

T.C.
İSTANBUL SABAHATTİN ZAİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
MİMARLIK BİLİM DALI

**FARKLI TAŞIYICI SİSTEMLERİN YANGIN ANINDAKİ
DAVRANIŞI VE GÜVENLİK ÖNLEMLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Munevver GÜMÜŞTAŞ

İstanbul
Temmuz-2021

T.C.
İSTANBUL SABAHATTİN ZAİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
MİMARLIK BİLİM DALI

FARKLI TAŞIYICI SİSTEMLERİN YANGIN ANINDAKİ
DAVRANIŞI VE GÜVENLİK ÖNLEMLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Munevver GÜMÜŞTAŞ

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Mustafa ÖZGÜNLER

İstanbul
Temmuz-2021

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürlüğüne,

Bu çalışma, jürimiz tarafından Mimarlık Anabilim Dalı, Mimarlık Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman Prof. Dr. Mustafa ÖZGÜNLER

Üye Dr. Öğr. Üyesi Serhat ANIKTAR

Üye Dr. Öğr. Üyesi Gülçin KAHRAMAN

Onay

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Ali GÜNEŞ

Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ

Yüksek lisans tezi olarak hazırladığım “**Farklı Taşıyıcı Sistemlerin Yangın Anındaki Davranışı ve Güvenlik Önlemleri**” adlı çalışmanın öneri aşamasından sonuçlandığı aşamaya kadar geçen süreçte bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle uyduğumu, tez içindeki tüm bilgileri bilimsel ahlak ve gelenek çerçevesinde elde ettiğimi, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığımı, bu çalışmamda doğrudan veya dolaylı olarak yaptığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu beyan ederim.

Munevver Gümüştaş

ÖN SÖZ

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyen, tez çalışmamın bu aşamaya gelmesinde büyük emeği olan değerli hocam ve tez danışmanım Prof. Dr. Mustafa Özgünler' e, lisans ve yüksek lisans öğrenimim boyunca akademik bilgileri ile katkı sağlayan değerli hocam Prof. Dr. Özkan İşler' e, verdiği tüm akademik bilgilerden dolayı Prof. Dr. Mehmet Oktay Cansun' a, eğitim alanındaki proje dersleriyle bilgi ve tecrübeleri ile ışık veren çok değerli hocam Yüksek Mimar Besim Ömer Dartan'a, bilgileri ile yön veren Dr. Öğr. Üyesi Serhat Anıktar'a, tecrübe ve bilgileri ile katkı sağlayan Dr. Öğr. Üyesi Gülçin Kahraman'a mimarlık eğitimim boyunca benden bilgilerini ve desteklerini esirgemeyen tüm hocalarıma teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Hayatım boyunca bana her konuda destek olan, her zaman yanımda olan canım aileme teşekkür ederim.

Munevver GÜMÜŞTAŞ

İstanbul - 2021

ÖZET
FARKLI TAŞIYICI SİSTEMLERİN YANGIN ANINDAKİ
DAVRANIŞI VE GÜVENLİK ÖNLEMLERİ

Munevver GÜMÜŞTAŞ

Yüksek Lisans, Mimarlık

Tez danışmanı: Prof. Dr. Mustafa ÖZGÜNLER

Temmuz, 2021- 220+ XVII Sayfa

Yangın, çağlar boyunca tüm canlılar için önemli bir tehdit ve tehlike unsuru olmuştur. İnsanlar ve yapılar için beklenmedik can ve mal kayıplarına yol açmaktadır. Özellikle değişen günümüz ihtiyaçları ve teknolojik imkânların etkisiyle kompleks bir hal alan binalarda yangınlarda gözlenen artış yangından korunmanın önemini ve alınması gerekli önlemleri büyük ölçüde artırmıştır. Yangın sonucu meydana gelen maddi ve manevi zararları engellemek amacıyla çeşitli önlemler alınmaktadır. Tasarımcı, tasarım aşamasında pasif önlemlerden yararlanarak yangın riskini en az seviyeye indirgemelidir.

Bina tasarlanırken taşıyıcı sistem türüne göre yangın güvenliğine etki eden pasif sistemlerin uygun tasarlanması sağlanarak, güvenli ve ekonomik çözümler üretilmesi gerçekleştirilmektedir. Bu konu üzerine kaynaklar sınırlı olduğundan, tez çalışması sonuçları ve önerileri ile mimarlık eğitimindeki öğrencilere ve tasarımcılara ışık tutacak bilgileri kapsamaktadır.

Tez çalışmasının amacı, yangın anında kullanıcıların en hızlı şekilde bina dışına ulaştırılması, yapının taşıyıcı sisteminin güvenli olması ve belirli sürelerde ayakta kalmasını sağlayarak binanın en az zarar ile yangın tehlikesini atlattırmasıdır.

Tez çalışması 5 bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm giriş bölümü olup, problemin tanımı, tez çalışmasının amacı, kapsamı ve yöntemi açıklanmıştır.

İkinci bölümde, genel yanma olayı, yangın ve yangın güvenliği ile ilgili kavramlar açıklanmıştır. Yangının malzemeyi etkileyiş biçimleri ve yangından korunma önlemleri ele alınmıştır.

Üçüncü bölümde, çelik, betonarme, ahşap, yığma ve pnömatik sistemlerin tanımları yapılarak, yapısı ve malzeme özellikleri, sistem türleri ve tipleri, avantaj ve dezavantajları detaylandırılmıştır.

Dördüncü bölümde, çelik, betonarme, ahşap, yığma ve pnömatik sistemlerin yangın anındaki davranışları irdelenerek her taşıyıcı sistem türü için alınabilecek yangın güvenlik önlemleri ve uygulanabilecek yöntemler belirlenmiştir.

Beşinci bölümde ise, sonuç ve önerilere yer verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yangın Güvenlik Önlemleri, Yangın Dayanımı, Yangın Korunumu, Taşıyıcı Sistemlerin Yangın Davranışı.

ABSTRACT
THE BEHAVIOR OF DIFFERENT CARRIER SYSTEMS
AT THE TIME OF FIRE AND SAFETY MEASURES

Munevver GÜMÜŞTAŞ

Master of Science, Architecture

Thesis Advisor: Prof. Dr. Mustafa ÖZGÜNLER

July, 2021 - 220+ XVII Pages

Fire has been an important threat and danger to all living things for ages. It leads to unexpected loss of life and property for people and structures. In particular, the increase in fires in buildings that have become complex due to changing modern needs and technological opportunities has greatly increased the importance of Fire Protection and the necessary measures to be taken. In order to prevent material and moral damage caused as a result of Fire, various measures are taken. The designer should minimize the risk of fire by using passive measures at the design stage.

In the design of the building, passive systems affecting fire safety according to the type of carrier system are designed appropriately and safe and economical solutions are produced. Because resources on this topic are limited, the dissertation includes results and recommendations, as well as information that will shed light on students and designers in architectural education.

The aim of the thesis study is to ensure that the users are delivered out of the building in the fastest way during the fire, that the structure's carrier system is safe and that the building survives the fire hazard with minimal damage by ensuring that it remains afloat for certain periods of time.

The thesis consists of 5 sections. The first part is the introduction section, and the definition of the problem, the purpose, scope and method of the dissertation work are explained.

In the second section, concepts related to the general combustion event, Fire and fire safety are explained. The ways in which fire affects the material and fire protection measures are discussed.

In the third section, definitions of steel, reinforced concrete, wood, masonry and pneumatic systems are made and their structure and material properties, system types and types, advantages and disadvantages are detailed.

In the fourth chapter, the behavior of steel, reinforced concrete, wood, masonry and pneumatic systems at the time of fire is examined and fire safety measures that can be taken for each type of carrier system and the methods that can be applied are determined.

In the fifth section, the results and suggestions are given.

Key Words: Fire Safety Measures, Fire Resistance, Fire Protection, Fire Behavior Of Carrier Systems.

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI	i
BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ	ii
ÖN SÖZ	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	viii
TABLO LİSTESİ	xii
ŞEKİL LİSTESİ	xiii

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ	1
1.1.Problemin Tanımı	2
1.2.Çalışmanın Amacı	2
1.3.Çalışmanın Kapsamı	3
1.4.Çalışmanın Yöntemi	3

İKİNCİ BÖLÜM

YANGIN, YANMA OLAYI VE YANGIN GÜVENLİĞİ İLE İLGİLİ KAVRAMLAR	4
2.1.Yanma ve Yangın Tanımı	4
2.1.1.Yangın Sınıfları	9
2.1.2.Yangın Gelişim Aşamaları	11
2.1.3.Yangının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	14
2.2.Yangın Yayılımı ve Evreleri	15
2.2.1.Başlangıç Evresi	17
2.2.2.Tam Yanma Evresi	18
2.2.3.Sönme Evresi	20
2.3.Yangının Malzemeyi Etkileyiş Biçimleri	21
2.3.1.Yüksek Sıcaklık Etkisi	23
2.3.2.Sıcak ve Zehirli Gazların Etkisi	24

2.3.3.Duman Etkisi	26
2.3.4.Yangın Yayılmasının Etkisi.....	29
2.4.Yangından Korunma Önlemleri.....	34
2.4.1.Yangından Korunma ile İlgili Mevzuat	36
2.4.1.1.Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik	37
2.4.1.2.Yangın Standartları	38
2.4.2.Aktif Önlemler	38
2.4.2.1.Algilama	38
2.4.2.2.Uyarı.....	39
2.4.2.3.Söndürme	40
2.4.2.4.Dumandan Arındırma.....	40
2.4.3.Pasif Önlemler	41
2.4.3.1.Yangının Çıkmasını Önleme.....	42
2.4.3.2.Yangının Yayılmasını Önleme.....	42
2.4.3.3.Yangından Güvenli Kaçışı Sağlama	44
2.4.3.4.Yangından Binanın En Az Hasarla Kurtulmasını Sağlama	47

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

TAŞIYICI SİSTEM TÜRLERİ	48
3.1.Çelik Taşıyıcı Sistem	49
3.1.1.Çelik Tanımı	50
3.1.2.Çelik Malzemenin Özellikleri.....	51
3.1.3.Çelik Sistem Türleri ve Tipleri	52
3.1.4.Çelik Sistemlerin Avantaj ve Dezavantajları.....	70
3.2.Betonarme Taşıyıcı Sistem	78
3.2.1.Beton Tanımı	80
3.2.2.Beton Malzemenin Özellikleri.....	82
3.2.3.Betonarme Sistem Türleri ve Tipleri	84
3.2.4.Betonarme Sistemlerin Avantaj ve Dezavantajları.....	92
3.3.Ahşap Taşıyıcı Sistem.....	93
3.3.1.Ahşap Tanımı.....	98
3.3.2.Ahşap Malzemenin Özellikleri	101
3.3.3.Ahşap Sistem Türleri ve Tipleri.....	111
3.3.4.Ahşap Sistemlerin Avantaj ve Dezavantajları	117

3.4.Yığma Taşıyıcı Sistem	120
3.4.1.Yığma Tanımı	123
3.4.2.Yığma Malzemenin Özellikleri	123
3.4.3.Yığma Sistem Türleri ve Tipleri	127
3.4.4.Yığma Sistemlerin Avantaj ve Dezavantajları.....	129
3.5.Pnömatik Taşıyıcı Sistem.....	130
3.5.1.Pnömatik Tanımı.....	131
3.5.2.Pnömatik Sistem Türleri ve Tipleri	131
3.5.3.Pnömatik Sistemlerin Avantaj ve Dezavantajları	133

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

TAŞIYICI SİSTEMLERİN YANGIN ANINDAKİ DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ

4.1.Çelik Sistemlerin Yangın Davranışı	136
4.1.1.Çelik Sistemlerin Yangın Güvenlik Önlemleri.....	142
4.1.1.1.Genleşen Boyalarla Koruma	146
4.1.1.2.Püskürtme Sıvalarla Koruma	150
4.1.1.3.Kutuya Alma – Plakalar/Levhalarla Koruma.....	153
4.1.1.4.Kütlesel Koruma	154
4.1.1.5.Çelik Bileşenlerde Su Dolaştırılarak Soğutulmayla Koruma....	157
4.1.1.6.Kolonların Dışarı Alınmasıyla Koruma	160
4.2.Betonarme Sistemlerin Yangın Davranışı.....	160
4.2.1.Betonarme Sistemlerin Yangın Güvenlik Önlemleri.....	167
4.2.1.1.Beton Pas Payı Arttırılması.....	169
4.2.1.2.Yangın Yalıtım Malzemesinin Yüzeye Uygulanması.....	170
4.3.Ahşap Sistemlerin Yangın Davranışı	172
4.3.1.Ahşap Sistemlerin Yangın Güvenlik Önlemleri	179
4.3.1.1.Emprenye Yöntemi ile Koruma	183
4.3.1.2.Boyama Yöntemi ile Koruma	188
4.3.1.3.Kesit Kalınlaştırma Yöntemi ile Koruma.....	190
4.4.Yığma Sistemlerin Yangın Davranışı	192
4.4.1.Yığma Sistemlerin Yangın Güvenlik Önlemleri	194
4.5.Pnömatik Sistemlerin Yangın Davranışı.....	196
4.5.1.Pnömatik Sistemlerin Yangın Güvenlik Önlemleri.....	196

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER..... 198

KAYNAKÇA 205

ÖZGEÇMİŞ..... 220



TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1: Zehirli gazların tehlike sınırları	25
Tablo 3.1: Ahşap mekanik ve fiziksel özellikleri.....	111
Tablo 3.2: Doğal taşların fiziksel özellikleri.....	124
Tablo 4.1: Yangın dayanımının sağlanabilmesi için ‘Hp/A’ oranına bağlı gereken yalıtım kalınlığı	143
Tablo 4.2: Koruma yöntemlerinin yangın dayanım süreleri	144
Tablo 4.3: Yangın yalıtım türleri ve yangın dayanım süreleri	145
Tablo 4.4: Minimum kalınlıkta beton korumalı I kesit dayanımları	156
Tablo 5.1: Çelik Strüktür Formları ve Yangın Güvenlik Önlemleri.....	201
Tablo 5.2: Betonarme Strüktür Formları ve Yangın Güvenlik Önlemleri	202
Tablo 5.3: Ahşap Strüktür Formları ve Yangın Güvenlik Önlemleri	203
Tablo 5.4: Yığma – Pnömatik Strüktür Formaları ve Yangın Güvenlik Önlemleri	204

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1: Yangın Üçgeni.....	5
Şekil 2.2: Yanmanın oluşumu ve yayılması	8
Şekil 2.3: Sınırlı ortamda yanma davranışı.....	12
Şekil 2.4: Yangının zamana bağlı gelişim safhaları	13
Şekil 2.5: Yangın yayılma hızı	15
Şekil 2.6: Yanma anında sıcaklık-zaman ilişkisi.....	16
Şekil 2.7: Tavanda biriken gaz tabakası, Alev dili (Flame-over) evresi	18
Şekil 2.8: Yangın büyüme (Flash-over) evresi	19
Şekil 2.9: Bina Yangınlarında Duman ve Alev Yönlenişi.....	28
Şekil 2.10: Duman oluşumu ve algılama tekniği.....	29
Şekil 2.11: İletimle ısı aktarımı	30
Şekil 2.12: Taşınım (konveksiyon) hareketi	31
Şekil 2.13: Bina içi boşluklardan ısı aktarımı.....	32
Şekil 2.14: Işınım ile ısı aktarımı.....	33
Şekil 2.15: Yangın ihbar butonlarının düzenlenmesinde uyulması gereken kriterler	39
Şekil 2.16: Duman tahliyesi ve duman perdeleri.....	41
Şekil 2.17: Kompartmanlama (Bölmelere Ayırma)	43
Şekil 2.18: Yatay ve düşey yangın zon sistemi	44
Şekil 2.19: Alternatif kaçış yolları.....	45
Şekil 2.20: Yangın merdiveni kaçış uzaklığının hesaplanması	46
Şekil 2.21: Yangın güvenlik holü tasarlanması	47
Şekil 3.1: Düzlem kafes kiriş.....	53
Şekil 3.2: Kafes sistem tipleri.....	54
Şekil 3.3: Uzak kafes sistem düğümünde kullanılan bileşenler	56
Şekil 3.4: Uzak kafes kirişlerin strüktür geometrik tipleri	57
Şekil 3.5: Farklı tipte uzak kafes sistemler.....	58
Şekil 3.6: Düzlem yüzeyli uzak kafes sistem	59
Şekil 3.7: Tonozsalsal uzak kafes sistemler	60
Şekil 3.8: Kubbesel uzak kafes sistemler	60
Şekil 3.9: Katlanmış plak örneği (St. Paulus Weckhoven Kilisesi)	61
Şekil 3.10: Kabuk Sistem örnekleri	62
Şekil 3.11: Yüzeysel tonoz kabuk örnekleri	63

Şekil 3.12: Olimpik stadyum - Atina.....	64
Şekil 3.13: Hiperbolik Paraboloid	65
Şekil 3.14: ADM havaalanı giriş projesi	65
Şekil 3.15: Asma köprülerde köprü elemanları	66
Şekil 3.16: Köprü örnekleri	66
Şekil 3.17: Tek eğimli sistem	67
Şekil 3.18: Kabloların çatıda birleşimi	67
Şekil 3.19: Çift kablo sistem düzenlemeleri	68
Şekil 3.20: Kablo Ağı sistem formları.....	69
Şekil 3.21: Kablo ağı sistemlerin çatıda birleşimi Münih-Almanya	69
Şekil 3.22: Çelik profiller	74
Şekil 3.23: Çerçeve sistem plan ve iskelet.....	85
Şekil 3.24: Çerçeve sistem plan tasarımları.....	86
Şekil 3.25: Perde sistem plan örneği	87
Şekil 3.26: Perde sistem plan tasarımları.....	87
Şekil 3.27: Perde duvarlı çerçeve sistem	88
Şekil 3.28: Perde çerçeve sistem plan tasarımları	88
Şekil 3.29: Tüp sistem yapı örnekleri	90
Şekil 3.30: Dış tüp-iç tüp taşıyıcı sistem planları	90
Şekil 3.31: Dış tüp –İç tüp taşıyıcı sistem	91
Şekil 3.32: Demet tüp taşıyıcı sistem plan ve görünüş.....	91
Şekil 3.33: Tarihi ahşap yapı örnekleri.....	93
Şekil 3.34: Geleneksel Türk evleri	95
Şekil 3.35: Ağaç enine-boyuna kesit	99
Şekil 3.36: Ahşabın anatomik yapısı	100
Şekil 3.37: Ahşap fiziksel bozulmalar / Ahşap biyolojik bozulmalar	105
Şekil 3.38: Kimyasal bozulmalar / Çatlak oluşumları	105
Şekil 3.39: Kütük sistem çizimleri.....	112
Şekil 3.40: Ahşap kütük sistem örnekleri	112
Şekil 3.41: Ahşap karkas sistem / Yapı örneği	113
Şekil 3.42: Ahşap karkas strüktür	113
Şekil 3.43: Ahşap panel sistemler.....	114
Şekil 3.44: Ahşap panel uygulamaları	115
Şekil 3.45: Tutkallama uygulama aşamaları.....	115

Şekil 3.46: Ahşap kerestelerin birleştirilmesi.....	116
Şekil 3.47: Ahşap tutkallama örnekleri	117
Şekil 3.48: Yığma sistem çizimleri.....	120
Şekil 3.49: Tuğla ve taş yığma yapı örnekleri	121
Şekil 3.50: Farklı tarihi yığma yapı örnekleri.....	122
Şekil 3.51: Kerpiç yapı örnekleri – Harran.....	123
Şekil 3.52: Harman tuğlası çeşitleri.....	125
Şekil 3.53: Kerpiç malzeme ve yapıları.....	125
Şekil 3.54: Ahşap kirişler döşeme altı	126
Şekil 3.55: Taş yığma yapıda duvar ve köşe birleşimleri.....	127
Şekil 3.56: Tuğla yığma yapıda tipik duvar örgüsü.....	127
Şekil 3.57: Yığma yapıda donatıların düşey hatla ankrajı.....	128
Şekil 3.58: Çerçevesiz yığma yapı görünüşü.....	128
Şekil 3.59: Düşey betonarme hatılların tipik plan düzenlemeleri.....	129
Şekil 3.60: Pnömatik sistem formları	130
Şekil 3.61: Pnömatik sistem plan ve görünüşleri.....	131
Şekil 3.62: Tek-çift tabakalı pnömatik sistem çizimleri.....	132
Şekil 3.63: Tek tabakalı pnömatik sistem örnekleri	132
Şekil 3.64: Çift tabakalı pnömatik sistemler	133
Şekil 4.1: Çelik Plasco binasının çöküşü – Tarhan 2017.....	136
Şekil 4.2: Yangın anında meydana gelen çöküşler	137
Şekil 4.3: Çelik dayanım – sıcaklık ilişkisi	137
Şekil 4.4: Çelik yapı elemanlarının yangın anı davranışları.....	138
Şekil 4.5: Çelik kolon ve kirişlerin yüksek sıcaklık altında deformasyonları	138
Şekil 4.6: Çelik kolonların deformasyonu	139
Şekil 4.7: Ana kolon ve destek elemanlarında strüktür kaybı	139
Şekil 4.8: Korumasız çelik kolonların yangın anında burkulması.....	140
Şekil 4.9: Çelik kirişlerde kalıcı eğilme ve deformasyon oluşumları.....	140
Şekil 4.10: Yüksek ısı etkisiyle ovalleşen cıvata/somun boşluğu	141
Şekil 4.11: Korumasız çelik kolon ve kirişte yangın sonrası görülen hasarlar.....	142
Şekil 4.12: Tarhan Plasco binasının söndürme ve soğutma uygulamaları-2017.....	143
Şekil 4.13: Çelik yapı elemanlarına uygulanan yalıtım türleri	145
Şekil 4.14: Genleşen boyaların sıcaklık etkisinde köpük oluşumları	146
Şekil 4.15: Genleşen boyanın sıcaklığa gösterdiği tepki.....	147

Şekil 4.16: Genleşen boya uygulamaları	147
Şekil 4.17: Genleşen boya ile korumanın yangın dayanımına etkisi.....	148
Şekil 4.18: Çelik strüktürün yangına dayanıklı boya ile boyanması	148
Şekil 4.19: Arena kapalı spor salonu	149
Şekil 4.20: Haydar Aliyev Kültür Merkezi.....	150
Şekil 4.21: Çeşitli malzemelerin belirli sıcaklığa ulaşmaya kadar geçen sürede sıva kalınlığına etkisi	151
Şekil 4.22: Çelik kirişe koruma katmanının (Vermikülit ve çimento karışımı) püskürtülerek uygulanması	151
Şekil 4.23: Çelik kirişin yangına karşı alçıyla kaplanması.....	152
Şekil 4.24: Dünya Ticaret Merkezi Yangını (11 Eylül 2001), uçak çarpmasıyla çıkan yangın sonucu yıkılan yapının taşıyıcı sisteminin püskürtme sıvalarla korunması .	152
Şekil 4.25: Çelik elemanları kutuya alma yöntemi ile koruma	153
Şekil 4.26: Taşıyıcı kirişlerin yangın karşı korunma yöntemi.....	154
Şekil 4.27: Levhalarla korunan çelik yapı elemanları	154
Şekil 4.28: Kütleli yalıtım ile koruma	155
Şekil 4.29: Çelik boru ve kutu profillerin iç boşluğuna beton dökülmesi.....	156
Şekil 4.30: Beton kompozit sistemlerin yalıtım türleri.....	157
Şekil 4.31: İçi boş çelik kolonun su ile doldurulması.....	158
Şekil 4.32: Su dolaşımı ile korumada, çelikteki ve sudaki sıcaklık eğrileri	158
Şekil 4.33: Su dolaşımı ile yalıtımın çalışma düzeni.....	159
Şekil 4.34: Yangın anında betonun iç yapısı	161
Şekil 4.35: Düşük sıcaklıkta betonarme donatı çeliği örnekleri	163
Şekil 4.36: Yüksek sıcaklıkta betonarme donatı çeliği örnekleri	163
Şekil 4.37: Yüksek sıcaklık etkisinde betonda görülen renk değişimleri ve basınç dayanımlarının azalması.....	165
Şekil 4.38: Beton eğilme dayanımının sıcaklığa bağlı değişimi.....	166
Şekil 4.39: Beton elastisite modülünün sıcaklığa bağlı değişimi	167
Şekil 4.40: Dış yalıtımlı duvar örnekleri	171
Şekil 4.41: Betonarme döşemelerin yalıtımı	171
Şekil 4.42: Beyoğlu'nda tarihi ahşap binanın 2009' da elektrik akımı ile yanması	172
Şekil 4.43: Yangın sonrasında ahşap kirişin mukavemetini korurken, çelik kiriş mukavemetini kaybetmiştir	173
Şekil 4.44: Ahşap binanın yangın sonrası görünümü-2018.....	174

Şekil 4.45: Yüksek sıcaklıkta ahşabın değişimi	175
Şekil 4.46: Yanma etkisinde kalan ahşap kolon görünüş ve kesitleri.....	175
Şekil 4.47: Ahşabın yanma anında kömürleşmesi ve sonlanması	176
Şekil 4.48: Isıl işlem uygulama fırını	182
Şekil 4.49: Isıl işlemin ahşap malzemeye sağladığı avantajlar.....	183
Şekil 4.50: Emprenye tankı ile yüksek basınç altında daldırılarak ahşabın iç kısımlarına emdirilmesi.....	184
Şekil 4.51: Farklı ahşap türlerinin emprenye sıvılarıyla kaplanarak basınç yöntemiyle yangına dayanımının sağlanması	186
Şekil 4.52: Ahşap elemanlara emprenye tankı uygulanması	187
Şekil 4.53: Ahşap elemanların sürme yöntemi ile yangın dayanımının sağlanması	188
Şekil 4.54: Ahşap tutkallama uygulamaları	191
Şekil 4.55: Glulam ahşap	192
Şekil 4.56: Çelik-tuğla volta döşeme detayı	194
Şekil 4.57: Volta döşeme uygulama örnekleri.....	194
Şekil 4.58: Çelik-beton kompozit döşeme detayı	194
Şekil 4.59: Yangın dayanımlı kompozit elemanlar	195
Şekil 4.60: Ahşap-beton kompozit döşeme detayı	195

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

Tarih boyunca insanoğlunun günümüz uygarlık seviyesine ulaşmasında, ateşin insanlar tarafından kullanılmaya başlanması önemli bir gelişmedir. İnsanlığın hizmetinde olan ateş, 4000 yıldır ısı ve ışık enerji kaynağı olmuştur. Ancak, ateş kontrol altında tutulabildiği sürece, insanlara fayda sağlamıştır. Kaza ya da kasti sebeplerden ateşin kontrolünün sağlanamaması, yangın çıkmasına yol açmıştır. Ateşin zararlı sonuçlarından olan yangın, insanlar açısından her zaman bir tehlike unsurudur. Yangın, yapıları ve şehirleri büyük zararlara uğratmış veya yok etmiştir (Arpacıoğlu, 2004).

Uygarlık seviyesinin artış göstermesiyle, yapılarda enerji kullanımı ve insan sayısı da artmış ve böylelikle yangın çıkma riski yükselmiştir. Yangın tehlikesini yapılardan uzaklaştırmak için tasarım aşamasında, yangın güvenliğini sağlayacak kriterlerin uygulama zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Yapıyı tasarlayan mimar için yangın güvenliği tek amaç değildir. Emniyetli, işlevsel, estetik ve ekonomik amaçlarla birlikte yangın güvenliğinin de bütünleştirilmesi, başarılı bir yapı tasarımını gerçekleştirmektedir (Arpacıoğlu, 2004).

Geçmişten günümüze yangın çıkışını engellemek mümkün olmadığı gibi, alınacak önlemler ve bilgiler ışığında yangın zararı en az düzeye indirgenebilir. Yangın sonucu ortaya çıkan hasarı engellemenin veya azaltmanın ilk yöntemi olarak, tehdit unsurlarını yok etmek, yangın anında veya sonrasında yangına hızlı ve güvenli bir müdahalenin sağlanması için önlemler alınmasıdır. Yangından korunma ile ilgili mevzuatları göz önünde bulundurarak tasarım yapan mimar, farklı yöntemler uygulayarak tasarım aşamasında daha etkili önlemler alabilir (Özgünler, 1994).

Farklı taşıyıcı malzemelerin yangın anında fiziksel ve mekanik özelliklerinde meydana gelen değişiklikler farklıdır. Bu bağlamda, yapı elemanı seçiminde en çok tercih edilen çelik, betonarme, ahşap, yığma ve membran malzemelerin yüksek sıcaklık etkisinde davranışlarının incelenmesi gerekmektedir.

1.1.Problemin Tanımı

Binaların yangın etkisiyle dayanımını kaybetmesi insanlar için her zaman bir tehdit ve tehlike unsurudur. Yangın sonrası oluşan can ve mal kayıplarını en az düzeye indirmek için önlemlerin alınması gerekliliği doğmuştur. Kullanıcı güvenliğinin sağlanması için güvenli kaçıışı sağlamak ve binanın yangın dayanımını artırmak kaçınılmaz bir gerekliliktir. Bu nedenle bina tasarlanırken taşıyıcı sistem türüne uygun yangın pasif önlemlerinin alınması, insanların güvenli tahliye edebilmesi ve bu süre içerisinde binanın ayakta kalması, yapılarda yangın güvenliğinin sağlanabilmesi açısından önemlidir.

1.2.Çalışmanın Amacı

Herhangi bir binada alınacak yangın önlemlerinin temel amacı binada bulunan kullanıcıları en hızlı şekilde bina dışına ulaştırmak ikincil amaç ise binanın en az zarar ile yangın tehlikesini atlattığı ve yangının yol açabileceği zararın en aza indirilmesidir. Binayı ayakta tutabilmek için öncelikle yapının taşıyıcı sisteminin özelliklerinin incelenmesi, araştırılması ve yangın açısından ele alınıp yapının yangın anındaki davranışı ve o yapıya uygun alınabilecek yangın güvenlik önlemlerinin belirlenmesi çok önemlidir. Oysa çoğu binada öncelik kaçış senaryolarına verildiği için bazen taşıyıcı sistem türüne dikkat edilmeden genel yangın güvenlik önlemlerine geçilmekte ve bu durum yangın güvenlik seviyesini azaltmaktadır.

Çalışmanın Amacı yukarıda bahsedilen olumsuzluğu ortadan kaldırabilmek için; ülkemizde geçmişte ve günümüzde yaygın olarak kullanılan çelik, betonarme, ahşap, yığma, pnömatik yapılarının yapısal özelliklerini inceleyerek, bu taşıyıcı sistemlerin yangın anında davranışını ve yangının farklı sistemleri etkilemiş biçimlerini belirlemek ve taşıyıcı sistem türüne göre değişebilecek yangın güvenlik önlemlerini sıralamaktır. Bu amaç doğrultusunda bina tasarlanırken taşıyıcı sistem türüne göre yangın güvenliğine etki eden pasif sistemlerin uygun tasarlanması sağlanacak güvenli ve ekonomik çözüm süreci hızlanacaktır.

1.3.Çalışmanın Kapsamı

Çalışma kapsamında ülkemizde yaygın olarak kullanılan çelik, betonarme, ahşap, yığma, pnömatik sistemlerin genel yangın davranışları ayrı ayrı araştırılacak, tüm sistemlerde görülen olumsuz durumlar sınıflandırılacak ve bu olumsuzlukları giderme yöntemleri araştırılacaktır. Elde edilen sonuçlar taşıyıcı sistem türlerine göre derlenerek tasarım aşamasında tasarımcılara yardımcı olabilecek rehber niteliğinde kontrol listeleri (check list) ler hazırlanacaktır. Taşıyıcı sistemlerin boyutlandırılması kapsam dışı bırakılacaktır.

1.4.Çalışmanın Yöntemi

Tez çalışması, genellikle literatür tarama ve derleme ile elde edilen bulgulardan sonuca ulaşma çalışmalarını içermektedir. Literatür taramasında genel olarak ele alınan konular; Yangın olgusu, yangın-bina ilişkisi, yangın dayanımı, yangın yönetmeliği, (taşıyıcı) yapı strüktür türleri, yangın güvenliği ve önlemleri konuları üzerinde tanımlamalar ve araştırmalar yapılmıştır. Yapılarda strüktür türleri incelendikten sonra, pasif koruma yöntemleri ele alınarak, strüktür türleri yangın ile bütünleştirilerek rehber niteliğinde kontrol listeleri (check list) ler oluşturulmuştur. Sonuç olarak çelik, betonarme, ahşap, yığma ve pnömatik sistemler için yangın anında güvenli tasarımlar yapılmasını olanaklı kılmıştır. Literatür kaynağı olarak; kütüphane ve elektronik iletişim (internetten) den yararlanılmıştır. Ayrıca, üniversitelerdeki ilgili bölümler, araştırma enstitülerinde yapılan akademik ve kurumsal çalışmalardan faydalanılmıştır. Konu ile ilgili ülkemizde ve dünyada bulunan örnekler incelenerek teknik bilgiler (detaylar, resimler) ile çalışma desteklenmiştir. Bu kaynaklara ek olarak, birçok makale, dergi, tez, kitap gibi yayınlardan faydalanmış olup tez çalışmasının içeriğinde bulunmaktadır. Bu kaynaklara erişimde Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Kütüphanesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Kütüphanesi ve İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Kütüphanesi'nin arşivinden yararlanılmıştır.

İKİNCİ BÖLÜM

YANGIN, YANMA OLAYI VE YANGIN GÜVENLİĞİ İLE İLGİLİ KAVRAMLAR

Bu bölüm yanma ve yangın kavramı, yangın gelişimi, yangının binayı etkileyiş biçimleri, yangından korunma önlemleri alt başlıklarıyla incelenmiştir.

2.1.Yanma ve Yangın Tanımı

Yangın tanımından önce ısı, sıcaklık, tutuşma ve yanma kavramlarının tanımları yapılmalıdır.

Isı

Bir maddenin tüm moleküllerinin sahip olduğu hareket enerjisinin toplamıdır. Ölçü birimi kalorimetre(cal)' dir. Molekül titreşimleri, malzemenin sıcak kısmında hızlı, soğuk kısmında ise yavaştır. Isı, hızlı titreşimlerle sıcak sistemden soğuk sisteme iletilen ve bu sıcaklık farkından geçen bir enerjidir.

Sıcaklık

Bir maddenin ortalama hızlı bir molekülünün sahip olduğu hareket enerjisidir. Türkiye' de kabul edilen ölçü birimi Celsius(C) olarak derecelendirilmiştir (Arpacıoğlu, 2004: 3).

Yanma

Bir yanıcı maddenin oksijen ve gereken ısıyı meydana getirecek enerji kaynağı ile bir araya gelmesi ile oluşan ekzotermik bir reaksiyondur (Sunar, 2010: 3). Yanma olayının başlaması için; yanıcı madde, oksijen(genelde hava) ve tutuşmayı sağlayan bir ısı kaynağı gerekmektedir.

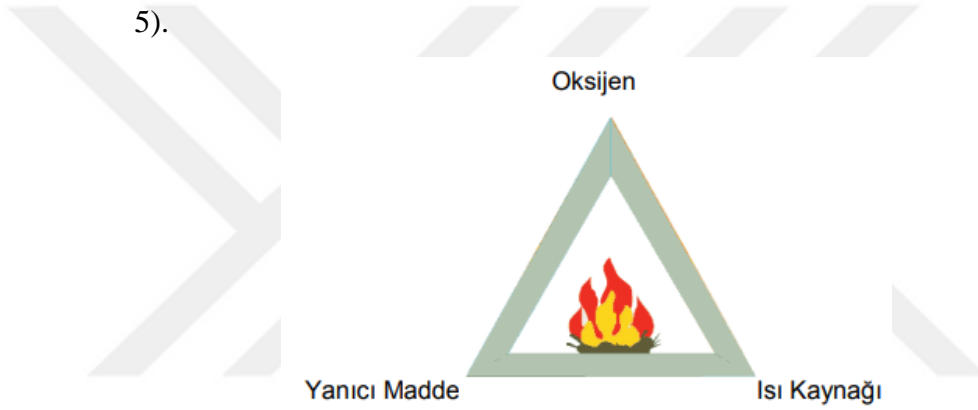
- Yanıcı madde
- Oksijen
- Isı

Bu üç bileşenin bir araya gelmesi ile “yanma üçgeni” oluşmaktadır. (Şekil 2.1). (Arpacıoğlu, 2004: 4).

Tutuşma

Yanıcı madde ile oksijenin tepkimeye girmeye başlaması olayıdır. Eğer tepkime bölgesinde gerekli ısı bulunmazsa tutuşma olayı meydana gelmez. Tutuşma olayı başlangıcından itibaren tepkime yanmayı sürdürecektir ısıyı üretmezse yanma devam etmez ve sonlanır. Yanıcı madde ile oksijenin tepkimeye girdiği en düşük sıcaklık tutuşma sıcaklığı olarak adlandırılır. Tutuşma olayı aşağıdaki unsurlara bağlıdır:

- Maddenin cinsi; maddenin kimyasal yapısı ve saflık durumu,
- Tutuşma kaynağı; cinsi ve etki süresi,
- Maddenin özellikleri; tutuşma sıcaklığı, yanma noktası, buhar çıkışı,
- Maddenin durumu; maddenin katı, sıvı ve gaz hali, nem oranı,
- Oksijen ile karışımı; oksijenle yoğunluğu ve tepkime karışımıdır (Ballı, 2010: 5).



Şekil 2.1: Yangın Üçgeni

Kaynak: Sunar, 2010

Yanma tepkimeleri yavaş, hızlı, parlama ve patlama, kendi kendine yanma olarak gruplara ayrılmaktadır.

Yavaş yanma; yanıcı madde içeriğinden kaynaklı yanıcı gaz ya da buhar oluşturmadığı durumlarda, ısının yetersiz olmasında ve oksijen olmaması durumunda meydana gelmektedir.

Hızlı yanma; yanmanın tüm belirtilerinin olduğu bir olaydır. Yanma belirtileri, ısı, ışık, alev ve korlaşmadır. Bazı malzemeler katı halden, sıvı hale ve daha sonra buhar veya gaz haline geçmesi ile yanma meydana gelir. Bazı malzemelerin yanması ise doğrudan yanabilen gazlar açığa çıkarılır. Oluşan bu yanıcı buhar veya gazlar oksijenle birleşerek yanma olayı gerçekleştirir.

Parlama ve patlama; parlama, kolay ateşlenen maddelerde görülen bir olaydır. Patlama ise tamamıyla bir yanma olayıdır. Bu olayda önemli olan maddenin bütünü bir anda yanmaktadır. Yanan maddenin türü, şekli, birleşimi, büyüklüğü, küçüklüğü ve oksijen oranı önemlidir. Patlama olayında, yanan madde çeşitli gazlar haline dönüşerek, hacim genişlemesine uğrar ve çevrede patlamalar meydana gelir.

Kendi kendine yanma; yavaş yanma olayının zamanla hızlı yanmaya dönüşmesidir. Isı zamanla doğru orantılı olarak artar ve alev alabilecek düzeye ulaşarak maddenin kendiliğinden tutuşmasına yol açmaktadır (Ballı, 2010: 13-14).

Yanma üçgenini oluşturan bileşenlerden birinin yok olması ile yangın tehlikesi engellenebilir (Sunar, 2010: 3).

Yangın bileşenlerinden; yanıcı maddenin cinsi, miktarı ve dağılımı, hava büyüklüğü, rüzgarlı olup olmaması, oksijen oranı ve ısı aktarımı gibi unsurlar yangının yayılmasını etkilemektedir (Ballı, 2010: 16).

Yanma olayının gerçekleşmesi için gerekli üç temel bileşen aşağıda açıklanmıştır.

1. Yanıcı madde

Belirli koşullar altında doğada bulunan hemen hemen tüm maddeler yanabilir özelliktedir. Isı karşısında yanıcı gaz veya buhar açığa çıkarabilen ya da kolayca korlaşabilen maddelerdir. Bu bağlamda, yanıcı maddelerin genelinde Karbon (C), Oksijen (O), Hidrojen (H), Kükürt (S) ve Fosfor (F) gibi elementler vardır ve ısı ile etkileşiminde farklı bileşikler halinde gaz açığa çıkarmaktadırlar. Bu gazlar buhar haldedir. Maddeler doğada üç haldedir. Yanıcı maddeler de doğada üç halde bulunmaktadır. Bunlar;

- Katı yanıcı maddeler; kütleleri olup, ısı temasıyla yanıcı gaz ve buhar açığa çıkarırlar. Odun ve kömür gibi katı yanıcı maddeler kor biçiminde yanarlar. Katı yağlar, parafin ve mum gibi maddeler önce eriyerek sıvı hale geçer ve daha sonra buharlaşarak yanma gerçekleşir. Naftalin gibi maddeler ise doğrudan buhar haline dönüşerek yanarlar.
- Sıvı haldeki yanıcı maddeler; sıvı maddeler çoğunlukla buharlaştıktan sonra yanarlar. Genellikle normal havada buharlaşırlar, bu gurubun yanıcıları katı

maddelere göre daha hızlı ve kolay yanarlar. Sıvı yanıcı maddelerin büyük bir kısmının buharı havadan daha ağırdır.

- Gaz haldeki yanıcı maddeler; diğer yanıcı maddelere göre daha hızlı ve kolay yanarlar. Oksijenle teması çok küçük kütleler şeklinde olmalıdır. Aksi durumda, yanmaları patlama halinde olur. Gaz halindeki yanıcı maddeler çoğunlukla farklı gazların karışımından oluşmaktadır. Bu sebeple gazların zehirlenme özellikleri de olabilir (Ballı, 2010: 6).

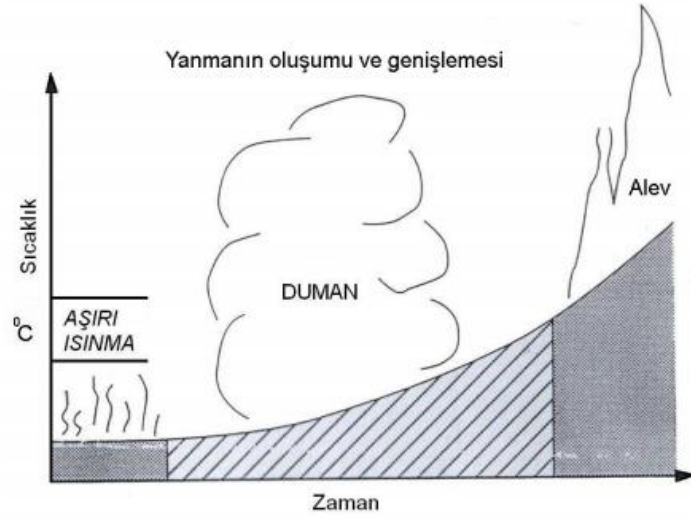
Yanıcı maddenin türüne bağlı olarak; tutuşma sıcaklığı, alevlenme yetisi, yüzey kütle oranı, ısı değeri ve nem oranı gibi özellikler yangının büyümesini ve yayılmasını etkilemektedir (Ballı, 2010: 16).

2. Oksijen

Temiz bir ortamın havasında % 20,9 oranında oksijen bulunmaktadır. Yanma olayının meydana gelmesi için bu oran % 16' nın altına düşmemelidir. Oksijen oranının % 14' ün altına inmesi durumunda yanma tepkimesi gerçekleşmez. Havayı oluşturan mevcut gaz oranları; % 78.1 Azot, % 20.9 Oksijen, % 0.93 Argon, % 0.03 Karbondioksit ve diğer gazlar (Neon, Ksenon, Helyum, Kripton) olarak ortamdaki havayı oluştururlar Yangın yerindeki hava, doğal ve şiddetli rüzgar durumu gibi unsurlar yangın büyümesinde ve yayılmasında etkilidir. Oksijen oranı arttıkça yanma hızı ve ısısı yükselir. Yangın meydana gelen alan büyüklüğü yangının yayılmasında önemlidir. Alan büyüdükçe(bodrum yangını-tiyatroda sahne yangını gibi) oksijen oranı aratacağından yangın daha hızlı yayılır (Ballı, 2010: 2-16-17).

3. Isı

Maddeyi meydana getiren atom veya moleküllerin yüksek seviyedeki titreşimlerinden açığa çıkan enerjidir. Tüm maddelerin belirli bir ısısı vardır, çünkü moleküller devamlı hareket halindedir. Bir maddenin ısıtılması ile hızı artar ve böylece ısı da bir artış meydana gelir (Ballı, 2010: 2).



Şekil 2.2: Yanmanın oluşumu ve yayılması

Kaynak: URL-1

Bir yanma olayı sonucunda açığa çıkan ürünler;

- Isı
- Işık(Alev)
- Duman
- Yangın Gazları' dır.

Işık(Alev); yanma ürünü olan alev kişi vücudunda 1. 2. ve 3. derece yanıklara yol açar. İnsanlar ısının ışınımı olan alev etkisiyle yanabilirler ve kişinin ısıdan etkilenmesi ısıya olan uzaklığa bağlıdır. Bir alevde üç bölüm vardır.

Çekirdek bölüm; yanma olayı olmaz, yanıcı buhar veya gazların yanmak için sıra beklediği bölge kısımdır. İç ve orta bölümden hava akımı sebebiyle duman çıkabilir.

Orta bölüm; yanma olayı tam değildir. Oksijenle etkileşim daha azdır. Isı seviyesi de düşüktür.

Dış bölüm; yanma olayı tam gerçekleşir. Isı yüksek seviyededir. Parlaktır (Ballı, 2010: 3-7-8).

Duman; tamamlanmayan bir yanma olayında ortaya çıkan karbon ve katran taneciklerinin havada meydana getirdiği bulut kütesidir. Karbondioksit, karbonmonoksit, azotoksitler, kükürt ve su buharından oluşmaktadır. Duman görüş aralığını kısaltarak arama kurtarma çalışmalarını olumsuz etkiler (Ballı, 2010: 9). Yangınlarda can kayıplarının büyük bir kısmı, yanma anında açığa çıkan duman ve bu

duman içerisinde bulunan gazlardır. Öldürücü olabilen gazlar, göz yaşartarak kaçış alanına ulaşmayı zorlaştırarak kişi hayatı için tehlike oluşturmaktadır (İbibikcan, 2011: 108).

Yangın Gazları; CO ve CO₂, karbon partikülleridir. Yangın alanındaki yanıcı maddelerin farklılığı birçok yangın gazının ortaya çıkmasına sebep olur. Yangın gazları tehlikeli olduğundan solunmamalıdır (Ballı, 2010: 9).

Yangın Tanımı

Yangın, maddenin oksijen ve ısı ile birleşmesinden oluşan kontrol dışı yanma tepkimelerinin sebep olduğu doğal afettir. Dünyada ve Türkiye’ de görülen maddi ve manevi zararlara neden olan yangın, günümüzün yapı tekniklerinin en ciddi sorunlarından biridir. Yapılar fiziksel, kimyasal ve mekanik etkiler boyunca bozulmaya ve eskimeye uğrarlar. Bu etkilerden atmosfer etkileri ve su buhar geçirimsizliği gibi olaylar belirli bir sürede kendini gösterir, ancak yangın ve deprem gibi felaketlerin yapılar üzerindeki etkileri hızlı ve kısa sürelidir (Buzkan, 2016: 7-8). Yangın, yanma olayının kontrolsüz biçimde ortaya çıkmasıdır. Yangının meydana gelmesi için “yanma üçgeni” olarak adlandırılan üç bileşen(yanıcı madde-oksijen-ısı) olmalıdır (İbibikcan, 2011: 108).

Yangın gücü; yanıcı madde, oksijen ve ısı enerjisinden oluşan yanma olayının şiddetine bağlı olan bir değişkendir. Yanma olayının şiddetini etkileyen en önemli unsur ise, yakıt cinsi ve miktarıdır. Böylelikle yangın türü ve cinsi, yanmakta olan malzemenin cinsine göre değişebileceğinin göstergesidir (Özgünler, 1994: 3).

2.1.1. Yangın Sınıfları

Yangın başlangıcından itibaren uygun müdahalede bulunmak için yangın türüne uygun olan söndürücü seçilmelidir. TS EN 2 ve TS EN 2/A1’e göre yanıcı maddenin yapısına göre yangın türleri, altı sınıfta (A, B, C, D, E, F) araştırılmaktadır. Fakat “Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik” yangını 4 türde (A, B, C, D) sınıflandırmıştır. Bu sınıflandırma sayesinde, yangınla mücadelede kullanılacak yangın söndürücülerin içeriğindeki maddeler belirlenmektedir (Kaya, 2019: 19)

Yangın türünün bilinmesi alınması gereken yangın güvenlik önlemleri açısından daha etkili olduğundan, yanıcı maddenin cinsine bağlı olarak yapılan sınıflandırmaya göre belirlenen yangın sınıfları şunlardır (Özgünler, 1994: 4).

A Sınıfı Yangınlar

Yanıcı katı madde yangınlarıdır. Kağıt, odun, tekstil, kömür, mobilya, plastik vb. maddelerin oluşturduğu yangınlardır (Özgünler, 1994: 4). Bu malzemeler yanarken çoğunlukla kor oluştururlar. A sınıfı yangınlarında, yanıcı madde yapısından dolayı karbon monoksit ve benzeri yanıcı, zehirleyici ve boğucu gazlar ortaya çıkar. A sınıfı yangınları söndürmede soğutma tekniği uygulanır. Söndürmede kullanılan etkili madde sudur (Kaya, 2019: 19)

B Sınıfı Yangınlar

Yanıcı sıvı madde yangınlarıdır. Alkol, benzin, benzol, akaryakıt, yağlı boyalar, katran, makine yağları, asfalt vb. maddelerin oluşturduğu yangınlardır (Özgünler, 1994: 4). Bu malzemeler alevli bir şekilde, ancak kor oluşturmadan yanarlar. B sınıfı yangınların söndürmede boğma tekniği kullanılarak ortamda bulunan oksijen ile yanıcı maddenin teması kesilmelidir. B sınıfı yangınları söndürmede kullanılan etkili madde kimyasal köpük, kimyasal tozlar, CO₂ ve kuru kimyevi tozlardır (Kaya, 2019: 19).

C Sınıfı Yangınlar

Yanıcı gaz madde yangınlarıdır. Likit petrol gazı (LPG), hava gazı, metan, bütan, propan, asetilen ve hidrojen vb. maddelerin oluşturduğu yangınlardır (Özgünler, 1994: 4). Yanabilme özeliğine sahip olan gazların neden olduğu yangınlardır. Bu tür yangınlar çok hızlı yayılabilme özelliğine sahiptir. Gaz maddeler yanmaya hazır olup, tutuşabilmesi için yeterli sıcaklık olması ile yanma olayı hızlıca olur. Genelde bu ani yanma olayının devamında ani hacim genişlemesi olan patlama meydana gelir. C sınıfı yangınları söndürmede boğma tekniği uygulanır. Söndürmede kullanılan etkili madde kuru kimyasal tozlardır (Kaya, 2019: 20).

D Sınıfı Yangınlar

Alüminyum, Lityum, Magnezyum, Potasyum, Sodyum gibi yanabilen hafif ve aktif metaller ile radyoaktif maddeler yangınıdır (Özgünler, 1994: 4). Yanıcı metal yangınlarıdır. Bu sınıf yangınların esas özelliği alevsiz ve korlu olmalarıdır. Bu sınıf

yangınlar çok yüksek sıcaklıklarda yangın oluşturabildiklerinden söndürme işleminde CO₂ ve su kullanılmamalıdır. D sınıfı yangınları söndürmede kullanılan etkili madde, hafif metal söndürme tozları, kuru kum, doğal karbonlu kimyasal tozlardır. (Kaya, 2019: 20)

E Sınıfı Yangınlar

Elektrikli aletler ve akım ileten kabloların sebep olduğu yangınlardır. Elektrik yalnızca yangının başlamasına yol açmaktadır. Yangın başlangıcından sonra çevrede bulunan uyanıcı maddelerin türüne göre A, B, C, D yangın sınıflarına dönüşmektedir. E sınıfı yangınların söndürülmesinde, elektrik akımını iletmeyen söndürücüler kullanılmalıdır (Buzkan, 2016: 13).

F Sınıfı Yangınlar

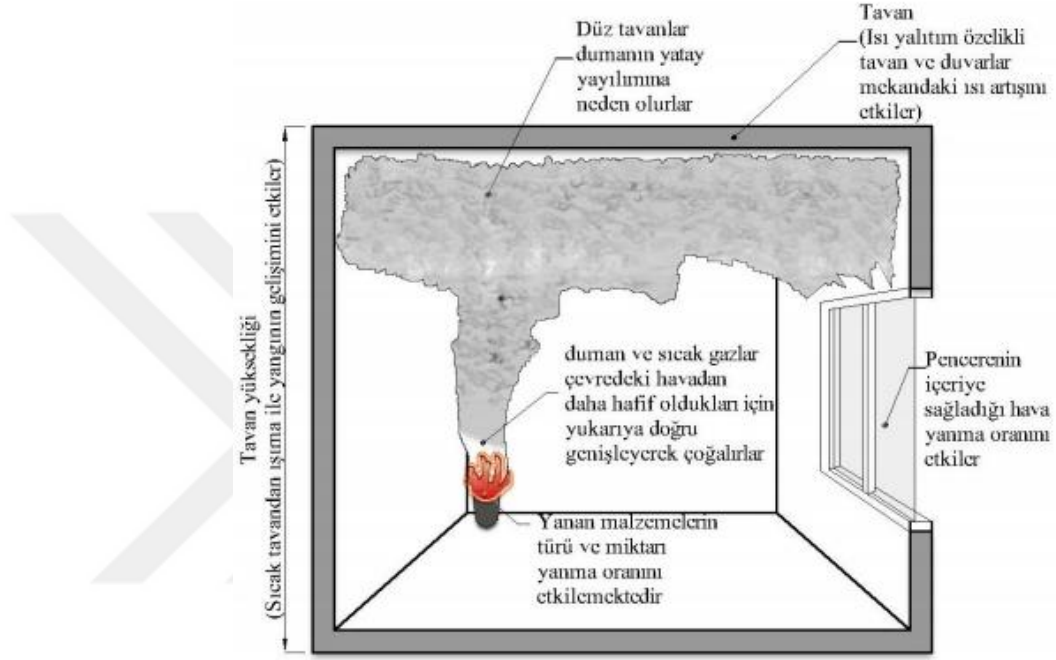
Bitkisel ve hayvansal pişirme yağlarının yangınlarıdır. Genellikle mutfaklarda yemek pişirme ve kızartma işleminde kullanılan yağların çeşitli sebeplerle istenilenden fazla ısınarak, tutuşma sıcaklığına ulaşmasından meydana gelen yangınlardır. Davlumbazda biriken yağların tutuşma sıcaklığına varmasıyla yağ yangınları oluşmaktadır. Bu sınıf yangınlarına asla su ile müdahale yapılmamalıdır. Su ile yapılan müdahale sonucunda yangın aniden büyüyerek, ani parlama ve patlamaya yol açar. Bu sınıf yangınların söndürme işlemi için sulu kimyasal söndürücüler veya toz söndürücüler kullanılır (Kaya, 2019: 19-20).

2.1.2. Yangın Gelişim Aşamaları

Yangın gelişimi için “yangın üçgeni” nin unsurlarının (yanıcı madde, oksijen, ısı) ortamda bulunması gereklidir. Tutuşabilir malzemeler birçok binada bulunmaktadır. Ayrıca hava içerisinde bulunan oksijen de bu malzemelerle etkileşim halindedir. Bu sebeple, yanmaya yol açan ısı kaynağı genel olarak yanabilir malzemelerden uzak tutulmalıdır (İplikçi, 2006: 11).

Yanma ürünlerinden duman ve sıcak gazlar yükselerek tavanda yatay doğrultuda ilerlemektedir. Yangın sınırlı bir alanda meydana gelirse; sıcak gazlar tüm alanı hızla doldurma yöneliminde olur. Şekil 2.3’ deki gibi, odanın köşesinde bulunan çöp kovasında başlayan yangında sıcaklık 650-980 °C’ ye kadar ulaşabilmektedir. Yangının başladığı odanın diğer kısımlarında sıcaklık çok daha düşük olmasına rağmen, içeride yanma olayı sonunda oluşan zehirli gazlar ortamdan kısa bir sürede

çıkarılmadıkça insanların kişilerin tahliyesi imkansız hale gelebilir. Binalardaki yangınlarda ölümler çoğunlukla duman ve zehirli gazlardan olmaktadır. Sıcak gazlar aniden artarak tavan ve üst duvar yüzeylerini ısıtarak, yükselen ısı ışınım ile geri döner ve zeminde bulunan tutuşmamış malzemeleri etkiler. Tavana daha yakın tutuşabilir malzemeler, çok daha ısınarak ısı yayılımı yaparlar. Tavandaki tutuşabilir malzemelerin, yangının gelişimi ve yayılımı açısından önemli etkisi bulunmaktadır (İplikçi, 2006:12).

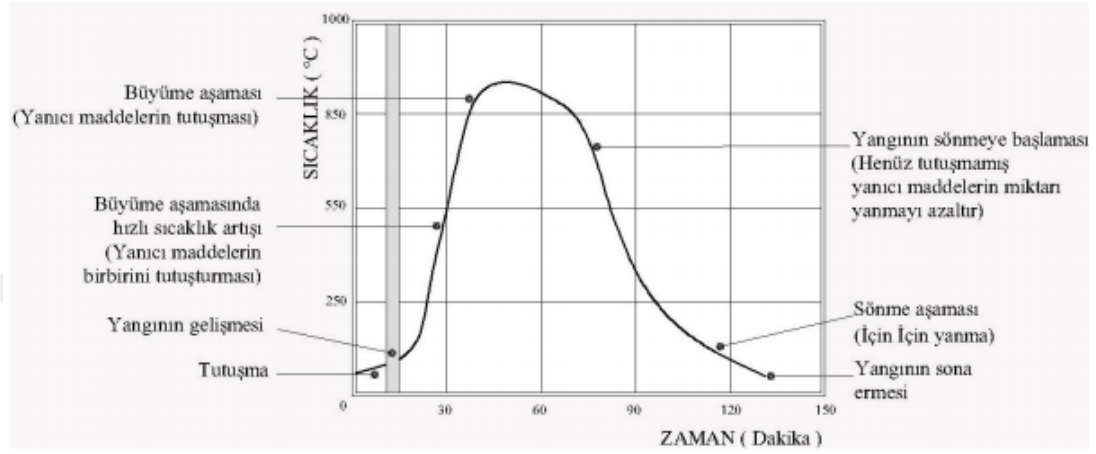


Şekil 2.3: Sınırlı ortamda yanma davranışı

Kaynak: İplikçi, 2006

Yangın, yanıcı madde veya oksijenin alandan uzaklaştırılmasıyla gelişimini devam ettiremez. Yangının başlangıcında tutuşan yanıcı maddeler yanarak tükenir, bu yüzden ilk olarak tutuşabilir olan henüz yanmamış yanıcı maddeler alandan uzaklaştırılmalıdır. Yangının ilk olarak tutuşan maddeden yayılıp yayılamayacağı, etrafındaki tutuşabilir maddelere olan yakınlığa ve tutuşan maddenin yanmanın niteliğine bağlıdır. Işıma(radyasyon) ile ısı aktarımında önemli olan, tavanda biriken sıcak duman tabakalarıdır. Mekan içerisinde bulunan bütün yanabilir yüzeylerin aynı anda tutuşmasına sebep olabilecek yeterli seviyedeki ışıma, büyüme (flashover) evresi olarak adlandırılmaktadır. Isının yayılım oranı bu evrede hızlı artmaktadır. Yangın gelişme evresi insanların binadan kaçması için en uygun olan zamandır. Ancak, yangının büyüme evresi yangın müdahale bakımından çok kritik bir zamandır. Bu

sebeple, kişilerin tahliyesi ve yangının söndürülebilmesi için yangının erkenden anlaşılması gereklidir. Genel olarak gelişim sebebi anlaşılamayan bina yangınları; parlama veya yanan malzemenin bir yerden başka bir yere ilerlemesi ya da sıçraması sonucunda tüm binaya yayılabilmektedir. Şekil 2.3' de gerçek bir bina yangınında oluşan sıcaklık-zaman eğrisi bulunmaktadır (İplikçi, 2006: 13).



Şekil 2.4: Yangının zamana bağlı gelişim safhaları

Kaynak: İplikçi, 2006

Yangın gelişim evresinde, birim zamanda ortaya çıkan ısı miktarı(Q), zamana(t) göre parabolik eğriyi izleyen bir artış eğilimindedir. NFPA kodlarında bu değişim t^2 yangın modeli şeklinde olup ve $Q = a \times t^2$ şeklinde gösterilmektedir. Formülde “a” değeri, yangının büyüme hızını belirleyen bir katsayıdır. Isıl gücün $Q=1055$ kW değerine varması için geçen zamana göre; çok hızlı(75), hızlı(150s), orta(300s), yavaş(600s) olarak dört farklı yangın büyüme hızı tanımlanmıştır (Kılıç ve Balık, 2011:14).

Yangın büyüme hızı; geometrik biçimde hızlı büyümektedir. Başlangıçta bir bardak su ile söndürülebilene bir yangın, ikinci dakikada bir kova su, üçüncü dakikada ise su dolu fiçı ile söndürülebilir. Yangına müdahale eden kişiler çok hızlı olmalıdır. Her geçen saniye yangının büyümesine ve söndürülmesinin gecikmesine yol açar. Yangın alanında saniyelerle yarışıldığı unutulmamalıdır (Ballı, 2010: 15-16).

2.1.3. Yangının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Yangın kimyasal bir reaksiyondur. Maddeler; katılar, sıvılar, yanıcı gazlar ve yanmaz gazlar, sıvılar, katılar olarak gruplandırılır. Örneğin, yanıcı maddeler; ahşap, benzin, hidrojen, yanmaz maddeler ise; azot, su, kireç taşıdır. Ayrıca yanıcı ya da yanmaz olarak kolayca gruplandırılmayan oldukça fazla madde veya madde karışımı vardır. Bir maddenin yanıcılık seviyesi o maddenin kimyasında saklıdır. Bir yangının başlaması için üç temel bileşen(yanıcı madde-oksijen-ısı) bir araya gelmelidir. Sıcaklığa bağlı gerçekleşen oksitlenme tepkimelerinin kimyası, yangın üçgeni açısından önemlidir. Yanıcı malzemeler, yangın korunumu ile alakalı birbirinden farklı özelliklere sahiptir. Bu özellikler:

- Alev yayılım hızı,
 - Koruyucu kömür tabakası oluşumu,
 - Tutuşma kolaylığı,
 - Yanıcı maddenin hava gereksinimi,
 - Yanan yüzeyin birim alanından ortaya çıkan en fazla ısı miktarı,
 - Yanan her bir maddenin ürünleri(duman, zehirleyici gaz, ısı),
 - Yanan maddeyi söndürme işlemi(su, kimyasal tozlar, özel söndürücüler) vb.
- (Buzkan, 2016: 9).

Bir yanıcı maddenin özellikleri, yanmayı geciktirici kimyasallar eklenerek veya moleküler yapısı ile farklılıklar oluşturarak değiştirilebilir. Bu nedenle, yanıcı maddenin yanma davranışlarındaki farklılıkların, maddenin kimyasal yapısında ki önemi fazladır. Yangın üçgeninden yola çıkarak bir yangının aşağıdaki yöntemlerden biriyle söndürülmesi mümkündür.

- Yanıcı madde için gereken oksijen miktarının düşürülmesi ve kesilmesi,
- Yanıcı maddenin üzerinin örtülmesi veya ortamdan uzaklaştırılması,
- Isının yanıcı maddeden uzaklaştırılması(soğutma işlemi ile yanma tepkimelerinin devamlılığını engellemek),
- Kimyasal maddeler kullanarak, yanma tepkimelerinin alev kimyası, serbest atomlar ve atom grupları uzaklaştırılarak tepkime kesintiye uğrattırılır.

Yangın söndürme ve kurtarma uygulamalarında en önemli unsurlardan biri yapının boyutlarıdır. Yangın etkisindeki maddenin; genişleme, ısı geçirgenlik, ısı tutma kabiliyeti ve ısıl ataleti gibi özellikleri bulunur (Buzkan, 2016: 10).

2.2.Yangın Yayılımı ve Evreleri

Her yangının başlangıç noktası sınırları olan dar bir alandır. Yanma anında açığa çıkan enerji ve bu enerji ile ısı yükselerek yanma hızı gitgide artış göstermektedir. Yanan bölgeden çevreye dağılan ısı ve o noktadan çıkarak ortama yayılan sıcak gazlar, havayı ve yapı bileşenlerinin(duvar, kiriş, döşeme ve kolon) yüzeylerini ısıtırlar. Bu sırada yanıcı maddeler, ısı tesirinde kimyasal olarak ayrışarak ortama yanıcı gazlar bırakılmaktadırlar (Arpacıoğlu, 2004: 11).



Şekil 2.5: Yangın yayılma hızı

Kaynak: URL-2

Yangın yayılımını etkileyen unsurlar şunlardır;

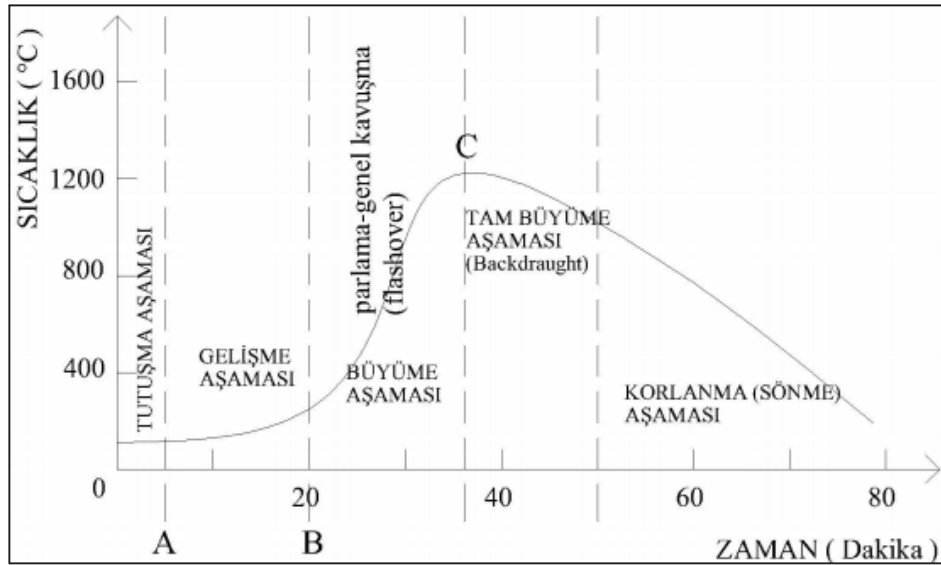
- Ortamda yanıcı malzemelerin kütle ve yüzey alanının dağılımı
- Ortamda yanabilir malzemeler arasındaki uzaklık,
- Tutuşma kaynağının yeri ve büyüklüğü,
- Ortam geometrisi,
- Ortam sınır açıklıklarının yeri ve büyüklüğüdür (Kaya, 2019: 13-14).

Yangın evrelerinin araştırılması için, mekanda “yangın üçgeni” denilen bileşenlerin bulunması gereklidir. Yangın gelişimi temelde 3 evreden (başlangıç-tam yanma-sönme) oluşmaktadır. Ancak, yangının karmaşık yapısından dolayı arada bulunan

evrelerde araştırılır. Bu bağlamda, genel olarak yangın 5 evrede incelenmektedir: (Sunar, 2010: 11-14).

1. Tutuşma evresi
2. Yangının gelişme evresi
3. Yangının büyüme evresi /flashover (~ 60- 132 saniye)
4. Yangının tam büyüme evresi /backdraught (~ 132 saniye – yangının sürmesi için gerekli yanıcı, oksijen ve ısı bitinceye kadar devam eder)
5. Yangının korlanma(sönme) evresi (Kaya, 2019: 12-13)

Başlangıç evresi tutuşma ile başlar, devamında yangın gelişmesi meydana gelir ve parlama(flashover) ile tam yanma evresine geçer. Tam yanma evresinde oksijen yetersizliği ile yangın sönme evresine geçebilir ya da içten içe yanma sürebilir. Oksijen, ortamdaki yanıcı gazlarla birleşebilir ve alev alması neticesinde geri tepme (backdraft) oluşabilir. Yangın üçgeni unsurlarından birinin yok edilmesiyle sönme evresi başlar ve bu evre mekanda bulunan tüm yanıcı maddelerin tükenmesiyle sonlanır (Sunar, 2010: 12).



Şekil 2.6: Yanma anında sıcaklık-zaman ilişkisi

Kaynak: İplikçi, 2006

Sıcaklık-zaman eğrisine bağlı olarak yangın gelişimi Şekil 2.6' da gösterilmiştir. Grafikte A noktasına kadar ki süre tutuşma zamanıdır. A-B arası yangının gelişme

evresidir. Büyüme evresi (flashover)' nden önceki bu aşama esnasında ortam içerisindeki sıcaklık, büyüme evresine göre daha azdır. Bunun yanında insanların kaçmaları için gereken süre daha fazladır. Büyüme evresinin başlangıcından (B), tam büyüme evresine (C) geçişe kadar olan zamanda yangın ani gelişmektedir. B-C arasındaki zaman yangının büyüme evresidir. Büyüme evresinde mekan içerisinde tüm yanabilen maddeler yanarak, bitişikteki mekanın sıcaklığı da hızla artmaktadır (İplikçi, 2006: 14)

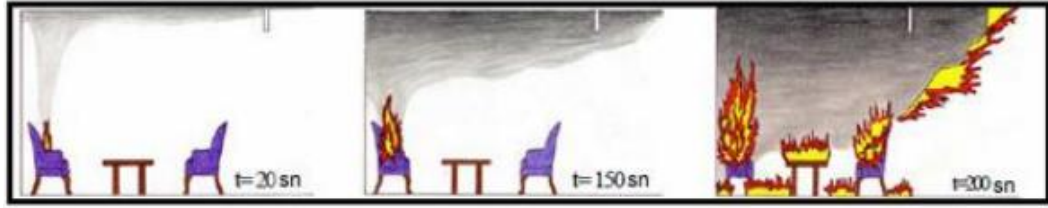
Yangın direnir süresini belirleyen en önemli ölçütlerden biri yangında oluşan sıcaklığın zamanla değişimidir. Bir mekan içerisinde ki bir maddenin, herhangi bir neden ile tutuşmasından sonra, maddenin yancılık özelliklerine, yüzey alanının genişliğine ve mekanda yangının yayılmasını etkileyen diğer şartlara bağlı olarak yangın gelişimi başlar (Kılıç ve Balık, 2011:14).

2.2.1.Başlangıç Evresi

Başlangıç evresi, tutuşma sıcaklığının mekanda bulunan katı, sıvı ve gaz yanıcı maddelerinin yanmasını gerçekleştiren minimum sıcaklık değerlerine varmasıyla başlar. Tutuşmayı takip eden evrede yangın yavaş veya hızlı olarak yayılmaya ve büyümeye başlar. Yangının büyümesini etkileyen unsurlar; yanıcı maddenin miktarı ve cinsi, oksijen, tutuşturucu, mekanın boyutlarıdır (Sunar, 2010: 13).

Alev Evresi

Alevlerin ilk görüldüğü anda başlayan süreç alev evresi olarak adlandırılır. Alevler büyümelerini hava ile sağlarlar. Yanıcı maddeden çıkan ısı, başlangıçta iletim yoluyla ortamda bulunan diğer maddelere yayılır. Daha sonra ise ışınım yoluyla yayılma gerçekleşmektedir (Arpacıoğlu, 2004: 12). Bu evrede alevler henüz olgunlaşmamıştır. Ancak, çok kısa bir sürede yangın çıkan alanda, tavanda duman oluşmaya başlar. Yangın çıkan noktada alevler büyüdükçe ve ortam sıcaklığı yükseldikçe yangın gelişme evresine doğru ilerler. Yangın olayı sonunda açığa çıkan duman, tavana doğru yükselir. Henüz duman içerisinde yanmamış gazlar bulunmaktadır. Ortam sıcaklığının yükselmesiyle yanmamış gazlar ısınmaya ve tutuşma sıcaklığına ulaşırlar. Bu evrede Şekil 2.7' da görüldüğü gibi odanın tavanında kısmi alevlenmeler ve tutuşmalar oluşur (Kaya, 2019: 13)



Şekil 2.7: Tavanda biriken gaz tabakası, Alev dili (Flame-over) evresi

Kaynak: Sunar, 2010

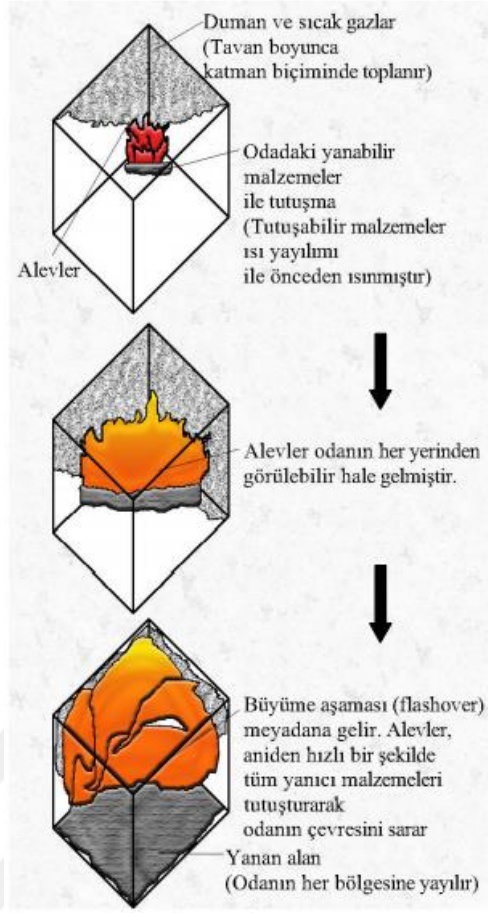
Başlangıç evresinde ısı yetersizliği nedeniyle yarım yanmalar olur, tam yanma gerçekleşmez. Yarım yanmış gazlar sıcak olduklarından yükselerek tavanı kaplarlar. Uygun sıcaklık + oksijen oranını bulduklarında zeminde kısa süreli olarak Alev Dili (Flame-over) (yuvarlanma) şeklinde yanarlar (Şekil 2.7). Başlangıç evresinin tehlikesi, alev dili olayıdır. Bu nedenle, başlangıç evresine müdahale edilirken itfaiyeciler eğilerek, hatta çömelerek çalışmaktadırlar. Bu çalışma tekniği (zemine yakın çalışma) alev dilinden, yüksek sıcaklıktan ve gazların solunmasından korunmaktadır (Ballı, 2010: 17).

2.2.2.Tam Yanma Evresi

Denge aşamasında ortamda yeterli miktarda oksijen, ısı ve duman olması durumunda tam yanma olayı gerçekleşmektedir. Yangın büyüme evresi ve tam büyüme evresi olarak üzere 2 kısımda incelenmiştir.

Yangın Büyüme Evresi

Teknik araştırma ve incelemeler sonunda genel kavuşma esnasında; ortam sıcaklığının tavana yakın bölümlerde 600 °C' ye ulaştığı belirlenmiştir (Sunar, 2010: 14). Bu evrede ortamda bulunan tüm yanıcı maddeler yanar, yangın her yeri kuşatır ve sıcaklık aniden yükselmektedir. Yangın gelişim evresinden önce, mekanın değişik yerleri farklı sıcaklıkta olabilir. Ancak, yangın gelişim evresinde ışınlama yoluyla ortamdaki sıcaklık farkı yok olmaya başlamaktadır. Yükselen sıcak hava ısı taşınımıyla mekanda dolaşarak ortamdaki tüm yanıcı maddeleri tutuşma sıcaklığına yükseltmektedir. Bütün eşyalar(yanıcı maddeler) bir anda tutuşmaktadır. Genelde bu evre için “ani parlama” denilmektedir. Ani parlama, “tutuşabilir maddenin yangının bir kısmını saran tüm yüzeye ani geçişi” olarak adlandırılabilir (Arpacıoğlu, 2004: 13).



Şekil 2.8: Yangın büyüme (Flash-over) evresi

Kaynak: İplikçi, 2006

Isı radyasyonu etkisinde kalan yüzeyler tutuşma sıcaklığına ulaşarak, yangın aniden yayılır. Ortamda bulunan bütün yanıcı maddeler yanma olayına dâhil olması ile kapalı ortam yangınında bir geçiş evresi olan, tam yanma (Flash-over) evresi gerçekleşmektedir (Sunar, 2010: 14). Yangın büyüme evresinin tehlikesi, ortada bulunan tüm eşyaların aniden yanması (Flash-over) tehlikesidir (Ballı, 2010: 17).

Yangın Tam Büyüme Evresi

Bu evrede sıcaklık hızlı yükselmekte ve ısı yayılımı şiddetli olmaktadır. Ayrıca yapı elemanlarının zarar görmeye başladığı evredir. Bu evre devam ettikçe taşıyıcı sistemin zarar görmesinden dolayı çatı ve döşemelerde göçmelerin meydana gelmesi olasıdır. Alevlerin kırık camlardan dışarıya yayılması görülebilmektedir (Arpacıoğlu, 2004: 13). Yapı elemanlarının (döşeme, kiriş, kolon, duvar vb.), taşıyıcılık kabiliyetini

kaybetmelerine ve yangının yan mekana yayılabilmesi için yeterli sıcaklık bulunmaktadır (Kaya, 2019: 14).

Yangının tam büyüme evresinde, oksijen oranı %15' in altındadır. Yanma olayı için yeterli oksijen olmamasıyla beraber, yeterli miktarda bulunan yanıcı madde ve ısı yanmayı devam ettirir. Bununla birlikte, yanan bölgeye kontrol dışında oksijen girişi olursa patlama olayı (Back-draft) meydana gelebilir. Ancak, içeriye oksijen girişi kontrol altında tutulursa patlama önlenmektedir. Patlamanın olabilir durumları şunlardır;

- Görülemeyen veya çok az alevler,
- Küçük açıklıklardan duman çıkışı,
- Yoğun duman ve aşırı sıcaklığın ortamda sınırlanması,
- Yoğun siyah dumanlar,
- Dumanın aralıklı veya üfleme halinde binadan dışarı çıkmasıdır.

Bu evre, yeniden yangının çıkmasından şüpheleniliyorsa, yangına müdahale eden itfaiyeciler ve boşaltılan bina da araştırma yapanlar açısından önemlidir. Bu evrenin tehlikesi backdraft olayının meydana gelmesidir. Tam büyüme evresindeki tehlikeleri azaltmak için basınç düşürme söndürme tekniği kullanılabilir. Back-draft olayı devamında, alevler ortamın her bölümünü sarar. Ortamdaki bütün yanıcı maddelerin yanmasından ötürü yangının oksijene olan gereksinimi de artar. Bu evrenin sonunda karbon monoksit yayılımı artması, bunun yanında oksijen ve yanıcı maddelerin azalması sonucunda yangın hızını yitirir ve bir sonraki evre olan sönmeye(korlanmaya) doğru ilerler (Kaya, 2019: 15).

2.2.3.Sönme Evresi

Yanıcı madde azalması ile sıcaklık giderek azalmaya başlamıştır. Alevlerin boyu kısalmakta ve yok olmaya başlamaktadır. Ancak, sıcaklık azalması yavaş olduğundan yapı elemanlarının zararı bu evrede de sürmektedir (Arpacıoğlu, 2004: 13). Sönme evresi ortamda bulunan yanıcı maddelerin oksijen oranının sınırlanması veya kimyasal reaksiyon zinciri birçok gaz veya kimyasal madde kullanılarak kesintiye uğratılır. Bu bağlamda, yanma üçgenini oluşturan bileşenler yok edildiği için yangın sönmektedir (Sunar, 2010: 16).

Yangının büyüme hızı ve verdiği zarar dikkate alındığında yangına erken müdahale önem kazanmaktadır. Yangın başlangıç veya gelişim aşamasındaki müdahaleler temel yangından korunma eğitimi almış insanlar tarafından söndürülebilir. Yangın eğer bu evreleri geçmiş ise (yangının başlangıcından beri hemen hemen 2 dakikayı geçmiş ise kişi yangını söndürme ile uğraşmamalı, fırsat varsa bulunduğu ortamın kapı ve pencerelerini kapatarak ve elektriği keserek hızla mekandan uzaklaşmalıdır. Bu evreden sonra yapılan müdahaleler ağır yaralanma ve ölümlere yol açabilir (Kaya, 2019: 16)

2.3. Yangının Malzemeyi Etkileyiş Biçimleri

Yapı malzemelerinin iç yapısının meydana gelmesi, sıcaklık artışı ve ısı enerjisinin yapı malzemelerinin atomik yapısını etkilemesi üzerine büyük rolü vardır. Yapı malzemeleri oluşumundaki çeşitliliğe göre genel olarak aşağıdaki gibi gruplandırılır;

- Amorf moleküllü (ahşap ve plastik),
- Kristal yapılı (taş ve metal vb),
- Karma yapılı (beton ve seramik)

Atom yapıları titreşerek malzemede genişleme ve hacim büyümesine neden olur ve sıcaklık artması sonucu da moleküller arasındaki bağlar incelmeye başlar.

Malzemelerin ısı arttıkça içerisindeki su kaybı meydana gelir ve böylece malzemede iç gerilmeler oluşur. Sıcaklık artışı iç gerilmelerin artmasına sebep olur. Bunun sonucu olarak malzemede dağılmalar gözlenir. Sıcaklık artışı ile maddeyi oluşturan atomlar arası mesafe uzar ve madde elastiklik özelliğini yitirir (Mermer, 2008: 22).

Isı sebebiyle yapı malzemelerinin taşıma kabiliyeti zayıflar. Çelik yapılarda taşıyıcılığın yitirilmesi, ağaç malzemelerin yanması, doğal taşların çatlaması ve ısıdan ötürü hacim değişikliği malzemelerin taşıma kabiliyetini düşürmektedir. Yangının yapıyı oluşturan malzemeyi etkileme biçimi olarak malzeme türleri aşağıda incelenmiştir:

- *Ahşap Malzemeler*; ahşap yangın etkisinde 170 °C' ye kadar kuruma, 270 °C' ye kadar ise CO, CO₂ ve buhar çıkışı gözlenir. Ahşabın tutuşma sıcaklığı 250-300 °C' dir. Tutuşma sıcaklığına ulaştıktan sonra açığa çıkan gazlar, oksijenle birleşerek uzun alevli yanma olayı başlar. Bir dakika boyunca binalarda kullanılan 5x10 cm'lik ahşapların 0.8 mm'lik yüzey kesiti yanar.

- *Beton ve Harç Malzemeler;* 100 °C' de ısısız olarak genişleyen çimento hamuru, 98-102 °C' de fiziksel olarak bağılı suyun büyük kısmını yitirir. 300-500 °C aralığında kimyasal olarak bağılı suyun çıkışıyla büzüşme gözlenir. Beton sıcaklık arttıkça dayanıklılığını yitirir. Beton sıvasında çatlama ve dökümler meydana gelir.
- *Metal Malzemeler;* Yangında sıcaklık artışı, metal yapılarda özellik değişimine ve büyük genişlemelere yol açar. Çelik, dayanıklılığını 300 °C' de yitirmektedir. 450 °C' de dayanıklılığı alt sınırın altına iner. Çelik strüktürlü binalarda izolasyon uygulanmamış ise 400 °C' yi geçen sıcaklıklarda ani çökmeler gözlemlenir (Buzkan, 2016: 15).

Yapının inşa biçimi ve kullanılan malzemelere göre yangın yükü yapıdan yapıya farklılık göstermektedir.

Yangın yükü; bir yapı kısmının içerisindeki bütün yanıcı malzemelerin ve elamanların kütleleri ile ısıl değerlerinin çarpımlarının toplam değerinin plandaki alana bölünmesiyle bulunan büyüklüktür. Yapıda kullanılan ve içerisinde bulunan bütün malzemelerin, bir yangın olayında yanma şiddetine ve yayılma hızına yapacağı etki ile ilişkili olarak yapıların sınıflandırılması için önemli bir unsurdur. Yapının inşa biçimi ve kullanılan malzemelere göre yangın yükü yapıdan yapıya farklılık göstermektedir. Her yapının yangın yükü kendine özeldir. Yangın yükü yüksek olan yapının, yangın tehlikesinin olasılığı ve yayılma hızı yüksektir. Yapılar için oluşabilir yangın yükü dört grupta incelenebilir:

1. Çok yüksek yangın yükü (endüstri yapıları, kimyasal madde depoları),
2. Yüksek yangın yükü (büyük mağazalar, kapalı çarşılar, alışveriş merkezleri, spor salonları, pasajlar, çok amaçlı salonlar, küçük endüstri yapıları, depolar, atölyeler),
3. Orta yangın yükü (eğitim yapıları, yurtlar, apartmanlar, hastaneler, oteller, idari yapılar, cezaevleri, büro yapıları),
4. Düşük yangın yükü (konutlar, otopark) (Ballı, 2010: 40-41).

2.3.1.Yüksek Sıcaklık Etkisi

Yangın ortamında sıcaklık aniden yükselir. Sıcaklık ilk 5 dakikada 555 °C' ye yükselir. 10 dakika sonra 660 °C' ye, 15 dakika sonra 720 °C' 30 dakika sonra 820 °C' ye, 60 dakika sonra ise 927 °C' ye yükselmektedir. Bu bağlamda en yüksek sıcaklık artışı ilk 5 dakikada meydana gelir. Bu nedenle yangınlara başlangıç evresinde müdahale çok önemlidir (Ballı, 2010: 16). Isının taşıyıcı sistem üzerindeki etkisi çok büyüktür. Bazı durumlarda yüksek sıcaklık yapının tamamen yıkılmasına sebep olabilir. Örneğin; çelik 600 °C sıcaklıkta mukavemetinin 2/3'sini yitirir. Normal bir yangın olayında 600 °C ulaşılabilir sıcaklık değeridir. Bu sıcaklık bina yangın yükü denilen, bina içerisindeki yanabilen bütün malzeme ve eşyaların miktarı ile orantılı biçimde artar. Yangından önce bina yangın yükünün bilinmesi, bununla ilişkili olarak yangın anında oluşabilir sıcaklığın önceden tahmin edilebilmesi, taşıyıcı strüktürde yüksek sıcaklığa karşı alınan önlemleri daha etkin ve güvenli kılmaktadır. Yangın yükü, bina elemanlarının türü ve eşyaların özelliğine göre değişebilir. Ancak yangın anında oluşabilir sıcaklık değerini belirleyen tek unsur yangın yükü değildir. Yanabilir malzemelerin ortamdaki konumları da açığa çıkan toplam ısı miktarını etkiler. Hava ile teması olan eşyaların yüzey alanları, havadan alınan oksijen miktarını ve tepkime hızını artırır. Yangın üçgeninin tepkime hızının artması da sıcaklığı yükseltmektedir (Özgünler, 1994: 16-17).

Ortam sıcaklığı ve ışıınım ısı iletimi, hem güvenli tahliye süresine hem de söndürme ekiplerinin rahat müdahale edebilmesini etkilemektedir. Sıcak metal yüzeylere, çıplak deriyle kısa süreli dokunmalar sebebiyle deride kalıcı yanıklar oluşturabilmektedir. Aynı şekilde 2,5 kW/m² şiddetindeki ışıınım ısı iletim değeri, deride yanıklar oluşturma bakımından, tasarım geçilmemesi gereken ışıınım ısı iletim değeri olarak kabul edilmektedir. Sıcak hava solunumu, solunum yollarını tahriş ederek kalıcı ödem oluşumuna yol açabilmektedir. Bu sebeple tasarım aşamasında 120 °C sıcaklık, sınır değer olarak kabul edilmektedir. Ancak, hava bağıl nemine ve teneffüs edilen zamanın uzunluğuna bağlı olarak, yaklaşık 60 °C gibi daha az sıcaklıklarda tehlike oluşturmaktadır (İplikçi, 2006: 22).

2.3.2.Sıcak ve Zehirli Gazların Etkisi

Yangınlarda meydana gelen can kayıplarının çoğu bina içerisinde oluşan duman ve zararlı gazların solunması ile oluşan zehirlenmelerdir. Bu oran tüm ölümlerin % 75' ini oluşturur ki, bu da çok fazla bir orandır (Özgünler ve Yılmaz, 2006: 80). Bu sebeple yangından korunmadaki esas amaç kullanıcıların güvenliğinin sağlanması olduğundan tasarım aşamasından alınan kararlarla yapının duman hareketi ve yayılımı kontrol altında tutulabilmelidir. Binalarda duman yayılmasını önleyebilmenin en etkin yöntemi dumanın ve sıcak gazların özelliklerini bilmektir. Bu tür verilerin bilinmesi ile duman daha kolay kontrol altında tutulabilir (Özgünler, 1994: 11).

Yanmakta olan çeşitli malzemelerden çıkan zehirli gazların türleri deneyler sonucunda saptanabilir. Malzemelerden çıkan gazların türüne göre tehlike noktasının belirlenmesi olasıdır. İnsanlar için belirlenen tehlike noktası kişinin fizyolojik durumuna, yaşına ve cinsine göre değişiklik gösterebilir. Ayrıca yanma gazlarının yanma ortam koşullarına bağlı olarak kişiyi etkileme şekilleri de farklılaşacağından kesin bir sayı olarak kabul edilmemelidir. Örneğin, bünyesinde karbon bulunan tüm malzemelerde yanma esnasında çıkan karbondioksit gazının, ortamdaki oksijen yetersizliği sebebiyle daha tehlikeli olan karbon monoksit gazına dönüşmesi ile kişide bırakacağı etki tümüyle farklıdır. Bina içerisinde serbest dolaşan bu tür zehirli gazlar içeren duman tabakası zehirleyici etkisinin yanında, sıcaklığı da insanlar için büyük tehlike oluşturabilir. Birçok yangın olayında başlangıçtan çok az bir süre sonra tahliye olan insanlarda bile, özellikle ısıya çok duyarlı göz kapaklarında yanıklar gözlenmiştir. İnsan vücudu için deri sıcaklığının 44.8°C'ye ulaşmasını sağlayan sıcak hava akımı bile deri üzerinde hücre bozulmalarına, acıya ve küçük yanıklara yol açabilmektedir. “Kaçış yollarında 60 °C sıcaklıkta bir yüzeye dokunulduğunda 10 saniye içerisinde deride protein pıhtılaşması olur ve acı verici yanıklara neden olur. Yangın esnasında kullanıcı güvenliği bakımından kaçış yollarına duman ve zehirli gazların dolması, bu tür alanlarda sıcak gaz girişine bağlı olarak ortam sıcaklığının artması tehlikeli olup, istenmemektedir. Bu olumsuz durumu aktif ve pasif önlemler olarak önlemek veya bu mekanlarda kişi sağlığı için tehlikeli yanma ürünlerinin kinetik enerjisi azaltılarak kaçış süresi uzatılmalıdır. Bu amaç ışığında pasif yöntemlerden biri olarak kullanılan tavandan sarkıtılan duman perdeleri uygulanmaktadır (Özgünler ve Yılmaz, 2006: 80).

Tablo 2.1: Zehirli gazların tehlike sınırları

Tablo 1. Bazı Zehirli Gazların	
Zehirli Gazlar	Tehlike sınırı (ppm)
Karbon monoksit	50-100
Formaldehit	2
Formikasit	5
Metil alkol	200
Asetik asit	10
Hidrojen klorür	5
Hidrojen siyanür	10
Azot oksitler	5
Kükürt dioksit	5
Kükürtlü oksijen	10
NH ₃	25

Kaynak: İbikcan, 2011

Yangın olayında meydana gelen ölümlerin büyük kısmı zehirli gazlar nedeniyle olmaktadır. Zehirlenme en çok solunum, seyrek de olsa deri yoluyla olur. (Ballı, 2010: 18). Zehirli gazların etkileri; boğucu, tahriş edici ve öldürücü gazlar olmak üzere üç grupta incelenmektedir:

- 1. Grup (Boğucu) Zehirli Gazlar:** Cl₂ (klor), COCl₂ (fosgen), CO (karbon monoksit), CO₂ (karbondioksit), NO₂ (diazotoksit), NO (nitrikoksit) sayılabilir. Boğucu gazların solunmasıyla zehirlenmeler gözlenir. 1.grup gazlardan etkilenen insanların yüzü kül rengi ya da mosmor rengini alır. Bu da aniden ölümlere yol açar. Boğucu gazdan etkilenen insanlar direkt ortamdan uzaklaştırılmalı ve açık havaya çıkarılmalıdır.
- 2. Grup (Tahriş Edici) Zehirli Gazlar:** Tahriş edici gazların esas etkileri gözler, deri ve solunum yollarında gözlenir. Çoğu zaman geç farkına varılan gaz etkileridir. Belirtileri; göz yaşarması, öksürük, bunalma hissi ve burun akıntısıdır. Bu ortamdan etkilenen kişi, ortamdan uzaklaştırılarak saf oksijen takviye edilmelidir.

3. **Grup (Öldürücü) Gazlar:** Solunduğunda hiçbir organı tahriş etmeden vücuda giren en yüksek yoğunluklarda bile kendini etmeyip ani ölümlere neden olurlar. Öldürücü gazların etkileri kanı zehirlenme ve sinirleri bozma olarak ili şekilde meydana gelir. Kanı zehirleyen gazlardan ilki (karbon monoksit) CO, sinir sistemini etkileyen gazlardan ilki ise (hidrojen siyanür) HCN' dir (Aslan, 2011: 15)

2.3.3.Duman Etkisi

Yangınlarda ölümlerin büyük kısmı, yanma anında açığa çıkan duman ve dumanın içerisindeki zararlı gazlardan meydana gelir. Bu gazlar öldürücü olmanın yanı sıra, göz yaşartarak da kaçış alanına ulaşmayı zorlaştırarak kişi hayatını tehdit edebilir (İbibikcan, 2011: 108). Bu sebeple yangından korunmadaki esas amaç kullanıcıların güvenliğinin sağlanması olduğundan tasarım aşamasından alınan kararlarla yapının duman hareketi ve yayılımı kontrol altında tutulabilmelidir. Binalarda duman yayılmasını önleyebilmenin en etkin yöntemi dumanın ve sıcak gazların özelliklerini bilmektir. Bu tür verilerin bilinmesi ile duman daha kolay kontrol altında tutulabilir. Duman tam gerçekleşmeyen bir yanmanın ürünüdür. Dumanın ana bileşenleri onu oluşturan farklı ağırlık, boyut ve yoğunluğa sahip yanmamış karbon ve katran partikülleridir (Özgünler, 1994: 11).

Yangın anında bir binada serbest dolaşan, alevlerden korunan alanlara girebilen duman; zehirli ve öldürücü gazlardan oluşmasa bile görüş alanını kısıtlayacağından, bina içerisinde kaçış yollarının güvenli olarak kullanılmasını engeller. Bu durumda insan psikolojisi olumsuz etkilenir ve abluka altında hissederek paniklemeye başlar. Bu panik ile yaralanmalar artar ve kaçış süreleri uzamaktadır. Duman hareketi kontrolü ile bu tür olumsuz durumlar engellenmiş olur (Özgünler, 1994: 11). Herhangi bir yapıda duman yayılmasını belirleyen iki unsur vardır.

1. Dumanın Kendi Hareketliliği

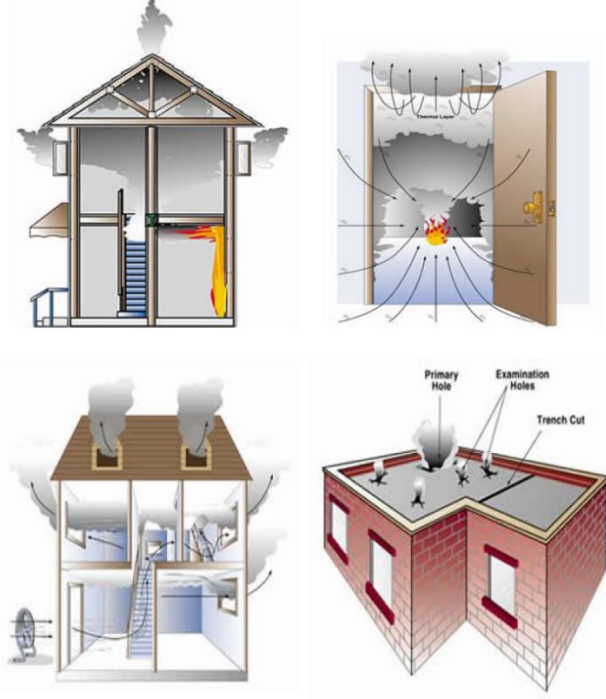
Bu hareketlilik dumanın havadan daha hafif olan sıcak gazlardan oluşmasından ve bu gazların yükselerek hava üzerinde yüzmesinden meydana gelir. Ortamlar arasındaki sıcaklık farkı sebebiyle, yanmakta olan binanın mekanları arasında basınç farklılıkları oluşur. Basınç farklılıklarından dolayı havada yüzen duman en küçük açıklıklardan bile sızarak tüm binaya yayılır.

Sıcaklık farklılıklarının oluşturduğu basınç farkından açığa çıkan hareket olmasa bile, yani bina içerisinde dolaşan dumanın soğuk olduğu durumlarda dahi hacimdeki doğal havalandırma etkisiyle duman kitlesi görülebilir şekilde yer değiştirebilmektedir (Özgünler, 1994: 12).

2. Bina İçerisindeki Normal Hava Hareketi

Bina içerisinde oluşan bu tür hava hareketleri yangını ve alevleri doğrudan etkilemese bile, dumanı pozitif yoldan bina çevresine veya binanın farklı mekanlarına taşıyabilir. Bu tarz duman yayılması olayı, taze havanın yangını ve alevi etkilemesi kadar tehlikelidir. Bina içerisindeki normal hava hareketi üç unsur tarafından oluşabilir.

- **Baca etkisi (Çekme olayı):** Bina içerisindeki hava basıncı ile dışarıdaki hava basıncı arasındaki farklılıklardan meydana gelir. Çekme olayının gerçekleşmesi için iç ve dış hava arasındaki sıcaklık ortalama 22 °C olmalıdır. Bina içi ısısal konfor düzeyi genel olarak 21 °C olarak düzenlenir ise, bu değerde bir sıcaklık farkının soğuk iklimlerde olması kadar çok sıcak iklimlerde de meydana gelmesi olasıdır.
- **Mekanik havalandırma sistemleri:** Gelişen teknoloji ürünü olan yüksek yapılar ve ısıtma havalandırma işleminin klima sistemiyle sağlandığı çok kullanıcı gibi durumlarda bu sistemin dağıtım kanalları duman yayılması için uygun bir yoldur. Önlemler yeterli derecede alınmadıysa, bu kanallar aracılığıyla farkında olmaksızın ilerleyen duman çok kısa bir zamanda bütün yapıyı doldurabilir.
- **Rüzgar etkisi:** Bina cephesindeki pencere ve kapı gibi boşluklardan içeri giren rüzgar, iç hava akımına etki eder. Bu etki hava üzerinde yüzen duman tabakasının tüm bina içerisine yayılmasına yol açar. Bu yayılma saniyelerle yarışacak kadar hızlı olabilir. Dumanın hızlı yayılmasından dolayı yangın alanında kullanıcıların panik olmalarına ve bilinçsiz hareket etmelerine yol açar. Korku ve panikle yapılan bu hareketler çoğu yangın da gereksiz can ve mal kaybına sebep olabilir (Özgünler, 1994: 13-14).



Şekil 2.9: Bina Yangınlarında Duman ve Alev Yönlenişi

Kaynak: Ballı, 2010

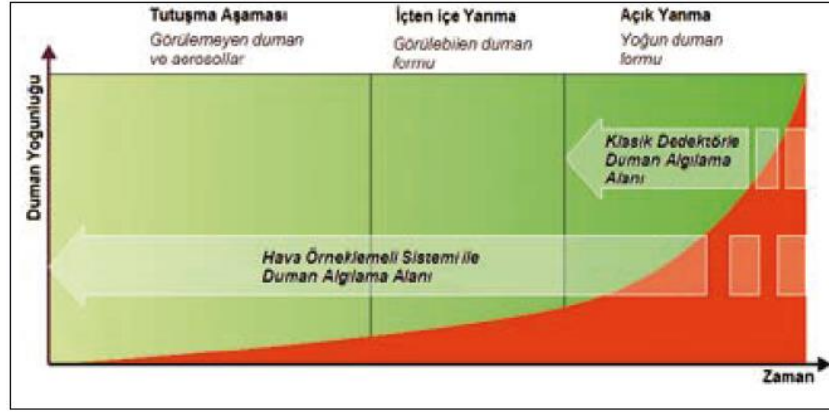
Bir yangında meydana gelen sıcak hava, duman ve zehirli gazlar yangının bütün çevreyi kuşatmasını beklemeden bina içerisine ve özellikle sirkülasyon mekanlarına yayılırlar. Bu durum bazen yangın çıkmadan alarm verilmesini sağlasa da, bina içerisinde bulunan insanların can güvenliğini tehlike altına alır (Özgünler, 1994: 14).

Bir malzemenin pirolizi veya yanması anında, mekanda katı, sıvı ve gaz taneleri açığa çıkmaktadır. Yangın alanından çevreye yayılan bu kütlede bünyesinde dışardan taze hava ile meydana gelen karşına duman denilmektedir. Yangının, insan sağlığı bakımından birincil derecede olumsuz etkisinin, yangın anında oluşan dumandan kaynaklandığı uzun süredir bilinen bir gerçektir. Dumanın olumsuz etkisi iki türde ortaya çıkmaktadır:

1. dumanın zehirlilik etkisi (öldürücü etkisi),
2. dumanın diğer ölümcül etkileri.

Duman sebebiyle açığa çıkan tehlikeler, dumanın zehirlenme etkisinin ve yangın alanında bulunan bireylerin, değişiklik gösteren duman konsantrasyonu ve ısı

gerilime maruz kalmalarının bir fonksiyonudur. Dumanın bazı etkileri, sürekli olan maruz kalma ile yükselirken, diğerleri anlık olarak açığa çıkar (Kaya, 2019: 23).



Şekil 2.10: Duman oluşumu ve algılama tekniği

Kaynak: Aktaş, 2011

2.3.4. Yangın Yayılmasının Etkisi

Yanma, bulunduğu ortam ile kuvvetli bir etkileşimi olan fiziksel ve kimyasal bir olaydır. Etrafındakilerle etkileşim halinde olan, yanma ile ölçülemeyen ve değişik değerler alabilen yanıcı madde, yanma boyunca belirsiz davranışlar sergileyebilir. (İplikçi, 2006: 29).

Bina içerisinde, patlama olayı ile duvar ve döşemeleri yıkabilecek kadar kuvvetli patlayıcı madde yoksa, yangının döşeme, duvar ve diğer yapı elemanlarının yıkılması sonucu yayılması çok görülen bir durum değildir. Çok bölmeli bir bina da yangınlar özellikle korunmayan merdiven ve asansör boşlukları, baca boşlukları, açık kapılar, yangın duvarı ve aralıkları sebebiyle yayılırlar (Özgünler, 1994: 8).

Yalnızca bir mekanda başlayan yangın, bu boşluklar aracılığıyla tam olarak binaya yayıldığında, söndürme sistemleri, alarm sistemleri vb. araçlar yetersiz ise binada yangının başarılı bir şekilde söndürülmesi olanaksız hal alır. Giderek güçlenen yangın hızlıca etrafına yayılmaya devam eder, bunun sonucunda alevlerin tüm binayı veya yan binaları sarması kaçınılmazdır.

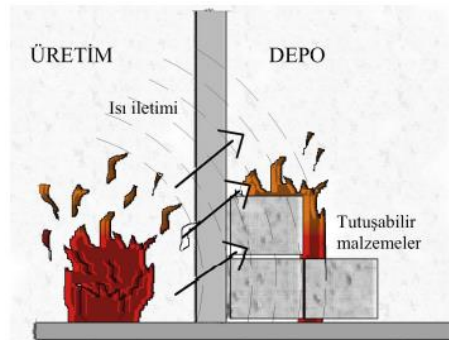
Herhangi bir yangının binalar arasında yayılmasını etkileyen diğer unsurlar ise; farklı şekil ve etkilerle yanar durumda bulunan malzemenin taşınması, cephe boşluklarından yayılan radyasyon(ışınım) şiddeti, yangın tutucu özelliği olmayan ayırıcı duvar veya çatı örtüsüdür (Özgünler, 1994: 9).

Isı, sıcaktan soğuğa yönelim gösterir. Yapı duvarları farklı katmanlardan oluştuğu için ısı bu tabakalardan geçerek iletilmektedir. Her bir yapı malzemesinin içyapısı değişik olduğundan atom titreşimleri de farklıdır. Isı geçişinde, nem oranı, malzeme yoğunluğu ve sıcaklık etkili unsurlardır. Isı aktarımı; iletim, taşınım ve ışınım yoluyla gerçekleşmektedir ve bunlar fiziksel oluşumlardır. Malzeme özelliklerine farklı davranışlar gösterirler (Buzkan, 2016: 11).

Yangın ekzotermik bir reaksiyon olup, yanma olayı anında sürekli olarak bir ısı üretimi oluşturmaktadır. Yanma boyunca zincirleme olarak alandaki maddeler tutuşma sıcaklığına ulaşmakta ve bu malzemelerde yanmaya başlamaktadır. Yangın anında ısı yayılımı üç farklı biçimde meydana gelir. Bunlar; iletim, taşınım ve ışınım (Kaya, 2019: 16).

İletim(Kondüksiyon)

Birbirine dokunan iki madde arasındaki sıcaklık farkından oluşmaktadır. Bu maddeler birbiriyle temas halinde iken sıcak cisimden soğuk cisme ısı difüzyon yoluyla aktarılır. Maddeleri meydana getiren moleküllerin kinetik enerjileri arasındaki enerji iletimi olarak da tanımlanır. Kondüksiyonla ısı geçişi tek yönde olabileceği gibi birden çok yönde de olabilmektedir (Sunar, 2010: 8). Özellikle daireler arasında ve bitişik nizamdaki yapılardaki yangın yayılması bu türde bir ısı aktarımı ile gerçekleşmektedir (Şekil 2.11). (Özgünler, 1994: 10).



Şekil 2.11: İletimle ısı aktarımı

Kaynak: İplikçi, 2006

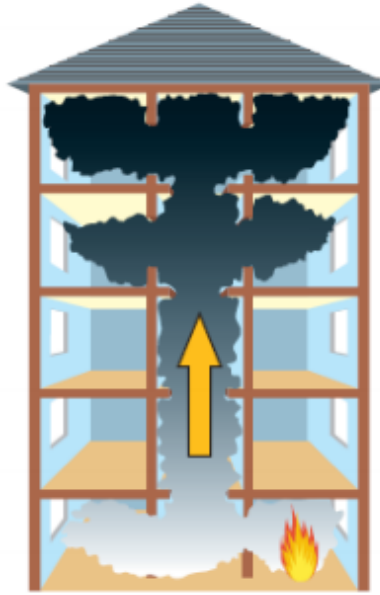
Bir bölgede moleküllerin ortalama kinetik enerjisi, sıcaklık farkı nedeniyle komşu bölgedeki moleküllerin ortalama kinetik enerjilerinden yüksek ise enerjileri fazla olan

moleküller bu fazla olan enerjiyi bitişik mekana aktarmaktadırlar. İletimle ısı geçişi malzemenin mikroskobik yapısı ile doğrudan ilgidir. Katılarda ısı, elektron hareketi ve kafes titreşimleri ile bitişik bölgelere aktarılmaktadır (Arpacıoğlu, 2004: 9).

Taşınım(Konveksiyon)

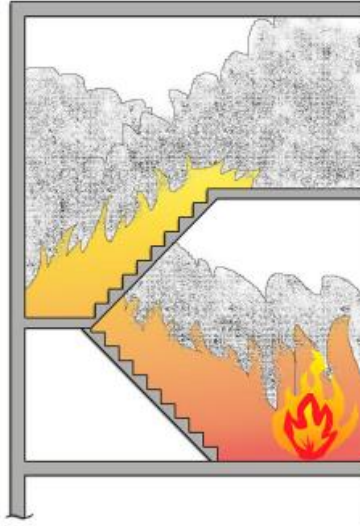
Isı enerjisinin akışkan hareketi ile bir yerden başka bir yere geçişi “taşınım” olarak adlandırılır. Sıvı ya da gaz ortamlarında akışkan hareketi ile ısı enerjisi bir mekandan diğer mekana sıcaklık farkı nedeniyle aktarılmaktadır. Taşınım ile ısı iletimi, yangının yayılmasında en etkili ısı aktarımıdır. Yangın da ortaya çıkan enerjinin yaklaşık %80’ lik kısmı bu şekilde yayılmaktadır (Kaya, 2019: 17).

Isının, hava ile etkileştikten sonra hava hareketi ile taşınması olup, yangın anında ısınmış hava ortamdan uzağa yayılır; hava kanallarındaki perdeler, kapılara ve boşluklar gibi alanlarda görülür. Yangın sırasında, yükselen sıcak dumanlar ve alevler, tavana temas ederler. Sıcak dumanlar tavanı kapsayacak şekilde yayılarak tüm tavan yüzeyini ısıtırlar. Böylece ortam içerisindeki tüm yanabilir malzemeleri tutuşturabilmektedirler (İplikçi, 2006: 31).



Şekil 2.12: Taşınım (konveksiyon) hareketi

Kaynak: Sunar, 2010



Şekil 2.13: Bina içi boşluklardan ısı aktarımı

Kaynak: İplikçi, 2006

Havalandırma, baca vb. boşluklar taşıma yoluyla duman ve zehirli gazları dış ortama çıkarmak için bina içerisinde güvenli bir alanda tasarlanmalıdırlar. Şekil 2.12' deki gibi binada meydana gelen yangın, bir katta gelişebilir ve taşınım yoluyla bina içerisinde yükselerek ilerleyebilir. Binalarda bulunan asansör boşlukları, kanallar ve merdivenler, yangın katının üzerindeki tüm katlara yangını içine çeken bir baca gibi davranırlar (İplikçi, 2006: 31). Yangın ürünlerinden olan ısı, duman, sıcak ve zehirli gazların tüm binaya yayılmasını engellemek için bina havalandırmaları sürekli açık olmalı ve bu durumda yanıcı ürünler dışarı tahliye edilerek yangın büyümesi engellenmiş olur (Ballı, 2010: 10).

Işınım(Radyasyon)

Bir cisim oluşturulan elemanter taneciklerin ısıl hareketi, elektromanyetik ışınım biçiminde enerji yaymalarına neden olmaktadır. Sıcaklık artışı, taneciklerin hareketini ve ışınım şiddetini artırmaktadır. Bütün maddeler devamlı olarak ısıl ışınım yaymaktadırlar. Böylelikle yüksek sıcaklıktaki bir sistemden, düşük sıcaklıktaki bir sisteme temas olmadan meydana gelen ısı akımı ışınım yolu ile iletim olarak tanımlanmaktadır (Arpacıoğlu, 2004: 9-10). Herhangi bir maddenin yüzeyinden yaydığı enerjiye ışınım denilmektedir. Bu enerji elektromanyetik dalgalar olup, ışık hızıyla tüm yönlere aynı anda yayılırlar (Buzkan, 2016: 14).

Isı, ışın olarak yayılır ve etrafındaki cisimleri tutuşma sıcaklığına yükseltmektedir (Ballı, 2010: 10). Işınım ile ısı iletiminin diğer ısı yayılma türlerinden farkı, boşlukta gerçekleşebiliyor olması, herhangi bir ortama gerek duyulmamasıdır. Işınım olayında ısı elektromanyetik dalgalar yoluyla aktarılmaktadır. Işınım yapan madde enerjisinin bir bölümünü elektromanyetik dalga enerjisine dönüştürebilmektedir. Bunun sonucu olarak ısı enerjisinin aktarımı diğer maddenin elektronlarının titreşmesinden meydana gelir. Böylelikle ısı aktarımı enerjinin cisim tarafından çekilmesi, yansınması ya da geçirilmesi şeklinde olmaktadır (Sunar, 2010: 10).



Şekil 2.14: Işınım ile ısı aktarımı

Kaynak: Kaya, 2019

Yangın yayılmasında en etkili ve kolay iletme yolu ışınım ile aktarımdır. Yanmakta olan bina cephesindeki alevlerden yayılan ışınım şiddeti, uzak mesafede bulunan binaların dış cephelerindeki yanıcı malzemeleri tutuşturabilir (Özgünler, 1994: 10). Yangın yayılımı ve büyümesi; tavan, döşeme ve duvar yüzeylerindeki sıcaklık artışı, tutuşabilir malzemelerin yanma özellikleri ile ilgili olarak ilerleme gözlenir (İplikçi, 2006: 32). Yangın büyümesini engellemek için çevredeki yapıları ve diğer yanıcı maddeleri su ile soğutmak gerekir. Soğutma işlemi uygulanmadığı zaman, ısı ışınım yolu ile iletilerek kısa sürede çevredeki yanıcı maddelerin tutuşma sıcaklığına ulaşmasına ve yanmasına yol açar (Ballı, 2010: 10). Işınım ile yangınlar çok kolay yayılabilir ve bu nedenle söndürmenin başlangıcında, ışınımdan etkilenen yapı elemanları ve malzemeler korunmalıdır (Buzkan, 2016: 14).

2.4. Yangından Korunma Önlemleri

Yapı tasarımında duman ve ısı nedeniyle oluşan tehlikeler azaltılarak kullanıcıların can ve mal güvenliği sağlanabilir. Tasarımda bu amaçlara ulaşılması için uygun olan çeşitli stratejiler vardır. Bu stratejilerin uyguladığı önlemler yangın güvenliği elemanlarını (kaçış merdivenleri, sprinkler sistemi, yangın kapıları) oluşturur. Tasarımcı için yangın güvenliğinin temel unsurları olan ilkelerin ve stratejilerin anlaşılması, yangın güvenliği amaçlarına ulaşmada önemli role sahiptir. Örneğin; kompartlanma uygulaması tasarımcı açısından önemli bir araçtır, ancak yangın güvenliği amaçlarına ulaşmak için tek başına uygulanması yeterli olmayabilir. Yapı yangın anında söndürme ve kurtarma çalışmaları boyunca stabilitesini korumalıdır. (Çobanoğlu, 2003: 7-8).

Yangından korunmada; bina kullanıcılarının can güvenliğinin sağlanması, yangın ilk evresinin büyümesi ve etrafına yayılma ihtimalinin azaltılması, yangın sonucu oluşabilecek her türlü maddi kayıp ve zararı en alt seviyede tutma gibi amaçlar doğrultusunda önlemler alınmaktadır (Özgünler, 1994: 20). Yangına karşı alınan önlemlerin amacı; yangının yayılma hızını en alt düzeye indirmek, yangını ve tehlikelerini kontrol altında tutarak güvenli tahliye ve müdahaleyi sağlayan süreyi kazandırabilmektir. Bu amaçları gerçekleştirebilmek için öncelikle, yangın devamındaki tehlikeleri bilmek ve belirli yöntemlerle çeşitli stratejiler uygulamaktır. Bu stratejilerle sağlanan başarı kademesi, binanın yangın güvenlik seviyesini belirlemektedir.

Yangın güvenliğinin sağlanmasında veya yangından korunmada mimar tarafından uygulanması gerekli stratejiler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. **Önleme tedbirleri:** Tutuşmaya yol açan bütün maddelerin kontrol altında tutularak yangın çıkmasını önlemektir (Özgünler, 1994: 21). Yanıcı madde ve ısı kaynağı kontrol altında tutularak tutuşmanın engellenmesi ve yanıcı maddenin sınırlandırılması uygulanır. Önleme tedbirlerinin başarılı olmasının devamında diğer stratejilerin uygulanmasına gerek duyulmaz (Çobanoğlu, 2003: 9).
2. **İletişim:** Tutuşma meydana geldiğinde, yangının başladığını haber vererek kullanıcıların uyarılması ve söndürme sistemlerini aktifleştirmektir (Özgünler, 1994: 21). Tutuşmayı algılayan ve gerekli birimlerle (itfaiye, yönetim vb.)

iletişime geçilen haberleşme ağı kurulmalıdır. Yangın algılama ve alarm sistemleri haberleşme ağı içinde kullanılır (Çobanoğlu, 2003: 9).

3. **Kaçış:** Bina kullanıcılarını sıcaklık, duman ve zehirli gaz etkisinden kurtulacakları güvenli bir yere ulaştırmaktır (Özgünler, 1994: 21). Yapıda insanların kaçışı için gereken süre yangının yayılma süresinden kısa olmalıdır. Bu nedenle uzun ve kompleks kaçış yolları tasarlanmamalıdır. Kaçış yollarının tasarlanmasında kullanıcı sayısı, hareket yeteneği ve tutumunun bilinmesi en uygun çözümün bulunması açısından önemlidir. İki tür kaçış yöntemi uygulanır:

- *Doğrudan Kaçış;* alarm duyulması ile yapı dışına direkt çıkmaktır.
- *Dolaylı Kaçış;* yapının kompartmanlara bölünerek, yangın olan kompartmandan yapı içerisindeki diğer koruma uygulanan mekana sığınmaktır (Çobanoğlu, 2003: 9-10).

4. **Sınırlama:** Yangının başladığı alanda hapsedilmesi ve yangın ürünleri olan ısı ve dumanın yayılmasını engellemektir. Bu strateji aktif ve pasif önlemlerden oluşmaktadır. Yangının yapının etrafına sıçraması engellenebilir. Sınırlama stratejisi ile kullanıcıların can ve mal güvenliği sağlanır (Çobanoğlu, 2003: 10).

5. **Söndürme:** Yangın başladıktan sonra binanın en az zarar alması için hızlı söndürülmesini sağlamaktır (Özgünler, 1994: 21).

Yangından korunmada yukarıdaki stratejilerde açıklandığı gibi öncelikli olarak önleme tedbirleri yer almaktadır. Engelleme(önleme) tedbirleri, pasif yangın güvenlik önlemleri sınıfına girer ve tamamıyla tasarımcının kontrolindedir. Önleme tedbirlerinde başarısız olduğunda, diğer stratejiler uygulanmalıdır. Pasif olan önleme tedbirleri başarısız olduğunda başvurulan diğer koruma yöntemi Aktif yangın güvenlik önlemleri olarak tanımlanabilir. Yangın güvenlik önlemleri düşünülerek iyi tasarlanan bir binanın yangınında diğer sistemlere gerek duyulmadan az bir hasarla söndürülebilir (Özgünler, 1994: 22).

Yangından korunma yöntemlerini, bina yapım(üretim) sürecinin çeşitli safhalarında uygulamak olasıdır. Tasarım safhasında hiçbir önlem alınmayan bir bina için, kullanım safhasında alarm ve sprinkler(yağmurlama) sistemlerini kurmak mümkündür. Ancak,

yangından korunma ilkelerine göre, planlanarak inşa edilmeyen yapılarda daha sonra kurulan sistemler, hiçbir zaman istenilen performansı gösteremeyecekleri için verimli ve ekonomik olamazlar (Özgünler, 1994: 23).

Yangın güvenliği konusunda dil birliği sağlamada ve çözüm bulmada tasarımcının en büyük yardımcısı bu konu ile ilgili standart ve yönetmeliklerdir. Bina tasarımında uyulması gereken yönetmelik, standart ve tüm kurallar gerçek yangınlardan kazanılan deneyim ve laboratuvar ortamında yapılan deneylerden çıkartılmış minimum ihtiyaçların karşılanabilmesi için yapılması gerekenlerin listesini verirler.

Ancak yangın güvenliği kavramı içerisinde ilgili mevzuata uygun projeler üretmek tam güvenlik kavramı için yeterli olmayabilir. Bu durumda mimarın görevi; çeşitli alternatifler deneyerek tasarladığı mekanın bu konudaki performansını arttırmaktır.

2.4.1. Yangından Korunma ile İlgili Mevzuat

Tüm gelişmiş ülkelerde devletler, vatandaşlarının yangına karşı can güvenliğinin sağlanması görevini üstlenmişlerdir. Bunun için gerekli düzenlemeler mevzuatlar yolu ile yapılmaktadır (Başdemir ve Demirel, 2010: 102). Yapılarda yangın güvenliğinin sağlanması için alınan önlemler her ülkede, yetkili kurumlar tarafından düzenlenen şartname veya yönetmeliklerde belirtilir. Bu konuda Türkiye’de, “Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik (BYKHY), 2009” esasları uygulanmaktadır. Bu esaslara göre, yapıların yangına karşı dayanıklı ve kullanılacak malzemelerin yangın dayanım sürelerinin dikkate alınması gerekmektedir (Eren ve Mayuk, 2013: 158).

Yangından korunma önlemlerinin alınması yasal bir zorunluluk olup, Türkiye’de bu konuda çeşitli yaptırımlar uygulanmaktadır.

2.4.1.1.Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik

“Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik” kapsamında, binaların kullanım amaçları ve alanları doğrultusunda yangın tehlikesine göre sınıflandırıldıklarını ve tüm sınıflar için geçerli ortak yangın güvenliği gereksinimleri ve her bir sınıf için, ilgili sınıfa özel olarak belirlenen gereksinimler bulunmaktadır. Ortak yangın güvenliği ölçütleri arasında kullanılan “yapı malzemeleri” ile ilgili ölçütler, yangın bölmeleri, bina taşıyıcı sisteminin stabilitesi, bina yerleşimi ve ulaşım yolları, cepheler, duvarlar, döşemeler ve çatılar ile ilgili yangın güvenliği ölçütleri tanımlanmaktadır. Yönetmelik tüm kaçış metotlarını kapsayacak şekilde kaçış güvenliği ile ilgili maddeleri ayrı bir bölümde vermekte; yine sırasıyla bina bölüm ve tesisleri, duman kontrol sistemleri, elektrik tesisatı, yangın söndürme sistemleri ile ilgili hususları ayrı kısımlarda tanımlamaktadır. Böylelikle hem tüm binalar için genel ölçütler, hem de bina kullanım tiplerine ve tehlike sınıflarına göre gereksinimler ayrı ayrı belirlenmektedir (İbik, 2011: 190).

Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmeliğe göre sprinkler sistemi ile korunması gereken binalar aşağıdaki madde ile açıklanmıştır.

Madde 96- Aşağıda belirtilen yerler tam veya kısmi otomatik sprinkler sistemi ile korunmak zorundadır.

- a) Büro ve konut haricindeki bütün yüksek binalar,
- b) Yapı yüksekliği 30.50 m'den fazla olan büro binaları,
- c) Yapı yüksekliği 51.50 m'yi geçen apartmanlar,
- d) Araç kapasitesi 20 den fazla olan veya birden fazla bodrum katı kullanan kapalı otoparklarda,
- e) Yatak sayısı 200'ü geçen otel, pansiyon ve misafirhanelerde,
- f) Toplam kullanım alanı 2000 m² nin üzerinde olan katlı mağazalar, alışveriş, ticaret, eğlence ve toplanma yerleri otomatik sprinkler sistemi ile korunacaktır. (Ballı, 2010: 37-38).

2.4.1.2.Yangın Standartları

Ülkemizde yangınla mücadele hususundaki mevzuat incelendiğinde;

TS EN 12845 + A2 standartları olup, “Sabit Yangın Söndürme Sistemleri, Otomatik Püskürtme Sistemleri – Tasarım, Kurulum Ve Bakım” isimli standart yangınla mücadele konusundaki yasal zeminin temelini oluşturmaktadır.

TS EN 12845 + A2 standardı, yangın ve yangınla mücadeleye geniş bir bakış açısı getirerek “sabit söndürme sistemini- yangın pompasını detaylandırmıştır.

2.4.2.Aktif Önlemler

Aktif önlemler, pasif önlemleri tamamlayan binanın yapımı esnasında veya daha sonra eklenen ve sadece yangın durumunda işleve sahip olan belirli amaca yönelik önlemlerdir. Alarm ve yangın dedektörlerinin kullanıldığı algılama ve uyarı sistemleri, yangın anında duman hareketinin mekanik yollarla kontrolü, gelişen aletlerle donatılan yangınla mücadele sistemlerinin kullanılması gibi önlemlerdir (Başdemir ve Demirel, 2010: 101-102).

Yapılarda yangın açısından alınacak aktif güvenlik önlemleri, genelde yangının başlangıcından gelişip yayılmasına izin vermeden sınırlandırıp, müdahale etme ve kurtarma çalışmalarını kolaylaştırmaya, kullanıcıları güvenle yangının olduğu yapı ve bölümlerden tahliyesine ve yangını bünyesel biçimde söndürmeyi hedefleyen güvenlik önlemlerinin tümünü kapsamaktadır. Bunlar; sulu söndürme sistemi, yangın su basıncı, yangın söndürme cihazları, hidrant sistemi, manuel ihbar ve alarm sistemleri, yangın dolapları, su deposu ve kaynağı, köpüklü söndürme sistemi, sabit söndürme sistemleridir (Buzkan, 2016: 18).

2.4.2.1.Algılama

Yangın anında açığa çıkan alev, ısı ve duman gibi fiziksel faktörlerin otomatik algılandığı dedektörlerden oluşmaktadır. Bu dedektörler, yangın türüne ve mekanların özelliklerine bağlı olarak tercih edilmektedir.

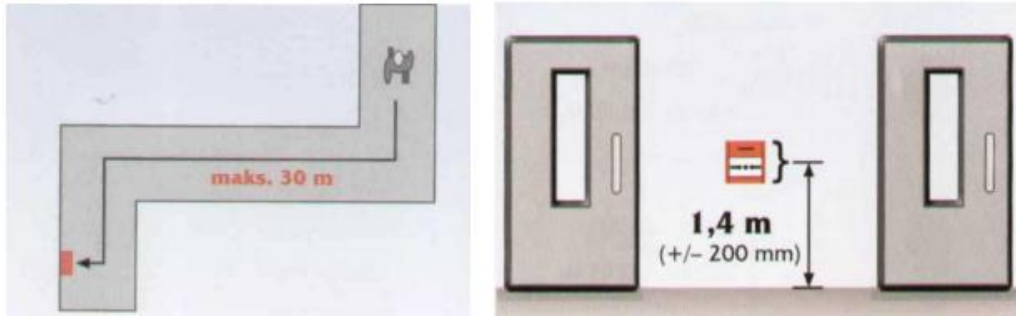
Duman dedektörleri: Havada asılı duran duman partikülleri ve alevsiz yanma ile oluşan yangınları algılamada etkili olduğundan en fazla tercih edilen dedektör türüdür.

Isı dedektörleri: Nemli, tozlu ve buharlı alanlarda (teknik odalar, restoran, mutfak) tercih edilmektedir.

Alev dedektörleri: Duman ve ısı dedektörleri “erken uyarı” oluştururken, alev dedektörleri yangının alevlenme anında devreye girdiği için “hızla müdahale” hususunda uyarı vermektedir (Sunar, 2010: 42-43-45).

2.4.2.2.Uyarı

Aktif sistem olan uyarı sistemlerini, sesli ve ışıklı alarm cihazları, yangın ihbar butonları oluşturmaktadır. Bu cihazlar ile yangına erken müdahale edilerek, kullanıcıları tehlikeye karşı uyararak kısa zamanda güvenli bölgelere ya da kaçış yollarına yönlendirmede rol almaktadır. Yangın uyarı butonları; tehlike anında bina kullanıcıları veya personeller tarafından manuel olarak çalıştırılmaktadır. Uyarı butonları, iyi aydınlatılmış noktalarda ve zeminden ortalama 1,4 m. yükseklikte; çıkış yollarına, merdiven sahanlıklarına ve dış mekana açılan kapı yanlarına yerleştirilmelidir. Bina içerisinde bir yangın uyarı butonuna ulaşma mesafesinin 30 m. olması öngörülmektedir (Sunar, 2010: 48) (Şekil 2.15).



Şekil 2.15: Yangın ihbar butonlarının düzenlenmesinde uyulması gereken kriterler

Kaynak: Sunar, 2010

Sesli uyarı cihazları; zil, korna ve farklı tonlarda sesli cihazlardan oluşmaktadır. Sesli cihazlarda ses düzeyi en az 15 dB, en fazla 120 dB olarak belirlenmektedir. Sesli uyarı cihazlarına ek olarak ışıklı uyarı cihazları kullanılmaktadır (Sunar, 2010: 48).

2.4.2.3.Söndürme

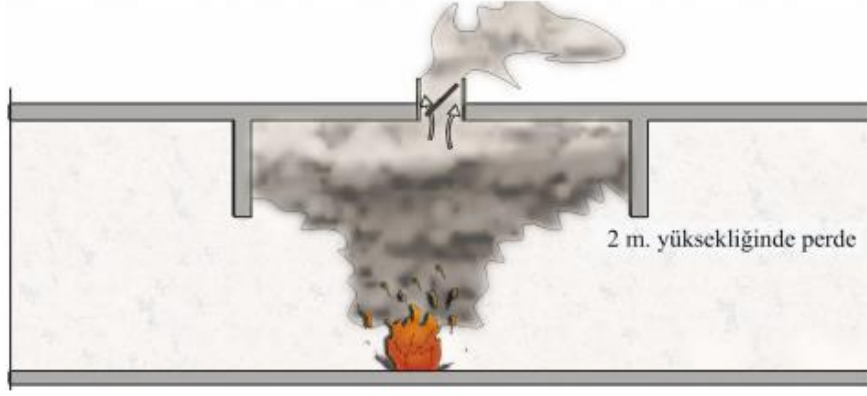
Yangın söndürmede olması gereken yancı maddeyi tutuşma sıcaklığının altındaki sıcaklık seviyelerine düşürmek veya oksijenin yancı madde ile reaksiyona girmesini engellemektir. Yangın sınıfı veya yapı kullanıcılarına bağlı olarak söndürme sistemlerinin aktif oldukları ortamlar farklılık gösterebilmektedir. Yangın söndürme sistemleri; söndürmede kullanılacak maddeye (su, köpük ve kimyasal maddeler, vb.), kullanılacak söndürme türünün işlevine (sprinkler, taşınabilir tüpler, sabit boru hortum, vb.), söndürme sisteminde kullanılacak tekniğe (otomatik veya manuel) bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir (Sunar, 2010: 54).

2.4.2.4.Dumandan Arındırma

Yangın anında duman kontrolünün sağlanmasıyla yangının büyümesi ve yayılması kontrol altına alınmaktadır. Aynı zamanda yangın mekanından duman ve sıcaklık azaltılarak söndürme ekiplerinin yangına daha fazla yaklaşabilmelerine ve yangına müdahaleyi de kolaylaşmaktadır. Bir yangın ortamında ki dumanın hacmi, yapıda bulunan yanabilir maddelerin türüne, miktarına ve havalandırma şartlarına bağlıdır. Dumanın yapıda yayılması yapı formuna, rüzgar durumuna, döşeme ve iç duvar gibi engellerin dağılımına ve türüne, kapı ve pencerelerden havalandırma olanaklarına bağlıdır (Beyhan, 1999: 727).

Duman Perdeleri

Dumanın binada yayılmasının en kolay yolu en kısa yoldan bina dışına atılmasını sağlamaktır. Tek katlı binalarda çatı havalandırma menfezleri ile basit bir şekilde çözülebilir. Büyük ve çok katlı binalarda dumanı doğrudan bina dışına atmak bu kadar kolay değildir. Bu durumda mekanik havalandırma tesisatları devreye girer. Dumanın menfez bölgelerinde toplanmasının sağlanması ve tüm bina içine yayılmasının önlenmesi gerekmektedir. Duman kaldırma kuvveti etkisinde oluşan yüzme hareketi ile her yöne yayılmasını engellemek amacıyla tavandan sarkıtılan duman bariyerleri kullanılır. Bu engellere duman perdesi denir. Duman perdeleri tavandan belirli bir yükseklikte sarkarak duman biriktirme hazneleri oluştururlar. Bu hazneler yükseltilmiş tavan şeklinde de uygulanabilir ancak çok katlı döşeme plağında bu tip hareketler oluşturmak mümkün değildir. Bu tür yapılarda sarkan perdeler oluşturmak daha pratiktir (Özgünler ve Yılmaz, 2006: 81).



Şekil 2.16: Duman tahliyesi ve duman perdeleri

Kaynak: İplikçi, 2006

2.4.3. Pasif Önlemler

Pasif yangın güvenlik önlemleri; mimari proje evresinde tasarlanan, bina inşaatında yapılan ve kalıcı olan önlemlerdir. Bu önlemlerle binalarda aşağıdaki hedefler gerçekleştirilmeye çalışılır;

1. Duman ve zehirli gazların yapı içerisinden uzaklaştırılması,
2. Yapıda yangın geçirmeyen bölümlerin (kompartmanların) sağlanması,
3. Kaçış yollarının, merdivenlerin ve toplu buluşma alanlarının sağlanması,
4. Kullanıcı tarafından kolay algılanan kaçış yollarının planlanması,
5. Yanıcı olmayan, tutuşma ısısı yüksek ve duman çıkarmaz yapı malzemelerinin kullanılması,
6. Taşıyıcı strüktürün yüksek sıcaklıklara dayanması (Başdemir ve Demirel,2010: 101).

Binalarda pasif yangın güvenlik önlemleri; yangın kompartmanı, ısı ve duman yalıtımı, tahliye kapıları, havalandırma kanalı damperi, pozitif hava basıncı, otomatik kapanan yangın bölmesi, acil aydınlatma sistemleri, anons sistemi, duman tahliyesi, paratoner sistem, kaçış merdivenleri, kaçış yolu aydınlatması, asansörlerin çalışma ilkesi, uyarıcı ikaz levhalarıdır (Buzkan, 2016: 17-18).

2.4.3.1.Yangının Çıkmasını Önleme

Yapılarda ki yangın olaylarında yakıt işlevini o yapıda kullanılan malzemeler meydana getirmektedir. Yapıda kullanılan malzemelerin bilinçli tercih edilmesi ile oluşabilecek bir yangın olayı da kontrol altına alınmaktadır. Yapı malzemeleri genellikle 2 gruba ayrılmaktadır.

1. A sınıfı yapı malzemeleri: Yanmayan inorganik malzemeler,
2. B sınıfı yapı malzemeleri: Yanabilen organik malzemeler.

A sınıfı malzemeler:

1. A1 sınıfı malzemeler: Hiç yanmaz
2. A2 sınıfı malzemeler: Zor yanıcı

B sınıfı malzemeler:

1. B1 sınıfı malzemeler: Zor yanıcı
2. B2 sınıfı malzemeler: Normal yanıcı
3. B3 sınıfı malzemeler: Kolay yanıcı (Beyhan, 1999: 725).

Yangın çıkma olasılığını azaltmak için yukarıdaki gibi malzemelerin yangıncılık kontrolleri gibi önlemler alınmalıdır.

2.4.3.2.Yangının Yayılmasını Önleme

Taşıyıcı sistemi etkileyen yangın yükünü düşürmek amacıyla, yangın başladığı mekanda tutularak yayılmasını ve büyümesini önlemek için bölümlere ayırma (kompartmanlama) metodu uygulanır. Hastane, anaokulu, huzurevi, kreş ve ilköğretim okullarında 1250 m²' yi, diğer yapılarda ise 2500 m²' yi, aşan yapılarda, bölmeler oluşturulur. Bölmeler oluşturulurken yangın riski çıkma ihtimali yüksek mekanları diğer mekanlardan ayırma ilkesi göz önünde bulundurulmalı ve bölme mesafeleri buna göre ayarlanmalıdır. Bölmeler ikiye ayrılmaktadır:

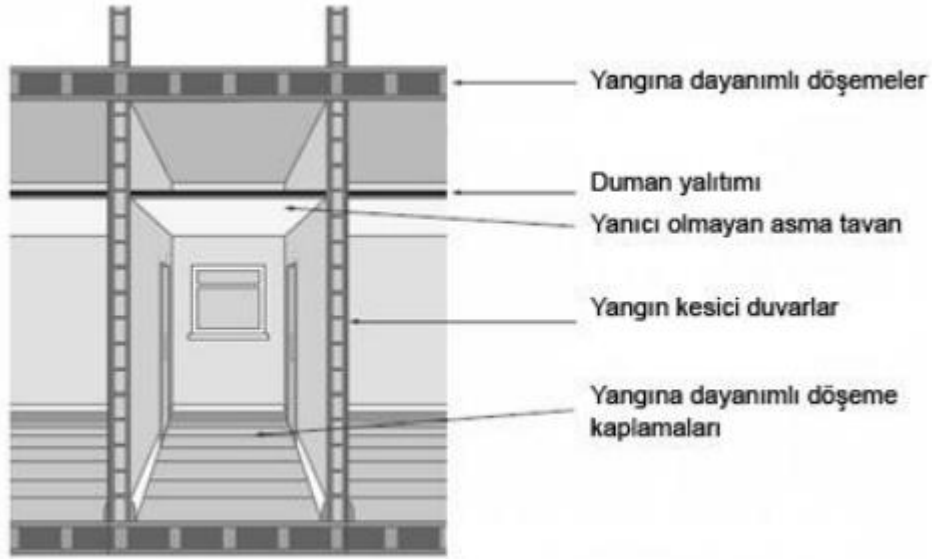
1. Düşey bölmeler ve yangın duvarları: En çok 40 m. aralıklarla yerleştirilmesi gereken düşey bölmeler mümkün oldukça boşluksuz olmalı ve yangına 90 dakika dayanıklı olmalıdır. Boşluklardan kaçınılması mümkün değilse, üzerinde bulunan pencere ve kapılar en az 45 dakika yangına dayanıklı olmalı, kenarları duman ve zehirli gazları geçirmeyecek şekilde yalıtılmalıdır. Bu

kapılar kendiliğinden kapanabilmelidir. Bölmelerin arasından geçecek tesisat borularının çevresinin de çok iyi duman geçirmezliği sağlanmalıdır.

2. Yatay bölmeler ve döşemeler: Yüksekliği 60 m' ye kadar olan yapılarda 60 dakika, daha yüksek yapılarda ise 120 dakika yangına dayanıklı olmalıdır. Her iki durumda da bodrum tavanları 90 dakika yangına dayanıklı olması gerekmektedir (Beyhan, 1999: 726).

Kompartmanlama (Bölümlere Ayırma)

Yapılarda yangın yayılımını engellemek, duman, zehirli gaz ve ısının başka alanlara geçişini önlemek amacıyla her katın yangına dayanıklı döşeme, duvar ve tavanlar ile iki veya daha fazla mekana bölünmesi olarak adlandırılmaktadır. Bu mekanlar kullanıcılar için geçici süre sığınma alanı işlevi görmektedir. Yangın bariyerleri, yangın kesici duvarlar olarak da adlandırılmaktadır. Yangın bariyerleri 1 saatten 2 saate yangın dayanımı sağlayabilmekte, duvarların yangın dayanımı yapı sınıfına ve binada sprinkler varlığına bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir (Sunar, 2010: 86).

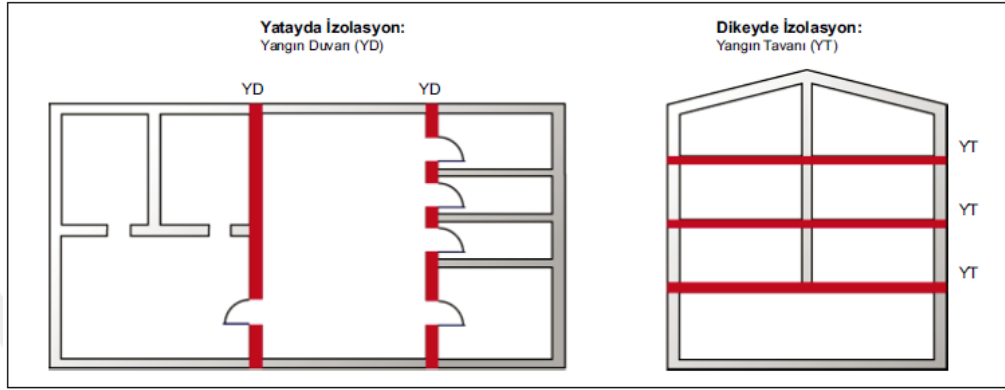


Şekil 2.17: Kompartmanlama (Bölümlere Ayırma)

Kaynak: Sunar, 2010

Yapının risk durumuna göre farklı yangın bölümlere ayrılarak, yangında oluşabilecek hasarı en az seviyede tutmayı sağlayan en etkili tekniktir. Yangın zonu belirlenen alanda oluşacak yangını kontrol altına almayı tasarlayan yaklaşıma göre, bu alanda çıkan yangını kontrol altında tutarak yapının geri kalanının kurtulması amaçlanır.

Yangın zonlarının sayısı ve detayları kat sayısına, yapı hizmet türüne ve birim kat alanına göre farklılık göstermektedir. Yangın dayanımının sağlanması gerekli bölümler; elektrik ve mekanik tesisat şaftları, yangın kaçış merdivenleri ve holleri, asansörler, çatıya çıkan boşluklar, pompa ve kazan daireleri, mutfaklar, yanıcı ve patlayıcı sıvıların bulunduğu hacimlerdir (Arkadakalmaz, 2011: 142).



Şekil 2.18: Yatay ve düşey yangın zon sistemi

Kaynak: Arkadakalmaz, 2011

Yapı içerisinde oluşturulan yangın duvarları ve döşemeler ile yangın anında açığa çıkan duman, alev ve zehirli gazların yayılması geciktirilmektedir. Böylece yangın anında, yangın merdivenleri ve kaçış koridorlarının alev ve dumandan etkilenmesi geciktirilerek kullanıcıların zamanında binayı terk etmeleri sağlanır. Yangın merdivenleri ve kaçış koridorları yangın anında insanların hayatını kurtarmayı sağlayan alanlardır. Bu alanların gerekli önlemler alınarak tasarlanması ile yangın anında oluşabilecek can kayıpları büyük oranda düşecektir (Arkadakalmaz, 2011: 142).

2.4.3.3. Yangından Güvenli Kaçışı Sağlama

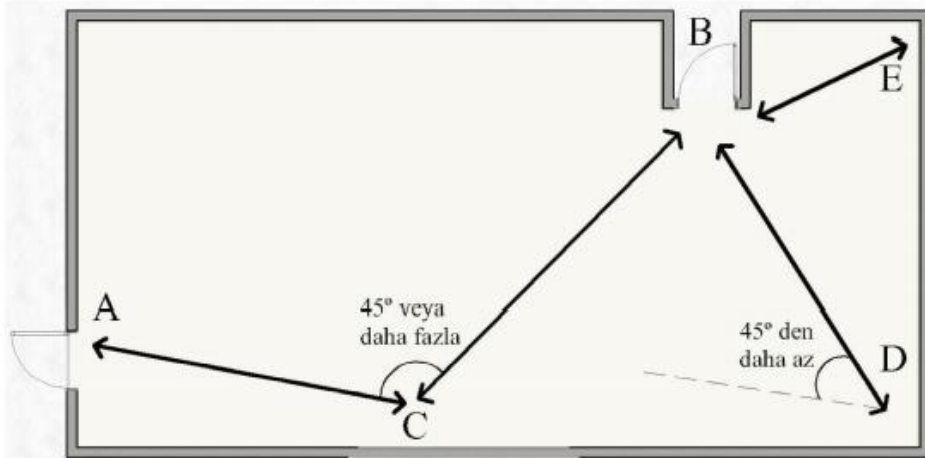
Yangın anında güvenli kaçışın sağlanabilmesi için kaçış yolları ve yangın merdivenlerinin tasarım aşamasında iyi planlanması gerekmektedir. Kaçış sisteminin oluşturan bileşenler;

- Çıkışa ulaşım (exit access)
- Çıkış (exit)
- Çıkıştan tahliye (exit discharge) oluşturmaktadır.

Çıkışa ulaşım: Kullanıcıların buldukları alandan çıkış noktasının başlangıcına kadar götüren öğeler çıkışa ulaşımın parçalarıdır. Bunlar; koridorlar, galeriler, odalar, balkon veya çatı verilebilir.

Çıkış: Kullanıcıları zemin seviyesinde dışarı açılan çıkış kapılarına veya zemin seviyesindeki güvenli ve korunmuş geçitlere yönlendiren rampa, yangın güvenlik holü, koridor, yangın merdivenleri ve kapılar yer almaktadır (Sunar, 2010: 61-62).

BYKHY' de tahliye yolu; bir yapının herhangi bir noktasından zemin seviyesindeki caddeye kadar olan devamlı ve engellenmemiş yol olarak adlandırılmaktadır. Kaçış yolu olarak tanımlanan bütün yollar ve merdivenler, güvenli bir kaçışı sağlamaları için yangın ve duman karşı korunmuş olmalıdır. Bu korunmuş yollar, genelde ikinci bir kaçış yolu olan yangın merdivenleri ile bütünleştirilmelidir. Binadan kaçış yollarının planlanmasında yeterli sayıda çıkış olmalı, yangın ve dumana karşı korunmuş olan merdiven ve asansör alanları yangının bir diğer kata geçmesini engelleyecek şekilde planlanmalıdır (İplikçi, 2006: 136).



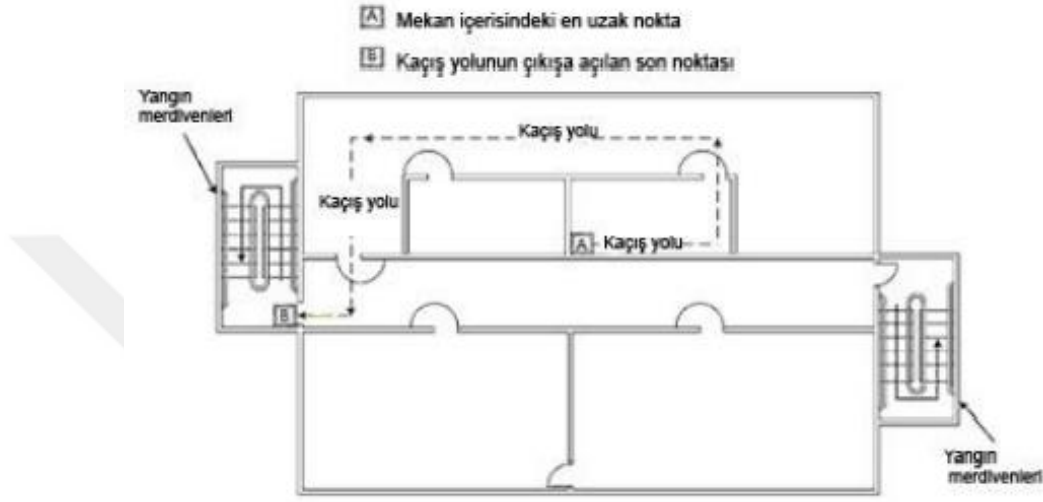
Şekil 2.19: Alternatif kaçış yolları

Kaynak: İplikçi, 2006

Yangın durumunda, bina içerisinde bulunan insanların yaşları ve sağlık durumları hareket yeteneklerini ve güvenli bir alana doğru ilerlemelerini etkilemektedir. Aynı zamanda, yüksek binalar insanların tahliyesini güçleştirmektedir. Kaçış yolu planlarında alternatif kaçış yollarının bulunması gerekmektedir (Şekil 2.19). Herhangi bir kaçış yolunun yangın ve duman sebebiyle kapanması durumunda diğer kaçış yolu insanların tahliyesini sağlamaktadır. Bir binadaki kaçış bütün güvenli çıkışları içine

almaktadır. Bir çıkış; merdivenler, koridorlar, kapı boşlukları, rampalar ve geçit yerleri gibi yatay ve düşey yollardan oluşabilir (İplikçi, 2006: 137).

Çıkışlar her kattaki mekan içerisinde en uzak noktadan, en yakın çıkış yoluna (rampa, merdiven, koridor, hol, kapı) olan maksimum uzaklık kaçış uzaklığı olarak belirtilmektedir (Şekil 2.20).

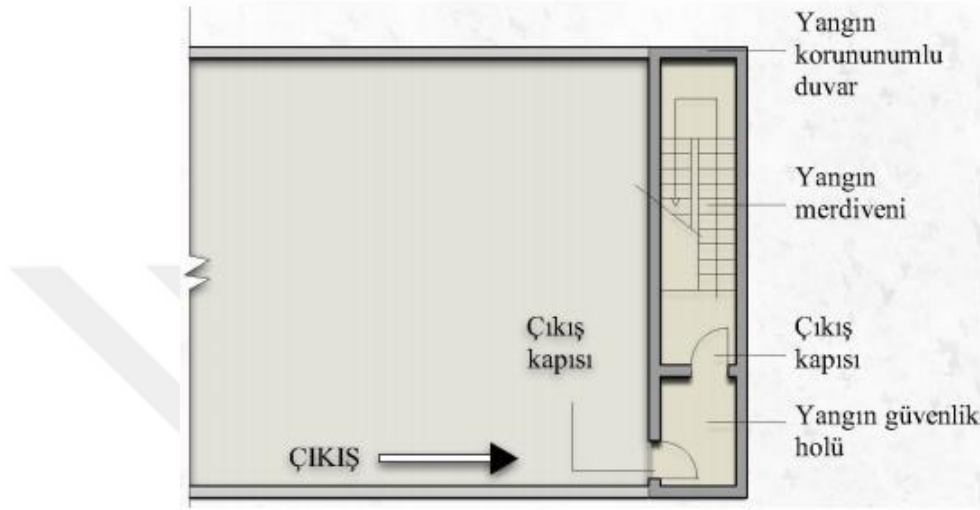


Şekil 2.20: Yangın merdiveni kaçış uzaklığının hesaplanması

Kaynak: Sunar, 2010

- Yangın merdivenlerinin devamlılık göstermesi gerekmektedir.
- Yangın merdivenleri yanıcı malzeme kullanılmayan bir hacim olarak hesaplanmalı ve yangına en az 120 dakika dayanıklı duvar ile en az 90 dakika yangına dayanıklı duman sızdırmaz bir kapı ile ayrılmaktadır.
- Yangın merdivenlerinin tasarım kriterleri:
 1. Her kata en fazla 17 basamak ile çıkılması ve en az 4 basamak aralıklarla sahanlıklar düzenlenmelidir.
 2. Sahanlığın genişliği ve uzunluğu merdiven genişliği kadar olmalıdır.
 3. Baş kurtarma yüksekliği en az 210 cm, sahanlıklar arası kot farkı ise en çok 300 cm olmalıdır (BYKHY, 2009).
 4. Basamakların ayak takılmasına sebep olacak engellerden arındırılmış, masif ve kaymaz yüzeylerden oluşmalıdır.
 5. Basamak genişliğinin en az 25 cm, riht yüksekliğinin 17,5 cm olması öngörülmektedir (Sunar, 2010: 71-72).

Yangın güvenlik holü, kaçış merdivenine dumanın yayılımını önlemek amacıyla yapılır. Kullanıcıların hareketini engellemeyecek şekilde en az 3 m² olması gerekir. Yangın güvenlik holündeki kapı ve diğer açıklıklar, bakım odaları, depo alanları ve kazan dairesi gibi alanlara açılmazlar. Yangın güvenlik hollerinin yapısal çevresinin (duvar-döşeme) korunmuş olması gerekmektedir (İplikçi, 2006: 152) (Şekil 2.21).



Şekil 2.21: Yangın güvenlik holü tasarlanması

Kaynak: İplikçi, 2006

2.4.3.4. Yangından Binanın En Az Hasarla Kurtulmasını Sağlama

Binanın yangından korunmasının esas amacı; taşıyıcı sisteminin güvenli olması ve belirli sürelerde ayakta kalmasının sağlanmasıdır. Kullanıcılara kaçış süreleri ve müdahale edenlere söndürme süresi sağlamak için binanın yapısal bütünlüğü korunmalıdır. Bu bağlamda taşıyıcı sistemde alınacak önlemler önemlidir.

Yapıların taşıyıcı sistemlerinde en az F30 – B2 sınıfı olmayan yapı elemanı kullanılmamalıdır. Yapı yüksekliği 60 m' ye kadar olan yapılarda yapı taşıyıcı sisteminin en az 60 dakika, daha yüksek yapılarda ise en az 120 dakika yangın dayanımı olmalıdır (Beyhan, 1999: 725).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

TAŞIYICI SİSTEM TÜRLERİ

Bu bölümde yurt içi ve yurt dışında yaygın kullanılan taşıyıcı sistemlerin (betonarme, çelik, ahşap, yığma) yapısal özellikleri araştırılıp incelenmiştir. Yapı tasarımında taşıyıcı sistem seçiminde dikkat edilmesi gerekli ölçütler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

Taşıyıcı sistemlerin belirli özellikleri olan seçim ölçütleri dikkat edilerek kullanıcılar tarafından göz önünde tutulan niteliklerdir. Farklı tür taşıyıcı sistemlerin karşılaştırılabilmesi için gerekliliği olan önemli ölçütlere değinilmiştir. Bunlar; Deprem güvenliği, yangın güvenliği, rüzgar dayanımı, dış koşullara dayanıklılık, yapım enerjisi, malzeme üretim enerjisi, kat sayısı, kullanılabilir iç hacim, değiştirilebilirlik, malzemenin yeniden kullanımı, geçilecek açıklıklar, söküp taşınma imkanı, işletme masrafları, dış görünüm, yapım maliyeti, yapım süresi, işçilik ve iş makinesi gereksinimi, kullanım ömrü gibi maddeler, taşıyıcı sistem seçiminde göz önünde bulundurulması gereken ölçütlerdir (Yıldırım, 2003: 31-46).

Mimari de yapı inşasına başlamadan önce tasarım aşamasından itibaren mimari proje süreci başlar. Yapının taşıyıcı sistemine de tasarım aşamasında karar verilir. Bu sebeple mimarlar, yapıya ve çevre koşullarına uygun strüktür sistemi ve malzeme seçimini de yaparak isteğe göre farklı sistem çözümleri bulup en ekonomik olanı seçebilirler. Bir yapının strüktür sisteminin tasarımında izlenen basamaklar şunlardır:

- Yapı formu (plak, çubuk sistem, kafes giriş, kabuk vs.) ve malzeme türü (çelik, betonarme, ahşap, yığma vs.)
- Taşıyıcı sistem şeması yapının formu ve malzemeye göre belirlenir.
- Yönetmeliklerden faydalanarak yapıya etki eden yüklerin cins ve şiddeti belirlenir.
- Taşıyıcı sistem elemanlarının kesitleri belirlenerek kesit tesirleri ve gerilmeler saptanır.
- Malzemelerin özellikleri, gerilmeler ve elastisite modülü gibi özellikler tespit edilir.

Yapıda oluşacak gerilmelerin emniyet gerilmesiyle kıyaslanarak, yeterli rijitliğin sağlanması kontrol edilir. Emniyet gerilmesi sağlanmıyorsa hesaplar yeniden yapılır (Yıldırım, 2003: 30)

Taşıyıcı sistemlerin yangına dayanıklı mimari yapı tasarımını sağlamak ve yapıyı oluşturan taşıyıcı sisteme uygun yangın güvenliğinin mimari tasarım aşamasında uygulanabilmesi için öncelikle yapının genel taşıyıcı özelliklerinin iyi bilinmesi gerekmektedir. Yapıyı oluşturan taşıyıcı sistemlerin özellikleri, yapısı, malzemeleri, türleri ve tiplerinin incelenmesi yapının yangın anındaki davranışını ve yangın güvenliğinin sağlanması açısından önemlidir. Bu bağlamda yapıya uygun taşıyıcı sistemin uygulanması ile birlikte mimari tasarımda yangın dayanımının pasif sistemlerle çözülmesi açısından en çok kullanılan sistemlere yer verilmiştir. Mimari de yoğun kullanılan 4 taşıyıcı sistem türü vardır. Bu sistemler çelik, betonarme, ahşap ve yığma sistemler olarak ele alınabilir.

3.1.Çelik Taşıyıcı Sistem

Çelik, diğer yapı malzemelerine göre hafifliği, yüksek dayanıklılığı, süneklik ve elastik yapısı gibi üstün özellikleriyle deprem bölgeleri ve birçok zemin sınıfları için kullanılabilir en iyi strüktürel yapı malzemesidir. Çelik yapı elemanlarının üretim ve montaj süreleri diğer yapı elamanlarına göre daha kısa sürmektedir ve böylelikle proje, inşaat ve maliyet giderleri en az seviyeye indirilir. Çelik strüktür yapı, kullanım alanı geniş olmakla birlikte diğer alternatif yapılara oranla ekonomik kazanç ve zamandan tasarruf sağlamaktadır. Çelik malzemenin mimari de kullanılmasıyla projelerde birçok çözüme imkan verilir aynı zamanda tasarımda da estetik ve güvenli kullanım ön plana çıkmıştır (İğın, 2016: 1). Diğer malzemelere göre sağlık ve çevre açısından zayıfatı en az, geri dönüşümü mümkün ve çevre kirliliğine yol açmayan malzemedir. Malzeme demonte özeliğine sahip olduğundan sökölüp, kurulma, küçültme, büyütme ve değiştirmeye imkan tanır, eritilerek yeni çelik elemanlar üretilebilir. Çelik strüktür elamanları fabrika ortamında gerekli uluslararası kalite standartlarına uygun biçimde ve üretim basamakları kontrol edilerek, hava şartlarından etkilenmeden seri bir şekilde kurulum gerçekleşir (Orhan, 2010: 2).

Çelik strüktür sistemler bu üstünlükleri sebebiyle; geniş açıklıklı köprüler, spor tesisleri, portatif ve prefabrik sistemler, endüstri yapıları, özel taşıyıcı sitem

yapılarında, zemini zayıf temellerde, yatay yüklere (deprem ve rüzgar) dayanıklı, çok katlı veya yüksek yapılar gibi geniş kullanım alanlarına sahiptir.

Çelik strüktür sistemden oluşan yapıların, aynı niteliklerde olan betonarme bir yapıya göre ortalama % 40-60 daha az kütleyle sahip olduğu gözlemlenmiştir. Yapının kütlesi ile deprem yükleri doğru orantılı olduğu için, çelik yapıya etkiyen yükler de azalmalar belirlenmiştir. Çelik malzeme şekil değiştirebilme özelliğiyle yapıdaki enerjiyi sönmülemenin yanında depremi en az hasarla geçirmeye imkan verir ve çelik yapılar depreme karşı da güvenlidirler (Orhan, 2010: 2-3).

Günümüzde değişen kullanıcı ihtiyaçları ve teknolojinin gelişimiyle çelik farklı estetik biçimlerde mimari ve mühendislik açısından uygunluğuyla ve çelik ömrü uzamasıyla ön plana çıkmaktadır.

3.1.1.Çelik Tanımı

Çelik; içeriğinde az oranda karbonla (%0.5-1.5) birleşmiş demirdir. Mekanik olarak işlenebilen, dövülerek, preslenerek, haddeden geçirilerek şekil verilebilen demir ve karbon alaşımlarına çelik denilmektedir. İçeriğindeki karbon miktarı arttıkça çeliğin sertliği ve mukavemeti artar. Çelik, su ilave edilerek ya da farklı madenlerle birleştirilerek sert bir hale getirilebilir. Çelik, demire göre daha sert ve hafif olup daha iyi işlenebilir. Çelik türlerinde bulunan ortak özellik belirli miktarda karbon ve manganez içermesidir. Çeliğin içerdiği karbon miktarı, karakteristik özelliklerini belirler (Hasol, 2008). Çelik alaşımında karbondan başka bakır, manganez, silisyum, fosfor, azot, krom, nikel, molibden ve vanadyum gibi elemanlar eklenerek yüksek kaliteli çelik üretilebilir (Zaimoğlu, 2009: 5). Ancak bu elementler arasında manganez ve vanadyum ısıya karşı hassas olup, dayanıklılığı artırır.

Çelik bileşiminde çeliğe farklı türde özellikler kazandırmak için karbon dışında diğer elementlerde kullanılmaktadır. Alaşımli çeliklere "özel çelik" denilmektedir. Bu elemanların çeliğe katılma amaçları şunlardır:

- Sertliği arttırmak,
- Mukavemeti arttırmak,
- Düşük ya da yüksek sıcaklıklarda mekanik özellikleri geliştirmek,
- Manyetik özellikleri arttırmak,
- Aşınma direnci sağlamak,

- Korozyon direncini arttırmaktır (Ünver, 2003: 12).

Çeliği oluşturan elementlerin oran olarak katkılarının tümü çeliğin kimyasal bileşimini oluşturur. Elementler çeliğin özelliklerini belirli oranda azaltma veya artırma yönelimine sahiptir. Herhangi bir çeliğin özelliğini incelemek için içeriğindeki maddeleri ayrı ayrı değerlendirip her bir elementin etkisini tespit etmek gerekir (Uysal, 2014: 5).

Yapısal çelik kristal özelliğe sahip, izotrop ve homojen bir yapı malzemesidir. İçeriğinde her yer ve doğrultuda fiziksel ve mekanik özellikleri aynıdır. Kristal sistem serbest ve sabit elektronlardan oluşmuş olup metallerin ısı ve elektriği iyi iletmelerini sağlamaktadır (Eren, 2014: 64).

Tarihi

Çelik tarihi, Avrupa da 18. ve 19. yüzyıllarda Sanayi Devrimi' nin meydana gelmesiyle makineleşme başlamış olup ilk olarak demir-çelik üretimi sağlanmıştır. İngiltere de ilk olarak başlayan Sanayi Devrimi, tüm Avrupa ve ABD' ye yayılmıştır. Teknoloji Devrimi olarak bilinen dönem, demir yollarının ve ulaşımın gelişmesini sağlamıştır. Demir ve çelik ham madde olarak kullanılarak ağır sanayinin gelişimi sağlandı. Ağır sanayi de üretim, Avrupa da güçlü ve yüksek düzeye gelmiştir.

Ham demirin 19. yüzyılın ikinci yarısında sıvı hale getirilip daha sonra arıtılmasıyla dökme çelik üretimine geçilmiştir. Elektrik fırınlarının 20. yüzyılın başından kullanılmasıyla beraber dökme çelik üretiminde seri artış görülmüştür. Bunun yanında sanayi devriminde çelik üretiminin de iyileştirilmesi ile ilkin demir ve sonra ise inşaat sektöründe çelik yapı elemanı olarak kullanılmaya başlanmıştır (Uysal, 2014: 7).

3.1.2.Çelik Malzemenin Özellikleri

Çelik yapı malzemesinin büyük kısmı ısıl işlemlere karşı hassastır. Kimyasal bileşimin yanında uygulanan ısıl işlemlerden sonra istenilen mekanik, sertlik, elektriksel ve fiziksel özellik, korozyon ve yüksek sıcaklığa dayanım özelliklerine getirebilir (Uysal, 2014: 7).

Çelik yapı malzemesinin yangın anındaki davranışını belirlemek amacıyla malzemenin yüksek sıcaklık altında mekanik ve termik özellikleri aşağıda incelenmiştir.

Çeliğin Mekanik Özellikleri

Çelik yanmaz bir malzemedir ve yangın yükü bulunmamaktadır. Ancak yangın anında yüksek sıcaklık nedeniyle mukavemetini kaybeder. Bunun yanında etkileyen diğer faktörler, ortam sıcaklığı, çelik yapı elemanının görevi ve taşıdığı yüküdür. Çeliğin gerilme sınırlarını belirleyen içindeki sıcaklıktır. Bunun sebebi ise çelik yüksek bir iletkenlik katsayısına sahiptir. Çelik içeriğindeki yapıya göre ısıyı farklı iletir. Bir yerdeki ısıyı daha soğuk bir yere hızlı olarak iletirler. Bu özelliği sıcaklık kapasitesiyle birleştiğinde ısı kalkanı gibi çalışmaya başlar. Çelik, sıcaklığı diğer soğuk bölgelerine iletirken geçen süre, kritik sıcaklığa erişimi geciktirir. Bu sıcaklık hareketleri ile çelik yapı elemanın yüzey alanı ve kütlesi bu hareketleri etkileyen unsurlardır. Kalın ve ağır kesitler, hafif ve ince kesitli çelik yapı elemanlarına göre daha fazla yangın dayanımına sahiptir. Yangın yalıtımı yapılmayan, ince kesitli kiriş ve makaslarda 5 veya 10 dakika sürede çökme oluşabilir (Özkan, 2002: 39).

3.1.3.Çelik Sistem Türleri ve Tipleri

Mimari de açıklık, yatay taşıyıcı yapı elemanının mesnetler arasındaki mesafe olarak adlandırılmaktadır. Geleneksel sistemlerle geçilemeyen açıklıklara, büyük açıklıklı yapılar denilmektedir. Açıklığın geçilebilmesi ise yapıda kullanılan malzeme ile belirlenir. İşlevsel olarak geniş açıklıklı mekan gerektiren yapılar olarak; spor kompleksleri, depo binaları, endüstri binaları, sergi holleri, sinemalar, tiyatrolar ve uçak hangarları vs. bulunur. İnşa edilen her bir yapı ayrı olarak kullanım amacına yönelik planlanır ve uygulanır. Tasarım olarak kriterlerin tümünü dengelemek gerekmektedir.

Büyük açıklıklı çelik yapılarda statik sistemin seçiminde birtakım etkenlerin göz önünde tutulması gerekmektedir. Bunlar;

- Geçilmesi istenen açıklık,
- Yapı yüksekliği,
- Zemin şartları,
- Deprem ve yatay kuvvetler,

- Tesisat sorunları,
- Doğal aydınlatma (Eren, 2014: 81).

Yapısal çeliğin kullanım alanı geniş olmakla birlikte malzemenin avantajlarının fazla olması, az veya çok açıklık geçebilmesi gibi olanaklarıyla birçok yapıda çözüm olarak çelik strüktür sistem türleri uygulanmaktadır. Bu sebeple az katlı, çok katlı ve büyük açıklıklı tüm çelik strüktür türleri ve tiplerinin özellikleri, geçilebilecek açıklıklar, çizimleriyle birlikte şematik olarak belirtilmiştir.

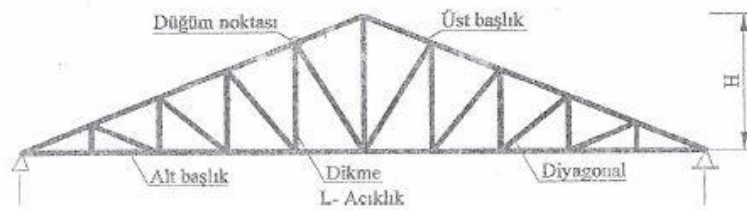
Genel olarak çelik strüktür türleri ve tipleri 3 grupta incelenebilir. Bunlar;

- Çubuk Sistemler
- Yüzeysel Taşıyıcı Sistemler
- Kablolu(Asma) Sistemler olarak sıralanabilir.

1. Çubuk Sistemler

Uzunluğu diğer boyutlarına oranla büyük olan çubuk elemanlardan oluşan sistemlere çubuk sistemler denir. Çubuk sistemler çubuk elemanlardan meydana gelen taşıyıcılık bakımından tek boyutlu sistemlerdir. Bu sistemler, ağırlık merkezinden geçen doğru veya eğri ekseni ile adlandırılırlar (Öğüt, 2006: 57).

Çubuk sistemler yük dağılımları bakımından tek yönlü çalışan(yük aktaran) ve iki yönlü çalışan(yük aktaran) olarak iki grupta incelenmektedir.



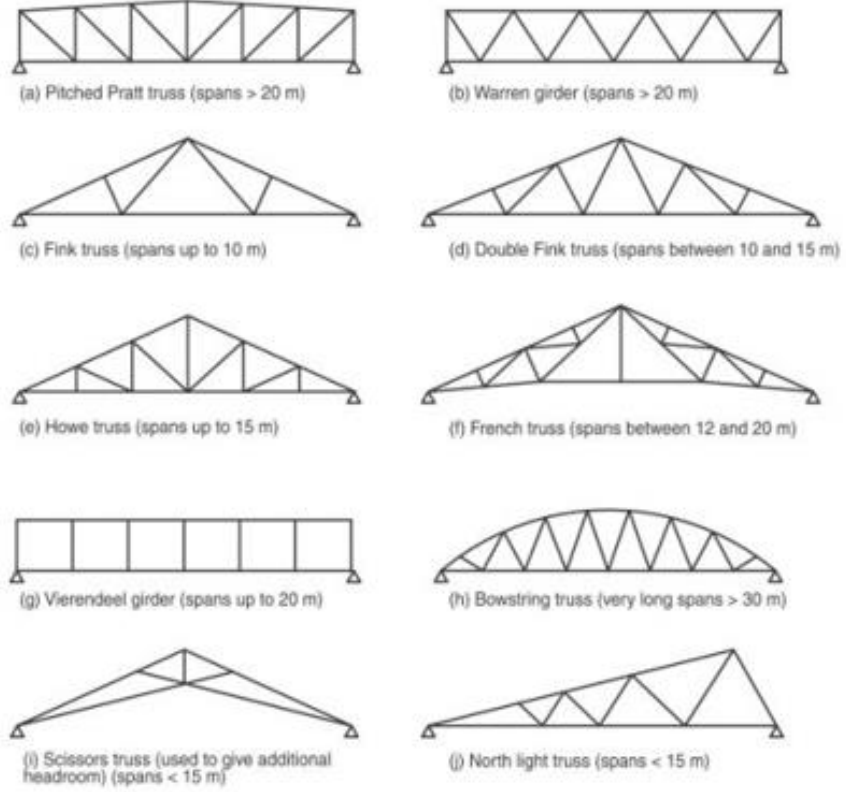
Şekil 3.1: Düzlem kafes kiriş

Kaynak: Öğüt, 2006

- **Tek Yönlü Çalışan Çubuk Sistemler**

Tek yönlü çalışan çubuk sistemler başlıca 6 alt gruba ayrılırlar. Bu gruplar aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Çerçeve Sistemler,
- Kolon-Kiriş Sistemler,
- Portal Çerçeve Sistemler,
- Kemer Sistemler,
- Düzlem Kafes Kirişler,
- Özel Geometrik Çerçeve.



Şekil 3.2: Kafes sistem tipleri

Kaynak: Ögüt, 2006

- **İki Yönlü Çalışan Çubuk Sistemler(Uzaysal Sistemler)**

İki yönlü çalışan çubuk sistemler uzay kafes sistemler olarak adlandırılırlar. Uzay kafes sistemler düz çubuklar ve mafsallı düğüm noktalarından oluşan üç boyutlu taşıyıcı sistemlerdir. Hasol' un tanımına göre, "Uzaysal strüktürler çok büyük açıklıkları örtmek amacıyla yapılan, tüm elemanların birbirine bağlı olduğu, her doğrultuda bir bütün halinde çalışan üç boyutlu kafes" dir (Türkçü, 2017: 293).

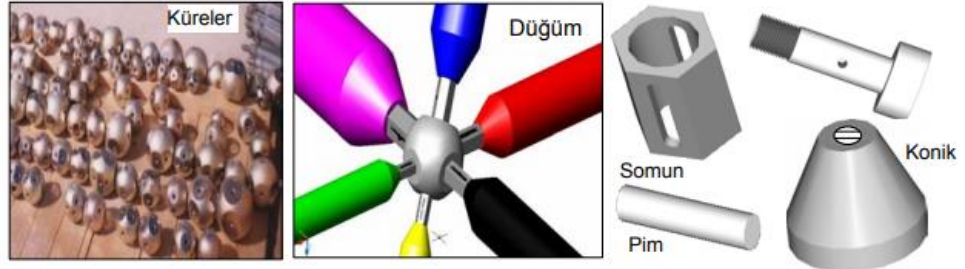
Uzay strüktürlerin; spor salonları, yüzme havuzları, sanayi tesisleri, depolar, fabrikalar, tribünler, tiyatro ve opera yapıları gibi kullanım alanı geniştir. Uzaysal sistemlerin amacı örtülen alanın ekonomik olarak örtülmesi ve uygulanan malzemeden de en yüksek verim elde etmektir. Taşıyıcı ana elemanlarının küçük olması, taşınabilirliği, montajında özel işçilik ve ekipman gerektirmemiş olması avantajlarıdır. Tek doğrultulu sistemlerden daha pahalıdır, ancak geçilen açıklık 20m' den fazla olduğunda ekonomik olmaktadır. Uzaysal kafes sistemlerin avantajları şunlardır;

- Hafiftir,
- Rijittir,
- Montajı basittir,
- Nakliye işlemi kolaydır,
- Kolay sökülebilir, taşınabilir.
- Şantiye ortamında yapımı kısadır.
- Üç boyutlu ve hafif olması sebebi ile geniş açıklıklar küçük yüksekliklerle geçilebilir.
- 100m kadar açıklıklar kolonsuz geçilerek esnek hacimler yapılabilir.
- Uzay sistem aralarından, havalandırma kanalları, klima kanalları, tesisat ve elektrik boruları geçilebilir.
- Uzay kafes sistemler ile tonoz, piramit, düz çatı ve daha farklı formlu yapılar inşa edilebilir. (Eren, 2014: 148).

Uzay kafes sistemler yapının bulunduğu şantiye sahasında değil, endüstriyel olarak projeye uygun fabrikada üretilmektedir. Böylece yapı bileşenleri endüstrileşmiş bir seri üretim ile hızlı ve ekonomik olarak elde edilmektedir. Uzun süreli kurulan şantiye ve giderlerin açığa çıkmasını bu endüstrileşmiş yapım önlemektedir. Şantiye sahasında sadece montaj yapılmaktadır. Montajın hızlı yapılması, şantiye ve çalışma alanının giderleri gibi masrafları ortadan kaldırır. Uzay kafes sistemin kurulumu parçaların

birbirine bağlanarak bir somun aracılığıyla sıkıştırılmasıyla oluşmaktadır. İnşaatı kısa süren ve hızlı kurulan bu sistemler, uzun süre ara verilmeden tesislerini yenileyen işletmeler için avantajlı bir inşaat yöntemidir (Doğan, ve ark., 2007: 179). Uzay kafes sistemler yapımında basit prefabrike bileşenler ile kurulurlar. Bu bileşenler;

- çelik çubuklar(boru elemanlar),
- düğüm noktaları(küre elemanlar),
- cıvata ve somunlar(bağlantı elemanları)'dır(Şekil 3.3) (Savaşır ve Tuğrul, 2014).

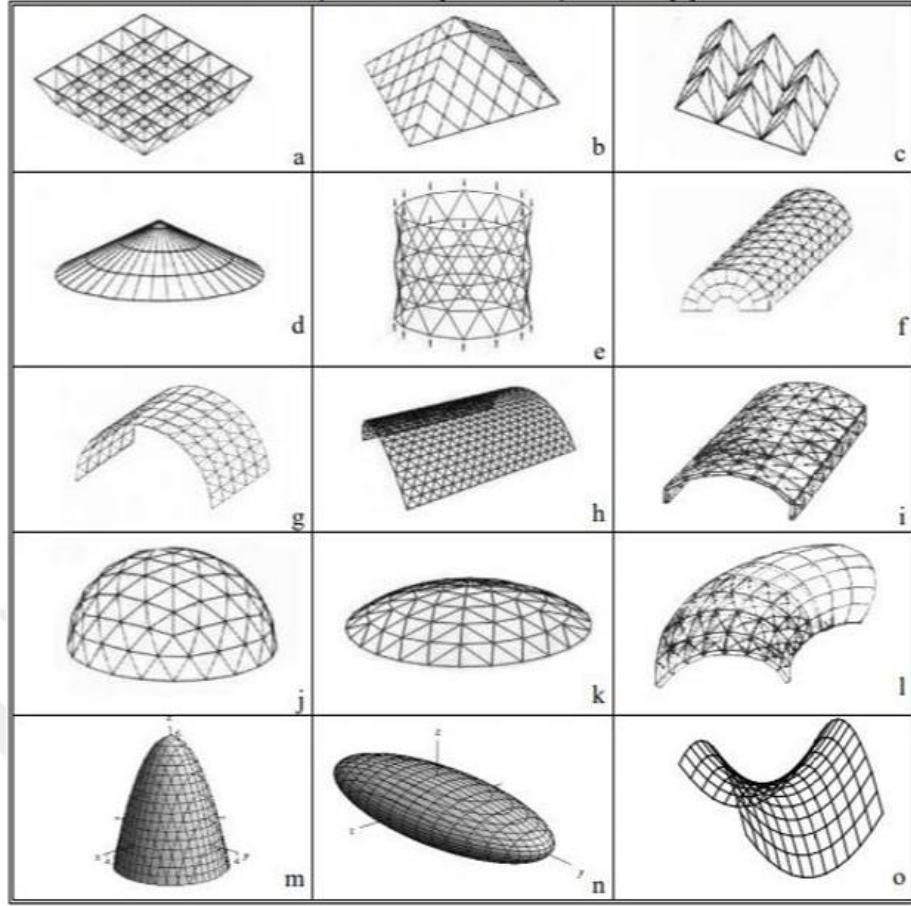


Şekil 3.3: Uzay kafes sistem düğümünde kullanılan bileşenler

Kaynak: Doğan, ve ark., 2007

Uzay kafes sistemlerle düzlem yüzeyle, piramidal ve prizmatik şekilli eğriliği olmayan yüzeyler oluşturabilirken; tek yönlü eğriler olan silindir, tonoz ve konik yüzeyler oluşturulabilir. Bu tip biçimlenişlere bağlı olarak uzay kafes sistemler; düzlemsel yüzeyle, tonoz ve kubbe (hiperbolik) sistemler olarak 3 alt gruba ayrılırlar.

Uzay kafes sistemlerden oluşabilecek geometrik formlar aşağıda gösterilmiştir. Bu geometrilerin birden fazlası tek bir yapıda birleştirilebilir.



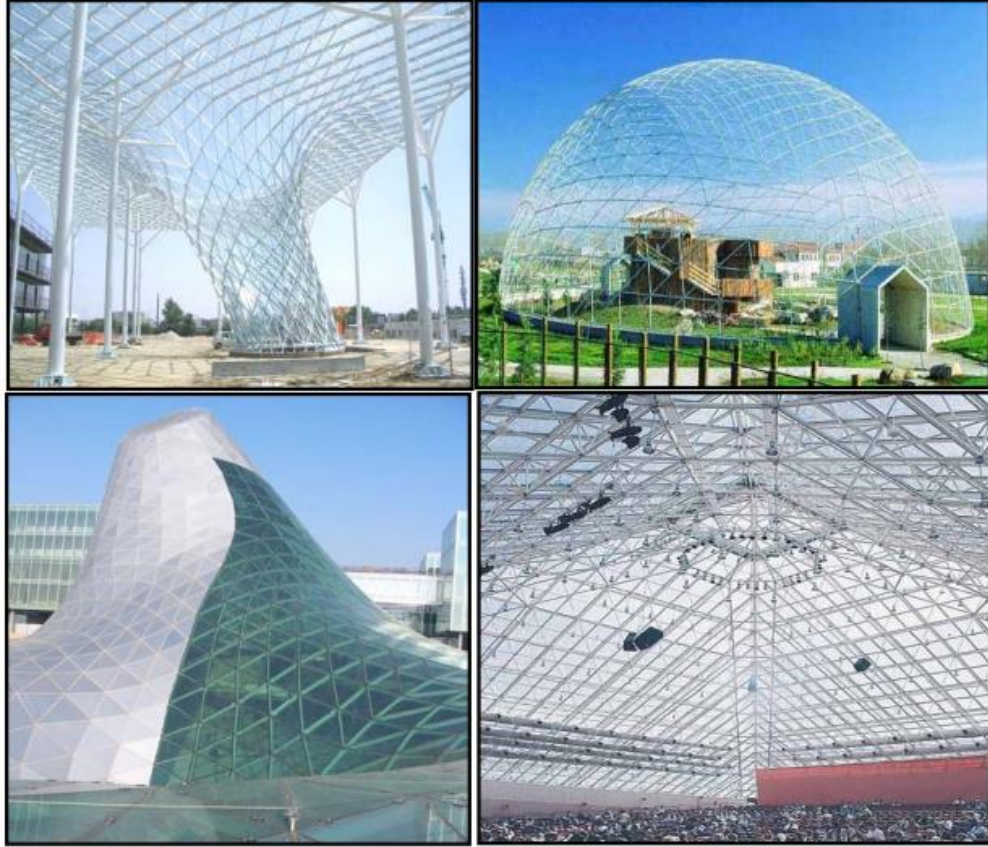
Şekil 3.4: Uzak kafes kirişlerin strüktür geometrik tipleri

Kaynak: Savaşır ve Tuğrul, 2014

Gerekli tasarım ve mühendislik hesaplamaları yapılması durumunda, uzak kafes sistemler her yükü taşıyabilmektedir. Uzak kafes sistemler büyük açıklıkların geçilmesi için en uygun sistemdir. Yapım aşamasında iskele kurulumuna ihtiyaç duyulmaması için genel olarak zemin kotunda kurulmakta ve farklı tekniklerle yerlerine monte edilmektedirler. Bu özellikler, uzak kafes strüktürlü yapıların yapım sürecini ve maliyetini azaltmaktadır (Doğan, ve ark., 2007: 176-178).

Uzak kafes sistemleri diğer yapı sistemlerinden ayıran en büyük özellik montajlanan yapı bileşenleri sökülerek farklı bir yerde kullanılabilir. Bu durum betonarme için geçerli değildir. Uzak kafes sistemler de ise, yapı bileşenleri modüler olup, kolayca sökülerek farklı bir yerde yeniden kurulabilmektedir. Bu sebeple, kalıp ve iskele masrafı olmadan, inşaatın hızla bitirilmesi ekonomik kazançtır (Doğan, ve ark., 2007: 179).

Çelik malzemede de en hafif ve hiperstatik çözüme sahip uzay kafes sistemlerdir. Uzay kafes sistemler yüksek düzeyde hiperstatik sistemlerdir. Sistem de elemanlar eğilmeye zorlanmadığından, geniş açıklıkların geçilmesinde yapısal güven sağlanmaktadır. Uzay kafes strüktürler hafiftir. Bu nedenle, temele oturan yapı sistemlerinin boyutları, gelen sabit ve hareketli yükler hafif olduğundan küçük olmaktadır. Ağırlık ile deprem etkisi doğru orantılı olduğundan, bu hafif sistemler depremden daha az etkilenir. Betonarme sistemlerine göre daha sünek ve elastik özelliğe sahiptir. Çelik yapı malzemeleri; üretim, dağıtım ve kullanımı arttıkça ucuzlayarak, diğer yapı malzemelerine kıyasla daha ekonomik olarak kullanılabilirdiği alanlar bulunmaktadır. Yapıda açıklık mesafesi büyüdükçe çelik kullanımı daha ekonomik olmaya başlamıştır (Doğan, ve ark., 2007: 179).

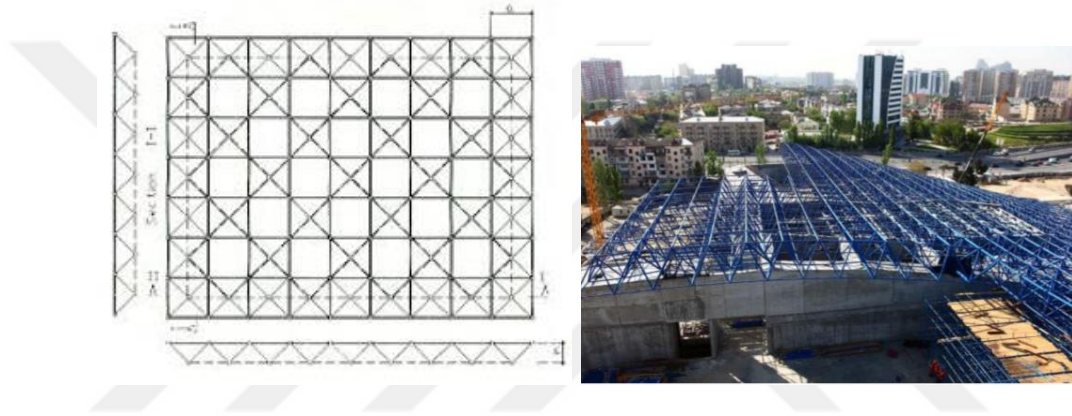


Şekil 3.5: Farklı tipte uzay kafes sistemler

Kaynak: Doğan, ve ark., 2007

Düzlem Yüzeyle Uzay Kafes Sistemler

Düzlem yüzeysel sistemlerin temel modülü üçgen, dikdörtgen ya da altıgen piramitlerdir. Ancak, sistemin kurulması ve çalışabilmesi için bu piramitlerin tepe noktalarının birbirlerine rijit bağlanması gerekmektedir. Düğüm noktaları sistem çözümlerinde mafsallı uygulanır. Bu sistemlerde bir düğüm noktasında aynı düzlemde olmayan en az 3 çubuk ile birleşmelidir. Düzlem kafes sistemlerde ise bir düğüm noktasında en az 2 çubuk birleşir ve birleşen çubuklar arasında kalan alanlar kesinlikle üçgen olmalıdır. (Eren, 2014: 152-153).

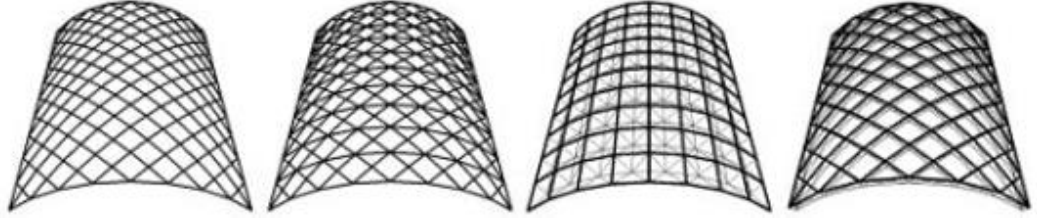


Şekil 3.6: Düzlem yüzeyle uzay kafes sistem

Kaynak: Eren, 2014

Tonozsuz Uzay Kafes Sistemler

Tonoz oluşumları kemerlerin ötelenmesi ile meydana gelen yapısal elamanlardır. Tonoz etkiyen yükleri mekan içinde ileterek zemine aktarır, her dönem aktif olarak kullanılır ve geniş açıklıklı mekanların geçilmesi ile uygulama alanı yaygındır. Tonoz yüzeylere eğriliğini veren doğru yayıdır. Bu sistemlerde yayın aldığı isimlere göre uzay kafes sistemler; çember, parabol ve elips yaylı tonoz sistemler olarak 3 farklı şekilde elde edilebilmektedir (Eren, 2014: 162-165).

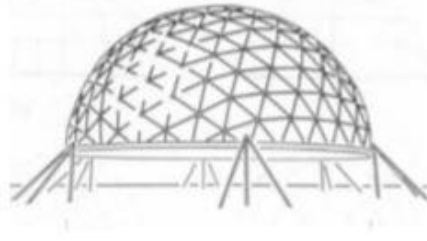


Şekil 3.7: Tonozsalsal uzay kafes sistemler

Kaynak: Eren, 2014

Kubbesel Uzay Kafes Sistemler

Kubbesel uzay kafes sistemler de yükler mekan içinde iletilerek oluşturulan hafif sistemlerdir. Büyük açıklıklar geçilerek geniş kullanım alanı sağlar. Kubbe oluşumları tek ya da iki tabakalı olarak uygulanırlar. Kubbesel sistemlerin mafsallı çubukla birleşmeleri stabil olmadığından düğüm noktalarında rijitlik sağlanmalıdır. Tek tabakalı kubbelerin geçtiği açıklık 100 m' ye kadar kullanılabilir. 100 m' den fazla açıklık gereken yerlerde ise çift tabakalı kubbeler kullanılır (Eren, 2014: 169).



Şekil 3.8: Kubbesel uzay kafes sistemler

Kaynak: Eren, 2014

2. Yüzeysel Taşıyıcı Sistemler

Yüzeysel taşıyıcı sistemler; kalınlık boyutları diğer yüzeylerine oranla çok küçük olan sistemlerdir. Örtü sistemlerinin hafifliği temellerde ekonomiklik sağlamaktadır.

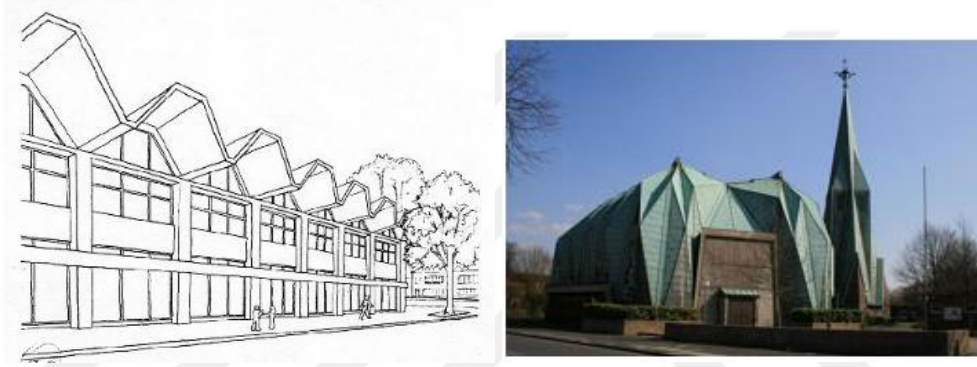
İki boyuttan oluşan bu sistemler düzlem yüzeyli ve eğri yüzeyli olarak 2 grupta incelenmektedir.

- **Düzlem Yüzeyle Taşıyıcı Sistemler**

Düzlem yüzeyle taşıyıcı sistemlerin kalınlıkları, uzunluk ve genişliklerine oranla çok küçük olan sistemlerdir (Öğüt, 2006: 70).

Plak Sistemler

Düzlem yüzeyle taşıyıcı sistem olan plak sistemler uzunluk ve genişliklerine oranla kalınlığı çok küçük olan sistemlerdir. Örneğin; katlanmış plaklar(Öğüt, 2006: 70).



Şekil 3.9: Katlanmış plak örneği (St. Paulus Weckhoven Kilisesi)

Kaynak: URL-3

Katlanmış plaklar; tek plak ile geçilebilen geniş açıklıklı sistemlerde taşıyıcı olarak plak kalınlığının artması gerekmektedir. Plak kalınlığının artması ise sistemde ağırlık ve maliyeti artırır. Bu sebeple hafifliği sağlamak ve maliyeti azaltmak amacıyla yüzeysel sistemler birbiri üzerine katlanarak ve farklı formlar oluşturularak kullanım alanı yaygınlaşmıştır.

Katlanmış plaklar düzlemsel yüzeylelerin belirli bir açı ile birleştirilmesiyle oluşturulan hacimli taşıyıcı sistemlerdir. Katlanmış plaklar genellikle, fabrikalar ve depo binaları gibi geniş açıklık geçilen yapılarda kullanılmaktadır. Sisteme uygun olarak kullanılan malzemeler metal, plastik veya betonarme olup geçilebilen açıklık 50 metreye kadar uygulanabilir.

- **Eğri Yüzeyle Taşıyıcı Sistemler**

Yüzeysel taşıyıcı sistemlerden olan eğri formlu taşıyıcı sistemlerin katlanmış plaklardan farkı bu sistemlerin eğrisel form da olabilmesidir. Eğri yüzeyle taşıyıcı sistemler kabuk sistemler ve şişme(pnömatik) sistemler olarak iki grupta incelenmektedir.

Kabuk Sistemler

Kabuk sistemler; iki boyutu kalınlığından çok büyük, taşıma ve örtme işlemini aynı zamanda gören, dış kuvvetlere karşı kabuğun orta çizgisine teğet aksel kuvvetlerle direnen, tek ya da çift eğrilikli hacimsel taşıyıcı sistemlerdir (Türkçü, 1990: 54). Kabuk sistemlerin katlanmış plaklardan farkı eğriselliği sebebiyledir.

Geniş alanları ekonomik ve ara mesnetsiz örtmek amacı ile kullanılan sistemlerdir. Belirli alanı örtmek için gerekli elemanlar örtü elemanları ve taşıyıcı elemanlardır. Taşıyıcı elemanlar ile örtü elemanlarının birleştirilmesi ile kendini taşıyabilen yapılar oluşturulur. Bu bağlamda kompozit ve betonarme malzemeli kabuklar önemli bir gruptur. Kabuklar hafif sistemler olup çatılar ve temellerde maliyet açısından fayda sağlamaktadır. Örtü elemanlarına özel form verilerek taşıyıcı elemanlara gerek kalmamıştır. Yapılar hafif ve zarif bir görünüme sahip olup estetiklik ön plandadır. Dezavantaj olarak maliyeti yüksek olan kalıp masraflarına ihtiyaç duyulmasıdır. Örtü elemanları genellikle eğri yüzeylelerden oluşur ve kalıpların hazırlığı dikkatli ve titiz bir şekilde yapılmalıdır (Güler, 2011: 44).



Şekil 3.10: Kabuk Sistem örnekleri

Kaynak: URL-4

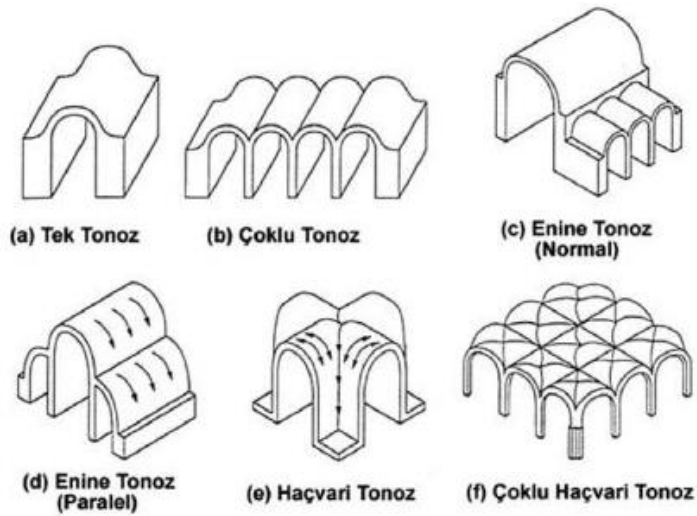
Kabuk sistemlerin eğrilik, sertlik ve incelik olmak üzere belirgin 3 temel özelliği vardır. Eğrilik; kabuk sistemde dış kabuk (örtü tabakası) eğri bir yüzeydir. Bu kabuk yüzeyleri tek ya da çift eğrilikli olabilirler. Sertlik(rijitlik); dış kabuğun malzemesi serttir, her bir noktada aynı sürekliliği ve teknik özelliği gösterir. Kabuk malzeme olarak rijit ve homojen özellikte olup, eğilmeye karşı dayanıklıdır (Güler, 2011: 48).

Kabuk sistemler için uygun olan malzemeler seçilirken basınç, çekme ve kayma gerilmelerine dayanıklı malzemeler ön planda tutulmalıdır. Bu özelliklere sahip olan ve kabuk sistemlerde en yaygın kullanılan malzemeler betonarme, ahşap levhalar, cam elyaf takviyeli beton, metal saclar, takviyeli plastik malzemeler olarak bilinmektedir. Betonarme malzeme kabuk sistem yapımı için en uygun malzemedir. Beton basınca dayanıklı olup istenilen şekle ve kalıba dökülebilir. Betonarme kabuklar geniş açıklık geçmek için uygundur (Güler, 2011: 53-54).

Tek Eğrilikli Kabuk Sistemler

Tek eğrilikli yüzey örneklerine çeşitli silindir yüzeyler örnek verilebilir. Örneğin eliptik, dairesel ve parabolik silindir (Güler, 2011: 75). Bir kemerin düzlemine dik doğrultuda ötelenmesi ile oluşan tonoz yapılar, tek eğrilikli kabuk sistemlere örnek olarak incelenebilir.

Tonoz yapı elemanlarının açılma ile deformasyona uğramaması amacıyla kabuk kenarları temele monte edilebilir ve gergi elemanları ile bağlanabilir. Kabuk yüzeyleri ise katlama yapılararak güçlendirilebilir (Türkçü, 1990).



Şekil 3.11: Yüzeysel tonoz kabuk örnekleri

Kaynak: URL-5

Çift Eğrilikli Kabuk Sistemler

Çift eğrilikli sistemler ile betonarme kabuklar gibi kalıp yapımı zor ve pahalı olan taşıyıcı sistemler için maliyeti düşürücü olarak avantajlı kabuk sistemlerdir. Tek eğrilikli yüzeylere göre kalıp yapımı daha kolay olup, taşıyıcılık açısından daha dirençli ve uygun maliyet ile yapılmaktadır (Güler, 2011: 77).

Kabuk sistemlerin formlarına göre gelen yükleri taşıma kabiliyetleri de belirlenmektedir ve çift eğrilikli kabuk, tek eğrilikli kabuktan daha dayanımlıdır. Avrupa standartlarına göre betonarme kabuk yapımında minimum kalınlık tek eğrilikli kabuklarda 5 cm, çift eğriliklerde 4 cm' den az olmamalıdır (Türkçü, 1990).

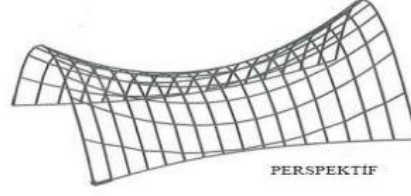
Eş Eğrilikli Kabuk Sistem: Eş eğrilikli kabuk oluşumları ötelenme ile meydana gelen paraboloid yüzeylerdir. Paraboloid yüzeyler, iki parabol eğrisinin birbirleri üzerinde ötelenme hareketi yapması ile oluşmaktadır. Eliptik paraboloid, yönü aşağı doğru duran bir parabolün aynı yönde duran bir parabol üzerinde ötelenmesi ile oluşur (Güler, 2011: 75).



Şekil 3.12: Olimpik stadyum - Atina

Kaynak: URL-6

Ters Eğrilikli Kabuk Sistem: Ters eğrilikli kabuk oluşumları ötelenme ile meydana gelen hiperbolik paraboloid yüzeylerdir. Hiperbolik paraboloid yüzeyler, iki parabol eğrisinin birbirleri üzerinde ötelenme hareketi yapması ile oluşmaktadır. Hiperbolik paraboloid, yönü aşağı doğru duran bir parabolün buna ters yönde sarkan bir parabol üzerinde ötelenmesi ile oluşur. Ters eğrilikli yüzeylere semer adı da verilmektedir (Güler, 2011: 76).



Şekil 3.13: Hiperbolik Parabolit

Kaynak: Güler, 2011: 76



Şekil 3.14: ADM havaalanı giriş projesi

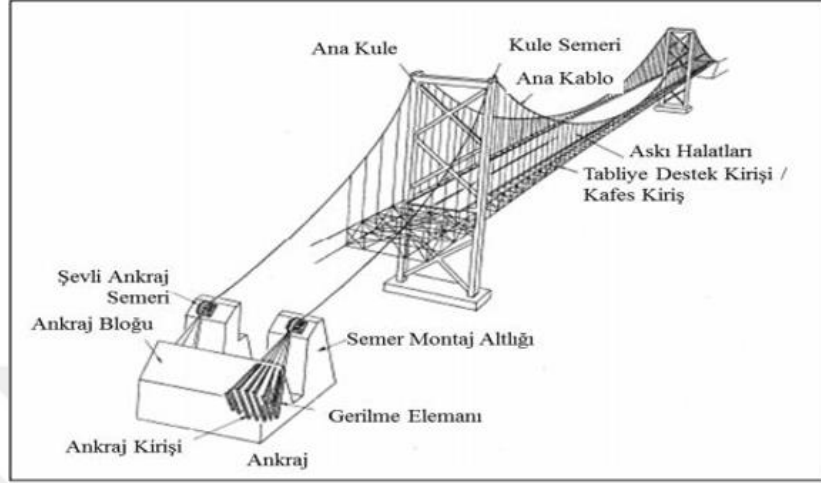
Kaynak: URL-7

1.Kablolu(Asma) Sistemler

Yapının ana yüklerinin, ankraj noktaları arasına gerilen çekme elemanları (halat, kablo vb) tarafından taşındığı taşıyıcı sistemlerdir. Kablo sistemlerin taşıyıcı sistemleri sadece çekme gerilmesinden etkilenmektedir. Çelik basınca ve çekmeye dayanıklılığı ve profil olarak rijit özelliği ile yapı elemanı olarak kullanılabilir. Kablo taşıyıcılı sistemler, çok sayıda kablonun farklı formlarda düğüm noktaları ile birleştirilerek tek, çift ve çok yönlü eğrilikli ayırık yüzeyler oluşturduğu ve yalnızca çekmeye çalışan taşıyıcı sistemlere kablo sistemler denilmektedir (Türkçü, 2017: 202).

Kablo çatı strüktürlü yapılarda rüzgarın kaldırma gücü ile sistem deforme olabildiğinden tasarım yapılırken rüzgar etkisi dikkate alınmalıdır. Kablo askılı sistemlerde çatının sisteme asılması bir dikme ile çelik kablolar aracılığıyla yapılmaktadır. Büyük açıklıklı sistemlerde çelik gibi dayanıklı malzeme ve membran kullanılarak asma sistemler uygulanmaktadır. Asma strüktürler, membran strüktürler, kablo strüktürlü çatılar ve kablo alanlarının tümü çekmeye çalışan sistemlerdir. Kablo sistemlerin avantajları; hafiflik, montajı basit, ekonomik, çok geniş açıklık geçebilme, basit ve etkili strüktürlü olmalarıdır. Kablo sistemlerin kullanıldığı alanlar; kablo taşıyıcılı köprüler, tren istasyonları, spor yapıları, havaalanları, geniş açıklık salonlar, tribünler, saçaklar olarak bilinmektedir. Kablo sistemler; askılı strüktürler, kablo ağlar

ve membran, kablo destekli çatılar gibi birçok farklı sistemi kapsar. Kablolu sistemlerde çatı membranı betonarme plak ya da uzay kiriş olabilir. Kablolar ana taşıyıcı eleman olabildiği gibi yardımcı taşıyıcı eleman işlevinde de görülebilir (Eren, 2014: 175).



Şekil 3.15: Asma köprülerde köprü elemanları

Kaynak: Gökmen, 2015

Asma köprüler, kulelere askı kabloları aracılığıyla tabliyeye bağlanan ana kabloların zemine ankrajlanması ile kurulur. Kuleler üzerinde bulunan mesnetlerde serbest hareket eden ana kablolar tabliyenin yükünü taşımaktadır. Köprü tabliyesine ana kablolar uzunluğunca askı kabloları bağlanır. Tabliyeye etkileyen yükler, askı kabloları aracılığıyla ana kablolarına; ana kablolarına etkileyen yükler ise kulelere geçerek zemine ve temele iletilir. Asma köprü elemanları Şekil 3.18' de görülmektedir (Köse, 2019: 25).



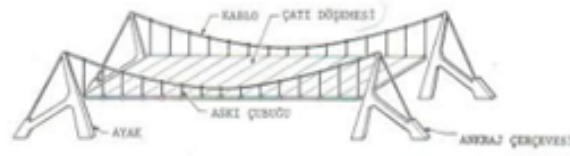
Şekil 3.16: Köprü örnekleri

Kaynak: URL-8 / URL-9

Kablo sistemler taşıyıcı kablo yapılarına göre 3 grupta sınıflandırılabilir.

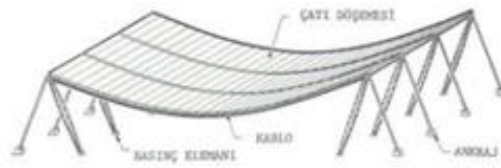
- **Tek Kablo Sistemler**

Sabit noktalar arasına asılan kablolardan oluşan tek katmanlı düzenlemelere tek kablo sistemler denilmektedir. Kablonun geometrik formu, iç kuvvetler ve dış etkiler tarafından belirlenir. Çelik kabloların paralel sıralar biçiminde sıralanması ve sabit noktalara asılması tek eğrilikli ve silindir yüzeyler oluşturulur. Asma köprüler, yüksek gerilim hatları ve teleferik tek kablo örnekleridir (Türkçü, 2017: 215-219). Tek kablo sistemlerin üzerine plaklar, düz kirişler veya membran malzemeler örtülebilir. Tek kablo sistemlerde 45m-90m arası açıklık geçilebilir (Eren, 2014: 179). Tek kablo sistemler dikdörtgen formlu yüzeyleri örtmek amacıyla kullanılır ve paralel dizilme ile tonoz yüzeyler oluşturulur (Öğüt, 2006: 71).



Şekil 3.17: Tek eğimli sistem

Kaynak: Eren, 2014



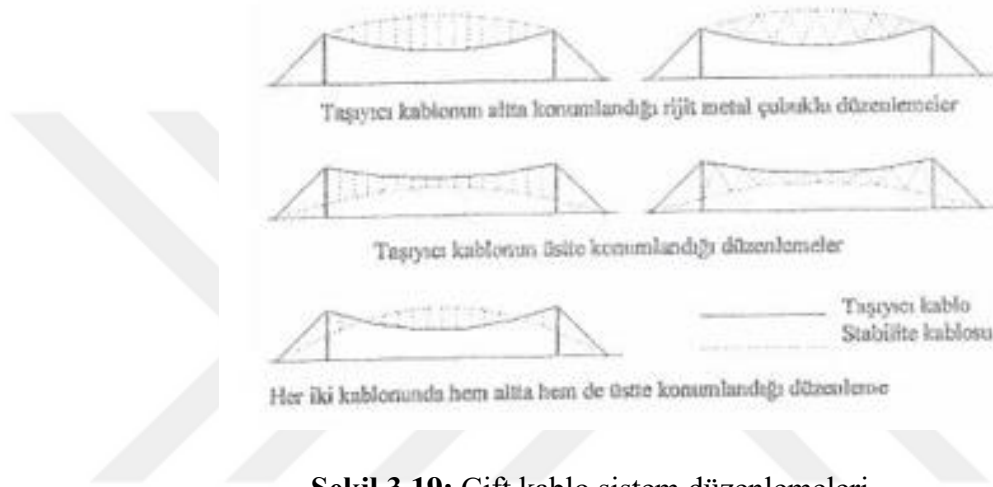
Şekil 3.18: Kabloların çatıda birleşimi

Kaynak: Türkçü, 2017

- **Çift Kablo Sistemler**

Tek kablo sistemlerin rüzgar etkisi ile hareketli yüklerin oluşturduğu dalgalanma eğilimi ve ağır çatı kaplaması gerektirdiğinden çift kablo sistemler geliştirilmiştir. Sistemin mesnetlenme şekli gibi özellikleri ile statiksel ve geometrik formlarla da benzerlik taşımaktadır. Çift kablo sistemler aynı düzlemde olan ve eğrilikleri birbirine

zıt olan iki tür kablodan oluşmaktadır. Çift kablolar yan yana dizilerek dikdörtgen yüzeyleri örtebilir. Sistemde kablolar; taşıyıcı(sarkan) ve stabilite(duran) kablo olarak adlandırılır. Sarkan kablolar, tüm yükleri taşıyan taşıyıcı kablolardır. Stabilite kabloları kemer görünümünde(duran) alta veya üste yerleştirilir. İşlevi ise sistemin taşıyıcı kablolarına ön gerilme sağlar. Sistemde iki kablo paralel veya diyagonal bağlanarak, dalgalanma ihtimali yok olur. Tek kablo sistemlere göre çatı ağırlığında hafiflik görülür ve membran malzeme kullanılabilir (Türkçü, 2017: 223).

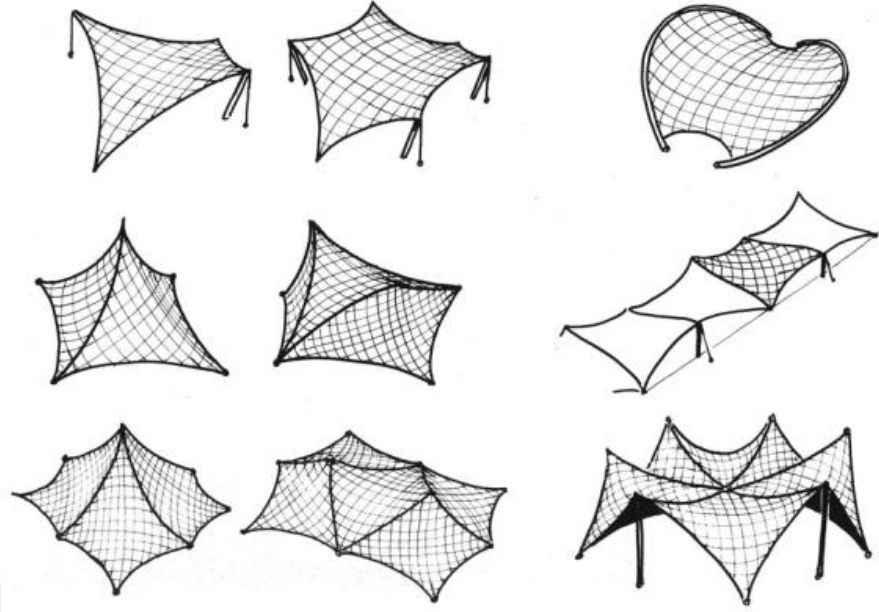


Şekil 3.19: Çift kablo sistem düzenlemeleri

Kaynak: Ögüt, 2006

- **Kablo Ağ Sistemler**

Bir düzlem üzerinde kesişen çizgilerin oluşturduğu geometrik düzene ağ/ızgara denir. Birbirini kesen kabloların meydana getirdiği taşıyıcı sistemlere kablo ağı denir. Ağlar bir düzlem veya eğri bir yüzey üzerinde yer alabilirler. Ağı oluşturan geometrik birimler; ağ gözleri(çokgenler), düğüm noktaları ve kablolardır. Çift kablo sistemler gibi taşıyıcı ve stabilite kablosu olan iki tür kablo vardır. Taşıyıcı ve stabilite kablolarının iki veya üç yönlü bağlanması ile oluşturulan tek veya çift yönlü sistemlerdir. Çift yönlü kablo stabilitesi daha dirençli ve yaygın kullanılır. Kablo ağları düzlemde iki yönlü monte edilir ve daha sonra asılma noktalarına üç yönlü kaldırılarak ön gerilmeleri sağlanır (Türkçü, 2017: 226-227-228).



Şekil 3.20: Kablo Ağı sistem formları

Kaynak: URL-10

Kablo ağlarının üzeri çoğunlukla ağır olmayan ahşap veya metal levhalar ile örtülür. Çelik kablo sistemlerde en kolay yük taşıyan esnek kablodur ve büyük açıklıklar geçilebilir. Rüzgar dalgalanmalarına karşı taşıyıcı kabloların yere monte edilmesi gerekir. Kablo ağı sistemlerin tümünde eğim bulunur ve genellikle iki yönlüdür (Eren, 2014: 185-186).



Şekil 3.21: Kablo ağı sistemlerin çatıda birleşimi Münih-Almanya

Kaynak: URL-11 / URL-12

3.1.4.Çelik Sistemlerin Avantaj ve Dezavantajları

Çelik yapıların taşıyıcı iskelet malzeme tercihinde yapının işlevi, inşasına ayrılan para, kullanılacağı süre, geri dönüşümü, kullanıma açılması için düşünülen son gün, şantiye yeri, arsa ve temel durumları, iklim şartları, üretim yeri, fiyatlar, şantiye alanına erişim imkanları gibi konular değerlendirilmelidir. Bu durumları değerlendirmek için çeliğin avantajlı ve dezavantajlı özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir (Zaimoğlu, 2009: 8).

Çelik Yapı Sistemlerinin Avantajları

Çelik yapı malzemesi birçok yerde kullanılarak sınırsız işlev ve sanatsal niteliğe sahip yapılar oluşturulabilmektedir. Mimari tasarımlarda çelik malzeme kullanılarak ve sınırsız çözümler üretilerek farklı çelik yapılar elde edilebilir. Geçmişte imkansız olan yapıların tasarımı çelik malzeme ile kolayca yapılabilmektedir. Modern çelik strüktürlerinde çelik malzemenin belirgin avantajları şunlardır:

- Büyük açıklıklar ve esnek kullanılabilir alanlara izin vermektedir.
- Şantiyede depolamaya gerek yoktur.
- Çelik strüktür yapı elemanları ihtiyaca göre küçültülebilir, büyütülebilir ya da tekrar kullanılabilir.
- Çelik yapı elemanları istenildiğinde şantiye ortamına getirilebilen standart yapı elemanlarıdır.
- Yüksek düzeyde bitmiş olan prefabrike elemanlardır.
- Kompozit ve çelik çerçeveler aynı açıklığı geçen beton çerçeveye oranla daha hafiftir. Buna göre temel maliyeti de düşmektedir.
- Çelik malzeme büyük ölçüde geri dönüşümlüdür (Eren, 2007).

Çelik doğası gereği belirgin avantajlara sahiptir. Bunlar; hafiflik, sağlamlık, güvenilirlik, kolay şekil verebilme, hava şartlarından etkilenmeme, önlem alındığında yangına karşı davranışı gibi özellikleri bulunmaktadır (Uysal, 2014: 49).

Çelik malzemenin diğer yapı malzemelerine göre sağladığı avantajlar ve tercih edilme sebepleri 3 grupta incelenebilir.

- **Mimari Açıdan Avantajları**

Çelik malzeme mimari özgürlük, narinlik, kullanım esnekliği ve işleve uygunluk bakımından aşağıda sıralanan avantajlara sahiptir:

- *Mimari Özgürlük;* çelik malzemenin yapı sektöründe kullanılması ile geleneksel yapım yöntemleri ve malzemelerle imkansız görülen tasarımlar mimari de uygulanmaya başlamıştır. Bunun yanında günümüz teknolojilerinin de kullanılması ile tasarım ve yapımda teknik gelişmelerin önü açılmıştır. Yapı çeliğinin kullanılması ile ferah ve geniş mekanlar yaratılarak, strüktürel sistemden bağımsız olan, çeşitli mekan düzenlemeleri yapılabilmekte ve kullanım açısından esneklik sağlamaktadır. Çelik malzemenin yapı da sağladığı tasarım esnekliğine bir örnek olan Frank Gehry tarafından yapılan İspanya' daki Guggenheim Museum binası çelik strüktür sistemle yapılmıştır (Eren, 2007).
- *Narinlik;* yapı çeliği dayanımının yüksek olması sebebiyle öz ağırlığının taşıdığı yüke oranı azdır. Çelik bir kolonun taşıma gücü aynı kesit ölçüleri ve koşullara sahip betonarme kolonla kıyaslandığında ortalama 6-15 kat daha fazladır. Bundan ötürü çelik kolon ve kiriş boyutları diğer taşıyıcı sistemlere göre küçüktür. Çelik kolon ölçülerinin betonarme kolon ölçülerine oranla daha küçük olması binaların kullanım alanını da arttırmaktadır (Zaimoğlu, 2009: 9).
- *Kullanım Esnekliği ve İşleve Uygunluk;* mimari tasarımlardan istenilen çeşitli işlevsel ve yapısal değişiklikler karşısında esnek olarak kullanılabilmesidir. Mekânsal değişikliklerin fonksiyonel gereksinimlere göre yeniden biçimlenebildiği yapılar üstünlük yaratabilmektedir. Bu bağlamda çelik yapıların takviyesi kolay ve taşıyıcı sistemde değişiklikler yapılabilir. Yapıya eklenecek ya da çıkarılacak ekler ve güçlendirmelerin uygulanabilirliği betonarme malzemeye göre daha basittir (Zaimoğlu, 2009: 9). Çelik malzemenin mimari de kullanılmasıyla projelerde birçok çözüme imkan verilir aynı zamanda tasarımda da estetik ve güvenli kullanım ön plana çıkmıştır (İğın, 2016: 1).

Çelik malzemenin mimari açıdan tercih edilme sebepleri; hafiflik, esneklik, şeffaflık, geniş açıklıkların geçilebilmesi, mekandan tasarruf, serbest farklı formların oluşturabilmesidir (Eren, 2007).

Çelik malzemenin mimari de serbest form oluşturmanın yanı sıra sağladığı diğer avantaj büyük açıklık geçebilme ve geniş hacimler oluşturma olanağıdır. Toplum ihtiyaçlarının değişmesiyle birlikte günümüzde kolonsuz, geniş iç mekânlara ya da kentlerdeki insan yoğunluğunu barındırabilecek çok katlı yüksek binalara olan ihtiyaç çelik malzeme kullanılmasını zorunlu hâle getirmiştir (Uysal, 2014: 50).

Çelik strüktür sistemler birçok üstünlükleri sebebiyle; geniş açıklıklı köprüler, spor tesisleri, portatif ve prefabrik sistemler, endüstri yapıları, özel taşıyıcı sistem yapılarında, zemini zayıf temellerde, yatay yüklere (deprem ve rüzgar) dayanıklı, çok katlı veya yüksek yapılar gibi geniş kullanım alanlarına sahiptir (Orhan, 2010: 2-3).

Çelik taşıyıcı sistem ile büyük açıklıklar kolonsuz geçilebilir, kullanım esnekliği ve değişikliklere uyum sağlayabilir özelliği çok önemlidir. Yapı elemanlarının küçük boyutta olması ile yapının iç mekânında ihtiyacından ortaya çıkan birçok değişiklikleri basitçe yapabilmeye imkân vermektedir. İşlevselliğin öne çıktığı hastane, ofis, otel gibi yapı türlerinde değişiklik özelliği önem taşımaktadır. Çelik strüktürle 10-15 m' lik açıklık geçebilen kolon düzenlemeleri yapmak, yapıya düşey veya yatay eklemeler, döşemede gereklilik hâlinde boşluklar açmak gibi işlemleri kolayca yapmak mümkündür. Gerekli görüldüğünde çelik yapının tamamı sökülerek başka bir alanda yeniden ve istenildiğinde farklı bir fonksiyona hizmet edebilecek biçimde yeniden kurulabilir (Uysal, 2014: 51).

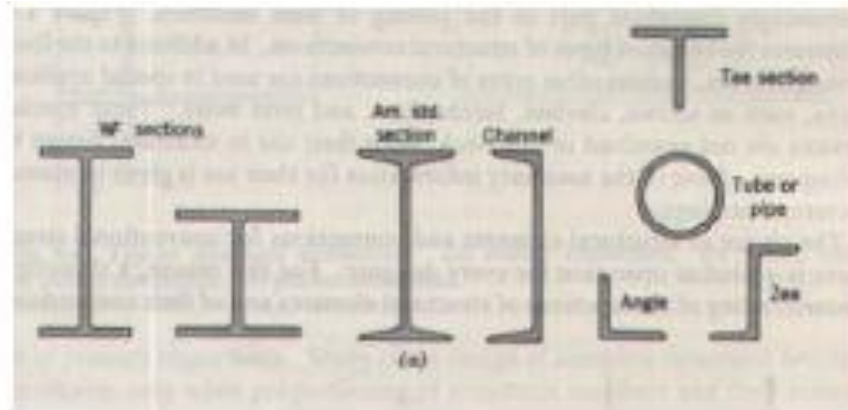
Çelik yapı elemanları fabrikada tamamen prefabrik olarak üretildiğinden, üretim sırasında istenen ölçü ve profillerde elemanlar üretilerek, bunlara istenen şekil verilmektedir. Bunun yanı sıra gerektiğinde yapı elemanlarını şantiyede kesmek, delmek, eğmek, kaynak ve boşluk açmak da yapılabilmektedir (Uysal, 2014: 52).

- **Mühendislik Açısından Avantajları**

Çelik yapı malzemesinin strüktürel olarak kullanım avantajları aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Çelik strüktür yapılar yüksek mukavemetli ve uzun ömürlüdür. Yüksek mukavemeti sebebiyle kolon ve kiriş elemanlarının boyutları betonarmeye göre daha küçüktür.
- Çelik elastiklik modülü diğer yapı malzemelerine göre çok yüksektir
- Çelik strüktürel yapılarda kolon kiriş gibi yapı elemanları, çağdaş üretim yöntemleri kullanılarak fabrika ortamında üretim gerçekleştirilerek, bunun sonucunda montaj hataları engellenerek en az hata ile yerinde uygulama imkânı vermektedir.
- Fabrikalarda üretilen kontrollü üretilen çelik yapı elemanlarının yapıda kullanımı depremsel dayanıklılığı arttıran bir etkidir. Deprem bölgelerinde dayanıklılığı arttırdığı için tercih edilmektedir.
- Çelik yapı elemanları sökülerek yeniden kullanılabilirler, değiştirme ve takviye imkânı vardır.
- Çelik yapı elemanları montaj kurulumu bittikten sonra tam yükte çalışır ve betonarmenin tersine taşıyıcı özelliğini tamamlaması amacıyla belirli bir süre beklenilmez (Aksel, 2014: 28).
- Çelik hafif ve dayanıklı bir yapı malzemesidir. Bunun sonucunda temel boyutları küçülür ve buna bağlı kazı miktarı azalır. Temel maliyetinde %15-20 azalma meydana gelir. Zemini sağlam olmayan yerlerde bile yapılabilir.
- Çelik homojen ve izotropdur. Kolon ve kiriş boyutları küçük olması sebebiyle yapı ağırlığı betonarme yapılara göre %50 daha hafiftir. Ağırlığının az olmasıyla yapıya etkiyen deprem yükü de azalmaktadır.
- Malzeme sünek bir yapı da olduğundan, dinamik hareketli yükleri yutar ve böylelikle yapı taşıyıcılık işlevini sağlar. Süneklik, malzemenin yükler altında esneyerek şekil değiştirebilmesi olarak tanımlanır. Yüklerin tekrarıyla betonarme yapıda deformasyon olmadan kırılma gerçekleşir. Ancak çelik yapıya fazladan yük etkidiğinde yapı elemanlarında kırılma ya da kopma olmaz, bunun yerine yüksek şekil değiştirme ile deforme olur. Bu sırada enerji yutulur ve etkiyen yüklerle de taşıyıcılık işlevini sürdürür (Zaimoğlu, 2009: 10).

- Çelik, diğer yapı malzemelerine göre yüksek dayanıklılığı, süneklik ve elastik yapısı gibi üstün özellikleriyle deprem bölgeleri ve birçok zemin sınıfları için kullanılabilir en iyi strüktürel yapı malzemesidir (İğın, 2016: 1).
- Çelik strüktür sistemden oluşan yapıların, aynı niteliklerde olan betonarme bir yapıya göre ortalama % 40-60 daha az kütleyle sahip olduğu gözlemlenmiştir. Yapının kütlesi ile deprem yükleri doğru orantılı olduğu için, çelik yapıya etkiyen yükler de azalmalar belirlenmiştir. Çelik malzeme şekil değiştirebilme özelliğiyle yapıdaki enerjiyi sönmülemenin yanında depremi en az hasarla geçirmeye imkan verir ve çelik yapılar depreme karşı da güvenlidirler (Orhan, 2010: 2-3).
- Yapı elemanlarının ağırlığının az olması ve boşluklu kesitlere de imkân vermesiyle yapı kendi yükünü hafifletir. Boşluklu kesitler, normal profillerin yaklaşık yarısı kadar hafif olmasına rağmen aynı yükü taşırlar. Basınç ve burulmaya olan dayanıklılığında profiller çoğunlukla kemer, kolon, makas ve kafes kirişlerde kullanılır (Uysal, 2014: 56).
- Çelik yapıların esas yapı elemanları ve bileşenlerini hadde mamülleri oluşturmaktadır. En fazla kullanılan hadde mamülleri; Profiller(I, U, H, T, L, kutu ve boru profiller), Levhalar, Dikdörtgen çelikler ve özel en kesitli profillerdir Bu profillerin belirli bir yapıda kullanılması istenen profilin piyasa da bulunmasına bağlıdır. Üreticiler ile kullanıcılar arasında oluşan görüş birliği ile kutu profillerin ölçüleri ve geometrik toleransları, ulusal ve uluslararası standartlar da temel oluşturmuş ve bu şekilde üretim programları düzenlenmiştir (Uysal, 2014: 35). Mimari tasarıma göre yapıda hangi profillerin kullanılacağına karar verilip ona göre fabrika üretime geçmektedir.



Şekil 3.22: Çelik profiller

Kaynak: Bresler, 1968

- **Uygulama Açısından Avantajları**

Çelik malzemenin yapılarda kullanılması ile inşaat yapım süresi kısalmış, yapıyı hafiflettiğinden temel maliyeti düşer, montaj kurulum hatalarının az olması, tercih edilen kirişe bağlı çeşitli tesisat sistemlerinin yapıya basitçe yerleştirilebilmesi gibi çok avantaja sahiptir. Çelik malzeme mimari tasarım ve uygulamada ki bu özellik ve üstünlükleri sebebiyle tercih edilmektedir (Eren, 2007).

Çelik malzemenin uygulama(yapım) açısından kullanım avantajları aşağıda belirtilmiştir.

- Çelik yapı sistemleri ekonomiktir. Hafifliği sebebiyle kazı ve temel boyutları diğer yapı sistemlerine oranla daha küçüktür.
- Prefabrike elemanlar olduğundan, çelik yapı elemanlarının fabrikalarda üretilip hava şartlarından etkilenmeden şantiye ortamında montajlarının kurulabilmesi ile kalıp ya da iskele sistemlerine gereksinim duyulmaz, bu da maliyeti düşürmektedir.
- Çelik yapım sistemleri, elemanlarının modüler olması ve kolay taşınabilir olması, eleman ve birleşimlerde tipleşme oluşturularak, üretim ile montaj hızlanarak ekonomik kazanç sağlamaktadır.
- Çelik sistemler ucuz değildir. Ancak ucuzluk ekonomik ölçüt sayılamaz. Toplam maliyet içindeki, taşıyıcı sistemin payı %5-30 değerindedir. Tasarımda taşıyıcı sistem olarak çeliğin tercih edilmesi ile taşıyıcı sistem maliyeti %20-30 kadar artış gösterir ve bu da tüm proje maliyetini %1-9 değerinde arttırmaktadır. Ancak mali değişiklikler zamana bağlı olarak göz önüne alındığında çelik yapıların net güncel değeri(NPV), geleneksel yapı sistemlerine oranla %5-10 oranında daha ekonomiklik sağlamaktadır.
- İnşaatın hızlı ve kısa sürede uygulanması ekonomik olup, projenin toplam maliyetini olumlu etkilemektedir.
- Çelik yapı sistemleri hızlı yapım ve prefabriktir. Şantiye de yalnızca tamamlanmış parçalar birleştirilir ve harç, sıva kullanılmadığı için “kuru inşaat” denilir. Montaj kurulumunun yapımı hızlı ve kısa sürede olması sebebiyle işçilik, şantiye, kira maliyetlerinde azalma görülmektedir.

- Çelik taşıyıcı sistem üretim ve yapım aşamasında kontrolü kolay sağlanmaktadır. Sistemde istenilen her yer açılarak gözlem yapılır ve denetleme olanağı sunmaktadır. Bu işlemler yapı içinde yaşam sürerken de yapılabilir.
- Çelik %100 geri dönüşümlüdür, bu geri dönüşüm de kalite ve güvenilirlik de kayıp olmaz. Çelik taşıyıcı elemanları sökülerek başka bir yapıda ve farklı biçimde kullanılabilir ve eritilerek ekonomiye yeniden kazandırılabilir (Zaimoğlu, 2009: 10-11).
- Çelik yapı elemanlarının üretim ve montaj süreleri diğer yapı elemanlarına göre daha kısa sürmektedir ve böylelikle proje, inşaat ve maliyet giderleri en az seviyeye indirilir. Çelik strüktür yapı, kullanım alanı geniş olmakla birlikte diğer alternatif yapılara oranla ekonomik kazanç ve zamandan tasarruf sağlamaktadır (İğın, 2016: 1).
- Çelik diğer malzemelere göre sağlık ve çevre açısından zayıfatı en az, geri dönüşümü mümkün ve çevre kirliliğine yol açmayan malzemedir. Malzeme demonte özeliğine sahip olduğundan sökülüp, kurulma, küçültme, büyütme ve değiştirmeye imkan tanır, eritilerek yeni çelik elemanlar üretilebilir. Çelik strüktür elemanları fabrika ortamında gerekli uluslararası kalite standartlarına uygun biçimde ve üretim basamakları kontrol edilerek, hava şartlarından etkilenmeden seri bir şekilde kurulum gerçekleştirir (Orhan, 2010: 2).

Çelik Yapı Sistemlerinin Dezavantajları

Çelik Yapılarda Yangın Dayanımı; çelik yanıcı bir malzeme değildir, ancak yüksek ısı da mukavemetini kaybeder ve elastiklik modülünde hızlı düşüşler meydana gelir. Çelik malzeme 400 °C 'yi geçtiği ısı etkisinde taşıyıcılık kabiliyetini, yaklaşık 600 °C de ise tüm mekanik özelliklerini kaybeder (Uysal, 2014: 62).

Korozyon; “Alman Maden Koruma Komitesi” korozyonu “kastı olmayan ve beklenmeyen kimyasal ve elektrokimyasal tesirlerle katı bir maddenin yüzeyden iç bölümlere doğru tahribi” şeklinde tanımlamaktadır (Scheer, 1950). Yapısal çelik atmosferin zararlı etkilerine karşı korumasız kaldığında, su ya da kimyasal bir maddeyle reaksiyon vermesi sonucunda yapı elemanın yüzeyinde oksit bir tabaka meydana gelir ve bu olaya korozyon veya paslanma denilmektedir. İklim koşullarıyla

beraber hava kirliliğinin yoğun olduğu endüstriyel ortamlarda asit, baz ve tuz içeren kimyasallar çelikle temas ederek oksit tabakası oluşturarak paslanma meydana gelebilir (Uysal, 2014: 63). Bu olay sonucunda yapı elemanı yüzeyinde çatlamlar, yarıklar ve kabuklanmalar oluşabilir. Bu sebeple yapı elemanlarının taşıma kapasitesinde ve rijitliğinde ciddi düşüşler oluşabileceğinden korozyona karşı gerekli tedbirler alınmalıdır (Orhan, 2010: 5).

Paslanmayı en aza indirecek önlem olarak çeliğin bakır, krom, çinko veya alüminyum gibi elementlerle kaplanmasına galvanizleme denilmektedir. İklim koşulları ve atmosfer etkilerine karşı çelik elemanların yüzeyleri galvanizlenerek veya paslanmayı engelleyen özel boya ve antipaslar uygulanarak etkilerden korunması sağlanmaktadır. Yüksek gerilim hatlarının direklerinde devamlı ve sık olarak denetlenmediği için pahalı olmasına karşın galvanize uygulanmış çelik profiller kullanılır. Bu durumda çeliğin bakım giderleri artar ve ömrü uzar (Uysal, 2014: 63-64).

Korozyon en fazla rutubet ve oksijenin etkileriyle, demir ve çelikte meydana gelen paslanmadır. Havada serbest olarak bulunan oksijen ve hidrojen, demir ile kimyasal reaksiyona girerek demir oksit bileşiği oluşur. Bu bileşiğin oluşması için gereken demir, yapı elemanında bulunan demir veya çeliğin dış yüzeyinden sağlanır. Bu kimyasal reaksiyon süresi ne kadar uzun sürerse demir harcanması ve tahribat da o kadar ileri düzeyde olur. Yüzeyde meydana gelen oksidasyonları engellemek için çelik içeriğine alaşım maddeleri eklenir ve en önemlisi krom elementidir. Çeliğin yapısına eklenen krom %12 payında ve homojen alaşım oluşturan çelik malzemeye oksijen etkidiğinde, havada bulunan oksijen ilk olarak krom ile tepkimeye girerek krom oksit bileşiği açığa çıkar. Bu bağlamda paslanmaz çelik yüzeyi ince bir krom oksit ile kaplanarak demir ile oksijenin ilişkisi kesilir. Sonucun başarılı olabilmesi için çelik yüzeyin temizlenmesi gerekmektedir (Ünver, 2003: 23-24).

Genel olarak yangına karşı beton ile korunmuş yapı elemanlarında korozyon içinde önlem alınmış olur. Bu ihtiyacı karşılamak için de farklı boya ve kaplama malzemeleri bulunmaktadır (Uysal, 2014: 64).

Çelik yapılarda korozyon engellemek için alınabilecek önlemler; boyama, konstrüktif önlemler (girinti çıkıntıları azaltmak, köşeli yüzeyler yerine dairesel yüzeyler kullanılması), polimer harç ve tabaka ile kaplama, galvanizleme işlemi (metalik üst

yüzey kaplaması), emaye kaplama, çimento harçları ve beton ile kaplama, lastik kaplamalar, katodik korumadır (Orhan, 2010: 5).

Isı ve Ses İletkenliği; çelik ısı ve ses iletkenliği bakımından çok iyi bir malzemedir. Bu sebeple özel ses yalıtım malzemeleri kullanılarak gürültüye karşı önlem alınması gerekmektedir. Döşeme kalınlığının az olması darbe-gürültü sesini yalıtımda yetersizdir ve bunun için de çeşitli izolasyon malzemeleri ile ses geçişi ve yankılanması önlenmelidir (Zaimoğlu, 2009: 13).

Çelik Yapı Maliyeti; çelik pahalı bir malzeme olup, bina türü ve kat sayısına göre değişkenlik göstermektedir. Örneğin, az katlı konut yapısında betonarme taşıyıcı sistem yerine çelik sistem kullanılması tüm maliyeti %10 -12 kadar arttırır. On veya on iki kattan sonraki kıyaslamalarda maliyet farkı kalmayabilir (Orhan, 2010: 7).

İş Gücü; çelik yapının temel prensibi, tüm üretim imalatının fabrika ortamında yapılmasıdır. Projelendirme detayları betonarme yapıya göre daha fazladır. Çelik yapı tasarlayan mimar veya mühendislerin çelik yapının özelliklerine, bağlantılarına ve uygulama detaylarına hâkim eğitilmiş eleman olmaları gerekmektedir (Zaimoğlu, 2009: 13).

3.2.Betonarme Taşıyıcı Sistem

Betonarme; Beton ve çelikten oluşan kompozit yapı bileşenine, donatılmış beton anlamına gelen "betonarme" denilmektedir. Betonarme de basınç kuvvetlerini beton, çekme kuvvetlerini de çelik karşılamaktadır. Donatı denilen çelik çubukların kullanımı bazı durumlarda basınç kuvvetlerine de destek olmuştur. Malzemenin betonarme olarak işlev görmesi için beton ve çelik malzemenin birbiriyle uyum içinde birlikte çalışması gerekmektedir. Çelik donatısı etrafındaki beton kütleyle kaynaşarak ve birbiriyle kenetlenerek uyum içerisinde çalışmalı ki bu iki malzemenin deformasyonu farklı olmamalıdır. Beton ve çeliğin bir arada kaynaşmış olarak çalışmasına ise "kenetlenme" denilmektedir. Betonarme davranışının temel şartı kenetlenme olayının meydana gelmesidir.

Beton özelliklerinden olan yüksek basınç dayanımlarının yanında, çekme dayanımlarının düşük olması taşıyıcı sistem kullanımını sınırlandırmıştır. Betonun taşıyıcı sistemlerde kullanılabilmesi için beton dayanımını artıracak malzeme

kullanılır ve beton çekme gerilmelerini karşılamak amacıyla genelde çekme gerilmeleri ve sünekliği yüksek çelik çubuklar(donatılar) yerleştirilir. Çelik donatılar betonun yükleri aldığı belirli noktalara yerleştirilir. Beton içine donatı yerleştirilerek çekme mukavemeti kazandırılır böylelikle kullanım sınırlandırılması ortadan kaldırılmıştır (Ersoy ve Özcebe, 2015: 51).

Betonun çekme dayanımının düşük olması sebebiyle strüktür olarak kullanılabilmesi için betonarme durumuna getirilmesi gereklidir. Betonun yükleri aldığı belli yerlere çelik donatılar yerleştirilir. Çeliğin korozyona uğramasına engel olan betonun ph değeri, çeliği örtecek en az beton pas payı devamlı önerilmektedir. Beton ve çeliğin birlikte kenetlenmiş olarak uyumlu çalışmasının diğer nedeni de genleşme katsayılarının birbiriyle aynı olacak kadar yakın olmasıdır. Beton dayanıklılık anlamına gelir. Çeliğin çimento ile aderansı etkisiyle betona bağlanması kompozit malzeme meydana gelir. Prizlenme de ki yöntem betonun kullanım ömrünü belirler. Çimento sertleşmesi olayında enerjinin çoğu tutulur. Bu sebeple betonun geri dönüşümü epeyce zordur (Hegger, Drexler ve Zeumer, 2016: 43-44).

Betonarme de asal çekme gerilmeleri, çekme gerilmesi düşük olan betonu geçtiği zaman beton bu gerilmeye dayanamayıp dik yönde çatlama başlar, bu çatlama betona yerleştirilen çelik çubuklar engel olamaz. Çatlama betonun özelliğiyle ilgilidir, çatlak oluşumunda donatının etkisi yoktur. Yeterli ve doğru yerleştirilen donatı, çatlak oluşumunu kılcal düzeyde tutmayı sağlar (Ersoy ve Özcebe, 2015: 51).

Betonarme kullanım alanı olarak birçok alanda yaygın biçimde kullanılır. Yapının inşasında, çok katlı yapılar, yol, köprü ve baraj yapımı, alt yapı inşaatlarında, fabrikalar, tüneller, istinat duvarları, silolar ve toplu konut gibi yapı projelerinde kullanılır.

Betonarme sistemin yapımında en önemli olan özellikler güvenlik, ekonomi ve tasarımıdır. Betonarme yapının oluşmasında izlenen aşamalar şunlardır:

- Yapının taşıyıcı sistem türüne karar verilmesi,
- Yapıya kullanımında etkiyecek yüklerin belirlenmesi,
- Yapıya etkiyen yükler altında, varsayılan rijitlikler göz önünde bulundurularak, kesit zorlamalarının yapısal çözümlenmesi,

- Yapıyı oluşturan elemanların, hesaplanan kesit zorlamaları altında mukavemet, deformasyon ve çatlak genişliği bakımından güvenli olacak şekilde boyutlandırılması, donatının hesaplanması ve detay verilmesi,
- Yapının projede tasarımına uygun olarak yapılması (Ersoy ve Özcebe, 2015: 86).

3.2.1.Beton Tanımı

Betonarme yapıları oluşturan en önemli öğelerden biri olan beton; çimento, su, agrega ve bazı gerekli durumlarda belli oranda katkı maddelerinin birarada harmanlanması ile üretilen, ilkin plastik olan daha sonra sertleşerek kompozit yapı malzemesidir (Kaya ve Yazıcıoğlu, 2015: 43). Beton yapı işlerinde kullanılan kum, çakıl, agrega, kırma taş gibi malzemeleri birbirine bağlayan çimento ve su ile homojen olarak karıştırılması ile hazırlanan bir yapı malzemesidir. Betonlu oluşturan malzemeler belirli oranda karıştırılarak, kalıplarda istenilen biçimi alabilen plastik bir yapı malzemesine dönüşür. Beton malzemeler karıştırılıp kalıba döküldükten sonra şekil verilebilir ve zamanla katılaşarak sertleşerek mukavemet kazanır. Mukavemet kazanan beton, “sertleşmiş beton” adını alır (Ersoy ve Özcebe, 2015: 3).

Çimento; Çimento temelinde kalker (CaCO_3) ve kil taşları (Al_2O_3) ve bazı diğer minerallerin karışımının yüksek sıcaklıkta pişirildikten sonra öğütülmesiyle meydana gelen bağlayıcı bir malzemedir. Çimento su eklenmesiyle hamur haline getirildikten sonra katılaşarak, sertleşmeye başlar ve mukavemet kazanır. Piriz denilen bu katılaşmanın süresi, bulunulan ortamın şartlarına bağlıdır. Normal şartlar altında katılaşma 1 ile 10 saatte olur. Sıcaklık artmasıyla katılaşma hızlanır. Katılaşma ile birlikte "sertleşme" denilen betonun mukavemet kazanma olayı gerçekleşir. Mukavemet kazanması zamanla artar ve çimento hamurunun tam dayanımlı olması uzun zaman alır. Çimentonun yaygın kullanılan türleri şunlardır: Portland çimentosu, yüksek fırın cüruf çimentosu, traşlı çimentolar, katkılı çimentolar ve diğer çimentolardır (Ersoy ve Özcebe, 2015: 3).

Su; Normal olarak içme suyu kullanılabilir. Su da asit bulunmamalıdır (Ersoy ve Özcebe, 2015: 3). Çimentoda kimyasal reaksiyon, agregaların ve karışımın ıslanmasını sağlayarak işlenebilir duruma getirmek için beton üretiminde su gereklidir. Çimento miktarının suya oranı (ç/s) betonun dayanımı açısından önemlidir.

Agrega; Betonun özellikleri agrega türüne bağlı olarak değişir. Normal betonun ısı iletkenliği ve ısı tutma kapasitesi yüksektir. Betonun ısı iletkenliği agregalarla ayarlanabilir. Genleşmiş kil, özellikle talaş veya keramzit agrega kullanıldığında betonun ısı iletkenliği önemli derecede düşer. Betonun içindeki hava boşlukları ısı iletkenliğini düşürerek yalıtım görevi görür. Beton karışımına eklenen köpürtücü maddeler, betonu kabartır. Böyle oluşan betona "gaz beton" denir. Dökülme işleminin kolay olması için taze betona kimyasal maddeler eklenebilir. Pigmentlerle betona renk verilebilir (Hegger, Drexler ve Zeumer, 2016: 43).

Kum, çakıl, kırma taş gibi çeşitli büyüklükteki taneli malzemelerin karışımı agrega olarak tanımlanmaktadır. Genel olarak 0-7 mm arasında olan agrega kum, 7-70 mm arasında olan ise çakıl olarak bilinir. Agregada dolgu malzemesidir ve bağlayıcılar yardımıyla beton yapımında kullanılır. En önemli işlevi betondaki hacim değişikliklerini azaltmaktır. Agregalar bağlayıcılar yardımıyla beton yapımında kullanılır ve betonun büyük bölümünü oluşturur. Agreganın betona girmesi hacim değişikliğini azaltır ve agrega çimentodan ucuz olduğundan maliyeti düşürür. Agregada granülometresi betonun iyi işlenmesi açısından önemlidir. Betonun özellikleri içeriğindeki agrega tanelerinin özelliklerini gösterir. Kendi özellikleri iyi olan agrega ile yapılan betonun özellikleri de iyi olur (Ersoy ve Özcebe, 2015: 5).

Beton Karışımı; Beton bileşimine giren kum, çakıl, çimento ve suyun malzemelerin kalitesi ve oranları verimi arttırmak amacıyla önemlidir. Basınç dayanımının olması betonda aranan temel özelliktir. Basınç dayanımı betonun taşıyabileceği en fazla basınç kuvvetidir. Belirli basınç dayanımı olan betonun ekonomik ve kıvamının kolay işlenebilir olması gerekir. Bu kıvam çeşitli yöntemlerle belirlenebilir. Bu yöntemlerin tamamı güvenilir değildir. Günümüzde en yaygın "çökme deneyi(slump testi)" kullanılır. Çökme deneyi ile betonun kıvamı belirlenir. Deneyi etkileyen unsurlar; su oranı, agrega, dane çapı, prizlenme gibi etkenlerdir. Bu deney için gerekli malzemeler; Çökme konisi(huni), zemin tepsisi, fırça, el küreği, şişleme çubuğu, metredir. Çökme deneyinde çökme konisi şeklindeki kalıp 3 aşamada doldurulur ve her aşamada 25 kez şişleme çubuğuyla şişlenir. Huni tamamen dolunca üst yüzeyi düzlenir, huni yukarı kaldırılır ve beton ağırlığı ile çökmeye başlar. Bu sırada şişleme çubuğu huni üzerine konur bu yükseklik değeri mm cinsinden ölçülür, daha sonra huni kaldırıldıktan sonraki yükseklik değeri ölçülür, bu değerler arasındaki fark betonun slump değeri adını alır (Ersoy ve Özcebe, 2015: 6-7).

Beton, günümüzde en yaygın biçimde kullanılan yapı malzemesidir. Modern mimarinin gelişimine büyük oranda katkısı olmuştur. Kullanımı sıvı halinde olup biçim verilir ve sağlam duruşu sebebiyle yapay taş olarak da bilinir. Betonun belli bir şekli olmamakla beraber, kalıba dökülerek biçim alması sağlanır. Kullanım amacı olarak estetik etki yaratmak, aynı zamanda kaba ve soğuk etki yaratmak gibi farklı amaçlarla da tercih edilir (Hegger, Drexler ve Zeumer, 2016: 42). Mimari de betonun yüzey işleme teknikleri ve özel kalıp sistemleri farklı tasarım olanakları sunar. Beton bir yapı malzemesi olarak, betonarme ise karkas taşıyıcı sistemin bileşeni olarak kullanılmaktadır (Karagüler, 2014: 73).

3.2.2. Beton Malzemenin Özellikleri

Bir taşıyıcı sistemin veya yapı elemanın yangın süresindeki mukavemeti ve deformasyonu malzemenin ısısal ve mekanik özelliklerine bağlıdır. Isısal ve mekanik özellikler ise genellikle sıcaklığa bağlı olarak değişirler (Uysal, 2004: 4). Beton özellikleri karışımındaki katkı malzemelerine ve karışım oranlarına bağlıdır ve betonun mukavemeti içeriğindeki çimento, su, agrega, katkı maddeleri, su\çimento oranı, yerleştirme, sıkıştırma ve bakım(kür) gibi özelliklere göre değişkenlik gösterir.

Betonarme yapıyı oluşturan beton ve çelik yüksek sıcaklık etkisinde mekanik ve termofiziksel özelliklerinde önemli değişiklikler görülmektedir. Betonda basınç dayanımı ve elastisite modülünde azalma, çatlak oluşumu, parçalanma ve dağılma meydana gelir. Çelikte ise çekme dayanımı, süneklik ve akma dayanımında azalmalar görülür. Yangın sebebiyle yüksek sıcaklık etkisinde kalan betonarme yapının onarım veya yıkımına karar vermek için yerinde veya laboratuarda tahribat deneyleri yapılmalıdır. Yapının görsel incelemesi yapılarak betonda çatlaklar, dağılmalar ve renk değişimleri gözlemlenir (Kızılkant ve Yüzer, 2008: 4382). Yüksek sıcaklığın betonun mekanik özellikleri olan basınç dayanımı, çekme dayanımı ve elastisite modülüne etkileri ve betonun termik özellikleri olan ısı iletim katsayısı, termik genişleme katsayısı, özgül ısı ve yangın dayanımı üzerine etkileri incelenecektir (Uysal, 2004: 6).

Betonun Isısal Özellikleri

Beton normal sıcaklığın üzerinde bir ortamda bulunması ile termik özelliklerinde değişimler meydana gelir. Yangın olayında beton 600-1000 °C' ye çıkabilen bir

sıcaklığa maruz kalmaktadır. Bu gibi yüksek sıcaklıklarda termik izolasyonun sağlanması amacıyla betonun termik özellikleri olan ısı iletim katsayısı, termik genişleme katsayısı, beton özgül ısısı ve yangın dayanımı gibi değerlerin bilinmesi gerekmektedir (Uysal, 2004: 6).

Isı İletim Katsayısı(λ): Genel malzeme özelliklerindeki gibi; 1m kalınlıktaki bir cismin iki tarafındaki sıcaklık farkı 1 °C iken cismin 1m² alanından birim saatte geçen ısı miktarı (kcal) olarak ifade edilir. Katsayının büyüklüğü ısı kaybının fazla olmasını gösterir. Isı iletim katsayısına etki eden en önemli faktörler cismin boşluğu ve su içeriğidir. Betonlarda ise bu özellik λ katsayısı birim ağırlıkla eş değerli artmaktadır. Betonların rutubet oranının artması λ değerinin artmasına sebep olur. Betonun kuru halinden rutubetli hale dengeli geçmesi ile λ değerinde %35 civarında artış olur. Betonun bileşiminde λ değerini en fazla etkileyen unsur da beton üretiminde kullanılan agregaların mineralojik özellikleridir. Kuvartz kökenli agregaların beton içeriğinde kullanılmasında ısı iletim katsayısı(λ) değeri artış gösterir. Bazalt ve trakit özlü agregaların beton içeriğinde kullanılmasında ısı iletim katsayısı(λ) büyük değerler almaz. Kalker ve dolomit kökenli agregaların λ değeri 1,4 kcal/mh°C olan betonlar meydana gelir (Uysal, 2004: 6).

Betonun ısı iletim katsayısı betonu meydana getiren bileşenlere bağlıdır. Bu sebeple bileşenlerin karışım oranları ve sıkıştırması ısı iletkenliğini önemli derecede etkiler. Yangın anında betonun boşluklarındaki suyun kaçması ile betonun ısı iletkenliği düşer ve böylece hasar gören tabaka ısı izolasyonu görevi görür (Uysal, 2004: 17).

Isıl Genleşme Katsayısı: Bir cismin ısıtılması ile atomlar arasında daha fazla titreşim olacağından cismin boyutlarında artış meydana gelir. Sıcaklığın 1°C artması ile cismin birim boyutunda elde edilen artış o cismin lineer termik genişleme katsayısıdır. Isı değişiminin (ΔL) büyük olması yapılarda hasar oluşumlarına neden olur. Betonda çatlakların oluşması ile yapının mukavemet ve emniyetinde azalmalar meydana gelir. Betonda meydana gelen bu durum sebebiyle ve bunun yanında hidrasyon ısısının oluşturduğu ısı farkları sebebiyle termik genişleme katsayısı beton için çok önemli bir özelliktir. Betonda önemli olan bu özellik beton içeriğine, beton üretiminde kullanılan agrega cinsine bağlı olarak önemli değişimler gösterebilir. Bu değişimin temel sebebi ise agreganın genişleme katsayısı ile hidrasyonunu tamamlamış olan çimento hamurunun genişleme katsayısının birbirlerinden farklı değerler almasıdır. Bu durum

sonucunda betonun içeriğindeki çimento dozajı azaldıkça betonun termik genişleme katsayısı da daha küçük değer alır. Betonun termik genişleme katsayısı, beton malzemesinin üretiminde kullanılan agregaların termik genişleme katsayısı ile azalıp artmaktadır (Uysal, 2004: 7-8).

Termik genişleme katsayısı en küçük değerli taş kalker olup, sırasıyla granit, dolerit ve silisli taşlar olarak sıralanır. Ortam rutubetine bağlı olarak termik genişleme katsayısı değişir. Sonuç olarak, termik genişleme katsayısı çok küçük olan agregalar kullanıldığı haller dışında normal şartlarda üretilen betonların termik genişleme katsayısı 10×10^{-6} – 12×10^{-6} aralığında değerler almaktadır. Çeliklerinde termik genişleme katsayısının bu değerlere eşit olması, iki malzemenin beton ve çeliğin bir arada kullanımını mümkün kılarak geniş bir uygulama alanı olan betonarme yapı sisteminin meydana gelmesine sebep olmuştur (Uysal, 2004: 8-9).

Betonun termik genişleme olgusu performansını önemli derecede etkiler. Genişleme ile yapı elemanında kırılmaya sebep olacak gerilmeler meydana gelebilir. Çimento hamuru ve agregaların farklı genişleme değerleri beton içinde çekme gerilmelerinin oluşumuna sebep olur. Yüksek sıcaklıkta oluşan bu gerilmeler çimento hamuru - agrega arasında çatlaklara ve hasara sebep olur. Hasar gören bu alan ısı izolasyonu görevi yapar (Uysal, 2004: 17).

Beton Özgül Isısı(c): Beton özgül ısısı, cismin sıcaklığını arttırmak amacıyla harcanan ısı miktarı 0,20 - 0,28 kcal/kg°C aralığında değişir. Beton üretiminde kullanılan agreganın mineralojik özü ile bu değerler arasında büyük bir ilgi bulunmaz. Betonun su içeriğinin artması özgül ısının artmasına sebep olur. Beton birim ağırlığının azalması ile özgül ısı karakteristik bir artış gösterir (Uysal, 2004: 7).

3.2.3. Betonarme Sistem Türleri ve Tipleri

Genel olarak içinde yaşadığımız binaların esas görevi insanoğluna yaşama alanı oluşturmak ve yapının üzerinde olan yükleri taşımak, bunları düşey düzlemde zemine ulaştırmasıdır. Yapıyı taşıyıcı elemanlar ve insanın barınma işlevini gerçekleştirmek için gerekli bir takım elemanların entegrasyonunu sağlamaktır. Bir taşıyıcı sistemin esas işlevi kendi ağırlığının yanında yapıya etkileyen yükleri taşımak, etkileyen düşey ve yatay yükleri de en kısa yoldan zemine ulaştırmak ve böylece yapının dengede durmasını sağlamaktır.

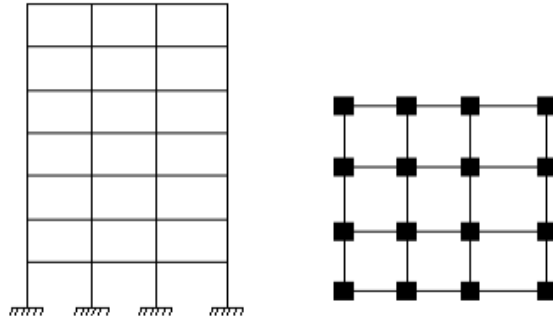
Bir yapıya taşıyıcı sistem tercih edilirken ve bu taşıyıcı sistemi boyutlandırırken mühendisin esas amacı yapının düşey yükleri karşılaması açısından yeterli emniyetinin bulunmasını yerine getirmektir. Yapı ömrü boyunca sürekli düşey yüklerin etkisi altında kalır ve yer yer de yatay yükler etkisinde olur. Düşey yükler için taşıyıcı sistemin seçimi ve boyutlandırılması yapının emniyeti ve ayakta kalabilmesi açısından ehliyetli oldukça kabul edilebilir. Böyle boyutlandırılan yapının yatay yük açısından yeterli olmasının da denetlenmesi gerekmektedir (Polat, 2004: 8).

Taşıyıcı sistemlerin önemli koşulu iyi bir mimaridir. Mimari de bir yapıda bulunması gereken 3E kuralı vardır. Bunlar emniyet, ekonomik ve estetik olmasıdır. Yapının emniyetinin sağlanabilmesi için taşıyıcı sistem tasarımının amaca uygun ve yeterli emniyetinin kontrolünün sağlanması gerekir.

Betonarme taşıyıcı sisteminde birçok yapı sistemi bulunmaktadır.

1.Çerçeve Sistemler

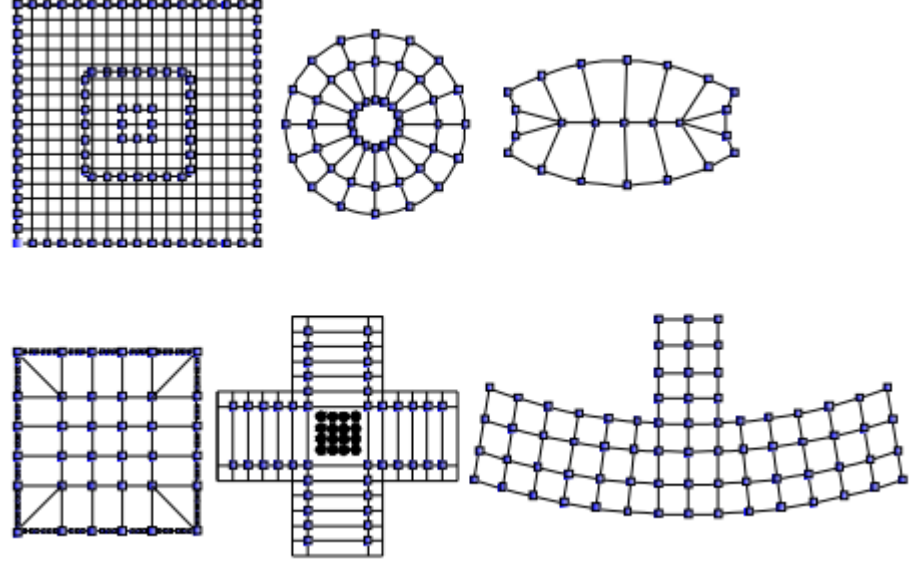
Kolonlar, kirişler ve döşemelerin meydana getirdiği bir döküm olarak inşa edilmesiyle oluşan düzlemsel taşıyıcılar çerçeve sistem olarak adlandırılır. Ülkemizde en yaygın kullanılan sistem olmakla birlikte son yıllarda en çok hasara uğrayan ve yıkılan taşıyıcı sistem türüdür (Yılmaz, 2006: 52).



Şekil 3.23: Çerçeve sistem plan ve iskelet

Kaynak: Taş, 2013

Çok katlı betonarme yapılarda çerçeve tipi taşıyıcı sistemin seçilmesi durumunda önem verilmesi gerekli ana özelliklerden biri kolonlar en az iki doğrultuda kirişlerle bir çerçeve oluşturmak üzere bağlanmalıdır. Ters durumda kolonun bağlanmadığı doğrultuda rijitlik yetersiz ise burkulma olayı meydana gelebilir (Polat, 2004: 19).



Şekil 3.24: Çerçeve sistem plan tasarımları

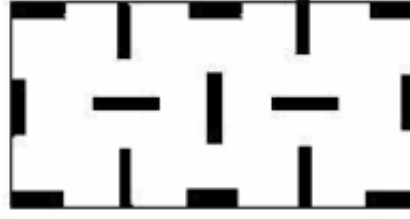
Kaynak: Koç, ve ark., 2009

Deprem bölgelerinde moment direnci olan çerçevesel yapıların yapımında esas olarak şunlara önem verilmelidir:

- Çerçeve sistemin momente karşı direnci yeterli olacak biçimde tasarlanmalıdır. Kolon ve kiriş bağlantı noktalarının donatı detayı özenle yapılmalıdır.
- Planda düzlem çerçeveler birbirine dik olarak konumlanmalıdır.
- Düzlem çerçeveler kat seviyesinde döşeme plağı ile bağlanmalıdır.
- Çerçeve de yatay deprem kuvvetlerin etkisiyle meydana gelebilen plastik mafsalların kirişlerde oluşmasına olanak sağlanmalı, süneklik oluşmalıdır.
- Kolon ve kiriş bağlantı noktalarının önemle detaylandırılması gerekmektedir (Polat, 2004: 19).

2.Perde Sistemler

Perde sistemler düşey taşıyıcı olarak işlev görüp, döşeme ve kirişlerden aldıkları yatay ve düşey yükleri zemine ulaşmasını sağlamak ve aynı zamanda yapının depremde yatay oluşan yatay ötelemelerini kısıtlamaktır. Perdeli sistemin depremde elastik enerji tüketme güçleri, çerçevesel sisteme oranla daha fazladır. Perdeli yapılara daha çok hastane binalarında, müze, okul ve yurt gibi yapılarda rastlanılmaktadır (Yılmaz, 2006: 53).

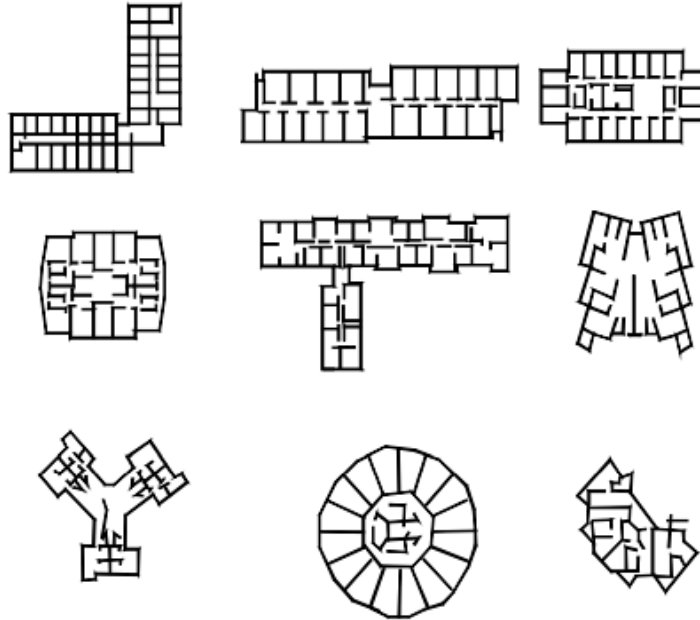


Şekil 3.25: Perde sistem plan örneği

Kaynak: Yılmaz, 2006

Perde duvarlar yüksek yapılarda yatay yüklerin karşılanmasında kullanılır. Yapının kat yüksekliği artınca kesit tesirleri artar ve kolon boyutları artar. Mimari açıdan kolon boyutlarının artması sakıncalı durum teşkil eder. Bu sebeple Perde taşıyıcılar uygun görülür. Perde sistemler düşeyden gelen ve düzlem içinde etkiyen yüklerle birlikte yatay yükleri, yatay ötelenmeleri sınırlandırır (Taş, 2013: 5).

Perde taşıyıcıların planda yerlerinin belirlenmesinde binanın işlevi ve mimari faktörler ön planda olur. Planda perde yerlerinin simetriyi sağlayacak şekilde, yapıda burulma rijitliğini artması açısından plan üzerinde çevreye yerleştirilmesi elverişlidir. Perdeler taşıyıcı sistemin rijitliğini fazla miktarda artırır ve bu perdelerin iki doğrultuda dengeli olarak yerleştirilmesi gerekmektedir (Taş, 2013: 5).

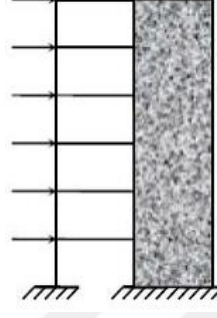


Şekil 3.26: Perde sistem plan tasarımları

Kaynak: Koç, ve ark., 2009

3.Perde - Çerçeve Sistemler

Çerçeve ve perdenin birlikte kullanılması ile oluşan betonarme karma taşıyıcı sistemlerdir. Yatay yüklerin taşınması için iki sistemin bir arada kullanılması elverişlidir. Perdeler depremde yapıya etkiyen yatay yükün çoğunun taşınmasını üstlenirler.

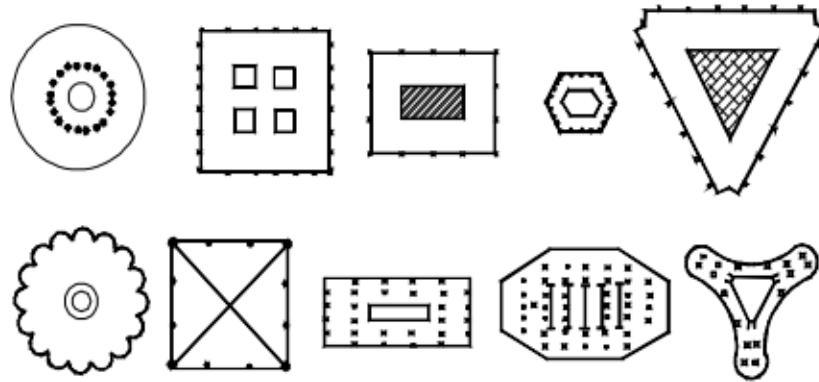


Şekil 3.27: Perde duvarlı çerçeve sistem

Kaynak: Taş, 2013

Yapının kat sayısının 15' i geçmesi sonucunda çerçeve sistemde yatay yüklerde hareketlilikler meydana gelir. Kolon - kiriş çerçeve sistemler yeterli düzeyde yatay rijitliği elde edemezler. Çözüm olarak perde duvarların eklenmesi ön görülebilir (Yılmaz, 2006: 53).

Katlar arasında en fazla yer değiştirme üst katlarda, çerçeve sistemlerde yatay hareketlilik alt katlarda meydana gelir. Bu sebeple yer değiştirmeler göz önüne alındığında üst katlarda olan perdelerin yer değiştirmesi çerçeve tarafından, alt katlarda çerçevenin yer değiştirmesi perde tarafından engellenir (Yılmaz, 2006: 54).



Şekil 3.28: Perde çerçeve sistem plan tasarımları

Kaynak: Koç, ve ark., 2009

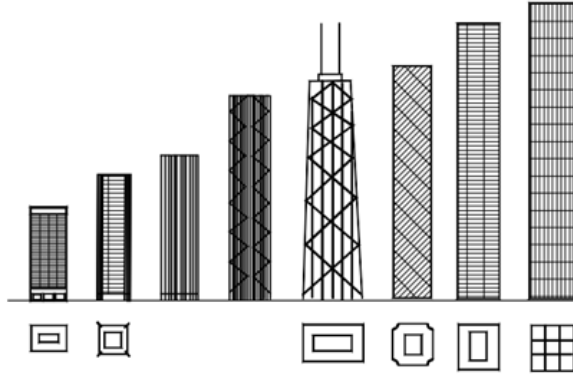
Binaların çekirdeğini oluşturan merdiven yuvalarında, baca kısımlarında, asansör boşluğu bölümlerinin duvarları betonarme perde sistem şeklinde tasarlanırsa yapıda diğer yatay yükleri taşıyan elemanlarla beraber etkiyen yüklerin taşınmasını karşılarlar. Merdiven boşluklarında ve bacalarda meydana gelen perdeler tüp (çekirdek olarak adlandırılır) oluşumlardır (Gözde, 2009: 28).

4.Tüp Sistemler

Yapı da yükseklik kat sayısının 30 kattan fazla olması halinde, perde duvarlı çerçeve sistemler yeteri kadar rijitliği, yatay ötelenmeleri ve zorlamaları karşılayamazlar. Bunun sonucunda yapı ekonomiklikten uzaklaşır ve inşaat açısından zorlayıcı durumlar gerçekleşir. Bu durumlarda tüp sistemler çözüm olarak seçilmektedir (Yılmaz, 2006: 54).

Tüp çerçeve sistemlerde kolon ve kiriş rijitlikleri birbirine dengeli biçimde seçilmelidir. Kolonlar ve kirişler bütünlük olacak şekilde çalışması sağlanmalı ve yatay etkiyen yükleri karşılamalıdır. Tüp sistemlerin görüldüğü yapılarda kolon mesafeleri ve kiriş boyutları gerekli yatay hareketlilik rijitliği tarafından belirlenir (Taş, 2013: 8).

Tüp sistemlerde yapı etrafına sık mesafelerde kolonlar konumlandırılır ve yerleştirilen kolonlar derin kirişlerle kat seviyesinde kuşaklama gösterecek şekilde birbirine bağlanır (Şekil 3.29). Kolonlar arası mesafe 1.0 m - 3.0 m aralığında değişebilir. Kolon mesafeleri yapı plan geometrisinin tamamı ve yükseklik seviyesi göz önünde bulundurularak, kolon mesafeleri 4.5 m - 5.0 m' ye kadar çıkarılabilir. Bu kolonları kuşaklama olarak bağlayan kirişlerin yüksekliği 60 cm - 120 cm, genişlikleri ise 25 cm - 100 cm aralığında olabilir (Polat, 2004: 22).

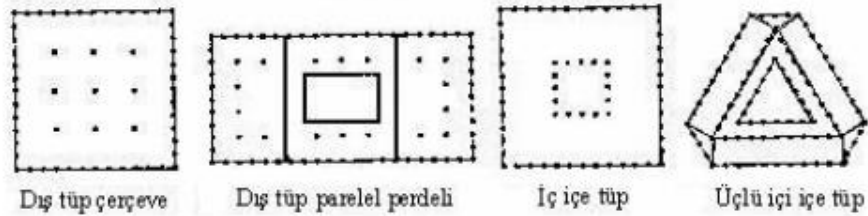


Şekil 3.29: Tüp sistem yapı örnekleri

Kaynak: Koç, ve ark., 2009

Dış Tüp - İç Tüp Sistemler

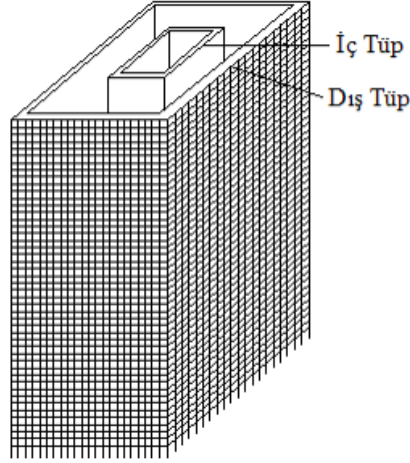
Yüksek katlı yapılarda döşeme plağının ortasında, genel olarak merdiven, asansör, mekanik araç gereç mekanları bir arada toplayan çekirdek alanı mevcuttur. Çekirdek alanının çevresi perdeli duvarla kapatılır ve perde duvar yükseklik boyunca sürekli devam ettirilirse, yapıda çekirdek perde sistemi meydana gelir (Polat, 2004: 24).



Şekil 3.30: Dış tüp-iç tüp taşıyıcı sistem planları

Kaynak: Yılmaz, 2006

Dış tüp çerçeve de yapı etrafına sık aralıklarla kolonlar yerleştirilir, bu kolonların her kat seviyesi boyunca kirişlerle bağlanarak dış tüp çerçeve oluşturulur. Dış tüp ve iç tüp, diyafram olarak çalışan kat döşemeleri ile birbirine bağlanarak, bütün halinde çalışan "dış tüp - iç tüp" sistemi oluşmaktadır (Şekil 3.31). Bu sistemler, çerçeve tüp sistemlere etkiyen yatay yük taşıma kapasitesini artırmaktadır (Polat, 2004: 24).



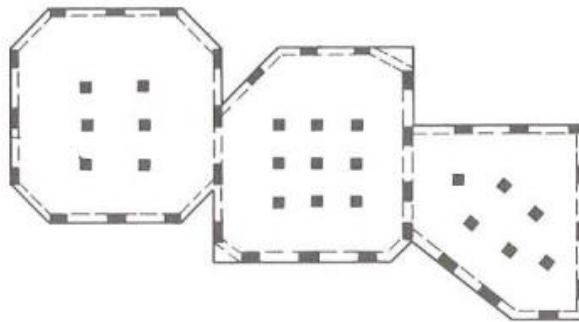
Şekil 3.31: Dış tüp –İç tüp taşıyıcı sistem

Kaynak: Taş, 2013

Demet Tüp Sistemler

Sistemin amacı birden fazla sayıda tüp sistemlerin bir araya gelerek yapıya etkiyen kayma gecikmesi etkilerini azaltmaktır. Sistemde kayma gecikmesi etkisinde görülen azalma ile eğilme etkisi baskınlığı meydana gelir. Demet tüp sistemi, birbirinden farklı tüplerin bir araya getirilmesi ile meydana gelen taşıyıcı sistemdir (Şekil 3.33).

Demet tüp sistemlerde yapının rijitliği büyük ölçüde artış gösterir. Bu tür taşıyıcı sistemin kullanılmasıyla yapı, en büyük yüksekliğe ve yaygın kullanım alanına erişmiştir (Polat, 2004: 25).



Şekil 3.32: Demet tüp taşıyıcı sistem plan ve görünüş

Kaynak: Polat, 2004

3.2.4.Betonarme Sistemlerin Avantaj ve Dezavantajları

Betonarme malzemenin diğer yapı malzemelerine göre tercih edilmesinin ve birçok alanda yaygın olarak kullanılmasının nedeni olumlu özelliklerinin daha fazla olmasıdır. Betonarmenin tercih edilmesini oluşturan bazı avantajlar şunlardır:

Avantajları

- Betonarmenin basınç dayanımı diğer yapı malzemelerine göre daha fazladır.
- Betonarme yapılar rijitliği yüksek taşıyıcı sistemlerdir.
- Yangına karşı dayanımı fazla olması sebebiyle yangın için alınacak ek tedbirlere gerek kalmamaktadır.
- Betonarme yapıların inşaat bakım maliyeti ve masrafı diğer taşıyıcı sistemlere göre daha azdır.
- Kullanım süresi açısından diğer yapı malzemelerine göre uzun ömürlüdür.
- Betonarme elemanlarda mimari açıdan kabuk, kemer gibi istenen şekli kolayca verebilme özelliği bulunmaktadır.
- Betonarme yapı inşasında çelik yapılara göre daha az kalifiye işçilere gereksinim duyulur.
- Betonarme yapı ham maddesinin(su, agrega, çimento) malzemelerinin doğada bol miktarda bulunmasıdır.

Dezavantajları

- Betonun çekme dayanımı düşüktür. Bu nedenle betonarme da çekme kuvvetlerini karşılayan çelik donatılara gereksinim duyulur.
- Betonarme yapı inşaat süresi çelik yapıya göre daha fazla sürmektedir.
- Beton sertleşip prizini alıncaya kadar kalıpta tutulur ve desteklenmesi için de iskelelere ihtiyaç duyulur.
- Betonarme ağırlığının dayanımına göre düşük olması, ihtiyaç duyulan dayanımı sağlamak için yapıda daha çok ağırlık meydana gelir.
- Betonarme donatının projeye uygun olarak yerleştirilmesi betonun özelliklerini yansıtması açısından önemlidir
- Betonarme yapıların beton kalitesi ve kullanılan demirin uygulama hatalarından kaynaklı
- Betonarme yapı inşasında kalifiye işçiye gereksinimi az olduğundan çalışanların uygulama hataları ve iş kazaları fazladır.

3.3.Ahşap Taşıyıcı Sistem

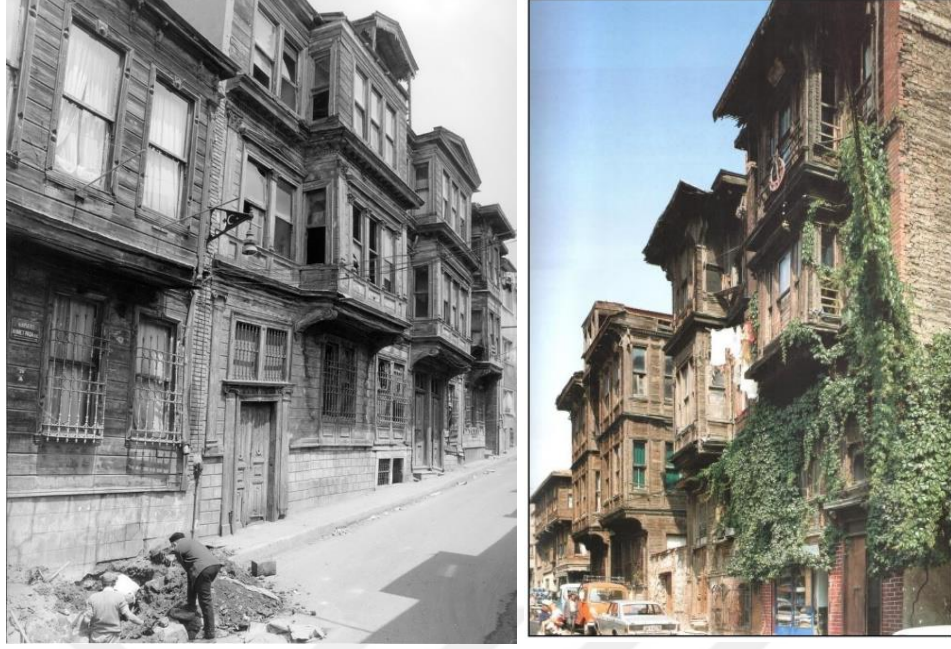
Ahşap malzemenin yapı da kullanımı beton ve çeliğe kıyasla eskiye dayanır. Ahşap yapıların birleşim detaylarının modern teknolojiye göre uyarlanması ve yönetmeliklerde var olması ile ahşap sistemlerin kullanımı yaygınlaşmıştır. Malzemenin hafifliği, yangın direncinin özel boyalarla artırılması ve emprenye işlemi ile çürüme ve böcek tahribatından korunması, tadilat ve plan değişikliğinin kolaylığı, estetik ve akustik özelliklerinin üstünlüğü, yapının sökülüp yeniden kurulabilmesi, çeşitli iklim şartlarına dayanıklılığı, depreme dayanıklılığı, beton, çelik, taş ve kerpiçle ideal bir uyum içinde çalışabiliyor olması gibi özellikler ahşap malzemenin bütün ekolojik tasarım ölçütleri ile mükemmel uyumluluğunu göstermektedir (Bostancıoğlu ve Düzgün Birer, 2004: 37). Ekolojik tasarım ölçütlerine bakıldığında ahşap malzeme, ekoloji ve malzeme ilişkisi açısından birebir uyumluluğu ile ilk sırada yer almaktadır. Ahşap, havayı temizleyebilen ve kendini yenileyebilen tek yapı malzemesidir. Ormanlar veya şahsi olarak ağaçlar yetiştirilip kesilerek sürekli bir şekilde yapı malzemesi sunabilen tek kaynaktır. Yapı sektöründe enerji üretimi çok önemli bir konu olup yapı malzemeleri üretimi için gereken enerji miktarı çok yüksek düzeydedir (Bostancıoğlu ve Düzgün Birer, 2004: 39).



Şekil 3.33: Tarihi ahşap yapı örnekleri

Kaynak: Şimşir, 2011

Ahşap ham maddesi kullanıldıkça artan ve dünyadaki tek dönüşümlü yapı malzemesidir. Dünya genelinde ahşabı yapı sektöründe kullanan ülkelerde ormanlar azalmamakta tersine ekimlerin ve bakımın doğruluğu, ekonomik değerin artması sonucu her yıl yaklaşık % 1-3 oranında büyümektedir (Bilgin, 2009: 18). Ahşabı sanayi ögesi olarak gören İsveç, Norveç ve Kanada gibi ülkelerde ormana daha çok değer verilmektedir. Bu ülkeler de uzun yıllar boyunca ormanları kereste ve yakıt amaçlı kullanması sonucunda doğal kaynakları tükenmeye başlamıştır. Bu şekilde ormanların yok edildiği kanısına varılıp çeşitli önlemler alınmıştır. Ülkelerin ekilen ağaç sayısını artırması ve yıllık düzenli ağaç kesimlerinin yapılması, yangına karşı dayanıklı ağaç türlerinin ekilmesi, yanan orman alanlarının ağaçlandırılması ve kesilen ağaçların yerine yenilerinin sayıca fazla dikilmesi gibi alınan tedbirler doğrultusunda ormanlar ekolojik, sürdürülebilir ve devamlı bir şekilde büyümektedirler. Orman alanların artması ve ağaçların fotosentezinin de artışı ile havaya salınan CO₂ miktarı azaltılır, ağaçların karbon tutması artırılır gibi etkenlerle iklimin düzenlenmesinde büyük bir rolü vardır. Böylelikle Dünyayı etkisi altına alan Global Isınma ve Sera etkisini azaltmaya büyük etkisi olmuştur. Diğer yandan ülkemizde ise, ahşabı yapı malzemesi olarak kullanmak ormanların tüketilmesi gibi algılanmaktadır ve ormanlar yakıt malzemesi olarak görülmektedir. Ülkemizde ahşap malzeme ile ilgili ön yargılar vardır. Ahşap yangına dayanıksızdır, pahalıdır, devamlı bakım gerektirir gibi bilimsellikten uzak yaklaşımlarla ahşaba olan talep azalmıştır. Ormancılık ve odun üretiminin yeterli ilerleyememesi, ham maddeyi sağlayan orman alanlarının azalması, ahşap yapı malzemesi için kullanılabilir ağaç sayısının azalması ve yurt dışından elde edilmesinin pahalı olması gibi etkenlerle ülkemizde ahşap üretimi çok gerilemiştir (Çalışkan, Meriç, Yüncüler, 2019: 114).



Şekil 3.34: Geleneksel Türk evleri

Kaynak: URL-13 / Şimşir, 2011

Hızlı büyüyen kentleşme ile nüfusun artması buna bağlı arazi fiyatlarının da yükselmesi ve şehirlerdeki alan yetersizliği sebebiyle dikey yönde mimari gerekli olmuştur. Ahşap teknolojik ilerleyişi izlenemediği için ve bu alanda Ar-Ge çalışmalarının da olmamasından, ihtiyacı karşılayabilecek yüksek katlı ahşap yapılar yapılamamıştır. Ülkemizde geleneksel ahşap mimari yapılar yerini yüksek katlı betonarme yapılara bırakmıştır. Ahşap üzerine yapılan çalışmalar malzemenin dayanıklılığı, deprem karşısında mukavemeti, hafifliği ve işlenebilirliğinin kolaylığını göstermiştir (Çalışkan, Meriç, Yüncüler, 2019:115).

Ahşap, ilk barınaklardan süregelen günümüz yapılarında gelişmiş metotların uygulandığı yaygın bir kullanımı olan doğal bir yapı malzemesidir. Doğal malzeme olması, işlenebilirliği ve kullanılabilir esnek yapısı ile geniş kullanım alanına sahiptir. Teknolojik gelişmelere paralel olarak ahşap malzeme özelliklerinin geliştirilmesi ile birlikte mimari tasarımda daha fazla yaygınlaşmıştır (Yücel, 2018: 63). Ahşabın yapı malzemesindeki gelişimi tasarımı ile bütünleştirilmiştir. Ahşap malzeme kullanılarak yapılarda bütünleşik yapı tasarımı daha fazla görülmüştür. Yapısal ahşap malzeme sınıfından olan Tutkallı tabakalı ahşap(lamine) ve Çapraz tabakalı ahşap sistemler, taşıyıcı sistemlerde yaygın imkanlar sunmaktadır. Ahşabın elde edilmesi, imalatı,

işlevselliği ve geri dönüşebilirliği gibi özellikleri ile sürdürülebilir olması yapısal kullanımda ön plandadır (Yücel, 2018: 65).

Ahşap yapılar, yerinden sökülüp tekrar kullanılabilir ve yapıdaki parçaları değiştirilebilir. Çelik yapılar gibi ahşap yapılarda yerinden söküldükten sonra minimum kayıpla yeniden kullanılabilen yapım sistemidir. Yapıdan sökülme işleminde eleman kayıplarının engellenmesi, tasarımın bu yönde uygulanmasına bağlıdır. Ahşap yapılar takviye, onarım işlemi gibi planda ve hacimde değişikliklere açıktırlar. Ancak betonarme yapıların ise sökülmesi ve tekrar kullanılması mümkün olmayıp yıkılması uygun görülür. Fiziksel ve fonksiyonel sebeplerden ötürü ahşapta eskimeler ve taşıma kabiliyetinin yetersizliğinde elemanlar ya da taşıyıcı sistem tamamının onarımı ve takviyesi olasıdır (Bilgin, 2009: 16).

Doğal ve organik özellikte olan ahşap, yapı üretiminde; temellerde (palnaş), kalıp ve iskelelerde, geçit ve köprülerde, büyük açıklıklı yapılarda, mobilya imalatı, kapı ve pencere doğramalarında, çatı, duvar, döşeme ve merdiven kaplamalarında gibi geniş kullanım alanları bulunmaktadır (Bilgin, 2009: 15).

Ahşap doğayla uyumu ve geri dönüşebilir, mukavemeti iyi olan, uzun ömürlü kullanılabilir ve sürdürülebilir yapı malzemesidir. Temel yapı malzemesi olarak geleneksel Türk mimarisinde yerini almıştır. Eskiden kullanılan ahşap elemanlar, çoğunlukla hiçbir koruyucu önlem alınmamasına rağmen günümüze kadar dayanıklılığını sürdürebilmektedir. Ahşabı nemli şartlardan korumak, doğru malzeme kullanımı ve yeterli kesit alanı olan taşıyıcı eleman kullanmak ahşabın ayakta kalabilmesi açısından önemlidir (Çalışkan, Meriç, Yüncüler, 2019: 110).

Ahşap Tarihi

Ahşap, tarih öncesi dönemden itibaren yapı olarak kullanılan en eski ve en yaygın yapı malzemesidir. En ileri teknolojileri ve yaygın kullanımı Japonya ve Anadolu topraklarında kullanılırken, son yüzyılda betonarme kullanımı artışı ile ahşap geri planda bırakılmıştır. Ancak batı da bunun aksine, ahşap teknoloji çok ilerleyerek Lamine Ahşap Teknolojisi ile birçok alanda kullanılarak yüzyılın malzemesi durumuna gelmiştir (Bilgin, 2009: 17).

Dünya da ahşap yapı malzemesinin yaygın bir kullanımı olmasına rağmen ülkemizde kullanımı farklı yapı sistemleri ile karşılaştırıldığında minimum seviyede kalmıştır. Ülkemizde 1940' lı yıllardan beri inşaat alanı ve yapı da çelik, taş ve çimento malzemelerin seçimi ile birlikte bariz bir azalma görülmüştür. Ahşap, bina yapı strüktürü içinde özellikle Kanada, Norveç, Finlandiya, İsveç, Japonya, Yeni Zelanda ve Avustralya, ABD' nin kuzey eyaletleri' nde Türkiye' ye kıyasla çok fazla kullanılmaktadır. Tutkallı lamine ahşap sistem ile gelişmiş ülkelerde ahşap panel imalatına başlanmıştır. Çapraz lamine ahşap sistemler ise çok katlı yapılarda taşıyıcı strüktür olarak kullanılmıştır. Uygulanan sistem ile Norveç, Avusturya ve Almanya gibi ülkelerde yüksek katlı ahşap yapılar yapılmıştır (Çalışkan, Meriç, Yüncüler, 2019: 114). Teknolojinin gelişmelerle doğrultusunda ahşap kullanımı gün geçtikçe yaygınlaşmıştır. Avrupa' da konutların %90' ı, Amerika' daki konutların ise %80-90' ı ahşaptır. Kaliforniya' da ahşap konut oranı %99' a yükselmiştir. Türkiye' de ise ahşap konutların oranı farklıdır ve %5'i geçmemektedir. Ahşap yapıların yangın sorunu, bakım zahmeti, ham madde sağlanan ormanların ve nitelikli ağaç sayılarının azalması gibi nedenlerle ahşap günümüzde tercih edilmemektedir. İhtiyacı karşılayacak kadar yüksek katlı ahşap yapı yapılamaması ve alternatif yapı malzemelerinin üretilmesi ile ahşap yapılar yerini dikey yönde yükselen çelik ve betonarmeye bırakmıştır. Ancak, Dünya genelinde gelişen ve değişen teknolojinin olanakları ile ahşap yapı her yerde kullanılabilir duruma gelmiştir. Türkiye' de ise, ahşap yapıların önemi 1999' da olan depremler sonucunda anlaşılmıştır. Çünkü ahşap yapılar yatay kuvvetlere(deprem) karşı mukavemetli ve avantajlı bir yapı malzemesidir (Ohanesyan, 2012: 11-12).

Ahşap yapı strüktürü 20. yüzyılın başlarından itibaren geliştirilerek ve yapılarda taşıyıcı iskelet olarak yaygın kullanımıyla günümüze ulaşmıştır. I. Dünya Savaşı yıllarında önemli silah hammaddesi olarak kullanılan çelik yapı inşasından çekilmesi ile ahşap malzemeye yönelim artmış ve çeşitli fonksiyonlarda kullanımı zorunla hale gelmiştir. Bu dönem ile ahşap malzemenin fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiş, birleşim detayları (bulon, çivi, kama vs.) ile çalışmalar yapılmıştır. Ahşabın dış ortam etkilerine karşı koruyan malzeme ve metotlar geliştirilmiştir (Çalışkan, Meriç, Yüncüler, 2019: 109). Savaş döneminde iklim şartlarına ve rutubete dayanıklılığı olan suni reçine tutkalının icadı inşaat alanında reform olarak görülerek ahşap farklı yapı malzemeleri ile rekabet eder duruma gelmiştir. Ahşap elemanlar mukavemet ve statik

hesaplarına göre her ölçüde kesit ve uzunlukta ayarlanabilir, üretilebilir ve projelendirilebilir (Çalışkan, Meriç, Yüncüler, 2019: 110).

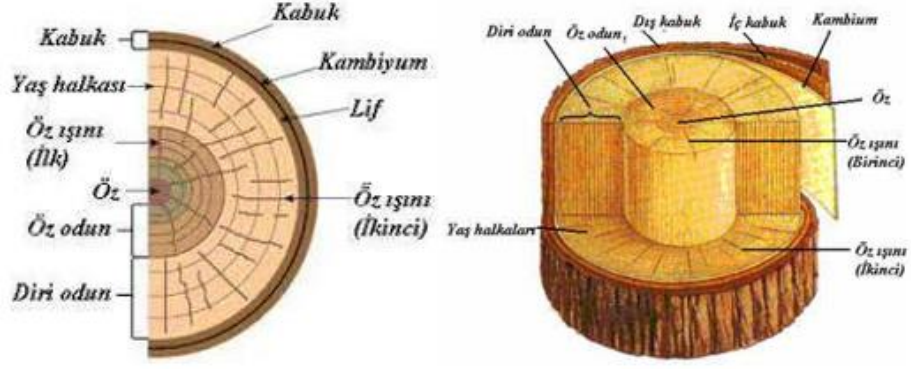
3.3.1.Ahşap Tanımı

Ahşap, ağaçtan elde edilen içeriğinde lif bulunduran, heterojen ve anizotrop bir yapısı olan organik esaslı yapı malzemesidir (Eriç, 1994). Ahşap yapı malzemeleri ağaçların kesilmesi, kurutulması ve işlenmesiyle oluşmaktadır. Ahşabın özelliğini belirleyen unsurlar, kullanılan ağacın yapısı, türü ve özellikleridir. Doğada çok sayıda ağaç türleri vardır ve her bir ağaç türü özellikleri itibariyle özeldir. Ağaçlardaki tür çeşitliliği ise, farklı ağaç türlerinden elde edilen ahşap yapı malzemelerinin oluşmasına neden olmaktadır. Böylelikle ahşap malzemelerin; yanıcılık özellikleri, mukavemetleri, termal ve ısısal özellikleri, yoğunlukları, elektriksel özellikleri, fiziki özellikleri, ağırlıkları, sertlikleri ve kokuları gibi esas özellikleri farklıdır. Bunun yanında üretilen ahşapta kullanılan ağaçların büyüme ortamı, lif ve budak yapısı, lignin miktarı, reçine miktarı, yıl halkalarının genişlikleri, çürük ve çatlak gibi durumlarına göre de farklılıkları vardır ve kalitelerine göre sınıflandırmak mümkündür. Bu sebeplerden ötürü ağaç türleri ve yapılarının iyi bilinmesi, yapı malzemesinde kullanılacak ahşap malzemelerin özellikleri, işlevi, ortamın şartları ve hizmet ömrü göz önüne alınarak kullanılması gerekmektedir (Bilici, 2006: 9).

Ahşabın Yapısı

Bir ağaç kesiti incelendiğinde dıştan içe doğru; dış kabuk, iç kabuk, kambiyum, yıllık halkalar(odun tabakaları) ve öz kısımlarından oluşur (Sevimli, 2003: 4). Ahşap anatomisi içe içe halkalardan oluşarak, mukavemeti lif yapısı ile orantılı olan bir yapı malzemesidir.

Ahşap hücreleri genellikle yumuşak bir madde olan selülozdan ve liflerin yapısı sert bir madde olan lignin den meydana gelmiştir. Bir ahşap içeriğinde selüloz %45-60, hemiselüloz %2-20 ve % 1-2 protein ve reçine maddesinden oluşmaktadır (Eriç, 2002). Lignin maddesi ağaca sertlik kazandırarak dik durmasını sağlar ve mukavemetini artırır.



Şekil 3.35: Ağaç enine-boyuna kesit

Kaynak: URL-14 / URL-15

Ağaç kök, gövde ve dallardan oluşan bir yapıya sahiptir. Ahşap ağacın gövde kısmından elde edilir. Ağacın gövde kısmına kabuk denilerek, dış kabuk ve iç kabuk olan iki tabakadan oluşur. Gövdenin canlı kısmına diri odun adı verilir. Gövdeden merkeze doğru hücreler canlılığını yitirir ve bu kısım öz odun olarak adlandırılır. Nemi fazla olan diri odun öz odun kadar sağlam değildir. Diri odun ve öz odun, boru şeklinde hücrelerden oluşur ve hücrelerin içi boş ve içerisinde bolca lif bulunmaktadır (Batur, 2004: 6-7). Ağaç kesiti dıştan içe doğru incelendiğinde iki temel kısım bulunmaktadır. Dış kısım kabuk ve iç kısım odun olarak tanımlanır. Kabuk ile odun arasında kambiyum denilen gözle görülmeyen tabaka vardır. Odun kısmı incelendiğinde öz etrafında iç içe geçmiş halkalar görülür. Kabuğun etrafı olan dış kısımlar açık renkli, öze yakın olan iç kısımlar daha koyu renklidir. Öz kısımdan çevreye doğru koyu veya açık, mat veya parlak renkli çizgiler uzanmaktadır. Dış kısım açık renkli olup diri odun, iç kısım koyu renkli olup öz odun, öz çevresinde iç içe geçmiş halkalara yıllık büyüme halkaları ve özden çevreye yayılan çizgilere özışıını denilmektedir (Bilgin, 2009: 19).

Dış Kabuk

Ahşabın en dışında bulunan pürüklü, çatlaklı ve ölü hücrelerden oluşmaktadır

İç Kabuk

Dış kabuk ile odunsu tabaka arasında yer alan ve dış kabuğa göre daha yumuşak olan, canlı ve lifli kısımdır (Güler, 2011: 3).

Kambiyum Tabakası

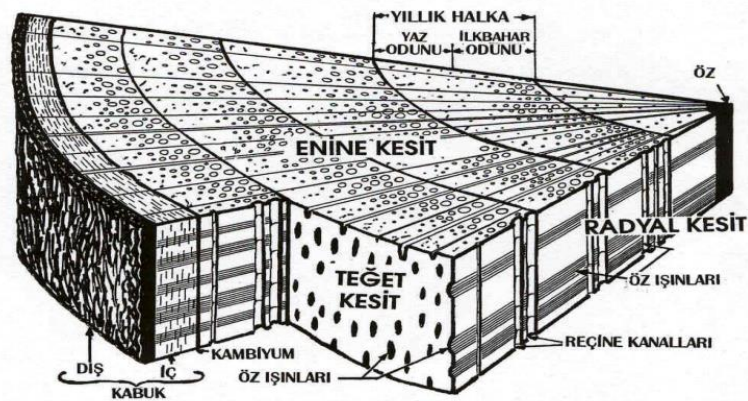
Ağaçta dışarı doğru kabuğu ve içeri doğru odunu oluşturan tabakadır. Ağaçlarda tepeden başlayarak, gövde de aşağı doğru yayılır. İğne yapraklı ağaçlarda büyük kambiyum hücreleri bulunduğu için kambiyum yayılması yapraklı ağaçlara göre daha hızlıdır (Sevimli, 2003: 5). Görevi, ince tabakalı yaşayan hücrelerden oluşarak, iç kısımda odun dokusunu(ksilem) ve dış kısımda kabuğa(floem) ait hücreleri üreterek ağacın büyümesini ve kalınlaşmasını sağlamaktadır (Güler, 2011: 4).

Yıllık Halkalar

Ağacın enine kesitinde halkalar gibi ve boyuna kesitinde yukardan aşağı şeritler gibi görünürler. Her bir yıllık halka bir ilkbahar ve bir yaz odunu olarak iki kısımdan meydana gelir. Ağaçta her yıl bir halkaya karşılık gelir (Sevimli, 2003: 6). Halkaların genişlikleri; ağaç yaşına ve türüne, denizden yüksekliğe, ısıya, coğrafi yerine, iklime ve ortam koşullarına göre değişiklik göstermektedir. Büyüme halkaları, kambiyum hücrelerinin çoğalması ile ilkbahar ve yaz mevsiminde yılda iki defa oluşmaktadır. İlkbahar odununda özsu fazla olduğundan daha geniştir, yaz odunu ise daha az özsu olduğundan daha dardır (Güler, 2011: 4).

Öz ve Öz Işınları

Ağacın enine kesitinde merkez olan yerdir. Farklı ağaç türlerine göre köşeli, yuvarlak ve yıldız şeklinde olabilir. Öz kısmının çapı ağaç türlerine göre farklıdır. Öz ışınları enine kesitte çizgi veya şeritler gibi, boyuna kesitte parlak levhalar halinde görülürler (Sevimli, 2003:6). Geniş yapraklı ağaç türlerinden meşe, kayın türlerinin öz ışınları geniş iken, iğne yapraklı ağaçların öz ışınları incedir (Güler, 2011: 5).



Şekil 3.36: Ahşabın anatomik yapısı

Kaynak: URL-16

Lif Yapısı

Ahşap içeriğindeki liflere bağlı mekanik özellikleri ve işlenebilme potansiyeli değişmektedir. Lif dokusu düzgün oldukça ahşabın işlenebilmesi artarken, uzun lifli ahşabın mukavemeti de artmaktadır (Eriç, 1994). Ağaç malzemedeki lifler dikey yönde eksene paralel ise düzgün lif olarak adlandırılır. Liflerin doğrultusu bir açı altında görünüyorsa lif kıvrılması denir. Lif kıvrıklığı ağacın direnç özelliklerini ve elastiklik modülünü büyük oranda azaltmaktadır (Bilgin, 2009: 20).

Lignin Maddesi

Ağaç hücrelerden oluşan dokudur ve hücre zarlarının esas elemanları lignin, selülozdur. Ağacın kuru odun ağırlığının %75-80' ini lignin ve selülozlar oluştururlar. Ağaçta reçine, tanen, yağ, albümin, mum ve bazı boyalı maddeler de bulunmaktadır. Selülozun ağaç içindeki oranı %50-60 oranındadır ve ağaca eğilme yeteneği verir. Lignin görevi ise hücre zarını ve ağacın dik durmasını sağlayarak güçlendirir. Lignin gevrek olup, esmer ve kırmızımsı renktedir. Lignin olmaması durumunda ağaçlar hiçbir zaman uzun boyda olamazlardı. Selüloz ve lignin hücre zarı içerisinde birbirlerini dengeleyerek tamamlamaktadırlar (Sevimli, 2003: 6).

Budaklar

Ağaçta bulunan budaklar odun dokusundan değişik bir dokudur. Budak odunun ağırlığı normal odundan fazladır. Budaklar odun dokusunda lif sapmalarına sebep olur. (Bilgin, 2009: 20).

Reçine Kanalları

Reçine kanalları bütün kesite yerleşen küçük noktalar olarak görülür. Taze olan enine kesitlerde açık renkte, zaman geçtikçe koyu renkte noktacıklara bürünmektedirler (Bilgin, 2009: 20). İğne yapraklı çam ve ladin türlerinde vardır ve ağaç zarara uğradığında salgılanmaktadır.

3.3.2. Ahşap Malzemenin Özellikleri

Ahşap, ağaçtan elde edilen içeriğinde lif bulunduran, heterojen ve anizotrop bir yapısı olan organik esaslı yapı malzemesidir (Eriç, 1994). Doğada yetişen ağaç türlerinin sayısı fazla olup, her ağaç türünden elde edilen ahşabın özellikleri de değişmektedir. Ağaç türleri botanik olarak incelendiğinde iğne yapraklı(kozalaklı) ve geniş yapraklı(yapraklı) ağaçlar olarak iki grupta sınıflandırılabilir. İğne yapraklı ağaçlar kozalaklı olup, odunları daha yumuşaktır. Bu nedenle işlenmeleri daha basit ve

fiyatları da yapraklı ağaçlara göre daha uygundur. Yapılarda en çok tercih edilen iğne yapraklı ağaçlardır. Yapıda dış etkilere açık kısımlarda, iğne yapraklı ağaçlardan olan çamlar(çıralılar) kullanılırken, iç mekanlarda ise göknar ve ladin gibi ağaç türleri tercih edilmektedir. İğne yapraklı ağaçlar; çamlar, sedir, göknar, ladin, ardıç vs., geniş yapraklı ağaçlar ise; kızılâğaç, kayın, gürgen, kavak, meşeler, kestane vs. dir (Kocataşkın, 1966). Geniş yapraklı ağaçlar sert ağaç olarak adlandırılır, lif yapısı sert ve sık dokuludur. Parke yapımında, mobilyacılık ve tarihi binaların özel detaylarında kullanılmaktadır (Güler, 2011: 3).

Ahşap yapıların kullanıldığı ağaçlar türleri, iklimi, toprağın cinsi, beslenme şekilleri ve orman bakımına göre farklılık gösterebilmektedir. Türkiye' de ağaçların % 46' sını geniş yapraklı ağaçlar ve %54' ü iğne yapraklı ağaçlar oluşturmaktadır (Batur, 2004: 7).

İğne Yapraklı Ağaçlar

Ağaç türü olarak daha yumuşak olup ve bu sebeple işlenmesi daha kolaydır. Ülkemiz ormanlarında daha fazla bulunmaları ve uygun fiyatta olması yapıda daha çok kullanılmasını sağlamıştır (Batur, 2004: 8).

Çam Grubu

Türkiye' de iğne yapraklı ağaçlar arasında en fazla çam grubu tercih edilmektedir. Çam ülkenin her bölgesinde yetişmektedir. Çam odun yapısı orta yumuşak bir yapıdadır. Eğilme ve şok direnci orta düzeydedir. Elastikiyeti iyi ve çalışması azdır. Tutkallama ve işlenmesi kolay olup çivi tutma kabiliyeti yüksektir (Batur, 2004: 8). Reçine kanalları bol miktarda bulunur. Diri odun sarımsı veya kırmızımsı beyaz renkte, öz odun kırmızımsı kahverengidir. Türün en önemlileri, kızılçam, sarı çam, toros çamı ve fıstık çamdır. Kızılçam en ağır ve fıstık çam en hafiftir (Sevimli, 2003: 8).

Ladin Grubu

Ladin ağaç türünde diri ve öz odun kısımları ayrı renkte değildir. Reçine kanalları seyrek ve odun rengi kırmızımsı beyaz veya saman sarısı rengindedir. Lifleri düzgün ve boyuna kesitlerde parlak oduna sahiptir (Sevimli, 2003: 8).

Göknar Grubu

Reçine kanalları ve çamlarda ki gibi koyu renkte öz odunları bulunmaz. Odun rengi kırmızımsı beyazdır. Lifler düzgündür (Sevimli, 2003: 8).

Sedir Grubu

Reçine kanalları bulunur. Lifleri düzgündür. Dayanıklı bir ağaç türüdür. Odun biraz yumuşak olduğundan kolay yarılr ve işlenebilir. Diri odunu geniş ve kırmızımsı renktedir. Öz odun kısmı ise açık sarımsı ile kırmızımsı kahverengidir. Odun içeriğinde bulunan eter yağı ile kendine has hoş bir kokusu vardır (Sevimli, 2003: 8).

Geniş Yapraklı Ağaçlar; Genel olarak reçine kanalları bulunmaz. İğne yapraklı ağaçlara göre daha sert olup işlenmesi daha zor olan ağaçlardır. Kullanımları yapılarıdaki özelliklerine göre belirlenir. Örneğin, kayın ağacı odunu ağır ve sert, şok direnci yüksektir. Buharlı işlem ile kolaylıkla bükülebilmektedir. Kayın ağacı işlenmesi kolay ve iyi cila tutar. Dokusu sert ve sıkı yapıdadır. Kayının eğilme direnci az olduğundan yapı da kullanım alanı, parke, döşeme kaplaması, korkuluklar, süpürgelik ve merdiven basamakları yapımında kullanılmaktadır (Batur, 2004: 9).

Kestane Grubu

Diri odun 2,5 yıllık halkadan oluşup dar ve kirli sarımsı beyaz renktedir. Öz odun koyu ile açık kahve renkleri arasındadır (Sevimli, 2003: 10).

Meşe Grubu

Beyaz meşe, kırmızı meşe ve sürekli yeşil meşe olarak 3 sınıfa ayrılırlar (Sevimli, 2003: 9). Kereste olarak dayanıklı bir ağaç türüdür. Odunu sert ve sık dokuya sahiptir. Dayanıklı ağaç türü olmasından ötürü birçok yapı alanında kullanılmaktadır.

Kayın Grubu

Diri odunu kırmızımsı beyaz olup genellikle 80-100 yaşını aşan her yaşlı ağaç gövdesi içinde daha koyu öz odun bulunmaktadır. Kayın ağaç verimli toprakta hızlı büyür, bu da büyük avantaj sağlar, çünkü ağaç ne kadar hızlı büyürse odunu o kadar kaliteli olur. Böylece ağaç kesimleri 70-80 yılda bir yapılabilir ve kesilen ağaçların yerine yeni kaliteli fidanlar dikilir (Sevimli, 2003: 9).

Gürgen Grubu

Türkiye' de neredeyse tüm sahil ormanlarında adi gürgen ve doğu gürgeni olmak üzere iki türde görülürler. Gövdeleri düzgün değildir ve oluklu gövde yaparlar (Sevimli, 2003: 10).

Kavak Grubu

Türkiye' de doğal olarak yetişen kavak türleri, servi kavağı, karakavağı, titrek kavağı ve akkavaktır. Karakavak en çok nehir ve su kenarlarında görülür. Servi kavak Orta

Anadolu ve Doğu Anadolu' da, Akkavak ve titrek kavak tüm ormanlarda görülür (Sevimli, 2003: 10).

Ağaçlar doğal dayanıklılıklarına göre gruplandırılırlar. Ağacın doğal dayanımı türüne, yetiştirilen iklime ve su durumuna göre değişkenlik gösterir. Ağaçlar doğal dayanımlarına göre 3 grupta incelenmektedirler. Bunlar;

- Az Dayanıklı Ağaçlar; Yumuşak ve işlenmesi kolay ama yapı da çok tercih edilmeyen türleridir. Uzun ömürlü olmazlar. İhlamur, çınar, kırmızı kayın, gürgen, kavak ve ıhlamur türü ağaçlar örnek verilebilir.
- Orta Dayanıklı Ağaçlar; İşlenebilirliği kolay ve yapı da fazla tercih edilen türlerdir. Selvi, ladin, köknar, ardıç, sedir, çam ve ceviz türü ağaçlar örnek verilebilir.
- Çok Dayanıklı Ağaçlar; Yapı da işlenebilirlik açısından çok tercih edilmeyen, süs yapımında ve farklı alanlarda kullanılan ağaç türleridir. Kestane, meşe, ladin, köknar, akasya, sevi ve dişbudak türünde ağaçlar örnek verilebilir (Batur, 2004: 9).

Ahşap Bozulmaları

Ahşap biyolojik bir malzeme olup farklı biyotik ve abiyotik unsurlar tarafından bozunmaya uğrayabilmektedir. Higroskopik yanabilen bir malzemedir. Yangın gibi birçok unsurdan etkilenen eski yapılar bakımsızlık, çürüme, bilinçsiz onarım ve müdahaleler neticesinde yok olup günümüze ulaşmadığı bilinmektedir (Güler, 2011: 1). Farklı biyotik (bakteri, böcek, mantar, termit, böcek) unsurlar ve abiyotik (mekanik, kimyasal, termal, açık hava koşulları) unsurları ahşabın kimyasal bileşiminde, yapısında ve görünüşünde bozulmalara neden olmaktadır. Bu tür bozunmalar basit renk değişiminden ahşabın bütünüyle işlevsiz hale gelmesine kadar ahşapta çok sayıda değişikliğe sebep olmaktadır. Ahşap devamlı olarak biyolojik tehdit altında olduğundan dış ortam koşullarından korunması için çeşitli önlemler alınmalıdır. Ahşap; kimyasal maddeler kullanılmaksızın bir dereceye kadar korunabilmekte, ancak biyotik ve abiyotik unsurların devamlı ve şiddetli olması ile farklı kimyasal ve metotlarla emprenye edilerek kullanılması gerekmektedir (Güler, 2011: 25). Ahşap koruma; tüm ahşap ürünlerinin özelliklerini bozan ve tahribata yol

açan zararlılara karşı geliştirilen ve kullanım ömrünü uzatan önleyici ve kurtarıcı işlemleri içermektedir. Ahşap koruma yöntemleri; ahşaba zararlı canlıların yaşamlarının devamlılığı için gerekli koşulları yok etmek, ahşabın belli kuruluk değerinde olması, kimyasal maddelerle emprenye edilmesi, farklı yüzey uygulamaları ve onarımı, yapısal tedbirlerin alınması ciddi derecede önemlidir (Güler, 2011: 107-108).



Şekil 3.37: Ahşap fiziksel bozulmalar / Ahşap biyolojik bozulmalar

Kaynak: Turgay ve Buyruk, 2017 / URL-17



Şekil 3.38: Kimyasal bozulmalar / Çatlak oluşumları

Kaynak: Karaman ve Zeren, 2010 / Perker ve AkıncıTürk, 2006

Ahşap kimyasal yapısındaki hidroksil grupları sayesinde oduna direnç ve kullanım sağlamanın yanı sıra, ahşabın böcek ve mantarlar tarafından saldırıya uğraması, boyutsal değişkenlik ve rutubet olayının da sorumlusudur. Ahşap ile su ilişkisi, odun çürümesinde önemli etken olup ve bakteriler, mantarlar, böcekler, odun deliciler ve

termitler gibi mikroorganizmalar, uygun şartlarda ahşap yapıların tahribatına sebep olabilmektedir. Ahşap tahribatını hızlandıran fiziksel ve kimyasal etkenlere ek olarak yanma ve açık hava etkileri (yağmur, rüzgâr, kar, don, güneş ışığı vs.) de ahşap malzemenin hizmet ömrünü etkilemektedir. Ahşabı korumak amacıyla birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu uygulamalar, dayanıklı doğal ağaç türlerinin seçimi, tasarımsal önlemler, ahşap malzemenin kuruluşunun sağlanması, su itici madde ve yüzey kaplayıcı madde kullanımı, boya, vernik vs. ile yanmayı geciktiren maddelerin uygulanması gibi koruma tedbirleri bina içi uygulamalarda tercih edilebilir. Bina dışı su ve toprak temaslı işlemlerde, ahşabın ıslanma riskinde ve yanma vs. tehlikelerde koruyucu özellikli maddeler kullanılarak emprenye edilen ahşap önemli olup önerilmektedir. Ahşap emprenye maddeleri ile dayanıklılık kazanmakta ve doğru uygulamalarla emprenye edilmesi gerekmektedir. Emprenye maddeleri ile korunan ahşap, birçok yerde kullanım imkanı bulmaktadır. Ahşaba uygulanan koruyucu emprenye maddelerin yanı sıra, farklı modifikasyon uygulamaları ile ahşabın fiziksel ve kimyasal özellikleri değiştirilerek dayanıklılığı artırabilmektedir. Termal (ısı etkisi ile yapının değiştirilmesi) ve kimyasal modifikasyonlar örnek verilebilir. Termal işlem geçiren modifiye ahşap ürünler, döşeme ve doğrama malzemesi, bahçe mobilyası, dış cephe kaplaması, panjur, ses bariyerleri ve sauna yapımı vs. amaçlarla kullanılmaktadır (Kartal, 2016: 51-52).

Ahşap koruyucu maddeler 21. yy' da kimya endüstrisi tarafından farklı özelliklerde kimyasal malzeme üretilmiştir. İhtiyacın karşılanmasına göre su ve nem etkisine, ısı ve yangına, güneş ışınlarına, yağmur ve kar sularına, aşınma ve çizilmeye, asit etkisine, böcek ve mantar gibi biyolojik zararlılara karşı üretilen kimyasal maddeler sayesinde ahşabın doğal görünümünün bozulmasını engellemektedir (Perker ve AkıncıTürk, 2006: 50).

Ahşap Malzeme Özellikleri

Ahşap malzemenin özelliklerini anlayabilmek için öncelikle fiziksel, kimyasal, mekanik ve yanıcılık özellikleri incelenerek kullanılan ahşabın yapısı ve cinsi bilinmelidir. Ahşap özellikleri taşıyıcılığı açısından büyük önem taşımaktadır. Zamanla meydana gelen yıpranma ve çürüme gibi bozulmaları anlayabilmek için fiziksel, kimyasal, mekanik ve yanıcılık özelliklerini bilerek koruma metodu

geliştirilir. Dış etkenlerden, zararlı canlılardan, nemden ve yangından ahşap malzemeyi korumak için kimyasal boyalar kullanılarak ahşap ömrü uzatılabilmektedir (Çalışkan, Meriç, Yüncüler, 2019: 110).

- **Fiziksel Özellikleri**

Ahşap malzemesi deprem açısından yüksek dayanıklılığa sahiptir. Olumsuz hava şartları ve kimyasal faktörler gibi birçok etkiye maruz kaldığında mukavemetinde düşük bir azalma olması sebebiyle ahşap yapı kullanımı önemli hale gelmektedir. Özellikle ahşabın fiziksel özellikleri mekanik özelliklerini doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle ahşabın nem oranı, ısı iletkenliği, sıcaklık genleşmesi, özgül ağırlık, sertliği ve dayanıklılığı oldukça önemlidir (Çalışkan, Meriç, Yüncüler, 2019: 110). Ahşap kolay bulunması, işlenmesi, hafifliği ve yüksek mukavemeti ile önemli yapı malzemesidir. Mukavemeti lif paralellğinde yüksek, liflere dik doğrultuda daha düşüktür. Yoğunluğu arttıkça mukavemet artar. Isı arttıkça mukavemet azalır. Kusurlar ve hasarlar mukavemeti düşürür. Ahşap hücre duvarı sıkı ve kalın ise mukavemet artar; bu nedenle iç odunda fazla, dış odunda daha azdır (Saydamer, 2014: 11).

1. Nem Oranı

Ahşap bünyesindeki nem miktarı malzemeyi birçok açıdan etkilemektedir. Ahşapta renk değişimleri, nem kaybı ve darbe gibi etkilere maruz kalarak değişikliklerin olması ahşabın dayanımını azaltmaktadır. İstenilen seviyedeki bir nem oranı ahşap malzemedeki birçok parametreyi etkileyecektir. Nemlilik seviyesi artan bir ahşap malzemedeki mukavemet azalmaktadır. Ancak nem oranı %30 'u geçtiği durumda mukavemette değişiklik olmaz ve bu değer mukavemet bakımından sınır değer olarak kabul edilmektedir (Çalışkan, Meriç, Yüncüler, 2019: 110). Ahşap malzeme su veya su baharı ile temasa maruz kaldığında fiziksel ve kimyasal özelliklerinde değişiklikler olacağından kullanım alanı sınırlanmaktadır. Ahşap malzemedeki hacimsel farklılıkların sebebi olan rutubet, mekanik özelliklerde değişikliklere sebep olur ve kullanım ömrünü önemli derecede azaltır (Pelit, Korkmaz, Budakçı, 2017: 1028).

2. Isı İletkenliği

Ahşabın esas maddesi olan selüloz ısı geçirmez malzemedir. Ancak ısının iletkenliği ahşap malzemenin cinsine, nem miktarına ve lif doğrultusuna göre değişiklik gösterebilmektedir. Ahşap ısı etkisiyle genişip, soğuduğunda ise büzülmemektedir

(Çalışkan, Meriç, Yüncüler, 2019: 111). Ahşap ısı iletim katsayısının düşük değerde olması ile ısı etkisi hesaplanmaz. Rötre ve ısıdan oluşan gerilme ve deformasyonların ters yönde olması malzemede iç denge oluşturmaktadır. Sıcaklık artması ile ahşap elemanın boyu uzar fakat ısı etkisiyle ahşap kuruyarak rötre(büzülme) meydana gelir ve boyu kısalır. Bunun yanında ses yansıtma, iletme ve yutma özelliği olan yapı malzemesidir (Bilgin, 2009: 15).

3.Sıcaklık Genleşmesi

Sıcaklık arttıkça hacmi genişleyen ahşap, soğumayla hacmi azalır (Şahin, A.; Ünal H.B., 2005).

4.Özgül Ağırlık

Ahşap özgül ağırlığı ağacın türüne ve ahşabın hangi bölümünden alındığına göre değişiklik gösterebilmektedir. Özgül ağırlığı yüksek olan bir malzemenin mekanik özellikleri de yüksek olmaktadır. Yeni kesilen ahşap malzemenin özgül ağırlığı eski kuruyan ahşap malzemedden farklıdır. Taze kesilen ahşapta ki su miktarı yaklaşık %35-50 iken, kurutulmuş ahşapta ise %10-20 düzeyindedir (Çalışkan, Meriç, Yüncüler, 2019: 111).

5.Ahşap Sertliği

Ahşabın kesilme ve işlenmeye karşı gösterdiği direnç sertlik olarak adlandırılır. Sertlik malzemenin nemliliği, cinsi ve iç yapısı gibi unsurların yanı sıra yoğunluk ile doğru orantılıdır. Nem oranı arttıkça sertlik azalmaktadır. Kuru ağaçta sertlik en yüksek seviyededir (Çalışkan, Meriç, Yüncüler, 2019: 111). Ahşapta yoğunluk arttıkça sertlik artar. Liflere dik doğrultuda sertlik yüksektir. İlkbahar odunu, yaz odununa göre; dış odun iç oduna göre daha yumuşaktır. Rutubet arttıkça sertlik artar (Şahin, A.; Ünal H.B., 2005).

6.Ahşap Dayanıklılığı;

Ahşap malzemenin dayanıklılığı koruyucu uygulamalara bağlı olmadan dış etkenlere olan dayanıklılığıdır. İç yapısındaki doğal antiseptik maddeler sebebiyle çam, kestane, meşe, gürgen dayanıklıdır. Kayın, kavak, dişbudak, çınar, ıhlamur ve söğüt az dayanıklıdır (Şahin, A.; Ünal H.B., 2005). Ahşap en az koruma ile 50-60 yıl yaşayabilmektedir. Geleneksel evlerin 200-300 yıl kadar ömrü ile görülmektedir. (Bilgin, 2009: 45).

- **Kimyasal Özellikleri**

Hücre duvarının kimyasal bileşiminde;

- Selüloz (%40-50): Hücre duvarının temel katkı maddesidir. Ahşabın fiziksel ve özelliklerinden çekme ve eğilime karşı mukavemet sağlayan maddedir.
- Hemiselüloz (%20-35): Hücre duvarını güçlendirir, madde depolamayı sağlar, geçit zarlarını düzenler. Su emicidir.
- Lignin (%20): Selüloz fibrilleri içerisinde bulunur. Ahşabın basınca karşı mukavemetini sağlar. Düşük miktarda su emicidir. Renk kahverengimsi beyazdır.
- Yabancı madde: (%0-5) oranında bulunur.

Odun dokusunun doğal direnci diğer bitki dokularına göre en dayanıklıdır. Ahşap kuru yerlerde saklandığında ve hayvansal zararların olmadığı ortamlarda çok uzun yıllar boyunca dayanmaktadır. Ahşap direncinin azalması büyük oranda rutubete (%26-30) bağlıdır. Çürümeyi önleyen salgılar dış odundan iç oduna geçiş döneminde meydana gelir. Dayanıklılığı olan ahşap karbonhidrat içermez. Ligninleşme enzimlere karşı fiziksel engel oluşturur. Doğru ve uygun biçimde ilaçlanan ahşap, doğal ahşaptan daha üstündür. Yaz odunu ilkbahar odunundan; iç odun dış odundan daha dayanıklıdır. İç odunu koyu renkte olan ağaçlar daha dayanıklıdır. Dayanıklılık ağacın türüne göre değişmektedir (Bilgin, 2009: 36).

- **Mekanik Özellikleri**

Ahşap anizotrop ve heterojen bir malzeme olduğundan mekanik özellikleri diğer malzemelerden farklılık gösterir. Bu sebeple ahşabın mekanik davranışı mikro düzeyden makroya doğru araştırılır. Ahşabın farklı heterojen malzemelerdeki gibi lineer olmayan gerilme deformasyon davranışı vardır. Ahşap iki farklı kuvvet etkisinde kalabilmektedir. Bu kuvvetler, liflere paralel ve dik yöndeki basınç ve çekme dayanımlarıdır. Ahşapta mekanik özellikleri olan, basınç ve çekme dirençleri, elastisitesi, yarıma ve makaslama direnci incelenmelidir (Çalışkan, Meriç, Yüncüler, 2019: 112).

1. Basınç Direnci

Ahşap liflerine paralel ve dik yönde gelen kuvvetlerin, uyguladığı basınca karşı gösterdiği dirence basınç direnci denir. Ahşap liflerine paralel yönde etkiyen basınç ezilme ve burkulmaya karşı oldukça dirençli iken, liflerine dik yönde etkiyen basınç kuvveti ise çok düşüktür.

2. Eğilme Direnci

Ahşap liflerine dik yönde etkiyen bir kuvvetin onu eğmeye çalışması ve ahşabın bu kuvvete verdiği tepki eğilme direnci olarak adlandırılır. Eğilme dayanımı mukavemeti ahşap yapısındaki rutubet oranıyla ilişkilidir. Ahşaba en yüksek dayanım nemin %3-5 değeri sağlarken, nem oranı arttıkça her %1' lik değere karşı %4 oranında mukavemet düşmektedir (Çalışkan, Meriç, Yüncüler, 2019: 112-113).

3. Ahşabın Elastisitesi

Bir kuvvet etkisinde şekli değişen cismin etkiyen kuvvet bitince eski halini alabilme özelliğidir. Ahşap belirli sınıra deforme olmadan kuvveti karşılayabilmektedir. Buna ahşabın sınır değeri denilmektedir. Etkiyen kuvvet arttıkça deformasyon meydana gelir ve kırılma olabilmektedir. Bu değere ise ahşabın kırılma sınırı denilmektedir. Ahşap malzeme orta seviyede elastik bir malzemedir. Yoğunlukla doğru orantılıdır. Sıcaklık ve nem artışı ahşabın elastisite modülünü olumsuz etkilemektedir. Elastisite modülü değeri, liflere paralel yönde en yüksek değerde iken, radyal yönde azalır, teğetsel yönde küçülmektedir (Çalışkan, Meriç, Yüncüler, 2019: 112-113).

4. Ahşap Yarıлма Direnci

Ahşap malzemeye çivi, vida metalların belirli kuvvetle odun liflerine girmesi ve ahşabın da bu metalleri tutma kabiliyetidir. Yarıлма direnci ahşap türüne göre farklıdır. Özellikle çınar, meşe ve kayın gibi ağaçlar yarıлма direnci yüksektir (Çalışkan, Meriç, Yüncüler, 2019: 113).

5. Ahşap Makaslama Dayanımı

Bitişik olan iki kesitin birbirinden ayrılması için uygulanan kuvvete ahşabın gösterdiği dayanımdır. Makaslama direnci malzeme kalitesi ve liflerin yönü ile ilgilidir. Nem oranı makaslama direnci ile ters orantılıdır (Çalışkan, Meriç, Yüncüler, 2019: 112-113).

Tablo 3.1: Ahşap mekanik ve fiziksel özellikleri

Ağaç Cinsi	Fiziksel Özellikler			Mekanik Özellikler N/mm ²								
	Birim Ağırlık Δ g/cm ³	Deformasyon α %	Isı İletkenlik Katsayısı λ kcal/mhC ^o	$\sigma_{çekme}$ $\sigma_{//}$ σ_{\perp}		$\sigma_{basınç}$ $\sigma_{//}$ σ_{\perp}		Makaslama τ	Eğilme σ	Elastiklik modülü E	Brinell sertlik H	
Çam	0.50	12.3	0.27	104	2.1	37.9	4.6	3.6	64.8	10200	23	7
Ladin	0.43	11.5	0.19	-	-	31.1	4	-	69	8300	37	14
Kök nar	0.43	12.2	-	62	1.5	37.4	4.5	4.6	73	8300	19	14
Kayın	0.86	15.5	-	66	2.3	36.5	1.2	5.4	87	12500	56	25
Meşe	0.89	12.2	0.58	90	4.0	61	11	11	98	11700	64	41
Kavak	0.45	12.8	-	-	1.7	40	2.7	6.8	52	7000	23	10
Gürgen	0.83	16.2	-	135	24.5	66	12	7.4	130	16200	71	36
Dişbudak	0.85	13.2	0.26	165	70	52	11	12	120	13400	65	-
İhlamur	0.53	14.9	0.36	85	-	52	-	4.5	106	740	-	16
Kestane	0.58	13.3	-	135	-	47	-	8	89.6	9000	38	18
Karaağaç	0.64	13.2	-	90	4.0	56	10	7	89	11000	44	30

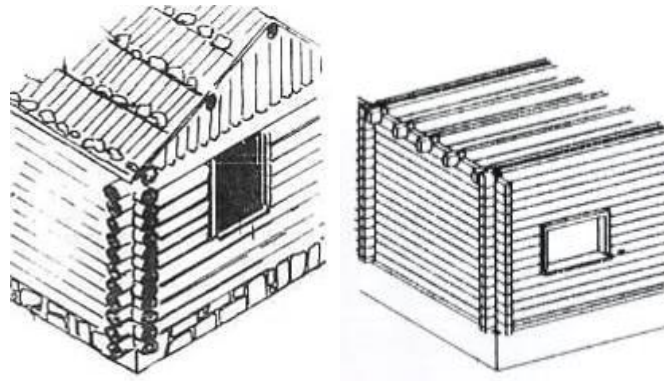
Kaynak: Eriç, 1994

3.3.3. Ahşap Sistem Türleri ve Tipleri

Ahşap yapım sistemleri, yığma(kütük) sistem, iskelet(karkas) sistem, panel sistem ve lamine (tutkal-tabakalı) ahşap sistem olarak dört gruba ayrılarak incelenmektedir (Bostancıoğlu ve Düzgün Birer, 2004: 37).

1. Yığma(Kütük) Sistemler

Ağaç gövdelerinin üst üste bindirilmesiyle oluşturulan bir sistemdir. Yığma sistem yapı esasına göre üst üste kondurulup oluşturulan duvarlar taşıyıcı sistem ve bölücülük görevini üstlenmektedir. Bu sistemle meydana gelen duvarların duvar yüzeylerinde kaplama ihtiyacı duyulmamaktadır. Geleneksel yapı üretiminde ülkemizde ve Dünya da kullanılan sistem genelde hafta sonu evi olarak kullanılmaktadır. Aynı zamanda Kanada, İskandinavya, İsviçre, Japonya, Rusya, Sibiry ve ABD ülkelerinde ahşap yığma strüktürler bulunmaktadır. Ahşap yığma sistemin en yalın ve yaygın şekli, yüzeyi kabaca temizlenmiş ahşap kütüklerden yarım geçmeli olarak birbirlerinin üstüne oturtularak oluşturulmaktadır. Günümüzde İskandinav ve ABD ülkelerinde ahşap yığma sistem başka düzeyde yaşam bulmuştur. Geleneksel ürün inşa etmek amacıyla değil, modern lüks tatil konutu gereksinimlerinin karşılanması için uygulanmıştır (Bostancıoğlu ve Düzgün Birer, 2004: 39).



Şekil 3.39: Kütük sistem çizimleri

Kaynak: URL-18 / URL-19

Ahşap yığma sistem detayları incelendiğinde hafriyattan sonra temel inşası uygulanmaktadır. Kütük duvarlar yerleştirildiği yüz düzgün olmalıdır. Temel üzerine yerleştirilen ilk kütük sırasının temel üstüne ankre edilmesi ve nemden korunması için tedbirler alınmalıdır. Kütükler üst üste dizilirken pencereler ve dış kapılar plandaki yerlerine konumlandırılmaktadır (Bostancıoğlu ve Düzgün Birer, 2004: 39-40). Yığma sistemle oluşturulan yapılar diğer yapı sistemlerine göre ağırdır. Ahşap malzemeye çok fazla gereksinim duyulduğundan maliyetli olmamalıdır. Olumsuz hava koşullarından korumak için empenye edilerek uzun ömürlü olmaları sağlanmalıdır. Kütükler birbirlerine geçmeli biçimde yerleştirilir (Ohenasyan, 2012: 21-28).



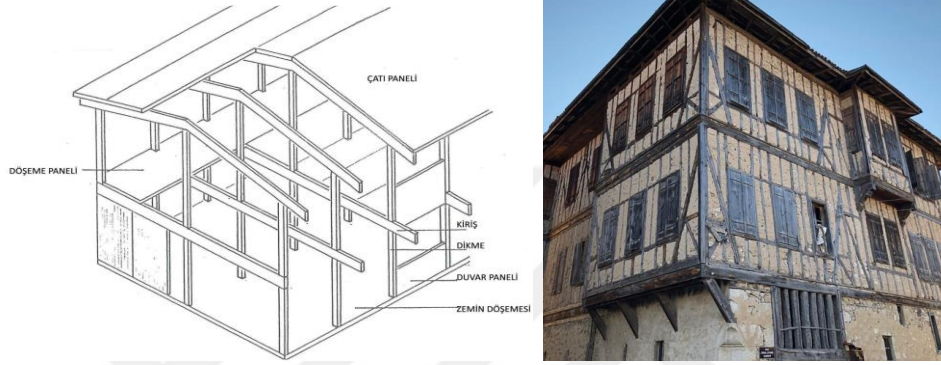
Şekil 3.40: Ahşap kütük sistem örnekleri

Kaynak: URL-20 / URL-21

2.İskelet(Karkas) Sistemler

İskelet strüktür taşıyıcı görevdedir ve bu iskelet boşluklarının arasını dolduran dolgu malzemelerle yapı inşası oluşmaktadır. Tek boyutlu ahşap elemanlardan oluşan taşıyıcı sistem, yatay ve dikey kuvvetleri dengeleyerek stabiliteyi ve yapının ayakta

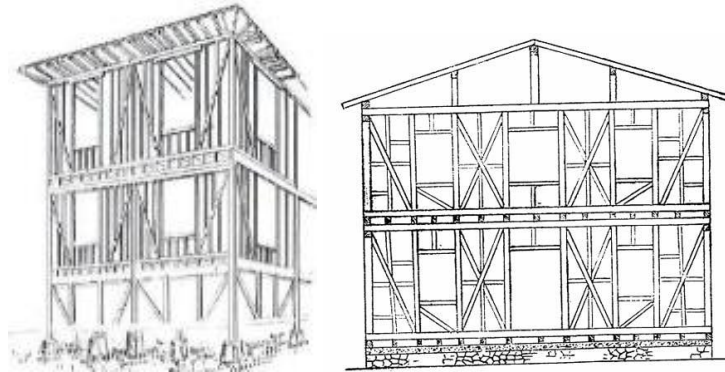
durmasını sağlamaktadır. Dolgu bölümü (tuğla, kerpiç, gazbeton) yapıyı ısı, nem ve dış etkenlerden koruyarak gerekli yalıtımları sağlamaktadır. İskelet sistemler, ana ve yardımcı elemanlarla oluşturulan sistemdir. Taşıyıcı sistemin ana elemanları dikmeler ve diyagoneller, taban ve başlık kirişleridir. Yardımcı elemanlar ise taşıyıcı özelliği olmayan diğer elemanlardır. Yardımcı elemanlar ana elemanları desteklemek, çatı örtüsünü taşımak, duvarları kaplamak, döşeme gibi kullanım yüzeyi oluşturmak, kapı ve pencere elemanlarını sabitlemeyi sağlamaktadır (Ohenasyan, 2012: 39).



Şekil 3.41: Ahşap karkas sistem / Yapı örneği

Kaynak: Ohenasyan, 2012 / URL-22

İskelet sistemde duvarlar taşıyıcılık özelliğinde olmayıp sadece mekanları ayıran ve binayı çevreleyen elemanlardır. Taşıyıcı olan dikmeler arasındaki boşluklar taş, tuğla, kerpiç, gazbeton gibi bileşenlerle doldurulabilir, sıva yapılarak ve kaplanarak yalıtım ve koruma sağlanmaktadır. İskelet sistem, yığma sistemden daha maliyetlidir (Bostancıoğlu ve Düzgün Birer, 2004: 40).



Şekil 3.42: Ahşap karkas strüktür

Kaynak: URL-23 / URL-24

3.Ahşap Panel Sistemler

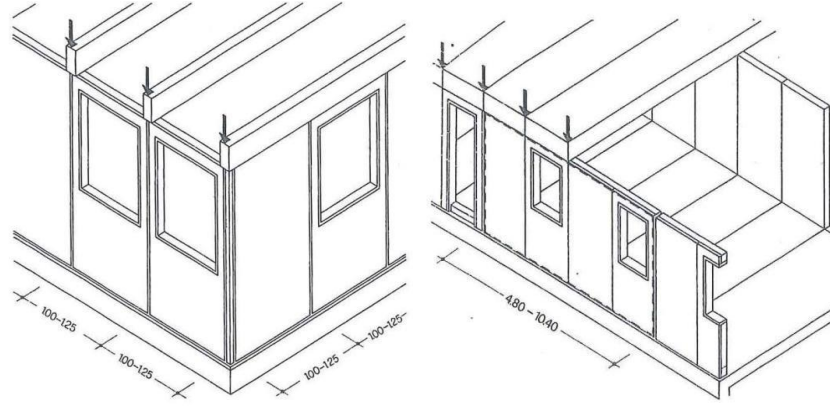
Ahşap panel sistem, özellikle tek katlı olan okul ve büro yapıları için uygundur. Tek veya iki katlı konutlarda da bu sistem kullanılabilir. Ahşap panel sistem, kendi kendini taşıyabilen panellerden meydana gelmektedir. Sistem içindeki tüm elemanlar panellerden oluşmaktadır. Paneller, fabrika ortamında önceden belirlenmiş boyutlarda üretilerek şantiye ortamında birleştirilmesiyle ahşap panel yapılar oluşmaktadır. Panellerin duvara bağlanması geçmeli yöntemle olduğu gibi, dikmeli birleştirme yöntemi de kullanılabilir. Ahşap panellerin köşe noktalarında dikmeler kullanılmaktadır (Ohenasyan, 2012: 31-32). Panel elemanlar taşıyıcı, taşıyıcı olmayan, havalandırılmalı, havalandırılmamasız olarak kompozisyonlarına ve görevlerine göre üretilmektedir. Bu elemanlar küçük ve geniş taşıyıcı paneller, oda üniteleri, taşıyıcı olmayan küçük ve geniş paneller olarak dört gruba ayrılabilirler (Bostancıoğlu ve Düzgün Birer, 2004: 41).



Şekil 3.43: Ahşap panel sistemler

Kaynak: URL-25 / URL-26

Ahşap panel sistem, Kanada, Kuzey Avrupa ve Amerika gibi ahşap yapıların yaygın kullanıldığı ülkelerde uygulanmaktadır. Ülkemizde ise bu durumda farklılıklar vardır. Planlama, uygulama ve üretim sürecinde yasal sınırlamalardan belli nitelik sağlanmamasından, günümüzde kullanımı yaygın değildir. Yangın dayanımı ve yük taşıma kabiliyeti düşük olduğundan diğer yapı sistemlerine göre dezavantajlıdır. Ancak panel sistem yapıları, diğer sistemlere göre ekonomik ve hafiftir. Sistem elemanları şantiye ortamına kolayca taşınabilmektedir (Ohenasyan,2012: 32).

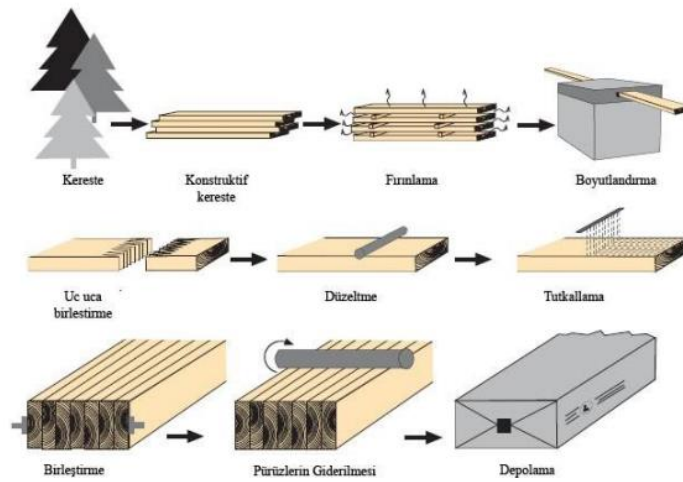


Şekil 3.44: Ahşap panel uygulamaları

Kaynak: Ohenasyan, 2012

3.Ahşap Lamine(Tutkal Tabakalı) Sistemler

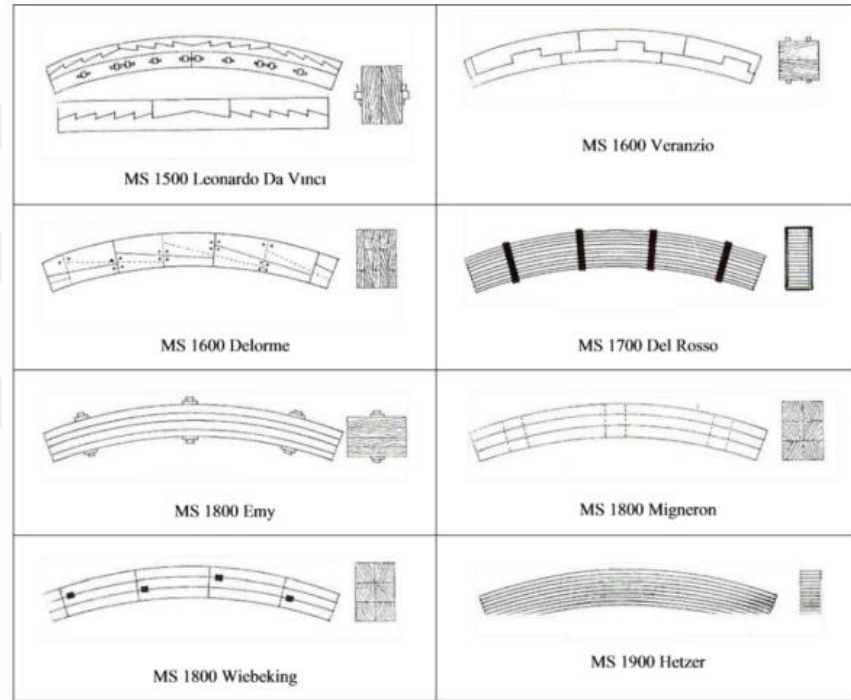
Tutkal tabakalı ahşap elemanlar, farklı ölçülerde birbirinden bağımsız ahşap tabakaların endüstri ortamında ve özel bağlayıcı tutkallarla birleştirilmesiyle yapılan ahşap yapı elemanlarıdır. Tabakalı sistem, uç uca eklenerek uzun boylar ve geniş kesitler oluşturan parçalardan veya tutkallama anında eğrisel, düz veya kavisli yapı elemanları elde etmek amacıyla bükülen parçalardan oluşmaktadır. Bu yapı elemanları kemerler, kolonlar, aşıklar, makaslar, düz ve eğri kirişler gibi farklı biçimlerde üretilmektedir (Bostancıoğlu ve Düzgün Birer, 2004: 42).



Şekil 3.45: Tutkallama uygulama aşamaları

Kaynak: Kayakıran ve Kishali, 2019

Ahşap birleşim yerlerinde kullanılan tutkallar büyük öneme sahiptir. Günümüzde tutkallar ve tutkallama tekniğinin gelişmesi modern ahşapta önemli ilerlemelere yol açmıştır. Reçine tutkallarının kullanılması rutubete karşı dayanıklı ekler yapılmasına olanak sağlamıştır. Tutkallar rutubet ve farklı iklim etkilerine karşı mukavemetlidirler. Kolon, kemer, kafes, çerçeve, kiriş ve kubbe elemanlar ve tüm kabuk formlarının yapılmasını mümkün kılmıştır. Büyük açıklık geçmek için kullanılan lamine kiriş, kafes kiriş, kutu kirişler ve kabuklar tutkallı tabakalı sistemler olarak sıralanabilir (Sevimli, 2003: 60-63-78).



Şekil 3.46: Ahşap kerestelerin birleştirilmesi

Kaynak: Kayakıran ve Kishali, 2019

Şekil 3.46’ de görüldüğü gibi tabakalı ahşap sistemler ile istenilen formda ve geniş açıklıklarda kesitler üretilerek farklı estetik görünümlü yapılar inşa edilmiştir.



Şekil 3.47: Ahşap tutkallama örnekleri

Kaynak: URL-27 / URL-28 / URL-29 / URL-30

3.3.4. Ahşap Sistemlerin Avantaj ve Dezavantajları

Ahşap taşıyıcı sistem olarak avantajları fazla olan bir yapı malzemesi olduğundan geniş kullanım alanına sahiptir. Hafifliği, kolay işlenebilir olması, yenilenebilir, inşaat sahasında kolay monte edilmesi, iyi değerlerde mukavemeti ve her türlü hava koşullarında kullanıma uygun olması ahşap malzemeyi cazip kılmıştır. Bu sebeple dayanıklı ve ekonomik yapılar olması için ahşabın taşıyıcı iskelet sistemi boyutunda avantaj ve dezavantajlarını incelenmesi gerekmektedir (Çalışkan, Meriç, Yüncüler, 2019: 113).

Avantajları

- Ahşap malzeme doğa ile uyumlu olup, inşaat esnasında ve devamında çevreye zarar vermemektedir. Ahşap yapılar geri dönüşümlüdür, doğaya CO₂ ve CO salınımı yoktur. İnsan sağlığına zararlı etkisi bulunmamaktadır. Ahşap nefes alma özelliği ile ortamdaki koku, nem ve zararlı gazları salarak, ortam havasını doğal olarak temizlemektedir (Ohenasyan, 2012: 7).

- Ahşap hafiftir ve yeterli düzeyde mukavemete sahiptir. Malzeme hafif olduğundan ahşap binaların ölü yükü düşmekte ve diğer taşıyıcı eleman boyutları azalmaktadır.
- Hafifliği sebebiyle taşınması ucuz montajı basit, hızlı ve ekonomiktir.
- Ahşap sıcak bir malzeme olması ve doğadan kolayca elde edilebilir olduğundan fazla tercih edilmektedir.
- İşçiliği basittir ve şantiye sahasında biçimlendirilebilir.
- Ses ve ısı yalıtımı iyi olan bir malzemedir.
- Asitlere ve kimyasal etkilere dayanıklıdır.
- Ahşap yapı elemanların birleşimleri kolay olduğundan geçmeli bağlanabilir, yapıştırılabilir, vida, çivi, lama, bulon, tutkal ve metal ile birleştirilebilir.
- Yapı elemanları olarak birleşimleri kolay sökülebildiğinden, demonte (onarım-takviye uygunluğu) edilerek ahşap elemanlar farklı yapılarda tekrar kullanılabilir.
- Ahşap ağırlığı az, taşıma kabiliyeti yüksek, birleşim detayları kolay ve olumlu etkileri olan bir malzemedir.
- Ahşap kolay yanabilmesi ve dayanıklı olmaması gibi düşüncesi yapılarda kullanımını azaltmıştır. Ancak, yangın mühendisleri, ahşap mühendisleri ve diğer bilim insanları tarafından yapılan Ar-Ge çalışmaları sonunda yangın algılama ve koruma sistemleri geliştirilerek yüksek katlı ve farklı formlarda ahşap yapılar inşa edilmektedir (Çalışkan, Meriç, Yüncüler, 2019: 113-114-116).
- Tasarımında esnek olup, detay çözümleri basit, üretim süreci kısa, hata riski az, fabrika imalatı yapılabilen, standart üretim sağlayabilen ve işçiliği basit bir malzemedir.
- Yapımında özel alet ve cihazlara ihtiyaç duyulmaz.
- Tüm mevsimlerde üretilip uygulanabilir (Bilgin, 2009: 15).
- Ahşap yapıların ısı kaybı diğer yapı malzemelerine göre az olduğundan, iklimsel konfor sağlanır ve yazın serin, kışın sıcak olma özelliğine sahiptir. Isı yalıtımı açısından betonarme yapılardan 15, çelik yapılardan ise 400 kat daha iyi ısı yalıtımı sağlamaktadır (Ohenasyan, 2012: 9).

Dezavantajları

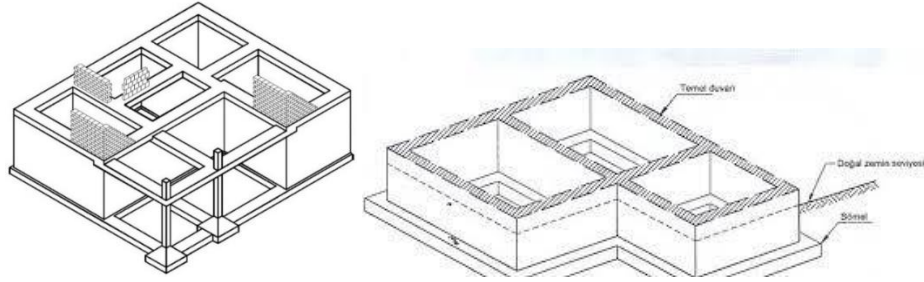
- Ahşap yapılar su ve aşırı sıcaklık etkisi ile şişme ve büzülme (rötre) meydana gelmektedir. Ahşap su ve nem etkisine dayanıksızdır. Bünyesine su aldığı zaman korunmadığında suyu emerek şişer, bünye içeriğinde su kuruması sonucunda büzülme ve çatlak oluşumuna yol açmaktadır (Ohenasyan, 2012: 9). Bundan ötürü yapılarda kurutulma işlemi uygulanmış ahşap kullanılmalıdır.
- Yapısı homojen olmayıp anizotrop malzeme olduğundan her nokta ve doğrultuda statik özellikleri aynı değildir. Basınç ve çekme dayanımı lif doğrultusunda yüksek, diğer doğrultularda daha düşük olduğundan, lif doğrultularına göre mekanik özellikleri değişiklik göstermektedir (Çalışkan, Meriç, Yüncüler, 2019: 114). Elastisite modül değerinin küçük olması yapılarda sehim oluşumuna neden olabilir. Yapılarda sehim engellenmesi için çok iyi kurutulma işlemi görmüş, yoğunluğu fazla ve üstün nitelikli keresteler kullanılmalıdır (Ohenasyan, 2012: 10).
- Ahşap malzeme nem etkisiyle çürüme ve bozulmaya uğramaktadır. Böcekler, bakteriler ve mantarlar gibi bitkisel ve hayvansal zararlılara yaşam alanı sağlamaktadır. Bu etki sonucu, taşıyıcı sistem elemanlarında basınç ve dayanıklılık değerleri farklılaşarak, taşıyıcılıkları azalmaktadır. Bu tür sorunların olmaması için ahşap zararlılardan korunmalı ve koruma yöntemleri uygulanmalıdır (Ohenasyan, 2012: 10).
- Lifli yapısından kaynaklı çatlaklar ve budaklar kesitin her yerine eşit dağılmamıştır.
- Ahşap yangın dayanımı yüksektir ancak kolay tutuşabilen bir malzemedir (Çalışkan, Meriç, Yüncüler, 2019: 114). Ahşap yapılarda en büyük tehlike yangın sorunudur. Ahşap yanıcı bir malzemedir. Ancak ahşap yangın direnci, beton ve çeliğe oranla daha yüksektir. Çünkü yangın başladıktan 30 dakika sonra betonarme sistemler, 15 dakika sonra da çelik sistemler doğal taşıma kabiliyetini ve şekillerini kaybetmeye başlamaktadır. Ahşap sistemler taşıyıcı sistem elemanlarının kesitlerine bağlı olarak 30–120 dakika arasında direnç göstermektedir. Yangın geçiren ahşap yapı elemanlarında, 30 dakikadan sonra 0,7mm/dakika hızla kesit azalması görülmektedir. Türkçü' ye göre, ahşap elemanlar üst tabakadan içeriye doğru saatte 5cm hızla yanmaktadır. Taşıyıcı sistem eleman kesitlerinin standartlara uygun yapılması ve koruyucu

malzemelerle kaplanması gibi önlemlerle yapıyı yangın tehlikelerine karşı korumak mümkündür (Ohenasyan, 2012: 11).

3.4.Yığma Taşıyıcı Sistem

Tuğla veya taşları taşıyıcı olacak biçimde üst üste ekleyip aralarını harçla bağlayarak ve yapı döşemesini bu duvarlara tahta veya kütükler eklemek yoluyla oluşan sistemlere yığma yapı denir. Yığma yapılarda duvarlar hem mimari hem de taşıyıcılık işlevindedir. Duvarlar yapıyı dış etkilerden korur ve hacimler oluşturarak iç bölmelere de ayırmaktadır. Bu şekilde duvarların birçok işleve sahip olması kullanım ve yapım bakımından yığma yapıları üstün kılmaktadır (Kara, 2009: 15).

Türkiye’de yapıların büyük bir bölümü, yığma olarak yapılmaktadır. Yığma yapıların birçok yönden üstünlüğüne karşı, çok ağır olmaları ve deprem gibi dinamik ve yatay yüklere dayanıklılığın az olması sebebiyle, depreme dayanıklı yapılar değildir. Yığma yapıların deprem etkisindeki davranışı incelenmeli ve deprem dayanımlarının artırılması sağlanmalıdır (Kara,2009: 15).Yığma malzemelerin seçilmesinin sebebi ekonomik olması ve yerel malzemelerden kolayca yapılabilmesidir. Genel olarak bu tür yapılar, yeterli mühendislik bilgisi olmaksızın gelişigüzel bir şekilde inşa edilmektedirler (Çırak, 2011: 55).



Şekil 3.48: Yığma sistem çizimleri

Kaynak: URL-31 / URL-32

Tuğla yığma yapılar deprem karşısında betonarme yapılara göre çok daha az dayanıklıdır. Tuğla ve harç gibi gevrek malzemelerden meydana geldikleri için yığma yapılar, süneklik sağlayamazlar. Tuğla duvarlar, gevrek yapı elemanlarıdır. Betonarme ye benzer donatılı yığma biçiminde uygulanırsa, sünek özellikte olmaktadır. Deformasyona uğrayarak deprem enerjisi tüketme güçleri, betonarme yapılara oranla

çok azdır (Kara, 2009: 15). Yığma yapılar basınç mukavemeti yüksek, çekme mukavemeti düşük malzemelerden oluşmaktadır. Büyük basınç kuvvetlerine dirençli olan bu elemanlar kayma ve eğilme kuvvetine dayanıksızdır (Kara, 2009: 1).



Şekil 3.49: Tuğla ve taş yığma yapı örnekleri

Kaynak: URL-33 / URL-34

Yığma yapıların taşıyıcı elemanları tuğla, doğal taş, kerpiç ve ahşap gibi malzemelerden oluşarak, dış etkilere dayanıklı malzemelerden meydana geldiğinden günümüze kadar ulaşabilmiştir. Bu tür yapıların yatay deprem yüklerine ve düşey yüklere mukavemeti, kullanılan malzeme dayanımına ve blokların yerleştirilme biçimlerine bağlıdır. Duvarı oluşturan blokların yangın dayanımı yüksektir. Birim ağırlığının taşıma gücüne oranı yüksek olduğundan yığma bloklarla ağır yapılar inşa edilir (Arun, 2005).

İstanbul' daki tarihi yapıların önemli bir bölümünü oluşturan tarihi yığma yapılar, geçmiş ile günümüz arasında bir bağ kurmaktadır. Tarihi yığma yapılar; vakıflar, kamu ve kurumsal şirketler tarafından sahip olunanlar ve bireysel olarak özel sahip olunanlar şeklinde iki gruba ayrılabilirler. Birinci grup; saraylar, tarihi camiler, köprüler, sinagog ve kiliselerden oluşurken, ikinci grup; tarihi yığma ev ve binalardan oluşmaktadır. Bu gruplandırmaya göre, birinci grup yığma yapılar genellikle iyi korunmuş yapılardır. Ancak ikinci grup olan, özel mülkiyet yığma yapılar iyi korunamamıştır (Aras, 2013: 2). Bu tip yapılar barındırdıkları tarihi değerler nedeni ile yangına karşı özellikle korunması gereken yapılardır.



Şekil 3.50: Farklı tarihi yığma yapı örnekleri

Kaynak: Aras, 2013

Yığma Tarihi

Yığma yapı tekniği insanlık tarihi süresince uygulanan, günümüzde kullanılmakta olan bir sistemdir. Kubbe, tonoz ve kemerler yığma yapı tekniğinin ilerlemiş elemanlarıdır. Yığma yapı olarak çok eski zamanlarda inşa edilen binalar günümüzde dayanıklılığını korumaktadır (Özkan, 2009: 1).

İnsanlığın var oluşuyla duyulan barınma ihtiyacı eski çağlardan başlayarak günümüze kadar süregelen yığma yapıların inşasını oluşturmuştur. İnsanların mağara ve çadır yaşamlarından sonra kerpiç yığma evlerin inşasına geçilmiştir. Kerpiç insanlığın kullandığı ilk yapı malzemesidir ve günümüze kadar kullanılmıştır. Anadolu' nun kırsal kesimlerinde, köylerde ve geleneksel konutlarda kerpiç yığma yapılar yaygındır. Kerpiç; toprak, saman ve su karışımından elde edilen, ahşap kalıplara dökülerek güneşte kurutulmaya bırakılan bir yapı malzemesidir. Kerpiç temelinin beton veya taş üzerinde inşa edilmesi gerekmektedir. Çünkü kerpiç ana maddesi topraktır ve toprak su aldığı zaman bozulup yıkılmaya yol açmaktadır. Kerpiç nemi dengeler, ısı yalıtımı sağlar, maliyeti ucuz ve kolay elde edilir.



Şekil 3.51: Kerpiç yapı örnekleri – Harran

Kaynak: URL-35 / URL-36

3.4.1.Yığma Tanımı

Mühendislik bakımından incelendiğinde tüm duvarların taşıyıcı olduğu yapıya yığma yapı denir. Taşıyıcı duvarlarda hasarların oluşumu taşıyıcı sistemi etkiler. Yığma yapılar, tuğla, doğal veya yapay taşların bağlayıcı madde ile harç kullanılarak örülmesinden oluşturulan yapı elemanlarıdır. Ülkemizde, kırsal bölgelerdeki yığma yapıların duvarları moloz taş ile örülmüş ve damları topraktan inşa edilmiş yapılardır. Anadolu'nun kırsal alanlarında evlerde farklılıklar vardır. Evlerin duvarları harman tuğlası, taş, kerpiçtendir. Döşemeler ise ahşap veya betonarmedir (Çöğürçü, 2007: 5). Yığma binaların taşıyıcılığını temeller, duvarlar ve döşemeler üstlenmektedir.

3.4.2.Yığma Malzemenin Özellikleri

Yığma yapılarda genel olarak doğal taş, harman tuğlası, kerpiç, kagir ve ahşap malzeme gibi farklı malzemeler kullanılmaktadır. En fazla kullanılan malzemeler tuğla ve doğal taştır. Malzemelerin fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre yapıda kullanılacak elemanlar belirlenir. Yığma yapı elemanları özellikle basınç mukavemeti yüksek, çekme dayanımı düşük malzemelerden oluşmaktadır. Bu sebeple büyük basınç kuvvetlerine dayanıklı olan bu elemanlar kayma ve eğilme etkisinde dayanıksızdır. Yapı elemanlarının bir araya getirilmesi ve harç ile birleştirilmesi sonucunda, yapının birim elemanlarının özellikleri, bağlayıcı(harç) malzemenin özellikleri, elemanların harç ile olan davranışı incelenerek, yığma yapının özellikleri ele alınmalıdır (Kara, 2009: 45).

Doğal taşlar

Doğada mevcut veya taş ocaklarından açığa çıkarılan homojen, inorganik kökenli, atmosfer koşullarına dayanıklı ve yapımda kullanılmaya verimli taşlardır. Taş, akıcı olan magma tabakasının soğuması veya volkanik patlama sonucunda parçalanarak yeniden birleştirilmesi ile meydana gelir (Özbudak, 2006: 30).

Ana malzemenin taş olduğu yığma yapının dayanım, mukavemet ve diğer özellikleri taş ve harcın özelliği, taşın işlenmesi ve birleşimine bağlıdır. Taş, basınç kuvvetlerine dayanıklılığı yüksek, çekme kuvvetlerine karşı dayanıklılığı düşüktür. Basınç dayanımı yüksekliği sebebiyle sadece basınç etkisinde olan kemer, tonoz ve kubbelerde kullanılması uygundur. Basınç yükleri altındaki duvarlar ve ayaklar taş malzemedir yapılmaktadır. Tarihi yığma yapılarda doğal taş malzeme olarak kesme taş ve moloz taş kullanılmıştır (Kara, 2009: 45-46).

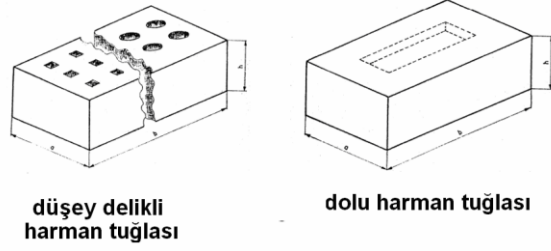
Tablo 3.2: Doğal taşların fiziksel özellikleri

Taşın Cinsi	Basınç Dayanımı (Mpa)	Kayma Dayanımı (Mpa)	Çekme Dayanımı (Mpa)	Elastisite Modülü (Mpa)
Granit	30-70	14-33	4-7	30000-55000
Mermer	25-65	9-45	1-15	25000-70000
Kireç Taşı	18-35	6-20	2-6	10000-55000
Kumtaşı	5-30	2-10	2-4	13000-50000
Kuvars	10-30	3-10	3-4	15000-55000
Serpantin	7-30	2-10	6-11	23000-45000

Kaynak: Kara, 2009

Harman tuğlası

Harman tuğlası, killi toprak ve balçığın ayrı ayrı veya birlikte yoğurularak gerekli durumlarda, su, kum, öğütülmüş tuğla, kiremit tozu ve benzeri katkı maddeleri ile karıştırılıp şekillendirildikten sonra fırınlanması ile elde edilen duvar yapımında kullanılan bir malzemedir (Kara, 2009: 46). Yapıda kullanım alanlarına göre yapı tuğlası, döşeme tuğlası, baca tuğlası, sırlı tuğla gibi farklı tuğlalar üretilir (Özbudak, 2006: 16).



Şekil 3.52: Harman tuğlası çeşitleri

Kaynak: Kara, 2009

Tuğlanın dayanımını belirleyen unsurlar, kullanılan malzeme kalitesi, harç ve tuğla örülme düzenine bağlıdır. İyi fırınlanmış tuğla, iyi fırınlanmamış tuğlaya göre üç kat daha fazla dayanıklıdır. Genel itibariyle, tuğlanın çekme dayanımı basınç dayanımının %10' u, kayma dayanımı ise basınç dayanımının %30' u kadardır (Kara, 2009: 47).

Kerpiç

Killi toprağın saman ve su ile karıştırılarak diğer bitkisel liflerle birlikte yoğrulması sonucunda kalıplara dökülerek açık hava da kurutulmasıyla elde edilmektedir. Kerpiçler 9-15 gün sonra kullanılabilir. Doğal ve sağlıklı bir yöresel malzeme olup, kolay elde edilerek ucuz üretilir. Kerpiç neme karşı çok hassastır ve basınç mukavemeti tuğladan düşüktür. Kerpiç duvar, ıslanınca gevşeyerek dağılır ve daha sonra kuruyarak çatlayıp küçülür. Kerpicin fiziksel özelliklerini iyileştirmek için çeşitli katkı maddeleri eklenir. (Özbudak, 2006: 22).



Şekil 3.53: Kerpiç malzeme ve yapıları

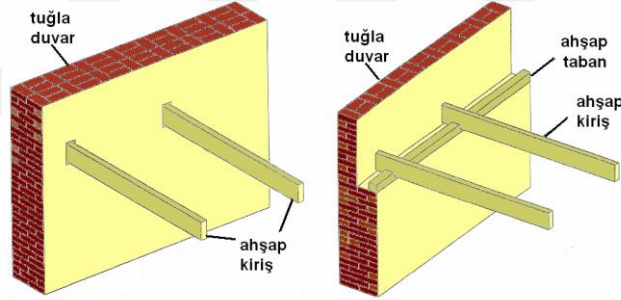
Kaynak: URL-37 / URL-38

Kagir malzeme

Doğal taş veya tuğlanın bağlayıcı harç ile birleştirilmesi ile oluşan malzemeye kagir denir. Taşıyıcı elemanlardan duvar, kemer, tonoz ve kubbe kagir malzeme ile yapılır. Kagir malzeme heterojen bir malzemedir. Kagir malzemenin taşıma kapasitesi, yapımındaki harca, yapı taşına, yapım tekniğine, hava koşullarına bağlıdır (Kara, 2009: 50).

Ahşap malzeme

Ahşap basınç, çekme ve eğilme gerilmelerine karşı dayanıklı hafif bir malzeme olduğu için çok eski dönemlerden beri konut yapımında kullanılmıştır. Tarihi yığma yapılarda; döşeme ve tavan taşıyıcı sistemi, açıklık gergisi, duvar hatılı, çıkmalı yapılarda çıkma taşıyıcısı olarak kullanılmıştır. Ahşap kirişler, kat döşemelerinde veya açıklık geçilmesi gibi birçok yerde kullanılır (Kara, 2009: 51).



Şekil 3.54: Ahşap kirişler döşeme altı

Kaynak: Kara, 2009

Harç yapı malzemesi

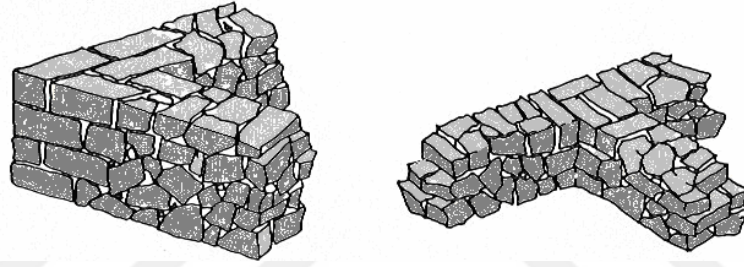
Bazı bağlayıcı maddelerin belirli ölçülerde su, kum ve diğer katkı maddeleri ile karıştırılması ile oluşan ve kimyasal tepkimelerle sertlik kazanan yapı malzemesidir. Bir harçta basınç mukavemeti, ısıl genleşme, elastisite, aderans, doluluk, aşınma ve dış etkilere karşı direncin yüksek olması, su ve buhar geçirimsizliği, katışma esnasında hacim değişikliği göstermemesi gibi özelliklere sahip olmalıdır (Özbudak, 2006: 25).

3.4.3.Yığma Sistem Türleri ve Tipleri

Tüm taşıyıcı sistemi doğal veya yapay malzemeli taşıyıcı duvarlarla elde edilen yapılara yığma yapılar denir. Yığma yapılar kullanılan malzemelere ve yapım teknikleri olarak donatısız, donatılı ve çerçeveli yığma yapılar olmak üzere üç gruba ayrılır (Özbudak, 2006: 11).

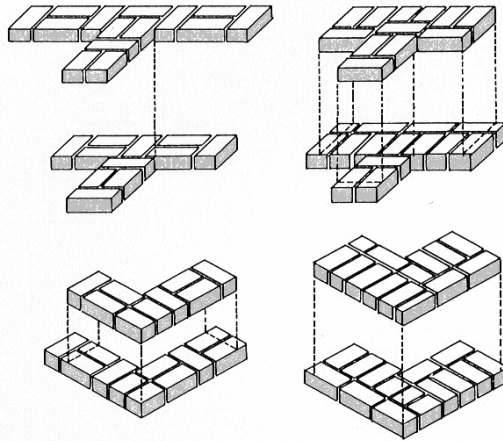
1.Donatısız Yığma Yapılar

Kerpiç, taş ve tuğla gibi malzemelerin bağlayıcı harç kullanılarak üst üste örülmesinden elde edilen yapılardır. Donatı kullanılmadan inşa edildiğinden, malzeme özellikleri ve deprem davranışları açısından diğer yığma yapı çeşitlerine göre daha az mukavemetlidirler. Rijitlikleri yüksek olup, deprem kuvveti altında gevrek bir davranış sergileyebilirler (Kara, 2009: 16).



Şekil 3.55: Taş yığma yapıda duvar ve köşe birleşimleri

Kaynak: Kara, 2009

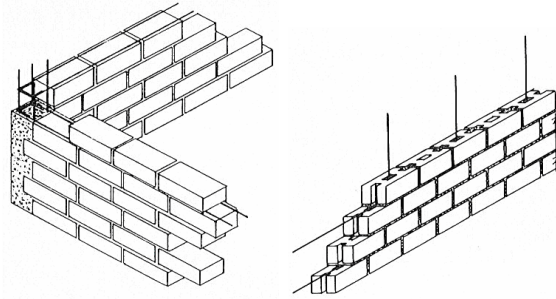


Şekil 3.56: Tuğla yığma yapıda tipik duvar örgüsü

Kaynak: Kara, 2009: 17

2.Donatılı Yığma Yapılar

Harcın içine çelik donatı yerleştirilmesi veya boşluklara donatıların konulmasından sonra betonun dökülmesi ile yapılan depreme dayanıklı yığma yapı türüdür. Farklı uygulama ve yapım teknikleri ile yapılan donatılı yığma yapılar malzeme ve yapı davranışı açısından daha iyi süneklik ve mukavemete sahiptirler (Özbudak, 2006: 13).

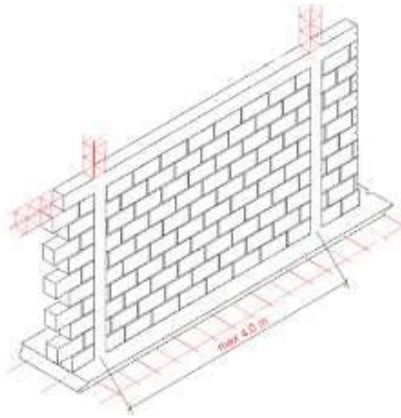


Şekil 3.57: Yığma yapıda donatıların düşey hatla ankrajı

Kaynak: Kara, 2009

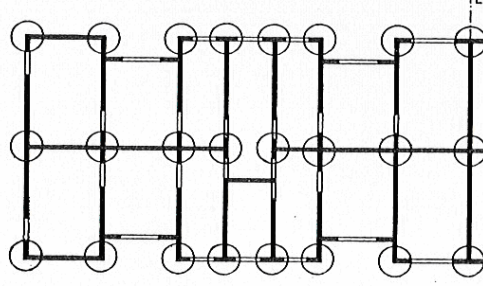
3.Çerçevesiz Yığma Yapılar

Donatısız yığma yapıların düşeyde betonarme kolonlarla, yatayda betonarme kirişlerle desteklenmesi ile oluşan yapılardır (Kara, 2009: 17). Çerçevesiz yığma yapılar donatısız yığma yapılara göre daha avantajlıdır. Yapının strüktürel elamanları ile mukavemetinde, depreme dayanıklılık ve duvar stabilitesinde artış görülmüştür. Betonarme hatıllar yük taşımazlar. Yığma duvar yapımı önce yapılır, daha sonra yatay ve düşey çerçeveler döşeme ile birlikte yapılır. Çerçeve yapımında düşey hatıllar yapının köşe noktalarına, kapı pencere boşluklarının her iki tarafına, duvarların birleştiği ve kesiştiği yerlere belli mesafelerle yerleştirilmelidir (Özbudak, 2006: 13).



Şekil 3.58: Çerçevesiz yığma yapı görünüşü

Kaynak: Özbudak, 2006



Şekil 3.59: Düşey betonarme hatılların tipik plan düzenlemeleri

Kaynak: Kara, 2009

3.4.4.Yığma Sistemlerin Avantaj ve Dezavantajları

Kırsal alanlarda tercih edilen ve uygulama bakımından kolaylık sağlayan yığma yapıların avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır.

Avantajları

- Yığma yapının yapımı ve kuruluşu kolay olduğundan kalifiye işçilik gerektirmez, yerel malzemelerden yapılabilir ve yapının işçilik hataları düzeltilebilir.
- Yığma yapıların düşey yükleri taşıyan duvar elemanları yatay yükler altında perde duvarı görevi görürler.
- Taşıyıcı sisteminde düğüm noktaları olmadığı için iç kuvvetler bir yerde aşırı değerlere çıkamaz ve düzgün bir dağılım gösterirler (Arun, 2005).

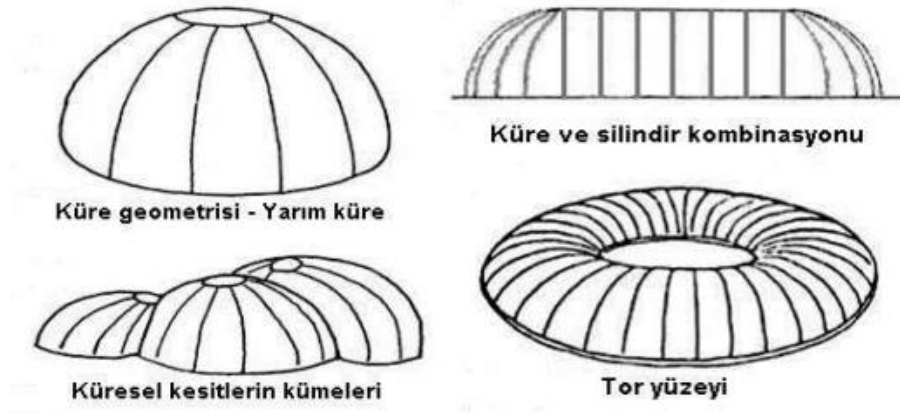
Dezavantajları

- Yığma yapılar çok ağır ve hantal olup gevrek malzemedен inşa edilmişlerdir. Ağırlığı sebebiyle depremde yatay ve dinamik kuvvetlere mukavemeti az olduğundan, genel olarak depreme dayanıksızdırlar.
- Rijit yapılar olduğu için esnek yapılar gibi esneme ve enerji yutma kabiliyetleri yoktur.
- Yığma yapılarda kullanılan malzemeler gevrek olduğundan mühendislik olarak iyi davranışlar göstermemekte, taşıma sınırını aştıklarında ani çatlama ve kırılmalar meydana gelir. Bu nedenlerden dolayı yığma yapılar depreme dayanıklı yapılar değildir

- Deprem etkisinde, kerpiç, taş, tuğla ve ahşap gibi malzemelerle yapılan yapılarda can ve mal kayıpları yaşanmıştır. Bu türden yapıların hasar almasının nedeni, yapım aşamasında ve projelendirilmesinde standartlara ve yönetmeliklere uyulmamasındandır. Hasar gören yığma yapıların dayanıklılıklarının artırılması gerekmektedir. Yapılar yönetmeliklere uygun olarak tasarlanmalı, güçlendirilmeli ve onarılmalıdır (Çöğür, 2007: 1-2-3).
- Yığma yapıların dayanımı, betonarme yapılara göre daha düşüktür ve temel oturmalarında hassastırlar. Temelde olan oturmalar ise duvarda çatlak ve hasarlara sebep olur. (Çırak, 2011: 56).
- Ağırlık nedeniyle depreme dayanıksız olduğundan, yüksek katlı yığma yapılar yapılamaz. Kat yüksekliklerinin belirlenmesi, deprem bölgelerine ve yığma yapılarda kullanılan malzeme türüne göre farklıdır.

3.5.Pnömatik Taşıyıcı Sistem

Tümüyle kapalı bir hacim oluşturduğu için kapalı membran olarak da adlandırılan bu sınıftaki membran; örtme ve taşıma işlevlerini birleştiren bir yüzeydir. Kapalı hacim içinde oluşan basınç farkı ile membran örtüye ön gerilme verilerek sistem taşıyıcılığı sağlanmaktadır (Türkçü, 2017: 267).



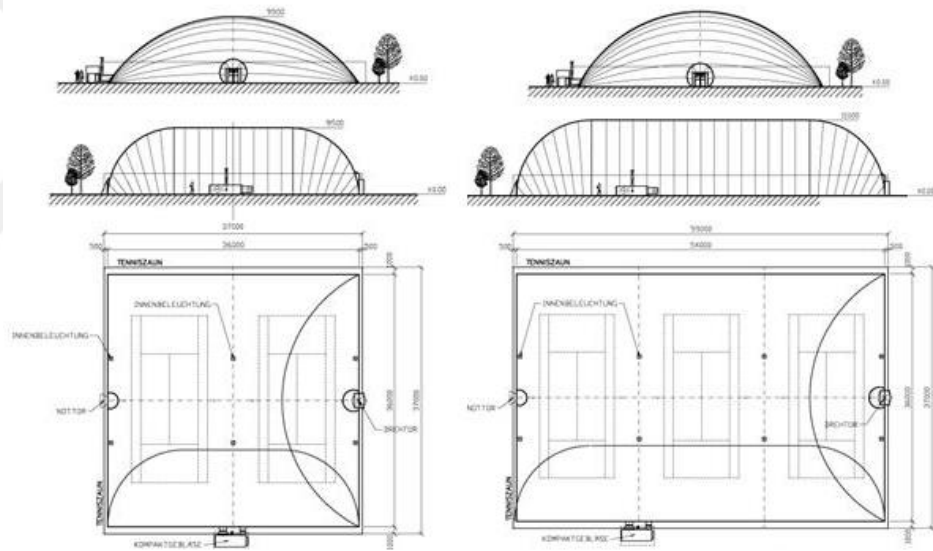
Şekil 3.60: Pnömatik sistem formları

Kaynak: Yıldırım, 2003

3.5.1.Pnömatik Tanımı

Pnömatik sistemler, konstrüksiyonu hava basıncı ile karşılayan esnek malzemeli membran sistemlerdir. Kullanılan membran malzemeler; pvc folyeler, alüminyum ya da çelik levhalar, cam elyafı dokumalar, kauçuk, poliüretan, teflon ve pvc gibi maddeler ile kaplıdır. Pnömatik yapının kurulması, zemine sabitlendikten sonra iç mekana hava pompalanarak gerdirilir ve basınçlı hava ile strüktür sağlanır. Havanın iç mekan kontrolü makine üniteleri ile denetlenir.

Pnömatik sistemli yapılar; fabrika, ambar, depo, hangar, atölye gibi endüstri yapılarında, spor salonları ve yüzme havuzları, sergi fuar alanları, şantiye yapılarında, geçici yatakhane, lojman ve yemekhane yapılarında, deprem, sel durumlarında geçici binalarda kullanılmaktadır (Eren, 2014: 194).



Şekil 3.61: Pnömatik sistem plan ve görünüşleri

Kaynak: URL-39

3.5.2.Pnömatik Sistem Türleri ve Tipleri

Pnömatik sistemler; tek tabakalı (alçak basınçlı), çift tabakalı(yüksek basınçlı) olarak 2 grupta incelenmektedir (Türkçü, 2017: 269).

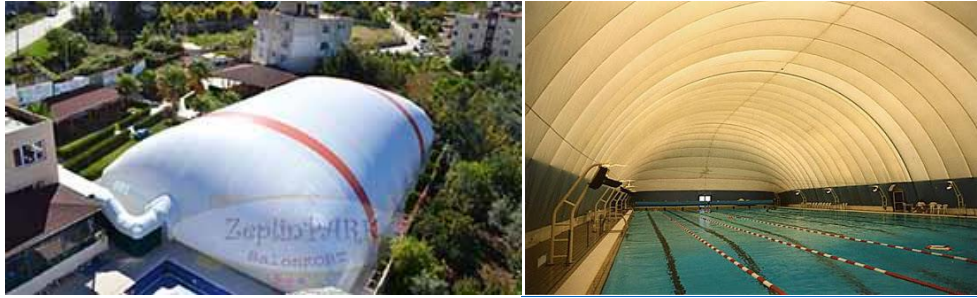


Şekil 3.62: Tek-çift tabakalı pnömatik sistem çizimleri

Kaynak: URL-40

1. Tek Tabakalı Pnömatik Sistem

Geçici mekanlarda fazla kullanılan tek tabakalı membran örtü, mekanın iç kısmına hava pompalanarak gerdirme ile şişirilir. Mekanın hava basıncı kompresörler ile ayarlanır. İç mekana hava pompalaması yapılarak basınç farkı oluşturulur ve tüketilen oksijenin temiz, yeni hava ile değişimi sağlanır. Pnömatik sistemlerde basınç farkının korunabilmesi çok önemli olduğundan giriş ve çıkış kapıları kontrollü olmalıdır. Bu sebeple kapıları içe açılan çift kapılı rüzgarlık sistemi veya döner kapılar kullanılmalıdır. Form açısından tek tabakalı pnömatik sistemler için en uygun olan, her noktadan eşit gerilime sahip küredir (Eren, 2014: 194).

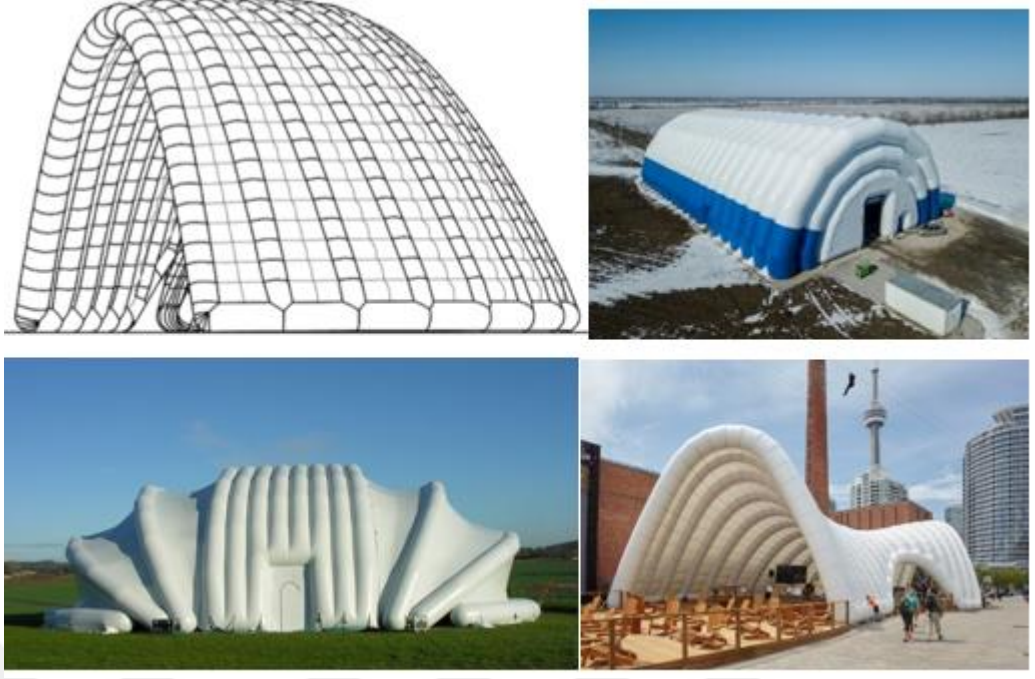


Şekil 3.63: Tek tabakalı pnömatik sistem örnekleri

Kaynak: URL-41 / URL-42

2. Çift Tabakalı Pnömatik Sistem

Çift tabakalı membranlar, hortum ya da deniz kabuğu gibi kompresörler aracılığı ile şişirilir. Hava basıncı iki tabaka arasında oluşturulur ve basıncı yüksek bir örtü oluşur. Tek tabakalı sisteme göre hava kaybı daha düşüktür. Sistemin basıncı dengelemesi gerekmediğinden kompresörler gerek kalmamaktadır (Eren, 2014: 194). Hava basıncını dengeleyen giriş-çıkış kontrollü kapılar gerekmediğinden kullanılmaz.



Şekil 3.64: Çift tabakalı pnömatik sistemler

Kaynak: URL-43 / URL-44 / URL-45 / URL-46

3.5.3. Pnömatik Sistemlerin Avantaj ve Dezavantajları

Pnömatik sistemlerin birçok avantajı ve dezavantajı bulunmaktadır.

Avantajları

- Büyük açıklıklar ara taşıyıcı olmadan geçilebilir.
- Montaj işlemi basit ve kalifiye işçilik gerektirmez.
- Yüzeyi büyük elemanlarla kurulduğundan yapım ve montaj süresi kısadır.
- Birkaç gün içinde kurulabilir.
- Hafif olduğundan maliyeti ucuzdur.
- Sökülerek başka bir alanda kurulabilir.
- Işığı geçirebildiğinden aydınlatma masrafı azdır.
- Geçici işlevler için özellikle uygundur

Dezavantajları

- Her araziye uygulanmasında zorluk yaşanabilir.
- Açıklığı olmayan, cephesiz yapılar oluşur.
- Kontrollü ve klimatize kapalı hacimler oluşur.
- Giriş ve çıkışlar hava kontrolü açısından sorunludur.

- Stabil sistemler değildir.
- Güvenli sistemler değildir, yanıcı olabilir.
- Geçici sistemlerdir, kalıcı sistemler değildir (Eren, 2014: 194).



DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

TAŞIYICI SİSTEMLERİN YANGIN ANINDAKİ DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ

Yüksek sıcaklık etkisinde taşıyıcı sistemlerin deforme olması, mukavemetini ve taşıyıcı özelliğini kaybetmesi, mekanik ve termik özelliklerindeki kayıplar gibi özelliklerinde olması beklenen değişiklikler incelenerek, yangın anında alınabilecek önlemlerin alt yapısını oluşturmaktadır. Çelik, betonarme, ahşap ve yığma yapıların yapısal özelliklerine göre yüksek sıcaklıkta gösterdiği davranışlardan faydalanarak taşıyıcı sistem türüne göre olumsuzluklar belirlenerek yangın durumunda ki önlemler açısından önemlidir. Yapı malzemelerini yüksek sıcaklıkta mukavemetini sürdürebilecek süreleri esas alınarak yangına karşı çeşitli koruma yöntemleri geliştirilmiştir. Strüktür de yangın için alınan önlemler pasif yangın güvenlik önlemlerini belirlemektedir.

Yapı malzemeleri yüksek sıcaklık etkisinde çelik yumuşayarak erimeye kadar geldiği ve mukavemetini kaybettiği, betonda çatlaklar ve parçalanmaların olduğu, ahşabın ise yandığı anlaşılmaktadır.

Yapıların taşıyıcı sistemlerinde en az F30 – B2 sınıfı olmayan yapı elemanı kullanılmamalıdır. Yüksekliği 30.50 m' ye kadar olan yapılarda taşıyıcı sisteminin en az 60-90 dakika, daha yüksek yapılarda ise en az 120 dakika yangın dayanımının olması gerekmektedir (BYKHY, 2015).

Yangın anında yangının söndürülmesi veya insanların tahliyesi boyunca, yapı taşıyıcı sisteminin her bir bileşeniyle ayakta kalacak şekilde boyutlandırılmaları zorunludur. Taşıyıcı sistemin eleman boyutları yangın dayanım süresini sağlayacak biçimde hesaplanmalıdır (Demirel ve Özkan, 2003: 91).

4.1.Çelik Sistemlerin Yangın Davranışı

Çelik yangında 427 °C sıcaklıkta çekme mukavemetini kaybeder. Yangın anında 538 °C sıcaklığa ulaşıldığında yük etkisiyle çelik taşıyıcı sistemde eğilme ve bükülme olarak deformasyonlar görülür. Bu durumda çelik yapı yükünü taşıyamaz ve strüktürel yapısında bozulmalar meydana gelir. Çelik yapı elemanındaki gerilme yoğunluğu yük taşıma kapasitesine de etki eder. Yüksek sıcaklık ile büyük yük geriliminin birleşmesiyle çelik yapı elemanlarında daha hızlı çökmeler görülmektedir. 593°C normal şartlarda Kritik Sıcaklık olarak bilinmektedir. Bu kritik sıcaklıkta çeliğin akma sınırı, normal oda sıcaklığındaki çalışma gerilimine göre %60 ‘a kadar düşme meydana gelir (Özkan, 2002: 39). Fakat bu kritik sıcaklık yukarıdaki değerlerle stabil değildir (Mermer, 2008: 40). Çelik yapı malzemesi kesitine, üretim kalitesine, taşıdığı yüke ve içeriğinde bulunan diğer elementlere bağlı olarak değişebilmektedir (Özkan, 2002: 40). Yangın anında çeliğin kritik sıcaklığa(540 °C)’ ye erişmesi ilk 5 dakika içerisinde meydana gelmektedir (İbibikcan, 2011: 109).



Şekil 4.1: Çelik Plasco binasının çöküşü – Tarhan 2017

Kaynak: URL-47

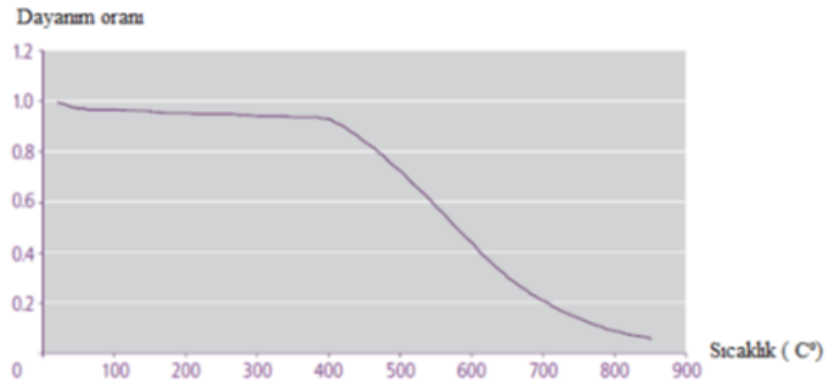


Şekil 4.2: Yangın anında meydana gelen çöküşler

Kaynak: Beyhan, 2015

Çelik yüksek sıcaklıklarda yumuşamaya başlayarak dayanıklılığını kaybetmesi ve plastik şekil değişikliği sonucunda kirişlerde meydana gelen deformasyonlar Şekil 4.2’ de görülmektedir (Demirel ve Özkan, 2003: 90).

Çelik 500-550°C sıcaklığa kadar dayanabilmekte, daha yüksek sıcaklıklarda mukavemetini kaybetmeye 1500 °C sıcaklıkta ise erimeye başlamaktadır (Sunar, 2010: 92).

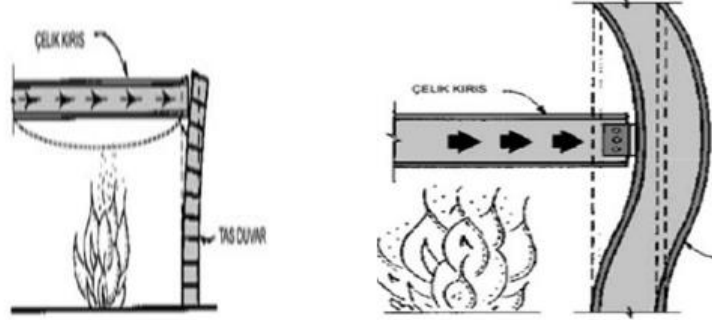


Şekil 4.3: Çelik dayanım – sıcaklık ilişkisi

Kaynak: Uzbaş, 2010

Eğilme davranışı gösteren yapı elemanlarında sehim hızının belirli seviye de tutulması gerekir. Çelik yapı elemanlarının yıkılma seviyesi; bileşenlerin boyutları, bünyesindeki alaşımı, geometrik şekli ve taşıdığı yük olmak üzere birçok değişkene sahiptir. Bu sebeple çelik strüktürlerin yangın açısından önemi büyüktür. Yapı

elemanlarında Isıl şekil değiştirmeler (deformasyon) oluşumları ön plandadır. (İbibikcan, 2011: 108).



Şekil 4.4: Çelik yapı elemanlarının yangın anı davranışları

Kaynak: Beyhan, 2015

Yangın anında çelik strüktür yapının kullanıcılarının binayı terk edebilmelerine fırsat verecek süre kadar yapının taşıyıcılık işlevini yerine getirmesi beklenir. Yapının fonksiyonuna göre belirlenen süre yönetmeliklerde bulunmaktadır(Uysal, 2014: 62). Isı derecesinin 500 °C 'nin üzerine çıkmasıyla kapalı hacimlerde olan yangınlarda yapı elemanlarını korumak amacıyla önlem almak gerekmektedir. Bu önlemler arasında yangına dayanıklı genişleyen boya ile boyama, yüksek katlı yapılarda kiriş ve kolonları tabanca ile püskürtülerek uygulanan koruyucu malzeme ile kaplamak (pas payı=4 cm), sıva ile sıvama, beton içine almak, yangına dayanıklı izolasyon ve alçı panel plaklarla kaplamak gibi yöntemler sayılabilir. Bu yöntemler seçilirken, estetik, maliyet ve kullanım amacı gibi kriterler esas alınır. Yangına karşı koruma yöntemleri seçilirken ilk olarak yangın sınıfı belirlenir ve yapı yüksekliği, yangın anında binadan tahliye olacak kişi sayısı gibi kriterler yangın sınıfı belirlenmesinde etkindir (Ünver, 2003: 21-22).



Şekil 4.5: Çelik kolon ve kirişlerin yüksek sıcaklık altında deformasyonları

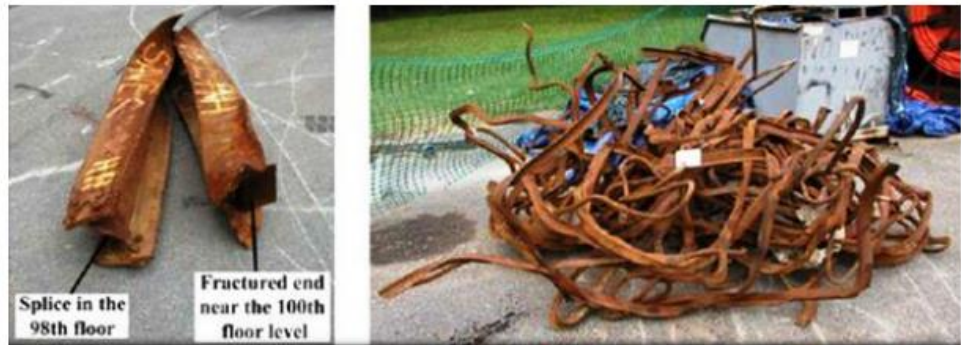
Kaynak: Beyhan, 2015

Çelik, yanmaz özellikte olmasının yanı sıra bina yangınlarındaki yüksek sıcaklıklara dayanımı uzun sürmemektedir. Strüktürel veya cephe kaplaması olarak yapıda kullanılan çeliğin, yüksek sıcaklık genleşmeleri etkisiyle tüm strüktür hasara uğrayabilmektedir. Strüktür yapının çelik elemanları yangına karşı korunmaması durumunda, yangının başlangıç evresinde deformasyonlar oluşmaktadır. Çelik strüktürel elemanlarda eğilme, çatlama ve çökme gibi bozulmalar meydana gelmektedir. Deformasyon hızının artışı taşıyıcılarda önemli şekil değişikliklerine (Şekil 4.5) neden olmaktadır (Arpacıoğlu, 2004: 18-19).



Şekil 4.6: Çelik kolonların deformasyonu

Kaynak: URL-48



Şekil 4.7: Ana kolon ve destek elemanlarında strüktür kaybı

Kaynak: Beyhan, 2015



Şekil 4.8: Korumasız çelik kolonların yangın anında burkulması

Kaynak: Beyhan, 2015



Şekil 4.9: Çelik kirişlerde kalıcı eğilme ve deformasyon oluşumları

Kaynak: Şimşir, 2011

Çelik malzeme yüksek sıcaklık etkisinde mekanik özelliklerinden, akma dayanımı, çekme dayanımı ve elastisite modülü gibi özelliklerinde önemli azalmalar oluşturmaktadır. Sıcaklık 300 °C' yi aştığında mekanik dayanımlardaki azalmalarda artışlar olmaktadır. Sıcaklık 600 °C' ye yükseldiğinde rijitlik ve mekanik dayanımlar %50, 800 °C olduğunda ise %80 oranında azalmakta ve 1200 °C' ye yükseldiğinde tümüyle yitirmektedir (Şekil 4.9) (Ergün, Kürklü ve Başpınar, 2009: 98).



Şekil 4.10: Yüksek ısı etkisiyle ovalleşen cıvata/somun boşluğu

Kaynak: Beyhan, 2015

Çelik yanmaz bir malzeme olup yangın yüküne bir etkisi yoktur. Ancak, belirli bir kritik sıcaklık etkisinde taşıyıcılığını, çok yüksek sıcaklığa maruz kaldığında ise tüm mekanik özelliklerini kaybeder. Çelik akma sınırı yaklaşık 400 °C’ de emniyet gerilmeleri seviyesine inmektedir. Çekme dayanımı ilk olarak 150-300 °C bölgesinde biraz artmasının devamında, daha yüksek sıcaklıklarda hızlı azalma ve yangınlarda kolayca varılan 600 °C sıcaklığında çelik dayanımı emniyet gerilme değerinin altına düşer. Bu durum, artan plastik deformasyonların yanında çelik strüktürün izin verilemeyecek kadar önemli deformasyonlarına sebep olur. Uzun süreli ısıl gerilmelerin oluşmasına, genellikle yüksek sıcaklıklarda burkulmayan kolonun burkulmasına ve daha az taşıma gücü sergilemesine sebep olabilir (Beyhan, 2015).

Yüksek sıcaklık değerinde bağ kuvvetlerinin azalması, çelik elastisite modülünün azalmasına sebep olur. Elastisite modülü değeri 20 °C’ dakine oranla 400 °C de % 15 ve 600 °C de ise % 40 kadar azalmaktadır. 700 °C değerinde ortam sıcaklığına göre çeliğin mukavemeti %23’e, 800 °C % 11’ e ve 900 °C’ de % 6’ ya düşmektedir. Çelik ortalama 1500 °C sıcaklıkta erimektedir (Bekem, Gültekin ve Dikmen, 2015: 292).

Çelik çok iyi bir ısı iletkeni olup ısı etkisi altında enerjinin malzeme içeriğine yayılması kolay olur ve taşıyıcı sistemin tümünde mukavemette azalmalar ve deformasyonlar olmaktadır (Ünver, 2003: 51).



Şekil 4.11: Korumasız çelik kolon ve kirişte yangın sonrası görülen hasarlar

Kaynak: Öven ve Y. Parlak, 2003

4.1.1.Çelik Sistemlerin Yangın Güvenlik Önlemleri

Çelik birçok olumlu yönüyle yapılarda kullanım avantajı olan yapı malzemesi olup, yüksek sıcaklık etkisinde direncinin az olması en olumsuz tarafını göstermektedir. Yapısal çelik için normal kritik sıcaklık; 540 °C, ön gerilmeli betonda kullanılan çeliklerin kritik sıcaklığı ise; 400 – 450 °C’ dir. Korumasız bir çeliğin yangına karşı gösterdiği direnç en fazla 1 saat ile sınırlıdır. Bu süre en yüksek dayanım gösterebildiği değerdir. Çelik yangın anında maruz kaldığı yüksek sıcaklık etkisinde yumuşayıp mukavemetini kaybetmesi ve plastik hale dönüşmesi malzemenin olumsuz yönüdür. Bu bağlamda, çelik yapıların avantajlarının yanı sıra, yangına karşı olan zayıflığının belirlenmesi pasif koruma önlemleri açısından önemlidir (Demirel ve Özkan, 2003: 90-91).

Çelik malzemelerin ortalama 500°C sıcaklıktan itibaren taşıyıcılığını kaybetmesi sebebiyle, yapının önemi, kullanım amacı ve sayısı gibi değişkenlere göre yangına karşı önlem almak zorunludur. Başlangıçta yapının yangın sınıfı belirlenmelidir. Yangın sınıfının tanımlanmasında yapının yüksekliği, yapının kullanım amacı ve yangın anında yapıdaki kişi sayısı gibi ölçütler göz önünde bulundurulmalıdır. Yangın sınıfının belirlenmesinin ardından taşıyıcı sisteme uygulanacak pasif koruma önlemlerine karar verilmelidir (Ünver, 2003: 66-67).



Şekil 4.12: Tarhan Plasco binasının söndürme ve soğutma uygulamaları-2017

Kaynak: URL-49

Çelik yapılarda yangın yalıtımının kalınlığının hesaplanması için ‘Kesit Faktörü’ (H_p/A) yöntemi kullanılmaktadır. Çelik eleman kesitinde yangının etkileyebileceği yüzey uzunluğunun (H_p) kesit alanına (A) oranı, o profilin kesit faktörünü belirlemektedir. Bu oran büyüdükçe eleman içinde sıcaklık profili hızla bir artış göstermekte ve mukavemet kaybı daha kısa zamanda oluşmaktadır. Gerekli olan yangın izolasyon malzemesi kalınlığı, koruma yöntemi kararlaştırıldıktan sonra, öngörülen koruma süresi ve kesit faktörlerini kullanarak, üretilen kalınlık tablolarından elde edilmektedir (Tablo 4). (Öven ve Y.Parlak, 2003: 81).

Tablo 4.1: Yangın dayanımının sağlanabilmesi için ‘ H_p/A ’ oranına bağlı gereken yalıtım kalınlığı

H_p/A	Yangın dayanımı için gerekli koruma kalınlığı (mm)					
	½ saat	1 saat	1½ saat	2 saat	3 saat	4 saat
150	10	12	23	33	54	75
170	10	13	24	35	57	79
190	10	13	25	37	60	83
210	10	14	26	38	62	86

Kaynak: Öven ve Y.Parlak, 2003

Çeliğin herhangi bir koruma önemi ile korunmamış yapı elemanları, taşıdıkları yük ve masiflikleri doğrultusunda yangına sadece 15-30 dakika sınırında dayanabilirler.

Kesit alanı büyük olan profillerin yangına karşı dayanımı, küçük kesit alanına göre daha fazladır (Ünver, 2003: 52).

Yapı çeliği yangın dayanımı zayıf olduğundan yüksek sıcaklıklarda 500°C üstünde alınması gereken önlemler vardır. Yüksek katlı yapılarda kolon ve kirişler tabanca ile püskürtme yöntemi kullanılarak koruyucu malzeme ile kaplamak (pas payı 4 cm), yangına dayanıklı levhalarla kaplamak, beton ile kaplamak ve yangına dayanıklı şişen boya ile boyamak gibi yöntemlerle yangından korumak mümkündür. Bu yöntemlerin tercih edilmesinde, kullanım amacı, tasarım ve maliyet gibi ölçütler ana belirleyicilerdir (Ünver, 2003: 21-22).

Tablo 4.2: Koruma yöntemlerinin yangın dayanım süreleri

Dayanım Süreleri	30 dak.	60 dak.	90 dak.	>120 dak.
Genleşen Boya Yöntemi	+	+		
Püskürtme Yöntemi	+	+	+	+
Kutuya Alma Yöntemi	+	+	+	+
Kütlesel Koruma Yöntemi	+	+	+	+
Su ile Soğutma Yöntemi	+	+	+	+

Kaynak: Ünver, 2003

Çelik yapılarda yangın güvenliğinin sağlanması için;





- Yapıda yangın oluşumunu ve yayılmasını engelleyen yangın söndürme sistemlerinin kurulması,
- Yangın etkisiyle oluşan sıcaklık değerleri esas alınarak yapı tasarımı yapılabilir. Bu sebeple yangın senaryoları çizilmelidir.
- Çelik strüktürel elemanlarına yangın etkisine dayanabileceği kadar yalıtım uygulanmalıdır(Perlit, alçı sıva, alçı kaplama vs. mineralli sprej ve perlit içerikli) beton kaplamalar kullanılmalıdır (Orhan, 2010: 6).

Yangın anında yapısal çelik dayanımını artırmak amacıyla alınan önlemler şunlardır;

- Aktif koruma yoluyla yangının söndürülmesi ve soğutulması, yapı elemanlarının ısıya karşı korunması,
- Aktif – Pasif koruma yoluyla ısı ve duman etkisinin düşeyde yayılmasının kolaylaştırılması, yatayda yayılımın engellenmesi,
- Pasif koruma yoluyla çeliğin yüksek sıcaklığa olan zayıflığı sebebiyle yapının ayakta kalmasını sağlayan önlemler (İbibikcan, 2011: 110).

Tablo 4.3: Yangın yalıtım türleri ve yangın dayanım süreleri

YANGIN YALITIM TÜRLERİ	YANGIN DAYANIM SÜRELERİ				
	F30	F60	F90	F120	F180
KORUMASIZ ÇELİKLER					
BETON KOMPOZİT SİSTEMLER					
SU DOLAŞIMI İLE KORUMA					
TAŞ ve TUĞLA İLE KORUMA					
SIVA İLE KORUMA					
SİSTEMLER					
BOYA İLE KORUMA					
PLAKALAR İLE KORUMA					
KOMPOZİT PANELLER					

	Yalıtım türünün rahatlıkla sağladığı koruma	İyi ↓ Kötü
		
		
	Yalıtım türünün koruma sağlayamadığı sıcaklık aralığı	

Kaynak: Demirel ve Özkan, 2003

Çelik strüktürün yangına karşı zayıflığı ve kaçış süreleri açısından koruma yöntemleri çok önemlidir. Bu amaçla çeşitli koruma yöntemleri uygulanmaktadır. (Arpacioğlu, 2004: 5). Çelik yangından koruma yöntemlerinden; çevreyi sarma, kutuya alma, kütleli koruma, şişen boyalarla koruma, kolonların dışarı alınmasıyla koruma ve çelik yapı elemanlarını su dolaşımı ile soğutulması olmak üzere başlıca 6 farklı koruma yöntemi kullanılabilir.

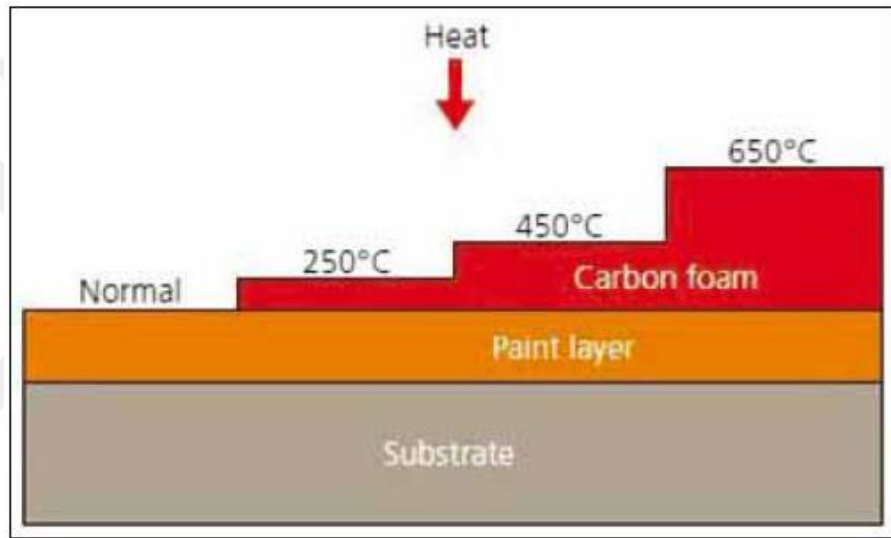


Şekil 4.13: Çelik yapı elemanlarına uygulanan yalıtım türleri

Kaynak: Beyhan

4.1.1.1.Genleşen Boyalarla Koruma

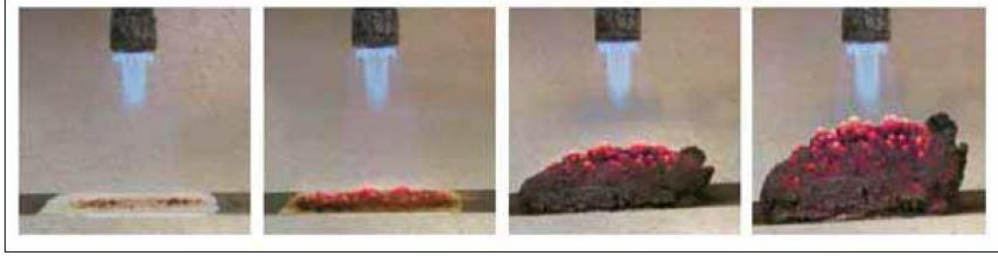
Çelik yapı elemanlarının üzerine yüksek sıcaklık etkisinde genleşen boyalar sürülerek yangın dayanıklılığı artırılabilir. Bu boyalar, yüksek sıcaklıkta şişer ve oluşan gözenekli kısımlar izolasyon sağlamaktadır. Çelik strüktür sisteminin görünmesinin tercih edildiği yapılarda uygulanan pasif koruma yöntemidir. Yapı elemanlarının üzerine boya sürülmeden önce, rulo fırça veya pistle ile yüzeyin çok iyi temizlenmesi gereklidir. Genleşen kaplamalar, yangın anında aktifleşir ve kaplamaların boyutlarında değişiklik görülür. Genleşen boya, ilk durumunun yaklaşık 50 katı kalınlığında genişler ve rengi kömürleşen bir tabaka haline dönüşür (Eren ve Mayuk, 2013: 162).



Şekil 4.14: Genleşen boyaların sıcaklık etkisinde köpük oluşumları

Kaynak: İbibikcan, 2011

Pasif koruma sistemleri arasında olan intümesan yangın geciktirici boyalar, yangın anında kömürleşen tabaka oluşturarak çelik strüktürün mukavemetini yitirmesini geciktirmektedir. Geciktirmede ki amaç yangın söndürülmesi ve kişilerin tahliyesi için zaman kazandırılmasıdır. İntümesan yangın geciktirici boya, farklı kimyasal bileşiklerden meydana gelmektedir. Bu bileşikler yangın anında, yüksek ısı etkisiyle reaksiyona girerek kalın ve güçlü karbon köpüğü oluştururlar (Şekil 4.14). Karbon köpüğü boyanın uygulandığı orijinal film kalınlığının 10 ile 100 kat arası kalınlığa ulaşarak ısı geçişini engelleyici fiziksel bariyer oluşturarak alt kısımdaki çeliği yangın ısısından ve alevinden korumaktadır (İbibikcan, 2011: 110).

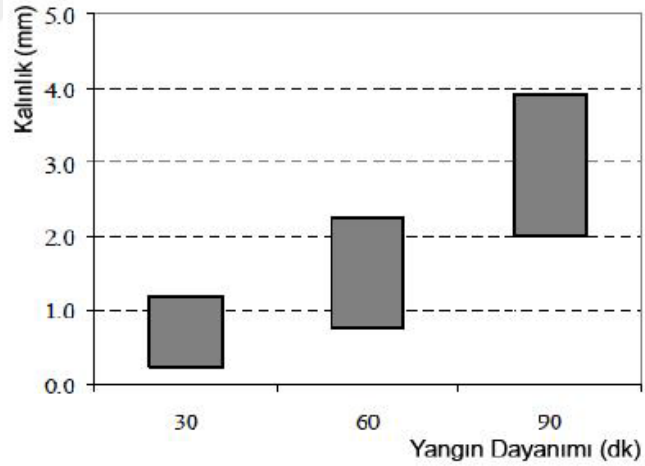


Şekil 4.15: Genleşen boyanın sıcaklığa gösterdiği tepki

Kaynak: İbikcan, 2011

Uygulanan boyalar kalınlıklarına göre iki grupta incelenirler:

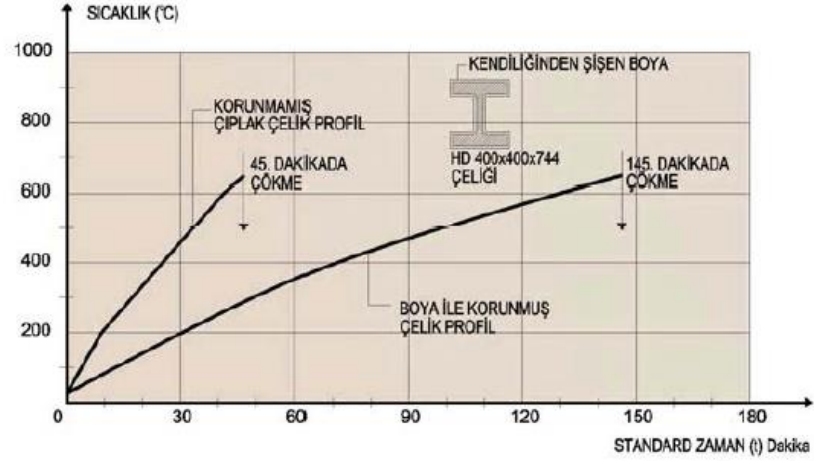
- İnce tabakalı boyalar; genellikle solvent ya da su kökenlidir. 0.25-1.00 mm arası kalınlık için 30 dak, 5.0-6.0 mm arası kalınlık için 120 dakikalık yangın dayanımı elde edilir. Normal boyama yöntemleriyle kolayca uygulanabilir ve istenilen estetik görünüş sağlanır. En fazla kullanılan boya türüdür.
- Kalın tabakalı boyalar; genellikle epoksi kökenlidir. 2.0-4.0 mm arası için 30 dak, 15-20 mm arası kalınlık için 120 dakikalık yangın dayanımı sağlanır (Arpacıoğlu, 2004: 8).



Şekil 4.16: Genleşen boya uygulamaları

Kaynak: Eren ve Mayuk, 2013

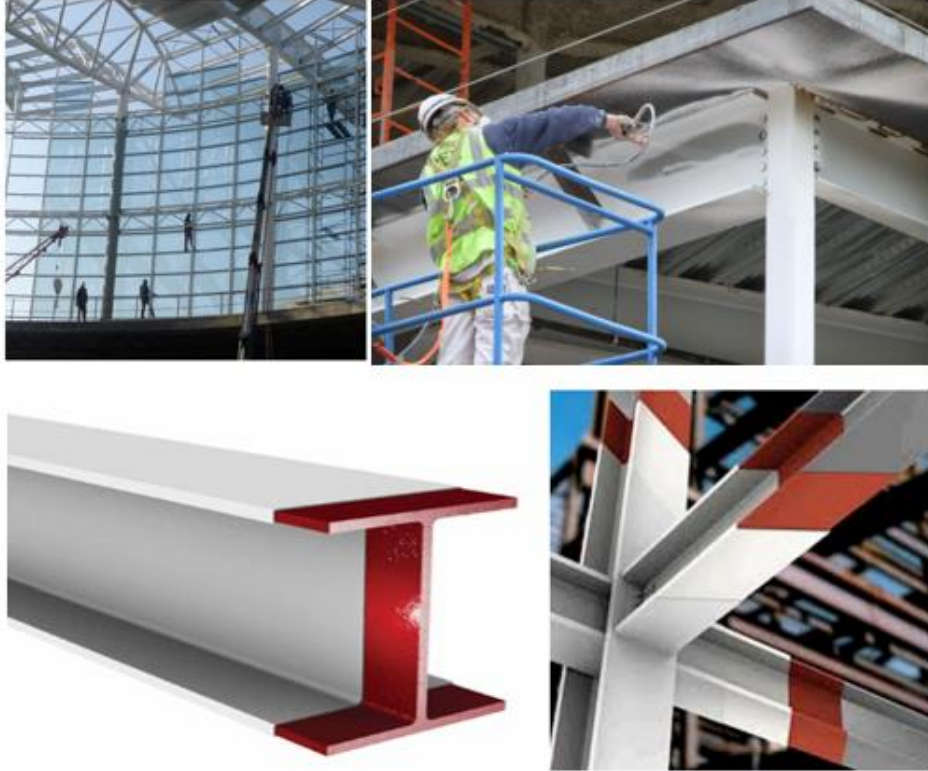
Çelik yapı elemanlarının üzerine aynı özelliklerde 3 katman boya uygulanır. Başlangıçta astar boya sürülür, bunun üzerine yangın korumasını sağlayan özel boya uygulanır ve son katmanda ise su geçirimsiz boya katmanı ile kaplanır. Dış etkenlerden kolaylıkla etkilenen özel boya ve diğerlerinin düzenli olarak kontrolleri yapılmalıdır (Arpacıoğlu, 2004: 9).



Şekil 4.17: Genleşen boya ile korumanın yangın dayanımına etkisi

Kaynak: Demirel ve Özkan, 2003

Intumesan malzemeler ile 120 dakikanın üzerinde yangın dayanımı sağlanabilir. Yangın dayanımı; bir yapı bölümünün belli bir yangın yükü etkisinde, kendinden beklenen işlevleri hala yerine getirmeye devam ettiği süredir (İbibikcan, 2011: 107-108). Çelik yapı elemanlarını koruma süresi, ürünün kalınlığına göre 30, 60, 90, 120 dakika ve daha fazladır (Akıncıtürk ve İpekçi, 2006: 6-7).



Şekil 4.18: Çelik strüktürün yangına dayanıklı boya ile boyanması

Kaynak: URL-50 / URL-51

Dünyada genişleyen boyalarla ilgili ABD, Rusya ve AB olmak üzere 3 tür standart vardır. Standartlar gözetiminde piyasada bulunan ve ilgili standartları sağlayan genişleyen boyalar, 30 (standart altı), 60, 90 ve en çok 120 dakika koruma sağlayacak biçimde kabul edilmişlerdir. Genişleyen boyalar ile 120 dakikadan fazla yangın dayanımı mümkündür. Yapısal çelik piyasası giderek yaygınlaşmaktadır. Çeşitli kimyasallar ve genişleyen boyaların kullanımı da artmaktadır (İbibikcan, 2011: 110).

Genişleyen boyanın ısı etkisiyle genişmesi ile başlayan kimyasal reaksiyon aşamaları şunlardır;

- Yangın ısısı polimerik bağlayıcıyı yumuşatmaya başlar.
- Yangın ısısı organik asidi açığa çıkmasına sebep olur.
- Poliollerin karbonizasyonu oluşmaya başlar.
- Melaminin ayrışmasıyla açığa çıkan gaz, eriyen karışımı şişirmeye başlar.
- Kimyasal bağlanma reaksiyonu sonucunda köpüklenen kömür katılarak gerekli yalıtımı sağlamasıdır (İbibikcan, 2011: 111).

Su bazlı genişleyen boyalar ısı etkisi karşısında beklenen reaksiyonu gösterebilmeleri için; bağlayıcı reçine, pigment, amonyum polifosfat, tiksotropik, dolgu malzemeleri, pentaeritritol, köpük kesen ajan, şişme ajanı, kuruma engelleyen ajan gibi maddelerden oluşmaktadır Su bazlı üretilen genişleyen boya, AB standartlarına uyan 120 dakika üzerinde yangın dayanımı sağlayan, insan sağlığına ve çevreye duyarlıdır. Yangın anında boya yüzeyinde oluşan kömürleşen köpük içerisindeki hava gözeneklerinin homojen olarak dağılımını sağlayarak yapı süngerimsi bir görünüme ulaşmaktadır (İbibikcan, 2011: 111-112).

İnce tabaka oluşturan genişleyen boyanın uygulandığı yapılardan bazıları şunlardır;



Şekil 4.19: Arena kapalı spor salonu

Kaynak: URL-52

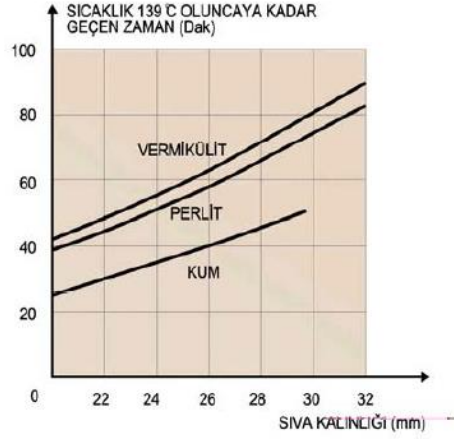


Şekil 4.20: Haydar Aliyev Kültür Merkezi

Kaynak: URL-53

4.1.1.2. Püskürtme Sıvalarla Koruma

Çelik taşıyıcı yapı elemanlarının çıplak yüzeylerine, makineden gelen basınçlı sıvanın tabancalarla püskürtülme işlemi çevreyi sarma yöntemlerindedir. Bu yöntem, kiriş, kolon ve kafes kirişlerin her çeşit profil kesitlerinde ve karmaşık birleşim detaylarında uygulama kolaylığına sahiptir. Bu yöntemin avantajı yapı elemanlarının yüzeyinde bağlantı parçalarına ihtiyaç duymadan kolaylıkla uygulanabilmesidir (Arpacıoğlu, 2004: 44). Püskürtülen malzemeler; çimento esaslı karışımlar ve mineral lifli malzemeler (cüruf, vermükulit, perlit) olarak iki gruba ayrılmaktadır. Bu malzemelerin çelik yüzeyine tutunabilmeleri için yüzey kumlanmış veya zımparalanmış olmalıdır (Eren ve Mayuk, 2013: 160). Püskürtülen koruma katmanı yapı elemanına 10 mm – 60 mm arasında uygulanabilir. Böylelikle 2 ile 4 saat arasında yangın dayanımı düzeyi sağlanabilir (Beyhan, 2015). Kiriş ve kolonun formuna ve boyutlarına göre püskürtülen malzeme kalınlığı değişiklik gösterir (Demirel ve Özkan, 2003: 98).



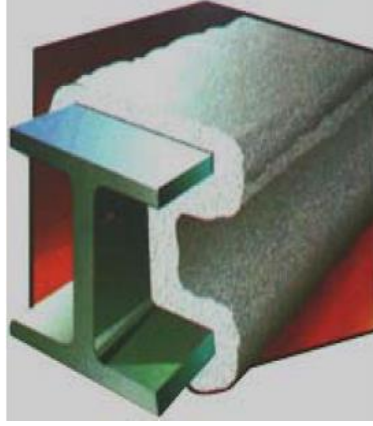
Şekil 4.21: Çeşitli malzemelerin belirli sıcaklığa ulaşmaya kadar geçen sürede sıva kalınlığına etkisi

Kaynak: Demirel ve Özkan, 2003



Şekil 4.22: Çelik kirişe koruma katmanının (Vermikülit ve çimento karışımı) püskürtülerek uygulanması

Kaynak: Arpacıoğlu, 2004



Şekil 4.23: Çelik kirişin yangına karşı alçıyla kaplanması

Kaynak: Ballı, 2010



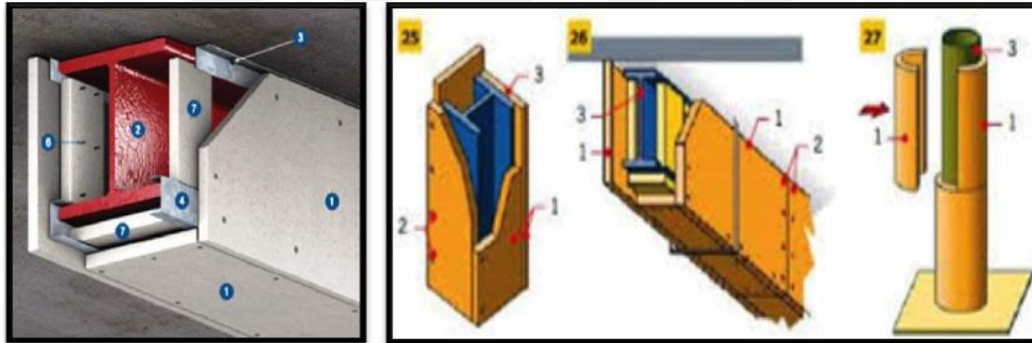
Şekil 4.24: Dünya Ticaret Merkezi Yangını (11 Eylül 2001), uçak çarpmasıyla çıkan yangın sonucu yıkılan yapının taşıyıcı sisteminin püskürtme sıvalarla korunması

Kaynak: Arpacıoğlu, 2004

Püskürtme uygulanırken korunan yapı elemanı dışında etrafta bulunan diğer yapı eleman ve bileşenlerine bulaşarak etrafı kirletebilir. Bu sebeple korumanın yapı üretilirken uygulanacağı aşama öncesinde dikkatli bir şekilde planlanmalıdır. Püskürtülerek yapılan koruma sonucunda yapı elemanı yüzeyinde estetik bakımından uygun olmayan kirlili ve pürüzlü bir yüzey oluşur. Bunu engellemek için çoğunlukla estetiğin ön planda olmadığı, endüstri binalarında, bodrum katlarda veya asma tavan altında kalan bölümlerde tercih edilir. Islak bir uygulama olan bu yöntem koruma kaplaması yapılırken, uygulama anında ve sonrasında kuruma aşamasında kaplamanın donmaması için önlemler alınmalıdır (Arpacıoğlu, 2004: 10).

4.1.1.3.Kutuya Alma – Plakalar/Levhalarla Koruma

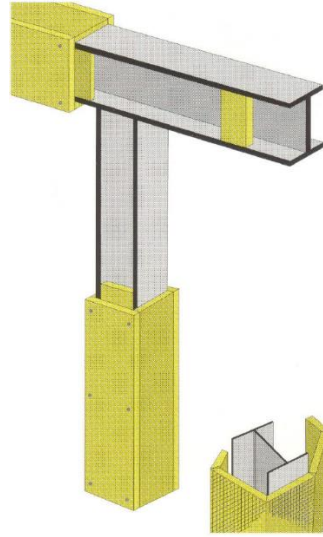
Çelik yapı elemanlarının yangın dayanımını arttırmak amacıyla kullanılan yöntemlerden biri de elemanın çevresini kutuya almaktır. Bu uygulama temiz biten yüzeyler elde edebilme ve kuru metotlarla oluşturabilme gibi avantajları vardır. Yapı elemanlarından istenilen dayanım düzeyine göre levhalar bir ya da daha fazla tabaka olarak uygulanabilirler. Levha malzemelerinin özellik ve uygulamadaki yöntemlerine göre farklı tipleri bulunur. Bu korumada yönteminde kullanılan levhalar vermikulit, perlit, alçı, mineral lif ve kalsiyum silikat gibi A1 sınıfı hiç yanmaz inorganik malzemelerden üretilebilirler. Çelik yapı elemanlarının üzerine kutuya alma işlemi, yapıştırma, vidalama ve kaynaklı pimlere ya da klipslere sabitleme ile oluşturulabilir. Levhaların yerleştirilmesinde derzlerin şaşırtılması ve derzlerin alçı gibi malzemelerle doldurulması önemlidir. Yapı elemanlarının korunmasında 6-80 mm arası kalınlıkları olan levhaların korunmasıyla 0.5-4 saat arası yangın dayanımı sağlanabilir (Arpacıoğlu, 2004: 7).



Şekil 4.25: Çelik elemanları kutuya alma yöntemi ile koruma

Kaynak: Beyhan, 2015

Koruma levhaları; uygulama kolaylıkları ve yangını dayanım performansı sebebi ile, çelik yapı elemanlarının yangına karşı korunmasında çoğunlukla kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemin kolon veya kirişlerde uygulanması şeklinde herhangi bir fark yoktur (Demirel ve Özkan, 2003: 99-101).



Şekil 4.26: Taşıyıcı kirişlerin yangın karşı korunma yöntemi

Kaynak: Ballı, 2010



Şekil 4.27: Levhalarla korunan çelik yapı elemanları

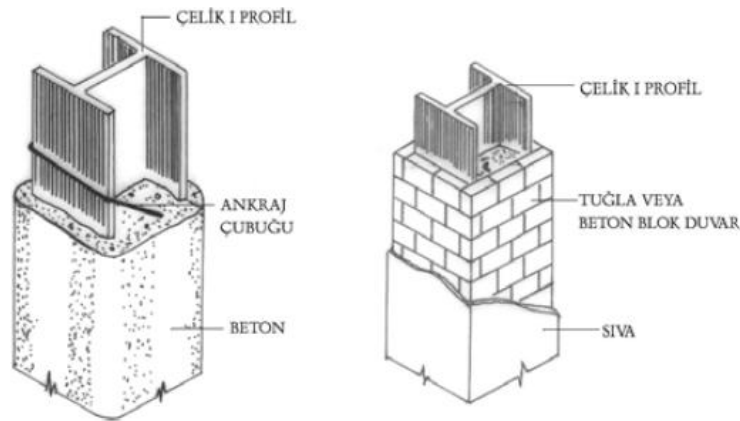
Kaynak: Arpacıoğlu, 2004

4.1.1.4.Kütlesel Koruma

Çelik strüktürde, yapı elemanlarının aralarının beton, tuğla vb. malzemelerle çerçevelenmesi veya doldurulması tekniğidir. Uygulandığı yapı elemanın üzerinde ısısal dağılım yaparak, taşıyıcı elemanların kritik sıcaklığa erişmesini engeller ve dış etkenlere karşı da koruma sağlar (Beyhan, 2015). Kullanılan beton için, uygun çimento ve agrega tercih edilerek betonun yangından koruma değeri istenen seviyeye getirilebilir. Betonda portland çimentosu yerine, yüksek fırın cürufu ya da alüminli çimentolar kullanılarak yangın dayanım düzeyi yüksek olan beton oluşturulabilir.

Beton üretiminde silisli agregalardan farklı olarak, bazalt, kalker ve dolomit gibi hafif agregalar tercih edilmesi yangına karşı yüksek dayanım sağlanması açısından faydalıdır (Arpacıoğlu, 2004: 44).

Genellikle kütleli koruma çelik profillerin betona gömülmesi biçiminde görülmektedir. Ancak taş, tuğla ve beton bloklar ile korunması gibi uygulamaları da bulunmaktadır (Şekil 4.28). (Demirel ve Özkan, 2003: 92). Taş ve tuğla gibi kagir malzemeler yangın karşı dayanıklı malzemeler olduğundan beton gibi profil çevresini sararak çelik elemanların korunmasında kullanılabilir. Bu yöntemle çelik kısmen ya da tamamıyla tuğla veya beton bloklar ile etrafı kaplanır. Özel bir uygulamaya ihtiyaç duyulmadığı için ekonomiktir. Yangın dayanım süreleri tuğla elemanların boşluk durumuna veya beton blokların agrega özelliklerine göre değişiklik göstermektedir (Demirel ve Özkan, 2003: 96-97).



Şekil 4.28: Kütleli yalıtım ile koruma

Kaynak: Demirel ve Özkan, 2003

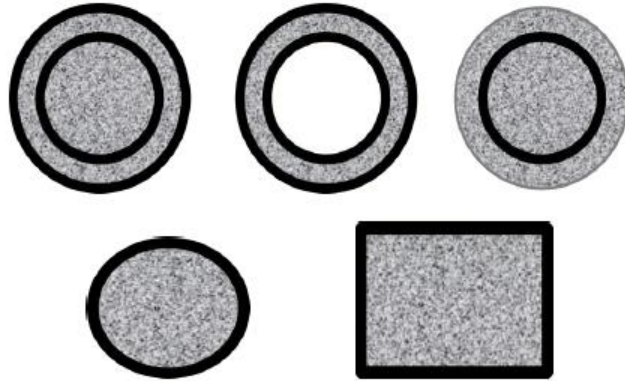
Çelik yapı elemanlarının kesit formlarına göre beton, elemanın içine veya dışına uygulanabilir. I çelik profillerin kullanılması ile profil tamamen betona gömülebilir veya çevresi sarılabilir. Çelik profil formları dikdörtgen ya da daire kesitli ise kolonların içi veya dışı beton ile doldurularak korunabilir. Yüksek yapılarda betonun ağırlığından ötürü fazla yük oluşmaması için hafif betonlar seçilebilir. (Arpacıoğlu, 2004: 44).

Tablo 4.4: Minimum kalınlıkta beton korumalı I kesit dayanımları

Yangın Dayanımı	60 dak.	90 dak.	120 dak.	180 dak.	240 dak.
Min.Kalınlık(mm)	25	30	40	50	60

Kaynak: Arpacıoğlu, 2004

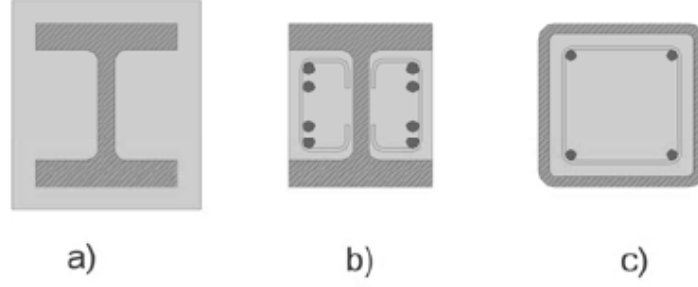
Çelik korumasız halde yangına dayanımı sadece 5 dakika iken, 5 cm betonla kaplanması durumunda 130 dakikaya kadar artırılabilir (Tablo 7). Koruma için, beton, alçı, yanmayan ve ısınma ısısı yüksek olan malzemeler kullanılmaktadır. Beton, yangının dayanımı sağlamanın yanı sıra çeliği darbe ve dış etkilere karşı dayanıklı hale getirir. Tel etriye veya tel kafes kullanılması betonun dayanıklılığını artırır (Akıncıtürk ve İpekçi, 2006: 6-7). Kütlesel korumada beton, 90 dakika çeliği yangından korumaktadır. Ancak bu yöntemin dezavantajı yapıyı ağırlaştırdığı ve maliyeti arttırdığı için tercih edilmemektedir (Sunar, 2010: 92).



Şekil 4.29: Çelik boru ve kutu profillerin iç boşluğuna beton dökülmesi

Kaynak: Beyhan, 2015

Çelik kutu profillerden içi boş kolonlar, beton ile doldurularak yangına dayanımı sağlanır. Kolonların içine yerleştirilen beton, yangın anında ortaya çıkan ısı sebebiyle, mukavemet kaybeden çeliğin üzerine gelen yükleri taşımasına yardımcı olur. Betonun yapısında bulunan su, betonun çelik gibi hızlı ısınmasına engel olur. Bu bağlamda, çelik daha dayanıklı bir hal alır. Yangına karşı daha fazla direnime kazanmak için, kutu kesitli çelik kolon içine dökülen betona donatı yerleştirilir. Bunun sonucunda, çelik kolon donatısız betonla korunduğunda 60 dakika olan dayanım süresi, donatılı beton kullanılması durumunda daha da artmaktadır (Ünver, 2003: 53).



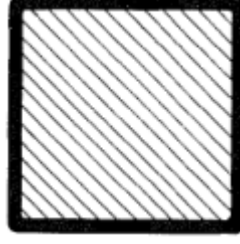
Şekil 4.30: Beton kompozit sistemlerin yalıtım türleri

Kaynak: Demirel ve Özkan, 2003

Kutu veya boru profillerin içine doldurulmasıyla elde edilen kompozit kolonlar, çelik ve betonun avantajlarını birleştirmektedir. Bu uygulama sayesinde ince kolonlarda, dış boyutlarının büyütülmesine ihtiyaç duyulmadan taşıma kabiliyetini artırılabilir ve estetik görünümün de korunması sağlanmaktadır (Ünver, 2003: 59). Kompozit sistemler yüksek yangın dayanımı durumlarında uygulanmaktadır. Yüksek dayanım süresi betonun içeriğindeki karışım oranlarına ve kullanılan agrega türlerine bağlıdır (Demirel ve Özkan, 2003: 92).

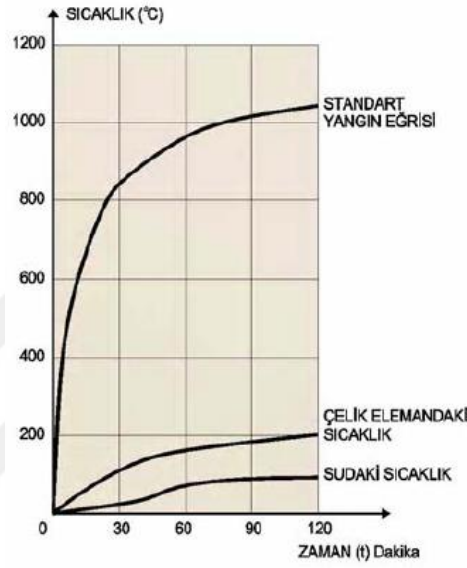
4.1.1.5.Çelik Bileşenlerde Su Dolaştırılarak Soğutulmayla Koruma

Çelik yapı elemanlarında koruma malzemesi kullanılmadan yangına karşı koruma da su dolanımı ile ısı dağıtılması yöntemidir. Taşıyıcı sistem elemanları kutu veya boru en kesitli içi boş profiller seçilir. Bu profillerin içinden su geçirilerek yangında oluşan ısı enerjisinin su tarafından emilerek çeliğe etkisinin azaltılması temeline dayanır. Yangın anında, taşıyıcı eleman içerisindeki su ısınarak aldığı enerjinin etkisiyle hareket eder ve yerini depodan gelen soğuk suya bırakır. Suyun sıcaklığı kaynama noktasını geçse bile yapı elemanın sıcaklığı 100 – 200 °C' ın değerlerini geçmez (Arpacıoğlu, 2004: 42). Su, yüksek özgül ısı katsayısı ve buharlaşırken yuttuğu büyük ısı sebebiyle çok iyi bir soğutucudur. (Akıncıtürk ve İpekçi, 2006: 6-7). Çelik kolonların su ile doldurulması tekniğinin amacı, su çelik malzeme üzerinde oluşan ısının bir kısmını alarak ısınır ve çelik kolonların sıcaklığının yükselmesi engellenir (Şekil 4.31). Kolonlarda kullanılacak suyun miktarı çelik yüzey alanına, yangının süresine ve şiddetine bağlı olarak değişiklik gösterebilir (Sunar, 2010: 93).



Şekil 4.31: İçi boş çelik kolonun su ile doldurulması

Kaynak: Sunar, 2010



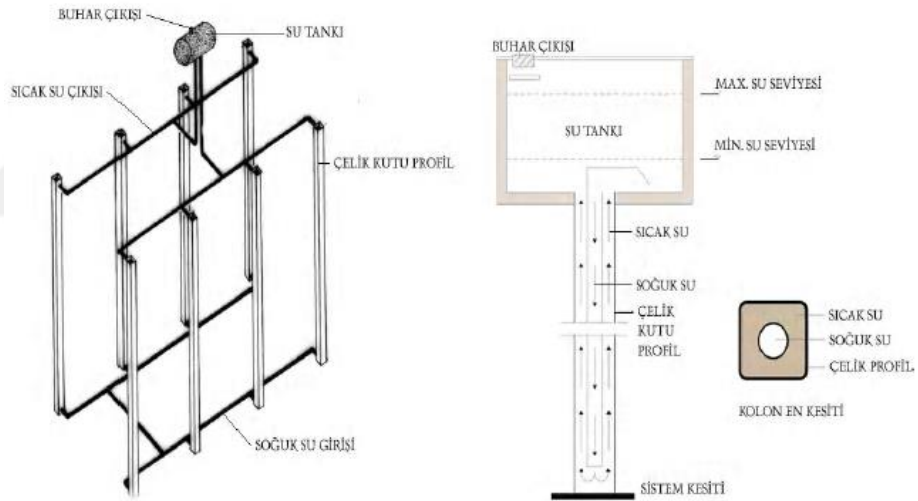
Şekil 4.32: Su dolaşımı ile korumada, çelikteki ve sudaki sıcaklık eğrileri

Kaynak: Demirel ve Özkan, 2003

Su dolanımı ile soğutma iki şekilde uygulanabilmektedir:

- Kısmi su dolanımı ile soğutma; yapının dış cephesinde yangın riski yüksek olan bölgelerdeki bazı kolonlar için uygulanan bir sistemdir. Her kolonun üzerinde kendine ait yeterli büyüklükte su deposu bulunur. Bu sistemde kolonların içerisinde sürekli su bulunur ve bir yangın anında su ısındığında yoğunluğu azaldığı için üstte olan depoya geri döner. Isınan suyun yerini depodan gelen soğuk su doldurur ve bunun sonucu olarak kolona etki eden ısı düşer. Su ısınmasıyla ortaya çıkan buhar depoya yükselir ve buradaki buhar borusundan dışarıya atılır. Sürekli dolaşım sisteminde bulunan suyun donmaması için potasyum karbonat, oluşabilir korozyona karşı potasyum nitrat ilave edilebilir (Beyhan,2015).

- Bütün taşıyıcı sistemin su dolaşımı ile yangından korunması durumudur. Kolon ve kirişlerin birbirleri arasında bağlantı kurularak su şebekesi olacak şekilde birleştirilirler. Bunun sonucu olarak su sızdırmazlığının sağlanması, dolaşım sistemindeki birleşimlerde çok zorlaştığı için suyun şebekeye verilmesi otomatik bir yangın alarm sistemine bağlı olarak meydana gelir (Demirel ve Özkan, 2003: 104). Daha karmaşık bir sistemdir ve genellikle çatıda kurulan bir su deposu ve dağıtımını sağlayan pompadan oluşur. (Beyhan, 2015). Yüksek yapılarda bu sistem uygulandığında suyun hidrostatik basıncı göz önünde bulundurularak, sistem birkaç guruba ayrılabilir. Oluşabilecek korozyon ve donmaya karşı da katkı maddeleri ilave edilmelidir (Arpacıoğlu, 2004: 6).



Şekil 4.33: Su dolaşımı ile yalıtımın çalışma düzeni

Kaynak: Demirel ve Özkan, 2003

- Yangın güvenlik önlemi olan su dolaşımı ile korumada, çelik yapı elemanları yangının sebep olduğu mukavemet azalmasına karşı, çok iyi bir korumadır ve yangın dayanım sürelerinin tamamını sağlamaktadır. Ancak, çelik yapı elemanlarının hesaplanmasında, hidrostatik iç su basıncı dikkate alınmalıdır (Demirel ve Özkan, 2003: 104).

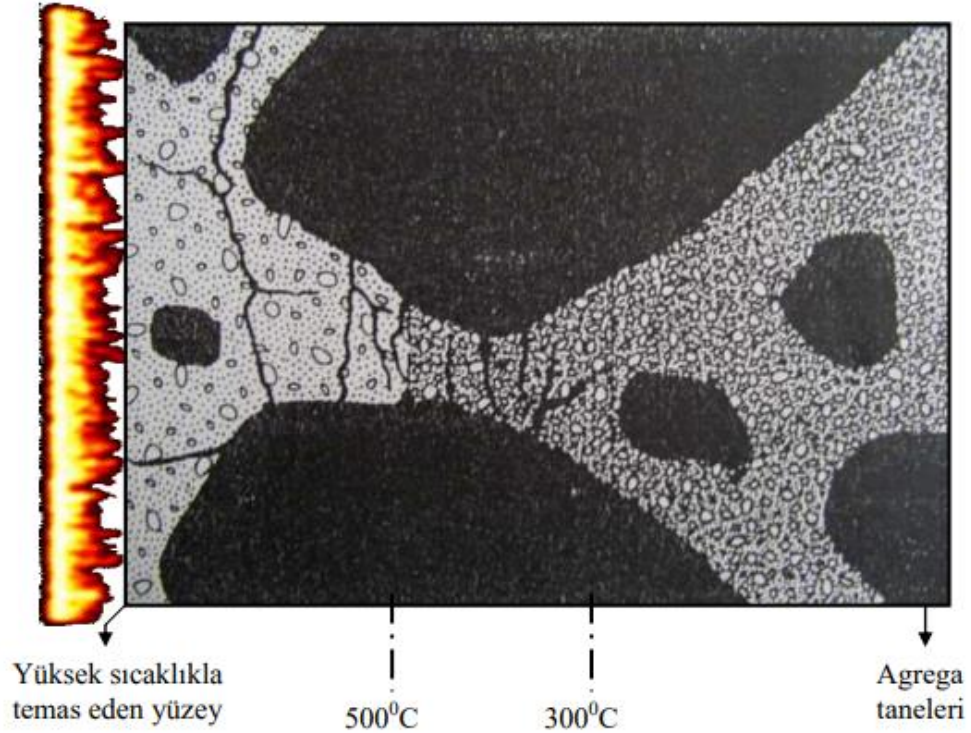
4.1.1.6.Kolonların Dışarı Alınmasıyla Koruma

Yapı tasarımında çelik yapı elemanlarının yangından korunmasında alınan bir diğer önlem, kolonlar binanın içerisinde değil, dış kısmında tasarlanması yöntemidir. Böylelikle kolonlar, bina içerisinde meydana gelen yangından uzak kalarak daha az etkilenebilirler. Çelik kolonlar, cephe boşluklarından uzak olacak şekilde konumlanmalıdır. Böylece cephe boşluklarının karşısında yerleştirilen kolonlar korunabilir (Arpacıoğlu, 2004: 42).

4.2.Betonarme Sistemlerin Yangın Davranışı

Yapı taşıyıcı elemanların temel taşıyıcı malzemelerinden biri olan beton, 750 °C' ye kadar ısıtıldığında, büyük bir ısı enerjisi açığa çıkarır. Ancak, yanma belirtisi olmadığından yanmayan malzemeler sınıfına girer. Yangında açığa çıkan yüksek ısı sonucu taşıyıcı elemanlar üzerinde kalınlığı 6 cm büyüklüğe ulaşan beton parçacıkları koparak, donatı çeliğini ortaya çıkarabilirler. Isı sebebiyle betonda dayanıklılık kaybı ve boyutlarda değişiklik olasıdır. Betonarme donatı çeliği ısı etkisiyle taşıyıcılık özelliklerini yitirir (Akıncıtürk ve İpekçi, 2006: 5).

Betonarme sistemlerin yangın dayanımı yapının taşıyıcı sistemi ile betonun yüksek sıcaklık etkisindeki davranışına bağlıdır. Genellikle beton bir kaç saat süren ve sıcaklığın 600 °C' yi geçmediği yangınlarda donatılardan daha iyi bir dayanıklılık sergiler. 600 °C sıcaklıkta beton mukavemetinin %50' sini kaybedebilir. 800 °C' ye ulaşan sıcaklıkta hidrateler içindeki suyu kaybetmesi ile mukavemetteki azalma %80' ulaşabilir ki böylece yapının yıkılmasına sebep olur (Uysal, 2004: 9).



Şekil 4.34: Yangın anında betonun iç yapısı

Kaynak: Uysal, 2004

Yangın anında beton yanmaz, ancak sıcaklık artışıyla iç yapısında olan değişiklikler sonucu basınç dayanımı ve elastisite modülü azalmaktadır. Bu mekanik özelliklerin azalması mikro çatlakları artırırken boşluk oranını da artırır ve malzeme yumuşamaktadır, görevini yapamaz duruma gelmektedir (Şekil 4.35). (Arpacioğlu, 2004: 21). Beton yüksek sıcaklık etkisinde yüzeyi ile iç kısımları arasında sıcaklık farkları meydana gelir.

Yüksek sıcaklığın beton üzerinde etkisi, agrega türü ve çimento hamuru fazına bağlı değişiklik gösterir. Bunun sonucunda beton basınç dayanımında azalmalar meydana gelir. Betonda mikro yapısal değişiklikler için, elemanların geometrisi ve malzemenin homojen olmaması etkenleri önemli olup hesaba katılmalıdır. Betonarme yangınında beton elemanın geometrisi ve boyutları önemli rol oynar. (Buzkan, 2016: 41) .

Yüksek sıcaklıkta betonun çatlamaması ve özelliklerini yitirmemesi gerekmektedir. Betonun özelliklerini yitirmemesi büyük ölçüde kullanılan agreganın özelliklerine bağlıdır. Beton 300 °C' yi aşmayan sıcaklık değerinde olacaksa kalker, dolomit ve püskürük kökenli agregaların kullanılması mümkündür. Ancak 300 °C - 800 °C aralığında olan sıcaklık derecesinde ise şamot parçaları (çok pişirilen kil) agreganın

yerini almalıdır. Sıcaklık 1300 °C' yi aşması durumunda yüksek sıcaklığa dayanıklılığı ile bilinen kromit($FeCr_2O_4$), siliminat (Al_2SiO_3), korindon(Al_2O_3) agregaların kullanımını zorunludur. Çimento olarak da yüksek sıcaklığa dayanıklı bağlayıcı madde olan alüminli çimento kullanılarak beton üretilmelidir (Uysal, 2004: 10-11).

Yüksek sıcaklık altında betonun mukavemetindeki azalmalar birçok etkene bağlıdır. Yangın, betondaki çimento dozajının düşük olması durumunda zararlı etkisini daha az gösterir. Yangın dayanıklılığı açısından betondaki agrega türleri de büyük rol oynar. Genel olarak silis içerikli olmayan kalker kökenli ve püskürük kökenli agregalarla üretilen betonların yangın davranışı daha iyidir. Özellikle dolomit kökenli kalkerli agreganın betonda kullanılması ile yangına dayanıklı beton elde edilir. Termik iletkenlik katsayısı düşük betonlar(hafif betonlar) normal betonlara göre yangından daha az zarar görür. Beton genellikle yüksek sıcaklıkta hasara uğrar (Uysal, 2004: 10-11).

Yangın açısından betonun içeriğindeki rutubet ve su miktarı önemlidir. Betonda rutubet içeriğinin yüksek olması durumunda, suyun genleşme katsayısının daha büyük olması sebebiyle yangın dayanıklılığını önemli boyutta azaltır. Yangın dayanıklılığında malzeme ile ilgili olmayan bir etken de yapı elemanlarının kesit boyutudur. Yangın durumunda yapı eleman boyutları ne kadar küçük olursa zararlı etki o kadar büyüktür. Bu sebeple büyük boyutlu kütlelerin genelde yangından zarar görmediğini kabullenmek mümkündür. Yangın geçirmiş ancak ayakta kalan betonarme binaların durumu incelendikten sonra yıkıma veya takviye edilerek onarımına karar verilmelidir. Yapıya onarım yapılması durumunda torkret beton ile başarı elde etmek mümkündür (Uysal, 2004: 10).

Beton ve çelik yanıcılık bakımından A1 sınıfı hiç yanmaz malzemeler gurubuna girerler. Bu malzemelerin yangında oluşan hasarları malzeme kaybı değildir. Yüksek sıcaklıkta oluşan hasar, dayanım, akma sınırı, elastisite modülündeki azalmalar ve içyapıdaki değişiklikler olarak ortaya çıkar (Uysal, 2004: 12). Betonarmeyi oluşturan beton ve çelik yanmaz A1 sınıfı malzeme olduğundan yangın direnci yüksek malzemelerdir. Ancak belirli sıcaklık değerlerinin aşılması durumunda yangın dayanımları düşmektedir.

Yüksek sıcaklığın donatı çeliğine etkileri; yangında çelik donatı dayanıklılığı 400 °C' de %50 oranında azalır (Arpacıoğlu, 2004: 21). Betonarme elemanlardaki çelik

donatı çevresel etmenlerden beton örtü ile korunmaktadır. Böylelikle beton, çelik donatıyı yüksek sıcaklık etkisinden korur. Bu bağlamda, betonun örtü kalınlığı (pas payı) ve ısısal izolasyonu sağlaması önemlidir (Buzkan, 2016: 40). Donatı çeliğinin, yüksek sıcaklık etkisinden sonra mekanik özelliklerinde değişiklikler meydana gelir. 800 °C ve daha yüksek sıcaklıklardan sonra donatı çeliğinin mekanik özelliklerinde kalıcı azalmalar oluşmaktadır (Ergün, Kürklü ve Başpınar, 2009: 97).



Şekil 4.35: Düşük sıcaklıkta betonarme donatı çeliği örnekleri

Kaynak: Ergün, ve ark., 2009



Şekil 4.36: Yüksek sıcaklıkta betonarme donatı çeliği örnekleri

Kaynak: Ergün, ve ark., 2009

Yüksek sıcaklığın betona etkileri; Beton yüzey çatlamları 200 – 300 °C’ de meydana gelir ve sıcaklık yükseldikçe artış gösterir. Bununla birlikte dayanıklılığın sağlanabilmesi için beton ve donatı kritik sıcaklığa ulaşmamalıdır. Sıcaklık 600 °C’ ye varmasıyla beton mukavemetinin %50’ sini, 800 °C’ de ise ortalama %80’ ini yitirdiği bilinmektedir. (Bekem, Gültekin ve Dikmen, 2015: 292).

Çelik betondan daha geç yüksek sıcaklıklara ulaşır ve böylece çelik donatılı betonarme malzemenin yangın dayanımını artırır. Yangın sonunda, beton – betonarme malzemede oluşan hasarlar; betonda renk değişimi, sıva ve kaplamaların dökülmesi, kabarması ve düşmesi, çelik donatıların ortaya çıkması biçiminde görülür (Sunar, 2010: 94).

Beton, yüksek basınç dayanıklılığına sahip ve istenen boyutlarda üretilebilen, çelik donatı ile aderans uyumu iyi olan, diğer yapı malzemelerine göre yüksek sıcaklık ve yangına daha dayanıklı bir malzemedir. Yanmaz malzeme olması ve zehirli duman yaymaması gibi özellikleri ile yangın dayanımı yüksektir. Ancak, yangına dayanımı belirli süre ve sıcaklıklar için geçerlidir (Buzkan, 2016: 41).

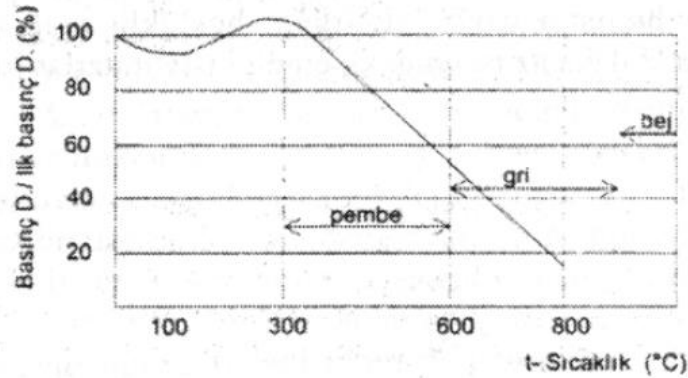
Yüksek sıcaklığa maruz kalan betonda fiziksel, mekanik ve termik özelliklerinde değişimler gözlenir. Bu sebeple betonarmeyi oluşturan beton ve çelik malzemenin yangın anında özellikleri incelenerek daha sağlam ve dayanıklı yapıların inşa edilmesi mümkündür. Betonarme yapı malzemesinin yangın anındaki davranışını belirlemek amacıyla malzemenin yüksek sıcaklık altında mekanik özellikleri incelenmiştir.

Betonun Mekanik Özellikleri

Betonun yüksek sıcaklık altında mekanik özelliklerinde değişimler gözlenir. Beton ve çeliğin bir araya gelmesiyle oluşan betonarme yapıların yangın anındaki davranışlarını belirleyebilmek için mekanik özelliklerinden basınç dayanımı, çekme dayanımı ve elastisite modülündeki değişimler incelenmelidir.

- **Basınç dayanımı;** Yüksek sıcaklık etkisinde kalan betonun basınç dayanımı, agrega türü, çimento tipi, su/çimento oranı gibi içyapısında kullanılan malzeme özellikleri ve sıcaklığın etki ettiği süre, ısınma ve soğuma hızı, nem ve yükleme durumu gibi çevresel unsurlar etkilidir (Buzkan, 2016: 44). Yüksek sıcaklık altında betonda meydana gelen renk değişimi ile basınç dayanımı arasındaki

değişim paralellik göstermektedir. Betonda görülen renk değişimleri betonun hangi sıcaklığa maruz kaldığına ve bu da yüksek sıcaklık etkisindeki betonun basınç dayanımı ile ilgili fikir verebilir (Kızılkant ve Yüzer, 2008: 4391). Yüksek sıcaklık etkisinde kalan beton, mekanik değişimlerinin yanında renk değişimleri de görülür, en fazla silisli agregalar ile üretilen betonlarda yaygındır. Örneğin; beton rengi pembe veya kırmızı ise sıcaklık 300-600 °C' ye, gri ise 600-900 °C' ye, sarımsı bej ise 900-1000 °C' ye yükseldiği ifade edilmektedir (Şekil 4.38). Pembe renkli beton dayanımı ve elastisite modülünün ciddi derecede azaldığı, beyazımsı-gri veya sarımsı-bej renkli betonun ise gevrek ve zayıftır. Beton sıcaklık değeri 600 °C' ye vardığında dayanıklılığının %50' sini, 800 °C' ye vardığında ise ortalama %80' ini kaybettiği göz önünde bulundurulursa, renk incelemesi ile betonun hangi sıcaklık etkisinde olduğu ve basınç dayanımında oluşan değişim ile ilgili gözlem yapılabilir. Sonuçta yüksek sıcaklığa maruz kalan betonun renk değişiminin önemli bir parametre olduğu anlaşılmaktadır (Kızılkant ve Yüzer, 2008: 4382). Değişken sıcaklıklarda betonda oluşan hasarlar dayanımın yok denecek kadar azalmasına neden olur. Bunun sonucunda betonun rengi değişir ve oluşan değişiklikler ulaşılan sıcaklık değerlerini saptamakta faydalı olur (Uysal, 2004: 14).

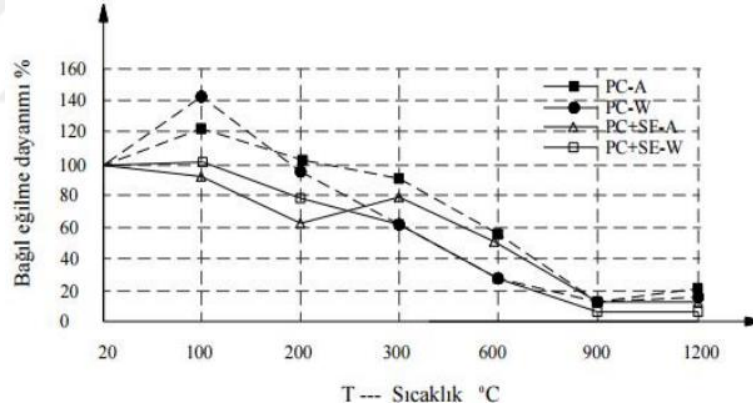


Şekil 4.37: Yüksek sıcaklık etkisinde betonda görülen renk değişimleri ve basınç dayanımlarının azalması

Kaynak: Arpacıoğlu, 2004

- **Çekme(eğilme) dayanımı;** Beton çekme dayanımı, basınç dayanımına göre çok küçüktür. Çekme dayanımı ortalama basınç dayanımının %10 değeridir (Ersoy ve Özcebe, 2015: 20). Beton ve çelik donatılardan oluşan bir yapı elemanının betonarme gibi davranabilmesi için çubuklar betona kenetlenmelidir. Bu kenetlenme olayını sağlayan beton ile çelik çubuk arasındaki kayma gerilmelerine "aderans" denir. Aderansı etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Bu faktörler, beton çekme dayanımı, kenetlenme boyu, çubuk yüzey geometrisi, donatı çapı, çelik akma dayanımı, agrega cinsi, donatı çevresini saran beton kalınlığı(pas payı) ve katkı maddeleridir. Aderans üç ana temele dayanmaktadır:

- Beton ile çelik arasında "yapışma" diye adlandırılan molüküler ve kapiler bağ kuvvetleri,
- Çelik çubuk ile beton arasında oluşan sürtünme kuvvetleri,
- Beton ile çelik(donatı) çubuk arasındaki mekanik dış kuvvetlerdir (Bingöl ve Gül, 2009: 212).



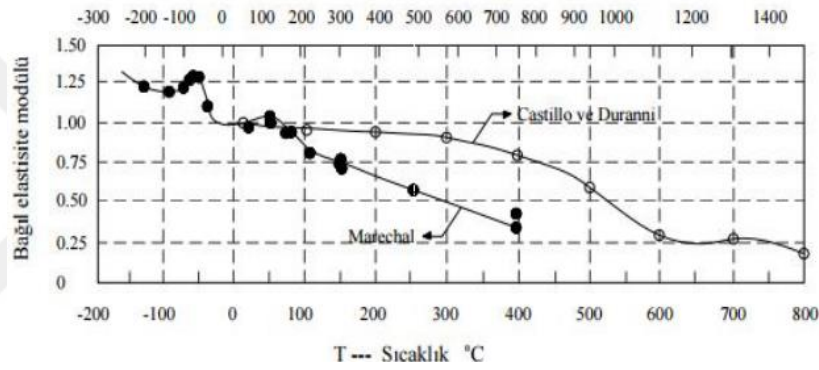
Şekil 4.38: Beton eğilme dayanımının sıcaklığa bağlı değişimi

Kaynak: Buzkan, 2016

Betonun yüksek sıcaklıktaki ısıl genişmesi donatı çeliğinin genişmesinden çok daha düşük olması sebebiyle, betonun donatıyı çevresi boyunca sıkması donatı ile beton arasındaki sürtünmeyi artırır. Diğer yandan betondaki çekme dayanımı azalır. Bu sebeple yüksek sıcaklık ile değişen beton ile çelik arasındaki aderans, yangına maruz kalan betonarme elemanların deformasyon, çatlak ve yük taşıma kabiliyetine etki eder. Yüksek sıcaklık etkileri ardından donatı-beton aderansı çok belirgin bir şekilde değişir. Aderans bozulma oranı, betonun basınç mukavemetindeki hasardan daha fazladır.

Bunun temel nedeni de betonun çekme dayanımındaki azalma oranıdır (Bingöl ve Gül, 2009: 224).

- Elastisite modülü; Betonun elastisite modülünde 300 °C'de %35, 600 °C'de ise %60-80 oranında azalma meydana gelir (Arpacıoğlu, 2004: 21) Bu azalma sonunda ısıl genleşme ve plastik deformasyonlar başlayarak çelikte fazla uzamalara neden olur (Buzkan, 2016: 40). Betonda yüksek sıcaklıklar elastisite modülü üzerinde de etkin olur. Yüksek sıcaklıkta elastisite modülünde lineer azalma meydana gelir. Elastisitede ki bu azalma betondaki boşluk oranı ve mikro çatlaklarının artmasına ve malzemenin yumuşamasına bağlıdır (Uysal, 2004: 14).



Şekil 4.39: Beton elastisite modülünün sıcaklığa bağlı değişimi

Kaynak: Buzkan, 2016

Yangın sebebiyle yüksek sıcaklık etkisinde kalan betonarme yapının onarım veya yıkımına karar vermek için yerinde veya laboratuvarında tahribat deneyleri yapılmalıdır. Yapının görsel incelemesi yapılarak betonda çatlaklar, dağılmalar ve renk değişimleri gözlemlenir (Kızılkant ve Yüzer, 2008: 4382).

4.2.1. Betonarme Sistemlerin Yangın Güvenlik Önlemleri

Beton ve betonarmenin yüksek sıcaklıktaki davranışlarında, yapı elemanlarının yangın güvenliğinin sağlanmasında çelik donatının ortaya çıkmaması önemlidir. Çatlamalardan ortaya çıkan çelik donatı, ısıyı hızlı iletirerek ısı farkını artırır. Beton çatlaklar, dökülür ve dayanıklılığını kaybeder. Betonda uygun agrega türü ve çimento kullanılarak betonun koruyuculuk değeri istenen seviyeye getirilebilir. Portland

çimentosu yerine, yüksek fırın cürufu ve alüminli çimento kullanımı dayanımı yüksek beton sağlanabilir. Beton yapısına süper akışkanlaştırıcı katkı maddeleri eklenerek, dayanım ve durabilitesi çok yüksek “yüksek dayanımlı betonlar” üretilir. Fakat 300 °C’ ye ulaştığında çeperde patlama ile beraber yarılmalar ve kapak atmaları oluşur. İçyapısındaki su serbest hale gelerek, buhara dönüşür ve içerisinde olduğu dar boşluklar sebebiyle büyük basınçlar meydana getirir. Bu sorunu çözmek için, betona polipropilen lifler eklenmelidir. Bu katkı maddesi, çatlak ilerlemesini yavaşlatmaya ek olarak, eriyerek beton içerisinde boşluklar oluşturmakta ve böylelikle yüksek basınçlı su buharının iletimi meydana gelir. Bu durum, yüksek dayanımlı betonların yangın riskini bir oranda sınırlayan bir önlemdir (Arpacıoğlu, 2004: 49). Betonun uygulamalarında daha iyi bir performans göstermesi amacıyla, son yirmi yılda geliştirilen ve kimyasal ya da mineral katkı malzemelerin kullanımı ile basınç dayanımları 80 MPa ve üzeri olan betonlar üretilmiştir. Betonarme yapılarda, yüksek dayanımlı beton kullanımında gevrek yapısı en olumsuz yönüdür. Yüksek dayanımlı beton yüksek sıcaklık altında, normal betona göre özelliğini kaybederek, dağılma ve parçalanma gibi büyük hasarlar meydana getirir. Dağılma ve parçalanmanın nedeni yüksek dayanımlı betonun yoğunluğudur. İçyapıdaki sıkılık yangın dayanımını düşürür ve normal betona göre yüksek sıcaklık altında daha riskli hale getirir (Buzkan, 2016: 42).

Yüksek sıcaklıktaki parça atmaları ve dökülmeler, yapı elemanının bütünlüğü yitirmesine sebep olur. Parça atmaların sonunda çelik donatılara yüksek sıcaklık etki eder. Parça atmaları azaltmak amacıyla, polipropilen lifler, hava sürükleyici, termal bariyerler, büyük boyutlu elemanlar ve termal genişmesi küçük agregalar kullanılmalıdır. (Buzkan, 2016: 41).

Binaların yangın yalıtımlarında kullanılan, alev ve yüksek ısının doğrudan yapı elemanına zarar vermesini engelleyen malzemelere yangın yalıtım malzemesi denir. Binalarda yangın yalıtımı için kullanılan malzemeler; cam yünü, taş yünü, seramik yünü, vermikülit, alçı panolar, kompozit ürünler, cam köpüğü, kalsiyum silikat plakalar, özel boru kelepçeleri, geliştirilmiş perlit ve yangına dayanıklı özel harçlardır (Buzkan, 2016: 50).

Yüksek sıcaklık altında betonun mukavemetindeki azalmalar birçok etkene bağlıdır. Yangın, betondaki çimento dozajının düşük olması durumunda zararlı etkisini daha az gösterir. Yangın dayanıklılığı açısından betondaki agrega türleri de büyük rol oynar. Genel olarak silis içerikli olmayan kalker kökenli ve püskürük kökenli agregalarla üretilen betonların yangın davranışı daha iyidir. Özellikle dolomit kökenli kalkerli agreganın betonda kullanılması ile yangına dayanıklı beton elde edilir. Termik iletkenlik katsayısı düşük betonlar(hafif betonlar) normal betonlara göre yangından daha az zarar görür (Uysal, 2004: 10-11).

Taşıyıcı yapı elemanlarını yangından korumak ve yangın dayanım sürelerini artırmak için çevreleri mineral yün, alçı ve beton gibi yanmayan, yangın anında bozulsa dahi kolaylıkla onarılabilen malzemeler ile kaplanmalıdır. Böylelikle yangın anında taşıyıcı sistem, kritik sıcaklık sınırına belli bir süre sonra ulaşır, insanlar yangından kurtarılabilir ve söndürme için zaman kazanılır (Bekem, Gültekin ve Dikmen, 2015: 292).

4.2.1.1.Beton Pas Payı Arttırılması

Yüksek sıcaklık etkisinde betonarme yapının göçmesindeki en etkili unsur kolonlardaki ve düğüm noktalarında bulunan çeliğin hasara uğramasıdır. Çeliğin ısı iletkenlik katsayısı büyük olmasından ötürü, çelikteki sıcaklık artışı dakika da 40 °C' den fazladır. Sıcaklık zaman grafiğine göre, yangın anında çelik sıcaklığı 10 dakika kadar kısa bir süre de 600 °C' ye varabilir. Ancak çelik donatıyı saran beton örtü sıcaklığın yükselme hızını önlemektedir. Çelik donatıyı saran beton örtüsü 3 cm. olduğu takdirde 600 °C'lik ve 1 saatlik yangın etkisinde çeliğin sıcaklığı 350 °C' yi aşmamaktadır (Buzkan, 2016: 38). Betonarme ya da betonarme-çelik karma elemanların yangına karşı 2 saat dayanıklı olabilmesi için, içerisindeki çelik profil veya donatının en dışta kalan kısımlarının en az 4 cm. kalınlığında beton (pas payı) ile kaplanmış olması gerekmektedir (BYKHY, 2009).

Betonarme taşıyıcı elamanların yangın anında davranışı, yangın direnim özelliklerinin iyi olmasının yanında, yüzeylerinde yangın yayılmasına imkanı olmaz. Ancak, uzun süren ısısal etki sonunda beton ve çelik donatı arasındaki bağ kopması ile çökme olayı meydana gelebilir (Arpacıoğlu, 2004: 21).

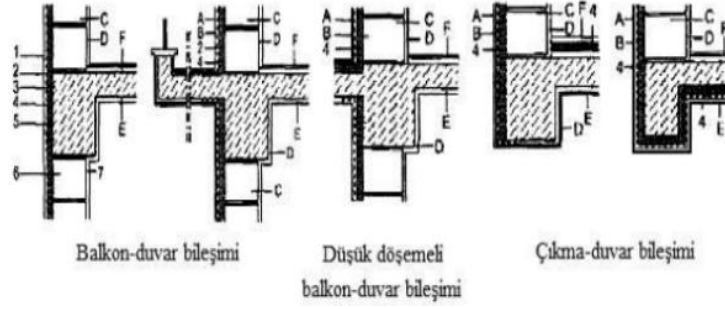
Pas payının yeteri kadar olması çelikleri yangından büyük oranda korur. Betonarmede kullanılan çelik donatı, yapı çeliği ile benzer özellikler taşımaktadır. Yangın anında

ısının yüksek etkisiyle betonda parça kopmaları meydana gelir ve bunun sonucunda donatı çeliği açığa çıkarak ısıyla doğrudan temas etmesine neden olmaktadır. Hatta beton içerisindeki donatı pas payları yeterli olmazsa ısınan donatı betonun patlamasına sebep olmaktadır. Yangında çelik donatı dayanıklılığı 400 °C' de %50 oranında azalır. Betonarme donatı, taşıyıcı kısımlarda yüzeyden 6 cm, taşıyıcı olmayan kısımlarda ise en az 3 cm betona gömülü olmalıdır. (Arpacıoğlu, 2004: 21-49).

4.2.1.2. Yangın Yalıtım Malzemesinin Yüzeğe Uygulanması

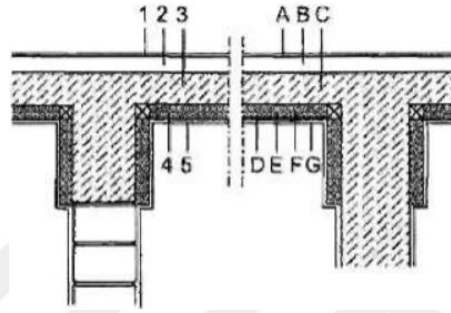
Yangınlar sonucunda meydana gelebilecek can ve mal kayıplarını en az düzeye indirmek için, yapılarda gerçekleştirilen uygulamalar yangın yalıtımı olarak adlandırılır. Konutlarda ve iş merkezlerinde kullanılan malzemelerin çoğunluğu yanıcı özellikte olması sebebiyle yangın riski artar. Yapılarda yangın yalıtımı uygulanması, durdurulabilen ya da yavaşlatılabilen felaket olan yangının vereceği zararlı sonuçları en aza indirir. Yangın yalıtımının 2 ana amacı vardır. Bunlardan biri, yangında en çok ölümlere sebep olan duman zehirlenmelerini azaltmaktır. Zehirli gazların çıkışı geciktirilerek yangın alanından kaçmak için süre kazandırılır. Diğer, yangında ortaya çıkan ısı sonucunda yapıların kısmen ya da tamamen yıkılmalarına sebep olabilir. Yangın çıkan ortamda ısınan gazlar yükselerek tavanda 1000 °C sınırına ulaşır. Betonarme 500 °C' nin üzerinde dayanıklılığının 1/3' ünün azaldığı göz önünde bulundurulursa yangın anında çıkan ısıyla bina yıkılabilir. Yangın yalıtımı binaların taşıyıcı sistemini korumak amacıyla yapılır (Buzkan, 2016: 69).

Binalarda yangının zararlı sonuçlarının azaltılması ve güvenli kaçış alanlarının oluşturulması için yalıtım uygulamalarında yapılar bölümlere ayrılır. Ayrılan bölümlerin döşemesine, duvarına ve tavanına yalıtım yapılarak bu kısımlara yangının ve dumanın erişmesi engellenir. Bu bölümlerde olan kapı ve pencerelerin belli yangın dayanımı olmalıdır. Yangın yalıtımı ile ısı yalıtımı uygulama biçimleri açısından benzerdir (Buzkan, 2016: 72).



Şekil 4.40: Dış yalıtımlı duvar örnekleri

Kaynak: Buzkan, 2016



Şekil 4.41: Betonarme döşemelerin yalıtımı

Kaynak: Buzkan, 2016

Yapıların, yangın başlangıç evresinden söndürmenin tamamlanmasına kadar geçen sürede yıkılmadan ayakta kalması için taşıyıcı kısımlara yangın yalıtımı yapılır. Duman gazlarının ve ısının yayılmaması için tesisat boruları bölgelerine ve hava kanallarına yangın yalıtımı uygulanır (Buzkan, 2016: 73).

Yangın yalıtımı, tasarım aşamasında başlar. Başlangıçta yapı içerisindeki yanıcı malzemelerin özellikleri ve miktarına bakılarak yangın güvenlik önlemleri belirlenir Risk değerlendirmesi, bina içerisinde bulunabilecek kişi sayısı ve yapının kullanım amacına göre yapılır. Bu risk değerlendirmesi sonucunda duvar, döşeme ve tavanların yangına dayanım süreleri belirlenir. Yangın yalıtımında yanmaz (A sınıfı) ve ısı geçişine büyük oranda dirençli vermükülit, taş yünü, cam yünü, perlit, alçı levhalar gibi özel malzemeler yapının döşeme, duvar, tavan ve hava kanallarına yerleştirilir (Buzkan, 2016: 74).

4.3.Ahşap Sistemlerin Yangın Davranışı

Geniş bir kullanım alanına sahip ve tercih edilebilirliği yüksek olan ahşap malzemenin yangına karşı gösterdiği direnç önemini arttırmaktadır. Yangın her an karşılaşılabileceğimiz ve bulunduğumuz ortamda meydana gelebilecek bir felakettir. Ayrıca yangına karşı çok iyi korunan ahşap yapılarda bile yangın riski kaçınılmazdır. (Şekil 4.43)

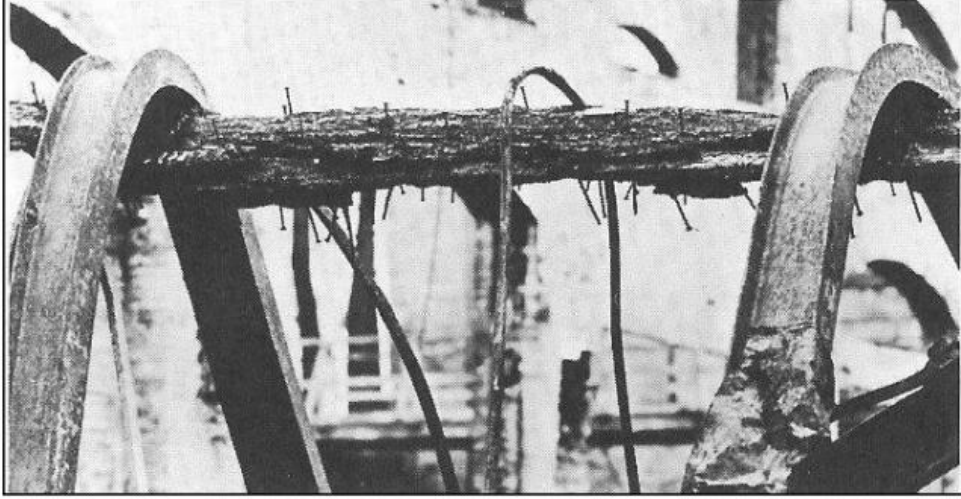


Şekil 4.42: Beyoğlu'nda tarihi ahşap binanın 2009' da elektrik akımı ile yanması

Kaynak: Şimşir, 2011

Ahşap, karbon ve hidrojen içeren organik kökenli malzeme olduğundan yanıcıdır. Kendi kendine yanabilmesi için sıcaklığın 275 °C' ye yükseltilmesi gerekmektedir. Ahşabın yanabilmesi için içeriğinde yakıcı ısı kaynağı, oksijen, yanabilir madde olmalıdır. Bu üçlüden birinin eksikliğinde tutuşma gerçekleşmez (Ulusoy ve Peker, 2019: 586). Ahşap tutuşabilen, çevreye ışık yayabilen ve kesit kalınlığı ile orantılı şekilde geç tutuşan bir yapı malzemedir. Malzemede iç ısı artışı ile yanma ve gaz çıkış artmaktadır. Ahşap yüzeyi yandıkça oluşan odun kömürü tabakasının ısı iletkenlik değeri küçük olduğundan tam yanma olayı gecikmektedir. Bunun sonucunda ahşap iç kısımlarında nem artışı görülür ve mukavemeti değişiklik göstermez(Bekem, Gültekin ve Dikmen, 2015: 291).

Ahşap yanıcı olma özelliğinden dolayı dayanıksız görülmüş ve taşıyıcı sistemde kullanılması birçok yerde kısıtlanmıştır. Ancak, yeterli kesit alanı sağlanmasında, benzer şartlar altındaki çeliğe göre daha uzun süre çökmeye dayanıklıdır. Aynı zamanda çelik gibi yangını gizleyerek ani çökmeye yol açmadığı ve alev ile duman yayarak yangını belli ettiği için bazı durumlarda çelikten daha avantajlıdır (Şekil 4.44) (Arpacıoğlu, 2004: 17).



Şekil 4.43: Yangın sonrasında ahşap kirişin mukavemetini korurken, çelik kiriş mukavemetini kaybetmiştir

Kaynak: Şimşir, 2001

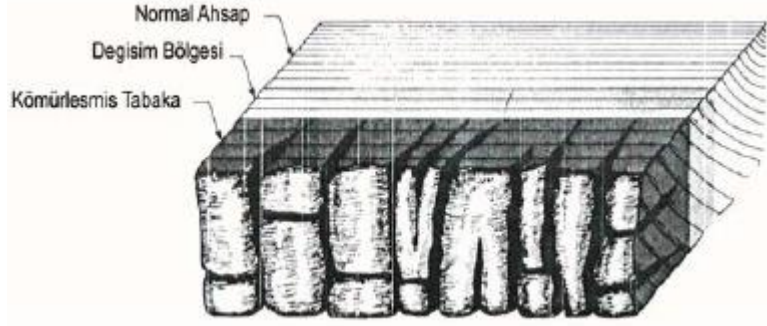
Ahşap korunmasız ve masif olduğu durumlarda yeterli derece sıcaklıkta alev olmadan yavaş yavaş yanmaya başlar. Ahşap yanarken CO, CO₂ ve su buharı açığa çıkar ve bu yanıcı gazlar sıcaklığı arttırarak yangının büyümesine yol açar. Ahşabın yanarken açığa çıkardığı gazların yanında, ahşap yüzeyinde kömürleşme de meydana gelir (Şekil 4.46). Bu kömür tabakası ahşabın iç kısımlarının yanmasını geciktirerek yapıyı ayakta kalmasını sağlayacak mukavemeti kazandırır. Ahşabın yangında ani olarak taşıma gücünü yitirmemesi çelik yapılara göre daha avantajlı hale getirir. Ahşap yapılar yangın dayanımına belli bir ısıya kadar dayanıklılık gösterirler. Ayrıca, yangın anında ahşabın kömürleşen tabakası içyapıyı koruduğundan, ahşap yapı elemanları belirli bir süre için yük taşıyabilmektedir (Yaman, 2007: 12-25). Ahşabın içyapısında ki reçine miktarı yanmayı hızlandırmaktadır. Yanma olayı sürdüğü sürece ahşap elemanlarda kesit küçülmesi meydana gelir. Güvenli kesit alanının altına inildiğinde sistem çöker, ahşap ayrılarak yanma sürmektedir ve yangın kömürleşme ile son bulmaktadır (Arpacıoğlu, 2004: 17).

Yanma olayı, oksijenin alevlenen ağaç elyafıyla kimyasal birleşmesidir. 225-260 °C sıcaklık alevlenme noktasıdır. Bu derece sıcaklık ağaç gazının ilk alevlenmesidir. 260-290 °C sıcaklık alevlenmenin tam oluştuğu yanma noktasıdır. 750 °C sıcaklık tamamen kül olma noktasıdır. Yanma esnasında kömürleşme meydana geldiğinden ahşabın üst yüzeyinde kömür tabakası(karbon) oluşmaktadır. Bu tabaka koruyuculuk özelliği ile yangının diplere yayılmasını yavaşlatır. Ahşap kesitin yanmış bölümün oranının, yanmamış bölümüne oranı belli düzeye inene kadar mukavemet sınırı değişmez. Böylelikle ahşap sistemin hemen çökmesi engellenir ve sistemin uzun süre ayakta durması sağlanır (Şekil 4.45). Bu bağlamda geniş açıklıklarda spor salonu, konser gibi alanlarda çelik yerine ahşap kullanılmaktadır. Çelik genişleme katsayısının yüksek olması sebebiyle 400-450 °C de taşıma yeteneğini kaybederek deforme olur ve 10-15 dakika da çökme meydana gelmektedir. Ahşapta ise bu süre kesite bağlı olup 1-1.5 saati bulmaktadır (Bilgin, 2009: 45).



Şekil 4.44: Ahşap binanın yangın sonrası görünümü-2018

Kaynak: URL-54



Şekil 4.45: Yüksek sıcaklıkta ahşabın değişimi

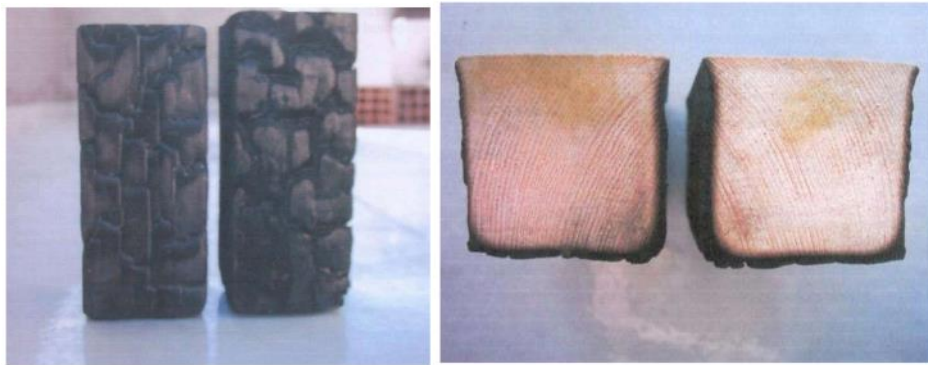
Kaynak: Arpacıoğlu, 2014

Yangın anında ahşap malzeme 170 °C' ye kadar kuruma, 270 °C' ye kadar CO, CO₂ ve su buharı çıkışı, 250-300 °C' de ise tutuşma görülmektedir. Ahşap yüzeyi ısı etkisi sonucunda kömürleşerek, alevin ahşabın içerisine girmesini engellemekte ve taşıyıcı sistemin uzun süre mukavemetli kalmasını sağlamaktadır (Peker ve Atılğan, 2015: 3-4).

Ahşap yüzeyinde; püskürtme, difüzyon, daldırma ve sürme gibi tekniklerle nem, köpük ve gaz tabakası oluşturulabilir. Ayrıca hava ile teması kesen fosfat, sülfat, klor ve amonyum tuzları gibi maddeler kullanarak yanma hızı azaltılmakta, kömürleşme oranı ve hızı gereksinime göre artırılabilir (Arpacıoğlu, 2004: 17-18).

Ahşap kolonların yangın dayanımı

Yangına maruz kalan ahşap kolonların yük taşıyan kesiti yangından etkilenen yüzey sayısına ve bu yüzeyde oluşan kömürleşme hızlarına bağlı olarak azalmaktadır (Özüm, 2008: 25).



Şekil 4.46: Yanma etkisinde kalan ahşap kolon görünüş ve kesitleri

Kaynak: Özüm, 2008

Ahşap kirişlerin yangın dayanımı

Yangına maruz kalan ahşap kirişlerin yük taşıma kabiliyeti etkin yangın süresi arttıkça, ahşap kolonlarda ki gibi azalmaktadır. Örneğin, standart yangın testi uygulanan lamineli 200x200mm'lik ahşap kiriş, yangın sonucunda yük taşıma kabiliyetinin %70' ini, bir saatten sonra ise %40' ını taşıyabilmektedir. Ahşap kirişler, ahşap kolonlara göre yangından daha fazla etkilenirler. Bunun sebebi, ahşap kirişlerin kömür tabakası oluşturması sonunda kesit azalır ve kirişte yüke bağlı meydana gelen çatlaklardan kömürleşmenin ahşabın iç kısımlarına daha rahat geçmesidir. Bundan dolayı, ahşap kirişlerin kömürleşme hızı ahşap kolonların kömürleşme hızından daha yüksektir (Özüm, 2008: 30).



Şekil 4.47: Ahşabın yanma anında kömürleşmesi ve sonlanması

Kaynak: Özüm, 2008

Ahşap kullanımının yaygınlığı sebebiyle yangın anındaki olumsuz durumlara karşı ahşabın dayanımının artırılması gerekmektedir. Malzemenin kullanım alanına uygun direnç ve mukavemet göstermesi, yangın dayanımının olması malzeme seçiminde önemlidir (Ulusoy ve Peker, 2019: 585). Bu sebeple, ahşabın ana maddesi olan ağaç türlerinin yangın dayanımları aşağıda incelenmiştir.

Ağaç türlerinin yanma hızı

Ağaç türlerinin yangına karşı dirençleri çok farklıdır. Türlerin yangın etkileri incelendiğinde iğne yapraklı ağaçlar, geniş yapraklı ağaçlara göre daha fazla hassas olup, zarara uğramaktadır. İğne yapraklı ağaç türlerinin odunu ve yapraklarında reçine miktarının fazla olması kolaylıkla tutuşmasına yol açmaktadır ve yenilenme kabiliyeti

de azdır. Bunun yanı sıra iğne yapraklı ağaç türlerinin tümü aynı seviyede etkilenmezler. İğne yapraklı türler arasında reçine miktarının fazla olması, kurak yetişme alanlarında büyük ve saf orman alanları oluşturmasından dolayı yangından en çok zarar gören çam türleridir. Devamında sedir ve ladin gelir. Gökmar gölge ağacı olduğundan yangından en az zarar görür. Geniş yapraklı ağaç türlerinden yangından en çok etkilenen tür meşedir (Küçükosmanoğlu, 1990: 68-75). Kestane türü, malzeme özellikleri açısından fiziksel olarak az yanıcı, zor tutuşan ve yangına karşı dayanıklılığı yüksek olan ağaçtır (Yaman, 2007: 77).

Ağaç malzemenin yanması, yanma sıcaklığına, yanma hızına, yanma ürününe ve gerekli havaya bağlıdır. Artan sıcaklıklarla ısıtma sonucunda ahşabın yapısında başlayan değişiklik, yükselen sıcaklıkla hızlanır. Ahşaptaki üç polimerik bileşen (uçucu gazlar, katran ve karbonlu karışım) ayrışmaya başlar. Selüloz 280 °C' de bozunmaya başlayıp 300-350 °C' de tamamen bozunduğu, hemiselülozların termik aracılığıyla 200-250 °C' de bozunduğu, lignin de 300-350 °C' de bozunmaya başlayıp 400-450 °C' de bozunmayı tamamlamaktadır (İstek ve ark., 2017: 392).

Bitki içeriğindeki reçine ve yağların miktarı özellikle kurak yaz aylarında daha çok artmakta ve bu da bitkinin yanıcılık özelliğini arttırmaktadır. Ancak bu yörede yetişen ağaç türleri kalın bir kabuk tabakası olduğundan, bitkinin yangına karşı korunması ve yangından en az etkilenmesini sağlayan önemli bir unsurdur. Bunun sebebi, kalın kabuk tabakası bitkinin yaşaması ve gelişmesi için çok büyük öneme sahip kambiyum tabakasını sarar ve yangından korumaktadır. Bazı ağaç türlerinde görülen uyuyan tomurcuklar, bitkinin tepe filizinin yangından zarar görmesinde filizlenerek bitkinin yaşamını sürdürmeyi sağlamaktadır (Küçükosmanoğlu, 1990: 73). Ancak giderek bazı ağaç türlerinde hala da azalmalar gözlenmektedir. Yangınların sık yaşanması bazı ağaç türlerini yok etmekte ve yerine lignini fazla olan çalimsı türler almaktadır. Akdeniz bölgesinde bulunan çam türlerinin çoğunda açılması zor kozalaklar vardır. Bu kozalaklar yangın sıcaklığı ile daha basit açılır ve içindeki tohumların çevreye saçılmasına yol açar. Örneğin, Akdeniz bölgesinin esas ağaç türü olan Halep çamı ve Kızılcım' da görülebilir. Kızılcım ormanları yayılan bölgelerde yaz ayları yüksek sıcaklık dereceleri ve daha düşük nem miktarları ile uzun bir kurak dönem görülmektedir. Bu arada diri örtü ve ölü örtünün nem içeriği büyük ölçüde azaldığından yangın riski artmaktadır. Akdeniz bölgesinde her yıl özellikle, Eylül ve Ekim aylarında kuzeyden gelen kuru rüzgarların hakim olduğu dönemlerde büyük

yangınlar çıkmaktadır. Akdeniz bölgesinde yağışlı geçen günler haricinde Haziran ayı başından Ekim ayı sonuna kadar her gün yangın tehlikesi vardır. Küçükosmanoğlu (1987) tarafından yapılan çalışmalara göre, Türkiye ormanlarında 1959-1983 yılları arasında çıkan büyük yangınların %49'unu Kızılçam, %13,7'sini Kızılçam-karaçam ile meşe, %7,8'ini kızılçam-maki, %5,9' unu karaçam ve diğer ağaç türlerinin olduğu alanlarda çıktığı bilinmektedir. Araştırmaya göre, Türkiye ormanlarında çıkan büyük yangınların çoğu çam ormanlarında ve diğeri ise meşe ormanlarında görülmektedir. Orman yangınlarında ve gelişmesinde en önemli etken yanıcı maddedir (Küçükosmanoğlu, 1990: 75).

Baş (1965)' a göre Türkiye' de 1951-1961 yılları arasında çıkan 8750 yangının %72,7' sini çam, %12,3' unu iğne yapraklı ve geniş yapraklı ağaçlar, %11' ini meşe, %1,8' ini maki, %1,4' unu kayın, ve %8' ini sedir, ladin, göknar ve ardıç alanları oluşturmuştur (Küçükosmanoğlu, 1990: 76).

Yangın riski en yüksek alanlar çam alanlarıdır. Yangın riski en az olanlar ise, kalın kabuklu, derin köklü ve yoğun yapraklı ağaç türlerinin alanlarıdır. Yangında özellikle çam ağacı türlerinin zarar görmeleri reçine dolayısıyla ibre ve diğer ağaç bölümlerinin hızlı tutuşmalarındandır. Yanan bitkiler ibrelerini hızlı bir şekilde yenileyemezler. Geniş yapraklı ağaç türlerinin, iğne yapraklı ağaç türüne göre daha az zararlarla etkilenmelerinin nedeni, yapraklarının kolay yanmaması ve yangından sonra da yapraklarını kolay yenileyebilmelerindedir. Örneğin, söğüt geniş yapraklı tür olup yangından etkilenir ve yangın sonrasında türü sürmektedir (Atay, 1986: 25). Ormanlarda yangın önlemede emniyet şeridinin iki tarafında otsu bitki örtüsü yerine, çoğunlukla geniş yapraklı ağaçlardan oluşan bir şerit kullanılmaktadır. Bu şeritte meşe, kayın, gürgen, ıhlamur, akçaağaç ve iğne yapraklı olan göknar da kullanılabilir (Atay, 1986: 28).

En hızlı yanan Ağaç ve Ağaççıklar

- Abdestbozanotu
- Akçakesme
- Alıç
- Kayacık
- Menengiç
- Bozlanotu
- Karaçalı
- Halep çamı

En yavaş yanan Ağaç ve Ağaççıklar

- Akasya-Kıbrıs
- Katır tırnağı
- Servi
- Sakız ağacı
- Gebreotu
- Zakkum

4.3.1.Ahşap Sistemlerin Yangın Güvenlik Önlemleri

Yapılarda kullanılan ahşap malzemenin tamamıyla yanmaz duruma gelmesi mümkün olmasa da, etki şekillerine göre çok farklı kimyasal maddelerle empenye edilerek veya üst yüzey işlemi olarak uygulanan bazı yangın geciktiricilerle yanma büyük oranda engellenebilmektedir (Yalınkılıç, ve ark., 1998: 613-614).

Yanan malzemelerin yanma hızları, birçok katkı maddeleri kullanılarak geciktirilebilir. Yangınlarda can ve mal kaybını azaltmak için ağaç ürünlerinde yaygın kullanımı olan epoksi ve reçine gibi malzemelerin içine yanma geciktirici ve duman bastırıcı mineral katkı maddelerinin eklenmesi devamlı artmaktadır. Alev geciktiriciler, alevin üründe yayılmasını ve ilerlemesini yavaşlatması açısından gereklidir. Ağaç malzemenin yanma karşısındaki zayıflığını azaltmak için, ağaç malzeme çeşitli yanma geciktirici maddelerle dayanıklı duruma getirilmelidir. Ağaç malzemenin yanma dayanımının artırılması için kimyasal maddelerle desteklenmesi birçok kullanım alanında zorunludur. Yanma geciktirici maddeler uygulanan malzemenin özelliklerine zarar vermeden yanma performansını iyileştirmelidir. Etkili bir alev geciktirici, düşük tutuşma hızı olmalı, yanma şiddetini azaltabilmeli, düşük hızda ve miktarda dumana sebep olmalı ve zehirli olmamalıdır. Kullanılan yerde özellik ve görünüş bakımından uygun olmalı ve maliyeti yüksek olmamalıdır (İstek ve ark., 2017: 390-391).

Yapılarda sık kullanılan ve eski malzemelerden biri olan ahşap B2 yangın sınıfında bulunmaktadır. Ahşapta 350 °C' de alevlenme görülmüştür. Ahşap tutuşma hızı, ahşap malzemede kullanılan ağaç türüne ve içerisindeki nem oranına bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. Ahşap malzemenin yangına karşı korunmasında kömürleştirilen, söndürücü gaz oluşturan, köpük, eriyici ve sürülen veya püskürtülen empenye maddeleri gibi farklı metotlar uygulanmaktadır. (Sunar, 2010: 91). Yanmayı

geciktirmek için kazanda basınç tekniği, yüzeysel sürme veya püskürtme teknikleri ile yüzeylerin kaplanması sağlanmaktadır. Bu amaçla kullanılan emprenye maddeleri beş grupta incelenmiştir (Peker ve Atılgan, 2015: 5).

- Kömürleştiren emprenye maddeleri; malzemenin kömürleşme hızını artırarak termik izolasyon sağlamaktadır.
- Söndürücü gaz oluşturan emprenye maddeleri; yanma sonunda oluşan gazların yoğunluğu düşürülerek tutuşma özelliği azaltılır ve malzemenin alevlenmesi önlenmektedir.
- Köpük oluşturan emprenye maddeleri; sıcaklık artışıyla malzeme yüzeyinde kalın bir köpük katmanı oluşturarak, ısı yalıtımı sağlamaktadır.
- Eriyici emprenye maddeleri; malzeme üzerinde sıcaklık etkisiyle eriyerek, kömürleşmeyi artıran ve ısıyı iyi iletmeyen koruyucu yapışkan katmanlar oluşturarak, ısının malzeme içerisine erişmesini önlemektedir.
- Sürülen veya püskürtülen emprenye maddeleri; malzemenin oksijen ile olan bağını kopararak tutuşmayı engellemektedir (Sunar, 2010: 91). Yüzeyle fırça ile sürülmekte veya yanma anında ağaç malzeme yüzeyinin havayla temasını keserek, tutuşma ve alev yayılmasını geciktirmektedir (Demir, 2014: 33).

Yanma geciktirici emprenye maddeler, ağaç malzemenin bozunma sıcaklığının altında bozularak selülozu hızlı bir şekilde odun kömürüne ve suya dönüştürürler. Bu sebeple daha yüksek sıcaklıkta oluşması beklenen uçucu ve yanıcı maddeler meydana gelmediği için odunun alevlenme özelliği azalır ve alevin bulunduğu ortama savrulması engellenmektedir. Ahşap malzeme de uygulanan yanma geciktiriciler aşığıdaki gibi gruplandırılabilir:

- Ağaç malzemenin ısı iletkenliğini yükselten kimyasallar,
- Serbest radikal alev tutucu olarak görev alan kimyasallar,
- Ağaç malzemede oluşan yanıcı gazları, yanıcı olmayan gazlarla seyrelten kimyasallar,
- Ağaç malzeme yüzey üzerine bir kaplama oluşturmak için kullanılan kimyasallar,
- Uçucu gazların ısısal içeriğini düşüren kimyasal maddeler
- Muamele edilmemiş ağaç malzemeye göre daha az sıcaklıkta artan kömürleşme yapan kimyasallar,

- Yanıcı olmayan gazları, yanıcı olmayan gazlar ile seyrelten kimyasallar (İstek ve ark., 2017: 393).

Yapılar yangın riski göz önünde bulundurularak aşağıdaki özellikleri sağlayacak şekilde tasarlanıp yapılmalıdır:

- Yangın çıkması durumunda dumanın ve yangının yayılması kısıtlı olmalıdır.
- Yapının yük taşıma kabiliyeti belirli bir süre azalmamalıdır.
- Yapının çevrede bulunan yapı işlerine yayılması kısıtlı olmalıdır.
- Yapıda bulunan insanlar binadan kaçabilmeli ve alternatif yollarla kurtarılabilir.
- Kurtarma ekiplerinin güvenliği göz önünde bulundurulmalıdır

Yangına karşı direnç kapsamında, yapı elamanlarının tasarlanan göreve uygun olacak şekilde dayanım göstermeleri istenir. Yangın dayanımı, güvenilirlik, ısı yalıtımı ve yük dayanımı gibi kriterlere bağlı olarak yapılır (Yaman, 2007: 25).

Genel görüşün aksine ahşabın yangına direnci çelik ve betondan üstündür. Günümüzde ABD’nde kapalı spor salonu gibi geniş ve kalabalık mekanlarda, yangın riskine karşı ahşap karkas inşa edilmektedir. Almanya’da aynı sebeple çelik strüktür yapılar ahşap kaplanmaktadır. Yangınlar üzerinde yapılan araştırmalar toplanarak, istatistikler taşıyıcı olarak kullanılan ahşabın en güvenli malzemelerden biri olduğunu açıkça göstermektedir. Yangının başlangıç sebebi hiçbir zaman ahşap değildir ve kömürleşme ısı geçirmeme özellikleri sebebiyle ahşap-karkas yapının büyük yangınlara ne kadar dayanabildiği net bir şekilde hesaplanabilmektedir. Ahşap yapılar yangına 60-90 dakika dayanabilir biçimde tasarlanabilmektedir. Tavan ve duvarda kaplama malzemesi olarak kullanılan her alçıpan katmanı bu süreyi 30 dakika daha uzatmaktadır. Ancak açık halde çelik strüktür normal bir yangına sadece 10 dakika dayanabilmektedir ve yapı uyarı vermeden anında çökmektedir (Bilgin, 2009: 56).

Ahşap Isıl İşlem Uygulaması

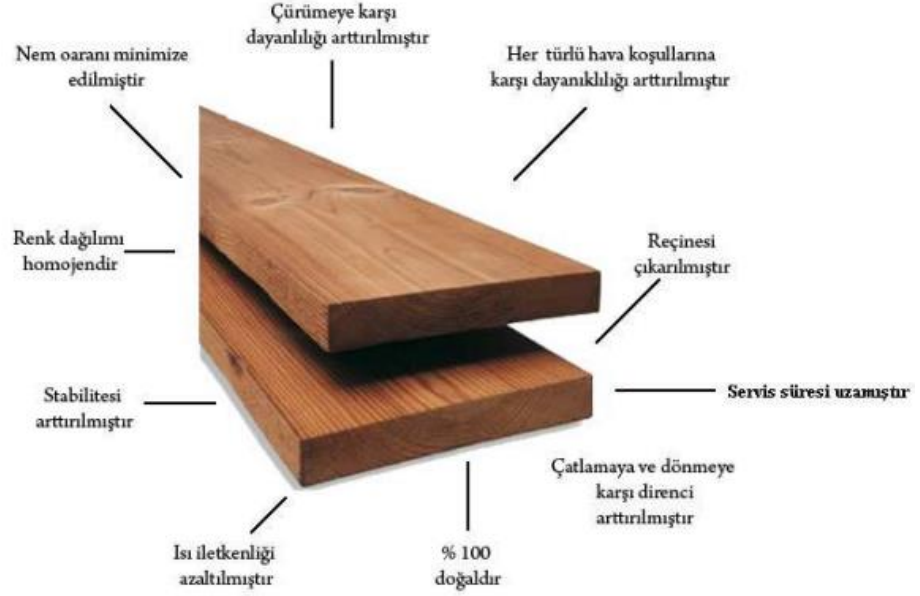
Ağaç malzemedeki ısı işlem ağaç malzemenin mekanik özelliklerinde azalmalara neden olduğundan kullanım alanlarını sınırlandırabilir. Ancak uygun ısı işlem yöntemleri ve koşullarında odun direnç kaybı önlenirse kullanım alanları yaygınlaştırılabilir (Doruk, ve ark., 2010: 263).



Şekil 4.48: Isıl işlem uygulama firmı

Kaynak: URL-55

Isıl işlem uygulaması sonucunda içeriğindeki yapı taşlarından selüloz, hemiselüloz ve lignin yapısında çeşitli kompleks yapılar oluşmaktadır. Bu sebeple ağaç malzemede fiziksel ve mekanik özelliklerinde azalmalar belirlenmiştir. Mekanik özelliklerindeki azalmadan ötürü, yüksek sıcaklık ve uzun süre işlem gören ağaç malzemenin rengi koyulaşır ve yapı elemanı olarak kullanılması uygun olmayabilir. 150 °C ve üstü sıcaklıklarda mekanik özellikler azalırken, biyolojik dayanıklılık artmıştır. Genel itibariyle uygulanan sıcaklık ve ısıl işlem süresi arttıkça ağaç malzemede basınç ve eğilme değerleri azalmıştır. Isıl işlem gören ağaç malzeme teknolojik özellikleri değişerek yeni bir yapı kazanmaktadır (Doruk ve Perçin, 2010: 144-149). Ağaç malzemeye uygulanan ısıl işlem koşullarına bağlı olarak odun yapısı yeni bir forma dönüşmektedir. Özellikle ağaç malzemenin mekanik özelliklerinde kayıplara yol açmaktadır. Bunun sebebi, ısı ve süreye bağlı olarak odun içeriğindeki kütle kaybı, ağaç temel bileşenlerinden lignin yapısının deforme olması ve polimer yapının bozulmasıdır. Yüksek sıcaklık altında moleküller arası ve içerisindeki bağlar deforme olarak kopmalar meydana gelmektedir. Sıcaklık ve sürenin artışı ile bu bağ kopmaları daha da artmaktadır (Doruk, ve ark., 2010: 269).



Şekil 4.49: Isıl işlemin ahşap malzemeye sağladığı avantajlar

Kaynak: Akkılıç, ve ark., 2014

Ahşap ısıl işlemin hücre çeperinin polimer bileşiklerinin kimyasal bütünlüğünde kalıcı değişmelerin olduğu fiziksel bir işlemdir. Bu yöntem ile kimyasal reaksiyonlar hızlanarak ortalama 150 °C' nin üstündeki sıcaklıklarda ağaç malzeme ısıyla etkileşir. Isıl işlem uygulaması odunun moleküler yapısını değiştirdiğinden ahşabın performansını arttırmaktadır. Isıl işlem ile artış görülen potansiyel nitelikler; küçülme ve genişlemeye bağlı artan boyutsal stabilite, düşük denge rutubet içeriği, artan ısısal izolasyon yeteneği, mantar ve böceklere karşı biyolojik dayanıklılık, dekoratif renk çeşitliliği, dış hava koşullarının dayanımında artma ve kullanım süresi uzamaktadır (Şekil 4.49) (Akkılıç, ve ark., 2014).

4.3.1.1. Emprenye Yöntemi ile Koruma

Ahşap kullanım alanları geniş olmakla birlikte, yangın gibi dış etkilere maruz kalması sonucunda zarara uğrayabilir. Bu sebeple ahşaba yangın geciktiricilerle muamele edilmesi çok önemli bir uygulamadır. Yangın geciktirici kimyasal maddelerin kullanımı ile ahşap servis ömrü uzar ve yangından korunması sağlanmaktadır. Bu kimyasal maddeler, kimyasal, fiziksel ve biyolojik yöntemlerle ahşaba uygulanmaktadır. Kimyasal maddelerle yapılan uygulamada, kimyasal maddenin ahşabın içerisine derinlemesine emdirilmesi ve homojen dağılım göstermesi gerekli

özelliklerdir. Bu davranış ahşap malzemenin geçirgenliği, yani anatomik yapısına bağlıdır. Emprenye sürecine bağlı olarak sıvı akışkanlığını sağlamak ve tutunma oranını artırmak için kimyasal, fiziksel, biyolojik ve mekanik uygulamalara ek olarak, buharlama, kurutma, oyma ve vakum uygulama gibi teknikler de kullanılmaktadır (Sözen, ve ark., 2018: 44).

Odun yanabilen bir malzemedir. Sıcaklığın 275 °C' ye çıkarılması ile kendi kendine yanabilmektedir. Aynı zamanda herhangi bir tutuşturucu alev kaynağı varlığında daha düşük sıcaklıklarda tutuşarak yanması olasıdır. Bu bağlamda ağaç malzemenin yanma dayanıklılığının artırılması için kimyasal maddelerle emprenye uygulaması birçok alanda zorunlu hale getirilmiştir (Peker ve Atılğan, 2015: 2).



Şekil 4.50: Emprenye tankı ile yüksek basınç altında daldırılarak ahşabın iç kısımlarına emdirilmesi

Kaynak: URL-56

Araştırmalara göre geliştirilen kimyasal maddeler ve yöntemler ağaç malzemenin yanıcılık özelliğini tümüyle yok etmemiş, ancak oldukça azaltabilmiştir. Özellikle ağaç malzemenin tutuşma süresinin artırılması ve zehirli gaz oluşumunun önlenmesi ile kişilerin yangın başlangıç evresinde ortamdaki kaçabilecekleri süre kazandırılmıştır. Bu amaçlar ile bütün dünyada yangın geciktirici kimyasal maddeler, farklı teknikler kullanılarak yanma direnci kazandırılmak istenen malzemelere uygulanmaktadır. Yangın geciktirici kimyasallar ile alakalı yangın geciktirme mekanizmalarından biri olan termal teoriye göre, yangın geciktirici kimyasallar odunun ısı iletkenliğini artırır

ve ısının kimyasal olarak emilmesini sağlayarak odun yüzeyinin tutuşmasının engellendiği açıklanmıştır (Demir ve Aydın, 2016: 97-100).

Odunda yanma direnci, odun cinsi, odunun özgül kütlesi ve kömürleşme derecesi gibi özelliklerine bağlı olarak değişir ve bazı uygulamaların kömürleşme derecesi üzerine önemli etkileri bulunduğu belirtilmiştir. Ağaç malzemenin yanmasının engellenmesi ve geciktirilmesi bakımından günümüzde en yaygın kullanılan inorganik esaslı kimyasal maddelerdir. Bunlar; boraks, amonyum sülfat, fosforik asit, borik asit, amonyum klorür ve çinko klorürdür. Bu tuz kökenli kimyasal yanmayı engelleyici maddeler, yanma anında ağaç malzemenin kömürleşmesini hızlandırarak, oluşan kömür tabakası yangın anında izolasyon tabakası halini alarak, kolay tutuşabilen gazların oluşumunu engellemektedir. Aynı zamanda borlu bileşikler, su ile çözünerek kolaylıkla uygulanabilir, biyolojik zararlılara karşı yüksek dirençleri, odun difüzyon yeteneklerinin yüksek olması, zehir etkisinin düşük olması, maliyeti düşük ve kolay temin edilmesi ve yangına karşı ahşabın dayanıklılığını büyük oranda artırmaları sebebiyle kullanımı yaygınlaşmıştır. Yangın geciktirici kimyasal maddeler levha ürünlerinde genellikle ya üretim evresinde tutkal veya yonga/liflere eklenerek, ya da üretimden sonra levhaya basınçla, daldırma veya fırça ile sürme yöntemiyle uygulanmaktadır. Yangın geciktirici kimyasal maddeler genellikle yapısal özellikleri sebebiyle odunun rengini değiştirebilir ve bazı renklenmelere yol açabilmektedir. Yanma geciktirici emprenye maddelerin ağaç malzemenin yüzey pürüzlülüğünü arttırdığı gözlenmiştir. Basınç yöntemiyle emprenye uygulanan örneklerin ısıl iletkenliği, daldırma yöntemiyle emprenye uygulanan örneklerden daha fazla olduğu görülmüştür (Demir ve Aydın, 2016: 97-100-101).



Şekil 4.51: Farklı ahşap türlerinin emprenye sıvılarıyla kaplanarak basınç yöntemiyle yangına dayanımının sağlanması

Kaynak: URL-57

Yanmayı geciktirici emprenye maddesi uygulanan ağaç malzemede yanmaya karşı yeterli süre koruma sağlanabilmektedir. Yanma geciktirici kimyasal maddeler, ağaç malzemeye yanmazlık özelliği kazandırmazlar, ancak tutuşmayı güçleştirerek yanma başladıktan sonra ateşin yayılmasını geciktirebilirler. En çok bilinen emprenye maddeleri bakır, kreozot, krom, arsenik ve PCP' dür. Ancak bu maddelerin ekolojik dengeyi bozdukları ve insan sağlığını tehdit ettiğinden, yeni emprenye maddeleri borlu bileşikler, borik asit, boraks, sayerlack, tanalith CBC ve alkilamonyum bileşikleri daha önem kazanmaktadır.(Peker ve Atılğan, 2015: 2-5).

Ağaç malzemede yanma, tutuşma ve alevlenmeye karşı kullanılan emprenye maddeleri organik ve inorganik maddeler olarak iki gruba ayrılmaktadır.

- Organik maddeler; reçineler, reaktif bileşikler, polimerler, organik çözücülü halojenleşmiş organik maddeler ve organik yüzey örtücülerdir.
- İnorganik maddeler; alkali tuzları, amonyum tuzları, inorganik yüzey örtücülerdir (Peker ve Atılğan, 2015: 6).

Emprenye uygulaması, ağaç malzemelerin fiziksel özelliklerini artırıp, mekanik özelliklerini azalttığı belirlenmiştir. Bu nedenle emprenye uygulanmadan önce kullanılan ağaç türüne ve uygulanan emprenye maddesine bağlı olup dayanım

değerlerindeki değişimler göz önünde bulundurulmalıdır. Yangın geciktirici maddeler uygulandıkları malzemelerin mekanik, fiziksel ve diğer bazı özelliklerini etkilemektedir. Bu kimyasal maddelerle emprenye edilen odun malzemelerde, emprenye de kullanılan kimyasal maddelerin yapısal özelliklerine bağlı olarak, özgül ağırlık ve higroskopik özelliklerde artma, direnç özelliklerinde azalma, bozunma, tutkallama problemleri, uygulanan işlemlere bağlı olarak boyutsal stabilitedeki değişimler, aşınmada artma, ısı iletkenlik katsayısında artma, metal bağlantı elemanları ile temas edildiğinde korozyon oluşması, leaching (yıkama) sorunu ve yüzey pürüzlülüğünde artma meydana gelmektedir (Ulusoy ve Peker, 2019: 586-587).

Tüm lignoselülozik malzemeler, yanıcı özellikte olmalarından dolayı tutuşma sıcaklığına vardıklarında ve yanma için gerekli ortamda kolayca yanabilmekte, dayanım özelliklerini yitirerek yanma anında zayıf direnims göstererek can ve mal güvenliğini tehdit etmektedir. Bu durumda odun esaslı malzemelerin, inşaat sektöründe, yapılarda vs. kullanımını sınırlandırmakta, ancak kullanılması durumunda ise dayanıklılık özelliklerini iyileştirilmelidir. Bu bağlamda, yanma özelliklerine etki ederek direnimlerini artırmak için farklı yangın geciktirici kimyasal maddelerle güçlendirilmelidir (Demir ve Aydın, 2016: 97).



Şekil 4.52: Ahşap elemanlara emprenye tankı uygulanması

Kaynak: URL-58

4.3.1.2.Boyama Yöntemi ile Koruma

Ağaç malzemenin yanmasında oluşan gazlar ve alevler insan hayatını tehdit etmekte ve ölümlere yol açabilmektedir. Ağaç malzemenin en olumsuz özelliklerinden biri yanıcı olmasıdır. Bu olumsuz yanıcı özelliği gidermek amacıyla, yanma geciktirici veya engelleyici birden fazla kimyasal madde kullanılmaktadır . (Ulusoy ve Peker, 2019: 586).

Genellikle yanma geciktirici maddeler yanma anında malzemenin sıcaklık artışını ve ortamda bulunan oksijen miktarının tüketilmesini düşürerek yanma olayını geciktirmektedir. Ağaç malzemenin yanıcılığını azaltmak amacıyla borik asit, azot, ve fosfat gibi yanma geciktiricilerin kullanıldığı malzemelerde muamele edilmemiş ağaç malzemeye göre ısı ve alev yayılım hızının azaldığı gözlenmiştir. Farklı çalışmalara göre, borlu bileşikler odun esaslı malzemelerin yanmasını geciktirir ve yanma özelliklerini iyileştirdiği açıklanmıştır (İstek ve ark., 2017: 394).

Pasif Yangın Güvenliği kapsamında malzemeler incelendiğinde yanmaz sıva olarak bilinen bor ve perlit içeren organik madde içeriği %1' den az olduğundan, organik madde içermeyen ve yanmaz malzeme olarak karakterize edilir. Yanmaz özelliğinden dolayı A1 Sınıfı malzeme olarak gruplandırılabilir. Borlu bileşikler selülozik yalıtım, ahşap ve tekstil ürünlerine katılarak bu malzemelere geç tutuşma özelliği kazandırılır. Bor, yüksek sıcaklığa dayanıklı pigment özelliğinin olması, tutuşma sıcaklığının yüksek değerlerde olması, yanan malzemenin üzerini oksijenle bağını kesecek biçimde örterek yanmayı bastırması, çevre kirliliğine yol açan emisyonları açığa çıkarmaması sebebiyle yangın güvenliğinde yaygın bir kullanıma sahiptir (Sezen ve Turan, 2020: 31).



Şekil 4.53: Ahşap elemanların sürme yöntemi ile yangın dayanımının sağlanması

Kaynak: URL-59

Sürülen veya püskürtülen emprenye maddeleri; malzemenin oksijen ile olan bağıni kopararak tutuşmayı engellemektedir (Sunar, 2010: 91). Yüzeyle fırça ile sürülmekte veya yanma anında ağaç malzeme yüzeyinin havayla temasını keserek, tutuşma ve alev yayılmasını geciktirmektedir (Demir, 2014: 33). Ahşap malzemeyi hemen alev almayan ya da yanmayan uygun bir yangın geciktirici kimyasal madde kullanmak yangına karşı alınabilir bir önlemdir. Ahşap yüzeyini alçılı, killi ve kireçli sıvalarla örtmek ahşabın yangına direnimini artırmaktadır (Yaman, 2007: 12).

Borlu bileşikler, zararlı gaz emisyonu olmaması nedeniyle çevre dostu olup, uçuculuk değeri düşük maddelerdir. Borlu alev geciktiriciler polimer zincir oksidasyonu için önleme işlevi olan camsı koruma tabakasını meydana getirerek yanan malzemenin oksijenle etkileşimini azaltmakta ve sonuç olarak yanmayı geciktirmektedir. Yanma geciktirici maddelerin farklı işleyişleri bulunmaktadır. Polimerin yanma anında, prosesini geliştiren buhar safhası serbest radikaller oluşturur. Katkı maddeleri ya tek başına ya da bileşiklerdeki başka malzemelerle beraber, alt katmanlardan zincirleme tepkimelerle serbest bırakılan radikallerin oluşumunu engelleyerek alev geciktirmeyi sağlamaktadır. Bunlara örnek klorlu ve bromlu yanma geciktiricilerdir. Yanma geciktirici olarak uygulanan cam fiberler ve bazı mineraller malzemenin ısı kabiliyetini artırarak veya yanıcılık alt seviyesi altındaki bir düzeyde yakıt içeriğini düşürerek fiziksel seyreltme işleyişiyle çalışırlar. Metal karbonatlar ve metal hidroksitler yanma geciktirici olarak kullanıldıklarında yanma sırasında ürünün bozunmasıyla yanmayan gazlar oluşur ve böylece alev oksijen kaynağını veya yakıt yoğunluğunu seyreltir. Yanma anında yan ürünler oksijen yoğunluğunu da azaltır, sonuçta alev yayılması da azalır (İstek ve ark., 2017: 390-391-393).

Borlu bileşikler mantar ve böceklere karşı etkinliğinin yanında yangın önleyici olarak, sıcaklık akışını engellemesi, malzemenin oksijenle birleşmesi gibi türlü etkinlikleri bulunur. Odunun biyotik ve abiyotik zararlılara karşı korunması için kullanılan çeşitli emprenye maddeleri kızılbaş odununda yanma özelliklerine etki ederek, borlu bileşiklerin kızılbaş odununda yanmayı büyük derecede azalttığı belirlenmiştir. Yine bir uygulamada çeşitli emprenye maddelerinin göknar odununun yanma özelliklerine etkisinde, borlu bileşiklerin sulu çözeltilerinin önemli düzeyde yanmayı engellediği sonucuna varılmıştır. Ağaç malzeme ham madde olarak organik olduğundan yangın için gerekli koşulların varlığında yanması olumsuz özelliğidir (Ulusoy ve Peker, 2019: 586).

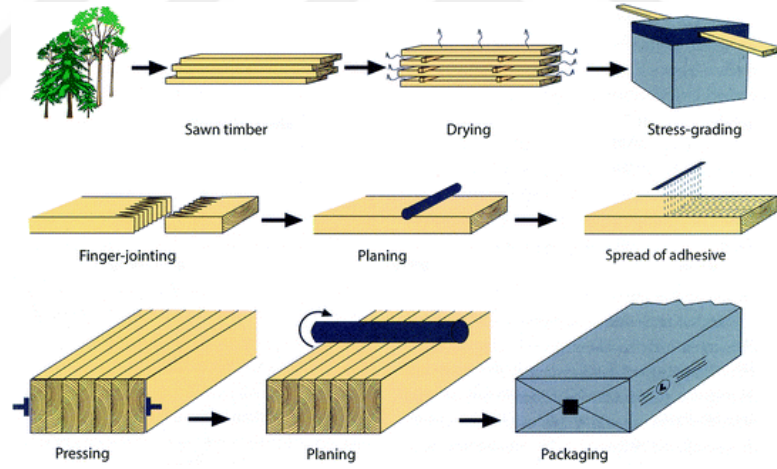
Ahşap malzemeyi dış hava koşulları; güneş ışığı, nem, sıcaklık ve UV radyasyon etkilerinden korumak için yüzeyleri boya ve verniklerle kaplanmaktadır. Böylelikle ağaç malzeme dış hava etkilerine karşı dayanım kazanır, estetik ve güzel bir görünüme sahip olur. Vernikler, sürüldükleri yüzeyde kuruyup sertleştikten sonra saydam bir tabaka oluşturan, genelde çözücü ve katı olarak iki bileşenden oluşan eriyiklerdir. Vernikleme amacı, ağaç malzeme üzerinde sert bir tabaka oluşturarak yüzeyi dış hava koşullarından korumak ve güzelleştirmektedir. Dış yüzeyi verniklenen ağaç dış hava koşullarından korunurken, verniklerin içyapısındaki çözücü madde parlayıcı ve yanıcı olduğundan verniklenen ağaç malzeme çok kolay tutuşmakta ve hızlıca yanma özelliği kazanmaktadır. Bu sebeple verniklenmiş ağaç malzemenin farklı yanmayı engelleyici veya geciktirici maddelerle korunarak yanmanın yavaşlatılması veya geciktirilmesi çok önemlidir. Ağaç malzemenin yanmasının engellenmesi ve geciktirilmesi için en yaygın olarak inorganik esaslı kimyasal maddeler kullanılmaktadır. Bunlar arasında en fazla kullanılanlar; çinko klorür, amonyum sülfat, borik asit, amonyum klorür, boraks ve fosforik asittir. Bu tuz kökenli yanmayı engelleyici kimyasal maddeler, yanma anında ağaç yüzeyinin kömürleşmesini hızlandırarak, oluşan kömür tabakası izolasyon katmanı görevi görür ve kolay tutuşabilen gazların oluşumunu engellemektedir. Verniklenen ağaç malzemenin yanıcılığı ve tutuşma hızı artmaktadır. Bu nedenle, özellikle binalarda ağaç malzemenin tutuşması ve alev yayılma hızı yavaşlatılması, yanma olayından sonra binanın çökme aşamasında süre kazanılarak can ve mal güvenliği sağlanmaktadır. Aynı zamanda borlu bileşiklerin uygulamalarının kolaylığı, dünya bor rezervlerinin %75' lik oranının ülkemizde bulunması, ağaç malzemeyi biyotik etkilere karşı koruyarak biyolojik birikim oluşturmaması gibi nedenlerle kullanım açısından pratik ve ekonomiktir (Baysal, ve ark., 2003: 646-651-652).

4.3.1.3.Kesit Kalınlaştırma Yöntemi ile Koruma

Ahşabın yangına karşı dayanımını artırmanın bir diğer metodu, ahşabı uygun kesitlerde boyutlandırmaktır. Ahşabın yüzey alanı, yangın dayanıklılığıyla ters orantılıdır. Bu nedenle, çok parçalı taşıyıcılar, az parçalı ve masif olan taşıyıcılara göre yangın karşısında daha uzun süre dayanıklı olmaktadır. Bağdadi sistemle (1-2 cm' lik ahşap çıtaların çakılmasıyla oluşan sistem), ahşabın yangın direnci artırılır (Yaman, 2007: 12).

Ahşap kesitin yanmış bölümün oranının, yanmamış bölümüne oranı belli düzeye inene kadar mukavemet sınırı değişmez. Böylelikle ahşap sistemin hemen çökmesi engellenir ve sistemin uzun süre ayakta durması sağlanır. Bu bağlamda geniş açıklıklarda spor salonu, konser gibi alanlarda çelik yerine ahşap kullanılmaktadır. Çelik genleşme katsayısının yüksek olması sebebiyle 400-450 °C de taşıma yeteneğini kaybederek deforme olur ve 10-15 dakika da çökme meydana gelmektedir. Ahşapta ise bu süre kesite bağlı olup 1-1.5 saati bulmaktadır (Bilgin, 2009: 45).

Tutkal tabakalı ahşap elemanlar, farklı ölçülerde birbirinden bağımsız ahşap tabakaların endüstri ortamında ve özel bağlayıcı tutkallarla birleştirilmesiyle yapılan ahşap yapı elemanlarıdır. Tabakalı sistem, uç uca eklenerek uzun boylar ve geniş kesitler oluşturan parçalardan veya tutkallama anında eğrisel, düz veya kavisli yapı elemanları elde etmek amacıyla bükülen parçalardan oluşmaktadır. Bu yapı elemanları kemerler, kolonlar, aşıklar, makaslar, düz ve eğri kirişler gibi farklı biçimlerde üretilebilmektedir (Bostancıoğlu ve Düzgün Birer, 2004: 42).

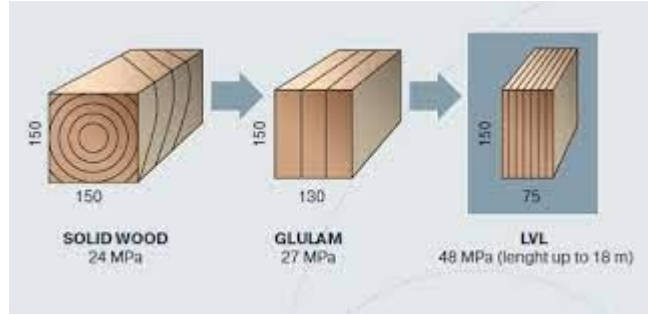


Şekil 4.54: Ahşap tutkallama uygulamaları

Kaynak: URL-60

Tutkal tabakalı ahşap için en büyük tehlikenin yangın olduğu düşünülmektedir. Ancak malzeme üretim tekniği ve kullanılan kimyasal maddeler ile alınan fiziksel tedbirler doğrultusunda yangına karşı dayanıklılık sağlanır (Sevimli, 2003: 113). Yangın dayanımları açısından incelendiğinde, tutkallı tabakalı yapı malzemeleri olan ve son yıllarda üretilen glulam ve çapraz lamine ahşap sistemlerin yangın dayanım performansları yüksektir. Tutkal tabakalı sistemler boyutsal olarak geniş ölçülerde üretildiğinden, normal ahşap yapılardan daha kalın ve geniş bir kor katmanı yangının

yapıya girmesini yavaşlatır. Aynı zamanda sistemin hafif ve kesitlerinin ince olması yapı yüklerini azaltarak depreme karşı dayanıklı olmasını sağlamaktadır (Kayakıran ve Kishali 2019: 43-44-45).



Şekil 4.55: Glulam ahşap

Kaynak: URL-61

Lamine tekniği ve kurt ağız birleşme ile istenilen büyüklüklerde ahşap elde edilebilir. Standart ahşap elemanları birleştirilerek istenilen kesit ve uzunlukta kiriş, kolon oluşturularak ağaç büyüklüğü ve niteliğinin getirdiği boyutsal sınırlamalar ortadan kaldırılmıştır. Böylelikle boyut serbestliği statik ve tasarımsal sınırlamaları yok etmiştir. Belli genişlikteki açıklıkları geçmek için yangına dayanıklılığı ve ağırlığı sebebiyle lamine ahşap kiriş sistemi tercih edilmektedir (Bilgin, 2009: 45-46).

4.4.Yığma Sistemlerin Yangın Davranışı

Yığma malzemelerden oluşan (taş, tuğla, pişmiş toprak vb.) yapıların yangın dayanımları çok yüksektir. Taşıyıcı sistem türleri açısından en yüksek yangın dayanımına sahip sistem yığma yapılardır. Ancak, dezavantaj olarak ağırlığı fazla olduğundan günümüzde yüksek katlı yapılarda kullanılması elverişli değildir.

Taş; yüksek ısı etkisinde olan taşların yangın anında dış yüzeylerinde ani hacim genişmesi oluşmaktadır. Taşın iç bölümlerine yüksek ısı, aynı anda varamaz ve bu sebeple taşın iç bölümleri dış yüzeye göre daha soğuk olmaktadır. Böylelikle taş malzemenin dayanımını aşan iç gerilmeler meydana gelmektedir. Bu evreden sonra plak ve parça halinde kopmalar gözlenmektedir. Yangın söndürülmesi anında su kullanımı, ısı ile beraber taş malzeme üzerinde olumsuz kimyasal tepkimeler

yapmaktadır. Doğal taşların kuarzlı bileşenleri hızlı genişerek 573 °C' de atmaktadır. Mika parçalar 600 C°den başlayarak kristal suyunu yitirmektedir. Kireç taşı ve bazalt, beton agregası olarak, yangın açısından en uygun özellikleri göstermektedirler. İnce taneli yapı, kalın taneli yapıya göre daha uygundur (Arpacıoğlu, 2004: 24).

Yığma yapılarda kullanılan taşların türü yangın direnimi bakımından önemlidir. Homojen volkanik taşların yangın dayanımı daha yüksektir. Yapısında CaCO₃ olan taşlar, yüksek ısı ve su etkisiyle Ca(OH)² e dönüşerek dayanımını yitirir. Yapay veya doğal taş, beton veya asbestli çimento plaklar yangına dayanıklı A sınıfı malzemedir. Beton, taş, tuğla ve betonarme (en az 10 cm kalınlıkta) malzemeler yangına dayanıklıdır. Ancak, yangında aniden ısı yükselmesi ve iç buhar basıncı tesiriyle yığma malzemelerde 5 cm' e ulaşan büyüklükte parçalar atabileceği ileri sürülmüştür (Oymael).

Mermer, granit, andezit, traverten ve benzeri doğal taşlar yapılarda sık sık kullanılmaktadır. Bu malzemeler yangın dayanımları bakımından A1 sınıfı hiç yanmaz grubunda bulunmaktadır. Yapılan deney sonuçlarına göre, doğal taşlar 400 °C' de renk değişikliklerine uğrar ve genellikle 600-1000 °C sıcaklığa kadar dayanıklılık gösterdikleri, bundaki önemli unsurun doğal taşların mineral yapılarından kaynaklandığı belirlenmiştir (Sunar, 2010: 94).

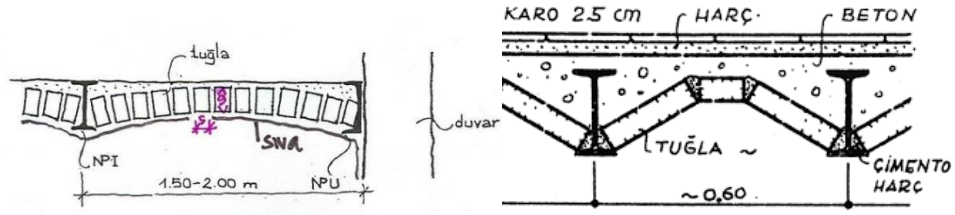
Pişmiş Toprak; Yüksek sıcaklıklarda seramik malzemeler sinterleşme ile dayanıklılık kazanmaktadır. Bu özellikleri nedeni ile binlerce yıldan beri ateş etkisindeki yerlerde kullanılmışlardır. Seramik yapı malzemelerinde yangın zararları sadece, yapısında doğan gerilemeler nedeni ile olmaktadır. Doğal taş duvarlara veya taş kaplamalara göre, tuğla duvarlarda kabuk atmaları gözlenmektedir. Tuğlalar, üretim safhasında yüksek ısılarla maruz kalırlar. Bu sebeple yangın etkisinde kalmış bir tuğla duvarda renk değişimi veya direnimsizlik beklenmesi olası değildir. Yüksek ısılarla ve yangına maruz kalmış tuğla duvarlarda özellikle bağlayıcı öge olan harçların var olup olmadığına bakılmalıdır (Arpacıoğlu, 2004: 24).

Pişmiş toprak, A1 hiç yanmaz sınıfında olup üretim evresinde ortalama 900-1000 °C' de pişirilen ve yangın direnimsizlik yüksek olan kiremit, tuğla ve seramik malzemelerdir. Tuğla yangın direnimsizlik 4 saat olup, bu sayede yangın duvarlarında kullanılmaktadır (Sunar, 2010: 94).

4.4.1.Yığma Sistemlerin Yangın Güvenlik Önlemleri

Yığma sistemlerin bütünlüğünü koruyan malzemeye göre yangın güvenlik önlemleri alınmalıdır. Örneğin; kagir yapılarda volta döşemelerde çeliğin yangından korunması için önlemler alınmaktadır. Kompozit döşemelerde ise çeliğin yangından korunması için önlemler alınmaktadır.

- Volta döşemelerin yangın önlemleri; çelik-tuğla döşeme kesitinde tuğla yüksek ısıya dayanımlı olduğundan, I çelik profili yangından korunmalıdır.



Şekil 4.56: Çelik-tuğla volta döşeme detayı

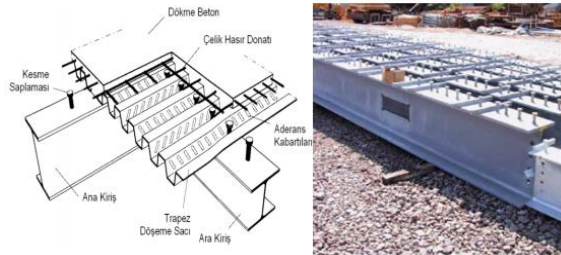
Kaynak: URL-62 / URL-63



Şekil 4.57: Volta döşeme uygulama örnekleri

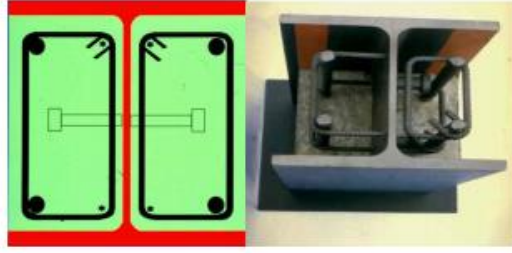
Kaynak: URL-64

- Kompozit döşemelerin yangın önlemleri; çelik -beton malzemeden oluşan kompozit döşemede çelik sac yangından korunmalıdır. Kompozit döşeme uygulaması ile hafiflik ve yangın dayanımı önemli oranda artmaktadır.



Şekil 4.58: Çelik-beton kompozit döşeme detayı

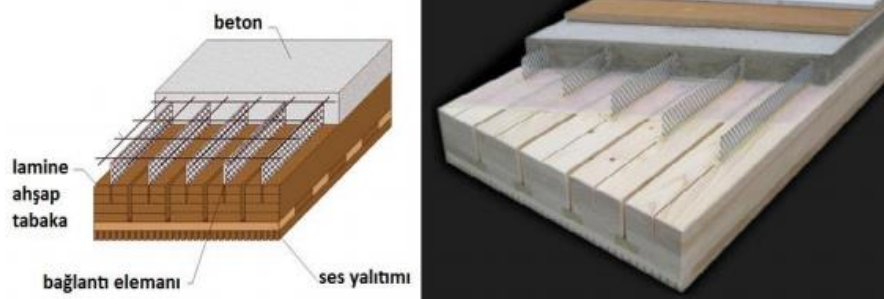
Kaynak: URL-65



Şekil 4.59: Yangın dayanımlı kompozit elemanlar

Kaynak: URL-66

- Ahşap-beton kompozit döşeme detayı; yangın açısından kompozit döşeme uygulaması yangın dayanımını artırmaktadır. Yangın direnci yüksek olan ağaç malzemenin tercih edilmesi ve empenye uygulaması kompozit döşemenin yangın dayanımını artırmaktadır.



Şekil 4.60: Ahşap-beton kompozit döşeme detayı

Kaynak: URL-67

4.5.Pnömatik Sistemlerin Yangın Davranışı

Pnömatik sistemler, konstrüksiyonu hava basıncı ile karşılayan esnek malzemeli membran sistemlerdir. Kullanılan membran malzemeler; pvc folyeler, alüminyum ya da çelik levhalar, cam elyafı dokumalar, kauçuk, poliüretan, teflon ve pvc gibi maddelerdir. Pnömatik yapının kurulması, zemine sabitlendikten sonra iç mekana hava pompalanarak gerdirilir ve basınçlı hava ile strüktür sağlanır. Havanın iç mekan kontrolü makine üniteleri ile denetlenir. Geçici mekanlarda fazla kullanılan tek tabakalı membran örtü, mekanın iç kısmına hava pompalanarak gerdirme ile şişirilir. Mekanın hava basıncı kompresörler ile ayarlanır. İç mekana hava pompalaması yapılarak basınç farkı oluşturulur ve tüketilen oksijenin temiz, yeni hava ile değişimi sağlanır. Pnömatik sistemlerde basınç farkının korunabilmesi çok önemli olduğundan giriş ve çıkış kapıları kontrollü olmalıdır. Bu sebeple kapıları içe açılan çift kapılı rüzgarlık sistemi veya döner kapılar kullanılmalıdır. Form açısından tek tabakalı pnömatik sistemler için en uygun olan, her noktadan eşit gerilime sahip küredir (Eren, 2014: 194).

Pnömatik sistemlerin yangın davranışı; kullanılan mambranın malzeme türüne ve örtü yüzeyinin cidar(katman) sayısına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Yüzeyi örtülen alan için kullanılan membran malzemenin yanma özellikleri ve dayanıklılığı büyük bir öneme sahiptir. Aynı şekilde mambran örtünün cidar(katman) sayısının artması da yangın davranışı üzerinde etkilidir. Yangın açısından, sistemin cidar sayısı ne kadar artarsa o kadar güvenli olur. Çift cidarlı(katmanlı) pnömatik sistem, tek cidarlıya göre daha güvenlidir.

4.5.1.Pnömatik Sistemlerin Yangın Güvenlik Önlemleri

Sistem konstrüksiyonu hava basıncı ile karşılanır ve iç-dış ortam arasındaki basınç farkının oluşması kurulumu açısından gerekmektedir. Bu sebeple yangın güvenlik önlemi olarak, farklı hava hücrelerinden oluşması gerekmektedir. Membran örtü yanıcı ve hemen tutuşur özellikte olmamalıdır. Yapıda aktif söndürme sistemleri kullanılmalıdır. Çift cidarlı(katmanlı) membran örtü tercih edilmelidir.

Bu tip sistemlerin kullanıldığı durumlarda sürekli gözetim sağlanmalı gelişmiş algılama ve uyarı sistemleri kullanılmalıdır. Her hangi bir yangın anında temel amaç yapı kullanıcılarını bina dışına en kısa yoldan çıkartmak ve yangın yayılmasını

önlemek olmalıdır. Pnömatik yapılarda karışık planlamadan kaçınılmalı mümkün olduğunca total mekanlı yapılarda kullanılmalıdır.



BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Taşıyıcı sistemler yüksek sıcaklık etkisinde mukavemet kaybederek deformasyonlar ve strüktür kaybı gibi zafiyet göstermektedir. Tez kapsamında farklı taşıyıcı sistemler olarak ele alınan malzemelerin yüksek sıcaklık altında olan değişiklikleri, içyapısında meydana gelen fiziksel, mekanik ve ısıl özelliklerindeki farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Güvenli yapıların yangına karşı tasarımında etkili sıcaklık 20-700°C değerindedir. Ayrıca, kullanıcıların binadan kaçışlarını sağlamak ve yapının ayakta kalabilmesi için tahliye süresinin belirli bir sınırdan tutulması gereklidir.

Yangın anında taşıyıcı malzemelerin deforme olmadan ve zarara uğramadan tahribatsız kurtarılabilmesi gerekmektedir. Yangın güvenliğinde esas olan can güvenliği ve taşıyıcı strüktür korunumudur. Malzemeler yapı ölçeğinde incelendiğinde, yanma hızı, süresi, sınıfı, yangın anı davranışı, kritik sıcaklığı ve ağırlığı açısından en avantajlı ve güvenli sistem türü önerilmiştir. Taşıyıcı sistem türlerinin yangın dayanımları ve güvenliği açısından değerlendirilmesi ile aşağıdaki tablolarda ki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Tablo 5.1' de görüldüğü gibi; Çelik strüktürlerin yangın anı davranışı belirlenerek strüktür formuna göre alınabilecek önlemler sıralanmıştır. Çelik kritik sıcaklığı aşması ile uzamaya başlar, akma ve erimeler başlayarak mukavemetini ve taşıma gücünü kaybetmektedir. A sınıfı çelik tutuşmayan bir malzeme olup yakıt işlevinde değildir. Korunmayan çelik strüktür yangın direnci 5 dakika kadar kısa bir süre olup, yapıda çökme gerçekleşmektedir. Ancak, koruma yöntemi uygulanan çelik yapının yangın süresi 90-120 dk. olabilmektedir. Bu nedenle çelik yapılarda yangın önlemleri tasarım sürecinden itibaren alınmalıdır.
- Tablo 5.2' de görüldüğü gibi; Betonarme strüktürlerin yangın anı davranışı belirlenerek dayanımı ve yangın güvenlik önlemleri sıralanmıştır. Betonda yangın anında yüksek sıcaklık etkisinde; gri, sarı, pembe gibi renk farklılıkları gözlenmektedir. Malzemede ısı arttıkça bünyesindeki suyu kaybederek, içyapısında gerilmeler, çatlaklar, dökülmeler ve parça kopmaları artmaktadır.

Demirde ise deformasyon ve paslanmalara rastlanmaktadır. A sınıfı yanmaz malzeme olan beton tutuşmayan ve yangına karşı dayanıklı bir malzemedir. Ancak, yapılar tasarım aşamasında iken pas payı (en az 4 cm) olmalıdır. Yangın yalıtımları döşeme, kiriş ve kolonlara uygulanmalıdır. Betonarme strüktür yapıları yangın sonrasında oluşan etkiye göre, çelik yapılara kıyasla daha güvenli ve ekonomiktir.

- Tablo 5.3' de görüldüğü gibi; Ahşap strüktürlerin yangın davranışı belirlenerek dayanımı ve yangın koruma önlemleri belirlenmiştir. Ahşap B sınıfı malzeme olduğundan kendiliğinden tutuşabilen bir yapı malzemesidir. Yüksek sıcaklık etkisinde yüzeyde kömür tabakası oluşmaktadır. Ahşap kolon, kiriş ve dikmeler küçülerek sistemde çökme gözlenebilmektedir. Yangın anında alev ile duman yayarak yangını belli ettiği için bazı durumlarda çelikten daha avantajlıdır. Ahşap yangın dayanımı çelik ve betondan üstündür. Ahşap iyileştirilip geniş açıklık geçme imkanı verildiği zaman diğer tüm sistemlerden daha avantajlı ve ekolojik olmaktadır. Ancak, ülkemizde ahşap kullanımına yönelik tersi bir görüş vardır. Yapılarda ahşap kullanımı ile ormanlar yok edilmekte diye tepkilere neden olmaktadır. Ancak, tam tersi olarak ahşap inşaat malzemesi olarak kullanıldığında ormanda ağaç alanları yenilenerek artmaktadır. Ahşap yapılar; emprenye (daldırma - yangın geciktirici kimyasal daldırma), boyama (sürme - püskürtme) ve kesit kalınlaştırma gibi çeşitli koruma yöntemleri ile uzun süre ayakta kalabilmektedir. Ahşap yapıların yangın dayanım süresi 60-90 dakika olacak şekilde tasarlanabilmektedir.
- Tablo 5.4' de görüldüğü gibi; Yığma ve Pnömatik strüktürlerin yangın davranışı belirlenerek dayanımı ve önlemler sırlanmıştır. Taş, tuğla ve pişmiş toprak A sınıfı yanmaz ve tutuşmaz malzeme olduklarından yangın dayanımları çok yüksektir. Taşıyıcı sistem türleri açısından en yüksek yangın dayanımına sahip sistem yığma yapılardır. Ancak, dezavantaj olarak ağırlığı fazla olduğundan günümüzde yüksek katlı yapılarda kullanılması elverişli değildir. Yığma sistemde kullanılan malzemelerinin cinsi, yangın dayanıklılığı bakımından önemlidir. Yığma sistemlerin bütünlüğünü koruyan malzemeye göre yangın güvenlik önlemleri alınmalıdır.

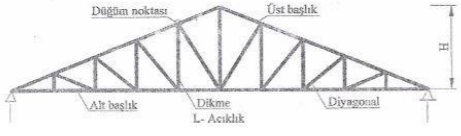
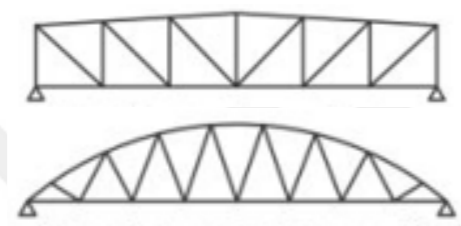
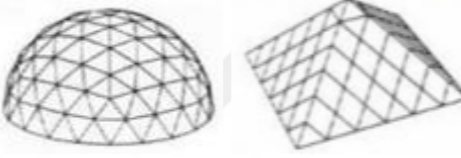
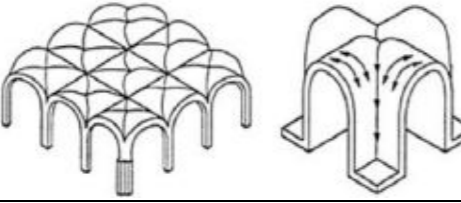
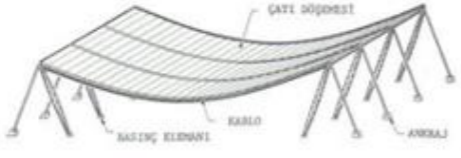
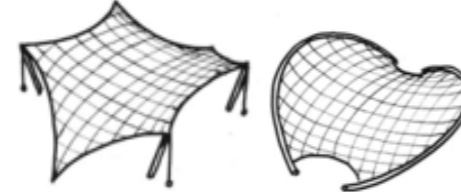
Pnömatik strüktürlerin yangın davranışı ve güvenlik önlemleri ise; A2, B ve C yangın sınıfında olan sistemlerdir. Yangın anında membran örtüde tutuşma gözlenir. Yangın güvenlik önlemi olarak, farklı hava hücrelerinden oluşmalıdır. Membran örtü yanıcı ve hemen tutuşur özellikte olmamalıdır. Yapıda aktif söndürme sistemleri kullanılmalıdır. Çift cidarlı membran örtü tercih edilmelidir. Bu tip sistemlerin kullanıldığı durumlarda sürekli gözetim sağlanmalı gelişmiş algılama ve uyarı sistemleri kullanılmalıdır. Herhangi bir yangın anında temel amaç yapı kullanıcılarını bina dışarısına en kısa yoldan çıkartmak ve yangın yayılmasını önlemek olmalıdır. Pnömatik yapılarda karışık planlamadan kaçınılmalı mümkün olduğunca total mekanlı yapılarda kullanılmalıdır.

- Karma strüktürlerin yangın davranışı, dayanımı ve önlemleri; her bir yapının kendi özellikleri belirlenerek ona göre yangın güvenlik önlemleri alınmalıdır. Ahşap-betonarme, çelik-betonarme, ahşap-çelik vb. karma malzemelerden oluşan yapılar için, her malzeme ayrı ayrı incelenerek, yangın güvenlik önlemleri alınmalı ve bütünleştirilmelidir.

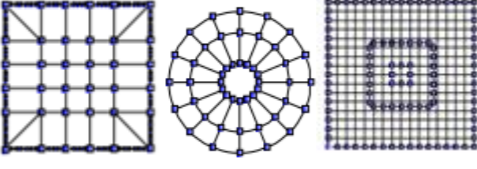

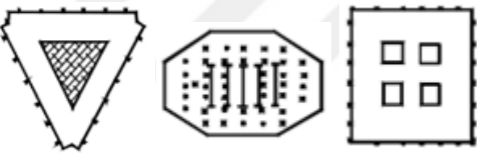
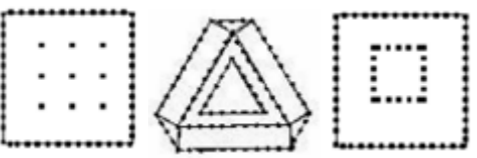
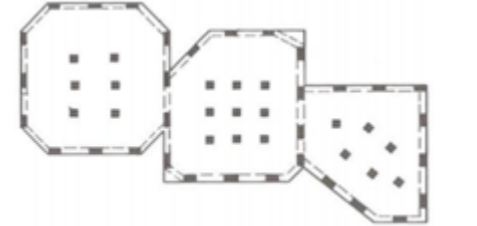
Tüm çalışma sonucunda; mimari tasarım aşamasında binaların strüktürüne ve yönetmeliklere göre yangın güvenlik önlemlerinin alınması gerekmektedir. Taşıyıcı strüktür türlerinde yangın güvenliği açısından en dayanıklı olan betonarmedir. Ancak, ülkemiz deprem bölgesi olduğundan çok kullanılması uygun değildir. Ahşap malzeme ile yüksek katlı binalar uygulanması zor ve güçtür. Yığma yapı tekniğinin getirdiği kısıtlamalar nedeniyle çok büyük binalar yapılamamaktadır. Çelik malzeme için gerekli koruma önlemleri alındığında optimum çözüme ulaşılabilmektedir. Çelik malzemedeki gerekli önlemler alındığında 180 dakikaya kadar koruma sağlanabilmektedir. Deprem tehdidi altındaki ülkemizde deprem açısından güvenli çelik yapılarda mutlaka yangın güvenlik önlemleri alınmalıdır.

Genel anlamda; taşıyıcı sistemlerin strüktür ve malzemeleri, yangın sınıfları, yangın anı davranışları belirlenerek yangın dayanımları ve aktif güvenlik önlemlerine ek olarak yapılması önerilen pasif önlemler aşağıda Tablo 5.1, Tablo 5.2, Tablo 5.3, Tablo 5.4' de sıralanmıştır.

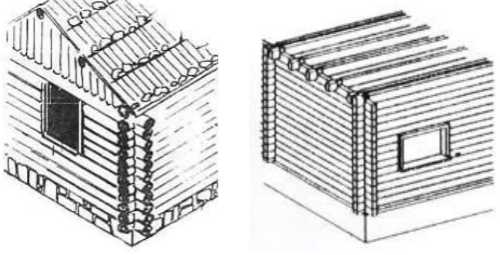
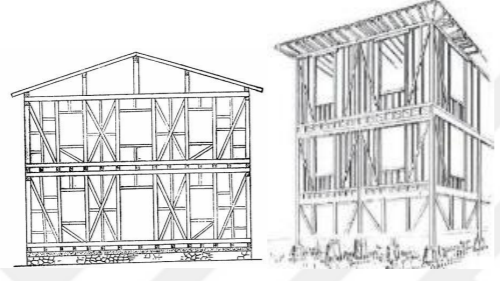
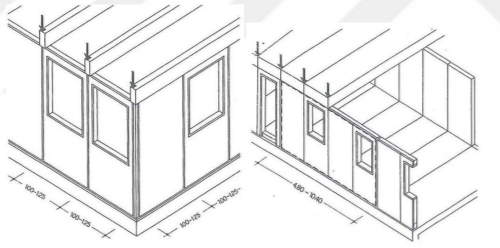
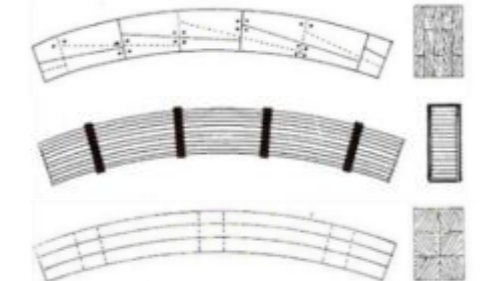
Tablo 5.1: Çelik Strüktür Formları ve Yangın Güvenlik Önlemleri

No	GÖRSEL	STRÜKTÜR FORMU ve MALZEME	YANGIN ÖNLEMİ	YANGIN SINIFI	YANGIN ANI DAVRANIŞI	YANGIN GÜVENLİK ÖNLEMİ	AKTİF SİSTEM DESTEĞİ	KRİTİK SICAKLIK	PASİF SİSTEM DESTEĞİ
1		Çelik Çubuk Sistemler	Gerekir	A1, A2	Mukavemet kaybı Deformasyon Yumuşama Akma Sünme Erime	<ul style="list-style-type: none"> Genleşen Boyalarla koruma Püskürtme Sıvalarla koruma Yangın Dayanımlı malzeme ile kaplama 	Uygulanabilir	427 °C	Uygulanabilir
2		Çelik Çerçeve Sistemler	Gerekir	A1, A2	Mukavemet kaybı Deformasyon Yumuşama Akma Sünme Erime	<ul style="list-style-type: none"> Genleşen Boyalarla koruma Püskürtme Sıvalarla koruma Yangın Dayanımlı malzeme ile kaplama 	Uygulanabilir	427 °C	Uygulanabilir
3		Çelik Uzaysal Sistemler	Gerekir	A1, A2	Mukavemet kaybı Deformasyon Yumuşama Akma Sünme Erime	<ul style="list-style-type: none"> Genleşen Boyalarla koruma Püskürtme Sıvalarla koruma Yangın Dayanımlı malzeme ile kaplama 	Uygulanabilir	427 °C	Uygulanabilir
4		Çelik Kabuk Sistemler	Gerekir	A1, A2	Mukavemet kaybı Deformasyon Yumuşama Akma Sünme Erime	<ul style="list-style-type: none"> Genleşen Boyalarla koruma Püskürtme Sıvalarla koruma Yangın Dayanımlı malzeme ile kaplama 	Uygulanabilir	427 °C	Uygulanabilir
5		Kablolu (Asma) Sistemler	Gerekir	A1, A2	Mukavemet kaybı Deformasyon Yumuşama Akma Sünme Erime	<ul style="list-style-type: none"> Genleşen Boyalarla koruma Püskürtme Sıvalarla koruma Yangın Dayanımlı malzeme ile kaplama 	Uygulanabilir	427 °C	Uygulanabilir
6		Kablolu Ağ Sistemler	Gerekir	A1, A2	Mukavemet kaybı Deformasyon Yumuşama Akma Sünme Erime	<ul style="list-style-type: none"> Genleşen Boyalarla koruma Püskürtme Sıvalarla koruma Yangın Dayanımlı malzeme ile kaplama 	Uygulanabilir	427 °C	Uygulanabilir

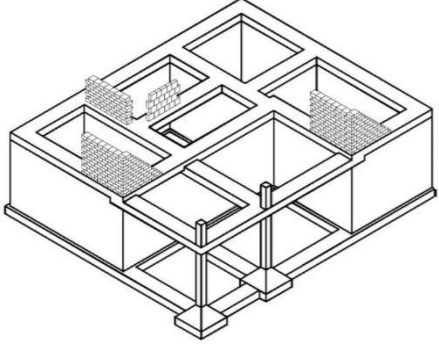
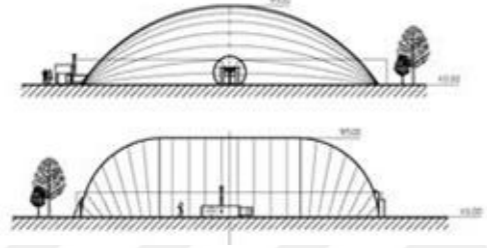
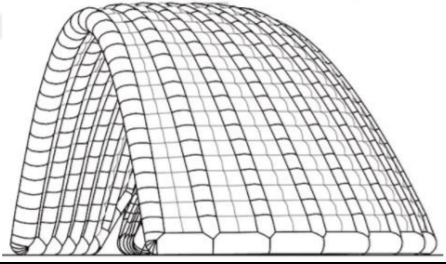
Tablo 5.2: Betonarme Strüktür Formları ve Yangın Güvenlik Önlemleri

No	GÖRSEL	STRÜKTÜR FORMU ve MALZEME	YANGIN ÖNLEMİ	YANGIN SINIFI	YANGIN ANI DAVRANIŞI	YANGIN GÜVENLİK ÖNLEMİ	AKTİF SİSTEM DESTEĞİ	KRİTİK SICAKLIK	PASİF SİSTEM DESTEĞİ
1		Betonarme Çerçeve Sistemler	Uygulanabilir	A1, A2	Demirde deformasyon Beton çatlakları, parçalanma, tozlaşma, ayrışma, dökülme	• Beton pas payı (en az 4cm) artırılması Yapı elemanlarına yangın yalıtımı uygulanması	Uygulanabilir	600°C	Uygulanabilir
2		Betonarme Perde Sistemler	Uygulanabilir	A1, A2	Demirde deformasyon Beton çatlakları, parçalanma, tozlaşma, ayrışma, dökülme	• Beton pas payı (en az 4 cm) artırılması Yapı elemanlarına yangın yalıtımı uygulanması	Uygulanabilir	600°C	Uygulanabilir
3		Betonarme Perde - Çerçeve Sistemler	Uygulanabilir	A1, A2	Demirde deformasyon Beton çatlakları, parçalanma, tozlaşma, ayrışma, dökülme	• Beton pas payı (en az 4 cm) artırılması Yapı elemanlarına yangın yalıtımı uygulanması	Uygulanabilir	600°C	Uygulanabilir
4		Betonarme Dış - İç Tüp Sistemler	Uygulanabilir	A1, A2	Demirde deformasyon Beton çatlakları, parçalanma, tozlaşma, ayrışma, dökülme	• Beton pas payı (en az 4 cm) artırılması Yapı elemanlarına yangın yalıtımı uygulanması	Uygulanabilir	600°C	Uygulanabilir
5		Betonarme Demet Sistemler	Uygulanabilir	A1, A2	Demirde deformasyon Beton çatlakları, parçalanma, tozlaşma, ayrışma, dökülme	• Beton pas payı (en az 4 cm) artırılması Yapı elemanlarına yangın yalıtımı uygulanması	Uygulanabilir	600°C	Uygulanabilir

Tablo 5.3: Ahşap Strüktür Formları ve Yangın Güvenlik Önlemleri

No	GÖRSEL	STRÜKTÜR FORMU ve MALZEME	YANGIN ÖNLEMİ	YANGIN SINIFI	YANGIN ANI DAVRANIŞI	YANGIN GÜVENLİK ÖNLEMİ	AKTİF SİSTEM DESTEĞİ	KRİTİK SICAKLIK	PASİF SİSTEM DESTEĞİ
1		Ahşap Kütük Sistemler	Gerekir	B, C	Ahşap ayrışması ve kömür tabakası oluşumu Ahşap kiriş, kolon küçülerek sistemde çökme	<ul style="list-style-type: none">• Emprenye Yöntemi ile Koruma• Boyama(Sürme) Yöntemi ile Koruma	Uygulanabilir	90 °C üzeri	Uygulanabilir
2		Ahşap Karkas Sistemler	Gerekir	B, C	Ahşap ayrışması ve kömür tabakası oluşumu Ahşap kiriş, kolon küçülerek sistemde çökme	<ul style="list-style-type: none">• Emprenye Yöntemi ile Koruma• Boyama(Sürme) Yöntemi ile Koruma• Kesit Kalınlaştırma Yöntemi Koruma	Uygulanabilir	90 °C üzeri	Uygulanabilir
3		Ahşap Panel Sistemler	Gerekir	B, C	Ahşap ayrışması ve kömür tabakası oluşumu Ahşap kiriş, kolon küçülerek sistemde çökme	<ul style="list-style-type: none">• Emprenye Yöntemi ile Koruma• Boyama(Sürme) Yöntemi ile Koruma• Kesit Kalınlaştırma Yöntemi Koruma	Uygulanabilir	90 °C üzeri	Uygulanabilir
4		Ahşap Lamine (Tutkal Tabakalı) Sistemler	Gerekir	B, C	Ahşap ayrışması ve kömür tabakası oluşumu Ahşap kiriş, kolon küçülerek sistemde çökme	<ul style="list-style-type: none">• Emprenye Yöntemi ile Koruma• Boyama(Sürme) Yöntemi ile Koruma• Kesit Kalınlaştırma Yöntemi Koruma	Uygulanabilir	90 °C üzeri	Uygulanabilir

Tablo 5.4: Yığma – Pnömatik Strüktür Formaları ve Yangın Güvenlik Önlemleri

No	GÖRSEL	STRÜKTÜR FORMU ve MALZEME	YANGIN ÖNLEMİ	YANGIN SINIFI	YANGIN ANI DAVRANIŞI	YANGIN GÜVENLİK ÖNLEMİ	AKTİF SİSTEM DESTEĞİ	KRİTİK SICAKLIK	PASİF SİSTEM DESTEĞİ
1		Yığma Sistemler	Uygulanabilir	A1, A2, B, C	Malzeme Türüne Göre Değişken	Malzeme Türüne Göre Değişken	Uygulanabilir	–	Uygulanabilir
2		Tek Tabakalı Pnömatik Sistemler	Gerekir	A2, B, C	Ani deformasyon ve sönmeye bağlı çöküş	<ul style="list-style-type: none">• Yangına dayanıklı membran örtü kullanımı• Cidar sayısı artırılabilir.• Aktif söndürme sistemleri kullanımı	Uygulanabilir	Malzeme Türüne Göre Değişken	Uygulanabilir
3		Çift Tabakalı Pnömatik Sistemler	Gerekir	A2, B, C	Ani deformasyon ve sönmeye bağlı çöküş	<ul style="list-style-type: none">• Yangına dayanıklı membran örtü kullanımı• Aktif söndürme sistemleri kullanımı	Uygulanabilir	Malzeme Türüne Göre Değişken	Uygulanabilir

KAYNAKÇA

- Akincıtürk, N. ve İpekçi, A.C. (2006). Çelik Taşıyıcı Sistemlerde Yangın Yalıtımı ve Alçının Kullanımı. *Teknik Makale Dergisi*, 62: 1-12.
- Akkılıç, H., Kaymakçı, A. ve Ünsal, Ö. (2014). Isıl İşlem Uygulanmış Ahşap Malzemenin Dış Cephe Kaplaması Olarak Değerlendirilme Potansiyeli. 7. *Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu 3– 4 Nisan*, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Aksel, H. (2014). *Çelik Yapı Bileşenlerinin Yaşam Döngüsü İçinde Yeniden Kullanım ve Geri Dönüşüm Olanaklarının Değerlendirilmesi*. Mimar Sinan Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Aktaş, G. (2011). Alternatif Söndürme Sistemleri ile Algılama Sistemlerinin Doğru İlişkilendirilmesi. *Tüyak Yangın ve Güvenlik Sempozyumu ve Sergisi 13-14 Ekim*, s.155-162. İstanbul.
- Aras, F. (2013). Tarihi Yığma Binalara Uygulanan Yapısal Restorasyonların Bina Dinamik Özelliklerine Etkileri. 2. *Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı 25-27 Eylül*, MKÜ – Hatay s.1-12.
- Arkadalkmaz, K.F. (2011). Pasif Yangın Durdurucu Sistemler ile Bina İçi Yangın Zonlarının Oluşturulması. *Tüyak Yangın ve Güvenlik Sempozyumu ve Sergisi 13-14 Ekim*, s.141-148. İstanbul.
- Arpacıoğlu, Ü.T. (2004). *Yangın Olgusu Ve Yüksek Yapılarda Yangın Güvenliği*. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Arpacıoğlu, Ü.T. (2004). Yüksek Yapı Taşıyıcı Sistemlerinde Yangın Etkisine Karşı Korumada Sistem Kuruluşu ve Malzeme Kullanımı. 2. *Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi*, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Yapı Fiziği ve Malzeme Bilim Dalı, İstanbul.
- Arun G. (2005), Yığma Kagir Yapı Davranışı, *YDGA 2005 - Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı 17 Şubat*. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, s.76-89. Ankara.

- Aslan, E.M. (2011). *Ahşap (Kargir) Yapılarda Alternatif Yangın Güvenliği Tesisatı Tasarımı Ve Proje Uygulaması*. Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Karabük.
- Atay, İ. (1986). Yangın Tehlikesini Azaltmada Silvikültürel Tedbirler, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri: B 36(4): 67-84.
- Aydın, C.N. (1998). *Yangının Çelik Taşıyıcı Sistemler Üzerine Etkisi Ve Bir Uygulama Örneği*. İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Ballı E.N. (2010). *Toplu Konut Projelerinde Yangına Karşı Alınacak Önlemler ve Malzeme Önerileri*, Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Baş, R. (1965). Türkiye'de Orman Yangınları Problemi ve Bazı Klimatik Faktörlerin Yangınlara Etkileri Üzerine Araştırmalar. *İ. Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, A, 15 (2)
- Başdemir, H. ve Demirel, F. (2010). Binalarda Pasif Yangın Güvenlik Önlemleri Bağlamında Bir Literatür Araştırması. *Politeknik Dergisi*, 13(2):101-109.
- Batur, A. (2004). *Gelişmiş Ahşap Yapım Sistemleri ve Türkiye Koşulları Yönünden Değerlendirilmesi*. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Gebze
- Baysal, E., Peker, H., Çolak, M. ve Tarımer, İ. (2003). Verniklenmiş Ağaç Malzemenin Yanma Özellikleri ve Borlu Bileşiklerle Ön Emprenye İşleminin Yanmayı Geciktirici Etkisi. *F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15(4): 645-653.
- Baytemür, Ö. (2019). *Hastanelerde Yangın Güvenlik Önlemlerine İlişkin Performans Kriterlerinin Oluşturulması Ve Bir Örneklem*. Gazi Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- BBRI, (2002). *Ventilated Double Facades*, Department of Building Physics. Indoor Climate & Building Service. *Belgian Building Research Institute*, Belgium. (Şekil 3 Bina yüksekliğindeki cephelerde yangın yayılımı)
- Bekem, İ., Gültekin, A.B. ve Dikmen Ç.B. (2015). Yapılarda Sürdürülebilirlik Ölçütleri Kapsamında Yangın Olaylarının İncelenmesi. ISBS 28-30 Mayıs 2015, 2nd *International Sustainable Buildings Symposium*, Ankara.

- Beyhan, F. (1999). Yapılarda Yangın Riskini Sınırlamaya Yönelik Önlemler ve Duman Kontrolünün Sağlanması. *IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi*, İzmir: TMMOB Makine Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, s.723-734.
- Beyhan, F. (2016). Çelik Yapılarda Yapısal Yangın Etkileri ve Pasif Koruma. *Çelik Yapılar Dergisi - Türk Yapısal Çelik Derneği Yayını*, 46: 42-45.
- Beyhan, F. (2015). Mimari Bir Bağlam Olarak Binalarda Çeliğin Yangından Korunumu. *Türk Yapısal Çelik Derneği Yayınları / Etüt ve Makaleleri*, s:1-15.
- Bilgin, H. (2009). *Ahşap Yapıların Tarihsel Süreç İçindeki Gelişimi ve Günümüzde Ahşap Yapı Kullanımı*. Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Bilici, S. (2006). *Ahşap Konut Üretim Sistemleri; Almanya Örneği*. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Bingöl, A.F. ve Gül, R. (2009). Donatı-Beton Aderansı, Yüksek Sıcaklıkların Beton Dayanımına ve Aderansa Etkileri Konusunda Bir Derleme. *Atatürk Üniversitesi Türk Bilim Araştırma Vakfı Bilim Dergisi*, 2: 212-224.
- Bostancıoğlu E. ve Düzgün Birer E. (2004). Ekoloji ve Ahşap Türkiye' de Ahşap Malzemenin Geleceği. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 2: 37-44.
- Buchanan, A. H. (2001). *Structural Design for Fire Safety*. John Wiley and Sons Ltd., Chichester, England.
- Buzkan C. (2016). *Yüksek Katlı Çelik Ve Betonarme Taşıyıcı Sistemli Yapıların Yangın Davranışları Üzerine Bir Araştırma*. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- BYKHY. (2009). Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik.
- BYKHY. (2015). Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik.
- Çalışkan, Ö., Meriç, E. ve Yüncüler, M. (2019). Ahşap ve Ahşap Yapıların Dünyü, Bugünü ve Yarını. *Bilecik Şeyh Edebalı Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 1: 109-118.

- Çavdar, E. (2009). *Geleneksel Dursunbey Evlerinin Malzeme ve Taşıyıcı Sistemlerinin İncelenmesi*. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Afyonkarahisar.
- Çırak, İ.F. (2011). Yığma Yapılarda Oluşan Hasarlar, Nedenleri ve Öneriler. *SDU International Technologic Science, Constructional Technology*, 3(2): 55-60.
- Çobanoğlu, E. (2003). *Çelik İskelet Strüktürlerde Yangın Korunumu*. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Çöğürçü, M.T. (2007). *Yığma Yapıların Yatay Derz Güçlendirme Yöntemiyle Güçlendirilmesi*. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Konya.
- Demir, A. ve Aydın, İ. (2016). Yangın Geciktirici Kimyasal Maddeler ile Emprenye İşleminin Odun ve Esaslı Malzemelerin Teknolojik Özellikleri Üzerine Etkileri. *Ormanlık Dergisi*, 12(1): 96-104.
- Demir, A. (2014). *Yangın Geciktirici Emprenye Maddelerinin Çeşitli Ağaç Türlerinden Üretilen Kontrplakların Isıl İletkenliğine Etkileri*. K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Demirel, F. ve Özkan E. (2003). Çelik Yapı Bileşenleri ve Yangın Güvenlik Önlemleri. *Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 18(4): 89-107.
- Doğan, M., Ünlüoğlu, E., ve Gönen, H. (2007). Eskişehir de Kar Yükünden Hasar Gören Uzak Kafes Sistemler. *2.Çelik Yapılar Sempozyumu*, Cilt:174, s.174-189.
- Doruk, Ş., Altınok, M. & Perçin, O. (2010). Isıl İşlemin Ağaç Malzemenin Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14(3): 262-270.
- Doruk, Ş. ve Perçin, O. (2010). Isıl İşlemin Bazı Ağaç Malzemelerin Eğilme ve Basınç Direncine Etkileri. *Politeknik Dergisi*, 13(2):143-150.
- Egan, M. D. (1978). “*Concepts in Building Firesafety*”. Jhon Wiley&Sons, Inc., New York, USA, 2-10, 38-50, 180-203.

- Eren, Ö. ve Güzelçoban Mayuk, S. (2013). Çelik Yapıların Yangına Karşı Korunma Yöntemlerinin Değerlendirilmesi, E-Journal of New World Sciences Academy, NWSA-Engineering Sciences, ISSN: 1306-3111\1308-7231.
- Eren, Ö. (2007). *Çelik Yapılar*. İstanbul: Arı Sanat Yayınları.
- Eren, Ö. (2014). *Büyük Açıklıklı Çelik Yapılar*. İstanbul: Arı Sanat Yayınevi.
- Ergönül, S., Özgünler, M., Arpacıoğlu, Ü. (2014). Yapılarda Enerji Verimliliği Araştırma-Geliştirme. Bilgi Paylaşım Sis-teminin Oluşturulması: Sürdürülebilir Enerji Etkin Binalar Sustainable Energy Efficient Buildings, (SEEB-Tr) Sertifika Sistemi, Bil 74, İSKA destekli proje final raporu.
- Ergün, A., Kürklü G. ve Başpınar, M.S. (2009). Yüksek Sıcaklık Sonrası Farklı Sınıflardaki Betonarme Çeliklerinin Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi. *AKÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 97-103.
- Eriç, M. (1994). *Yapı Fiziği ve Malzemesi*. İstanbul: Literatür Yayıncılık.
- Eriç, M. (2002). *Yapı Fiziği ve Malzeme*. İstanbul: Literatür Yayınları.
- Ersoy, U. ve Özcebe G.(2016). *Betonarme*. İstanbul: Evrim Yayınevi.
- Güler, A. (2011). *Kompozit Esaslı Hiperbolik ve Parabolik Yapıların Konstrüktif Çözümleme Sistemlerinin Araştırılması ve Yapı Sanayine Getireceği Avantajlar*. Haliç Üniversitesi Mimarlık Programı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Güler, S.B. (2011), *Ahşabın Yaşam Döngüsü Çerçevesinde Koruma ve Onarım Metotlarının Analizi*, İ.T.Ü. Mimarlık, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Hasol, D. (1993). Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü, Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, İstanbul.
- Hasol, D. (2012). Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü, Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, İstanbul, s.118.
- Hegger, M., Drexler, H. ve Zeumer, M. (2016). *Yapı Malzemeleri*, Yapı Endüstri Merkezi Yayınevi, İstanbul.
- İbibikcan, E. (2011). Yangın Geciktirici İntumesan Boya Gelişimi. *Tüyak Yangın ve Güvenlik Sempozyumu ve Sergisi 13-14 Ekim*, s.107-113. İstanbul.

- İbik, İ. (2011). Yapı Elemanlarının Yangın Dayanımı Ve Mevzuat Gereksinimleri. *Tüyük Yangın ve Güvenlik Sempozyumu ve Sergisi 13-14 Ekim*, s.189-194. İstanbul.
- İğın, M. (2016). *Farklı Taşıyıcı Sistem Konfigurasyonlarının Çelik Yapı Boyutlandırmasına Etkisi*. Gebze Teknik Üniversitesi Deprem ve Yapı Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, Gebze.
- İplikçi, E. (2006). *Binalarda Yangın Güvenlik Önlemlerinin Analizi Ve Yangın Güvenlikli Bina Tasarımına İlişkin Performans Kriterlerinin Ortaya Konulması*. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- İstek, A., Özlüsoylu, İ., Çelik S. ve Gönül Ş. (2017). Ahşap Esaslı Levha Sektöründe Kullanılan Yanma Geciktiriciler. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 6(3): 389-399.
- Kara, H.G. (2009). *Tarihi Yiğma Yapıların Taşıyıcı Sistemleri, Güvenliğinin İncelenmesi, Onarımı ve Güçlendirilmesi*. İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Karagüler, M.E. (2014). Mimari Beton Uygulamaları. *Hazır Beton Article Makale*, s.73. İstanbul.
- Kartal, S.N. (2016). “Tarihi Ahşap Yapılarda Biyotik/Abiyotik Bozunmalar ve Koruma/Bakım Önlemleri”. *Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi*, 16: 51-58.
- Kaya, O. (2019). Yüksek Binalarda Yangın ve Yangın Güvenlik Önlemlerinin Modellenerek İncelenmesi. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Kaya, T. ve Yazıcıoğlu, S. (2015). Farklı Tip Sıvalarla Kaplı Betonun Mekanik Özelliklerine Yüksek Sıcaklık Etkisi. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2: 43.
- Kayakıran, S. ve Kışalı, E. (2019). Dünden Bugüne Tutkallı Ahşap Yapı Elemanların İncelenmesi ve Yapılarda Taşıyıcı Olarak Kullanılması Üzerine Öneriler. *Kocaeli Üniversitesi Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi Araştırma Makalesi*, 4: 34-50.

- Kılıç, A. ve Balık, G. (2011). Çelik Yapı Elemanlarının Yangın Dayanım Sürelerinin Hesaplanması. *Tüyak Yangın ve Güvenlik Sempozyumu ve Sergisi 13-14 Ekim*, s.13-20. İstanbul.
- Kızılkant, A.B. ve Yüzer N. (2008). Yüksek Sıcaklık Etkisindeki Harcın Basınç Dayanımı- Renk Değişimi İlişkisi. *İnşaat Mühendisleri Odası Teknik Dergisi*, 289: 4382-4391.
- Kocataşkın, F. (1966). *Yapı Malzemesi Olarak Ahşap*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversite Matbaası.
- Koç, V. (2016). Depreme Maruz Kalmış Yığma ve Kırsal Yapı Davranışlarının İncelenerek Yığma Yapı Yapımında Dikkat Edilmesi Gereken Kuralların Derlenmesi. *Çanakkale On sekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(1): 36-57.
- Koç, Y., Gültekin, A. B., Durmuş, G. ve Dikmen, Ç. B. (2009). Yüksek Yapı Tasarımının Malzeme Ve Taşıyıcı Sistem Kapsamında İncelenmesi. 5. *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu 13-15 Mayıs 2009*, Karabük.
- Kol, H.S., Özçifçi, A., Altun, S. (2008). Üre Formaldehit Ve Fenol Formaldehit Tutkalı ile Üretilen Lamine Ağaç malzemelerin Isı İletkenliği Katsayısı Üzerine Emprenye Maddelerinin Etkileri. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 8(2):125-130.
- Köse, B. (2019). *Kablolu Sistemlerin Fayda/Maliyet Yönünden Türkiye' de Uygulanabilirliği: Ordu Baraj Gölü Viyadüğü ve Nissibi Köprüsü Örneği*. On dokuz Mayıs Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Samsun.
- Kurt, Ş., Uysal, B. ve Özcan, C. (2009). Thermal conductivity of oriental beech impregnated with fire retardant. *Journal of Coatings Technology and Research*, 6(4): 523- 530.
- Küçükosmanoğlu, A. (1987). Türkiye Ormanlarında Çıkan Yangınların Sınıflandırılması ile Büyük Yangınların Çıkma ve Gelişme Nedenleri. Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, Yayın No: 662, Seri No: 28.
- Küçükosmanoğlu, A. (1990). Kızılcım-Orman Yangınları İlişkisi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri:B, 40(4): 67-84.

- Mermer, O. (2008). *Hafif Çelik Konutlarda Yangın Güvenliği*. Selçuk Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Ohanesyan, D.S. (2012). *Ahşap Platform Çerçeve Yapıların Yatay Kuvvetler Karşısındaki Davranışları ve Alınması Gerekli Önlemler*. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Orhan, İ. (2010). *Çelik Binalara İlişkin 1998 ve 2007 Deprem Yönetmelikleri Hükümlerinin Karşılaştırılması*. Y.T.Ü. İnşaat Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Oymael, S. Su-Rutubet Ve Yangın Etkilerinin Dayanım, Malzeme Seçimi Ve Bina Tasarımı İle İlişkisi. Mustafa Kemal Üniversitesi İnşaat Müh. Böl. Antakya/Hatay.
- Öğüt, M.R. (2006). *Az Katlı Yapılarda Taşıyıcı Sistem Olarak Çelik Malzemenin Kullanımı*, Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Öven, A. ve Y. Parlak, İ. (2003). Korumasız Çeliğin Yüksek Sıcaklıklarda Performansı. TMH – Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı:427, s.79-86.
- Özbudak, M. (2006). *Geleneksel Yiğma Yapıların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi Beş Konak Örneği*. İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Özgünler, M. ve Yılmaz Z. (2006). Yangın Kaçış Yollarındaki Duman Perdelerinin Duman Hareketine Etkisi. İTÜ Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, *İTÜ Dergisi*, 5(1): 79-88. İstanbul.
- Özgünler, M. (2018). Tarihi Binalarda Yangına Karşı Korunma ve Mevzuatın İrdelenmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(1): 14-21.
- Özgünler, M. (1994). *Pasif Yangın Güvenlik Önlemlerinde Etkili Olan Tasarım Değişkenleri Ve İlgili Mevzuatın İrdelenmesi*. İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Özgünler, M. (2005). *Yangın Kaçış Yollarında Kullanılan Duman Perdelerinin Duman Hareketine Etkisinin Belirlenmesi İçin Bir Yöntem Önerisi*. İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.

- Özkan, E. (2002). *Çelik Yapı Bileşenlerinde Alınması Gereken Yangın Güvenlik Önlemleri ve Bir Uygulama Örneği*. Gazi Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Öztaş, V. (2009). *Yığma Yapıların Güçlendirilmesi ve Bir Yığma Yapı Örneğinde Güçlendirme Analizi*. İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Özüm, E. (2008). *Standart Yangına Maruz Farklı Kesitlerdeki Ahşap Kolonların Yangın Dayanımının Deneysel ve Teorik-Nümerik Saptanması*. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ.
- Peker, H. ve Atılgan, A. (2015). Doğal Bir Enerji Kaynağı Odun: Yanma Özelliği ve Koruma Yöntemleri. *AKÜ Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15(2): 1-12.
- Pelit, H., Korkmaz, M., ve Budakçı, M. (2017). Farklı Ahşap Malzemelerin Bazı Fiziksel Özelliklerine Su İtici Maddelerin Etkileri. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 3: 1027-1036.
- Perker, Z.S. ve AkıncıTürk N. (2006). Cumalıkızık' da Ahşap Yapı Elemanları Bozulmaları. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 2: 43-51.
- Polat, G. (2004). *Betonarme Yüksek Yapılarda Kullanılabilecek Taşıyıcı Sistemler ve Perde Çerçevesi Bir Sistemin Statik ve Dinamik Hesabı*. İTÜ İnşaat Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Purser, D. A. (1992). *Toxicity assessment of combustion product*. The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Society of Fire Protection Engineers, NFPA, Quincy, USA.
- Sağiroğlu, T.M. ve Bayar, E. (2011). Endüstriyel Tesislerde Yangın Algılama Sistemi. *Tüyük Yangın ve Güvenlik Sempozyumu ve Sergisi 13-14 Ekim*, s.215-223. İstanbul.
- Savaşır, K. ve Tuğrul, F. (2014). Uzay Kafes Sistemlerle Yaratılabilecek Üst Örtülerin Yüzey Geometrilerinin İncelenmesi: Haydar Aliyev Merkezi Örneği. *Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu*, İstanbul, s.2-7.

- Saydamer, A. (2014). *Türkiye' deki Geleneksel Ahşap Yapılarda Kullanılan Taşıyıcı Sistemlerin İrdelenmesi ve Bursa Örneği*. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bursa.
- Scheer, L. (1950). (M. Sağışman, Çev.) “Çelik Nedir?”. İstanbul: Kutulmuş Basımevi.
- Sevimli, S. (2003). *Mimari Tasarımda Geleneksel ve Gelişmiş Ahşap Strüktür Elemanların Rolü*. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Sezen, İ. & Turan, M. (2020). Yangın Risk Yönetimine Yönelik Yeni Yaklaşımlara Genel Bir Bakış. *TÜYAK Yangın Mühendisliği Dergisi*, 15: 30-32.
- Sözen, E., Aydemir, D. ve Gündüz, G., (2018). The Determination of Thermal (TGA) Properties of Some Wood Species of Impregnated with Stone Water (Firetex). 6th ASM International Congress of Agriculture and Environment, pp.43-51.
- Sunar, P. (2010). *Otellerde Yangın Güvenlik Önlemleri Ve Tasarıma Etkilerinin Mekansal Kontrol Listeleri Üzerinden Analizi*. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Sümer, G. (2009). *Betonarme Elemanlarda Donatı Düzenleme İlkeleri*. İTÜ İnşaat Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Şahin, A. Ünal H.B. (2005). *Yapı Malzeme Bilgisi Ders Notları*. Ege Üniversitesi, İzmir.
- Şimşir, A. (2011). *Fire In Historical Wooden Buildings*. Yeditepe University, Mimarlık Fakültesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Taş, N. (2013). *Betonarme Binaların Tasarımına İlişkin Temel İlkeler ve Betonarme Bir Konutun Yürürlükte Bulunan Yönetmeliklere Göre Tasarımı*, KTÜ İnşaat Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Tataroğlu, F.(2011). Çatılarda Yanıcı Malzeme Kullanmak, Yangına Davetiye Çıkarmaktır, Tüyak Yangın ve Güvenlik Sempozyumu ve Sergisi 13-14 Ekim, s.115-126. İstanbul.
- Turgay, T. ve Erkuş Buyruk, P. (2017). Geleneksel Taraklı Evleri ve Yapılarda Bozulma Nedenleri. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 6(2): 35-46.
- Türkçü, H.Ç. (2017). *Çağdaş Taşıyıcı Sistemler*. İstanbul: Birsen Yayınevi.

- Ulusoy, H. ve Peker, H. (2019). Yanma Ve Ağaç Malzeme Üzerine Etkisi. 3rd International Symposium on Innovative Approaches in Scientific Studies. Engineering and Natural Sciences, April 19-21, Ankara, Cilt:4, S:1, s.585-587.
- Uysal, A. (2004). *Yüksek Sıcaklığın Beton Üzerindeki Etkileri*, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Uysal, D. (2014). *Geçmişten Günümüze Çok Katlı Çelik Yapı Taşıyıcı Sistemlerindeki Gelişmelerin Uygulama Örnekleriyle Analizi*. Mimar Sinan Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Uzbaş B. (2010). Endüstriyel Çelik Yapılarda Fireproof Uygulamaları. *Selçuk Üniversitesi Müh.-Mim. Fak. Dergisi*, 25: 4.
- Ünver, H. (2003). *Çelik Yapı Detaylarının Taşıyıcı Sistem Açısından İrdelenmesi*. İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Yalınkılıç, K.M., Demirci, Z. ve Baysal, E. (1998). Çeşitli Emprenye Maddelerinin Douglas Odununun Yanma Özellikleri Üzerine Etkileri. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 4(1-2): 613-624.
- Yaman, Z.F. (2007). *Geleneksel Ahşap Yapılarda Kullanılan Ahşap Yapı Elemanlarının Uzun-Dönem Performansı-Giresun Zeytinlik Mahallesinde Örnek Yapı İncelemesi*. İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Yıldırım, M.G. (2003), *Taşıyıcı Sistem Sistemine Yönelik Çok Ölçütlü Bir Yaklaşım*. İ.T.Ü İnşaat Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Yılmaz Karaman, Ö. ve Tanaç Zeren, M. (2010). Geleneksel Türk Konutunda Kullanılan ve Kâgir Sistemi Destekleyen Ahşap Yapısal Elemanların Önemi ve Bozulma Nedenleri. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(2): 75-87.
- Yılmaz, T. (2006). *Betonarme Yapılarda Taşıyıcı Sistem ve Donatı Düzenleme İlkeleri*. İTÜ İnşaat Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Yücel, G. (2018). Ahşap ve Mimarlık Eğitimi: İstanbul Örneği. *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi Araştırma Makalesi*, 2: 62-77.

Zaimoğlu, M. (2009). *elik Taşıyıcı Konutlarda Yapı Elemanı Tercihlerinin rnekler üzerinde İrdelenmesi*. İ.T.. Mimarlık Fakültesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

URL-1: <https://www.denizdekiler.com/index.php/tr/gemide-yasam/306-bilgi-tazeleme/150-yanigin1.html?showall=1>

URL-2: <http://www.ibb.gov.tr>

URL-3:

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:\(399\)_7007_Pfarrkirche_St._Paulus,_Maximilian-Kolbe-Stra%C3%9Fe_4_\(Neuss-Weckhoven\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:(399)_7007_Pfarrkirche_St._Paulus,_Maximilian-Kolbe-Stra%C3%9Fe_4_(Neuss-Weckhoven).jpg)

URL-4: <https://axalscorp.info/?p=774>

URL-5: <https://www.slideshare.net/ErdalCoskun/geleneksel-tayc-sistemler-sistemler>

URL-6: https://en.wikipedia.org/wiki/Athens_Olympic_Velodrome

URL7 : http://www.httf.com.tr/proje_detay.asp?httf=84

URL8: <https://www.turna.com/blog/amerikanin-en-cok-ilgi-ceken-noktalari>

URL9: <https://www.haberturk.com/osmangazi-koprusu-nde-kur-hazirligi-2484391-ekonomi>

URL-10: https://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/17727_10_50.pdf

URL-11: <https://www.arkitektuel.com/munih-olimpiyat-stadyumu/>

URL-12: https://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/17727_10_50.pdf

URL-13: <https://vehicle.bikesoup.cc/>

URL-14: https://arac.kastamonu.edu.tr/images/2018/bolumler/ormancilik-ve-orman-urunleri/Duyurular/ORU110_odun_anatomisi_ders_notu.pdf

URL-15: <https://naturalural.files.wordpress.com/2012/05/agac-kesit-21.jpg>

URL-16:

<https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/cemil.ozdemir/126220/Ah%C5%9Fap%20Malzeme%20Teknolojisi%202.%20hafta.pdf>

URL-17:<https://ap37.ru/tr/diseases-and-pests/how-to-get-rid-of-woodworm-in-an-apartment-building-how-to-save-a-house-from-a-buggrinder.html>

URL-18: <https://docplayer.biz.tr/18688799-Tasiyici-sistem-tasarimi-i-dersi.html>

URL-19: <https://docplayer.biz.tr/18688799-Tasiyici-sistem-tasarimi-i-dersi.html>

URL-20: <https://www.yeniakit.com.tr/haber/kisin-ahsap-ev-sicakligi-531219.html>

URL 21: <https://agacplatformu.com/neden-ahsap-ev/>

URL-22: https://www.researchgate.net/figure/Himis-construction-system-URL1_fig4_328419188

URL-23: <https://docplayer.biz.tr/18688799-Tasiyici-sistem-tasarimi-i-dersi.html>

URL-24: http://www.ofhayrat.com/news_detail.php?id=4609

URL-25: <https://tr.decorexpro.com/karkasnyj-dom/kanadskaya-tehnologiya/>

URL 26: <http://landshaftportal.ru/doma-iz-sip-panelej/>

URL-27: <https://archeetector.com/ahsap-yapi-malzemesi-mimaride-ahsap-kullanimi/>

URL-28: <https://www.gourmandbreaks.com/blog/architectural-design-spanish-wineries/>

URL-29: <https://www.indyturk.com/node/34536/d%C3%BCnya/avrupan%C4%B1n-ilk-%C3%A7evre-dostu-camisi-ingilterede-a%C3%A7%C4%B1ld%C4%B1>

URL-30: <https://tr.pinterest.com/pin/131871095311197628/>

URL-31: <https://slideplayer.biz.tr/slide/1935455/>

URL-32: <https://silo.tips/download/gebze-teknik-nervertes-mimarlik-fakltes-mimarlik-blm-3>

URL-33: <https://tr.pinterest.com/pin/725290714980562417/>

URL-34: <https://www.hich-ltd.co.uk/2020/12/2021-will-be-a-promising-year-for-the-uk-property-market/>

URL-35: <https://www.ensonhaber.com/galeri/doga-dostu-kerpic-evler>

URL-36: <https://www.hurriyetemlak.com/emlak-yasam/hayran-birakan-harran-evleri/>

URL-37: <http://seyitkonyali.com/kerpic-mimari/>

URL-38: <http://www.konyaninsesi.com.tr/konya-aksehirde-satilik-kerpic-ev-781603h.htm>

URL-39: http://www.texlon.com.tr/_html/sisme/pvcmembranbilgi.html

URL-40: <https://insapedia.com/membran-sistemler-ve-cesitleri/>

URL-41: <http://www.balonkort.com/index.html>

URL-42: http://www.texlon.com.tr/_html/sisme/pvcmembranbilgi.html

URL-43: <https://www.archdaily.com/775880/ontario-celebration-zone-pavilion-tectoniks/562953ebe58eceb4c4000017-ontario-celebration-zone-pavilion-tectoniks-north-elevation-north-pavilion>

URL-44: <https://www.archexpo.com/prod/holstroy/product-158169-2131287.html>

URL-45: <https://tr.pinterest.com/otterpuppet/thora/>

URL-46: <https://blackwell.ca/project/ontarios-celebration-zone/>

URL-47-48-49:
<http://www.mimarlikdergisi.com/index.cfm?sayfa=mimarlik&DergiSayi=408&RecID=4142>

URL-50: <http://www.profire.com.tr/intumesan-boya.html>

URL-51:
<https://shop.discountonline2021.com/category?name=cable%20coating%20fire%20protection>

URL-52: <http://www.ilgazetesi.com.tr/ankara-arena-hazir-73247h.htm>

URL-53: <https://bulutumsuseyler.wordpress.com/2020/10/10/mimari-ve-tasavvuf-uzerine-8/>

URL-54: <https://www.akcagazete.com/haber/16186/100-yillik-tescilli-ahsap-bina-yanginda-kul-oldu.html>

URL-55: <https://www.tehrantimes.com/news/418597/Iran-becomes-resourceful-in-thermowood-production>

URL-56: <http://www.ahmetdemirel.com/emprenye>

URL-57: <http://www.profire.com.tr/ahsap-1.html>

URL-58: <https://www.kopperspc.eu/kopperspc-ireland/>

URL-59: <http://www.turkchem.net/alligator-boya-ahsap-koruma-sistemi.html>

URL-60: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-0655-5_4

ÖZGEÇMİŞ

Münevver Gümüştaş, Lise eğitimini 80. Yıl Cumhuriyet Anadolu Lisesi'nde tamamlamıştır. 2013 yılında İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi' nde lisans eğitimine başladı ve 2017 yılında Mimarlık Bölümü'nü Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi birinciliği ile tamamlamıştır. Aynı yıl İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Mimarlık Anabilim dalında yüksek lisans eğitimine başlamıştır.

