



**CEPHE YANGIN GÜVENLİK ÖNLEMLERİ
VE MEVZUATLAR**

Muammer YAMAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HAZİRAN 2018

Muammer YAMAN tarafından hazırlanan “CEPHE YANGIN GÜVENLİK ÖNLEMLERİ VE MEVZUATLAR” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Mimarlık Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Füsun DEMİREL

Mimarlık Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Başkan: Prof. Dr. Ali İhsan ÜNAY

Mimarlık Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Üye: Doç. Dr. Arzuhan Burcu GÜLTEKİN

Arazi Geliştirme ve Proje Yönetimi Anabilim Dalı, Ankara Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Tez Savunma Tarihi: 11/06/2018

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Muammer YAMAN

11/06/2018

CEPHE YANGIN GÜVENLİK ÖNLEMLERİ VE MEVZUATLAR
(Yüksek Lisans Tezi)

Muammer YAMAN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2018

ÖZET

Cephe yangınları, bina kullanıcıları için can ve mal güvenliği açısından riskler oluşturmaktadır. Riskleri azaltarak cepheden beklenen yangın güvenlik performansının oluşturulmasına yönelik tasarım ve yapım aşamasında birtakım önlemlerin alınması gerekmektedir. Bu bağlamda, cephelerde yangın güvenlik önlemlerinin oluşturulmasına yönelik incelemeler yapılmış ve cephe yapım türleri üzerinden yangın dinamiği hakkında literatür araştırması yapılarak yangının yayılmasına neden olan etmenler ele alınmıştır. Pasif yangın güvenlik önlemleri cephe malzemeleri ve detaylar aracılığıyla incelenerek uygun çözüm önerileri getirilmiştir. Cephe yangın güvenlik önlemleri için ulusal ve uluslararası yangın mevzuatları cephe malzemeleri, yatay yangın bariyerleri, cephe açıklıkları, binalar arası mesafeler, dış duvar dayanım süreleri ve otomatik söndürme sistemleri üzerinden incelenmiştir. İnceleme sonucunda Ülkemiz yangın mevzuatı, Amerika Birleşik Devletleri, İngiltere, Singapur, Yeni Zelanda, Birleşik Arap Emirlikleri ve Avustralya yangın mevzuatları cephe yangın güvenlik önlemleri kapsamında analiz edilmiştir. Sonuç olarak; gelecekte bina cephe yangın risklerinin azaltılarak kullanıcıların can ve mal güvenliğinin oluşturulmasına yönelik değerlendirmeler yapılmış ve cephe yangın güvenlik önlemleri çerçevesinde ülkemiz yangın mevzuatında bulunan gerekliliklerin ele alınarak geliştirilmesi önerilmiştir.

Bilim Kodu : 80103

Anahtar Kelimeler : Cephelerde yangın güvenliği, yangının yayılması, mevzuat, cephe malzemeleri, cephe yapım sistemleri

Sayfa Adedi : 125

Danışman : Prof. Dr. Füsun DEMİREL

FIRE SAFETY PRECAUTIONS OF FACADE AND REGULATIONS

(M. Sc. Thesis)

Muammer YAMAN

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

June 2018

ABSTRACT

Facade fires pose risks to life and property safety for building users. A number of precautions must be taken during the design and construction phases to create the expected fire safety performance from the facades by reducing the risks. In this context, investigations have been carried out on the establishment of fire safety precautions on the facades and literature research at fire dynamics on the facade construction types has been carried out and the factors causing the fire spread have been discussed. By examining passive fire safety precautions with the facade materials and details, appropriate solution recommendations have been made. National and international fire regulations for facade fire safety precautions are examined through facade materials, horizontal fire barriers, facade openings, distance between buildings, external wall resistance and automatic extinguishing systems. As a result of the investigation, fire regulation in Turkey, United States of America, UK, Singapore, New Zealand, United Arab Emirates and Australia fire regulations have been analyzed under the scope of fire safety precautions. As a result, evaluations are made to reduce the risk of facade fires and to establish the life and property safety of building users for future and it is proposed to develop the requirements of fire regulations in our country within the framework of facade fire safety precautions.

Science Code : 80103

Key Words : Fire safety of facades, fire propagation, regulation, facade materials, facade construction systems

Page Number : 125

Supervisor : Prof. Dr. Füsün DEMİREL

TEŞEKKÜR

Tez çalışma sürecim boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren, sürecin yöntemli ve disiplinli ilerlemesini sağlayan değerli tez danışmanım Prof. Dr. Füsün DEMİREL'e öncelikle teşekkür ederim. Çalışma kapsamında desteklerini sürekli hissettiğim canım annem Cennet YAMAN'a ve canım babam Hüseyin YAMAN'a, her ihtiyacım olduğunda yanımda olan değerli ablalarım Gamze SERT ve Naciye YAMAN'a teşekkürlerimi borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
RESİMLERİN LİSTESİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. BİNA CEPHE YAPIM TÜRLERİ VE YANGIN.....	5
2.1. Cephe Yapım Türleri ve Yangın İlişkisi	8
2.1.1. Tek katmanlı cepheler ve yangın	9
2.1.2. Çift katmanlı cepheler ve yangın	12
2.1.3. Giydirme cepheler ve yangın	18
2.2.Cephelerde Sürdürülebilirlik ve Yangın İlişkisi.....	22
2.2.1. Dikey yeşil cepheler ve yangın	22
2.2.2. Fotovoltaik panelli cepheler ve yangın.....	26
3. CEPHELERDE YANGININ ORTAYA ÇIKMA VE YAYILMA NEDENLERİ	31
3.1. Binanın Konumu ve Binalar Arası Mesafeler	33
3.2. Bina Açıklık Oranları	37
3.3. Binanın Geometrik Formu	42
3.4. Cephe Katmanlaşması ve Baca Etkisi.....	47

	Sayfa
3.5. Dış Etmenler.....	52
4. CEPHE TASARIMI VE YANGIN GÜVENLİK ÖNLEMLERİ	57
4.1. Cephe Malzemeleri ve Yangın Güvenlik Önlemleri.....	57
4.2. Cephe Detayları ve Yangın Güvenlik Önlemleri	64
5. ULUSAL VE ULUSLARARASI YANGIN MEVZUATLARI ÇERÇEVESİNDE CEPHE YANGIN GÜVENLİK ÖNLEMLERİ	75
5.1. Türkiye Cumhuriyeti Yangın Mevzuatı	75
5.2. Amerika Birleşik Devletleri Yangın Mevzuatı.....	78
5.3. İngiltere Yangın Mevzuatı	83
5.4. Singapur Yangın Mevzuatı	87
5.5. Yeni Zelanda Yangın Mevzuatı.....	89
5.6. Birleşik Arap Emirlikleri Yangın Mevzuatı	93
5.7. Avustralya Yangın Mevzuatı.....	97
5.7. Ulusal ve Uluslararası Mevzuatların Analizi.....	100
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	107
KAYNAKLAR	111
ÖZGEÇMİŞ	125

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. 2000 yılından günümüze kadar olan süreçte cephe yangınları	7
Çizelge 2.2. Çift katmanlı cephelerde yangın riskleri.....	17
Çizelge 3.1. Yangının cephe üzerinden yayılma senaryoları.....	33
Çizelge 3.2. Pencere oranlarına göre alev ve ısı yayılımları.....	40
Çizelge 5.1. BYKHY kapsamında cephelerde malzeme kullanımı	76
Çizelge 5.2. NFPA 5000 kapsamında cephelerde köpük yalıtım malzeme kullanımı....	79
Çizelge 5.3. NFPA 5000 kapsamında cephelerde metal kompozit malzeme kullanımı .	80
Çizelge 5.4. NFPA 5000 kapsamında cephe açıklık yangına dayanım süreleri	82
Çizelge 5.5. NFPA 5000 kapsamında dış duvar yangın dayanım süreleri.....	83
Çizelge 5.6. Approved Document B kapsamında cephelerde malzeme kullanımı.....	84
Çizelge 5.7. Singapur mevzuatları kapsamında cephelerde malzeme kullanımı	87
Çizelge 5.8. Yeni Zelanda mevzuatları kapsamında cephelerde malzeme kullanımı.....	89
Çizelge 5.9. Yeni Zelanda mevzuatları kapsamında cephe açıklıklarının korunması	92
Çizelge 5.10. UAE Appendix A.1.21. kapsamında cephelerde metal kompozit malzeme kullanımı	93
Çizelge 5.11. UAE Appendix A.1.21. kapsamında tek katmanda mantolama sistem kullanımı	94
Çizelge 5.12. Avustralya mevzuatları kapsamında bina yangın risk sınıflandırması	98
Çizelge 5.13. Avustralya mevzuatları kapsamında A grubu risk sınıfında bulunan binalarda dış duvar yangın dayanım süreleri	100
Çizelge 5.14. Mevzuatların cephe malzemeleri yönünden analizi.....	101
Çizelge 5.15. Mevzuatların yatay yangın bariyerleri yönünden analizi	102
Çizelge 5.16. Mevzuatların cephe açıklıkları yönünden analizi	103
Çizelge 5.17. Mevzuatların binalar arası mesafeler yönünden analizi	104

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.18. Mevzuatların dış duvar dayanım süreleri yönünden analizi	105
Çizelge 5.19. Mevzuatların otomatik söndürme sistemleri yönünden analizi	106

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Tek katmanlı cephelerde yangının yayılması	9
Şekil 2.2. Tek katmanlı cephelerde fiziksel çevre kontrolü.....	10
Şekil 2.3. Çift katmanlı cephe kesiti	12
Şekil 2.4. Çift katmanlı cephelerde yangın dinamiği.....	13
Şekil 2.5. Çift katmanlı cephe türleri	13
Şekil 2.6. Çift katmanlı cephelerin bölümlenmesi ve hava akış şemaları a. Kutu tipi b. Şaft tipi c. Koridor tipi d. Çok katlı tipi	15
Şekil 2.7. Çift katmanlı cephelerde yangının yayılması	16
Şekil 3.1. Yangının binalar arasında yayılması	34
Şekil 3.2. Yangının binalar arasında yayılmasının düşey yönden incelenmesi	35
Şekil 3.3. Yangının binalar arasında yayılmasının yatay yönden incelenmesi.....	35
Şekil 3.4. Bina açıklıklarından yangının üst noktalara yayılması.....	38
Şekil 3.5. Pencere boyutları ve yangının yayılması a. Geniş pencere b. Kare pencere c. Uzun pencere	39
Şekil 3.6. Spandrel bölge ve yönlendirici elemanların kullanımı	41
Şekil 3.7. Giydirme cam cephe ve döşeme sızdırmazlığının sağlanması	41
Şekil 3.8. Pencere boşluğundan çıkan alevlerin yükselmesi.....	43
Şekil 3.9. Cephe geometrisi ve yangın dinamiği	43
Şekil 3.10. Cephede yangın bariyeri kullanılması durumunda yangın hareketi a. Dar pencere b. Geniş pencere c. Üzeri 1 m yatay çıkıntılı pencere	44
Şekil 3.11. Ahşap cephe köşesinde yatay yangın bariyeri kullanımı.....	45
Şekil 3.12. Yatay yangın bariyeri tasarımının yangın dinamiğine etkisi	46
Şekil 3.13. Cephe katmanları	48
Şekil 3.14. Cephelerde hava boşluğu derinliğine göre yangın dinamiği a. Dar hava boşluğu b. Normal hava boşluğu c. Geniş hava boşluğu	51

Şekil	Sayfa
Şekil 3.15. Binanın kesit ve plan ölçeğinde biçimlenişi ve rüzgârın hareketi	54
Şekil 3.16. Otopark yangını ve cephe üzerinden yayılması.....	55
Şekil 4.1. Büyük ölçekli deney düzeneği.....	59
Şekil 4.2. Yanmaz malzemeler ile cephede yangın yayılımının önlenmesi	61
Şekil 4.3. Grenfell Binası cephe yangınının yayılması.....	64
Şekil 4.4. Cephelerde yangının yayılması.....	65
Şekil 4.5. Cephelerde yangın geçişi a. Yangının sistem içerisindeki ilerleyişi b. Yangının katlar arasındaki sızdırmazlık detayının oluşturulması	65
Şekil 4.6. Cephe ve döşeme birleşimlerinde mastik elemanların kullanılması.....	66
Şekil 4.7. Cephe sistemlerinde hava boşluğunda yangın yayılması a. Dış ortamdaki yangının boşluk içinden yayılması b. İç ortamdaki yangının boşluk içinden yayılması c. İç ortamdaki yangının yanıcı yalıtım malzemesi aracılığı ile yayılması	67
Şekil 4.8. Yatay yangın bariyerlerinin cephelerde kullanılması	67
Şekil 4.9. Yangın bariyeri çeşitleri	68
Şekil 4.10. Yatay yangın bariyerlerinin giydirme cephelerde kullanılması.....	69
Şekil 4.11. Yatay yangın bariyerlerinin cephe açıklıklarının üstünde kat döşeme sınırında ve cephe açıklıklarının çevre sınırlarında kullanımı	69
Şekil 4.12. Yatay yangın bariyerlerinin cephe açıklıkları üst sınırları boyunca ve alt sınırları boyunca kullanımı	69
Şekil 4.13. Yatay yangın bariyerlerinin cephe açıklıklarının üstünde, yan sınırlarında kullanılması ve katlar arasında kullanımı	70
Şekil 4.14. İntümesan yangın bariyerinin yangına tepkisi	70
Şekil 4.15. Cephe açıklıklarında yangın yayılımının engellenmesi.....	71
Şekil 4.16. Cephede kullanılan yatay ve düşey elemanlara göre yangın dinamiği.....	71
Şekil 4.17. Cephe yangını ve saçak ilişkisi.....	72
Şekil 4.18. C tipi denge bacalı aygıtın cephe konumlandırılması.....	73
Şekil 4.19. Cephe tasarımında kompartıman ile yangın yayılmasının önlenmesi	74

Şekil	Sayfa
Şekil 5.1. BYKHY kapsamında cephe açıklıklarında yangın bariyeri kullanımı	76
Şekil 5.2. Spandrel dolu yüzeyin oluşturulması.....	77
Şekil 5.3. Approved Document B kapsamında cephelerde malzeme kullanımı.....	85
Şekil 5.4. Yeni Zelanda mevzuatları kapsamında cephelerde yatay yangın bariyerleri kullanımı.....	91
Şekil 5.5. UAE Appendix A.1.21. kapsamında spandrel bölge yangın güvenliği	95

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Tek katmanlı cephelerde yangın	11
Resim 2.2. Çift katmanlı cephelerde yangın ve yanarak dağılan parçalar	18
Resim 2.3. a. Empire State binası 1931 b. United Nations binası 1952, New York	19
Resim 2.4. Cam giydirme cephede yangın oluşması ve yayılması	21
Resim 2.5. Yeşil cephe tasarımı.....	24
Resim 2.6. Bitkilendirilmiş duvar tasarımı	24
Resim 2.7. Yaşayan duvar sistemleri tasarımı	25
Resim 2.8. Stacking Green binasında dikey yeşil sistem kullanımı.....	26
Resim 2.9. Solar Fabrik binasında fotovoltaiik panel kullanımı	27
Resim 2.10. Fotovoltaiik panellerin yangın sonrası durumu	28
Resim 3.1. Yangının cephe üzerinden yayılma süreci	33
Resim 3.2. Cephe yangını sırasında dağılan parçalar	36
Resim 3.3. Bina açıklıklarından yangının yayılması.....	42
Resim 3.4. Cephe geometrisi ve yangının yayılması	47
Resim 3.5. Cephe ısı yalıtım malzemesinin yangın sonrası durumu.....	52
Resim 3.6. Yangının yayılmasında dış etmenlerin etkisi	53
Resim 4.1. Isı yalıtım malzemelerinin yangına tepkisinin belirlenmesi	61
Resim 4.2. Mantolama sisteminde yapılan yapıştırma uygulamaları a. Hatalı uygulama b. Doğru uygulama	62
Resim 4.3. Alüminyum kompozit malzemelerin yangına tepkisi.....	63

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
-----------------	--------------------

C	Celcius
cm	Santimetre
dk	Dakika
Kw	Kilowatt
m	Metre
m²	Metrekare
MJ	Megajoule
mm	Milimetre

Kısaltmalar	Açıklamalar
--------------------	--------------------

AS	Acceptable Solutions (Yeni Zelanda Mevzuatı)
AS	Australian Standard (Avustralya Mevzuatı)
ASTM	American Society for Testing and Materials
BRE	Building Research Establishment
BS	British Standard
DIN	Deutsches Institut für Normung
EIFS	Exterior Insulation Finishing Systems
EIMA	EIFS Industry Members Association
EN	European Standard
FM	Factory Mutual
IBC	International Building Code
ICC	International Code Council
NCC	Australian National Construction Code
NFPA	National Fire Protection Association
TS	Türk Standardı

Kısaltmalar**Açıklamalar****TSE**

Türk Standartları Enstitüsü

UAE

United Arab Emirates

UL

Underwriters Laboratories

1. GİRİŞ

Binalarda ortaya çıkan yangınlar, can ve mal güvenliği açısından büyük riskler oluşturmaktadır. Yangının ortaya çıkmasına ve yayılmasına neden olabilecek risklerin azaltılması ve yangın güvenliğinin sağlanması açısından birtakım önlemlerin alınması gerekmektedir. Yangına sebep olabilecek etmenlerin tespit edilmesi ve yangının yayılmasının önlenmesine yönelik önlemlerin alınması önem arz etmektedir.

Yangının ortaya çıkmasında ve yayılmasında yapı elemanlarının ve yapı malzemelerinin rolü büyüktür. Özellikle bina cepheleri, iç ve dış mekânlar arasındaki bağlantıyı sağlaması nedeniyle yangının ortaya çıkması ve yayılmasında, yangın güvenliği açısından riskli yapı elemanlarıdır. Yangın üçgeninde bulunan oksijen miktarının tükenmemesi, cephelerde yangının süreklilik sağlamasına neden olmaktadır. Bu kapsamda cephelerde yangın, dikkat edilmesi gereken güvenlik parametresi olarak ele alınmalıdır. Günümüzde teknoloji ile birlikte cephe yapım sistemlerinin ve cephe malzemelerinin çeşitliliği açısından, yangın güvenliği cephe tasarımında incelenmeli ve proje aşamasında uygulanmalıdır.

Yapı sistematiği içerisinde bulunan cephe elemanları yangın ve bina ilişkisi bakımından oldukça risk taşıyan elemanlardır. Yangın dinamiği açısından binanın yangın anındaki durumu ve yangının cephe üzerinden ilerlemesi tehlikeli sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Cephenin iç mekân ve çatı elemanları ile doğrudan ilişki kurması can ve mal güvenliğinin sağlanmasına yönelik yangın güvenli tasarımı oluşturulmasını gerekli kılmaktadır.

Cepheler, bina içi ve bina dışı kaynaklı ortaya çıkan yangınlarla karşılaşması ve sistem içerisinde kullanılan malzemelerle yangının yayılmasında etkili olmaktadır. Yangının binaya sıçramasında veya yangının bina ölçeğinde yatay ve düşey yönde yayılmasında cepheler kritik yapı elemanlarıdır. Cephelerde yangın güvenlik önlemlerinin alınmasında, yangın mevzuatlarının kısıtlayıcı hükümlerinin değerlendirilmemesi, tasarım aşamasında özellikle malzeme ve sistem seçimlerinde bazı önlemlerin göz ardı edilmesi, yangın güvenlik zafiyetlerini ortaya çıkarmaktadır. Bu çerçevede, asgari koşulları sunan mevzuatların belirleyici olması en temel kriter olmakla birlikte, ortaya çıkan yangınlar ve can kayıpları bu mevzuatların geliştirilmesini ve revize edilmesini gerekli kılmaktadır.

Problem Durumu

Günümüzde binalarda kullanılan cephe sistemleri çerçevesinde, ortaya çıkan yangınlar ve yangınların yayılmasına yönelik inceleme yapılmıştır. İnceleme sonucunda farklı malzemeler ve farklı sistem çözümlerinde yangının yayıldığı tespit edilmiştir. Cephe yangın güvenlik önlemlerinin yetersiz olduğu ve yangının ortaya çıkması ve yayılmasına yönelik durumlarda gerekli önlemlerin alınmadığı gözlemlenmiştir.

Araştırmanın Amacı

Geçmişten günümüze kadar olan süreçte cephelerde ortaya çıkan yangınlar, cephe yangın güvenlik önlemlerinin tekrar ele alınmasını gündeme getirmiştir. Tez çalışması kapsamında, cephelerde yangın güvenliğinin sağlanmasına yönelik, malzeme ve detay çözümlerinin araştırılması amaçlanmıştır. Ülkemizde yürürlükte olan Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik (BYKHY) çerçevesinde, cephelerde yangın güvenliğinin geliştirilmesi amaçlanmış ve yangın güvenliği konusunda gelişmiş ülke mevzuatları ile birlikte analizi yapılmıştır. Çeşitli ülke mevzuatları ile birlikte cephe yangın güvenliğinin geliştirilmesi ve yangın güvenliği konusunda çalışan ilgililer için yol gösterici bir kaynak oluşturulması amaçlanmıştır.

Araştırmanın Önemi

Ülkemizde yangın güvenliğinin sağlanmasına yönelik alınabilecek önlemler, mevzuat ve standartlar dahilinde güvence altına alınmıştır. Ancak mevzuatlar bu hususta minimum koşulların sağlanmasına yönelik gereklilikleri bulundurmaktadır. Özellikle yangın güvenliği konusunda gelişmiş ülkelerin mevzuatlarının ortaya konulması ve bu çerçevede ülkemizdeki mevzuatların değerlendirilmesi gerekmektedir.

Son dönemlerde cephe yangınlarının artması ve yangının cephe üzerinden yayılması ele alındığında, konunun önemi ortaya çıkmaktadır. Literatürde bu hususta oluşan boşluğun doldurulması ve akademik çalışmaların düzenlenmesi gerekmektedir. Malzeme kullanımı ve malzemenin sistem içerisindeki davranışının değerlendirilmesi, çeşitli bilgi kirliliğinden arındırılması açısından çalışmanın gerekliliğini daha açık hale getirmektedir.

Sınırlılıklar

Yangın güvenlik önlemleri kapsamında cepheler üzerinden yangının ortaya çıkması ve yayılması ele alınmıştır. Gelişen teknolojiler ve cephe malzemelerinin günümüz kullanımları üzerinde durulmuştur. Cephelerde yangın güvenlik önlemleri kapsamında pasif güvenlik önlemleri esas alınmış ve otomatik söndürme sistemlerinin gereklilikleri üzerinden incelemeler yapılmıştır. Cephe yangın güvenlik önlemleri çerçevesinde mevzuatların incelenmesinde; ülkemizde yürürlükte olan mevzuat ve yangın güvenliği konusunda gelişmiş ülke mevzuatları incelenmiştir. Türkiye Cumhuriyeti, Amerika Birleşik Devletleri, İngiltere, Singapur, Yeni Zelanda, Birleşik Arap Emirlikleri ve Avustralya yangın mevzuatları ele alınarak cephe malzemeleri, yatay yangın bariyerleri, cephe açıklıkları, binalar arası mesafeler, dış duvar dayanım süreleri ve otomatik söndürme sistemleri açısından incelenmiştir.

Tez çalışması kapsamında;

Birinci bölümde, binalarda yangın güvenliği kapsamında bina cephelerinin önemi üzerinde durulmuştur. Bina cephe tasarımında yangın güvenlik önlemlerinin önemi açıklanmış ve cephe tasarım parametresi olarak yangın güvenliğinin önemine dikkat çekilmiştir. Araştırmanın amacı, önemi ve sınırlılıklar belirtilmiştir.

İkinci bölümde, bina cephe yapım türlerinin yangın ile ilişkisi incelenmiştir. Cephe sistemlerinde yangın dinamiği hakkında bilgiler verilmiştir. Yangın senaryolarının cephe katmanlaşması ve özel tasarımlı cephelerin (dikey yeşil cepheler ve fotovoltaik panelli cepheler) üzerindeki analizleri yapılmıştır.

Üçüncü bölümde, cephelerde yangının ortaya çıkma ve yayılma nedenleri üzerinde durulmuştur. Yangının bina içi ve bina dışı kaynaklı olarak gelişmesi ve cephe sistemleri aracılığıyla yayılması incelenmiştir. Yangının cephelerde yayılmasını etkileyen etmenler ele alınmış ve cephe tasarımında belirleyici yangın güvenlik önlemleri genel hatlarıyla ortaya konulmuştur.

Dördüncü bölümde, cephelerde yangın güvenlik önlemleri kapsamında cephe malzemelerinin incelenmesi yapılmıştır. Cephe katmanlaşması ve bitiş malzemeleri

üzerinde durulmuştur. Özellikle cephelerde kullanılan yalıtım malzemelerinin ve yanma özelliği olan malzemelerin incelenmesi yapılmıştır. Cephelerde yangın güvenliğinin sağlanmasına yönelik nokta detayları ve yatay yangın bariyeri konumlandırılması ele alınmıştır.

Beşinci bölümde, cephe yangın güvenlik önlemleri kapsamında mevzuatların incelenmesi yapılmıştır. Ülkemiz mevzuatı ve gelişmiş ülkelerin mevzuatları, cephe yangın güvenliği kapsamında ele alınarak ve belirli kriterler çerçevesinde analizleri yapılmıştır.

Altıncı bölümde, cephe yangın güvenlik önlemlerinin önemi üzerinde durulmuştur. Mevzuatların analizi sonucunda ülkemiz yangın mevzuatının değerlendirilmesi yapılmıştır. Cephe yangın güvenlik önlemleri kapsamında bina kullanıcılarının can ve mal güvenliğinin sağlanmasına yönelik öneriler geliştirilmiştir.

2. BİNA CEPHE YAPIM TÜRLERİ VE YANGIN

Mimari açıdan cephe kavramı, içindeki kullanıcılar için koruyucu olan, iç mekân ile dış mekân bağlantısını sağlayan ve binanın fiziksel çevre kontrolünde büyük role sahip olan bir yapı elemanı olarak tanımlanabilir. Cephe kelimesi dilimize Arapça'dan gelmekte olup, mimarlık sözlüğünde cepheden “Bir binanın görünen yüzeylerinden her biri, özellikle ön yüz veya bina yüzüne dik doğrultuda sonsuzdan bakılan görünüş” olarak bahsedilmiştir [1]. Cephe; binanın yüzü, görünüşü ve insanların somut olarak hissedebildiği mimari bir yapı elemanıdır.

Cephelerin yapı kabuğu olarak fonksiyonlarını yerine getirmesi beklenirken, aynı zamanda da estetik bir takım tasarım sorunlarına cevap vermesi beklenmektedir. Bu bağlamda, mimari yapı tasarlama sürecinde cepheler, geçmişten günümüze büyük değişimler geçirmiştir. Toplulukların kültürel değerlerini, sosyal yaşantısını, kullanıcı profillerini aktaran cepheler taşıyıcı sistem, estetik kaygı, teknolojik gelişmeler gibi unsurlarla birlikte gelişmiş, farklı işlevler kazanmıştır.

Günümüzde, bina içi optimum konfor koşullarının sağlanabilmesi için cepheden beklenen fiziksel çevre koşullarına uygun bir çözüm getirebilmesidir. Bu koşullar standartlar çerçevesinde, yapı malzemeleri ölçeğinde belirtilmiştir:

- Mekanik dayanım ve stabilite
- Yangın durumunda emniyet
- Hijyen, sağlık ve çevre
- Kullanımda erişilebilirlik ve güvenlik
- Gürültüye karşı koruma
- Enerjiden tasarruf ve ısı muhafazası
- Doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı [2]

Günümüzde yapı elemanı olarak bir cepheden beklenen koşulları yukarıda belirtilen şekilde sıralamak mümkündür. Cephe tasarımında bu koşullara ek olarak son dönemlerde zaman ve maliyet gibi başlıklar da eklenmektedir. Standartlar dahilinde belirtilen koşullar, konfor şartlarının iyileştirilmesi ve önerilen alternatif çözümlerle birlikte cephe yapım türleri artmış ve cephe yapım sistem farklılıkları ortaya çıkmıştır [3].

İç mekân konfor koşullarının oluşturulmasında, bina cephe biçimlenişi önemli rol oynamaktadır. Cephede kullanılacak malzemelerin seçilmesi, malzeme detay sistematığının kurgulanması, şeffaflık dengesinin sağlanması gibi kriterler bina cephe karakteristiğini oluşturmaktadır [4]. Cephe tasarımı planlanırken yapısal ve fiziksel etmenlere karşı belirli performans kriterlerinin olması, her yönden uygun bir cephe tasarımının oluşturulmasını sağlamaktadır. Bu performans kriterleri ise, taşıyıcılık, sızdırmazlık, ısıl davranış, gürültü kontrolü, ışık kontrolü, yangın güvenliği ve güvenlik gibi en temel fiziksel çevre kontrolü başlıklarıdır [5]. Bu başlıklar incelendiğinde en büyük risk unsuru taşıyanlardan biri ise yangın güvenliğinin sağlanmasına yönelik alınabilecek tasarım ve yapım kararlarıdır.

Günümüzde binalarda ortaya çıkan yangınlar çok fazla can ve mal kayıplarına sebep olmaktadır. Teknoloji ve yeni malzemeler düşünüldüğünde kaçınılmaz olan yangının büyük ölçüde kontrol edilebilmesi ve insanların can güvenliğinin sağlanabilmesine yönelik birtakım güvenlik önlemleri alınmalıdır. Yangının binalarda ortaya çıkmasında ve yayılmasında yapı elemanları içerisinde cephelerin etkisi fazla olmaktadır. Bina içinde oluşan bir yangının komşu binalara sirayet etmesinde, komşu binalardan veya açık alanlarda ortaya çıkan yangının binaya ulaşmasında, yatayda ve düşeyde yangının yayılmasında bina cepheleri kritik durumda kalmaktadır. Aynı zamanda yangına müdahale edilmesi (kontrol altına alma, söndürme, kurtarma ve soğutma çalışmaları) de büyük oranda cephelerden yapılması nedeniyle yangın güvenliği bağlamında cephe tasarımı büyük önem taşımaktadır.

Cephelerde yangın güvenliğinin sağlanmasına yönelik tez çalışması kapsamında, 2000 yılından günümüze kadar olan süreç içerisinde ortaya çıkan cephe yangınları analiz edilmiştir. Cephede kullanılan malzemelerin ve sistemlerin, yangının yayılmasındaki etkisi incelenmiştir. Literatüre geçen ve güvenilir bilgi kaynaklarından elde edilen cephe yangını örnekleri çizelge oluşturularak aktarılmıştır (Çizelge 2.1). Çizelgeden elde edilen veriler neticesinde cephe yangınlarının tekrar tekrar ortaya çıkması, yasal birtakım zorunlulukların gündeme getirilmesini gerekli kılmaktadır. Mimari proje kapsamında pasif yangın güvenlik önlemlerinin bu hususta ele alınması ve projeye entegre tasarımların geliştirilmesi amacına yönelik kritik önlemlerin alınması gerekmektedir.

Çizelge 2.1. 2000 yılından günümüze kadar olan süreçte cephe yangınları

Bina Adı	Bina Kullanım Sınıfı	Kat Sayısı	Şehir / Ülke	Yangının Yılı	Cephe Malzemesi / Sistemi	Kaynak
1 Tip Top Bakery	Endüstriyel	1	Yeni Güney Galler / Avustralya	2002	Polistren Dolgulu Alüminyum Kompozit Panel	6-7
2 Torre Parque Central	Büro	56	Venezuela / Latin Amerika	2004	Giydirme Cam Alüminyum Cephe	8
3 Windsor Tower	Büro	32	Madrid / İspanya	2005	Giydirme Cam Cephe	8-9
4 Apartman	Konut	7	Berlin / Almanya	2005	Mantolama Sistem / Polistren Yalıtım	10
5 Dalian Kaixuan Plaza	Karma Kullanım	12	Dalian / Çin	2005	Giydirme Cam Cephe	11-12
6 Borgata Casino Hotel	Konaklama	41	Atlantic City / ABD	2007	Polietilen Dolgulu Alüminyum Kompozit Panel	13
7 MGM Monte Carlo Hotel & Casino	Konaklama	32	Las Vegas / ABD	2008	Polistren Dekoratif Cephe Kaplaması	14
8 TVCC	Büro	32	Beijing / Çin	2009	Giydirme Cam Alüminyum Cephe	15
9 Apartman	Konut	11	Miskolc / Macaristan	2009	Mantolama Sistem / Polistren Yalıtım	16
10 Wooshin Golden Suites	Karma Kullanım	38	Busan / Güney Kore	2010	Polietilen Dolgulu Alüminyum Kompozit Panel	17
11 Apartman	Konut	10	Dijon / Fransa	2010	Mantolama Sistem / Polistren Yalıtım	10
12 Apartman	Konut	28	Şanghai / Çin	2010	Mantolama Sistem / Poliüretan Yalıtım	15
13 Dynasty Wanxin Hotel	Konaklama	45	Shenyang / Çin	2011	Polistren Dolgulu Alüminyum Kompozit Panel	15
14 Al Tayer Tower	Konut	40	Sharjah / BAE	2012	Polietilen Dolgulu Alüminyum Kompozit Panel	18-19
15 Mermoz Tower	Konut	18	Roubaix / Fransa	2012	Polietilen Dolgulu Alüminyum Kompozit Panel	20
16 Polat Tower	Konut	44	İstanbul / Türkiye	2012	Giydirme Cam Alüminyum Cephe	8,21
17 Saif Belhasa Binası	Konut	13	Dubai / BAE	2012	Polietilen Dolgulu Alüminyum Kompozit Panel	22
18 Tamweel Tower	Karma Kullanım	34	Dubai / BAE	2012	Polietilen Dolgulu Alüminyum Kompozit Panel	23
19 Grozny-City Towers	Karma Kullanım	40	Chechenskaya Republits / Rusya	2013	Metal Kompozit Panel	24-25
21 Torch Tower	Konut	87	Dubai / BAE	2015	Giydirme Cam Alüminyum Cephe	26-27
20 El Nassar Tower	Konut	32	Sharjah / BAE	2015	Metal Kompozit Panel	28
22 The Address Downtown	Karma Kullanım	63	Dubai / BAE	2016	Polistren Dolgulu Alüminyum Kompozit Panel	29-30
23 Grenfell Tower	Konut	24	Londra / İngiltere	2017	Polietilen Dolgulu Alüminyum Kompozit Panel	31-32
24 Alican Otel	Konaklama	6	İzmir / Türkiye	2018	PVC Esaslı Yalı Baskı Kaplama	33
25 Zimnyaya Vişnya Shopping Mall	Ticari	4	Kemerovo / Rusya	2018	Metal Kompozit Panel	34
26 Taksim Eğitim ve Araştırma Hastanesi	Sağlık Binası	11	İstanbul / Türkiye	2018	Petrol Türevli Isı Yalıtımı Metal Kompozit Panel	35-36

Tez çalışmasında, binanın cephe tasarımı yapılırken dikkat edilmesi gereken performans kriterlerinden yangın güvenliği parametresi ele alınmıştır. Cephe tasarımında yol gösterecek olan yangın güvenlik önlemlerine yönelik tasarım kriterleri ortaya konulmuştur. Mevzuatların ele alınması ve mevzuatların analizi yapılarak, cephe yangının güvenlik önlemlerinin artırılması düşünülmektedir. Yangın güvenliğinin cephelerde oluşturulmasının yanı sıra cephe sistematığı çerçevesinde duman kontrolünün sağlanması da önemli bir parametre olarak değerlendirilmiştir.

2.1. Cephe Yapım Türleri ve Yangın İlişkisi

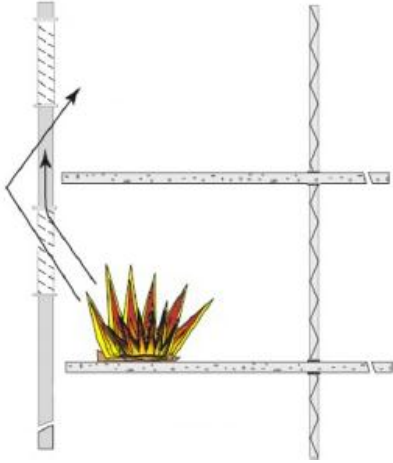
Endüstri Devrimi ile birlikte betonarme ve çeliğin yapı alanında kullanılmasına bağlı olarak, bina dış duvarları taşıyıcı eleman olmaktan çıkmıştır. Cepheler, yapının iç ve dış mekânlarını bölerek iç ve dış mekân arasındaki ilişkiyi en iyi şekilde kurmaya çalışan, bina performansını kullanıcı ihtiyaçlarına uygun hale getirmeye çalışan yapı elemanlarıdır [37]. Bu bağlamda, geçmişte sadece ayırıcı olarak görev yapan cepheler, dış duvar niteliği taşımaktaydı. Günümüzde ise cepheden beklenen performanslara bağlı olarak, farklı malzemelerle ve farklı tekniklerle birlikte yeni cephe yapım türleri ortaya çıkmıştır.

Cephelerde yapım türlerine bakıldığında cepheyi oluşturan kabuklar önemli olmaktadır. Farklı tasarımlar, farklı teknik detaylara uygun çözümler olarak cephe varyasyonlarını oluşturmaktadır. Bu oluşan varyasyonların yangın güvenliği ve duman kontrolü bağlamında ele alınması gerekmektedir.

Cephe yapım türlerinin sınıflandırılmasında kabuk tasarımında başlıca unsurun enerji korunumu ve sürdürülebilirlik olduğunu söyleyebiliriz. Günümüzde ise malzeme alternatiflerinin olması, teknik ve teknolojik imkanların artması ile cephe kabuk tasarımı gelişim göstermiştir. Cephe kabuk sayısının değişkenliği ile tek katmanlı cepheler ve çift katmanlı cepheler ortaya çıkmıştır. Son dönemlerde ise fonksiyonel ve estetik çözüm önerileri ile giydirme cepheler gelişim göstermiştir.

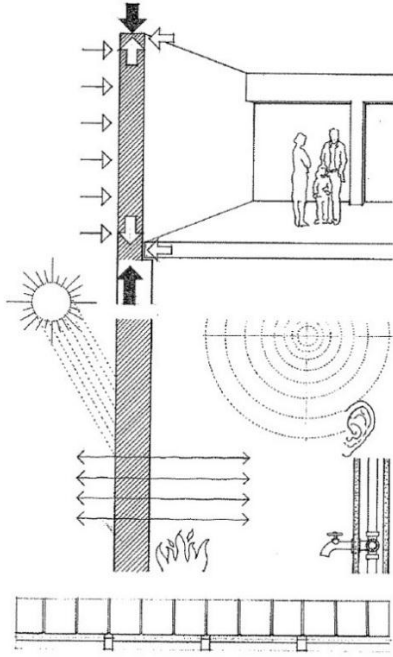
2.1.1. Tek katmanlı cepheler ve yangın

İç ve dış ortamı birbirinden ayıran tek katmandan oluşan, geçmişten günümüze kadar olan süreçte yaygın olarak kullanılan cephe yapım türüdür. Duvar ve duvar yüzeyinde oluşan boşluklarla tek bir katman oluştururlar. Tek katmanlı olarak cephe; yığma ve ahşap binalarda taşıyıcı görevi üstlenirken, iskelet taşıyıcılı binalarda cephe, taşıyıcı görevi üstlenmemektedir. Bu nedenle taşıyıcılık özelliği olan tek katmanlı cephelerde yangının cepheye sirayet etmemesi önemli bir kriter olmaktadır. İskelet taşıyıcılı binalarda ise yangının yayılmasında, üst katlara taşınmasında cephenin yanıcılık özelliği ve cephe boşluk oranları dikkate alınmalıdır (Şekil 2.1). Bu bağlamda malzeme seçimi ve malzemenin yangına tepki sınıfları önemli olmaktadır.



Şekil 2.1. Tek katmanlı cephelerde yangının yayılması [38]

Tek katmanlı cephelerde, katmanı oluşturan elemanlar hem iç ortama hem dış ortama doğrudan maruz kalmaktadır. Bu durumda iki mekân arasındaki optimum dengeyi sağlayabilecek şekilde tasarlanmalıdır. Katmanın yapısı; ısı, ses, hava, ışık, su buharı ve nem dengesini sağlayabilecek şekilde olmalıdır (Şekil 2.2). Tek katmanlı cephelerde katmanı oluşturan malzemeler, dış kabuk ile uyumlu çalışmalı ve bununla birlikte dış ortam koşullarından (güneş, ısı, hava, su ve rüzgâr etkilerinden) kolayca etkilenmemelidir [39]. Aynı zamanda cephelerde yangın oluşma ihtimali göz önünde bulundurulmalı, bu durum malzeme seçimi yapılırken performans kriteri olarak ele alınmalıdır.



Şekil 2.2. Tek katmanlı cephelerde fiziksel çevre kontrolü [39]

Tek katmanlı cephelerde ortaya çıkan yangınlarda cephe kaplama malzemesi büyük önem taşımaktadır. Yangının yayılmasında ve komşu binalara sıçraması açısından cepheler risk taşımaktadır. Bu nedenle kullanılacak olan cephe kaplama malzemesinin yanıcılık sınıfı bilinmelidir. Ülkemizde yürürlükte olan Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik (BYKHY) maddelerine uygun ve istenilen nitelikte malzemeler seçilmelidir. Yangın çıkma ihtimali yüksek olan binalarda; yanıcı malzemeler, kolay alevlenen malzemeler ve yangın anında zehirli gaz açığa çıkaran malzemeler tercih edilmemelidir.

Tek katmanlı cephe tasarımlarında fiziksel çevre kontrolünün tamamı, tek katman tarafından çözümlenmektedir. Dış kaplama malzemesinin arkasında yer alan yalıtım tabakaları (ısı ve su yalıtımları, buhar dengeleyici ve nem bariyerleri) bulunmaktadır. Bu nedenle dış kaplama malzemelerinin yanıcılık sınıfları ile birlikte arkasında bulunan yalıtım malzemelerinin de yanıcılık sınıfları önemli olmaktadır. BYKHY'e göre dış kaplama malzemesinin belirli bir yangına tepki sınıfını sağladıktan sonra, arkasında kullanılacak malzemenin yangına tepki sınıfı risk barındırmamaktadır. Bazı durumlarda ise dış kaplama malzemelerinde derz kullanılması durumunda, yangının doğrudan yalıtım malzemelerine ulaşması mümkün olacağından, kullanılan yalıtım malzemelerinde gerekli yangına tepki sınıfları sağlanmalıdır [40]. Kullanılan yalıtım malzemelerinin yanmaz malzemelerden seçilmesi ve cephe açıklıklarında bu malzemelerle bariyerlerin oluşturulması gerekmektedir.

Tek katmanlı cephe olarak ülkemizde sıklıkla kullanılan mantolama sistem; yalıtım malzemeleri üzerine sıva ve boya uygulamasıdır. Bu sistemlerde dikkat edilmesi gereken, ısı yalıtım malzemelerinin yanıcılık özelliğinin yangın güvenliği açısından büyük risk oluşturmaktadır. Isı yalıtım malzemelerinin niteliği, statik dayanımı ve duvara bağlı çalışabilmesi önemlidir. Dış hava koşullarından etkilenmemesi, uzun ömürlü bir malzeme seçilmesi gerekmektedir. Aynı zamanda kullanılan ısı yalıtım malzemesinin yangına karşı dayanıklı olması, yanmaz malzemelerden oluşturulması, zehirli gaz çıkarma özelliğinin olmaması istenmelidir [41] (Resim 2.1). Yangının yayılmasına sebep olabilecek olan ısı yalıtım malzemelerinin cephede kullanılmasından kaçınılmalıdır. Yanıcı yalıtım malzemelerinin bina kapsamında hava ile temas etmeyen bölgelerde, özellikle bodrum kat yalıtımlarında ve teras çatı yalıtımlarında kullanılması uygun olmaktadır.

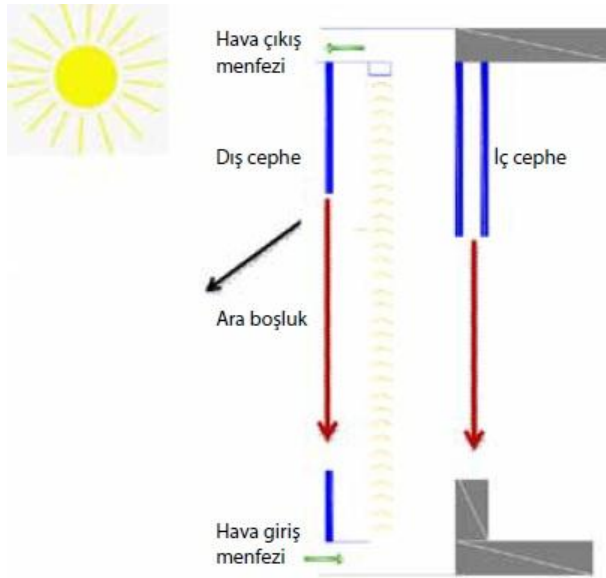


Resim 2.1. Tek katmanlı cephelerde yangın [42]

Günümüzde kullanıcı profilinin beklentisi giderek artmakta olup, yapı kabuğundan beklenen performans kriterleri hızla çoğalmaktadır. Özellikle ısı, ses ve havalandırma sorunlarını çözmek için çift katmanlı cepheler (boşluk oranı fazla olan cepheler) ortaya çıkmıştır. Çift katmanlı cepheler, yüksek binalarda sıkça tercih edilmekte olup, malzeme alternatifleri ile kullanılmaktadır.

2.1.2. Çift katmanlı cepheler ve yangın

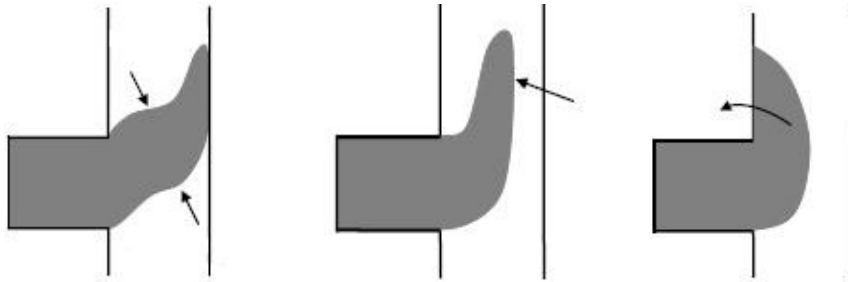
Çift katmanlı cepheler, binanın ilk cephesine ek olarak yapılan ikinci bir cephenin entegre edilmesi ile oluşur. Dış kabuk genel olarak tek saydam camdan oluşur. İç kabukta ise ısı kontrolünü sağlamak amacı ile low-e camlardan veya güneş kontrollü camlardan oluşmaktadır. Katmanlar arasındaki mesafe 20 cm ile 200 cm arasında değişmektedir. Bu oluşturulan boşlukta hava sirkülasyonu sağlanır. Hava sirkülasyonu doğal yollarla olabileceği gibi mekanik yollarla da olabilmektedir. Bu boşluk aynı zamanda binanın yaz ve kış dönemlerinde ısınma ihtiyacına uygun olacak şekilde kontrollü bir havalandırma sağlamaktadır [43] (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Çift katmanlı cephe kesiti [43]

Çift kabuklu cephelerin avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Avantajlarından en önemlileri; doğal havalandırma imkânı sağlaması, ısı yalıtımını desteklemesi, yapı akustik çözümleri üretebilmesi ve ısı iletim katsayısını düşürmesidir. Dezavantajlarında ise hava boşluklarında aşırı ısınma sorunları, yüksek ilk yatırım maliyeti, bakım ve tadilat gereksinimleri gibi kriterler bulunmaktadır [44]. Çift kabuklu cephelerde dezavantaj olarak en büyük sorunlardan biri de yangın ve dumanın oluşturulan hava boşluğu içinde hızlı bir şekilde yayılmasıdır.

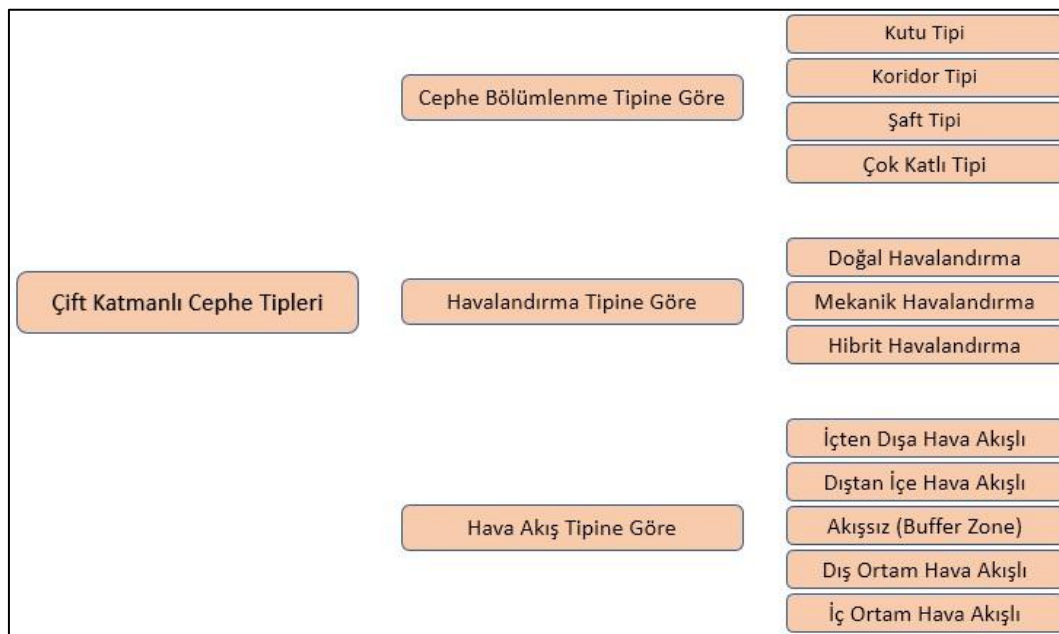
Çift katmanlı cephesi bulunan binalarda genel olarak, iç mekânda ortaya çıkan yangın sonucu iç katmandaki cam, radyasyon (ışınım) etkisi ile erken kırılır. Kırılan camla birlikte alev ve duman, yangının bulunduğu kattan katmanlar arası boşluğa geçer. Alev ve duman baca etkisi ile birlikte cephe katmanları boşluğunda hızla yükselir ve diğer katlarda açık olan pencerelerden veya ısı etkisiyle kırılan camlardan iç mekânlara sızar (Şekil 2.4). Çift katmanlı cephelerde doğal havalandırma sisteminden kaynaklı, yangın ve dumanın yayılmasına sebep olan ciddi bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır [45, 46].



Şekil 2.4. Çift katmanlı cephelerde yangın dinamiği [46]

Çift katmanlı cepheler farklı özelliklerine göre gruplandırılabilir:

- Cephe bölümlenme tipine göre
- Havalandırma tipine göre
- Hava akış tipine göre olmak üzere üç tanedir [47] (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Çift katmanlı cephe türleri [48]

Çift katmanlı cephe örneklerinin yüksek binalarda sıklıkla kullanılması, malzeme açısından yanmaz malzemelerin seçilmesini gerekli kılmaktadır. Malzeme türlerinin artması ile bu çeşitliliğin çoğalmasına rağmen malzemenin yanıcılık niteliği bilinmelidir. Katmanların son bitiş malzemesi ile birlikte yalıtım malzemelerinin de yangına karşı tepki sınıfı uygun olmalıdır. Derzlerden ve cephe açıklıklarından alt katmanlara ulaşan yangın yanıcı bir malzeme ile karşılaştığında sorun daha büyük bir problem haline gelmektedir.

Çift katmanlı cephe tasarımlarında yangın güvenliği bağlamında kritik noktalardan biri cephe bölümlenmesidir. Cephe bölümlenmesi türlerine göre alev ve dumanın yayılması farklılık göstermektedir. Bu bağlamda incelediğimizde, çift katmanlı cephelerin kutu tipi, koridor tipi, şaft tipi ve çok katlı tipi olmak üzere varyasyonları olduğunu görmekteyiz. Her çift katmanlı cephe tipinin yangının yayılmasına karşı gösterdiği performans farklı niteliklerde olmaktadır.

Kutu tipi

Bu tip çift katmanlı cephe türlerinde oluşacak boşluklar, yatay ve düşey yönde bölünmelerle sınırlandırılmıştır. Modüler paneller gibi çalışan sistemde küçük ve bağımsız birimler oluşacaktır. Havalandırma doğal ve temiz bir şekilde olmaktadır [49]. Yangın ve dumanın yayılması kolay bir şekilde önlenebilmektedir (Şekil 2.6).

Koridor tipi

Bu tip çift katmanlı cephe türleri düşey bölümlenmenin sınırlandırılıp, fakat yatay bölümlenmenin sınırlandırılmaması ile oluşmaktadır. Sınırlandırmanın amacı akustik önlemler, havalandırma ve yangın güvenliğidir [49]. Bu tip cephelerde yatayda birtakım sorunlar oluşmaktadır. İç mekânda oluşan yangın, koridor tipi çift katmanlı cepheden ilerleyerek yan tarafta bulunan mekanlara geçebilmektedir (Şekil 2.6).

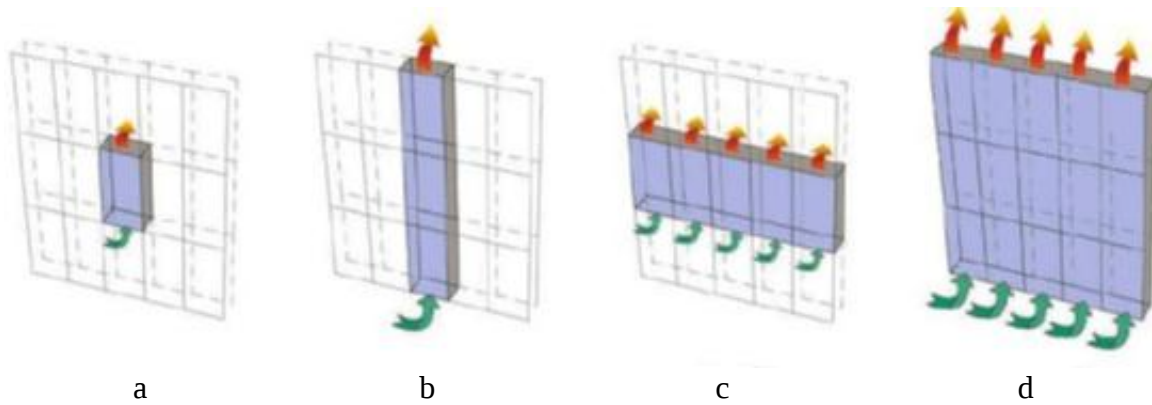
Şaft tipi

Bu tip çift katmanlı cephe türleri, kutu tipi pencerelerin üst üste dizilmesi ile oluşur. Cephenin alt noktasından alınan hava, düşey olarak üst noktaya aktarılır. Bu durum baca etkisini artırarak hava akışını hızlandırmaktadır [49]. Olası bir yangın anında, baca etkisi ile

alev ve dumanın yayılma riski artacaktır. Şaft tipi cepheler yangın güvenliği için riskli cephelerdir. Yangın ve dumanın yayılmasını engelleyecek önlemlerin alınması gerekmektedir (Şekil 2.6).

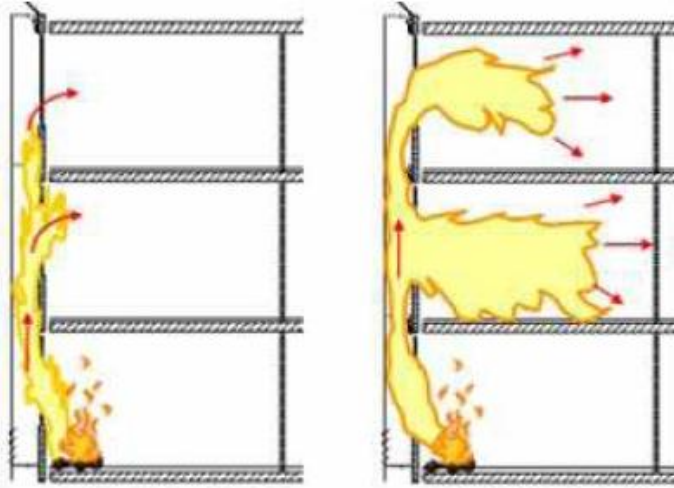
Çok katlı tipi

Bu tip çift katmanlı cephelerde yatayda ve düşeyde herhangi bir sınırlandırma olmamaktadır. Hava akışı döşemelerden çatıya doğrudan aktarılmaktadır. Dış kabuk, yatay yönde binanın ana taşıyıcı sistemine yük aktararak taşıtılmaktadır [48]. Bu tip cepheler akustik açıdan olumlu sonuçlar verseler de yangın güvenliği açısından büyük risk taşırlar. Bölünmeler olmaması sebebiyle olası bir yangın durumunda, alev ve duman cephede hızlı bir şekilde ilerleyecek ve diğer mekânlara yayılacaktır. Proje tasarım aşamasında ve malzeme seçiminde ilave önlemler alınması gerekmektedir [50] (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. Çift katmanlı cephelerin bölümlenmesi ve hava akış şemaları a. Kutu tipi b. Şaft tipi c. Koridor tipi d. Çok katlı tipi [51]

Çift katmanlı cephelerde, alev ve dumanın baca etkisi ile yayılması risk taşırken; tek katmanlı cephelerde bu durum söz konusu değildir. Doğru detaylandırılmış tek katmanlı cephelerde iç mekânda, katlar arasında ve katların duvar birleşim noktalarında; dış mekânda, cephe yüzeyindeki açıklıklar ve iki malzemenin yan yana gelmesi ile oluşan derz boşluklarının uygun bir şekilde çözümlenmesi güvenli bir tasarım olacaktır [52] (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Çift katmanlı cephelerde yangının yayılması [53]

Çift katmanlı cephe tiplerini yangın güvenliği bakımından karşılaştırdığımızda ise kutu tipi çift katmanlı cephelerin güvenilir örnekler olduğunu söyleyebiliriz. Bunun sebebi havalandırma boşluğunun küçük alanda tasarlanmış olması ve her alanın kendine ait havalandırma boşluğunun bulunmasıdır. Koridor tipi çift katmanlı cephelerde ise düşeyde kesintiye uğrayan havalandırma boşluğu yatayda kesintiye uğramaması sebebiyle risk taşımaktadır. Plan ölçeğinde yatayda bulunan mekânlara yangın kolayca ulaşabilmektedir. Bu tür yangın yayılmasının önüne geçmek için belirli mesafelerde zonlamalar yaparak, düşey bariyerler kullanılmaktadır. Şaft tipi çift katmanlı cephelerde yatayda kesintiye uğrayan havalandırma düşeyde devam etmektedir. Bu durumda baca etkisi ile birlikte ısınan havanın üst katlara kolay bir şekilde ulaşması söz konusudur. Yangın ve dumanın hızlı bir şekilde üst katlara ulaşmasının engellenmesi gerekmektedir. Özellikle yüksek binalarda dikkat edilmesi gereken çift katmanlı cephe türüdür. Kat yüksekliği düşük olan binalarda tercih edilebilen şaft tipi çift katmanlı cepheler, yüksek binalarda ise belirli yatay bariyerler ile desteklenerek kullanılmalıdır. Çok katlı tipi çift katmanlı cephelerde ise yatayda ve düşeyde bir sınırlandırıcı elemanın olmaması yangının yayılması açısından büyük risk taşımaktadır. Bu duruma engel olmak için belirli güvenlik önlemleri alınmalıdır. Yangın sırasında düşeyden yatay konuma geçen kapakçık sistemler bunlara örnek verilebilir (Çizelge 2.2). Çift katmanlı cephelerde aktif söndürme sistemlerinin kullanılması ile yangına müdahale edilmesine bağlı olarak alınabilecek önlemler daha güvenilir bir cephe tasarımı yönünden faydalı olacaktır [54].

Çizelge 2.2. Çift katmanlı cephelerde yangın riskleri [55]

Parametreler	Açıklamalar		Yangın Riski
Çift Katman Cephe Konstrüksiyon Tipleri	Yatay veya Düşey Bölmeli	Koridor Tipi	Orta
		Şaft Tipi	Orta
	Kutu Tipi		Düşük
	Çok Katlı Tipi		Yüksek
Yapının Yüksekliği	Düşük Yükseklikteki Yapılar		Düşük
	Orta Yükseklikteki Yapılar		Orta
	Yüksek Yapılar		Yüksek
Yapının Kullanım Şekli	Ofis Kullanımında		Düşük
	Ev Kullanımında		Orta
	Otel, Okul, Hastane vb. Kullanımlarda		Yüksek

Çift katmanlı cephelerde malzeme olarak cam kullanımı ve camın metal profiller ile taşınması, gerekli önlemler alınmadığı takdirde, yangın güvenliği açısından sorun teşkil etmektedir. Camın yangın anında aşırı ısınması ve kırılarak saçılması çevredeki insanlara zarar verebilmektedir. Alüminyum profillerinde artan ısı karşısında mukavemetini koruyabilmesi gerekmektedir. Özellikle yangın güvenliği bağlamında malzemelerin bireysel davranışlarından farklı olarak sistem içindeki davranışları test edilmeli, bu çerçevede projelerde malzemeler kullanılmalıdır [53].

2005 yılında Çin'in Liaoning eyaletine bağlı Dalian şehrinde yeni bir binada yangın meydana gelmiştir. Binada camlar aşırı ısınmaya maruz kalarak kırılmış ve etrafa saçılmıştır. Dış kabuk taşıyıcı sistemi dayanıklı olmasına rağmen cam elemanlar bulunduğu üst katlardan zemine düşmüştür. Bu durum, çevrede bulunan insanlar ve söndürme ekipleri için risk oluşturmaktadır. Bireylerin ve söndürme ekiplerinin can güvenliği esas alınmalıdır. Aynı zamanda dağılan parçalar yangının çevreye yayılmasında da sorun teşkil etmektedir (Resim 2.2). Bu hususta çift katmanlı cephelerde alınması gereken yangın güvenlik önlemleri bilinmelidir [56].



Resim 2.2. Çift katmanlı cephelerde yangın ve yanarak dağılan parçalar [56]

Çift katmanlı cephelerin cepheye montajları gereklerine uygun yapılmadığında, yangın sırasında konstrüksiyon elemanlarında kopmalar, kırılmalar meydana gelmektedir. Dış taraftaki katmanın düşmesine sebep olmakta, yangına müdahale için gelen ekiplere büyük sorun oluşturmaktadır. Cephe katmanlarının montajı yapılırken bu duruma dikkat edilmeli, yangın güvenliği açısından uygun önlemler alınmalıdır. Elemanların ısı karşısında genleşmeleri unutulmamalı ve belirli bir süre içerisinde dayanımını koruyabilen elemanların kullanılması önerilmelidir.

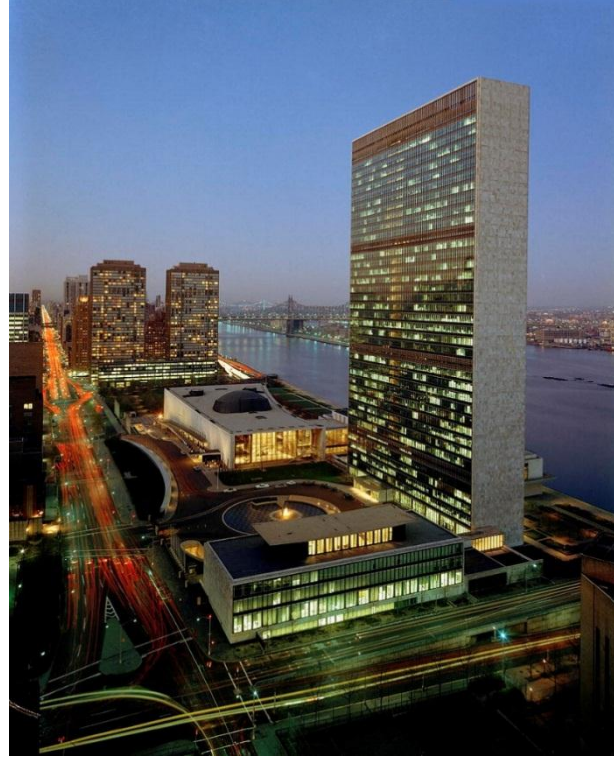
2.1.3. Giydirme cepheler ve yangın

Giydirme cephe, yapının taşıyıcı sistemi içinde görevi olmayan, kendi statik yükünü ve etkilendiği yatay yükleri özel bağlantı elemanları ile yapı taşıyıcı sistemine aktaran, yapı fiziği sorunlarını ince bir kesitte çözebilen, dayanıklı, hafif elemanlarla yapılan, yalıtım ve güvenlik sorunlarına çözüm getirebilen, modüler koordinasyon üretim sistemi ile oluşturulan bir dış kabuktur [57].

Giydirme cepheler, ilk olarak yüksek yapılarda kullanılmaya başlanmıştır. İlk örneklerini ise, Lamb & Harmon Associates'in tasarımı olan Empire State Binası ile birlikte satış mağazalarında ve parapet önlerinde görmekteyiz. Tasarım olarak; geçmişe referans vermeyen, basit bir geometrisi olan New York'ta bulunan United Nations Binası, modern mimarlığın öncü yapılarından biri olmuştur. United Nations Binası'nın tasarım ekibinde ise Oscar Niemeyer, Le Corbusier ve Wallace K. Harrison bulunmaktadır. Yapı giydirmе cam cephesiyle dikkat çekmektedir [58] (Resim 2.3).



a



b

Resim 2.3. a. Empire State binası, 1931 [59] b. United Nation binası 1952, New York [60]

Giydirme cephelerin kullanılması ile birlikte özellikle cam malzemesinde gelişmeler gözlemlenmiştir. Camın çift cam olarak kullanılması, kaplama (float) teknolojisinin gelişmesi ve camın optik dengesi için renk kullanılması gibi imkânlarla birlikte cephede şeffaflık oranı büyük ölçüde artmıştır. Bu durumun sonucu olarak cam, sadece doğrama alanı içerisinde kalmamış cephenin bütününde kullanılır hale gelmiştir. Dış ortamda kullanılan cam neticesinde farklı sistem önerileri geliştirilmiş, sızdırmazlık konusu için bazı cephe sistemlerinde silikon kullanılmaya başlanmıştır [61]. Giydirme cephe tasarımlarında da ilk ortaya çıkmalarından günümüze kadar hafifletme çalışmaları olmuştur. Aynı zamanda seri üretime elverişli olacak şekilde, prefabrik gelişmeler gözlemlenmiştir. Günümüzde kullanılan giydirme cephe sistemlerini iki alt başlıkta toplamak mümkündür Bunlar:

Ağır giydirme cepheler (heavy cladding)

Beton esaslı prekast panellerden oluşan giydirme cephe örnekleridir. Kalıp kullanımına bağlı olarak çeşitlilikler sunan ve bu şekilde yüzey dokusu oluşturulabilen giydirme cephelerdir. Ağır giydirme cephelerin kitle ağırlıkları fazladır [62].

Hafif giydirme cepheler (light cladding)

Cephe elemanların taşıyıcı bir iskelet üzerine yerleştirildiği şeffaf veya opak panellerle oluşturulan giydirme cephe örnekleridir. Cephe kaplama elemanları; cam, metal, ahşap, seramik, taş ve kompozitlerdir. Hafif giydirme cephelerin kitle ağırlıkları azdır [62]. Cam giydirme cepheler şeffaf olmaları sebebiyle tek katmanda tasarlanırken, diğer giydirme cepheler duvar önünde, boşluklu bir şekilde tasarlanmaktadır.

Günümüzde hafif giydirme cepheleri ağır giydirme cephelere göre daha çok görmekteyiz. Malzemelerin binaya fazla yük getirmemesi, estetik çözümler sunması ve üretim kolaylığı mimarlar tarafından tercih edilmesini sağlamaktadır. Hafif giydirme cephelerde fiziki çevreye uygun belirli birtakım önlemler alınması gerekmektedir. Uygun malzeme seçimi ve detay çözümleri ile birlikte optimum konfor koşulları sağlanmış olacaktır.

Giydirme cephelerde kullanılan malzemeler yangına karşı dayanıklı olmalıdır. Yanmaz veya zor yanan malzemelerle tasarlanan bir giydirme cephe, yangına karşı mukavemetini sağlamış olacaktır [63]. Giydirme cepheler yapılış durumuna bağlı olarak tek katmanlı cepheler veya çift katmanlı cepheler gibi yangın davranışı gösterebilmektedir. Bu bağlamda her iki türde de malzeme seçimi ve yalıtım malzemelerinin yanıcılık değerleri önemli olmaktadır.

Giydirme cephelerin belirli türlerinin boşluklu yapıda tasarlanması yangın güvenliği bağlamında onları çift katmanlı cephelere benzetmektedir. Binada bir mekânda yangın çıkması durumunda yangının ve dumanın bu boşluklardan üst katlara taşınması büyük risk oluşturmaktadır. Özellikle insanların algısını çekmeden gizli bir şekilde yanma durumu çok ciddi sorunlara yol açmaktadır. Bu tip cephelerde belirli noktalarda yangın ve dumanın üst katlara geçişlerinin engellenmesi gerekmektedir. Cephe ve döşemelerin kesiştiği noktalarda alev ve duman geçişleri de engellenmelidir [64]. Belirli yatay bariyerlerin olması veya bu alanda malzemelerin yanmaz malzemelerle kapatılması gerekmektedir. Engellenen boşluklar içerisinde ve giydirme cephe ile duvar önünde kullanılan yalıtım malzemelerinin de yangına karşı tepkileri önemli olmaktadır. Yangın anında yangının yayılmasını hızlandıran ve zehirli gaz açığa çıkaran malzemelerin kullanılmaması gerekmektedir. Cephe tasarımında insanların güvenli şekilde tahliye edilmesi de sağlanmalıdır. Cephenin yıkılmaması ve yangının diğer binalara yayılmaması gerekmektedir.

Giydirme cephe konstrüksiyon elemanları ahşap elemanlar veya alüminyum profillerden oluşturulmaktadır. Ahşabın ısı ve ses iletkenliği düşük olmasına rağmen yanıcı bir malzeme olarak güvenlik açısından risk oluşturmaktadır. Alüminyum profiller ise ısı ve ses açısından iletken malzeme olmasına rağmen, yanmaz bir yapı malzemesidir. Fakat alüminyum profil elemanlar belirli bir ısı karşısında mukavemetlerini kaybetmekte ve taşıyıcı özelliğini yitirmektedir. Bu durumla karşılaşmamak için önlemler alınmalıdır. Cephede özellikle iç mekânlarda kullanılan profillerde otomatik söndürme sistemleri ile soğutma çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

1973 yılında The Luckman Partnership tarafından inşa edilen First Interstate Banka Binası giydirme cephe ile tasarlanmıştır. Bina cephesi, cam ve alüminyum cephe malzemeleri kullanılarak oluşturulmuştur. Cephe geometrisi yalın ve sadedir. Çıkma, geri çekilme gibi bina hareketleri yoktur. Bina, 1988 yılında yangına maruz kalmış ve yangın 12. kattan başlayarak 16. kata kadar hızla yayılmıştır. Yangın yayılmasının en önemli sebebi ise binanın giydirme cephesinde pasif yangın güvenlik önlemlerinin alınmamasıdır (Resim 2.4). Gerekli aktif güvenlik önlemlerinin olmaması da yangının yayılmasında büyük etken olmuştur. Giydirme cam cephelerin ısı etkisiyle patlaması çevrede büyük sorun oluşturmuştur [65]. Bu nedenle mimari projelerde giydirme cephe tasarımlarında yangın güvenlik önlemleri (pasif ve aktif güvenlik önlemleri) alınmalıdır.



Resim 2.4. Cam giydirme cephede yangın oluşması ve yayılması [65]

2.2. Cephelerde Sürdürülebilirlik ve Yangın İlişkisi

Küreselleşen dünyada insanlık, günümüzdeki noktasına gelene kadar büyük bir gelişim, değişim ve dönüşüm gerçekleştirmiştir. Sanayileşme ve nüfusun artması ile birlikte mevcut kaynaklar hızla tükenmektedir. Çevresel değerler, iklim koşulları hızla değişmekte ve olumsuz sonuçlar alınmaktadır. Son yüzyıla girdiğimizde ortalama sıcaklıklar artmış ve deniz seviyesi yükselmiştir. Bu durumun sonucu başta insanlar olmak üzere tüm canlıları etkilemektedir [66].

Canlı türlerinin giderek yok olmasının ve ekolojik dengenin bozulmasının önüne geçmek için kullanılan enerjinin azaltılması ve enerjinin geri kazanımlı olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Bina kullanıcıları yaşadıkları mekândaki ihtiyaçlarında harcadıkları enerjiyi düzenleyebilmelidir. Mimarlar tasarım yaparak enerjinin korunması gerekliliğinden yola çıkarak birtakım öneriler getirmelidir. Son dönemlerde ortaya çıkan ekolojik binalar, enerji etkin binalar, yeşil binalar, kendine yetebilen binalar da bu bağlamda tasarlanabilmektedir. Sıfıra yakın enerji kullanımı ile bitmeyen doğal kaynaklardan enerji kazanımı, en doğru yaklaşım olacaktır.

Enerji etkin bina tasarımlarında, çevre koşulları ve iklimsel değerler dikkate alındığında cephe elemanlarının önemi ortaya çıkmaktadır. Yapı cephe bileşenleri binayı tamamen sararak kullanıcı yapı ilişkisini etkilemektedir. Bu durumun sonucu olarak enerjinin kullanımı hakkında cephenin rolü büyüktür. Fiziksel çevre koşullarının sağlanmasında doğrudan etkili olan cephelerin enerji performanslarına uygun şekilde tasarlanması önemli olmaktadır [67]. Bu bağlamda üretilen cephelerde yangın güvenliği kapsamında ele alınacak iki tür cephe tasarımında kendine özgü tasarım kararları bulunmaktadır. Bunlar; dikey yeşil cepheler ve fotovoltaik panelli cephelerdir.

2.2.1. Dikey yeşil cepheler ve yangın

Dikey yeşil sistemler, dış duvar sisteminde bitki örtüsünün bulunmasıyla oluşan yeşil cepheli sistemlerdir. Cephe kabuğu üzerindeki bitki örtüsü sayesinde bina, çevresel iklim koşullarına katkıda bulunur. Bu sebeple bina bulunduğu yere göre bütünleşik bir tasarım ürünü olarak ortaya çıkmaktadır [68].

Dikey yeşil sistemler yaşayan ve sürekli kendini yenileyebilen sistemlerdir. Bu sistemler, toprağa bağlı olan bitkilerin bina kabuğu üzerinde yeşil bir örtü elemanı oluşturması ile ortaya çıkmaktadır. Bitkinin yetiştirme ortamı zemindeki toprak olabileceği gibi cepheye asılmış olan saksılarda olabilmektedir [69]. Bu tip cephe tasarımlarında; bitki, yetiştirme ortamı, taşıyıcı katman, filtre katmanı, ısı yalıtım katmanı, su yalıtım katmanı, buhar kesici katman ve dış duvar elemanları bulunmaktadır. Tasarımın gereklerine uygun olarak katmanlar artırılabilir veya azaltılabilmektedir.

Dikey yeşil sistemlerin kullanılmasındaki en temel gerekçe, toprağın ve bitki köklerinin ısı yalıtımı sağlamasıdır. Bunun yanında dikey yeşil sistemlerin çok fazla olumlu yönleri bulunmaktadır. Dikey yeşil cephelerin kullanımındaki olumlu yönleri şöyle sıralayabiliriz; kentsel ısı adası etkisini azaltması, dış mekân hava kalitesini artırması, bulunduğu çevredeki ekolojik özellikleri iyileştirmesi, yağmur suyu ve güneş ışınlarına karşı koruma ve gölgeleme sağlaması, ses yalıtımı sağlaması, mimari estetik açıdan değerli olması, insan psikolojisine olumlu etki etmesi ve enerji verimliliğini artırmasıdır. Dikey yeşil sistemlerinin kullanılmasında olumlu yönler fazla olmasına rağmen olumsuz yönler de bulunmaktadır. Bu olumsuz özellikler başlıca; bitkilenmenin doğrudan cepheye zarar vermesi, yapım ve bakım maliyetinin yüksek olması, sulama sistemlerinin bulunması ve bitkilerin mevsim koşullarına göre farklılaşması olarak gösterilebilir [70]. Dikey yeşil sistemler yapılan tasarım türlerine göre farklılıklar sunmaktadır. Taşıyıcı sistemlerine göre, büyüme ortamlarına göre, bitki türlerine göre, sulama türlerine göre sınıflandırmak mümkündür. Ancak dikey yeşil sistemlerde en yaygın olarak kullanılan sınıflandırma yapım tekniğine göre sınıflandırma türüdür [71].

Yeşil cepheler

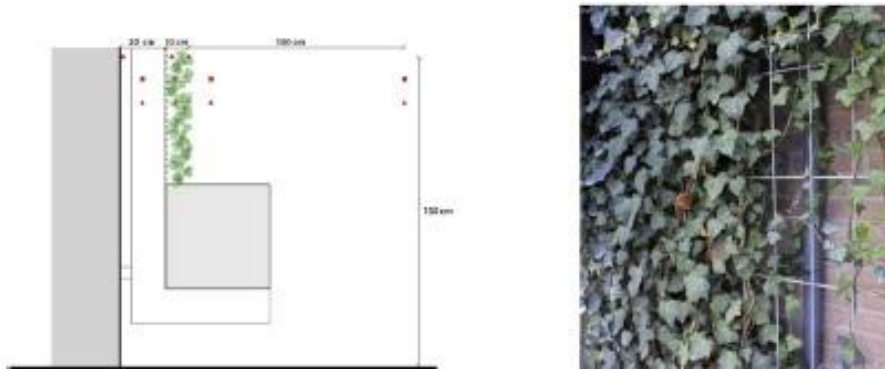
Yeşil cepheler toprakta veya saksıda dikili bitkinin cephe yüzeyine sarılmasıyla oluşan tiplerdir (Resim 2.5). Bitkinin sarılıcı veya tırmanıcı olmasına gerek yoktur. Cepheye eklenen modüler kafes panel sistem ve kablo tel-halat ağ sistemleri gibi elemanlar yardımıyla bitki, cepheye tutunmaktadır [71].



Resim 2.5. Yeşil cephe tasarımı [72]

Bitkilenmiş duvarlar

Bitkilenmiş duvarlarda cephe kabuğunun bir bitki yetiştirme ortamı olarak kullanılması ile oluşan tiplerdir (Resim 2.6). Yetiştirilen bitki doğrudan cephe elemanından ortaya çıkmaktadır. Genelde ön üretimli panellerin cepheye yerleştirilmesi ile oluşabildiği gibi, bilinçsiz bir şekilde özellikle harçların içinden, dış kabuk çatlaklarından da bitkiler yetişebilmektedir [71].



Resim 2.6. Bitkilendirilmiş duvar tasarımı [72]

Yaşayan duvar sistemleri

Yaşayan duvar sistemleri, cepheye eklenmiş farklı elemanlar yardımıyla bitki yetiştirilmesi ile oluşan tiplerdir (Resim 2.7). Bitkiler cepheye doğrudan temas etmemektedir. Bu sistemler hem iç mekânda hem dış mekânda uygulanabilmektedir. Yaşayan duvar sistemleri; saksıda bitkilendirilmiş, köpük katmanlı ve mineral yün katmanlı olarak üçe ayrılmaktadır. Bu elemanlar cepheye bağlantı elemanları yardımıyla tutturularak ya da ön üretimli elemanlarla tasarlanarak bitki yetiştirilmesine olanak sağlar [71].



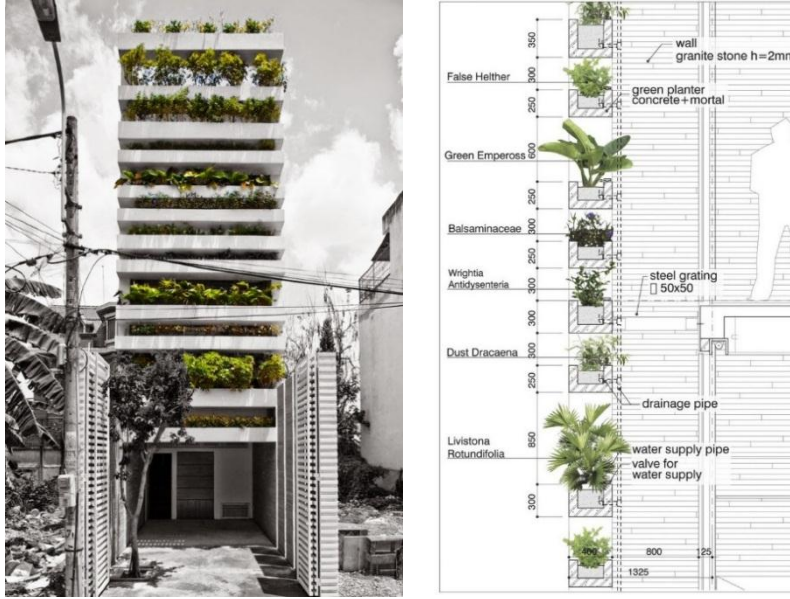
Resim 2.7. Yaşayan duvar sistemleri tasarımı [72]

Dikey yeşil sistemlerin kullanıldığı cephelerde bitkilerin kuruması durumunda binaya ek bir yangın yükü getirmesi söz konusudur. Olası bir yangın anında, yangının cepheye geçmesi ile bitkilerin yanması gözlemlenebilir. Yanan bitkilerin cephenin tamamını sardığı düşünüldüğünde, yangının yayılması kolaylaşmış olacaktır. Bu durumda bakımsız kalan, kurumuş bitkiler cepheden arındırılmalı ve düzenli bir şekilde takibi yapılmalıdır [73].

Dikey yeşil sistemlerin yangın anında dışarıdan yapılacak bir müdahaleyi engellemesi kritik bir durumdur. Özellikle itfaiye araçlarının uygun bir şekilde binaya yaklaşabilmesi, itfaiye çalışanlarının can ve mal güvenliğinin sağlanması gerekmektedir [73]. Yanan bitki kök ve gövdelerinin cepheden kopup uzaklaşması yangının çevreye yayılmasında, bireyler için de risk oluşturmaktadır. Yeşil cephelerin tasarımında gerekli yangın güvenlik önlemlerinin alınmasına dikkat edilmelidir. Dikey yeşil sistemlerde toprağın cephede bulunduğu tasarımlarda, itfaiyenin söndürme işlemi sırasında toprağın suyu emebileceği unutulmamalıdır. Bu durum karşısında söndürme suyunun artırılması gerekmektedir.

Dikey yeşil sistem tasarımlarının türü olan yaşayan duvar sistemlerinde pvc elemanlar, köpük katmanlar ve polistren köpük yalıtımlar sıklıkla kullanılmaktadır. Bu tür yanıcı ve zehirli gaz çıkarma özelliği olan malzemelerin cephede kullanılması yangın güvenliği açısından uygun değildir. Petrol türevli malzemelerin yanıcılık değeri yüksek olup mümkün olduğunca bina tasarımında kullanılmaması gerekmektedir. Özellikle hava ile temas eden noktalarda tercih edilmemeleri gerekmektedir. Bu tür yanıcı malzemelerin yerine yanmaz malzemelerin kullanılması önerilmektedir. Mineral katkılı yünler, alçı ürünler ve prekast elemanlar kullanılabilir [74].

Bina cephesinin tasarım aşamasında dikkate alınarak düzenlendiği yapı olan Stacking Green binasında kullanılan dikey yeşil sistemleri taşıyan malzemelerin yanmaz malzemelerden seçilmesi ve bitkilerin kısa otsu bitkilerle tasarlanması yangın güvenlik önlemlerine uygun olduğunu göstermektedir. Uzun sarılıcı ve tırmanıcı bitkiler yangının üst katlara yayılması için risk oluşturmaktadır (Resim 2.8).



Resim 2.8. Stacking Green binasında dikey yeşil sistem kullanımı [75]

2.2.2. Fotovoltaik panelli cepheler ve yangın

Son dönemlerde yaşanan enerji krizleri sonucunda daha az enerji kullanan binalar inşa etmek önemli olmuştur. Fosil kaynakların sınırlı miktarda olması ve çevreye büyük ölçüde zarar vermesi başka kaynak arayışlarına yönelmemize yol açmıştır. Enerji üretiminde alternatifler sunabilen doğal kaynaklar, çevreyi kirletmemesinin yanı sıra tükenmeyecek kaynaklar olarak ön plana çıkmaktadır. Doğal kaynakların başlıcaları; su, rüzgâr ve güneştir. Yenilenebilir enerji kaynakları olarak görülen bu kaynaklar içerisinde bina ölçeğinde sıkça kullanılan ve değerli olan ise güneştir. Aktif ve pasif olarak mimaride enerji üretiminde sıklıkla kullanılmaktadır.

Günümüz mimarisinde şeffaflık dengesinin sıklıkla sorgulandığı, geniş saydam yüzeylerin tasarlandığı ve büyük cam giydirme cephelerin oluşturulduğu bir gerçektir. Birçok binada yapılan bu saydam yüzeyler, yaz ve kış dönemlerine göre konfor koşullarını etkilemektedir.

Cephe tasarımlarında enerji üretimi konusunda fotovoltaik paneller sıklıkla kullanılmaktadır. Binaya entegre olarak kullanılan panel elemanlar farklı türlerde cephelerde tasarlanmaktadır. Cephede bir dış duvar sistemi olarak, cephe kaplama malzemesi olarak ve cephede ek eleman olarak kullanımları bulunmaktadır. Dış duvar sistemi olarak ve cephe kaplama malzemesi olarak kullanımlar, tek katmanlı cephe veya giydirme cephe gibi tasarlanmaktadır. Cephelerde ek eleman olarak kullanmak ise gölgeleme elemanlarına ihtiyaç duyulmasıyla ortaya çıkmaktadır. Gölgeleme elemanları fotovoltaik paneller dediğimiz birtakım ek elemanlarla oluşturulmaktadır [76]. Fotovoltaik paneller, güneş enerjisini kullanarak çevreye zararlı atık bırakmadan, gürültü çıkarmadan elektrik enerjisi üreten düzeneklerdir. Bu elemanların cephe açıklıklarının üst noktalarında kullanılması ile birlikte cephede gölgelenme sağlanmış olacaktır. Aynı zamanda elektrik enerjisi üretimi de gerçekleşmektedir. Fotovoltaik panel kullanımı ile birlikte enerji korunumu açısından hem aktif hem de pasif birtakım önlemler alınmış olmaktadır [77].

Fotovoltaik paneller mimaride farklı bölümlerde ve farklı türlerde kullanılmaktadır. İlk olarak çatı ve cephelerde kullanımı ile yaygınlaşmıştır. Yapıda saçaklarda parapetlerde, korkuluk gibi yapısal elemanlarda da kullanılmaktadır. Gelişen teknolojiler ışığında panellerinde üretimleri değişmiş ve farklı nitelikte ürünler kullanılmaya başlanmıştır. Alüminyum çerçeveli modüller, çerçevesiz modüller, metal tabanlı modüller ve çift yüzeyli modüller şeklinde bir sınıflandırma yapılabilmektedir [78]. Son dönemlerde özellikle binaların doğrudan güneş ışığı alan cephelerinde kullanılmaya başlanmıştır (Resim 2.9). Üretilen elektrik enerjisi bina içi aydınlatma ve elektrikli alet kullanımında, kırsal kesim elektrifikasyonlarında, park ve dinlenme alanları aydınlatmalarında, tarım sulamasında, ikaz uyarı sistemlerinin çalışmasında kullanılmaktadır. Kullanım alanı gün geçtikçe artmaktadır.



Resim 2.9. Solar Fabrik binasında fotovoltaik panel kullanımı [79]

Fotovoltaik panellerin cephelerde kullanılması binalarda yangın riskini artırmaktadır. Bunun sebebi fotovoltaik panellerin, modüllerin ve bileşenlerin yangının cephede ortaya çıkmasına ve yayılmasına katkı sağlamasıdır. Fotovoltaik panelli cephelerde yanıcı ürünlerin kullanılması ve oluşacak zehirli gazın iç mekânlara geçmesi sorun oluşturmaktadır. Özellikle kablolardan elektrik sebebiyle yangının ortaya çıkması ve bu yangının jeneratöre ulaşması büyük tehlike arz etmektedir. Bakım personelinin güvenliği de bu bağlamda sağlanmalı, iş güvenliği kriterleri dikkate alınmalıdır. Yangın anında yangına müdahale eden ekiplerinin de güvenliği sağlanmalıdır. Bu gibi kriterleri incelediğimizde ise fotovoltaik panellerin malzemesinin yangına tepkisi, zehirli gaz açığa çıkarma özelliği, damlama özelliği gibi niteliklerinin bilinmesi gerekmektedir [80].

Fotovoltaik panellerin yangın dayanımında en önemli kriter malzeme olsa da birtakım tasarım çözümleri de yangın güvenliği açısından faydalı olmaktadır. Cepheye yerleştirilen photovoltaik panellerin belirli açılarda olması, yangını cepheden uzaklaştırması kapsamında, uygun çözümler sunabilmektedir. Özellikle cephenin paneller sistemi ile oluşturulması yangın güvenliği açısından sorun teşkil etmektedir (Resim 2.10). Panellerin cephe elemanlarının önüne gelerek cepheden bağımsız çalışması sağlanmalıdır. Böylelikle iç mekân ile fotovoltaik paneller arasındaki ilişki koparılmış olacaktır. Herhangi bir yangın anında fotovoltaik paneller ve cephe elemanları farklı davranış gösterebilecektir. Fotovoltaik panellerin yangıcılık özelliği olan malzemelerden üretilmesi, cephelerde kullanım olanaklarını kısıtlayıcı hale getirmektedir.



Resim 2.10. Fotovoltaik panellerin yangın sonrası durumu [81]

Fotovoltaik panellerde elektrik akımının bulunması sebebiyle yangın anında, ilk yapılacak müdahale elektrik akımının devre dışı bırakılmasıdır. Otomatik algılama ile elektrik akımını devre dışı bırakan sistemlerin kullanılması gerekmektedir. Otomatik algılama sistemleri bulunmuyorsa söndürme ekiplerinin şehir şebekesinden müdahale etmesi uygun olacaktır. Fotovoltaik panellerin düşük voltajlı olarak kullanılması da önemlidir. Elektrik akımının mikro çeviriciler yardımıyla uygun voltaja dönüştürülmesi gerekmektedir. Fotovoltaik panellerin yakınında yanıcı malzemelerin bulundurulmaması esastır. Bu durum iç ortamda, dış ortamda ve cephe katmanlaşmasında dikkat edilecek bir husustur. Çatılarda ve cephelerde kullanılan panellerde yangın anında göçme riski unutulmamalıdır. Uygun statik dayanımları sağlanmalıdır. Belirli bir süre içerisinde yük taşıyabilen elemanlarla desteklenmeleri gerekmektedir [82].

Günümüzde, fotovoltaik paneller ile ilişkili yangın riskleri, herhangi bir elektrikle çalışan ekipmanla ilişkili olan yangın risklerinden daha büyük değildir. Ancak, tüm elektrikli cihazlarda olduğu gibi, bu sistemlerin doğru bir şekilde tasarlanması, doğru test edilmiş bileşenlerden oluşması, standartlara ve yönetmeliklere uygun bir şekilde kurulması ve düzenli olarak bakımının yapılması önemlidir [82].

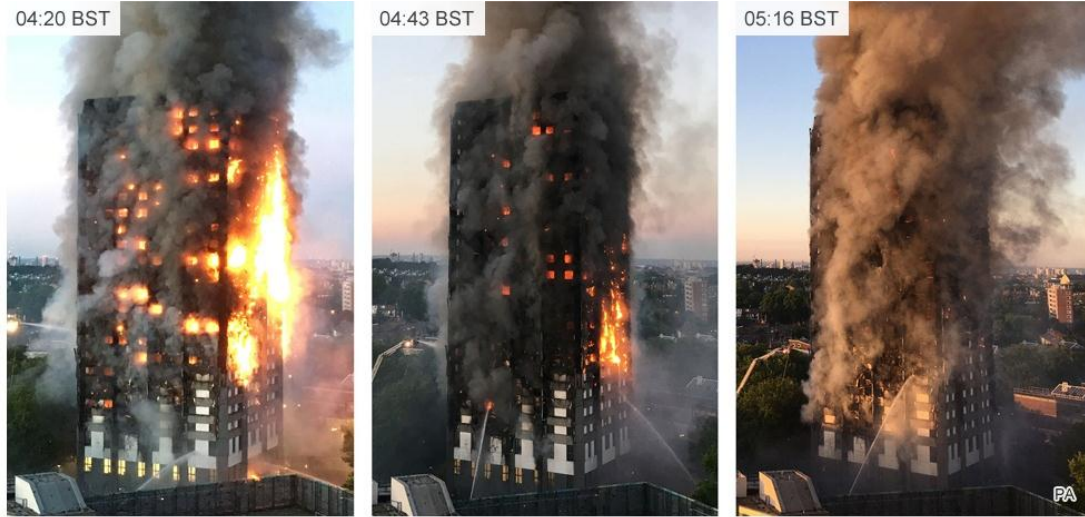
3. CEPHELERDE YANGININ ORTAYA ÇIKMA VE YAYILMA NEDENLERİ

Günümüz binalarında en önemli yangın güvenlik önlemi yangının ortaya çıkmaması yönünde olmaktadır. Bu durum yangını ortaya çıkaran unsurlardan (yanıcı madde, oksijen ve ısı) en az birinin ortamda bulunmaması ile mümkündür. Yangın üçgeni olarak bilinen bu maddelerden birinin yokluğu, günümüz bina yaşam döngüsünde söz konusu değildir. Özellikle teknoloji ile birlikte elektrik kullanımının artması, konfor gereksinimleri ile malzeme imkanlarının çoğalması, bunun sonucu olarak kullanıcı taleplerinin fazlaşması yangının beklenmedik bir anda ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Yangının ortaya çıkması ve yayılması ise çok hızlı bir şekilde gerçekleşmektedir. Bu bağlamda, yangın sırasında can ve mal güvenliğinin sağlanması esas olup, bu yayılma sürecinin analiz edilebilmesi gerekmektedir.

Binalarda yangının ortaya çıkmasında cepheler önemli birer yapı elemanı olmaktadır. Hem dış ortam ile temas halinde olması hem iç ortam ile ilişki kurması bakımından yangın riski fazla olan elemanlardır. Bu durumda genel olarak cephelerde ortaya çıkan yangınları dahili (kapalı hacim yangınları) ve harici (komşu binadaki yangınlar ve cephe ve çevresinde oluşacak yangınlar) olarak nitelemek mümkündür [83]. Dahili yangınlar; kapalı bir hacimde ortaya çıkarak, yapı kabuğundaki pencere, menfez, kapı vb. boşluklardan geçerek cepheyi etkileyen yangınlardır. Yangının cepheye sirayet etmesi, cephe boşluklarının geometrik ölçülerine ve yangının büyüklüğüne bağlıdır. Bu tip yangınlar cephe yangınlarında en riskli yangınlar olarak bilinmektedir. Tam gelişmiş yangınlarda, yangının bulunduğu ortamda sıcaklık yaklaşık 500 °C değerinin üstüne çıkmaktadır. Ortamda bulunan yanıcı madde ve yangın yüküne bağlı olarak 120-150 kW/m² ısı üretilmektedir. Bu durum cephedeki malzemelerin yanıcılık sınıfına göre büyük risk taşımaktadır. Harici yangınlar; cepheye dış ortamdan sirayet eden yangınlardır. Cepheden bağımsız bir kaynak tarafından üretilen ısıнын cepheye ulaşması ile oluşmaktadır. Bu tip yangınları tetikleyen birtakım unsurlar olabilmektedir. Bunlar: ısınımın etkisi, rüzgârın etkisi, bina bitişiğindeki kent donatıları (telefon direkleri, çöp konteynırları vb.) gibi unsurlar olabilmektedir [84].

Cepheye ulaşan bir yangının -belirli önlemler alınmadığı sürece- cephe boyunca yatay ve düşey yönde ilerlemesi gerçekleşmektedir. Özellikle son yıllarda yaşanan yüksek bina yangınlarında yangının cephelerden yayılması çok sık rastlanılan bir durum haline gelmiştir

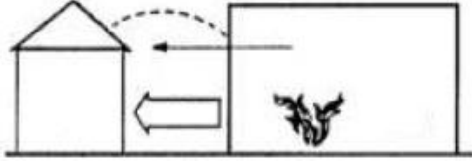
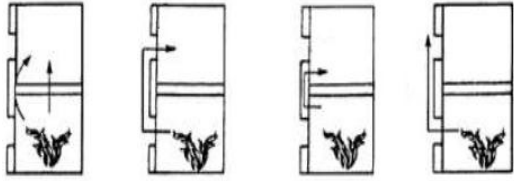
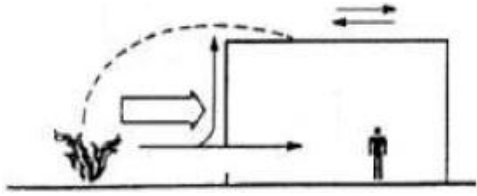
(Resim 3.1). Cephelerde yangının yayılmasında cephe malzemelerinin yanıcılık sınıfının önemi son derece büyüktür. Fakat cephelerde yangının yayılmasında sadece malzemenin yanıcılık sınıfı etkili olmamakla birlikte, birden fazla etken bulunmaktadır.



Resim 3.1. Yangınının cephe üzerinden yayılma süreci [85]

Cephelerde yangının yayılmasında etkili olan başlıca kritik unsurlar vardır. Bu unsurları proje tasarım aşamasında ele almak ve değerlendirmek gerekmektedir. Alınacak yangın güvenlik önlemleri de bu bağlamda önemli olmaktadır. Cephelerde yangın genel olarak üç şekilde yayılmaktadır. Bunlardan birincisi, binaya dış ortamdan gelerek yangının oluşması ve yayılmasında doğrudan katkı bulunan malzemeler tarafında gerçekleşmektedir. Bu şekilde yangının yayılmasında dış ortamdaki araç konumları, çöp konteynırlarının uzaklıkları, bitki elemanlarının mesafeleri, baca konumlandırmaları vb. önemli olmaktadır. İkincisi, binanın cephesinde kapalı hacimde oluşan yangının bina boşlukları aracılığıyla, cephe döşeme birleşimlerinden sızarak veya pencere gibi boşluklardan geçerek yangının yayılması durumudur. Bu yayılma biçiminde alev ile birlikte ısının radyasyon etkisiyle yayılması sonucu da yangın meydana gelmektedir. Malzemelerin yanıcılık değeri etkili olurken, cephe katmanlaşması, özel cephe tasarımları da yangının bu tür yayılmasında etkili olabilmektedir. Üçüncüsü, binanın çevresindeki birimlerin yanması sonucu ısı geçişi ile olmaktadır. Isı iletim türlerinden biri olarak ışıınım (radyasyon) yolu ile ısı akışı olmakta ve tutuşma sıcaklığına erişen bir malzeme yanmaya başlamaktadır. Gerekli mesafelerin olması ve yangın anında soğutma çalışmalarının yapılması bu bağlamda alınabilecek en temel güvenlik önlemlerindendir [86] (Çizelge 3.1). Yangının yayılmasının farklı türlerde olması alınabilecek güvenlik önlemlerinin de bu kapsamda çeşitlilik göstermesi beklenmektedir.

Çizelge 3.1. Yangının cephe üzerinde yayılma senaryoları [86]

Cephe Yangın Senaryoları	Açıklamalar	Şema Gösterimleri [87]
Dış kaynaklar aracılığı ile cephe yangın yayılımı	Bitişik yapılardan kaynaklı veya araç, çöp konteynırı, klima gibi donatılardan kaynaklı yangınların yayılmasıdır.	
İç mekândan cepheye sirayet eden yangın ve duman yayılımı	Yapı elemanlarının ara kesitlerinde, cephe döşeme birleşimlerinde ve malzemeler arası oluşan boşluklarda yangının ve dumanın yayılmasıdır	
Bitişik yapılar aracılığıyla cephe yangın yayılımı	Bina çevresindeki elemanların uzaklık mesafelerine göre belirli bir radyasyon etkisi ile yangının yayılmasıdır.	

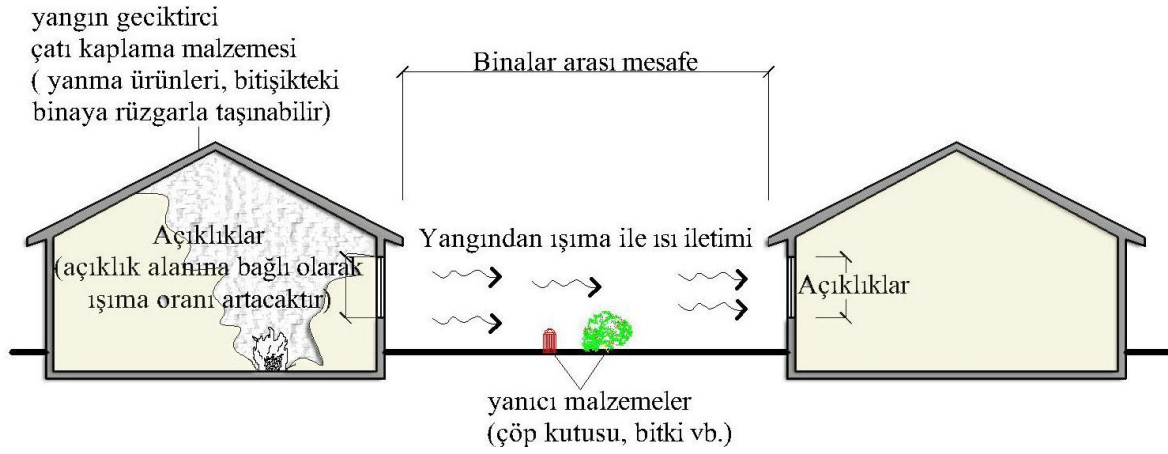
Yangının cephelerde yayılma senaryolarının bilinmesi, yangının cephelerde yayılmasının önlenmesi açısından önemlidir. Cephelerde yangının yayılma senaryoları ile birlikte bu durumu etkileyen unsurların tespit edilmesi gerekmektedir. Bu unsurlar tasarım kararları ile belirlenmekte olup, yangının ortaya çıkmasında ve yayılmasında etken rol oynamaktadır. Tasarım kararlarının, bina cephesinde yangın yayılmasında hızlandırıcı ve yavaşlatıcı etkisinin olabileceği gibi yangının tamamen önlenmesinde de etkisi olabilmektedir.

3.1. Binanın Konumu ve Binalar Arası Mesafeler

Son zamanlarda artan nüfusla birlikte kentler hızlı bir büyüme sürecine girmiştir. Kentlerin yüzölçümleri artmış ve yapısal alanlar fazlalaşmıştır. Buna bağlı olarak kent merkezine yakın olma çabası güdülmüş ve binalar birbirine yakın konumlandırılmıştır. Binaların birbirine belirli mesafelerde yakın olması, bazı durumlarda bitişik nizam yapıların ortaya çıkması günümüzde sık rastlanılan bir durum haline gelmiştir. Tüm bu veriler ışığında; bir binada ortaya çıkabilecek yangın yapı dış kabuğu aracılığıyla diğer binalara kolayca yayılabilmektedir. Yapı dış kabuğu olarak cephelerin de bu bağlamda tasarlanması gerekmektedir.

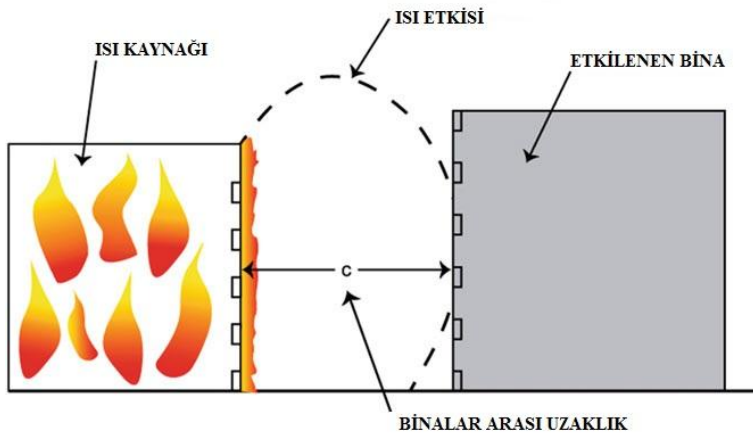
Yanmakta olan bir binadan diğer bir binaya yangının geçişi çeşitli yollarla olmaktadır. Bunlar:

- Alevin doğrudan binaya ulaşması
- Havada uçuşan yanan parçacıkların ulaşması
- Taşıma yolu (konveksiyon) ile ısıнын ulaşması
- Işınım yolu (radyasyon) ile ısıнын ulaşması yolları ile oluşmaktadır [88] (Şekil 3.1).

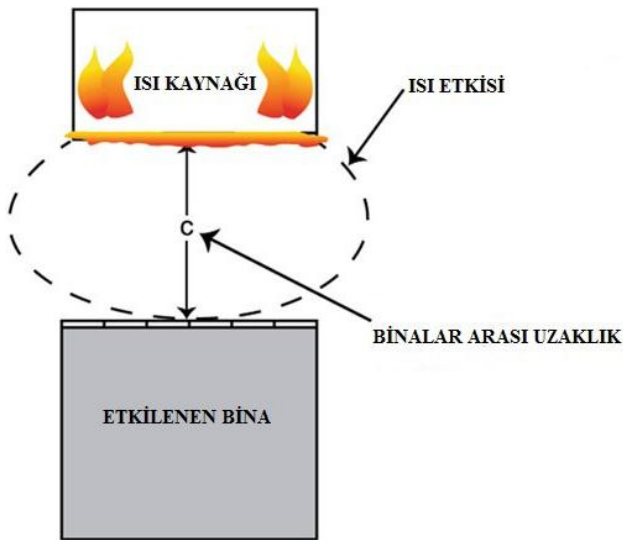


Şekil 3.1. Yangının binalar arasında yayılması [89]

Binalar arası yangın yayılma yollarını incelediğimizde her biri büyük riskler taşımaktadır. Özellikle cephelerde güvenlik önlemlerinde ısınım ile yayılma ciddi problemlere sebep olmaktadır. Yayılan ısıma miktarı, cephe üzerinde bulunan veya cepheye yakın noktada bulunan malzemeleri tutuşturabilmekte ve yangın bu noktadan yayılabilmektedir. Işıma ile yangının yayılmasında yayılan ısıma şiddeti, konfigürasyon faktörü ve komşu binada yangına maruz kalan malzemelerin tutuşabilirliği etkili olmaktadır [87] (Şekil 3.2 ve Şekil 3.3). Özellikle büyük ölçekli yangınlarda, yangının çıktığı binanın çevresindeki binalarda, soğutma çalışmaları yapılarak yangının ısıma ile yayılması önlenebilmektedir.



Şekil 3.2. Yangının binalar arasında yayılmasının düşey yönden incelenmesi [90]



Şekil 3.3. Yangının binalar arasında yayılmasının yatay yönden incelenmesi [90]

Cephelerde kullanılan malzemelerin niteliğine göre belirli bir ısı değerinden sonra tutuşma gerçekleşmektedir. Binalar arası mesafeler ve cephede kullanılan malzemeler etkili olurken, yangının aktif faaliyette olduğu süre de önemlidir. Uzun süre ısımaya maruz kalan yüzey başlangıçta daha geç ısı kazanırken, ilerleyen aşamalarda içindeki su buharını kaybedecek ve hızlı bir şekilde ısınacaktır. Malzemenin ısınmasında malzeme içi nem oranı, yöresel iklim koşulları, yaşanan mevsim gibi dış etkenler söz konusudur. Bu konuda ülke mevzuatlarında özel hesaplamalar ve tablolar mevcut olup uyulması gereken nicelikler bulunmaktadır. Ülkemizde yürürlükte olan Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik (BYKHY) kapsamında ısıtım ile yayılma konusunda herhangi bir düzenleme bulunmamaktadır. Uluslararası mevzuatlar incelendiğinde ise Amerika Birleşik Devletleri'ne ait NFPA 80A Recommended Practice for Protection of Buildings from

Exterior Fire Exposures ve İngiltere’de BRE çalışmaları kapsamında External Fire Spread: Building Separation and Fire Distances BR 187 karşımıza çıkmaktadır [91-92]. Gelişmiş ülke mevzuatlarından bu çerçevede yararlanmak yangın güvenliği açısından doğru bir yaklaşım olmaktadır.

Yangının binalar arası yayılmasında ışıınımdan farklı olarak, uçuşan parçalarda yangının yayılmasına sebep olmaktadır. Özellikle yangın, binanın yakın çevresindeki kurumuş otlara, oradan diğer kentsel donatılara veya binalara sıçramaktadır. Yanıcılık özelliği olan malzemelerin komşu bina üzerinde tutuşma riski; uçuşan yanmış maddelerin büyüklüğü, uçuşan yanmış maddelerin izlediği güzergâh, bölgesel soğutma koşullarına bağlı olarak değişmektedir [87]. Bu durumda, cephelerde kullanılacak malzemelerin yangın sırasında yanarak etrafa dağılması risk teşkil etmektedir. Ülkemizde 17 Temmuz 2012 yılında gerçekleşen Polat Tower yangınında yanmaz ısı yalıtım malzemesinin (taş yünü) kullanılması bu bağlamda doğru karar olmuştur. Yangın anında bağlantısını kaybeden yalıtım malzemeleri etrafa dağılmıştır (Resim 3.2). Yalıtım amacıyla yanıcı bir malzeme kullanılması çok daha tehlikeli sonuçların ortaya çıkmasına sebep olabilmektedir [93].



Resim 3.2. Cephe yangını sırasında dağılan parçalar [94]

Komşu binalardan veya çevrede yanan maddelerden binaya yangının yayılmasında etkili olan en önemli yapı elemanı cephelerdir. Bu nedenle cephelerde yanıcı malzeme kullanmak yangının yayılmasını tetiklemektedir. Cephede kullanılacak malzemenin yangına tepkisine dikkat etmek gerekir. Olası bir yangın kaynağı ile bina arasında yangın yayılımına izin

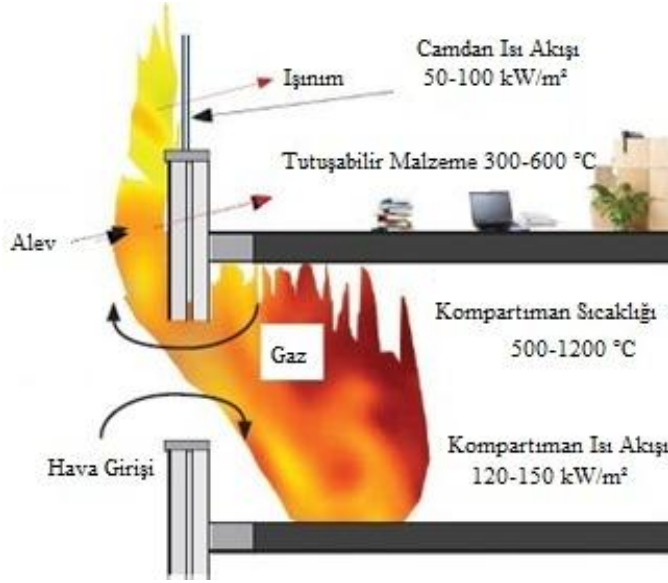
vermeyecek şekilde uygun mesafeler bırakılmalıdır. Cephe açıklık oranlarının belirlenmesi bu kapsamda ele alınmalıdır. Binalar arası mesafeler artırılmalı, bina bitişiğinde yangın çıkarma ihtimali yüksek olan elemanlar (çöp, kuru ot, aydınlatma elemanı, araçlar vb.) bulundurulmamalıdır. Yapılar arasına engeller koymak da bir çözüm önerisi olarak sunulabilir. Özellikle bitişik nizam yapılarda yangın duvarlarının olması gerekmektedir. Yangın duvarı yangının hem kapalı hacimde hem de yapı kabuğu (çatı ve cephe) üzerinden yayılmasını engellemektedir. Pasif önlemlere ek olarak cephelerde kullanılan aktif söndürme sistemlerinin bulunması doğru bir yaklaşım olarak tercih edilmektedir. Olası bir yangın anında devreye girerek söndürme işlemini yapacak ve cephe elemanlarını soğutacaktır. Bu yöntem cephenin tutuşma riskini azaltacaktır [95].

3.2. Bina Açıklık Oranları

Yangının bina açıklıklarından üst katlara yayılmasında üç farklı durum bulunmaktadır:

- İç taraftan, yangının katlar arasındaki boşluklardan üst katlara yayılması
- Dış taraftan, yangının cepheye temas etmeden doğrudan üst katlara yayılması
- Dış taraftan, yangının cephe katmanlaşması üzerinden yayılması [96].

Kapalı hacimde meydana gelen yangın, yukarı doğru yayılma eğilimi göstermektedir. Aşırı ısınmaya bağlı olarak üst noktalara ulaşan yangın binada zayıf noktalara daha çok etki edecektir. Özellikle pencere gibi boşluklardan yayılma ve hava ile buluşma eğiliminde olacaktır. Yangın, cam elemanları aşırı ısınma ile patlatarak cepheye yayılacak ve bu aşamadan sonra üst katlara cephe aracılığıyla ulaşacaktır. (Şekil 3.4). Bu durumda pencere, kapı gibi cephedeki açıklıkların uygun şekilde tasarlanması gerekmektedir. Aynı zamanda yangının, döşeme cephe birleşimlerinde oluşan açıklıklardan yayılması risk taşımaktadır. Yangının bu şekilde cephede yayılması durumuna sıçrama (leap frog) denilmektedir. Özellikle yüksek binalarda yapılan giydirme cam cephelerde çok sık gördüğümüz temel yangın güvenlik problemlerinden birisidir. Alevin ve dumanın üst katlara taşınması bakımından sorun oluşturmaktadır. Birleşim noktalarında uygun detay çözümlerinin yapılması ve bu boşlukların kapatılarak tasarlanması, sızdırmaz nitelikte olması gerekmektedir [97].



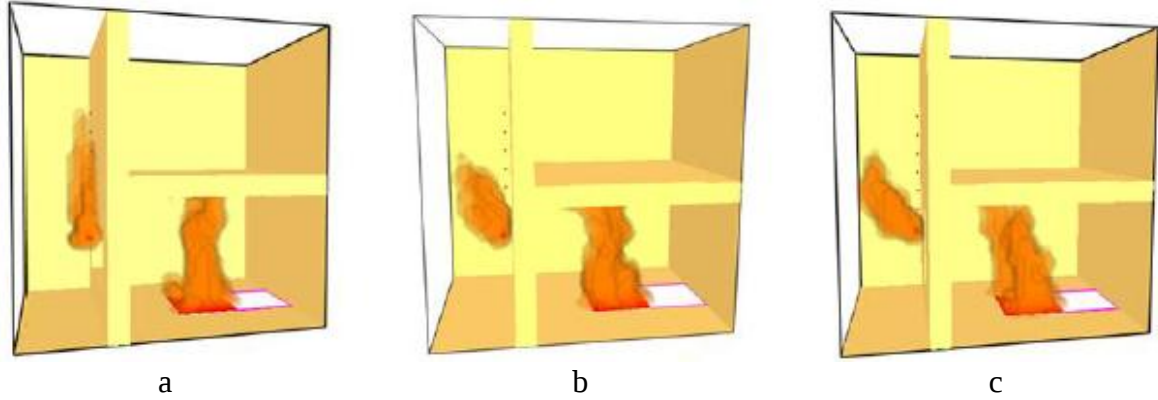
Şekil 3.4. Bina açıklıklarından yangının üst noktalara yayılması [98]

Bina açıklıklarından yangının yayılmasında bir diğer risk unsuru da camın kırılmasından sonra gerçekleşmektedir. Yanan ortamda oksijen miktarı giderek azalacaktır. Cam kırıldığı anda ise ortama hızlı bir şekilde oksijen girecek ve patlama (backdraft) olayı gerçekleşecektir. Bu durum söndürme ekipleri ve orada bulunan bireyler için büyük risk taşımaktadır. Camın yangına karşı belirli bir süre dayanımının olması gerekmektedir. Çeşitli ülkelerin mevzuatlarında bu durum dikkate alınmakta ve camın dayanımına yönelik uygun deney düzenekleri yapılmaktadır. Cephelerde kullanılacak olan camın, yangın anındaki iç ortam basıncına ve yangına karşı dayanımı önemli bir güvenlik parametresi olmaktadır.

Yangının bina açıklıklarından yayılmasında etkili olan faktörler vardır. Bunlar; pencere alanı ve yüksekliği, odanın geometrik düzeni, yanmakta olan malzemenin niteliği ve bileşenleri, yanma oranı ve rüzgârın etkisidir. Bu faktörlere bağlı olarak yangın üst noktalara ulaşacaktır [98]. Tasarım aşamasında olan bir projede pencere eleman boyutlarının ve cephe şeffaflık oranlarının belirlenmesinde yangın ve dumanın yayılım güzergâhları dikkate alınmalıdır. Pencerelelerin boyutlandırılması yapılırken yangının yayılma senaryoları saptanmalı, gerekli güvenlik önlemleri düşünülmelidir.

Pencerelerin boyutlarına bağlı olarak yangın yayılma senaryoları değişmektedir ve yangının ilerleyeceği güzergâh bu duruma göre şekillenmektedir. Örneğin, geniş pencerelerde alevin ve dumanın bina cephesine bitişik olarak yükseldiği gözlenmektedir. Bu durum cephelerde yangının oluşmasına sebep olmaktadır. Kare şeklinde olan pencerelerde bu durum daha az

olmakta, alev dili cepheden uzaklaşmaktadır. Özellikle uzun pencerelerde alevin ve dumanın cepheden uzaklaştığı görülmektedir. Uzun pencerelerin (yüksekliği eninden büyük) olması alev ve dumanın yayılmasında güvenli bir tasarım unsuru olarak düşünülmektedir (Şekil 3.5). Diğer pencerelerde ise ek önlemlerin alınması gerekliliği söz konusu olmaktadır [99].



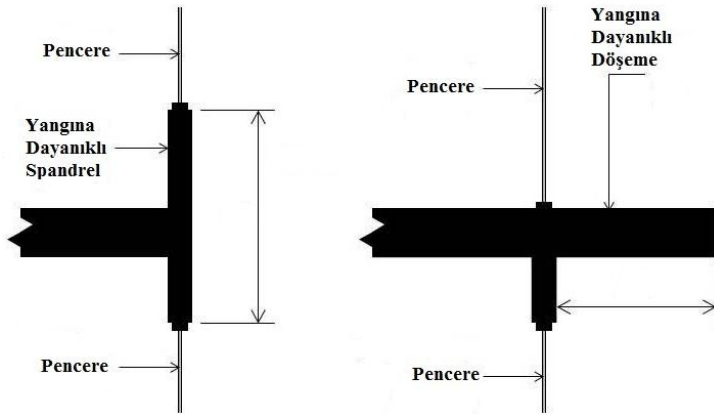
Şekil 3.5. Pencere boyutları ve yangının yayılması a. Geniş pencere b. Kare pencere c. Uzun pencere [99]

2008 yılında İngiltere’de Wolcester Polytechnic Institute tarafından Gretar Tryggvason danışmanlığında yapılan deneysel bir çalışma ile yangın sırasında pencere boyutlarına bağlı olarak ısı akış miktarları araştırılmıştır. Bu araştırmada ise test kılavuzu olarak American Society for Testing and Materials (ASTM) E 2307-Standard Test Method for Determining Fire Resistance of Perimeter Fire Barriers Using Intermediate-Scale, Multi-story Test Apparatus esas alınmıştır. Test standardına uygun olarak bir oda (3m x 3m x 2m) ve yanıcı bir malzeme kullanılmış ve tüm deney düzeneğinde sabit kalmıştır. Fire Dynamics Simulator ve Smokeview programlarında yangının hareketleri ve ısı ölçümleri yapılmıştır. Yangın sırasında ısı miktarının 9 kW/m²’den fazla 35 kW/m²’den az olması temel alınmış ve yangının bu noktalardan itibaren ulaştığı yükseklik değerleri hesaplanmıştır. Isı değerleri ise pencerede kullanılan camın, kırılarak düşme ihtimali olan değerler olarak alınmıştır. Bu deneysel çalışmanın sonucunda ise pencere ebatlarının karşılaştırılması yapılarak pencere ebatlarına göre yangının yayılma durumu tablolastırılmıştır (Çizelge 3.2). Sonuç olarak ise geniş cephelerde cephe sistematığı üzerinden yangının yayılma riskinin daha fazla olduğu saptanmıştır. Yangın ve ısının yayılması, düşey uzun cephe açıklıklarında daha düşük değerlerde bulunmuştur [99].

Çizelge 3.2. Pencere oranlarına göre alev ve ısı yayılımları [99]

Pencere Boyutları (cm)	Alev Uzunluğu (cm)	Alev Niteliği	9 kW/m ² 'yi aşan ısı akışının pencere üzerindeki yüksekliği (cm)	35 kW/m ² 'yi aşan ısı akışının pencere üzerindeki yüksekliği (cm)
ASTM Standart (76,20 x 198,12)	167,64	Duvarla Bitişik	304,80+	91,44
Kare Pencere (91,44 x 91,44)	115,82	Duvarla Az Bitişik	106,68	38,10
Geniş Pencere (64,77 x 129,54)	137,16	Duvarla Bitişik	304,80+	91,44
Uzun Pencere 129,54 x 64,77	103,63	Duvardan Uzakta	91,44	0
Geniş Pencere (96,92 x 194,15)	182,88	Duvarla Bitişik	304,80+	91,44
Uzun Pencere (96,92 x 194,15)	106,68	Duvardan Uzakta	76,20	0

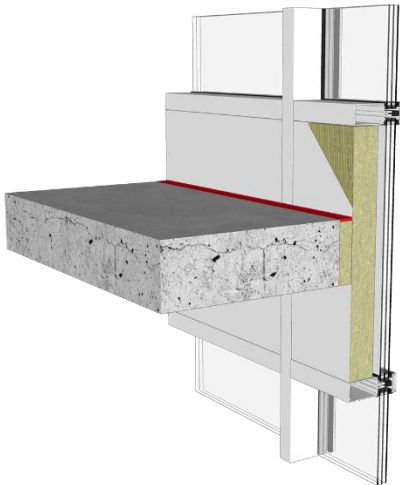
Bina açıklıklarından yangının yayılmasının önlenmesinde alevin ve gazların diğer katlara geçişinin engellenmesi gerekmektedir. Cephe tasarımında kullanılacak malzemelerin yanmaz malzemelerden seçilmesi gerekliliği en temel önlemdir. Malzemelerin yangın performanslarına tezin sonraki bölümünde yer verilecektir. Malzemelerin yangın performansından farklı olarak birtakım pasif güvenlik önlemleri ile tedbirler alınmaktadır. Özellikle alt kattan üst kata yangın alevi ve ısının geçişini azaltmak için, yangına dayanıklı yüzeyler ya da saptırıcı elemanların kullanılması gerekmektedir. Spandrel olarak tanımlanan döşeme ve cephe birleşim noktalarının yanmaz malzemelerden seçilmesi ve belirli bir süre yangına dayanıklı olması beklenmektedir. Cephe birleşim noktalarında sızdırmazlık özelliklerinin sağlanması gerekmektedir. Spandrel elemanların binanın kullanım sınıfına göre belirli ölçülerde yapılması istenmektedir (Şekil 3.6). Binalarda yapılan çıkıntılar, balkonlar ve saçaklar da açıklık üstlerinde saptırıcı ve yönlendirici olarak görev yaparak alevin yayılmasına engel olmaktadır. Fakat bu noktada dikkat edilmesi gereken bu elemanların da yangına dayanıklı malzemelerden olması gerekliliğidir.



Şekil 3.6. Spandrel bölge ve yönlendirici elemanların kullanımı [100]

Ülkemiz yangın mevzuatında, cephe açıklıklarına yönelik birtakım yangın güvenlik önlemleri getirilmiştir. Spandrel boşlukların sızdırmazlık özelliğinde olması ve kritik birleşim noktalarında yangına karşı belirli bir süre dayanımının sağlanması gerekmektedir. Ülke mevzuatlarını incelediğimizde ise saptırıcı elemanların yatayda çıkıntı yapabilecek şekilde tasarlanması da bu hususta alınabilecek yangın güvenlik önlemlerindendir.

Giydirme cam cephelerde, döşeme ve cephe birleşim noktalarına dikkat edilmelidir. Birleşim noktalarını kapatmak yeterli olmayacaktır. Camın ve camı taşıyan konstrüksiyon metal elemanların hareketine bağlı olarak genleşme ve büzülme hareketlerine uyumlu parçalar ile desteklenmeli ara yalıtım malzemesi düşünülmelidir. Sızdırmazlık özelliğinin sağlanması, hacimler arası ısı geçişini de kontrol ederken, aynı zamanda akustik bir takım sorunların da çözümü olabilmektedir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Giydirme cam cephe ve döşeme sızdırmazlığının sağlanması [101]

2015 yılında El Nassar Tower binasında yangın meydana gelmiştir. Cephedeki açıklıklardan hızlı bir şekilde yayılan yangın, helikopterler aracılığı ile söndürülmüştür. Cephedeki açıklıklarda pasif yangın güvenlik önlemlerinin olmaması ciddi sorun oluşturmuştur. Belirli spandrel yüksekliklerinin olmaması ve saptırıcı elemanların bulunmaması yangının kolay bir şekilde yayılmasına neden olmuştur. Bina genelinde aktif söndürme sistemlerinin olmaması da yangına müdahale anlamında ciddi problemlere yol açmıştır. Cepheden yayılan yangın çevreye ciddi zararlar vermiştir [102] (Resim 3.3).



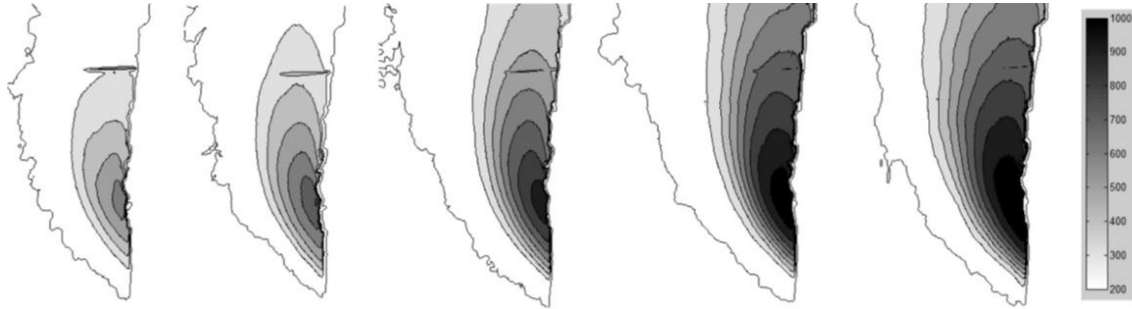
Resim 3.3. Bina açıklıklardan yangının yayılması [102]

3.3. Binanın Geometrik Formu

Cephelerde yangının yayılmasında etkili olan faktörlerden birisi de binanın geometrik formudur. Binanın geometrik formunu, mekân organizasyonları ve cephe hareketleri belirlemektedir. Cephede dikey yönde yapılan çıkıntılar, alevleri cepheden uzak tutmaktadır. Balkonlar, gölgeleme elemanları, saçaklar ve pencere çevresindeki derin bölme çıkıntıları alevi cepheden uzaklaştırarak yangının yayılma riskini azaltmaktadır [103]. Bina geometrik formu cephe yangınları ile birlikte, aynı zamanda mekân içindeki insan tahliyesini, kapalı hacim yangını, duman yayılımını ve yangına müdahale gibi durumları da etkilemektedir.

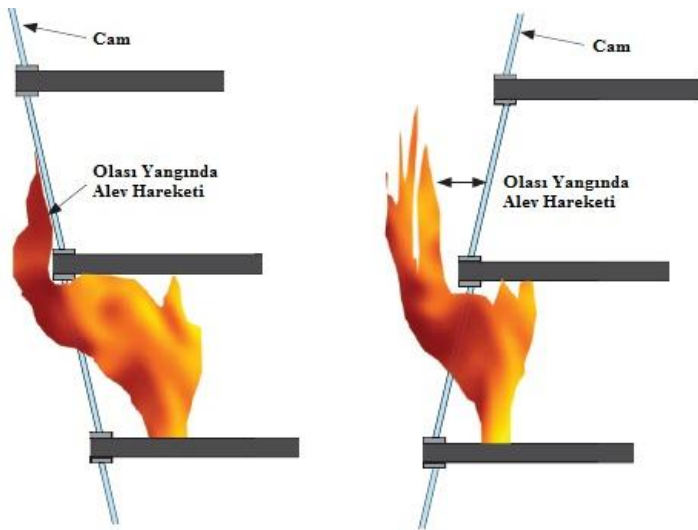
Cephelerde yangının dikey yönde bir hareketi oluşmaktadır. Cepheye ulaşan yangın alevi, ısıyı ve dumanı üst katlara taşıma eğilimindedir (Şekil 3.8). Cephe hareketlerinde bu durumun önüne geçilmesi gerekmekte olup, çeşitli ülkelerde bu konuya ait deneysel çalışmalar yapılmaktadır. Yatay yangın bariyerlerinin oluşturulması cephede

kullanılabilecek bir yöntemdir. Yatay yangın bariyerlerinin yanmaz bir malzemeden seçilmesi ve belli uzunluklarda tasarlanması gerekmektedir. Aksi takdirde, yanıcılık özelliği bulunan ve uzunluğu yetersiz olan bir malzeme yangının yayılmasında yetersiz kalacaktır.



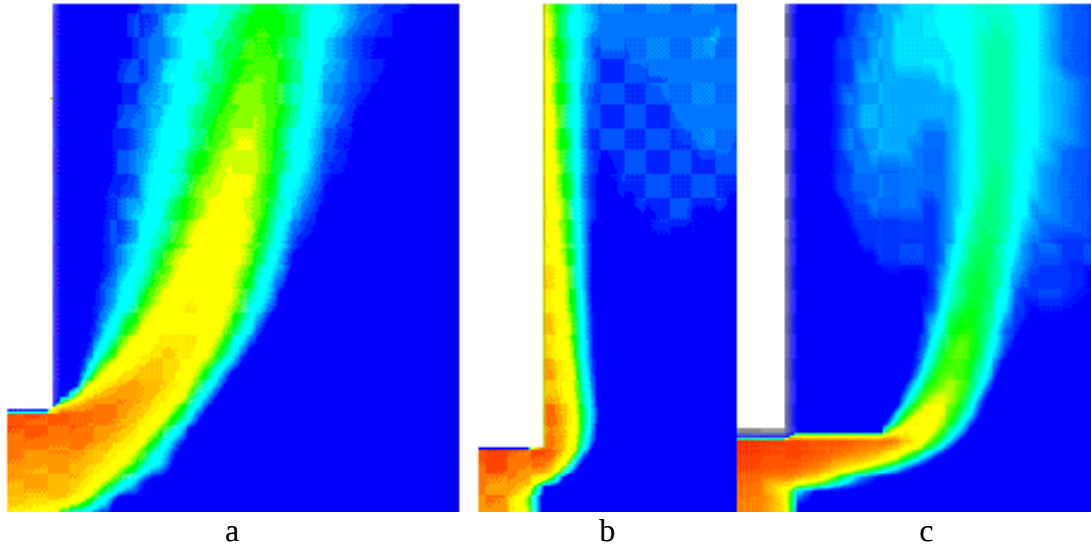
Şekil 3.8. Pencere boşluğundan çıkan alevlerin yükselmesi [104]

Bina cephelerinde yangının yayılmasında cephe formunun önemi büyüktür. Mimari tasarım aşamasında cephe geometrik formunda alınabilecek birtakım önlemler, cephelerde yangının yayılmasını engellemekte veya azaltmaktadır. Katlar arasında yangın güvenliğinin sağlanmasında döşemelerin cephelerde öne çıkması, malzemelerin sürekliliğini bozmakta ve doğru bir yangın güvenlik önlemi olmaktadır. Aynı zamanda cephelerin yükseldikçe geri çekilmesi, terasların ve balkonların oluşması da yangın güvenliği açısından uygun tasarımlardır. Cephe hareketlerinde geri çekilmelerin oluşması yangın anında alevin ve dumanın cepheden uzaklaşmasını sağlamaktadır. Konsol çıkmaların olması ise yangının döşeme ile ilişkisini çoğaltarak yangın güvenlik riskini artırmaktadır [96] (Şekil 3.9).



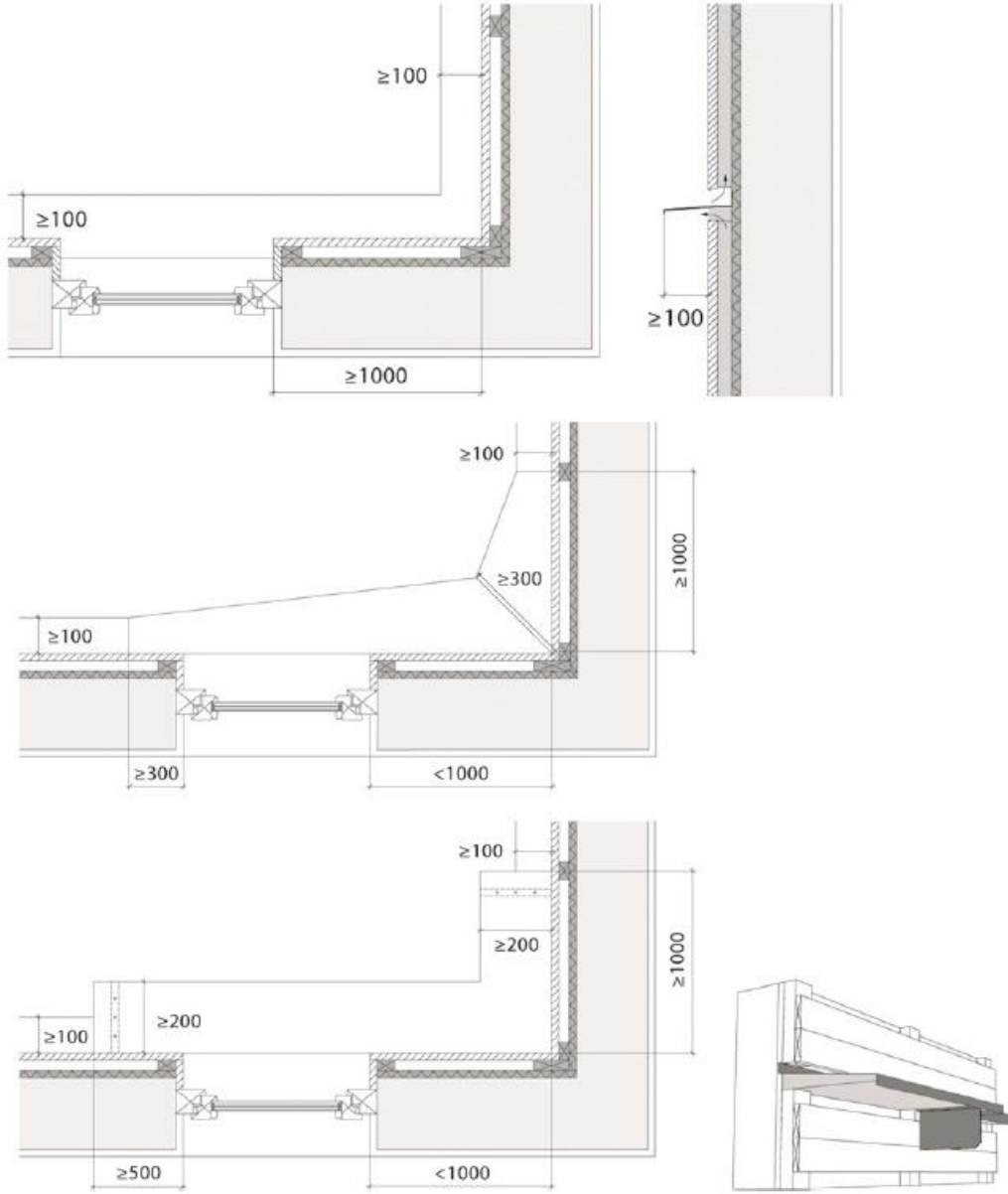
Şekil 3.9. Cephe geometrisi ve yangın dinamiği [96]

Yangının cephe üzerinden ilerlemesinde yatay engelleyici bariyerlerin etkisi büyüktür. İngiltere’de Greenwich Üniversitesi’nde yangının yatay bariyerler ile cepheden uzaklaştırılmasına yönelik bir çalışma yürütülmüştür. Dar pencere, geniş pencere ve geniş pencere üzerinde yatay çıkıntılı elemanlar kullanılarak üç farklı durum incelenmiştir. FLOW3D programında yapılan çalışmada, yatay çıkıntı kullanılan pencerenin yangını cepheden uzaklaştırdığı gözlemlenmiştir [105] (Şekil 3.10).



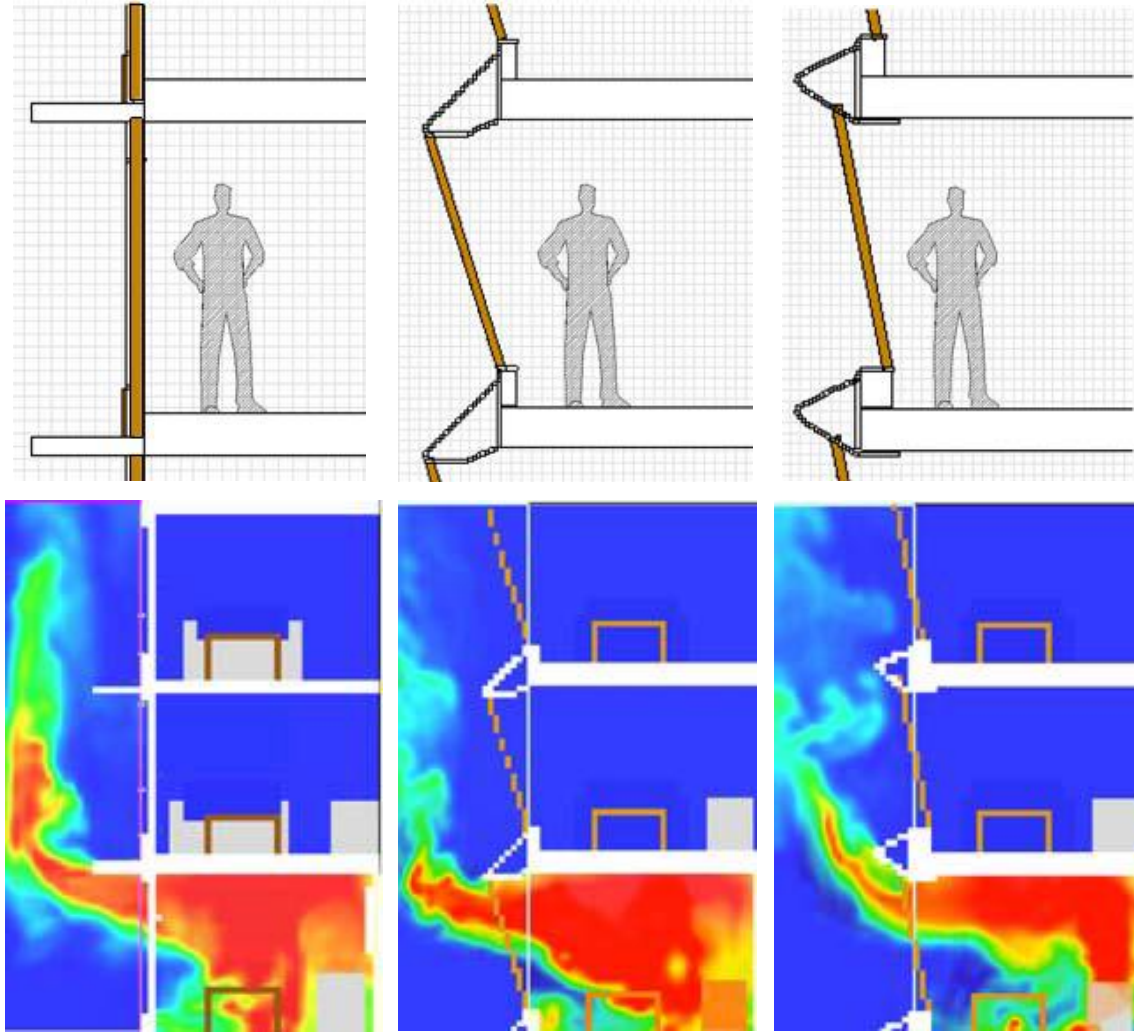
Şekil 3.10. Cephede yangın bariyeri kullanılması durumunda yangın hareketi a. Dar pencere b. Geniş pencere c. Üzeri 1 m yatay çıkıntılı pencere [105]

Cephede kullanılan yatay yangın bariyerlerinin konumu genellikle cephe açıklık üstleridir. Pencere ve kapıların üstlerinde kullanılmaktadır. Ancak cephede yangının oluşmasında çok farklı sebeplerin olabileceğinden yatay bariyer elemanların kesintisiz olması da önem taşımaktadır. Cephede kullanılan malzemelerin niteliği, cephe katmanlaşması, cephenin boşluklu olup olmaması gibi durumlara bağlı olarak değişmektedir. Giydirme cephelerde yanıcı malzeme olan ahşabın kullanılmasında bu duruma dikkat edilmelidir. Köşe noktalarında yangının hızlı yayılmasını engellemek için önlemler alınmalıdır. Köşe noktalarda yatay yangın bariyerleri sürekli olmalı, cephe açıklık oranı fazla ise köşe noktaları güçlendirilmelidir. Kritik noktalardaki detay çözümleri bu bağlamda önemli olmaktadır [106] (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Ahşap cephe köşesinde yatay yangın bariyeri kullanımı [107]

Yangının cephede ilerlemesini engellemek amacıyla kullanılan yatay yangın bariyerlerinin formu yangını cepheden uzaklaştırmada etkili olmaktadır. Eğimli kullanılan cephe elemanları da bu bağlamda yangını ve dumanı uzaklaştırabilmektedir. Bu elemanların uzunlukları ve açısı, hareketli olmaları ve cephede sürekli eleman olmaları da etkilemektedir. Bu hususta cephede kullanılacak elemanların yangın anındaki davranışları simülasyon programları ile düzenlenmeli, ilgili mevzuatlara uygun şekilde tasarlanmalıdır [106] (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Yatay yangın bariyeri tasarımının yangın dinamiğine etkisi [108]

Cephelerde yangının düşey yönde yayılmasında yatay bariyerler bir engel oluşturmaktadır. Yangın en riskli yayılım dinamiği bakımından düşey yayılım olarak gözükmemektedir. Düşey yayılımla birlikte yangın, yatay yönde de yayılım gösterebilmektedir. Özellikle cephe katmanlaşmasında yanıcı bir malzeme kullanılmasından kaynaklı olarak yangın yatay yönde de ilerleyebilmektedir. Bu yayılımı engellemek için bir takım kritik önlemler alınmaktadır. Malzemelerin devamlılığında ara yanmaz elemanların olması, mahal değişimlerinde malzemelerin bölünerek kesintiye uğratılması, bölücü duvar elemanlarının cephelerde çıkıntılar oluşturması gibi yöntemler uygulanmaktadır. Özellikle giydirme cephelerde ve çift katmanlı cephelerde uygulanması gerekmektedir.

Cephelerde yangın yayılımında dikkat edilmesi gereken diğer husus da bina geometrisinden kaynaklı iç bükey (konkav) yüzeylerin oluşma ihtimalidir. Olası bir yangın anında bu

yüzeylerde baca etkisi oluşacak ve yangın hızlı bir şekilde yükselecektir. Yangının ve dumanın hızlı bir şekilde yükselmesi kontrolü güçleştirecek ve bu durum yangının daha da ilerlemesine sebep olacaktır. Mümkün olduğunca baca etkisi oluşturacak dar, iç bükey cephe tasarımlarından kaçınmak gerekmektedir. İç bükey cephelere mekân organizasyonunda yangın riski yüksek mahaller önerilmemelidir. Dış ortamda çevre düzenlemelerinde de çöp, araç ve bitkilendirmenin binanın iç bükey yüzeylerine yakın mesafede konumlandırılmaması gerekmektedir.

5 Nisan 1991 yılında Knowsley Heights binasında yangın meydana gelmiştir. Sonradan binaya eklenen yanıcı ısı yalıtım malzemesi, dış kaynaklı bir yangın sonucunda tutuşmuş daha sonra yangın, cephe geometrisine bağlı olarak yayılmıştır. Cephede sadece düşey yönde yanma gerçekleşmiştir. Yanıcı yalıtım malzemesinin kullanılması ve cephede oluşan iç bükey yüzeyin baca etkisi sonucu yangın hızlı bir şekilde yayılmıştır [109] (Resim 3.4).



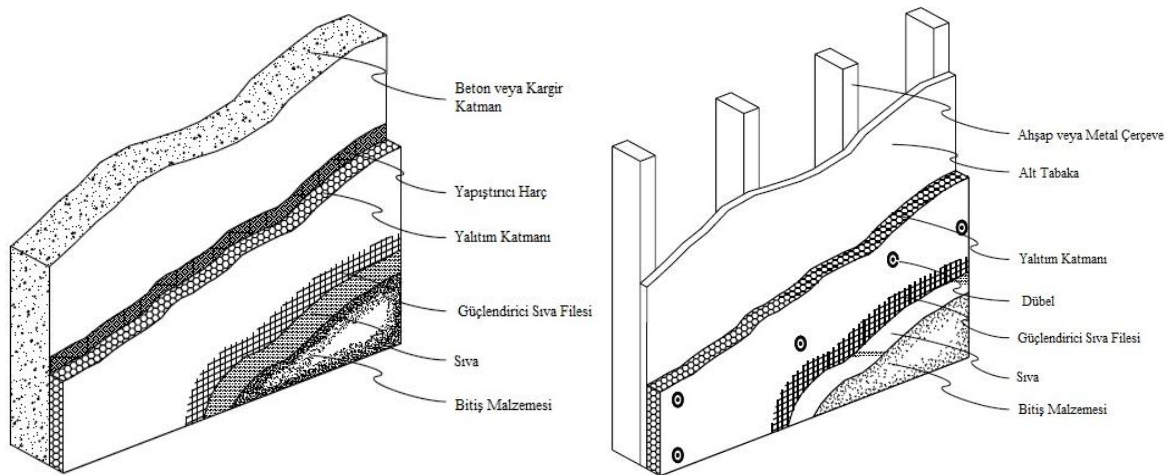
Resim 3.4. Cephe geometrisi ve yangının yayılması [110]

3.4. Cephe Katmanlaşması ve Baca Etkisi

Günümüzde konfor koşullarının sağlanmasına yönelik cephelerde kullanılan malzemelerin sayısı artmıştır. Cephe yapım sistemleri; yalıtım (izolasyon) tekniklerinin gelişmesi, yeni malzemelerin ortaya çıkması ve tasarımın sunduğu farklı geometri ile birlikte hızlı bir

dönüşüm geçirmiştir. Malzeme türlerinin çoğalması sonucunda cephe tasarımında yangın güvenliği önemli bir parametre olmuştur. Cephede yangının ortaya çıkmasında ve yayılmasında kullanılan malzemelerin yanıcılık sınıfının etkisi büyük olmaktadır. Bina cephelerinde yanıcı malzemelerin kullanılması, yangını başladığı noktalardan üst noktalara taşıyarak büyük riskler oluşturmaktadır. Kullanılan malzemelerin yangına tepkisi bilinmeli ve uygun mevzuatlar neticesinde cephelerde kullanılmadılır.

Cephelerde yangının ortaya çıkması ve yayılmasında cephe katmanında bulunan malzemelerin yangına tepkisi, nicelikleri ve kullanım sırası önemli olmaktadır. Aynı zamanda cephe katmanlaşmasında, katman sayısına göre cephelerin yangın anındaki davranışları farklılık göstermektedir. Cephe katmanlaşmasında genel bir yaklaşım ile iki tip cephe tasarımı bilinmektedir. Bu cephe tasarımları duvar yapımı ile oluşan tek katman olarak bilinen cephe tasarımları (masonry construction) ve hafif çerçeveli taşıyıcı sistemi bulunan ve birden fazla katmanı bulunduran cephe tasarımları (light weight framed construction) olarak bilinir (Şekil 3.13). Birden fazla katmanı bulunan cephelere çift katmanlı cepheler ve giydirme cepheler örnek verilebilir.



Şekil 3.13. Cephe katmanları [111]

Cephelerde katmanlaşmanın türüne bağlı olmaksızın, malzemelerin yangına vereceği tepki bilinmelidir. Bu nedenle iç ortamdan veya dış ortamdan kaynaklı yangına maruz kalan bir cephede katman elemanlarının verdiği reaksiyon önemlidir. Yanıcılık özelliğinin, zehirli gaz açığa çıkarma özelliğinin, damlama özelliğinin bilinmesi yangın güvenliği açısından uygun tasarımlar yapılmasını sağlamaktadır [112]. Duvar önünde kullanılan malzemelerde, bitiş

malzemelerinin yanıcılığı ve ısı yalıtımı, su yalıtımı, buhar kesici, donatı filesinin yanıcılığı düşünülmelidir. Sıva olarak kullanılan çimento, alçı vb. esaslı maddelerde yangın sırasında ısı kaynaklı aşırı nem kayıpları oluşmaktadır. Bu nedenden dolayı sıva mukavemetini kaybederek düşecek ve diğer katmanlar yangın ile karşılaşacaktır. Son bitiş malzemesi bu hususta değerlendirilmeli, sıva kalınlıkları önemsenmeli ve alt katmanlara yangının ulaşabileceği bilinmelidir. Özellikle iç mekânda oluşan yangınların pencere çerperlerinden cepheye ulaşımı gerçekleşmektedir. Bu tür kritik noktalarda uygun detay çözümleri, malzeme seçimleri ve malzeme kalınlıkları tanımlanmalıdır.

Hafif çerçevesiz taşıyıcı sistemi bulunan ve birden fazla katmana sahip olan cepheleri, tek katmanlı cephelerden ayıran en temel bileşen ise bir hava boşluğunu bulundurmasıdır. Bu tip cephelerde, cepheyi oluşturan ögelere baktığımızda; destek elemanı, ara strüktür elemanları, yalıtım malzemeleri, hava boşluğu ve kaplama malzemelerini görmekteyiz. Destek elemanı, statik dayanımı ve belirli bir mukavemeti olan strüktürel bir yapı elemanıdır. Duvar, kolon, kiriş, döşeme vb. olabilir. Cephede kullanılan tüm katmanların yükünü karşılayarak, güvenli bir şekilde cephe sistemini taşıyacaktır. Ara taşıyıcı elemanlar, kaplama malzemeleri için oluşturulan konstrüksiyon olarak binaya belirli noktalardan bağlanan hafif taşıyıcı elemanlardır. Genellikle alüminyum profiller kullanılmaktadır. Yalıtım malzemeleri, bina içi optimum konfor koşullarının sağlanmasına yönelik kullanılan çeşitli malzemelerdir. Hava boşluğu, yalıtım malzemeleri ile son bitiş kaplama malzemelerini ayıran ve iklimsel veriler açısından tasarlanan bir boşluktur. Boşluk mesafesi hava sirkülasyonuna bağlı olarak belirli kriterler neticesinde değişiklik göstermektedir. Kaplama malzemeleri ise cephede kullanılan ve dış ortamla etkileşimde olan bitiş malzemeleridir [113].

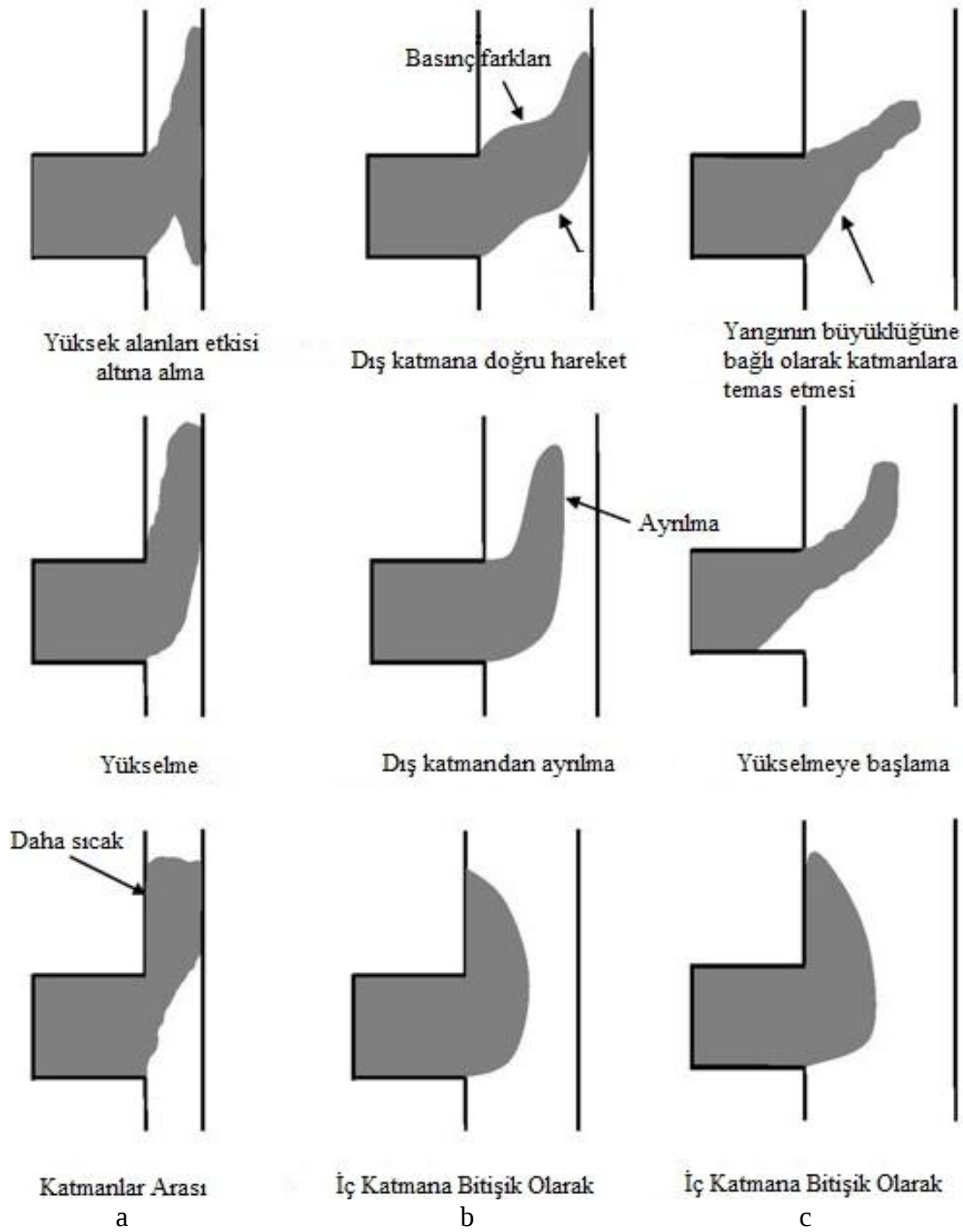
Hafif çerçevesiz taşıyıcı sistemi bulunan cephelerde yangının ilerlemesinde ve yayılmasında önemli olan hususlar vardır. Bu hususlar aşağıda açıklaması ile belirtilmiştir:

Cephe katmanları içerisinde yanıcı yalıtım malzemesi kullanmak, yangının ortaya çıkmasına ve yayılmasına sebep olmaktadır [113]. Yanmaz yalıtım malzemelerinin kullanılması yangın güvenlik önlemleri bağlamında esastır. Yanıcı yalıtım malzemelerinin de içine çeşitli kimyasal katkı maddeleri eklenerek yangına karşı dayanıklı hale getirilebilmekte, yangına tepki sınıfı yükseltilebilmektedir.

Ara taşıyıcı elemanların özelliği, yangın anında bölgesel sıcaklığın 600 °C geçmesi durumunda alüminyum profiller statik dayanımını ve mukavemetini kaybeder. Aşırı ısınma durumunda elemanlarda erimeler başlamaktadır. Bu durumda cephe sistemi taşınamamakta ve bölgesel çökmeler meydana gelmektedir [113].

Boşluk geometrisi ve baca etkisi, alevler cephede bulunan boşluğun içine ulaştıktan sonra basınç farkından dolayı hızla yükselecektir. Yükselmekle birlikte yanıcı malzemelere ve bina açıklıklarına ulaşması gerçekleşecek bunun sonucunda yangın büyüyecektir. Özellikle yangının hava boşluğundan yayılması dış ortamdan fark edilememektedir [113]. Bu durum daha büyük risk oluşturmaktadır (Şekil 3.14). Birden fazla katmana sahip olan cephelerde, yatay yangın bariyerlerinin tüm katman malzemelerinin içinde ve hava boşluğunu da kapsayacak şekilde kullanılması gerekmektedir. Yatay yangın bariyerleri sürekli olup, cephe katmanlaşmasının tamamını kapsayacak şekilde konumlandırılmalıdır. Hava boşluğunda yangın alevinin ve dumanının yayılmasının önlenmesinde, yatay yangın bariyerlerinin sürekliliği bu bağlamda önemlidir [114].

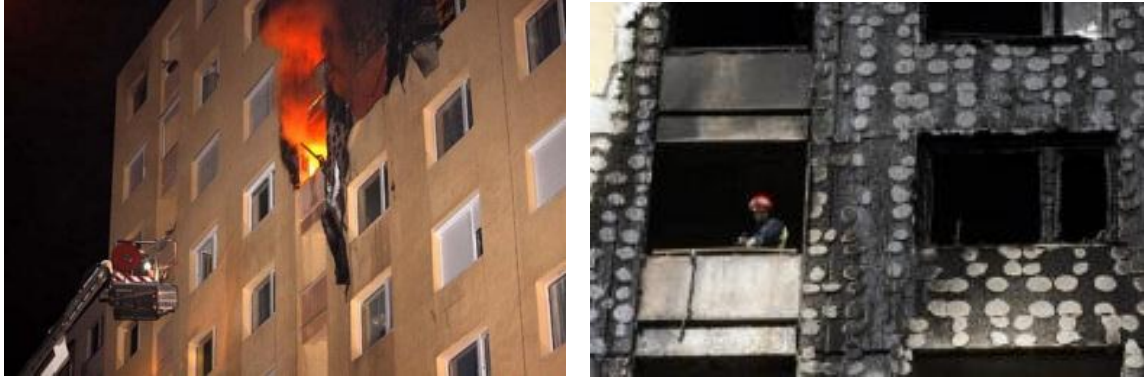
Hassas bölgeler, binada kullanılan kapı ve pencere çerçeveleri hava boşluğu ve katmandaki malzemeler ile temas halindedir. Olası bir yangın anında, alev ve duman hassas bölgelere taşınacak ve yangının yayılmasına sebep olacaktır. Bu hassas bölgelerin sızdırmaz özellikte olması yangın anında alevin ve dumanın yayılmasını engellemesi gerekmektedir [113].



Şekil 3.14. Cephelerde hava boşluğu derinliğine göre yangın dinamiği a. Dar hava boşluğu b. Normal hava boşluğu c. Geniş hava boşluğu [115]

Cephe katmanlaşmasında dar hava boşluğunun olması alevin ve dumanın hızlı bir şekilde üst noktalara taşınmasına sebep olur. Aynı zamanda dar hava boşluğu içerisinde yangın hem yalıtım malzemelerine hem de kaplama malzemelerine zarar verecektir. Bu durumda diğer konfor parametreleri ile birlikte uygun bir mesafe belirlenerek, katmanlı cephe tasarımlarının yapılması güvenli bir yaklaşım olacaktır.

Dünya genelinde meydana gelen yangınları ele aldığımızda, cephe katmanlaşmasının yangının yayılması açısından büyük bir risk taşıdığını görmekteyiz. Özellikle cephede kullanılan malzemelerin yanıcı nitelikte olması yangının yayılmasında en büyük etmendir. 15 Ağustos 2009 yılında Miskolc (Macaristan) kentinde 11 katlı binada yangın meydana gelmiştir. Cephe tek katmanlı olacak şekilde tasarlanmıştır. Bina kabuğunda ısı yalıtımı amacıyla kullanılan polistren sebebiyle yangın cephede hızlı bir şekilde yayılmıştır. Pencere boşluklarından kapalı hacimlere ulaşan yangın merdiven kovanını ve mekanik şaftı duman ve zehirli gazlarla doldurmuştur. Aynı zamanda cephede yatay yangın bariyerleri kullanılmaması yangının hızlı bir şekilde yayılmasına sebep olmuştur [116] (Resim 3.5).



Resim 3.5. Cephe ısı yalıtım malzemesinin yangın sonrası durumu [117]

3.5. Dış Etmenler

Cephelerde yangının yayılmasında bina dışı kaynakların etkisi büyük olmaktadır. Cephe bitişiğinde bulunan çöpler, kuru otlar ve ağaçlar yangın güvenliği açısından sorun teşkil etmektedir. Dış ortamda ortaya çıkan yangının cepheye ulaşmasında veya cephede oluşan yangının dış ortama sıçramasında bir araç olmaktadır. Özellikle orman yangınlarını düşündüğümüzde; ağaçlık alan içindeki binalar, köy ve kasabalar bu bağlamda ele alınmalıdır. Yangının yayılmasında, binalar ile yanıcılık oranı yüksek alanlar arasında ayırıcı katmanlar bulunması, yanmaz elemanlarla boş alanların tasarlanması gerekmektedir. Son dönemde yaşanan Santa Rosa yangını bu durumun özgün bir örneğini teşkil etmektedir. ABD'nin Kaliforniya eyaletine bağlı olan şehirde, 9 Ekim 2017 tarihli bir yangın meydana gelmiştir. Havadaki düşük nem oranına bağlı olarak ve rüzgârın hızıyla yangın yayılmış ve Santa Rosa şehrini yok etmiştir. Binaların neredeyse tamamı yanmış ve kullanılamaz hale gelmiştir. Büyük bir can ve mal kaybı yaşanmıştır (Resim 3.6).

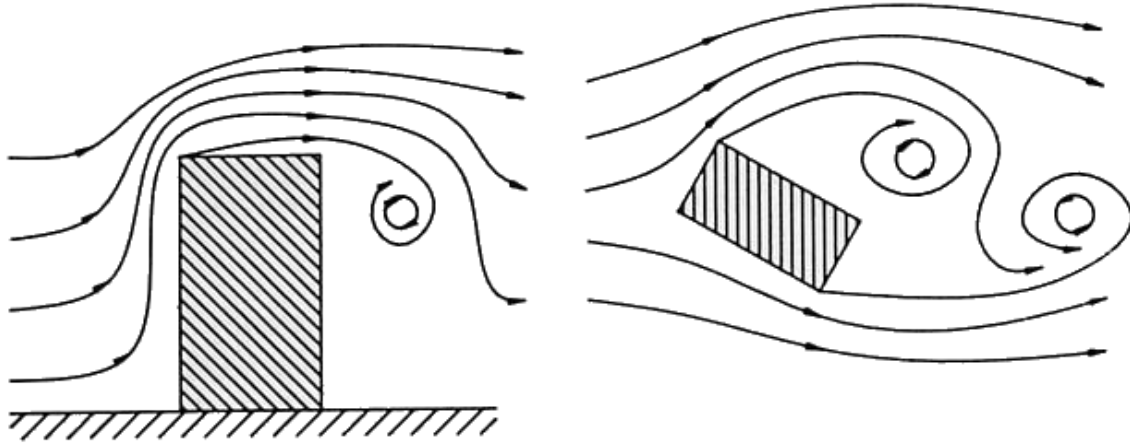


Resim 3.6. Yangının yayılmasında dış etmenlerin etkisi [118]

Cepheye yakın mesafede konumlanan aydınlatma elemanları, ışıklandırmalar, telefon direkleri olası bir elektrik probleminde yangının ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Bu ve benzeri kentsel donatı elemanların bina cephesinden belirli mesafelerde uzak tutmak en temel güvenlik önlemi olarak alınabilir. Aynı zamanda kullanımlarında sürekli bakım yapılması gerekmektedir. Binalarda ortaya çıkan yangına cephelerden müdahale edildiği göz önüne alındığında bu elemanların konumları önemli olmaktadır. Söndürme ve kurtarma ekiplerinin işini zorlaştırmayacak ve yangının yayılmasına fırsat vermeyecek şekilde konumlandırılmalıdır. İtfaiye araçlarının geçişine uygun şekilde olmalı ve itfaiye merdiveninin açılmasına engel oluşturmamalıdır [119].

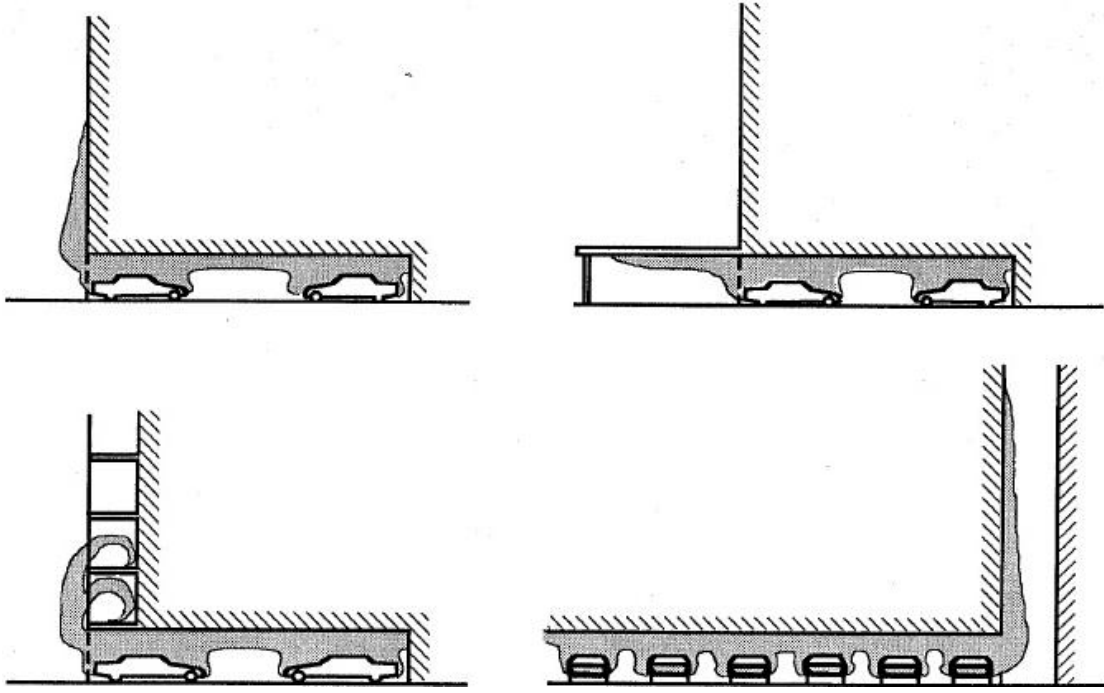
Cephelerde yangının oluşmasında ve yayılmasında dikkat edilmesi gereken diğer unsurlardan biri de cepheye tasarım aşamasında veya sonradan eklenen cihazlar olmaktadır. Klima motorları, fotovoltaik paneller, televizyon antenleri, rüzgâr türbinleri, cephe duman atış menfezleri bu cihazlara örnek verilebilir. Cihazların bazılarında elektrik bulunması yangın güvenliği bakımından bu cihazları risk olarak değerlendirmektedir. Aynı zamanda aşırı ısınmayla birlikte cephe katmanlarından birini tutuşma sıcaklığı seviyesine kısa sürede getirmektedir. Bu cihazların cephelerde tasarlanmasında önlemler alınmalıdır. Cephe ile temas eden bölgelerinde ayırıcı elemanların kullanılması, cephe katmanlaşmasında yanmaz malzemelerin kullanılması ve cihazın periyodik bakımlarının yapılması gerekmektedir.

Cephelerde yangının yayılmasında, doğal etmenler de rol oynamaktadır. Bina geometrisine bağlı yangının yayılmasında ilişkili olan rüzgâr, önemli bir dış etmendir. Rüzgârın hızına bağlı olarak yangının yayılma hızı da artmaktadır. Yüksek binalar, çevresi açık olan binalar olması sonucu rüzgâra daha fazla maruz kalır. Bu nedenle yüksek binalarda yangının yayılmasında rüzgâr büyük etmendir. Rüzgâr ile yangının yayılmasında binanın hem plan düzleminde hem de kesit düzleminde incelenmesi gerekmektedir. Bina sadece iki boyutlu olarak düşünülmemelidir [120] (Şekil 3.15). Yangının yayılmasında havadaki nem oranı da etkili olmaktadır. Havanın bünyesinde bulunan nem oranı ne kadar az olursa malzemenin tutuşma ve yanma ihtimali o kadar yüksek olacaktır. Yaz mevsiminde yangınların ortaya çıkması da bu açıdan önemli olmaktadır.



Şekil 3.15. Bina kesit ve plan ölçeğinde biçimlenişi ve rüzgârın hareketi [120]

Bina çevresine yerleştirilen otopark alanlarının cephelere olan uzaklık mesafesine dikkat etmek gerekmektedir. Araç yangınları sonucu cepheye sirayet eden alev ve duman, yangının büyümesine neden olacaktır. Kanada’da 393 Kennedy Caddesi’nde, 10 Ocak 1990 tarihinde bir araç otoparkında meydana gelen yangın, araç otoparkının üstünde bulunan yanıcı malzemeler sonucu büyümüştür. Yangının büyümesiyle alevler baca etkisiyle binaya kadar ulaşmıştır. Yangın yanıcı yalıtım malzemeleri sonucu cephe boyunca ilerlemiş ve büyük hasara sebep olmuştur [121] (Şekil 3.16).



Şekil 3.16. Otopark yangını ve cephe üzerinden yayılması [122]

4. CEPHE TASARIMI VE YANGIN GÜVENLİK ÖNLEMLERİ

Bina cephe sistemlerindeki yangın davranışlarını bilmek güvenli bir cephe tasarlamakla sonuçlanmaktadır. Cephelerde yangın güvenliğinin sağlanmasında; can ve mal güvenliğinin sağlanması, işletme sürekliliğinin devamı, çevresel ve tarihi değerlerin korunması amaçlanmalıdır. Tasarımcı tarafından cephelerde alınması gereken yangın güvenlik önlemleri bilinmeli ve mimari projelerde uygulanmalıdır. Bu bağlamda, cephelerde alınması gereken yangın güvenlik önlemleri kapsamında malzeme ve detay ölçeğinde literatür araştırması yapılmıştır. Cephe türlerinde tasarım ile uygulamadan beklenen yangın güvenliği incelenmiş ve şekiller ile desteklenerek yangın güvenlik önlemleri açıklanmıştır.

4.1. Cephe Malzemeleri ve Yangın Güvenlik Önlemleri

Geçmişten günümüze kadar bina cephelerinde farklı malzemeler kullanılmıştır. Cephe katmanlaşmasında kullanılan bitiş malzemeleri ve yalıtım malzemeleri çeşitlenmiştir. Günümüzde bina cephelerinde; ahşap, metal kompozitler, cam, plastik esaslı, toprak ve beton esaslı, taş esaslı malzemeler, tekstil malzemeler kullanılmaktadır. Aynı zamanda ısı, su, ses yalıtımı amacıyla kullanılan malzemeler ve buhar kesici, nem dengeleyici amacıyla kullanılan yalıtım malzemeleri de bulunmaktadır. Cephe katmanlaşmasına bağlı olarak malzemenin yangın davranışının saptanması gerekmektedir. Malzeme üretici firmalar, akredite edilmiş laboratuvarlardan aldıkları sonuçlarla ürünlerini belgeleyebilmektedir. Cephe malzemelerinin yangınlık sınıfı bilinmeli ve cephe tasarımında da uygun olarak kullanılmalıdır. Cephe yapım tekniği olarak, her bir katmanın yangın anındaki davranışı önemli olmaktadır. Bu çerçevede cephelerde malzeme seçerken dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda belirtilmiştir:

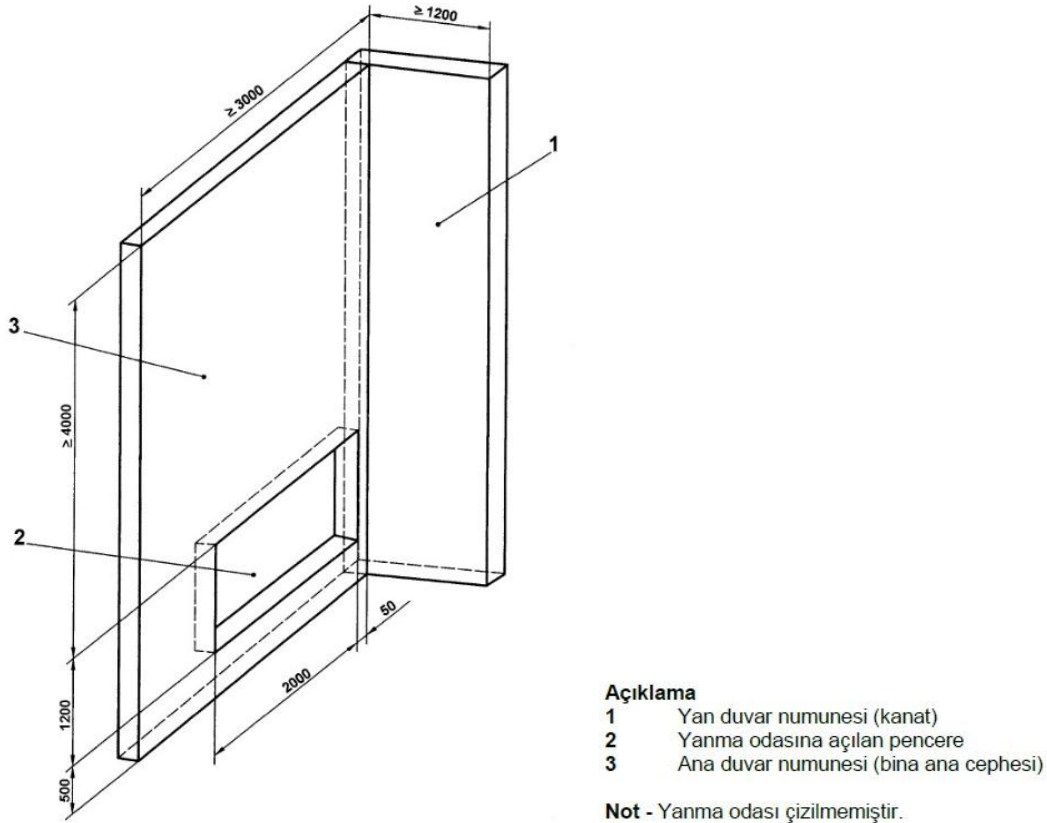
- Yangın yükü
- Tutuşma kolaylığı
- Yangının yayılma hızı
- Duman ve zehirli gazların oluşumu
- Mekanik zarara karşı hassaslık
- Cephede kullanılan malzemenin yangına dayanıklılığıdır [121].

Cephe tasarımında kullanılan malzemelerin yanıcılık sınıflarına dikkat edilmelidir. Malzeme, kullanım miktarına göre yapının yangın yükünü artırabilmektedir. Yangın yükü fazla olan binalarda ise yangın daha büyük bir risk olarak karşımıza çıkmaktadır. Tutuşma kolaylığı yangının yayılmasında ve büyümesinde büyük bir faktördür. Yangın sırasında malzemenin duman ve zehirli gaz açığa çıkarması insan sağlığı açısından tehlikeli sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Özellikle bu duruma insanların can güvenliği açısından malzeme seçimi yapılırken dikkat edilmelidir. Malzemelerde yanıcılık sınıfı ve duman çıkarma özelliğinin yanı sıra, malzemenin yangın anında damlama özelliği yangının farklı noktalara yayılmasına sebep olmaktadır. Malzemenin damlama özelliğinde, yangından tahliye edilen insanların yakın çevresine düşen sıcak alev parçaları büyük bir problem oluşturmaktadır.

Cephede kullanılacak malzemelerin yangın karşısındaki dayanımı belirli testler neticesinde olmaktadır. Son zamanlarda ülkemizde de akredite edilmiş laboratuvarlar yardımıyla testler yapılabilmektedir. Malzemenin yangın anındaki bireysel davranışlarının yanı sıra bir sistem içerisindeki davranışları önemli olmaktadır. Büyük ölçekli cephe test yöntemleri (full scale test methods), orta ölçekli test yöntemleri (intermediate scale test methods), küçük ölçekli test yöntemleri (small scale test methods), oda köşesi test yöntemleri (room corner test methods), giydirme cepheler ve yangın bariyerleri için yangın dayanım test yöntemleri bulunmaktadır. Bu test yöntemleri, ülkelerin çeşitli yönetmelik ve standartları kapsamında değişmekte ve ülke genelinde uygulanmaktadır [123].

Ülkemizde Türk Standartları Enstitüsü'nün (TSE) belirlemiş olduğu standartlar çerçevesinde sınıflandırmalar ve deney düzenekleri hazırlanmaktadır (Şekil 4.1). Cephelerde yangın güvenliği kapsamında, TS EN 13501-1 + A1 Yapı mamulleri ve yapı elemanları, yangın sınıflandırması Bölüm 1: Yangın karşısındaki davranış deneylerinden elde edilen veriler kullanılarak sınıflandırma standardına uygun olarak malzemelerin yangına tepkisinin sınıflandırılması gerekmektedir. Aynı zamanda cephelerde yangına dayanım kriterleri çerçevesinde; TS EN 13501-2 Yapı mamulleri ve yapı elemanlarının yangın sınıflandırması Bölüm 2: Yangına dayanım deneylerinin verilerini kullanarak sınıflandırma (Havalandırma sistemleri hariç) standardı esas alınmakla birlikte, yük taşıyan duvarlar için TS EN 1365-1 Yük taşıyıcı elemanlar için yangına direnç deneyleri - Bölüm 1: Duvarlar, yük taşımayan duvarlar için TS EN 1364-1 Yük taşımayan elemanlardaki yangına dayanıklılık deneyleri Bölüm 1: Duvarlar ve giydirme cepheler için TS EN 1364-4 Yük taşımayan elemanların yangına direnç deneyleri - Bölüm 4: Giydirme cepheler - Bölüm

konfigürasyonu standartları kapsamında sınıflandırma ve deney düzenekleri hazırlanmalı ve uygulanmalıdır [124-128]. Malzeme üretici firmalar bu standartları kullanarak uygun niteliklerde ve güvenilir sonuçlarla ürünlerini kontrol etmek zorundadır.



Şekil 4.1. Büyük ölçekli deney düzeneği [129]

Binaların dış duvar katmanlaşmasında, yangın güvenliği bakımından bitiş malzemelerinin önemi büyüktür. Bitiş malzemelerinden farklı olarak katmanlaşma içerisinde bulunan ısı yalıtım malzemelerinin de yangın ile karşılaşma riski bulunmaktadır. Özellikle bitiş malzemesinin altında bulunan ısı yalıtımları bu bağlamda risk taşımaktadır. Yangın anında bitiş malzemelerinin derzlerinden veya bitiş malzemelerinin düşmesinden kaynaklı olarak açığa çıkan yalıtım malzemelerinin de yanıcılık sınıfı önemli olmaktadır.

Isı yalıtım amacıyla kullanılan malzemelerin tutuşması, alevi yayması, çıkardığı ısı, ortama yaydığı duman ve toksisite yangın güvenliği açısından önemli olmaktadır. Bu bağlamda, cephe sistemi bir bütün olarak ele alınmalı, yönetmelik kurallarına uygun olarak malzeme seçimine karar verilmelidir. Günümüzde ısı yalıtımı amacıyla kullanılan çok fazla malzeme alternatifi bulunmaktadır. Bitkisel ve hayvansal kökenli ısı yalıtım malzemeleri, mineral

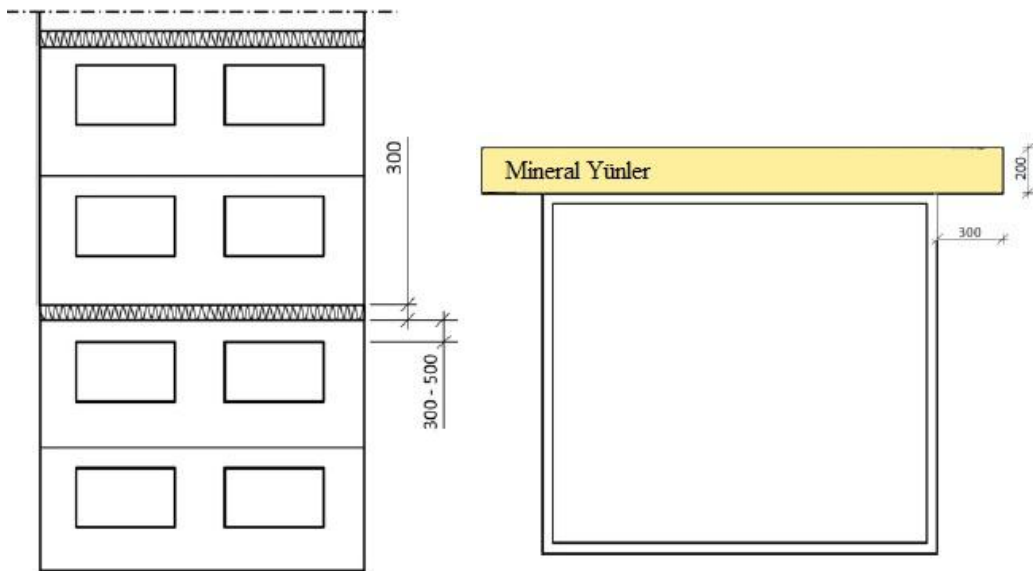
kökenli ısı yalıtım malzemeleri ve sentetik kökenli ısı yalıtım malzemeleri olarak çeşitleri bulunmaktadır [130]. Isı yalıtım malzemelerinin yanıcılık sınıfı incelenmelidir. Isı yalıtımı amacıyla kullanılan mineral kökenli ısı yalıtım malzemesi olan taş yünü, yanmaz (A1) bir malzemedir. Erime noktası 1200 °C ile 1500 °C arasında olup demirin erime noktasına (1538 °C) yakındır. Bina cephelerinde sıklıkla kullanılan sentetik kökenli petrol türevli bir malzeme olan polistren köpüklerin erime noktası ise 250-350 °C arasındadır. Yalıtım amacıyla kullanılan bu tür malzemeler kendini söndürebilen malzemelerdir. Yangın kaynağı ortadan kaldırılması durumunda, polistren köpük yanmayı durdurmaktadır. Isı kaynağı olmadan yeniden tutuşmaz. Kolay bir şekilde alevlenmez, sadece hacimsel bir küçülme meydana gelmektedir. Petrol türevli malzemeler yanmaları sırasında ortama duman ve zehirli gaz yaymaktadır. [131].

Sentetik kökenli, petrol türevli malzemelerden ısı yalıtım amacıyla cephelerde kullanılan genişletilmiş polistren (EPS), ekstrüde polistren (XPS) ve poliüretan köpükler bulunmaktadır. EPS ürünler yurtdışında, yangın riskinin yüksek olduğu bitişik nizam yapılar da veya çok katlı binalarda belirli sınırlar dahilinde kullanılmamaktadır. Üretim türleri bakımından incelediğimizde gri EPS ürünlerinin beyaz EPS ürünlerinden yangın güvenliği bakımından daha iyi performans sergilediği belirlenmiştir. Bu durumun sebebi olarak gri EPS ürünlerde, karbon (grafit) kullanımı gösterilmektedir. Aynı zamanda EPS üretiminde katkı maddeler kullanılması bu maddelerin yangın geciktirici malzeme niteliğinde üretilmesini sağlamaktadır. Bu tip EPS'ler çok daha zor tutuşma özelliği sağlarken alevin yayılmasını da büyük oranda azaltmaktadır [132]. XPS ürünler tek başına bir ürün olarak test edildiğinde, Avrupa yangın sınıflandırma şemasının E sınıfında bulunmaktadır. XPS ürünler yapıda çıplak olarak kullanılmadığı için üzerinde bulunan kaplama malzemeleri ile birlikte test edilmesi gerekmektedir. Yangın dayanım üst sıcaklığı 75 °C olarak bilinmektedir [133] (Resim 4.1).



Resim 4.1. Isı yalıtım malzemelerinin yangına tepkisinin belirlenmesi [132]

Isı yalıtım amacıyla kullanılan malzemelerin yanıcılık değerlerinin bilinmesi ve bu bağlamda gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Mantolama sistem içerisinde yanıcı ısı yalıtım malzemelerinin kullanılması önerilmemekle birlikte, çeşitli yönetmeliklerde katlar arası yanmaz malzemelerin bariyer olarak kullanılması ve cephe açıklıklarında yanmaz malzemelerin kesici elemanlar olarak kullanılması gibi önlemlerle bina yüksekliğine bağlı olarak izin verilmektedir [134] (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Yanmaz malzemeler ile cephede yangın yayılımının önlenmesi [135]

Günümüzde bina cephelerinde ısı yalıtım amacıyla mantolama sistemi çok fazla kullanılmaktadır. Yangın güvenliği açısından yalıtım amacıyla kullanılan malzemelerin uygun aderans sağlayan sıvalarla desteklenmesi gerekmektedir. Aynı zamanda yalıtım

panellerinin cepheye uygun şekilde yapıştırılması ve dübellerle tutturulması beklenmektedir. Özellikle panel kenarlarında sürekli olarak yapıştırma harcının kullanılması önem taşımaktadır. Orta noktada toplanmış noktasal kullanılan yapıştırma harçları arka tarafta havanın kalmasına, sonrasında yangının malzeme içinde yayılmasına sebep olmakta ve yangın sırasında kurutucu etki ile panelleri düşürebilmektedir [136] (Resim 4.2).



Resim 4.2. Mantolama sisteminde yapılan yapıştırma uygulamaları a. Hatalı uygulama b. Doğru uygulama [136]

Cephelerde yangın güvenliğinin sağlanmasında, özellikle yüksek binalarda kullanılan metal kompozit paneller risk oluşturmaktadır. Bu paneller, ara elemanı dolgu malzemeleri ile desteklenerek cephe sistemi içerisinde bitiş malzemesi olarak tercih edilmektedir [137]. İnce iki metal levha arasında mukavemeti artırmak amacıyla kullanılan malzemelerin birleşiminden oluşan cephelerde sıklıkla kullanılan kompozit bir yapı malzemesidir. Standart panellerde çekirdek denilen yalıtım malzemesinin polietilen, poliüretan gibi petrol türevli malzemelerden üretilmesi yangın güvenliği açısından sorun oluşturmaktadır. Alüminyum malzemenin niteliğini kaybetmesi sonucu çekirdek kolay bir şekilde tutuşmakta ve yangının yayılmasına sebep olmaktadır (Resim 4.3). Metal kompozit malzemelerin bu bağlamda yangına tepki sınıfı bilinmelidir. Dış katmanların metal olması yanmaz malzeme özelliği gösterirken kompozit malzemelerde ise bu nitelik değişmektedir. Metal kompozit malzemelerde yanıcılık özelliği ile birlikte zehirli gaz açığa çıkarma özelliği, damlama özelliği gibi niteliklerinde bilinmesi yangın güvenliği ve yangının yayılmasının önlenmesi açısından önemlidir [138].

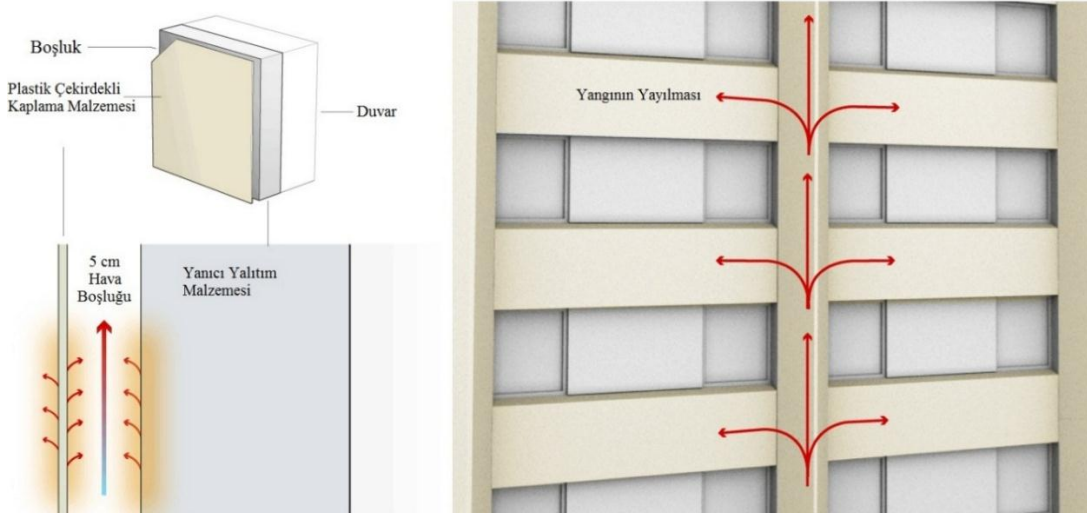


Resim 4.3. Alüminyum kompozit malzemelerin yangına tepkisi [139]

Mimari proje uygulamalarında işçilikten ve zamandan kazanmak amacıyla, özellikle hafif konstrüksiyon binalarda sıklıkla tercih edilen sandviç panellerin çekirdeğinde yanıcı malzemelerin kullanılması büyük risk taşımaktadır. Bu tip panellerde ise ara eleman ısı yalıtımı amacıyla kullanıldığı için kullanım miktarı fazla olmaktadır. Ara elemanın yanmaz malzemelerden seçilmesi gerekmektedir. Mineral yünlerin tercih edilmesi önerilmektedir. Özellikle yangın çıkma ihtimali yüksek olan binalarda yanıcı malzemelerden mümkün olduğunca kaçınmak gerekmektedir.

Metal, ahşap ve Pvc esaslı malzemelerle cephe bitiş elemanları ve özellikle doğrama sistemleri oluşturulmaktadır. Pvc ve ahşap malzemelerin yanıcılık sınıfları düşünüldüğünde; metal elemanların kullanılması yangın güvenliği açısından daha uygundur. Ancak ısı ve ses iletkenliği yüksek olan metal elemanlarda çeşitli önlemlerin alınması gerekmektedir. Isı iletkenliğinin azaltmak amacıyla kullanılan petrol türevli köpük ve plastik malzemelerden kaçınmak gerekmektedir. Yangın güvenliği kapsamında ise belirli sızdırmazlık değerlerinin sağlanması açısından kalsiyum silikat gibi malzemelerin kullanılması doğru çözüm önerileri sunmaktadır. Radyasyon ile yangının yayılmasında, cephe açıklıklarında istenilen yangına dayanımın sağlanmasında kullanılması gerekmektedir.

İngiltere’de bulunan Grenfell Binası yangınında cephenin, çekirdeği yanıcı metal kompozit panellerle oluşturulması ve panel arkasındaki ısı yalıtım malzemesinin yanıcılık sınıfı düşük malzemelerden seçilmesi yangının büyümesinde ve ilerlemesinde büyük rol oynamıştır [140] (Şekil 4.3).

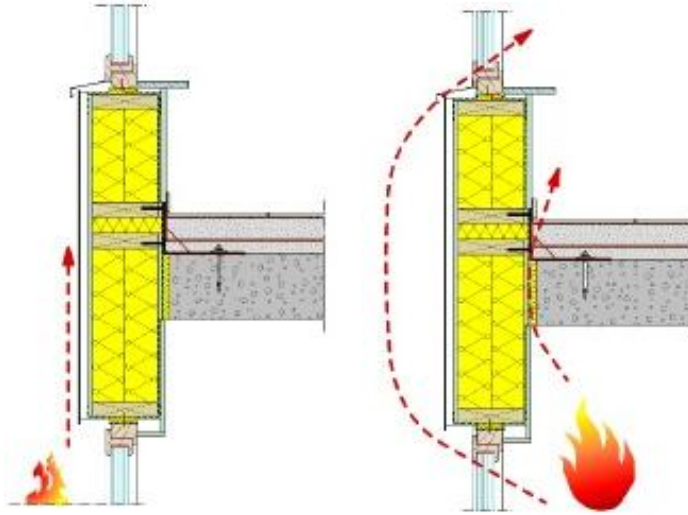


Şekil 4.3. Grenfell Binası cephe yangınının yayılması [141]

Cephelerde kullanılan tüm katman malzemelerinin niteliği ve sistem içindeki davranışları önemsenmelidir. Ülke mevzuatları çerçevesinde malzemelerin bina cephelerinde kullanım özellikleri bilinmelidir. Ülkelerin mevzuatlarında malzemenin miktarına bakılmaksızın, malzemenin yangına tepkisine bakılarak önlemler alınmaktadır. Ülke mevzuatları çerçevesinde binanın kullanım sınıfı ve bina, yapı yüksekliği bu bağlamda belirleyici kriter olmaktadır. Aynı zamanda, cephe yangınlarına özel aktif güvenlik önlemlerinin kurgulanması yangının yayılmasında bir önleyici olarak çalışmaktadır. Malzemelerin ve cephe sisteminin otomatik söndürme sistemleri ile soğutulması sonucu alevler yayılma davranışı gösteremeyecektir.

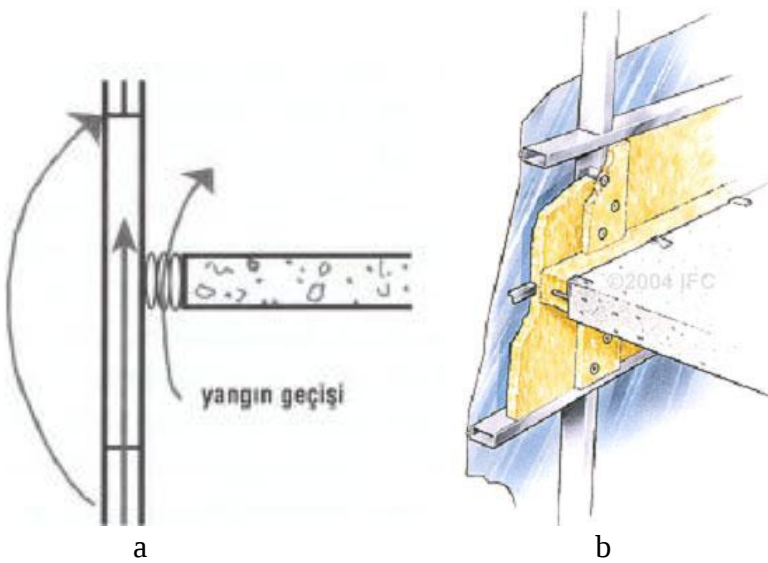
4.2. Cephe Detayları ve Yangın Güvenlik Önlemleri

Bina kapsamında konfor koşullarının oluşmasında en kritik önlem, detaylarının doğru ve eksiksiz çözümü ile olmaktadır. Yangın güvenlik önlemleri kapsamında cephe sistem ve nokta detay çözümleri önemli bir yer tutmaktadır. Cephe katmanlaşması ve sistemin türüne bağlı olarak çok farklı değişkenler ortaya çıkmaktadır. Cephelerde yangın güvenliğinde detay çözümlerinde en önemli olan, yanmaz malzemelerin seçilmesidir. Yangın güvenlik önlemleri kapsamında, yangın ile dumanın cephe üzerinden ilerlemesinin engellenmesi detay çözümleri ile ortaya konmaktadır (Şekil 4.4)



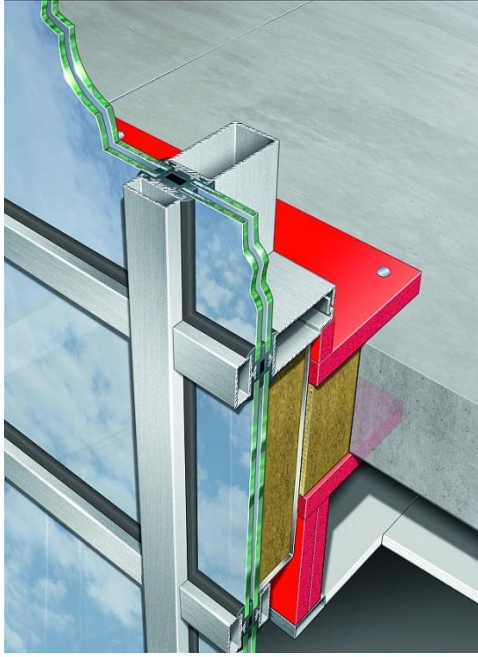
Şekil 4.4. Cephelerde yangının yayılması [142]

Giydirme cephelerde, döşeme ve cephe panel elemanlarının birleştiği noktalarda yangın ve duman yayılımı açısından sorunlar oluşmaktadır. Cephe alüminyum profil elemanlarının belirli bir süre yangın dayanımının olması istenmelidir. Katlar arası sızdırmazlığın sağlanması gerekmekte olup, sistemin bulunduğu döşemede istenilen yangına direnç süresinin oluşturulması gerekmektedir (Şekil 4.5). Özellikle derzleri bulunan giydirme cepheler alevi ve dumanı kolayca katman içine almakta ve yayılmasını neden olmaktadır. Giydirme cephelerde spandrel bölgelerde yanmaz malzemelerden sızdırmazlık özelliği olan elemanların kullanılması cephe yangın güvenlik önlemlerindendir [143].



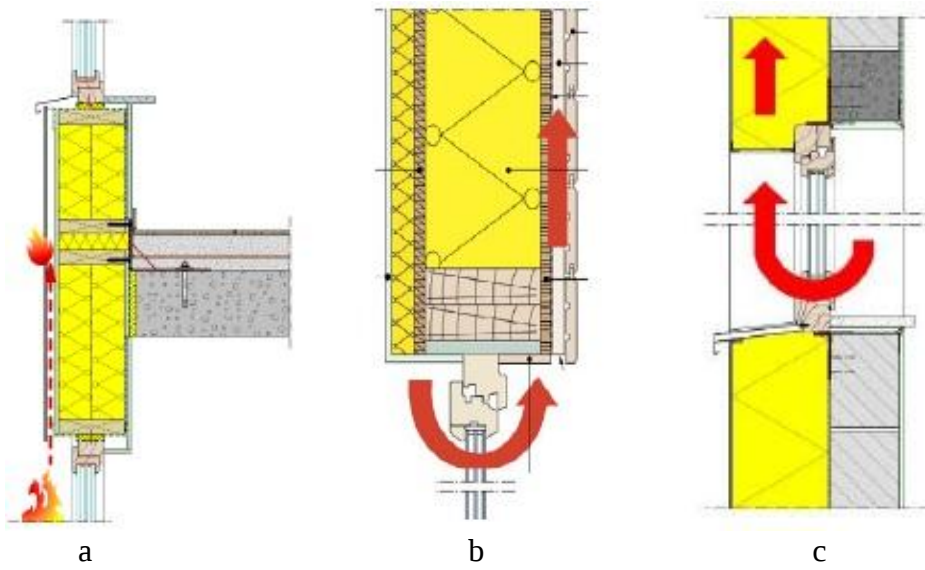
Şekil 4.5. Cephelerde yangın geçişi a. Yangının sistem içerisindeki ilerleyişi [143] b. Yangının katlar arasındaki sızdırmazlık detayının oluşturulması [144]

Giydirme cephelerde çok sık rastlanılan cephe döşeme birleşimlerinde uygun detay çözümlerinin bulunması gerekmektedir. Mevzuatlar çerçevesinde, spandrel boşluğun doldurulması ve yangının yayılmasının önlenmesine yönelik detay çözüm önerileri sunulmalıdır. Mineral yünlerle bu boşlukların kapatılması ve mastik elemanlarla bu bölgelerin sızdırmazlığının sağlanması gerekmektedir. Döşeme kaplama malzemeleri ve cephe sistemi yangın anında farklı deplasmanlar (yer değiştirmeler) yapabilmektedir. Mastik elemanların bu çerçevede kullanılması uygun bir yangın güvenlik önlemidir (Şekil 4.6).



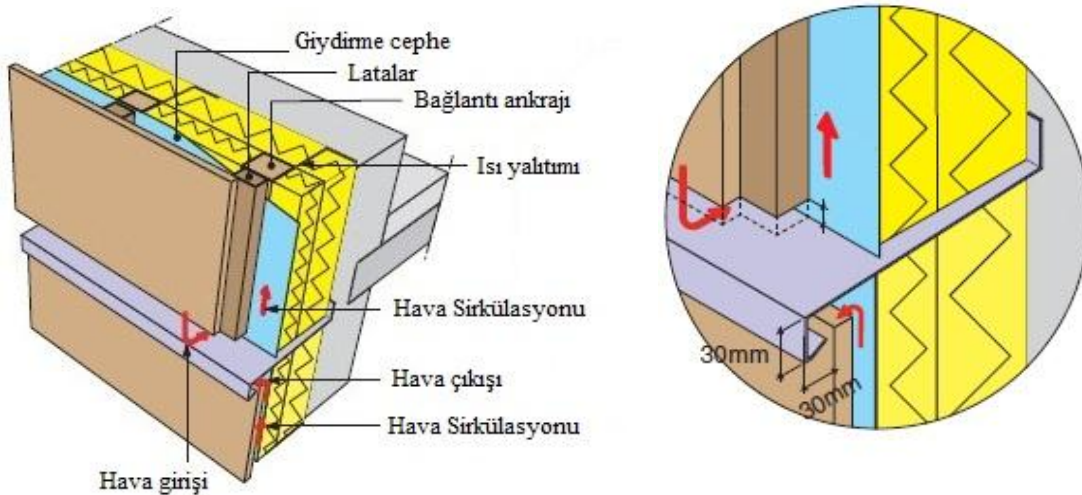
Şekil 4.6. Cephe ve döşeme birleşimlerinde mastik elemanların kullanılması [145]

Giydirme cephelerde ve çift katmanlı cephelerde oluşan cephe boşlukları yangın anında baca etkisi yaparak çalışmaktadır. Hava boşluklarının yangının bir üst kata ve yan katlara yayılmasında hızlandırıcı etkisi bulunmaktadır. Mekân içi yangınların cepheye sirayet etmesi ve hava boşluklarından ilerlemesi büyük tehlike oluşturmaktadır. Yanıcı yalıtım malzemelerinin kullanılması yangının hızlı bir şekilde yayılmasına ve ortama zehirli gaz açığa çıkarmasına sebep olmaktadır [142] (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Cephe sistemlerinde hava boşluğunda yangın yayılması a. Dış ortamdaki yangının boşluk içinden yayılması b. İç ortamdaki yangının boşluk içinden yayılması c. İç ortamdaki yangının yanıcı yalıtım malzemesi aracılığı ile yayılması [142]

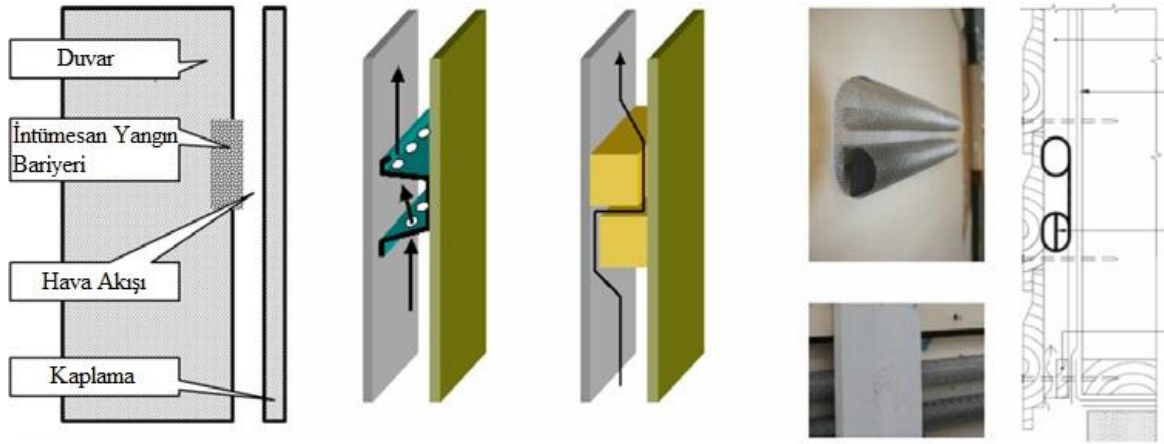
Giydirme cephe sistemlerinde hava boşluğunda yangının yayılmasında alınabilecek en temel önlem yangın bariyerlerinin kullanılmasıdır. Yatayda kullanılacak yangın bariyerleri yangın ve dumanın cephe boşluğundan yayılmasını engelleyecektir [146] (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Yatay yangın bariyerlerinin cephelerde kullanılması [147]

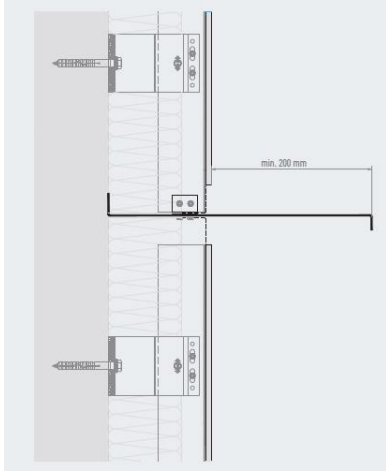
Cephelerde yatay yangın bariyerlerinin kullanılmasında en önemli nokta bu bariyerlerin sürekli eleman olarak kullanılmasıdır. Cephede bina son katmanından başlayarak, izolasyon malzemeleri ve son bitiş malzemelerinin de arasında bulunmalıdır. Yanıcı olmayan bitiş malzemeleri ve yalıtım malzemelerinin kullanılması durumunda sadece hava boşluğu

içerisinde bulunabilmektedir. Yangına dayanıklı farklı malzeme türleri ile üretimleri bulunmaktadır. Özellikle hava şaşırtmalı olanları, delikli olanları ve yangın anında aktifleşerek kapanabilme özelliği olanları mevcuttur (Şekil 4.9).

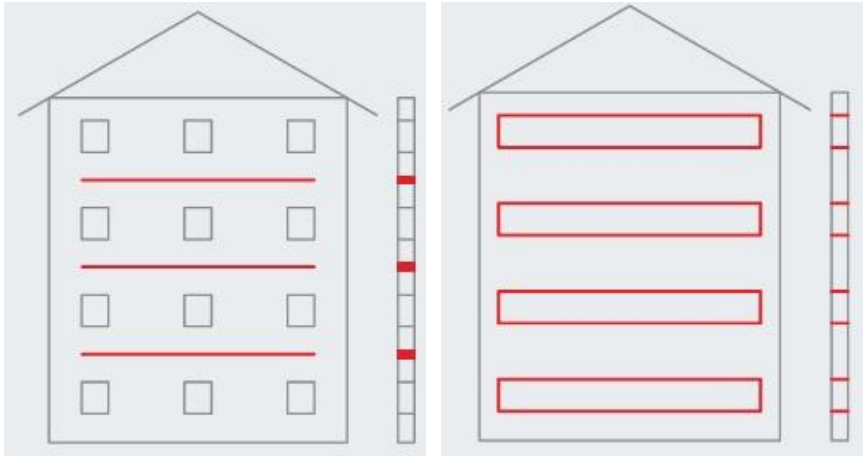


Şekil 4.9. Yangın bariyeri çeşitleri [148]

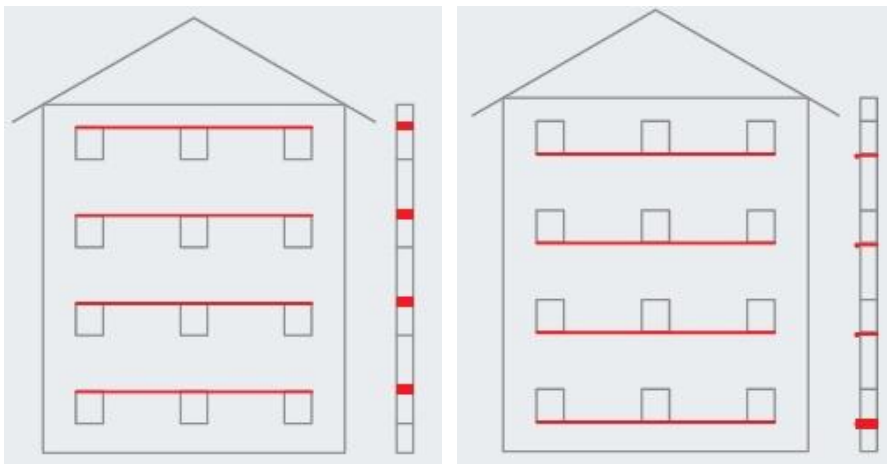
Yatay yangın bariyerlerinin cephelerde kullanılmasında mimari tasarıma yönelik alternatif çözüm önerileri bulunmaktadır. Doğrudan cephe açıklıklarında kullanılmasının yanı sıra yangın dinamiğinin bilinmesi ve bu bağlamda kullanılması gerekmektedir. Cephe açıklıklarını kapatacak şekilde kullanılmasından farklı olarak katlar arası döşeme bitiş sınırlarında da kullanılmaktadır. Cepheden çıkıntı yapacak şekilde kullanılması ve katmanların tamamında kullanılması yangın ve dumanın yayılma riskini azaltmaktadır (Şekil 4.10-4.13). Cephe açıklıklarının üst noktalarında, cephe açıklıklarının alt noktalarında, cephe açıklıklarının üst ve yan sınırlarında, cephe açıklıklarının çevrelerinde ve cephe açıklıkları kat döşemelerinde kullanım önerileri bulunmaktadır. Yatay yangın bariyerlerinin yanmaz malzemelerden seçilmesi ve yangının ve dumanın üst noktalara geçişine engel olacak şekilde tasarlanması gerekmektedir.



Şekil 4.10. Yatay yangın bariyerlerinin giydirme cephelerde kullanımı [149]



Şekil 4.11. Yatay yangın bariyerlerinin cephe açıklıklarının üstünde kat döşeme sınırında ve cephe açıklıklarının çevre sınırlarında kullanımı [149]

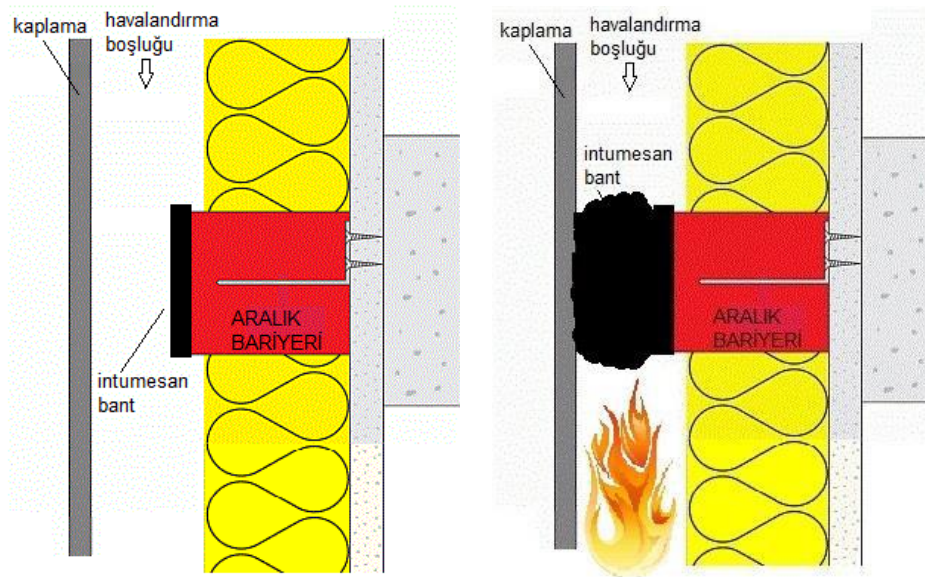


Şekil 4.12. Yatay yangın bariyerlerinin cephe açıklıkları üst sınırları boyunca ve alt sınırları boyunca kullanımı [149]



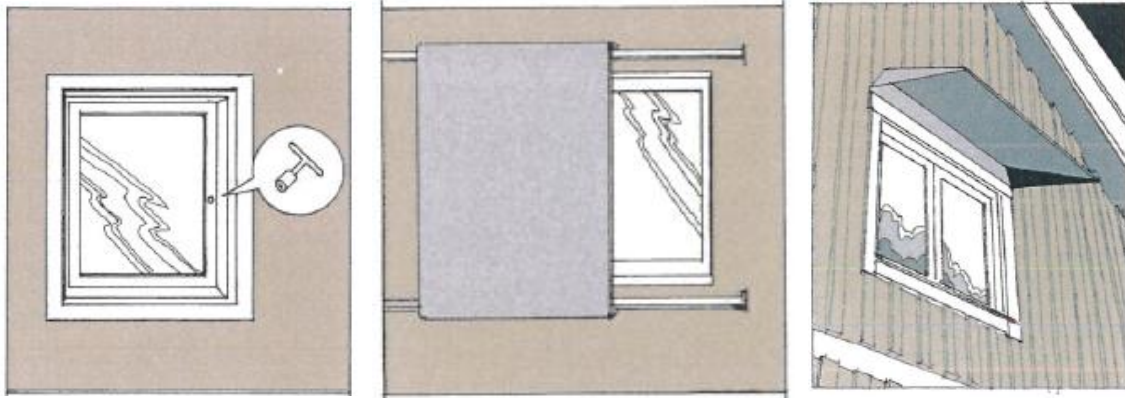
Şekil 4.13. Yatay yangın bariyerlerinin cephe açıklıklarının üstünde, yan sınırlarında kullanılması ve katlar arasında kullanımı [149]

Giydirme cephelerde yatay yangın bariyeri tasarımında hava sirkülasyonunun cephe boyunca sağlanması istendiği durumlarda intümesan mastik elemanlarla önlemler alınabilmektedir. Yangın olmadığı zamanda sönmüş halde bulunan mastikler, olası bir yangın anında şişerek hava geçişini azaltmaktadır (Şekil 4.14). Malzeme, yangının yayılmasını belirli bir süre engelleyebilecek nitelikte olmalıdır. Mastik elemanlar tek katmanlı cepheye sahip binalarda da yangın durdurucu ve kesici eleman olarak kullanılmaktadır [150].



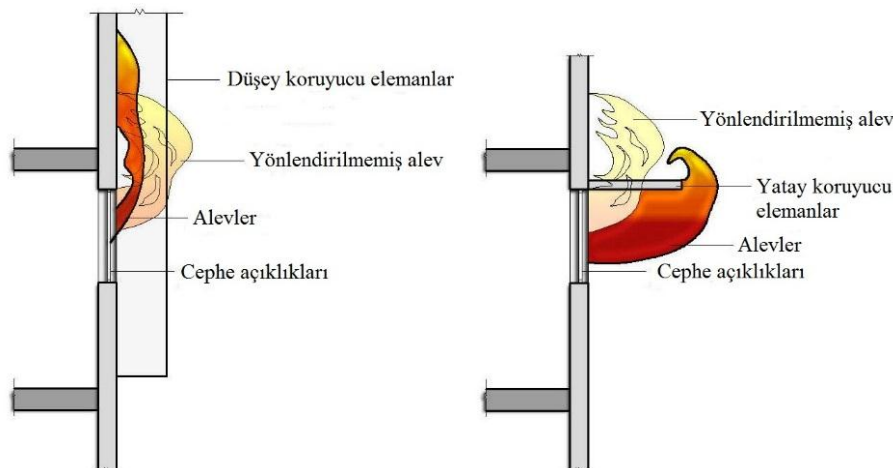
Şekil 4.14. İntümesan yangın bariyerinin yangına tepkisi [150]

Yangının cephede oluşmasında ve yayılmasında cephe açıklıkları önemli bir tasarım unsuru olmaktadır. Özellikle ahşap bina tasarımlarında dikkat edilmesi gereken bir durumdur. Pencerelelerden cepheye ulaşan yangın, yanıcı bir malzeme ile buluştuğunda daha büyük tehlike arz etmektedir. Pencere çevresinin yanmaz malzemelerden yapılması, pencere üstlerinde çıkıntılar bulunması yada yangın anında pencerenin mekanik bir sistem ile kapatılması uygulamaları bulunmaktadır (Şekil 4.15).



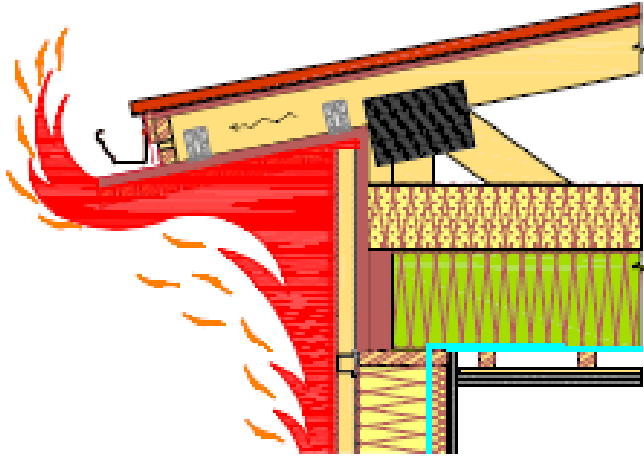
Şekil 4.15. Cephe açıklıklarında yangın yayılımının engellenmesi [151]

Cephe tasarımlarında cepheye dik şekilde konumlanan çıkıntılar yangını ve dumanı cepheden uzaklaştırmaktadır. Bu elemanlar; balkonlar, saçaklar, güneş kırıcı vb. elemanlar gibi sürekli elemanlar olabileceği gibi yangın algılama sistemine bağlı olarak çalışabilecek elemanlar da olabilmektedir. Cephede yatay elemanların yerine düşey elemanların kullanılması, yangının üst noktalara daha hızlı yayılmasına sebep olmaktadır. Bu türde yapılan tasarımlar yangın güvenliği açısından büyük riskler teşkil etmektedir. (Şekil 4.16).



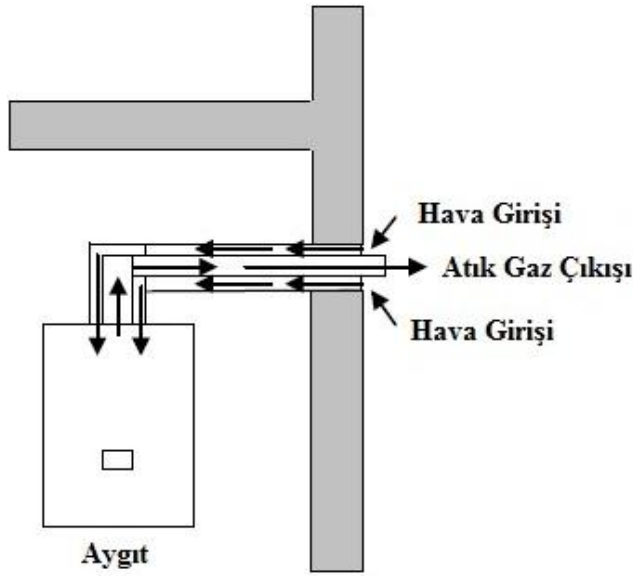
Şekil 4.16. Cephede kullanılan yatay ve düşey elemanlara göre yangın dinamiği [152]

Cephelerde yangın güvenliği kapsamında üçgen çatı elemanlarının saçakları önemli bir tasarım unsuru olmaktadır. Çatı elemanlarında ahşabın kullanılması ve ahşabın yanıcılığının yüksek olması risk taşımaktadır [153]. Aynı zamanda soğuk çatı prensibiyle havalandırılan çatılarda yangın ve dumanın çatı boşluğuna dolması, yangının yayılmasına sebep olmaktadır. Çatının havalandırılması ihtiyacı düşünüldüğünde çatı hava girişlerine damperlerin uygulanması yangın güvenliği açısından doğru detay çözüm önerisi sunmaktadır. Damper tasarımı yapılamayacak durumda ise, hava yolunun saçığın ön yüzünden alınması ya da alt yüzde şaşırtmalı olarak düşünülmesi ve tasarlanması gerekmektedir. Yangın anında dış havanın çatı arasına geçişinin engellenmesi temel güvenlik kriteri olmalıdır [154] (Şekil 4.17).



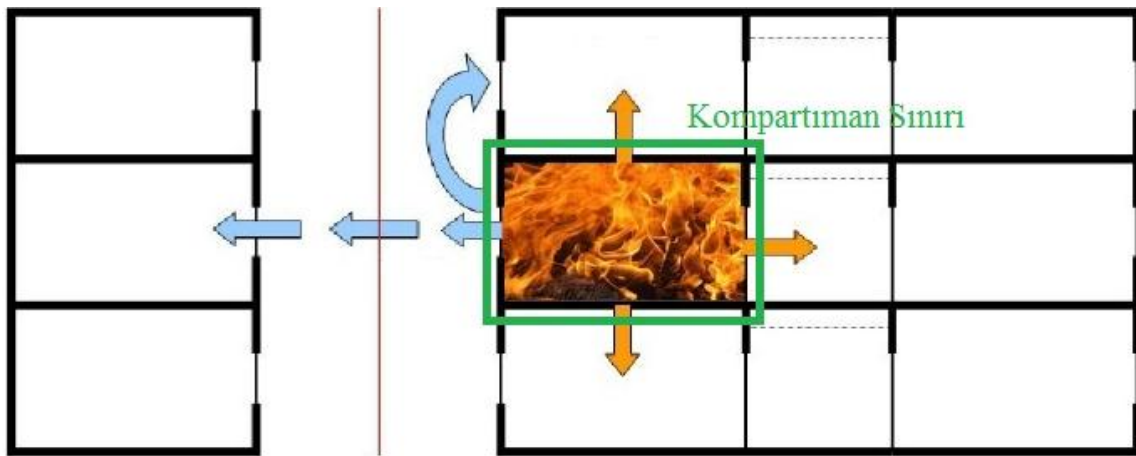
Şekil 4.17. Cephe yangını ve saçak ilişkisi [155]

Bina cephelerinde yangın güvenlik önlemleri kapsamında cepheye eklenen elemanların yangın riski değerlendirilmelidir. Klima elemanları, fotovoltaiik panel elemanları, uydu antenleri bu bağlamda ele alınmalıdır. Son dönemlerde yakıt üretmek amacıyla kullanılan C tipi denge bacalı (hermetik) cihazların cephelerden hava giriş ve çıkışlarının olması yangın güvenliği açısından sorgulanmalıdır. İlgili standartlar kapsamında kurulması ve düzenlenmesi gerekmektedir. Alevin olması ve dumanın bulunması cepheye temas edilen kısımlarda dikkat edilmesi gereken bir durum olmaktadır. Hermetik cihaz bacalarının gerekli uzunlukları cephe tiplerine göre (düz cephe, öne çıkıntılı cephe, köşeli cephe, balkonlu cephe), cephe açıklıklarına göre, konsol elemanlara göre şekillendirilmelidir. Aksi halde yangın oluşma riski ve duman tahliyesinin oluşmaması durumu ile karşılaşılmaktadır. Ülkeler mevzuatları incelendiğinde bazı ülkelerin cephelerden atık gaz salınımına izin verilmediği gözlemlenmiştir [136] (Şekil 4.18).



Şekil 4.18. C tipi denge bacalı aygıtın cephe konumlandırılması [157]

Cephe tasarımında malzemeden ve sistemden kaynaklı olarak alınabilecek yangın güvenlik önlemleri mevcuttur. Bu önlemlere ek olarak özellikle bitişik nizam yapılarda yangının cepheden ve çatıdan yayılmasının engellemek için yangın duvarı yapılmaktadır. Duvarın belirli bir süre yangına dayanımı (direnci) istenmektedir. Günümüz projelerini incelediğimizde az rastlanılan bir uygulamadır. Malzeme seçimi, kompartıman olanakları sebebiyle çok sık uygulanmamaktadır. Kompartımanlar oluşturmakla, cephe yangın dayanımını artırmak cephelerde yangın güvenliği kapsamında ele alınmalıdır (Şekil 4.19). Yangının sadece mekân içinde sınırlandırılması, yangının farklı yollardan yayılmasını engellemektedir.



Şekil 4.19. Cephe tasarımında kompartıman ile yangın yayılmasının önlenmesi [158]

Cephelerde yangın güvenlik önlemleri kapsamında aktif önlemler de büyük önem taşımaktadır. Yangına başlangıç anında müdahale ederek, yangının yayılmasını sınırlandırmak ve kurtarma, koruma faaliyetlerini kolaylaştırmak amacıyla planlanmaktadır. Yangın algılama ve uyarı sistemleri ile yangın engelleme ve söndürme sistemleri olarak iki farklı yoldan yapılmaktadır [159]. Cephelerde yangının ortaya çıkmasının ve yayılmasının engellenmesinde, yangının başlangıç aşamasında söndürülmesi büyük öneme sahiptir. Ülkelerin mevzuatlarında özellikle iç mekân cephe yakınında otomatik söndürme sistemleri büyük önem taşımaktadır. Pasif yangın güvenlik önlemlerine ek olarak kullanılacak olan aktif yangın güvenlik önlemleri can ve mal güvenliğinin sağlanması konusunda gereklidir. Mevzuatlar dahilinde, aktif güvenlik önlemlerinin binalarda konumlandırılması, pasif güvenlik önlemlerini kolaylaştırıcı etkisi bulunmaktadır. Otomatik söndürme sistemlerinin maliyetlerinin yüksek olması ve bakım gerekliliği sebebiyle tercih edilmemesi yangın güvenliği açısından sorun oluşturmaktadır. Ülkelerin yangın mevzuatları çerçevesinde incelenmesi ve binalarda gerekli yangın güvenlik önlemleri sonucunda kullanılması önemlidir.

5. ULUSAL VE ULUSLARARASI YANGIN MEVZUATLARI ÇERÇEVESİNDE YANGIN GÜVENLİK ÖNLEMLERİ

Günümüzde yangın güvenliğinin sağlanmasına yönelik, ülkelerin kendi sınırları içinde uyguladıkları mevzuatlar bulunmaktadır. Mevzuatların ortaya çıkış tarihleri ve ülkenin gelişmişlik derecesine göre mevzuat hükümleri değişiklikler göstermektedir. Mevzuatlar içerisinde bazı hükümler kısıtlayıcı olmakla birlikte bazı hükümler ise tasarımcıya çok farklı imkânlar sunmaktadır. Mevzuatlar kapsamında, cephelerde alınması gereken yangın güvenlik önlemleri bulunmaktadır. Bu yangın güvenlik önlemleri minimum koşulları ifade etmektedir. Yangının büyük can ve mal kayıplarına sebep olduğu düşünüldüğünde mevzuatları uygulamak ve güvenli tarafta kalmak amacıyla daha uygun tasarımlar yapmak, malzemeler seçmek ve sistem önerisi getirmek önemli olmaktadır. Tezin bu kısmında; ülkemizde yürürlükte olan yangın mevzuatı ve yangın güvenliği kapsamında gelişmiş ülkelerin mevzuatları cephelerde yangın güvenlik önlemleri kapsamında incelenmiştir. İnceleme; cephe malzemeleri, yatay yangın bariyerleri, cephe açıklıkları, binalar arası mesafeler, dış duvar dayanım süreleri ve otomatik söndürme sistemleri çerçevesinde yapılmıştır.

5.1. Türkiye Cumhuriyeti Yangın Mevzuatı

Ülkemizde 2002 yılında yürürlüğe girmiş ve çeşitli düzenlemeler yapılarak günümüzde halen geçerliliği olan Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik bulunmaktadır. Yönetmeliğin atıf yaptığı yangın test düzenekleri ise Türk Standartları Enstitüsü'nün (TSE) belirlemiş olduğu çeşitli standartlar çerçevesinde yapılmaktadır.

Cephe malzemeleri

Cephelerde kullanılacak malzemeler bina yüksekliğine bağlı olarak değişmektedir. Bina yüksekliği 28,50 metreden fazla olan binalarda zor yanıcı (A2-s1,d0) malzemeden, diğer binalarda ise en az zor alevlenici (C-s3,d2) malzemeden olması gerekmektedir. Geleneksel cephe sistemlerinde, yüksekliği 28,50 metreden az olan binalarda zor alevlenici (C-s1,d2) malzeme kullanılması durumunda tabii veya tesviye edilmiş zemin kotu üzerinde 1,5 metre mesafe hiç yanmaz (A1) malzeme ile kaplanması gerekmektedir [160] (Çizelge 5.1).

Çizelge 5.1. BYKHY kapsamında cephelerde malzeme kullanımı

Tüm Bina Kullanım Sınıfları İçin	
Bina Yüksekliği	Gereklilikler
> 28,50	Zor yanıcı malzemelerin (A2-s1,d0) kullanılması gerekmektedir. Malzemeler, TS EN 13501-1'e göre test edilmiş olmalıdır.
< 28,50	En az zor alevlenici malzemelerin (C-s3,d2) kullanılması gerekmektedir. Zor alevlenici malzemelerin (C-s1,d2) kullanılması durumunda tabii veya tesviye edilmiş zemin kotu üzerinde 1,5 m mesafe hiç yanmaz malzeme (A1) ile kaplanması gerekmektedir. Malzemeler, TS EN 13501-1'e göre test edilmiş olmalıdır.

Geleneksel cephe sistemlerinde; ısı yalıtım malzemesi, ısı yalıtım yapıştırıcısı, dübel, sıva filesi, sıva vb. teçhizat kullanılarak oluşturulan cephe sistemlerinin, ilgili standartlar kapsamında akredite bir laboratuvar tarafından sertifikalandırılması yapılmalıdır. Farklı yüksekliğe sahip bitişik nizam yapılarda, alçak binanın çatı hizasındaki yüksek bina katının cephe kaplaması, hiç yanmaz (A1) malzeme veya sistem ile kapatılmalıdır [160].

Giydirme cephe sistemlerinde açık derz veya havalandırmalı cephe sistemi kullanıldığında, cephe ve yalıtım malzemeleri en az zor yanıcı (A2-s1,d0) malzemelerden olmalıdır [160].

Yatay yangın bariyerleri

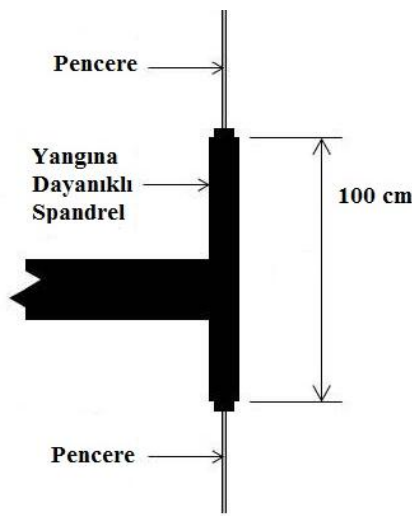
Geleneksel cephe sistemlerinde, bina yüksekliği 6,50 metreden fazla olan binalarda, pencere ve benzeri boşlukların yan kenarları en az 15 cm ve üst kenarı en az 30 cm eninde hiç yanmaz malzeme ile yangın bariyerleri oluşturulmalıdır [160] (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. BYKHY kapsamında cephe açıklıklarında yangın bariyeri kullanımı

Cephe açıklıkları

Tüm cephe yapım türlerinde, iki katın pencere gibi korunumsuz boşlukları arasında düşeyde en az 100 cm yüksekliğinde yangına dayanıklı cephe elemanı ile dolu yüzey oluşturulmalıdır veya cephe iç kısmında 2 metre aralıklarla cepheye en az 1,5 metre mesafede otomatik söndürme sistemi bulunmalıdır (Şekil 5.2). Giydirme cephe sistemlerinde cephe elemanları ve döşemelerin kesiştiği yerler, alevlerin komşu katlara geçişini engelleyecek şekilde döşeme yangın dayanımını sağlayacak süre kadar yalıtılmalıdır [160].



Şekil 5.2. Spandrel dolu yüzeyin oluşturulması [100]

Açık dış kaçış merdivenlerinin herhangi bir bölümünde yanlardan yatay ve alttan düşey uzaklık olarak 3 m içerisinde merdiven özelliklerinden daha az korunumlu kapı ve pencere gibi duvar boşluklarına izin verilmemektedir [160].

Binalar arası mesafeler

İtfaiye araçlarının binanın herhangi bir noktasına erişiminin 45 m mesafeden az olacak şekilde sağlanması gerekmektedir. Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği kapsamında binanın parselde oturmasında bahçe çekme mesafeleri gereklerine uyulmalıdır. Bu durum cephelerde yangının ısıtım ile yayılmasını azaltabilecek bir tasarım olarak da çalışmaktadır. Mevzuat çerçevesinde, dış duvar dayanım sürelerinde binalar arası sınır mesafesi 2 m olarak ele alınmıştır [160].

Dış duvar dayanım süreleri

Cephelerde yangına dayanım süresi belirlenirken yük taşıyıcı duvarlarda R (yük taşıma kapasitesi), dış duvarlarda ise REI (yük taşıma kapasitesi, bütünlük, yalıtım) süreleri aranmaktadır. Mevzuat çerçevesinde Ek 3/B ve Ek 3/C'ye göre, yük taşımayan dış duvar tasarımında 2 m sınır mesafesi esas alınmıştır. Dış duvarların yangına dayanım süresi 2 m sınır mesafesine, bina kullanım sınıfına ve bina yüksekliğine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Otomatik söndürme sistemlerinin kullanılması durumunda, dış duvar dayanım süreleri azalmaktadır. Dış duvar olarak geçen tanımlamada istenilen sürelerin sağlanması gerekmektedir [160].

Otomatik söndürme sistemleri

Otomatik söndürme sistemleri gerekliliği yapı yüksekliği ve binanın kullanım sınıfına göre değişkenlik göstermektedir. Yapı yüksekliği 30,50 m'yi geçen konut harici binalarda ve yapı yüksekliği 51,50 m'yi geçen konut binalarında otomatik söndürme sistemleri yapılmalıdır. Birden fazla katlı bina içerisindeki yatılan oda sayısı 100'ü veya yatak sayısı 200'ü geçen otellerde, yurtlarda, pansiyonlarda, misafirhanelerde ve yapı yüksekliği 21,50 m'den fazla olan bütün yataklı tesislerde yapılması gerekli olmaktadır. Toplam alanı 2000 m²'den fazla olan katlı mağazalarda, alışveriş, ticaret, eğlence alanlarında ve toplam alanı 1000 m²'den fazla olan kolay alevlenici ve parlayıcı madde üretilen veya bulundurulmuş yapılarda otomatik söndürme sistemleri gerekmektedir [160].

5.2. Amerika Birleşik Devletleri Yangın Mevzuatı

Amerika Birleşik Devletleri'nde International Building Code (IBC) ve National Fire Protection Association (NFPA) kodları bulunmaktadır. İki farklı kodun uygulamaları birbiri ile paralellik göstermektedir. IBC model bir kod uygulaması olarak, International Code Council (ICC) tarafından ortaya konulmuştur. NFPA bünyesindeki kodlar ise temelde IBC esas alınarak oluşturulmuş ve günümüze kadar çok fazla değişim geçirmiştir. Cephelerde yangın güvenliği kapsamında, NFPA 5000 kodu ayrıntılı olarak ele alınmıştır [10].

Cephe malzemeleri

NFPA 5000 Building Construction and Safety Code kapsamında binalar, beş ayrı yapı tipi olarak sınıflandırılmaktadır. Bu tipler, Tip I, Tip II, Tip III, Tip IV ve Tip V olarak tanımlanmıştır. Sınıflandırma otomatik söndürme sistemlerinin olup olmaması, yapı yüksekliği, bina kullanım sınıfı ve yapı elemanlarının yangın direnç süresine bağlı olarak değişmektedir [161]. Cephe sistemlerinde kullanılacak malzemelerin yanıcılık sınıfı, büyük ölçekli deney düzeneği ile NFPA 285 Standard Fire Test Method for Evaluation of Fire Propagation Characteristics of Exterior Non-Load-Bearing Wall Assemblies Containing Combustible Components'e uygun olarak kontrol edilmelidir [162]. Mevzuat kapsamında, dış duvar katman malzemelerine göre özel gereklilikler bulunmaktadır. Plastik köpük yalıtım malzemelerinin cephelerde kullanımında Tip I-II-III-IV arasında geçerli olan belirli hükümler yer almaktadır (Çizelge 5.2). Tasarımcıların ve plastik köpük yalıtım malzemeleri kullanıcılarının bu gerekliliklere dikkat etmesi beklenmektedir [161].

Çizelge 5.2. NFPA 5000 kapsamında cephelerde köpük yalıtım malzeme kullanımı

Özellikler	Gereklilikler
Isı Bariyerleri	Köpük yalıtımlar kullanılması durumunda ısı bariyerlerinin oluşturulması gerekmektedir. Bu bariyerler 13 mm alçı sıvadan oluşabileceği gibi malzemelerin NFPA 275 gereklerine uygun deneylerle test edilmesi sonucu elde edilebilmektedir.
Alev Yayılma İndeksi ve Duman Büyüme İndeksi	Yalıtım, dış yüzey ve kaplamalar ayrı ayrı ASTM E 84 veya UL 723'e göre test edilebilmektedir. Alev yayılma indeksi 25'ten küçük, duman büyüme indeksi 450'den küçük olması beklenmektedir. Alüminyum kompozit panellerde en fazla istenen kalınlık 6,3 mm olmalıdır.
Duvar Sistem Yanıcılığı	Duvarın tamamı sistem olarak NFPA 285'e göre test edilmelidir.
Potansiyel Isı İçeriği	NFPA 259'a göre potansiyel ısı içeriği test edilebilmektedir. Ancak duvarda kullanılan köpüğün potansiyel ısı içeriği, büyük ölçekli deney düzeneğindeki malzemenin ısısından fazla olmamalıdır.
Tutuşma Karakteristiği	NFPA 268 (ışınma yolu kullanılarak dış duvarın tutuşması) testinde dış duvarda sürekli alevlenme olmamalıdır. Bu gereklilik; dış katmandan 13 mm alçı tabaka ile, 9,5 mm cam takviyeli beton ile, 22 mm portland çimento sıvası ile, 0,48 mm metal panel ile ve 25 mm beton veya taş ile kapatıldığında aranmamaktadır.

Cephelerde kullanılan köpük dışı yalıtım malzemelerinde (nem bariyeri ve yansıtıcı folyo kullanılan) ASTM E 84 veya UL 723'e uygunlukları test edilmelidir. Gizli yalıtım yapılan sistemlerde alev yayılma indeksi 75'ten küçük olmalıdır. Açık yalıtım uygulanan

sistemlerde ise alev yayılım indeksi 25'ten küçük olmalıdır. İki tür yalıtım tipi kapsamında da duman büyüme indeksi 450'den küçük olmalıdır. Mantolama sistemin bulunduğu binalar, EIMA 99A test standardına uygun olarak kontrol edilmelidir. [161].

Cephelerde kullanılan ışık geçirgen plastikler için de özel bir bölüm bulunmaktadır. Bu malzemelerin kendi kendine tutuşma sıcaklığı 343 °C'den yüksek olmalı ve malzemeler ASTM D 1929 standardına göre test edilmelidir. Duman büyüme indeksi ise 450'den küçük olmalıdır. Aynı zamanda yanıcılık sınıfı CC1 (yanma uzunluğu 25 mm'den az) veya CC2 (yanma oranı 64 mm/min az) malzemeler, ASTM D 635'e göre test edilmelidir [161].

Cephelerde yangın güvenliği kapsamında, özellikle yüksek binalarda çok fazla kullanılan metal kompozit elamanların yangın güvenliğince değerlendirilmesi önemlidir. Cephe yangınları analizi sonucunda, metal kompozit malzemeler yangın güvenliği açısından büyük risk oluşturmaktadır. NFPA 5000 kapsamında metal kompozit malzemelere yönelik belirli gereklilikler bulunmaktadır (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.3. NFPA 5000 kapsamında cephelerde metal kompozit malzeme kullanımı

Tip I, Tip II, Tip III ve Tip IV Binaları	
Yükseklik	Gereklilikler
En fazla 12 m'ye kadar olan yükseklikler	Binalar arası sınır mesafesi 1,524 m'den küçükse cephe bitiş malzemeleri dış duvar alanının % 10'undan fazla olmamalıdır veya alev yayılma indeksi 75'ten küçük olmalı ve duman büyüme indeksi 450'den küçük olmalıdır (ASTM E 84 veya UL 723).
En fazla 15 m'ye kadar olan yükseklikler	Panellerin alanı 27,8 m²'den fazla olmamalıdır ve birbirine temas eden panellerin kenarı 12,20 m'den az olmamalıdır. Aynı zamanda kendi kendine tutuşma sıcaklığı 343 °C'den yüksek olmalıdır (ASTM E 84). Alev yayılma indeksi 75'ten küçük olmalı ve duman büyüme indeksi 450'den küçük olmalıdır. (ASTM E 84 veya UL 723).
Tüm yükseklikler	NFPA 285 Büyük ölçekli deney test standardına uyulmalıdır ve alev yayılma indeksi 25'ten küçük olmalıdır ve duman büyüme indeksi 450'den küçük olmalıdır.
Tip V Binaları	
Tüm yükseklikler	Alev yayılma indeksi 75'ten küçük olmalı ve duman gelişme indeksi ise 450'den az olmalıdır (ASTM E 84 veya UL 723).

International Building Code (IBC) kapsamında, Tip I, Tip II, Tip III ve Tip IV bina sınıflandırmasında genel olarak cephe malzemelerine yönelik gereklilikler bulunmaktadır. Bu gereklilikler aşağıda belirtilmiştir.

- Binalar arası sınır mesafesi 1,524 m'den küçükse yanıcılık özelliği olan cephe bitiş malzemeleri dış duvar alanının %10'undan fazla olmamalıdır.
- Bina yüksekliği 12,192 m'den fazla ise yanıcılık özelliği olan malzemeler cephelerde kullanılmamalıdır.
- Yangın geciktirici katkı maddeleri bulunan ahşap elemanlarda bina sınır mesafelerine yönelik belirli bir gereklilik bulunmamaktadır. Ancak, 18,233 m yüksekliğe kadar izin verilmektedir.
- Cephelerde tutuşmaya başlama dayanımı, NFPA 268'e göre test edilmelidir. Işınım etkisinin cephe elemanları üzerindeki etkisi incelenmelidir. 1,524 sınır mesafesinden az uzaklıklarda yanmaz ve alev almayan malzemeler seçilmeli; 1,524 sınır mesafesinden fazla olan uzaklıklarda maksimum ısı akışı 12,5 kW/m²'den, 7,62 sınır mesafesinden fazla olan uzaklıklarda maksimum ısı akışı 3,5 kW/m²'den az olacak şekilde malzemeler seçilmelidir [10].

Yatay yangın bariyerleri

Cephe içi boşluklar, en az kompartıman gereklerine uygun olacak şekilde yangın bariyerleri ile donatılmalıdır. Dış duvar yalıtım ve bitiş sistemlerinde (EIFS) ise büyük ölçekli deney standardına ve EIFS standartlarına uyulmalıdır [161].

Cephe açıklıkları

Otomatik söndürme sistemleri bulunmayan 4'ten fazla kata sahip olan binalarda açıklıklar, diğer katın açıklıklarından ayrılmalıdır. Açıklıkların korunması esas olarak; 1 saat yangına dayanıklı 915 mm spandrel bölge olarak yapılmalı veya yatayda 1 saat yangına dayanıklı 760 mm bariyer ile alev ve duman cepheden uzaklaştırılacak şekilde detay çözüm önerileri getirilmelidir [161].

Binalar arası mesafeler

Binalar arası kritik uzaklık sınırlar çerçevesinden yaklaşık 1 metre olarak belirlenmiştir. 1 metre veya daha az mesafeden korunumsuz cephe açıklıklarına izin verilmemektedir. Binalar arası mesafe 1 m'den büyük olduğunda, cephelerde istenilen korunumsuz açık alan yüzdesi bina kullanım sınıfı ve bina yüksekliğine bağlı olarak değişmektedir [161].

Mevzuat çerçevesinde, korunumsuz cephe açıklıklarının oranlarının belirlenmesinde çeşitli gereklilikler bulunmaktadır. Toplanma amaçlı binalarda, günlük bakımevlerinde, sağlık yapılarında, bakımevi ve ıslahevlerinde, konutlarda, ofislerde ve endüstriyel binalarda ve düşük tehlikeli depolarda binalar arası sınır mesafesi değeri yaklaşık 3 m'den az olduğunda; bina cephesinin etkilenen alanına bağlı olarak korunumsuz cephe açıklık oranları değişmektedir. Ticari amaçlı binalarda, endüstri yapılarında ve orta ve yüksek tehlikeli depolarda binalar arası sınır mesafesi değeri yaklaşık olarak 9 m'den az olduğunda; bina cephesinin etkilenen alanına bağlı olarak korunumsuz cephe açıklık oranları değişmektedir. Binalar arası mesafeler azaldıkça ve bina cephesinin etkilenen alanı arttıkça cephede istenilen korunumsuz açıklık oranları azalmaktadır ve bu ilişkiler tabloya dökülerek mevzuat çerçevesinde verilmiştir. Ancak otomatik söndürme sistemlerinin olması, korunumsuz cephe açıklık oranlarının iki katına çıkmasını sağlamaktadır. Aynı zamanda cephe açıklıklarındaki kapıların, pencerelerin ve cam yüzeylerin (korunumsuz cephe açıklıkları) yangına karşı dayanıklı olması, bu elemanların dış duvar dayanımından daha az dayanıma sahip olması ile çözümlenebilmektir [161] (Çizelge 5.4).

Çizelge 5.4. NFPA 5000 kapsamında cephe açıklık yangına dayanım süreleri

Dış Duvarın Yangına Dayanım Süresi	Cephe Açıklıklarının Yangına Dayanım Süresi
120 dk	90 dk
60 dk	45 dk

Dış duvar dayanım süreleri

NFPA 5000 Bölüm 7 çerçevesinde, taşıyıcı olan dış duvarlar ve taşıyıcı olmayan dış duvarlar için farklı dayanım süreleri gerekmektedir. Taşıyıcı olan dış duvarların tasarımında bina kullanım sınıfına bağlı olarak değişkenlik göstermekle birlikte, binalar arası sınır mesafesi

de önemli bir kriter olmaktadır. Taşıyıcı olan dış duvarlarda taşıyıcı olmayan dış duvarlara göre istenilen dayanım süresi daha fazla olmaktadır. Taşıyıcı olmayan dış duvarlarda aranan dayanım süreleri de binalar arası sınır mesafesine ve bina kullanım sınıfına göre değişmektedir [161] (Çizelge 5.5).

Çizelge 5.5. NFPA 5000 kapsamında dış duvar yangın dayanım süreleri

Bina Kullanım Sınıfı	Yatay Uzaklık			
	0 - 1,5 m arası	1,5 - 3 m arası	3 - 9 m arası	9 m'den fazla
Toplanma amaçlı binalar, sağlık binaları, gözaltı ve ıslah evleri, eğitim binaları, ofis binaları, konutlar, iş yerleri, düşük tehlikeli endüstriyel binalar ve depo binaları	1	1	0	0
Ticari amaçlı binalar, orta tehlikeli endüstriyel binalar ve depo binaları	2	1	0	0
Yüksek tehlikeli endüstriyel binalar ve depo binaları (Korunumlu Seviye 1, Seviye 2, Seviye 3, Bölüm 34.)	Seviyelerin kullanıldığı bina kullanım sınıflarına göre değişiklik göstermektedir.			
Yüksek tehlikeli endüstriyel binalar ve depo binaları (Korunumlu Seviye 4, Seviye 5, Bölüm 34.)	3	2	1	0

Otomatik söndürme sistemleri

Otomatik söndürme sistemleri kapsamında NFPA 101 Life Safety Code ve NFPA 13 Standard for the Installation of Sprinkler Systems kodlarını incelemek gerekmektedir. Yangın güvenlik kodlarında uygulama ve denetleme standartları bulunmaktadır. Kullanım sınıfı ve kat sayıları otomatik söndürme sistemi gerekliliğini etkilemektedir. Apartman binalarında 4 kat ve üzeri katlarda otomatik söndürme sistemleri yapılması gerekmektedir (Çok farklı gereklilikler olması sebebiyle içerik kısa tutulmuştur) [161,163-164].

5.3. İngiltere Yangın Mevzuatı

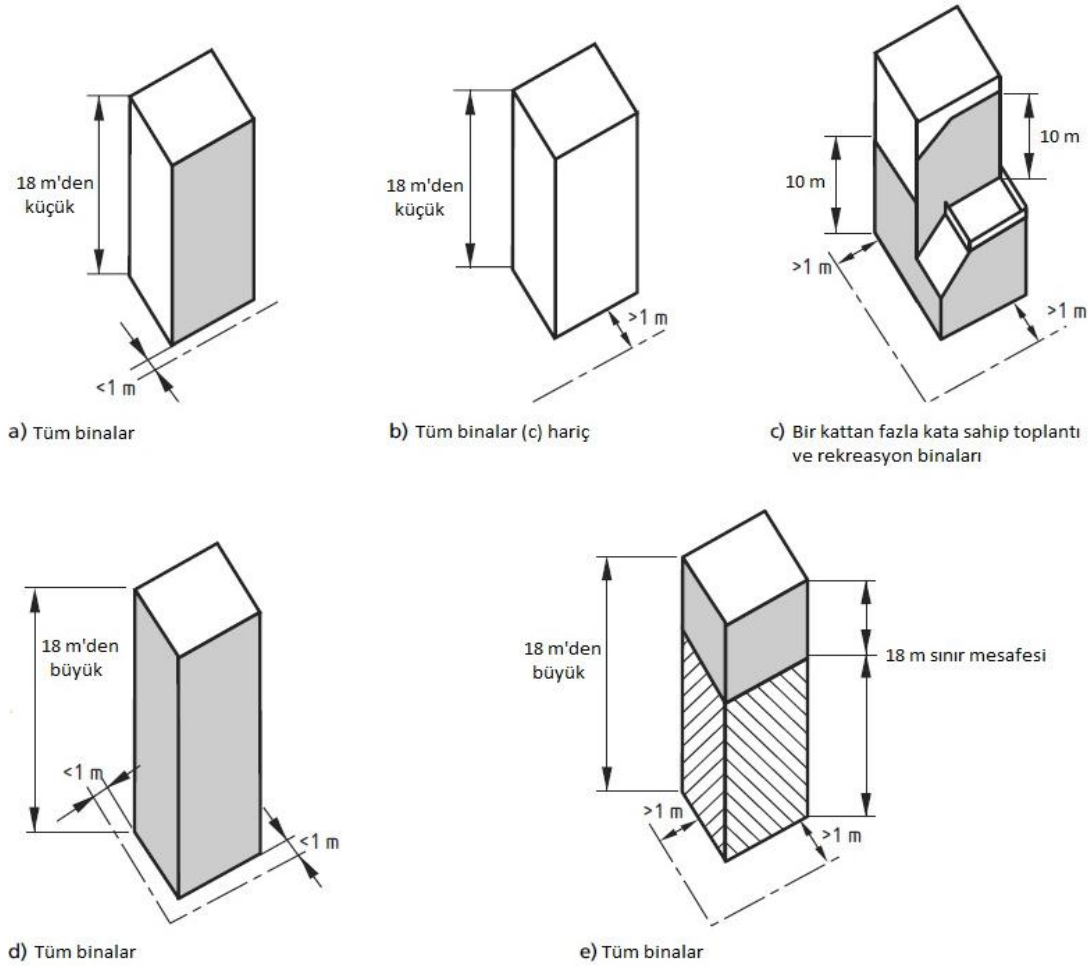
İngiltere ve Galler bölgelerinde yapısal tasarımlara yönelik The Building Regulations olarak mevzuatlar bulunmaktadır. Düzenlemeler kapsamında bulunan Approved Document B yangın güvenlik önlemleri amacıyla oluşturulmuş performansa dayalı bir mevzuattır [165].

Cephe malzemeleri

Cephelerde kullanılacak malzemelere yönelik bina yüksekliği esas alınmaktadır. Mevzuat kapsamında, malzeme tepki sınıflarında ulusal sınıflandırma ve Avrupa Birliği tarafından benimsenmiş sınıflandırma birlikte kullanılmıştır (Çizelge 5.6, Şekil 5.3). [165].

Çizelge 5.6. Approved Document B kapsamında cephelerde malzeme kullanımı

Bina Tipleri		Bina Yüksekliği	Sınıra Olan Mesafe	Gereklilikler
a)	Tüm binalar	< 18 m	< 1 m	1 m'den yakın dış duvarlar en az 0 sınıfı (İngiltere Kodları) ya da en az B-s3,d2 sınıfı (Eurocodes) ile oluşturulmalıdır.
b)	Tüm binalar (c hariç)	< 18 m	≥ 1 m	Gereklilik bulunmamaktadır.
c)	Bir kattan fazla kata sahip toplantı ve rekreasyon binaları	< 18 m	≥ 1 m	Zemin seviyesinden itibaren veya çatı ve erişimi sağlanan diğer bölümlerden itibaren 10 m yüksekliğinde olan dış duvarlar en az 0 sınıfı ya da en az B-s3,d2 sınıfı ile oluşturulmalıdır.
d)	Tüm binalar	≥ 18 m	< 1 m	Tüm dış duvarlar, 0 sınıfı veya en az B-s3,d2 sınıfı ile oluşturulmalıdır.
e)	Tüm binalar	≥ 18 m	≥ 1 m	18 m yüksekliğine kadar olan dış duvarlar kısmında Index I veya en az C-s3,d2 kullanılmalıdır. 18 m yüksekliği üzerinde ise en az 0 sınıfı ya da en az B-s3,d2 sınıfı ile oluşturulmalıdır.



Şekil 5.3. Approved Document B kapsamında cephelerde malzeme kullanımı [165]

İngiltere mevzuatına göre cephelerde kullanılacak malzeme gereklilikleri İngiltere’de kullanılan 0 sınıfı (Class 0), BS 476-4 Fire tests on Building Materials and Structures. Non-Combustibility Test for Materials standardına göre test edilmiş yanmaz malzemeleri veya BS 476-11 Fire Tests on Building Materials and Structures Method for Assessing the Heat Emission from Building Materials standardına göre sınırlı yanıcılık özelliği olan malzemeleri ifade etmektedir. Index I ise, BS 476-6 Fire Tests on Building Materials and Structures Method of Test for Fire Propagation for Products standardına göre test edilerek belirlenmelidir.

İngiltere mevzuatları kapsamında bulunan BS 8414-1 ve BS 8414-2 büyük ölçekli deney standartları da cephe sistemlerinin incelenmesine olanak sağlamaktadır. Cephede kullanılan malzemelerin sistem içerisindeki davranışlarını ve yangına tepkilerini belirlemeye yönelik olarak kullanılmaktadır [166-167]. İngiltere yangın deney düzenekleri birçok ülke tarafından benimsenmekte ve aktif olarak kullanılmaktadır.

Yatay yangın bariyerleri

Cephe açıklıklarında (pencere alt ve üst sınırları gibi), katlar arası cephe açıklıklarında en az 30 dakika yangına dayanıklı olacak şekilde bariyerler kullanılmalıdır. Cephe içi boşluklar, en az kompartıman gereklerine uygun olacak şekilde yangın bariyerleri ile donatılmalı ve kompartıman niteliklerine göre uygun önlemler alınmalıdır [165].

Cephe açıklıkları

Cephe ve kompartıman döşemesi birleşimleri yangın durdurucu elemanlar ile donatılmalıdır. Yangın durdurucu elemanların özelliği döşemenin yangına dayanım süresi kadar olmalıdır. Cephede, yangıcı yalıtım malzemesi kullanıldığında cephe açıklık etrafında en az 1 mm kalınlığında bitiş malzemesi kullanılmalıdır. Bitiş malzemesinin kullanımında ise açıklığın bulunduğu cephenin en az yarısının alanı kadar olmalıdır. Mevzuat çerçevesinde, cephe açıklıklarının birbiri ile olan mesafesi ve dış kaçış merdivenlerine olan ilişkisi şemalar aracılığıyla aktarılmıştır [165].

Binalar arası mesafeler

Binaların arasındaki kritik sınır mesafesi 1 metre olarak ele alınmaktadır. Bu mesafe dış duvar katman malzemelerinin cephede kullanımını etkilemektedir. 1 m'den az sınır değerinde olanlar için cephe açıklıklarında kullanılan camlar yangın geciktiricili olarak seçilmelidir. 1 m'den fazla sınır mesafesine göre, bina kullanım sınıfı ve yüksekliğine bağlı olarak cephelerde istenilen korunumsuz açık alanlarının oranları belirlenmektedir [165].

Dış duvar dayanım süreleri

Dış duvarlarda yangına dayanım sürelerinin belirlenmesinde yatay uzaklıkta 1 metre esas alınmaktadır. Sınır mesafesine göre 1 m'den az veya fazla olmasına göre yangına dayanım süresi değişmektedir [165].

Binalar çeşitli risk gruplarına ayrılmıştır. A (ofisler ve endüstriyel tesisler), B (ticari amaçlı binalar, sergiler, müzeler, eğlence merkezleri, toplanma amaçlı binalar), C (konutlar, konaklama alanları) ve D (sağlık binaları vb.) grupları bulunmaktadır. Grupların gereklerine

uygun olarak dış duvarlarda yangına dayanım süresi aranmaktadır. Otomatik söndürme sistemlerinin olması ve bina içi havalandırma olanakları yangına dayanım sürelerini etkilemektedir. Bina yüksekliği arttıkça, yangına dayanım süreleri de artmaktadır [165].

Otomatik söndürme sistemleri

Kurumsal binalar, otoparklar ve diğer konaklama binaları dışında olan tüm binaların yüksekliği 30 m'yi aşması durumunda otomatik söndürme sistemleri yapılması gerekmektedir. Ayrıca kompartıman alanı gereken sınır değerleri aşması durumunda otomatik söndürme sistemlerinin yapılması gerekmektedir [165]. Otomatik söndürme sistemlerinin kullanılması, istenilen kompartıman alanında genişletme yapabilmektedir.

5.4. Singapur Yangın Mevzuatı

Singapur'da yürürlükte olan yangın mevzuatı (The Singapore Civil Defence Force Fire Code) performansa dayalı bir mevzuat olarak ortaya çıkmıştır [168]. Mevzuat kapsamında alternatif çözüm önerilerine uygun olacak şekilde gereklilikler bulunmaktadır.

Cephe malzemeleri

Cephelerde malzeme kullanılmasına yönelik gereklilikler bina yüksekliği ve sınır mesafesine olan uzaklığa bağlı olarak değişmektedir [168] (Çizelge 5.7).

Çizelge 5.7. Singapur mevzuatları kapsamında cephelerde malzeme kullanımı

Bina Yüksekliği	Sınır Olan Mesafe	Gereklilikler
Tüm binalar	< 1 m	Kaplama malzemesi 0 sınıfı olmalıdır. 0 sınıfı; *Yanmaz malzemeleri veya *BS 476: Bölüm 6 test standardına göre; alev yayılma indeksi ≤ 12 ve ortalama indeks 6'yı aşmayan malzemeleri kapsamaktadır.
> 15 m	≥ 1 m	15 metrenin üstünde kalan cephe kaplamaları 0 sınıfı olmalıdır. 15 metrenin altında kalan cephe kaplamaları ise ya en az 9 mm kalınlığında ahşap ya da BS 476: Bölüm 6 test standardına göre alev yayılma indeksi ≤ 20 olan malzemeler seçilmelidir.
< 15 m	≥ 1 m	Gereklilik bulunmamaktadır.

Yatay yangın bariyerleri

Cephe içi boşluklar, en az kompartıman gereklerine uygun olacak şekilde yangın bariyerleri ile donatılmalı ve kompartıman niteliklerine göre uygun önlemler alınmalıdır. Dış duvarda yapılacak olan yangın bariyerleri boşluğu tamamen kapatacak şekilde olmalıdır. 20 metre ve üstündeki binaların havalandırılmalı cephelerinde yangın bariyerleri 0 sınıfı malzemeden yapılmalıdır. 8 metre ve altındaki binalarda havalandırılmalı cephelerde ise daha düşük sınıflarda yangın bariyerleri kullanılabilmektedir [168].

Cephe açıklıkları

Mevzuat kapsamında cephe açıklıklarına yönelik gereklilik bulunmamaktadır.

Binalar arası mesafeler

Cephelerde alınması gereken kritik sınır mesafesi 1 metre olarak ele alınmıştır. Cephelerde yangın güvenliğinde sınır mesafe, bina kullanım türüne, bina yüksekliğine ve cephe geometrisine göre değişmektedir. Sınır mesafesi 1 metreden fazla ise bina yüksekliği ve bina kullanım sınıfına göre korunumsuz cephe açıklık oranları değişiklik göstermektedir [168].

Dış duvar dayanım süreleri

Dış duvarlarda yangına dayanım süresi, 1 metre sınır mesafesine göre belirlenmektedir. Sınır mesafesinin az olması ile dayanım süresi artmaktadır. Dış duvarlarda yük taşıma kapasitesi, bütünlük ve yalıtım özelliklerinin hangi durumlarda olması gerekliliği ortaya konulmuştur. Bina kullanım sınıfları, bina yükseklikleri ve bodrum kat, zemin kat üstü yükseklikleri yangına dayanım sürelerini etkilemektedir. Yüksek tehlikeli depolama alanlarında yangına dayanım süresi 4 saate kadar yükselmekte, otomatik söndürme sistemlerine bağlı olarak istenilen süreler azaltılabilmektedir. Mevzuat çerçevesinde, dış duvar katmanlaşmasında yangına dayanım sürelerinin sağlanabilme yöntemleri açıkça belirtilmiştir. Duvar malzemesi ve üzerindeki katmanlarla birlikte yangına dayanım süresinin sağlanması durumu kapsamlı olarak ele alınmıştır [168].

Otomatik söndürme sistemleri

Konut binaları dışında tüm bina kullanım sınıflarında, 24 metreyi aşması durumunda otomatik söndürme sistemlerinin kullanılması gerekmektedir. Kompartıman sınır mesafelerinin artması da otomatik söndürme sistemlerini gerekli kılmaktadır [168].

5.5. Yeni Zelanda Yangın Mevzuatı

Yeni Zelanda yangın mevzuatı (The New Zealand Building Code) performansa dayalı bir mevzuat olarak yürürlükte bulunmaktadır. Özellikle Acceptable Solutions (AS) adlı kabul edilebilir çözümleri ile yangın güvenlik önlemleri ele alınmalıdır.

Cephe malzemeleri

Cephe malzemelerinin kullanılmasında, bina yüksekliği, binalar arası sınır mesafeleri ve otomatik söndürme sistemlerinin olması belirleyicidir [169] (Çizelge 5.8).

Çizelge 5.8. Yeni Zelanda mevzuatları kapsamında cephelerde malzeme kullanımı

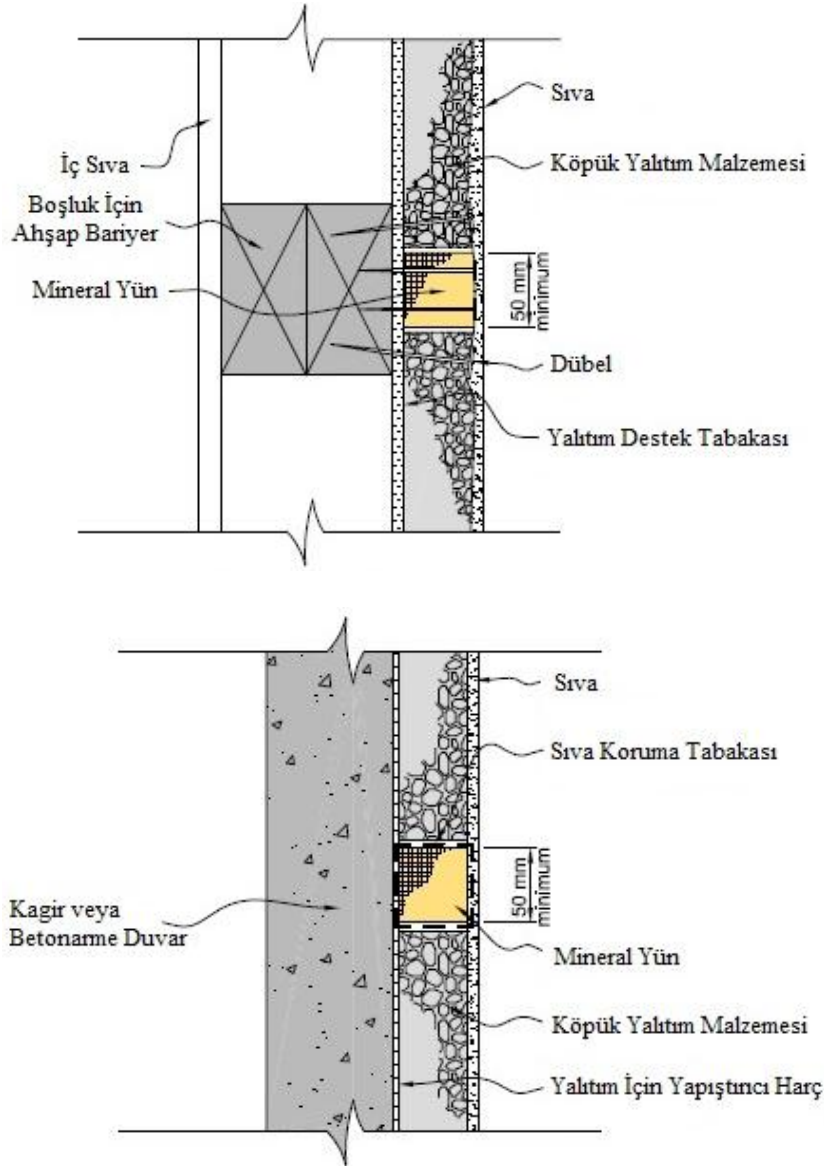
Bina Tipi	Gereklilikler	
	Sınır mesafesine uzaklığı ve bina yüksekliği	Koni Kalorimetresi test düzeneğinde 15 dk boyunca 50 kW/m ² ısıya maruz kalma
*Tüm konutlar (AS2) *Toplanma amaçlı ve eğitim amaçlı binalar (AS4) *Ticari amaçlı, bürolar, düşük tehlikeli depolar (AS5) *Yüksek tehlike depolar ve diğer yüksek riskli alanlar (AS6)	Sınır mesafesine uzaklığı < 1 m	Isı salınımı en fazla 100 kW/m ² olmalı ve toplam ısı 25 MJ/m ² 'yi aşmamalıdır.
	Sınır mesafesine uzaklığı ≥ 1 m ve bina yüksekliği > 7 m	Isı salınımı en fazla 150 kW/m ² olmalı ve toplam ısı 50 MJ/m ² 'yi aşmamalıdır.
*Bakım ve inceleme alanları hastane ve hapishane (AS3)	Sınır mesafesine uzaklığı < 1 m veya bina yüksekliği > 7 m	Isı salınımı en fazla 100 kW/m ² olmalı ve toplam ısı 25 MJ/m ² 'yi aşmamalıdır.
	Sınır mesafesine uzaklığı ≥ 1 m ve bina yüksekliği ≤ 7 m	Isı salınımı en fazla 150 kW/m ² olmalı ve toplam ısı 50 MJ/m ² 'yi aşmamalıdır.

Yeni Zelanda’da yangın güvenliği kapsamında cephe malzemelerinde Çizelge 5.8 uygulanmaktadır. Fakat belirli durumlarda bu çizelge verileri dikkate alınmamaktadır. Bu durumlar; yüzey bitişlerinde 1 mm’ den fazla kalınlıkta malzeme kullanıp arka yüzeyde yanmaz bir malzeme bulunması veya dış duvar sistemi NFPA 285 Standard Fire Test Method for Evaluation of Fire Propagation Characteristics of Exterior Non-Load-Bearing Wall Assemblies Containing Combustible Components test standardına göre uygun sonucu alması veya 25 m ve daha az binalarda otomatik söndürme sistemlerinin bulunmasıdır [169].

Yatay yangın bariyerleri

Yangın bariyerlerinin kompartıman içinde kalan boşlukların tamamında uygulanması gerekmektedir. Bu boşlukların kapsamına giydirme cephe ve duvar, döşeme birleşimleri de girmektedir. Cephe içi boşluklar, en az kompartıman gereklerine uygun olacak şekilde yangın bariyerleri ile donatılmalı ve kompartıman niteliklerine göre uygun önlemler alınmalıdır [169].

Yanıcı cephe yalıtımlı üç veya daha fazla katlı binalar için mineral yünlü yangın önleme bariyerleri (en az 50 mm) gerekmektedir. Yangın önleme bariyerleri cephede iki katı aşmayacak şekilde düzenlenmelidir [169] (Şekil 5.4).



Şekil 5.4. Yeni Zelanda mevzuatları kapsamında cephelerde yatay yangın bariyerleri kullanımı [169]

Cephe açıklıkları

Katlar arası açıklıkların bulunduğu kat döşemelerinde, yangından korunma önlemleri alınmalıdır. Spandrel bölge veya yatay koruma önlemlerinin bu bağlamda düşünülmesi gerekmektedir (Çizelge 5.9). Ancak binada aktif söndürme sistemlerinin bulunması spandrel bölge veya yatay koruma önlemlerinin gerekliliğini ortadan kaldırmaktadır [169].

Çizelge 5.9. Yeni Zelanda mevzuatları kapsamında cephe açıklıklarının korunması

Yatay Koruma (cm)	Spandrel Yüksekliği (cm)
0	150
30	100
45	50
60	0

Binalar arası mesafeler

Binaların arasındaki kritik sınır mesafesi 1 metre olarak ele alınmaktadır. Sınır mesafe dış duvar katman malzemelerinin cephede kullanımını ve korunumsuz cephe açıklık oranlarını etkilemektedir. 1 m’den az sınır değerinde olanlar için cephe açıklıklarında kullanılan camlar yangın geciktiricili olarak seçilmelidir. Kritik sınır mesafesi 1 m’den fazla olan binalarda, bina kullanım sınıfı, aç faktörü ve otomatik söndürme sistemlerinin olmasına göre cephelerde korunumsuz açıklık oranları değişmektedir. Mevzuat çerçevesinde, cephe genelinde korunumsuz cephe açıklıklarında yüzdelik sistemle birlikte, maksimum korunumsuz açıklıkların alan gereklilikleri verilmiştir [169].

Dış duvar dayanım süreleri

Binaların kullanım sınıflarına göre mevzuat çerçevesinde kılavuzlar bulunmaktadır. Bina kullanım sınıflarında AS1’den başlayarak AS7’ye kadar olan sınıflandırmada yangına dayanım süresi değişkenlik göstermektedir. Mevzuat çerçevesinde, *life rating* ve *property rating* tanımlamaları ile iki farklı dayanım süresi aranmaktadır. Bu süreler farklı kullanıma sahip binalarda değişkenlik göstermektedir. Binalar arası sınır mesafesi 1 metre olarak ele alınmıştır. Genel olarak, sınır mesafeden az olan uzaklıklara sahip olan veya 10 m’den fazla yüksekliği bulunan binalarda korunumsuz cephe açıklıklarına izin verilmemektedir [169].

Otomatik söndürme sistemleri

25 metre yüksekliği geçen binalarda veya gereken kompartıman alanının aşıldığı binalarda otomatik söndürme sistemlerinin yapılması gerekmektedir. Bakım ve inceleme alanlarında (AS6) genellikle otomatik söndürme sistemlerinin yapılması gerekmektedir [169].

5.6. Birleşik Arap Emirlikleri Yangın Mevzuatı

Birleşik Arap Emirlikleri'nde Civil Defence Fire Code Council (CDFCC) tarafından UAE Fire and Life Safety Code of Practise 2011'de yürürlüğe girmiştir. Ülke genelinde özellikle metal kompozit malzemelerin bulunduğu cephelerde yangının ortaya çıkmasıyla dış cephe kaplamalarına ve çatı yangın güvenliğine yönelik Annexure A.1.21 of the UAE Fire and Life Safety Code yürürlüğe girmiştir. [170,171].

Cephe malzemeleri

Metal kompozit malzemeler için çeşitli gereklilikler bulunmaktadır [171] (Çizelge 5.10).

Çizelge 5.10. UAE Appendix A.1.21 kapsamında cephelerde metal kompozit malzeme kullanımı

Bina Tipleri	Gereklilikler
*Yüksek Bina (> 23 m) *Orta Yükseklikte Bina (15-23 m) *Alışveriş, Toplanma Amaçlı, Hastane, Eğitim Binaları *Sınır mesafesine 3 m'den az uzaklıktaki binalarda	<i>Panelin Yangına Tepkisi:</i> A Sınıfı olmalıdır. (NFPA 255, ASTM E 84 veya UL 723), A2 Sınıfı olmalıdır. (DIN 4102), A1-d0 Sınıfı olmalıdır. (EN 13501-1).
	<i>Çekirdeğin Yangına Tepkisi:</i> A Sınıfı olmalıdır. (NFPA 255, ASTM E 84 veya UL 723), 0 Sınıfı olmalıdır. (BS 476 Bölüm 6 ve 7), A2 Sınıfı olmalıdır. (DIN 4102), A1 Sınıfı olmalıdır. (EN 13501-1), 1 Sınıfı olmalıdır. (FM 4880).
*Düşük Yükseklikte Bina (< 15 m) *İlk satırda belirtilmeyen kullanım sınıflarına sahip olan binalarda *Sınır mesafesine 3 m'den fazla uzaklıktaki binalarda	<i>Panelin Yangına Tepkisi:</i> B Sınıfı veya II Sınıfı olmalıdır. (NFPA 255, ASTM E 84 veya UL 723), B1 Sınıfı olmalıdır. (DIN 4102), B1-s2,d0 Sınıfı olmalıdır. (EN 13501-1).
	<i>Çekirdeğin Yangına Tepkisi:</i> A Sınıfı olmalıdır. (NFPA 255, ASTM E 84 veya UL 723), 0 Sınıfı olmalıdır. (BS 476 Bölüm 6 ve 7), A2 Sınıfı olmalıdır. (DIN 4102), A1 Sınıfı olmalıdır. (EN 13501-1), 1 Sınıfı olmalıdır. (FM 4880).

Binalarda kullanılacak cephe kaplamalarında (metal kompozit malzemeler dışında), 1 Sınıfı veya A1 Sınıfı malzemeler (FM 4880 ve FM 4881) kullanılmalı veya BS 8414 Bölüm 1 veya 2 kapsamında cephenin sistem olarak uygunluğunun test edilmesi gerekmektedir [171].

Mevzuat çerçevesinde, cephelerde malzeme ve sistem önerilerinde belirli deney düzeneklerinin yapılması gerekmektedir. Deney düzeneklerinin ise NFPA, BS, DIN, EN ve ASTM kodları kapsamında yapılması ve sonuçlarının uygunluğunun sağlanması gerekmektedir [48,49]. Mevzuatta önerilen deney düzenekleri, küçük ölçekli deneyler ve büyük ölçekli deneyler olarak farklılık göstermektedir. Bu konuda mevzuat kapsamında güvenli tarafta kalınması esas olup, en sınırlandırıcı gerekliliğe uygun olacak şekilde önlemler alınması gerekmektedir [171].

Birleşik Arap Emirlikleri'nde özellikle Dubai'de yaşanan yangınlarda, bina cephelerinde metal kompozit malzemelerin çokça kullanıldığı göze çarpmaktadır. Bu nedenle metal kompozit panellerin kullanılmasında bir kısıtlama getirilmiştir. Cephede kullanılan metal kompozit malzemelerde dış kabuk kalınlığı en az 0.5 mm olmalı, iç kabuk kalınlığı ise en az 0.25 mm olmalıdır. Metal kompozit malzemenin kalınlığı ise en fazla 6.3 mm olması gerekmektedir [171].

Tek katmanlı cephelerden mantolama sistemi uygulandığında, istenilen panel kalınlığı, yalıtım malzemesi, derzler, dübelller, yapıştırıcı harçlar ve duvardaki düzenlemeler sistem olarak test edilmeli ve çeşitli standartlarla uygunluğu kontrol edilmelidir [171] (Çizelge 5.11).

Çizelge 5.11. UAE Appendix A.1.21 kapsamında tek katmanda mantolama sistem kullanımı

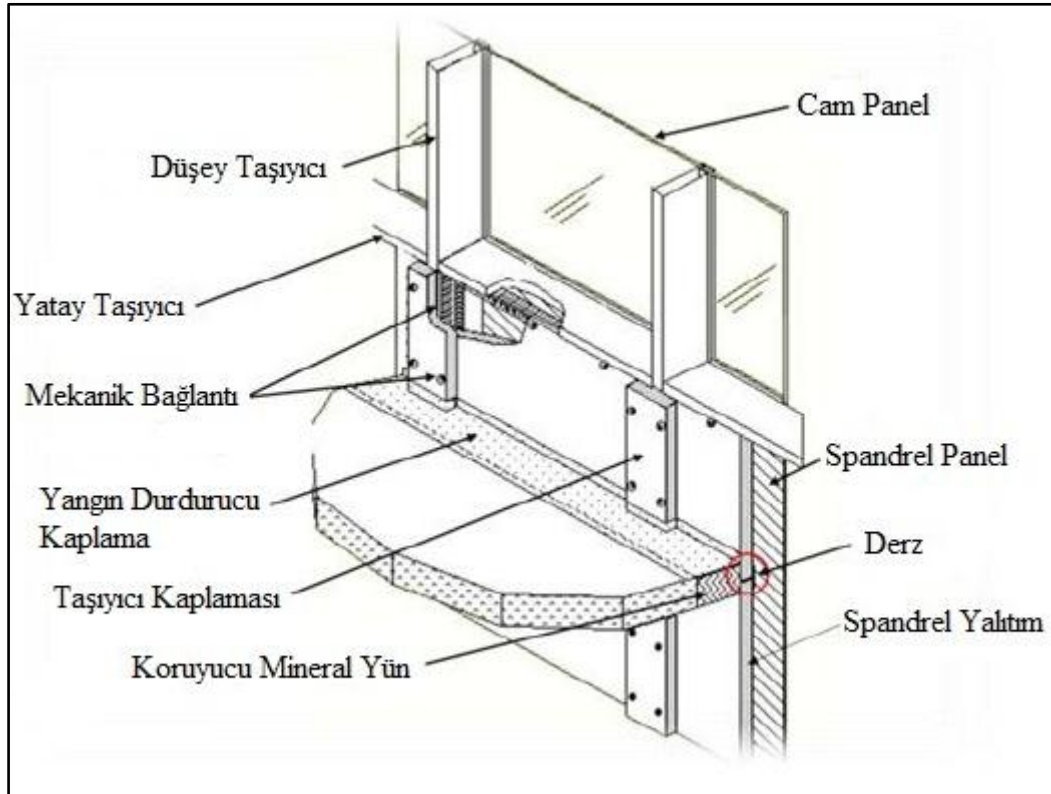
EIFS-ETICS (Tek Katman)	Gereklilikler
*Yüksek Bina (> 23 m) *Orta Yükseklikte Bina (15-23 m) *Alışveriş, Toplanma Amaçlı, Hastane, Eğitim Binaları *Sınır mesafesine 3 m'den az uzaklıktaki binalarda	Sistemin performansı LPS 1582 VE NFPA 285'e göre test edilmiş olmalı veya aşağıdaki denklikler de geçerli olarak sınıflandırılmış olmalıdır. *1 Sınıfı veya A1 Sınıfı, FM 4880 veya FM 4881'e göre, *A2 Sınıfı, EN 13501-1 veya ISO 9705'e göre, *BS 8414 Bölüm 1 veya 2'ye göre inceleme yapılabilir.
*Düşük Yükseklikte Bina (< 15 m) *İlk satırda belirtilmeyen kullanım sınıflarına sahip olan binalarda *Sınır mesafesine 3 m'den fazla uzaklıktaki binalarda	Sistemin performansı LPS 1582 VE NFPA 285'e göre test edilmelidir veya aşağıdaki denklikler de geçerli olarak sınıflandırılmış olmalıdır. *1 Sınıfı veya A1 Sınıfı, FM 4880 veya FM 4881'e göre, *B1-s2,d0 Sınıfı, EN 13501-1'e göre, *BS 8414 Bölüm 1 veya 2'ye göre inceleme yapılabilir.

Yatay yangın bariyerleri

Cephe içi boşluklar, en az kompartıman gereklerine uygun olacak şekilde yangın bariyerleri ile donatılmalı ve kompartıman niteliklerine göre uygun önlemler alınmalıdır. Mantolama sistemlerde ve havalandırılmalı cephe sistemlerinde yatay yangın bariyerlerine yönelik önlem belirtilmemiştir fakat büyük ölçekli deney düzeneklerine ve EIFS standartlarına referans vermesi sebebiyle, standartlar çerçevesinde önlemler alınmalıdır [171].

Cephe açıklıkları

UAE Code Annexure A.1.21 kapsamında katlar arası açıklıklarda belirli önlemler alınmalıdır. Yangına 60 dakika dayanıklı 915 mm spandrel boşlukların kapatılması veya yangına 60 dakika dayanıklı 760 mm yatay koruyucu bariyerlerin olması gerekmektedir (Şekil 5.5). Yangına dayanım olarak katlar arası açıklıklarda önerilecek olan sistemin, ASTM E 2307 veya BS EN 1364-3 veya BS EN 1364-4'e göre test edilmesi gerekmektedir. Bu standartlar ile denkliği olan orta ölçekli deney standartlarına göre de uygunluğu sağlayan sistem önerileri de kabul edilmektedir [171].



Şekil 5.5. UAE Appendix A.1.21 kapsamında spandrel bölge yangın güvenliği [171]

Binalar arası mesafeler

Binaların dış duvarlarında belirli bir yangına dayanım süresi aranmaktadır. Yangına dayanım süresinin belirlenmesinde binalar arası mesafeler ve bina kullanım sınıfları etkili olmaktadır. Özellikle yakın mesafede bulunan ve riskli alanlarda dış duvar dayanım süresi fazla olmaktadır. Örnek olarak 2 metre bitişiğinde bina bulunan yüksek tehlikeli depolama amaçlı kullanılan binada dış duvar dayanımı 120 dakika olmalıdır [170].

Mevzuat çerçevesinde, korunumsuz cephe açıklıklarının oranlarının belirlenmesinde çeşitli gereklilikler bulunmaktadır. Toplanma amaçlı binalarda, günlük bakımevlerinde, sağlık yapılarında, bakımevi ve ıslahevlerinde, konutlarda, ofislerde ve endüstriyel binalarda ve düşük tehlikeli depolarda binalar arası sınır mesafesi değeri 3 m'den az olduğunda; bina cephesinin etkilenen alanına bağlı olarak korunumsuz cephe açıklık oranları değişmektedir. Ticari alanlarda, endüstri yapılarında ve orta ve yüksek tehlikeli depolarda binalar arası sınır mesafesi değeri 9 m'den az olduğunda; bina cephesinin etkilenen alanına bağlı olarak korunumsuz cephe açıklık oranları değişmektedir. Binalar arası mesafeler azaldıkça ve bina cephesinin etkilenen alanı arttıkça cephede istenilen korunumsuz açıklık oranları azalmaktadır ve korelasyon tabloya dökülerek verilmiştir. Ancak otomatik söndürme sistemlerinin olması, korunumsuz cephe açıklık oranlarının iki katına çıkmasını sağlamaktadır. Cephe açıklıklarındaki kapıların, pencerelerin ve cam yüzeylerin (korunumsuz cephe açıklıkları) yangına karşı dayanımlı olması, bu elemanların dış duvar dayanımından daha az dayanıma sahip olması ile çözümlenebilmektir [170] (Çizelge 5.4).

Dış duvar dayanım süreleri

Dış duvar dayanım süreleri, NFPA 5000 kapsamında ele alınmıştır [49] (Bkz. Çizelge 5.5). Bina yüksekliği ve bina kullanım sınıfına bağlı olarak yangına dayanım süreleri değişmektedir. Bina yüksekliği arttıkça yangına dayanım süresi artmaktadır. Riskli kullanımlara sahip binalarda yangına dayanım süresi artış göstermektedir. Bu çizelge verilerine ek olarak, yapı elemanları yangına dayanım süreleri için ortak bir tablo verilmiştir. Bu iki tablodan hangisi daha yüksek değerde ise o tablo verileri dikkate alınmaktadır [170].

Otomatik söndürme sistemleri

Toplanma amaçlı binalarda, gündüz bakım alanlarında, sağlık yapılarında, ıslah evlerinde, otellerde, yurtlarda yüksekliğine bağlı olmaksızın, otomatik söndürme sistemlerinin yapılması gerekmektedir. Eğitim binaları, ticari binalar, işçi konaklama binaları ve hayvan barınakları 3 kattan fazla ise veya 15 metreden yüksek ise otomatik söndürme sistemleri zorunludur. Konutlar, apartmanlar ve ofisler, 23 metreden fazla ise otomatik söndürme sistemleri gerekmektedir. Kompartıman sınır mesafelerinin artması da otomatik söndürme sistemlerinin gerekli kılmaktadır. (Çok farklı gereklilikler olması sebebiyle içerik kısa tutulmuştur) [170].

5.7. Avustralya Yangın Mevzuatı

Australian National Construction Code, NCC, (Avustralya Ulusal Yapı Kodu) kapsamında yangın güvenlik önlemleri oluşturulmuştur. NCC mevzuatları, performansa dayalı bir sistem ile oluşturularak, alternatif çözüm önerilerine imkân sunmaktadır. NCC yangın mevzuatlarında, cephe güvenlik önlemlerine Cilt 1 (Volume 1) ve Cilt 2 (Volume 2) serilerinde rastlanılmaktadır [172,173].

NCC kodları binaları çeşitli sınıflara ayırmıştır. Bunlar: 1. Sınıf (tek birimli konutlar), 2. Sınıf (iki veya daha fazla birimli konutlar), 3. Sınıf (konaklama amaçlı yerleşim binaları, otel, yurt vb.), 4. Sınıf (diğer üst sınıf kullanımlarındaki tek konut birimleri) 5. Sınıf (ofis binaları), 6. Sınıf (ticari binalar), 7. Sınıf (otoparklar, depolar), 8. Sınıf (laboratuvarlar, endüstri binaları ve fabrikalar), 9. Sınıf (kamu binaları, hastaneler, toplanma amaçlı binalar, eğitim binaları vb.), 10. Sınıf (bina sınıflandırmasına dahil olmayan yapılar) olarak belirlenmiştir. Mevzuat kapsamında Cilt 1, 2.-9. Sınıf binaları; Cilt 2 ise 1. ve 10. Sınıf binaları kapsamaktadır [172].

NCC mevzuatı kapsamında bina kat sayısı ve sınıflandırılmasına göre, yangın güvenlik önlemlerine yönelik belirli kriterler istenmiştir. Bu kriterler, yangın riski fazla olan yapı gruplarında en ağır (A), yangın riski az olan bina gruplarında daha hafif (C) olarak belirlenmiştir [172] (Çizelge 5.12).

Çizelge 5.12. Avustralya mevzuatları kapsamında bina yangın risk sınıflandırması

Kat Sayıları	Bina Sınıfları	
	2, 3, 9 Sınıflar	5, 6, 7, 8 Sınıflar
4 ve daha fazla	A	A
3	A	B
2	B	C
1	C	C

Cephe malzemeleri

NCC mevzuatları kapsamında son dönemlerde yaşanan yangınlarla birlikte cephe yangın güvenlik önlemlerinin vurgulanması amacıyla danışma kurul notu yayınlanmıştır. Ülke mevzuatlarının dış duvarlarla ilgili olan hükümlerinin detaylı açıklaması yapılmıştır [174]

Avustralya Ulusal Yapı Kodu Cilt 1 çerçevesinde oluşturulmuş risk sınıflandırılmasında, A ve B tip bina sınıflandırılmasında dış duvarların yanmaz malzemelerden oluşturulması gerekmektedir. C tipi binalarda ise dış duvar yapımında ahşap gibi yanıcı malzemelere izin verilmektedir. NCC mevzuatlarında, cephelerde yangın güvenliğinin sağlanmasında AS 5113 Fire Propagation Testing and Classification of External Walls of Buildings deney standardı kullanılmaktadır [175]. AS 5113 deney standardı, ISO 13785-2 ve BS 8414 Bölüm 1 ve 2 deney düzenekleri referanslı oluşturulmuştur [174].

Yatay yangın bariyerleri

A tipi binalarda döşeme ve cephe elemanlarının birleştiği noktalarda yanmaz malzemelerle birlikte sızdırmazlık özelliğinin sağlanması gerekmektedir. Binalarda statik ve ısı hareketlerine duyarlı olacak şekilde dumanın ve alevin yayılmasının engellenmesi gerekmektedir. Yangın bariyerlerinin tasarımında özellikle katman malzemelerinin belirlenmesinde performansa dayalı sistem çerçevesinde kullanımı bilinmelidir [174].

Cephe açıklıkları

Cephe açıklıklarının yangına dayanımının sağlanmasında A tipi binalar riskli olarak değerlendirilmektedir. A tipi binalarda; spandrel boşlukları, 60/60/60 FRL (fire resistance level) yangın dayanımına sahip en az 900 mm yüksekliğinde ve en az 600 mm ara kat döşemesi üst mesafesinde konumlandırılmalı veya yatay koruma elemanları, 60/60/60 FRL yangın dayanımına sahip açıklığın en az 450 mm uzağında en az 1100 mm yatay uzunlukta elemanlarla önlenmelidir. Spandrel boşlukların ve yatay elemanların ortak özelliği ise yanmaz malzemelerle oluşturulması gerekliliğidir. Binada otomatik söndürme sistemleri mevcut ise bu önlemlerin alınması gerekmemektedir [172].

Binalar arası mesafeler

Cephelerde açıklık oranlarının belirlenmesinde, komşu binalara ve yangın kaynaklarına olan mesafeleri önemli olmaktadır. Bu mesafenin belirlenmesinde belirli kurallar bulunmaktadır. Sınırları tahsis edilmiş bir alanın arka ve yan sınırlarından uzaklık 3 m, yol, akarsu, göl vb. yere bitişik uzaklık 6 m, aynı alanda bulunan diğer binalardan uzaklık 6 m mesafelerinde konumlandırılmalıdır. (Ancak bazı bina kullanım sınıflarında bu nitelikler aranmamaktadır.) Binalar yukarıda verilen mesafelere göre ayrılmamışsa, binaların önceden belirtilen FRL'ye (fire resistance level) sahip duvarlarla ayrılması ve tüm açıklıkların otomatik söndürme sistemleri ile korunması veya kendi kendine kapanabilen bariyerlerle desteklenmesi gerekmektedir. Cephe açıklıklarının değerlendirilmesinde bina dış duvarı; farklı bir bina kompartıman alanı ilişkisinde, binanın açısına bağlı olarak binalar arası sınır mesafe değişmektedir. Cephe ve diğer bina arasındaki açı arttıkça istenilen sınır mesafe azalmaktadır [172].

Dış duvar dayanım süreleri

Dış duvar dayanım sürelerinde duvarın yük taşıyıcılığı üzerinden değerlendirilmesi yapılmıştır. Yük taşıma kapasitesi, bütünlük ve yalıtım kriterleri ayrı ayrı değerlendirilmektedir [172]. Mevzuat kapsamında; A, B ve C risk gruplamasında kullanım sınıfına göre binalarda farklı dayanım kriterleri aranmaktadır. Yangın riski en fazla olan A grubuna ait dış duvar dayanım süreleri verilmiştir. Katman içindeki malzemelerin türlerine ve kalınlıklarına göre yangına dayanım süreleri belirlenmiştir [172] (Çizelge 5.13).

Çizelge 5.13. Avustralya mevzuatları kapsamında A grubu risk sınıfında yer alan binalarda dış duvar yangın dayanım süreleri

Bina Elemanları	Yangına Dayanım Süreleri (R/E/I)			
	2, 3 ve 4 Sınıflar	5, 7a, 9 Sınıflar	6 Sınıf	7b, 8 Sınıflar
Yük Taşıyan Duvarlar İçin				
Sınır mesafesi 1,5 m'den az	90/90/90	120/120/120	180/180/180	240/240/240
Sınır mesafesi 1,5 m ile 3 m arasında	90/60/60	120/90/90	180/180/120	240/240/180
Sınır mesafesi 3 m'den fazla	90/60/30	120/60/30	180/120/90	240/180/90
Yük Taşımayan Duvarlar İçin				
Sınır mesafesi 1,5 m'den az	-/90/90	-/120/120	-/180/180	-/240/240
Sınır mesafesi 1,5 m ile 3 m arasında	-/60/60	-/90/90	-/180/120	-/240/180
Sınır mesafesi 3 m'den fazla	-/-/-	-/-/-	-/-/-	-/-/-

Otomatik söndürme sistemleri

Bina etkin yüksekliği 25 m'den fazla olan binalarda veya yangın kompartıman sınırının aşıldığı binalarda otomatik söndürme sistemlerinin yapılması gerekmektedir. Yangın kompartıman sınırları ise bina kullanım sınıflarına göre değişiklik göstermektedir [172].

5.8. Ulusal ve Uluslararası Mevzuatların Analizi

Cephelerde yangın güvenliği bağlamında, aşağıdaki çizelgelerde ulusal ve uluslararası mevzuatların analizi yapılmıştır. Ülkemizde yürürlükte olan yangın mevzuatının, yangın güvenlik önlemleri alanında gelişmiş ülke mevzuatları ile değerlendirilmesi yapılmıştır. Ülkemiz yangın mevzuatının (BYKHY) tekrar ele alınması ve değerlendirilmesi, uygun parametreler çerçevesinde incelenmiştir (Çizelge 5.14 - 5.19).

Çizelge 5.14. Mevzuatların cephe malzemeleri yönünden analizi

ULUSAL VE ULUSLARARASI MEVZUATLARIN CEPHE YANGIN GÜVENLİK ÖNLEMLERİ KAPSAMINDA ANALİZİ	
Mevzuatlar	Cephe Malzemeleri
Türkiye Cumhuriyeti Yangın Mevzuatı (BYKHY)	Bina yüksekliği 28,50 m esas alınmaktadır. (Bkz. Çizelge 5.1). Geleneksel cephe sistemlerinde, yüksekliği 28,50 metreden az olan binalarda zor alevlenici (C-s1,d2) malzeme kullanılması durumunda tabii veya tesviye edilmiş zemin kotu üzerinde 1,5 metre mesafe hiç yanmaz (A1) malzeme ile kaplanması gerekmektedir. Geleneksel cephe sistemlerinde, katman bileşenleri akredite laboratuvarla sertifikalandırılmalıdır. Giydirme cephe sistemlerinde, açık derz veya havalandırılmalı cephe sistemi kullanıldığında, cephe ve yalıtım malzemeleri en az zor yanıcı (A2-s1,d0) malzemelerden olmalıdır (BYKHY, Madde 27).
ABD Yangın Mevzuatı (NFPA 5000)	Amerika Birleşik Devletleri'nde yürürlükte olan mevzuatlar kapsamında bina yüksekliği 12,192 m esas alınmaktadır (IBC, NFPA 5000). Plastik köpük yalıtım malzemelerinin cephelerde kullanımında Tip I-II-III-IV arasında geçerli olan belirli hükümler bulunmaktadır (Bkz. Çizelge 5.2) (NFPA 5000, 48.4.). Metal kompozit elemanların kullanılmasında ise, 12 m ve 15 m bina yükseklikleri esas alınmaktadır (Bkz. Çizelge 5.3) (NFPA 5000, 37.4). Işık geçirgen plastiklerde ise ASTM D 1929 standardına göre test edilmelidir (NFPA 5000, 48.7).
İngiltere Yangın Mevzuatı (BS 9999)	Bina yüksekliği 18 m ve binalar arası sınır mesafesi 1 m esas alınmaktadır (Bkz. Çizelge 5.6 ve Şekil 5.3) (BS 9999, 35.7). İngiltere mevzuatları kapsamında bulunan BS 8414-1 ve BS 8414-2 büyük ölçekli deney standartları da cephe sistemlerinin incelenmesine olanak sağlamaktadır.
Singapur Yangın Mevzuatı (Civil Defence Force Fire Code)	Bina yüksekliği 15 m ve binalar arası sınır mesafesi 1 m esas alınmaktadır (Bkz. Çizelge 5.7) (Chapter 3.5).
Yeni Zelanda Yangın Mevzuatı (The New Zealand Building Code)	Bina yüksekliği 7 m ve binalar arası sınır mesafesi 1 m esas alınmaktadır (Bkz. Çizelge 5.8). Bina kullanım sınıfları da etkili olmaktadır. Fakat belirli durumlarda bu çizelge verileri dikkate alınmamaktadır. Bu durumlar; yüzey bitişlerinde 1 mm' den fazla kalınlıkta malzeme kullanıp arka yüzeyde yanmaz bir malzeme bulunması veya dış duvar sistemi NFPA 285 Standard Fire Test Method for Evaluation of Fire Propagation Characteristics of Exterior Non-Load-Bearing Wall Assemblies Containing Combustible Components test standardına göre uygun sonucu alması veya 25 m ve daha az binalarda otomatik söndürme sistemlerinin bulunmasıdır (NZBC, 5.8).
BAE Yangın Mevzuatı (UAE Fire and Life Safety Code)	Bina yüksekliği 15 m ve 23 m, binalar arası sınır mesafesi 3 m ve bina kullanım sınıfı esas alınmaktadır (Bkz. Çizelge 5.10 - 5.11). Cephelerde malzeme ve sistem önerilerinde belirli deney düzeneklerinin yapılması gerekmektedir. Deney düzeneklerinin ise NFPA, BS, DIN, EN ve ASTM kodları kapsamında yapılması ve sonuçlarının uygunluğunun sağlanması gerekmektedir. Ayrıca metal kompozit panellerin kullanılmasında bir kısıtlama getirilmiştir. Cephede kullanılan metal kompozit malzemelerde dış kabuk kalınlığı en az 0.5 mm olmalı, iç kabuk kalınlığı ise en az 0.25 mm olmalıdır. Metal kompozit malzemenin kalınlığı ise en fazla 6.3 mm olması gerekmektedir (Annexure A.1.21).
Avustralya Yangın Mevzuatı (National Construction Code, NCC)	Mevzuat çerçevesinde oluşturulmuş risk sınıflandırılmasında, A ve B tip bina sınıflandırılmasında dış duvarların yanmaz malzemelerden oluşturulması gerekmektedir. C tipi binalarda, dış duvar yapımında ahşap gibi yanıcı malzemelere izin verilmektedir (Bkz. Çizelge 5.12) (NCC Vol 1, Specification C1.1).

Çizelge 5.15. Mevzuatların yatay yangın bariyerleri yönünden analizi

ULUSAL VE ULUSLARARASI MEVZUATLARIN CEPHE YANGIN GÜVENLİK ÖNLEMLERİ KAPSAMINDA ANALİZİ	
Mevzuatlar	Yatay Yangın Bariyerleri
Türkiye Cumhuriyeti Yangın Mevzuatı (BYKHY)	Geleneksel cephe sistemlerinde, bina yüksekliği 6,50 metreden fazla olan binalarda, pencere ve benzeri boşlukların yan kenarları en az 15 cm ve üst kenarı en az 30 cm eninde hiç yanmaz malzeme ile yangın bariyerleri oluşturulmalıdır (Bk. Şekil 5.1) (BYKHY, Madde 27).
ABD Yangın Mevzuatı (NFPA 5000)	Cephe içi boşluklar, en az kompartıman gereklerine uygun olacak şekilde yangın bariyerleri ile donatılmalıdır. Dış duvar yalıtım ve bitiş sistemlerinde ise büyük ölçekli deney standardına ve EIFS standartlarına uyulmalıdır.
İngiltere Yangın Mevzuatı (BS 9999)	Cephe açıklıklarında (pencere alt ve üst sınırları gibi), katlar arası cephe açıklıklarında en az 30 dakika yangına dayanıklı olacak şekilde bariyerler kullanılmalıdır. Cephe içi boşluklar, en az kompartıman gereklerine uygun olacak şekilde yangın bariyerleri ile donatılmalı ve kompartıman niteliklerine göre uygun önlemler alınmalıdır (BS 9999, Figure 35).
Singapur Yangın Mevzuatı (Civil Defence Force Fire Code)	Cephe içi boşluklar, en az kompartıman gereklerine uygun olacak şekilde yangın bariyerleri ile donatılmalı ve kompartıman niteliklerine uygun önlemler alınmalıdır. Dış duvarlarda yapılacak olan yangın bariyerleri boşluğu tamamen kapatacak şekilde olmalıdır. 20 metre ve üstündeki binaların havalandırmalı cephelerinde yangın bariyerleri 0 sınıfı malzemeden yapılmalıdır. 8 metre ve altındaki binalarda havalandırmalı cephelerde ise daha düşük sınıflarda yangın bariyerleri kullanılabilir (Chapter 3.11).
Yeni Zelanda Yangın Mevzuatı (The New Zealand Building Code)	Yangın bariyerlerinin kompartıman içinde kalan boşlukların tamamında uygulanması gerekmektedir. Bu boşlukların kapsamına giydirmeye cephe ve duvar, döşeme birleşimleri de girmektedir. Cephe içi boşluklar, en az kompartıman gereklerine uygun olacak şekilde yangın bariyerleri ile donatılmalı ve kompartıman niteliklerine göre uygun önlemler alınmalıdır. Yanıcılık özelliği bulunan ısı yalıtımlı cephelerde üç veya daha fazla katlı binalar için mineral yünü yangın önleme bariyerleri (en az 50 mm) gerekmektedir. Yangın önleme bariyerleri iki katı aşmayacak şekilde cephede düzenlenmelidir (Bkz. Şekil 5.4) (NZBC, 5.7).
BAE Yangın Mevzuatı (UAE Fire and Life Safety Code)	Cephe içi boşluklar, en az kompartıman gereklerine uygun olacak şekilde yangın bariyerleri ile donatılmalı ve kompartıman niteliklerine göre uygun önlemler alınmalıdır. Mantolama sistemlerde ve havalandırmalı cephe sistemlerinde yatay yangın bariyerlerine yönelik önlem belirtilmemiştir ancak büyük ölçekli deney düzeneklerine ve EIFS standartlarına referans vermesi sebebiyle, standartlar çerçevesinde önlemler alınmalıdır.
Avustralya Yangın Mevzuatı (National Construction Code, NCC)	A tipi binalarda döşeme ve cephe elemanlarının birleştiği noktalarda yanmaz malzemelerle birlikte sızdırmazlık özelliğinin sağlanması gerekmektedir. Bina statik ve ısı hareketlerine duyarlı olacak şekilde dumanın ve alevin yayılmasının engellenmesi gerekmektedir. Yangın bariyerlerinin tasarımında özellikle katman malzemelerinin belirlenmesinde performansa dayalı sistem çerçevesinde kullanımı bilinmelidir.

Çizelge 5.16. Mevzuatların cephe açıklıkları yönünden analizi

ULUSAL VE ULUSLARARASI MEVZUATLARIN CEPHE YANGIN GÜVENLİK ÖNLEMLERİ KAPSAMINDA ANALİZİ	
Mevzuatlar	Cephe Açıklıkları
Türkiye Cumhuriyeti Yangın Mevzuatı (BYKHY)	Tüm cephe yapım sistemlerinde, iki katın pencere gibi korunumsuz boşlukları arasında düşeyde en az 100 cm yüksekliğinde yangına dayanıklı cephe elemanı ile dolu yüzey oluşturulmalıdır veya cephe iç kısmında 2 metre aralıklarla cepheye en az 1,5 metre mesafede otomatik söndürme sistemi bulunmalıdır (Bkz. Şekil 5.2). Giydirme cephe sistemlerinde cephe elemanları ve döşemelerin kesiştiği yerler, alevlerin komşu katlara geçişini engelleyecek şekilde döşeme yangın dayanımı sağlayacak süre kadar yalıtılmalıdır (BYKHY, Madde 27). Açık dış kaçış merdivenlerinin herhangi bir bölümünde yanlardan yatay ve alttan düşey uzaklık olarak 3 m içerisinde merdiven özelliklerinden daha az korunumlu kapı ve pencere gibi duvar boşluklarına izin verilmemelidir (BYKHY, Madde 42).
ABD Yangın Mevzuatı (NFPA 5000)	Otomatik söndürme sistemleri bulunmayan 4'ten fazla kata sahip olan binalarda açıklıklar, diğer katın açıklıklarından ayrılmalıdır. Açıklıkların korunması esas olarak; 1 saat yangına dayanıklı 915 mm spandrel bölge olarak yapılmalı veya yatayda 1 saat yangına dayanıklı 760 mm bariyer ile alev ve duman cepheden uzaklaştırılacak şekilde detay çözüm önerileri geliştirilmelidir. Korunumsuz cephe açıklıklarının belirli yangına dayanım sürelerinin sağlanması gerekmektedir (Bkz. Çizelge 5.4) (NFPA 5000, 37.1.4).
İngiltere Yangın Mevzuatı (BS 9999)	Cephe ve kompartıman döşemesi birleşimleri yangın durdurucu elemanlar ile donatılmalıdır. Yanıcı yalıtım malzemesi kullanıldığında cephe açıklık etrafında en az 1 mm kalınlığında bitiş malzemesi kullanılmalıdır. Kullanımda ise açıklığın bulunduğu cephenin en az yarısının alanı kadar olmalıdır (BS 9999, 35.2).
Singapur Yangın Mevzuatı (Civil Defence Force Fire Code)	Mevzuat kapsamında cephe açıklıklarına yönelik gereklilik bulunmamaktadır.
Yeni Zelanda Yangın Mevzuatı (The New Zealand Building Code)	Katlar arası açıklıkların bulunduğu kat döşemelerinde, yangından korunma önlemleri alınmalıdır. Spandrel bölge veya yatay koruma önlemleri bu bağlamda düşünülmesi gerekmektedir. Bina kullanım sınıflarına göre farklı öneriler getirilmektedir (Çizelge 5.9). Ancak binada aktif söndürme sistemlerinin olması spandrel veya yatay koruma önlemlerinin gerekliliğini ortadan kaldırmaktadır (Bkz. Çizelge 5.9) (NZBC, 5.7).
BAE Yangın Mevzuatı (UAE Fire and Life Safety Code)	Katlar arası açıklıklarda belirli önlemler alınmalıdır. Yangına 60 dakika dayanıklı 915 mm spandrel boşlukların kapatılması veya yangına 60 dakika dayanıklı 760 mm yatay koruyucu bariyerlerin olması gerekmektedir (Bkz. Şekil 5.4). Yangına dayanım olarak katlar arası açıklıklarda önerilecek olan sistemin, ASTM E 2307 veya BS EN 1364-3 veya BS EN 1364-4'e göre test edilmelidir. Bu standartlar ile denkliği olan orta ölçekli deney standartlarına göre de uygunluğu sağlayan sistem önerileri de kabul edilmektedir (Annexure A.1.21).
Avustralya Yangın Mevzuatı (National Construction Code, NCC)	Cephe açıklıklarının yangına dayanımının sağlanmasında A tipi binalar riskli olarak değerlendirilmektedir. A tipi binalarda; spandrel boşlukları, 60/60/60 FRL (fire resistance level) yangın dayanımına sahip en az 900 mm yüksekliğinde ve en az 600 mm ara kat döşemesi üst mesafesinde konumlandırılmalı veya yatay koruma elemanları, 60/60/60 FRL yangın dayanımına sahip açıklığın en az 450 mm uzağında en az 1100 mm yatay uzunlukta elemanlarla önlenmelidir. Spandrel boşlukların ve yatay elemanların ortak özelliği ise yanmaz malzemelerle oluşturulması gerekliliğidir. Binada otomatik söndürme sistemleri mevcut ise bu önlemlerin alınması gerekmemektedir (NCC Vol 1, C2.6).

Çizelge 5.17. Mevzuatların binalar arası mesafeler yönünden analizi

ULUSAL VE ULUSLARARASI MEVZUATLARIN CEPHE YANGIN GÜVENLİK ÖNLEMLERİ KAPSAMINDA ANALİZİ	
Mevzuatlar	Binalar Arası Mesafeler
Türkiye Cumhuriyeti Yangın Mevzuatı (BYKHY)	İtfaiye araçlarının binanın herhangi bir noktasına erişiminin 45 m mesafeden az olacak şekilde sağlanması gerekmektedir (BYKHY, Madde 22). Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği kapsamında binanın parselde oturmasında bahçe çekme mesafeleri gereklerine uyulmalıdır. Dış duvar dayanım sürelerinin belirlenmesinde binalar arası sınır mesafesi 2 m olarak ele alınmıştır.
ABD Yangın Mevzuatı (NFPA 5000)	Binalar arası kritik uzaklık sınırlar çerçevesinden yaklaşık 1 metre olarak belirlenmiştir. 1 metre veya daha az mesafeden korunumsuz cephe açıklıklarına izin verilmemektedir. Binalar arası mesafe 1 m'den büyük olduğunda, cephelerde istenilen korunumsuz açık alan yüzdesi bina kullanım sınıfı ve bina yüksekliğine bağlı olarak değişmektedir (NFPA 5000, 7.3.5).
İngiltere Yangın Mevzuatı (BS 9999)	Binaların arasındaki kritik sınır mesafesi 1 m olarak ele alınmaktadır. Bu mesafe dış duvar katman malzemelerinin cephede kullanımını etkilemektedir. 1 m'den az sınır değerinde olanlar için cephe açıklıklarında kullanılan camlar yangın geciktiricili olarak seçilmelidir. 1 m'den fazla sınır mesafesine göre, bina kullanım ve yüksekliğine bağlı olarak cephelerde istenilen korunumsuz açıklıkların oranları belirlenmektedir (BS 9999, 35.5).
Singapur Yangın Mevzuatı (Civil Defence Force Fire Code)	Cephelerde alınması gereken kritik sınır mesafesi 1 m olarak ele alınmıştır. Cephelerde yangın güvenliğinde sınır mesafe, bina kullanım türüne, bina yüksekliğine ve cephe geometrisine göre değişmektedir. Sınır mesafesi 1 m'den fazla ise bina yüksekliği ve bina kullanım sınıfına göre korunumsuz cephe açıklık oranları değişmektedir (Chapter 3).
Yeni Zelanda Yangın Mevzuatı (The New Zealand Building Code)	Binaların arasındaki kritik sınır mesafesi 1 m olarak ele alınmaktadır. Bu sınır mesafe dış duvar katman malzemelerinin cephede kullanımını ve korunumsuz cephe açıklık oranlarını etkilemektedir. 1 m'den az sınır değerinde olanlar için cephe açıklıklarında kullanılan camlar yangın geciktiricili olarak seçilmelidir. Kritik sınır mesafesi 1 m'den fazla olan binalarda, bina kullanım sınıfı, aç faktörü ve otomatik söndürme sistemlerinin olmasına göre cephelerde korunumsuz açıklık oranları değişmektedir. Mevzuat çerçevesinde, cephe genelinde korunumsuz cephe açıklıklarında yüzdelik sistemle birlikte, maksimum korunumsuz açıklıkların alan gereklilikleri verilmiştir (NZBC, 5.5).
BAE Yangın Mevzuatı (UAE Fire and Life Safety Code)	Binalar arası kritik uzaklık sınırlar çerçevesinden yaklaşık 1 metre olarak belirlenmiştir. 1 metre veya daha az mesafeden korunumsuz cephe açıklıklarına izin verilmemektedir. Binalar arası sınır mesafe 1 m'den büyük olduğunda, cephelerde istenilen korunumsuz açık alan yüzdesi bina kullanım sınıfı ve bina yüksekliğine bağlı olarak değişmektedir (Chapter 1).
Avustralya Yangın Mevzuatı (National Construction Code, NCC)	Cephelerde açıklık oranlarının belirlenmesinde, komşu binalara ve yangın kaynaklarına olan mesafeler önemli olmaktadır. Bu mesafenin belirlenmesinde belirli kurallar bulunmaktadır. Sınırları tahsis edilmiş bir alanın arka ve yan sınırlarından uzaklık 3 m, yol, akarsu, göl vb. yere bitişik uzaklık 6 m, aynı alanda bulunan diğer binalardan uzaklık 6 m mesafelerinde konumlandırılmalıdır. (Ancak bazı bina kullanım sınıflarında bu nitelikler aranmamaktadır.) Binalar yukarıda verilen mesafelere göre ayrılmamışsa, binaların önceden belirtilen FRL'ye (fire resistance level) sahip duvarlarla ayrılması ve tüm açıklıkların otomatik söndürme sistemleri ile korunması veya kendi kendine kapanabilen bariyerlerle desteklenmesi gerekmektedir. Cephe açıklıklarının değerlendirilmesinde bina dış duvarı; farklı bir bina kompartıman alanı ilişkisinde, binanın açısına bağlı olarak binalar arası sınır mesafe değişmektedir. Cephe ve diğer bina arasındaki açı arttıkça istenilen sınır mesafe azalmaktadır (NCC Vol 1, Part C3).

Çizelge 5.18. Mevzuatların dış duvar dayanım süreleri yönünden ele analizi

ULUSAL VE ULUSLARARASI MEVZUATLARIN CEPHE YANGIN GÜVENLİK ÖNLEMLERİ KAPSAMINDA ANALİZİ	
Mevzuatlar	Dış Duvar Dayanım Süreleri
Türkiye Cumhuriyeti Yangın Mevzuatı (BYKHY)	Cephelerde yangına dayanım süresi belirlenirken yük taşıyıcı duvarlarda R (yük taşıma kapasitesi), yük taşımayan dış duvarlarda ise REI (yük taşıma kapasitesi, bütünlük, yalıtım) süreleri aranmaktadır. Yük taşımayan dış duvar tasarımında, 2 m sınır mesafesi esas alınmaktadır. Dış duvarların yangına dayanım süresi 2 m sınır mesafesine, bina kullanım sınıfına ve bina yüksekliğine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Otomatik söndürme sistemlerinin kullanılması durumunda, dış duvar dayanım süreleri azalmaktadır (BYKHY, Ek-3/B, Ek-3/C).
ABD Yangın Mevzuatı (NFPA 5000)	Taşıyıcı olan dış duvarlar ve taşıyıcı olmayan dış duvarlar olarak farklı dayanım süreleri istenmektedir. Taşıyıcı olan dış duvarların dayanım süresi bina kullanım sınıfına bağlı olarak değişkenlik göstermekle birlikte, binalar arası mesafe de önemli bir kriter olmaktadır. Taşıyıcı olan dış duvarlarda istenilen dayanım süresi daha fazla olmaktadır. Taşıyıcı olmayan dış duvarlarda aranan dayanım süreleri de binalar arası mesafeye ve bina kullanım sınıfına göre değişkenlik göstermektedir (NFPA 5000, 7.3-7.4).
İngiltere Yangın Mevzuatı (BS 9999)	Dış duvarlarda yangına dayanım sürelerinin belirlenmesinde yatay uzaklıkta 1 m esas alınmaktadır. Sınır mesafesine göre 1 m'den az veya fazla olmasına göre yangına dayanım süresi değişmektedir. Mevzuat çerçevesinde, binalar risk gruplarına ayrılmıştır. A (ofisler ve endüstriyel tesisler), B (ticari amaçlı binalar, sergiler, müzeler, eğlence merkezleri, toplanma amaçlı binalar), C (konutlar, konaklama alanları) ve D (sağlık binaları vb.) grupları bulunmaktadır. Grupların gereklerine uygun olarak dış duvarlarda yangına dayanım süresi aranmaktadır. Otomatik söndürme sistemlerinin olması ve bina içi havalandırma olanakları yangına dayanım sürelerini belirlemektedir. Bina yüksekliği arttıkça, yangına dayanım süreleri de artmaktadır (BS 9999, 30.2).
Singapur Yangın Mevzuatı (Civil Defence Force Fire Code)	Dış duvarlarda yangına dayanım süresi, 1 m sınır mesafesine göre belirlenmektedir. Sınır mesafesinin az olması ile dayanım süresi artmaktadır. Bina kullanım sınıfları, bina yükseklikleri ve bodrum kat, zemin kat üstü yükseklikleri yangına dayanım sürelerini etkilemektedir. Yüksek tehlikeli depolama alanlarında yangına dayanım süresi 4 saate kadar yükselmekte, otomatik söndürme sistemlerine bağlı olarak istenilen süreler azaltılabilmektedir (Chapter 3, Tablo 3.4A).
Yeni Zelanda Yangın Mevzuatı (The New Zealand Building Code)	Bina kullanım sınıflarında AS1'den başlayarak AS7'ye kadar olan sınıflandırmada yangına dayanım süreleri değişkenlik göstermektedir. Aynı zamanda <i>life rating</i> ve <i>property rating</i> tanımlamaları ile iki farklı dayanım süresi aranmaktadır. Bu süreler farklı kullanıma sahip binalarda değişkenlik göstermektedir. Binalar arası sınır mesafesi 1 m olarak ele alınmıştır. Genel olarak sınır mesafeden az olan uzaklıklara sahip olan veya 10 m'den fazla yüksekliği bulunan binalarda korunumsuz cephe açıklıklarına izin verilmemektedir (NZBC, 2.3).
BAE Yangın Mevzuatı (UAE Fire and Life Safety Code)	Dış duvar dayanım süreleri NFPA 5000 kapsamında ele alınmıştır (Bkz. Çizelge 5.5). Bina yüksekliği ve bina kullanım sınıfına bağlı olarak yangına dayanım süreleri değişmektedir. Çizelge 5.5 verilerine ek olarak, yapı elemanları yangına dayanım süreleri için genel bir tablo verilmiştir. Bu iki tablo verilerinde daha yüksek değerde olanı dikkate alınacak ve dayanım süresi belirlenecektir (Chapter 1).
Avustralya Yangın Mevzuatı (National Construction Code, NCC)	Dış duvar dayanım sürelerinde duvarın yük taşıyıcılığı üzerinden değerlendirmesi yapılmaktadır. Bina kullanım sınıfları dış duvar dayanım sürelerini belirlemektedir. Yük taşıma kapasitesi, bütünlük ve yalıtım kriterleri ayrı ayrı değerlendirilmektedir. Mevzuat kapsamında; A, B ve C risk gruplamasında kullanım sınıfına göre binalarda farklı dayanım kriterleri aranmaktadır. Yangın riski en fazla olan A grubuna ait dış duvar dayanım süreleri verilmiştir. Katman içindeki malzemelerin türlerine ve kalınlıklarına göre yangına dayanım süreleri verilmiştir (Çizelge 5.12) (NCC Vol 1, Specification C1.1).

Çizelge 5.19. Mevzuatların otomatik söndürme sistemleri yönünden analizi

ULUSAL VE ULUSLARARASI MEVZUATLARIN CEPHE YANGIN GÜVENLİK ÖNLEMLERİ KAPSAMINDA ANALİZİ	
Mevzuatlar	Otomatik Söndürme Sistemleri
Türkiye Cumhuriyeti Yangın Mevzuatı (BYKHY)	Otomatik söndürme sistemleri gerekliliği yapı yüksekliği ve binanın kullanım sınıfına göre değişkenlik göstermektedir. Yapı yüksekliği 30,50 m'yi geçen konut harici binalarda ve yapı yüksekliği 51,50 m'yi geçen konut binalarında otomatik söndürme sistemleri yapılmalıdır. Birden fazla katlı bina içerisindeki yatılan oda sayısı 100'ü veya yatak sayısı 200'ü geçen otellerde, yurtlarda, pansiyonlarda, misafirhanelerde ve yapı yüksekliği 21.50 m'den fazla olan bütün yataklı tesislerde yapılması gerekir. Toplam alanı 2000 m ² 'den fazla olan katlı mağazalarda, alışveriş, ticaret, eğlence alanlarında ve toplam alanı 1000 m ² 'den fazla olan kolay alevlenici ve parlayıcı madde üretilen veya bulundurulmuş yapılarla otomatik söndürme sistemleri gerekmektedir (BYKHY, Madde 96).
ABD Yangın Mevzuatı (NFPA 5000, NFPA 101, NFPA 13)	Otomatik söndürme sistemleri kapsamında, NFPA 101 Life Safety Code ve NFPA 13 Standard for the Installation of Sprinkler Systems kodlarını incelemek gerekmektedir. Kodlar kapsamında uygulama ve denetleme standartları bulunmaktadır. Kullanım sınıfı ve kat sayıları otomatik söndürme sistemi gerekliliğini etkilemektedir. Apartman binalarında 4 kat ve üzeri katlarda otomatik söndürme sistemleri yapılması gerekmektedir (Çok farklı gereklilikler olması sebebiyle içerik kısa tutulmuştur).
İngiltere Yangın Mevzuatı (BS 9999, BS EN 12845, BS 5306-2)	Kurumsal binalar, otoparklar ve diğer konaklama binaları dışında olan tüm binaların yüksekliği 30 m'yi aşması durumunda otomatik söndürme sistemleri yapılması gerekmektedir. Ayrıca kompartıman alanı gerekli sınır değerleri aşması durumunda otomatik söndürme sistemlerinin yapılması gerekmektedir. Otomatik söndürme sistemlerinin kullanılması istenilen kompartıman alanında genişletme yapabilmektedir.
Singapur Yangın Mevzuatı (Civil Defence Force Fire Code)	Konut binaları dışında tüm bina kullanım sınıflarında 24 metreyi aşması durumunda otomatik söndürme sistemlerinin kullanılması gerekmektedir. Kompartıman sınır mesafelerinin artması da otomatik söndürme sistemlerinin gerekli kılmaktadır (Chapter 6.4).
Yeni Zelanda Yangın Mevzuatı (The New Zealand Building Code)	25 metre yüksekliği geçen tüm binalarda veya gerekli kompartıman alanının aşıldığı binalarda otomatik söndürme sistemlerinin yapılması gerekmektedir. Bakım ve inceleme alanlarında (AS6) genellikle otomatik söndürme sistemlerinin yapılması gerekmektedir.
BAE Yangın Mevzuatı (UAE Fire and Life Safety Code)	Toplanma amaçlı binalarda, gündüz bakım alanlarında, sağlık yapılarında, ıslah evlerinde, otellerde, yurtlarda yüksekliğine bağlı olmaksızın, otomatik söndürme sistemleri yapılmalıdır. Eğitim binaları, ticari binalar, işçi konaklama binaları ve hayvan barınakları 3 kattan fazla ise veya 15 metreden yüksek ise otomatik söndürme sistemleri zorunludur. Konutlar, apartmanlar ve ofisler, 23 metreden fazla ise otomatik söndürme sistemleri gerekmektedir. Kompartıman sınır mesafelerinin artması da otomatik söndürme sistemlerinin gerekli kılmaktadır (Chapter 9).
Avustralya Yangın Mevzuatı (National Construction Code, NCC)	Bina etkin yüksekliği 25 m'den fazla olan binalarda veya yangın kompartıman sınırının aşıldığı binalarda otomatik söndürme sistemlerinin yapılması gerekmektedir. Yangın kompartıman sınırları ise bina kullanım sınıflarına göre değişkenlik göstermektedir (NCC Vol 1, Specification E1.5).

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Geçmişten günümüze binalarda ortaya çıkan yangınlar incelendiğinde, cephe yangınlarının büyük riskler taşıdığı görülmektedir. Yangının ortaya çıkmasında ve yayılmasında yapı kabuğu olarak cepheler, aktif rol oynamaktadır. Cephe elemanları bina iç ortam ve dış ortam arasında ayırıcı bir katman olarak, yangının ve dumanın bina sistematığı içerisinde ilerlemesinde büyük rolü olan yapı elemanlardır. Yangına bina dışı müdahalenin de cepheler üzerinden yapıldığı düşünüldüğünde, cephelerde yangın güvenlik önlemlerinin alınması gerekliliği büyük önem arz etmektedir.

Teknoloji ile birlikte yapı malzemelerinin artması ve yapım sistem önerilerinin çoğalması sonucu, cephe malzemeleri hızlı bir değişim geçirmiştir. Malzeme üreticilerinden beklenen, malzemenin yangın performanslarının da değişim süreci içerisinde değerlendirilmesi ve yangın güvenlik önlemleri kapsamında ele alınması gerekliliğidir. Farklı malzemeler ve sistem önerilerinin yangın anındaki davranışlarının bilinmesi, yangın dinamiğinin kavranması açısından son derece önemlidir.

Cephelerde yangın güvenlik önlemleri, kullanılan malzeme ve cephe yapım türü ile doğrudan ilişkilendirilmelidir. Yanıcılık özelliği bulunan malzemelerin, yandığında ortama zehirli gaz ve duman açığa çıkaran malzemelerin ve damlama özelliği olan malzemelerin cephelerde tercih edilmemesi gerekmektedir. Cephe sistematığı içerisinde yangının ve dumanın yayılmasını engelleyebilecek güvenlik önlemlerinin doğru bir şekilde kurgulanması gerekmektedir. Aynı zamanda yangının yayılmasına neden olan etmenlerin bilinmesi ve önlemlerin alınması cephe yangın güvenlik önlemlerinin temelini oluşturmaktadır. Tasarımla eş zamanlı olarak pasif yangın güvenlik önlemlerinin alınması, bina kullanıcılarının can ve mal güvenliğinin sağlanması ile birlikte ekonomik ve uygun çözümler sunmaktadır.

Cephelerde yangın güvenlik önlemlerinin sağlanmasına yönelik ülkelerin kendi sınırları içinde geçerli olan mevzuatları bulunmaktadır. Mevzuatlar, uyulması gereken asgari koşulları belirlemektedir. Cephelerde yangın güvenlik önlemleri ulusal ve uluslararası yangın mevzuatları çerçevesinde incelenmiştir. Mevzuatların cephe malzemeleri, yatay yangın bariyerleri, cephe açıklıkları, binalar arası mesafeler, dış duvar dayanım süreleri ve otomatik söndürme sistemleri sistematığı içerisinde analizi yapılmıştır.

Ülkemizde ilk olarak 2002 yılı ile yürürlüğe girerek çeşitli düzenlemeler sonucunda günümüz kullanımına ulaşan Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik'in (BYKHY) gereklilikleri ile yangın mevzuatları konusunda önde gelen ülkelerin mevzuatları incelenmiştir. İnceleme sonucunda ülkemizde son olarak 2017 yılında revize edilen yangın mevzuatının (BYKHY), diğer ülke mevzuatları ile karşılaştırmalı analizi yapılarak veriler, çizelgeye aktarılmıştır (Çizelge 5.14 - Çizelge 5.19).

Günümüzde cephelerde yangın güvenlik önlemlerinin sağlanmasına yönelik, hükme ve performansa dayalı olarak mevzuatlar bulunmaktadır. Alternatif çözüm önerileri sunabilen ve yangın güvenlik önlemlerine ters düşmeden malzeme kullanımında esnek davranabilen, mevzuatlar; mimar ve mühendisler için tasarım ve detay çözümlerinde çeşitlilikler ortaya koymaktadır. Ülkemiz mevzuatı yangın güvenlik önlemleri çerçevesinde hükme dayalı olarak oluşturulmuş bir mevzuattır. Aynı zamanda binalarda aktif yangın güvenlik önlemlerinin bulunması, pasif yangın güvenlik önlemlerinin kolaylaştırılmasını sağlamaktadır.

Bu tezde; ulusal ve uluslararası mevzuatların analizi sonucunda, ülkemiz mevzuatının geliştirilmesi ve ülkemiz mevzuatında bulunmayan yangın güvenlik önlemlerinin gelişmiş ülke mevzuatlarından sağlanması gerekli görülmüştür. Ülke mevzuatlarında cephelerde malzeme kullanımı; bina yüksekliği, binalar arası mesafeler ve bina kullanım sınıfına göre farklılıklar göstermektedir. Özellikle bina yükseklik değerlerinin ele alınması ve bu hususta malzeme kullanımına izin verilmesi ön plana çıkmaktadır. Yangına tepki sınıfı düşük olan malzemelerin cephe sistemi içerisindeki davranışlarına yönelik test edilmesi ve bu hususta değerlendirilmesi gerekmektedir.

Yangının cephe sistematığı üzerinden yayılmasını engelleyebilecek yatay yangın bariyerlerin kullanılması, yangın güvenlik önlemleri çerçevesinde ele alınmalıdır. Özellikle cephelerde yangına tepki sınıfı düşük malzemelerin kullanılmasında ve cephe açıklarının sınırlarında yatay yangın bariyerlerinin kullanılması gerekmektedir. Cephe açıklıklarında, spandrel bölgenin belirli bir süre yangına dayanıklı olacak şekilde tasarlanması veya yatay çıkıntılar oluşturarak alev ve dumanın cepheden uzaklaştırılması gerekli olmaktadır.

Binalar arası mesafelerin, yangının cepheler aracılığı ile yayılmasında risk taşıdığı mevzuatlar dahilinde belirtilmiştir. Binalar arası mesafeye göre cephe açıklık oranlarının

şekillendiği ve bina kullanım sınıfına göre bu durumun farklılıklar gösterdiği saptanmıştır. Yangının cepheler üzerinde yayılmasında taşınım ve ısıtım ile yayılma faktörleri dikkat edilmesi gereken yangın güvenlik önlemleri olarak ele alınmıştır. Ülkemiz mevzuatında bu hususta bir boşluk bulunmaktadır. Gelişmiş ülke mevzuatları, özellikle yangının ısıtım ile yayılması konusunda referans alınmalıdır.

Dış duvarlarda yangına dayanım sürelerinin belirlenmesinde binalar arası mesafeler, bina yüksekliği ve bina kullanım sınıfları etkili olmaktadır. Dış duvarlarda gerekli görülen yangına dayanım sürelerinin elde edilmesi, duvar malzemeleri açısından uygun çözümlerle elde edilebilirken, cephe açıklıklarında yangına dayanım sürelerinin sağlanması erişilebilirlik ve ekonomik açıdan sorunlar oluşturmaktadır. Bunların yanı sıra otomatik söndürme sistemlerinin kullanılması, yangına dayanım sürelerinin azalmasına katkı sağlamaktadır.

Aktif yangın güvenlik önlemleri kapsamında binalarda otomatik söndürme sistemlerinin kullanılması, cephelerde alınması gereken pasif yangın güvenlik önlemlerini kolaylaştırmaktadır. Yangına başlangıç aşamasında müdahale edilmesi ve yangını kontrol edebilmesi nedeniyle otomatik söndürme sistemlerinin önemi büyüktür. Mevzuatlar çerçevesinde, bina kullanım sınıfı ve bina yüksekliğine bağlı olarak otomatik söndürme sistemleri gerekliliği farklılıklar göstermektedir.

Bir kez daha vurgulanması gerekirse, cephelerde yangın güvenlik önlemleri kapsamında mevzuatlar asgari koşulları belirlemektedir. Geçmişten günümüze kadar olan süreçte yaşanan cephe yangınları, konunun mevzuatlar dahilinde ele alınmasını gündeme getirmiştir. Bu tez çalışmasında; ülkemiz mevzuatı ve gelişmiş ülke mevzuatlarının analizi yapılarak tasarımcıların ve uygulamacıların cephe yangın güvenlik önlemleri konusunda bilinçlendirilmesi ve bu hususta yol gösterici mevzuatların tekrar ele alınarak değerlendirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

1. Hasol, D. (2016). *Ansiklopedik mimarlık sözlüğü*. (On beşinci Baskı). İstanbul: Yem Yayınevi.
2. Yapı Malzemeleri Yönetmeliği. (2013). *Çevre ve Şehircilik Bakanlığı*, Ankara.
3. Bıyıklı, B.E. (2015). *Hafif giydirme cephe yüksek yapıların akustik performanslarının analizi ve bir örneklem*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 3-6.
4. Sözen, Ş. M. (2001). Yapı kabuğunda ısı ve ses yönünde denetim-konfor ilişkisi. *Tesisat Mühendisliği*, (61), 74-79.
5. Duran, H. (2010). *Bina cephesinin ses ve ısı performansının hastane örneği üzerinden değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 15-20.
6. New South Wales Fire Brigades, (2002). Tip Top Bakery fire, Fairfield. *Fire Australia*, 71, 36-38.
7. New South Wales Fire Brigades, (2002). Tip Top Bakery fire, Fairfield. *Post Incident Summary Report*, 011/12, Avustralya.
8. Kanan, N.Ö., Beyhan, F. (2013). *Enerji etkin binalarda çift katmanlı cephe sistemlerinin yangın güvenliği*. 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.
9. İnternet: Building Fires-The Windsor Tower Fire, Madrid. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.mace.manchester.ac.uk%2Fproject%2Fresearch%2Fstructures%2Fstrucfire%2FCaseStudy%2FHistoricFires%2FBuildingFires%2Fdefault.htm&date=2018-05-16>, Son Erişim Tarihi: 16.05.2018.
10. White, N., Delichatsios, M. (2014). Fire hazards of exterior wall assemblies containing combustible components, *EP142293*, NFPA, USA.
11. Chow, W.K., Han, S.S. (2006). Report on a recent fire in a new curtain-walled building in downtown Dalian. *International Journal on Engineering Performance-Based Fire Codes*, 3 (8), 84-87.
12. Ng, E. (2010). *Designing high-density cities for social and environmental sustainability* (First Edition). London: Earthscan Publishing, 213-220.
13. İnternet: Foley, J.M. (2010). Modern building materials are factors in Atlantic City fires. *Fire Engineering*. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.fireengineering.com%2Farticles%2F2010%2F05%2Fmodern-building-materials-are-factors-in-atlantic-city-fires.html&date=2018-05-16>, Son Erişim Tarihi: 16.05.2018.
14. Beitel, J.J., Douglass, H.E. (2011). The Monte Carlo exterior facade fire. *SFPE Fire Protection Engineering*, Q4 Issue, 23-32.

15. Peng, L., Ni, Z. and Huang, X. (2013). Review on the fire safety of exterior wall claddings in high-rise buildings in China. The 9th Asia-Oceania Symposium on Fire Science and Technology, *Procedia Engineering*, 62, 663-670.
16. İnternet: Grenfell Tower: Why, in 1995, did the BBA see no additional hazard in using combustible render rather than non-combustible? URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Ftheriveroflife.com%2F2018%2F04%2F25%2Fgrenfell-tower-why-in-1995-did-the-bba-see-no-additional-hazard-in-using-combustible-render-rather-than-non-combustible%2F%2C+&date=2018-05-16>, Son Erişim Tarihi: 16.05.2018.
17. Kim, Y.S., Mizuno, M. and Ohmiya, Y. (2011). Fire examination of superhigh-rise apartment building “Wooshin Golden Suites” in Busan, Korea. *Fire Science and Technology*, 30 (3), 81-90.
18. İnternet: Kakande, Y. (2012). Sharjah families back in Al Tayer fire tower. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.thenational.ae%2Fuae%2Fsharjah-families-back-in-al-tayer-fire-tower-1.396977&date=2018-05-16>, Son Erişim Tarihi: 16.05.2018.
19. İnternet: Abdullah, A. (2012). Cigarette butt caused blaze at Al Tayer Tower. *Khaleej Times*. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.khaleejtimes.com%2Farticle%2F20120606%2FARTICLE%2F306069880%2F1+002&date=2018-05-16>, Son Erişim Tarihi: 16.05.2018.
20. White, N., Delichatsios, M., Ahrens, M. and Kimball, A. (2013). *Fire hazards of exterior wall assemblies containing combustible components*. 1. International Seminar for Fire Safety of Facades, Paris.
21. Korkmaz, M.K. (2013). Akıllı bina ve alt sistemler-Yangın algılama, Polat Rezidans’a ne oldu? *Elektrik Mühendisliği*, 447, 15-17.
22. İnternet: Leon, J.P., Barakat, N. (2012). Fire in Telcom building leaves seven families homeless. *Gulf News*. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fgulfnews.com%2Fnews%2Fuae%2Femergencies%2Ffire-in-tecom-building-leaves-seven-families-homeless-1.1085854&date=2018-05-16>, Son Erişim Tarihi: 16.05.2018.
23. İnternet: Croucher, M. (2012). Residents of Dubai’s Tamweel Tower relieve fire ordeal. *The National UAE*. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.thenational.ae%2Fuae%2Fresidents-of-dubai-s-tamweel-tower-relive-fire-ordeal-1.438243&date=2018-05-16>, Son Erişim Tarihi: 16.05.2018.
24. Evans, D.H. (2017). *High-rise facade fires a world wide concern*. 4th International Tall Building Fire Safety Conference, London.

25. İnternet: Poladian, C. (2013). Grozny Skyscraper on fire: Tallest building in Chechnya up in flames. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.ibtimes.com%2Fgrozny-skyscraper-fire-tallest-building-chechnya-flames-photosvideo-1169463&date=2018-05-16>, Son Erişim Tarihi: 16.05.2018.
26. Almutawa, A.H. (2015). *Case study for the Torch Tower, Dubai Marina*. 2015 AGM & International Conference, The Shard, London.
27. İnternet: Al Ramahi, N. (2017). Cigarette caused Dubai's Torch tower fire. *The National UAE*. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.thenational.ae%2Fuae%2Fcigarette-caused-dubai-s-torch-tower-fire-1.624072&date=2018-05-16>, Son Erişim Tarihi: 16.05.2018.
28. İnternet: Aghaddir, A. (2015). Video: Massive fire erupts in Sharjah high-rise tower. *Gulf News*. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fgulfnews.com%2Fnews%2Fuae%2Femergencies%2Fvideo-massive-fire-erupts-in-sharjah-high-rise-tower-1.1593293&date=2018-05-16>, Son Erişim Tarihi: 16.05.2018.
29. McAneney, J. (2016). Role of composite sandwich panel cladding in recent hi-rise building fires. *Risk Frontiers, Briefing Note*, 315, 1-3.
30. İnternet: Millward, D., Winch, J. (2016). Dubai hotel fire: Inferno at 63-storey Address Downtown hotel near New Year's Eve fireworks display. *The Telegraph*. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.telegraph.co.uk%2Fnews%2Fworldnews%2Fmiddleeast%2Fdubai%2F12076792%2FDubai+skyscraper-fire-new-years-eve-2015-live.html&date=2018-05-16>, Son Erişim Tarihi: 16.05.2018.
31. Kılıç, A. (2017). Londra yüksek bina yangını: Eksikler, hatalar. *Yangın Mühendisliği*, 2, 24-28.
32. Işıkel, K. (2017). Londra Grenfell Tower yangını ve bina dış cephe kaplama uygulaması yönünden değerlendirme. *Yangın Mühendisliği*, 2, 44-45.
33. İnternet: Telefon şarjı patladı! Dehşet anları kamerada. (2018, Mart). URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.hurriyet.com.tr%2Fgundem%2Fson-dakika-izmirde-otelde-yanigin-anigiarabalarin-uzerine-atladilar-+40763591&date=2018-05-16>, Son Erişim Tarihi: 16.05.2018.
34. İnternet: Dozens killed in fire at Siberian shopping mall. (2017, Mart). URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fedition.cnn.com%2F2018%2F03%2F25%2Fworld%2Fsiberia-fire-shopping-center%2Findex.html&date=2018-05-16>, Son Erişim Tarihi: 16.05.2018.

35. İnternet: Gaziosmanpaşa Taksim Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde yangının çıkış anı. (2018, Nisan). URL: http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.ntv.com.tr%2Fvideo%2Fturkiye%2Fgaziosmanpasa-taksim-egitim-ve-arastirma-hastanesinde-yanigin-cikis-ani-yeni-g%2CrXc9x75sDEqps17f5Us_hg&date=2018-05-16, Son Erişim Tarihi: 16.05.2018.
36. İnternet: İZODER'den yanan hastane ile ilgili çarpıcı iddia. (2018, Nisan). URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.dunya.com%2Fgunde-m%2Fizoderden-yanan-hastane-ile-ilgili-carpici-iddia-haberi-410536&date=2018-05-16>, Son Erişim Tarihi: 16.05.2018.
37. Alakavuk, E. (2010). *Sıcak iklim bölgelerinde çift kabuk cam cephe sistemlerinin tasarımı için kullanılabilir bir yaklaşım*, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 6-14.
38. Lamberto, M., Cancelliere, P. (2013). *The Italian National Guidelines for the fire safety of facades*. 1st International Seminar for Fire Safety of Facades, Paris.
39. Ching, F.D.K., Adams, C. (2008). *Çizimlerle bina yapım rehberi*. (çev. Tağmat, T.S.) Yem Yayınları, No 119. (Eserin orijinali 2001'de yayımlandı).
40. Altındaş, S., Demirel, F. (2011). *Dış cephelerde yangından korunma önlemleri*. TÜYAK 2011-Yangın ve Güvenlik Sempozyumu ve Sergisi, İstanbul.
41. Kanan, N.Ö. (2014). Enerji verimli cephe sistemlerinin yangın anındaki davranışı: Cephe yangınları. *Yalıtım Dergisi*, 136, 48-56.
42. İnternet: Dr. Muryahn Institut (RMI) Boya kaplama ve cephe sistemleri araştırma ve etüt merkezi. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.rmi.com.tr%2FRMI.WEb%2Findex.aspx&date=2018-05-16>, Son Erişim Tarihi: 16.05.2018.
43. İnan, T., Başaran, T. (2014). Çift cidarlı cepheler üzerine bir araştırma. *Megaron*, 9 (2), 132-142.
44. İnan T., Başaran, H. (2013). *Çift cidarlı cepheler: Avantajları ve dezavantajları*. 11. Ulusal Tesisat Mühendisleri Kongresi, İzmir.
45. Chow, W.K., Hung, W.Y. (2006). Effect of cavity depth on smoke spreading of double skin facade. *Building and Environment*, 41 (7), 970-979.
46. Chow, C.L. (2013). *A qualitative investigation on double-skin facade fires*. 1st International Seminar for Fire Safety of Facades, Paris.
47. Waldner, R., Flamant, G., Kluttig, H., Farou, I., Duarte, R. and Duarte, C. (2007). Best practice for double skin facades. *WP5 Best Practise Guidelines. Intelligent Energy*, Lund, 19-23.

48. Motevalian, E. (2014). *Double skin facades performance: Effects on daylight and visual comfort in office spaces*. Yüksek Lisans Tezi, University of Southern California, Faculty of the USC School of Architecture, Los Angeles, 43-45.
49. Poirazis, H. (2006). *Double skin facades, a literature review*. IEA SHC (34) Ek 43. Lund.
50. Ayçam, İ. (2013). *Enerji etkin ofis binalarında gelişmiş cephe sistemlerinin incelenmesi*. 10. Ulusal Tesisat Mühendisleri Kongresi, İzmir.
51. Vagglio, J., Patterson, M. (2011). Double skin facade designs on the rise in North America. *Architects Guide to Glass and Metal Magazine*, 25 (4), 8-13.
52. İnternet: Fire performance of curtain walls and rainscreens. (2011, Mart). URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.cwct.co.uk%2Fpublications%2Ftns%2Fshort73.pdf&date=2018-05-16>, Son Erişim Tarihi: 16.05.2018.
53. Kanan, N.Ö. (2014). *Enerji verimli yapı kabuğunun yangın anındaki davranışı: Cephe yangınları*. 7. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, Yıldız Teknik Üniversitesi, Beşiktaş, İstanbul.
54. Kiasıf G.Ç. (2016). *Enerji etkin çift kabuk cephe sistemlerinde yangın performansını iyileştirecek yöntemler*. 8. Ulusal Çatı ve Cephe Sempozyumu, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fındıklı, İstanbul.
55. Oesterle, E., Lieb, R.D., Lutz, M. and Heusler, W. (2001). *Double-skin facades: Integrated planning*. Munich: Prestel.
56. Chow, W. K. (2006). *Design fire in performance-based fire safety design for green and sustainable buildings*. The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture Geneva, Switzerland.
57. Direk, Y.Ş. (2003). *Giydirme cephe tasarım sürecinde karar vermek için bir yöntem önerisi*, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 24-26.
58. National Geographic belgeselleri, (2012). *En büyük dizaynlar, Gökdelenler: Burj Dubai*.
59. İnternet: United Nations / Wallace K. Harrison. (2011, Mart). URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.archdaily.com%2F119581%2Fad-classics-united-nations-wallace-k-harrison&date=2018-05-16>, Son Erişim Tarihi: 16.05.2018.
60. İnternet: Empire State Building / Shreve, Lamb and Harmon. (2016, Aralık). URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.archdaily.com%2F797767%2Fad-classics-empire-state-building-shreve-lamb-harmon&date=2018-05-16>, Son Erişim Tarihi: 16.05.2018.
61. Uyar, M. (2005). *Metal çerçeveli giydirme cephelerde ses yalıtım sorunları*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 23-59.

62. Şenkal, F. (2002). *Yapıda giydirmeye cephe sisteminin kullanımında optimal konfor koşullarının sağlanması için performans kriterlerinin araştırılması*, Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne, 8-13.
63. Ağdemir, A. (2017). *Giydirmeye cephe sistemleri ve kaplama elemanlarının incelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Arel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 87-89.
64. Yıldırım, A., Söyler, M. (2016). *Çatı ve cephelerde kullanılan yalıtım malzemelerindeki yangın riski*. 8. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fındıklı, İstanbul.
65. İnternet: Building fires-First Interstate Bank Fire Los Angeles. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.mace.manchester.ac.uk%2Fproject%2Fresearch%2Fstructures%2Fstrucfire%2FCaseStudy%2FHistoricFires%2FBuildingFires%2FinterstateBank.htm&date=2018-05-16>, Son Erişim Tarihi: 16.05.2018.
66. Yeang, K. (2006). *Ekotasarım: Ekolojik tasarım rehberi*, (çev. S. Eryıldız, D. Eryıldız). YEM Yayınevi, No 193. (Eserin orijinali 2006'da yayımlandı), 7-13.
67. Yeşilli, G. (2016). *Gelişmiş cephe sistemlerinin ekolojik enerji etkin tasarım çerçevesinde incelenmesi, iklim verilerine göre değişimi ve geleceğe yönelik öngörüler*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 5-18.
68. Weller, B., Rexroth, S. (2005). Facades and materials. *Details*, 11, 1292-3000.
69. Ottele, M. (2011). *The green building envelope vertical greening*. Delft Teknik Üniversitesi, Delft, 9-17.
70. Aygencel, M. (2011). *Dikey yeşil sistemler*, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 8-12.
71. Perini, K., Ottele, M., Haas, E.M. and Raiteri, R. (2011). Greening the building envelope, facade greening and living wall systems. *Open Journal of Ecology*, 1(1), 1-8.
72. Perini, K., Ottele, M., Fraaij, A.L.A., Haas, E.M. and Raiteri, R. (2011). Vertical greening systems and the effect on air flow and temperature on the building envelope. *Building and Environment*, 46, 2287-2294.
73. Özgünler, M., A. Özgünler, S. ve Arpacıoğlu, Ü. (2016). *Sürdürülebilir binaların çatı ve cephelerinde yangın risklerinin analizi*. 8. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fındıklı, İstanbul.
74. Tidwell, J., Murphy, J.J. (2010). Bridging the gap: Fire safety and green building a fire and building safety guide to green construction. *National Association of State Fire Marshals*, USA, 9-19.

75. İnternet: Stacking Green House by Vo Trong Nghia + Daisuke Sanuki & Shunri Nishizawa / Saigon – Vietnam. (2014, Eylül). URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.arcstreet.com%2Farticle-stacking-green-house-by-vo-trong-nghia-daisuke-sanuki-shunri-nishizawa-saigon-vietnam-124565233.html&date=2018-05-16> , Son Erişim Tarihi: 16.05.2018.
76. Yaman, M. (2018, 12-13 Nisan). *Cephelerde kullanılan fotovoltaik panellerin yangın güvenlik önlemleri bağlamında incelenmesi*. 9. Ulusal Çatı & Cephe Konferansı, İstanbul Kültür Üniversitesi, Bakırköy, İstanbul.
77. Göksu, A.U., Gedik, G.Z. (2017). Pv sistemlerin gölgeleme elemanı olarak kullanımının ofis binası örneğinde değerlendirilmesi. *Çatı ve Cephe*, 68, 58-62.
78. Mazziotti, L., Cancelliere, P., Poduano, G., Setti, P. and Sassi, S. (2016). *Fire risk related to the use of PV systems in building facades*. 2nd International Seminar for Fire Safety of Facades, Lund.
79. Flicker, J.D., Johnson, J. and Albers, M.J. (2015). Resolving fire hazard from the ground-fault detection blind spot. *Solarpro*, 8 (6).
80. Shipp, M., Holland, C., Crowder, D., Pester, S. and Holden, J. (2013). Fire safety and solar electric and photovoltaic systems. *International Fire Professional*, (6).
81. Altın, M. (2004), *Yeni yapı malzemesi fotovoltaik paneller, özellikleri ve tarihçesi*. 2. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi, İstanbul.
82. İnternet: Binalar entegre edilen güneş pili sistemleri büyük fırsatlar vaadeden niş bir pazar. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.derinmarin.com%2FDerin-Marın-Binalara-Entegre-Edilebilen-Güneş-Pili-Sistemleri.htm&date=2018-05-16>, Son Erişim Tarihi: 16.05.2018.
83. Altındaş, S. (2014). *Cephelerde yangın oluşumu ve yayılımı*. 7. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, Yıldız Teknik Üniversitesi, Beşiktaş, İstanbul.
84. Kılıç, A. (2012). Cephe kaplamaları ve cephe yangın güvenliği. *Yangın ve Güvenlik*, 152, 8-10.
85. İnternet: London fire: A visual guide to what happened at Grenfell Tower. (2017, Aralık). URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.bbc.com%2Fnews%2Fuk-40301289&date=2018-05-16>, Son Erişim Tarihi: 16.05.2018.
86. Forest & Wood Products Australia, (2011). Fire safety engineering design of combustible facades, *Exova Warringtonfire Aus Pty Ltd*, Australia, 2-19.
87. TSE ISO/TR 13387-6 Yangın güvenliği mühendisliği-Bölüm 6: Yapısal tepki ve yangının kaynaklandığı kapalı hacimden etrafa yayılması. (2010). TSE, Ankara.

88. Serteser, N. (2004). *Yanan binadan karşısındaki binaya ısınlma yangının yayılımının önlenmesi için güvenli sınır mesafesinin belirlenmesinde bir model önerisi*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 9-26.
89. Egan, M.D. (1978). *Concepts in building fire safety*, A Wiley Interscience Publication.
90. O'Connor, D.J. (2016). The building envelope: Fire spread, construction features and loss Examples. *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 86, 3242-3282.
91. NFPA 80A Recommended Practice for Protection of Buildings From Exterior Fire Exposures. (2017). NFPA, Massachusetts, USA.
92. Read, REH. (1991). External fire spread: building separation and boundary distances. *Fire Research Station, Building Research Establishment, Report BR 187*, England.
93. Soğukoğlu, M.M., İnce, A. (2013). *Yüksek binalarda yangın güvenliği açısından dış cephe yalıtım ve kaplama malzemeleri*. TÜYAK 2013-Yangın ve Güvenlik Sempozyumu ve Sergisi, İstanbul.
94. İnternet: Polat Tower'ı aklı kurtardı. (2012, Temmuz). URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.milliyet.com.tr%2Fpolat-tower-i--akli--kurtardi-gundem-1568337%2F&date=2018-05-16>, Son Erişim Tarihi: 16.05.2018.
95. Yaman, M., Demirel, F. (2017). *Cephelerde ortaya çıkan yangınlar ve cephe yangın güvenlik önlemlerinin incelenmesi*. 2. Uluslararası Mühendislik Mimarlık ve Tasarım Kongresi, Kocaeli.
96. O'connor, D.J. (2008). Building facade or fire safety facade, *Council on Tall Buildings and Urban Habitat Journal*, 2, 30-39.
97. Jensen, G. (2013). *Fire spread modes and performance of fire stops in vented facade constructions – overview and standardization of test methods*. 1st International Seminar for Fire Safety of Facades, Paris.
98. Underwriters Laboratories Inc. (2007). Fire resistance directory Issue: 2A. *Underwriters Laboratories Inc.* Northbrook, Illinois.
99. Rogan, R., Shipper, E. (2010). The design and analysis of a computer fire model to test for flame spread through a building's exterior, *WPI ME-GT-FR09*, Worcester, 1-6.
100. İnternet: Geren, R. (2011). Openings-Part 2. The Code Corner. URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fspecsandcodes.typepad.com%2Fthe_code_corner%2F2011%2F05%2Fopenings-part-2.html&date=2018-05-16, Son Erişim Tarihi: 16.05.2018.
101. İnternet: Firestopping Insulation. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.rockwool.com%2Fapplications%2Fexterior-walls%2Ffirestopping%2F&date=2018-05-16>, Son Erişim Tarihi: 16.05.2018.

- 102.İnternet: Afkar, A. (2015). Al Nasser Tower lacked fire safety measures. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.khaleejtimes.com%2Fsharjah-apartments-face-inspecion-after-massive-fire&date=2018-05-16>, Son Erişim Tarihi: 16.05.2018.
- 103.Arpacioğlu, Ü. (2004,2-3 Nisan). *Cephe yangınları ve cephe kaplamalarının yangın güvenliği açısından değerlendirilmesi*. Çatı ve Cephe Fuarı, CNR, İstanbul.
- 104.Glennie, D. Hadjisophocleous, G. (2013). *Calculation of radiant heat flux from compartment fires in various ventilation conditions*. 1st International Seminar for Fire Safety of Facades, Paris.
- 105.Galea, E.R., Berhane, D. and Hoffman, N.A. (1996). *CFD analysis of fire plumes emerging from windows with external protrusions in high-rise buildings*. 7th Intern Fire Science and Engineering Conference: Interflam'96, Cambridge, England.
- 106.Teibinger, M., Matzinger, I. and Schober, P. (2013). *Experimental study of the fire performance of wooden facades*. 1st International Seminar for Fire Safety of Facades, Paris.
- 107.Teibinger, M. (2014). Untersuchungsergebnisse beim Brandverhalten von Fassaden. *OİB Aktuell*, 15, 14-20.
- 108.Pilar Giraldo, M., Avellaneda, J., Lacasta, A.M. and Rodriguez, V. (2012). *Computer-simulation research on building-facade geometry for fire spread control in buildings with wood claddings*. World Conference on Timber Engineering, Auckland, New Zeland.
- 109.Holland, C., Crowder, D. and Shipp, M. (2016). External fire spread: New Research; DCLG, *Building Engineer*, 32.
- 110.İnternet: Thorp, L. (2017). Should Knowsley Heights blaze have been a warning from history for Grenfell? URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.liverpoolecho.co.uk%2Fnews%2Fliverpool-news%2Fshould-knowsley-heights-blaze-been-13271446&date=2018-05-16>, Son Erişim Tarihi: 16.05.2018.
- 111.EIFS Industry Members Association. (2000). Guide to exterior insulation and finish system construction. *Falls Church*, Georgia, USA.
- 112.Demirel, F. (2017). *Binalarda pasif yangın güvenlik önlemleri*. Yayınlanmamış Ders Notları, Ankara: Gazi Üniversitesi Mimarlık Fakültesi.
- 113.Giraldo, M.P., Lacasta, A., Avellaneda, J. and Burgos, C. (2013). *Computer-simulation study on fire behaviour in the ventilated cavity of ventilated facade systems*. 1st International Seminar for Fire Safety of Facades, Paris.
- 114.Collwell, S., Baker, T. (2013). *Fire performance of external thermal insulation for walls of multi-storey buildings* (Üçüncü Baskı). England: Building Research Establishment BRE, 10-16.

115. Chow, C.L. (2013). Full-scale burning tests on double-skin facade fires. *Fire and Materials*, 37 (1), 17-34.
116. Hajpál, D.M. (2012). *Analysis of a tragic fire case in panel building of Miskolc*. Integrated Fire Engineering and Response, Malta.
117. İnternet: Fatal fires and building materials. URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.brandfolkene.dk%2Fcm-webpic%2Fpp_isolering_engelsk.pdf&date=2018-05-16, Son Erişim Tarihi: 16.05.2018.
118. İnternet: Fuller, T. (2017). Everything was incinerated: scenes from one community wrecked by the Santa Rosa fire. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2F3A+https%3A%2F%2Fwww.nytimes.com%2F2017%2F10%2F10%2Fus%2Fsanta-rosa-california-fire.html&date=2018-05-16>, Son Erişim Tarihi: 16.05.2018.
119. İplikçi, E. (2006). *Binalarda yangın güvenlik önlemlerinin analizi ve yangın güvenli bina tasarımına ilişkin performans kriterlerinin ortaya konulması*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 172-176.
120. Mendis, P., Ngo, T., Haritos, N., Hira, A., Samali, B. and Cheung, J. (2007). Wind loading on tall buildings. *Electronic Journal of Structural Engineering*. EJSE Special Issue: Loading on Structures, 41-54.
121. Wade, C.A., Clampett, J.C. (2000) Fire performance of exterior claddings. *Fire Code Reform Centre*. Sydney, Australia. Project Report FCRC PR 00-03.
122. Oleszkiewicz, I. (1990). Fire performance of external insulation system: observations made after the fire at 393 Kennedy Street, Winnipeg, Manitoba, January 10, 1990. *NRC Institute for Research in Construction*. Canada. NRC-IRC-3119.
123. Andersson, J., Boström, L. and Mcnamee, R.J. (2017). Fire Safety of Facades, SP Rapport 2017:37, Brandforsk, RISE Research Institutes of Sweden, Sweden.
124. TS EN 13501-1 + A1 Yapı mamulleri ve yapı elemanları, yangın sınıflandırması Bölüm 1: Yangın karşısındaki davranış deneylerinden elde edilen veriler kullanılarak sınıflandırma. (2013). *TSE*, Ankara.
125. TS EN 13501-2 Yapı mamulleri ve yapı elemanlarının yangın sınıflandırması Bölüm 2: Yangına dayanım deneylerinin verilerini kullanarak sınıflandırma-Havalandırma sistemleri hariç. (2016). *TSE*, Ankara.
126. TS EN 1365-1 Yük taşıyıcı elemanlar için yangına direnç deneyleri-Bölüm 1: Duvarlar. (2013). *TSE*, Ankara.
127. TS EN 1364-1 Yük taşımayan elemanlardaki yangına dayanıklılık deneyleri Bölüm 1: Duvarlar. (2015). *TSE*, Ankara.
128. TS EN 1364-4 Yük taşımayan elemanların yangına direnç deneyleri-Bölüm 4: Giydirme cepheleer-Bölüm konfigürasyonu. (2014). *TSE*, Ankara.

- 129.TSE ISO 13785-2 Bina cephe ve ek kaplamaları için yangına tepki deneyleri-Bölüm 2: Büyük ölçekli deney. (2005). TSE, Ankara.
- 130.Karadayı T.T., Yüksek İ. (2016). Yapılarda ısı yalıtım malzemeleri seçimi üzerine bir araştırma. *Tesisat*, 19 (242), 90-102.
- 131.Konecki, M., Galaj, J. (2017). Flame transfer through the external walls insulation of the building during a fire. *Procedia Engineering, Modern Building Materials, Structures and Techniques, MBMST 2016*, 172, 526-535.
- 132.Uygunoğlu, T., Güneş, İ., Çalış, M. ve Özgüven, S. (2015). EPS ve XPS malzemeleriyle yapılan mantolamaların yangın sırasındaki davranışlarının araştırılması. *Politeknik Dergisi*, 18 (1), 21-28.
- 133.Han, R., Zhu, G. and Zhang, G. (2013). Experiment study on the ignition point of XPS foam plastics. *Procedia Engineering*, 52, 131-136.
- 134.Mikkola E., Hakkarainen T. and Matala, A. (2013). *Fire safety of EPS insulated facades in residential multi-storey buildings*. 1st International Seminar for Fire Safety of Facades, Paris.
- 135.EPS-rakennuseristeteollisuus. (2010). *EPS-eristeen käyttö ohutrapatussa julkisivussa*. Syyskuu 2010. Helsinki.
- 136.Uslu, O.H. (2013). *Binalarda yangın yalıtım esasları*. 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.
- 137.İnternet: Alüminium composite panels article. URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.skylinedesign.eu%2Fwpcontent%2Fuploads%2F2011%2F07%2F01.AluminiumCompositePanels_WorldArchitecture_Dec2009.pdf&date=2018-05-16, Son Erişim Tarihi: 07.05.2018.
- 138.Lamont, S., Ingolfsson, A. (2018). High rise buildings with combustible exterior wall assemblies: Fire risk assessment tool. 257224-00, NFPA, USA.
- 139.İnternet: File: 2010 Wooshin Golden Suite-DSC09035.JPG. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fcommons.wikimedia.org%2Fwiki%2FFile%3A2010&date=2018-05-16>, Son Erişim Tarihi: 16.05.2018.
- 140.İnternet: Mostrous, A., O,Neil, S. and Joiner, S. (2017). Grenfell Tower: fire-resistant cladding is just £5,000 more expensive, URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.thetimes.co.uk%2Farticle%2Fgrenfell-tower-fire-resistant-cladding-is-just-5-000-more-expensive-6gjqkg98g&date=2018-05-16>, Son Erişim Tarihi: 16.05.2018.
- 141.İnternet: Kirkpatrick, D., Hakim, D. and Glanz, J. (2017). *Why Grenfell Tower Burned: Regulators Put Cost Before Safety?* URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.nytimes.com%2F2017%2F06%2F24%2Fworld%2Feurope%2Fgrenfell-tower-london-fire.html%3Faction%3Dclick%26contentCollection%3Deurope%26region%3Drank%26module%3Dpackage%26version%3Dhighlights%26contentPlacement%3D1%26pgtype%3Dcollection&date=2018-05-16>, Son Erişim Tarihi: 16.05.2018.

- 142.Martin, Y., Eeckhout, S., Lassoie, L., Winnepenninckx E. and Deschoolmeester, B. (2017). Fire safety of multi-storey building facades; *BBRI*, D/2017/0611/12, Brussels.
- 143.O. Güzel, N., Sönmez A. (2002). Giydirmce cephelelerin performans özellikleri. *Ege Mimarlık*, 44, 12-17.
- 144.Toma, A. (2012). *Perimeter joint fire protection in curtain walls*. Safety Design in Buildings Forum, Dubai.
- 145.İnternet: Fire barrier elements in facade systems. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.fermacell-aestuver.com%2F3078.php&date=2018-05-16>, Son Erişim Tarihi: 16.05.2018.
- 146.Huang, X., Zhaopeng, N., Lei, P. and Ping, Z. (2013). *Experimental study of fire barriers preventing vertical fire spread in ETISs*. 1st International Seminar for Fire Safety of Facades, Paris.
- 147.Centre Scientifique Et Technique De La Construction. (2011). Les revêtements de facade en bois et en panneaux à base de bois; *BBRI*, Technical Information Note, 243, Brussels, 32-33.
- 148.Östman B. (Editör). (2010). Fire safety in timber buildings technical guideline for Europe. *SP Technical Research Institute of Sweden*, Report 2010:19.
- 149.Österreichischer Fachverband für hinterlüftete Fassaden. (2013). Brandschutz bei hinterlüfteten Fassaden, *ÖFHF*, Brunn am Gebirge, 23-25.
- 150.Güleşen, E., Yılmaz, M.H. (2018). *Yangın emniyeti ve cephe tasarımı*. 9. Ulusal Çatı & Cephe Konferansı, İstanbul Kültür Üniversitesi, Bakırköy, İstanbul.
- 151.Östman, B., Sjödin, V. (2002). Brandsakra trahus version 2, Nordisk kunskapsöversikt och vägledning, *Tratek*, İsveç, 95-99.
- 152.Sultan, M.A. (1990). *Reducing fire hazards in small buildings*, Building Science Insight 1990: Small Buildings: Technology in Transition: 1990, Canada.
- 153.Jarnskjold, T., Jensen, G. and Knudsen, A. (2016). *Performance profiles of exterior fire protective building envelopes*. 2nd International Seminar for Fire Safety of Facades, Lund.
- 154.Mikkola, E. (2013). *Fire safety of wooden balconies, facades and eaves*. 1st International Seminar for Fire Safety of Facades, Paris.
- 155.İnternet: Preventing attic fires by using fire-resisting eaves, Technical information. URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.renotech.fi%2FSiteAssets%2FFiles%2FSecuro%2FPuu%25201_13.pdf&date=2018-05-16, Son Erişim Tarihi: 16.05.2018.
- 156.Akgün, M. (2015). *Atık gazın dış cepheden atılması ile karşılaşılan sorunlar*. 12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.

157. Avlar, E., Korkmaz, E. (2009). Isıtmada kullanılan “C tipi denge bacalı (hermetik)” aygıtlarda atık gaz çıkışının dış duvarlarda düzenlenmesi. *Megaron*, 3(3), 344-256.
158. Botma, A.Y. (2013). Research to the performance and adequacy of fire compartmentation. *Efectis Nederland B.V. & Delft University of Technology*, Delft, 25.
159. Kılıç, M. (2003). Yapılarda yangın güvenliği ve söndürme sistemleri. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 8(1), 63-69.
160. Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik. (2015). *Bakanlar Kurulu*, Ankara.
161. NFPA 5000. (2018). Building Construction and Safety Code. *NFPA*, Massachusetts, USA.
162. NFPA 285. (2012). Standard Fire Test Method for Evaluation of Fire Propagation Characteristics of Exterior Non-Load-Bearing Wall Assemblies Containing Combustible Components. *NFPA*, Massachusetts, USA.
163. NFPA 101. (2018). Life Safety Code, Massachusetts. *NFPA*, USA.
164. NFPA 13. (2016). Standard for the Installation of Sprinkler Systems, Massachusetts. *NFPA*, USA.
165. BS 9999:2017. (2017). Fire safety in the design, management and use of buildings. Code of practice. *The British Standard Institution*. England.
166. BS 8414-1:2015+A1:2017. (2017). Fire performance of external cladding systems. Test method for non-loadbearing external cladding systems applied to the masonry face of a building. *The British Standard Institution*. England.
167. BS 8414-2:2015+A1:2017. (2017). Fire performance of external cladding systems. Test method for non-loadbearing external cladding systems fixed to and supported by a structural steel frame. *The British Standard Institution*. England.
168. The Singapore Civil Defence Force Fire Code. (2013). *Singapore Civil Defence Force*, Singapore.
169. Acceptable Solutions and Verification Methods. (2017). *Ministry of Business, Innovation & Employment*. New Zealand.
170. UAE Fire and Life Safety Code of Practise. (2011). *United Arab Emirates Ministry of Interior*. UAE.
171. UAE Fire and Life Safety Code of Practise Annexures: A.1.21. Rev 2. Passive Fire Stopping, Exterior Wall Cladding / Curtainwall And Roofing Systems. (2011). *United Arab Emirates Ministry of Interior*. UAE.
172. National Construction Code Volume 1, Amendment 1. (2016). *Australian Government Agency*. Australia.

173. National Construction Code Volume 2. (2016). *Australian Government Agency*, Australia.
174. Advisory Note, Fire Performance of External Walls and Cladding. (2018). *Australian Building Codes Board*. Australia
175. AS 1351:2016. Fire propagation testing and classification of external walls of buildings. (2016). *Australian Standard*, Australia.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : YAMAN, Muammer
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 06.05.1994, Eskişehir
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0545 357 40 60
 e-mail : mimar.myaman@gmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Mimarlık	Devam ediyor
Lisans	Gazi Üniversitesi / Mimarlık	2015
Lise	Afyon Lisesi (Mekteb-i İdadi-i Mülki)	2011

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2017-Halen	Gazi Üniversitesi	Araştırma Görevlisi
2016-2017	Ondokuz Mayıs Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

-Yaman, M., Demirel, F. (2017). *Cephelerde ortaya çıkan yangınlar ve cephe yangın güvenlik önlemlerinin incelenmesi*. 2. Uluslararası Mühendislik Mimarlık ve Tasarım Kongresi, Kocaeli.

-Demirel, F., Tavman, G., Yaman, M. (2017). *Gazi Üniversitesi yeni Mimarlık Fakülte binasının Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik bağlamında incelenmesi*. TÜYAK 2017-Uluslararası Yangın ve Güvenlik Sempozyumu ve Sergisi, İstanbul.

-Yaman, M. (2018). *Cephelerde kullanılan fotovoltaiik panellerin yangın güvenlik önlemleri bağlamında incelenmesi*. 9. Ulusal Çatı ve Cephe Konferansı, İstanbul.



GAZİ GELECEKTİR..