

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAFİF ÇELİK KONUTLARDA
YANGIN GÜVENLİĞİ

Onur MERMER
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANA BİLİM DALI

KONYA 2008

**T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAFİF ÇELİK KONUTLARDA
YANGIN GÜVENLİĞİ**

Onur MERMER

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANA BİLİM DALI
KONYA 2008**

**Bu tez 19/06/2008 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Tarafından
Oybirliği ile kabul edilmiştir.**

**Yrd. Doç. Dr. Ercan H.
OĞUZALP
(DANIŞMAN)**

**Yrd. Doç. Dr. İlhan
KOÇ
(ÜYE)**

**Yrd. Doç. Dr. Nazım
KOÇU
(ÜYE)**

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

HAFİF ÇELİK KONUTLARDA YANGIN GÜVENLİĞİ

Onur MERMER

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Mimarlık Ana Bilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç Dr. Ercan H. OĞUZALP

2008, 121 sayfa

Yeryüzünde, geçmişten günümüze kadar meydana gelen depremler sonucu bir çok can ve mal kaybı yaşanmıştır. Bu nedenle insanlar depremle yaşamayı öğrenme ve uygun yapılar üretme yoluna gitmişlerdir. Ülkemizde özellikle 2000’li yıllardan itibaren -Marmara depremi sonrası- dayanıklı yapı sistemi arayışları hızlanmıştır. Hafif çelik sistem bu dönemde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Hafif çelik sistem soğuk şekillendirilmiş profil elemanlarla oluşturulan bir yapım sistemidir. Bu sistem yapı sektörüne otomotiv ve uçak endüstrisinden taşınmıştır. Hafif çelik yapılarda önceleri bölücü eleman oluşturulmasında ve çatı mertegi olarak kullanılmıştır. Sistem geliştikçe hafif çelik konutlar üretilmeye başlanmıştır.

Hafif çelikle üretilmiş konutların bir çok avantajının yanında, yapıda kullanılan çelik profilin ince kesitli olmasından dolayı, yangın tehlikesine karşı zayıflığı da göz ardı edilemez. Bu konutların yangına karşı daha güvenli olmaları için önlemlerin alınması gerekmektedir.

Yapılan bu çalışmada, hafif çelik sistem ve bu sistemle yapılmış konutların konstrüksiyon özellikleri irdelenmiş, yangın güvenlik uygulamaları araştırma konusu olarak seçilmiştir.

Birinci bölümde, araştırmanın amacı, önemi ve kapsamı konu edilmiş, kaynak özetlerine yer verilmiştir.

İkinci bölümde, yangın tanımlanmış ve yangın yükü, yangın sınıfları ve yanma evreleri konularında genel bir bilgilendirme yapılmış, daha sonra yangın güvenliğine ilişkin standart ve yönetmeliklerden bahsedilmiştir.

Üçüncü bölümde, yangın ve malzeme ilişkisi üzerinde durulup, yapı malzemelerinin ısı iletkenlikleri ve yanma dayanımları irdelenmiş, yangın yalıtım malzemeleri hakkında bilgi verilmiştir.

Dördüncü bölümde, çelik ve yapısal özellikleri hakkında genel bilgiler verilip, birleşim teknikleri ve çeliğin üretimi üzerinde durulmuştur. Daha sonra hafif çelik sistemin yapım tekniği ve genel özellikleri irdelenmiştir.

Beşinci bölümde ise, hafif çelik konutların konstrüksiyon özellikleri hakkında bilgi verilip, yangına karşı alınması gereken önlemler yapı elemanları bazında anlatılmıştır.

Sonuç bölümünde ise, tez çalışması sonucu elde edilen çıkarımlar ve öneriler yer almaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yangın, Yangına Dayanıklı Yapı Malzemeleri, Çelik, Hafif çelik çerçeve sistem.

ABSTRACT**Master Thesis****FIRE SAFETY IN
LIGHT STEEL HOUSINGS****Onur MERMER****Selcuk University, Institute of Science****Department of Architecture****Advisor: Associate Prof. Dr Ercan H. OĞUZALP****2008, 121 pages**

Many losses of lives and property were experienced on the earth from past to today, as a result of earthquakes occurred. Therefore, humans began to learn living with earthquake and produce proper constructions. In our country, especially from 2000s, seeking for resistant constructions gained speed –after Marmara Earthquake-. Light steel system was initiated to be used in this period of time.

Light steel is a building system that consists of cold formed profile elements. This system was carried from automotive and craft sector to the building sector. In the light steel buildings, it has been used to make separator element at first and then as to be rafter. As system developed, light steel housings were started to be produced.

Beside many advantageous of houses produced by light steel, its weakness to the fire danger cannot be ignored, because steel profile used in building has thin beam. Some measures must be taken to make these housings safer against fire.

In this study, light steel system and constructional features of housings built by this system have been discussed and fire safety topic has been selected as research study.

In the first part, the aim, importance and content of research are mentioned and source summaries are given place.

In the second part, fire is described and general information is provided about fire load, fire categories and burn phases, and then standard and regulations related to fire safety were mentioned.

In the third part, fire and material relation is discussed and heat conductivity of construction materials and their burning resistance are studied and information is provided about fire insulation materials.

In the fourth part, general information is provided about steel and its constructional features, and composition techniques and production of steel are mentioned. Then construction techniques and general features of light steel system are discussed.

In the fifth part, information about constructional features of light steel housings is given and measure required to be taken against fire are explained based on constructional elements.

And in the conclusion part, outputs and proposals obtained as a result of thesis study take place.

Key words: Fire, Fire-Resistive Construction Materials resistant, Steel, Light Steel Framing System.

ÖNSÖZ

Bu çalışmamı yapmam sürecinde, araştırma ve incelemelerim her safhasında ilgisi ve tecrübelerini esirgemeyen ve yapıcı eleştirileri ve önerileriyle bana yol gösteren çalışmamım bu safhaya gelmesinde büyük katkısı bulunan danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Ercan H. OĞUZALP' e teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım.

Hayatımın her anında yanımda olan desteklerini hiç esirgemeyen ve bugünlere gelmemde büyük rol oynayan Babam Murat MERMER' e ve annem Melek ERDOĞAN' a teşekkürü bir borç bilirim.

Mimar Onur MERMER

TEMMUZ 2008

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
TABLolar LİSTESİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiv
1.GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Önemi	2
1.2. Çalışmada Kullanılan Materyal ve Metot	3
1.3. Çalışmanın Kapsamı	3
1.4. Kaynak Araştırması	4
2. YANGIN VE YANGIN GÜVENLİĞİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER	
.....	6
2.1. Yanma ve Yanma Reaksiyonu	6
2.2. Yangının Tanımı ve Evreleri	7
2.2.1. Yangın yükü	11
2.2.2. Yangın sınıfları	14
2.3. Yangın Güvenlik Önlemleri	16
2.3.1. Aktif sistemler	16
2.3.2. Pasif sistemler	17
2.4. Yangınla İlgili Standart ve Yönetmelikler	18
3. YANGIN GÜVENLİĞİ VE MALZEME İLİŞKİSİ	21
3.1. Yapı Malzemelerinin Yangın Güvenliği ile İlgili Özellikleri	21

3.2. Yangının Yapı Malzemelerinde Neden Olduğu Fiziksel ve Kimyasal Değişiklikler	22
3.3. Yapı Malzemelerinin Isı İletkenlikleri	23
3.4. Isı İletkenliğini Etkileyen Özellikler	25
3.5. Yapı Malzeme ve Bileşenlerinin Yanıcılık ve Dayanıklılık Sınıfları ...	25
3.6. Yangın Yalıtım Malzemeleri ve Özellikleri	30
3.7. Yangına Dayanıklı Malzeme Seçiminde Dikkat Edilecek Hususlar	36
4. ÇELİĞİN YAPISAL ÖZELLİKLERİ VE HAFİF ÇELİK SİSTEM	39
4.1. Malzeme Olarak Çeliğin İç Yapısı	39
4.2. Çeliğin Özellikleri	40
4.3. Çelik Elemanların Birleşim Teknikleri	41
4.3.1. Sökülebilen birleşim teknikleri	41
4.3.2. Sökülemeyen birleştirme teknikleri	42
4.4. Strüktürel Çelik Elemanların Üretim Yöntemlerine Göre Türleri	44
4.4.1. Sıcak şekillendirilmiş çelik, hadde mamulü profiller	44
4.4.2. Soğuk biçimlendirilmiş çelik	46
4.5. Yapıda Hafif Çelik Sistem	47
4.5.1. Hafif çelik yapı elemanları	49
4.5.2. Hafif çelik yapım tipleri	52
4.5.3. Hafif çelik sistemin özellikleri	53
5. HAFİF ÇELİK SİSTEMLE ÜRETİLMİŞ KONUTLARDA YANGIN GÜVENLİK ÖNLEMLERİ	56
5.1. Temel Konstrüksiyon Özellikleri ve Yangın Güvenlik Önlemleri	56
5.1.1. Temel konstrüksiyon özellikleri	56

5.1.2. Temellerde yangın güvenli� önlemleri	57
5.2. Duvar Konstrüksiyon Özellikleri ve Yangın Güvenlik Önlemleri	58
5.2.1. Duvar konstrüksiyon özellikleri	58
5.2.2. Duvarlarda yangın güvenli� önlemleri	61
5.3. Döşeme Konstrüksiyon Özellikleri ve Yangın Güvenlik Önlemleri	75
5.3.1. Döşeme konstrüksiyon özellikleri	75
5.3.2. Döşemelerde yangın güvenli� önlemleri	78
5.4. Çatı Konstrüksiyon Özellikleri ve Yangın Güvenlik Önlemleri	87
5.4.1. Çatı konstrüksiyon özellikleri	87
5.4.2. Çatıda yangın güvenli� önlemleri	89
6. SONUÇ ve ÖNERİLER	91
7. KAYNAKLAR	93
8. EKLER	97
9. ÖZGEÇMİŞ	107

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Yanma reaksiyonu	7
Şekil 2.2. Yangın örneği	8
Şekil 2.3. Yangın üçgeni	8
Şekil 2.4. Yangın evreleri sıcaklık eğrisi	10
Şekil 2.5. Yapılardaki yangın yükünün sıcaklığa etkisi	13
Şekil 3.1. Standart yangın eğrisi	29
Şekil 3.2. Cam yünü	32
Şekil 3.3. Taş yünü	33
Şekil 3.4. Seramik yünü	33
Şekil 3.5. Perlit	34
Şekil 3.6. Kalsiyum silikat	35
Şekil 3.7. Haddelenmiş polistren köpük-XPS	35
Şekil 3.8. Poliüretan köpük	35
Şekil 4.1. Değişik tür ve boyda perçinler	42
Şekil 4.2. Elektrik arkı kaynağı	43
Şekil 4.3. Hafif çelik profiller	47
Şekil 4.4. Hafif çelik sistem	48
Şekil 4.5. Hafif çelik konut yapı elemanları	53
Şekil 4.6. Hafif çelik konut	51
Şekil 4.7. Modüler sistemle yapılmış hafif çelik sistem	53
Şekil 5.1. Hafif çelik konut için temel örneği	57
Şekil 5.2 Hafif çelik konut için yapılmış radye temel örneği	57

Şekil 5.3. Hafif çelik profillerin çerçevelerin arasına yerleştirilmesi	58
Şekil 5.4. Hafif çelik profillerden kolon giriş oluşturulması	59
Şekil 5.5. Kolonların temele montajı	59
Şekil 5.6. C profilin diğer profile montajı	60
Şekil 5.7. Pencere boşluğunun oluşturulması	60
Şekil 5.8. Kapı boşluğunun oluşturulması	61
Şekil 5.9. Yangına dayanıklı dış duvar perspektif görünüşü	64
Şekil 5.10. Çimento esaslı yonga levha uygulama nokta detayları	65
Şekil 5.11. Çimento esaslı yonga levha uygulama nokta detayları	66
Şekil 5.12. Dış duvar alçı plak uygulama detayı	66
Şekil 5.13. Yangına dayanıklı iç duvar perspektif görünüşü	68
Şekil 5.14. U profili montajı	69
Şekil 5.15. C profil montajı	69
Şekil 5.16. U profili montajı	69
Şekil 5.17. Alçı plak ve taş yünü montajı	69
Şekil 5.18. Yangına karşı iç duvarların T şeklinde birleşim tekniği	70
Şekil 5.19. Yangına karşı iç duvarların T şeklinde birleşim tekniği	70
Şekil 5.20. Yangına dayanıklı iç duvar döşeme birleşimi	71
Şekil 5.21. Yangına dayanıklı iç duvar döşeme birleşimi	71
Şekil 5.22. Elektrik kutusunun mineral yün yalıtım malzemesiyle yangından korunması	72
Şekil 5.23. Elektrik kutularının alçı plaklarla yangından korunması	73
Şekil 5.24. Elektrik kutularının alçı harcıyla yangından korunması	74
Şekil 5.25. Revizyon kapaklarında alınan yangın güvenlik önlemi	74

Şekil 5.26. C profil kirişlerin montaj detayı	76
Şekil 5.27. Hafif çelik konstrüksiyon döşeme detayı	76
Şekil 5.28. Döşemelerde boşluk bırakma detayı	77
Şekil 5.29. Hafif çelik konstrüksiyon döşeme detayı	78
Şekil 5.30. Döşemelerde alçı plak uygulaması	80
Şekil 5.31. Alttan yangın tehlikesi durumunda döşeme bölme duvar birleşimi ...	81
Şekil 5.32. Üstten alttan veya üstten yangın tehlikesi durumunda bölme duvar birleşimi	81
Şekil 5.33. Asma tavan montaj detayları	83
Şekil 5.34. Yangına dayanıklı, asma tavan duvar birleşim detayı	84
Şekil 5.35. Yangına dayanıklı, asma tavan duvar birleşim detayı	85
Şekil 5.36. Yangına dayanıklı, asma tavan duvar birleşim detayı	85
Şekil 5.37. Yangına dayanıklı, asma tavan duvar birleşim detayı	86
Şekil 5.38. Asma tavan bölme duvar detayı	86
Şekil 5.39. Çatı makasının oluşturulması	87
Şekil 5.40. Çatı makasının kolonla birlikte temele montaj detayı	88
Şekil 5.41. C ve Z profillerinin çatı makaslarına yerleştirilmesi	88
Şekil 5.42. Yangına karşı dayanıklı metal kiremit	90
EK-1 Farklı yapılardaki çeliklerin ısı iletkenlikleri	97
EK-2 Sıcak haddelenmiş çelik profil örnekleri	98
EK-3a Modüler sistemle yapılmış konteynır	99
EK-3b Modüler sistemle yapılmış konteynır	99
EK-4a Çelik makas ve kolonların montajı	100
EK-4b Çelik makas ve kolonların tamamlanması	100

EK-4c Çatı profillerin ve duvar montajı	101
EK-4d Çelik konstrüksiyonun tamamlanması	101
EK-4e Kaplamaların tamamlanması	102
EK-4f Konutun bitmiş hali	102
EK-5 Yangına karşı dayanıklı alçı plak duvar tipleri	103
EK-6a Çift alçı plak montaj düzeni	104
EK-6b Profillere dik yerleşim düzeni	104
EK-6c Profillere paralel yerleşim düzeni	104
EK-7a Metal kiremitler üzerinde yapılan bir yangın uygulaması	105
EK-7b Metal kiremitler üzerinde yanma olayının olması	105
EK-7c Metal kiremitler üzerinde yapılan bir yangın uygulaması	106
EK-7d Yanmanın sona ermesi	106

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Değişik mekanlar için değişken yangın yükü yoğunluğu tablosu	14
Tablo 3.1. Bazı yapı malzemelerin iletkenlik katsayıları	24
Tablo 3.2. Yapı malzemelerinin yanıcılık sınıfları	26
Tablo 3.3. Yapı malzemelerinin yangın dayanıklılık sınıflar	28
Tablo 5.1. Alçı plakların teknik özellikleri	62
Tablo 5.2. Yangına dayanıklı dış duvar detayı	64
Tablo 5.3. Yangına karşı dayanıklı iç duvar detayı	67
Tablo 5.4. Yangına karşı dayanıklı döşeme detayı	79
Tablo 5.5. Asma tavan detayı	83
Tablo 5.6. Yangına karşı dayanıklı çatı detayı	90

SİMGELER ve KISALTMALAR

Simgeler	Açıklamalar
K	Isı iletkenlik katsayısı.
c	Özgül ısı.
D	Duvar kalınlığı.
a	Çelik profilin kalınlığı.
d	Alçı plak kalınlığı.
b	Çelik profil aralıkları.

Kisaltmalar	Açıklamalar
İBB	İstanbul Büyükşehir Belediyesi.
SPCE	Steel Promotion Committee of Eurofer.
TSE	Türk Standartları Enstitüsü.
DIN	Alman Ulusal Standartları.
ISO	International Standart Organization.
BSİ	British Standart International.
AISI	American Iron and Steel Institute.

1.GİRİŞ

Son yıllarda dünyada ve ülkemizde meydana gelen depremler sonucunda bir çok insan hayatını kaybetmiş ve evsiz kalmıştır. Bizim de deprem kuşağında oluşumuz, depremle birlikte yaşamaya ve uygun yapı tekniklerini araştırmaya zorlamaktadır. Ülkemizde özellikle 2000’li yıllardan itibaren kaliteli ve hızlı üretim amacıyla alternatif yapım sistemleri araştırılmaya ve geliştirilmeye başlanmıştır. Bu sistemler arasında ucuz ve seri üretim avantajı nedeniyle hafif çelik sistem dikkat çekmektedir.

Hafif çelik sistem, soğuk şekillendirilmiş çelik profillerden oluşan taşıyıcı bir sistemdir. Saç çelik malzemenin döndürerek şekillendirme makinelerinde çekilmesiyle oluşturulan profiller soğuk şekillendirilmiş çelik profiller yapı endüstrisine otomotiv, tren ve uçak endüstrisinden taşınmıştır. Soğuk şekillendirilmiş bu profiller, ilk olarak iç mekanda kullanılan bölücü eleman sistemlerinde ve hafif olması nedeniyle çatı merteyi olarak kullanılmıştır. Daha sonraları ise sistemin gelişmesi ile hafif çelik konutlar yapılmaya başlanmıştır.

2. Dünya savaşı sonrası hafif çelik yapılarla ilgili çalışmalar başta Japonya, Almaya ve İskandinav ülkelerinde artmıştır. İlk hafif çelik uygulama denemeleri 1950’li yılların sonlarında Almanya’da yapılabilmiş, Türkiye’de bu sistem 17 Ağustos 1999 Adapazarı depremi sonrasında yaygınlaşmaya başlamıştır.

Hafif çelik sistemle üretilen konutların birçok avantajı olmasına rağmen, çeliğin yapısal özelliğinden dolayı yangına karşı zafiyet göstermektedir. Üretilen bu konutların yangından korunarak daha güvenilir olması için bazı önlemlerin alınması gerekmektedir.

1.1. Çalışmanın Amacı ve Önemi

İnsanlar hayatları boyunca çevrelerinde meydana gelen doğa olayları ve çeşitli afetlerin tehdidi altındadırlar. Bu sebeple insanlar yaşadıkları yer ve mekanların can güvenlikleri açısından emniyetli olmasını isterler. İnsanların can güvenliğinin sağlanması, taşıyıcı sistem araştırmalarında en temel amaçtır.

Çağımızda özellikle depremler sonrasında dünyanın bir çok ülkesinde ve son zamanlarda Türkiye’de hafif çelik konutlar yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bunun dışında hafif çelik sistemle ilkokul, derslikler, şantiye ve yönetim yapıları, ardiye v.b. yapılar yapılmaya başlanmıştır. Hafif çelik konutların taşıyıcı sistemi galvanize hafif çelik profillerden oluşmaktadır. Bu malzemenin yangına karşı mukavemeti düşük olup ve yangın sırasında galvanizleme etkisiyle ortama zehirli gaz çıkarmaktadır. Yapılan çalışmada, hafif çelik konutların yangına karşı güvenli bir biçimde üretilmesi için yapılacak işlemler ve uygulanacak yöntemler ortaya konulmaya çalışılacaktır.

Yangının en kötü sonucu çelik strüktürün zarar görmesidir. Çelik taşıyıcı sistemi zarar gören yapılar yangın sonunda ani olarak çökmektedir. Alınan güvenlik önlemleri hafif çelik sistemin ani çökmeler sonucunda oluşabilecek can ve mal kayıplarını önlemek açısından önemlidir.

1.2. Çalışmada Kullanılan Materyal ve Metot

Bu çalışmada literatür kaynağı olarak; kütüphane ve elektronik iletişim (internetten) den yararlanılmıştır. Ayrıca, üniversitelerdeki ilgili bölümler, araştırma enstitülerinde yapılan akademik ve kurumsal çalışmalardan yararlanılmıştır.

Bu konuda çalışma yapan firma ve derneklerle görüşülerek teknik bilgilere ulaşılmış, fabrika ve şantiyelere gidilerek yerinde tespitler yapılmıştır.

Konu ile ilgili ülkemizde ve özellikle dünyadaki mevcut örneklerinin literatür ve teknik bilgileri (resimler, detaylar v.b.) incelenerek çalışma desteklenmiştir. Konya’da da bu konuda çalışmaları ve imatları olan firmalar bulunmaktadır. Çalışmada bu firmalar ziyaret edilip deneyimlerinden ve sistemle ilgili teknik bilgilerinden yararlanılmıştır.

1.3. Çalışmanın Kapsamı

Günümüzde yaygın olarak kullanılmaya başlanan hafif çelik sistemler, farklı yapılarda kullanılmaktadır. Çoğunlukla endüstri yapıları, imalathaneler gibi. Ancak son yıllarda meydana gelen depremler sonucu hafif çelik sistem konutlar yapılmaya başlanmıştır. Yapılan çalışma, önemine binaen hafif çelik konutlarla sınırlandırılmıştır. Çeliğin yapısal özelliğinden dolayı yangın ve nem gibi çevresel şartlara karşı mukavemeti düşüktür. Ancak hafif çelik konutların en zayıf yanı yangın mukavemetinin düşüklüğüdür. Bu nedenle hafif çelik konutlarda yangın güvenlik önlemleri temel araştırma konusu olarak seçilmiştir.

1.4. Kaynak Araştırması

Özkan, E 2002. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi, Ankara: Yapılan bu çalışmada yangın ve yangın güvenliği ile ilgili genel bilgiler, yangının yapı malzemelerine etkileri, yangının çelik üzerindeki etkileri, çelik yapı bileşenlerinin pasif yangın koruma yöntemleri incelenmiştir.

Susam, Ü.M 2003. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi, Ankara: Hafif çelik strüktürlü konut yapılarının yapım süreci, korozyon, yangın, ısı denetim ve ses denetimi gibi performans kriterleri ile, yapı elemanları bazında sistem irdelenmeye çalışılmıştır. Çelik malzemesi ile ilgili genel bilgilere özelliklere de yer verilmiştir.

Aydın, C. N. Yüksek lisans tezi. Yüksek Lisans Tezi. İ.T.Ü İstanbul: Yangının çelik taşıyıcı sistemler üzerine etkisi hakkında bilgiler verilmiş. Ayrıca binalar tasarlanırken dikkat edilmesi gereken koruma yöntemleri, çelik taşıyıcı sistemlerin yangına dayanımlarının artırılması için kullanılan yöntemler anlatılmıştır.

Çalışmada ülkemizde ve dünyadaki kaynaklara ulaşabilmek için web sitelerinden faydalanılmıştır. Başlıca web siteleri şunlardır:

www.proev.com: Türkiye’de hafif çelik yapılar üretimi üzerine kurulmuş bir şirkete ait web sitesidir. Hafif çelik sistemle ilgili bilgiler yer almaktadır.

www.excalibursteel.com: İngiltere’de bulunan ve hafif çelik konut yapımı üzerine kurulmuş şirketin web sitesidir. Hafif çelik konutlarla ilgili resimler ve detaylardan faydalanılmıştır.

www.izocam.com.tr: Türkiye’de yalıtım sektörünün öncülerinden olan izocam a.ş. nin web sitesidir. Yangın yalıtımında kullanılan malzemeler hakkında bilgi edinilmiştir

www.izoder.org.tr: İzoder ısı, su, ses ve yangın yalıtımcıları derneğinin web sitesidir.

Isı ve yangın yalıtımı hakkında bilgi edinilmiştir.

www.knauf.com: Alçı levha üreticisi olan knauf a.ş. nin web adresidir. Yapılarda

kullanılan alçı levhalar hakkında bilgi edinilmiştir.

2. YANGIN VE YANGIN GÜVENLİĞİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER

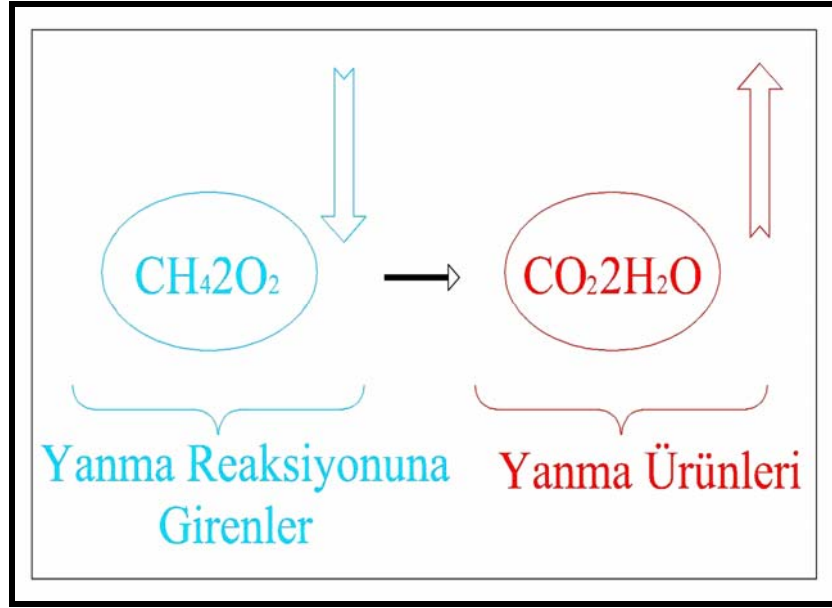
Tarih boyunca yangınla ilgili var olan sorunlar günümüzde, yakıt ve elektrik tüketiminin artması, yapılarda yanıcı sentetik maddelerin kullanılmaya başlanmasıyla daha da fazlalaşmıştır. Giderek artan bu yangın sorununa karşı alınacak güvenlik önlemlerinin teknik ve bilimsel olarak irdelenmesi gerekir.

2.1. Yanma ve Yanma Reaksiyonu

Yanma: Yanıcı maddelerin (yakıt), oksijenle veya diğer oksitleyici maddelerle birlikte belirli şartlarda kararlı bir egzotermik zincirleme reaksiyona girmesidir. Bir yanma reaksiyonunun başlaması için yanıcı maddeyle beraber, oksijenin ve tutuşmayı sağlayacak ısıl enerji kaynağının varlığı gerekir.

Yapılarımızda mevcut olan her maddenin bir ‘tutuşma sıcaklığı’ bulunmaktadır. Sıcaklık, maddenin içerisinde bulundurduğu ısı enerjisidir. Maddelerin tutuşma sıcaklığına ulaşmasını, ısı kaynakları sağlar. Isı maddelerin atom ve moleküllerinin hareketiyle oluşan enerjidir. Isı sıcaklığı oluşturan bir enerji çeşididir. Önemli ısı kaynakları; kimyasal, elektriksel, manyetik, nükleer ve solar olmak üzere 5 çeşittir. Bu kaynaklardan herhangi birisi vasıtasıyla oluşan ısıl enerji, yanıcı maddelerin tutuşma sıcaklığına ulaşmasına ve yanma reaksiyonunun başlamasına neden olur.

Yanma sırasında, kimyasal reaksiyondan önce var olan maddelere ‘yanma reaksiyonuna giren maddeler’ ve yanma reaksiyonundan sonra oluşan maddelere ‘yanma reaksiyonundan çıkan maddeler’ denir.



Şekil 2.1. Yanma reaksiyonu (web iletisi 3).

Yanıcı madde, oksijen ve yanıcı maddelerin tutuşma sıcaklığına ulaşmalarını sağlayan ısı enerjisi yanma reaksiyonuna katılan elemanlardır. Yanmanın oluşabilmesi için yanıcı maddenin mutlaka gaz fazında bulunması gerekir. Katı ve sıvı fazlarda yanma meydana gelmez. Faz değişimi için gerekli olan ısı enerjisiye maruz kalan bir maddenin tutuşma sıcaklığına gelerek yanması için yakıt ve havanın uygun oranlarda bir arada olması gerekir (web iletisi 3).

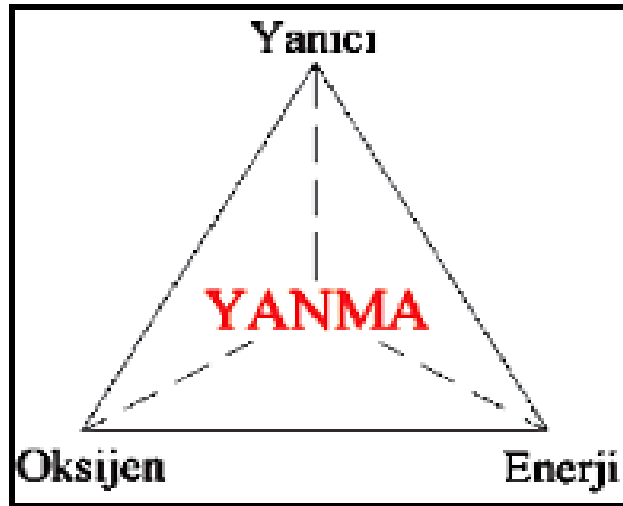
2.2. Yangının Tanımı ve Evreleri

Yangın: İsteğimiz dışında kontrolsüz olarak meydana gelen yanma reaksiyonlarıdır (Şekil 2.2.).



Şekil 2.2. Yangın örneği (web iletisi 24).

Yanma reaksiyonunun oluşması için 3 bileşene (yanıcı madde, oksijen, ısı enerjisi) yangın üçgeni denmektedir (Şekil 2.3.).



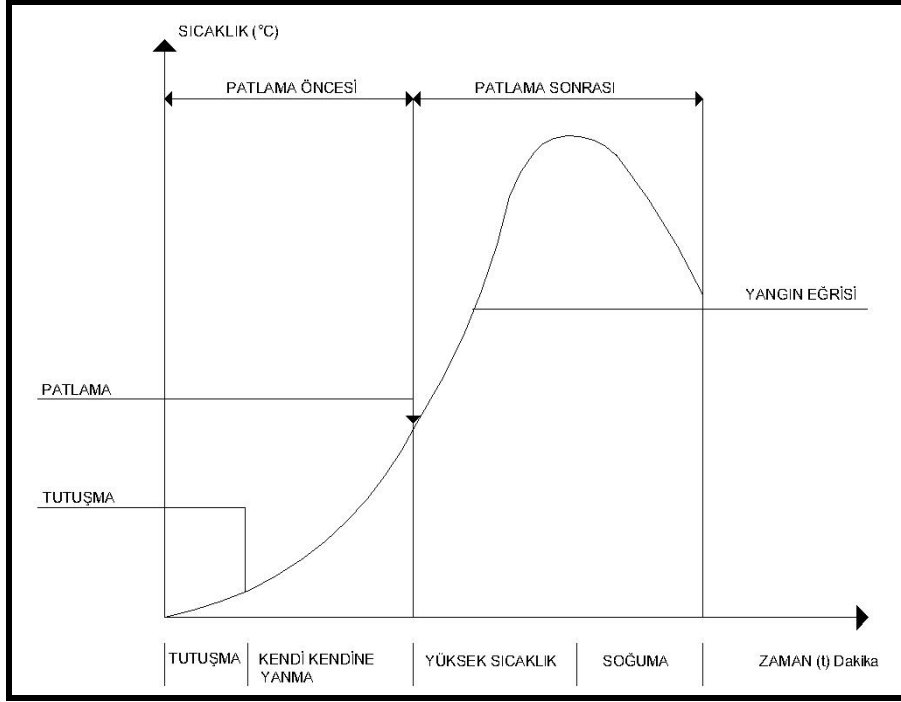
Şekil 2.3. Yangın üçgeni (web iletisi 3).

- Binalarımızda kullandığımız her türlü madde yangın üçgeninde yanıcı kısmı oluşturabilir.

- Yanma reaksiyonunun oluşması için ortamda %16 oranında oksijen bulunması yeterlidir. Yapılarımızda yanma reaksiyonunun oluşmasını sağlayan 3 unsurdan ikisi olan yanıcı ve oksijenin birlikte olması engellenemez.
- Yangın üçgeninin son bileşeni olan ısı enerjisi açığa çıkmadan yanma reaksiyonu gerçekleşmez **(web iletisi 3)**.

Şekil 2.4'de görüldüğü gibi yangın dört evreden oluşmaktadır:

- Tutuşma evresi: Tutuşma evresi yangının başlangıç kısmıdır. Bu aşamada yangın, can ve mal kaybı için çok fazla riskli değildir. Bu evrede yanma belli bir bölgede gelişmektedir ve büyüme hızı yavaştır. Tutuşma evresinde yapılacak bir müdahale yangının büyümesini engelliyecektir.
- Kendi kendine yanma evresi: Bu evrede mekan içindeki diğer maddeler (özellikle bitkisel kökenli yağlı maddeler) ortam sıcaklığının artmasıyla oksitlenmekte ve ısının daha da artmasıyla kendi kendine yanmaya başlamaktadır. Bu evreye gelişme evresi denilmektedir.
- Yüksek sıcaklık evresi: Yangın sırasında yanan maddelerden tam yanmamış gazlar çıkar. Bu gazlar için oksijen ve sıcaklık açısından uygun ortam oluştuğunda patlama meydana gelir. Patlamayla birlikte yüksek sıcaklık açığa çıkar. Bu evrede yüksek sıcaklığın yanında, patlamayla oluşan basınçta büyük zararlara neden olur **(Özkan 2002)**.



Şekil 2.4 Yangın evreleri sıcaklık eğrisi (Özkan 2002).

- Soğuma evresi: Yangınlarda son evre soğuma veya başka bir deyişle sönme evresidir. Bu evrede de ortamdaki yanıcı maddeler bitmiştir ve yangın sönmeye başlamıştır.

Günümüzde çıkan bir çok yangın değme, taşınma ve ışınım yolları ile büyür ve genişler. Yangının yayılması denilen bu olayda Isı bu yollar ile bitişik hacimlerdeki döşeme ve tefriş malzemelerini yakacak kadar iletilebilir. Isı iletim şekilleri:

- Kondüksiyon (Değme,Dokunma)
- Konveksiyon (Taşınım)
- Radyasyon (Işınım)

1) Kondüksiyon: Bu tip yangının yayılmasına neden olan, maddenin ısı iletkenlik özelliğidir.

2) Konveksiyon: Isının herhangi bir madde yoluyla bir nesneye taşınmasıdır. Taşıyıcı madde genellikle hava ve sudur. Bazı hallerde gazdır. Bilindiği gibi sıcak hava yükselir ve soğuk hava ile yer değiştirir. Bu şekilde bir akımla yangın merkezden uzaktaki nesnelere iletilir.

3) Radyasyon: Santimetre kareye isabet eden ısı akışıdır (cal/cm²sn).

Radyasyon yolu ile transfer olan enerji, cisimler arasındaki mesafe ve aralarındaki sıcaklık farkına bağlıdır (**Koyuncu 1985**).

2.2.1. Yangın yükü

Yapıların yangına karşı direnci, yapının yangın yüküyle ilişkilidir. Yangın yükü, bir hacim içinde yer alan yanıcı maddelerin bir kilogramının yanması halinde açığa çıkan ısı değerinin o hacmin alanına bölünmesiyle bulunur. Bir başka deyişle, yapıda bulunan yanıcı maddelerin toplam kütleleri ile ısı değerlerinin çarpımlarının, toplam alana bölünmesi ile elde edilen büyüklüktür. Birimi MJ/m²'dir (**Öner 2000**).

Yangın yükü hesaplama örneği: Aşağıda alanı ve içerisindeki yanıcı maddelerin hacimlerinin bulunduğu bir odanın yangın yükü hesabı yapılmıştır.

$$\text{Yangın yükü} = \frac{(M_1 \times Q_1 + M_2 \times Q_2 + \dots + M_N \times Q_N)}{m^2}$$

M: Yanıcı maddenin kütlesi

Q: Yanıcı maddenin ısı değeri

m^2 : Toplam yangın alanı

Yangın yükü hesaplama örneği:

Bir yapının tek oda için yangın yükü hesabı

Oda alanı: 20.15 m^2

Odada yanıcı madde olarak ahşap bulunmaktadır

Odada kullanılan ahşabın hacmi:

1. Döşeme kaplaması: 0.173 m^3

2. Döşeme altı kadronları: 0.053 m^3

3. Süpürgelikler: 0.009 m^3

4. Kapı: 0.0945 m^3

5. Pencere 0.022 m^3

TOPLAM: 0.351 m^3

Kullanılan ahşabın ağırlığı: $d = \frac{M}{V}$

d: Ahşabın özkütlesi = 0.79 kg/m^3

M: ahşabın ağırlığı

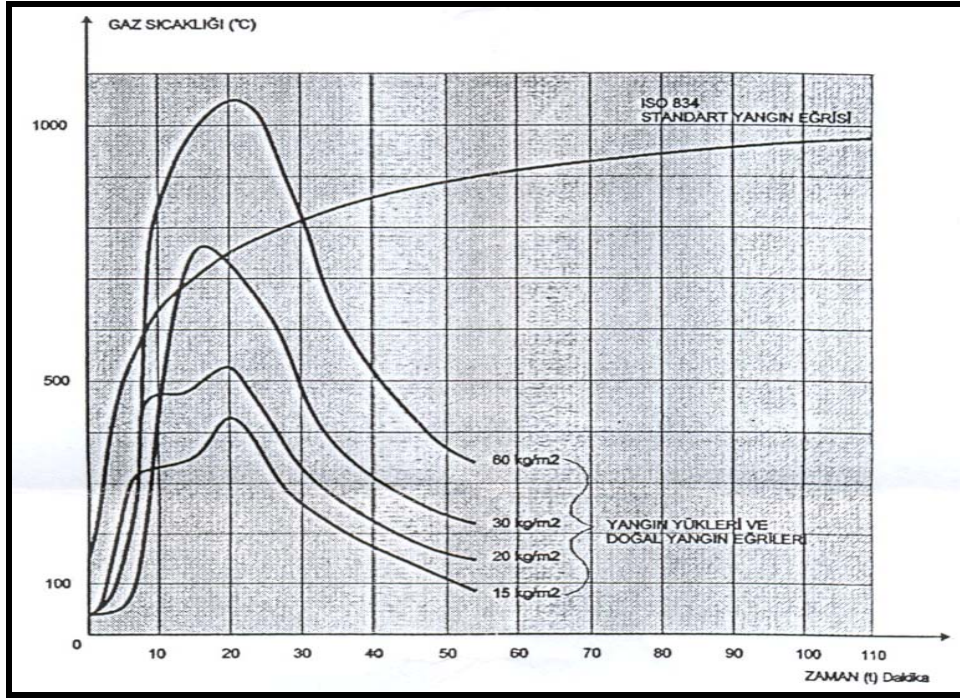
Ahşabın ısı değeri = 4 kkal .

$$0.79 = \frac{M}{0.351 \text{ m}^3} \quad M = 0.277 \text{ ton} = 277 \text{ kg}$$

$$\text{Yangın yükü} = \frac{277 \times 4}{20.15} = 54.9 \text{ MJ/m}^2$$

(web iletisi 25).

Yapı içerisinde bulunan bileşen ve parçaların üzerindeki yangın etkisi, sıcaklığın yüksekliği ve süresine bağlıdır (**Şekil 2.5.**). Yangının süresi ve meydana gelen sıcaklık, yapı içerisinde bulunan yanıcı maddelerin miktarına bağlıdır (**Özkan 2002**).



Şekil 2.5. Yapılardaki yangın yükünün sıcaklığa etkisi (SPCE 1990).

Yurtdışındaki yangın araştırma enstitüleri ve laboratuvarlarında standart malzemeler kullanılarak yapılmış olan deneyler sonucunda, yangın yüklerine ait bazı ortalama değerler saptanmıştır (**Tablo 2.1.**).

YAPI TİPİ	YANGIN YÜKÜ (MJ/m ²)
KONUTLAR	40-48
SINIFLAR	35
DOSYA ODALARI	20-420
KÜTÜPHANELER	175
OFİSLER	10-220
RESEPSİYON ALANLARI	15-44
TUVALETLER	10-48

Tablo 2.1. Değişik mekanlar için değişken yangın yükü yoğunluğu tablosu (**Öner 2000**).

Yangın yalıtımı can ve mal güvenliğimiz için çok önemli bir unsurdur. Pasif yangın güvenlik önlemleri binaların daha uzun süre ayakta kalmasını sağlar ve kaçış için ekstra zaman kazandırır. Binaların yangın yükünün bilinmesi, alınacak pasif güvenlik önlemlerinin tespiti açısından önemlidir.

2.2.2. Yangın sınıfları

Yangın sınıflandırılması yanmakta olan maddenin türüne göre değişmektedir. Türk standartları ve uluslar arası standartlar yangınları dört sınıfa ayırmışlardır:

- A Sınıfı Yangınlar: Katı madde yangınlarıdır (tahta, kumaş, pamuk, çöp, tabi örtü). Bu yangınlara su köpüklü soda asitli tip yangın söndürme cihazları ile müdahale edilir.
- B Sınıfı Yangınlar: Yanabilen sıvı maddelerden kaynaklanan yangınlar (akaryakıt, yağ, boya, benzeri). Bu yangınlar CO₂, köpük ve kuru kimyasal tozlu söndürme cihazları ile söndürülebilir.
- C Sınıfı Yangınlar: Likit petrol gazı, doğal gaz, hidrojen gibi yanabilen çeşitli gazların sebep olduğu yangınlardır. Kuru kimyasal tozlu yangın söndürücüler kullanılarak söndürülebilir.
- D Sınıfı Yangınlar: Yanıcılığı bulunan hafif metallerin ve alaşımların (magnezyum, lityum, sodyum, potasyum, sedyum) yanmasından oluşan yangınlardır **(Özkan 2002)**.

Elektrik yangınları C sınıfı yangınlar içinde değerlendirilmelidir. Bunun nedeni elektrik enerjisinden doğan ısı, kısa devre gibi nedenlerle artarak iletkenlerin birbirine temas etmesini önleyen petrol ürünü yalıtkan maddelerin yanmasını ve zehirli gaz çıkarmasını sağlayacaktır **(Koyuncu 1985)**.

Yangınlar ayrıca, kapalı ve açık alan yangınları olmak üzere sınıflandırılabilir:

- Kapalı Alan Yangınları: İçerisinde sınırlı miktarda hava bulunan, etrafı duvarlarla ve üstü çatı ile kapatılmak suretiyle sınırlar belirtilmiş alanları kapalı alanlar olarak tanımlayabiliriz. Konutlar, alışveriş merkezleri, hastaneler v.s. yapılar gösterilebilir.
- Açık Alan Yangınları: Atmosferle direk açık olan ve sınırları belli olmayan yangın çeşididir. Örnek orman yangınları, pazar yangınları akaryakıt istasyon yangınları v.s. **(Korkut 1997)**.

2.3. Yangın Güvenlik Önlemleri

Bina yangın güvenliğinin ana bileşenleri dört ana başlıkta incelenebilir:

Yapı Tasarımı: Yapı tasarım aşamasındayken, meydana gelebilecek yangınlara karşı tasarlanmalı ve buna göre planlama oluşturulmalıdır.

Bina Kullanımı: Yapıların kullanım amaçlarına göre yangına karşı alınacak önlemler birbirlerinden farklı olmak zorundadır. Okul, hastane, spor salonu fabrika binaları v.s.

Yangın Güvenliği Önlemleri: Yangına karşı alınan güvenlik önlemlerinde en önemli hedef can güvenliğidir. Bu önlemler:

-Aktif sistemler

-Pasif sistemler

Olmak üzere iki ana başlıkta toplanır.

2.3.1. Aktif sistemler

Yapılarda yangına karşı alınan aktif yangın güvenlik önlemleri, yangının yayılmasını engelleyen, yangın söndürme çalışmalarına yardımcı olan ve insanlara yangından kaçış için zaman kazandıran ve yangını bünyesel olarak söndürmeyi amaçlayan yangın güvenlik önlemleridir. Bu önlemler iki bölümde toplanabilir.

1. Yangın algılama ve uyarı sistemleri

2. Yangın engelleme ve söndürme sistemleri

1. Yangın algılama ve uyarı sistemleri: Bu sistemler yangının en kısa sürede algılanması ve algılama sonucunda bir senaryo dahilinde diğer sistemlerin

çalıştırılması, kullanıcının uyarılması ve diğer birimlere haber verilmesine yönelik geliştirilmiş sistemlerdir (Toker 1997). Yangın algılama ve uyarı sistemlerine örnek olarak, Gaz algılama dedektörleri, alev dedektörleri, duman dedektörleri, ısı artış hızı dedektörleri v.s. sıralanabilir.

2.Yangın engelleme ve söndürme sistemleri: Bu sistemler de kendi içerisinde farklılaşırlar. Bunlar sulu, köpüklü sulu, gazlı ve kimyasal tozlu olmak üzere dört bölümde incelenebilir.

2.3.2. Pasif sistemler

Pasif yangın güvenlik sistemlerinin temelini, yapının kullanım amacına bağlı olarak mimari tasarım, yapının strüktürünün seçilmesi, yapı malzeme seçimi gibi etmenler oluşturur. Yapıya giren bileşen ve malzemelerin yangına direnç göstermeleri, üstelik yangının büyüyüp gelişmesini önleyici özellikte olması gerekir. Proje yapılırken, genel kuralların yanında, yangın çıkmasını önleyici tedbirler ile yangın söndürmeyi kolaylaştıran faktörler de göz önüne alınmalıdır. Pasif yangın güvenlik önlemleri aynı zamanda yangın söndürmeyi destekleyecek şekilde olmalıdır.

-Binalarda ölüm ve yaralanma ile maddi zararın büyük çoğunluğu dumandan kaynaklandığından malzeme seçimine de önem verilmeli.

-Binaların katlardaki koridor, dinlenme yeri v.b. ortak alanlar ile merdivenleri yangından yoğun duman artacak ve yangını bir bölümden diğer bölüme taşıyacak şekilde tamamen halı kaplanmamalı, gerekirse şerit yolluk kullanılmalıdır.

-Konut, lokanta, konferans ve balo salonları gibi ortak kullanım alanlarına dekorasyon yapılmak istenirse dekorasyonda yoğun duman ve zehirli gaz çıkartan plastik, ahşap, deri, kumaş kaplama malzemeleri yerine alçı v.b. duman çıkarmayan malzemeler kullanılmalıdır (**Kılıç 2003**).

Bina tasarımı yangın söndürme olanaklarını büyük oranda etkiler. Konut planı, kaçış yollarının düzenlenmesi, elektrik tesisatlarında alınacak önlemler, klima ve havalandırma sisteminde alınacak önlemler yangın güvenliği açısından önem taşıyan faktörlerdir.

Yaşadığımız çevrede çok değişik sebeplere bağlı olarak yangın riskleri mevcuttur. Can ve mal güvenliği açısından yangın riskinin doğru kavranması, risklere karşı önlemlerin uzman kişi ve kurumlarca alınması gerekir. Yangın güvenlik önlemleri yapının proje aşamasından başlayıp yapının kullanım koşullarına kadar bütün aşamaları kapsayan bir bütündür.

Yangın güvenlik önlemlerine yapılacak yatırım ilk başta ölü bir yatırım şeklinde görülebilir. Bu önlemler ve yangın güvenlik sistemleri herhangi bir yangın durumunda can ve mal güvenliğinin sigortalarıdır.

2.4. Yangınla İlgili Standart ve Yönetmelikler

Yönetmelikler bakanlıkların ve kamu tüzel kişiliklerin, kendi görev alanlarını kapsayan kanunların ve tüzüklerin uygulanmasını sağlamak için çıkardıkları hukuk kurallarıdır. Resmi gazetede yayımlanırlar. Standartlar yetkili kurum veya kuruluşlar tarafından hazırlanarak onaylanan, yerine getirilmesi gereken koşulları kapsayarak, uygulanması tarafların isteğine bırakılan teknik özellik veya belgelerdir.

Yapılar üzerinde gerçekleştirilecek denetim, temelde yönetmeliklerle sağlanır. Yurt dışındaki yönetmelikler yıllarca deprem yada yangın durumlarında strüktürel güvenlikle ilgili hükümler içermişlerdir. Zamanla, strüktürel stabilite, yangın dayanımı, tehlike kaçış yolları, havalandırma, v.b. konularla ilgili minimum gerekleri de içerecek biçimde geliştirmişlerdir (Özkan 2002).

Avrupa birliği içinde yangın konusunda ülkeler arasındaki farklılıklar söz konusudur. Almanya da DIN normları, İngiltere de BSİ standartları kullanılmaktadır **(web iletisi 3)**.

Türkiye son on yılda yangınla ilgili EN standartlarını tercüme etmeye başlamıştır. Tercümesi yapılan 13000 serisi standartlar yürürlüğe girdikçe kullanılmaya başlanmaktadır. Çıkarılan bu standartlar daha çok testlere dönük standartlardır. Şu anda bu konudaki en güncel çalışma TSE tarafından yürütülen ve alev deneylerinden elde edilen veriler kullanılarak geliştirilmeye çalışılan 13501-1 sayılı ‘Yapı mamülleri ve Yapı Elemanları Yangın Sınıflandırma Standardı’ çalışmalarıdır.

Yönetmelik olarak ilk defa 1992 yılında ‘İstanbul belediyesi yangından korunma yönetmeliği’ hazırlanmıştır. Bu yönetmeliği esasa alarak diğer bazı belediyelerde benzeri çalışmaları yapmışlar, ancak farklı uygulamalar ve belediye sınırları dışında kalan alanların durumu sebebiyle bazı karışıklıklar çıkmıştır. Fakat bu konudaki ilk basamak olarak değerlendirilmesi gereken bir yönetmelik olması nedeniyle önemli bir aşamadır. Aksaklıkları ve farklılıkları ortadan kaldırmak için uzun ve özverili çalışmalar sonucunda, Türkiye genelinde geçerli olan kamu ve özel kurum ve kuruluşlar ile gerçek kişilerce kullanılan bina, tesis ve işletmelerin, tasarımı, yapımı, işletimi, bakımı ve kullanımı aşamalarında herhangi şekilde çıkan

yangının can ve mal kaybını en aza indirilerek söndürülmesini sağlayan tedbirler ile organizasyon, eğitimi ve denetimi sağlamak amacıyla Sivil savunma genel müdürlüğünün koordinatörlüğünde çok sayıda sivil toplum örgütünün katkılarıyla Türkiye yangından korunma yönetmeliği hazırlanmıştır (**web iletisi 3**).

Yangın sınıfları ve yapı malzemelerinin yanıcılık sınıflarını belirleyen standartlar bulunmaktadır. Çelikle ilgili standartlar ise çeliğin yapısal özelliklerini belirlemekle sınırlı kalmaktadır. Hadde çelik profillerden yapılan yapı bileşenlerinin yangın dayanımını belirleyen test yolları ülkemizde standartlaşmamıştır (**Özkan 2002**).

Ülkemizde ilgili standartların geliştirilmediği herhangi işin özelliğine göre ABD, İngiltere, Almanya, Fransa gibi ileri teknoloji geliştiren ve kullana ülkelerin standartları veya ISO, EN gibi standartlar kullanılır. Bu durum hafif çelikle yapılmış yapı sistemleri için de söz konusudur. Dolayısıyla yangın güvenliği ile ilgili yurt dışında hazırlanmış ve uygulanmakta olan standart ve yönetmeliklerin ülke şartlarına uyarlanılarak benzerlerinin hazırlanması ve kullanılması gerekmektedir.

Standartların olmadığı bir yerde, yönetmeliklerin doğru hazırlanması istenilen güvenlik seviyesine ulaşılması için yeterli değildir. Ülkemizde yangın güvenliğinin sağlanması için öncelikle yangın güvenlik önlemlerinin alınmasını zorunlu hale getirmek, kontrolünü ve denetimini yapabilmek için ülke genelinde geçerli olan ve günümüz teknolojisini içinde barındıran yönetmeliklerin çıkarılması gerekmektedir. Ülke genelinde yangın güvenliği açısından uyumluluğu sağlamak, yangın önleme sistemlerinin denetimini yapmak ve devlet kurumlar arasında bir bütünlük sağlamak gerekir.

3. YANGIN GÜVENLİĞİ VE MALZEME İLİŞKİSİ

Daha önce de tanımlandığı gibi yangın, kontrolümüz ve isteğimiz dışında meydana gelen yanma reaksiyonlarıdır. Malzemelerle ateş arasında aşağıda belirtilen ilişkilerden söz edilebilir:

- Isı iletimi,
- Isı tutma yeteneği,
- Isı geçirgenlik,
- Isı atalet,
- Genleşme.

Sıcaklık, maddenin içerisinde bulundurduğu ısı enerjisidir. Atomların hareketi ve titreşmesi ile ısı oluşur ve titreşim soğukta daha yavaş, sıcakta daha hızlı gelişir. Isı sıcaktan soğuğa doğru hareket eder. Yapı duvarları tabakalardan oluştuğundan ısı bu katmanlardan geçerek iletilir. Her malzemenin atom yapısı farklı olduğundan atom titreşimleri de farklılık gösterir. Bu nedenle her maddenin ısı iletkenliği farklı özelliktedir (Aydın 1998).

3.1. Yapı Malzemelerinin Yangın Güvenliği ile İlgili Özellikleri

Yapı malzemelerinin yangın güvenliği ile ilgili özellikleri, malzemenin yangına dayanıklı olup olmaması şeklinde irdelenebilir. Bazı yapı malzemeleri yanıcı olmadığı halde yangına dayanıklı değildir (metal saç levha), veya yapı malzemesi yanıcı olduğu halde yangına karşı dayanıklı olabilir (masif ahşap kütük).

‘Yangına dayanım’ kavramı bir malzemenin bünyesinde barındırması gereken bir fonksiyondur. Sıcaklıkta, mekanik dayanıklılık, ısı yalıtım özelliği gibi özellikleri kapsar. Bu özellik yapının kolon, kiriş, döşeme, duvar gibi taşıyıcılık özelliği olan yapı elemanlarında önem kazanır (Arda, Yardımcı 1995).

Aşırı sıcak altında kalan her malzeme sıcağa karşı farklı bir tepki verir. Verilen bu tepkiler malzemeye yangın karşısında uygulanacak güvenlik yöntemlerinin belirlenmesinde temel rol oynar.

3.2. Yangının Yapı Malzemelerinde Neden Olduğu Fiziksel ve Kimyasal

Değişiklikler

Yapı malzemelerinin iç yapısının oluşumu, sıcaklığın artması ile ısı enerjisinin yapı malzemelerinin atom yapısını etkilemesinde büyük bir pay sahibidir. Yapı malzemeleri oluşum farklılıklarına göre genelde aşağıdaki gibi sınıflandırılırlar:

- 1) Kristalli (Metal, Taş vb.)
- 2) Amorf moleküllü (Ahşap, Plastik)
- 3) Karma yapılı (Beton, Seramik)

Atom yapılarının titreşmesi bu dokulara bağlı olarak malzemede genleşme ve hacim büyümesine neden olur ve sıcaklığın artması ile moleküller arasındaki bağlarda zayıflamaya yol açar.

Malzemeler ısındıkça içindeki suyu kaybederler bunun sonucunda malzemede iç gerilmeler meydana gelir. Sıcaklığın artması bu gerilmelerin fazlaşmasına neden olur, bunun sonucunda malzemede dağılmalar görülür. Sıcaklığın artması sonucu maddeyi oluşturan atomlar arasındaki bağ uzar ve madde elastikiyetini kaybeder.

Eğer sıcaklık çok artarsa elastik modülü iyice azalır ve madde katı halden sıvı hale geçer. Bu olaya sünek kırılma da denir. Bu durum metal malzemelerde görülür. Metal malzemelerin ısı iletkenliği yüksektir, dolayısıyla ısınma ve fiziki değişim daha hızlıdır. Bu nedenle çelik taşıyıcılı sistemlerde, çelik malzemede meydana gelen bu değişiklik sistemin çökmesine neden olur (**Aydın 1998**).

Yapı malzemeleri fiziksel yapıları dışında kristal yapıları bakımından,

- 1) İnorganik (Taş, Beton) ve
 - 2) Organik (Ahşap, plastik vb.)
- olmak üzere iki grupta toplanır.

İnorganik ve organik maddelerde kristal suyu değişimi ile molekül yapıları da değişir. Organik yapıları hidrokarbonlardan oluştuğu için yanma sonucunda organik maddeler karbonlaşır. Yangın sırasında betonda porland çimentosu içindeki CaO (Kalsiyum oksit), Ca(OH)₂ (Kalsiyumhidroksit)'e dönüşür. Bunun sonucunda hacim değişikliği yani genleşme meydana gelir. Isı daha artarsa, çimento bünyesindeki hidrasyon suyu buharlaşarak molekül sistemi ve bağlar değişime uğrar. Bu değişim ile çimentonun bağlayıcılık özelliğinin yok olmaya başlaması ile birlikte elastik modülünün azalmasına neden olur. Betonda başlayan iç gerilmeler sonucunda da dağılmalar görülür. Betonu yangına karşı güçlendirmek için Al(OH)₃ (Alüminyumhidroksit) katkılı çimentolar kullanılmalıdır (**Aydın 1998**).

3.3. Yapı Malzemelerinin Isı İletkenlikleri

Yapılarda kullanılan malzemelerin ısı iletkenlik özellikleri, yangının yayılmasında ve yalıtımında önemli bir yer tutmaktadır. Isı iletimi kondüksiyon

(değme, temas) yoluyla olmaktadır. Isı iletkenliğinin yüksek olması yangının büyümesini artırmaktadır. Yapı malzemelerinin ısı yalıtımında kullanılmaları ise iletkenlik değerinin az olmasına bağlıdır.

Maddelerin ısı iletkenliği, ısı hareketinin hız olarak ölçülmesidir. (K) harfiyle ifade edilir. Bu değer; 1 inch kalınlığında, 0.093 m² boyutundaki malzemenin iki kenarında, bir saate oluşacak sıcaklık farkının ölçülmesiyle bulunur. (K) değerinin birimi (W/mK) dır. (K) değerinin küçük olması, o maddenin iyi bir yalıtım değerine sahip olmasını göstermektedir (**web iletisi 15**). **Tablo 3.1.**' de bazı yapı malzemelerinin ısı iletkenlik kat sayıları verilmiştir.

MALZEMELER	İLETKENLİK (K) (W/mK)
Yapı çeliği	113.00
Aliminyum	1160.00
Kurşun	245.00
Bakır	2712.00
Cam	5.00
Polyester	0.48
Polyetilen köpük	0.43
Cam yünü	0.29
Polystren	0.28
Mantar panel	0.27
Polystyrene	0.21
PVC	0.21
Polyüretan köpük	0.17
Gaz beton	0.14
Hafif beton	0.41
Beton	0.04
Dolu tuğla	0.70
Delikli tuğla	0.52
Sıva	0.87
Alçı plak	0.21
Durgun hava	0.03

Tablo 3.1. Bazı yapı malzemelerin Isı iletkenlik katsayıları (**web iletisi 15**).

3.4. Isı İletkenliğini Etkileyen Özellikler

- **Yoğunluk:** Cismin yoğunluğu boşluk hacmine bağlıdır. Boşluk içine hapsedilmiş hava iyi bir yalıtkanlık sağlar. Aynı cins maddelerden yoğunluğu az olanın, bünyesinde daha fazla hava boşluğu bulunduğu için ısı iletkenliği daha düşüktür.
- **Boşluk boyutu ve dağılımı:** Aynı cins ve yoğunluktaki malzemeler boşluk boyutu ve dağılımına bağlı olarak değişik ısı yalıtım özelliklerine sahip olabilirler. Çok sayıda küçük boşluk içerenler az sayıda büyük boşluk içerenlere göre daha iyi yalıtkanlardır. Ancak, çok ince kılcal boşluklarda tutulacak su nedeniyle ısı iletkenlik artar.
- **Minerolojik yapı:** Kristal yapıya sahip cisimler amorf (şekilsiz) yapıya sahip olanlara göre ısıyı daha iyi iletirler. İçyapı kusuru ve yabancı atom içermeyen metalin ısı iletkenliği alaşımlardan daha yüksektir. Betonun ısı iletkenliğinde agrega cinsi önemli rol oynar. Örneğin; yüksek fırın cürufu ile yapılmış beton, tuğla kırıkları ile yapılmışa göre daha iyi yalıtandır (**web iletisi 18**).

3.5. Yapı Malzeme ve Bileşenlerinin Yanıcılık ve Dayanıklılık Sınıfları

Yapılarda yanıcılık, kullanılan taşıyıcı sistem ve kullanılan yapı bileşenlerinin özelliğiyle doğrudan ilgilidir. Doğru malzeme seçimi yangının büyümesini yavaşlatır. Yangın çıktığında yanabilecek malzemelerin yapıda en az miktarda bulunması gerekir. Bu sayede yangın mahallinin emniyetli bir şekilde tahliyesine imkan verir ve hasarın minimum zararla atlatılmasını sağlar. Aşağıda yapı malzemelerinin yanıcılık sınıfları verilmiştir (**Tablo 3.2.**).

YANICILIK SINIFI	YAPI MALZEMELERİNİN İSİMLENDİRİLİŞİ	YANGINDA GÖZLENEN DAVRANIŞI	SINIFLANABİLEN MALZEMELER
A	YANMAZ		
A1	HİÇ YANMAZ	ALEVLENMEZ, YANMAZ, İŞİLDAMAZ, KÖMÜRLEŞMEZ (A1 SINIFINA GİREN MALZEMELER DENEY SONUCUNDA BELİRLENİR)	a) KUM, ÇAKIL, KERPİÇ, KİL, DOĞAL YAPI TAŞLARI b) MİNERALLER, TOPRAK c) ÇİMENTO, KİREÇ, ALÇI d) CÜRUF, PERLİT, VERMİKÜLÜT f) TUĞLA, KİREMIT, CAM, SERAMİK g) ASBESTLİ ÇİMENTO, MİNERALLER LİFLER h) İNCE TOZ HALİNDE OLMAYAN METALLER VE ALAŞIMLAR
A2	ZOR YANICI	ALEV KAYNAĞI VARKEN KİSMEN YANAR, İŞİLDAMAZ, KİSMEN BOZULUR, ATEŞİ İLETMEZ, YANGIN YÜKÜNE KATKISI OLMAZ	YANMAZ DOLGU MADDE İBAZİ POLİMER KOMPOZİTLER
B	YANICI		
B1	ZOR ALEVLENİCİ	ALEV KAYNAĞI KALKTIKTAN SONRA YANMAYI SÜRDÜRÜR ÖNEMLİ ÖZELLİKLERİ: -YANMA İSİSİ -ALEVLENME SICAKLIĞI -YANMA SICAKLIĞI -DUMAN OLUŞUMU -ZEHİRLİ GAZ OLUŞUMU	a) AHŞAP TALAŞLI HAFİF LEVHALAR b) ALÇI KARTON LEVHALAR c) ASBESTLİ MUKAVVA VE KAĞIT d) PVC ZEMİN KAPLAMALARI VE AHŞAP PARKE
B2	NORMAL ALEVLENİCİ		a) AHŞAP b) SUNİ AHŞAP LEVHALAR c) SERT PVC LEVHA d) POLYESTER e) POLİETİLEN h) ASFALT VE BİTÜMLÜ ÇATI ÖRTÜLERİ

Tablo 3.2. Yapı malzemelerinin yanıcılık sınıfları (Özkan 2002).

A2 ve B1 sınıfında bulunan kompozit malzemeler yapı bakımından üç guruba ayrılırlar:

- Yanıcı olan ve olmayan malzemelerin birleşmesiyle oluşan malzemeler: İnşaat çimentosu ve malzemeyi hafifletmek için çam ağacının kabukları soyulduktan sonra yongalanarak harmanlanmasından oluşan ahşap talaş levhaları (çimento veya magnezi hamuru+ahşap rende talaşı v.b.).
- Yanıcı olmayan çekirdek ve yanıcı kaplama ile yapılmış malzemeler: Laminant kaplı beton plaklar v.b.
- Yanıcı olan çekirdek ve yanıcı olmayan kaplama ile yapılmış malzemeler: Poliüretan dolgulu aliminyum sandviç paneller v.b.

İlk gruptaki malzemelerin yangına karşı tepkisi, yapısında bulunan malzeme çeşitlerine ve birleşim oranlarına bağlıdır. Diğer guruptaki malzemeler ise daima B2 sınıfına girerler.

Malzemelerin yangına karşı davranışları yapıda kullanıldıkları yere, boyut ve şekillerine göre farklılık gösterir. Mesela ahşap yapı elemanlarının kesitleri büyüdükçe yanmaları gecikir. Kalın kesitli ahşaplar geç yanar, fakat sivri köşeler daha çabuk yanar.

A1 sınıfı yapı malzemeleri yangından etkilenmez, alev çıkarmazlar ve kömürleşmez. Bu grup malzemeler genellikle kagir malzemelerdir. A sınıfına giren ve yanıcı olmayan yapı malzemelerinin yangına katkıda bulunmadıkları kabul edilmekle birlikte, sıcaklık yükseldikçe yapıları bozulabilmektedir. Bazı yapı malzemeleri, sıcaklık etkisiyle ayrışırlar örn. mermer ve kireç taşları kirece dönüşür. Bazıları ise, yüksek sıcaklıkta mukavemetlerini kaybederler örn. çeliğin 600 C°' deki mukavemeti 4000 kg/cm² den 1000 kg/cm²'ye düşer.

B1 sınıfı maddeler zor yanıcı maddelerdir. Alev ile karşılaştığında yanar ve ateş kaynağı kalktıktan sonra yanma olayı biter. B2 sınıfı malzemeler ise, normal alevlenici yapı malzemeleri kapsar. Bu sınıflar dışında kalan yapı malzemeleri, B3 sınıfını oluştururlar ve ‘kolay alevlendirici yapı malzemeleri’ olarak tanımlanırlar. Örneğin ahşap, kağıt, talaş (**Gürdal 1996**).

Yapı elemanlarının, yangına maruz kalmaları durumunda, tasarım aşamasında belirlenen işlevlerini, gerek yangına müdahale gerekse yangından kaçış için gerekli olan süre boyunca sürdürebilmeleri gerekir. Bir yapı elemanının, yük taşıma, bütünlük ve yalıtkanlık özelliklerini belirlenen sürede korunması ‘yangına dayanıklılık’ olarak tanımlanır (**web iletisi 3**).

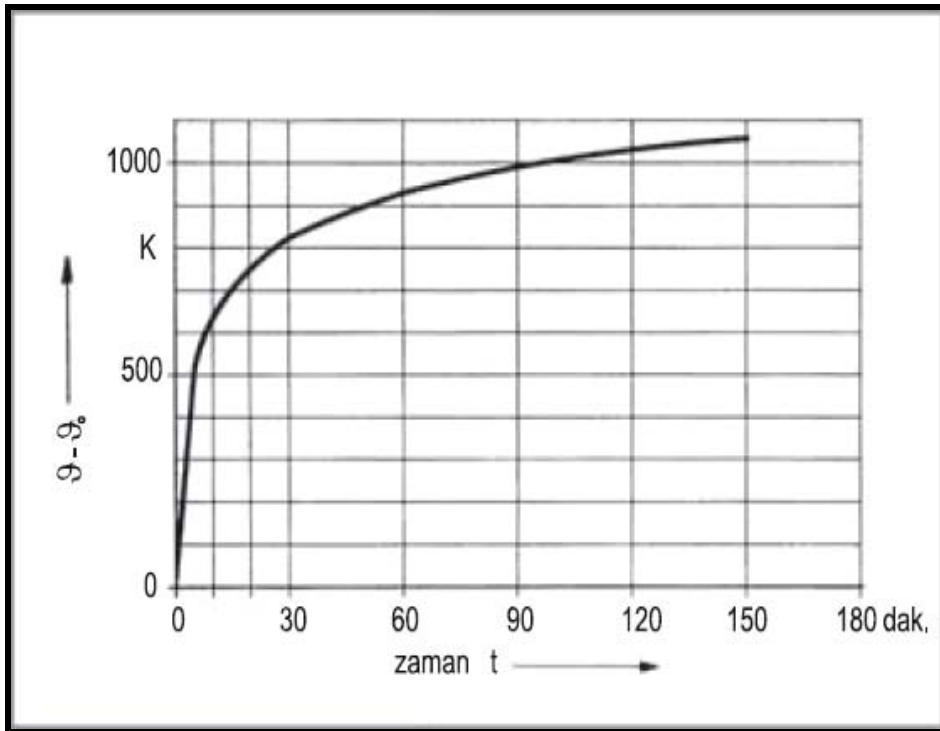
Yapı elemanlarının yangına dayanıklılık süreleri, sıcaklık ve basıncın uygun olduğu koşullar altında yapılan deneylerle belirlenir. Yapı elemanları, özelliklerini koruyabildikleri süreye göre, yanmaya dayanıklılık sınıflarıyla ifade edilirler (**Tablo 3.3**).

YANMAYA DAYANIKLILIK SINIFLARI	EN AZ YANMAYA DAYANIKLILIK SÜRELERİ (Dakika)
F30	30
F60	60
F90	90
F120	120
F180	180

Tablo 3.3. Yapı malzemelerinin yangın dayanıklılık sınıfları (**Web iletisi 14**).

Yangın riskinin yapılarda artmasına paralel olarak; dayanıklılık süreleri daha uzun olan yapı elemanları kullanılması ile, yangın ve zararlı etkilere karşı yapısal önlemler alınır. Örneğin Finlandiya’da, yangın yükü 600 MJ/m^2 ’nin altında olan 3-4 katlı konut ve ofislerde, taşıyıcı yapı elemanlarının en az 60 dakika yangına dayanıklı istenirken, yangın yükünün 1200 MJ/m^2 ’nin üzerinde olan aynı tip yapılarda taşıyıcı yapı elemanlarından en az 180 dakikalık bir dayanım talep edilmektedir (**web iletisi 3**).

Dünyada bir çok ülkede yangın dayanım değerleri için ISO 834 ile belirlenen uluslar arası 'standart yangın eğrisi' den yararlanılmaktadır (**Şekil 3.1**). Standart yangın eğrisi grafiğinde sıcaklık devamlı artmaktadır. Bunun nedeni malzemelerin farklı sıcaklıklardaki tepkilerini saptayabilmektir (**SPCE 1990**).



Şekil 3.1. Standart yangın eğrisi (**web iletisi 1**).

3.6. Yangın Yalıtım Malzemeleri ve Özellikleri

Yangın yalıtım malzemeleri yapı malzemelerine ısı enerji transferini geciktiren çeşitli malzemelerdir. Yapılarda, yangın sonucunda meydana gelebilecek can ve mal kayıplarını en aza indirmek için yangın yalıtım malzemeleri kullanılarak yapılan yalıtımlara yangın yalıtımı denir. Yangın yalıtımı, yapı malzemelerinin özelliklerini yitirmelerini önleyip, yapının strüktür sisteminin zarar görerek yıkılmasını önler.

Pasif yangın yalıtımında kullanılan yalıtım malzemeleri kendi içinde ikiye ayrılırlar,

- 1) Yangına dirençli (Fireproofing) malzemeler: Bunlar yapı elemanlarına yangın direnci sağlayan malzeme ve ürünlerdir
- 2) Yangını durduran (Frestopping) malzemeler: Yangını durduran malzemeler yapının diğer bölümleri ile yangın sınıfı duvar, döşeme arasındaki birinden diğerine delip geçen boşluklardan (borular, kablo kanalları, kanallar, şaftlar) zehirli duman gaz geçişini ve yayılmasını önler. Çoğu yangın durdurucu malzeme intumescent (ısıyla hacimce genişleyen) özelliğe sahiptir (**web iletisi 3**).

Yapılarda kullanılan yalıtım malzemeleri alevle karşılaşacak yüzeyin üstünde kalmalıdır. Metalik (alüminyum-paslanmaz çelik) bağlantı elemanları, levha ve şilteler için ise çelik rabitz teli ile beraber kullanılmalıdır. Alevle maruz kalan tüm yalıtım malzemeleri büzülür. Bu nedenle izolasyon malzemeleri ek yerleri üst üste gelmeyecek şekilde iki tabaka halinde uygulanmalıdır.

Yapılarda kullanılan bazı yalıtım malzemeleri:

- Alçı: Alçı yapı malzemeleri inorganik yapı malzemelerindedir. Alçı klasik yangına dayanıklı malzemeler içinde yer alır. Alçının yangın halinde ortaya koyduğu

koruyucu etki her şeyden önce içinde yaklaşık %20 oranında bulunan bağlı kristal suyuna dayanır (15 mm kalınlıkta alçı yaklaşık 3L kristal suyu içerir). Ateş etkisi altında alçının suyu çekilir yani kristal suyu çekilir. Böylece alçı yapı malzemesi arasında oluşan buhar perdesi sayesinde yangının ilerlemesini geciktirir.

Kristal suyunun ısınması ve buharlaşması sırasında örn. 15mm kalınlığında bir alçı plakada yaklaşık 8400 kJ (2000 kcal.) enerji tüketilir, suyu çekilen alçı tabakası kristal suyunun yangına karşı koruyucu etkisinin yanında yalıtkan işlevi de görür. Çünkü suyu çekilmeyen alçıya kıyasla daha düşük bir ısı iletme değerine sahiptir **(web iletisi 1)**.

Yapılarımızda alçı değişik şekillerde kullanılan yangın yalıtım malzemesidir . Sıva biçimde de uygulanabilen alçı genelde blok ve plaka olarak kullanılmaktadır. Alçının mukavemetini artırmak için vermiculite, perlit v.b. çeşitli mineraller kullanılabilir.

- Cam yünü: Ham maddesi kum, soda, boraks gibi inorganik maddelerin karışımıdır **(Şekil 3.2.)**. Yapılarda, araçlarda, tesisat ve sanayide ısı ve ses yalıtımı amacıyla kullanılır. Bağlayıcısız olarak dayanım sıcaklığı üst sınırın 550 C°'dir.
- Organik bağlayıcı (bakalit): Yangın sınıfı A olup, yangın güvenliğinin istendiği konstrüksiyonlarda güvenle kullanılmaktadır **(Berkmen 2001)**.



Şekil 3.2. Cam yünü (Web iletisi 7).

- **Taş yünü:** Taş yünü, bazalt taşının 1350-1400 C° de ergitilerek elyaf haline getirilmesiyle oluşmaktadır (**Şekil 3.3.**). Kullanım yeri ve amacına göre farklı boyut ve teknik özelliklerde, değişik kaplama malzemeleri ile şilte, levha, boru ve dökme şeklinde üretilmektedir. Yapılarda, tesisat ve sanayide ısı ve ses yalıtımı ile yangın durdurucu olarak kullanılır. Bağlayıcısız olarak dayanım sıcaklığı üst sınırı 750 C° (geçici süreler için 1000 C°). Organik bağlayıcı (bakalit) ile 650 C°'tır. Yangın sınıfı A olup, yangın izolasyonu için genelde 100-300 kg/m³ yoğunlukta olanlar kullanılır. Isı iletkenliği 350C°' de 0.092 W/mK'dir. F180-A 'ya kadar yangın güvenliğinin istediği arzuladığı konstrüksiyonlar da güvenle kullanılmaktadır (**Berkmen 2001**).



Şekil 3.3. Taş yünü (Web iletisi 22).



Şekil 3.4. Seramik yünü (Web iletisi 10).

- **Seramik yünü:** Seramik yünü seramik elyafları, aliminyum ve silikattan oluşur. Levha ve şilte formunda üretilir (**Şekil 3.4.**). Çalışma sıcaklığı 1200 C°'dir. 1750 C°'de erimeye başlar. Kesinlikle yanmaz, kullanıldığı alanda yangın yalıtımı da sağlamış olur. Isı yalıtkanlık kabiliyeti ve fiziksel özellikleri su, su buharı ve yağ gibi etmenlerden etkilenmemektedir (**Web iletisi 12**).

- **Perlit:** Perlit silis esaslı volkanik kayalara verilen isimdir (**Şekil 3.5.**). Saf perlit kayasının içinde %33 oranında su bulunur ve hızlı bir şekilde 870 C° ye kadar ısıtılınca bu kaya patlar ve 5 kat genişler. Bu sırada içindeki su buharlaşırken bünyesinde baloncuklar oluşur böylece iyi bir yalıtım malzemesi olmuş olur (**Özkan 2002**). Yapılarda çimentoyla karıştırılarak kullanılmaktadır. Dayanım sıcaklığı üst sınırı 1200 C°'dir. Yangın sınıfı A olup, karıştırıldığı çimentonun oranına bağlı olarak F80-A'ya kadar çeşitli konstrüksiyonla da kullanılır.



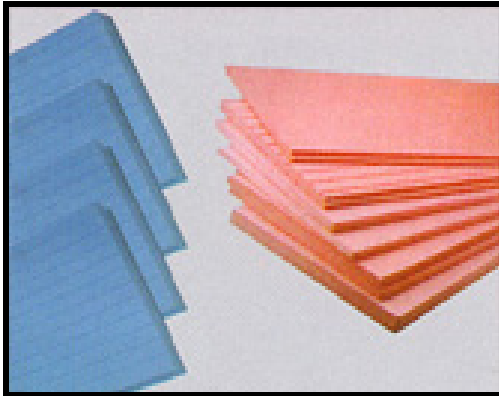
Şekil 3.5. Perlit (**Web iletisi 17**).

- **Kalsiyum silikat:** Kalsiyum oksit ve silikattan oluşur (**Şekil 3.6.**). Plaka şeklinde üretilir. Isı iletkenliği 0.18 W/mK'dır.



Şekil 3.6. Kalsiyum silikat (Web iletisi 11).

- **Extrüde polistren köpük-XPS:** Hammaddesi petrol türevidir (Şekil 3.7.). Yapılarda ısı yalıtımı amacıyla kullanılırlar. Dayanım sıcaklığı üst sınırı 75 C°'dir. Zor alev alan B1 tipi üretilmektedir.
- **Poliüretan köpük-EPS:** Hammaddesi petrol türevidir (Şekil 3.8.). Yapılarda özellikle sanayi alanında sandviç panellerin dolgu malzemesi olarak ısı yalıtım amacıyla kullanılırlar. Dayanım sıcaklığı üst sınırı 110-120 C°'dir. Zor alev alan B1 tipi ülkemizde üretilmektedir (Berkmen 2001).



Şekil 3.7. Extrüde

polistren köpük-XPS (Web iletisi 9).



Şekil 3.8. Poliüretan köpük- EPS

(Web iletisi 7).

Bir kısım yalıtım malzemeleri hem ısı yalıtım malzemesi olarak hem de yangın yalıtım malzemesi olarak kullanılmaktadır. Örneğin cam yünü, taş yünü gibi malzemeler bu tür malzemelerdir. Fakat petrol hammaddeli polistren, polietilen, poliüretan, v.b. gibi malzemeler yanıcı malzemelerdir. Bu malzemeler genellikle yapılarda ısı yalıtımı malzemesi olarak kullanılırlar. Yangın yalıtım malzemesi olarak kullanılmaları için B1 sınıfı olmaları gerekmektedir.

3.7. Yangına Dayanıklı Malzeme Seçiminde Dikkat Edilecek Hususlar

İnsanların yapılarda yangına karşı can ve mal güvenliğini sağlayabilmeleri için, yapıda kullanılan malzemelerin, yangına karşı ne kadar süre dayanabildiklerini bilmek lazımdır. Yapıda kullanılan malzeme seçimine karar verirken yapının büyüklüğü ve yüksekliği göz önünde bulundurulmalıdır.

Binalarda proje aşamasında, yangın güvenliği açısından yatayda ve düşeyde yangın bölmeleri oluşturulmalıdır. Yatayda, yanmayan malzemedan yapılmış döşemeler bu görevi yapar. Döşemelerin altında yapılacak asma tavanlar için yanmayan malzemeler seçilmelidir (alçı plak v.b.). Düşeyde ise, belli aralıklarla, yangın duvarı olarak adlandırılan bölmeler ile yangına dayanıklı ve duman sızdırmaz kapılar kullanılmalıdır. Yapının dış cephesi ve çatı kaplama ve yalıtım malzemeleri de yangına karşı dayanıklı olmalıdır.

Kagir yapı malzemelerinin dışında yapılarda ve tesisatta yangın durdurucu olarak kullanılan malzemelerden biride taş yünüdür. Yangın duvarı ve kapısı gibi elemanlarda bu amaçla taş yünü kullanılır. Yüksek yapılarda ısı ve ses yalıtım malzemesi olarak aynı zamanda yangın durdurucu özelliği olan taş yünü

kullanılmalıdır. Ayrıca özellikle çelik iskeleti yapılarda strüktür taş yünü ile yangına karşı korunmalıdır (**Berkmen 2001**).

Yönetmelik ve standartlar bitirme ve yapısal elemanlarda kullanılan malzemeleri, A sınıfı yanmayan malzemeler ve B sınıfı yanan malzemeler olarak gruplandırılmıştır. Yangına maruz kalmış bir malzeme A sınıfı olsa bile özelliğini kaybedebilir.

Yapı malzemelerinin yüksek sıcaklık altında yanmaz özelliklerini sürdürmeleri önemli bir özelliktir. Buna paralel olarak yapı elemanlarının yangına karşı direnç süreleri yönetmeliklerde yarımşar saatlik zaman dilimleri esas alınarak gruplandırılmıştır.

Taşıyıcı yapı elemanlarını yangının etkisinden korumak ve yangına direnç sürelerini artırmak amacı ile çevrelerini alçı, beton, mineral yün (taşyünü, camyünü) gibi yanmayan, ayrıca yangın sırasında bozulsa bile kolayca tamir edilecek malzemeler ile kaplama yoluna gidilmiştir. Bu sayede yangın sırasında taşıyıcı sistem, kendisi için zararlı olacak sıcaklık seviyesine ulaşması gecikecek ve yangın tehlikesi altında kalmış insanların tahliyesi için zaman kazandıracaktır.

Bu alanda ülkemizde **İstanbul Büyük Şehir Belediyesi yangından korunma yönetmeliğinin** yangına dayanıklı malzeme seçimiyle ilgili, getirmiş olduğu temel zorunluluklardan bazıları aşağıdaki maddelerde belirtilmiştir.

- Yangın güvenliği açısından kolay alevlenen B3 sınıfı yapı malzemelerinin inşaatlarda kullanılmasına müsaade edilmez. Bunlar ancak kompozit içinde veya özel önlemler alınmasıyla normal alevlenen B2 sınıfına dönüştürüldükten sonra kullanılabilirler (Mad.2.7.1).

- İki kattan daha yüksek binalardaki taşıyıcı duvar, ayak ve kolonlar ise en az F90-A sınıfında olarak inşa edilirler. Duvarlarda iç kaplamalar ve ısı yalıtımları en az normal alevlenen B2, yüksek binalarda ise en az zor alevlenen B1, dış kaplamalar iki kata kadar olan binalarda en az B2, daha yüksek binalarda ise yanmaz A sınıfı malzemelerden yapılır. (Mad.2.7.2.).
- Döşeme üzerinde kolay alevlenen B3 sınıfı malzemedan ısı yalıtımı yapılmasına, üzeri en az 2 cm kalınlığında şap tabakası örtölmek şartı ile izin verilir. Döşeme kaplamaları da en az B2 ve yüksek binalarda ise en az yanmaz A sınıfı malzemelerden yapılır (Mad.2.7.3.).
- Olağan binalardaki yapı malzemeleri için aranan yanıcılık sınıfları ile yapı elemanları için aranan yangın dayanıklılık sınıfları, toplu şekilde verilmiştir. Önemli binalarda ve özel mühendislik yapılarındaki taşıyıcı sistemlerin hesaplanmasında aranacak asgari şartlar ise itfaiye müdürlüğünce her yapı için özel olarak tespit edilecektir. (Mad.2.7.3.).

Ayrıca, küçük ve alçak yapılarda kullanımına izin verilen B1 ve B2 sınıfı malzemelerin dahi, yangına dirençli sıva veya kaplamalar arkasında kullanılması şeklinde zorunlulukları vardır (**İBB 1994**).

4. ÇELİĞİN YAPISAL ÖZELLİKLERİ VE HAFİF ÇELİK SİSTEM

4.1. Malzeme Olarak Çeliğin İç Yapısı

Bileşiminde %2'ye kadar karbon içeren demir karbon alaşımlarına "Çelik" adı verilir. Çeliklerde, başta karbon olmak üzere bileşimde her zaman bulunabilen Si, Mn, P, S ile alaşım elementi veya deoksidasyon amacı ile ilave edilen Ni, Cr, V, Mo, W, Al, Ti, Nb gibi elementlerin mevcudiyeti çeliğin yapısını ve tüm özelliklerini oluşturmasına etki ederler. Çeliklerin kimyasal bileşiminin yanı sıra, biçimlendirme yöntemleri ile uygulanan ısıtım işlemler de malzeme iç yapısını ve dolayısı ile de özelliklerini çok yakında etkileyen faktörlerdir (**Dikeç 1995**).

Yapı endüstrisi alanında kullanılan çelikler saf demirden oluşmazlar. Çünkü bu tür çelikler yumuşak ve işlenebilirdir. Bu sebeple çeliğe bazı elementler eklenir ve bu elementlerin oluşturduğu alaşım kullanılır. Demirden başka ana alaşım elementi olarak sadece karbon içeren fakat (% 0,5 Si, % 0,8 Mn, % 0,1 Al, % 0,1 Ti, % 0,25 Cu) sınırları içerisinde alaşım elementlerini de bulundurabilen çeliklere karbon çelikler denir. Karbon çelikler içerisinde bulunan karbon oranına göre üç farklı şekilde oluşur:

- Yapısında % 0-0,20 arasında karbon bulunduran çelikler: Mekanik özellikleri göz önünde bulundurularak yumuşak çelikler olarak da tanınırlar. Az karbonlu çelikler dünya çelik üretiminin en büyük miktarını kapsarlar. Bilhassa yassı mamuller ile inşaat sektörü ve temel yapılarda kullanılan çelik çubuk ve profiller az karbonlu çelikler sınıfındadırlar. Hafif çelik profiller de bu tür çeliklerdir.
- Yapısında %0,20-0,50 arasında karbon bulunduran çelikler: Karbon miktarına bağlı olarak orta derecede mekanik özelliklere sahiptirler. Bilhassa makine sanayinin

tercih ettiđi çeliklerdir. İřlenebilme kabiliyetleri ve Őekil alabilme kabiliyetleri, az karbonlu çeliklere nazaran daha dűřűktűr.

- Yapısında % 0,50'den fazla karbon bulunduran elikler: Normal halde yűksek mukavemetli ve sűnekliđi az olan çeliklerdir. Bu bakımdan ařınmaya dayanıklı ve kesici ۆzelliđe sahiptirler. İřlenme ve Őekil alabilme kabiliyetleri dűřűktűr. Bu gruptaki çelikler daha ziyade takım ۆretiminde kullanılırlar (**Dikeç 1995**).

4.2. Çeliğin ۆzellikleri

elik yanmaz ۆzellikte bir malzemedir. Bunun yanı sıra yangın yűkű bulunmamaktadır. Fakat yangın sırasında yűksek sıcaklık sebebiyle mukavemetini kaybederler. Bu durumu etkileyen diđer etkenler, elik elemanın iřlevi, tařıdıđı yűk ve ortam sıcaklıđıdır.

elik elemandaki gerilme yođunluđu, yűk tařıma kapasitesini etkiler. Bűyűk yűk gerilimi, yűksek sıcaklıkla birleřince elik eleman daha çabuk űkecektir. 593 C° normalde kritik sıcaklık olarak kabul edilir. Bu sıcaklıkta çeliđin akma sınırı, oda sıcaklıđındaki normal çalıřma gerilimine oranla %60 dűřecektir. Gerilimdeki bu dűřűř, elemanın elastikiyetinin de dűřűřűyle birlikte oluřur (**Smith, Harmanty 1978**).

Çeliđin içindeki sıcaklık, çeliğin gerilme sınırlarını belirler. Bunun nedeni elik çok yűksek bir iletkenlik kapasitesine sahiptir. Çelikler yapılarına gűre ısıyı farklı iletirler (**Ek-1**). Bir bűlgedeki ısıyı daha soğuk bűlgelere hızlı bir Őekilde iletir. Bu ۆzellik sıcaklık kapasitesiyle birleştiği zaman bir ısı kalkanı gibi çalışır. elik,

sıcaklığı diğer soğuk alanlarına iletirken geçen süre, kritik sıcaklığa erişimi geciktirecektir (**Smith, Harmanty 1978**).

Çelik, yangın sınıfı bakımından A1 olan yanmaz bir malzemedir. Ateş karşısında duman ve zehirli gaz üretmez. Çelik çok iyi bir iletkenidir. İnce kesitli çelikler ortam sıcaklığına yakın sıcaklıkta olmaktadırlar. Çeliğin 250 C°'nin üzerindeki mekanik dayanımı hızla düşer ve sıcaklık 450 C°'nin üstüne çıktığında ise yapı elemanlarında çökme olabilir. Bu çökme sıcaklığına Kritik sıcaklık denilmektedir. Ancak bu kritik sıcaklık yukarıda verilen değerlerle sabit değildir.

4.3. Çelik Elemanların Birleşim Teknikleri

Çelik yapılar, profillerin ve levhaların birleştirme araçları ile bir araya getirilmesiyle oluşturulurlar. Oluşturulan birleşimin, elemanlara herhangi bir zarar verilmeden sökülüp sökülememe durumuna göre; sökülebilen ve sökülemeyen birleşimler olarak iki gruba ayırmak mümkündür (**Karaduman 1999**).

4.3.1. Sökülebilen birleşim teknikleri

Sökülebilen birleşimler teknikleri, bulonlar ve vidalarla yapılan birleşimlerdir. Sökülebilen birleşimlerin amacı, perçinlerin dövülme imkanı bulunmayan yerlerde birleşimlerin daha kolay yapılmasıdır. Bulon altı köşeli başı ve somunu, silindirik gövdesi olan, çözülebilen bir birleşim aracıdır. Silindirik gövdenin bir kısmı düz, uç kısmında somun takılmasına uygun bir dişlidir. Bulon önceden açılmış yuvaya takılır

ve uç kısmına ilk olarak rondela yerleştirildikten sonra somuna takılarak anahtarla sıkılır. Bu birleşim tekniği hafif çelik yapılarda da kullanılır.

4.3.2. Sökülemeyen birleştirme teknikleri

Kaynak ve perçin ile yapılan birleştirme teknikleri sökülemeyen birleştirme teknikleridir. Perçinleme, uzun zamandır her türlü inşaatda kullanılmış rijit bir birleştirme yöntemidir. Kaynak tekniğindeki gelişme ve güvenilirliğinin artması ile perçin, yerini kaynağa bırakmıştır. Günümüzde modern çelik yapılarda en yaygın birleştirme yöntemi kaynaktır.

Perçinli birleşimler: Perçin, yuvarlak çelikten presleme yöntemiyle elde edilen, delik çevresinde ezilme ve gövdesinde makaslama etkisiyle yük taşıyan birleştirme vasıtalarına perçin denir. Ham perçin silindirik bir gövde ve bir başlıktan meydana gelir (**Şekil 4.1.**). Perçin kızıl dereceye kadar ısıtılarak, önceden açılan yuvaya yerleştirildikten sonra el veya havalı perçin tabancasıyla vurularak oluşturulur (**Karaduman 1999**).

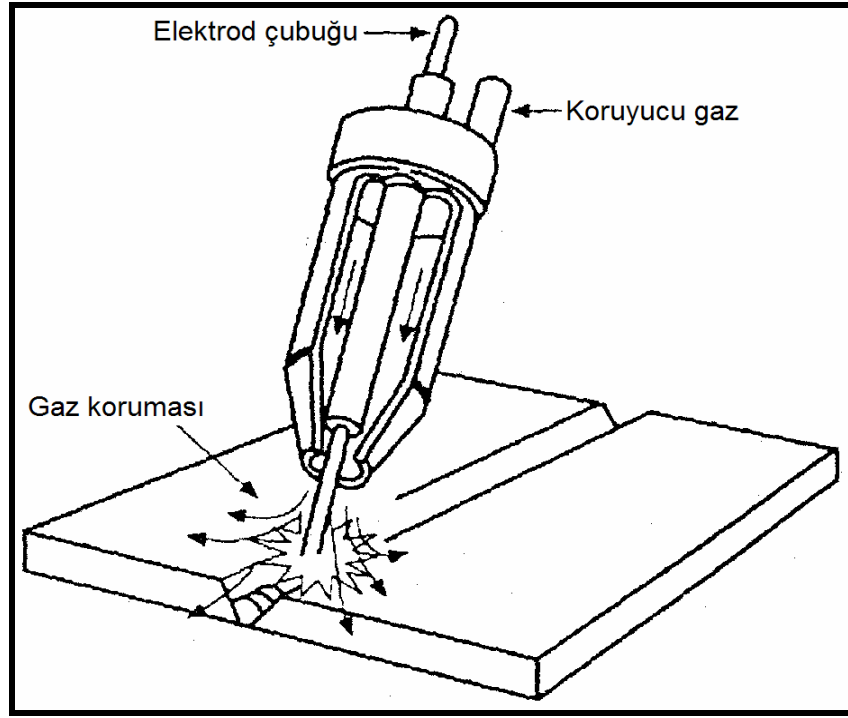


Şekil 4.1. Değişik tür ve boyda perçinler (**web iletisi 12**).

Kaynaklı birleşimler: Alaşımli metallerin ısı etkisi altında, aynı veya benzer alaşımli ilave metal kullanarak veya basınç etkisiyle birleştirilmesine kaynak denir. Kaynak bağlantılarıyla iki veya daha çok metal parça çözülmeyecek şekilde birleştirilir. Kaynaklı birleşimler aşağıdaki yöntemlerle yapılırlar:

- Isı ve basınç uygulanarak yapılan kaynaklar,
- Metallerin eritilmesiyle yapılan elektrik arkı kaynağı ve oksiasetilen kaynaklarıdır

(Şekil 4.2.) (Toydemir, Gürdal, Tanaçan 2000).



Şekil 4.2. Elektrik arkı kaynağı (Anon 2001).

Kaynaklı birleşimler çelik yapılarda, perçin ile kıyaslandığında çok daha yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Karaduman 1999).

4.4. Strüktürel Çelik Elemanların Üretim Yöntemlerine Göre Türleri

Çelik, demir cevherlerinden iki aşamada elde edilir. Birinci aşama demir cevherinden ham demir elde edilmesine kadar geçen aşama, ikinci aşama ham demirden çeliğin elde edilmesine kadar geçen aşamadır. Bu aşamalar sonucunda elde edilen çeliğin şekillendirilmesinde farklı teknikler ve sınıflandırmalardan bahsetmek mümkündür. Bunları:

- Sıcak biçimlendirilmiş hadde mamülü çelik ürünler
 - Soğuk biçimlendirilmiş hadde mamülü çelik ürünler
- olmak üzere iki ana başlıkta toplayabiliriz.

4.4.1. Sıcak biçimlendirilmiş hadde mamülü çelik ürünler

Malzemeleri, eksenleri etrafında dönen iki silindir (merdane) arasından geçirerek yapılan plastik şekil verme işlemine haddeleme denir. Haddeleme, üretim hızı ve sürekliliği ile, işlemin ve ürünün kontrolünün kolay oluşu nedenleriyle en çok kullanılan plastik şekil verme yöntemidir. Plastik deformasyonun yapıldığı bütün malzemelerin % 95 kadarı haddeleme ile şekillendirilir.

Haddeleme, işlem sıcaklığına göre sıcak ve soğuk haddeleme olarak sınıflandırılır. İngot (külçe) ve kütük dökümlerin haddelenmesinde olduğu gibi büyük oranlarda kesit daralması yapıyorsa, haddeleme sıcak işlem olarak yapılır. Malzemenin yeniden kristalleşme sıcaklığının üzerindeki sıcaklıklarda yapılan sıcak haddeleme ile döküm yapısı bozulurken, daha küçük kesitli ürünler elde edilir. Çelik ingotlardan sıcak haddelemeyle slab (kalın çelik dilimi) ve kütük gibi yarı ürünler ile

levha, sa, çubuk, boru, ray ve profiller gibi çeşitli ürünler elde edilebilir **(Dikeç 1995)**.

Soğuk haddeme de önemli olup, sa, folyo, ince çubuk ve tel gibi kk kesitli ürünlerin elde edilmesinde kullanılır. Soğuk haddeme, düzgün bir yüzey, hatasız boyutlar ve yüksek mukavemet sağlamasına karşılık, işlem için gerekli haddeme kuvvetlerinin ve gücünün artmasına yol açar.

Sıcak haddelenmiş elik rnler:

Sıcak haddelenmiş elik I profiller: Enine kesiti I harfine benzediği için bu şekilde adlandırılmaktadır Bir çok çeşitli bulunmakla birlikte Türkiye’de sadece I ve IPB profilleri üretilmektedir. I profili iki başlık ve gövdeden oluşur **(Susam 2003)**.

I normal profiller: Başlık genişliğine nazaran gövde yüksekliği daha fazla olan, başlıkların i yüzeyleri %14 meyilli olan I profilidir. **(EK-2)**. H yüksekliği 200 mm demektir. Diğer bütün değerler DIN 1025 ‘te verilmiştir. Gövde düzlemindeki yükler için kiriş olarak uygun bir profildir.

IPE profil: Başlık yüzeyleri birbirine paralel, başlıklar I normal profiline göre daha geniş ve ete kalınlığı daha azdır **(EK-2)**. IPB, IPL, IPBV olmak üzere üç ayrı çeşitli vardır. Geniş başlıklı I profilleri tek yönde ve iki yönde eğilme tesirine maruz kalan kiriş ve kolon olarak kullanılır **(Susam 2003)**.

U profil: şekil olarak enine kesiti U harfine benzer **(EK-2)**. İki başlık ve bir gövdeden meydana gelir. Başlıkların i yüzeyi meyillidir. Aşık, döşeme kirişi, kafes kirişi çubuğu ve iki veya daha fazlası birlikte kolon olarak kullanılır.

L köşebent (korniyerler): şekil itibariyle L harfine benzerler **(EK-2)**. Kol uzunluklarına göre eşit kollu veya değişik kollu korniyer olmak üzere iki gruba

ayrılırlar. L köşebentler kafes kiriş alt ve üst başlığı örgü çubukları, rüzgar ve perçinli dolu gövdeli kiriş yapımında kullanılırlar.

Çelik T profil: Çelik T profili, enine kesiti T biçiminde olan çelik profildir (**EK-2**). Yüksek gövdeli ve geniş tabanlı olmak üzere iki çeşiti vardır. Kafes kirişlerde başlık ve örgü çubuğu, doğramalarda cam merteği olarak kullanılır (**Susam 2003**).

Lamalar: Dikdörtgen en kesitli çubuklara lama denir. Dar, geniş ve ince lamalar olmak üzere gruplara ayrılırlar. Dikdörtgen yanında lamanın genişliği ve et kalınlığı yazılmak suretiyle gösterilir.

Soğuk haddelenmiş çelik ürünler:

-İnce levhalar: Kalınlığı 3 mm veya daha ince sac levhalar ince levhalar olarak isimlendirilirler. Sıcakta çinko ile kaplanarak (galvanizleme) çatı kaplama ve duvar kaplamalarında kullanılır.

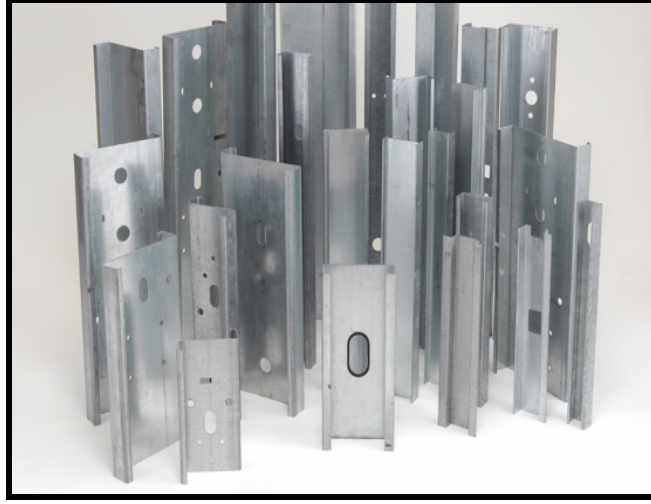
-Orta Kalınlıktaki Levhalar: Kalınlıkları $3 < t < 4.75$ mm olan levhalardır. Hafif çelik yapılarda kullanılır.

-Kalın levhalar: Kalınlıkları $4.75 < t < 60$ mm olan levhalardır. Bu levhalar, kirişlerde gövde ve başlık olarak, kafes kirişlerde gövde başlık olarak kullanılırlar. Çelik çerçevenin inşa edilebilmesi için ciddi bir detaylandırma çalışması yapılmasına gerek vardır.

4.4.2. Soğuk biçimlendirilmiş çelik

Saç çelik malzemesinin, döndürerek çevirme makinelerinde çekilmesiyle soğukta şekil verilmesiyle oluşturulan çeliğe soğuk biçimlendirilmiş çelik denir.

Genellikle profil şeklinde olup (**Şekil 4.3.**) yapı endüstrisine, otomotiv tren ve uçak endüstrisinden taşınmıştır.



Şekil 4.3. Hafif çelik profiller (**web iletisi 22**).

Soğukta şekillendirilmiş çelikler ilk olarak iç mekanda kullanılan bölücü eleman sistemlerinde ve hafif olması nedeniyle çatı sistemlerinde (mertek v.b.) kullanılmıştır. Daha sonraları ise bu malzeme endüstri yapıları ve rekreasyon alanlarındaki basit yapı ve üst örtü sistemlerinde özellikle Amerika’da yaygın olarak kullanılmıştır.

4.5. Yapıda Hafif Çelik Sistem

Soğukta şekillendirilmiş profiller ilk olarak iç mekanda kullanılan bölücü eleman sistemlerinde ve hafif olması nedeniyle çatı sistemlerinde (mertek v.b.) kullanılmıştır. Daha sonraları ise bu malzeme endüstri yapıları ve rekreasyon alanlarındaki basit yapı üst örtü sistemlerinde Amerika’da yaygın olarak

kullanılmıştır. İlk teknik çalışmalarına 1930'lu yıllarda yine Amerika'da başlanan soğukta şekillendirilmiş çelik profiller ile ilgili ilk standartların geliştirilmesi (AISI tarafından) 1946 yılına kadar sürmüştür.

II. Dünya savaşı sonrası hafif çelik yapılar ile ilgili çalışmalar özellikle Japonya Almanya ve İskandinav ülkelerinde artmıştır. Hafif çelik ilk uygulama denemeleri 1950' li yılların sonlarında Almanya'da yapılabilmiş ve hafif çelik çerçeve sistemin bugünkü halini alması 1980'li yılları bulmuştur. Hafif çelik çerçeve sistem 'Baloo Frame' adı verilen ve Amerika'da tek ev yapımında 1832'den beri kullanılan ahşap iskelet yapım sistemiyle benzerlik göstermektedir. Duvar/döşeme olarak çalışan yapım sisteminde tüm taşıyıcı eleman kesitleri (5/10 cm) aynıdır. Bu elemanlar belirli aralıklarla tekrar edilerek ve belli noktalarda birbirlerine yatay elemanlar ve özel yapım çiviler yardımıyla bağlanarak taşıyıcı duvar ve döşemeleri oluştururlar (**Şekil 4.4**). İskelete dıştan ahşap lambiriler tutturularak, sistemin dış kaplaması ve duvar kaplamaları da benzer şekilde yapılmaktadır (**Terim 2004**).



Şekil 4.4. Hafif çelik sistem

Amerika’da yaygın olarak kullanılan ahşap evlerin yerini 1980’lerde hafif çelik evler almaya başlamıştır. Ahşap fiyatlarının artan taleple doğru orantılı olarak yükselmesi ve taşınma kolaylığı açısından hafif çelik malzemenin üstünlüğü (hafif çelik ahşaba göre % 60 daha hafiftir) konuyla ilgili firmaların hafif çelik evlerle yönelmesini sağlamıştır. %100 oranda geri dönüşümü mümkün olan ve çelik profillerin kullanımı sayesinde ahşap hızlı bir şekilde daha çok gereksinim duyulan sektörlere kaydırılmaya başlanmıştır. Bugün Amerika’da tek ve çift katlı konutların %20 si hafif çelik çerçeve sistem ile üretilmektedir. 1992’de bu şekilde 500 konut üretilmekte iken, 1993 yılında 15000 konut üretilmiştir. 2002’de ise bu rakam 100000 konuta ulaşmıştır. Amerika’nın dışında Avustralya ve Kanada’da hafif çelik yapı sektörü gelişmiştir.

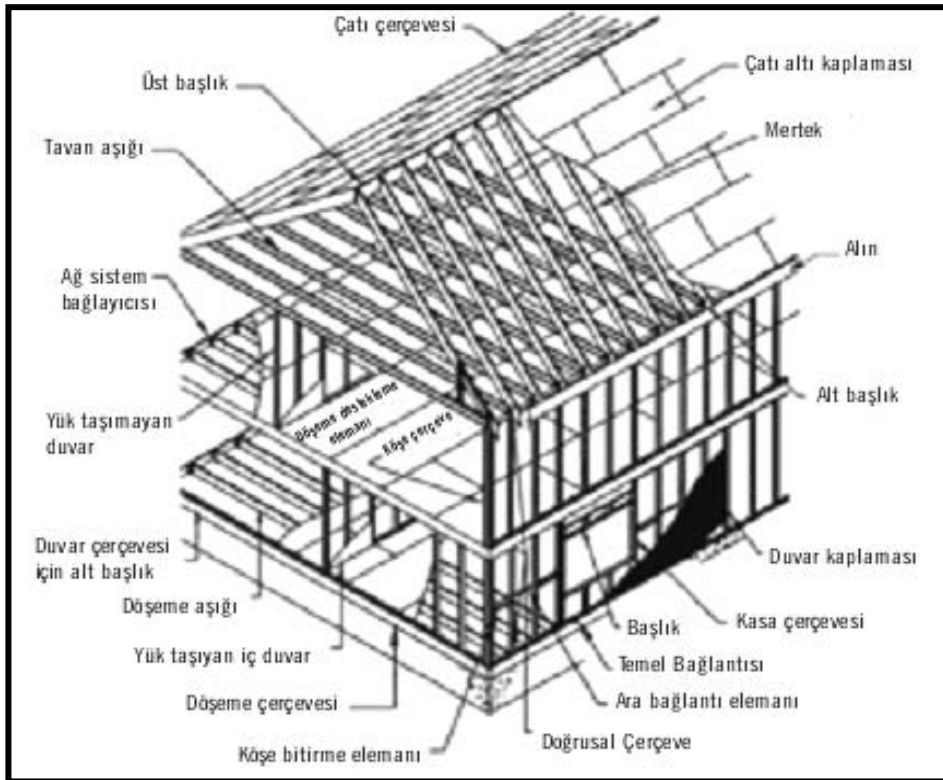
Türkiye’de ise hafif çelik yapı 1999 yıl sonu itibariyle yaygınlaşmaya başlamıştır. Adapazarı depremi sonrasında mevcut yapı sistemi arasında hafif çelik sistemler dikkat çekmiştir. Sistem hafifliği, kolay üretilip hızlı monte edilebilmesi, ve betonarme ile boy ölçüşebilecek maliyet koşulları ile pazarda bir çok kuruluşun dikkatini çekmiştir. Ülkemizde 1999 depremi sonrası ilk iki yıl içerisinde 100 civarında kuruluş hafif çelik sistemle konut üretimine başlamıştır (**Terim 2004**).

4.5.1. Hafif çelik yapı elemanları

Hafif çelik sistem; soğukta şekil verilmiş çelik profillerden oluşan taşıyıcı duvar, döşeme ve çatı panellerinin gerekli ankraj kurallarına göre birleştirilmesinden oluşan sistemdir. Taşıyıcı duvar ve döşeme panellerinden oluşan sistem profilleri sıcak daldırma galvanize teknolojiyle üretilen sıcak hadde rulo galvaniz saclardan,

soğuk şekillendirilerek imal edilir. Et kalınlıkları 0,50 mm ile 2,50 mm arasında olmaktadır. Düzgün aralıklarla dizilmiş duvar ve döşeme taşıyıcı elemanları yatayda ve düşeyde ara elemanlarla birbirine bağlanır. Yatay yükleri karşılaması anlamında çapraz gergeri elemanları ve yatay kuşaklar ile sistem giydirilir. Paneller arasında yük aktarımı yardımcı çelik ankraj elemanları vasıtası ile sağlanır (**web iletisi 4**).

Yapı sistemi olarak ahşap iskelet yapıya benzer. Duvar/döşeme olarak çalışan sistemde 5/10 cm kesitli ahşap elemanların yerini soğukta şekillendirilmiş çelik profiller almaktadır. Saç malzemenin saç kalınlığı ile soğukta şekillendirilmiş çelik profillerin yük taşıma kapasitesi ise profil kesitleri ile doğru orantılıdır. 50- 65 cm aralıklar ile duvar, döşeme ve çatı sistemi boyunca yerleştirilen çelik profiller ya tayda ara elemanlar ile bağlanmaktadır (**Şekil 4.5**).



Şekil 4.5. Hafif çelik konut yapı elemanları (Terim 2004).

Duvarlar rüzgarlık adı verilen çapraz gergi elemanları ile dıştan güçlendirilmektedir. Hafif çelik elemanların birbirine bağlandığı noktalarda yük aktarımı yardımcı çelik bağlantı elemanları ile sağlanmaktadır. Yük yoğunluğunun arttığı bazı noktalarda birden çok profil birleşerek kullanılabilir

Bağlantılar bulon, perçin ve kaynak türleri kullanılarak yapılmaktadır veya profiller birbirlerine delme kabiliyeti olan vidalar aracılığıyla ile birleştirilir. Belli çap veya borularda üretilen bu vidaların karşılayabileceği yükler gibi çeşitli çalışma ve şartnamelerde tablolar halinde mevcuttur. Bu vidaların korozyona ve yangına karşı dayanıklı olmaları için galvanizlenmiş veya co-polimer boya ile kaplanmış olmaları gerekmektedir. sistem elemanlarının birbirine bağlanması için duvar, döşeme ve çatılar da sistemi tamamlarlar (**Şekil 4.6.**). Böylece iskelet sistem çerçeveler oluşturarak yükün yayılmasını sağlar . Bu nedenle hafif çelik yapı sistemi altında sürekli temel veya radye temel kullanımı gerekmektedir (**Terim 2004**).



Şekil 4.6. Hafif çelik konut (web iletisi 21).

4.5.2. Hafif çelik yapım tipleri

Hafif çelik sistemle yapılar genelde üç farklı şekilde yapılırlar:

- a) Çubuksal (stickbuilt) sistem,
- b) panel sistem,
- c) modüler sistem.

Fabrikada üretilen ve bu şekilde inşa alanına getirilerek applike edilen 3 sistem birbirine farklı noktalarda üstünlük sağlarlar.

- **Çubuksal (stickbuilt) sistem:** Hafif çelik profiller inşaat alanına getirilir. Duvarda kullanılacak profiller 2 katlı 3 katlı bir bina uygulamasında tüm kat yüksekliği kadar uzunlukta hazırlanmakta ve döşemeler katlar boyu yükselen duvar sistemine içten bağlanmaktadır. Süre olarak modüler ve panel sisteme göre daha uzun bir sürede (birkaç ay) inşa edilir, profillerin galvaniz katmanlarının zarar görme olasılığı diğer sistemlere göre fazladır, inşa sonrası zarar gören noktalar antipas boya ile tekrar boyanmalıdır.

- **Panel sistem:** Türkiye’de kullanılan yapım sistemidir ve dünyada da en yaygın kullanılan sistemdir. Bu sistemde profiller fabrikada boyutlandırılıp üretildikten sonra panellerin hafif olması nedeniyle 1-2 işçi tarafından rahatlıkla taşınıp monte edilebilmektedir. 5-6 kişilik kalifiye bir ekip tarafından 2 katlı standart ölçülerde bir konutun taşıyıcı sistem montaj aşaması birkaç gün içerisinde tamamlanabilmektedir. Sistem kolay ve hatalara yer vermeyecek şekilde tamamlanır **(Terim 2004)**.

- **Modüler sistem:** Özellikle birkaç İngiliz şirketin ürettiği hafif çelik sistem modül elemanları dünyaya pazarlaması ile yaygınlaşan bir sistemdir. Sistemin

yapısal çalışma prensipleri hafif çelik çerçeve sistemi ile aynı olsa da, üretilen modüllerin yangın dayanımını artırmak için hazırlanan özel ısı yalıtım sistemi ve ek çelik bağlayıcı elemanlar sayesinde sistem 6 kata kadar yapı yapılmasına imkan vermektedir. Modül elemanların vinçler ile taşındığı sistemde üst üste konulan modüller dıştan çelik kablo veya farklı çelik gergi elemanları ile birbirlerine sabitlenerek hafif çok katlı yapı oluşumu sağlamaktadır. Sistem iş aletlerinin çalışabileceği bir alanda sadece 2-3 günde kurulabilmektedir (**Şekil 4.7**) (**EK-3**). Ayrıca bu modüller tekrar kullanıma uygun, yer değişebilecek şekilde tasarlanmaktadır (**Terim 2004**).



Şekil 4.7. Modüler sistemle yapılmış hafif çelik sistem (**web iletisi 20**).

4.5.2. Hafif çelik sistemin özellikleri

Hafif çelik sistemin üretim ve yapım aşamalarında olumlu bir çok özelliği vardır. Bu özelliklerden bazıları aşağıda sıralanmıştır:

- Hafif çelik sistemde kullanılan soğukta şekillendirilmiş profiller homojen, izotrop, yüksek rijitlik, yüksek duktilite (yük taşıma kapasitesi) özellikleri gösterir. Sürekli denetlenerek üretildiği için tüm profil kesitlerinde eleman özellikleri aynıdır.
- Yüksek dayanım nedeni ile hafif çeliğin öz ağırlığının taşıdığı yükün, yararlı yüke oranı çok küçüktür.
- İnce kesitli çelik strüktür, diğer yapı türlerine oranla hafif olduğu için (keza betonarme strüktüre göre 10 kat daha hafiftir). Depremden diğer strüktürlere daha az etkilenir. Kötü zemin koşullarında da uygulanabilen hafif ve sağlam bir sistemdir.
- Ön üretimli çelik yapı sisteminde insan insiyatifi yok denecek kadar azdır. Profiller şartnamelere uygun saçtan, bilgisayar denetiminde tasarlanıp üretilir ve montaj işlemi tekniğe uygun yapılırsa yapı doğru şekillenir, güvenli olarak kullanılır.
- Hava şartlarına bağlı olmaksızın her iklimde sürekli inşa edilebilen bir yapı sistemidir.
- Uygulamada herhangi bir şekilde kalıp kullanımı gerekmediği için ölü malzeme maliyeti yoktur. Kuru uygulamalı bir sistemdir, şantiye alanında artık bırakmaz.
- Ön üretim sırasında tesisat delikleri açılabilirdiği için elektrik, sıhhi ve kalorifer tesisatı için işçiliğinde kırma dökme yoktur. Dolayısıyla daha düşük iş gücü ve daha hızlı üretim söz konusudur.
- Yapı sistemi doğru şekilde yalıtıldığında tüm iklim şartlarına uyan bir yapı oluşturulabilmektedir.
- Sistem elemanları zaman içinde betonarme, ahşap sistemler gibi çalışan ve şekil değiştiren malzemelerden olmadığı için doğru şekilde yalıtıldığında nemli ortamlarda yapısal değişiklik göstermez. Böcek ve benzeri haşere oluşumuna yol açmaz.

- İnşa edileceği ortama göre galvanizleme veya antipas boyama teknikleri ile kaplanan sistem elemanlarında paslanma sorunu görülmez.
- Galvanizleme yoluyla sağlanan korozyon direnci sistemin uzun ömürlü olmasını sağlar.
- Çelik tutuşmayan bir malzemedir, fakat ısı iletkenliği oldukça yüksek olan bu malzemenin ısı ve yangın için yalıtım önlemleri ile korunması zorunludur
- Restorasyon projelerinde destekleyici olarak ve iç mekan tasarımlarında hafif elik sistem kullanılmaktadır (**Terim 2004**).

5. HAFİF ÇELİK SİSTEMLE ÜRETİLMİŞ KONUTLARDA YANGIN GÜVENLİK ÖNLEMLERİ

Hafif çelikle üretilmiş konutlarda yapının tüm duvar ve döşemelerde kullanılan galvanizli soğuk bükme sac aynı zamanda taşıyıcı olup, çeliğin yapısal özelliğinden dolayı yangına dayanımları çok azdır bu nedenle, günümüzde yaygın olarak kullanılmaya başlayan bu konutların yangından korunmaları gerekmektedir.

5.1. Temel Konstrüksiyon Özellikleri ve Yangın Güvelik Önlemleri

5.1.1. Temel konstrüksiyon özellikleri

Hafif çelik sistemle yapılmış yapıların temelleri genellikle betonarme perde duvarlar ile oluşturulmalıdır. Bununla birlikte, yapının iç kısmında mekanları birbirinden ayıracak duvarların altına gelecek duvarlarda betonarme perde duvar yapılmalıdır (**Şekil 5.1**). Fakat yapının bodrumu yoksa temel radye yapılabilir (**Şekil 5.2**). Betonarme kotu yapının çelik karkasının başladığı noktada son bulmalı ve üst kısım çelik strüktür olarak devam etmelidir. Betonun basınca karşı dayanımı, mevcut zemin koşullarına karşı gösterdiği performans, aynı zamanda çelik malzemenin korozif ortamdan uzaklaştırılması gereği nedeniyle temel duvarları betonarme yapılmalıdır.

Zeminle temas eden yapı elemanlarının performansını etkileyen en önemli faktör ısı ve nemdir. Bu nedenle, betonarme perde duvarların dış yüzeyinde de su ve

ısı yalıtımları yapılarak temel konstrüksiyonu işlemi sonlandırılmalıdır (Susam 2003).



Şekil 5.1 Hafif çelik konut için temel örneği (web iletisi 2).



Şekil 5.2 Hafif çelik konut için yapılmış radye temel örneği.

5.1.2. Temelerde yangın güvelik önlemleri

Beton yanmaz, yangını iletmez ve duman oluşturmaz. Bu nedenle yangın dayanım sınıfı A dır. Beton ımayı yavaş iletir, böylece bir kalkan vazifesi görür ve yangın sırasında dayanımının büyük kısmını muhafaza eder. Betonun yangından etkilenmesinin en önemli nedeni yüzey atmalarıdır. 300 C°'de başlar ve en fazla 500 C°'de görülür. Betondaki yavaş ısı iletiminden dolayı yüksek sıcaklık yüzeyde kalır ve yüzeyde su buharına dönüşerek yüzey atmalarına sebep olur. Yüzey atmaları beton dayanımı yükseldikçe artar, betonun nem oranı artıkça artar.

Beton yanmaz bir malzeme olduğu için yangına karşı bir önlem alınmayabilir. Fakat istenirse, kalker tipi agregaların kullanılması silissi agregalara göre yangın

dayanımını artırabilir. Buna ilave olarak kalsiyum alimünantlı çimentoyla yapılmış betonun yangın dayanımı daha fazla olmaktadır (**web iletisi 13**).

5.2. Duvar Konstrüksiyon Özellikleri ve Yangın Güvenlik Önlemleri

5.2.1. Duvar konstrüksiyon özellikleri

Hafif çelikle yapılmış konutların duvarları, konstrüksiyonu oluşturan malzemeler ve bu malzeme katmanlarının kalınlıkları, yük taşıma kapasiteleri ve sıralanış bakımından dış ve iç duvarlar diye ikiye ayrılırlar.

Dış duvarlar: Konunun başında değinildiği gibi hafif çelik sistemle yapılmış konutlar, hafif çelik çerçevelerin arasına şantiye ortamında hazırlanan çelik profil taşıyıcı panellerin çerçevenin arasına yerleştirilerek oluşturulmaktadır.

Taban ve tavana “U” profiller, yan duvarlara ise “C” profiller, dübel vida veya çivi çakma tabancası kullanılarak 60 cm aralıklarla tespit edilir. Dikme olarak kullanılacak olan ”C” profiller 60 cm aks aralıkları ile “U” profilleri arasına yerleştirilir (**Şekil 5.3**).



Şekil 5.3. Hafif çelik profillerin çerçevelerin arasına yerleştirilmesi (**web iletisi 2**).

Duvarlar, iç tarafta yangına dayanıklı alçı plaklar, dış taraftan ise çimento esaslı yonga levhalar iki panel arasında kalan 20 cm' lik bölüme ise taş yünü şilte ile doldurulmaktadır. Daha sonra çimento esaslı yonga levhalar üzerine değişik kaplamalar yapılarak konstrüksiyon sonlandırılır (**EK-4e, EK-4f**).

Kolon ve kiriş oluşturulması: Hafif çelik yapılarda, galvanize C profiller kolon ve kiriş olarak kullanılmaktadır. Yapıyı taşıyan çerçeve şantiye ortamında oluşturulmaktadır. İlk önce çatı makası oluşturulmaktadır. Daha sonra C profil kolonların bu makasa montajı gerçekleştirilmekte (**Şekil 5.4.**) (**EK-4a, EK-4b**) ve temel duvarı üzerindeki yerine yerleştirilmeye hazır hale getirilmektedir (**Şekil 5.5.**).



Şekil 5.4. Hafif çelik profillerden kolon kiriş oluşturulması (**web iletisi 2**).



Şekil 5.5. Kolonların temel duvarı üzerine montajı (**web iletisi 2**).

Pencere boşluklarının oluşturulması: Duvarda pencere açılacak yer belirlenir. Pencerenin açılacağı yerdeki dikme pencere yüksekliği kadar kesilir. Kesilen dikmelere C profiller dik olarak yerleştirilir (Şekil 5.6.). C profillerin son kısımlarının yan tarafları kesilerek diğer c profillere monte edilir (Şekil 5.7.).



Şekil 5.6. C profilin diğer profile montajı (web iletisi 2)



Şekil 5.7. Pencere boşluğunun oluşturulması (web iletisi 2).

Kapı boşluklarının oluşturulması: Pencere boşluklarını oluşturulurken yapılan işlemlerin aynısı kapılar içinde geçerlidir (Şekil 5.8.).



Şekil 5.8. Kapı boşluğunun oluşturulması (**web iletisi 2**).

İç duvarlar: İç duvarların oluşturulma şekli, dış duvarlarla aynıdır. Fakat aralarındaki fark, iç duvarın her iki yüzeyinde de aynı malzeme kullanılması ve hava boşluğuna gerek duyulmamasıdır. Uygulama her iki yüzeye, yüzey işlemlerinin kolayca uygulanmasını sağlayacak ve yangına karşı dayanıklı malzemelerin kaplanması şeklinde yapılmaktadır.

5.2.2. Duvarlarda yangın güvenlik önlemleri

Hafif çelik konutlarda tercih edilen yangın güvenlik önlemleri pasif yangın güvenlik önlemleridir. Yani yangın güvenlik önlemlerinin; binanın mimari proje tasarımında, strüktürünün oluşturulmasında ve malzeme seçiminde dikkate alınması anlamına gelir.

Hafif çelik konutlar ince kesitli galvanize çelikten yapıldığı için yangına karşı mukavemeti düşüktür. Bu nedenle taşıyıcı sistemin yangına karşı çok iyi korunması

gerekmektedir Hafif çelikle yapılmış konutlarda duvarlarda alınan yangın güvenlik önlemleri, duvarların kalınlıkları ve kaplama farklarından dolayı dış duvarlar ve iç duvarlarda alınan yangın güvenlik önlemleri olarak incelenebilir.

1) Dış duvarlarda yangın güvenlik önlemleri: Betonarme ve ağır çelik yapılarda duvarlar prefabrike beton paneller, biriket veya tuğla ile yapılabilmektedir. Fakat hafif çelik konutlarda strüktürün buna uygun değildir. Bunların yerine yangına dayanıklı ve aynı zamanda hafif olan alçı plaklar kullanılmaktadır. Alçı plaklar arasında farklı yalıtım malzemeleri kullanılır. Dış duvarlarda dış yüzeye yangın dayanım sınıfı A olan malzemeler kullanılmalıdır.

Dış duvarlarda kullanılan yangına karşı dayanıklı yapı malzemeleri İçten dışa doğru sıraladığımız zaman aşağıdaki gibi sıralanırlar:

- Alçı plaklar: Ortası alçı iki yüzü karton kaplı, seri olarak, düzgün yüzeyli standart ve belli normlarda üretilen plakalardır. Alçı plaklar alçıdan oluştukları için yangına karşı dayanıklı malzemelerdir. Çünkü alçının yapısında bulunan %21 oranında su bulunur. Yangın sırasında bu su ateşe maruz kalan yüzeye hareket eder böylece duvarın yangına karşı dayanımını artırır (**web iletisi 1**). Yangın sınıfı A1 dir (**Tablo 5.1**).

Ağırlık	: 12.5 kg/m ³
Kalınlık	: 12.5 mm
Isı Yalıtımı	: 0,24 W/mK
Yangına Dayanım ve sınıfı	: F30 - A1

Tablo 5.1. Alçı plakların teknik özellikleri (**web iletisi 3**).

- Taş yünü: Hammaddesi bazalt kayasıdır. Yapılarda ısı ve yangın durdurucu olarak kullanılırlar. Bağlayıcısız olarak üst dayanım sınırı 750 C°, organik bağlayıcılı (bakalit) ile 650 C° dir. Yangın sınıfı A2 olup F 180 A' ya kadar yangın güvenliğinin istendiği yapılarda yangın yalıtımı amacıyla güvenle kullanılmaktadır.

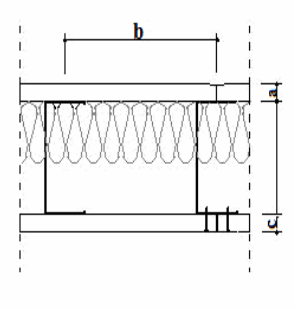
Taş yünü yoğunluğu 30-1000 kg/m³ arasında değişir. Yangın yalıtımı için genelde 100-300 kg/m³ yoğunlukta olanı kullanılır. Isı iletkenliği 350 C° 'de 0.092 W/mK'dır (**web iletisi 5**).

- Çimento esaslı yonga levhalar: Hammaddesi çimento ve çam ağacıdır. İnşaat çimentosu ve malzemeyi hafifletmek için çam ağacının kabukları soyulduktan sonra yongalanarak harmanlanmasından mamul bir yapı malzemesidir. Çimento esaslı yonga levhalar yangın, su, nem gibi çevresel şartlara dayanıklı bir malzemedir. Bunun için genellikle yapıların dış cephelerinde kullanılırlar.

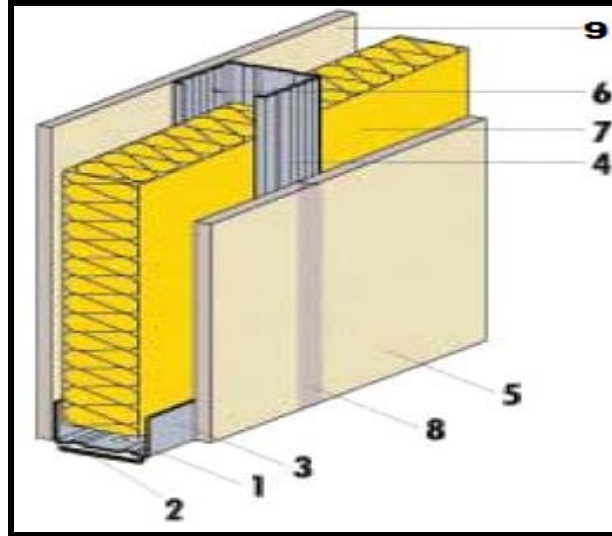
Çimento esaslı yonga levhalar alev almaz özelliğe sahiptir. B1 sınıfı (B1 DIN 4102 Part 1) yanmazlık belgesine sahiptir. Isı iletkenlik kat sayısı (λ10°C kuru) : 0.15 W/mK. Yoğunluk : ~1300 kg/m³tür (**web iletisi 8**).

Hafif çelik konutlarda konstrüksiyonu yangından korumak en önemli konudur. Bunun için duvarı oluşturan çelik elemanlar dıştan ve içten yangından çok iyi korunmalıdırlar. Duvarın iç mekan tarafında alçı plakalar yangına karşı dayanıklı (yangın mukavemet sınıfı A2) kaplanabilir. Dış yüzeyde yangına karşı direncinin zayıf olmasından dolayı bu malzemenin yerine yangına karşı dayanıklı (yangın mukavemet sınıfı B1) çimento esaslı yonga levhalar daha uygundur. OSB plakalar sıkıştırılmış ahşaptan oluştuğu tutuşma sıcaklığı 200-260 C° civarı ve B sınıfı yanıcı malzeme sınıfına girmektedir (**Susam 2003**). İki tabakanın arasına ise yangına karşı

dayanıklı (yangın mukavemet sınıfı A2) olan ve yapının ısı yalıtımında da taş yünü kullanılmıştır (Tablo 5.2.) (Şekil 5.9).

Yangına karşı dayanıklı dış duvar sistemi	Yangın mukavemet sınıfı	Yapı malzemesi türü	Yangın sınıfı	Asgari kalınlık mm	Yalıtım tabakası	Yangın sınıfı	Asgari kalınlık mm	Asgari brüt yoğunluk kg/m ³	Profil b cm
	F 30	a: Yangına dayanıklı alçıplak	A1	12,5	Mineral yün (cam yünü)	A2 F 180	40	100	C- Duvar profili 60
		c: çimento esaslı yonga levhalar	B1	8					

Tablo 5.2. Yangına dayanıklı dış duvar detayı.



Şekil 5.9. Yangına dayanıklı dış duvar perspektif görünüşü (web iletisi 1).

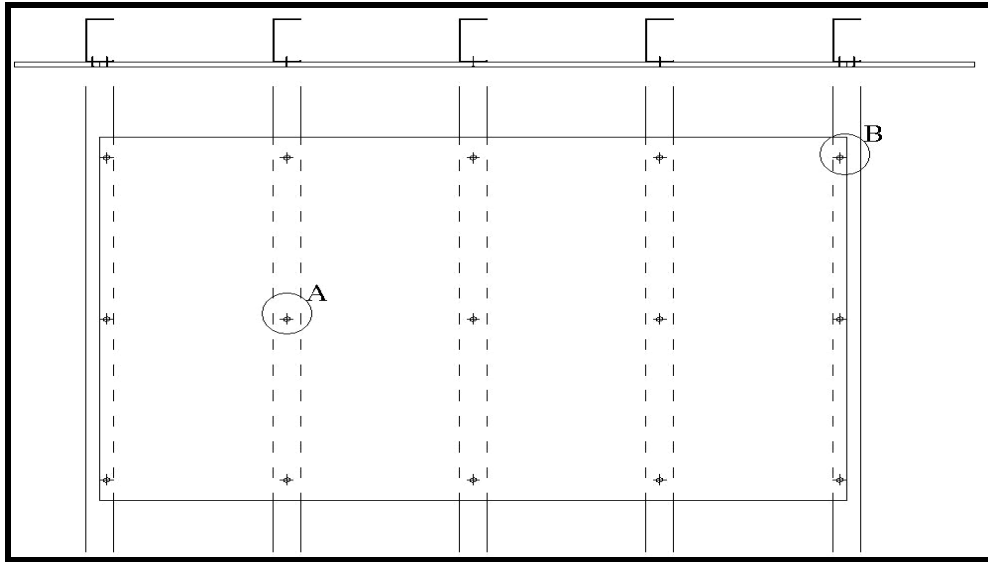
- | | |
|------------------|---------------------------------|
| 1- Plastik dübel | 6. 25'lik vida |
| 2. Yalıtım bandı | 7. Yalıtım malzemesi (taş yünü) |
| 3. U profili | 8. Derz dolgu malzemesi |
| 4. C profili | 9. Çimento esaslı yonga levha |

5. Yangına karşı dayanıklı alçı plak duvar

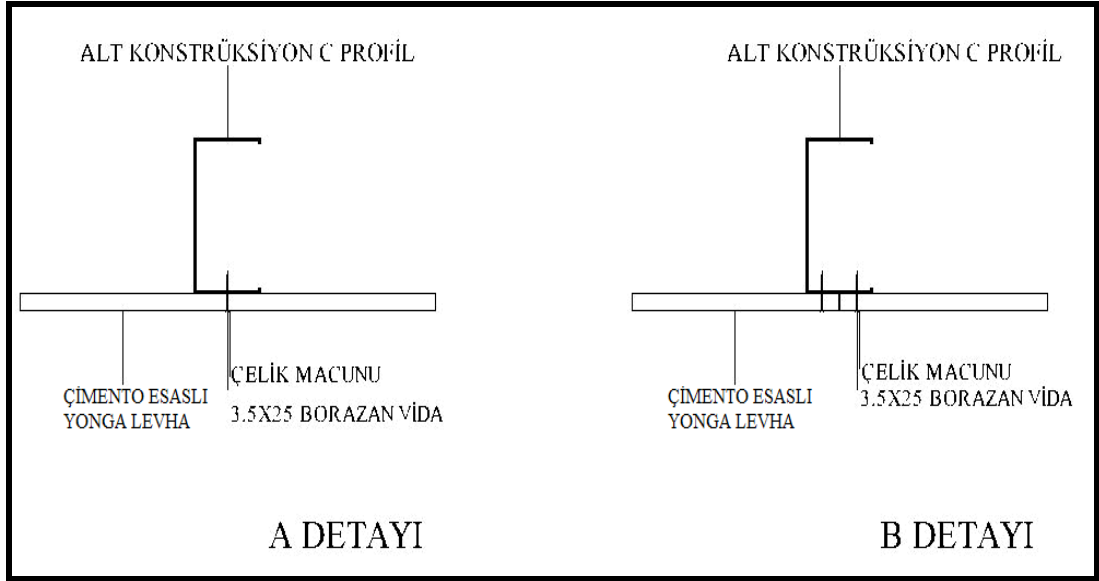
Yukarıdaki detaylarda görüldüğü gibi dış duvarlar yangına karşı dayanıklı malzemelerle oluşturulmuştur. Yangın mukavemet sınıfı A'dır. Yangına karşı dayanıklı dış duvarlar yangın tehlikesi altında stabilitelelerini koruyan ve yıkılmayı engelleyici duvarlardır.

Dış duvar konstrüksiyon uygulamaları:

- Çimento esaslı yonga levha uygulaması: Çimento esaslı yonga levha montajı bir alt konstrüksiyona vidalanmaktan ibarettir. Vidalamada profil köşelerine 25 mm fazla yaklaşılmalıdır. Vidalama işlemi tamamlandıktan sonra vida başlarının çelik macunla kapatılması estetik açıdan uygundur. Birleşimlerde (derzler, iç köşeler, dış köşeler, vb.) piyasada mevcut alüminyum profiller ve plastik profiller kullanılabilir veya levhanın kenarları işlenerek derzler açık bırakılabilir (**Şekil 5.10**) ve (**Şekil 5.11**).



Şekil 5.10. Çimento esaslı yonga levha uygulama detayları (**web iletisi 9**).



Şekil 5.11. Çimento esaslı yonga levha uygulama nokta detayları (web iletisi 9).

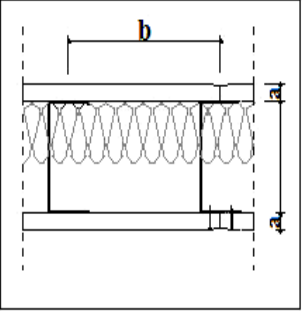
Alçı plak uygulaması: Hafif çelik profillerden oluşmuş iskelet üzerine yangına karşı dayanıklı alçı plak levhalarının vidalanarak sabitlenmesi suretiyle yapılır (Şekil 5.12.).



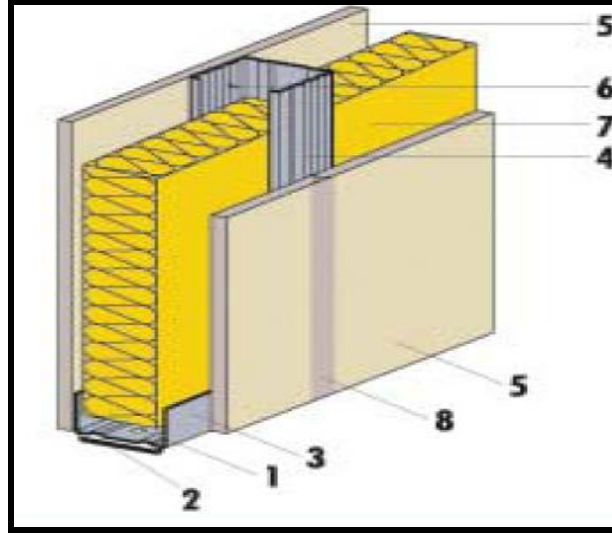
Şekil 5.12. Dış duvar alçı plak uygulama detayı (web iletisi 1).

2. İç duvarlarda yangın güvenlik önlemleri: İç duvarlarda yangına karşı alınan güvenlik önlemleri dış duvarlarda alınan yangın güvenlik önlemleriyle benzerlik göstermektedir. Dış duvarlardan farklı olarak her iki tarafında da aynı malzeme kullanılmasıdır. Dış duvarlarda iç tarafta yangına dayanıklı alçı plak kullanılırken diğer yüzünde ise yangına ve çevre şartlarına daha dayanıklı çimento esaslı yonga levha kaplama malzemeleri kullanılmıştır.

İç duvarlarda alınan yangın güvenlik önlemleri dış duvarlarda olduğu gibi yangının yayılması önlemek ve yangının hafif çelik strüktürü etkilemesini önlemektir. Bunun için çözüm dış duvarlarda olduğu gibi iç duvarlarında yangına dayanıklı alçı plaklar kaplamaktır. Daha sonra alçı plak kaplanmış duvarın arası mineral yün (taşyünü) ile doldurularak yangına karşı dayanıklı duvar oluşturulmuştur. Oluşan duvarın yangın mukavemet sınıfı A1'dir (**Tablo 5.3.**). Alçı plak duvarlar yangın güvenliği yönünden farklı katmanlarda ve şekillerde uygulanabilirler (**EK-5, EK-6**).

Yangına karşı dayanıklı dış duvar sistemi	Yangın mukavemet sınıfı	Yapı malzemesi türü	Yanıcılık sınıfı	Asgari kalınlık mm	Yalıtım tabakası	Yangın sınıfı	Asgari kalınlık mm	Asgari brüt yoğunluk kg/m ³	profil —D— cm
	F 30	a: Yangına dayanıklı alçıplak	A 1	12.5	Mineral yün (taşyünü)	A2 F 180	40	100	C-Duvar profili 60

Tablo 5.3. Yangına karşı dayanıklı iç duvar detayı (**web iletisi 1**).



Şekil 5.13. Yangına dayanıklı iç duvar perspektif görünüşü (**web iletisi 1**).

- | | |
|------------------|--------------------------------------|
| 1- Plastik dübel | 5. Yangına karşı dayanıklı alçı plak |
| 2. Yalıtım bandı | 6. 25'lik vida |
| 3. U profili | 7. Yalıtım malzemesi (taşyünü) |
| 4. C profili | 8. Derz dolgu malzemesi |

Yangına dayanıklı iç duvar uygulaması:

- Tavanda ve zeminde duvarın oturacağı yerler tespit edilir. U profiller plastik vida ve dübel kullanılarak yapıya tespit edilir. Şakül yardımı ile tavana izi taşınır ve U profil montajı tamamlanır (**Şekil 5.14.**).
- Duvar U profilleri içine C profili 60 cm ara ile konularak, U profile (borazan) vidalanır. Gerekli durumlarda 40 cm. ara ile konstrüksiyonun güçlendirilmesi mümkündür (**Şekil 5.15.**).
- Yangına dayanıklı alçı plaklar hazırlanmış olan c profillere 5-7 mm derz bırakılarak kaplanır. Alçı plaklar şaşırıtmalı olarak yerleştirilir. Alçı plakların montajında kullanılan vidaların aks aralıkları max. 25cm dir (**Şekil 5.16.**).

- Bir taraf tamamlandıktan sonra profil aralarına yangına dayanıklı yalıtım malzemesi yerleştirilir ve elektrik v.s. tesisatlar döşenir. Bu işlemler bittikten sonra diğer taraf kaplanarak duvar tamamlanmış olur (**web iletisi 1**) (**Şekil 5.17**).



Şekil 5.14. U profili montajı
(web iletisi 1).



Şekil 5.15. C profillerin montajı
(web iletisi 1).



Şekil 5.16. U profili montajı (**web iletisi 1**).



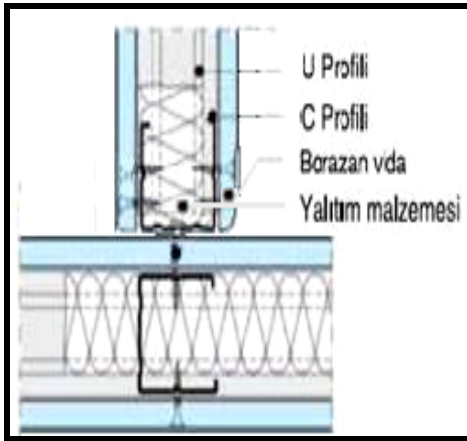
Şekil 5.17. Alçı plak ve taşıyıcı
montajı (**web iletisi 1**).

İç duvarların yangına karşı güvenli birleşim teknikleri: Plaka şeklindeki yalıtım tabakasının dikmeler ile kuşaklar arasında gergin bir şekilde yerleştirilmesi

yeterli bir önlemdir. Uç uca birleştirilen yalıtım tabakalarının ek yerleri sızdırmaz olmalıdır (**web iletisi 1**).

Yangına karşı daya İç duvarlar aşağıdaki gibi birleşirler:

- T şeklinde yangına karşı dayanıklı biçimde birleşmişlerdir. Şekilde görüldüğü gibi iki bölücü duvar birbirine dik olarak T şeklinde birleşmişlerdir. Bu birleşmeler yangına karşı dayanıklı (borazan) vidalarla yapılmaktadır (**Şekil 5.18**).
- Yangına karşı dayanıklı köşe birleşim tekniği: Yangına karşı iç duvarlar köşe birleşimleri alçı plakların C profillerle montajları sayesinde oluşmaktadır (**Şekil 5.19**).



Şekil 5.18. Yangına karşı iç duvarların

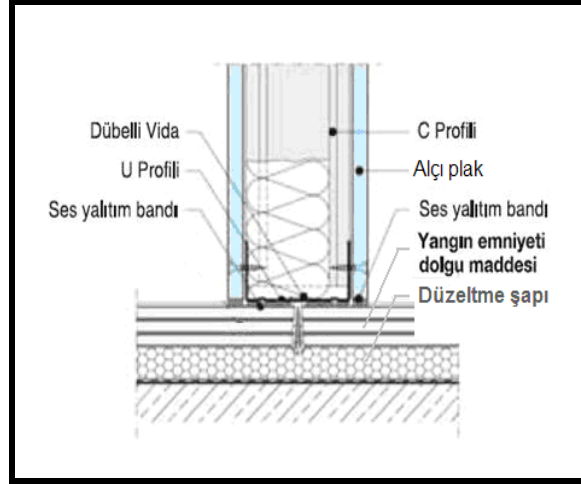


Şekil 5.19. Yangına karşı iç duvarların T

şeklinde birleşim tekniği (**web iletisi 1**). T şeklinde birleşim tekniği (**web iletisi 1**).

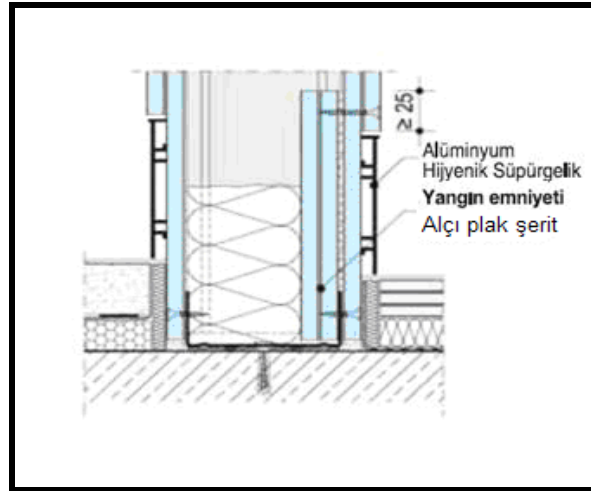
İç duvarların yangına karşı dayanıklı döşeme bağlantıları:

- Döşeme üzerine, yanıcılık sınıfı A olan yalıtım maddesinin yerleştirilmesi ve iç duvarında yalıtım tabakası üzerine dübel vida ile monte edilmesiyle yangına karşı dayanıklı bir birleşim sağlanmaktadır (**Şekil 5.20**).



Şekil 5.20. Yangına dayanıklı iç duvar döşeme birleşimi (web iletisi 1).

- Kaba döşeme üzerine duvarın monte edilmesi ve birleşim yerine alçı plaklar eklenerek yangına mukavemetinin artırılmıştır ve duvar-döşeme birleşimi yangına dayanıklı hale getirilir (Şekil 5.21.).

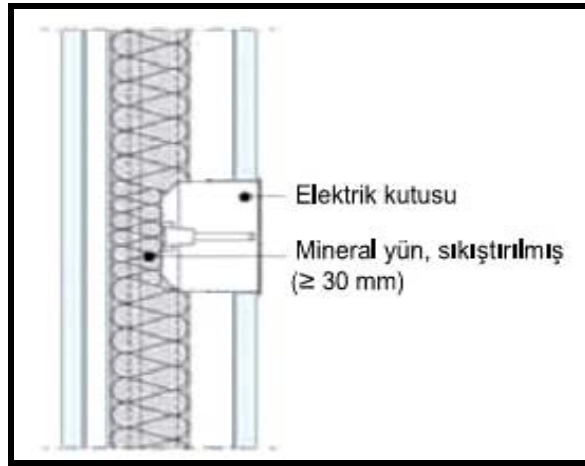


Şekil 5.21. Yangına dayanıklı iç duvar döşeme birleşimi (web iletisi 1).

Yangına karşı güvenli iç duvar oluşturulurken duvarda bulunan tesisat elemanlarının da yangına karşı güvenilir hale getirilmesi gerekmektedir. Duvar üzerinde bulunan bu elemanlar da genellikle duvarda olduğu gibi yangına dayanıklı alçı plaklarla yangından korunmaktadır.

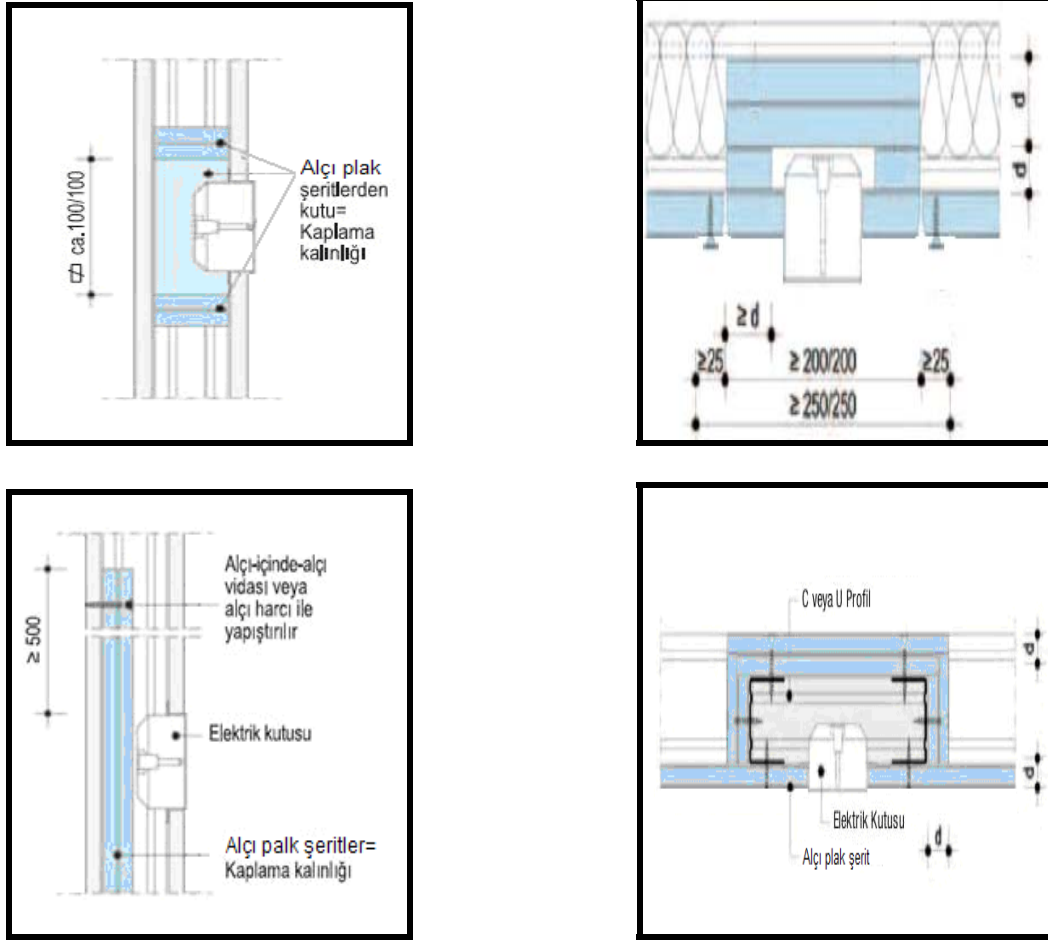
Elektrik kutularının (prizler, anahtarlar, tevzi kutuları): Prizler, anahtarlar, tevzi kutuları v.s. iç duvarlarda (iki tarafı plaka kaplı) doğrudan karşılıklı olmamak kaydıyla istenen her yere monte edilir.

- Elektrik kutularının mineral yünü malzemeyle koruması: DIN 4012 -17'ye göre yanıcılık sınıfı A erime sıcaklığı $> 1000\text{ C}^\circ$ olan mineral yün yalıtım malzemesi (taş yünü) elektrik kutusu üzerinden asgari 500 mm kadar ve kaynamayacak şekilde duvar boşluğuna doldurulmalıdır. Yalıtım tabakası sıkıştırılarak 30 mm indirilebilir. Elektrik kutusunun arkasındaki yalıtım tabakasının asgari brüt yoğunluğu asgari 40 kg/ m^3 olmalıdır (**web iletisi 1**) (**Şekil 5.22.**).



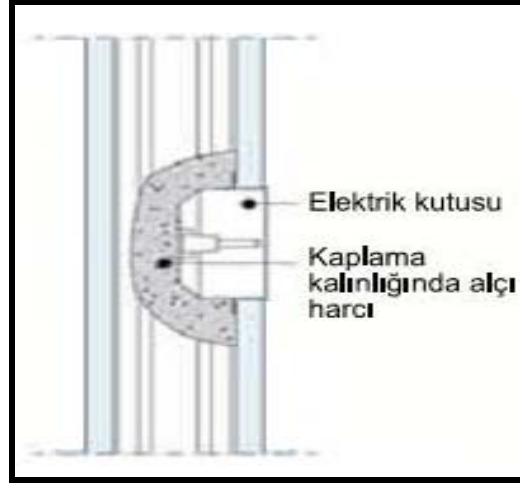
Şekil 5.22. Elektrik kutusunun mineral yün yalıtım malzemesiyle yangından korunması (**web iletisi 1**).

- Elektrik kutularının alçı plak levhalarla korunması: Eğer duvar yalıtım malzemesi içermiyorsa kaplamayla aynı kalınlıkta yerleştirilen alçı plak şeritler, elektrik kutusu üzerinden asgari 500 mm'ye kadar arka alçı plak yapıştırılmalı veya alçı içinde alçı vidasıyla tespit edilmelidir (**Şekil 5.23.**).



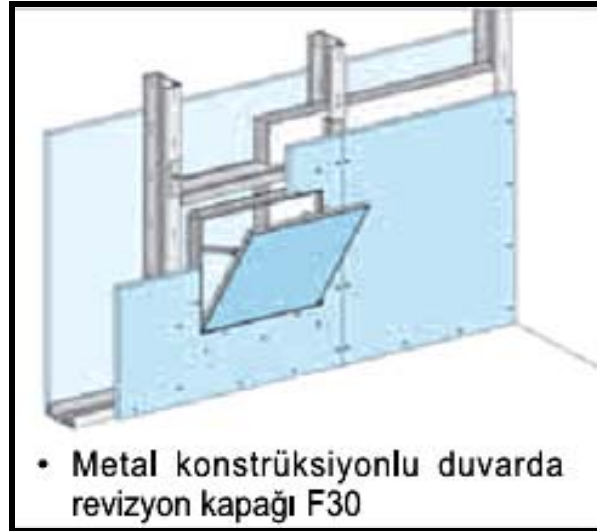
Şekil 5.23. Elektrik kutularının alçı plaklarla yangından korunması (web iletisi 1).

- Elektrik kutularının alçı harcıyla korunması: Eğer duvar yalıtım malzemesi içermiyorsa elektrik kutular alçı harcıyla kapatılarak yangına karşı korunmalıdır (Şekil 5.24.).



Şekil 5.24. Elektrik kutularının alçı harcıyla yangından korunması (**web iletisi 1**).

-Revizyon kapaklarında alınan yangın güvenlik önlemleri: Duvara montaj halinde revizyon kapağı boşluğun bulunduğu kısımda bir alçı plak tarafından yangın güvenliğini sağlamış olur (**Şekil 5.25.**).



Şekil 5.25. Revizyon kapaklarında alınan yangın güvenlik önlemi (**web iletisi 1**).

Belirli yangın mukavemet süresine sahip yangından koruyucu kapaklar veya camlar, hafif bölme duvarların içine monte edileceklerine dair bir uygunluk belgesi varsa monte edilirler.

Elyafli çimentodan veya aliminyumdan yapılmış olanlar hariç olmak üzere, yanmaz su ve atık su boruları, boru tesisatı ile kalan boşluk en kesiti arasındaki bölüm alçı macunu ile tamamen kapatıldığı takdirde, özel yalıtım önlemlerine gerek olmaksızın, sınıflandırılmış duvarların içinden geçebilir (**web iletisi 1**).

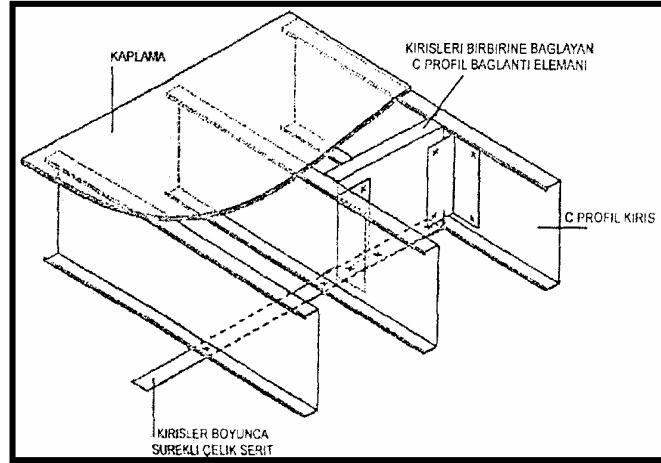
5.3. Döşeme Konstrüksiyon Özellikleri ve Yangın Güvenlik Önlemleri

5.3.1. Döşeme konstrüksiyon özellikleri

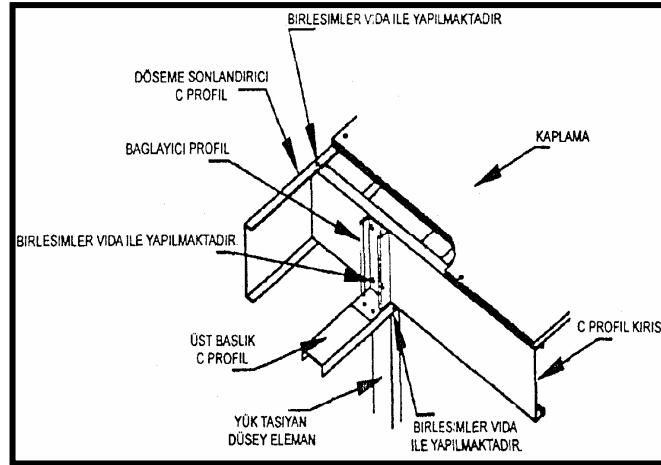
Döşemeler, hafif çelik strüktürlü yapıların en karmaşık ve özen isteyen bölümüdür. Bina için gerekli servislerin ve bu servislere ait ekipmanların kolayca yerleşebilmesi amacıyla gerekli boşlukların tasarlanması ve uygulanması gereklidir.

Döşemeler fabrika ortamında montajı yapılmış c profillerden oluşacağı gibi, şantiye ortamında da parçaların bir araya getirilmesiyle de yapılabilmektedir

Hafif çelik konutlarda döşemeler genellikle yük taşıyan C profillerden oluşmaktadır. Çünkü bu profillerin alt ve üst başlıkları tespit için uygun konstrüktif yüzey elde edilebilmesini sağlar. Döşeme üzerine kaplanacak malzemenin, konstrüktif özellikleri de göz önünde bulundurularak bu profillerin aralıkları belirlenmektedir. Yük taşıyan çelik kat döşemesi, duvar konstrüksiyonu ve tavan, çatı çerçevesi, profil kesitlerinin açıklık geçme kapasitesi göz önünde bulundurularak oluşturulmalıdır (**Susam 2003**).



Şekil 5.26. C profil kirişlerin montaj detayı (Kenanoğlu 2000).

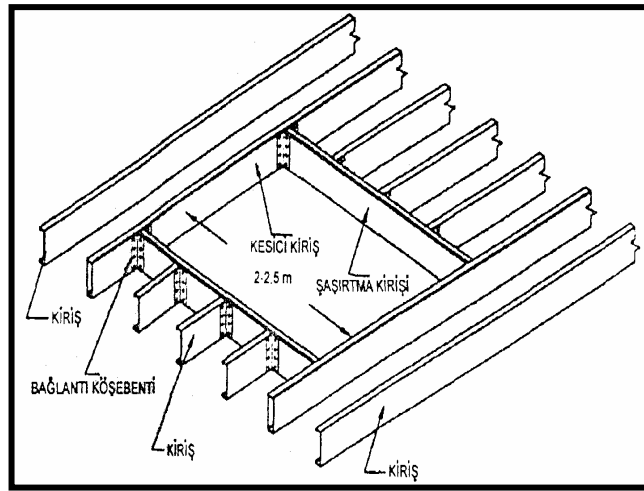


Şekil 5.27. Hafif çelik konstrüksiyon döşeme detayı (Kenanoğlu 2000).

Döşeme konstrüksiyonu kullanılan C profil kirişlerin oluşturulacak alana gerekli aralıklarla döşenmesiyle oluşur. Döşemelerde kullanılan C profil kirişlerin birbirine bağlanarak yatay stabilitesinin sağlanması gereklidir. Döşemeyi oluşturan kirişlerin birbirine bağlanmasında sıklıkla kullanılan yöntem aynı boyutlardaki C profillerin, ana kirişler arasına yerleştirilerek, birleştirme elemanları ile vidalanmasıdır. Ayrıca daha ince kesitli sürekli çelik şeritler ile çapraz şekilde yerleştirilerekte kirişler birbirine bağlanabilir (Şekil 5.26) (Şekil 5.29).

Döşemeyi oluşturan C profiller bitiş yerlerinde üst başlık C profil kirişlerle bağlayıcı profiller yardımıyla birbirlerine bağlanırlar. Bu birleşmeler vida ile yapılır. Bağlanma işlemi biten profiller döşeme sonlandırıcı profille ön tarafları kapatılır. Çelik iskeleti tamamlanmış olan döşemeye gerekli kaplama ve yalıtım malzemeleri monte edilerek konstrüksiyon tamamlanır (**Şekil 5.27**).

Döşemelerde, değişik amaçlar için çeşitli ebatlarda ve şekillerde boşlukların açılması da gerekebilmektedir. Örneğin baca, merdiven v.b. açılan deliklerdir. Bu delikler döşeme konstrüksiyonunu oluşturan profillerin açılacak boşluk kadar kesilip kesilen profillerin baş kısımlarının bu profiller dik şaşırtma kirişleriyle kapatılmasıyla oluşturulurlar. Şaşırtma kirişlerinin kesici kirişlerle bağlanması için de, ek yerlerinde bağlantı köşebentleri kullanılmalı ve birleşimlerde sökülebilen vida veya bulonlu birleşim tercih edilmelidir (**Şekil 5.28**) (**Susam 2003**).



Şekil 5.28. Döşemelerde boşluk bırakma detayı (**Kenanoğlu 2000**).

Her ne kadar çelik malzemenin açıklık geçme kapasitesi yüksek olsa da soğuk biçimlendirilmiş hafif çelikler tek başlarına kullanıldıklarında büyük açıklıklar oluşturulmamasına dikkat edilmelidir. Şaşırtma kirişlerinin de boyu, 2-2.5 m

civarında olmalıdır. Bu mesafenin üzerinde profillerde sehim oluşma olasılığı yüksektir. Daha büyük açıklıklarda çelik profil kompozit hale getirilerek güçlendirilmeli veya et kalınlığı ve yüksekliği fazla çelik profiller kullanılmalıdır.

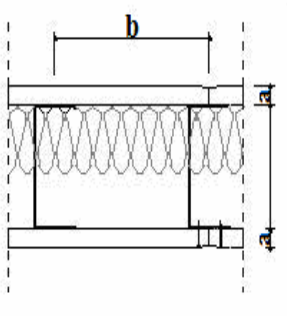


Şekil 5.29. Hafif çelik konstrüksiyon döşeme detayı (web iletisi 2).

5.3.2. Döşemelerde yangın güvenlik önlemleri

Döşemelerde alınan yangın güvenlik önlemleri de duvarlarda alınan yangın güvenlik önlemlerine benzerler. Yani duvarlarda olduğu gibi döşemelerde de her iki taraf yangına dayanıklı alçı plak kaplamalarla kaplanarak ve bu kaplamaların aralarına yangına dayanıklı olan taş yünü tercih edilmiştir (**Tablo 5.4.**). Döşemelerde tek katmanlı alçı plak kullanılarak yapılan bu uygulamanın etkinliğini artırabilmek için, en çift katmanlı alçı plak uygulaması daha uygun olabilir. Döşemenin üst kısımlarda basınç dayanımı daha yüksek olan çimento esaslı yonga levhalar da kullanılabilir. Döşemelerde yangın yalıtım malzemesi olarak mineral

yün (taş yünü) kullanılmalıdır. Mineral yün yalıtım malzemelerinin erime noktası $> 1000\text{ C}^\circ$ olmalıdır.

Yangına karşı dayanıklı döşeme detayı	Yangın mukavemet sınıfı	Yapı malzemesi türü	Yanıcılık sınıfı	Asgari kalınlık mm	Yalıtım tabakası	Yangın sınıfı	Asgari kalınlık mm	Asgari brüt yoğunluk kg/m ³	profil -b- cm
	F 30	a Yangına dayanıklı alçıplak	A1	12.5	Mineral yün (taş yünü)	A2 F 180	40	100	C-Döşeme profili 60

Tablo 5.4. Yangına karşı dayanıklı döşeme detayı.

Döşemelerde yangın emniyeti bakımından özel olarak yapılmamış veya kaplanmamış olan ankastre öğeler, döşeme altı tavanın yangın dayanıklılık özelliğini bozar. Bu nedenle döşeme altı tavanlarda yer alan ankastre öğelerinin yangına dayanıklılık özelliklerinin uygun olup olmadığı DIN standartlarına göre tespit edilmelidir.

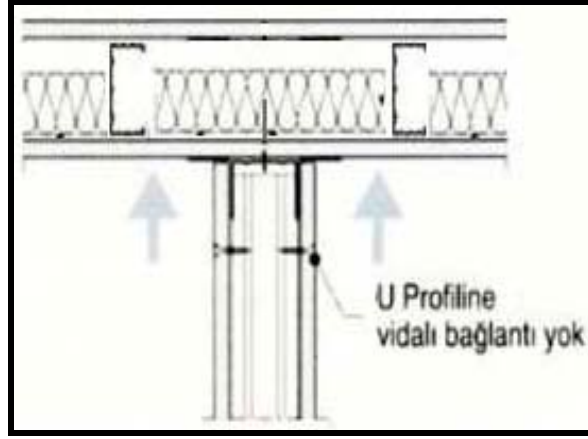
Döşemelerde alçı plak uygulaması duvarlarda uygulanan alçı plak uygulamalarına benzer. Alçı plakların birleşme yerleri C profillerin üzerine gelecek şekilde yerleştirilir. Alçı plakalar C profillerin üzerine yerleştirilirken plakalar arasında 5-7 mm boşluk bırakılmalıdır (**Şekil 5.30.) (web iletisi 1).**



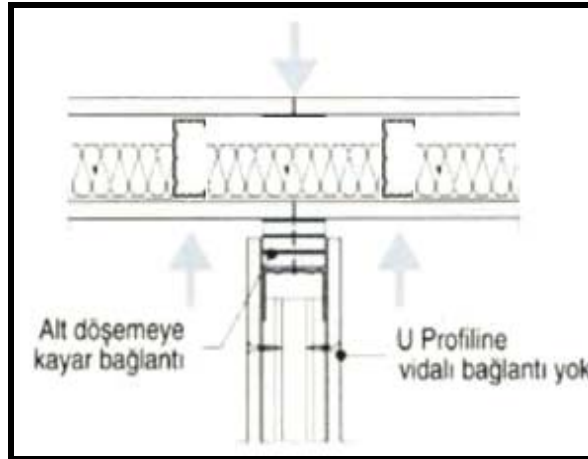
Şekil 5.30. Döşemelerde alçı plak uygulaması (**web iletisi 1**).

Döşemelerin bölme duvarlarla yangın güvenliği yönünden emniyetli birleşimleri: Bölme duvarlar yangın emniyeti yönünden döşeme sistemlerine ancak yangın halinde vaktinden evvel yıkıldığında kalıntılarının tavan için ek bir yük oluşturmayacak şekilde yapılmışsa bağlanabilir. Döşemeye bağlanan bölme duvarlar yangın emniyeti yönünden döşemeye aynı yangın mukavemetine sahip olmalıdır. Döşeme bölme duvar bağlantıları aşağıdaki yollarla yapılmaktadır,

- Alttan yangın tehlikesi: Sadece alttan yangın tehlikesi bulunan döşemelerde, bölme duvar döşeme altı tavan birleşimleri U duvar profili ile vidalanmadan, tavana kadar uzanan kaplama ile uygulanır (**Şekil 5.31**).
- Üstten alttan veya üstten yangın tehlikesi: Sadece üstten veya sadece alttan veya alttan veya üstten yangın emniyetli döşeme altı tavanlarda asgari 15 mm oynama payına sahip bölme duvar birleşimleri uygulanır (**web iletisi 1**) (**Şekil 5.32**).



Şekil 5.31. Alttan yangın tehlikesi durumunda döşeme bölme duvar birleşimi (**web iletisi 1**).



Şekil 5.32. Üstten alttan veya üstten yangın tehlikesi durumunda bölme duvar birleşimi (**web iletisi 1**).

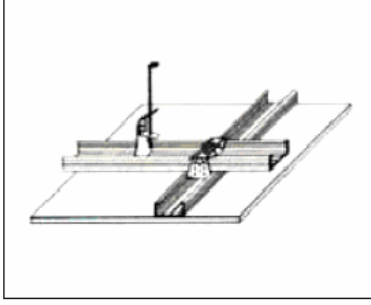
Hafif çelik strüktürle yapılmış konutların döşeme sistemlerinde kullanılan yöntemlerden bir tanesi de, döşemenin altına zayıf bağlantılar ile asılmış asma tavan uygulamasıdır. Döşeme ile asma tavan arasında oluşturulan hava boşluğu sayesinde, havada yayılan ses düzeyinde azalma gibi bazı avantajlar sağlanmaktadır (**Susam 2003**).

Döşemelerde uygulanan asma tavanlar elektrik ve sıhhi tesisatın kolay döşenmesine olanak sağlar ve yangın ses yalıtımında da iyi bir performans göstermektedir.

Kullanılan askı elemanları ile profillerin sayısı tavanın toplam ağırlığı ile sağlanması amaçlanan ateşe karşı dayanım derecesine bağlıdır. Asma tavanlarda alçı plaklar kullanıldığı için yangına dayanımı yüksektir. Yangın sınıfı A1'dir (**Tablo 5.5.**). Böylece döşemeye yangına karşı dayanım yönünden ekstra bir mukavemet sağlamış olur (**web iletisi 1**).

Asma tavanların montajı: Döşemelerde olduğu gibi öncelikle C profillerden bir çerçeve oluşturulur. Oluşturulan bu çerçeve içerisine C profiller yerleştirilir. C profiller askı çubukları ile tavana montajlanır. Kurulmuş olan bu konstrüksiyon üzerine alçı plakalar belirli aralıklarla yerleştirilir (**Şekil 5.33.**). Yerleştirme yapılırken yangın güvenliği açısından alçı plak üzerine macun sürülmesine olanak sağlayacak biçimde alçı plaklar yüzeyden yaklaşık 1 mm içeriye gömülmelidir.

Asma tavanlarda yangın güvenliğini artırmak için uygulanan C profil aralıkları kısaltılabilir ve alçı plak tabakaları iki kat yapılabilir. Yangın anında asma tavanlara yük binmektedir. Ara tavan bölümünde döşenen tesisatlar örneğin borular, kablolar, asma tavanlara, yangın halinde yük binmeyecek şekilde yangın sınıfı A olan yapı malzemeleri ile döşemeye tespit edilmelidir (**web iletisi 1**).

Yangına karşı dayanıklı asma tavan sistemi	Yangın mukavemet sınıfı	Yapı malzemesi türü	Yanıcılık sınıfı	Asgari kalınlık mm	Profil aralığı cm	asma tavan yüksekliği cm
	F 30	Yangına dayanıklı alçı plak	A1	12.5	C- Döşeme profili 50	40

Tablo 5.5. Asma tavan detayı (web iletisi 1).

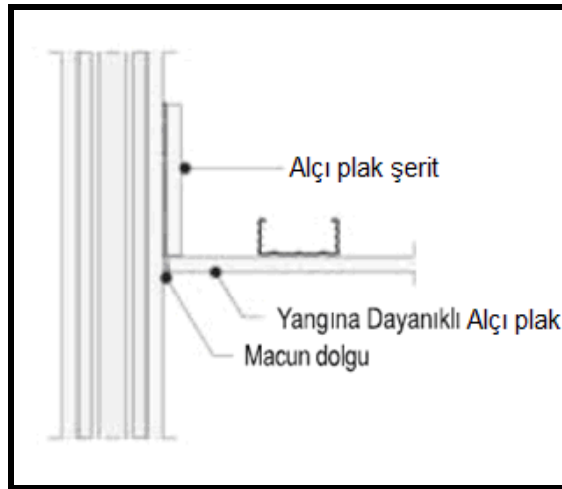


Şekil 5.33. Asma tavan montaj detayları (web iletisi 1).

Asma tavanların yangın güvenliği bakımından bölme duvarlara bağlanma şekilleri önemlidir. Asma tavanların yangına karşı dayanıklı bölme duvarlarla bağlanabilmesi için duvarların en azından asma tavanlarla aynı yangın mukavemet sınıfına sahip olmaları gerekmektedir. Örneğin yangın mukavemet sınıfı F30'uygun olan asma tavanla, yangın mukavemet sınıfı F30 olan bölme duvar gibi (**web iletisi 1**).

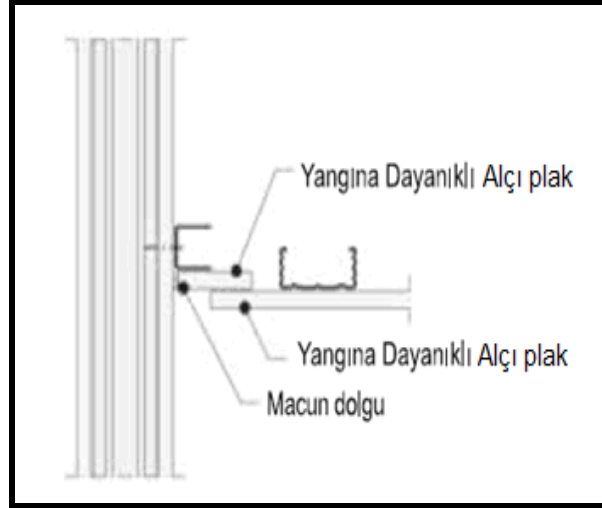
Bağlantı bölgesindeki duvar yüzeyi düz olmalıdır. Asma tavan sızdırmaz bir şekilde bağlanmalı ve bağlantı yerinde takviye edilmelidir. Asma tavan bölücü duvar birleşimleri aşağıdaki şekillerde gösterildiği gibi yapılmalıdır:

- Asma tavan bölme duvar birleşiminde, yangına karşı macun dolgu uygulaması yapılmıştır (**Şekil 5.34.**).



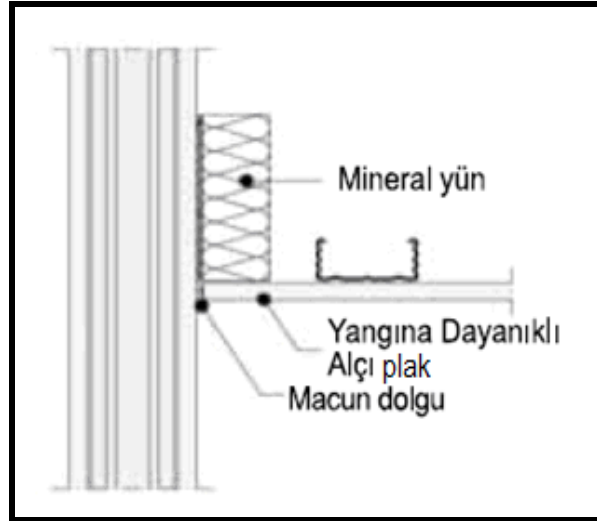
Şekil 5.34. Yangına dayanıklı, asma tavan duvar birleşim detayı (**web iletisi 1**).

- Asma tavan bölme duvar birleşimine alçı plak ek yapıp yine macun dolgu yapılmıştır (**Şekil 5.35.**).



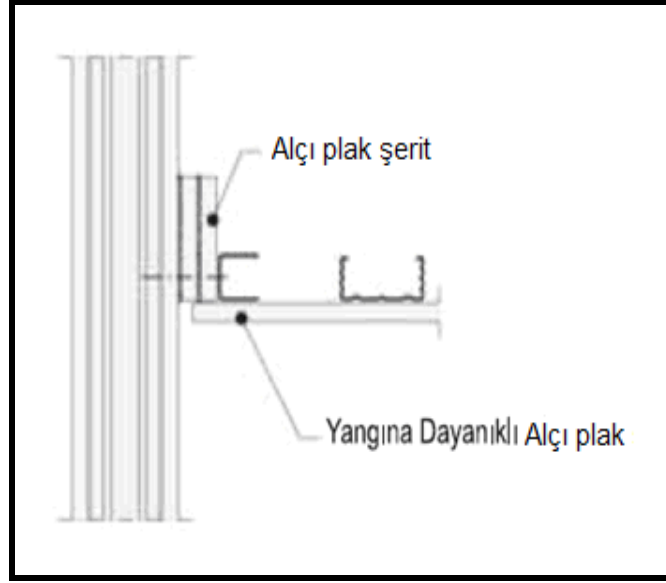
Şekil 5.35. Yangına dayanıklı, asma tavan duvar birleşim detayı (web iletisi 1).

- Asma tavan bölme duvar birleşimine yangına dayanıklı mineral yün uygulaması yapılmıştır (Şekil 5.36.).



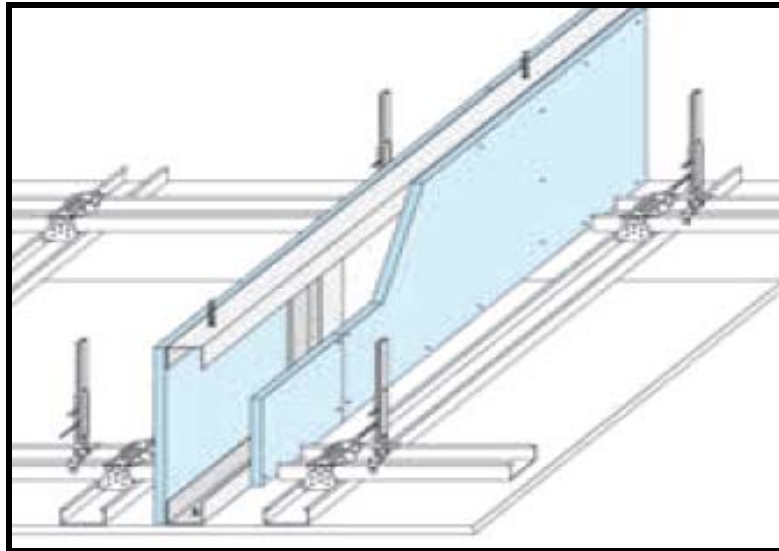
Şekil 5.36. Yangına dayanıklı, asma tavan duvar birleşim detayı (web iletisi 1).

- Asma tavan bölme duvar birleşimine alçı plak şerit uygulaması yapılmıştır (Şekil 5.37.).



Şekil 5.37. Yangına dayanıklı, asma tavan duvar birleşim detayı (web iletisi 1).

Asma tavan bölümünde bulunan bölme duvarların yangın mukavemet sınıfları, yangın güvenliği bakımından, bölücü duvarlarla aynı olmalıdır (Şekil 5.38) (web iletisi 1).



Şekil 5.38. Asma tavan bölme duvar detayı (web iletisi 1).

5.4. Çatı Konstrüksiyon Özellikleri ve Yangın Güvenlik Önlemleri

5.4.1. Çatı konstrüksiyon özellikleri

Hafif çelik konutlarda çatılar, duvar ve döşemelerde olduğu gibi C taşıyıcı profillerden oluşur. C profillerin birbirine şantiye ortamında veya fabrikada birleştirilmesi ile çatı makasları oluşturulmaktadır (**Şekil 5.39.**). Oluşturulan çatı makasları vinçler aracılığı ile yerlerine konmakta ve üst başlıktaki yerlerine sabitlenmektedirler (**Şekil 5.40.**). Bazı uygulamalarda kolaylık olması açısından, yapının kolonları ile çatı makasları birlikte üretilmekte ve vinç ile bu sistem, temel üzerindeki ankraj plakalarının üstüne yerleştirilmektedir (**Susam 2003**).



Şekil 5.39. Çatı makasının oluşturulması (**web iletisi 2**).



Şekil 5.40. Çatı makasının kolonla birlikte temele montaj detayı (web iletisi 2).

Soğuk şekillendirilmiş C profillerden oluşturulan çatı makası montaj işlemi bittikten sonra, makasların üzerine yine soğuk biçimlendirilmiş C veya Z profiller aşık olarak yerleştirilmektedir (Şekil 5.41.). Yerleştirme tamamlandıktan sonra oluşturulan çatı konstrüksiyon üstüne ve alt tarafına gerekli kaplamalar yalıtımlar yapılır (Susam 2003).



Şekil 5.41. C ve Z profillerinin çatı makaslarına yerleştirilmesi (web iletisi 2).

5.4.2. Çatıda alınan yangın güvenlik önlemleri

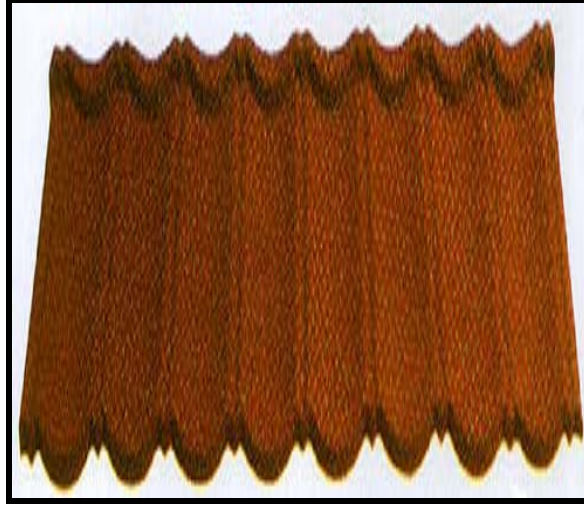
Çatı altı döşemesinde konstrüksiyonunda alınan yangın güvenlik önlemlerinde başlar. Yani çatı altı döşemesinde alınan yangın güvenlik önlemleri aynı zamanda yangının çatıya ulaşmasını önler. Fakat yangın çatı altı döşemesini aşır çatıya da ulaşabilir. Bunun için çatıda da yangına karşı güvenlik önlemlerinin alınması lazımdır.

Çatı konstrüksiyonunda alınan yangın güvenlik önlemleri duvarlarda ve döşemelerde alınan yangın güvenlik önlemlerine benzemektedir. Çatıda da duvar ev döşemelerde de olduğu gibi hafif çelik profiller kullanılmaktadır. Bu çelik elemanları korumak için, çatının iç mekana bakan bölümünde yangına karşı dayanıklı alçı plak uygulaması yapılmaktadır. Çatı konstrüksiyonunun üzerine ise yangına dayanıklı ve çatı bitiş malzemesi için uygun yüzey oluşturmak için dış duvarlarda da değindiğimiz gibi çimento esaslı yonga levhalar uygulaması yapılmalıdır (**Tablo 5.6.**). Çatı konstrüksiyonunda duvar ve döşemelerde olduğu gibi yangına dayanıklı yalıtım malzemeleri kullanılmaktadır. Genelde tercih edilen malzeme DIN 4012'ye göre A sınıfı yangına dayanıklı olması nedeniyle taş yünüdür. (Taş yününün sıcaklık dayanımı 750 C°'dir.) (**Susam 2003**).

Hafif çelik konutlarda çatı bitiş malzemesi olarak kullanılan bitüm esaslı malzemelerin (chingle) yangın performansları yüksek değildir. Bu nedenle çatı bitiş malzemesi olarak yangına dayanıklı metal kiremitler tercih edilir (**Şekil 5.42.**).

Metal kiremitler, dayanıklı galvanize çelikten oluşurlar. Bunun üzerine de paslanmayı önlemek için çinko fosfat olarak ikinci bir kaplama mevcuttur. Metal

kiremitler çelik gövdesiyle ve farklı katmanlarıyla yangına dayanıklı bir malzemedir (EK-7).



Şekil 5.42. Yangına karşı dayanıklı metal kiremit (web iletisi 16).

Yangına karşı dayanıklı çatı sistemi	Yangın mukavemet sınıfı	Yapı malzemesi türü	Yangın sınıfı	Asgari kalınlık mm	Yalıtım tabakası	Yangın sınıfı	Asgari kalınlık mm	Asgari brüt yoğunluk kg/m^3
	F 30	a: Yangına dayanıklı alçı plak	A1	15	Mineral yün (taş yünü)	A2 F 180	60	100
		b: çimento esaslı yonga levhalar	B1	8				

Tablo 5.6. Yangına karşı dayanıklı çatı detayı

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Hafif çelik konutlar yangın karşısında çeliğin yapısal özelliğinden kaynaklanan bir zafiyet gösterirler. Bu nedenle konutların yangına karşı güvenilir bir şekilde kullanılabilmesi için bir takım önlemlerin alınması şarttır. Ülkemizde hafif çelik konut yapımında yangın güvenliği konusunda yeterli bilgi ve donanım olmasına karşın esas sorun uygulamanın yetersizliğinden kaynaklanmaktadır.

Araştırma sırasında aşağıdaki tespitler yapılmıştır:

- Kalınlıkları 0.5-2.50 mm arasında olan hafif çelik profiller yangın sonucunda mukavemetini ve taşıyıcı niteliğini kaybetmektedir. Bu sebeple yapılar çökme eğilimi göstermektedir.

- Hafif çelik konutların dış cephe ve çatı gibi bölümlerinde yangın sonucu zehirli gaz çıkarabilen plastik ve sentetik malzemeler kullanılmaktadır. Ayrıca hafif çelik sistemi oluşturan profiller galvanizedirler. Plastik, sentetik ve de galvanizlenmiş profiller yangın sırasında zehirli gaz çıkartmaktadırlar. Oluşan bu gaz çıkışı insanlarda ölümlerle sonuçlanabilen boğulmalara zehirlenmelere yol açmaktadır.

- Hafif çelik konutların üretiminde çeşitli standart ve yönetmelikler dikkate alınarak hazırlanmış bir çok malzeme ve ilgili detaylar uygulama alanı bulmaktadır. Ancak, yanma deneylerinin yapılabildiği yangın laboratuvarları ülkemizde yok denecek kadar azdır. Bu, beklenen performansa yönelik şartname hazırlanmasını ve denetleme ortamını imkansız kılmaktadır.

- Hafif çelik konutların yapım süreci özgün teknik bilgi ve donanım gerektirmektedir. Alınabilecek yangın güvenlik önlemleri de farklıdır. Ülkemizde bu konuda uzman teknik eleman sayısı yeterli değildir.

Bütün bunlara bakılarak ülkemizde hafif çelik konut yapımında yangın güvenliği uygulamalarının yetersiz olduğu ortaya çıkmaktadır. Yapılması gereken öneriler aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Hafif çelik konstrüksiyonu çevreleyen, aynı zamanda yapıyı oluşturan duvar, döşeme, tavan ve çatı gibi yapı bileşenlerini oluşturan malzemelerin yanıcılık özelliklerine dikkat edilip, imalat aşamasında bu malzemeler, tez çalışmasının içinde gösterildiği üzere, doğru detaylarla monte edilmelidir.

- Yapılarda plastik ve sentetik kökenli yapı malzemelerinin kullanım oranına dikkat edilmelidir.

- Hafif çelik konutlara özgü standart ve yönetmelikler geliştirilmeli ve yapım şartnameleri bunlara göre hazırlanmalıdır.

- Sistem konusunda uzman olan teknik elemanların sayısının artması ve yangın güvenliği konusunda özellikle eğitilmeleri gerekmektedir.

-Uygulamanın yanı sıra denetimin de bilinçli bir şekilde laboratuvar ortamında gerçekleştirilmesi gerekir. Bu konuda ilgili bakanlık ve yerel yönetimlere önemli sorumluluklar düşmektedir.

7. KAYNAKLAR

Anon, İBB, 1994, Yangından Korunma Yöntemleri, İstanbul Büyük Şehir Belediyesi, İstanbul.

Anon, SPCE, 1990, Steel and Fire Safety, a Global Approach, Steel Promotion Committee Of Eurofer, Belgium.

Aydın, N. C. 1998, Yangının Çelik Taşıyıcı Sistemler Üzerine Etkisi ve Bir Uygulama Örneği, Yüksek Lisans Tezi. İ.T.Ü İstanbul.

Berkmen, G, 2001, Endüstriyel Yapılarda Yangın Yalıtım Uygulamaları. Seminer Bildirileri, Eskişehir

Chudley, R, 1999, Construction Technology, Longman, Malaysia

Dikeç, F. 1995, Çelik malzemeler. Seminer Bildirileri, İ.T.Ü İstanbul.

Gürdal, E. 1996, ‘Strüktür ve Malzemenin Yangın Karşısında Davranışı’, Bina Yangın Güvenliği, Seminer Bildirileri, YEM Yayını,

Harmanty, T.Z. 1993, Fire Safety Desing and Concrete. Longman Scientific & Technical Copyright, England.

Karaduman, M. 1999, Çelik Yapılar, Seminer Bildirileri, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.

Kenanoğlu, M.Ö. 2000, Structural and Constructional Development of Steel Structure in Residential Buildings and A Projection for The Future by Using The Prescriptive Method, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi İzmir.

Kılıç, M. 2003, Endüstriyel Yapılarda Yangın Yalıtım Uygulamaları. Uludağ Üniversitesi Müh. Mim Fak. Dergisi, Bursa.

Korkut, Ö. 1997, Yangın ve Çevre İlişkisi, Yangın Sempozyumu ve Sergisi Bildirileri Kitabı, Kimya müh., Ankara.

Koyuncu, R. 1985, Yangın Koruma, Önleme, Söndürme Teknikleri, Sivil Savunma Genel Müd, Ankara.

Öner, Z. İ. 2000, Çelik yapıların yangına karşı korunması, Seminer Notları, İstanbul.

Özkan, E. 2002, Çelik Yapı Bileşenlerinde Alınması Gereken Yangın Güvenlik Önlemleri ve Bir Uygulama Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.

Sunar, Ş. 1981, Yangından Korunma ve Bina Yangın Güvenliği, İlkeler, Çelişkiler, Gerçekler.İ.T.Ü, İstanbul.

Susam, M.Ü. 2003, Hafif Çelik Konutların Konstrüksiyon Özelliklerinin İrdelenmesi ve Bir Uygulama Örneği, Yüksek Lisans Tezi.Gazi Üniversitesi, Ankara.

Terim, B. 2006, Hafif Çelik Çerçeve Sistem ile Geçici Afet Konutu Önerisi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

Toker, O. 1997, Aktif Güvenlik Sistemlerinde Entegrasyon ve Senaryolar, Yangın Sempozyumu ve Sergisi Bildiriler Kitabı, Kimya Müh. Odası, Ankara.

Toydemir, N. Gürdal, E., Tanaçan, L., 2000, Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme, Literatür Yayıncılık, İstanbul.

WEB İLETİLERİ

Web İletisi 1, www.knauf.com

Web İletisi 2, www.excalibursteel.com

Web İletisi 3, www.izoder.org.tr

Web İletisi 4, www.proev.com

Web İletisi 5, www.izocam.com.tr

Web İletisi 6, www.izomarket.com.tr

Web İletisi 7, www.evdose.com

Web İletisi 8, www.tepebetopan.com

Web İletisi 9, www.insaatdergisi.com

Web İletisi 10, www.artnivo.com.tr

Web İletisi 11, www.teknoterm.com

Web İletisi 12, www.ervida.com

Web İletisi 13, www.kalitekontrol.org

Web İletisi 14, www.tiskorg.tr

Web İletisi 15, www.glacierbay.com

Web İletisi 16, www.baltascati.com

Web İletisi 17, www.superperlit.com

Web İletisi 18, www.iku.edu.tr

Web İletisi 19, www.trimetal.com.tr

Web İletisi 20, www.konakprefabrik.com

Web İletisi 21, www.vefaprefabrik.com

Web İletisi 22, www.su-kal.com

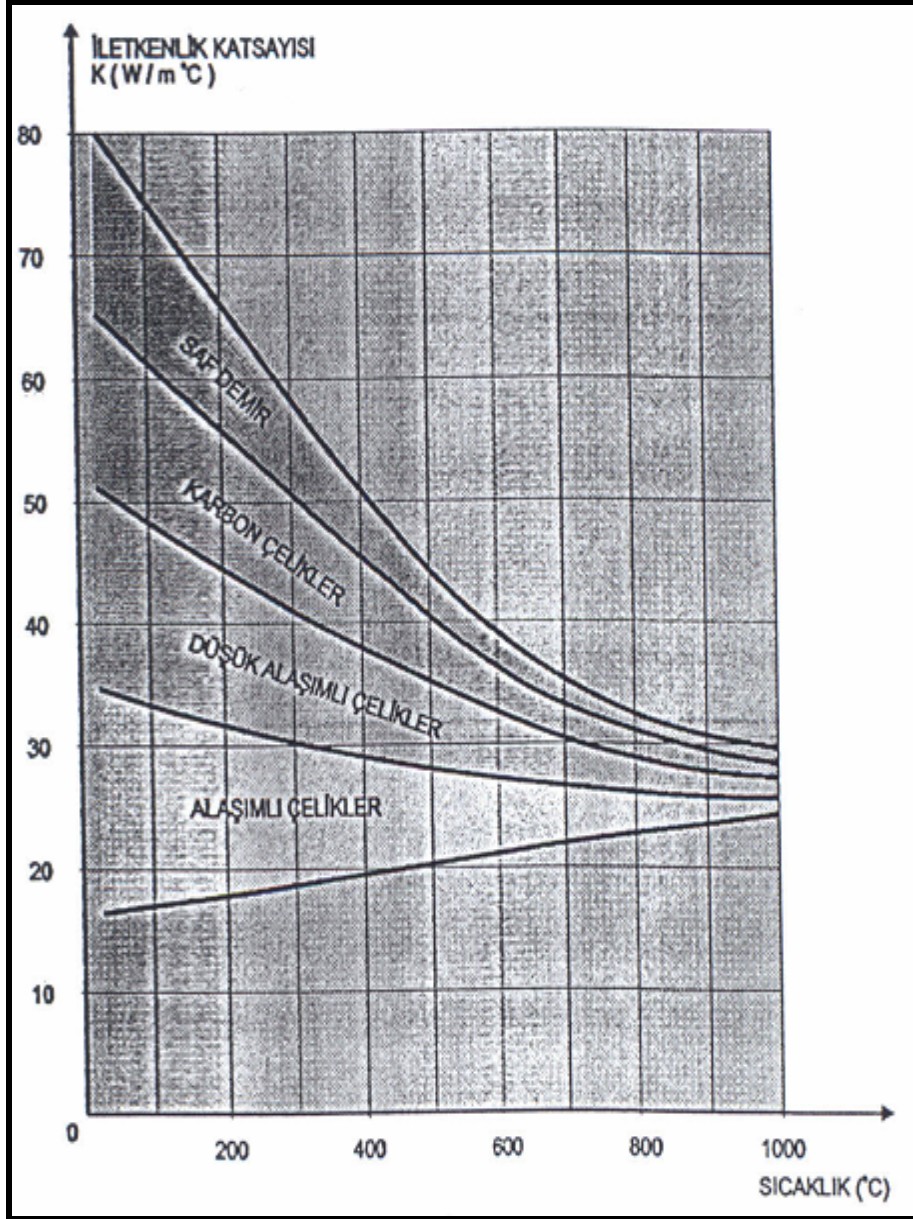
Web İletisi 23, [www. profacto-tr.com](http://www.profacto-tr.com)

Web İletisi 24, [www. İtfaiyedunyasi.com](http://www.İtfaiyedunyasi.com)

Web İletisi 25, [www. kutuphane.uludag.edu.tr](http://www.kutuphane.uludag.edu.tr)

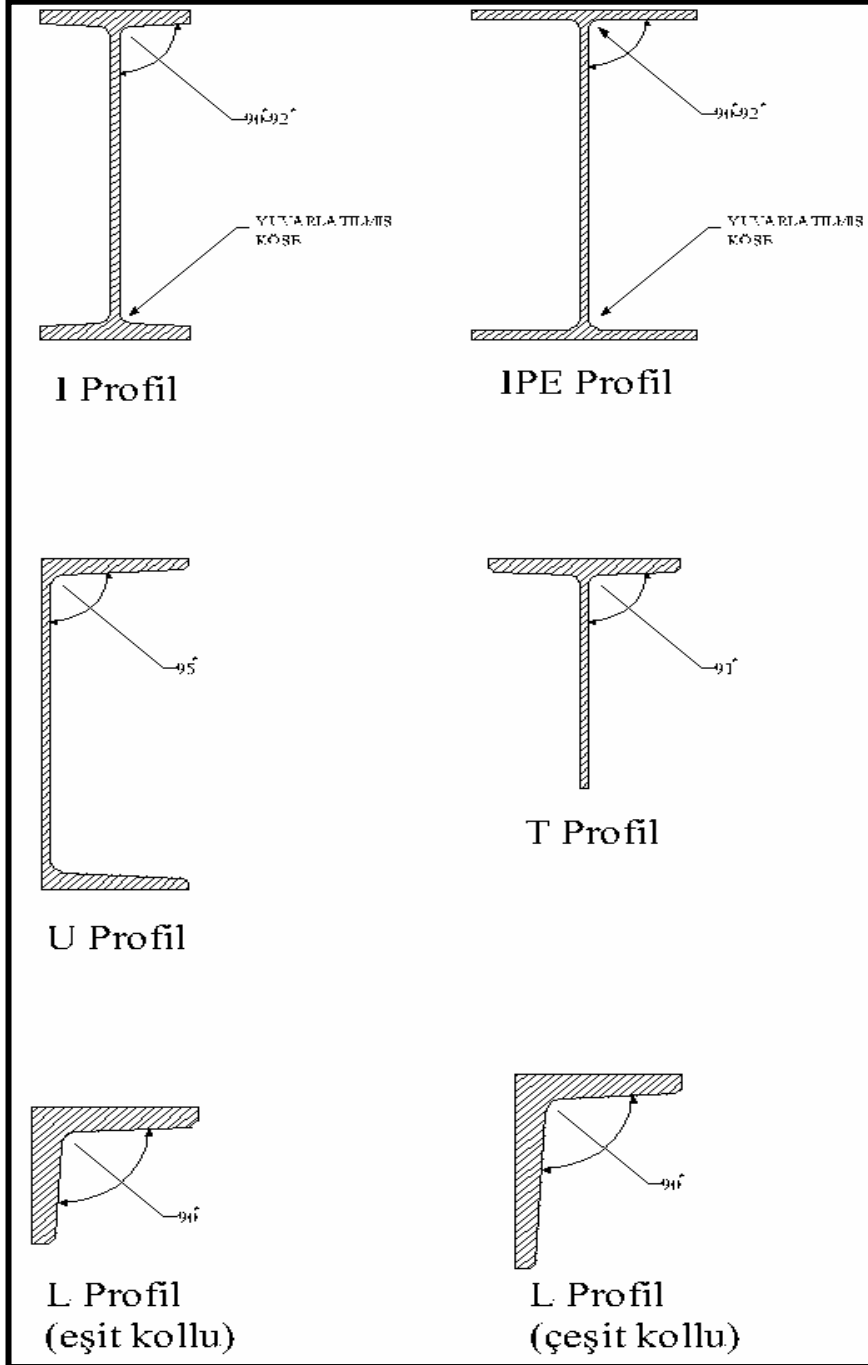
8. EKLER

EK-1 FARKLI YAPILARDAKİ ÇELİKLERİN ISI İLETKENLİKELERİ



Farklı yapılarıdaki çeliklerin ısı iletkenlikleri (Smith, Harmanty 1978).

EK-2 YAPILARDA KULLANILAN SICAK HADDELENMİŞ ÖRNEK PROFİLLER



Sıcak haddelenmiş çelik profil örnekleri (Chudley, R. 1999)

EK-3 MODÜLER SİSTEMLEYAPILMIŞ HAFİF ÇELİK SİSTEM**EK-3a** Modüler sistemle yapılmış konteynır (Web İletisi 20).**EK-3b** Modüler sistemle yapılmış konteynır (Web İletisi 20).

EK-4 HAFİF ÇELİK KONUT YAPIM AŞAMALARI



EK-4a Çelik makas ve kolonların montajı (Web İletisi 2).



EK-4b Çelik makas ve kolonların tamamlanması (Web İletisi 2).



EK-4c Çatı profillerin ve duvar montajı (Web İletisi 2).



EK-4d Çelik konstrüksiyonun tamamlanması (Web İletisi 2).

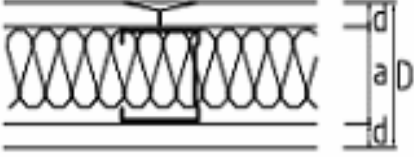
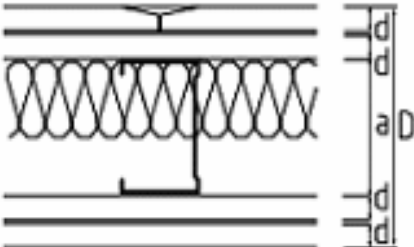
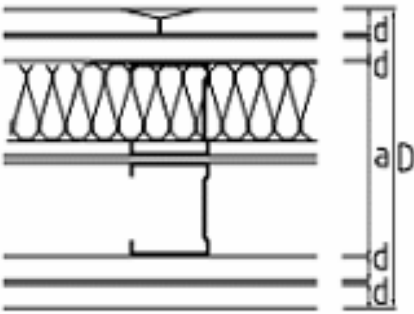


EK-4e Kaplamaların tamamlanması (Web İletisi 2).



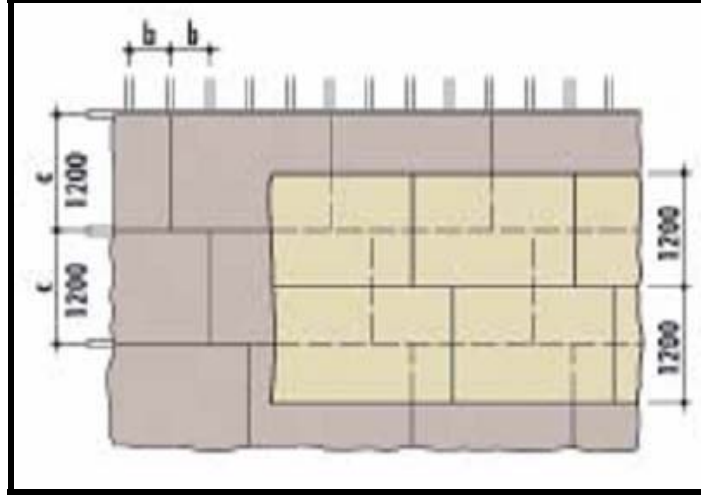
EK-4f Konutun bitmiş hali (Web İletisi 2).

EK-5 YANGINA KARŞI DAYANIKLI ALÇI PLAK DUVAR TİPLERİ

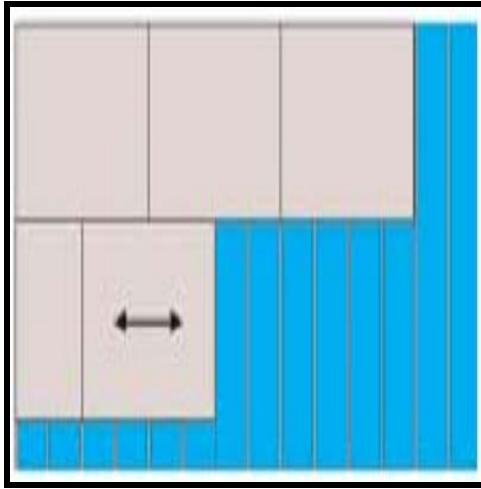
SİSTEM	DUVAR TİPİ	BOYUTLAR			YANGIN DAYANIMI DIN 4102ye göre
		D mm	a mm	d mm	
Tek Taşıyıcı – Tek Plaka 	DV 05/75	75	50	12,5	F 30-A
	DV 75/100	100	75	12,5	F 30-A
	DV 100/125	125	100	12,5	F 30-A
Tek Taşıyıcı Çift Plaka 	DV 05/75	100	50	2x12,5	F 90-A
	DV 75/100	125	75	2x12,5	F 90-A
	DV 100/125	150	100	2x12,5	F 90-A
Çift Taşıyıcı – Çift Plaka 	DV 50+50 / 155	155	105	2x12,5	F 90-A
	DV 50+50 / 160-210	160-210	110 160	2x12,5	F 90-A

Yangına karşı dayanıklı alçı plak duvar tipleri (Web İletisi 1).

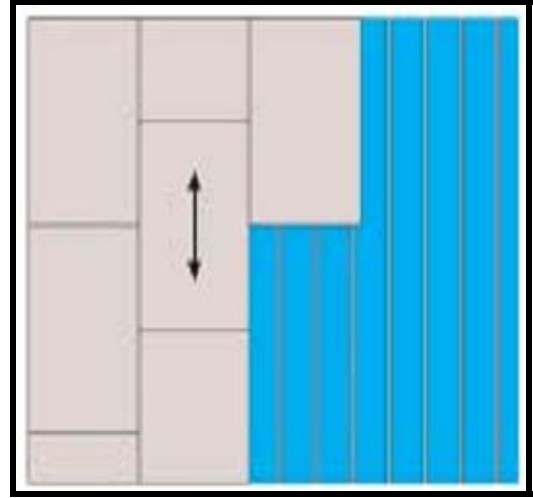
**EK-6 YANGINA DAYANIKLI ALÇI PLAKLARIN DUVARA FARKLI
ŞEKİLDE MONTAJLARI**



EK-6a Çift alçı plak montaj düzeni (Web İletisi 1).



EK-6b Profillere dik
(Web İletisi 1).



EK-6c Profillere paralel
(Web İletisi 1).

EK-7 HAFİF ÇELİK KONUTLARDA KULLANILAN YANGINA DAYANIKLI METAL KİREMİTLER



EK-7a Metal kiremitler üzerinde yapılan bir yangın uygulaması (Web İletisi 19).



EK-7b Metal kiremitler üzerinde yanma olayının olması (Web İletisi 19).

**EK-7c**

Yanmanın sona ermesi (**Web İletisi 19**).

**EK-7d**

Yanma sonucu metal kiremitlerin durumu (**Web İletisi 19**).

9. ÖZ GEÇMİŞ

Araştırmacı Onur Mermer 1980 yılında Konya Kulu doğmuştur. İlk ve orta öğrenimini, Erzurum Aşkale ve Ankara ř.Koçhisar'da tamamlamıştır. Lise öğrenimini Ankara Etlik lisesinde tamamlamıştır. Yüksek öğrenimini ise, 1998–2003 yılları arasında Konya Selçuk Üniversitesi Mühendislik–Mimarlık Fakültesi Mimarlık bölümünde gerçekleştirmiştir. Halen yapı sektöründe serbest olarak çalışmaktadır.