ya da mekanik havalandırma ile çözüm sağlanması mümkünken, yapısal kaynaklı sesler için ses kaynağında çözüm üretilmesi gerekmektedir. Kuru yapım sistemi ile inşa edilen yapılarda gürültü ile ilgili sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Yapıyı ya da cepheyi oluşturan elemanlar arasındaki derzlerin, gürültüyü önlemek amacıyla hava geçirmeyen conta veya macun ile kapatılması gerekmektedir **[62]**.

Cephe sistemleri ya da HCS için ses ile ilgili performansı artıracak çözümlerin üretilmesinde ses kaynağının tespit edilebilmesi öncelikli olmaktadır. Yapısal bir kaynak söz konusu değilse gerekli çözümlerin detaylarda geliştirilmesi ve uygulanması uygun olacaktır. Bu açıdan uygulanacak detayların üç boyutlu olarak modellenmesi yarar sağlayacaktır.

2.3.1.6. Yangın ile İlgili Performans Gereksinimleri

Yangın, yapılar üzerinde yıkıcı etkiler yaratabilen bir unsurdur. Yapıların yangın riskine karşı korunabilmesi için, yönetmelik ve standartlarda belirtilen şartlara uygun bir şekilde tasarlanması gerekmektedir. Özellikle çok katlı binalarda, yangının katlar arasında yayılmasını engellemek büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, katlar arasında döşeme alanlarında yangına karşı yalıtımı ve taşıyıcı sistem elemanlarının yangına dayanıklı olması sağlanmalıdır. Ayrıca, cephe sistemlerinde kullanılan malzemelerin yanıcılık sınıfı ve yangın anında açığa çıkabilecek gazlar da dikkate alınmalıdır. EPS ve XPS gibi ısı yalıtım malzemeleri yangına karşı dayanıklı değildir ve kolayca alev alabilir. Bazı cephe sistemleri, yapı yüzeyi ile kaplama arasındaki boşluklar nedeniyle baca etkisi oluşturarak yangının hızla yayılmasına sebep olabilir. Yangının yayılmasının önlenmesinin yanı sıra, yangın sırasında ortaya çıkan duman

ve zehirli gazların yapı içerisine sızmaması da önemlidir. Bu tür gazların içeri girmesi durumunda, kullanıcılar olumsuz etkilenebilir. Bu nedenle, tüm bu unsurların cephe tasarımında dikkate alınması ve gerekli önlemlerin önem taşımaktadır. Bu açıdan uygulanacak detayların üç boyutlu olarak modellenmesi yarar sağlayacaktır **[63]**.

2.3.1.7. Bakım ve Onarım ile İlgili Performans Gereksinimleri

Kuşlar, böcekler ve kemirgenler gibi canlılar, yapı kabuklarında hasar ve lekeler meydana getirebilir. Kuşlar genellikle cephelerdeki eşik ve girintilere yuva yapmaktadır. Bu durum, kuş dışkısının cephelerde lekelere yol açmasının yanı sıra, cephe malzemesinin de zarar görmesine neden olabilir. Böcekler, kemirgenler ve bazı zararlı organizmalar, cephelere zarar vererek duvarlarda boşlukların oluşmasına sebep olmaktadır. Bu boşluklar, yağmur suyu ve hava akımının içeri girmesine olanak tanıyabilir. Cephenin koruma işlevini yerine getirmesi konusunda zararlı olan bu tür sorunlar aynı zamanda cephenin estetik görünümünü de olumsuz etkileyebilir **[64]**.

Buna ek olarak cephe sistemlerinin uzun önürlü ve dayanıklı olması günümüz döngüsel ekonomi yaklaşımı gereksinimlerinin karşılanmasında önem taşımaktadır. Bu açıdan, cephede oluşabilecek sorunların bakım kolaylığı, az maliyetle bakımı ve onarımı ön planda olmalıdır. Hatta mümkünse cephe istemlerinin uzun yıllar hasarsız olarak kullanılabilmesi bakım onarım maliyetlerinin azaltılmasında katkı sunacaktır. Cephe sistemlerinde uygulanacak detayların üç boyutlu olarak modellenmesi bu tür gereksinimlerin karşılanmasında ve bakım onarım performanslarının artırılmasında yarar sağlayacaktır.

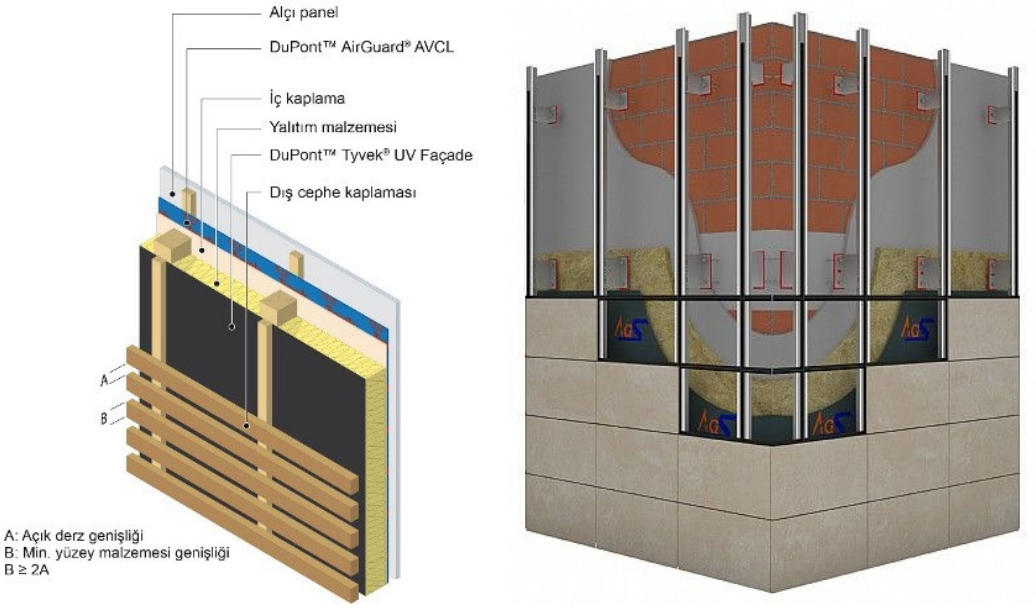
Havalandırmalı cephe sistemlerinden beklenen performans gereksinimleri, yapının konumu, yönü, işlevi gibi çeşitli faktörlere göre artabilmekte ya da azalabilmektedir. Buna ek olarak, HCS'nin çeşitleri de performas gereksinimlerinde belirleyici faktör olmaktadır. Çalışmanın bu bölümünde, sektörde yer alan HCS çeşitleri hakkında bilgiler aktarılmaktadır.

2.3.2. HCS Çeşitleri

Havalandırmalı cephe sistemleri (HCS) kaplama derzlerinin açıklığına göre açık ya da kapalı derzli olarak çeşitlenebilmektedir. Açık derzli havalandırmalı cephe sistemleri, diğer duvar giydirme sistemlerinden farklılık gösterir. Su yalıtım örtüsü yapıya

doğrudan sabitlenmiş olmasına rağmen, yalıtım malzemesinin hemen önünde dış cephenin arkasında da yer alır **Şekil 2.20**. Seçilecek cephe örtüsünde, temel olarak sıcaklık farkından dolayı ortaya çıkan ve bu ara birimde oluşturacağı yoğuşma riski ve güneşin direk cephe örtüsüne etkidiğinden dolayı bunun oluşturacağı radyasyon etkisi göz önüne alınmalıdır **[65]**.

Kapalı derzli havalandırmalı cephe sistemleri açık derzli uygulamaya ek olarak, kaplama malzemesinin düşey ve yatay derzlerine istenilen RAL renginde özel tip alüminyum profiller monte edilerek malzemenin derzleri arasındaki boşlukları kapatılmış olanıdır **[66-70] Şekil 2.20.**



Şekil 2. 20: Açık (solda) ve kapalı (sağda) derzli HCS **[69].**

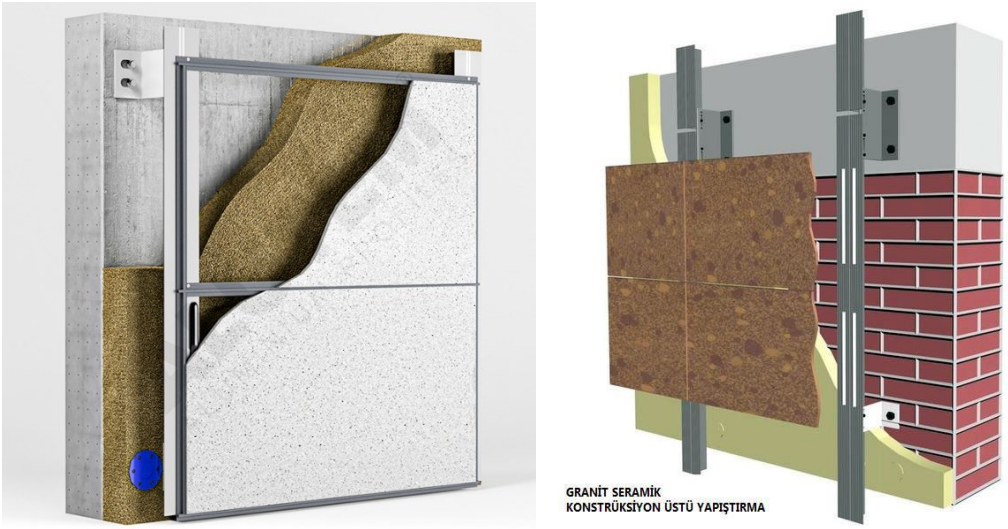
Yukarıda bahsedilen çeşitlere ek olarak HCS; sistemde kullanılan kaplama malzemesine, taşıyıcı sistemlere ve montaj türüne göre **Şekil 2.21'de** gösterildiği gibi sınıflandırılmaktadır **[8]**.

Tablo 2. 1: Havalandırma cephe sistemleri çeşitleri **[8].**

	Kil Esasli				Dogal ve Yapay Tas esasli	Ahsap Esasli		Cimento Esasli	Metal Esasli		Plastik Esasli		Cam Esasli
	Seramik	Porselen	Terracotta	Klinker		Masif ve Isil Islem Gormus	Kompakt Lamine		Aluminyum Kompozit	Sandvic Panel	Poli karbonat	Polivinil	
Yapistirma Sistem	X	X					X	X					
Klipsli Sistem	X	X				X			X				
Agrafli Sistem	X						X	X					
Yatay Aski Sistem	X						X		X				
Panel Sistem	X												
Tirnakli Sistem	X												
Percinli Sistem							X	X					
Tek Cidarli Sistem			X										
Cift Cidarli Sistem			X										
Kanalli Panel Klinker				X									
Klipsli Klinker				X									
Noktasal Sistemler					X								
Profilli Sistemler					X								
Yali Baski Sistem							X						
Vidali sistem								X	X	XX			
Düşey bağlantı elemanı ile asılarak tespit edilen									X				
Doğrudan asılarak (kertmeli) tespit edilen									X				
Derz profili ile tespit edilen									X				
Baskı profili ile tespit edilen									X		X		
Kilit Profili ile tespit edilen											X		
Modüler											X		
Panel arası											X		

2.3.2.1. Yapıştırma Sistemler

Yapıştırma sistemler, mevcut duvar gövdesi üzerine tespit edilen düşey metal profillerden oluşan bir alt konstrüksiyona porselen karoların (ya da diğer kaplama malzemelerinin) yerinde hazırlanan bağlantı malzemeleri kullanılarak yapıştırıldığı bir uygulama tekniğidir **Şekil 2.22**. Alt konstrüksiyon bileşenlerinin taşıyıcı sisteme ve duvar gövdesine tespiti için ankrajlar, düşey metal profillerin ankrajlara tespiti için cıvata ve somunlar, porselen karoların alt yapıya yapıştırılması için ise poliüretan esaslı yapıştırıcılar kullanılmaktadır **[66, 69, 70]**.

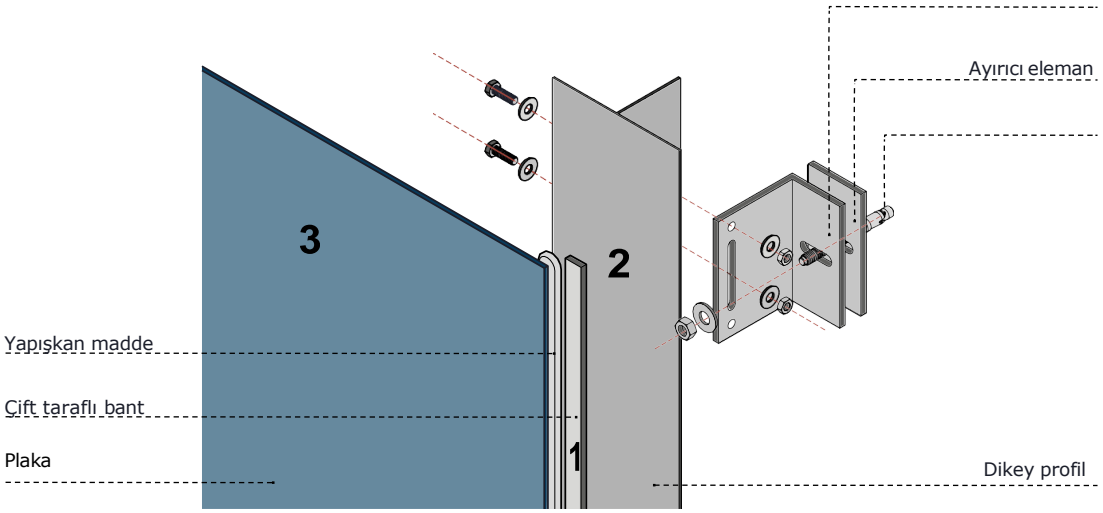


Şekil 2. 21: Yapıştırma sistemlere örnekler **[70].**

Bu tür sistemlerde uygulama sonrası derz dolgusu gibi ekstra uygulama yapılmamaktadır. Uygulamada malzeme özellikleri ve uygulama tekniği konusunda firma tarafından eğitilmiş çalışanlar kullanılmaktadır. Uygulama sırasında elektrikli el araçları kullanılmaktadır. Malzeme, uygulama sırasında insan gücü kullanılarak taşınabilecek boyutlarda ve ağırlıktadır. Havaya salım yaparak işçi sağlığına zarar veren malzemeler değil yerinde hazırlanan malzemeler kullanılmaktadır. Firma, işçiler için gerekli güvenlik önlemlerinin alınmasını ve yapım alanında işçiler için uygun tesislerin bulunmasını sağlamaktadır **[71]**. Hızlı ve uygulanabilir olan bu sistemin firmaların olanaklarına göre yüksekliği 15 m veya 30m'yi aşan binalarda kullanıldığı bilinmektedir **[8]**.

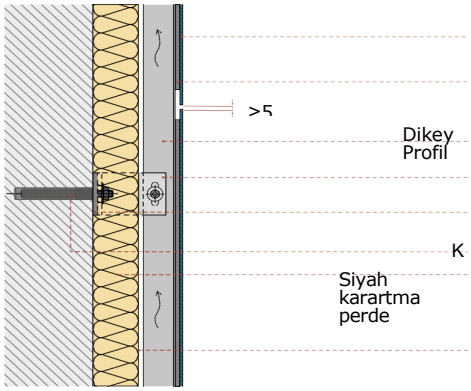
Yapıştırma sistemlerin uygulama detaylarına dair aşağıdaki bilgilere ulaşılmıştır. Panelin, alt yapı profillerine doğrudan yerinde yapıştırıcı uygulanarak montajı

gerçekleştirilir. Yapıştırmanın, rüzgar etkilerine dayanıklı olması ve profil ile panel arasındaki farklı genleşme oranlarını tolere edebilmesi gerekmektedir **[66] Şekil 2.23**.



Şekil 2. 22: Havalandırmalı cephe yapıştırmalı sistem bileşenleri ilişkileri **[45].**

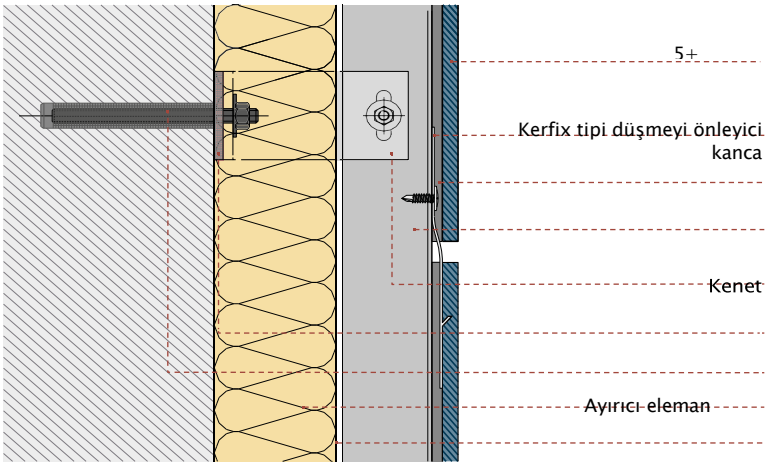
Yerinde plakayı dikey olarak sabitlemek için, yapıştırıcı üreticisinin önerdiği şekilde alüminyum alt yapıya doğrudan tek bileşenli bir yapıştırıcı kullanmalı ve silikon şeridi boyunca su sızdırmazlığı sağlandığından emin olunmalıdır **Şekil 2.24**. Uygulama yatay yönde de gerçekleştirilmelidir. Rüzgar basıncına göre dingil mesafesinin belirlenmesini engellemek için uygun olarak belirtilen silikonlar, poliüretanlar ve MS polimerleri kullanılmalıdır. Yapıştırıcı şeridinin boyutu tedarikçi tarafından sağlanmalı ve talimatlarla birlikte verilmelidir. Ayrıca, yapıştırma işleminin ilk aşamasında kalınlığı garanti etmek ve levhayı desteklemek için çift taraflı bant ile doğru bir şekilde uygulanmalıdır **[72, 73]**.



Şekil 2. 23: Havalandırmalı cephe yapıştırmalı sistem bileşenleri ilişkileri **[45].**

Yapıştırma sistemlerin alt yapı profilleri uygun boyutlandırılmalı ve L, T, Ω veya kutu kesitli ya da genel kesitli bir yapı ile bağlantıyı sağlayacak şekilde kesit ve genişliğe sahip olmalıdır. Temizleme profilleri, gerektiğinde temizlenmeli ve astar ile kaplanmalıdır. Profiller arasındaki tekerlek mesafesi, rüzgar basıncına göre belirlenmelidir. Kelepçeler, gerekli dayanıklılıklar ve yalıtım kalınlığına göre, yapıştırıcı üreticisi tarafından onaylandığı şekilde seçilmeli ve boyutlandırılmalıdır **[70, 72, 73]**.

Sistemlerin plakaları yatay veya dikey olarak yerleştirilebilir ve aralarında en az 5 mm boşluk bırakılmalıdır. Yapıştırıcılar güvenli bir sabitleme sağlar, ancak yönetim veya yerel düzenlemelerin mekanik tutucular gerektirmesi durumunda, plakanın olağanüstü ayrılma olaylarında düşmesini önlemek ve kolayca çıkarılıp yeniden monte edilebilmesi için bir düşüş durdurma halkası eklenebilir **[66] Şekil 2.25**.



Şekil 2. 24: Havalandırmalı cephe yapıştırmalı sistem bileşenleri ilişkileri **[45].**

2.3.2.2. Klipsli Sistemler

Klipsli sistem, mevcut duvar gövdesi üzerine tespit edilen düşey metal profillerden oluşan bir alt konstrüksiyona porselen karoların hazır bağlantı malzemeleri kullanılarak asıldığı bir uygulama tekniğidir **Şekil 2.26**. Alt konstrüksiyon bileşenlerinin taşıyıcı sisteme ve duvar gövdesine tespiti için ankrajlar, düşey metal profillerin ankrajlara tespiti için cıvata ve somunlar, porselen karoların alt yapıya tespiti için ise metal klipsler kullanılmaktadır. Uygulama sonrası derz dolgusu vb. ekstra uygulama yapılmamaktadır. Uygulamada malzeme özellikleri ve uygulama

tekniği konusunda firma tarafından eğitilmiş işçiler kullanılmaktadır. Uygulama sırasında elektrikli el araçları kullanılmaktadır **[72, 74]**.

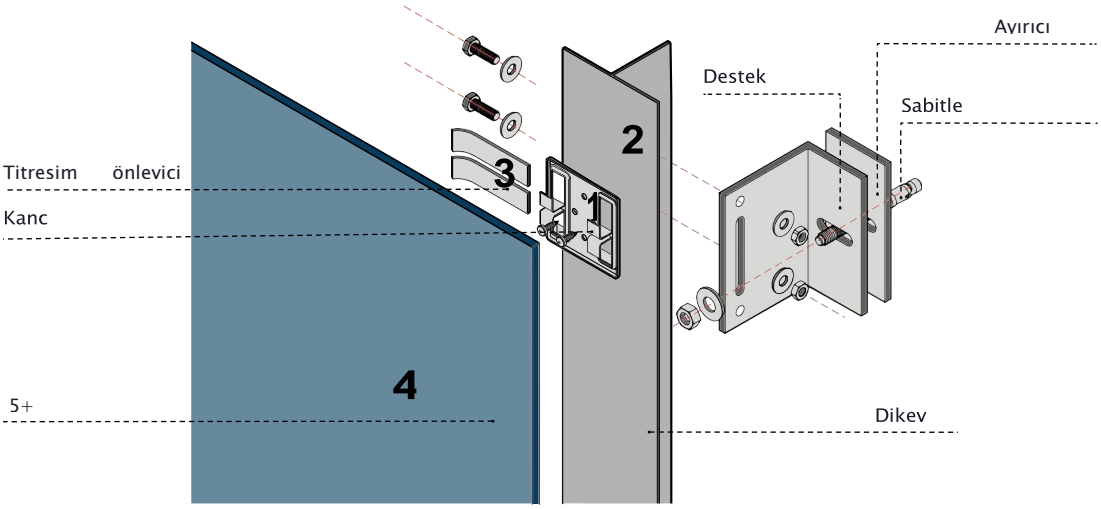
Şekil 2. 25: Havalandırmalı cephe klipsli sistem bileşenleri ilişkileri **[70].**

Malzeme, uygulama sırasında insan gücü kullanılarak taşınabilecek boyutlarda ve ağırlıktadır. Havaya zehirli gaz salımı yaparak işçi sağlığına zarar veren malzemeler kullanılmamaktadır. Firma, işçiler için gerekli güvenlik önlemlerinin alınmasını ve yapım alanında işçiler için uygun tesislerin bulunmasını sağlamaktadır **[71]**.

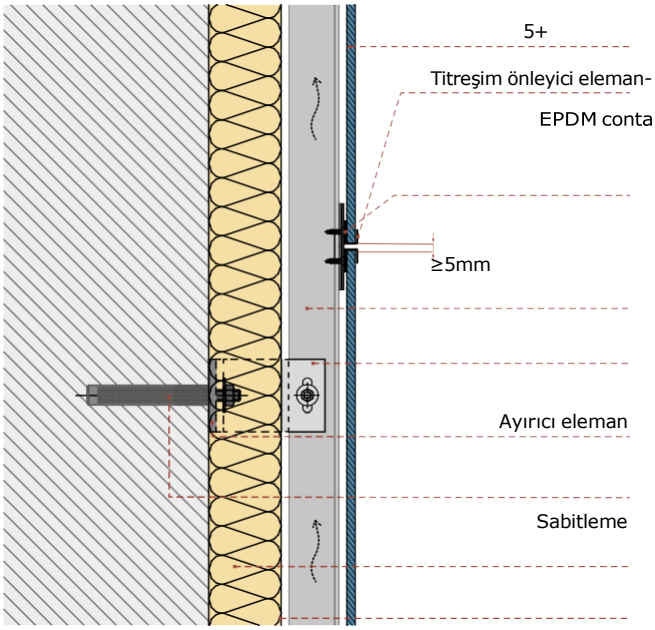
Klipsli sistemlerde alt yapının tüm profilleri uygun şekilde ebatlandırılmış olmalıdır **Şekil 2.27**. Ayrıca bu yapılar; L, T, Ω, veya kutu kesitine ya da genel profil kesitine ve klipsin doğru montajını garanti edecek genişliğe ve yüzey bitişine veya bu kancalama tipi için tasarlanmış özel profillere sahip olabilirler. Profiller arasındaki dingil mesafesi rüzgar basıncına göre belirlenmelidir. Kenetlerin seçimi ve ebatlandırılması hem gerekli dirençlere hem de kullanılan yalıtkanın kalınlığına göre belirlenir **[67, 70]**.

Sisteme sağlamlık kazandırmak, yanal kaymayı önlemek ve titreşimleri ortadan kaldırmak için plakanın arkası ile klips veya profil arasına neopren malzeme, EPDM veya başka eşdeğer malzeme yerleştirilmelidir **Şekil 2.28**. Titreşim önleyici bu elemanlar, profillerin üzerine yerleştirilecek yapışkan bant şeklinde veya doğrudan

klipse dahil edilmiş veya monte edilmiş bir eleman şeklinde olabilir. Alternatif olarak profiller boyunca noktalı silikon kullanılabilir **[66]**.



Şekil 2. 26: Havalandırmalı cephe klipsli sistem bileşenleri ilişkileri **[66].**



Şekil 2. 27: Havalandırmalı cephe klipsli sistem bileşenleri ilişkileri **[66].**

Havalandırmalı cephe sistemlerinden 'Klipsli Sistem' uygulama aşamaları aşağıda sıralanmıştır **[1, 2]**:

1. L braketler yapı yüzeyine projede belirtilen yerlere göre tespit edilir.

2. Sistemde yalıtım yapılacaksa yalıtım malzemeleri L braketler arasına yapı yüzeyine tespit edilir.

3. Düşey doğrultuda taşıyıcı alüminyum T ya da L profiller L braketlere monte edilir.

4. Yatay yönde taşıyıcı askı profili T ya da profillere sabitlenir.

5. Askı klipsleri seramik kaplamaların arka yüzeyinde açılan kanallara takılır.

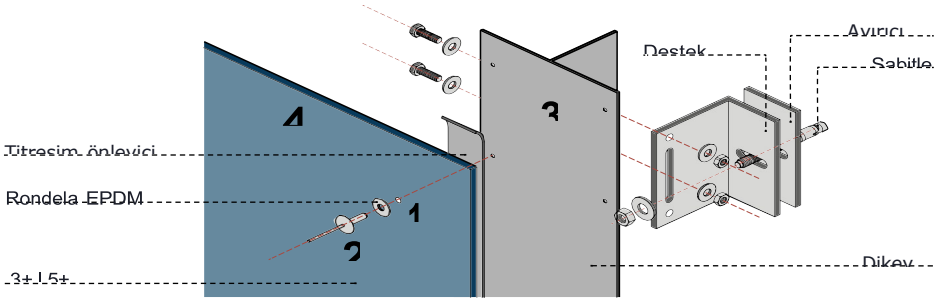
6. Seramik kaplamalar arka yüzeylerindeki askı klipsleri yatay askı profillerine asılır.

7. Üst askı klipslerinde ayar vidası ile yatay askı profiline sabitlenir.

2.3.2.3. Vidalı ve Perçinli Sistemler

Konstrüksiyona vida ile tespit, mevcut duvar gövdesi üzerine tespit edilen düşey metal profillerden oluşan bir alt konstrüksiyona çimento esaslı yonga levhaların vidalanarak tespit edildiği bir uygulama tekniğidir **Şekil 2.29** ve **Şekil 2.30**. Düşey metal profillerin taşıyıcı sisteme ve duvar gövdesine tespiti için vidalar ve fermuar dübeller, çimento esaslı yonga levhaların düşey metal profillere tespiti için kendinden delim sağlayan akıllı vidalar kullanılmaktadır. Uygulama sonrası çimento esaslı yonga levhalar üzerinde, vida başlarının gömülmesi için açılan alanlar, kökler ve derzler poliüretan esaslı bir derz dolgu malzemesi ile kapatılmaktadır **[1, 2]**.

Şekil 2. 28: Havalandırmalı cephe vidalı sistem bileşenleri ilişkileri **[75].**



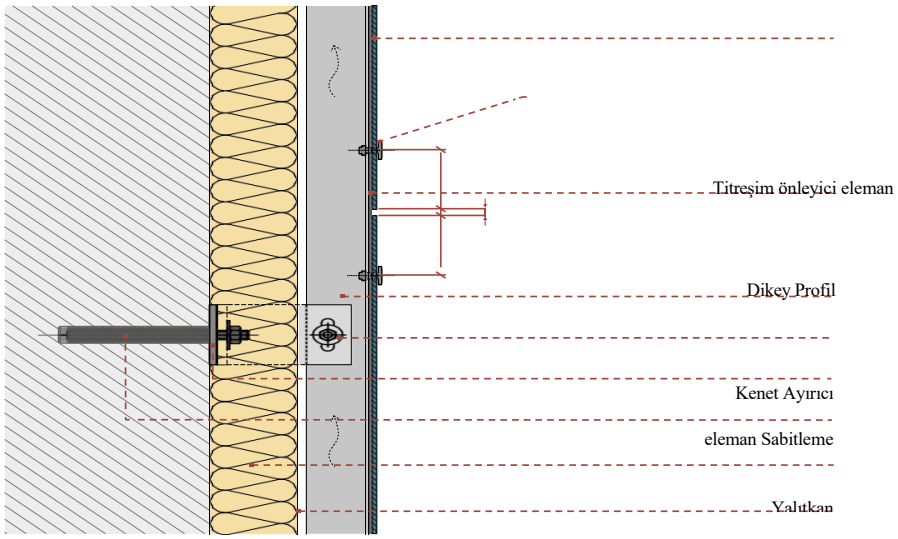
Şekil 2. 29: Havalandırmalı cephe vidalı sistem bileşenleri ilişkileri **[76].**

Uygulamada düz işçiler kullanılmaktadır. Uygulama sırasında elektrikli el araçları kullanılmaktadır. Malzeme, uygulama sırasında insan gücü ve yaygın araçlar kullanılarak taşınabilecek boyutlarda ve ağırlıktadır. Havaya zehirli gaz salımı yaparak işçi sağlığına zarar veren sıva ve derz dolgu malzemesi gibi yerinde hazırlanan malzemeler kullanılmamaktadır. Firma, işçiler için gerekli güvenlik önlemlerinin alınmasını ve yapım alanında işçiler için uygun tesislerin bulunmasını sağlamaktadır **[1, 2]**.

Uygulama sırasında plaka su jeti ile veya ince porselen seramiğin işlenmesine uygun elmas uçlu aletler ile delinmelidir. Ayrıca montaj işleminde perçin adı verilen ek tespit elemanlarından yararlanılmaktadır. Perçinler piyasadaki farklı şirketlerden kolaylıkla temin edilebilirler ve genellikle paslanmaz çelikten, bakırdan, alüminyumdan veya paslanmaz çelik gövdeli ve yuvarlak kubbe başlı alüminyumdan yapılırlar. Sabitleme genleşme veya genişletme yoluyla değil sıkıştırma yoluyla yapılmalıdır. Yırtılma noktasında korozyonu önlemek için perçin çivisi paslanmaz çelik veya alüminyumdan yapılmalıdır **[76]**.

Vidalı sistemlerde alt yapının tüm profilleri uygun şekilde ebatlandırılmış olmalıdır. Ayrıca profiller; L, T, Ω, veya kutu kesitine ya da genel profil kesitine ve perçinlerin doğru montajını garanti edecek genişliğe ve yüzey rijitliğine sahip olabilirler. Profiller arasındaki dingil mesafesi rüzgar basıncına göre belirlenmelidir. Kenetlerin seçimi ve ebatlandırılması hem gerekli dirençlere hem de kullanılan yalıtkanın kalınlığına göre belirlenir **[77]**.

Sistemdeki plakaların montajı sırasında şu konulara özen gösterilmelidir. Plakalar taşıma sırasında dikkat edilerek, hem dikey hem de yatay olarak döşenebilir **Şekil 2.31.** Plakanın doğru şekilde taşınması için işlemleri kolaylaştırmak amacıyla vantuz veya vantuzlu çerçevelerin kullanılması tavsiye edilir **[66]**.



Şekil 2. 30: Havalandırmalı cephe vidalı sistem bileşenleri ilişkileri **[66].**

Perçinleme, delik yakınında darbelerden ve uygunsuz gerilimlerden kaçınarak, plaka üzerine belirli bir baskı uygulanmadan gerçekleştirilmelidir. Doğru bir montaj için, levhayı cepheye hemen sabitlemek için dikey veya yatay olarak hizalanmamış en az üç perçinle plakanın sabitlenmesi ve ardından kalan bağlantı elemanlarının takılması önerilir **[77]**.

Şekil 2. 31: Havalandırmalı cephe vidalı sistem bileşenleri ilişkileri **[43].**

Uygulamada düz işçiler kullanılmaktadır. Uygulama sırasında elektrikli el araçları kullanılmaktadır. Malzeme, uygulama sırasında insan gücü ve yaygın araçlar kullanılarak taşınabilecek boyutlarda ve ağırlıkta olmalıdır. Havaya zehirli gaz salımı yaparak işçi sağlığına zarar veren sıva ve derz dolgu malzemesi gibi yerinde hazırlanan malzemeler kullanılmamaktadır. Firma, işçiler için gerekli güvenlik önlemlerinin alınmasını ve yapım alanında işçiler için uygun tesislerin bulunmasını sağlamaktadır **[1, 2, 7]**.

2.3.2.4. Agraflı Sistemler

Agraf; mevcut yapı duvarına sabitlenerek uygulanan bir cephe sistemidir **Şekil 2.33**. Bu sistemin uygulama aşamaları aşağıda sıralanmıştır **[2, 56]**:

1. L braketler projede belirtilen yere göre yapı yüzeyine tespit edilir.

2. Sistemde yalıtım yapılacaksa yalıtım malzemeleri L braketler arasına yapı yüzeyine tespit edilir.

3. Düşey doğrultuda taşıyıcı alüminyum T ya da L profiller L braketlere monte edilir.

4. Yatay doğrultuda taşıyıcı askı profilleri T profillerin üzerine monte edilir.

5. Klipsler seramik cephe kaplamalarının arka yüzeyine tespit edilir.

6. Seramik cephe kaplamaları arka yüzeyine tespit edilen klipsler ile yatay askı profillerine asılır.

7. Üst askı klipslerinde ayar vidası ile yatay ray profiline sabitlenir.

Şekil 2. 32: Havalandırmalı cephe agraflı sistem bileşenleri **[40].**

2.3.2.5. Yatay Askı Sistemi

Yatay askı sistemlerde seramik cephe kaplamaları T veya L profillerden oluşan alt konstrüksiyon üzerindeki taşıyıcı klipslere yerleştirilen askı profillerine poliüretan esaslı yapıştırıcı ile sabitlenir (Şekil 2.34). Bu sistemlerde kullanılan yatay askı profilleri kademeli montaja ve kaplamayı tutan emniyet klipsine bağlı olarak değişebilir. Yatay askılı sistem uygulama aşamaları aşağıda sıralanmıştır **[2, 8, 40]**:

1. L braketler projede belirtilen yere göre yapı yüzeyine tespit edilir.

2. Sistemde yalıtım yapılacaksa yalıtım malzemeleri L braketler arasına yapı yüzeyine tespit edilir.

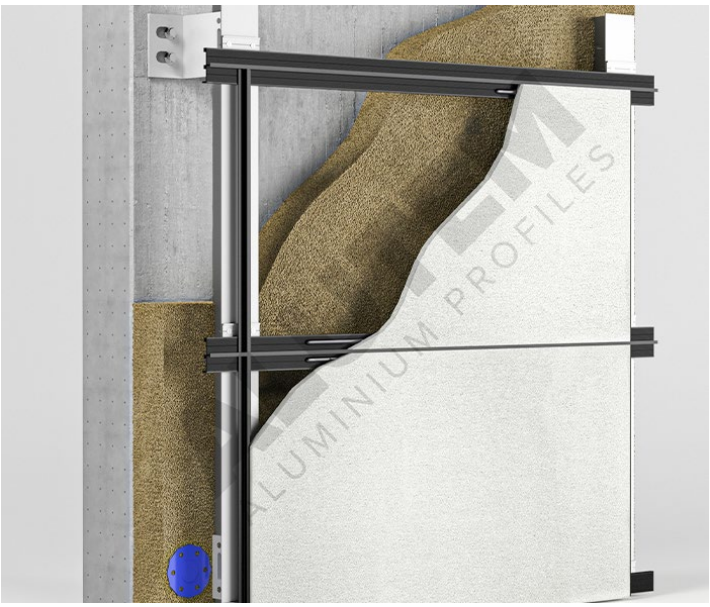
3. Düşey doğrultuda taşıyıcı alüminyum T ya da L profiller L braketlere monte edilir.

4. Taşıyıcı klipsler düşey doğrultuda taşıyıcı T profillerin üzerine monte edilir.

5. Yatay askı profilleri taşıyıcı klipslerin üzerine yerleştirilerek sabitlenir.

6. Poliüretan esaslı yapıştırıcı yatay askı profillerinin üzerine uygulanır.

7. Seramik kaplama malzemesi üzerine poliüretan esaslı yapıştırıcı yapıştırılan askı profillerine yapıştırılır.



Şekil 2. 33: Havalandırmalı cephe yatay askı sistem bileşenleri **[54].**

2.3.2.6. Panel Sistem

Havalandırmalı cephe sistemlerinden panel sistem uygulama aşamaları aşağıda sıralanmıştır. Sistem bileşenleri **Şekil 2.35**'te verilmiştir **[2, 8]**.

1. L braketler projede belirtilen yere göre yapı yüzeyine tespit edilir.

2. Sistemde yalıtım yapılacaksa yalıtım malzemeleri L braketler arasına yerleştirilerek yapı yüzeyine tespit edilir.

3. Kutu profiller L braketlere tespit edilir.

4. Yatay doğrultuda taşıyıcı profiller kutu profillere monte edilir.

5. Cephe kaplamları profiller ile dış yüzeyinden çerçevelenerek kaset panel haline getirilir.

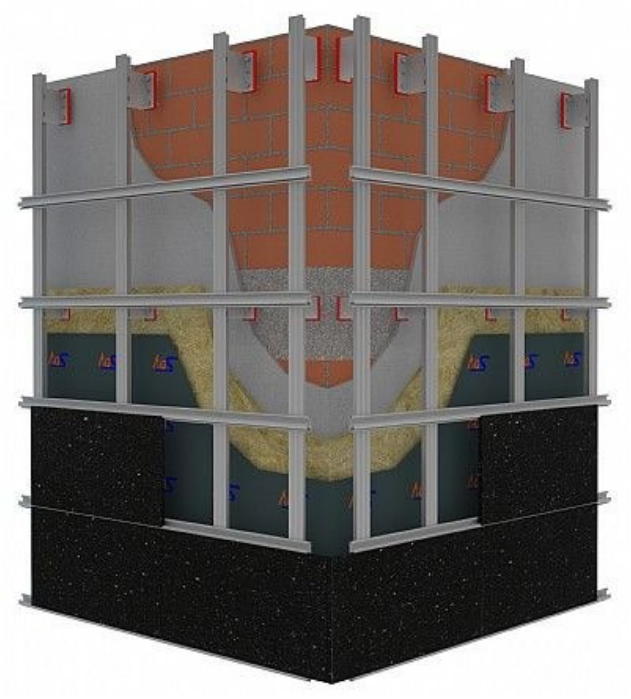
6. Panel haline getirilen cephe panelleri alt konstrüksiyondaki yatay profillere sabitlenir.

Şekil 2. 34: Havalandırmalı cephe panel sistem bileşenleri **[72].**

2.3.2.7. Tırnaklı Sistem

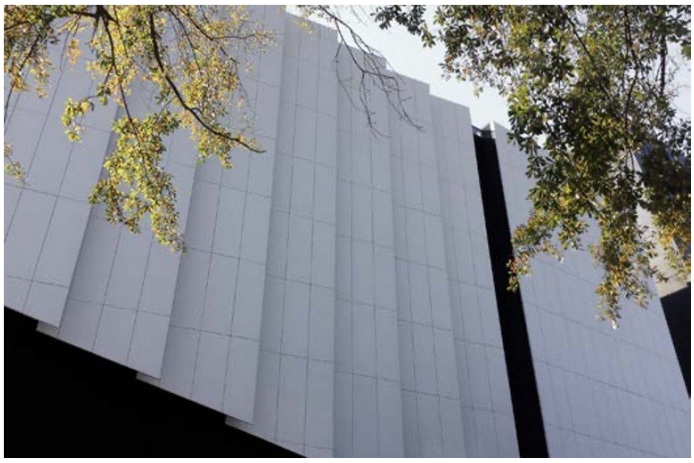
Havalandırmalı cephe sistemlerinden 'Tırnaklı Sistem' uygulama aşamaları aşağıda sıralanmıştır. Sisten bileşenleri **Şekil 2.36**'da verilmiştir **[2, 7, 8]**.

1. L braketler projede belirtilen yere göre yapı yüzeyine tespit edilir.
2. Sistemde yalıtım yapılacaksa yalıtım malzemeleri L braketler arasına yapı yüzeyine tespit edilir.
3. Düşey doğrultuda taşıyıcı alüminyum T ya da L profiller L braketlere monte edilir.
4. Yatay doğrultuda taşıyıcı askı profilleri T profillerin üzerine monte edilir.
5. Tırnaklı askı klipsleri yatay askı profillerine sabitlenir.
6. Seramik cephe kaplamaları alt kısmındaki kanallar askı klipslerindeki tırnaklara oturacak şekilde yerleştirilir.
7. Tırnaklı üst askı klipsleri kaplamanın üst kısmındaki kanala girecek şekilde yerleştirilerek seramik cephe kaplamaları sabitlenir.



Şekil 2. 35: Havalandırmalı cephe panel sistem bileşenleri **[43].**

Bölüm 2.3.2'de 'HCS Çeşitleri' başlığı altında sınıflandırılan sistemlerin somut yapı örnekleri aşağıda örneklenmektedir **Şekil 2.37, Şekil 2.38, Şekil 2.39** ve **Şekil 2.40**.



Şekil 2. 36: Ticari bina (Johannesburg/Güney Afrika) – MDS Architecture **[78].**

Şekil 2. 37: Gongpyong Ofis Plaza (Seoul / Güney Kore) - SMDP Studio **[79].**

Şekil 2. 38: Mimar Ewa Frankiewicz, I Naturali,Crema Marfil **[46].**

Şekil 2. 39: Menkes (Toronto / Kanada) - Sweeny&Co Architects **[80].**

Çeşitlerinden bahsedilen ve çeşitli görsellerle örneklenen havalandırmalı cephe sistemlerinin özellikleri konusunda aşağıdaki olumlu özelliklerden bahsedilmektedir **[2, 43, 67, 72]**.

- HCS'ler yoğuşmayı ve nemi önler. Bu cephe sistemi, binanın hem içinden hem de dışından gelen yoğuşmayı ve nemi azaltır. Hava boşluğunun içindeki havanın sürekli dolaşımı, ekstra bir koruma tabakası görevi görür ve kaplama birleşim yerlerinden kayabilecek olası su filtrasyonlarını ortadan kaldırır.
- Bu sistemler cephenin ömrünü uzatır. Hava boşluğunun içindeki sürekli havalandırma, dış kaplama malzemesinin dayanıklılığını artırır, çünkü onu kuru tutar. Doğal kayrak gibi dayanıklı ve dirençli bir malzeme kullanıldığında cephenin ömrü daha da uzun olur. Üçüncü olarak iyi yönlerden biri bu sistemler yapısal hareketleri azaltır. Başta belirttiğimiz gibi, hava boşluğu, bina inşaat zarfında daha sabit bir sıcaklığın korunmasını sağlar. Bu, çatlak ve diğer yapısal sorunların riskini önlemeye yardımcı olur. Yapı aşırı sıcaklık değişikliklerine maruz kalmadığından, genleşme veya büzülme hareketlerinden etkilenme olasılığı daha düşüktür. Sonrasında ısı ve ses yalıtımına da iyi gelir ve iyileştirir. Yalıtım katmanı isteğe bağlıdır, ancak bunu havalandırma giydirme cephe sistemiyle birleştirdiğimizde, binanın ısı ve ses yalıtımı önemli ölçüde iyileşir. Bunun sağlık üzerinde büyük bir etkisi vardır, çünkü çevre kirliliği azalır ve dolayısıyla stres veya yorgunluk gibi aşırı gürültüden kaynaklanan sağlık sorunları azalır. Ek olarak, bu sistem termal köprüleri ortadan kaldırır. Bir diğer avantaj bu sistemler sayesinde enerji verimliliği artar.Yazın binanın soğutulmasını kolaylaştırır ve kışın ısıtmanın daha iyi kontrol edilmesini sağlayarak hem termal konforu hem de enerji tasarrufunu destekler. Bu sistem sayesinde enerji faturaları %30 ila %40 arasında azaltılabilir. Bu sistemler neredeyse hiç bakım gerektirmez.
- Havalandırma sistemleri, özellikle yüksek kaliteli doğal kayrak taşı gibi olumsuz hava koşullarına dayanıklı bir kaplama malzemesi seçerseniz, neredeyse hiç bakım gerektirmez. Ve son olarakta binaya değer katar.
- Ekstra ilk yatırım, cephenin dayanıklılığı, enerji verimliliği ve düşük bakım maliyeti sayesinde geri kazanılır. Bu nedenle havalandırma sistemleri hem yeni inşaat alanları hem de yenileme projeleri için mükemmel bir seçimdir. Bu sistemler, enerji ve para tasarrufu açısından çok avantajlı bir çözümdür.

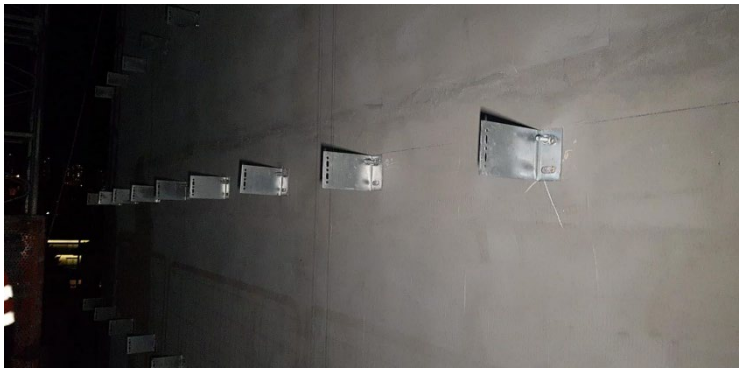
- Bu sistemlerin kurulumu ve bakımı, uzmanlık gerektirir ve genellikle özel ekipman ve teknik bilgiye ihtiyaç duyar. Piyasadaki çeşitli havalandırmalı cephe sistemleri, yapısal ve estetik ihtiyaçlara göre özelleştirilebilir ve bu sayede farklı bina tasarımlarına uyum sağlar **[8]**.
- Havalandırmalı cephe sistemlerinin gelişimi, sürekli olarak yeni malzemelerin ve teknolojilerin entegrasyonu ile devam etmektedir. Örneğin, günümüzde enerji verimliliğini artırmak ve çevresel etkilere duyarlılık göstermek amacıyla daha gelişmiş yalıtım malzemeleri ve sürdürülebilir üretim teknikleri kullanılmaktadır. Bu yenilikler, havalandırmalı cephe sistemlerinin hem fonksiyonel hem de estetik potansiyeline katkı sağlayarak, modern mimaride kullanımını artırmaktadır **[51]**.

3. HAVALANDIRMALI CEPHE SİSTEMLERİ UYGULAMA AŞAMALARI, DETAYLARI VE DEĞİŞKENLERİ

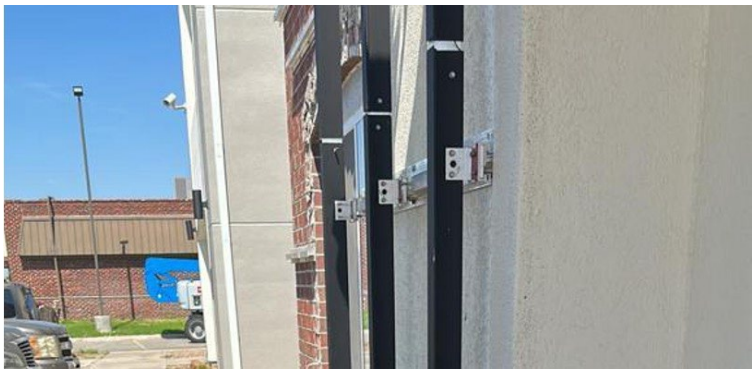
Havalandırmalı cephe sistemi uygulamalarına yönelik BIM tabanlı bir çözüm önerisinin üretildiği tez çalışmasının bu bölümünde; çalışmaya konu olan cephe sistemine yönelik uygulama aşamaları ve detayları ele alınmaktadır. Ayrıca, önerilen çözümde yer alan değişkenlerin alt yapısına yönelik bilgiler bu bölümde aktarılmıştır.

3.1. Havalandırmalı Cephe Sistemleri Uygulama Aşamaları

Şekil 3.1, Şekil 3.2, Şekil 3.3, Şekil 3.4 ve **Şekil 3.5**'te havalandırmalı cephe sistemi uygulama aşamasından görseller örneklenmiştir.



Şekil 3. 1: Braketlerin montajı **[81].**



Şekil 3. 2: Braketler ile düşey profiller **[81].**

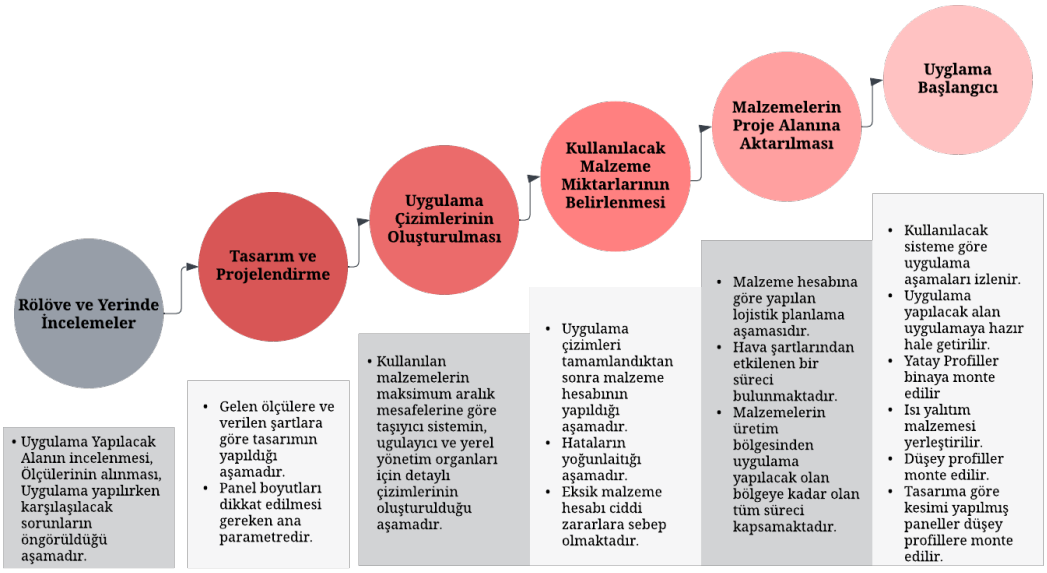
Şekil 3. 3: Panellerin köşe birleşimi **[81].**

Şekil 3. 4: Braket ve düşey profiller ile seramik montajı **[81].**

Şekil 3. 5: Havalandırmalı cephe montajı **[81].**

Görsellerden görüldüğü üzere, HCS çeşitli bileşenlerden oluşmaktadır. Uygulama sırasında bu bileşenlerin projesine uygun yerleştirilebilmesi ve uygulamanın başarı

düzeyinin yüksekliği gibi konularda uygulama başlamadan önceki hazırlıkların tamamlanma başarısı önem taşımaktadır. Bu anlamda, havalandırmalı cephe sistemlerinin gerek mevcut gerekse yeni yapılarda uygulanmalarına başlamadan önce çeşitli aşamalar içerdiği bilinmektedir. Özellikle mevcut yapılarda gerçekleştirilecek uygulamalarda ilk aşamayı 'Rölöve ve Yerinde İnceleme Aşaması' oluşturmaktadır. Bu aşamadan sonra gerçekleşecek 'Tasarım ve Projelendirme', 'Uygulama Çizimlerinin Oluşturulması', 'Projede Kullanılacak Malzeme Miktarlarının Belirlenmesi', 'Malzemelerin Proje Alanına Aktarılması' ve 'Uygulama Başlangıcı' gibi diğer aşamalar hem mevcut hem de yeni yapıların cephe sistemi uygulamalarında yer alan bazı aşamalardır **Şekil 3.1 [2, 82]**.

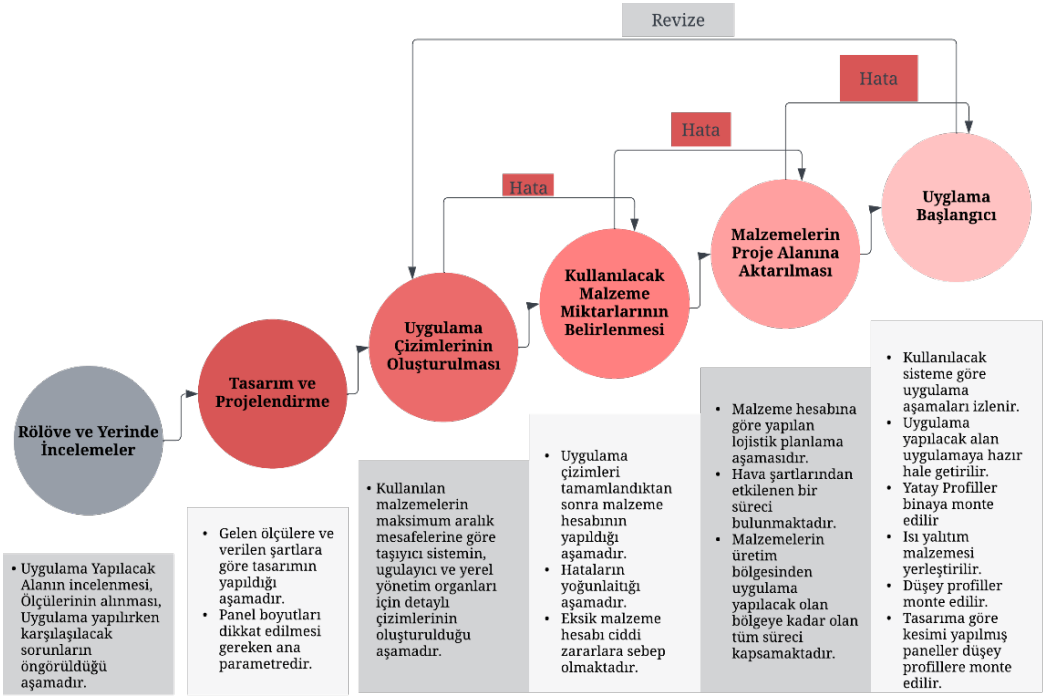


Şekil 3. 6: HCS için uygulama hazırlık aşamaları **[2, 82].**

Yukarıda bahsedildiği üzere; birbiriyle hiyerarşik bir yapıda yer alan bu aşamaların birbirleriyle uyumlu bir iş akışı içerisinde gerçekleştirilebilme düzeyi uygulamaların başarı oranını yükseltmektedir. Aksi takdirde uygulamalar çeşitli olumsuzluklarla sonuçlanabilmektedir. Örneğin uygulama çizimleri hazırlanırken yapılan bir hatanın metraj sırasında fark edilmemesi hatalı miktarda malzemenin sahaya transfer edilmesiyle sonuçlanabilir. Bu hata malzeme eksikliği yönündeyse işin aksamasına ve zamanın uzamasına neden olabilir. Yapılan hata malzeme fazlalığı yönündeyse uygulamanın ekonomik maliyetini artırabilir ve yine malzemenin depolanması ya da

iadesi gibi çeşitli başlıkların ortaya çıkmasına sebep olabilir. Bu tür durumlar uygulayıcı firmanın prestij ya da iş kaybı ile de sonuçlanabilir.

Bu tür hataların cephe sistemi uygulamalarında görülme olasılığı her zaman mevcuttur. **Şekil 3.7**'de HCS için uygulama hazırlık aşamalarında hata ve revize diyagramı aktarılmıştır.



Şekil 3. 7: HCS için uygulama hazırlık aşamalarında revize diyagramı **[2, 82].**

Benzer uygulama hatalarının önüne geçmek için öncelikle oluşabilecek hataların ön görülmesi önem taşımaktadır. Sonrasında ise uygulama aşamaları arasındaki denetimlerin artırılması ve hataya olanak verilmemesi, hatalarla karşılaşılmasını önleyici olabilecektir. Bu anlamda, tez kapsamında sunulan çözüm önerisinin bu tür problemlerin azaltılmasında yardımcı olabileceği düşünülmektedir. Cephe sistemi uygulamalarında ortaya çıkabilecek hataların azaltılması; uygulama kalitesinin artırılması, ekonomik ve zaman kayıplarının azaltılması anlamlarına gelmektedir. Bu açılardan ve önerilen BIM tabanlı çözüme yönelik olarak HCS uygulama aşamalarının detaylı olarak aktarılması önem arz etmektedir.

3.1.1. Rölöve ve Yerinde İnceleme Aşaması

Rölöve ve yerinde inceleme aşaması; özellikle mevcut yapılardaki HCS uygulamaları için tasarım, planlama ve uygulama aşamalarının temelini oluşturan ve tüm değişkenlerin bağlı olduğu ilk aşamadır. Bu aşamada; cephe uygulaması yapılacak yüzeyin belgelenmesi önem taşımaktadır. Belgeleme sırasında kaplama yapılacak cephe yüzeyinin genişliğine bağlı olarak çeşitli manuel ve/ya da teknolojik araçlar (kağıt, kalem, defter, fotoğraf makinesi, nivo, lazer metre gibi) kullanılabilir (Şekil 3.8). Yapılan ölçümler binanın gelecek uygulamaları açısından envanter olarak da saklanabilir.

Şekil 3. 8: Ölçüm yapılmasına bir örnek **[81].**

Yerinde yapılan incelemeler ve ölçümler tasarımı şekillendirmekle birlikte malzeme miktarında ve uygulama maliyetinde doğrudan etkilidir. Bu kısımda yapılacak bir hata diğer tüm aşamaları doğrudan etkileyeceğinden dikkatli ve doğru sonuçlar çıkarılmalıdır. Oluşturulacak çözümün buradaki hataların diğer aşamalarda fark edilmesi için, uygulama çizimlerini ve metraj hesabını güncelleyebilecek özellikte tasarlanması gerekmektedir.

3.1.2. Tasarım ve Projelendirme Aşaması

Tasarım, mimarın müşterinin ve yerel yönetim organlarının istek ve kuralları çerçevesinde sistem bileşenlerinin değişkenlerini de gözeterek ortaya koyduğu estetik üründür**[83]**. Bu ürün panellerin oluşturduğu hacimleri, renkleri, boyutları, dizilimi ve daha birçok kararını içinde barındırmaktadır. Tasarım müşteriye aktarılırken 2 ve/ya da 3 boyutlu çizimler ve görseller kullanılmaktadır. Bu çizimler oluşturulurken son yıllarda mimarların ve mühendislerin yaygın olarak kullandığı Autocad programının kullanıldığı gözlenmektedir **Şekil 3.9.**

Şekil 3. 9: Tasarımın müşteriye aktarıldığı 2 boyutlu çizime örnek **[84].**

HCS uygulamalarında tasarım ve projelendirme aşaması kaynaklı sorunların engellenmesi konusunda aşağıda sıralanan konulara özen gösterilmesinde yarar vardır **[2, 85]**:

- Uygulama yapılacak yüzeyin ölçüleri; Genişlik, yükseklik ve derinlik gibi ölçüler bu aşamada önemli olup, tasarımın temelini oluşturmaktadır.
- Panel boyutları; Kullanılacak panelin en fazla üretim ölçüleri panel dizilimi oluştururken ve derz noktalarına karar verilirken önemlidir. Ayrıca panel boyutuna göre fire azaltmak için tasarımda değişikliğe gidilebilmektedir.
- İklim bölgesi; Uygulama yapılan cephenin iklim koşullarına göre panel seçimi değişebilmektedir. Örneğin, soğuk iklim bölgelerinde daha kalın ısı yalıtım

malzemesi kullanıldığından açılım mesafesi ve buna bağlı olarak kaplama yüzeyi değişebilmektedir.

3.1.3. Uygulama Çizimlerinin Oluşturulması Aşaması

Uygulama çizimleri hazırlanırken öncelikle tasarımda karar verilen panel dizilimine ve ardından panelin rijitliğine göre belirlenen en fazla montaj mesafesine bakılır. Kullanılacak havalandırmalı cephe taşıyıcı sisteminin düşey profiller arası en fazla tespit mesafesi ile karşılaştırma yapılır. Düşük olan mesafe baz alınarak profil yerleşimi planlanır ve çizilir. Örneğin; panelin boyu 3000 mm ama en fazla montaj mesafesi 600 mm olduğu durumda; tam boy bir panelin en az 5 noktadan sisteme taşıtılması gerekliliği göz önünde bulundurulmalıdır. Buna karşın statik hesaptan gelen en fazla mesafenin 800 mm olduğu bir sistem kullanılması söz konusu ise panelin en fazla boyutu baz alınır ve iki düşey profil arası 600 mm olarak uygulama çizimleri hazırlanır. Malzeme metrajı da bu 600 mm'ye göre hesaplanır. Öte yandan, panel daha rijit ve 1000 mm montaj mesafesine sahip ise statik hesaptan gelen profil mesafesi (800 mm) daha küçük olduğundan 3000 mm'lik panelin dört noktadan monte edilmesi gerekmektedir. Buna benzer önemli hususlar aşağıda örneklenmiştir **[84]**. Daha detaylı değişkenlere tezin 4. Bölümü 'Havalandırmalı Cephe Uygulama Değişkenleri' başlığı altında yer verilecektir. Bu tür değişkenler sistemle birlikte maliyeti ve tasarımı da etkilemektedir.

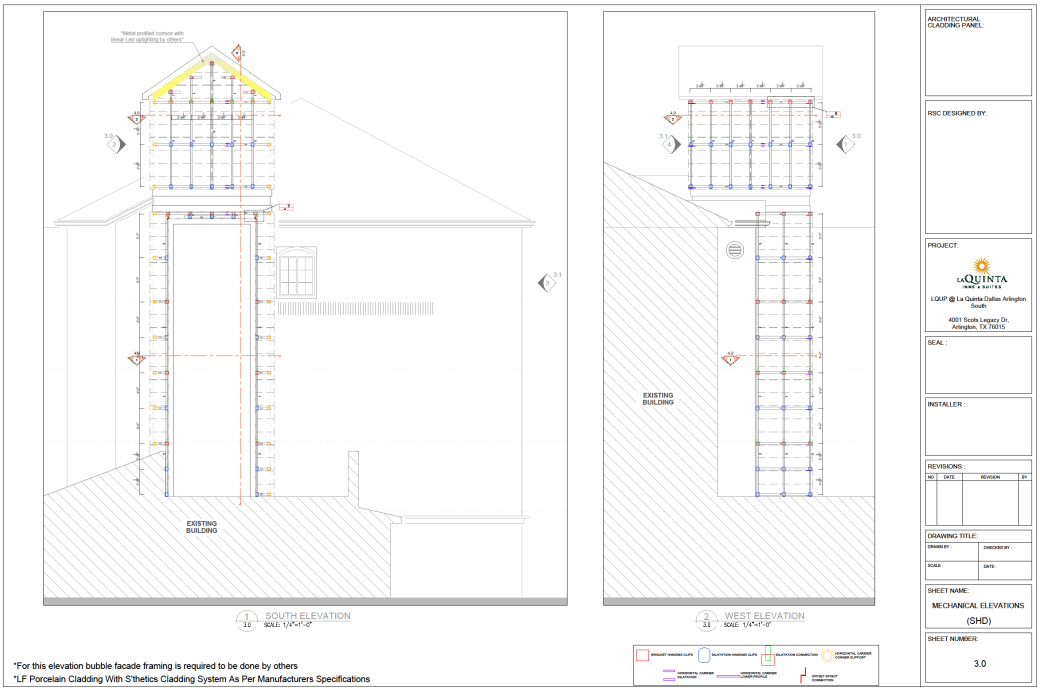
- Kaplama yapılacak alanın taşıyıcılığı: Sistem kaplama yapılacak alana monte edilirken herhangi bir noktadan montaj mümkün ise bu sistemlerde yatay profil kullanılmaz ve düşey profiller braketlerle yüzeye monte edilir. Ancak ahşap veya çelik dikmeler gibi taşıyıcılara sahip bir alanda kaplama yapılırken braketlerin her noktadan montajı sağlanamayacağı için ayrıca yatay profillerin de kullanılması gerekecektir.
- Yine bina taşıyıcı malzemesine yönelik olarak sistemdeki değişiklikler göz önüne alınır ve malzemesine göre sistem elemanı seçilerek çizimlere aktarılır. Örneğin; Ahşap yapılarda ahşap vidası, Çelik yapılarda kendinden delmeli vida, kullanılırken gaz beton ve tuğla gibi duvarlarda dübel kullanılır.

Uygulama çizimleri uygulamayı yapacak kişilere çoğunlukla kağıda baskı veya dijital olarak pdf formatında gönderilmektedir. Ayrıca yapılan uygulama çizimlerinin yine

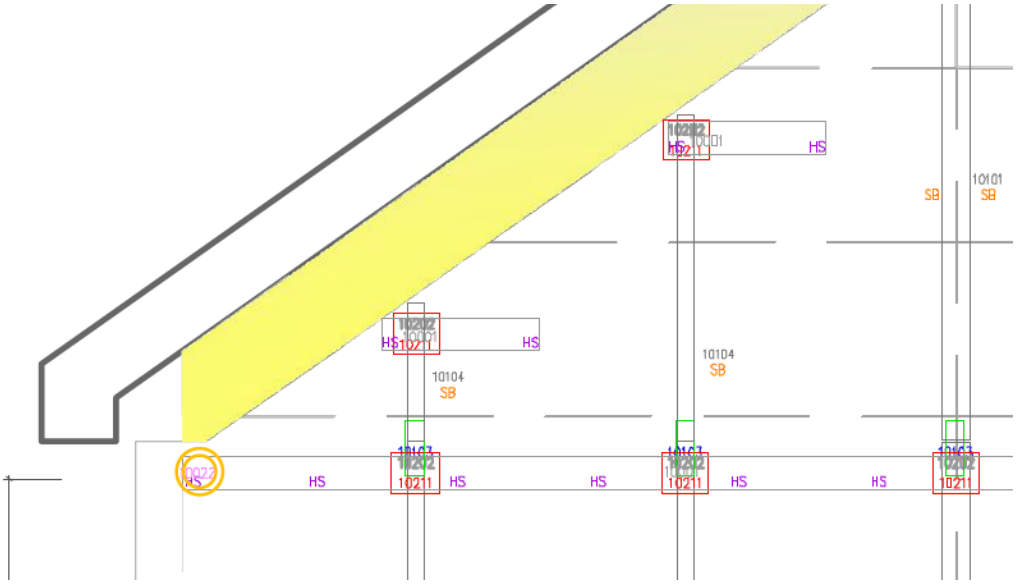
daha az detaylı şekilde 2 boyutlu ve şematik görünüş çizimleri şeklinde olduğu görülmektedir **Şekil 3.10**. Yukarda bahsedilen değişkenlerin gözetilmesiyle oluşturulduğu bilinen örnek çizimde; profiller ve sistemin diğer elemanları lejant ile belirtilmiş ve şematik olarak gösterilmiştir. Bu gösterim uygulama yapacak kişinin projeyi okumasını kolaylaştırmak üzere detay bilgilerin çıkarılması ile elde edilmiştir. Bu örnekte sorun teşkil eden konunun uygulama çizimlerinin 2 boyutlu olması ve bilgisayar dilinde tanımsız olmasıdır. Çizimde bulunan elemanlar, çizimin yapıldığı program için koordinat düzlemindeki noktalar ve çizgiler kümesinden ibarettir. Bu durum, uygulamadaki kontrolü güçleştirmekte ve diğer uygulama aşamalarında hata ortaya çıkmasına zemin oluşturabilmektedir.

3.1.4. Projede Kullanılacak Malzeme Miktarlarının Belirlenmesi Aşaması

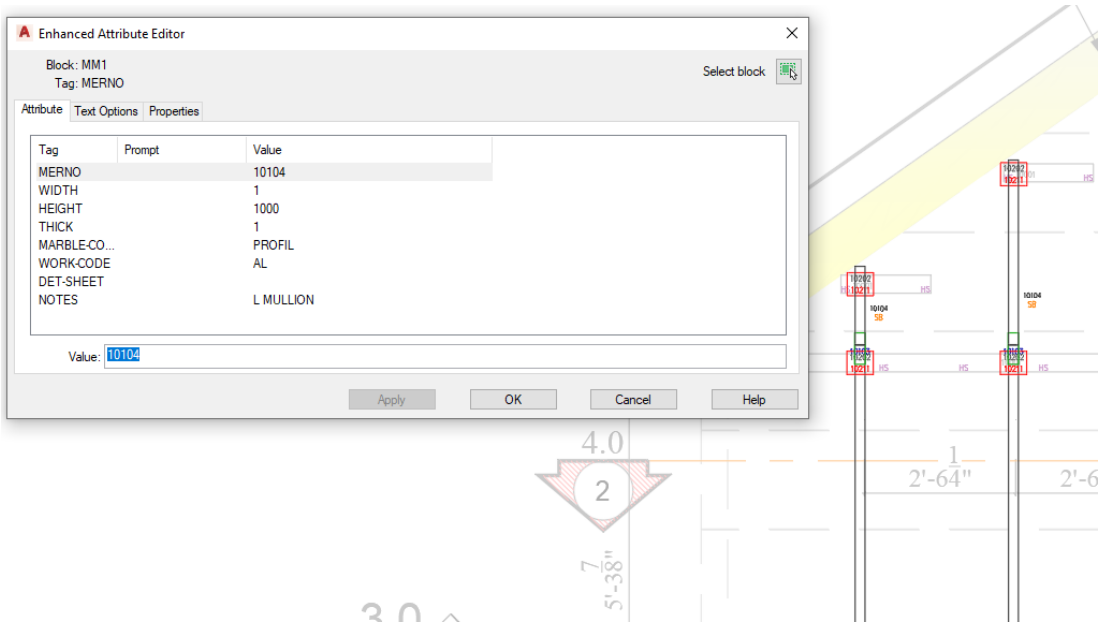
Bu HCS uygulama aşamasında, hazırlanan uygulama çizimlerinden yola çıkılarak projede kullanılacak malzeme miktarlarının hesaplandığı aşamadır. Uygulayıcılarla yapılan görüşmelerde, bu aşamada yaygın olarak yine Autocad programının kullanıldığı belirlenmiştir **[1, 2, 82, 84]**. Şematik olarak çizilen sistem elemanları Autocad programının "attribute" isimli elemanı kullanılarak oluşturulmaktadır **Şekil 3.11.** Bu eleman, bilgi girişine izin verir ve içerisine girilen bilgileri dışa aktarabilir özelliktedir **[86]**. Attribute ile çizilen sistem elemanlarının tüm gerekli özellikleri manuel olarak eleman içindeki tabloya işlenir **Şekil 3.12.** Çizimlere eklenen bu tür veri girişleri uygulama çizimlerinden ölçümler yapılarak, manuel olarak gerçekleştirilmektedir.



Şekil 3. 10: Uygulamacıya aktarılan şematik uygulama çizimleri **[84].**



Şekil 3. 11: Sistem elemanlarının ‘Attribute’ İle bilgisayara aktarımı **[84].**



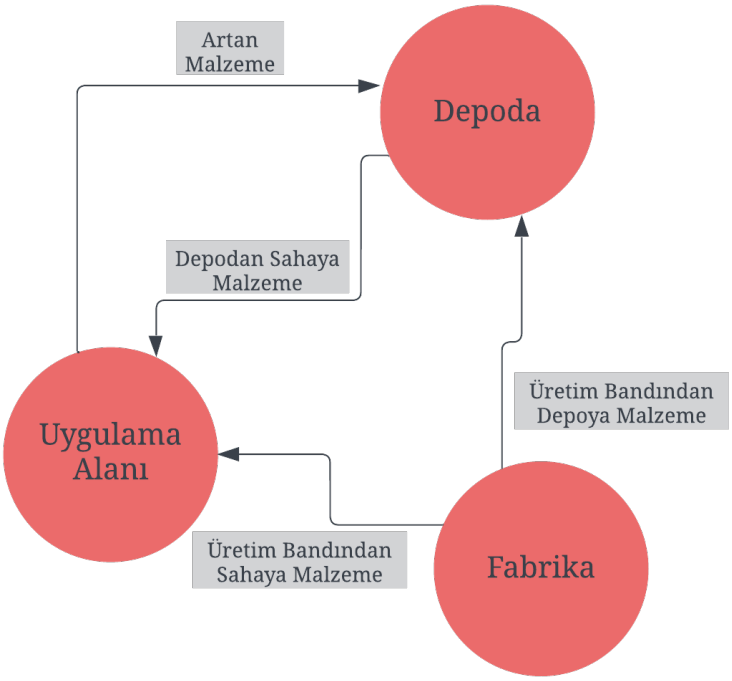
Şekil 3. 12: ‘Attribute’ içine veri girişi **[84].**

Manuel olarak yapılan veri girişi proje boyutu (uygulama yapılacak yüzey) büyüdükçe kontrolü zorlaştırmakta ve hata oluşumuna açık hale gelebilmektedir. **Şekil 3.11**’de verilen alanın 200 m^2 gibi bir alana sahip olduğu düşünülürse bu gibi projelerde manuel olarak veri girilmesi ve bunun kontrolü kolaylıkla gerçekleştirilebilmektedir. Buna karşın; bir toplu konut projesi gibi büyük bir projenin cephesinde havalandırmalı cephe sistemi uygulaması yapılıyorsa, manuel olarak veri girişi yapmak hata yapma olasılığını artırabilecektir. Bu durumda tekrar eden ‘Attribute’ler hatanın tekrar etmesine sebep olabilecektir. ‘Attribute’ elemanlarının kullanımı kolay olmakla birlikte manuel veri girişi için her farklı özellikteki cephe elemanına ayrı ‘Attribute’ oluşturulmasını gerekli kılmaktadır. Bu durum, malzeme ve uygulama takibini zorlaştırmakta ve girilen veriyi görmek için her ‘Attribute’ü ayrı ayrı açıp kapama iş yükünü ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca cephe tasarımında yapılması istenen değişikliklerin uygulama çizimlerine ve sonrasında metraj hesabına aktarılması daha fazla zaman kaybı ve hata olasılığına sebebiyet verebilmektedir. Dolayısıyla BIM tabanlı ve 3 boyutlu bir çözüm önerisinin, bu tür sorunlar için faydalı olabileceği düşünülmektedir.

3.1.5. Malzemelerin Proje Alanına Aktarılması Aşaması

Malzemelerin Proje Alanına Aktarıldığı bu aşamada çoğunlukla şu adımlar gerçekleşmektedir **Şekil 3.13 [2, 82, 84]**:

- Metrajdan gelen sayılar ile lojistik planlama yapılır ve malzemelerin aktarımı sağlanır.
- Malzeme üretilmiş ve depoda muhafaza ediliyor ise sevkiyat doğrudan depodan uygulama alanına gerçekleştirilir.
- Malzeme henüz üretilmemiş ise öncelikle fabrika ile iletişime geçilir ve üretim planına istenen malzeme ve miktarları eklenir. Malzeme üretiminden sonra sahanın durumuna göre eğer saha uygun ise doğrudan sahaya, uygun değil ise önce depoya oradan saha uygun olduğu zaman sahaya sevkiyat yapılır.
- Uygulama sırasında malzemenin eksik olması durumunda bu süreçler tekrarlanır.
- Uygulama sırasında fazla malzeme olması durumunda artan malzeme diğer projelerde kullanılmak üzere varsa uygulayıcının deposuna yoksa üretici firmaya sevk edilir.



Şekil 3. 13: Malzeme sevkiyat diyagramı **[82].**

3.1.6. Uygulama Başlangıcı Aşaması

Uygulama başlangıcı aşaması cephe sisteminin yapılmaya başlandığı aşamadır. Önceki diğer aşamalarda yapılan hatalar genelde bu aşamada ortaya çıkar ve yerinde sahada çözümler üretilmesini gerektirir. Çözümler hatanın büyüklüğüne göre değişiklik gösterebilir

Sistemlerin tasarımları birbirinden farklılık gösterdiğinden uygulama aşamaları da birbirinden farklılık göstermektedir **[87]**. Ancak çoğunlukla kullanılan sistemlerden biri olan yapıştırma ile monte edilen seramik panel sistemlerinin uygulama aşamalarına bakılacak olursa **Şekil 3.1, Şekil 3.2, Şekil 3.3, Şekil 3.4** ve **Şekil 3.5 [1, 2, 82]**:

- İlk olarak uygulama yüzeyi montaja uygun hale getirilir. Vinç veya iskele kullanımına göre yüzeyde hazırlık yapılır.
- Gelen malzeme uygulama alanında kesim yapılacak ise kesime uygun bir yere konumlandırılır.
- Tasarımda belirlenen panel dizilimine göre derz hizaları uygulama yapılacak alanda işaretlenir.
- Kaplama yapılacak alanın alt taşıyıcısına göre yatay profiller atılır.
- Isı yalıtım malzemesi gerekli ise monte edilir.
- Yatay profillere gerek braketler doğrudan yüzeye monte edilir. Yatay profil gerekli ise braketler yatay profiller üzerine monte edilir.
- Derz noktalarına T panel arkalarına L profil gelecek şekilde profiller monte edilir.
- Profil montajı esnasında tasarımda belirlenen ölçülere göre paneller kesilir veya paneller uygulama alanının dışında bulunan bir atölyede kesilerek ön kesimli olarak uygulama alanına sevk edilir.
- Panellerin tespit yöntemine göre paneller ve düşey profiller montaja hazırlanır. Örneğin, yapıştırma sistemlerde panele çift taraflı bant, profillere silikon sürülür.
- Panel montajı yapılır.
- Paneller arası derz sabitleyici yerleştirilir.
- Uygulama tamamlanır ve uygulama sahası toparlanır.

Bu aşamalar havalandırmalı cephe sistemlerinin uygulama aşamalarına örnektir. Sisteme göre değişkenlik gösteren cephe uygulama adımlarına, sistem sağlayıcı şirketlerin internet sitelerinden veya danışanlarından ulaşılabilmektedir **[1, 2, 8]**.

3.2. Havalandırmalı Cephe Sistemlerine Etki Eden Değişkenler

HCS uygulamalarında, kalite, ekonomi ve cephenin çeşitli performanslarını (taşıyıcılık, ısıl, su ve nem gibi) etkileyen değişkenler bulunmaktadır**[88]**. Bu değişkenler çalışmada aşağıda sıralanan üç grupta ele alınmıştır:

1. Kaplanacak yüzeye bağlı değişkenler
2. Seçilecek Kaplama Malzemesine Bağlı Değişkenler
3. Seçilecek taşıyıcı sistem bileşenlerine bağlı değişkenler

3.2.1. Kaplanacak Yüzeye Bağlı Değişkenler

Kaplanacak yüzeye bağlı değişkenlerin başında yüzeydeki boşluk oranları ve konumlarından bahsedilebilir. Kapı, pencere gibi ele alınabilecek bu boşlukların yanı sıra cephedeki girinti ve çıkıntılar da HCS'ni etkileyen değişkenlerdendir. Cephe yüzeyindeki bu tür hareketlenmelere ek olarak HVAC sistemleri için gerekli olan dış üniteler, tesisata dair bileşenler de kaplanacak yüzeye bağlı değişkenler olarak değerlendirilebilir.

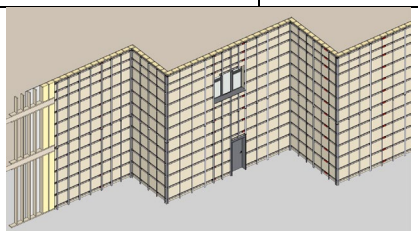
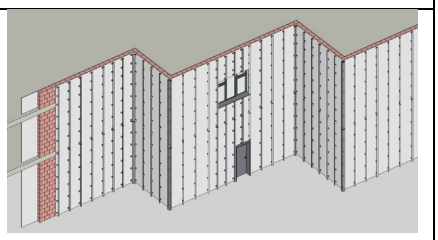
Kaplanacak yüzeye bağlı değişkenlerden bir diğeri yüzeyin mevcut kaplama malzemesi olarak düşünülebilir. Bu malzemeler; kaplama yapılacak yüzeyi oluşturan gövde (taşıyıcı bölüm) malzemeleri ve yine kaplanacak yüzeyin mevcut malzemeleri olarak ele alınabilir.

3.2.1.1. Kaplama Yapılacak Yüzey Gövdesi Malzemelerinin Sisteme Etkisi

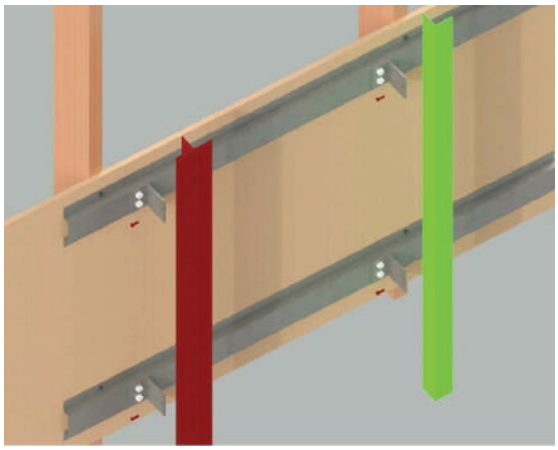
Kaplama yapılacak yüzey gövdesi malzemeleri; cephe sisteminde kullanılacak sistemin ve kaplama malzemesinin seçiminde oldukça etkilidir. Tuğla, gazbeton, briket, ağır çelik, hafif çelik, ahşap, beton ve prekast gibi çeşitli malzemelerden oluşabilen kaplama yapılacak yüzey gövdesine bakılarak, HCS sisteminin uygulama şekline karar verilmektedir. Örneğin; tuğla, gazbeton, briket, beton ve prekast gibi

homojen bir gövdeye sahip kaplama yüzeylerinde, yatay profile ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu nedenle; cephe sisteminden yatay profil çıkarılarak düşey profiller braketlerle duvara veya döşemeye monte edilebilmektedir. Buna ek olarak; gövde malzemesine göre sistemde kullanılacak vida gibi gereçlerin çeşidi de değişkenlik gösterebilmektedir **Tablo 3.1 [1, 2, 89]**.

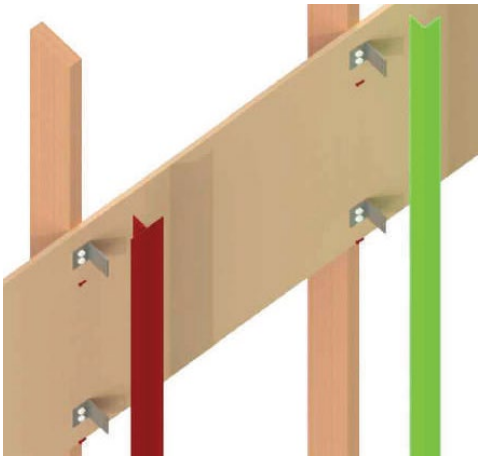
Tablo 3. 1: Kullanıldığı yere göre vida çeşitleri **[89].**

Ahşap gövdede kullanılan vida örneği	Çelik gövdede kullanılan vida örneği	Beton ve Gazbeton gövdelerde kullanılan vida örneği
		

Kaplama yapılacak yüzey gövdesi çelik, ahşap gibi yükün sadece düşey çizgiler halinde döşemeye aktarıldığı bir malzemeden oluşuyorsa sistem uygulamalarında yatay profillerin kullanılmasının gerekliliği düşünülmelidir **Şekil 3.14.** Bu tür gövdelerde taşıyıcılar yükü yüzeysel ve çizgisel iletenler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Çizgisel iletenlerde; yatay profil kullanılması ya da arkadaki her düşey taşıyıcıyı yakalayacak şekilde sistemde fazladan düşey profil kullanılması gerekmektedir **Şekil 3.15**. Bahsedilen ikinci yöntemde düşey profil tüketiminin yanı sıra braket ve vida tüketimi artmaktadır. Ayrıca, kaplama malzemesinin derz noktalarında kullanılan T şeklindeki düşey profilin arkasına taşıyıcı denk gelmeyen kısımlarda, kaplama malzemesinin konsol çalışması söz konusu olabilir. Bu tür durumlar, kaplamanın darbe dayanımının az olmasına sebep olmaktadır.



Şekil 3. 14: Ahşap duvarda HCS örneği **[90].**



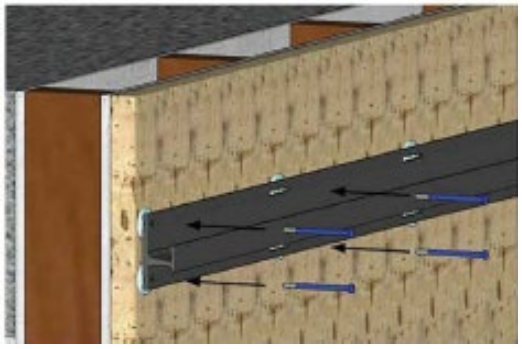
Şekil 3. 15: Ahşap duvarda yatay profilsiz HCS örneği **[90].**

3.2.1.2. Kaplanacak Yüzeyin Mevcut Malzemelerinin Sisteme Etkisi

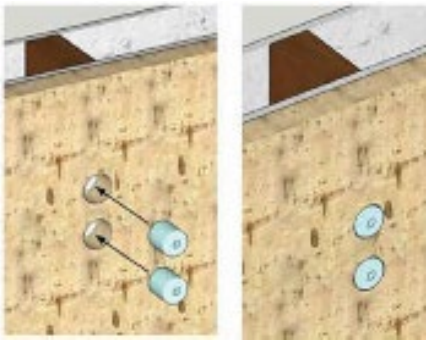
Kaplanacak yüzeyin mevcut malzemelerinin rijitliği cephe sisteminin performansını etkileyen önemli değişkenlerden biridir. Yüzeyde rijit bir malzeme yer alıyorsa HCS bileşenleri (yatay profil veya braket) doğrudan mevcut yüzeye uygulanabilmektedir. Buna karşın; yüzeyde yalıtım üzeri sıva, desenli XPS, tuğla görünümlü XPS gibi malzemelerden biri ile bitiş sağlanmışsa bu tür uygulamalarda yatay profilin altına rijitliği artıracak dolgu elemanı veya yalıtım kalınlığınca pul yerleştirilmelidir. Pulun kalınlığı rijit olmayan malzemenin kalınlığı kadar yapılmalıdır **[1, 2]**.

Örneğin; mevcutta yapıştırma tuğla kaplama malzemesi kullanılmış ve gövdesi ahşap dikmelerden oluşan bir yüzeyde HCS kaplanmak istendiğinde aşağıdaki konulara özen gösterilmelidir**[2]**:

- HCS taşıyıcılarının yatay profillerle desteklenmesi **Şekil 3.16,**
- HCS vidalarının ahşap gövdeye uygulanabilir özellikte seçilmesi,
- Mevcut kaplamanın rijit olması nedeniyle pul gibi ek gereçlere ihtiyaç duyulmaması önerilmektedir.
- Mevcut kaplamanın ısı yalıtım malzemesi üzeri sıva ve gövde malzemesinin çelik olması durumunda ise yatay profil arkasında sıva ve HCS arasında pul kullanılması ve çelik duvar gövdesini delebilecek akıllı vida kullanılması önerilmektedir **Şekil 3.17.**



Şekil 3. 16: Yatay profil montajı **[85].**

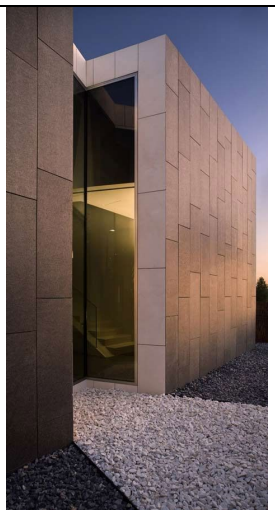
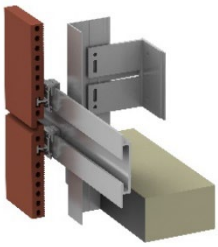
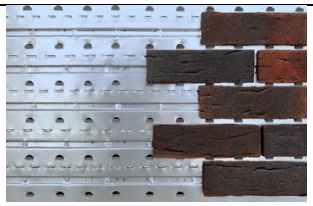


Şekil 3. 17: Rijit olmayan yüzeylerde pul kullanımı **[85].**

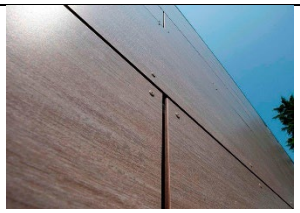
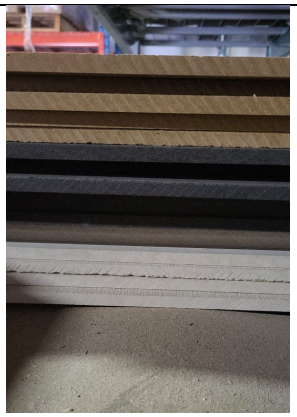
3.2.2. Seçilecek Kaplama Malzemesine Bağlı Değişkenler

HCS uygulamalarında kullanılacak kaplama malzemesinin özelliklerine göre detaylar değişebilmektedir. Bu anlamda detaya yön veren değişkenler; malzemenin türü, görünümü, montaj yöntemi, genişliği, yüksekliği, kalınlığı ve montaj mesafesi gibi başlıklar olarak ele alınabilmektedir. Değişkenlere dair bilgilere **Tablo 3.2**'de yer verilmiştir.

Tablo 3. 2: Seçilecek kaplama malzemesine bağlı değişkenler tablosu **[85, 90-98]**.

MALZEME TÜRÜ	GÖRÜNÜM	MONTAJ YÖNTEMİ	GENİŞLİK	YÜKSEKLİK	KALINLIK	MAKS MONTAJ MESAFESİ
Seramik		Yapıştırma, Klipsli, Agraflı, Yatay Askı, Panel ve Tırnaklı Sistem	300-3000 mm	300-1200 mm	6-20 mm	300-600 mm
Porselen		Yapıştırma ve Klipsli Sistem	3000-3600 mm	1200-1800 mm	3-10 mm	600-1200 mm
Terakota		Tek Cidarlı ve Çift	1200-1500 mm	600-900 mm	18 mm	300-400 mm
Klinker Tuğla		Kanallı Panel Klinker, Klipsli Klinker Sistemler	250-300 mm	120-150 mm	15-30 mm	-
Doğal ve Yapay Taş		Noktasal ve Profilli Sistemler	300-1500 mm	1200-3000 mm	15-30 mm	400-600 mm

Tablo 3. 2: Devamı.

Masif ve Isıl İşlem Görmüş Ahşap		Klipsli Sistem	100-300 mm	2000-6000 mm	15-40 mm	2000 mm
Kompakt Lamine		Yapıştırma, Agraflı, Yatay Askı ve Perçinli Sistemler	2440-4270 mm	600-1860 mm	4-6 mm	400-1000 mm
Çimento Esaslı		Yapıştırma, Agraflı, Perçinli ve Vidalı Sistemler	1200-3050 mm	600-1220 mm	10-20 mm	400-1000 mm
Alüminyum Kompozit		Klipsli, Yatay Askı, Vidalı, Düşey Bağlantılı, Kertmeli, Derz profilli ve Baskı Profilli Sistemler	2000-4000 mm	1500-5000 mm	3-12 mm	400-800 mm
Sandviç Panel		Vidalı Sistem	1000-1200 mm	2000-6000 mm	50-150 mm	600-1200 mm

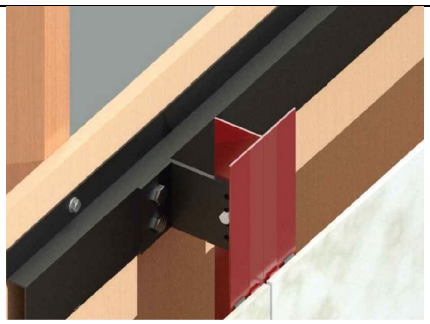
3.2.3. Seçilecek Taşıyıcı Sisteme ve Bileşenlerine Bağlı Değişkenler

Teknolojinin gelişmesi ile HCS uygulamalarında kullanılan sistem ve bileşenlerde ve yine kaplama malzemelerinde yeni ürün ve çözümlerin ortaya çıktığı görülmektedir. Seçeneklerde yaşanan bu artışla bina kullanıcısına olumlu katkılar sunarken, uygulamalardaki kontrolün azalması anlamında olumsuzluklar ortaya çıkarabilmektedir. Gelişen ürün ve çözümlerle, tek bir HCS sistemi türünün 10 farklı kaplama malzemesi ile kullanılabilmesi olanaklıdır. Benzer şekilde sektörde, tek bir HCS kaplama malzemesi için üretilmiş HCS taşıyıcı sistemleri de mevcuttur. Bu sebeple kaplama yapılan yere, malzemeye ve cephe tasarımına göre havalandırmalı cephe sistemi seçilmesi önem taşımaktadır.

Seçilecek HCS'ne göre sistem bileşenlerinden düşey profiller, yatay profiller ve braketlerde önemsenmesi gereken değişkenlere aşağıda ayrı başlıklar halinde yer verilmektedir. Bu bileşenlere ek olarak; klipsler yapıştırma bantları ve vidalar gibi parça sayısına bağlı olan ürünler de önemlidir.

3.2.3.3. Düşey Profillere Bağlı Değişkenler

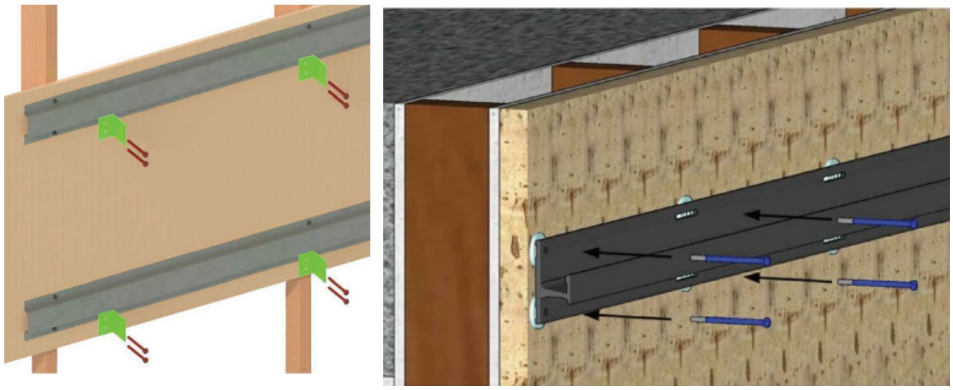
HCS'nde kullanılan düşey profillerin profil boyu, profiller arası en fazla mesafesi ve en fazla açılım kapasitesi gibi değişkenleri seçilecek HCS'ne göre değişebilmektedir **[43]**. **Şekil 3.18**'de HCS'nde kullanılabilen düşey profiller örneklenmektedir.

Açıklama	Kaplama malzemesi derzlerinde kullanılan T profil	Kaplama malzemesi arkasında kullanılan L profil
Görsel		

Şekil 3. 18: HCS'nde kullanılabilen düşey profil örnekleri **[90]**

3.2.3.4. Yatay Profillere Bağlı Değişkenler

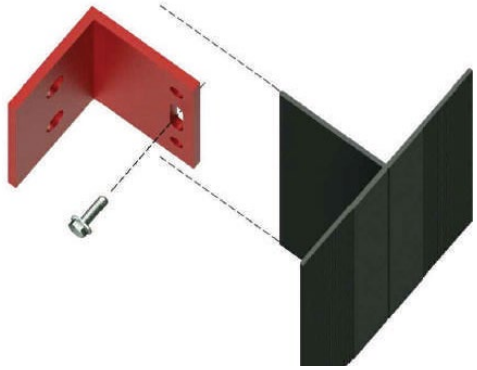
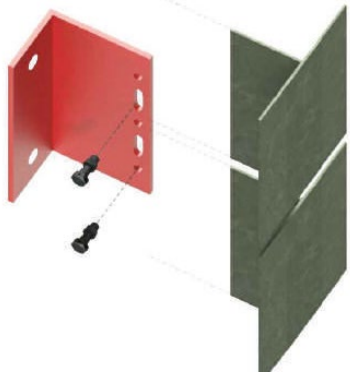
HCS'nde kullanılan yatay profillerin profil boyu, profiller arası en fazla mesafesi ve en fazla açılım kapasitesi gibi değişkenleri seçilecek HCS'ne göre değişebilmektedir. **Şekil 3.19**'da HCS'nde kullanılabilen yatay profiller örneklenmektedir **[51, 85, 90]**.



Şekil 3. 19: HCS'nde kullanılabilen yatay profil örnekleri **[85, 90].**

3.2.3.5. Braketlere Bağlı Değişkenler

HCS'nde kullanılan braketlerin cinsi ve bağlantı yöntemi gibi değişkenleri seçilecek HCS'ne göre değişebilmektedir. **Şekil 3.20**'de HCS'nde kullanılabilen braketler örneklenmektedir **[90]**.

Ara Braketler ve Bağlantı Yöntemleri	Profil Derzlerindeki Derz Braketleri ve Bağlantı Yöntemleri
	

Şekil 3. 20: HCS'nde kullanılabilen braket örnekleri **[90].**

4. HAVALANDIRMALI CEPHE SİSTEMİ UYGULAMALARINA YÖNELİK BIM TABANLI BİR ÇÖZÜM ÖNERİSİ

Tez çalışmasının bu bölümünde öncelikle Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) ve HCS'nde kullanımlarından bahsedilmektedir. Ayrıca, HCS uygulamalarına yönelik üretilmiş olan BIM tabanlı çözüm önerisinin detayları aktarılmaktadır. Bu sırada, çözüm üretilirken giydirme cephe aracı üzerine yoğunlaşılma ve BIM tabanlı Archicad programı kullanılma nedenleri açıklanmaktadır. HCS elemanlarının Archicad'e aktarım ve('in çözüm önerisinde kullanım şekilleri de bu bölümde detaylı olarak anlatılmaktadır.

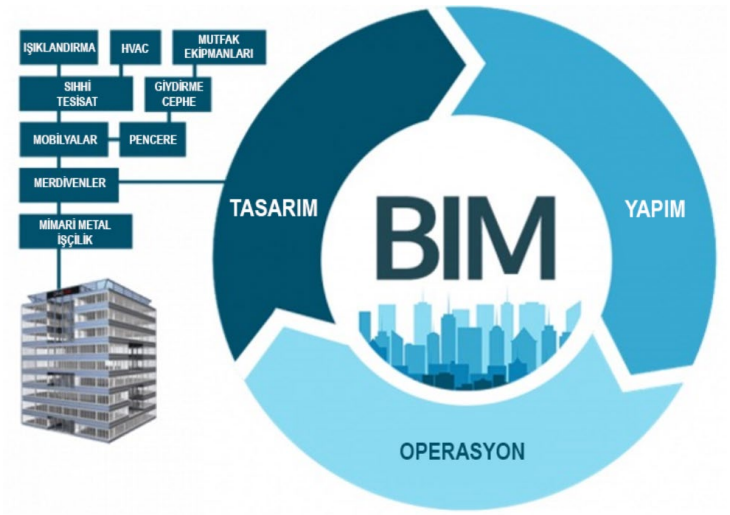
4.1. Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) ve Havalandırmalı Cephe Sistemlerinde Kullanımı

Yapı Bilgi Modellemesi (Building Information Modeling - BIM)'ne dair literatürde çeşitli tanımlarla karşılaşılmaktadır. Bu tanımlardan birinde "BIM, yapı ve inşaat projelerinde bilgi yönetimini ve iş birliğini kolaylaştıran dijital bir süreç" olarak ifade edilmektedir **[99]**. Ayrıca "BIM, yapıların dijital temsillerini oluşturarak projelerin planlama, tasarım, inşaat ve işletme aşamalarında daha verimli ve etkili bir yönetim sağlar" denilmektedir **[100]**. BIM, dijital bir platform, görselleştirme aracı ve en önemlisi, tasarım ve inşaatın öngörülemez ve dinamik işini verilere dönüştüren ve düzenleyen AECO (Mimarlık, Mühendislik, İnşaat ve Operasyonlar) sektöründe bir çalışma biçimi olarak bilinir. Ekonominin buna çok ihtiyaç duyan sektöründeki hemen hemen her sektör çapındaki teknolojik yenilikle sıkı sıkıya bağlantılı olan tasarım ve inşaat dünyasındaki inovasyonun temel cephesidir. **Şekil 4.1**'de BIM'in bileşenleri gösterilmektedir **[101]**.

McKinsey'e göre, büyük inşaat projelerinin tamamlanması genellikle yüzde 20 daha uzun sürer ve ortalama olarak bütçenin yüzde 80 üzerindedir. Ayrıca, inşaat sektörünün verimliliği 1990'lardan bu yana düşmüştür ve ekonominin en az dijitalleştirilmiş sektörlerinden biridir. Bu durum, her biri yerel koşulları ve düzenlemeleri ele alan, çeşitli coğrafyalarda çok farklı proje türleri üzerinde çalışan bölgesel ve yerel firmalardan oluşan bir ağ olarak organize edilen AECO sektörünün aşırı parçalanması ve atomizasyonunun bir sonucudur **[102]**.

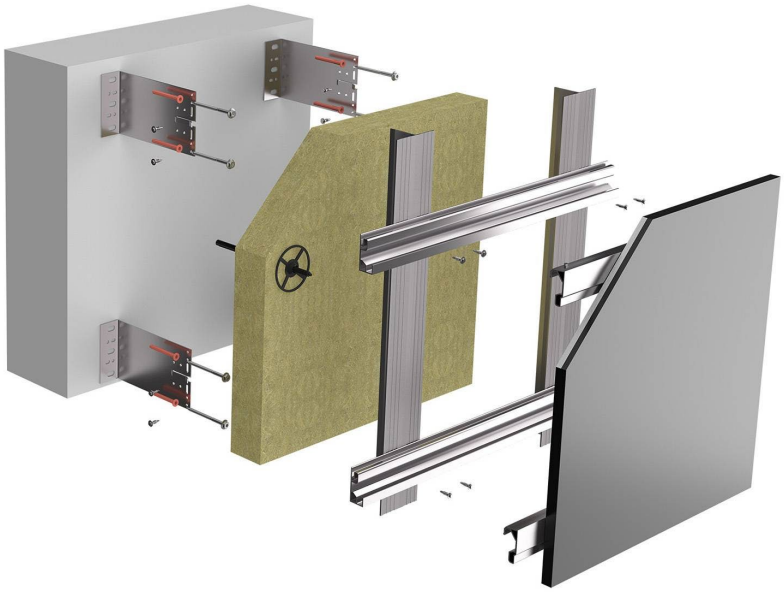
Şekil 4. 1: BIM bileşenleri **[103].**

Temelde, her yeni bina, standardizasyon ve tek düzeliğin nadir olduğu, silolanmış inşaatçılar ve tasarımcılar tarafından oluşturulan bir prototiptir. Bu, üretim gibi daha birleşik endüstrilerdekine benzer şekilde üretimi kolaylaştırabilecek verileri yakalamayı, paylaşmayı ve kullanmayı zorlaştırır. AECO için BIM, mimarlık firmalarındaki tasarımcılar, mühendisler, inşaat firmalarındaki inşaatçılar ve hem operasyon hem de bakım uzmanları ve bina sahipleri tarafından kullanılır. Bir binanın kavramsallaştırılması ve işletilmesinin her aşamasında BIM'den faydalanabilinir **Şekil 4.2.** Bir binanın özelliklerini (malzemeler, boyutlar, mekansal ilişkiler, enerji performansı ve çok daha fazlası) tanımlayan verilerle gömülü bir 3B modelini bulut genelindeki tüm ekiple paylaşarak, BIM tüm süreç üzerinde etkili bir kontrol sunar. Bu yönüyle karmaşık cephe sistemi uygulamalarına kolaylık sağlar **[103]**.



Şekil 4. 2: BIM kullanım alanları **[104].**

Cephe yalnızca bir binanın estetiğini etkilemekle kalmayıp, aynı zamanda enerji verimliliğini, emniyetini ve güvenliğini de etkileyen bir yapı elemanıdır. Bu açıdan, cephe tasarımı son yıllarda mimari planlamanın önemli bir parçası haline gelmiştir. BIM'in ortaya çıkmasıyla birlikte, cephe tasarımları ve üretimlerinde kolaylık sağlanmıştır. Cephe modellemesi için BIM kullanmanın olumlu katkılarından biri, manuel çizimleri ve birden fazla taslağa olan ihtiyacı azaltmasıdır. BIM, cephenin 3B modellerini hızla oluşturabilir ve seçeneklerin hızla gözden geçirilmesine olanak sağlayabilir **Şekil 4.3**. Ayrıca, cephenin yapısal yüklerini, performanslarını ve diğer değişkenleri hesaplama araçlarını kullanmayı mümkün kılar. Bu, tasarımda değişiklik yapmayı ya da değişiklik yapmak için gereken süreyi azaltır.



Şekil 4. 3: Havalandırmalı cephe sistemi elemanları **[42].**

BIM'in bir diğer önemli yönü de birden fazla paydaş arasındaki iş birliğini kolaylaştırma yeteneğidir. BIM ile tasarımcılar, mühendisler ve yükleniciler aynı model üzerinde çalışabilir ve bu da aynı modelin birden fazla versiyonunu oluşturma ihtiyacını ortadan kaldırır. Böylece, modelin farklı sürümleri nedeniyle oluşabilecek hataların olasılığını azaltır.

BIM Teknolojilerinin Olumlu çokça özelliğinin yanı sıra çeşitli Olumsuz yönleri de bulunmaktadır. Örneğin; BIM yazılımını mevcut sistemler ve iş akışlarıyla entegre etmek karmaşık olabilir ve önemli miktarda zaman ve kaynak gerektirebilir. Bu

zorluklar yazılım entegrasyon sorunundan, veri yönetimi karmaşalarına ve eski sistem sorunlarına kadar uzanır.

Modelleme yazılımına yüksek ilk yatırım gerektiriyor olması da BIM'in olumsuzluklarındandır. Revit veya Navisworks gibi en çok kullanılan BIM yazılım programları, yaygın tasarım ve çizim yazılım programlarından daha pahalıdır. Sorunsuz BIM iş akışları sağlamak için, her ekip üyesinin çalışma alanıyla ilgili BIM yazılımıyla donatılması gerekir. Bu, maliyeti daha da artırır.

Farklı ya da Çok Fazla BIM Yazılımı kullanılması BIM'in olumsuzluklarından bir diğeridir. BIM süreci, her biri belirli bir işlevi yerine getiren birden fazla BIM yazılım uygulamasında çalışan bir çalışma sistemidir. Örneğin, Revit mimari modellemesi tasarım aşamasında etkilidir. Navisworks, çakışma tespitinde yardımcı olur ve BIM Collab, disiplinler arası iş birliğine olanak tanır. BIM sürecine uyum sağlamadan takip etmek zor olabilir **[105]**.

BIM, ortak bir hedefe doğru akmak için her yönden çaba gerektiren bir süreçtir. Bu nedenle, bir projede yer alan her kişi, bir yöneticiden bir şantiye çalışanına kadar, kendi rolünü yerine getirmek için eğitimden geçmelidir. Bu açılardan, her seviyede eğitimin gerekli olması bım'in olumsuzluklarından görülebilir. Bu durum aynı zamanda, değişime liderlik edecek BIM uzmanlarının eksikliği ile de ortaya çıkabilmektedir. AEC sektöründe BIM uzmanlarına olan talep ve bulunabilirlik arasında büyük bir fark bulunmaktadır.

Son kullanıcıyla bağlantının kesilmesi BIM teknolojilerinin olumsuz yönlerinden bir diğeri olarak bahsedilebilir. Bir tesis yöneticisi veya hatta bir saha çalışanı, eğitim almamışsa BIM teknolojisiyle bağlantısının koptuğunu hissedebilir. BIM, bakım ve operasyonlara büyük fayda sağlar. Zincirin sonuna yakın bir yerde bağlantı zayıfsa tüm çabalar boşa gider.

BIM, cephe tasarımına uygulandığında ise gelişmiş doğruluk ve maliyet tasarrufu gibi bir dizi somut fayda sağlamaktadır. Mimarlar ve mühendisler, BIM hizmetlerini kullanarak, geleneksel yöntemlere göre bir cephenin daha fazla nüansını yakalayabilen son derece doğru modeller oluşturabilirler. Bu, daha iyi genel tasarım ve cephenin rüzgar ve güneş maruziyeti gibi çevresel faktörlerden nasıl etkilenebileceğini daha yüksek doğrulukla tahmin etme yeteneği sağlar. BIM, geliştirilmiş doğruluğa ek olarak maliyet tasarrufu potansiyeli de sunar. İnşaat öncesinde olası sorunları belirlemek ve

ortadan kaldırmak için cephenin sanal bir modelini kullanarak tasarım maliyetlerini ve inşaat aşamasında maliyetli düzeltmelere olan ihtiyacı azaltabilir. BIM ayrıca mimarlar, mühendisler ve müteahhitler tek bir yerden iş birliği yapıp güncel bilgilere erişebildiğinden süreçlerin kolaylaştırılmasına yardımcı olabilir.

Sonuç olarak, cephe modellemesi için BIM kullanımı inşaat projelerinin yürütülme biçiminde devrim yaratmıştır. Daha hızlı ve daha doğru tasarım, paydaşlar arasında daha verimli iş birliği ve cephe tasarımının genel olarak daha iyi anlaşılmasını sağlamıştır. BIM, modern inşaat projeleri için yaygınlaşmaya devam eden ve gelecekte kullanımı daha da artacağı uzmanlar tarafından ön görülmektedir **[105]**.

4.1.1. BIM Boyutları ve Tarihçesi

BIM, 3B (üç boyutlu) modelleme platformu olarak temel çizgisinden itibaren işlevselliğini eklenen 'boyutlarla' genişletmeye devam etmektedir **Şekil 4.4**. Örneğin, 4B (dört boyutlu) BIM genellikle proje planlamasını ve sıralamasını entegre ederek, inşaatçıların inşaat halindeki bireysel elemanların genel planla nasıl uyumlu olduğunu gerçek zamanlı olarak görmelerini ve doğru ve sıralı kurulumlarını doğrulamalarını sağlar. 5B BIM maliyete atıfta bulunur; inşaat sahasındaki değişikliklere yanıt olarak güncellenmiş bütçeler üreten bireysel elemanlara dolar değerleri atar. BIM'in bir sonraki birkaç boyutu daha az iyi tanımlanmıştır, ancak 6B BIM, bina elemanlarının sürdürülebilirliğini ve karbon ayak izini yönetmek olarak tanımlanmıştır ve 7B BIM, bakım, yönetim ve operasyon verilerini birleştirerek bakım programlarını, garantileri, denetimleri ve daha fazlasını idare etmek olarak tanımlanmıştır **[106]**.

Bu özellikler Autodesk'in Revit, Archicad; modelleme için kullanılan Sketchup gibi gibi birçok yazılım aracına yayılmıştır **Şekil 4.5**. BIM teknolojileri, belirli endüstrilere (mimarlık, mühendislik, inşaat) ve MEP veya yapısal sistemler gibi bireysel bina sistemlerine uyarlanabilmektedir. Ek yazılım modülleri proje planlama, sıralama ve iş birliğine odaklanır. BIM platformlarının bolluğu, giderek kabul gören birleşik bir standart ve protokol kümesini gerekli kılmıştır. İngiltere'de geliştirilen Standart 1192, erken bir BIM standardı öncüsüydü. 2018'de, uluslararası olarak uygulanabilir bir standart oluşturmak için esasen ilk standardı yerelleştiren Standart 19650'ye dönüştü. Bu standart, BIM'i kullanarak en iyi uygulamaları öngörür, rolleri

ve sorumlulukları, kilometre taşı ve son tarih yapısını, bilgi paylaşma yollarını, grafik standartlarını, teklif belgelerini ve daha fazlasını tanımlar **[99]**.

Şekil 4. 4: BIM tabanlı yazılımlar ve BIM boyutları **[107].**

BIM'in bazı temel özellikleri ve faydaları şunlardır **[106, 108]**:

1- 3B Modelleme: BIM, yapıların üç boyutlu dijital modellerini oluşturur. Bu modeller, yapı elemanlarının geometrisini ve ilişkilerini doğru bir şekilde temsil eder. Bu sayede, proje ekibi yapıların görselleştirilmesi ve analiz edilmesi sürecinde daha iyi bir anlayışa sahip olur.
2- Bilgi Entegrasyonu: BIM, yapı bileşenleri hakkında detaylı bilgiler içerir. Bu bilgiler, malzemelerin özellikleri, maliyetler, enerji verimliliği, bakım gereksinimleri gibi çeşitli verileri kapsar. Bilgi entegrasyonu, proje boyunca tüm paydaşların güncel ve doğru bilgilere erişimini sağlar.
3- İş birliği ve Koordinasyon: BIM, proje ekibi üyelerinin iş birliği yapmasını ve projeyi koordine etmesini kolaylaştırır. Farklı disiplinlerden gelen tasarımcılar, mühendisler ve müteahhitler, ortak bir dijital platform üzerinden çalışarak, çakışmaları tespit edebilir ve sorunları çözebilir.
4- Simülasyon ve Analiz: BIM, yapının performansını değerlendirmek için çeşitli simülasyon ve analiz araçları sunar. Enerji verimliliği, gün ışığı, akustik performans gibi faktörler analiz edilerek, yapı tasarımı optimize edilebilir.
5- Maliyet ve Zaman Yönetimi: BIM, proje maliyetlerini ve zaman çizelgelerini daha doğru ve verimli bir şekilde yönetmeyi sağlar. Maliyet tahminleri, malzeme miktarları ve iş programları dijital model üzerinden takip edilebilir.
6- Yaşam Döngüsü Yönetimi: BIM, yapının tüm yaşam döngüsü boyunca kullanılabilir. İnşaat tamamlandıktan sonra, bakım ve işletme süreçlerinde de BIM modeli referans alınarak daha etkili yönetim sağlanabilir **[104]**.

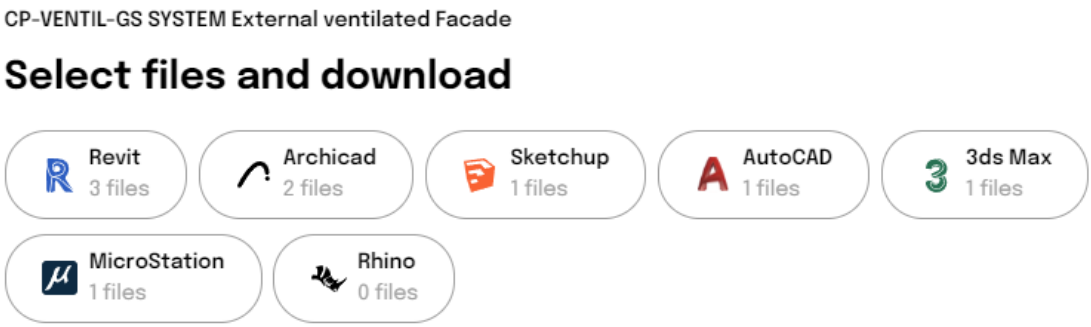
BIM, inşaat sektöründe devrim niteliğinde bir yenilik olarak kabul edilir ve projelerin daha sürdürülebilir, ekonomik ve başarılı bir şekilde tamamlanmasına katkıda bulunur **[109]**. BIM'in 3B modelleme ve bilgi entegrasyonu avantajlarına yoğunlaşarak oluşturulan öneri ile HCS'nin tasarım ve uygulama aşamalarından biri olan malzeme hesaplama aşamasında hataların en aza indirilmesi amaçlanmıştır. Önerinin BIM tabanlı olması geliştirilebilir olmasına olanak sağlamaktadır.

4.1.2. HCS Uygulamalarında Kullanılan Yazılımlar ve Modeller

Yapılan araştırmalarda BIM tabanlı çeşitli yazılımın HCS uygulamalarında kullanıldığı anlaşılmıştır. Revit, Archicad, Allplan ve Tekla gibi yazılımlar kullanılan

yazılımlar için örneklenebilir. Buna karşın, yazılımlardan Revit ve Archicad içerisinde giydirme cephe aracı bulunduğu bilinmektedir. Bu araçlar aracılığıyla cephelerin BIM ortamında modellenmesi kolaylaştırılmaktadır **[110]**. Öte yandan, HCS'nde uygulamayı etkileyen değişkenleri giydirme cephe değişkenleri ile örtüşmemektedir. Bu konuda örneğin; giydirme cephe sistemlerinde taşıyıcı profiller panellere çerçeve oluşturup tekrar ederken, havalandırmalı cephe sistemlerinde kaplama malzemesi ile profillerin sahip olduğu özellikler birbirinden bağımsız değişebilmektedir. Bu anlamda, tez çalışması kapsamında HCS'ne yönelik olarak bir çözüm önerisi geliştirilmeye çalışılmıştır.

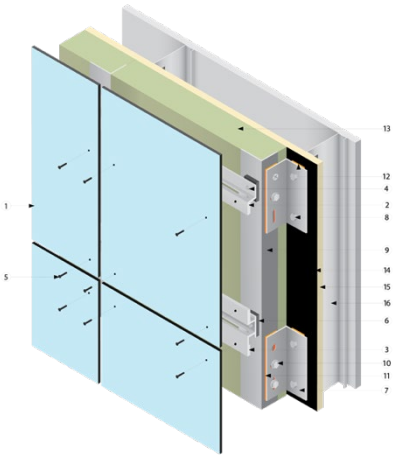
Karşılaşılan bu zorluklara cevap verebilmek adına firmalar çeşitli araç ve modeller geliştirmiştir. Bunlardan bazıları havalandırmalı cephe sistem sağlayıcıları tarafından ürettirilerek internet ortamında paylaşılmaktadır. Üretilmiş bu model internette yayınlanarak mimarların ve BIM tabanlı program kullanıcıların kullanımına sunulmaktadır. Bu durum üretilen sistemin kullanımını yaygınlaştırıp ticari bir reklam niteliği taşımakla birlikte daha net sonuçları çıkaran modeller ile çizimlerdeki hatalar ve kullanılan zaman azaltılmaktadır. Modelin farklı programlarla birlikte çalışabilirliği daha fazla kullanıcıya ulaşmasına da olanak sağlamaktadır **Şekil 4.5.**



Şekil 4. 5: Örnek modelin kullanılabileceği programlar **[106].**

Firmaların HCS uygulamalarında kullanılmak üzere geliştirdiği BIM tabanlı çeşitli araç ve modeller aşağıda örneklenmektedir **Şekil 4.6, Şekil 4.7, Şekil 4.8, Şekil 4.9, Şekil 4.10** ve **Şekil 4.11.**

Şekil 4. 6: BIM tabanlı üretilmiş HCS modeli örneği 1 **[111].**



Şekil 4. 7: BIM tabanlı üretilmiş HCS modeli örneği 2 **[76].**

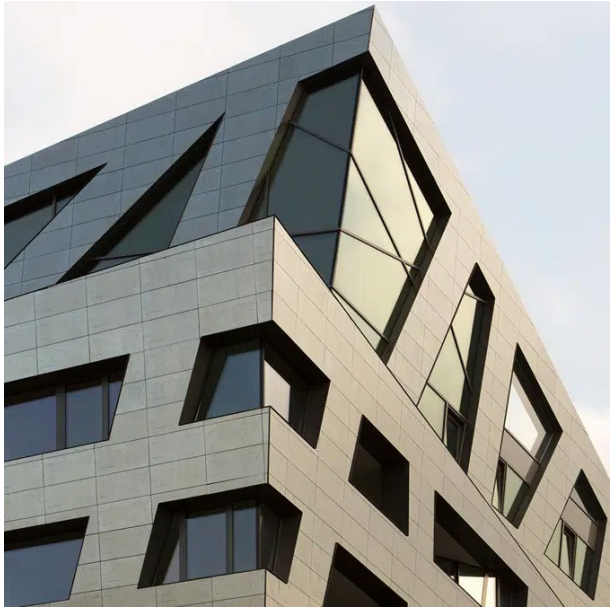
Şekil 4. 8: BIM tabanlı üretilmiş HCS modeli örneği 3 **[76].**

Şekil 4. 9: BIM tabanlı üretilmiş HCS modeli örneği 4 **[112].**

Şekil 4. 10: BIM tabanlı üretilmiş HCS modeli örneği 5 **[77].**

Şekil 4. 11: BIM tabanlı üretilmiş HCS modeli örneği 6 **[113] .**

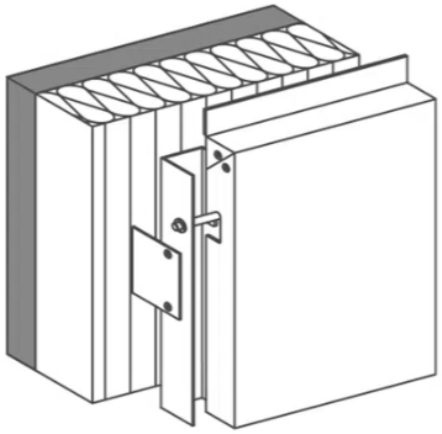
Mevcut modeller tasarımda farklılığa gidilebilmesine olanak sağlayabilmenin yanı sıra detay çizimlerine harcanacak iş gücünü azaltarak bu iş gücünü tasarımı çeşitlendirmeye aktararak farklı ürünlerin ortaya çıkmasına yardımcı olmaktadır **Şekil 4.12.** Genel olarak bakıldığı zaman üretici firmaların istekleri doğrultusunda oluşturulan bu modellere erişim kolaylığı, sistemlerin incelenebilmesini kolaylaştırmaktadır. Sistemlerdeki elemanları ve çalışma prensibini göstermesine karşın bu BIM tabanlı modellerde bazı engeller ile karşılaşılmaktadır.



Şekil 4. 12: Mevcut BIM tabanlı modelin tasarımda kullanımına örnek **[77].**

4.1.3. Mevcut BIM Araç ve Modellerinde Karşılaşılan Engeller

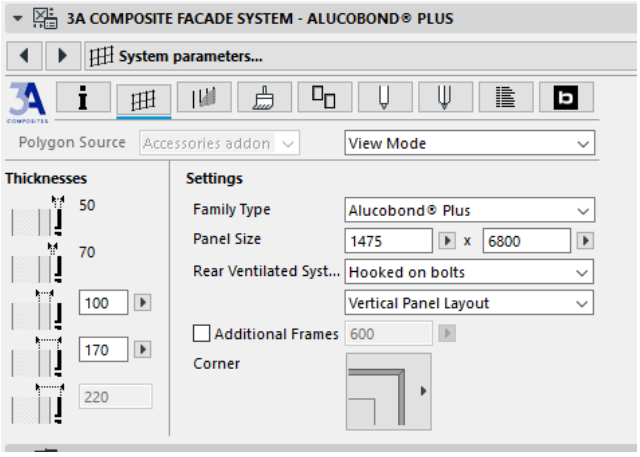
Çalışmaya yönelik yapılan araştırmalarda öncelikle BIM tabanlı araçlar ve modeller bulunmaya çalışılmıştır. Bu süreçte nesne tabanlı obje modeller edinilmiştir. Bunların paylaşıldığı platformlarda havalandırmalı cephe sistemleri üzerine hazırlanan modellerin çoğunlukla Revit ve Archicad üzerinden yapıldığı belirlenmiştir **Şekil 4.5 [111]**. Objeler detaylı incelenmiş ve çeşitli açılardan deneyimlenmiştir.



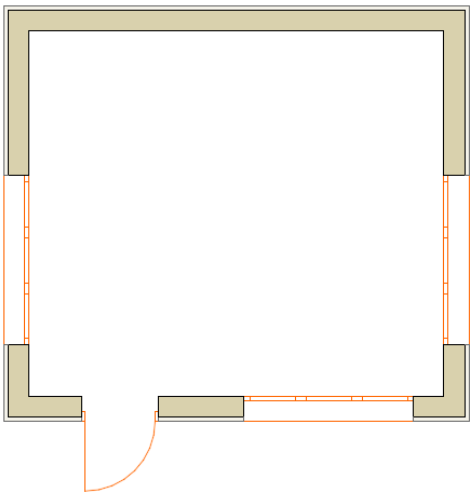
Şekil 4. 13: Archicad tabanlı mevcut modelin görsel ön izlemesi **[75].**

Mevcut BIM tabanlı modellerin deneyimlenmesi sırasında aşağıdaki adımlar izlenmiştir:

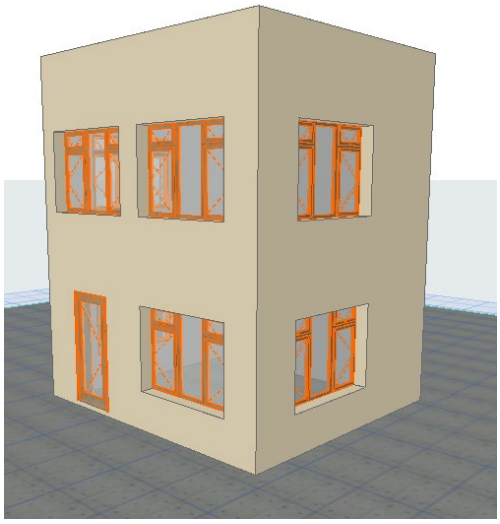
- İndirilen model Archicad programı kullanılarak kütüphaneye eklenmiştir.
- Archicad programı içerisinde Tasarım>Tasarım Ekstraları>Aksesuarlar>Duvar Aksesuarları adımları takip edilerek eklenen modelin kullanımı sağlanabilmektedir.
- Bu adımlar izlenerek indirilen model seçildiğinde Şekil 4.14'te verilen arayüz ile değişkenlerin ayarlanabileceği bölüme ulaşılabilmektedir. Bu kısım oluşturulan modelin ve kullanılan sistemin değişkenlerine karar verildiği ve değiştirilebildiği kısımdır.
- Kaplama yapılmak istenilen yüzey Archicad'in duvar aracı ile modellenmiştir.
- Bu model planda veya 3B ön izleme sekmesinde seçilip duvar aksesuarları açılmalı ve değişkenlere karar verilmelidir **Şekil 4.15** ve **Şekil 4.16.**
- Kararlar plan ve 3B düzleminden kontrollü bir şekilde sonuçlandırılmıştır **Şekil 4.17, Şekil 4.18, Şekil 4.19** ve **Şekil 4.20.**



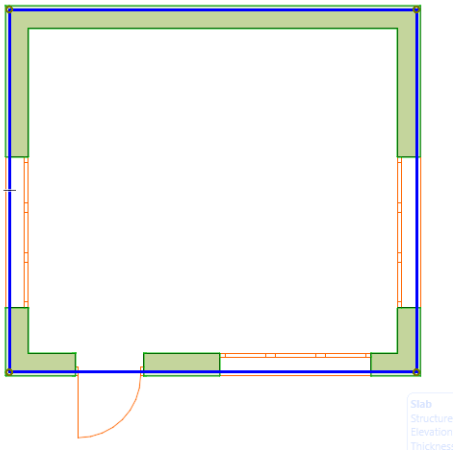
Şekil 4. 14: Archicad tabanlı mevcut modelin arayüzü ve değişkenleri.



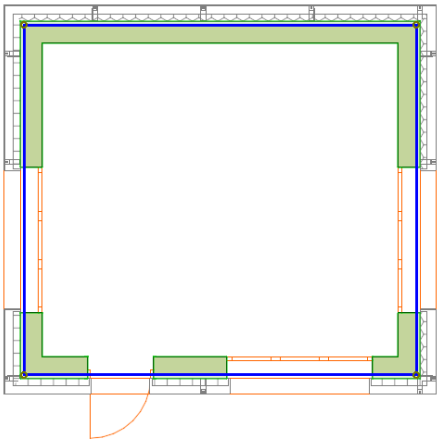
Şekil 4. 15: Mevcut model üzerinden hazırlanmış deneme model planı.



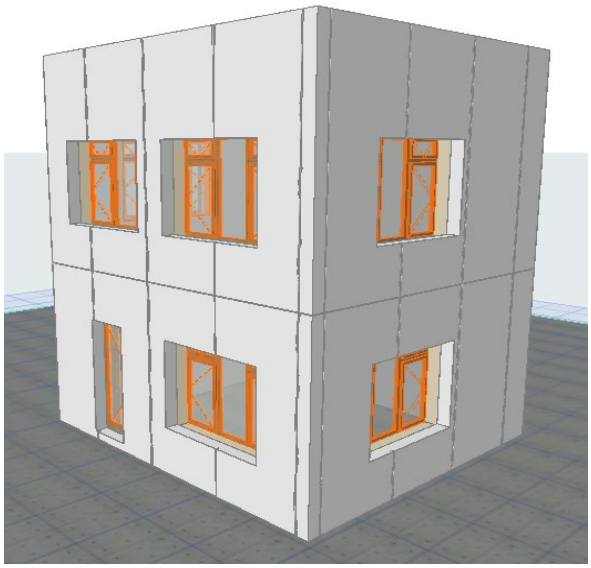
Şekil 4. 16: Deneme model kaplama yüzeyi 3b ön izlemesi.



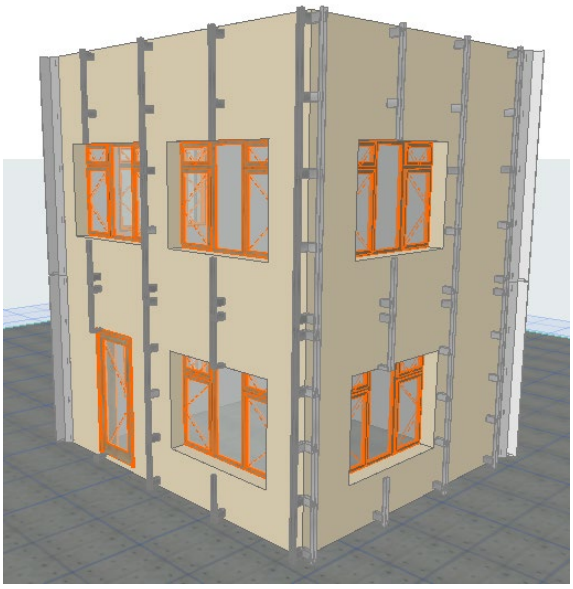
Şekil 4. 17: Deneme model kaplama yüzeyinin plan düzleminde seçimi.



Şekil 4. 18: Deneme HCS modelinin otomatik oluşumu.

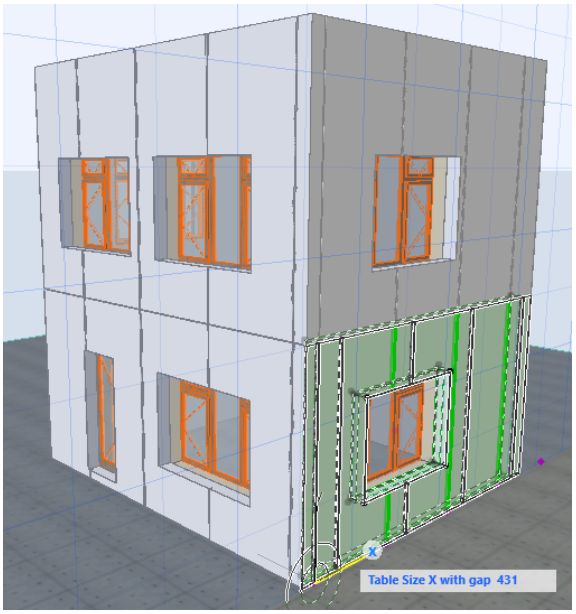


Şekil 4. 19: HCS modelinin 3B ön İzlemesi.



Şekil 4. 20: HCS modelinin taşıyıcı sistemi 3B ön izlemesi.

Mevcut model üzerinden geliştirilen deneme modelin otomatik bir sisteme sahip olması ve saniyeler içinde ortaya çıkabilmesinin HCS uygulamalarında zaman konusunda katkı sunması olasıdır. Ayrıca, HCS panel dizilimini düzenleyebilmek için model seçildiğinde ortaya çıkan seçim noktaları kullanılarak derzler çekiştirilebilmektedir **Şekil 4.21**. Bu durum modelin üzerinden tasarım kararları geliştirmede esneklik sağlamaktadır. Birbirine bağlı olan değişkenler ile kaplama panellerinde yapılan düzenlemeler aynı anda taşıyıcı sistemde de güncellenmektedir.



Şekil 4. 21: Deneme HCS modelinin düzenlenebilirliği.

Model denemeleri sonucunda; 3B model oluşturulmasının paylaşılan modellerde hızlı ve verimli olması gibi olumlu yönlerinin bulunduğu görülmektedir. Buna karşın, üretilen modellerden malzeme hesabı konusunda yeterli verim alınamamıştır. Oluşturulan modellerden çoğunun Revit altyapısı ile üretilmiş olması ve modellerdeki HCS kaplama panellerinin modüler olarak birbiri ardına ekleme sistemi ile çalışıyor olması ve yeni değişkenlerin bu modellere eklenememesi gibi çeşitli sınırlar yapılan denemeler sırasında gözlemlenmiştir. Benzer şekilde, modellerden HCS uygulamalarında kullanılacak taşıyıcı sistem bilgilerine dair detaylara ulaşılması da sınırı olarak görülmüştür.

Mevcut BIM tabanlı modellerden çoğunun Revit altyapısı ile üretildiği ve Archicad ve diğer bazı programlarla uyumlu bir şekilde çalışabildiği yapılan denemeler sonucunda bulunmuştur. Buna karşın modellerin az bir kısmı Archicad programının GDL *(Geometric Description Language)* altyapısı kullanılarak üretilmiştir. GDL kullanılan bu modellerde, HCS panelleri diğerlerine nazaran modüler olarak ekleme yöntemi ile değil, kaplanacak yüzeyin tanımlanması ile otomatik bir şekilde tasarlanabilmektedir. Bu aşamada; kaplama paneli, taşıyıcı sistemi, boşluk ve ısı yalıtımı aynı anda modellenebilmektedir. GDL kullanılarak üretilmiş olan modellerin; taşıyıcı sistem modelini oluşturmanın ve detaylarının çizimlere aktarılmasının iyi olduğu söylenebilir. Buna karşın; mevcuttaki bu modeller de malzeme hesabı konusunda istenilen verimi sunmamaktadır **[75]**. Yapılan tez çalışmasında geliştirilen çözüm önerisinde, araştırma ve denemelerle tespit edilen bu engellere çözüm üretilmeye çalışılmaktadır.

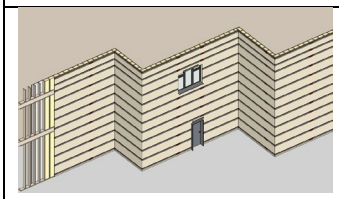
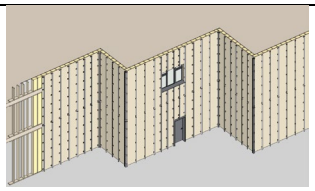
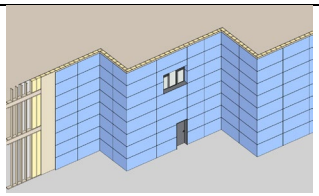
4.2. BIM Tabanlı Çözüm Önerisi

Mevcutta HCS üzerine üretilmiş ve açık kaynak şeklinde insanların kullanımına sunulan BIM objelerinden bir kısmı incelendiğinde HCS parametrelerinin doğru bir şekilde aktarılamadığı gözlemlenmiştir **[75, 77, 111, 112]**. Bu sebeple HCS parametrelerinin incelenip bilgisayar ortamına aktarılması önem kazanmaktadır. Bu aktarım aşamaları alt başlıklarda detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

4.2.1. Gruplandırma

Öneri modelin ilk aşaması olan gruplandırma sırasında HCS bileşenleri; yatay profil ve bağlantı elemanları, düşey profil ve braketler ve kaplama malzemesi olmak üzere üç grupta düzenlenmiştir **Tablo 4.1**. Gruplandırmada, birbirleriyle bağlantılı olan ve benzer uygulama kriterlerine sahip bileşenler bir arada toplanmıştır. Gruplandırma işlemi ile sistemi etkileyen değişkenler de gruplandırılmıştır.

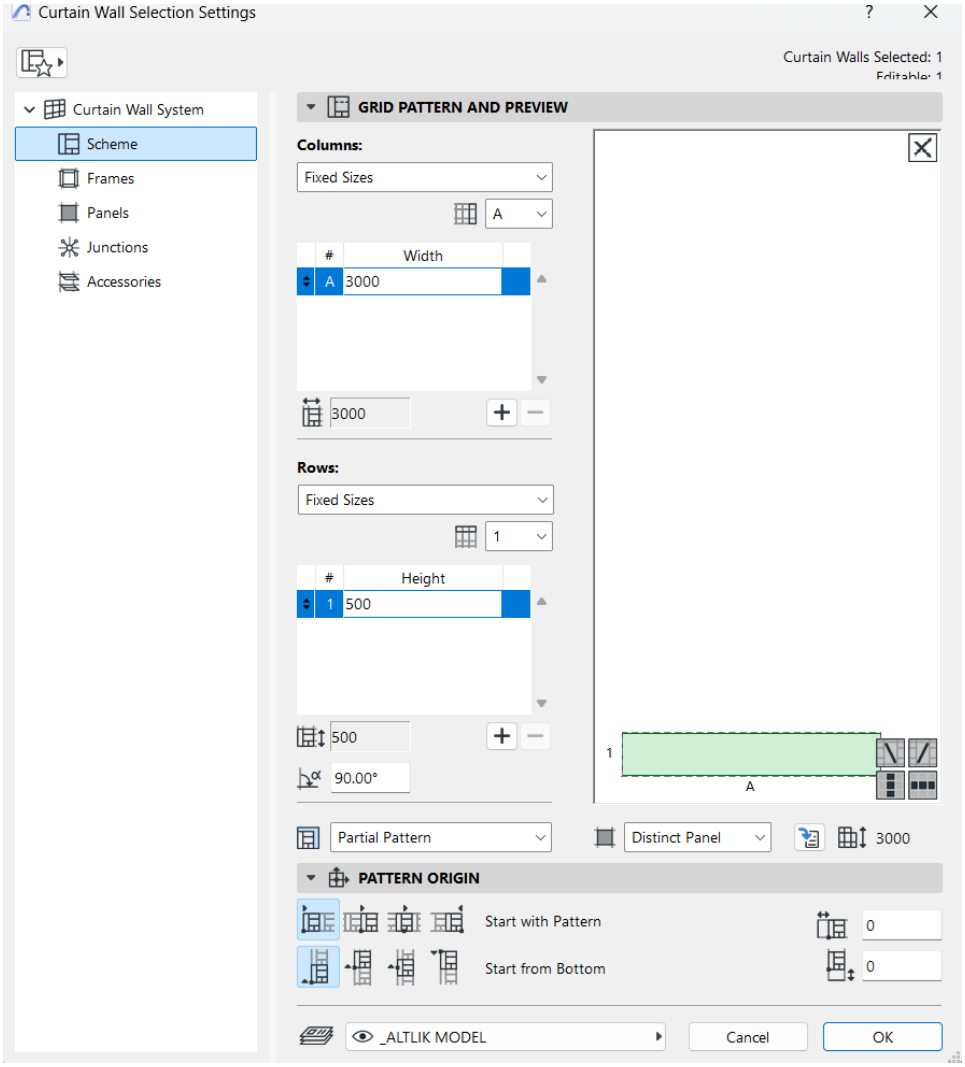
Tablo 4.1: HCS bileşenleri ve değişken grupları tablosu.

Yatay Profiller ve Bağlantı Elemanları	Düşey Profiller ve Braketler	Kaplama Malzemesi
		
Grubu Etkileyen Değişkenler: • Profiller arası en fazla mesafe, • En fazla profil boyu • Profilin taşıyıcılık kapasitesi • Montaj yöntemi	Grubu Etkileyen Değişkenler: • Profiller arası en fazla mesafe, • En fazla profil boyu • Profilin taşıyıcılık kapasitesi • Montaj yöntemi • Isı yalıtım kalınlığı	Grubu Etkileyen Değişkenler: • Malzemenin Ebatları; Genişlik, yükseklik ve kalınlık. • Rjitliğine bağlı olarak en fazla montaj mesafesi • Montaj yöntemi

4.2.2. HCS Bileşen ve Değişkenlerinin Bilgisayar Ortamına Aktarılması

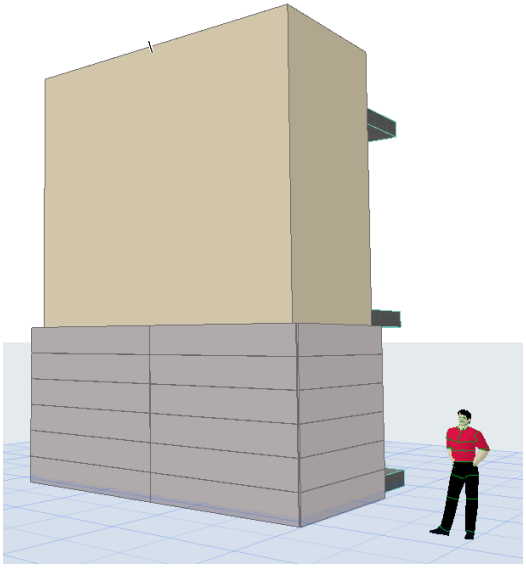
Öneri modelin ikici aşamasında; gruplandırılmış olan HCS bileşen ve değişkenleri bilgisayar ortamına aktarılmaktadır. Bilgilerin sisteme aktarımından önce gruplandırma yapılmış olması, aktarım sırasında ortaya çıkabilecek sorunların

önlenmesine olanak sağlamıştır. Aktarımlarda önceden belirlenen her bir grup için Archicad yazılımının giydirme cephe aracı üzerinden bir altyapı oluşturulmuştur **Şekil 4.22**. Bu altyapıda grupların değişkenleri de tanımlanmış ve değişkenlere dair bilgiler girilmiştir.



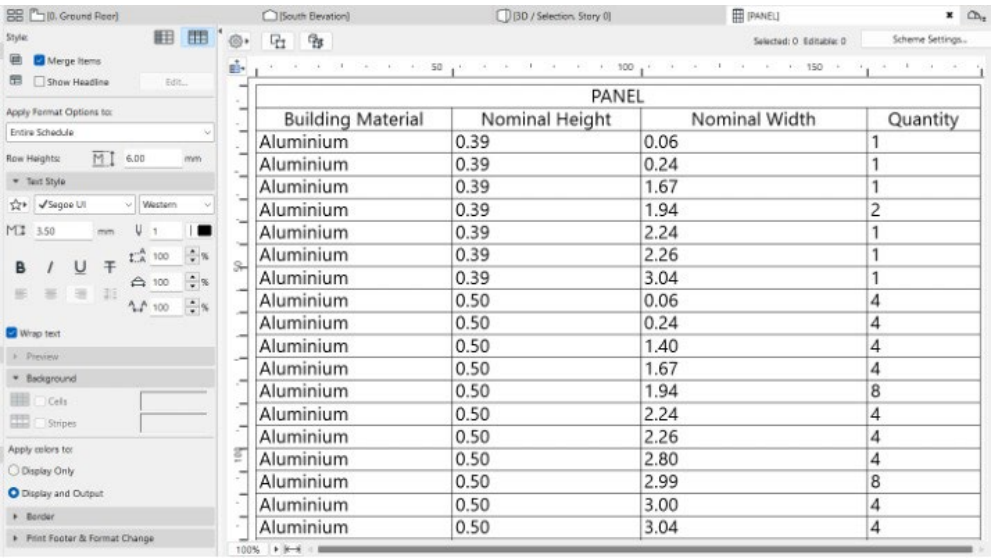
Şekil 4. 22: Parametrelerin Archicad giydirme cephe aracında tanımlanması.

Şekil 4.22'de kaplama malzemesi grubu değişkenlerinin bilgisayar ortamına aktarımı örneklenmiştir. Bu arayüz aracılığıyla malzemenin en fazla yüksekliği ve genişliği, kaplama panel boyu ve yüksekliği olarak girilip istenilen tasarıma göre şekillendirilmektedir. Bilgilerin girilmesinin ardından HCS modeli 3B olarak ortaya çıkmaktadır **Şekil 4.23**.



Şekil 4. 23: HCS panellerinin 3B görseli.

Yarı otomatik bir şekilde oluşturulan bu modelle, her bir HCS kaplama panelinin genişliği ve yüksekliği, hangi panelden hangi ölçülerde ve kaç adet bulunduğu, bu panellerden hangisinin hangi malzemeden üretildiği gibi çok sayıda bilgiye anında ulaşılabilmektedir **Şekil 4.24.**

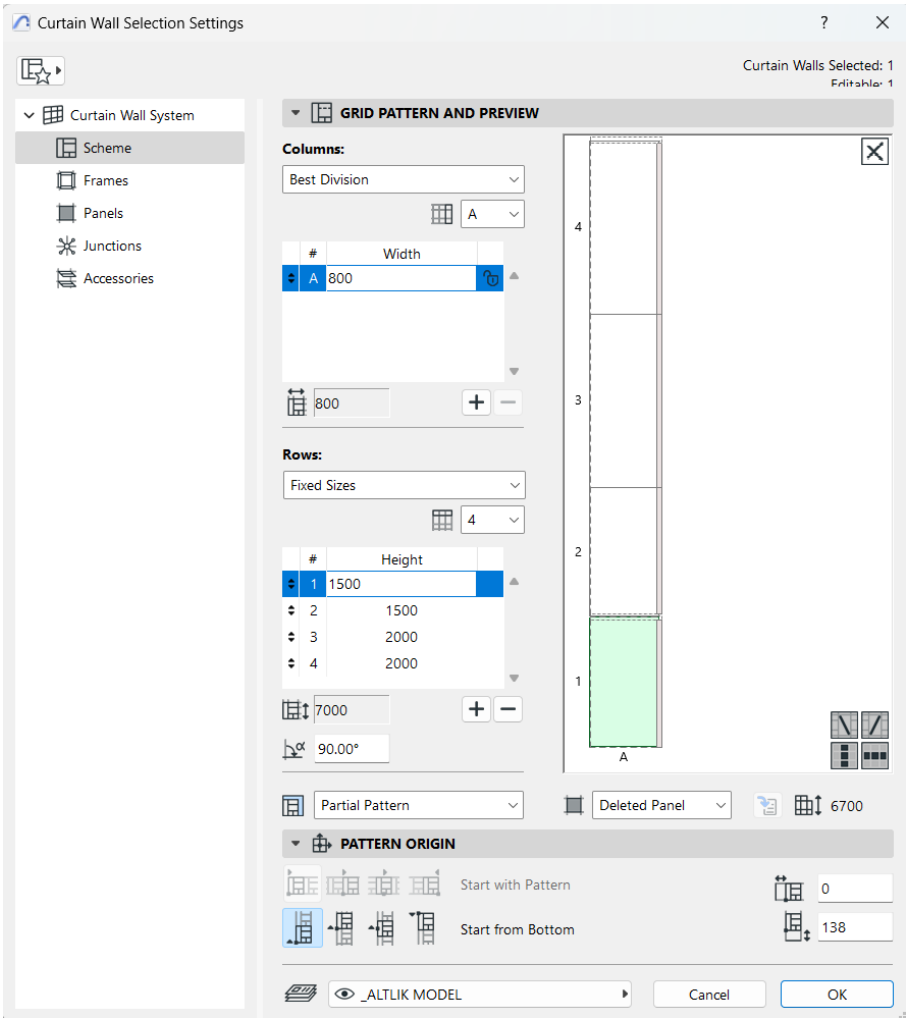


PANEL			
Building Material	Nominal Height	Nominal Width	Quantity
Aluminium	0.39	0.06	1
Aluminium	0.39	0.24	1
Aluminium	0.39	1.67	1
Aluminium	0.39	1.94	2
Aluminium	0.39	2.24	1
Aluminium	0.39	2.26	1
Aluminium	0.39	3.04	1
Aluminium	0.50	0.06	4
Aluminium	0.50	0.24	4
Aluminium	0.50	1.40	4
Aluminium	0.50	1.67	4
Aluminium	0.50	1.94	8
Aluminium	0.50	2.24	4
Aluminium	0.50	2.26	4
Aluminium	0.50	2.80	4
Aluminium	0.50	2.99	8
Aluminium	0.50	3.00	4
Aluminium	0.50	3.04	4

Şekil 4. 24: Oluşturulan model sonrası panel ölçülerinin tablosu.

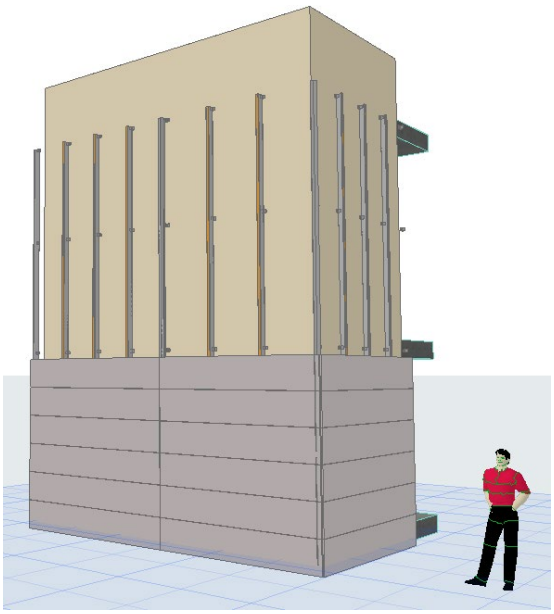
Şekil 4.25'te düşey profiller ve braketler grubu değişkenlerinin bilgisayar ortamına aktarımı örneklenmiştir. Bu arayüzde, kaplama malzemesi yerleştirilecek şekilde düşey profiller ile bu profillerin başlangıç ve bitiş noktalarında konumlanması istenen

braketlere yönelik değişkenler yer almaktadır. Panel genişliği olarak verilen değişken, hesaplardan gelen düşey profiller arası en fazla mesafe olarak girilmiştir. Panel boyu olarak gösterilen değişken ise bir düşey profilin bitip yeni bir düşey profilin başladığı mesafe olarak ele alınmıştır. Bu da arayüzde düşey profil boyu olarak tanımlanmıştır.



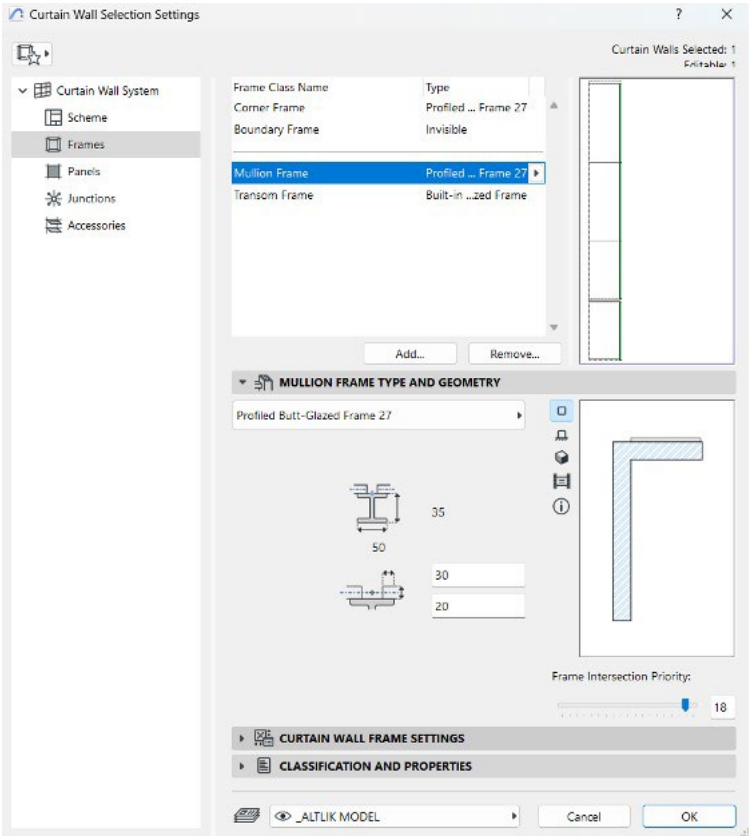
Şekil 4. 25: Düşey profil ve braketler değişkenleri arayüzü.

Değişkenlerin aktarımından Archicad giydirme cephe aracı kullanılarak modelde uygulama için bir HCS kaplama tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bu sırada; kaplama malzemesinin derzlerinin düşey profil derzleri ile çakışması açısından düşey profiller belirtilmelidir **Şekil 4.26.** Bununla birlikte, derzlerde farklı kaplama panelinin orta arka kısmında farklı profil kullanılması senaryosu da tanımlama sırasında gözetilmelidir.

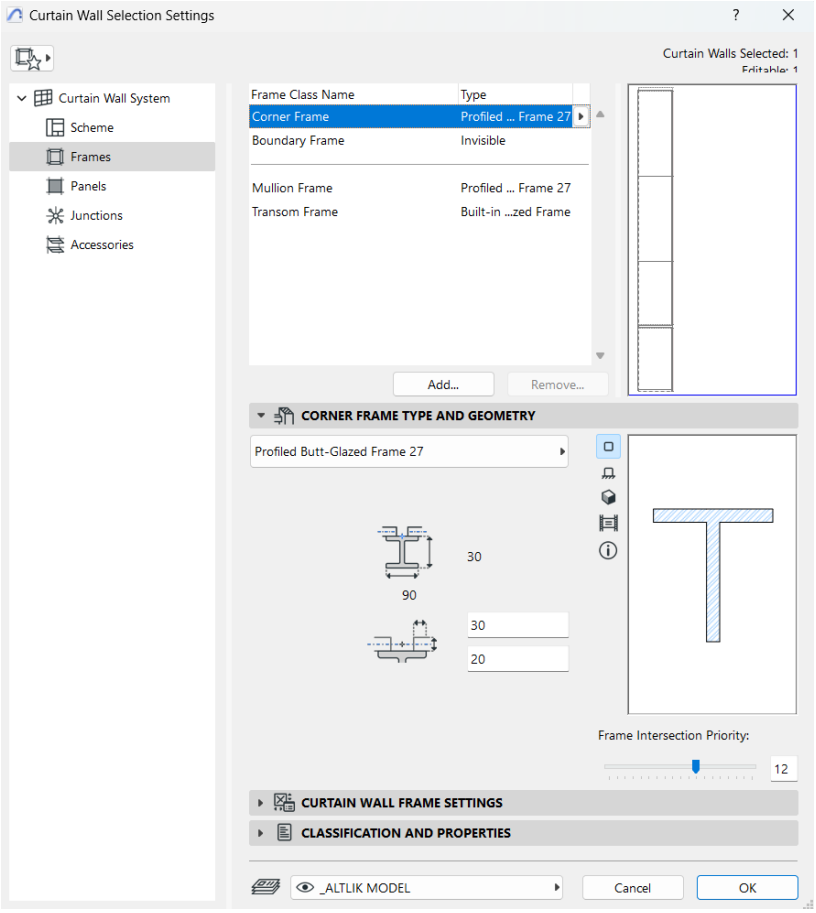


Şekil 4. 26: Düşey profillerin 3B görseli.

Derzlerde ve panel arkalarında kullanılan bu farklı profiller **Şekil 4.27'de** görüldüğü üzere giydirme cephe aracının profiller kısmında eklenmiştir. Bu arayüzde nerede hangi profilin kullanılacağı belirtilerek çözüm üretilmiştir **Şekil 4.28.**

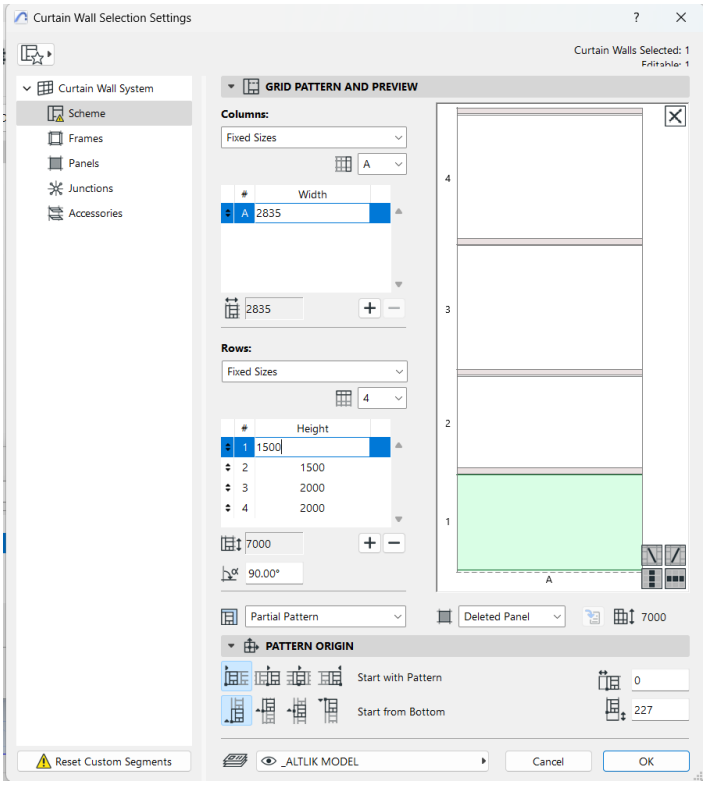


Şekil 4. 27: Düşey profil farklılıklarının giydirme cephe arayüzüne eklenmesi.

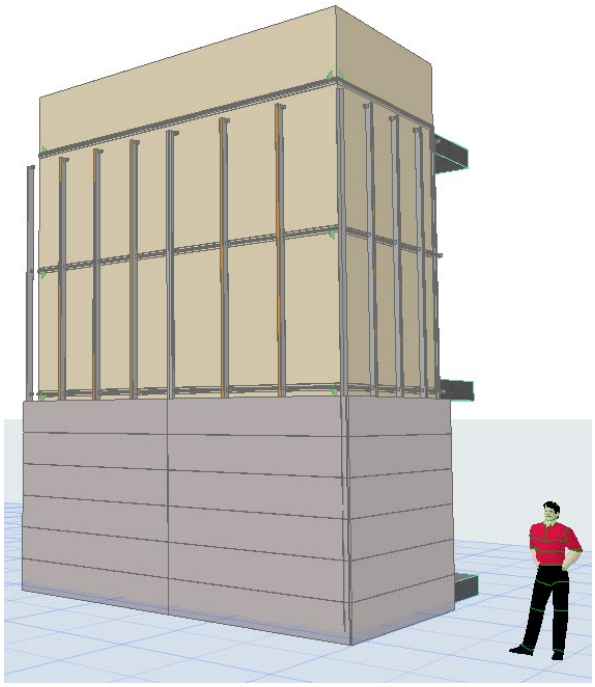


Şekil 4. 28: Düşey profil farklılıklarının giydirme cephe arayüzüne eklenmesi.

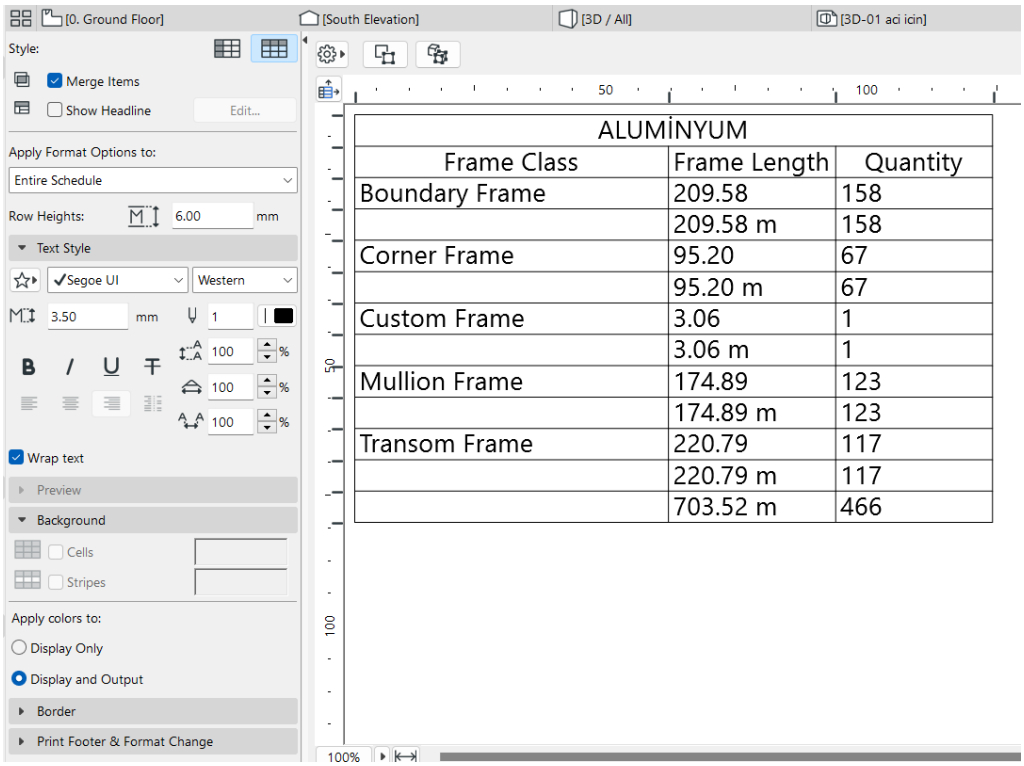
Şekil 4.29'da yatay profiller bağlantı elemanları grubu değişkenlerinin bilgisayar ortamına aktarımı örneklenmiştir. Bu arayüzde, kaplama malzemesi yerleştirilecek şekilde yatay profiller ile bu profillerin bağlantılarına yönelik değişkenler yer almaktadır. Ara yüzde yatay profilin boyu panelin genişliği ve yatay profiller arası mesafe panel boyu olarak tanımlanmıştır. Döşemeden döşemeye çalışan bu sistemde döşemeler arası mesafe panel yüksekliği olarak belirtilen kolonda ayarlanmıştır. Yatay profiller de sisteme tanımlandıktan sonra modeli oluşturulmuş ve havalandırmalı cephe sisteminin ana elemanları bilgisayar ortamında modellenmiş hale gelmiştir **Şekil 4.30.** Bu model ile hangi profilden hangi boyda kaç adet oldu bilgisine ulaşmak programla birlikte çok kısa sürede olanaklı kılınmıştır **Şekil 4.31.** Aynı zamanda profiller gibi hangi boydan kullanıldığının önemi olmayan, sadece kaç adet olduğu bilgisine ihtiyaç duyulan elemanların bilgilerine de bu yolla ulaşılabilmektedir **Şekil 4.32.**



Şekil 4. 29: Yatay profil ve bağlantı elemanları değişkenleri arayüzü.

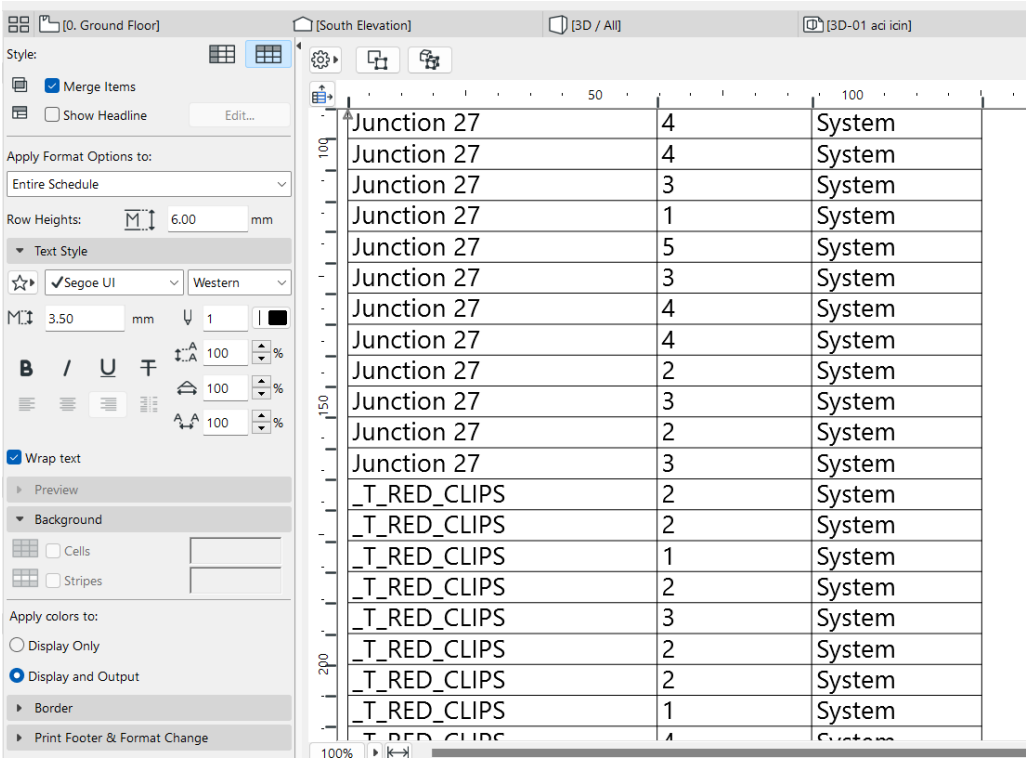


Şekil 4. 30: Yatay profillerin dahil olduğu 3B görsel.



ALUMİNYUM		
Frame Class	Frame Length	Quantity
Boundary Frame	209.58	158
	209.58 m	158
Corner Frame	95.20	67
	95.20 m	67
Custom Frame	3.06	1
	3.06 m	1
Mullion Frame	174.89	123
	174.89 m	123
Transom Frame	220.79	117
	220.79 m	117
	703.52 m	466

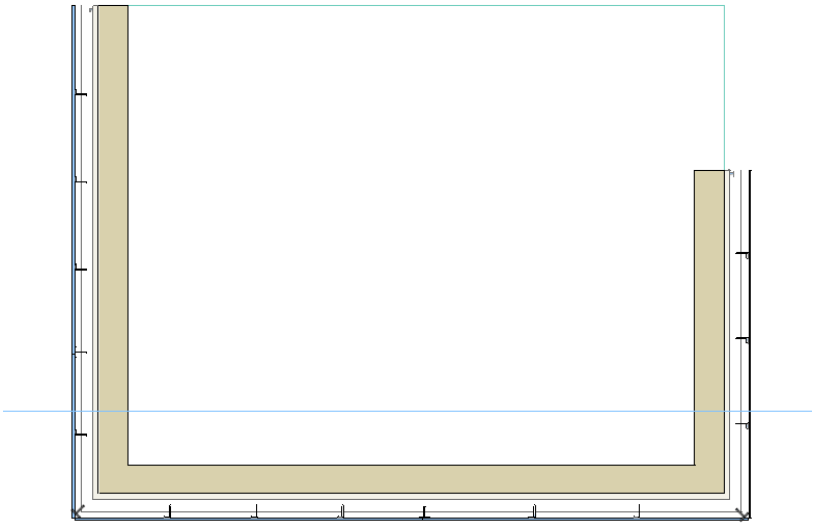
Şekil 4. 31: Profillerin malzeme listesi.



Junction 27	4	System
Junction 27	4	System
Junction 27	3	System
Junction 27	1	System
Junction 27	5	System
Junction 27	3	System
Junction 27	4	System
Junction 27	4	System
Junction 27	2	System
Junction 27	3	System
Junction 27	2	System
Junction 27	3	System
_T_RED_CLIPS	2	System
_T_RED_CLIPS	2	System
_T_RED_CLIPS	1	System
_T_RED_CLIPS	2	System
_T_RED_CLIPS	3	System
_T_RED_CLIPS	2	System
_T_RED_CLIPS	2	System
_T_RED_CLIPS	1	System

Şekil 4. 32: Braketlerin malzeme listesi.

Tez kapsamında HCS Uygulamalarına yönelik olarak önerilen BIM tabanlı bu model ile malzeme miktarı, adetleri ve özelliklerine dair bilgiler hızla edinilebilmektedir. Bunun yanı sıra, model aracılığı ile teknik çizim konusunda da otomatik bir şekilde plan kesit ve görünüş oluşturulabilmektedir. Araştırma amacıyla oluşturulan bu çözüm önerisinde, modelin plan kesit ve görünüşleri gelişime açıktır **Şekil 4.33.** Hızlı ve etkili bir biçimde oluşturulan bu model mimarın teknik çizimleri oluştururken zamandan tasarruf etmesini ve 3B model ile kesit ve görünüşlerde verilmeyen veya belirsiz olan alanların tanımlanmasını kolaylaştırabilmektedir.



Şekil 4. 33: Oluşturulan çözümün plan düzlemindeki karşılığı.

4.2.3. Sistem Bileşenlerinin GDL İle Modellenmesi ve Test Edilmesi

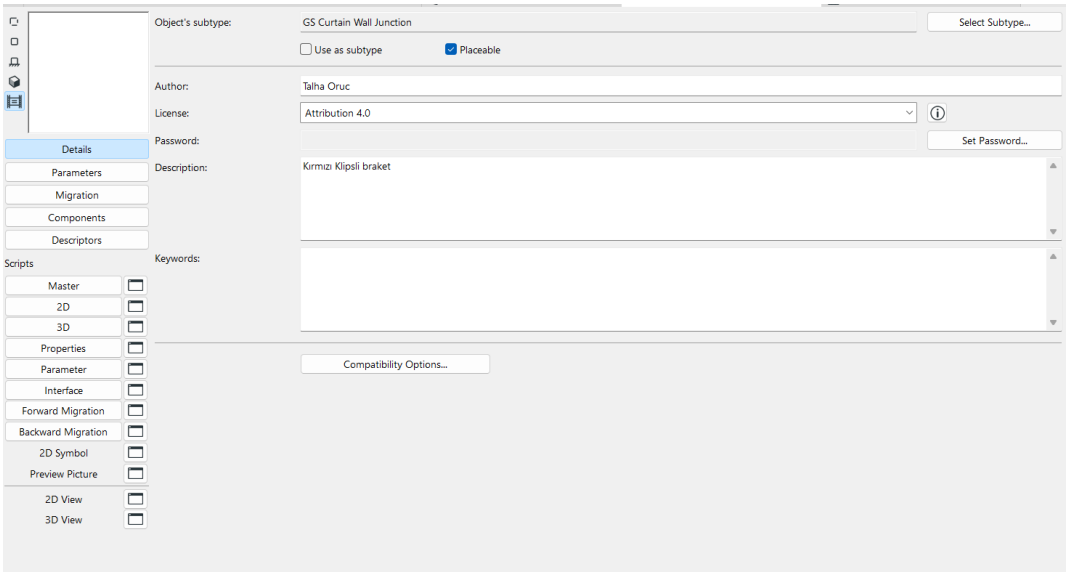
HCS bileşen ve elemanları bilgisayar ortamına aktarılırken GDL olarak da adlandırılan 'Geometrik tanımlama dili' kullanılmıştır. Bu dil, graphisoft ve Archicad tabanlı basit bir programlama dilidir. Kodlama içeren bu dil ile HCS braketlerine yönelik oluşturulmuş kodlar **Şekil 4.34**'te örneklenmiştir. Tez çalışmasında HCS sistemleri için önerilen modelin oluşturulmasında benzer kodlardan yararlanılmıştır. Oluşturulan kodlar Archicad giydirme cephe aracına eklenmiş ve HCS uygulamalarına özel bir model önerisi üretilmiştir.

Şekil 4.35'te HCS'de kullanılan braketin giydirme cephe alt elemanı olarak tanımlandığı görülmektedir. Üretilen bu eleman, içerdiği bilgiler ile statik, maliyet ve

metraj hesaplamalarında kolaylık sağlamaktadır. HCS için sistemin alt elemanı olarak tanımlanan braketin başka bir giydirme cephe elemanını tanımlamak üzere dönüştürülmesi mümkündür. GDL'lerin açık kaynaklı kodlar olmaları diğer tasarımcılarla paylaşımlara ve dönüşebilme esnekliğine olanak sağlamaktadır.

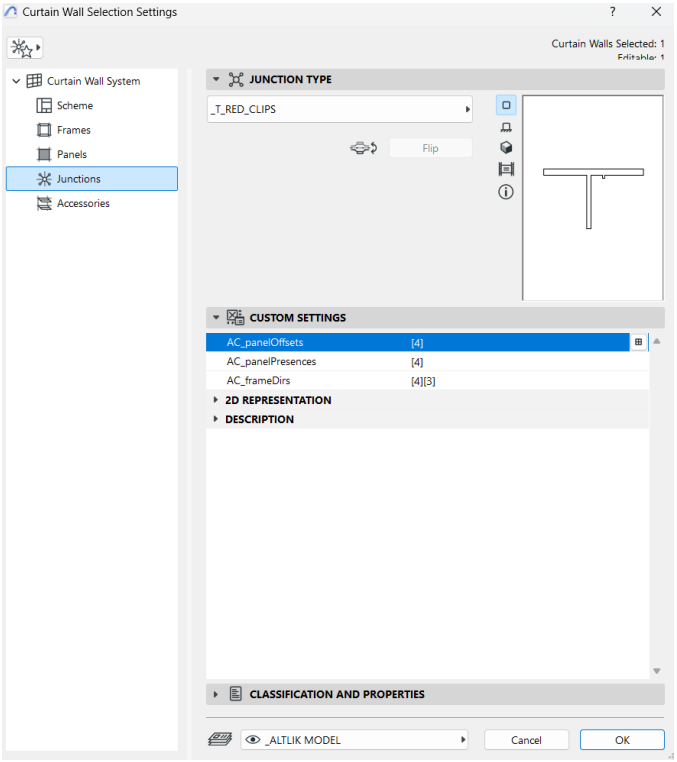
```
Check Script    Commands...

1   roty 90
2   rotz 90
3   addx -0.065
4       prism 12, 0.050,
5           0 , 0.057,
6           0 , 0.051,
7           0.037 , 0.051,
8           0.037 , 0.048,
9           0.039 , 0.048,
10          0.039 , 0.051,
11          0.050 , 0.051,
12          0.050 , 0,
13          0.054 , 0,
14          0.054 , 0.051,
15          0.095 , 0.051,
16          0.095 , 0.057 !end of counter
17
```

Şekil 4. 34: GDL ile braketin modellenmesi.



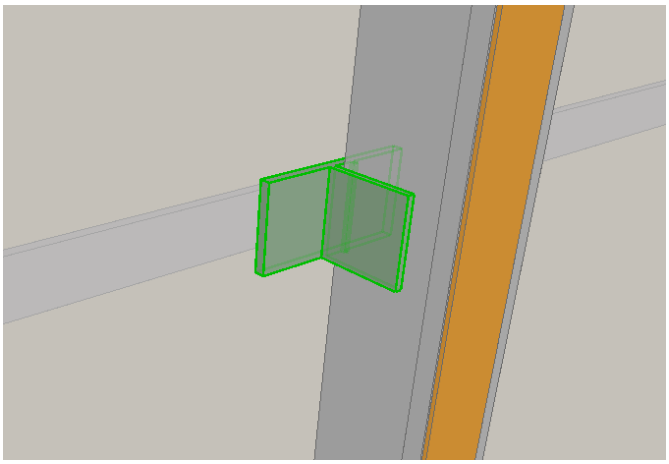
Şekil 4. 35: GDL ile oluşturulan braketin obje düzenleme arayüzü.

Oluşturulan braket objesi giydirme cephe aracı içerisinde **Şekil 4.36**'daki gibi görüntülenebilmektedir. GDL ile gerekli bilgiler ve tanımlamalar, açıklamalar ve özellikler eklenebilmektedir.



Şekil 4. 36: Braket obje arayüzü.

Şekil 4.37'de braket olarak tanımlanan sistem elemanı yeşil ile belirtilmiş obje olarak modelde görülebilmektedir.



Şekil 4. 37: Braketin 3B görseli.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Dış ve iç ortam arasında bir ara yüz olarak konumlanan cepheler, estetik ve işlevsel çeşitli gereksinimlerin karşılanmasında önemli bir görev üstlenmektedir. Yapı uygulamalarında; cephe kurgusu, tasarımı, malzeme seçimi ve cephe uygulamaları gibi başlıklar önem taşımaktadır. Günümüzde mevcut ve/ya da yeni yapılarda çeşitli cephe sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistemlerinden biri de havalandırmalı cephe sistemleridir.

Yapı uygulamaları genelinde ve yine cephe uygulamaları özelinde çok sayıda paydaş bir arada çalışmaktadır. Mevcut koşullarda Türkiye'de uygulama aşamalarının çoğunlukla 2B olarak yürütüldüğü görülmektedir. Bu durum, uygulama ve kullanım aşamalarında yapılacak ufak değişikliklerin güncellenmesi söz konusu olduğunda maliyet artışı ve zaman kaybı gibi çeşitli problemlere yol açabilmektedir. Bu tür problemlerin engellenmesi ya da azaltılması konusunda günümüz teknolojilerinden yararlanılmasının yarar sağlayacağı düşünülmektedir. Özellikle cephe gibi karmaşık ve çok boyutlu bir yapıı elemanının uygulanması aşamasında, teknoloji desteğine ve mevcut teknoloji araçlarının geliştirilmesine gereksinim fazladır.

Son yıllarda AECO (Mimarlık, Mühendislik, İnşaat ve Operasyonlar) sektörlerinde, Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) teknolojilerinin kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Türkiye'deki sektörlerin BIM kullanımı açısından geçiş aşamasında olduğu bilinmektedir. Bu anlamda, BIM teknolojilerinin cephe sistemleri uygulamalarına dahil edilmesinin hem ülke açısından hem de sektör paydaşları açısından olumlu katkılar sunabileceği düşünülmektedir.

Literatürde yapılan araştırmalar ve sektörde yer alan firmalarla yapılan görüşmelerde de karşılaşıldığı üzere özellikle havalandırmalı cephe sistemlerinde daha detaylı teknolojik çözümlere gereksinim olduğu belirlenmiştir. Bu anlamda, mevcut dijital çözümlerin çoğunlukla 2B üretilmesi, var olan 3B obje ve modellerin kullanım kolaylığının bulunmaması, değişken kriterlerle yeterince uyumlu ve esnek olmaması gibi olumsuz yönleri bulunmaktadır. Dolayısıyla, çalışma kapsamında havalandırmalı cephe sistemi (HCS) uygulamalarına yönelik BIM tabanlı bir çözüm önerisi geliştirilmiştir. Çözüm önerisinin oluşturulmasında, mevcuttaki BIM tabanlı giydirme

cephe objesinden yola çıkılmıştır. Yapılan tez çalışması sonunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Literatürde HCS'ne yönelik yazılı kaynaklar çoğunlukla firma katalogları ile sınırlıdır.
- HCS uygulamalarına özel olarak kullanılan bir 3B obje ve model ile karşılaşılamamıştır.
- HCS uygulamalarında mevcutta kullanılan obje ve modeller, uygulamalar için gerekli görülen güncellemeler için yeterince hızlı ve esnek değildir.
- Mevcut obje ve modeller, HCS uygulamalarında özellikle malzeme hesabı yapabilme açısından yeterli değildir.
- Güncellemeler konusunda hızlı ve esnek, malzeme hesabı yapabilen obje ve araçların geliştirilmesinde BIM tabanlı yazılımların kullanılması, üretilecek çözümlerin uzun ömürlü olması açısından önemlidir.
- Uzun ömürlü çözümler için BIM tabanlı Archicad, girdirme cephe objesi ve GDL (geometrik tanımlama dili) gibi yeni teknolojilerden yararlanılabilmektedir.
- BIM tabanlı çözüm üretirken gereksinimlerin iyi belirlenmesi ve sınıflandırılması önem taşımaktadır.
- Çalışma kapsamında üretilen öneri küçük ölçeklidir ve böyle bir gereksinimin karşılanıp karşılanamayacağı bu yolla test edilmiştir.
- Üretilen çözümün açık kaynaklı olarak oluşturulabilmesi, gelecekte yapılacak güncelleme ve gereksinimler açısından kullanılabilir ve yaygınlaştırılabilir özellikler taşımasına olanak sağlayabilecektir.
- Çözümün bu yönü, yapı üretiminin farklı aşamalarında farklı kullanıcıların gereksinimlerine cevap verebilir özellikte olmasını olanaklı kılmaktadır.
- Üretilen çözüm önerisinin tasarım ve uygulama aşamaları son ürünlerinin tutarlılığını artırması olasıdır.
- Benzer şekilde, çözüm önerisinin özellikle uygulamada ortaya çıkabilecek hata oranını azaltması olasıdır.
- Bahsedilen olasılıkların son ürün kalitesini artırması da söz konusu olabilecektir.
- Öneri modelde, değişkenler kolaylıkla güncellenebilmektedir. Bu yolla, metraj ve çizimler hızla güncel haline ulaşabilmektedir.

- Öneri model HCS uygulama maliyetini azaltıcı bir etkiye sahiptir.

İlk aşamada HCS uygulamalarında yer alan paydaşların kullanabileceği bu öneri modelin geliştirilmesiyle, model sektörde yer alan başka paydaşlar için de yararlı olabilir. Bu açıdan konuyla ilgili gelecek çalışmalarda aşağıdaki konular önerilmektedir:

- HCS uygulamalarındaki girdilerin (malzeme, bileşen, iş gücü gibi) daha kapsamlı bir şekilde ele alınarak detaylandırılması ve bu bağlamda sistematize edilmesi,
- HCS uygulama süreçlerinin ve sınırlılıklarının iyi belirlenmesi,
- HCS performansını etkileyen gereksinimlerin daha kapsamlı ele alınması ve belirlenmesi,
- Tüm bunlardan yola çıkarak kapsamlı BIM tabanlı bir obje/model üretilmesi,
- Obje/modelin gerçek uygulamalarda test edilmesi ve
- Obje/modelin yaygınlaştırılmasına yönelik adımlar atılması.

KAYNAKLAR

[1] Oruc T., Havalandırmalı cephe sistemleri ve kullanılan teknolojiler üzerine görüşme, in: S. S. Bayram (Ed.)^(Eds.), 2024, pp.

[2] Oruc T., Havalandırmalı cephe sistemleri uygulama detayları, in: Y. Karakütük (Ed.)^(Eds.), 2024, pp.

[3] Saban M., (2021), "Alüminyum giydirme cephe sistemlerinin tasarım ve üretim süreçlerinde cephe-taşıyıcı sistem ilişkisi bakımından karşılaşılan mimari sorunlar", ÇANKAYA ÜNİVERSİTESİ.

[4] Kocaman G. Y., (2019), "Dünya'da ve Türkiye'de giydirme cephe sistemlerinde kullanılan standartlar ve deneysel kontrol yöntemleri", Bursa Uludag University (Turkey).

[5] Oruc T., Havalandırmalı Cephe sistemlerinde BIM çözümleri, in: F. C. Çetinkaya (Ed.)^(Eds.), 2024, pp.

[6] Oruc T., Havalandırmalı Cephe sistemleri üzerine BIM çözümleri, in: S. Selvi (Ed.)^(Eds.), 2024, pp.

[7] Çalışkan M., Korkmaz E., (2023), "Havalandırmalı Giydirme Cephe (Rainscreen) Sistemlerinde Yangın Yayılımının Deneysel Çalışmalar ve Gerçek Olaylar Üzerinden Karşılaştırılması", Kent Akademisi, 16 (1), 632-661.

[8] Karanfil B., (2022), "Mekanik olarak tespit edilen cephe sistemlerinin Türkiye'deki mevcut durumu ve değerlendirilmesi", İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ.

[9] Summers J., (2019), https://qcfacades.com/understanding-history-and-purpose-of-rainscreen-cladding/, (Erişim Tarihi: 06/04/2024).

[10] Manioğlu G., Oral G. K., (2010), "Ekolojik yaklaşımda iklimle dengeli cephe tasarımı. 5", Ulusal Çatı Cephe Sempozyumu, 15-16.

[11] Gündoğdu E., (2020), "Cephe sistemlerinin enerji etkinliği üzerine biyomimetik bir değerlendirme", NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ.

[12] Hasol D., (2014), "Ansiklopedik mimarlık sözlüğü (13. Baskı)", İstanbul: Yem Yayın.

[13] ALEMDAĞ E. L., AYDIN Ö., Hastanelerde Cam Giydirme Cephe Sistemlerinin Konfor Koşullarına Etkisi in: (Ed.)^(Eds.) X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İZMİR, 2011, pp. 485-498.

[14] Örkmez A. S., (2012), "Çift Kabuk Cephe Sistemlerinde Isıl Konforun Değerlendirilmesi", İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ.

[15] Rowland I. D., Howe T. N., (2001), "Vitruvius:'Ten books on architecture'", Edition, Cambridge University Press.

[16] LONGWORTH J., (2023), https://www.delcampe.net/fr/collections/cartes-postales/grece/greece-athens-the-parthenon-from-the-northwest-1824423078.html, (Erişim Tarihi.

[17] Jordan A. A., Marquardt J. T., (2009), "Medieval art and architecture after the Middle Ages", Edition, Cambridge Scholars Publishing.

[18] Argenberg V., (2006), https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pisa_Cathedral_and_Pisa_Tower,_Campo_dei_Miracoli_(Field_of_Miracles),_Pisa,_Italy.jpg, (Erişim Tarihi: 10/05/2024).

[19] Frankl P., Crossley P., (2000), "Gothic architecture", Edition, Yale University Press.

[20] Makai Z., (2011), https://www.nationalgeographic.com/travel/article/germanys-gothic-masterpiece-cologne-cathedral, (Erişim Tarihi.

[21] Burckhardt J., (1987), "The architecture of the Italian Renaissance", Edition, University of Chicago Press.

[22] Colac S., (2023), https://www.theguardian.com/world/2023/apr/25/italian-tourism-video-mocked-for-using-footage-of-slovenia, (Erişim Tarihi.

[23] Bernini G. L., Gessner A., (1981), "Giovanni Lorenzo Bernini", Edition, Henschelverlag.

[24] (2024), https://en.wikipedia.org/wiki/Schönbrunn_Palace, (Erişim Tarihi.

[25] Walch P., hugh honour, Neo-Classicism: New York, Penguin Books, 1969. Pp. 221; 109 ills. $2.95, in: (Ed.)^(Eds.), Taylor & Francis, 1970, pp.

[26] Lubomirski S. H., (2014), https://www.keim.com/es-es/referencias/lazienki-palast/, (Erişim Tarihi.

[27] Elliott B., Windover M., (2019), "The Routledge Companion to Art Deco", Edition, Routledge.

[28] Delso D., (2012), https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Estación_central_de_FF.CC._de_Helsinki,_Finlandia,_2012-08-14,_DD_08.JPG, (Erişim Tarihi.

[29] Greenhalgh P., (2000), "Art nouveau 1890-1914", Magazine antiques.

[30] (2024), https://www.barcelona-life.com/casa-mila, (Erişim Tarihi.

[31] Tournikiotis P., (2001), "The historiography of modern architecture", Edition, Mit Press.

[32] Sisson P., (2019), https://archive.curbed.com/2019/7/7/20681615/frank-lloyd-wright-unesco-world-heritage-guggenheim-fallingwater, (Erişim Tarihi.

[33] Jencks C., EDITION R. E., (1995), "The Language of Post-Modern Architecture", Rhétorique et image: textes en hommage à A. Kibédi Varga (98), 36.

[34] (2024), https://www.amazingczechia.com/sights/dancing-house-prague/, (Erişim Tarihi.

[35] Schumacher P., (2016), "Parametricism 2.0: Rethinking architecture's agenda for the 21st century", Edition, John Wiley & Sons.

[36] madsen d., (2013), https://www.architectmagazine.com/project-gallery/heydar-aliyev-cultural-center-3275, (Erişim Tarihi.

[37] Çilingiroğlu A. M., (2007), "Modern Cephe Sistemleri ve Malzemeleri", Edition, Literatür Yayıncılık.

[38] (2024), https://www.welshslate.com/exteriors/rainscreen-cladding/, (Erişim Tarihi.

[39] (2024), https://www.stonewrap.com/en/for-professionals/application, (Erişim Tarihi: 2024).

[40] co r. T., (2022), https://resawntimberco.com/what-are-rain-screen-cladding-systems/, (Erişim Tarihi.

[41] unar, (2024), http://www.unar.com/index.asp?islem=33, (Erişim Tarihi.

[42] Ltd S., (2024), https://www.barbourproductsearch.info/stoventec-glass-prod1268542.html, (Erişim Tarihi.

[43] Tavsiyeler H., (2021), https://tavsiyeler.info/bina/naat-malzemeleri/havalandrmal-cephe-sistem-turleri-ozellikler.html, (Erişim Tarihi: 15/04/2024).

[44] (2023), https://tellingrainscreens.co.uk/history-of-rainscreen-cladding/, (Erişim Tarihi: 06/04/2024).

[45] (2020), https://riksantikvaren.no/en/world-heritage/urnes-stave-church/#close%20title=, (Erişim Tarihi: 15/04/2024).

[46] Facades E. F., (2019), https://issuu.com/ecofriendlyfacades/docs/eco_friendly_facades_brochure, (Erişim Tarihi.

[47] (2021), https://www.sto.com.tr/tr/urunler/dis-cephe/havalandirmali-giydirme-cephe/stoventec.html, (Erişim Tarihi.

[48] Vers, Ventilated-Facades-Design-and-Installation-Manual, in: (Ed.)^(Eds.), 2020, pp.

[49] Sezer F. Ş., (2005), "TÜRKİYE'DE METAL ÇERÇEVELİ CAM GİYDİRME CEPHE SİSTEMLERİNE UYGULANAN ULUSLARARASI STANDARTLAR VE DENEYSEL KONTROL YÖNTEMLERİNİN ÖRNEK BİR ÇALIŞMA İLE İNCELENMESİ", Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi, 20 (2), 75-86.

[50] PRODEMA P., (2024), https://parklexprodema.com/usa/magazine/ventilated-facades-international-standards-and-regulations/, (Erişim Tarihi.

[51] (2020), https://santiyegunlugu.xyz/havalandirmali-giydirme-cephe-sistemleri/, (Erişim Tarihi: 11/04/2024).

[52] (2023), https://www.cupapizarras.com/int/news/what-is-rainscreen-cladding-advantages, (Erişim Tarihi: 02/04/2024).

[53] (2023), https://www.cupapizarras.com/int/news/what-is-rainscreen-cladding-advantages/, (Erişim Tarihi: 20/04/2024).

[54] Danpal, (2023), https://danpal.com/what-is-a-rainscreen-cladding-system/, (Erişim Tarihi: 2024).

[55] knightwallsystems, (2024), https://knightwallsystems.com/what-is-a-rainscreen/, (Erişim Tarihi.

[56] MAPLE, (2023), https://maplefacades.co.uk/knowledge/what-is-rainscreen-cladding-and-how-does-it-work, (Erişim Tarihi.

[57] Pérez-Fenoy J., Rivera-Gómez C., Roa-Fernández J., Galán-Marín C., (2023), "Full-Scale Assessment of Seismic and Wind Load Performance in the Design of a Flexible Solar-Shading Double-Skin Façade", Buildings, 13 (12), 2945.

[58] Kragh M. (2002), "Mechanically ventilated double skin façades". "Advances in Building Technology", Elsevier.

[59] Vaughn M., (2016), "ASHRAE Research Report", ASHRAE Journal, 58 (10), 81-91.

[60] Paralı D., (2009), "Bina duvarlarında uygulanan ısı yalıtım sistemlerinin incelenmesi", Sakarya Universitesi (Turkey).

[61] Yapıcı E., (2023), "Işık geçirgen cephe sistemlerinde oluşan yapı fiziği sorunlarının incelenmesi Mersin örneği", Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

[62] Long M., (2005), "Architectural acoustics", Edition, Elsevier.

[63] Mazzucchelli E. S., Rigone P., De la Fuente B. J., Giussani P., (2020), "Fire Safety Façade Design and Modelling", Journal of Facade Design and Engineering, 8 (1), 21-42.

[64] Bowes J., (2020), "Birds and the Built Environment: The Impacts of Architecture, Structures, and Green Spaces on Avian Populations in the United States", Edition, University of Washington.

[65] Knaack U., Klein T., Bilow M., Auer T., (2014), "Façades: principles of construction", Edition, Birkhäuser.

[66] Laminam, Dış Cepheler için Teknik Kılavuz, in: (Ed.)^(Eds.), 2021, pp.

[67] Guardex, Havalandirmali Cephe Sistemi, in: (Ed.)^(Eds.), 2022, pp.

[68] Delta, (2023), https://www.doerken.com/tr/tr/ueruenlerimiz/kapali-derzil-cepheler, (Erişim Tarihi.

[69] A.Ş. A. A. S. V. T., (2023), https://www.alusanaluminyum.com/sistemler/kompakt-laminat-cephe-sistemleri/yapistirma-sistem, (Erişim Tarihi.

[70] Sanayi A. M., (2024), https://www.agsmetal.com/tr/sistemler-kapali-derz-yapistirma-sistem-seramik-cephe-sistemleri-19.html#, (Erişim Tarihi.

[71] Metin B., (2010), "Cephe kaplama sistemlerinin uygulama süreçlerinin çevresel sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi", İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ.

[72] DuPont, (2024), https://www.dupont.com.tr/building/tyvek-rainscreen-cladding-systems.html, (Erişim Tarihi.

[73] METAL A., AGS 14 sinterflexklipslisistemkatalog REV, in: (Ed.)^(Eds.), 2024, pp.

[74] cottodeste, CDE-manual-ventilated-facades-2022, in: (Ed.)^(Eds.), 2022, pp.

[75] ALUCOBOND, (2024), https://www.bimobject.com/en/alucobond/product/alucobond-hooked-on-bolts, (Erişim Tarihi: 06/02/2024).

[76] Laminam, (2024), https://www.bimobject.com/en/laminam/product/ceramic-slab-frame-system, (Erişim Tarihi: 13/05/2024).

[77] Laminam, (2024), https://www.bimobject.com/en/laminam/product/ceramic-slab-kerf-system, (Erişim Tarihi: 15/05/2024).

[78] Laminam, (2024), https://dezyncle.com/en/products/view/filo-brina, (Erişim Tarihi.

[79] Laminam, (2021), https://www.laminam.com/usa/en/news/laminams-experience-recapped-in-3-technical-handbooks-dedicated-to-architecture-interior-design-and-furnishings/, (Erişim Tarihi.

[80] EllisDon, (2018), https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:6435920226423971840/, (Erişim Tarihi.

[81] Oruc T., Kişisel Arşiv, in: (Ed.)^(Eds.), 2024, pp.

[82] Oruc T., Havalandırmalı Cephe Sistemlerinin Üretim, Planlama, Lojistik ve Uygulama aşamaları üzerine bir görüşme, in: Ö. Öztürk (Ed.)^(Eds.), 2024, pp.

[83] Koyaz M., (2016), "Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme Seçimi Aracı (Yetmsa)", Fen Bilimleri Enstitüsü.

[84] Oruc T., Havalandırmalı Cephe Sistemlerinin Proje çizimleri ve malzeme hesabı üzerine bir görüşme, in: B. Ş. Yücel, Özge (Ed.)^(Eds.), 2024, pp.

[85] sthetics, CLADDING SYSTEM 2/ TECHNICAL CATALOGUE, in: S. b. e. systems (Ed.)^(Eds.), 2024, pp. 3-12.

[86] Conforti F., (1998), "MicroStation for AutoCAD Users: A Bi-directional Handbook", Edition, International Thomson Publishing.

[87] https://bilda.net/large-format-fixing-method/, (Erişim Tarihi: 15/04/2024).

[88] Uygun V., (2012), "Sürdürülebilir mimarlık bağlamında enerji etkin cephe sistemlerinin incelenmesi (Yurt içi ve yurt dışı örneklerle)", HALİÇ ÜNİVERSİTESİ.

[89] EJOT, Catalogue Building Fasteners, in: EJOT (Ed.)^(Eds.), 2023, pp.

[90] sthetics, CLADDING SYSTEM 1/ TECHNICAL CATALOGUE, in: S. b. e. systems (Ed.)^(Eds.), 2024, pp. 6-15.

[91] ecocladding, Alpha Vci.45 System, in: (Ed.)^(Eds.), 2016, pp. 1.

[92] finixia, (2024), https://www.finixia.com/exterior-compact-laminate/, (Erişim Tarihi: 11/04/2024).

[93] Kay K., (2024), https://www.walcousa.com/blog/exterior-wall-cladding-panels, (Erişim Tarihi: 11/04/2024).

[94] heronbuild, (2024), https://heronbuild.ca/product/ceramic-panel/, (Erişim Tarihi: 11/04/2024).

[95] Plastics C., (2024), https://canada-plastics.com/aluminium-composite-panels/benefits-of-aluminum-composite-panels-for-wall-cladding/, (Erişim Tarihi: 11/04/2024).

[96] kingklinker, (2024), https://kingklinker.com/en/technical-information/principles-for-laying-clinker-brick-slips, (Erişim Tarihi: 11/04/2024).

[97] woodplank, (2024), https://woodplank.ca/products/cladding, (Erişim Tarihi: 11/04/2024).

[98] STRATA, (2024), https://thesurfaceshop.com/natural-stone-veneer/applications/exteriors/, (Erişim Tarihi: 10/04/2024).

[99] Eastman C. M., (2011), "BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors", Edition, John Wiley & Sons.

[100] Kymmell W., (2008), "Building Information Modeling: Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations. McGraw Hill Professional.", Edition.

[101] Rui Y., Yaik-Wah L., Siang T. C., (2021), "Construction project management based on building information modeling (Bim)", Civil Engineering and Architecture, 9 (6), 2055-2061.

[102] João Ribeirinho M., Mischke J., Strube G., Sjödin E., Luis J., (2020), "The next normal in construction".

[103] Ganesh S., (2021), "BIM - THE BACKBONE OF THE DIGITAL STRATEGY".

[104] Ghasemi A., (2024), "Building Information Modeling (BIM) in Construction Projects".

[105] Raut S., Valunjkar S., (2017), "Improve the productivity of building project using building information modelling (BIM) based 4d simulation model", Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol, 5 (4), 53-61.

[106] Hardin B., McCool D., (2015), "BIM and construction management: proven tools, methods, and workflows", Edition, John Wiley & Sons.

[107] Coordination B., (2021), https://www.bimcoordination.com/BIM-coordination-softwares.html, (Erişim Tarihi.

[108] Azhar S., (2011), "Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry", Leadership and management in engineering, 11 (3), 241-252.

[109] Volk R., Stengel J., Schultmann F., (2014), "Building Information Modeling (BIM) for existing buildings—Literature review and future needs", Automation in construction, 38, 109-127.

[110] Dzambazova T., Demchak G., Krygiel E., (2008), "Mastering Revit Architecture 2009", Edition, John Wiley & Sons.

[111] (2024), https://www.bimobject.com/en/search?fullText=ventilated%20facade&sort=trending&page=1, (Erişim Tarihi: 16/05/2024).

[112] Aluprof, (2024), https://www.bimobject.com/en/aluprof/product/extrabond-ventilated-facade, (Erişim Tarihi: 15/05/2024).

[113] RHEINZINK, (2024), https://www.bimobject.com/en/rheinzink/product/rzk010002, (Erişim Tarihi: 15/05/2024).

ÖZGEÇMİŞ

Talha ORUÇ, mimarlık eğitimini Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesinde İngilizce olarak 2020 yılında tamamlamıştır. Mezuniyetinden sonra Almanya' da stajyer mimar olarak çalıştıktan sonra 2021 yılında Gebze Teknik Üniversitesinde Mimarlık Yüksek Lisans programına ve yine aynı yılda özel bir firmada mimar olarak çalışmaya başlamıştır. 2024 Temmuz ayından itibaren Toronto'da özel bir cephe firmasında Proje Yöneticisi olarak çalışmaktadır.

TEZ ÇALIŞMASI KAPSAMINDA YAPILAN YAYINLAR

Oruç, T. Güzelçoban Mayuk, S., "Havalandırmalı Cephe Sistemi Uygulamalarına Yönelik BIM Tabanlı Bir Model Önerisi", *8. GTÜ Lisansüstü Araştırmalar Sempozyumu,* 30-31 Mayıs 2024 , Özet Bildiri.