

**AHŞAP PREFABRİKE SİSTEMLER
ve
UYGULAMA OLANAKLARI**

Y.Emre PARLAR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
(MİMARLIK)**

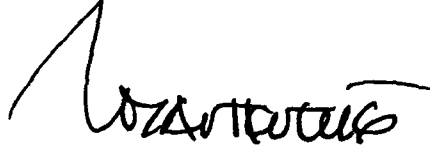
**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Haziran 2000

ANKARA

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

Y.Emre PARLAR tarafından hazırlanan AHŞAP PREFABRİKE SİSTEMLER ve UYGULAMA OLANAKLARI adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.


Prof. Dr. Ziya UTKUTUĞ
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Mimarlık Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

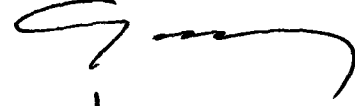
Başkan

: Prof. Dr. Ziya UTKUTUĞ



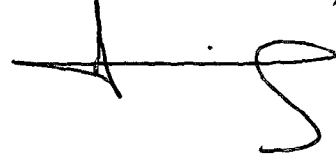
Üye

: Doç. Dr. Gülser Çelebi



Üye

: Y. Doç. Dr. Füsun Demirel



Üye

: _____

Üye

: _____

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR.....	v
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	xi
1. GİRİŞ	1
2. DOĞAL AHŞAP.....	4
2.1. Doğal Ahşabın Yapısal Özellikleri	4
2.1.1. Doğal ahşabın makroskobik yapısı.....	4
2.1.2. Doğal ahşabın mikroskobik yapısı.....	6
2.1.3. Doğal ahşabın kimyasal yapısı.....	8
2.2. Doğal Ahşabın Fiziksel Özellikleri.....	11
2.2.1. Yoğunluk.....	11
2.2.2. Isısal özellikler.....	12
2.2.3. Ses iletim özellikleri.....	16
2.2.4. Yanma özellikleri	20
2.2.5. Elektriksel özellikleri.....	21
2.2.6. Kimyasal maddelere karşı dayanım özellikleri	22
2.3. Doğal Ahşabın Mekanik Özellikleri.....	22
2.3.1. Doğal ahşabın elastikiyet modülü	24
2.3.2. Doğal ahşap malzemenin mukavemeti.....	26
2.3.3. Ahşabın mekanik dayanımını etkileyen faktörler.....	32
2.3.4. Doğal ahşabın bünyesel kusurları ve sınıflandırılması.....	36

	Sayfa
2.3.5. Doğal ahşabın korunması ve koruma metodları.....	41
2.4. Geleneksel Ahşap Konutta Doğal Ahşap Kullanımı ve Kısıtlamalar	44
2.4.1. Taşıyıcı sistem kurgusunda ahşap malzeme	45
2.4.2. Bölmeler sistemi kurgusunda ahşap malzeme.....	48
2.4.3. Bitirmeler sistemi kurgusunda ahşap malzeme.....	52
2.5. Bölüm Sonucu.....	53
3. YAPAY AHŞAP ELEMANLAR.....	56
3.1. Çubuk Elemanlar	57
3.1.1. Prese masif elemanlar.....	58
3.1.2. Yapay elemanlar.....	59
3.1.2.1. Kompozit elemanlar	60
3.1.2.2. Yapıştırma (Lamine) elemanlar	62
3.1.2.3. I Kirişler.....	68
3.2. Levha Elemanlar.....	73
3.2.1. Kontrplaklar.....	74
3.2.2. Partikül levhalar.....	85
3.2.2.1. Talaş levhalar.....	86
3.2.2.2. Yonga levhalar.....	88
3.2.2.3. Lif levhalar.....	93
3.3. Yapay Ahşap Bileşenler ve Uygulama Örnekleri.....	97
3.3.1. Masif ahşap taşıyıcılı paneller	98
3.3.2. Taşıyıcı nitelikli kompozit paneller	100
3.4. Bölüm Sonucu.....	104

	Sayfa
4. KONUT YAPIMINDA AHŞAP BİLEŞENLERİN KULLANIM OLANAKLARI.....	105
4.1. Ahşap İskelet Sistem	107
4.1.1. Ahşap iskelet tipleri.....	108
4.1.1.1. Geleneksel ahşap iskelet sistemi.....	109
4.1.1.2. Kaburga konstrüksiyon sistemi.....	110
4.1.1.3. Tek kolon ve tek kirişli ahşap iskelet sistemi.....	111
4.1.1.4. Çift kolon ve çift kirişli ahşap iskelet sistemi.....	113
4.2. Panel Bileşen Sistemi	118
4.2.1. Panel bileşen tipleri ve uygulama alanları	120
4.2.2. Panel bileşen sistemlerinin boyutlarına göre sınıflandırılması	121
4.2.2.1. Küçük boyutlu taşıyıcı ahşap panel sistemi.....	122
4.2.2.2. Büyük boyutlu taşıyıcı ahşap panel sistemi.....	125
4.3. Ahşap Panel Bileşenlerin Analizi.....	129
4.3.1. İç duvar panelleri.....	131
4.3.2. Dış duvar panelleri.....	135
4.3.2.1. Dış duvar panellerinde strüktürel ve boyutsal gereklilikler...	139
4.3.2.2. Dış duvar panel kompozisyonuna ilişkin performans kriterleri.....	144
4.3.2.3. Dış duvar panellerinin taşıtılması	153
4.3.2.4. Dış duvar panellerinde derz oluşumu ve denetimi.....	165
5. SONUÇ.....	174
KAYNAKLAR.....	181
EKLER.....	188
ÖZGEÇMİŞ.....	209

**AHŞAP PREFABRİKE SİSTEMLER
ve
UYGULAMA OLANAKLARI
(Yüksek Lisans Tezi)**

Y.Emre PARLAR

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Haziran 2000**

ÖZET

Ahşap malzemenin yapı üretiminde kullanımı günümüzün teknolojik olanakları çerçevesinde yeniden tanımlanmakta, malzemenin doğasından kaynaklanan sınırlılıkları, yapay ahşap elemanların üretimi ve kullanımı ile aşılabilmektedir. Bu çalışma kapsamında; doğal ahşap malzeme ve yapay ahşap malzeme genel hatları ile tanıtılmış ve ahşap panel bileşenlerin yapı üretiminde kullanım olanakları ile geliştirilmeye açık yönleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla doğal ve yapay ahşap malzeme ile bu malzemelerin birlikte kullanımı yoluyla üretilen ahşap bileşenler, ahşap iskelet sistem ve ahşap panel sistemi kapsamında araştırılmıştır.

Ahşap panel sistemi ile üretilen yapılar hafif kütleli yapılardır. Bu özelliklerinden dolayı ısı geciktirme ve nem depolama kapasiteleri düşüktür. Buna karşın yüksek düzeyde ısı korunumu gerçekleştirme özelliği, sisteme konut gibi belirli periyotlarda kullanılan ve iç ortam sıcaklığının kısa sürede yükselmesinin hedeflendiği yapı türlerinde etkin kullanım olanağı

tanınmaktadır. Ayrıca ahşap panel bileşenler, yüksek ortalama ses yalıtım değerleri, büyük boyutlarda üretilebilme, montaj/demontaj tekniklerine yatkınlıkları ile de iç mekana yönelik uygulamalarda kullanım olanağına sahiptir.

Bu çalışma kapsamında; ahşap panel sistemlerin yapı kabuğunda ve iç mekan bölmelerinde kullanım olanaklarının saptanabilmesi amacıyla, duvar bileşenlerinin sahip olmaları gereken performans kriterleri tespit edilmiş ve bu kriterler uygulamaya yönelik olarak incelenmiştir.



Bilim Kodu : 601.02.00
Anahtar Kelimeler : Ahşap, Prefabrikasyon, Ahşap panel sistemi
Sayfa Adedi : 209
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Ziya UTKUTUĞ

**WOODEN PREFABRICATED SYSTEMS
and
APPLICATION POSSIBILITIES
(M. Sc. Thesis)**

Y.Emre PARLAR

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

June 2000

ABSTRACT

Today, the application of wooden materials in building construction is redefined with new technological possibilities and the limited usage of these materials, due to their nature, are eliminated by production and usage of the engineered wooden products.

In this study, the application potentials of wooden panel components in building construction and the parts of these techniques which are open to development are examined. For this purpose, the natural, engineered and prefabricated wooden products, which are obtained from the combination of natural and engineered wooden elements, are defined with their main specifications. Wooden prefabricated systems and timber frame constructing systems are investigated with these three types of wooden materials.

The buildings which are constructed with wooden prefabricated panel component systems are light massed buildings. Because of this property, their heat, humidity storage capacities and heat delay capacities are lower than other buildings. However, the high heat conservation property makes the system effectively usable in house construction, as these type of buildings are used in certain periods in a daytime and which is aimed to increase the internal environment temperature in a short period for these type of buildings. Also wooden panel components have high average sound insulation value, they can be manufactured in big dimensions and they are easy to fit and disassemble, therefore they have wide application possibilities in building internal places.

In the scope of this study, for the aim of application possibilities of wooden panel systems in building construction and interior partitions, the optimum performance criteria of wall components are found out and these criteria are studied in respect of practicing.

Science Code: 601.02.00

Keywords: Wood, Prefabrication, Wooden panel system.

Page Number: 209

Thesis Supervisor: Prof. Dr. Ziya UTKUTUĞ

TEŞEKKÜR

Çalışmam süresince değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren hocam Sayın Prof.Dr. Ziya UTKUTUĞ ve değerli eşi Sayın Prof.Dr. Gönül UTKUTUĞ'a, kaynak araştırmaları sırasında bana büyük yardımları olan Sayın Doç Dr. Gülser ÇELEBİ'ye, çalışmamın başından sonuna kadar manevi desteklerini esirgemeyen aileme, tercüme ve diğer katkılarından dolayı Pınar AKIN'a sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1 Muhtelif ağaç türleri odunlarının içerisindeki kimyasal elementlerin yüzde oranları.....	9
Çizelge 2.2 Isıl genleşme değerleri sıralaması.....	13
Çizelge 2.3 Çeşitli malzemelerin oda sıcaklığındaki ısı özellikleri	15
Çizelge 2.4 Çeşitli malzemelerdeki sesin yayılma hızları.....	17
Çizelge 2.5 Çeşitli duvar konstrüksiyonlarının ses yalıtım değerleri.....	19
Çizelge 2.6 Dört temel yapı malzemesinin fiziksel özelliklerini karşılaştırılması.	23
Çizelge 2.7 Çeşitli ağaç türlerinde ortalama elastikiyet modülü değerleri.....	25
Çizelge 2.8 Doğal ahşabın sınıflandırılmasına ilişkin kriterler.....	40
Çizelge 3.1 Çubuk elemanların mekanik özelliklerinin ve kullanım olanaklarının karşılaştırmalı değerlendirmesi.....	70
Çizelge 3.2 Doğal ahşap ve yapay ahşap çubuk elemanların kullanım olanakları.....	72
Çizelge 3.3 Masif ahşap ve kontrplak levhaların emniyet gerilmeleri.....	76
Çizelge 3.4 AKB kontrplak-mesnetleme aralığı ilişkisi.....	79
Çizelge 3.5 Ara dikme aralıkları ve gerekli levha kalınlıkları.....	82
Çizelge 3.6 Çimentolu yonga levha ve çeşitli yapay ahşap levha elemanların mekanik mukavemet özelliklerinin karşılaştırılması.....	91

	Sayfa
Çizelge 3.7 Levha elemanlarının fiziksel özelliklerinin karşılaştırılması.....	95
Çizelge 3.8 Yapay ahşap panel bileşenlerin kullanım ve boyut olanaklarının belirlenmesi.....	103
Çizelge 4.1 Konut yapım sistemlerinin mali analizleri.....	117
Çizelge 4.2 Çeşitli tipte iç duvar panellerinin fiziksel özellikleri.....	133
Çizelge 4.3 Çeşitli tipte dış duvar panellerinin fiziksel özellikleri.....	137
Çizelge 4.4 Dış duvarların iklim bölgelerine göre sahip olması gerekli ısı geçirgenlik direnç değerleri.....	150
Çizelge 5.1 Yapım metodlarının malzeme ve işgücü kullanım oranları.....	174
Çizelge 5.2 Endüstri amaçlı hammadde üretimlerinin malzeme bazında kıyaslanması.....	176
Çizelge 5.3 Ahşap ve yapay ahşap malzemeler ile diğer yenilenemez nitelikteki alternatiflerinin ton başına gereksinim duydukları enerji miktarları.....	177
Çizelge 5.4 Eşit ısı geçirgenlik (U) değerine sahip çeşitli kabuk bileşenlerinin ısıtma ve soğutma yüklerinin analizi.....	178

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil		Sayfa
Şekil 2.1	Doğal ahşabın makroskopik yapısı.....	4
Şekil 2.2	Ahşabın mikroskopik yapısı.....	6
Şekil 2.3	Muhtelif ağaç türleri odunlarının içerisindeki kimyasal elementlerin yüzde oranları.....	8
Şekil 2.4	Elastiklik sınırı- kırılma sınırı ilişkisi	26
Şekil 2.5	Basınç direnci (Liflere dik yönde)	27
Şekil 2.6	Basınç direnci (Liflere paralel yönde).....	27
Şekil 2.7	Çekme direnci (Liflere paralel yönde).....	27
Şekil 2.8	Çekme direnci (Liflere dik yönde)	27
Şekil 2.9	Eğilme direnci.....	28
Şekil 2.10	Makaslama direnci.....	29
Şekil 2.11	Yarılma direnci.....	30
Şekil 2.12	Sertlik	31
Şekil 2.13	Dinamik eğilme direnci.....	31
Şekil 2.14	Ahşapta yoğunluk -elastiklik modülü ilişkisi.....	32
Şekil 2.15	Ahşapta yoğunluk -mukavemet ilişkisi.....	33
Şekil 2.16	Ahşapta elastiklik modülü- nem oranı ilişkisi.....	34
Şekil 2.17	Ahşapta sıcaklık - elastiklik modülü ilişkisi.....	34
Şekil 2.18	Ahşapta lif açısı- elastiklik modülü ilişkisi.....	36
Şekil 2.19	Kesim metodunun deformasyon üzerindeki etkisi.....	38
Şekil 2.20	Geleneksel Türk konutu plan şemaları.....	46
Şekil 2.21	Geleneksel Türk konutu.....	47
Şekil 2.22	Geleneksel Türk konutunda döşeme.....	49
Şekil 2.23	Geleneksel Türk konutunda boşluklu sıvama metodu.....	51
Şekil 3.1	Yapıştırılmış kaplama çubuk elemanlar.....	61

	Sayfa
Şekil 3.2	Paralel lifli çubuk elemanlar..... 62
Şekil 3.3	Yapıştırma (lamine) ahşap elemanlar..... 63
Şekil 3.4	Lamine ahşap elemanlarda katların en birleşimleri..... 64
Şekil 3.5	Lamine ahşap elemanlarda katların boy birleşimleri..... 65
Şekil 3.6	Lamine kiriş kat düzenlemeleri..... 66
Şekil 3.7	Ahşap I kirişler..... 68
Şekil 3.8	Kontrplak gövdeli ahşap I kirişler..... 69
Şekil 3.9	Partikül levha, kontrplak ve masif ahşabın ısı genleşme değerlerinin karşılaştırması..... 75
Şekil 3.10	AKB pano döşeme konstrüksiyonu..... 80
Şekil 3.11	AKB pano döşeme konstrüksiyonu- Kesit..... 81
Şekil 3.12	AKB panolu duvar konstrüksiyonu-1..... 84
Şekil 3.13	AKB panolu duvar konstrüksiyonu-2..... 84
Şekil 3.14	AKB panolu çatı konstrüksiyonu..... 85
Şekil 3.15	OSB levha tiplerinin katman yapısı..... 88
Şekil 3.16	Masif ahşap taşıyıcılı paneller..... 98
Şekil 3.17	Masif taşıyıcılı ahşap panelleri- Köşe birleşim detayı..... 100
Şekil 3.18	Taşıyıcı nitelikli yalıtımlı kompozit paneller (SIP)..... 101
Şekil 4.1	14 yy. Ahşap iskelet yapısı 107
Şekil 4.2	Ahşap iskelet yapım sistemleri..... 109
Şekil 4.3	Geleneksel ahşap iskelet sistem..... 109
Şekil 4.4	Kaburga konstrüksiyon..... 110
Şekil 4.5	Tek kolon ve tek kirişli iskelet sistem..... 111
Şekil 4.6	Masif ahşap – Kompozit çubuk elemanlar..... 112
Şekil 4.7	Çift kolon ve çift kirişli iskelet sistem..... 113
Şekil 4.8	W.Gropius- Copper Evleri..... 119
Şekil 4.9	Küçük boyutlu ahşap panel sistemi elemanları..... 123
Şekil 4.10	Küçük boyutlu ahşap panel sistemi 124

	Sayfa
Şekil 4.11	Büyük boyutlu ahşap panel sistemi elemanları..... 126
Şekil 4.12	Büyük boyutlu ahşap panel sistemi 127
Şekil 4.13	Havalandırılan dış duvar panelleri..... 136
Şekil 4.14	Panel taşıyıcı elemanlarının birleşimi 141
Şekil 4.15	Çerçeve konstrüksiyonlu panellerde konstrüksiyon tipleri... 142
Şekil 4.16	Taşıyıcı nitelikli yalıtımlı kompozit panel (SIP) sistemi 144
Şekil 4.17	Panel birleşim tipleri..... 154
Şekil 4.18	Masif ahşap taşıyıcılı panel-zemin bağlantı şekilleri 155
Şekil 4.19	T.N. kompozit panel (SIP) -zemin bağlantısı..... 156
Şekil 4.20	Dış duvar panel birleşimleri-1 157
Şekil 4.21	Dış duvar panel birleşimleri-2..... 158
Şekil 4.22	Dış duvar panel birleşimleri-3..... 159
Şekil 4.23	Dış duvar panel birleşimleri-4..... 159
Şekil 4.24	Taşıyıcı nitelikli kompozit panellerin (SIP) birleşim şekilleri..... 161
Şekil 4.25	Panel birleşim derzleri..... 172

SİMGELER ve KISALTMALAR

Bu çalışma kapsamında kullanılmış simge ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklama

//

Levha elemanlarda levha düzlemine paralel
Masif ahşapta lif doğrultusuna paralel

⊥

Levha elemanlarda levha düzlemine dik
Masif ahşapta lif doğrultusuna dik

Kısaltmalar

AKB

Amerikan Kontrplak Birliği
(*American Plywood Association-APA*)

SIP

Taşıyıcı Nitelikli Kompozit Panel
(*Structural Insulated Panel*)

SIPA

Taşıyıcı Nitelikli Kompozit Panel Birliği
(*Structural Insulated Panel Association*)

OSB

Yönlendirilmiş Talaş Levha
(*Oriented Strand Board*)

SCL

Taşıyıcı Nitelikli Kompozit Çubuk Elemanlar
(*Structural Composite Lumber*)

LVL

Yapıştırılmış Kaplama Çubuk Elemanlar
(*Laminated Veneer Lumber*)

PSL

Paralel Lifli Yapay Çubuk Elemanlar
(*Parallel Strand Lumber*)

1. GİRİŞ

Ahşap, insanoğlunun yararlandığı ilk doğal strüktürel elemanlardan biri olması bağlamında ele alınırsa; kullanımının tarih öncesi devirlere kadar uzanmakta olduğu görülür. Ahşap malzeme, sunduğu kullanım olanaklarının çeşitliliği nedeni ile kendine özgü kullanım biçimleri yaratarak zamanla yapı üretiminin strüktürel ve kaplama işlevlerine sahip temel malzemelerinden birisi konumuna gelmiştir.

Geleneksel yapımdan endüstriyel yapıma geçiş sürecinde, doğal ahşap malzeme, sahip olduğu kısıtlar ve yetersizlikler sebebi ile yapı üretiminin strüktürel amaçlı temel gereksinimlerine yanıt verememiş, dolayısı ile kullanım alanı daralmıştır. Bu durumun temel nedenlerinden birisi ahşabın kıt ve pahalı bir kaynak haline gelmesi, bir diğeri de konstrüksiyonda gereksinilen yoğun işçiliktir. Günümüzde ahşap malzemenin bu olumsuzlukları, endüstriyel süreçlerde yeni teknik olanaklarla giderilmeye çalışılmakta, ekolojik özellik gösteren bu malzeme yeniden strüktürel özellikler taşıy hale getirilerek yeni kullanım olanakları yaratılmaya çalışılmaktadır.

Ahşap malzemenin doğal yollarla yeniden üretilebilir bir kaynak oluşu ve endüstriyel kullanım amaçlı üretimi gerçekleştirildiğinde son derece ekonomik oluşu, ahşap malzemeyi vazgeçilemez bir yapı malzemesi konumuna getirmektedir. Ahşap, modern yapı gereksinimleri çerçevesinde malzemeye ait sınırlılıkların ve kısıtların ortadan kaldırılması durumunda sahip olduğu olanaklar nedeni ile yeniden temel yapı malzemesi konumuna gelebilecektir.

Günümüzün giderek artan konut ihtiyacına, geleneksel karakterde, yerinde üretime dayalı yapım teknikleri ile yanıt verebilmenin güçlüğü, buna karşın ön üretime dayalı yapım tekniklerinin yerinde yapım tekniklerine oranla daha etkin çözüm olduğu, günümüzde kabul edilen bir görüştür. Bu nedenle; bu araştırma kapsamında; ön üretimli ahşap panellerin, konut üretiminde kullanım olanaklarının saptanması amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda panel sistemlerde temel eleman konumunda olan bölücü duvar bileşenlerin sahip olmaları gerekli performans kriterleri tespit edilerek, mevcut örnekler çerçevesinde analizleri yapılmalıdır.

Ahşap malzemenin yapıda doğal hali ile kullanımı günümüz yapım tercihlerinin öngördüğü gereksinimler doğrultusunda çeşitli kısıtları beraberinde getirmektedir. Söz konusu bu kısıtların, öncelikle modifiye edilmiş doğal ahşap kullanımı, levha ve çubuk elemanlar gibi yapay ahşap elemanların kullanımı ve son olarak, doğal ve yapay ahşabın birlikte kullanımı ile üretilen ahşap bileşenlerin kullanımı yolu ile giderilmesi mümkün olmaktadır. Bu noktadan hareketle; yapı üretiminde gerek doğal ahşabın sınırlılıklarının tespit edilmesi, gerekse yapay ahşabın kullanım olanaklarının belirlenmesi amacıyla doğal ve yapay ahşap malzemeye ilişkin özelliklerin irdelenmesi gerekmektedir.

Bu amaç doğrultusunda bu tez kapsamında doğal ahşap malzeme ile yapay ahşap elmanlar genel özellikleri ile tanıtılarak yapının iskelet ve bölme sistemlerini oluşturan doğal ve yapay ahşap malzemenin performans gereklilikleri, çubuk elemanlar ve panel bileşenler bağlamında ele alınmıştır.

Strüktürel elemanlar ve panel bileşenlerin performans gereklilikleri oldukça geniş bir alanı tanımlamasından dolayı bu çalışma kapsamında inceleme alanının sınırlandırılması söz konusu olmuştur. Bu bağlamda, bileşen

konstrüksiyonunun fiziksel çevre koşullarının denetimine ilişkin performans kriterleri üzerinde yoğunlaşmıştır.

Yukarıda amacı ve içeriği tanımlanan bu tezde izlenen yöntem ise şu şekilde özetlenebilmektedir. Genel tarama modelinin benimsendiği bu çalışmanın veri toplama aşamasında doğal ve yapay ahşap bileşen üretimi gerçekleştiren yabancı firmaların ürünlerine ilişkin teknik dokümanlar ile yabancı kurum ve kuruluşlarca yayımlanan çeşitli ürünlere ait teknik bültenler temin edilmiş, kullanım olanaklarının belirlenmesi çerçevesinde ürün performanslarının, söz konusu teknik dokümanlar esas alınarak karşılaştırılmaları yapılmıştır.

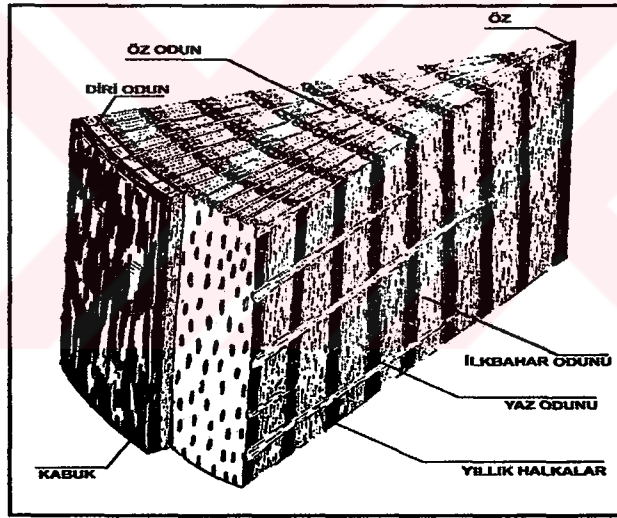
Uygulama olanaklarının tespit edilmesi amacıyla, bu alanda yaygın kullanım alanı bulan yapım sistemleri incelenilerek sistem özellikleri ve sistemlerde kullanılan bileşenlerin sahip olması gerekli performans kriterleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Özellikle panel sistemlerde temel eleman konumunda olan ve yapının bölmeler sisteminine ait duvar panelleri, söz konusu performans kriterleri kapsamında irdelenmiş ve literatürde rastlanılan örnekler analiz edilmiştir.

2. DOĞAL AHŞAP

2.1. Doğal Ahşabın Yapısal Özellikleri

2.1.1. Doğal ahşabın makroskobik yapısı

Doğal ahşabın gözle görülebilen özellikleri anlamına gelen makroskobik yapısı, malzemenin enine, radyal ve teğet kesitlerine göre farklılıklar göstermektedir. Ağaç anatomisi ile ilgili en çok bilgi veren kesit enine kesittir (Aslan, S.,1994). Enine kesit incelenecek olursa, öz, odun ve kabuk olmak üzere üç ana kısımdan meydana geldiği görülür.



Şekil 2.1. Doğal ahşabın mikroskopik yapısı (Wilcox and Botsai,1992)

a. Öz

Ağaç gövdesinin tam ortasında bulunur. Büyüklüğü ağacın cinsine göre değişiklikler gösteren öz, süngerimsi bir doku yapısına sahiptir. Bu özelliğinden dolayı öz, ağacın yetişmesi sürecinin ilk yıllarında yaprakların ihtiyacı olan suyu yapraklara iletmektedir.

b.Odun

Odun, yıllık halkaları ve ağacın enine büyümesini (kalınlaşmasını) sağlayan kısım olan kambiyum tabakasını içeren bölümdür. Odun, yıllık halkalar, öz odun ve diri odun bölümlerinden oluşmaktadır (Aslan, S.,1994).

Yıllık halkalar: Ağacın gelişme süreci içerisinde senelik mevsim değişimlerine paralel olarak oluşan bölümdür. Odun tabakası ilkbahar mevsiminde bol su ve besin sebebi ile hızlı gelişmiş, iri gözenekli hafif görünümlüdür, buna karşılık yaz mevsiminde suyun ve besinin azalmasıyla odun tabakası, daha koyu ve küçük gözenekli hücrelerden oluşur. Bu sebepten dolayı mevsim değişikliklerinin belirgin bir şekilde yaşandığı iklim ağaçlarında yıllık halkalar daha belirgindir. İlkbahar ve sonbahar halkaları adı verilen bu oluşumlar birlikte öz odun ve diri odun kısımlarından oluşan “odun” bölümünü oluştururlar.

Öz odun: Hemen hemen tüm ağaç türlerinde enine kesit homojen bir renge sahip değildir. Genel olarak öz odun adı verilen iç kısım, kendisini çevreleyen dış kısımdan (diri odun) daha koyu renktedir. Ağacın büyümesi ile birlikte çeşitli kimyasal değişimler sonucu söz konusu renk farklılığı oluşmaktadır. Ağacın gelişme süreci içerisinde çap genişlemesi arttıkça öz odun, besin depolama ve su iletimi görevini bırakarak sadece mekanik bir destekleme görevi üstlenmektedir (Aslan, S.,1994).

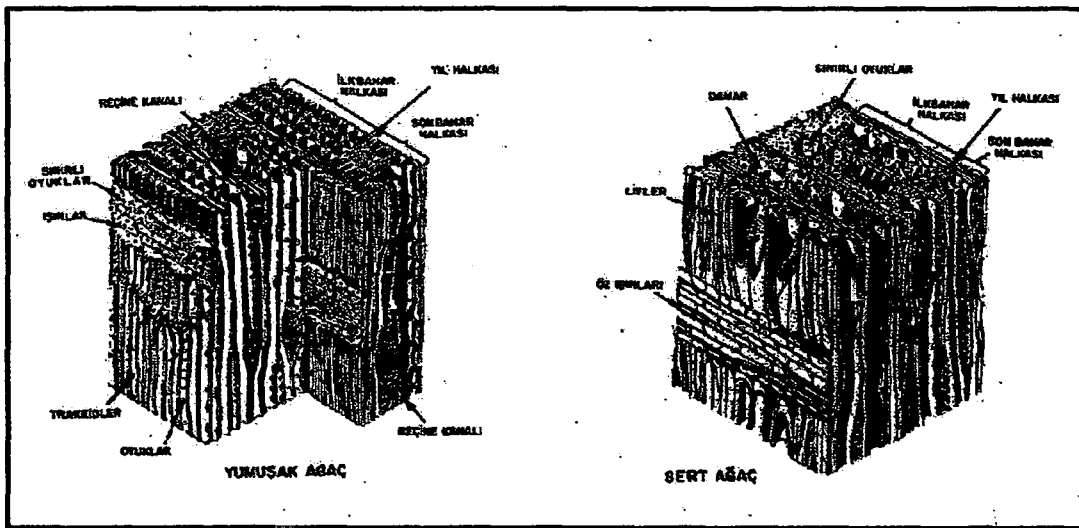
Diri odun: Ağaç gövdesini destekleme görevinin yanında kökler yardımı ile topraktan alınan suyun yapraklara iletilmesi ve besinin özelleşmiş hücreleri sayesinde depolanması görevini üstlenen kısımdır.

c.Kabuk

Açık renkte ve yaşayan hücrelerden oluşan iç kabuk ile koyu renkteki dış kabuktan oluşan kabuk katmanı ağacı dış etkenlerden koruyan bölümdür. Çeşitli ağaç cinslerine göre oldukça farklı görsel özellikler taşımasından dolayı ağaç cinslerinin karakteristik özellikleri arasında yer almaktadır (Aslan, S.,1994) .

2.1.2. Doğal ahşabın mikroskobik yapısı

Doğal ahşabın yanyana gelmiş hücrelerden oluşmuş bir dokusu vardır. İçi boşluklu bu hücre yapısı, doğal ahşap malzemeye diğer yapı malzemelerine kıyasla daha hafif olması avantajını tanımaktadır. Her bir hücre çeperini misel adı verilen selüloz yapıları ile bunların aralarında yer alan ve “lignin” adı verilen maddeler oluşturur. Şekil 2.2.’ de ahşabın mikroskobik yapısı görülmektedir.



Şekil 2.2. Ahşabın mikroskobik yapısı (Berkel,A,1980).

Odunu meydana getiren hücre grubu çeşitleri şunlardır;

- a. Trahee
- b. Trakeid
- c. Paranşim
- d. Skleranşim

Bu hücrelerden trahee'ler sadece geniş yapraklı ağaç cinslerinde bulunmakta olup yapıları delikli bir tüpe benzemektedir. Bu hücre gruplarının görevleri odun bünyesindeki suyu iletmektir. Boyları ağaç cinslerine göre değişiklikler göstermekte ve birkaç santimetreden beş metreye kadar olabilmektedir (Berkel,A,1980).

Trakeid adı verilen hücre gruplarının da asıl görevleri odun içindeki su ve mineral iletimini sağlamaktır. Trahee'lere kıyasla oldukça ince hücre zarına sahiptirler. Trakeid hücre gruplarının formları ucu kapalı bir tüpe benzememekte olup çevresindeki hücrelere açılan boşlukları vardır (Aslan, S.,1994).

Paranşim hücrelerinin meydana getirdiği özel dokularda ağaç için gerekli besin maddeleri depolanmaktadır. Bu besin maddeleri gerektiğinde iletilen hücreler yardımıyla ağacın diğer kısımlarına gönderilirler. Paranşim hücre grupları ağacın düşey eksenine paralel olarak yerleşebildikleri gibi “enine kesitte” görülebilecek şekilde eksene dik ve ağacın özünden kabuğa doğru yayılan ışınlar şeklinde de bulunabilirler ki bu oluşuma “öz ışını” adı verilir (Aslan, S.,1994).

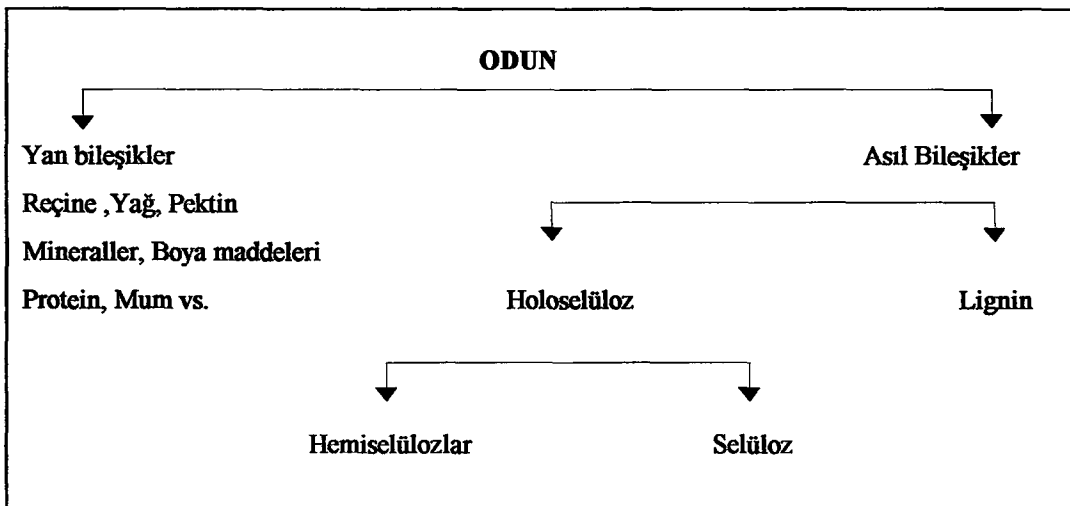
Skleranşim hücreleri ise zarları kabuklaşmış, iki ucu sivri hücrelerdir. Bu hücreler birbirlerine kenetlenerek, asıl görevleri mekanik anlamda ağacı

destekleme ve kuvvetlendirme olan odun liflerini meydana getirirler. İğne yapraklı ağaçlarda skleranşim hücreleri bulunmayıp bu hücrelerin görevlerini paranşim hücreleri üstlenir (Berkel,A.,1980).

Odunun mikroskopik yapısında göze çarpan bir diğer oluşum da odun dokusundaki boşluklar yani hücreler arası kanallardır. Bu boşluklar özelleşmiş paranşim hücreleri ile çevrelenmiş olup iğne yapraklı ağaçlarda reçine kanalı, geniş yapraklı ağaçlarda ise sakız kanalı adını almaktadır (Berkel,A,1980).

2.1.3. Doğal ahşabın kimyasal yapısı

Odun, ağırlıklı olarak Karbon (C) , Hidrojen (H₂) , Oksijen (O₂) ve kısmi olarak Azot (N) ile kül içerisindeki maddelerden oluşmaktadır. Bu elementlerin ahşap bünyesindeki oranları ağacın cinsine göre oldukça az değişiklik göstermektedir. Odunun kimyasal bileşiminin şematik olarak ifadesi Şekil 2.3.'de ve çeşitli ağaç türleri odunlarının içerisindeki kimyasal elementlerin yüzde oranları Çizelge 2.1.'de yer almaktadır.



Şekil 2.3. Odunun kimyasal bileşiminin şematik gösterimi (Aslan, S.,1994)

Çizelge 2.1. Muhtelif ağaç türleri odunlarının içerisindeki kimyasal elementlerin yüzde oranları (Aslan, S.,1994)

Ağaç cinsi	Karbon (C)	Hidrojen(H ₂)	Oksijen (O ₂)	Azot (N)
Çam	51.39	6.11	41.56	0.94
Ladin	51.39	6.11	41.56	0.94
Meşe	50.64	6.23	41.85	1.28
Kayın	50.89	5.07	42.11	0.95

Doğal ahşabı oluşturan asıl bileşikler ise şunlardır;

- a.Selüloz
- b.Hemiselüloz
- c.Lignin

Bu maddelerin dışında doğal ahşap içerisinde, çeşitli reçineler ve yağlar, kül bileşikleri, albümin, tanen, mum ve bazı boyalı maddeler bulunmaktadır.

a. Selüloz:

Hücre çeperinin yapı iskeletini oluşturan selüloz, doğada son derece sık rastlanan organik maddelerden birisidir. Beyaz renkte, güneş ışığı etkisiyle rengini değiştirmeyen, ağaca eğilme kabiliyeti veren bu maddenin ağaç odunu içerisindeki ağırlık oranı, kuru ağaç ağırlığının % 50-60' ı kadardır (Yılmaz, A.,1993).

b.Hemiselüloz

Ahşabın yapısındaki hemiselülozlar selüloz ile birlikte odunun hücre duvarını oluşturmaktadırlar. Hemiselülozun odun içerisindeki oranı yaklaşık %15-25 kadardır. Odunun yapısındaki hemiselüloz oranı arttıkça odunun mukavemeti artmaktadır (Yılmaz, A.,1993). İnce yapraklı ağaçlarda bulunan hemiselüloz oranı, geniş yapraklı ağaçlara kıyasla daha düşüktür. Bu sebeple hemiselüloz oranının yüksek olduğu geniş yapraklı ağaçlar yüksek mukavemete sahip olmaktadır .

c. Lignin

Selüloz miselleri arasındaki boşluklara yerleşmiş olan lignin maddesinin basınç kuvvetlerine karşı yüksek dayanım göstermesi sebebi ile bu madde selüloz ile birlikte ağacın mekanik mukavemeti üzerinde etkili olmaktadır (Aslan,S.,1994). Ağaçların otsu bitkilerden farklı olarak sert olmalarını sağlayan bu madde odunun ilk oluşum aşamasında odun bünyesinde bulunmamaktadır. Lignin, ağacın gelişme aşamasında hücre aralarına yerleşerek ağacın dik durmasını sağlayarak basınç mukavemetini artırır. Ahşabın yapısındaki lignin miktarı %15-25 oranındadır (Yılmaz, A.,1993).

2.2. Doğal Ahşabın Fiziksel Özellikleri

Ahşap malzemenin fiziksel özellikleri, ahşabın mekanik davranışının belirleyicisi olması nedeniyle önem taşımaktadır. Söz konusu fiziksel özellikler; ahşabın yoğunluğu, ısısal özellikleri, akustik özellikleri ve elektriksel özelliklerdir. Bu özellikler, ahşabın gerek mekanik, gerek ise ısı ve ses geçirim özelliklerini etkileyen faktörler olmalarından dolayı ahşap malzemenin yapı konstrüksiyonunda kullanım olanaklarının doğrudan belirleyicisi durumundadırlar. Bu sebeple söz konusu bu özellikler, ahşap malzemenin kullanım olanaklarının belirlenmesi çerçevesinde analiz edilmelidir.

2.2.1. Yoğunluk

Ahşabın en önemli fiziksel özelliği yoğunluğudur. Birçok madde için yoğunluk, birim hacimdeki kütle ağırlığı olarak tanımlanmaktadır. Özgül ağırlık ise 4 C° de katı bir maddenin yoğunluğunun suyun yoğunluğuna oranı olup (bağıl yoğunluk) birimsiz bir büyüklüktür. Ahşap malzemedeki yoğunluk ile malzemenin dayanımı arasında doğru orantılı bir ilişki bulunmaktadır (Berkel,A,1980). Ahşap malzemenin yoğunluğu, malzemenin hem mekanik özelliklerinin, hem de ısısal özelliklerinin belirleyicisi konumunda olmasından dolayı ahşap malzemenin yapıda gerek taşıyıcı sistem elemanı olarak, gerek ise ısı ve ses geçirimsizliğinin ön planda olduğu bölücü eleman olarak kullanım olanakları üzerinde etkili olmaktadır.

Ahşabın yoğunluğunu belirleyen faktörler genel olarak; ahşabın gözenekli yapısının yoğunluğu, malzemenin barındırdığı nem miktarı ve malzemenin bünyesinde bulunan mineral madde miktarıdır. Bu faktörler biraz daha detaylandırılacak olursa; yıllık halka genişliği, ağacın yetiştiği iklime bağlı

olarak ilkbahar ve yaz odunu yüzdesi, ahşabın ağaç gövdesindeki bulunuş yeri ya da ağacın yaşı gibi faktörlerin doğal ahşap malzemenin yoğunluğu üzerinde etkili olduğu görülmektedir (Berkel,A,1980).

2.2.2. Isısal özellikler

Doğal ahşabın ısı ile ilgili özellikleri, malzemenin kullanım olanakları üzerinde etkili olmaktadır. Ahşap malzemeye ilişkin ısısal özellikler genişleme, ısı iletkenliği ve özgül ısısı olmak üzere üç ana bölümde incelenebilir.

a. Ahşabın genişleme özelliği

Bütün katı cisimlerde olduğu gibi doğal ahşap malzeme de ısı etkisi nedeni ile boyut ve hacim değişikliğine uğramaktadır. Bunun nedeni, artan sıcaklığın odunu oluşturan moleküllerin arasındaki mesafeyi değiştirme yönündeki etkisidir. Ahşap malzeme homojen özellikte bir malzeme olmadığı için, ısı etkisi ile genişleme ahşapta her doğrultuya göre değişiklik gösterir (Berkel,A,1980).

Isıl genişleme katsayısı (α_w), 1 metre uzunluğundaki bir cisimde 1° C ısı artışına karşılık meydana gelen uzama miktarıdır. Ahşabın liflerine paralel, radial ve yıllık halkalara teğet yönde ısısal genişleme katsayıları, dolayısı ile de genişleme değerleri farklılıklar göstermektedir (Berkel,A,1980). Bu özellik, doğal ahşap malzemenin özellikle bitirme malzemesi olarak kullanımında birleşim sorunlarını beraberinde getirmekte ve konstrüksiyon metodları üzerinde etkili olmaktadır.

Hacimsel ısısal genişleme katsayısı ahşabın yangın performansını etkileyen bir faktör olarak göze çarpar. Yangın gibi özel durumlarda ısı etkisi ile ahşap

malzemenin hacminin çok az değişmesi önemli bir özelliktir. Özellikle yapıda strüktürel görev üstlendiği koşullarda ahşap malzemede hacim değişikliğinin az olması durumunda eleman bazında hasar çelik ve beton sistemlere kıyasla daha az olmakta ve çökme gecikmektedir (CWC, 1991). (Bkz. EK-4 Resim 1)

Ağaç cinslerinin ısı genleşme değerleri açısından sıralı karşılaştırmaları aşağıdaki grafiksel anlatımda görülmektedir. (Bkz. Çizelge 2.2.) Aşağıda yer alan grafikten de anlaşılacağı gibi meşe ve çam cinsi ağaçlardan elde edilmiş ahşap malzemenin ısı genleşme katsayıları, ceviz, kestane gibi ağaç cinslerinden elde edilmiş ahşap malzemeye kıyasla daha düşük değerdedir. Bu durumdan dolayı ahşabın, yüzey bitirme malzemesi ya da kapı ve pencere gibi üretimi şeklinde yapı bünyesinde kullanımının söz konusu olduğu koşullarda genleşme değerleri daha düşük olan ağaç cinslerinin tercih edilmesi uygun olacaktır.

Çizelge 2.2. Isı genleşme katsayıları (Liflere paralel yönde) (Berkel,A,1980)

Ağaç Cinsleri	Isı Genleşme Katsayıları $\alpha_w \times 10^4$
Şimşir	2,57
Kavak	3,85
Meşe	4,92
Karaağaç	5,65
Gürgen	6,04
Akçaağaç	6,38
Kestane	6,49
Ceviz	6,55
Dişbudak	9,51

b. Ahşabın ısı iletkenliği

Isı iletkenliği, herhangi bir homojen yapıdaki malzemenin birim alanından, birim zamanda ve birim kalınlığından, alana dik yönde, katı iletimi (kondüksiyon) yolu ile geçen ısı miktarına denilmektedir. Isı iletkenliği, bir malzemenin katı iletimi yolu ile her iki yüzeyi arasında ısı geçişine karşı koyduğu direncin, yani ısı geçirgenlik direncinin malzeme kalınlığı ile birlikte belirleyicisi durumundadır. Isı geçirgenlik direncinin yükselmesi, kabuğun ortalama ısı geçirme direncini yükselteceğinden kabuktan meydana gelebilecek ısı kaybını azaltacaktır (Genceli F.O., 1996). Bu sebepten dolayı; doğal ahşap malzemenin yapı konstrüksiyonunda kullanımının söz konusu olduğu şartlarda malzeme bazında ısı iletkenliği ve ısı geçirgenliği kavramı önem kazanmaktadır.

Doğal ahşabın ısı iletkenliğini; ahşabın yoğunluğu, bünyesindeki nem miktarı, lif doğrultusu ve açısı gibi faktörler belirlemektedir. Isı iletkenlik katsayısı (λ), cismin içerisinde bulunan hava boşluğu miktarıyla ters orantılı bir ilişki içerisinde. Bu sebepten dolayı içerisinde fazla hava boşluğu bulunduran cisimlerin ısı iletkenlik katsayısı düşük bir değerde olmaktadır. Doğal ahşap, hücre yapısı nedeni ile içerisinde oldukça fazla miktarda hava boşluğu bulundurduğundan ısı iletkenlik değeri düşük olan bir malzemedir. Bu özelliği ahşaba yapı malzemesi olarak önemli bir ayrıcalık sağlamaktadır. Ahşabın yoğunluğu ile ısı iletkenliği arasında doğru orantılı bir ilişki mevcuttur. Malzemenin bünyesinde barındırdığı boşluk oranı azaldıkça yoğunluğu ve ısı iletkenliği artmaktadır (Berkel, A, 1980). (Bkz. Çizelge 2.3)

Çizelge 2.3. Çeşitli Malzemelerin Oda Sıcaklığındaki Isıl Özellikleri
(Berkel,A,1980)

Malzeme	Yoğunluk (g/cm ³)	Isı İletkenliği (W/Mk)	Özgül Isı (kJ/kg K)
Çam	600	0.15	1.63
Kızıl meşe *	700	0.17	1.63
Partitül levha	800	0.135	1.3
Kontrplak	540	0.12	1.21
OSB	500	0.07	1.3
Polystyrene XPS	16	0.037	-
Cam yünü	102	0.04	0.96
Alçı pano	850	0.21	1.09
Tuğla	1970	0.70	0.79
Beton**	960	0.33	0.84
Taş ***	2240	3.5	0.79
Çelik	7830	45	0.50
Alüminyum	2740	221	0.89

* Çizelgede yer alan ağaç cinslerinin nem miktarları %12 olarak alınmıştır.

** Yoğunluğa bağımlı değişim göstermektedir. Örnek yoğunluk; 960 kg/ m³ olarak alınmıştır.

*** Örnek yoğunluk ; (Yapısında Quarts minerali bulunduran taşlar için)
2240 kg/ m³ olarak alınmıştır.

c. Ahşabın özgül ısı

Özgül ısı; bir cismin 1 kilogramının, birim kütlesinin algılanabilir sıcaklığını 1 C° değiştirebilmek için o cisme verilmesi ya da alınması gereken ısı enerjisi miktarı olarak tanımlanmaktadır. Çizelge 2.3'den de anlaşılacağı gibi doğal ahşabın özgül ısı diğer malzemelere kıyasla oldukça yüksektir. Bir başka deyişle ahşap, aynı miktarda ısı ile çelik, beton ve alüminyuma kıyasla daha az ısınmaktadır. Bu durum, ahşabın yapı malzemesi olarak avantajlı bir yönünü teşkil etmektedir. Ayrıca ahşap malzemenin bu özelliğinin yapılarda yangın denetimi açısından da önemli bir kriter olduğu belirtilmektedir

(CWC,1993). Bu konuya doğal ahşabın yanma özellikleri bölümünde ayrıntılı olarak değinilmektedir (Bkz. Bölüm 2.2.4.).

2.2.3. Ses iletim özellikleri

Ağaç malzeme, ses dalgalarını yayma ve sönümleyebilme özelliği bakımından diğer malzemelere göre üstünlüğü bulunan bir malzemedir. Doğal ahşabın hücre yapısı nedeniyle oluşan bu özellik, ahşap malzemenin müzik aletleri yapımında kullanılmasının yanısıra yapı konstrüksiyonundaki özel uygulamalarda da yüzey kaplama malzemesi olarak kullanımına olanak tanır. Konser, sinema, tiyatro ve konferans salonları gibi iç mekanın genel akustik özelliklerinin önem taşıdığı durumlarda hem duvar, hem tavan hem de döşeme kaplaması olarak kullanımı ile yüzeylerdeki ses yansımalarının kontrol altına alınabilmesi mümkün olabilmektedir.

Ses dalgalarının doğal ahşap malzeme içerisindeki yayılma hızı ; ağacın cinsi, odunun yapısı, (liflerin yönü, yıllık halka yapısı, hücre çeperi, hava boşluğu oranı vs.) rutubet miktarı, ortam sıcaklığı, yoğunluk ve gelen ses dalgalarının frekansı gibi faktörlere bağlıdır (Bozkurt, Y.,1982).

Çizelge 2.4.' de çeşitli malzemelerdeki sesin yayılma hızları görülmektedir.

Çizelge 2.4. Çeşitli malzemelerdeki sesin yayılma hızları (Bozkurt, Y.,1982)

Malzeme	Yoğunluk (g/cm ³)	Ses Yalıtım Derecesi (dB) (500 Hz.)	Sesin yayılma Hızı (m/sn.)
DOĞAL AHŞAP			
Kayın *	0,70	19	3412
Meşe *	0,65	19	3900
Ceviz *	0,55	19	4700
YAPAY AHŞAP			
Yonga levha (18 mm)	0,90	27	4000
Kontrplak (15 mm)	0,80	24	4200
DİĞER YAPI MALZEMELERİ			
Alçı pano (10 mm)	0,85	26	3700
Sac levha (3.5 mm)	7,85	30	5000
Bakır (2 mm)	8,90	22	3900
Cam (4 mm)	2,50	25	5500
Beton (20 cm)	2,40	42	3700
Tuğla (14.5 cm)	1,80	39	2325
Mantar (5 mm)	0,25	40	480

* Çizelgedeki ağaç cinslerinde %12 nem miktarı ve liflere paralel ses hızı değerleri esas alınmıştır.

Ahşap malzemede ses enerjisinin azalması iki yolla gerçekleşmektedir. Bunlardan birincisi; malzeme bünyesinden geçen ses dalgalarının çevreye yayılması yoluyla, ikincisi ise ses enerjisinin moleküler sürtünme nedeni ile kayba uğraması yoluyla. Ahşapta moleküler sürtünme yolu ile ses enerjisi kaybı düşük bir düzeyde gerçekleşmekte, buna karşın ısıma yolu ile ses enerjisi kaybı daha yüksek bir değerde olmaktadır. Bu durumun sebebi ahşabın yoğunluğunun düşük oluşu ve malzeme bünyesinde ses yayılma hızının yüksek oluşudur.(Bkz. Çizelge 2.4.)(Bozkurt, Y.,1982) Bu durum, ahşabın akustik gereklilikler çerçevesinde değerli bir malzeme olduğunu ancak bir yapı

bileşeninde konstrüksiyon ya da yüzey bitirme malzemesi olarak kullanımının söz konusu olduğu koşullarda yapı bileşeninin gürültü kontrol etkinliğinin artırılması amacı ile bileşen bünyesinde ses emme özelliği bulunan malzemelere de ek olarak yer verilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Bir yapı malzemesinin bünyesinde ses dalgalarına karşı gösterilen direncin, malzemenin yoğunluğu ile doğru orantılı olarak artmakta olduğu bilinmektedir. Ses dalgalarına karşı malzemenin iç sürtünmelerinden kaynaklanan bu direncin artması ise malzeme bünyesinden geçecek olan ses enerjisinin azalmasına neden olarak malzeme ya da bileşenin ses yalıtım derecesini yükseltmektedir. (Özer, M.,1979)

Ses yalıtım derecesi, önlem alınması amaçlanan sesin sahip olduğu frekansa göre değişken değerler taşımaktadır .Yapı akustiğinde ilgilenilmesi gereken frekans alanı, özellikle konutlarda rahatsız edici gürültü kaynaklarının çoğunun yer aldığı 100 Hz. ile 3150 Hz. arasındaki frekans bandı olarak kabul edilmektedir. Bu dilim üzerinde ve altındaki frekanslarda insan kulağının duyarlılığı son derece azalmakta dolayısı ile yapı akustiği ile ilgili yapılacak değerlendirmelerde sözü edilen frekans bandının incelenmesi yeterli olabilmektedir (Harris C.M., 1994).

Ses yalıtım derecesinin, bir yapı elemanının ses yalıtımı özelliğinin ifadesi olması istenirse, ses yalıtım derecesinin frekansa bağımlı olarak farklı değerler alması sebebi ile ortalama ses yalıtım değeri (R_{ort}) kullanılmaktadır. (Özer, M.,1979).

Çizelge 2.5.'de yer alan örnek gösterimlerde çeşitli duvar konstrüksiyonlarının laboratuvar koşullarında yapılan deneyler neticesinde tespit edilmiş frekansa bağımlı ses yalıtım değerleri ve ortalama ses yalıtım değerleri yer almaktadır.

Çizelge 2.5. Çeşitli duvar konstrüksiyonlarının ses yalıtım değerleri
(Özer,1979)

DUVAR KONSTRÜKSİYON		Kalınlık cm	Birim Ağırlık kg/m ²	Ortalama Ses Yalıtım Değeri (R _{ort}) DB	FREKANS (dB)					
Şema	Konstrüksiyon				125	250	500	1000	2000	4000
	* Delikli Tuğla Duvar • Dış sıva 15 mm • Tuğla duvar 135 mm • İç sıva 15 mm	17.5	210	44	34	40	40	46	51	56
	* Alçı Blok Duvar • Alçı sıva 5 mm • Alçı blok 100 mm • Alçı sıva 5 mm	11	105	39	31	33	34	42	50	60
	* Betonarme Duvar –1 • Betonarme D. 150 mm	15	350	50	38	24	47	54	61	64
	* Betonarme Duvar –2 (Hafif Beton) • Dış sıva 20 mm • Hafif beton 115 mm • İç sıva 20 mm • Mineral elyafı L.24 mm • Alçı pano 12 mm	18	155	49	39	41	45	53	61	64
	*Ahşap Karkas Duvar (Ayrık karkas) • Alçı pano 12 mm x (2) • Ahşap karkas 100 mm • Cam yünü 50 mm • Kontrplak 15 mm • Alçı pano 12 mm	20	120	57	41	45	61	65	65	64
	*Ahşap Karkas Duvar (Yonga levha kaplı) • Yonga levha 12,5 mm • Ahşap karkas 50 mm • Yonga levha 12.5 mm	7.5	12	25	13	21	26	28	31	35

Çizelge 2.5.'de yer alan duvar konstrüksiyonları incelenecek olursa yapay ahşap pano malzemelerinin kullanıldığı koşullarda herhangi bir duvar veya döşeme elemanının ses denetimi açısından arzulanan nitelikte olabilmesi için eleman bünyesinde ses tutucu özelliğe sahip malzemelere de yer verilmesi gerekliliği açıkça görülmektedir. Bunun dışında pano elemanının duvar veya döşeme konstrüksiyonuna doğrudan tespit edilmesi yerine ters yönde bir ızgara sistemine¹ tespit edilmesi yolu ile temas yüzeyinin azaltılması da ses denetimi açısından önem taşımaktadır (APA,1998).

2.2.4. Yanma özellikleri

Selüloz esaslı bir madde olan ahşabın tam anlamıyla yangına karşı korunması olanaksızdır. Ahşabı yangına karşı korumadan genel amaç tutuşmayı ve yanmayı mümkün olduğunca geciktirmektir. Günümüzde Amerika ve Kanada başta olmak üzere, ahşap taşıyıcılı yapı üretiminin gerçekleştirildiği ülkelerde yangın konusunda getirilen sınırlama ve yapı kodlamaları çerçevesinde zamana bağımlı yangın dayanımları gözetilmektedir (CWC-Canadian Wood Council, 1993). Doğal ahşap, kimyasal yapısı gereği yanıcı nitelikte bir malzemedir. Ancak ahşabın lif katmanlı yapısı ve bu durumun sonucu olarak düşük ısı iletkenlik özelliği neticesinde kimyasal olarak yanma işlemi ahşabın yüzeyinde gerçekleşir. Bu sebeple kömürleşme gerçekleşmesi durumunda dahi ahşap eleman birim mukavemetinin önemli bir bölümünü koruyabilme olanağına sahiptir. Bu özellik ahşap malzemeye sanıldığığının aksine, yangın koşullarında önemli bir emniyet özelliği kazandırmaktadır. Günümüz teknolojik olanakları çerçevesinde uygun kimyasal maddelerin kullanımı ile ahşap elemanın yüzey sıcaklığı kontrol altına alınarak ve alevin ahşap malzeme üzerindeki etkisinin

¹ İncelenen kaynaklarda bu amaçla ses sönümleyici metal profillerin (*resilent channels*) kullanılmakta olduğu belirtilmektedir.

kısmen kontrol edilebildiği bilinmektedir. Bu amaçla selüloz liflerinin oksijen ile temasını engelleyerek yanmayı geciktiren kimyasal maddelerin kullanıldığı belirtilmektedir (Hornbostel, 1991). Buna karşın, yangın olasılığının da dikkate alındığı ahşap yapılarda ilgili standart ve sınırlandırmalar, yapının taşıyıcı sistemini oluşturan elemanların birleşim şekilleri, kabuk konstrüksiyonlarında yangın kesicilerin (*firestops*) yerleri, çok yapılı planlamalarda yapı mesafelerinin belirlenmesi, yangın anında yangın çıkışlarına olan mesafeler ve yangın tespit ve söndürme sistemleri gibi, yapı bünyesinde ele alınabilecek aktif ve pasif yangın önlemleri kapsamaktadır. (Ahşap yapılarda yangın kontrolü konusunda tasarım ve uygulamalara ilişkin ayrıntılı bilgi için bkz. “Wood and Fire Safety”, CWC-Canadian Wood Council, 1993)

Ahşap malzemenin yangın koşullarında daha önce değinilen avantajları nedeni ile günümüzde Amerika Birleşik Devletleri’nde spor salonu, konser salonu gibi içinde belirli bir süreç içerisinde çok sayıda insanın bulunacağı sosyal nitelik taşıyan yapıların yangın tehlikesine karşı ahşap taşıyıcılı olarak inşaa edilebildiği belirtilmektedir. (Goetz, K.D.Hoor, K.Moehler, J.Natterer, 1992).

2.2.5. Elektriksel özellikleri

Doğal ahşap malzemenin elektriksel direnci odunun bünyesindeki nem miktarına bağlı olarak önemli değişiklikler göstermektedir. Yapılan deneyler neticesinde, odundaki nem miktarı arttıkça elektriksel direncin azaldığı saptanmıştır.

2.2.6. Kimyasal maddelere karşı dayanım özellikleri

Ahşap malzeme doğal hali ile kimyasal maddelere karşı dayanım özelliği gösteren bir malzemedir. Ahşabın gerek strüktürel gerek ise konstrüktif amaçlı, kimyasal maddelerin etkisi altında bulunduğu koşullarda kullanımında, tercih edilebilecek ağaç cinslerinin belirlenmesi, malzemenin kullanım ömrü çerçevesinde büyük önem taşımaktadır. Genel olarak ahşabın kimyasal maddelere karşı dayanım özellikleri ahşabın cinsine bağlıdır. Geniş yapraklı ağaçlardan (*hardwood*) elde edilen odunlar, iğne yapraklı ağaçlardan (*softwood*) elde edilen odunlara kıyasla kimyasal maddelere karşı daha yüksek dayanım gösterirler (Bozkurt, Y.,1982).

2.3. Doğal Ahşabın Mekanik Özellikleri

Doğal ahşabın mekanik özellikleri, ahşap malzemenin, yapıda strüktürel amaçlı kullanımında en önemli performans kriterlerinden olan “dayanım” konusunun temel belirleyicisi durumundadır.

Ahşap malzemede mekanik özellikler homojen yapıdaki malzemelere kıyasla farklılıklar taşımaktadır. Doğal ahşabın homojen nitelikte bir malzeme olmamasından dolayı mekanik kuvvetlerin etkisi; ağaç türüne, ahşabın yoğunluğuna, bünyesinde bulunan nem miktarına, bünye kusurlarının bulunup bulunmadığına, sıcaklığına, kuvvetin etki yönü ile lif doğrultusu arasındaki açısal ilişkiye göre değişiklikler göstermektedir.

Doğal ahşap yoğunluğuna kıyasla statik açıdan oldukça dirençli olan bir malzemedir. Bu açıdan bakıldığında yapı malzemesi olarak oldukça avantajlı bir konuma sahip bulunmaktadır. Dört temel yapı malzemesinin karşılaştırmalı

fiziksel özelliklerinin yer aldığı Çizelge 2.6'da bu durum net olarak görülebilmektedir.

Çizelge 2.6. Dört temel yapı malzemesinin fiziksel özelliklerinin karşılaştırılması. (Allen, E.,1995)

Malzeme	Çekme Mukavemeti Max. (Mpa)	Basınç Mukavemeti Max (Mpa)	Yoğunluk (kg / m ³)	Elastite Modülü MOE (Mpa)
Ahşap*	4,83	7,58	480	8275
Tuğla*	0	1,72	1920	8275
Çelik**	151,7	151,7	7850	200000
Beton*	0	9,31	2320	21720

* Ortalama değerler esas alınmıştır.

** ASTM -A36 standardında belirlenen özellikler esas alınmıştır.

Ahşap malzeme bu özelliği neticesinde yapının taşıyıcı sisteminden kaynaklanan sabit yüklerin azalmasına neden olarak yapı genelinde bir hafiflik sağlamakta, bu durumun doğal bir neticesi olarak da deprem gibi yapının maruz kalacağı zamana bağımlı değişken karakterdeki yükler karşısında avantajlı konuma sahip olabilmektedir. Yapı genelinde sağlanan bu hafiflik, görelilik olarak küçük kesitli elemanlarla büyük açıklık geçme ya da daha yüksek yapılar üretebilme imkanını beraberinde getirmesine rağmen, ahşap malzemeye ait bu özellik, daha çok kendisini malzeme özelliklerinin teknolojik olanaklar çerçevesinde geliştirilerek geniş açıklık geçebilme konusunda ağırlıklı olarak hissettirmiştir.

2.3.1. Doğal ahşabın elastikiyet modülü

Elastikiyet modülü ile bir yapı elemanının mukavemeti arasında doğru orantılı bir ilişki mevcut olmasından dolayı teorik olarak eleman bazında dayanım özellikleri analiz edilirken elastikiyet modülü ile mekanik dayanım gücü arasında bir korelasyon ilişkisi kurgulanabilmesi mümkün olabilmektedir.

Herhangi bir elemanın, kendisine etki eden kuvvetlerin kaldırılması sonucu kuvvet etkisi altındaki deformasyonunun ortadan tam olarak kalkması durumuna elastikiyet denmektedir. Bu konuda bir başka tanımlama ise “bir çubuk elemanın belirli bir yük altındaki deformasyona karşı koyma yeteneği” şeklinde yapılabilmektedir (Sherwood,1998). Ahşap malzemede elastikiyet ancak belirli bir yük sınırına kadar söz konusu olabilmekte, bu sınırı aşan yüklemelerde eleman bünyesinde plastik (kalıcı) deformasyon veya lif ayrışması (kırılma) meydana gelebilmektedir. Teorik hesaplamalarda kullanılan ve malzemenin elastikiyetini karakterize eden “Elastikiyet modülü” ise gerçekte sabit bir değer olup bir deneme çubuğunun boyunu başlangıçtaki boyunun iki katına çıkarılması için gerekli gerilme miktarını, bir başka deyişle 1cm^2 ye yüklenmesi gereken yük miktarını ifade etmektedir. (Berkel A.,1980)

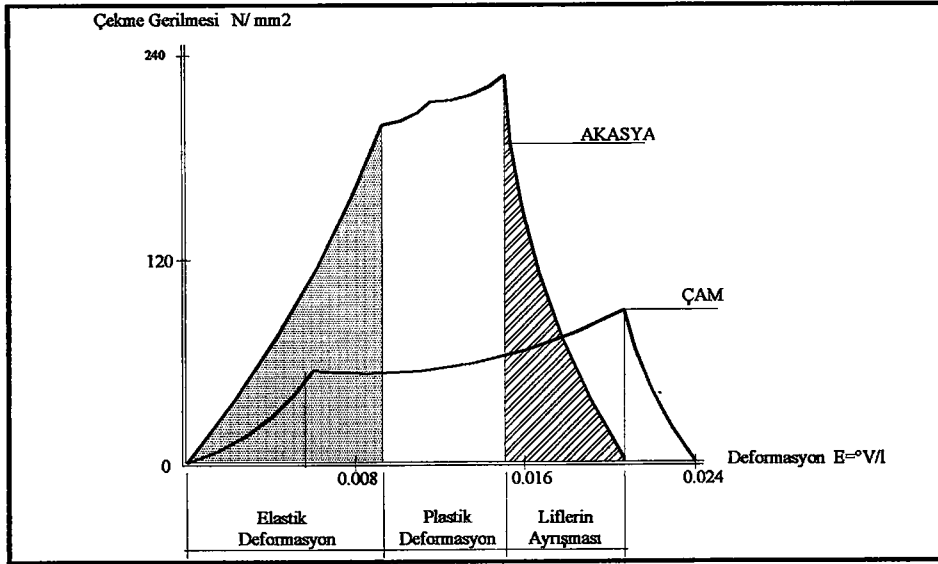
Ahşabın homojen özellik göstermeyen yapısı gereği ahşap malzemede elastikiyet modülü, odun liflerine paralel, radyal ve yıllık halkalara teğet olmak üzere üç esas doğrultuda farklı değerler almaktadır. Ahşap malzemede elastikiyet modülü, liflere paralel yönde en yüksek, radyal yönde daha küçük değerlerde, yıllık halkalara teğet yönde ise en düşük değerdedir (Berkel A.,1980). Çizelge 2.7’de çeşitli ağaç türlerinde eğilmede liflere paralel ve dik doğrultuda ortalama elastikiyet modülü (E) değerleri yer almaktadır.

Çizelge 2.7. Çeşitli ağaç türlerinde ortalama elastikiyet modülü (E) değerleri.
(Berkel, A.,1980)

Ağaç cinsi	Elastikiyet modülü Eb (paralel) kg/cm ²	Elastikiyet modülü Eb (dik) kg/cm ²
Ladin	110000	5500
Sarıçam	120000	4600
Gökmar	110000	4900
Meşe	130000	10000
Kayın	160000	15000

* Değerler %12 nem miktarında tespit edilmiştir.

Yukarıdaki çizelgeden de görülebileceği gibi kayın, meşe gibi sert ağaçların basit bir kiriş modellemesi çerçevesinde lif yönlerine dik olarak karşılayacakları yüklerde diğer ağaç cinslerine kıyasla daha dayanımlı oldukları görülmektedir. Aynı şekilde ahşap malzemenin yapı bünyesinde stüktürel kullanımı çerçevesinde lif yönlerine paralel olarak karşılayacakları sistem yükleri açısından yoğunlukları yüksek sert ağaçların dayanımının da oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Elastikiyet modülü büyüdükçe her cisimde olduğu gibi ahşap malzeme de deformasyon kuvvetlerine karşı daha yüksek bir direnç göstermektedirler. Ancak bu durum yalnız başına yeterli olmayıp elastiklik sınırı ile kırılma sınırı arasındaki dayanımı, ahşap malzemenin yapıda stüktürel anlamda kullanımına ilişkin etkili bir performans kriteri sayılmaktadır (Eriç, M.,1994). (Bkz. Şekil 2.4.)



Şekil 2.4. Elastiklik sınırı- kırılma sınırı ilişkisi (Eriç, 1994)

2.3.2. Doğal ahşap malzemenin mukavemeti

Bir malzemenin mekanik dayanımı kavramı; söz konusu malzemenin üzerine uygulanacak değişik karakterdeki yük ve kuvvetlere karşı olan dayanımı/davranımı olarak tanımlanabilmektedir. Yapıda kullanılan doğal ahşap malzemenin kullanıldığı yerde maruz kaldığı statik ve dinamik etkilere karşı gösterdiği karakteristik davranışların tümünü kapsayan mukavemet şekilleri, ahşap malzemenin konstrüktif ve strüktürel kullanım olanaklarını belirlemesi bağlamında oldukça büyük önem taşımaktadır.

Doğal ahşap malzemenin söz konusu mukavemet şekilleri şunlardır;

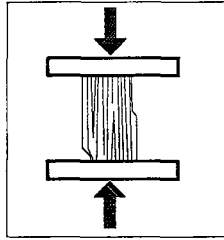
- Basınç direnci
- Çekme direnci
- Eğilme direnci
- Makaslama (Kesme) direnci
- Yarılma direnci

f. Aşınma direnci

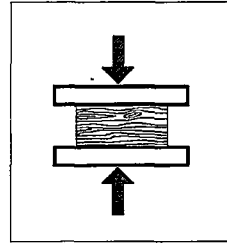
g. Sertlik

h. Dinamik eğilme (Şok) direnci

a. Basınç direnci



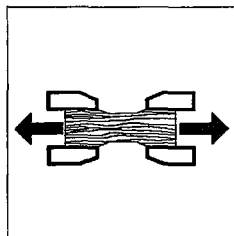
Şekil 2.5.



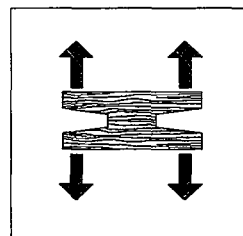
Şekil 2.6.

Ahşap malzemede basınç direnci, ahşap malzemenin, etkisi altında kaldığı ve kendisini ezmeye, sıkıştırmaya çalışan kuvvetlere kırılma anında gösterdiği dayanım anlamına gelmektedir. Basınç direnci liflere paralel ve liflere dik olmak üzere iki farklı değer almaktadır. Bir çok ağaç cinsinde liflere paralel basınç dayanımının, liflere dik basınç dayanımının yaklaşık 2-3 katı olduğu görülmektedir.² Basınç direnci üzerinde yoğunluk, lif açısı, malzeme bünyesindeki nem miktarı, budak sayısı, malzemenin sıcaklığı ve malzeme bünyesindeki kimyasal maddeler gibi faktörler etkilidirler. (Berkel, A.,1980)

b. Çekme direnci



Şekil 2.7

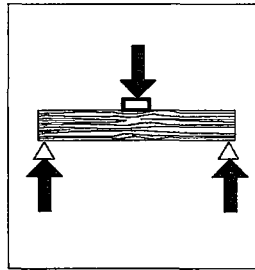


Şekil 2.8

² Örneğin ; yapılan numune deneyleri meşe odudunda liflere dik basınç / liflere paralel basınç oranı yaklaşık olarak 0.3 olduğunu ortaya çıkarmıştır. (Bozkurt, Y.,1992)

Çekme direnci, birbirine zıt yönlerde tesir eden ve ahşap malzemenin liflerini koparmaya, ayırmaya çalışan iki kuvvete karşı malzemenin kopma anında göstermiş olduğu dayanımdır. Çekme direnci de basınç direnci gibi liflere dik ve liflere paralel çekme direnci olmak üzere iki çeşittir. Ağaç malzemede liflere paralel yönde elde edilen çekme direnci değeri, bütün direnç özellikleri arasında en yüksek değere ulaşmaktadır. Yapılan deneyler neticesinde bazı ağaç türlerinde liflere paralel çekme dirençleri ile liflere dik çekme dirençleri arasında 10 kata varan farklılıklar olduğu belirtilmektedir. Çekme direnci üzerinde, basınç direncinde olduğu gibi; yoğunluk, lif eğrilikleri, malzeme bünyesindeki nem miktarı, budak sayısı, malzemenin sıcaklığı ve malzeme bünyesindeki kimyasal maddeler gibi faktörler etkilidir (Berkel, A.,1980). Çubuk elemanlarla oluşturulan kafes kirişlerde veya çatı makaslarında çekme kuvvetine maruz kalan çubuk elemanlarda mutlak suretle liflere paralel yönde çekme kuvvetleri karşılanmalı ve özellikle strüktürel elemanların birleşim noktalarında kullanılan bağlantı elemanlarının yük alma prensipleri göz önünde tutularak liflere dik yönde çekme kuvveti yaratacak detaylandırmalardan kaçınılmalıdır.

c. Eğilme direnci

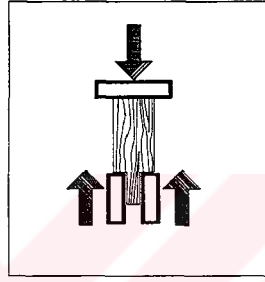


Şekil 2.9.

Ahşap malzeme özellikle ahşap iskeletli yapılarda basit bir kiriş davranışı olarak genellikle eğilme etkisine maruz kalmasından dolayı özellikle önem taşımaktadır. Eğilme direnci üzerinde, basınç ve çekme direnci şekillerinde olduğu gibi; yoğunluk, lif eğrilikleri, malzeme bünyesindeki nem miktarı,

budak sayısı, malzemenin sıcaklığı ve malzeme bünyesindeki kimyasal maddeler gibi faktörler etkili olmaktadır (Berkel, A.,1980). Bu sebeple eğilme momenti tesiri altındaki strüktürel elemanlarda geniş yapraklı sert ağaç cinslerinden elde edilmiş ahşap malzemenin tercih edilmesinin uygun olacağı söylenebilir.

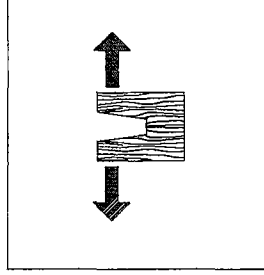
d. Makaslama (Kesme) direnci



Şekil 2.10.

Makaslama direnci ahşap malzemenin iki bitişik kesitini birbirinden ayırmak için aksi yönlerde etki eden ve malzemenin liflerini birbirinden ayırmaya çalışan kuvvetlere karşı gösterilen dirençtir. Makaslama direnci ahşap malzemenin strüktür malzemesi olarak kullanıldığı koşullarda, özellikle elemanların birleşim noktalarındaki detaylandırmada önem taşımaktadır. Makaslama direnci üzerinde malzeme bünyesindeki çatlaklar azaltıcı yönde etkide bulunmaktadır. Bu sebeple strüktürel elemanların aynı anda birbirine zıt yönlerdeki kuvvetlerin etkisi altında kaldığı detaylandırmalarda malzeme bünyesinde yarık, çatlak ve lif ayrıklığı gibi kusurların yer almaması önem taşımaktadır. Kayın, kestane gibi geniş yapraklı ağaç cinsleri, makaslama dirençlerinin yüksek olması sebebi ile yüksek düzeyde makaslama direnci gerektiren uygulamalarda kullanılabilir.

e. Yarılma direnci



Şekil 2.11.

Ahşap malzemenin lif yönüne paralel olacak şekilde uygulanan ve malzemenin liflerini ayırmaya çalışan kuvvetlere karşı gösterilen dirençtir. Ahşap malzemenin lif yönündeki yarılma direncinin hemen her cins ağaç odununda çok düşük bir değer taşıması doğal ahşap malzemenin karakteristik bir özelliği konumundadır. Yarılma direnci üzerinde etkisi olan faktörler ise diğer mukavemet şekillerinde olduğu gibi; yoğunluk, malzeme bünyesindeki nem miktarı, yarılma yönü ile yıllık halkalar arasındaki açı ve odundaki bünye kusurlarıdır (Berkel, A.,1980). Yarılma direnci, ahşap malzemenin yapı elemanı olarak kullanımı çerçevesinde özellikle yarılma etkisini arttıran metal bağlantı elemanları yardımı ile gerçekleştirilen birleşimlerde önem taşımaktadır.

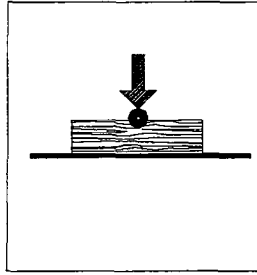
f. Aşınma direnci

Aşınma direnci, özellikle ahşap malzemenin döşeme kaplaması olarak kullanıldığı durumlar gibi, malzemenin sürtünme kuvvetlerinin etkisi altında kaldığı şartlarda önem taşımaktadır. Aşınma direnci üzerinde yoğunluk, malzeme bünyesindeki nem miktarı, odunun anatomik yapısı³, aşındırıcı kuvvetin yönü ile ahşap malzemenin lif yönü arasındaki açı ve koruma ve

³ Aynı yoğunluğa sahip olan ağaçlarda dağınık Trahee yapısına sahip olan ağaçlar (Örn. Kayın) halkalı Trahee yapısına sahip olanlara (Örn.Meşe) kıyasla daha yüksek aşınma direncine sahiplerdir

bakım amaçlı yüzey işlemleri gibi faktörler etkili olmaktadır (Berkel, A.,1980).

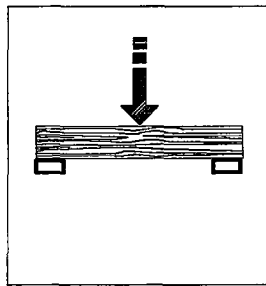
g. Sertlik



Şekil 2.12.

Ahşap malzemenin basınç direnci ve aşınma direnci ile yakından ilgili olan bu özellik üzerinde etkili olan faktörler; malzeme yoğunluğunun etkisi, malzeme bünyesindeki nem miktarı ve kesit yönünün etkisidir. (Berkel, A.,1980) Ahşap malzemenin aşınma direnci ile birlikte sertlik değeri, ahşabın özellikle yüzey kaplama malzemesi olarak kullanımının söz konusu olduğu koşullarda önem kazanmaktadır. Aşınma kuvvetlerine maruz kalan bölgelerde kayın, meşe gibi aşınma direnci yüksek ağaç cinslerinin tercih edilmesinin nedeni olarak bu tür ağaç cinslerinden elde edilmiş ahşabın sertlik değerinin yüksek olması gösterilebilir.

h. Dinamik eğilme (Şok) direnci



Şekil 2.13.

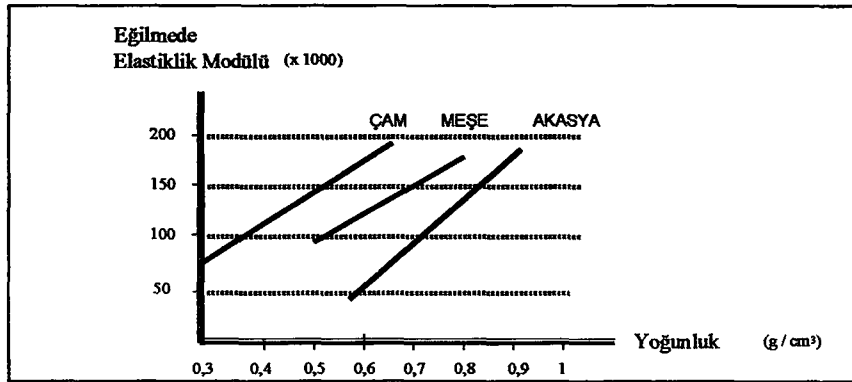
Ahşap malzeme dinamik yüklemelerde, statik yüklemelere kıyasla daha farklı bir davranış göstermektedir. Şok tesiri neticesinde malzeme kimi zaman statik

yüklemelerden farklı olarak daha küçük bir kuvvetle daha büyük bir oranda tahrip olabilmektedir. Şok direnci üzerinde yoğunluğun, malzeme bünyesindeki nemin, odunun anatomik yapısının, malzeme bünyesindeki kimyasal maddelerin ve malzemedeki budaklar ya da çatlaklar gibi bünyesel kusurların etkisi vardır. (Berkel, A.,1980) Özellikle deprem gibi ani ve değişken karakterdeki dinamik yüklemelerde, yapının taşıyıcı sistemini oluşturan strüktürel elemanların gösterdiği dinamik eğilme direnci yapı için hayati değer taşımaktadır. Bu noktadan hareketle çerçevesinde meşe, kestane ve kayın gibi ağaç cinslerinden elde edilmiş taşıyıcı elemanların diğer ağaç cinslerine kıyasla daha avantajlı oldukları söylenebilmektedir.

2.3.3. Ahşabın mekanik dayanımını etkileyen faktörler

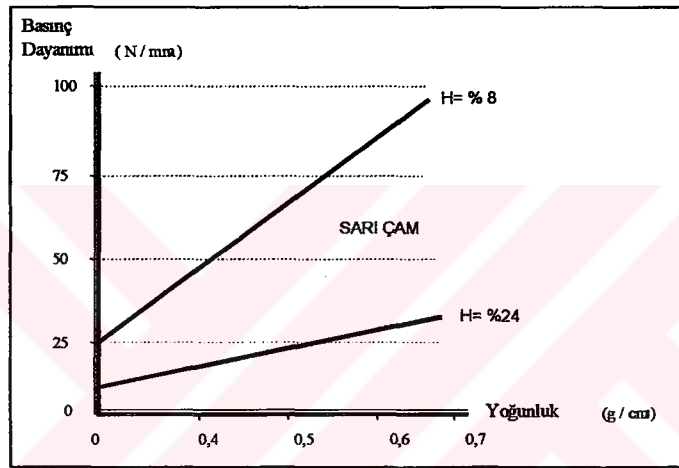
a. Ahşapta yoğunluk-elastiklik modülü ilişkisi

Doğal ahşap malzemedeki yoğunluk ile elastiklik modülü arasında doğru orantılı bir ilişki söz konusu olduğundan malzemenin yoğunluğu arttıkça elastiklik modülü değeri de artmaktadır. Ayrıca yoğunluk üzerindeki etkisinden dolayı yaz odununun yıllık halkalar içerisindeki oranı arttıkça malzemenin elastiklik modülü de artmaktadır. Bunun nedeni yaz odununun elastiklik modülünün kış odununkinden yüksek oluşudur (Berkel, A.,1980). (Bkz Şekil 2.14)



Şekil 2.14. Ahşapta yoğunluk–elastiklik modülü ilişkisi (Berkel, A.,1980)

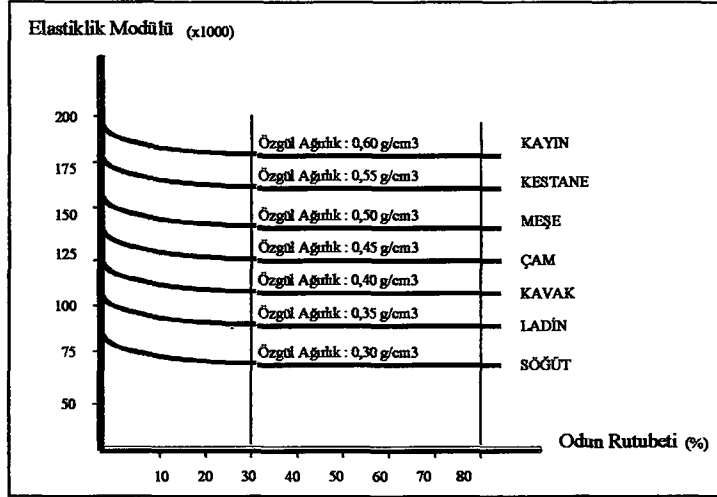
Ahşap malzemede yoğunluk ile mukavemet arasında da aşağıdaki Şekil 2.15’de görüldüğü gibi doğru orantılı bir ilişki mevcuttur. Bu nedenle yoğunluklarının daha yüksek oluşu sebebi ile sert ağaçlardan elde edilmiş ahşap malzeme, yumuşak ağaçlardan elde edilmiş ahşap malzemeye kıyasla aynı koşullar altında daha yüksek mekanik dayanım değerine sahip bulunmaktadır (Berkel, A.,1980).



Şekil 2.15. Ahşapta yoğunluk -mukavemet ilişkisi
(Berkel, A.,1980)

b. Ahşapta nem miktarı - elastiklik modülü ilişkisi

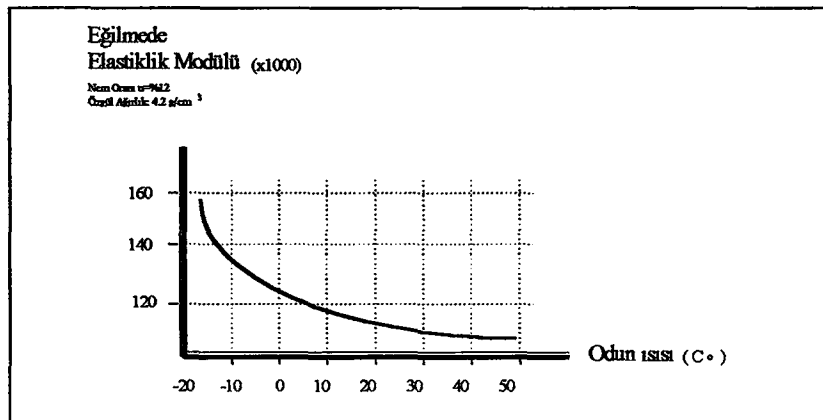
Ahşap malzeme bünyesindeki nem miktarı da mekanik dayanımı etkileyen faktörler arasında yer almaktadır. Ahşabın bünyesinde bulunan nem miktarı ile elastiklik modülü ve mekanik dayanım arasında %30'luk nem oranı değerine kadar ters orantılı, bu değerden sonra ise sabit orantılı bir ilişki mevcuttur (Bkz. Şekil 2.16). Bunun sebebi % 30 lif doygunluğu değerinden sonra odun içerisine giren suyun, hücre çeperinde değil hücre boşlukları içerisinde yer almakta oluşudur. Bu değerden sonra su miktarındaki artış elastiklik modülü ve mekanik dayanım üzerinde önemli bir değişikliğe neden olmamaktadır (Berkel, A.,1980).



Şekil 2.16. Ahşapta elastiklik modülü-nem oranı ilişkisi
(Berkel, A.,1980)

c. Ahşapta sıcaklık - elastiklik modülü ilişkisi

Ahşap malzemede odun sıcaklığının ahşabın elastiklik modülü ve mekanik dayanım özellikleri üzerinde etkisi büyüktür. Aşağıdaki şekilden de anlaşılacağı gibi odun sıcaklığı ile elastiklik modülü arasında ters orantılı bir ilişki mevcuttur (Bkz. Şekil 2.17).



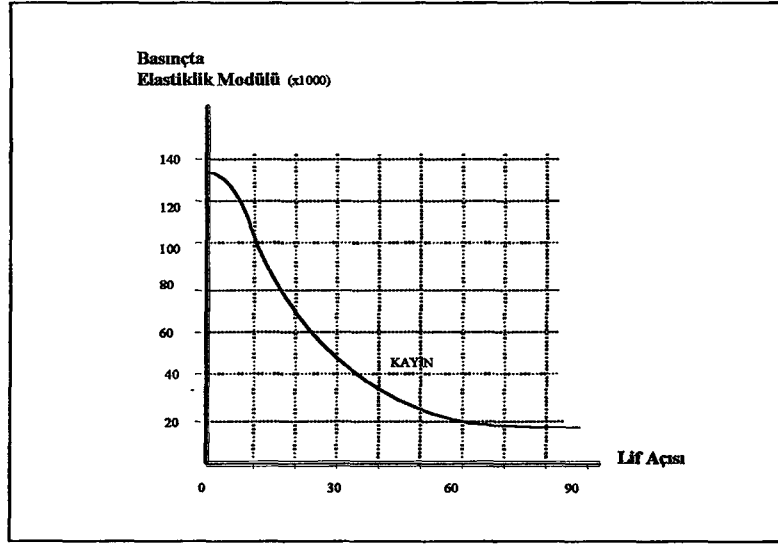
Şekil 2.17 Ahşapta sıcaklık - elastiklik modülü ilişkisi
(Berkel, A.,1980)

d. Aşapta bünye kusurlarının mekanik dayanım üzerine etkisi

Bünye kusurları orjinal odunun bünyesindeki kusurlar veya uygun olmayan kesim ve kurutma metodundan kaynaklanan kusurlar olarak ikiye ayrılır. Doğal ahşap malzemedde, budakların tekrar aralığı, budak çapları, eğik lifler, lif sıklık oranı, yarık ve çatlaklar, çürükler, kurt yenikleri ve yıllık halka kalınlıklarındaki değişiklikler malzemenin mekanik dayanım özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir.

e. Ahşapta lif doğrultusu ve yönünün elastiklik modülü ve mekanik dayanım üzerine etkisi

Ahşap malzemedde liflerin doğrultusu ile çubuk elemanın eksenine arasındaki açının elastiklik modülü üzerinde etkisi vardır. Bu ilişkinin grafiksel anlatımı olan aşağıdaki şekilde, lif açısının değerinin arttıkça elastiklik modülünün azaldığı görülmektedir. (Bkz Şekil 2.18.) Lif yönünün de ağaç malzemenin elastiklik modülü üzerinde etkisi bulunmaktadır. Doğal ahşabın liflere paralel yöndeki elastiklik modülü en yüksek, radyal yöndeki elastiklik modülü daha düşük, yıllık halkalara teğet yöndeki elastiklik modülü ise en düşük değerdedir. Bu sebeple doğal ahşap en fazla dayanımı, malzemenin lif yönünde uygulanan kuvvetlere karşı göstermektedir. (Bozkurt, Y.,1982)



Şekil 2.18. Ahşapta lif açısı-elastiklik modülü ilişkisi
(Berkel, A.,1980)

2.3.4. Doğal ahşabın bünyesel kusurları ve sınıflandırılması

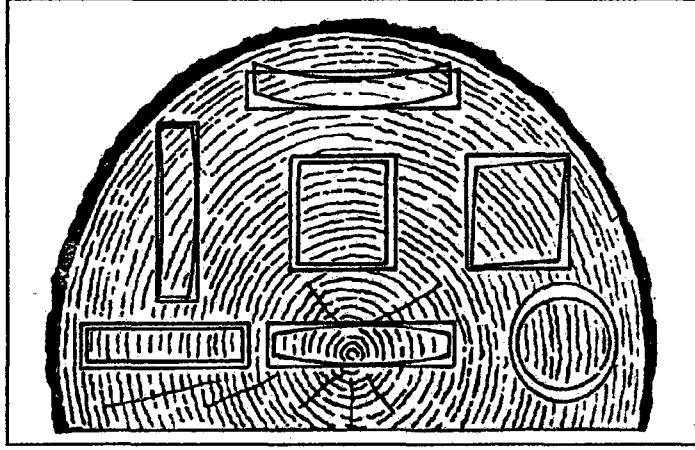
Doğal ahşap bünyesindeki kusurlar genel olarak iki nedene dayanmaktadır. Bunlar genel olarak orjinal odundaki kusurlar ve uygun olmayan kesme ve kurutma metodundan kaynaklanan kusurlardır.

Budaklar, lif eğiklikleri, yarıklar ve çatlaklar, deformasyon (peşlenme), anormal yıllık halka yapısı bu kusurlardan bazılarıdır. Söz konusu bu kusurlar doğal ahşabın hem strüktürel amaçlı kullanımında hem de yüzey bitirme malzemesi olarak kullanımında çeşitli sınırlılıklar yaratmaktadır. Budaklar; ağacın dallarının gövdesi ile birleşiminin en kesitleri olarak tanımlanabilirler. Odunun liflerinin budağın etrafından dönerek geçmesinden dolayı odunun lif yapısında bir kesiklik meydana gelmektedir. Bu durum ise odunun mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkileyen bir faktördür ki söz konusu mekanik özellikler ahşabın yapıda strüktürel eleman olarak kullanım olanaklarının temel belirleyicisi durumundadır.

Lif eğiklikleri; liflerin odunun eksenine paralel olmaması durumudur. Lif eğriliklerinin doğal ahşabın elastikiyet modülü ve mekanik mukavemeti üzerinde olumsuz etkisinin bulunduğu yapılan deneyler neticesinde belirlenmiştir. (Bkz. Bölüm 2.3.3)

Yarıklar ve çatlaklar, ağacın büyümesi sürecinde etki altında kaldığı iklimsel koşullardan ya da uygun olmayan devirme ve taşıma yöntemlerinden kaynaklanabilmektedir. Yarıklar ve çatlakların doğal ahşap malzemenin basınç dayanımı üzerinde etkisi olmamasına rağmen, çekme, makaslama ve yarıma dirençleri üzerinde olumsuz etkileri bulunmaktadır. (Bozkurt, Y.,1982)

Doğal ahşabın bünyesel kusurlarından bir diğeri de; ahşabın “çalışması” olarak da bilinen (bünyesel deformasyon) peşlenmedir. Peşlenme, eşit olmayan hacim değişikliği oranından kaynaklanmakta ve genellikle odunun bünyesindeki nem miktarının ani değişikliği neticesinde meydana gelmektedir. Peşlenme oranı, ahşap malzemenin tomruk en kesiti üzerinde elde edildiği bölgeye bağlı olarak değişebilmektedir. Eleman yüzeylerine göre liflerin konumu peşlenme üzerinde temel belirleyici durumundadır. Bu sebepten dolayı doğal ahşap malzemenin strüktürel ya da konstrüktif amaçlı kullanımında ahşap elemanın görev göreceği yerdeki pozisyonunun tesbiti açısından peşlenme özellikleri önem taşımaktadır. Şekil 2.19’da ahşabın tomruktan elde ediliş şekli ile peşlenme arasındaki grafiksel ilişki yer almaktadır.



Şekil 2.19. Kesim metodunun deformasyon üzerindeki etkisi
(Berkel, A.,1980)

Yapı üretiminde strüktürel veya konstrüktif amaçla kullanılacak olan ahşap malzemenin sınıflandırılma esasları, yüzey kaplaması gibi genel maksatla kullanılacak olan ahşap malzemedan farklılıklar göstermektedir. Özellikle Amerika, Kanada ve Almanya gibi orman endüstrisinin gelişmiş olduğu ülkelerdeki standartlar ve sınırlandırmalar kapsamında yapıda taşıyıcı eleman olarak görev alacak olan ahşap malzemenin en iyi yüzeyinin fiziksel özelliklerine göre değil, malzeme kesitinin dört yüzeyin de değerlendirileceği bir yöntemle sınıflandırma yapılmaktadır.

Ülkemizde tomruklardan biçilerek kullanım amacına uygun hale getirilen kereste fiziksel ve mekanik özellikleri göz önüne alınarak üç sınıfa ayrılmaktadır. Genel anlamda ahşabın kalite düzeyini ifade eden bu sınıflandırmalardan mekanik özelliklerine göre yapılan gruplandırmada aynı tür içindeki emniyet gerilmeleri göz önüne alınmaktadır. Bu sınıflardan 1. sınıf adı verilen grupta, mekanik dayanım özellikleri açısından en yüksek değere sahip ahşap yer almaktadır. Bu konuda Amerika Birleşik Devletleri'nde halen yürürlükte olan ASTM D-198 ve olan ASTM D-2915 standartlarında, (ASTM-American Society of Testing and Materials) doğal ahşap malzemenin

gruplandırıldığı üç sınıfın yanısıra strüktürel amaçlı kullanılacak ahşap malzemenin dayanım özellikleri göz önüne alınarak “Strüktürel sınıf” gruplandırılması da yapılmaktadır (USDA,1987).

Ahşabın sınıflandırılmasında kullanılan kriterlerden biri de ahşabın bünyesindeki fiziksel bozukluklardır. Ahşabın fiziksel yapısından veya kesim metodundan kaynaklanan lif eğiklikleri, yarıklar, çatlaklar ve budak oranları bu bozukluklar arasında sayılabilir. Çizelge 2.8’de doğal ahşap malzemenin sınıflandırılmasına ilişkin kriterlerin toplu gösterimi yer almaktadır.



Çizelge 2.8. Doğal ahşabın sınıflandırılmasına ilişkin kriterler (Berkel, A., 1980)

ÖZELLİKLER		SINIF I	SINIF II	SINIF III
* Binye kusurları	Ayrık halkalar, çürükler, haşere yenikleri, oyuklar, yıldırım ve don çatlakları bulunmamalıdır.	Uzun olmamak kaydı ile yıldırım ve don çatlakları bulunabilir. Bu sınıfta kabul edilebilecek en büyük budak çapından büyük olmamak kaydı ile çürük ve haşere yenikleri bulunabilir.		
* Boyut hatası	-	%3 oranında		%5 oranında
* Yıllık halka kalınlıkları	En kesitin en çok yarısında 4 mm den fazla olabilir.	Sınırlandırma yok		Sınırlandırma yok
* Budaklar	* Görünen küçük çap/enkesit yüksekliği = d/h * Eğilme ve basınca çalışan dikdörtgen çubuklarda h/b > 2 olduğu şartlarda köşe budakları * Budanın görüldüğü yüzün her 15 cm boyundaki budak çapları toplamı	d/h < 1/5 ve d < 5 cm. d/h < 1/3 ve d < 7 cm. $\Sigma d < 2/5 h$	d/h < 1/3 ve d < 7 cm. d/h < 1/2 $\Sigma d < 2/3 h$	d/h < 1/2 Sınırlandırma yok $\Sigma d < 3/4 h$
* Lifler	* Rötire çatlağı olan hallerde çatlak ile boy kenarı arasındaki en büyük açının eğimi * Rötire çatlağı olmayan hallerde lif doğrultusu ile boy kenarı arasındaki en büyük açının eğimi	tg a = 1/10 tg a = 1/15	tg a = 1/5 tg a = 1/8	tg a = 1/3 tg a = 1/5
* Eğiklik	* Her 2 m de maksimum eğrilik * Basınç çubukları için toplam boyu (1) için max. eğrilik	f = 5 mm f = 1 / 400	f = 8 mm f = 1 / 250	f = 15 mm Sınırlandırma yok
* En kesit köşe pahları	* Pah bulunabilecek köşe sayısı * Eğik olarak ölçülecek pah genişliğinin büyük kenara oranı	2 < 1/8	4 < 1/3	- -

2.3.5. Doğal ahşabın korunması ve koruma metodları

Ahşap, insanlığın emrinde çok çeşitli kullanım alanı bulmuş olan bir malzemedir. Yenilenebilir özellikte bir hammadde olmasına karşın ahşabın, artan dünya nüfusu paralelinde kullanım ihtiyacının arttığı ve giderek temini kısıtlı bir malzeme konumuna geldiği bir gerçektir. Bu ihtiyaca cevap verebilmek ise endüstriyel kullanım amaçlı ağaçlandırma çalışmalarına yönelmenin yanı sıra mevcut kaynakların etkin ve rasyonel kullanımı çerçevesinde mümkündür. Etkin ve rasyonel kullanım ise; hammaddeden maksimum düzeyde faydalanmanın yanı sıra malzemenin kullanıldığı yerde korunarak kullanım ömrünün uzatılması ile gerçekleştirilebilir. Bu amaçla alınan önlemler pasif ve aktif önlemler olmak üzere iki grupta sınıflandırılabilir.

a. Pasif önlemler

Bu tür önlemler, ahşap malzemenin çalışmasını önlemek yerine malzemenin üstlendiği fonksiyonu aksatmayacak zararsız bir şekilde çalışmasına imkan verebilecek konstrüktif kararları içerirler. Döşeme ve cephe kaplamalarının birleşimlerinde malzemenin kendi bünyesinde çalışmasına izin verecek detaylandırmalar bu konuda alınacak pasif önlemlere örnek teşkil etmektedir.

Ahşabın dikme ya da kiriş gibi strüktürel sisteme ait bir çubuk eleman olarak kullanımının söz konusu olduğu şartlarda ise kurumaya bağlı çatlakların önüne geçilebilmesi için elemanların mümkün olduğunca parçalı kesitli bir şekilde oluşturulması gerekmektedir. Bundan amaç ahşabın en az deformasyona uğrayan öz ve öze yakın kısımlarının elemanın dış yüzeylerinde yer almasını sağlamaktır.

b.Aktif önlemler

Aktif önlemler ise ahşabın çalışmasını önlemeye ve biyolojik tesirlerden korunmasına yönelik olan önlemlerdir. Günümüz teknolojik olanakları kapsamında ahşabın korunmasına yönelik bu tür önlemler yaygınlaşmış durumdadır. Ahşap malzemenin korunması genel olarak biyolojik kökenli tahrip edici unsurlara karşı koruyucu nitelikte kimyasal maddelerin uygulanması ile sağlanabilmektedir.

Koruma amacıyla kullanılan bu maddeler genel olarak üç ana grupta sınıflandırılmaktadır ⁴

- 1- Koruyucu yağlar
- 2- Yağ bazlı koruyucular
- 3- Su bazlı koruyucular

Koruyucu yağlar grubunda kreozot, kreozot-kömür-katran çözeltisi ve kreozot-petrol çözeltisi yer almaktadır. Yağ bazlı koruyucular arasında; pentaklorofenol (PCLF) ve bakır naftenat, su bazlı koruyucular arasında ise kromatlı çinko klorid (CZC), Flor krom arsenet fenol (FCAP), tanalit, celcure, chemonite ve çeşitli tuzlar en sık rastlanan rastlanan koruma maddeleridir. (Barry, A 1993)

Koruma metodları emprenye amacıyla kullanılacak kimyasal maddenin ahşaba uygulanma şekline göre de iki bölümde gruplanabilmektedir.

a. Basınç uygulanan metodlar

Basınca dayanıklı çelik tanklarda emprenye maddesinin kazana uygulanan basınç yardımıyla malzemenin bünyesine nüfuz ettirilmesine dayanan metodlardır. Yüksek düzeyde koruma amaçlanan durumlarda kullanılmaktadır. Basınç uygulanan metodlar, ahşap malzemenin hücre boşluklarının kimyasal madde ile doldurup doldurmama durumuna göre dolu hücre ve boş hücre metodu olarak iki gruba ayrılmaktadır.

b. Basınç uygulanmayan metodlar

Basınç uygulanmayan metodlar; sürme ve püskürtme, daldırma ve difüzyon yolu ile malzemeye emprenye maddelerinin uygulanmasına dayanan metodlardır. Basınç uygulanmayan metodlar, ön yatırım maliyeti gerektirmemesi, uygulama kolaylığı sağlaması ve uygulama süresinin kısa oluşu gibi özelliklerinden dolayı basınç uygulanan metodlara kıyasla daha geniş kullanım alanı bulmaktadırlar.

⁴ Emprenye maddelerinin sınıflandırılması konusunda çeşitli incelenen yayınlarda farklı yaklaşımların bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında AWP' nin (American Wood Preservers Association) sınıflandırılması esas alınmıştır.

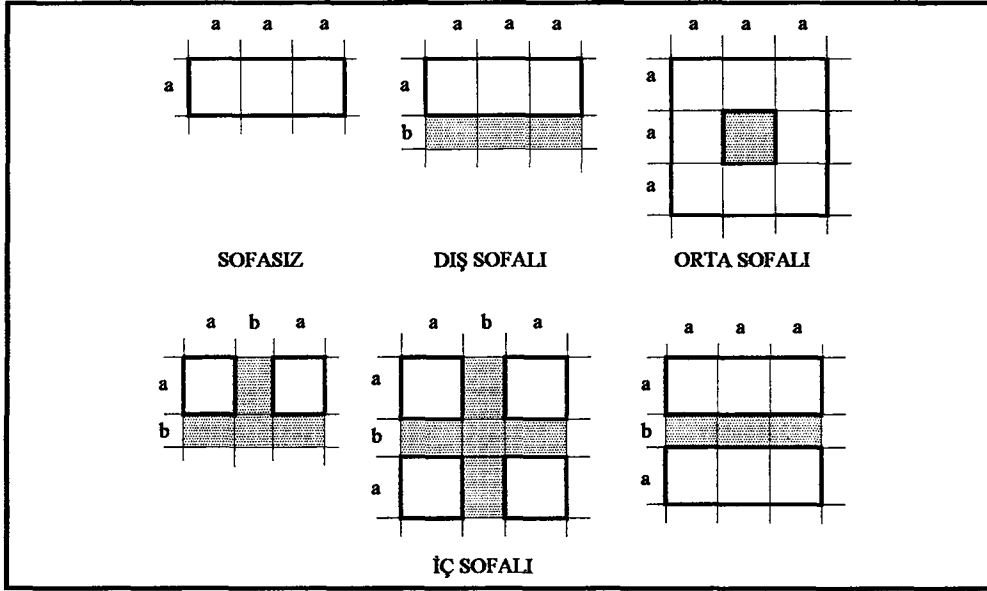
2.4. Geleneksel Ahşap Konutta Doğal Ahşap Kullanımı ve Kısıtlamalar

Ahşap, barınma eyleminin söz konusu olduğu ilk çağlardan beri yapı üretiminin en temel malzemelerinden biri olmuştur. Bu durumun en önemli sebeplerinden biri ahşabın yapıda strüktürel veya konstrüktif amaçlı her türlü kullanıma olanak tanıyan ender malzemelerden biri oluşudur. Bölüm 2.2’de doğal ahşap malzemenin fiziksel özelliklerinin, ahşabın mekanik dayanımının ve konstrüktif kullanım olanaklarının temel belirleyicisi konumunda olduğu belirtilmişti. Ahşabın yapıda strüktürel amaçlı kullanımında, söz konusu fiziksel özelliklerden yoğunluk ve nem oranı, ağırlıklı olarak doğal ahşabın dayanımı üzerinde etkili olurken, genleşme ve ısı iletkenliği gibi ahşabın ısısal özellikleri de ahşabın konstrüktif amaçlı kullanımı üzerinde etkili olmaktadır. Bu sebeple Bölüm 2.2.’de değinilen; ahşabın yoğunluğuna, ısısal özelliklerine, ses iletim özelliklerine, yanma ve kimyasal maddelere karşı dayanım özelliklerine dayalı kriterlerler, yapıda ahşap malzemeye ilişkin özgün bir kullanım alanı belirlemektedir.

Bölüm 2.3.’de belirtilen ahşabın ağırlığına kıyasla yüksek dayanım özelliği ve özellikle geniş yapraklı ağaç cinslerinde ulaşılan yüksek basınç ve eğilme dirençleri ile özellikle deprem gibi ani yüklemelerde son derece önem kazanan yüksek dinamik eğilme dirençleri, ahşabın taşıyıcı sisteminde yaygın olarak kullanımına olanak tanımıştır. Sahip olduğu bu olanaklar nedeni ile ahşap malzeme, Geleneksel Türk konutunda yapının taşıyıcı sistem kurgusunda yer almasının yanı sıra, düşük ısı iletkenlik özelliği, uzun kullanım ömrü ve kolay işlenebilirlik özelliği sebebi ile de yapıya ait bölmeler ve bitirmeler sisteminde gerek konstrüktif gerek ise bitirme malzemesi olarak kullanım alanı bulmuştur.

2.4.1. Taşıyıcı Sistem Kurgusunda Ahşap Malzeme

Ahşap malzeme Geleneksel Türk konutunda taşıyıcı sisteme doğrudan taşıyıcı eleman olarak veya kagir taşıyıcı sistemde bağlayıcı olarak kullanım alanı bulmuştur. Ahşap iskelet sistemin teşkilinde dış koşullara dayanım ve Bölüm 2.3.1. ve Bölüm 2.3.2.'de değinilen yüksek mukavemet özelliklerinden dolayı özellikle meşe ağacı kullanıldığı görülmektedir. Ülkemizde normal koşullarda elde edilen ahşap boyu 3.50-4.00 m. olmasından dolayı bu sınırlılık, geleneksel ahşap hımmış yapıda mekan boyutları ve taşıyıcı sisteme yönelik genel boyutlandırmalarda etkisini göstermiş ve mekana ait boyutlar ahşap malzemenin temin edilebildiği boyutlar esas alınarak belirlenmiştir. Geleneksel yapımda, taşıyıcı sisteme ait ahşap elemanlar bölücü duvarlar içerisinde yer almaktadır. Strüktürel sistem ile bölmeler sisteminin bire bir örtüşmesi geleneksel yapım tekniklerinin olduğu kadar Geleneksel Türk konutunun da karakteristik özelliği konumundadır. Bu sebeple ahşap malzemenin temin edilebilir boyutlarının Türk konutunun plan tipolojisi üzerinde etkili olduğu söylenebilir. Şekil 2.20'deki şematik gösterimde görüldüğü gibi geleneksel konutlara ait sofasız, dış, iç ve orta sofalı iç sofalı plan tiplerine ait boyutsal gereksinimler ile ahşap iskelet sisteme ait ortalama açıklıklar uyum sağlamaktadır (Oğan, 1992)



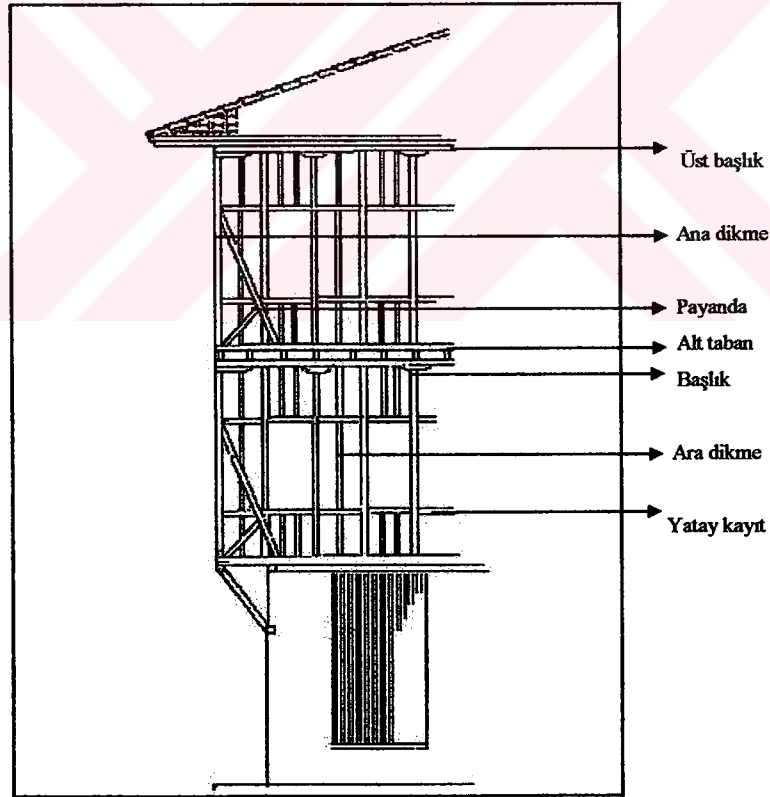
a:3,60 - 4,00 m., b:1,20 - 2,40 m.

Şekil 2.20. Geleneksel Türk konutu plan şemaları (Eldem S.H.,1987)

Geleneksel Türk konutunda yöresel olarak temin edilebilen hemen her cins ağacın yapı konstrüksiyonunda kullanılabilmesine karşın, ahşap iskelet kurgusunda öncelikli olarak tercih edilen ağaç cinslerinin başında Bölüm 2.2.6.'da da değinilen özellikleri sebebi ile geniş yapraklı ağaç cinslerinden meşe ve biyolojik tesirlere ve dış hava koşullarına karşı oldukça dayanıklı olan kestane cinsi gelmektedir.

Geleneksel Türk konutunda yapının zemin katı kagir olarak inşaa edilmektedir. Ahşap karkas sistemin düşey taşıyıcı elemanları olan dikmeler bu duvarın üzerine tespit edilmekte ve dikme aralarında ise kagir duvar devam etmektedir. Bu durumun konutun alt ve üst katlarının benzer konstrüksiyon şekli ile bağlanmak istenmesi ve doğal ışık temini için kagir duvar içerisinde geniş boşluklar bırakılabilmesi amacına yönelik olduğu bilinmektedir. Ortalama 3,50 m. açıklığa bağlı olarak yaklaşık 20 x 20 cm. ebatlarındaki ana dikmeler 150 cm. ile 250 cm. ara ile yer almakta ve birinci kat hizasında döşeme kirişlerinin oturduğu bir üst başlık ile zeminde ise alt

başlık elemanı yardımı ile bağlanmaktadırlar. Döşeme kirişlerinin üzerinde kimi zaman taban adı verilen bir altlık elemanı yer almakta veya konstrüktif ara dikmeler ile döşeme kirişleri üst başlık üzerinde birbirlerine tesbit edilmektedir. Bu durum beraberinde döşeme modülasyonunun cephe düzenine yansımaları sonucunu getirmekte ve geleneksel ahşap iskelet yapım sisteminin bir diğer karakteristik özelliğini oluşturmaktadır. (Bkz. Şekil 2.20) Ahşap çatının yatay kuvvetlere karşı dayanımı (rijitliği) ise geçme, bini gibi elemanların birleşim şekillerine ilişkin yöntemlerle, sistem genelinde ise genellikle bina köşelerinde veya nadiren orta dikmelere dayanan payandalar yardımı ile sağlanmaktadır. (Eldem S.H.,1987)



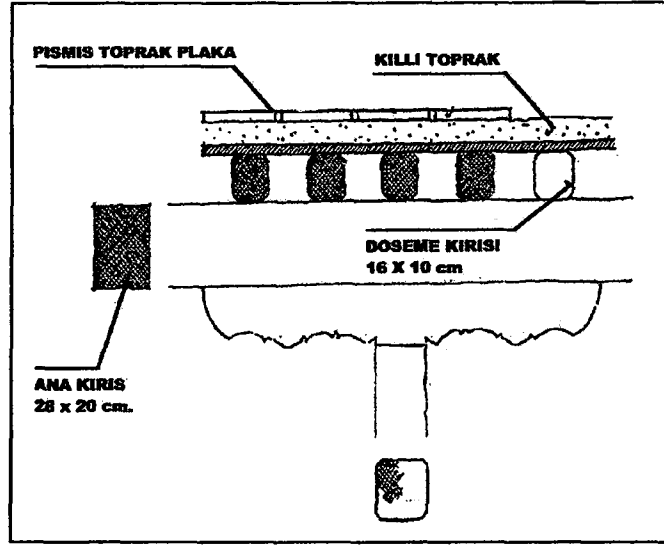
Şekil 2.21. Geleneksel Türk Konutu
(Eldem S.H.,1987)

2.4.2. Bölmeler Sistemi Kurgusunda Ahşap Malzeme

Geleneksel ahşap iskelet yapım tekniğinde, strüktürel sisteme ait elemanlar bölmeler sisteminin konstrüksiyonunu oluşturmaktadır. Buna karşın bölmeler sisteminde yer alan boşlukların oluşturulmasında kullanılan yatay-düşey kayıtlar gibi konstrüktif amaçla kullanılan elemanlar ise strüktürel sistemin rijitliği üzerinde etkili olmaktadır. Geleneksel ahşap iskelet yapım tekniğinde bölmeler sistemi, yatay bölmeler olarak döşemeler, düşey bölmeler olarak ise duvarlar şeklinde ele alınabilmektedir.

2.4.2.1. Döşemeler

Geleneksel Türk konutunda ahşap döşeme konstrüksiyonunun temel elemanı niteliğindedir. Döşemeler, yuvarlak veya muntazam biçilmiş yaklaşık 15x10 cm. ebatlarındaki 3 -3,5 m. açıklık geçen döşeme kirişlerinin genellikle 30-50 cm. aralıkla veya yan yana dizilmesi suretiyle oluşturulmaktadır. Döşeme kirişlerinin aralıklı döşenmesi durumunda kirişlerin üzeri doğrudan kaplama tahtası ile örtülmekte, daha çok soğuk iklimlerde tercih edilen sık ara ile dizilmesi durumunda ise kirişler üzerine 8-10 cm. kalınlığında bir kil tabakası serilmektedir. Bu tabakanın üzeri yaklaşık 30x30 cm. ebatlarında pişmiş toprak döşeme plakları ile kaplanmaktadır. (Bkz. Şekil 2.22.)



Şekil 2.22. Geleneksel Türk konutunda döşeme
(Eldem S.H.,1987)

Döşeme oluşturulurken kiriş başlarının cephe düzlemine dik gelmesi çok yaygın olarak karşılaşılan bir durum niteliğinde olup, bu amaçla şaşırtma kirişlerine paralel olan cephelerde şaşırtma kirişi kullanılmış veya kirişler bina köşelerine gelindikçe yelpaze şeklinde açılmıştır. (Eldem,S.H,1987) Bunun gerçekleştirilemediği durumlarda ise kirişlemeye paralel olan cephelerde çift taban kullanılması yoluna gidilmiştir.

2.4.2.2. Duvarlar

Geleneksel Türk konutunda temel duvarlarında daima doğal taş kullanılmaktadır. Zemin kat kagir duvarları ise çoğunlukla taş veya kerpiç olup, 60 ile 90 cm. kalınlıklara kadar ulaşabilmektedir. Duvar, yatayda 100 ile 150 cm. aralıkla ahşap hatıllarla desteklenmektedir. Kagir duvarların kerpiç dolgu olması koşulunda ise sistem yükleri kerpiçe değil belirli aralıklarla duvarın içine yerleştirilen kalın ahşap dikmeler yardımı ile yapının temeline aktarılmaktadır.

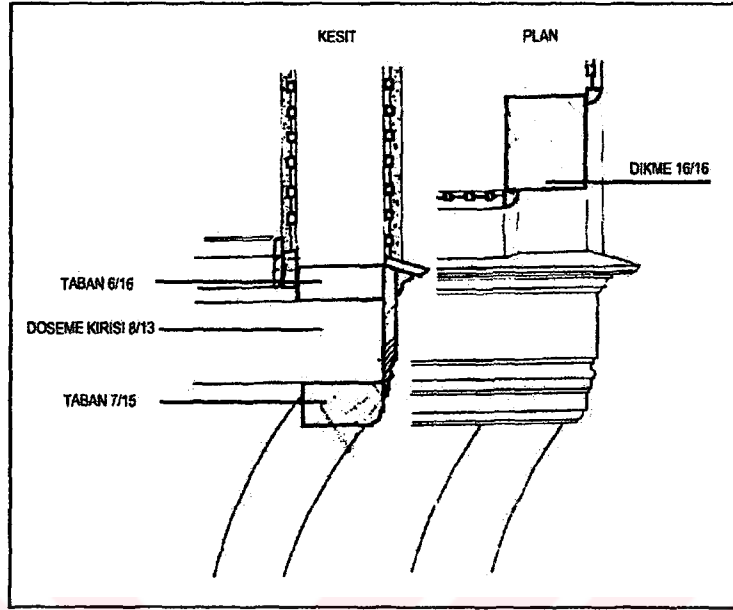
Üst kat duvarları ahşap konstrüksiyon ile oluşturulmakta, ana ve ara dikmelerin arasında ise tuğla ve kerpiç dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır. Sıva kalınlığı ile birlikte 15 cm. kalınlığına kadar ulaşabilen bu tür duvarlarda genel olarak dolgu veya kaplama metodu tercih edilmektedir. Söz konusu bu metodlar; sıvama kerpiç dolgu, boşluklu sıvama, derzli tuğla dolgu, sıvalı tuğla / kerpiç tuğla dolgu ve ahşap kaplama olmak üzere beş ana grupta sınıflandırılabilir.

a. Sıvama kerpiç dolgu

Şehir yapılarında örneklerine oldukça az rastlanan ilkel bir yöntemdir. Ahşap iskelet ara dikmeler yardımı ile modüllere bölündükten sonra dolguyu iskelete bağlayabilmek amacı ile ağaç dallarından yararlanılarak kerpiç dolgunun içten ve dıştan uygulanması ile gerçekleştirilen bir yöntemdir.

b. Boşluklu sıvama

Bu methodda ahşap iskeleti oluşturan elemanların üzerleri sık aralıklı çıtalar ile kaplanmakta ve bu çıtaların üzeri kireçli sıva ile sıvanmaktadır. “Bağdadi” adı da verilen ve duvarın her iki yüzüne de uygulanan bu yöntem neticesinde iki duvar kaplaması arasında durgun hava boşluğu oluşmakta ve bu boşluğun yapı kabuğunun ısı yalıtım değeri üzerinde artırıcı etkisi olmaktadır. (Günay R.,1994) (Bkz. Şekil 2.23)



Şekil 2.23. Geleneksel Türk konutunda boşluklu sıvama metodu
(Eldem,S.H,1987)

c. Derzli tuğla dolgu

Ahşap iskeleti oluşturan elemanların arası bu yöntemde muntazam şekilli, yarı pişmiş parlak kırmızı renkte tuğlalar ile doldurulmaktadır. Tuğla dolguda bağlayıcı olarak kireçli harç kullanılmıştır. Tuğla duvar, genellikle çitalar yardımı ile karkasa bağlanmıştır. Bazı uygulamarda ise çitalarla temasta olan tuğlalara özel kanallar açılarak tuğla dolgunun ahşap iskelete bağlanması sağlanmıştır.

d. Sıvalı tuğla veya kerpiç tuğla dolgu

Bu yöntemde ahşap iskeletin boşlukları tuğla veya önceden şekillendirilmiş kerpiç blokları ile doldurulmakta, üzeri kimi zaman ahşap iskelet ile birlikte, kimi zaman ise ahşap iskeleti dışarıda bırakacak şekilde sıvanmaktadır.

e. Ahşap kaplama

Geleneksel Türk Konutu'nda yaygın olarak görülmemekle beraber yüzyılımızın başlarından itibaren uygulama alanı bulmuştur. Genellikle iki türde ahşap kaplama görülmektedir. Bunlardan birincisi “Yalı baskısı” olarak da bilinen kaplama tahtalarının birleşimleri açıkta bırakılmayacak şekilde binili kaplama, diğeri ise birleşim yerlerinde yapılacak kısmi biniler ile yapılacak kordonlu birleşimdir.

2.4.3. Bitirmeler Sistemi Kurgusunda Ahşap Malzeme

Ahşap malzeme, bitirmeler sistemi kurgusunda da Geleneksel Türk konutunda oldukça geniş kullanım alanı bulmuştur. Özellikle tavan ve döşemede hemen her konutta doğal ahşap malzeme kullanıldığı görülmektedir. Hafifliğinden dolayı özellikle köknar ve ladin gibi reçinesiz ağaçların yanısıra kavak gibi sert ve de hafif ağaçlar da tavan ve yer döşemesi kaplamalarında kullanılmıştır. (Eldem,S.H,1987) Geleneksel Türk konutunda bitirmelere yönelik ahşap malzeme kullanımında genellikle süsleme amacı da gözetilmiştir. Ahşap malzemenin kolaylıkla işlenebilirlik özelliği, uzun kullanım ömrü ve görsel değerleri şüphesiz bu malzemenin seçiminde en önemli kriterleri oluşturmaktadır.

Farklı malzemelerin bir arada kullanımında mutlak surette ara geçişi sağlayacak olan çıta, pervaz, pasa ve korniş gibi çok çeşitli profillerde ahşap elemanlar genel kompozisyon çerçevesinde bir bitirme elemanı olmasının yanısıra süsleme amaçlı kullanılan bir eleman görevini de üstlenmektedirler.

Nadiren görülmekle birlikte yapının dış cephesinin masif ahşap ile kaplandığı uygulamalarda ise tercih edilen ağaç cinsi genellikle reçineli çam olmaktadır. (Eldem,S.H,1987)

2.5. Bölüm Sonucu

Yapı üretim sürecinde geleneksel yapım yöntemlerinden kopuş, öncelikle geleneksel strüktür malzemeleri olan taş, tuğla ve ahşabın terkedilmesi, yerine bol ve ucuz olan, zamanın toplumsal gelişmelerine paralel olarak artan konut ihtiyacı çerçevesinde hızlı üretime olanak tanıyan beton ve betonarmenin yaygın bir biçimde kullanımı ile gerçekleşmiştir. Geleneksel nitelik taşıyan bu üç temel yapı malzemesi doğrudan strüktürel kullanım amaçlı bir malzeme iken öncelikle yapının bölmeler sisteminde görev almış, giderek niteliksel açıdan geliştirilerek bir yüzey kaplama malzemesi olarak güncel kullanım şekline kavuşmuştur. Özellikle ahşap malzemenin temin edilişindeki sınırlılıklar ve ahşabın pahalı ve kıt bir kaynak konumuna gelmesi , ahşap malzemenin yapı bünyesinde rasyonel kullanımı bağlamında değişik boyutlarıyla yeniden ele alınıp geliştirilmesine neden olmuştur. Söz konusu bu gelişim;

- a. Masif ahşabın kurutularak ve kimyasal işlemlerden geçirilerek mekanik dayanımının ve malzeme ömrünün uzatılması yolu ile ahşabın yine strüktürel veya temel yapı elemanı olarak kullanılması,
- b. Masif ahşabın yapıştırma ve basınç altında sıkıştırma vb. gibi yöntemlerle geliştirilerek yapı bünyesinde strüktürel malzeme olarak kullanılması,

- c. Ahşap atık malzemesinin hammadde olarak kullanımı yoluna gidilerek yonga, lif ve rende talaşı levhalar üretilmesi ve yeniden kullanıma sokulması şeklinde gerçekleşmiştir.

Ayrıca yukarıda sıralanan gelişim yollarının giderek bir arada kullanımı ile değişik yapay bileşen kompozisyonlarının oluşturulması; yapı bileşenlerinin organizasyonu ile fabrikasyon olanakları çerçevesinde yapının tümünün ya da belirli bir kısmının üretiminin gerçekleştirilmesi artık söz konusu olabilmektedir. Bu nedenle yapay ahşap malzeme öncelikle;

- a. Modifiye edilmiş doğal ahşap veya yapay ahşap çubuklar,
 - b. Yapay ahşap levhalar,
 - c. Yapay ahşap malzemelerin kompozisyonu olarak ahşap bileşenler/paneller
- şeklinde ele alınarak analiz edilmelidir.

Masif ahşabın yapı konstrüksiyonunda kullanımındaki kısıtlılıklar, temin edilebilirlik açısından; ahşabın kısıtlı, dolayısı ile pahalı bir kaynak konumunda olması ve ahşap işçiliğinin özel bir ihtisas konusu olması gibi iki kısıtlayıcı durum ile açıklanabilir.

Ayrıca doğal ahşabın strüktürel malzeme olarak kullanımı iki temel olumsuzluk içermektedir. Bunlar;

1. Doğal ahşabın temin edilebilen boyutları ile sınırlı kalan açıklık geçme sorununun, günün değişen teknik ve işlevsel gereksinimlerine etkin çözüm getirememesi,

2. Malzemenin sahip olduğu fiziksel özelliklerin, elemanın yapıda sağlıklı bir şekilde işlev görebilmesi için çeşitli işlemlerden geçirilmesini, ve bu işlemlerin periyodik olarak yinelenmesini gerektirmesi.

Masif ahşap malzemenin düşey ya da yatay bölme elemanı olarak kullanımının söz konusu olduğu koşullarda kagir nitelikte çeşitli malzemeler ile birlikte kullanımı gerektiriyor olması da ahşap malzemenin kullanım olanaklarını kısıtlayan bir diğerk unsur konumundadır. Aynı şekilde ısı ve ses denetimi açısından da kabuk bünyesinde ek malzemelere gereksinim duyulmaktadır. Su, elektrik ve ısıtma sistemi gibi yapıya ait çeşitli donanımların yerleştirilmesi ise geleneksel yöntem olarak duvarın işlenmesini gerektirmekte, duvar konstrüksiyonunun bu duruma olanak tanımaması sebebi ile de sistem donatıları genellikle duvara ankastre şekilde yerleştirilebilmektedir.

Doğal ahşabın bitirmeler sistemine ait bir kaplama, yüzey bitirme elemanı olarak kullanımı ise oldukça yüksek maliyetli olmaktadır. Doğal ahşabın özellikle dış hava koşullarının etkisi altında olduğu şartlarda, zamana ve malzemenin fiziksel özelliklerine bağılı olarak çeşitli birleşim sorunlarına neden olması da doğal ahşap malzemenin yapı bünyesinde kullanımına ilişkin bir diğerk olumsuz yönünü teşkil etmektedir. Yukarıda sözü edilen doğal ahşabın yapı konstrüksiyonunda kullanımında sahip olduğu tüm dezavantajlar; ahşabın strüktürel eleman olarak, düşey-yatay bölme elemanı olarak ya da yüzey kaplama-bitirme elemanı olarak kullanımında çağın talepleri doğrultusunda yeni arayışları beraberinde getirmektedir.

Bu arayışların doğal bir sonucu olarak, doğal ahşabın sahip olduğu kullanım kısıtlılıklarının giderilmesine yönelik; özellikle yapının strüktürel sistemi bağlamında; “çubuk” niteliğindeki elemanların, bölmeler ve kaplamalar bağlamında ise “levha” elemanların üretimine yönelinmektedir.

3. YAPAY AHŞAP ELEMANLAR

Yukarıda bölüm sonuçlarında değinildiği gibi yapımda doğal ahşap kullanımının giderek kısıtlı hale geldiği görülmektedir. Ancak günümüz teknolojik olanakları çerçevesinde Bölüm I.'de sözü edilen ahşap malzemenin, belirlenen amaç doğrultusunda işlenerek değişik bir malzeme karakterinde yeniden yapım alanında kullanılması mümkün olabilmektedir. İlk olarak Birinci Dünya Savaşı yıllarında değerli bir savaş hammaddesi olan çeliğin yapı alanından çekilmesi, ahşap malzemenin rasyonel kullanım koşullarına adaptasyonunu amaçlayan çalışmaların ve bilimsel araştırmaların yapılması sonucunu doğurmuş ve bu suretle yapay ahşap malzeme niteliksel açıdan bir gelişim sürecine itilmiştir. Günümüzde strüktür elemanı olarak yapay çubuk elemanların kullanımının mümkün olabilmesine karşın, değişen ekonomik ve hammaddeye bağlı koşulların zorlaması sebebiyle konunun yine de gelişmeye açık olduğu görülmektedir. Yapay ahşap malzemenin günümüz koşullarında temel kullanım alanı bölme, kaplama ve bitirmelerin yapımında son yüzey malzemesi olmak yönündedir.

Orman ürünleri endüstrisinin gelişmiş olduğu ülkelerde yapıya ait çeşitli bileşen ve elemanlarının da ahşap kökenli malzemelerden oluşturulup fabrikasyon üretimi ile prefabrike konut üretiminde beton malzemeye alternatif olarak kullanıldığı görülmektedir. Yapımda ahşap prefabrikasyon olanaklarının belirlenmesi çerçevesinde; öncelikle yapay ahşap malzemenin gelişim yönünü ve sağladığı olanakları irdelemek gerekmektedir. Bu bölümde de bu amaçla yapay ahşap elemanlar; çubuklar, levhalar ve bileşenler olmak üzere üç temel kategoride ele alınarak, üretim olanakları, teknik performansları ile yapı bileşen ve elemanları bünyesindeki konumları irdelenecektir. Doğal ahşap malzeme, homojen olmayan ve anizotropik yapısından kaynaklanan ve yukarıda bölüm sonuçlarında belirtilen kullanım alanlarında ortaya çıkan

kısıtlılıklar nedeni ile uzun yıllar kullanıldığı alanın ihtiyaçlarını karşılamakta yetersiz kalmıştır. Bu koşulların ortadan kaldırılması amacıyla günümüz teknolojik olanakları çerçevesinde yapay ahşap malzeme üretimi mümkün olabilmektedir. Özellikle yapı sektöründe doğal ahşabın fiziksel, mekanik ve anatomik özelliklerinin yetersiz kaldığı durumlarda yapay ahşap malzemedan üretilmiş yapı elemanları ve bu elemanların birlikte kullanımıyla oluşturulan yapı bileşenleri uygulama alanı bulmaktadır. Bu uygulama alanında yapay ahşap malzeme, çubuk elemanlar, levha elemanlar ve yapay ahşap bileşenler/paneller olmak üzere üç ana grupta yer almaktadır.

3.1. Çubuk Elemanlar

Yapay ahşap çubuk elemanlar, düşey ya da yatay yapı elemanı/bileşeni oluşumunda;

- a. Yapının strüktürel elemanı ya da
- b. Yüzey oluşturan bileşenin strüktürel malzemesi olarak görev yapmaktadırlar.

Bu nedenle, bu elemanlar düşeyde kolon, yatayda ise basit bir kiriş olarak görev almakla birlikte düşeyde kat veya eleman yüksekliği, yatayda ise geçilecek açıklığa bağlı olarak,

- a. Basit kiriş / kolon
- b. Birleşik kesitli kiriş / kolon
- c. Kafes kiriş ya da
- d. Üç boyutlu kiriş olarak kullanılabilirler.

I. Bölümün sonucunda da belirtildiği gibi doğal ahşap malzeme, problem alanları ve sahip olduğu dezavantajlar tamamen ortadan kaldırılarak ya da kısmen kontrol altına alınarak yukarıda tanımlanan kullanım alanlarında görev

alabilmektedir. Doğal ahşabın yapı konstrüksiyonundaki kullanım alanını yeniden tanımlayan bu işlemler, emprenye tekniği, presleme tekniği ve laminasyon tekniği olmak üzere üç temel teknik yardımı ile gerçekleştirilmektedir.

Bu tekniklerden emprenye tekniği, Bölüm 2.3.5.' de değinilen doğal ahşabın kullanım ömrünün uzatılmasına yönelik önlemleri içermekte iken, presleme tekniği hücre boşluklarının yüksek basınç altında doldurulmak suretiyle ahşabın mevcut mekanik dayanım özelliğinin artırılmasına yönelik işlemleri, laminasyon tekniği ise oluşturulan elemanın bünyesinde bulundurduğu doğal ahşabın fiziksel özelliklerinden tamamen bağımsız bir modifikasyon kavramını tanımlamaktadır.

3.1.1. Prese masif ahşap

Ahşap malzemenin dayanımı üzerinde yoğunluğunun etkili olduğu Bölüm 2.2.'de belirtilmişti. Ahşap malzemenin yoğunluğunun doğrudan belirleyicisi konumunda olan hücre boşluğu oranının azaltılması amacı ile ahşaba basınç uygulanması prese masif ahşap malzemenin temel prensibini oluşturmaktadır.

Prese masif ahşap elemanlar, ahşap malzemenin fiziksel ve mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla yüksek basınç ve çeşitli emprenye metodları kullanılarak ahşabın hücre boşluklu yapısının yoğunlaştırılması suretiyle elde edilen homojen özellikteki elemanlardır. Prese masif ahşabı yoğunlaştırılmış prese ahşap ve emprenye edilmiş prese ahşap olmak üzere iki ana grupta incelemek mümkündür.

Yoğunlaştırılmış prese ahşap elemanlar, doğal ahşap malzemeye basınç uygulanması suretiyle hücre boşluklarının ortadan kaldırılarak mekanik dayanımının artırılması ile elde edilen elemanlardır.

Emprenye edilmiş prese ahşap elemanlar ise; doğal ahşap malzemenin mekanik ve fiziksel özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla yönelik olarak emprenye maddelerinin prese ahşap bünyesine emdirilmesi neticesinde malzemenin katılaştırılmasıyla elde edilir. Bu şekilde üretilen elemanların mekanik dayanımının yanısıra yanmaya ve biyolojik etkenlere karşı olan dayanımı da artmış olmaktadır.

3.1.2. Yapay elemanlar

Doğal ahşabın yapının strüktürel sisteminde basit açıklık geçen eleman olarak boyut ve form açısından gösterdiği sınırlılıklar, malzeme bünyesindeki iyileştirme çalışmalarının yetersiz kaldığı koşullarda daha nitelikli malzeme arayışlarını beraberinde getirmiştir. Gelişen teknikler ve artan yan endüstri olanakları, günümüzde çok çeşitli form ve boyutta ahşap elemanların fabrikasyonunu olanaklı hale getirmiştir. Üretim sürecinin her aşamasının kontrol altında tutulabildiği bir ortamda yapay olarak üretilen bu elemanlar, masif ahşabın kullanım sınırlarını fazlasıyla aşan özel durumlarda bile güvenle kullanılabilirler. Bu amaçla geliştirilen yapay ahşap çubuklar öncelikle yapıda strüktürel sistem kurgusunda kullanılmak üzere, basınca çalışan düşey çubuklar, (kolonlar) ve eğilmeye çalışan yatay çubuklar (kirişler) olarak üretilmişler daha sonra her iki tip elemanın birleşimi niteliğinde olan; hem basınca hem de eğilmeye çalışan kavisli lamine taşıyıcılar olarak geliştirilmişlerdir. Yapay ahşap çubuk elemanlar; taşıyıcı nitelikli kompozit elemanlar, yapıştırma (lamine) elemanlar ve ahşap I kirişler olmak üzere üç ana grupta sınıflandırılabilir.

3.1.2.1. Taşıyıcı nitelikli kompozit elemanlar

(*Structural Composite Lumber -SCL®*)

Kurutulmuş ahşap levha kaplamalarının ya da lifli kaplama parçacıklarının lif doğrultuları aynı yönde olacak şekilde dış etkenlere dayanıklı özel yapıştırıcılarla yüksek sıcaklık ve basınç altında yapıştırılmaları ile elde edilen malzemelerdir. Doğal ahşap malzemeye kıyasla, üretim süreci ve malzeme niteliğinin kontrol edilebilme ve Bölüm 2.3.4’de belirtilen lif kıvrıklığı, budaklar v.b. gibi dayanım azaltıcı faktörlerin ortadan kaldırılmasına olanak tanıdığı için daha üstün mukavemet özellikleri gösterebilmektedir. Kompozit çubuk elemanlar, yapıştırılmış kaplama elemanlar (*Laminated Veneer Lumber, LVL®*) ve paralel lifli yapay elemanlar (*Parallel Strand Lumber,PSL®*) olmak üzere iki grupta incelenebilmektedir. (NRC-CNRC,1997)

3.1.2.1.1. Yapıştırılmış kaplama elemanlar

(*Laminated Veneer Lumber -LVL®*)

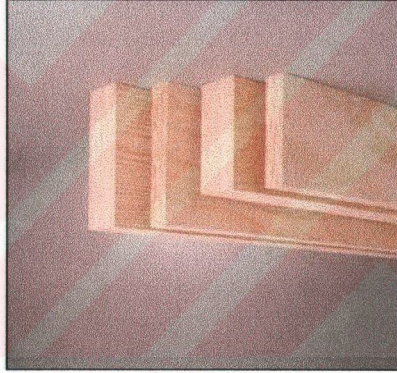
İlk defa 2. Dünya Savaşı yıllarında savaş uçaklarının pervanelerinde kullanılan yapıştırılmış kaplama çubuk elemanların yapı malzemesi olarak yüksek mekanik dayanım amaçlanan yapı elemanlarında kullanımı son yıllarda geçerlilik kazanmış durumdadır. Yapıştırılmış kaplama elemanların katmanlı yapısını oluşturan ahşap levha kaplamalar önceden ebatlandırılarak lif doğrultuları aynı yönde sıralanmışlardır. Doğal ahşap malzemeye göre mekanik mukavemet yönünden üstün nitelikler taşımasının yanısıra hemen her boyuttaki doğal ahşap malzemenin hammadde olarak kullanılma olanağı tanınmasından dolayı etkin hammadde kullanımını beraberinde getirmektedir. Yapay olarak üretilmesinin sağladığı bir avantaj olarak 20 m uzunluk, 89 mm.

Paralel İhli yapay elemanlar, yüksek basınç ve sıcaklık altında İhli ahşap levha kaplama parçacıklarının aynı doğrultuda dizilerek yapıştirılması ile elde edilen elemanlardır. Yapay olarak üretilmesinden dolayı üretim merkezinin teknik olanakları dahilinde oldukça büyük boyutlarda üretilbilme imkanının bulunmasına rağmen bu elemanlar, taşıma sınırlılıkları gerçevesinde 20 m. ye

(*Parallel Strand Lumber -PSL®*)

3.1.2.1.2. Paralel İhli yapay elemanlar

Şekil 3.1. Yapıştirılmış kaplama elemanlar



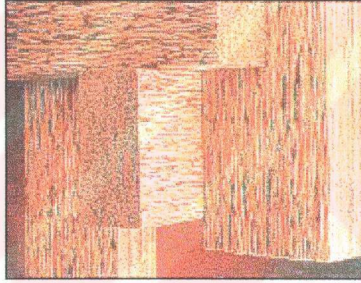
almaktadır. edilmetedir. Yapıştirılmış kaplama elemanların üretim süreci Ek 1.1.'de yer olmasından dolayı ahşap I kırıışlerin flaşılarının oluştuomasında da tercih kullanılmaktadır. Aynı şekilde yüksek yüzey gerilme dayanımına sahip yüzeyinin herhangî bir örtücü malzeme ile kaplanmayacağı uygulamalarda yüzeye sahip olmasından dolayı görsel niteliğin önem taşıdığı ve eleman (CWC,1991) Yapıştirılmış kaplama elemanlar, son kat işleminde hazır bir kalınlık ve 610 mm. genişliğe kadar olan boyutlarda temin edilebilmektedir.

Katmanlı kirişler geçiili sayıda kereste katmanının lif doğrultuları birbirine paralel olacak şekilde yapıştırılmaları ile elde edilen strüktürel sistem elemanlardır (Bkz. Şekil 3.3). Şekil verilileme ve istenen boyularda üretilileme olanğı yapıştırma kirişlerin en önemli avantajını oluşturmaktadır. Özel yapıştırıcılar yardımı ile yüksek basınç altında yapıştırılma yöntemi ile

(Cfilam® -Laminated Timber)

3.1.2.2.Yapıştırma (lamine) elemanlar

Şekil 3.2.Paralel lifli yapay gubuk elemanlar

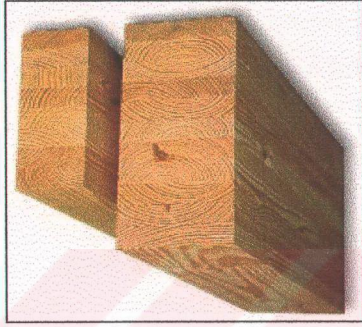


Paralel lifli yapay gubuk elemanların üretim süreci EK 1.2'de yer almaktadır. taşıyıcı prefabrike panel konstrüksiyonunda da kullanımı alını bulunmaktadır. nem koşullarında boyutsal deformasyona uğramamalarından dolayı ahşap yapıya ait taşıyıcı sistemin herhangi bir alt bileşeni olabildikleri gibi değışken edilmektedir. Bu tür elemanlar yüksek mekanik dayanımı özelliklerinden dolayı yüzey kaplamasının eleman yüzeylerine uygulanacağı koşullarda tercih aksine, görsel niteliğinin önem taşımadığı durumlarda ya da görsel amaçlı bir Paralel lifli yapay gubuk elemanlar, yapıştırılmış kaplama gubuk elemanları kadar olan uzunlukta ve 45-178 mm kalınlıkta üretililmektedir. (CWC,1991)

oluşturulmuş bu tür cemanlar yapıda kolon, basit kiriş, eğik kiriş veya yay kiriş olarak strüktürel sistem kurusunda kullanılabilmektedir.

Lamine ahşap cemanlar, düz veya kavışli olarak şekillendirilmektedir. Şekil verilebilme olanağı beraberinde strüktürel sistem bütününe etki eden bir değişiklik getirmiş ve taşıyan ve taşınan hiyerarşisine dayalı sistem kurusunu yerine taşıyıcıların lince olma zorunluluğunu ortadan kaldırarak lamine cemanların lince gubuk cemanların aksine hem basınca hem de eğilmeye galışan bir niteliğe sahip olmasını sağlamıştır. Günümüzde lamine ahşap taşıyıcıların 36-80 mm. ile 114-2128 mm boyutlarında üretimi yapılabilmektedir. (CWC, 1991, Canada)

Yapıda lamine ahşap cemanların kullanımı ile kavışli cemanlarla 152 m., düz taşıyıcı cemanlarla ise 42 m. ye kadar geniş açıklıklar geçilebilmektedir. (Wangard, F., 1981)

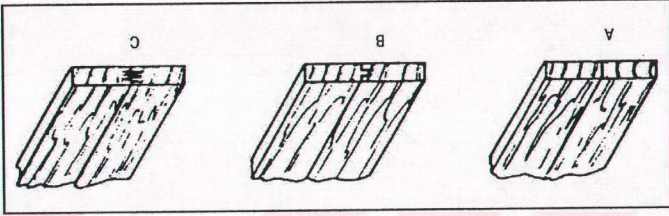


Şekil 3.3. Yapıştırma (Lamine) cemanlar

Lamine taşıyıcı elemanı oluşturan katmanlarda değişik şekillerde en ve boy birleştirmeler uygulanmakta ve bu birleştirme yöntemleri lamine elemanın direnç özellikleri üzerinde etkili olmaktadır. Eğer eleman yüksek mekanik mukavemet gerektirmiyor ise düz en ve boy birleştirme daha pratik bir yöntemdir. Yüksek mekanik mukavemet gerektiren elemanlarda, genellikle pahlı boy birleştirme ve kama dişli boy birleştirme yöntemleri benimsenmektedir. Lamine elemanlarda katların birleşimleri kama dişli birleşim yöntemi ile gerçekleştirilirse; eğilme, gekme ve liflere paralel basınçta en yüksek mukavemet değeri elde edilmektedir (Güray, A. ve Şenay A., 1997). Şekil 3.4. ve Şekil 3.5.' de lamine elemanların kat birleşim yöntemleri görülmektedir.

1. En birleştirmeler ;

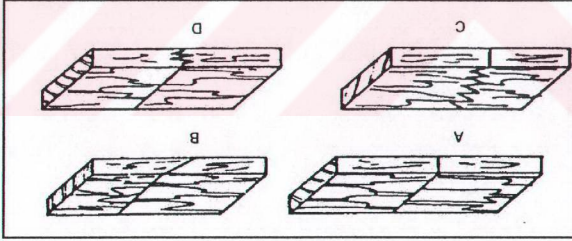
- a. Düz birleştirme
- b. Kınışlı birleştirme
- c. Kama dişli birleştirme



Şekil 3.4. Lamine ahşap elemanlarda katların en birleşimleri
(Güray, A. ve Şenay A., 1997)

II. Boy birleştirmeler ;

- Düz birleştirme
- Pahlı birleştirme
- Dikey kama dişli birleştirme
- Yalay kama dişli birleştirme



Şekil 3.5. Lamine ahşap elemanlarda katların boy birleşimleri

(Güray, A. ve Şenay A, 1997)

Genel prensip olarak aynı lamine elemanda kullanılacak ahşap malzemenin mümkün olduğunca aynı özellikler taşıması gerekmektedir. Çünkü farklı özelliklerde seçilen ahşap malzemelerde ağacın öz kısmı değişik oranlarda gelişeceğinden, meydana gelebilecek deformasyonlardan tuval hatı dayanımı ve dolayısı ile lamine elemanın mekanik mukavemeti olumsuz yönde etkilenebilecektir. Ayrıca laminasyonda kullanılacak katmanların lif yapıları, budak gapı ve sayıları gibi katmanlarda kullanılacak ahşap malzemeye ilişkin özellikler de lamine elemanın mekanik dayanımı üzerinde etkili olmaktadır⁵ (Hornbostel, C., 1982). Lamine ahşap elemanların üretiminde uygulanacak kat

⁵ Bu özelliklere ilişkin sınırlandırmalar Amerika (ANSI - American National Standards Institute)-ANSI A190.1-1983 ve Amerikan Ürün Standardı Voluntary Product Standard PS 56-73'te ayrıntılı olarak yer almaktadır.

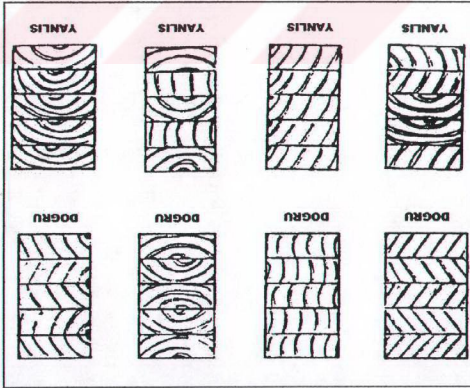
- c. Laminasyonunda kullanılan ahşap malzemeler ince ve küçük boyutlu olduğundan hem malzeme kullanımına hem de malzemenin kurutulmasına ilişkin ekonomi sağlamaktadır.
- b. Laminasyon tekniği, beraberinde form serbestliği getirmektedir.

a. Masif ahşap malzemeyle kıyasla boyut sınırlılığı ortadan kalkmıştır. Masif ahşapla geçilmesi mümkün olmayan yatay ağırlıklar laminale ahşap elemanlar ile kolaylıkla geçilebilmektedir.

Olanakları:

Laminale ahşap malzemenin masif ahşap malzemeyle kıyasla sahip olduğu olanak ve sınırlılıklar şunlardır;

Şekil 3.6. Laminale giriş kat düzenlemeleri (Güray, A. ve Şenay A, 1997)



d. Yapıştırıcıda kullanılan tükalem su içici özelliği ve katmanların iç gerilmeleri dikkate alarak düzenlenmeleri, lamine ahşap elemanın aynı cins monoblok ahşap malzemeye kıyasla çok daha az boyutsal deformasyona uğramalarına neden olmaktadır. (Güray, A. ve Şenay A, 1997)

e. Lamine ahşap elemanların alternatiflerine kıyasla az oluşturmaları taşıma masraflarında ekonomiyi sağlamakta oldukları gibi yapının yapısal sisteminde ait sabit yükün de azaltılmasını sağlamaktadır. Örneğin 2000 cm² kesit alanına sahip olan 25 m. uzunluğundaki lamine ahşap bir kiriş, yaklaşık 2500 kg. olup aynı mukavemet değerine sahip aynı uzunluğundaki bir çelik kiriş yaklaşık 4000 kg., pratikçe ön gerilmeli beton bir kiriş ise 7500 kg. ağırlığa sahip bulunmaktadır. (Bozkurt ve Kurtoglu 1986)

f. Kullanım süreci dikkate alındığında diğer yapı elemanlarına kıyasla bakım ve onarım masrafları düşüktür.

g. Yüzey bitirme işlemlerinin kolaylıkla uygulanabilmesi nedeniyle elemanın ayrıca kaplanmasına gerek duyulmamaktadır.

Sınırlılıkları:

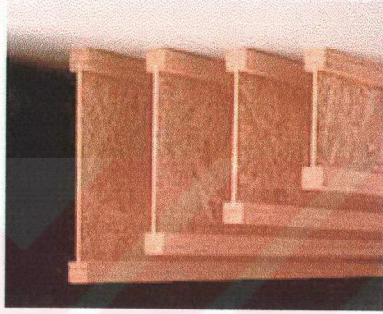
a. Lamine ahşap elemanların üretim sürecine ait özellikler, son ürün üzerinde ek bir işçilik ve nitelikli yapıştırıcı maliyeti getirmektedir.

b. Lamine ahşap elemanın üretiminin özel donanımlara sahip bir üretim merkezi ve kalifiye işçilik gerektirmesi yatırım ve üretim maliyetlerinin artmasına neden olmaktadır.

c. Büyük boyutlu lamine ahşap elemanların montaj yerine nakledilmesi sırasında taşıma güçlükleri ile karşılaşılacaktır.

3.1.2.3 I Kirişler

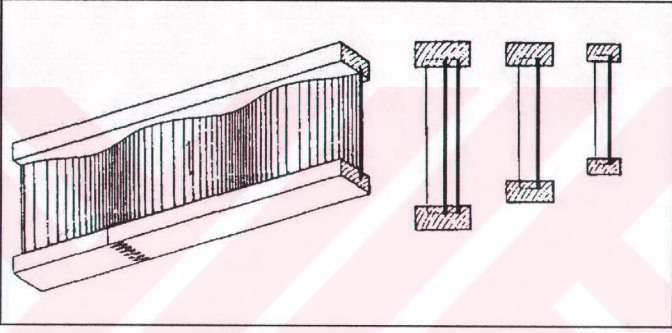
Gövdeyi oluşturan kısımları dalgalı veya düz kontrplak ile dizili talaş levhadan, başlıkları ise lamine masif ahşap ya da lamine ahşap kaplama malzeme ile meydana getirilmiş paralel başlıklı veya kutu kesitli kirişlerdir. Kontrplak gövdeli ahşap I kirişler konut üretiminde gati ve döşeme konstrüksiyonlarında yaygın olarak kullanım alanı bulmaktadır. En sık rastlanan tipleri I veya T kesitli olup, genellikle kesit yükseklikleri 16-40 cm, gövde kalınlıkları 4-6 mm. arasındadır (Georgia Pasific,1997). Gövde malzemesi kontrplak olabildiği gibi güncel örneklerde yönlendirilmiş talaş levha (OSB) kullanımlına da rastlanmaktadır. (Bkz. Şekil 3.7.)



Şekil 3.7. Ahşap I Kirişler

Kontrplak gövdeli kirişler, kontrplağın gubuk elemanın dört yüzünde de kullanılarak bir “kutı” kesit oluşturacak şekilde birleştirilmesi ile de üretilebilmektedirler. Amerika’da bu şekilde oluşturulan strüktürel elemanlar, EWS® Rim board patent ismi altında kullanılmaktadır (Hornbostel and

Horning, 1987). Kontrplak gövdeli ahşap kiriş elemanları günümüzdeki uygulamalar çerçevesinde döşeme konstrüksiyonunda kullanıldığı durumlarda yaklaşık 50 cm. aralıklı olarak tek yönlü bir ızgara sistemi oluşturulmakta ve üzeri kontrplak lavhalar ile kapatılmaktadır. Çatı konstrüksiyonunda ise yine aynı ızgara sisteminin üzerine çatı formunu oluşturan iki boyutlu düzlemsel kafes kirişler yerleştirilmektedir. Kontrplak veya OSB gövdeli ahşap kirişlerde flans eyninin artması durumunda kontrplak gövde sayısı artırılmaktadır. Flans gövdesi kontrplak olan elemanlarda kontrplak gövdeye dalgalı bir form verilerek kirişin eğilme dayanımı artırılmaktadır (Faherty and Williamson , 1989), 1989). (Bkz. Şekil 3.8.) Ahşap I Kirişlerin üretim süreci EK 1.3.'de yer almaktadır.



Şekil 3.8. Kontrplak gövdeli ahşap kiriş
(Faherty and Williamson , 1989)

Çizelge 3.1. Çubuk elemanların mekanik özelliklerinin ve kullanım olanaklarının karşılaştırmalı değerlendirmesi

CİNSİ	KULLANIM OLANAKLARI		ELASTİKLİK MODÜLÜ	ÖZELLİK	KAYNAKLAR
	Basınca Çalınan Düşey Çubuk	Eğilimeye Çalınan Yatay Çubuk			
LAMİNE	GLULAM	✓	✓	16000	24+ f sınıfı , (Eğilime dayanımı 2400 psi) kuru Douglas Köknarı için değerler esas alınmıştır. (Forest Products Lab, Wood- Iis Structure & Properties,p.203,1987)
	LYL	✓	✓	15200	Kuru Güney Çamının 2.0 Dayanım sınıfı için geçerli değerlerdir. (NRCC-National Research Council Canada,Evaluation Report-CCMC12968-R)
	PSL	✓	✓	14500	Kuru Douglas Köknarı cinsi için geçerli değerlerdir. (NRCC-National Research Council-Canada,Evaluation Report-CCMC12627-R)
PREFABRİKE	I KIRIŞ	✓	✓	15800	Kuru L.YL. Güney Çamı flanslı ve OSB gövdeli I kırışlar için geçerli değerlerdir. (NRCC-National Research Council-Canada,Evaluation Report-CCMC12657-R)
MASİF	MASİF	✓	✓	10200	0,5 g / cm ³ birim ağırlıktaki kuru, yerli Çam cinsi için değerler esas alınmıştır. (M. Ertuğ, 'Yapı Fizikiği ve Malzemesi, 1994)
	PRESE MASİF	✓	✓	14000	0,5 g / cm ³ birim ağırlıktaki kuru, yerli Çam cinsi için değerler esas alınmıştır. (M. Ertuğ, 'Dinin ve Bugünün Ahşap ve Ahşaplan Üretilmiş Malzemesinin Türkiye Şartları İçinde Yapıda Kullanılma İmkânlarının Araştırılması, Doktora Tezi, 1972)
	EMPRENYE	✓	✓	14000	"

Çizelge 3.1.' de ahşap veya türevi malzemeden üretilmiş çubuk elemanların modüllerinin karşılaştırılması görülmektedir. Çubuk elemanların sahip oldukları mekanik mukavemet değerleri, yapıda strüktürel sistem elemanı olmaları sebebi ile önem kazanmaktadır. Çizelgeden de görüleceği gibi yapımızda sık kullanılan çam cinsi doğal ahşap 10200 N/mm² elastiklik modülüne sahip iken çizelgede yer alan bütün yapay ahşap çubuklar doğal ahşaba kıyasla daha yüksek elastiklik modülüne, dolayısı ile daha yüksek mekanik mukavemet değerine sahip bulunmaktadır. Bu noktada; yapay ahşap çubuk elemanların yapıda strüktürel amaçlı kullanım olanaklarının teknik açıdan artmış olduğu görülmektedir. Yapımızda en sık rastlanan ahşap ve türevi çubuk elemanların kullanım olanaklarının belirlenmesi amacıyla sahip oldukları avantaj ve dezavantajları ile temin edilebilir boyutlarının karşılaştırılması Çizelge 3.2.'de yer almaktadır.

3.2. Levha Elemanlar

Yapı konstrüksiyonunda kullanılan yapay ahşap levha elemanların sınıflandırılmasına ilişkin bu araştırma kapsamında incelenen kaynaklarda çok çeşitli sınıflandırılmanın yapılabildiği görülmüştür. Yapay ahşap levha eleman üretiminde kullanılan tane boyutlarının çeşitliliklerindeki terminolojik yetersizlikler nedeni ile bu tez kapsamında levha elemanlar, prese kaplama ahşap levhalar ve partikül levhalar olmak üzere iki ana grupta sınıflandırılmıştır.

3.2.1. Prese kaplama ahşap

Prese kaplama ahşap levhalar; kontrplaklar ve kontrtablalar olmak üzere iki ana grupta incelenebilmektedir. Günümüz olanakları çerçevesinde kontrplak ve yonga levhaların niteliksel gelişimi, malzeme ekonomisi açısından olumsuz yönleri olan kontrtablanın kullanım alanını sınırlamış durumda olduğundan kontrtablalara bu çalışma kapsamında ayrıntılı olarak değinilmemektedir.

Prese kaplama levhalar, tomruklardan çeşitli soyma ve kesme metodlarına göre elde edilmiş çeşitli kalınlıklardaki ince ahşap levhaların birbirlerine veya bir başka orta tabakaya yüksek basınç ve sıcaklık etkisi altında yapıştırılmasıyla elde edilen ürünlerdir

Bu ürünlerden kontrplak levhalar, prese kaplama ahşaba en güncel örnek konumundadır.

Kontrplak:

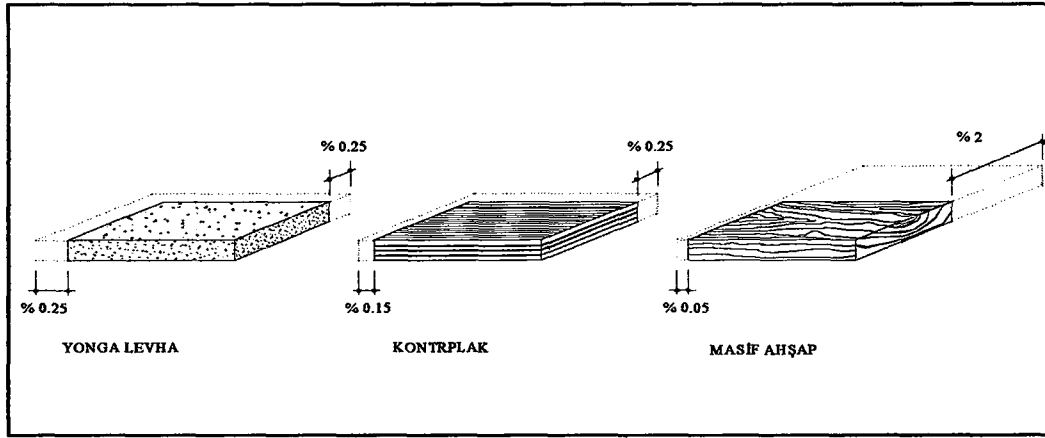
Kontrplak, belirli uzunluk ve çaplardaki tomruklardan özel kaplama soyma makinalarında elde edilen çeşitli kalınlıklarındaki ahşap plakaların, lif doğrultuları birbirine dik olarak, tek sayıda ve formaldehit reçineler yardımı ile basınç altında yapıştırılması ile elde edilen bir malzemedir.

Türk Standardı / TS-3843'de, yapıda kullanılan kontrplaklarda yer alacak plakaların kalınlıkları en az 1,5 mm , en çok 3,7 mm. ve levha kalınlıkları ise en az 4 mm., en çok 38 mm. olarak belirlenmektedir.

İlk olarak Amerika'da 1905 yılında üretilen⁶ kontrplak malzemenin aynı ebatlı masif ahşaba göre performans üstünlükleri şu şekilde sıralanabilmektedir.

- a. Değişen higrotermik koşullarda kontrplak levhaların masif ahşaba kıyasla boyutsal deformasyonu daha az seviyede gerçekleşmektedir. Doğal ahşap, lif doğrultusunda % 0,05, liflere dik doğrultuda ise % 2 lik bir boyutsal deformasyon oranına sahip iken kontrplak levhada bu değerler % 0,15 ve % 0,25 olmaktadır (APA, 1997). Bir başka deyişle kontrplak levhaların ortamdaki ısı ve nem değişimleri nedeni ile uğrayacakları boyutsal deformasyon, masif ahşaba kıyasla, masif ahşabın liflerine dik yönde 1/8 kadar iken masif ahşabın lifleri yönünde genleşme değeri 3 katı kadar olmaktadır. (Bkz. Şekil 3.9)

⁶ Dünyanın ilk kontrplak levhası 1905 yılında Portland Manufacturing Company tarafından üretilmiştir. (University of Massachusetts , Amherst, Technical Bulletin, 1998)



Şekil 3.9. Partikül levha, kontrplak ve masif ahşabın ısı genleşme karşılaştırması (Composite Panel Association, 1998).

b. Aynı kalınlıktaki masif ahşaba kıyasla daha yüksek mukavemet özellikleri göstermektedir. Örneğin; kayın cinsi ağacının σ_{em} // çekme emniyet gerilmesi 66 N/mm^2 iken 24 mm kalınlıktaki kontrplak levhanın σ_{em} // çekme emniyet gerilmesi 100 N/mm^2 dir. (Eriç, 1994)

Çizelge 3.3. Masif ahşap ve kontrplak levhaların emniyet gerilmeleri

Cinsi	Çekme σ //	Basınç $\sigma_{\perp}$	Açıklama
Masif Ahşap	66 N/mm^2	12 N/mm^2	0.86 gr/ cm^3 yoğunlukta Kayın cinsi masif ahşap için (Eriç M., 1994)
Kontrplak	100 N/mm^2	31 N/mm^2	0.5 gr/ cm^3 yoğunlukta 24 mm. kalınlığında kontrplak levha için. (USDA, 1987)

c. Boyutsal açıdan yapı konstrüksiyonuna serbestlik tanımaktadır. Doğal ahşapta temin edilemeyecek boyutlarda üretim rahatlıkla gerçekleştirilebilmektedir. Kontrplak levhaların standard üretimleri $1830 \times 3050 \text{ mm}$. ebatlarına kadar gerçekleştirilebilmesine karşın, doğal ahşap

malzemede bu boyutlar ağacın kesit çapına bağımlı olmakta, 38 mm. kalınlık için levha eni max. 300 mm. ile sınırlı kalmaktadır (Goetz and Hoor,1992).

d. Basınç altında şekil verilebilme olanağından dolayı kullanım esnekliği sağlamaktadır .

Kontrplak oluşumunda suda ayrıışmayan ve suyun ahşaba nüfuzunu önleyen tutkallar kullanılarak, doğal ahşabın bünyesine su emme özelliğinin de ortadan kaldırılması ve isteğe bağılı olarak yüzey kaplamalarının uygulanması ile de nitelikli bir bitirme malzemesinin elde edilmesi mümkün olabilmektedir. Isıl değıışimler karşısında genleşme özellikleri kontrplak levhaların yapı konstrüksiyonunda kullanımı sırasında, özellikle panel birleşimleri çerçevesinde dikkate alınması gereken bir nokta olarak göze çarpmaktadır.

Yukarıda belirtilen özellikleri ve yapı bünyesinde modüler kullanıma olan yatkınlığı neticesinde kontrplak levhalar, yapımda oldukça geniş kullanım alanı bulabilmektedir. Oldukça kolay bir işçilikle işlenebilme ve boyutlandırılabilme özelliğı sayesinde kontrplak levhalar, ahşap yapılarda döşeme, duvar ve çatı kaplama ya da kaplama altı elemanı olarak kullanılabildeğı gibi ileri bölümlerde değıinileceğı gibi pano sistemlerinde de yüzey örtücü eleman olarak ya da doğrudan strüktürel eleman üretiminde kullanılmaktadır. Kontrplaklar ayrıca yapı üretiminde hazır panel uygulamalarında, döşeme, duvar ve çatı konstrüksiyonlarında doğrudan boşluk örtücü eleman ya da kaplama altı katmanı olarak da kullanılabilmelerinin yanısıra, beton kalıp elemanı olarak, mobilya endüstrisinde ve ambalaj sanayisinde de geniş bir kullanım alanına sahiptir.

Genel olarak kontrplak levhaların nitelik özelliklerini üç faktör belirlemektedir. Bunlar, ahşap kaplama levhasının kalitesi (yüzeydeki kusur

oranı, plaka boyutları), katmana bağlı özellikler (levha sayısı, levha kalınlığı, levhaların lif yönleri) ve yapıştırıcının niteliğidir. Kontrplak üretiminde kullanılan yapıştırıcı çeşitleri, kontrplağın kullanıldığı yerin gerektirdiği özelliklere göre niteliksel değişiklikler göstererek kontrplağın kullanım olanakları üzerinde etkili olmaktadır.

Dış ve iç ortam koşullarında kullanılmak üzere olmak üzere iki tip kontrplak vardır. Dış ortam koşullarında kullanılan tip kontrplaklar %100 su geçirimsiz yapıştırıcılar yardımı ile üretilmekte ve dış hava koşullarına karşı yüksek dayanım gösterebilmekte ve kullanıldığı ülkelerin yapı şartnamelerince kabul edilmektedirler.⁷ Günümüzde özellikle Kuzey Amerika ve İskandinavya'da yapıştırıcı olarak phenol-formaldehyde ve akrilik reçine kullanılan tip kontrplaklar bu bağlamda örnek teşkil etmektedir.

Muhtelif kullanım amaçlarına göre çok farklı niteliklerde kontrplak üretimi gerçekleştirilmekle beraber, kontrplak levhaların yaygın olarak kullanılan çeşitleri şunlardır; (Kontrplak üretim süreci için Bkz. Ek 1.4.)

- a. İğne yapraklı ağaçlardan üretilen kontrplak levhalar.
- b. Geniş yapraklı ağaçlardan üretilen kontrplak levhalar.
- c. Karma katmanlı kontrplak levhalar⁸
- d. Yüzey kaplama işlemi uygulanmış kontrplak levhalar.
(PVC, metal folyo vs.)

⁷ Örneğin kontrplak levhanın cephe kaplaması olarak kullanımı Amerika Birleşik Devletleri'nde ABD-Mamül Standartları-Yapı ve Sınai kontrplak için belirlenen esaslar dahilinde (PS 1-83) kabul görmektedir.

⁸ Geniş yapraklı ağaç tomruklarından elde edilen ahşap kaplama levhalarının, kontrplağın yüzeylerini oluşturacak şekilde dış tarafta, iğne yapraklı ağaç tomruklarından elde edilen ahşap kaplama levhalarının ise ara katmanları oluşturacak şekilde iç tarafta yer alacak şekilde üretilen kontrplaklar.

Özellikle Amerika’da kontrplak levhalar, ahşap iskelet yapım tekniği içerisinde AKB-Amerikan Kontrplak Birliği (*APA-American Plywood Association*) nin belirlediği standartlar çerçevesinde, döşemelerde kaplama altı tabakası olarak, duvarlarda ise yine kaplama altı tabakası ya da doğrudan cephe kaplaması olarak yaygın bir kullanım alanı bulmaktadır. Ahşap iskelet yapılarda kullanılacak olan kontrplaklar için malzeme ve konstrüksiyona ilişkin esaslar Amerika’ da VPA PS 1-83 ve PS 2-92 (Voluntary Product Standard), Kanada’da ise CAN/CSA-0325.0-92 (Canadian Standards Association) standartlarında belirlenmiştir (APA,1992). Söz konusu bu standartlarda kullanılacak olan levhanın;

a. Levha sınıfı; Kontrplak levhanın cephe yada arka kullanım için yüzey kaplama sınıfı,

(A, B,C,Cp ve D olmak üzere görsel sınıflandırmayı içerir. A sınıfı budaksız zımparalanmış yüzey, D sınıfı ise ilgili standartlarca belirlenen sayıda budak ve yüzey çatlakları gibi niteliksel özelliklere sahiptir.)

b. Levha tipi; Kontrplak levhanın dış hava koşullarına dayanıklı olup olmadığı,

(Dış hava koşullarında kullanılan tip ve hava temaslı tip olmak üzere iki sınıfı tanımlar.)

c. Mesnetleme aralığı; kontrplak levhanın bağlanacağı konstrüksiyon elemanlarının merkez aralıkları (Bkz. Çizelge 3.4.),

Çizelge 3.4. AKB Pano Döşeme Konstrüksiyonu kontrplak-mesnetleme aralığı ilişkisi. (VPA-Voluntary Product Standard PS 1-83) (APA - Engineered Wood Association,1998)

Panel Kalınlığı (mm)	Mesnetleme Aralığı Aks ölçüsü Max. (cm)
15,1	40,64
15,9	50,8
18,3	60,96
22,2	81,28
28,6	121,96

* Tablodaki değerler “inch” olarak belirlenen değerlerin cm karşılıklarıdır.

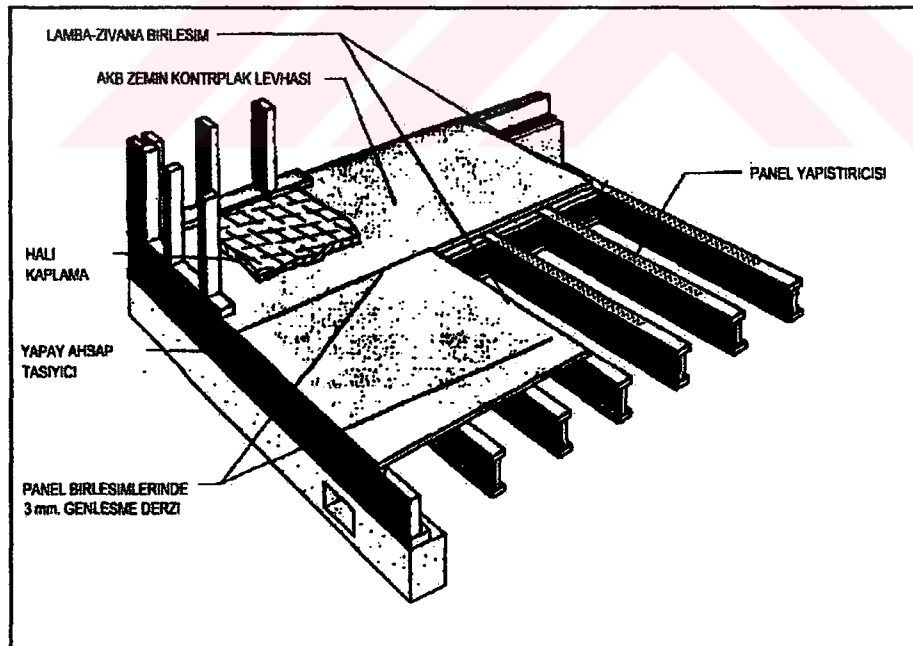
d. Tür grup numarası; Kontrplak levhanın cephe ve arka yüzlerinde kullanılan kaplama levhaların ağaç türü,

e. Kalınlığı ve levha birleşim noktalarındaki montaj toleransları açısından tanımlamaları yapılmaktadır.

AKB onaylı kontrplak levhaların ahşap iskelet yapım sisteminde kullanım yerleri ve konstrüksiyon şekilleri, AKB Pano Döşeme Konstrüksiyonu, AKB Pano Duvar Konstrüksiyonu ve AKB Pano Çatı Konstrüksiyonu olmak üzere üç ana grupta incelenebilmektedir.

a.) AKB Pano Döşeme Konstrüksiyonu

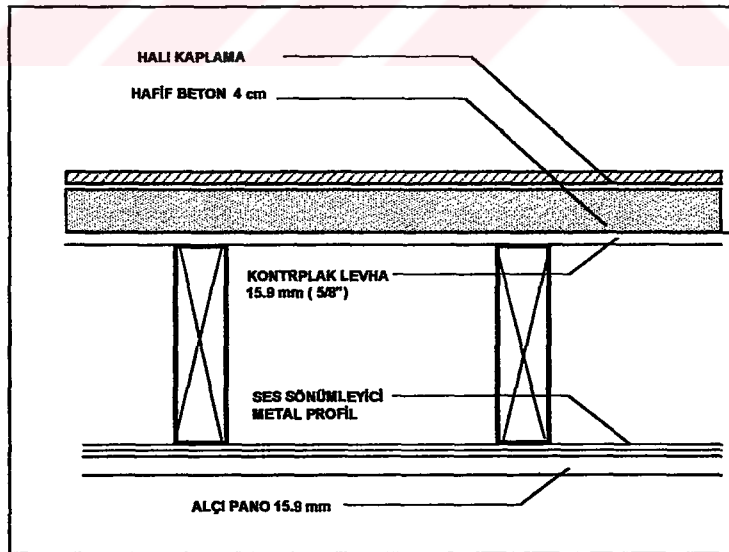
Bu sistemde AKB onaylı kontrplak levhaların tek kat kullanımı ile döşeme konstrüksiyonunu gerçekleştirilmektedir. Levha kalınlığına bağlı olarak levha üzerinde belirtilen değerler esas alınarak döşeme kirişi aralıkları tesbit edilmekte ve levhalar, dayanım yönleri döşeme kirişlemesi ile ters yönde olacak şekilde strüktürel yapıştırıcı uygulaması ile birlikte döşeme kirişlerine çivi ya da vida yardımı ile tesbit edilmektedir. Levha birleşimlerinde levhanın cinsine bağımlı olarak, şantiye koşullarında dahi oluşabilecek değişken higrotermik koşullar altında boyutsal deformasyonların meydana gelebilmesinden dolayı üretici tarafından aksi belirtilmedikçe minimum 3 mm. birleşim toleransı bırakılması gerektiği belirtilmektedir (APA, Engineered Wood Association,1998). (Bkz. Şekil 3.10.)



Şekil 3.10. AKB Pano Döşeme Konstrüksiyonu (APA,1998)

Şekilde yer alan örnekte görüldüğü gibi kontrplak levhaların döşeme kirişlerine yapıştırılması yolu ile döşeme, yatay yüklere karşı rijitlik kazanmaktadır. AKB levhaların döşeme kirişlerine özel üretilmiş akrilik-lateks esaslı elastik yapıştırıcılar yardımıyla yapıştırılması yolu ile darbe sesleri ve titreşimin önüne geçilmiş olmaktadır⁹ (APA-Engineered Wood Association,1998).

AKB pano döşeme konstrüksiyonunda mekanlar arası ve darbe sesi iletiminin önüne geçilmesi için kontrplak levhanın üzerine 4 cm. kalınlığında bir hafif beton uygulamasına gidilebilmekte ve yüzey bitirme malzemesi bu beton tabakanın üzerinde yer alabilmektedir. Döşeme altının kaplanması ise genellikle ses denetimi amacı ile alçı panonun metal sönümleyici profiller yardımı ile döşeme kirişlerine tespit edilmesi yolu ile gerçekleştirilmektedir (APA,1998). Şekil 3.11.'de bu biçimde oluşturulmuş bir döşeme konstrüksiyonu kesiti yer almaktadır.



Şekil 3.11. AKB Pano Döşeme Konstrüksiyonu- Kesit (APA,1998)

⁹ Kullanılacak dolgu-yapıştırıcının teknik özellikleri ile ilgili kısıtlamalar ASTM (American Society for Testing & Materials) 'in Standard Yapı Kodları - D3498-91 nolu yayınında yer almaktadır.

Bu örnekte AKB pano döşeme konstrüksiyonunda kullanılan döşeme kirişleri, 2x ⁽¹⁰⁾ veya 4x masif kirişler, yapıştırma (lamine) kirişler, ahşap I kirişler olabildiği gibi, hafif çelik kirişler de kullanılmaktadır.

b) AKB Pano Duvar Konstrüksiyonu

AKB panoları ile duvar konstrüksiyonu, AKB panolarının doğrudan masif ahşap ara dikmelere ya da lif levha, alçıpano ya da rijit bir yalıtım tabakası üzerine tesbit edilmesi ile oluşmaktadır. Amerika'da AKB Sağlam Duvar (*APA Sturd-I-Wall®*) patent ismi altında yaygın olarak kullanılan AKB pano duvar konstrüksiyonunda, AKB panolu döşeme konstrüksiyonunda olduğu gibi duvar konstrüksiyonunda kullanılacak olan panolardaki değerler esas alınarak ara dikme aralıkları belirlenmektedir. (Bkz. Çizelge 3.5.)

Çizelge 3.5. Ara dikme aralıkları ve gerekli levha kalınlıkları (APA,1998)

Panel Kalınlığı (mm)	Mesnetleme Aralığı Max. (cm)	Çivi Boyutu (cm)	Panel Kenarlarında (cm)	Panel Ortalarında (cm)
			Önerilen Çivi Aralıkları Max. (cm)	
6.4	40	4	15	30
7.9	40	5	15	30
8.7	60	5	15	30
15.1	60	6.2	15	30

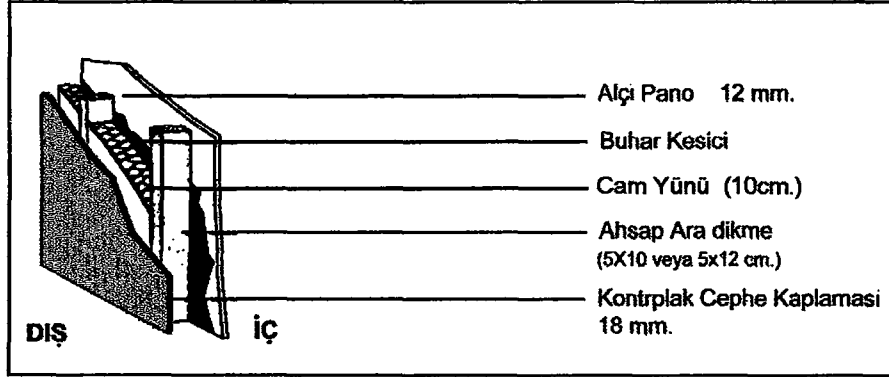
* Tablodaki değerler inch-cm yaklaşık karşılıklarıdır.

¹⁰ 2x / 4x gösterimi yararlanılan yabancı kaynaklarda en kesiti boy kesitinin iki/dört katı olan elamanların gösterimi için kullanılmaktadır. Örn: 2x .. 5x10 cm, 4x. 4x16 cm. vb.

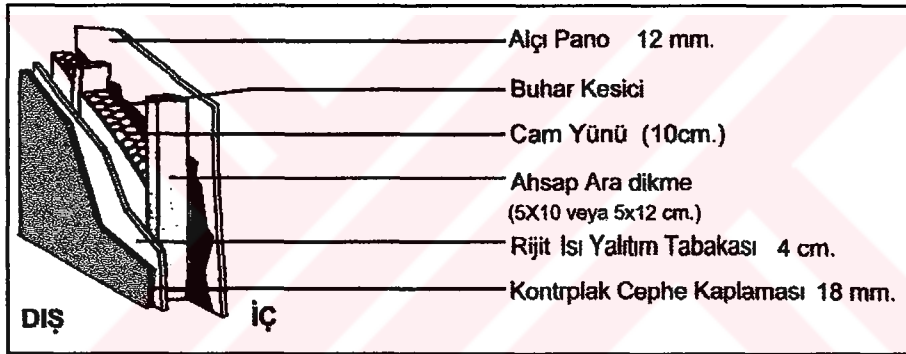
AKB duvar panoları tamamen dış hava koşullarında kullanılabilecek özelliklerde üretilmişlerdir. Özellikle sahip oldukları masif ahşap görünümleri sayesinde tasarımcılara doğal hali ve boyutları ile kullanımının son derece kısıtlı olduğu bir malzemeyi cephe kaplaması olarak kullanabilme olanağı tanımaktadır. AKB duvar panolarının cephe kaplaması olarak kullanımı, özel işlem görmüş yapay ahşap malzemenin günümüz teknolojik olanakları çerçevesinde ulaştığı noktayı belirlemesi açısından kayda değerdir. AKB Kontrplak cephe kaplamaları parçalı görünümlü ama tek parça pano elemanları olarak 3,00 m. x 4,90 m. ebatlarına kadar üretilmektedir. Panoların büyük boyutlu olarak üretilme olanağı ısı ve ses korunumu açısından problem teşkil eden alanlar olan yüzey derzlerinin sayısını azaltıcı bir faktördür. AKB Kontrplak duvar sistemleri ısı geçirgenlik değerlerinin diğer yapım sistemleri ile karşılaştırılması, EK-2’de sunulan Araştırma Föyü-1’ de yer almaktadır. Föyde belirlenen değerler doğrultusunda; AKB Duvar Kontrplak sistemlerine ait yapı kabuğunun ısı geçirgenlik direncinin, beton ve tuğla gibi alternatif malzemeler ile oluşturulmuş yapı kabuğu konstrüksiyonlarından yüksek olduğu görülmektedir. (Bkz. EK-2, Araştırma Föyü-1)

AKB pano duvar konstrüksiyonunda yangına karşı korunum için ise duvarın iç yüzeyinden 16 mm. alçı pano kullanımı yolu ile 1 saat yangın dayanımı derecesi elde edildiği belirtilmektedir (APA, 1998).

AKB kontrplak levhaları, ara dikmeler arasında rijitliğin sağlanması görevini de üstlenmekte ve duvar bünyesinde yatay yüklere karşı dayanım gösterecek payanda veya çarpaz bağlantı, takozlama vb. gibi bu görevi görebilecek başka bir elemana gerek duyulmamaktadır. Bu konuya ilişkin örnekler, Şekil 3.12. ve Şekil 3.13.’ de yer almaktadır.



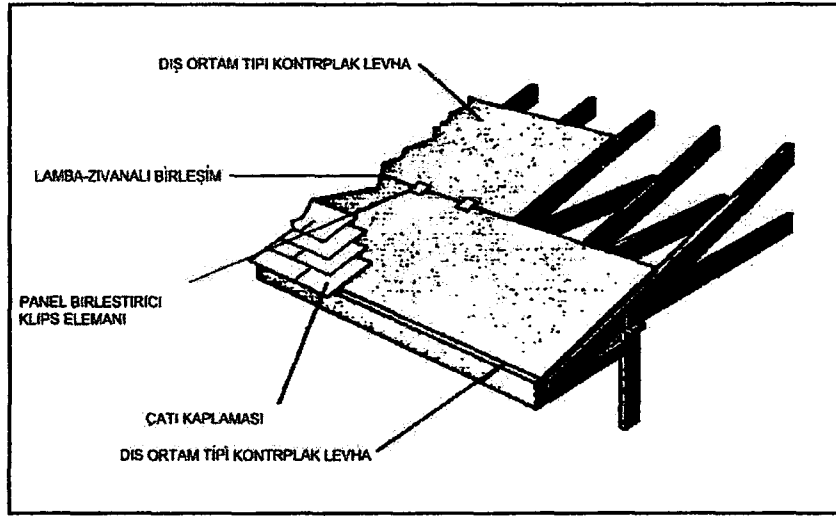
Şekil 3.12. AKB Panolu Duvar Konstrüksiyonu-1 (APA,1998)



Şekil 3.13. AKB Panolu Duvar Konstrüksiyonu-2 (APA,1998)

c) AKB Pano Çatı Konstrüksiyonu

AKB pano çatı konstrüksiyonu oluşturulması için bu amaçla özel olarak üretilen dış hava koşullarına dayanımlı harici tip kontrplak kullanılmakta ve panel birleşimlerinde, özellikleri levha kalınlığına ve levhanın geçtiği açıklığa göre ilgili standartlarca belirlenen metal derz kontrol elemanları (*panel clips*) kullanılmaktadır. Kontrplak levhanın mesnetlenme yönüne dik yönde döşeme kirişlerine yapıştırılarak tespit edilmesi ile bir çatı döşemesinden beklenen rüzgar ve kar yüklerine karşı dayanım özelliğinin yanısıra yüzeyin rijitliği de sağlanmış olmaktadır (APA, 1998). (Bkz. Şekil 3.14.)



Şekil 3.14. AKB Panolu çatı konstrüksiyonu (APA,1998)

3.2.2. Partikül levhalar

Terim olarak partikül levhalar oldukça geniş bir tanım aralığını ifade etmektedir. Taraması yapılan yerli ve yabancı literatürde partikül levhalar, üretimlerinde kullanılan ahşap hammaddenin cins ve boyutlarına bağlı olarak farklı şekillerde sınıflandırılmaktadır.

Partikül levhalar, odun veya odunsu selüloz esaslı bitkilerin çeşitli büyüklüklerde kurutulmuş parçacıklarının sentetik bir reçine ya da mineral nitelikte bir yapıştırıcı yardımı ile yüksek ısı ve basınç altında geniş yüzeyli levhalar haline getirilmesiyle oluşan malzemelerdir (Wangaard F.F., 1981).

Partikül levhalar; talaş levhalar, yonga levhalar, lif levhalar ve zirai atık yongalı levhalar olmak üzere dört ana grupta toplanabilmektedir. Bu sınıfta yer alan zirai atık yongalı levhalar, teknolojik gelişim paralelinde hızla gelişen kimya endüstrisinin tanıdığı olanaklar çerçevesinde niteliksel açıdan bir gelişme süreci içerisinde. Bu tür levhaların gelecekte yapı

konstrüksiyonunda yaygın bir kullanım alanı bulabileceği öngörülebilmektedir. Ancak günümüzde niteliksel bir gelişim süreci içinde olduklarından bu çalışma kapsamında konunun ayrıntılarına değinilmemiştir. (Bu konuda ayrıntılı bilgi için Bkz. “Production of Panels from Acricultural Resiudes”, United Nations,1986)

3.2.2.1. Talaş levhalar

Odun talaşı; odun, kereste ve artıklarının özel makinalarda rendelenmesi ile elde edilen (odunun lif doğrultusu yönünde) ince uzun şerit biçiminde odun parçasıdır (Türk Standardı / TS-1152).

Talaş levhalar, odun talaşı levhalar ve yönlendirilmiş talaş levhalar olmak üzere iki grupta incelenebilmektedir.

3.2.2.1.1. Odun talaşı levhalar

Hızlı yetişen cinsten ağaçlardan elde edilmiş ve yapıda kullanılamayacak boyut ve nitelikte olan ahşabın iri taneli talaş haline getirilmesi ile sentetik reçine veya magnezit, magnezyum klorür çözeltisi, alçı, portland çimentosu gibi mineral esaslı bağlayıcılar yardımıyla yüksek sıcaklık ve basınç altında preslenmesi ile elde edilen levhalardır. Odun talaşı levhaların, levha kalınlıkları 15-100 mm., genişlikleri 50 cm. ve uzunlukları 200 cm. olmaktadır (Türk Standardı /TS-305).

Bıçkı artıklarının değerlendirilmesi, kullanılan üretim metodunun ve bağlayıcı maddenin ucuzluğu gibi sebeplerden dolayı üretim maliyeti oldukça düşük olan bu tür levhaların, ses ve ısıya karşı yalıtım özelliği gösterdikleri bilinmektedir. Yapı sektöründe ilk olarak 1908 yılında Avusturya’da

Heraklith[®] patent ismi üretilen rende talaşı levhaların yapıda en çok belirli bir seviyede ısı ve ses yalıtım özelliği istenen uygulamalarda, ölü kalıp ya da bölücü duvar ve döşemelerin dolgu malzemesi olarak kullanım alanı bulmaktadır.

3.2.2.1.2 Yönlendirilmiş talaş levhalar

(*OSB*[®]-*Oriented Strand Board*)

Yönlendirilmiş talaş levhalar (OSB), yaklaşık olarak 25-45 mm genişlik ve 90-150 mm uzunluğunda, ağacın lif doğrultusunda elde edilmiş talaşların yüksek sıcaklık ve basınç altında dış hava koşullarına karşı dayanıklı yapıştırıcılar yardımı ile yapıştırılarak çok katmanlı olarak oluşturulan panel elemanlardır (SBA,1998) . (Bkz. Ek 1.5.)

Yönlendirilmiş talaş levhalarda panelin çok katmanlı oluşu ve ardaşık katmanlardaki talaşların levhanın uzun yönüne paralel olarak dizilmeleri levhanın mekanik mukavemetini artırıcı bir etki yaratmaktadır. Yönlendirilmiş talaş levhalar, talaş yönlenmeleri birbirine dik genellikle 3 veya 5 katmandan oluşmaktadır. Bu durum kontrplak levhalarda olduğu gibi levhaya mukavemet yönünden homojen bir özellik kazandırmaktadır. Kontrplak üretiminde olduğu gibi yönlendirilmiş talaş levhalarda kimyasal ve fiziksel etkilere karşı levhanın dayanımını arttıran fenol (phenol) ve izosiyanat (isocyanate) reçineli bağlayıcılar kullanılmaktadır (SBA,1998).

Yönlendirilmiş talaş levhalar günümüzde ahşap yapı üretiminde döşeme, çatı ve duvar yüzeylerinde kaplama altı yüzey elemanı olarak ve bazı strüktürel elemanların gövde kısımlarında kullanım alanı bulmaktadır. Fiziksel özellikleri bakımından kontrplak levhalar ile benzer özellikleri taşımalarının yanı sıra (Bkz. Çizelge 3.7) hemen her boyutta masif ahşap malzemenin OSB levha

üretiminde kullanılabilmesi sebebiyle üretim maliyetinin kontrplaktan düşük oluşu OSB® levhanın kontrplak levhaların alternatifi konumuna gelmesini sağlamıştır (Fieste,1997). OSB levha boyutları bu amaçlara uygun kullanım gereklilikleri için 1220 x 2440 mm / 9,5-18,5 mm. olabildiği gibi, özel endüstriyel uygulamalarda 2440 x 7320 mm. ye kadar olabilmektedir. Şekil 3.15.'de çeşitli dizili talaşlı levha cinslerinin katman yapısı görülmektedir.



Şekil 3.15. OSB levha katman yapısı (SBA Association, 1998)

3.2.2.2. Yonga Levhalar

Yonga, odun veya odun artıklarından mekanik yollarla elde edilen çeşitli biçimlerdeki odun parçacıklarıdır (Türk Standardı / TS-229).

Yonga levhalar, yaklaşık 0,1-5 mm. boyutlarında yongaların kurutularak plastik, mineral bağlayıcılar veya sentetik reçineler ile yüksek sıcaklık ve basınç altında preslenmesiyle elde edilen levhalardır. Yonga levhalarda bağlayıcı madde olarak üre, melamin, fenol formaldehit reçineleri, izosiyanat tutkalı gibi sentetik reçineler kullanılabileceği gibi doğal yollarla elde edilen çeşitli organik bazlı yapıştırıcılar (Örn. Tanen) ya da portland çimentosu gibi mineral esaslı bağlayıcılar kullanılabilmektedir.

Yonga levha üretiminde kullanılan bağlayıcıların niteliğinin, malzemenin su absorplama özelliği üzerinde, granül geometrisi ile birlikte önemli bir etkisi vardır. Yonga boyutunun, bağlayıcı türünün ve levha üretimindeki basınç değerinin yonga levhanın mukavemeti üzerinde etkisi bulunmaktadır (Bozkurt ve Göker,1990) .

Yonga levhaların yüzeylerine levhanın kullanım amacına bağlı olarak çeşitli kaplama malzemeleri (metal, koruyucu film v.b.) uygulanabilmekte, iç mekana dönük uygulamalarda ise yonga levhalar ahşap levha kaplamalar ile birlikte kullanılabilir. Yonga levhalarla ilgili çeşitli sınıflandırmalar yapıldığı görülmüştür. Buna göre;

Üretim yöntemlerine göre yonga levhalar;

- a. Genel amaçlı yonga levhalar
 - Yatık yongalı levhalar
 - Dik yongalı levhalar
- b. Şekillendirilmiş yonga levhalar
- c. Ahşap kaplama levha yapıştırılmış yonga levhalar
- d. Reçineli kağıt kaplanmış yonga levhalar
- e. Desen baskılı yonga levhalar
- f. Çimentolu yonga levhalar

Özgül ağırlıklarına göre yonga levhalar;

- a. Hafif yonga levhalar
(Yoğunlukları 590 kg/m^3 den küçük olan yonga levhalar)
- b. Orta ağırlıklı yonga levhalar
(Yoğunlukları $590 - 800 \text{ kg/m}^3$ arasında olan yonga levhalar)
- c. Ağır yonga levhalar
(Yoğunlukları 800 kg/m^3 den fazla olan yonga levhalar)

En kesitlerindeki yonga dağılıma göre yonga levhalar;

a. Tek katlı

(Kalınlık yönünde aynı boyuttaki yongaların yer aldığı)

b. İki katlı

(Orta katman kalın, örtü katları ince yongaların yer aldığı)

c. Belirsiz katlı

(Orta katmandan yüzeye doğru küçülen boyutta yongaların yer aldığı)

şeklinde sınıflandırılabilmektedir (Burdurlu,1994). Kereste fabrikası artıkları, kaplama levha üretim artıkları ve diğer bitkisel hammaddeler gibi hemen her türlü ahşap malzemenin hammadde olarak kullanılabildiği yonga levhaların üretim süreci EK 1.6.'da yer almaktadır.

Çimentolu yonga levhalar:

Çimentolu yonga levhalar, yonga levha çeşitleri arasında yapı konstrüksiyonunda en geniş kullanım alanına sahip partikül levha olma özelliği taşımaktadır.

Çimentolu yonga levhalar, kabuklarından arındırılan tomrukların, parçalayıcı ve öğütücülerden geçirilmesi sonucu elde edilen yonga ve parçacıkların çimento ve çeşitli kimyasal katkı maddeleriyle karıştırılarak preslenmesi ve kurutulması ile elde edilen levhalardır.

Çimentolu yonga levhanın niteliksel özellikleri çeşitli avantajlar içermektedir; bunlardan biri, tüm yapay ahşap levhaların ortak özelliği durumunda olan işlenebilme olanağıdır. Kolaylıkla boyutlandırılabilmekte, çivi ya da vida ile levha bağlantıları yapılabilir. Bağlayıcısı olan portland çimentosunun

özelliği dolayısı ile biyolojik etkilere karşı dayanımı oldukça yüksek olduğu yapılan analizlerce belirlenmiştir.

İsviçre’de çimentolu yonga levhaların biyolojik etkilere karşı dayanımı üzerinde yapılan deneyler, biyolojik etkilere maruz bırakılan levha numunelerinin 25 yıllık bir süreç içerisinde yapısal özellik değişimine uğramadıklarını göstermiştir (Wilcox W.W., Botsai, E.E., Kubler H.,1989). Çimentolu yonga levhanın bu özelliği, malzemeye tropikal iklim bölgelerinde de kullanım olanağı da tanımaktadır.

Çimentolu yonga levhanın bir diğer özelliği ise yangına karşı dayanımının yüksek oluşudur. Çimentolu yonga levhanın asbestli veya alçıli levhalar kadar yangın dayanımının olmamasına karşın reçine bağlayıcılı yonga ve talaş levhalarla kıyaslandığında yangın emniyetinin daha yüksek olduğu belirtilmektedir (Moslemi, A, 1989). Çimentolu yonga levhaların mekanik dayanımları ise reçine bağlayıcılı yonga levhalara kıyasla daha yüksek bir değer taşımaktadır. (Bkz. Çizelge 3.6.)

Çizelge 3.6. Çimentolu yonga levha ve çeşitli yapay ahşap levha elemanların mekanik mukavemet özelliklerinin karşılaştırılması.

(Moslemi, A, 1989)

	Alçıli Yonga Levha*	Çimentolu Yonga Levha*	Alçıli Lif Levha*	Reçineli Yonga Levha*
Elastiklik modülü-MOE (1000 psi)	300-520	450-900	370-520	300-520
İç Yapışma (psi)	45-90	60-105	45-75	75-150
Levha Yüzü Gerilme Mukavemeti (psi)	375-600	600-750	220-450	1050-1500
Yoğunluk (pcf)	68-75	68-80	68-75	40-47

*Ortalama değerler esas alınmıştır

Çimentolu yonga levhaların bir diğer önemli avantajı bulunduğu ortamdaki nem miktarının levha bünyesine düşük bir düzeyde boyutsal değişikliklere neden olmasıdır. 24 saat süre ile suya maruz kaldığındaki levha kalınlığı değişiklik oranı % 1,5 olmaktadır ki bu değer; OSB levhalarda yaklaşık % 10, kontrplak levhalarda ise yaklaşık % 4 olmaktadır (Faherty & Williamson, 1989). Bu nedenle çimentolu yonga levhanın cephe kaplama malzemesi olarak kullanımına sık rastlanmaktadır. Ayrıca çimentolu yonga levhanın, diğer yapay ahşap levhalarda olduğu gibi tek başına yeterli ısı yalıtım değerine sahip olmamakla birlikte bünyesindeki ahşap yongalarının, levhanın ısı yalıtım özelliğini artırıcı etkisi olduğu bilinmekte, bu tür levhaların döşeme ya da duvar konstrüksiyonunda kullanılması durumunda da levhanın belirli bir değerde ses yalıtım özelliği nedeni ile kullanıldığı elemanın ses yalıtım değeri üzerinde artırıcı etkisi olduğu belirtilmektedir¹¹ (Moslemi, A, 1989).

Söz konusu olanakları sebebi ile yapımda çimentolu yonga levhaların kullanımı oldukça geniş bir alanı tanımlamaktadır. Çimentolu yonga levhalar, dış mekanda her tür bölme duvarda, prefabrike pano bileşenlerde, çatı kaplama altı malzemesi ve giydirme cephe panosu, yangın ve ses bariyeri olarak kullanılabilirdiği gibi, iç mekanda da ses yalıtımı ve yangına karşı dayanım istenen döşeme ve duvarlarda kaplama ve kaplama altı malzemesi olarak kullanım alanı bulmaktadır. Çimentolu yonga levhaların üretim süreci EK 1.7.'de yer almaktadır.

¹¹ Yaklaşık olarak 1/2 inch. (1,27 cm) kalınlığındaki çimentolu yonga levha 32 desibele kadar yalıtım özelliği taşımaktadır. (MOSLEMİ, A.A,1989, Forest Products Research Society1989)

3.2.2.3. Lif Levhalar

Lif levha üretiminde kullanılan lifler yaklaşık olarak 0,1-0,2 mm boyutlarında olup, kimyasal (soda ve sülfat metodu), fiziksel (buharlama) veya mekanik (parçalama) yöntemlere elde edilebilmektedir.

Lif levhalar; odun veya lignoselüloz içeren odunlaşmış hammadde liflerinin keçeleşme özelliğinden faydalanarak ya da yüksek sıcaklıkta sertleşen sentetik reçineler yardımı ile hazırlanan lif hamurunun yüksek basınç ve sıcaklık altında sıkıştırılması ile oluşturulan levhalardır (Burdurlu,1994). Herhangi bir katkı maddesi kullanmadan liflerin doğal yapışma özelliklerinden faydalanarak lif levha üretimi yapılabileceği gibi, kullanım amaçlarına bağlı olarak çeşitli katkı maddeleri kullanılarak da fiziksel ve mekanik dayanım özellikleri artırılmış lif levhaların üretilmesi mümkündür.

Lif levhalar yoğunlukları dikkate alınarak üç ana grupta incelenebilmektedir ; (Türk Standardı / TS-2129).

a. Yumuşak lif levhalar,
(Yoğunlukları 350 kg/m^3 'ye kadar)

b. Orta yoğunlukta lif levhalar
(Yoğunlukları $350 - 800 \text{ kg/m}^3$)

c. Sert lif levhalar
(Yoğunlukları 800 kg/m^3 'den fazla)

Ülkemizde en yaygın kullanım alanı bulan lif levha cinsi, MDF (*Medium Density Fiberboard*) ismi ile bilinen orta yoğunlukta lif levhalardır. Lif levha üretim sürecine ilişkin gösterim EK 1.8.'de yer almaktadır.

Yapay ahşap levhaların tek başlarına yapı bünyesinde kullanım oldukça kısıtlı durumdadır. Yapay ahşap levhalar sahip oldukları fiziksel ve mekanik özellikleri doğrultusunda mutlak suretle başka malzeme ve elemanlarla birlikte kullanılmaktadır. Genellikle yük taşıma özelliğine göre düşey yada yatay yüzey oluşturma veya yüzey kaplama malzemesi olarak kullanım alanı bulan yapay ahşap levha elemanların kullanımının söz konusu bu iki şekilde sınırlı kalmasının temel nedeni bu tür elemanların temel mekanik özellikleri ile ısı ve ses geçirimsizlik özelliklerinin yeterli düzeyde olmayışıdır. Yapay ahşap levhalar, düşey ya da yatay yüzey elemanı olarak kullanım koşullarında ise mutlaka bu yüzeyi oluşturacak strüktürel nitelikli bir konstrüksiyona gereksinim duymaktadır.

Çizelge 3.7. Levha elemanların fiziksel özelliklerinin karşılaştırması

Cinsi	Kalınlık mm	Yoğunluk g/cm ³	Elastiklik Modülü (MOE)				Yırtılma Dayanımı		Lineer Higroskopik Genleşme %	AÇIKLAMA	KAYNAK
			// PSI	⊥ PSI	// PSI	⊥ PSI	// PSI	⊥ PSI			
OSB	15,9	0,5	750 000	300 000	-	1500	-	1500	0,20	CSA 0437.0 Standardında tanımlanan R-1 Grade OSB esas alınmıştır.	SBA- Structural Board Association, 1998
KONTRPLAK	24	0,54	1 500 000	1 250 000	300	1000	300	1000	0,20	Ortalama değerler esas alınmıştır.	USDA- Forest Products Laboratory, Wood Handbook, 1987
MDF	18	0,5	700 000	250 000	100	400	100	400	0,45	Çamşen MDF teknik dokümanında yer alan değerler esas alınmıştır.	
ÇİMENTOLU YONGA LEVHA	19	0,6	900 000	450 000	500	-	500	-	0 25	Ortalama değerler esas alınmıştır.	USDA- Forest Products Laboratory, Wood Handbook, 1987

Çizelge 3.7.'de yapı konstrüksiyonunda yaygın kullanım alanı bulan levha elemanlara ait fiziksel özellikler yer almaktadır. Çizelgeden de görülebileceği gibi kontrplak levhaların levha düzlemine paralel yöndeki elastiklik modülü (MOE) alternatiflerine kıyasla en yüksek değer taşımaktadır. Bu durum neticesinde kontrplak levhalar uygulandığı konstrüksiyonun yatay yüklere karşı yüksek mekanik dayanım göstermesini sağlamaktadır. Bir diğer açıdan kontrplak levhaların düşük lineer genleşme değeri neticesinde bu tür levhalar yüksek sıcaklık değişimlerinin etkisi altında kaldığı dış cephe uygulamalarında kullanılabilir.



3.3. Yapay Ahşap Bileşenler ve Uygulama Örnekleri

Yapay ahşap levha ya da çubuk niteliğindeki elemanların birlikte kullanımı ile oluşturulan yapay ahşap bileşenler yapım sürecinde;

- a. Yerinde yapım ve birleştirme (montaj) ya da,
- b. Saha dışında yapım (yerinde montaj)

şeklinde kullanım alanı bulmaktadır.

Bu noktada, yerinde yapım ve birleştirmeye dayanan yapım tekniği, endüstriyel nitelik taşıyan bir malzemenin, “geleneksel” karakterli bir teknikle uygulanmasını, saha dışında yapım tekniği ise endüstriyel yapım süreçlerini tanımlamaktadır. Yukarıda sözü edilen her iki yapım stratejisi de bileşenin yapıda üstlendiği fonksiyona dayalı performans gerekliliklerinin tümünü birlikte ya da bir kısmını yerine getirmek durumundadır. Söz konusu performans gereklilikleri ana başlıklar halinde;

A.Dayanım

B.Uygunluk

C.Estetik

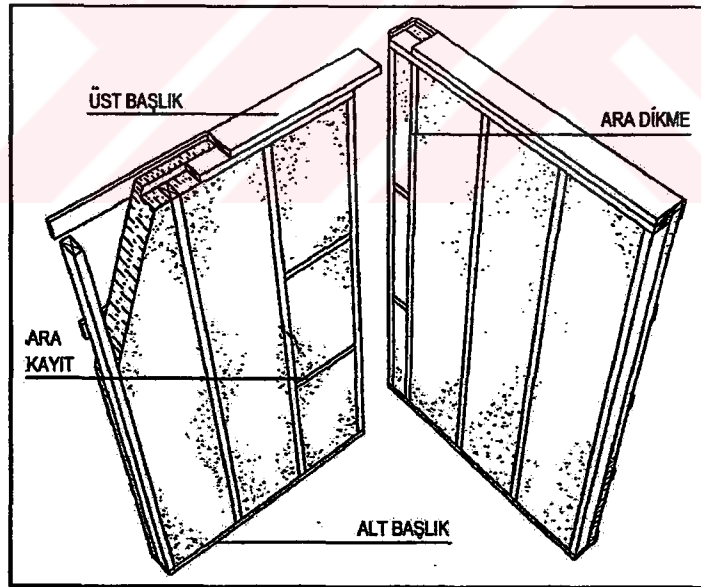
olarak tanımlanabilmektedir. Bu nedenle bu çalışma kapsamında yapay ahşap bileşenlerin kompozisyonu ve konstrüksiyonu bu bağlamda ele alınarak örnekler analiz edilecektir.

Yapay ahşap panel bileşenler, masif ahşap taşıyıcılı paneller ve taşıyıcı nitelikli kompozit paneller olmak üzere iki grupta incelenebilir.

3.3.1. Masif ahşap taşıyıcı paneller

(*Stressed Skin Panels-SSP*)

Masif ahşap taşıyıcı paneller panel konstrüksiyonunun masif ahşap bir iskelet ile oluşturulduğu panellerdir. Masif ahşap taşıyıcı paneller, yatayda döşeme ya da çatı sisteminin bir bileşeni, düşeyde ise bölmeler sistemine ait bir bileşen olarak üretilebilmektedir. Bu tür panellerin boyutları cephe sisteminin birer alt bileşeni olacak şekilde tespit edildikten sonra, sırasıyla masif iskelet çatkısı, çatkının arasına ısı yalıtım malzemesinin yerleştirilmesi ve levhanın rijitliğini sağlayan yapay ahşap levhaların (yönlendirilmiş talaş levha (OSB) veya kontrplak) masif ahşap iskelete vidalanması işlemleri gerçekleştirilmektedir. (Bkz. Şekil 3.16.)



Şekil 3.16. Masif ahşap taşıyıcı paneller

Fabrika ortamında üretilmelerinden dolayı, üretimleri fabrikasyona dayanan bileşenlerin taşıdığı tüm avantajlara sahip olan masif ahşap taşıyıcı paneller, Bölüm 3.3.2.' de yer alan taşıyıcı nitelikli kompozit panellere kıyasla malzeme ekonomisi açısından olumsuzluklar taşımaktadır. Ayrıca masif ahşap

çatıda meydana gelebilecek deformasyonların panel bünyesine kolaylıkla yansıyabilme olanağı panellerin kullanım süreci içerisinde yüzey bitirmelerine yönelik problemlere neden olabilmesi riskini taşımaktadır. Bu sebepten dolayı ahşap panel konstrüksiyonunda yapay olarak üretilmiş çubuk elemanların tercih edilmesi, kullanılan bu elemanların değişen nem koşullarında boyutsal değişikliğe uğramaması sebebi ile günümüzde yaygınlık kazanmaktadır.

Masif ahşap taşıyıcılı panellerin, cephe ya da çatı bileşeni olarak kullanımın söz konusu olduğu şartlarda panellerin bir kabuk bileşeni olarak sahip olması zorunlu ısı performans gerekliliği çerçevesinde bileşenin etkin bir ısı geçirgenlik direnci değerine sahip olduğu, EK- 2’de yer alan Araştırma Föyü-1’de görülebilmektedir. Ancak tüm kabuğun bir bütün olarak ısı geçirimsizliği söz konusu olduğunda; masif ahşap taşıyıcılı panellerin ısı geçirgenlik direncinin masif ahşap taşıyıcıların temas yüzeylerinden kaynaklan ısı köprüleri nedeni ile föyde belirtilen değerden daha az olması gerektiği öngörülebilir. Özellikle masif ahşap taşıyıcılı panellerin, köşe birleşimlerinde kullanılan köşe dikmesi sebebi ile panel bünyesindeki ısı yalıtım tabakasının sürekliliği kesilmektedir. (Bkz. Şekil 3.17.)



Şekil 3.17. Masif ahşap taşıyıcılı ahşap panelleri köşe birleşimi

3.3.2. Taşıyıcı nitelikli kompozit paneller

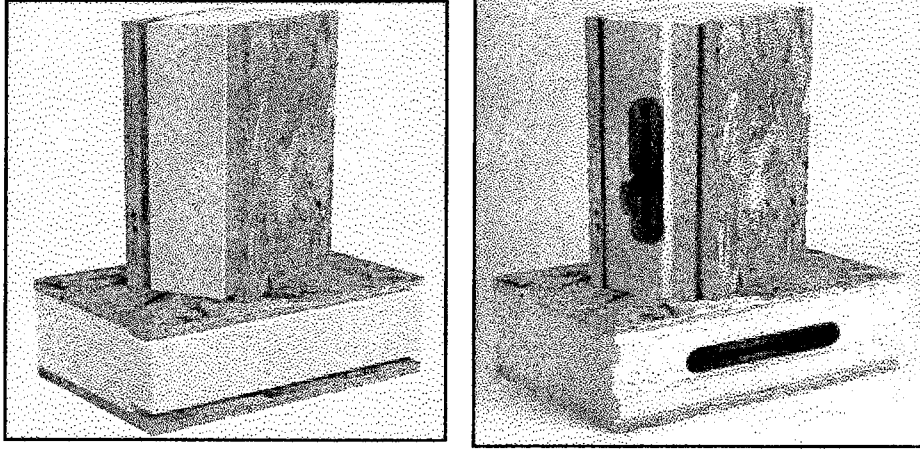
(*Structural Insulated Panels- SIP®*)

Taşıyıcı nitelikli kompozit paneller (SIP), bir yalıtım tabakasının her iki yüzeyine birer yapay ahşap levha elemanın yapıştırılmasıyla oluşturulan yük taşıyıcı yapı bileşenleridir (Bkz. Şekil 3.18).

İlk defa Amerika’da U.S Forest Product Laboratory tarafından 1930 yılında deney amaçlı üretilen taşıyıcı nitelikli kompozit paneller, özellikle 1990’lı yılları takiben sahip olduğu avantajlar dolayısı ile yaygın kullanım alanı bulmaktadır (NAHB,1995).

1952 yılında DOW Chemical Co. tarafından ilk kez konut üretiminde kullanılan taşıyıcı nitelikli kompozit panel üretiminde kullanılan yapay ahşap levhalar; yönlendirilmiş talaş levha (OSB), kontrplak, çimentolu yonga levha, metal levhalar ya da alçı pano olabilmektedir. Panellerde kullanılan yalıtım

tabakası ise genellikle polistren (XPS ve EPS), poliüretan (PUR) ya da polisosiyanürat'tır (SIPA, 1994).



Şekil 3.18. Taşıyıcı nitelikli kompozit paneller (SIP)

(SIPA- *Structural Insulated Panel Association*, 1994)

Taşıyıcı nitelikli kompozit panel kalınlıkları 5 cm ile 30 cm, panel boyutları ise yüzeyde kullanılan levha elemanın boyutlarına bağlı olarak yaklaşık 270 cm. ile 720 cm. arasında olabilmektedir. Taşıyıcı nitelikli kompozit paneller standard boyutlarda üretilebildikleri gibi, gerekli boşlukları içerecek şekilde bütün bir cephe paneli şeklinde de üretilebilmektedir. Taşıyıcı nitelikli yalıtımlı panellerin mekanik dayanım ve performans özellikleri, günümüzde söz konusu panellerin kullanımı ile konut üretimi gerçekleştiren ülkelerce kabul görmektedir (CABO/NER-467, 1992).

Günümüzde Amerika ve Kanada'da üretimi yapılan taşıyıcı nitelikli yalıtımlı kompozit panellere, SIP® patent ismi altında üretilen paneller en güncel örneği teşkil etmektedir. SIP'lerin strüktürel kompozisyonları panellerin bir I kiriş gibi davranmalarına olanak tanımaktadır. Yüzey panoları arasındaki yalıtım katmanı levhaların birlikte çalışmasına ve ayrılmalarına karşı dayanım göstermesine olanak tanırken yüzey panoları ise basınç ve gerilme kuvvetlerine karşı dayanım göstermektedir (SIPA, 1994).

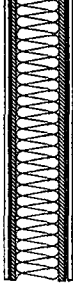
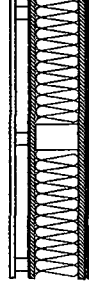
SIP'lerin çatı ve döşeme oluşumunda kullanılması ile, yapının maruz kalacağı yatay yüklere ve rüzgar yüklerine karşı iki yönlü rijitlik sağlanmaktadır. SIP ile gerçekleştirilen yapı konstrüksiyonunda panel birleşimleri sızdırmazlık açısından olduğu kadar sistem rijitliği için de önem kazanmaktadır. Bu konuya Bölüm 4.3.'de ayrıntılı olarak değinilmektedir.

SIP'lerin duvar ya da çatı bileşeni olarak kullanıldığı şartlarda bir kabuk bileşeninden beklenen düzeyde ısı performans özelliklerine sahip olduğu görülmektedir. SIP ve diğer alternatif kabuk sistemlerinin ısı geçirgenlik dirençlerinin kıyaslamalarına ilişkin analizler Araştırma Föyü-1'de yer almaktadır. (Bkz. EK-2)

Taşıyıcı nitelikli kompozit panellerin orta tabakasında kullanılan yalıtım tabakasının çeşitli haşeratların neden olduğu tesirlere karşı zayıf olması ve yangın koşullarında panel yalıtım tabakasının yalıtım tabakasının zehirli gazlar yayması ve erime ısısının düşük oluşu gibi olumsuz yönleri, panellerin niteliksel açıdan geliştirilmesi gereken kusurları olarak göze çarpmaktadır (NAHB,1995).

Bir diğer tipte taşıyıcı nitelikli kompozit panel ise selüloz esaslı petek dolgu tabakasının her iki yüzeyine kontrplak yapıştırılması yolu ile üretilen kompozit panellerdir. Ancak bu tür panellerin, yalıtım tabakasının hücreli yapısından kaynaklanan ve her bir kapalı hücrenin dış ve iç kaplama yüzeylerine temas etmesi neticesinde ısıma (radyasyon) yolu ile sürekli ısı kaybına neden olmaları ve yangın koşullarına karşı boşluklu hücre yapısının içerdiği sakıncalardan dolayı günümüzde kullanım olanakları daralmıştır (Faherty, 1989).

Çizelge 3.8. Yapay ahşap bileşenlerin kullanım ve boyut olanakların değerlendirilmesi (SBA, 1998 ve Goetz, 1992)

ŞEKLİ	YALITIM CİNSİ	BOYUTLARI d (cm) h x w (cm)	BİRİM AĞIRLIĞI C (kg / m ²)	OLANAKLARI	SINIRLILIKLARI
TAŞIYICI NİTELİKLİ KOMPOZİT PANEL 	Genleştirilmiş veya sertleştirilmiş polistiren, Polisiyanürat, Poliüretan	<30 <270 x 720	20 < C < 25	Masif ahşap kullanımı az. Rasyonel malzeme kullanımı Deformasyon riski yok Ortalama ısı geçirgenlik direnci değeri yüksek Mekanik mukavemeti yüksek Yapı genelinde sağlanan hafiflik.	Yüksek teknik donanımlı üretim merkezi Biyolojik kökenli tesirlere açık. Yangın koşullarında gaz yayılımı
MASİF AHŞAP TAŞIYICILI PANEL 	Cam yünü, Taş yünü	< 12 < 270 x 1000	35 < C < 45	Yüksek teknik donanım gerektirmeyen üretim merkezi	Masif ahşap kullanımı fazla Deformasyon riski yüksek Ortalama ısı geçirgenlik direnci değeri düşük.

3.4. Bölüm Sonucu

Doğal ahşap malzemenin yapım sürecinde geleneksel özellikleri doğrultusunda kullanımı artık rasyonelliğini yitirmiş durumdadır. Günümüz olanakları çerçevesinde doğal ahşabın modifiye edilerek Bölüm 1.'de belirtilen olumsuz yönlerinin giderilmesi ile yapım sürecine yeniden kazandırılması yapay ahşap elemanların üretimi ile gerçekleştirilmiş durumdadır. Söz konusu bu elemanlar modern yapım süreci gereksinimleri doğrultusunda doğal ahşabın kullanım alanını kısıtlayan olumsuz yönlerine sahip olmamalarının yanısıra, uzun kullanım ömrü, yüksek mekanik dayanım ve günümüz koşullarında artık bir kıt kaynak konumunda olan ahşap malzemenin rasyonel kullanımı gibi özelliklere de sahip bulunmaktadır. Diğer taraftan doğal ahşap malzemenin yüzyıllardır yapı malzemesi olarak tercih edilme nedenlerinin tamamını halen üzerinde taşıması sebebi ile yapay ahşap malzemenin yapım sürecinde kullanım olanaklarının belirlenmesi gerekmektedir.

Günümüzde hızla artan konut ihtiyacına, yerinde yapıma dayalı geleneksel yöntemlerin değil, önüretimli yapı bileşenlerinin kullanımı ile etkin yanıt verilebileceği bugün kabul gören bir görüş niteliğindedir. Bu noktadan hareketle; bu çalışmanın esas inceleme alanını oluşturan ahşap bileşenlerin konut yapımında kullanım olanaklarının tesbitine ilişkin kriterlerin belirlenmesi, ahşap bileşenlerin kullanımı ile konut üretiminin, alternatif malzeme ve yapım sistemleri ile kıyaslanması çerçevesinde önem taşımaktadır.

4. KONUT YAPIMINDA AHŞAP BİLEŞENLERİN KULLANIM OLANAKLARI

Yapımda temel teknikler yığma ve iskelet sistemler üzerine kurgulanmıştır. Ahşap malzemenin doğal hali ile lineer karakterde oluşu sebebi ile ahşabın yapımda strüktürel malzeme olarak kullanımı iskelet sistemlere yönelimi beraberinde getirmektedir. Geleneksel karakter taşıyan ahşap yapım tekniğinde kimi zaman temel, kimi zaman da zemin kat duvarları üzerinden itibaren ahşap malzemenin gerektirdiği bu tekniklerin yaygın olarak kullanımı söz konusu olmuştur. Bölüm I'de ayrıntılı olarak değinildiği üzere bu tekniklerde kagir temel veya zemin kat duvarları üzerine oturtulan dikmelerin arası değişik dolgu malzemeleri ile doldurularak yüzeyleri kaplanmıştır.

Günümüzde ahşabın, giderek temini kısıtlı ve pahalı bir kaynak konumuna gelmesi ve günümüz yaşam koşullarının gerektirdiği performans düzeyinin gerisinde kalması nedeni ile strüktürel nitelikteki kullanımı terkedilmiş, yapay ahşap malzeme ve bileşenlerin üretiminin yaygınlaşması sonucu ahşap malzeme, bölme, dekorasyon ve yüzey kaplama elemanı olarak yeni bir kullanım alanı bulmuştur.

Bölüm III.'de değinildiği üzere yapay ahşap elemanların strüktürel kullanım amaçlı özelliklerinin geliştirilmesi, ahşap prefabrikasyon tekniklerinin gelişimi ve dolayısı ile konut üretiminde bu tekniklere yer verilebilmesi sonucunu doğurmaktadır.

Prefabrikasyon kavramı çerçevesinde, yapının taşıyıcı sistemi esas alındığı zaman; iskelet sistem ve panel bileşen sistem olmak üzere iki temel sistem söz konusu olmaktadır

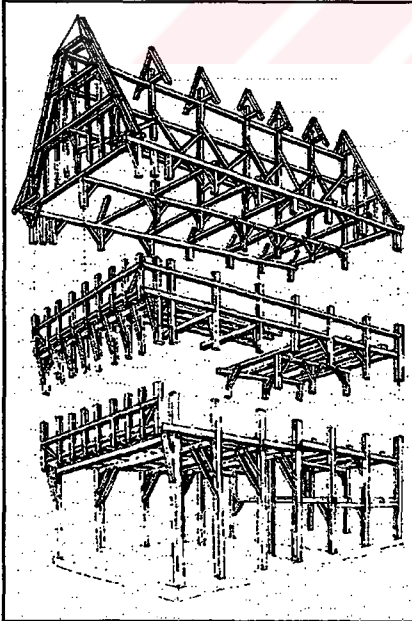
İskelet sistemde yapım sistemi, masif ya da modifiye edilmiş yapay ahşap çubuk elemanlar ile oluşturulan düşey ve yatay taşıyıcılar ve söz konusu bu taşıyıcılar arasında kalan boşlukların ise ön üretimli paneller ya da yerinde dolgu elemanlarınca kapatılmasına dayalıdır. Üretim karakterleri açısından iskelet sistem ile panel bileşen sistemin bir birleşimi niteliğinde olan ancak bu çalışma kapsamı dışında bırakılan hücre sistemde ise yapı bütünüünün alt bileşeni niteliğindeki birim ünitenin tamamının üretim merkezinde tamamlanarak inşaat sahasına getirilmesi söz konusudur. Bu sistemde yalnızca yüzey kaplama, teknik donanımların montajı v.b. gibi uygulamalar inşaat sahasında gerçekleştirilmektedir.

Panel bileşen sisteminde, düşey ya da yatay kullanım amacı ile tasarlanmış olan paneller genellikle taşıyıcı karakter göstermekte olup, yığma tekniği gereklilikleri çerçevesinde inşaat sahasında monte edilmektedirler.

Ahşap bileşenlerle yapım olanaklarının saptanması konusunda bu yaklaşımlardan hareketle ahşap iskelet sistemlerinin ve ahşap panel bileşenlere yapım sistemlerinin irdelenmesi gerekmektedir.

4.1. Ahşap İskelet Sistem

Ahşap iskelet yapıların tarihi, ahşap iskelet sistemin basit temellere dayanan bir çatki sistemi olduğu bağlamında ele alınırsa insanoğlunun ilk olarak yerleşik düzene geçtiği paleolitik çağa kadar uzanmaktadır. O dönemde barınma ihtiyacını mağaralar yerine bir takım ilkel ahşap çatki barınaklar ile gideren insanoğlu ilk defa o dönemde, basit anlamda bir “taşıyan” ve “taşınan” ilişkisinin söz konusu olduğu “duvar” ve “çatı” konstrüksiyonunu geliştirmiştir. Ancak bir sistem bütünlüğü çerçevesinde ele alınacak olursa, ahşap iskelet yapıların geçmişinin 12.yy kadar uzanmakta olduğu görülmekte ise de ahşap iskeletli yapım metodunun 14.yy sonlarında genel karakterine büründüğü söylenebilir. Bu dönemde yapılan ahşap yapılarda, kalın kesitli kolon ve kirişler ve bu kirişler tarafından taşınan döşeme kirişleri ve yatay yüklere karşı koyabilecek payanda elemanlarının kullanılmış olduğu bilinmektedir (Goetz, K.H,1992). (Bkz.Şekil 4.1.)



Şekil 4.1. 14 yy. Ahşap İskelet Yapısı
(Alsfeld, Almanya)
(Goetz, K.H,1992).

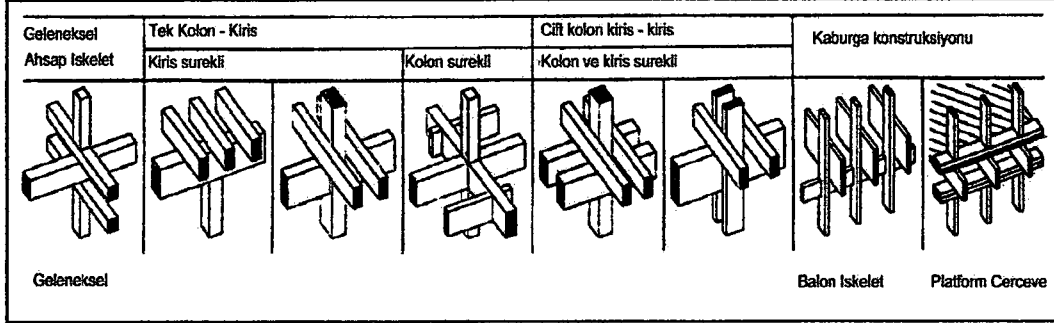
18.yy'da Avrupa'da yaşanan ve orta sınıfın sosyo-ekonomik açıdan güçlenmesi neticesini doğuran toplumsal olayların ardından ahşap iskelet

yapım sistemi, burjuvazilerin bir sosyal statü sembolü olarak gördükleri daha durağan ve masif yığma yapıları tercih etmeleri sebebi ile uzun bir süre tercih edilmemiştir.

Avrupa'daki durum bu iken yeni kıtanın keşfi ile Amerika'ya göç eden Avrupalı kolonistler gerek zaman darlığı gerek ise mali sınırlılıklar nedeni ile pragmatik olarak yerel malzemelerden faydalanmışlar ve o bölgede çok rahatlıkla temin edilebilen ahşap malzemeyi kullanmışlardır. Kolonistler öncelikle İskandinavya'dan tanıdıkları yığma ahşap yapım sistemini benimsemişler, ancak hızlı artan nüfusun gereksinimlerini etkin bir şekilde karşılayamamakta olduğunu görmüşlerdir. Takip eden yıllarda buhar gücü ile çalışan şerit testerelerin kullanılmaya başlanması ile ahşap malzemenin boyutları küçülmüş ve malzemedan daha rasyonel bir biçimde faydalanılmaya başlanmıştır. Çubuk demir çivilerin icat edilmesi ile de ahşap elemanların birleştirilme olanaklarının artması gibi teknolojik alanda yaşanan gelişmeler neticesinde yeni bir sistem kurgusunu temelleri atılmıştır. O yıllarda Balon iskelet (*Balloon Frame*) adı verilen, modern anlamda ilk ahşap iskelet yapım sistemine Chicago'da 1830 yılında inşaa edilen St. Mary Klisesi'nde rastlanmaktadır. Bu aşamadan sonra ahşap iskelet yapıların gelişimleri, salt mekanik dayanım gerekliliğinden çok çeşitli teknik ve estetik gereksinimler çerçevesinde süregelmiştir.

4.1.1. Ahşap iskelet tipleri

Yük taşıma karakteristikleri ve yatay/düşey elemanların bağlantı şekillerine göre çeşitli ahşap iskelet sistemleri mevcuttur. Bu sistemler yük aktarım özellikleri ve eleman birleşim şekilleri göz önüne alınarak geleneksel ahşap iskeletin yanında, kaburga konstrüksiyon ve tek ya da çok kolon-kirişli sistemler altında sınıflandırılabilir. (Bkz. Şekil 4.2)

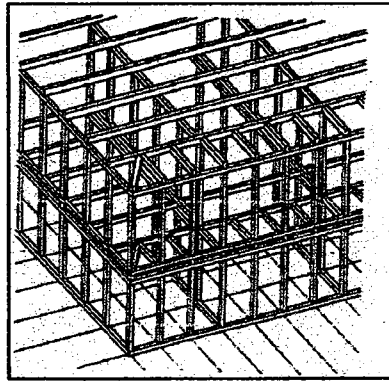


Şekil 4.2. Ahşap iskelet yapım sistemleri

(Goetz, K.H., Hoor D. , Moehler 1992)

4.1.1.1. Geleneksel ahşap iskelet sistemi

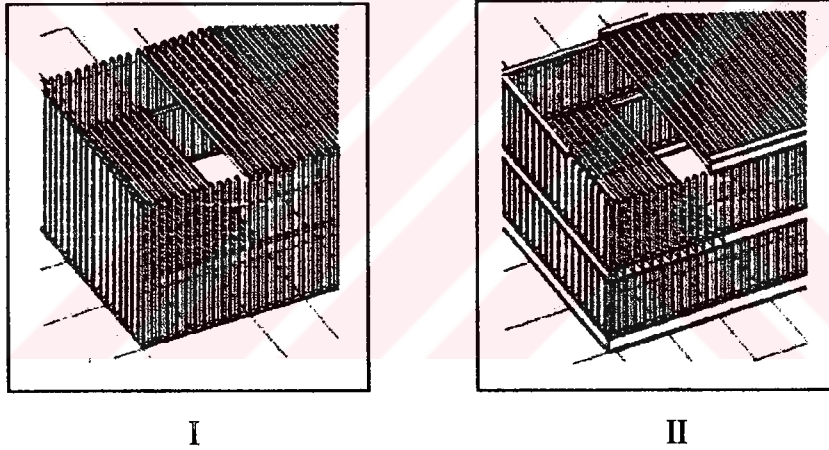
Geleneksel ahşap iskelet yapım sisteminde; II. Bölümde ayrıntılı bir biçimde değinildiği gibi her kat kendi içinde ana dikme, ara dikme, alt başlık, üst başlık ilişkileri üzerine kurulmuştur. 14.yy başlarından 19.yy sonlarına kadar kullanılmış olan geleneksel ahşap iskelet sistemde yatay yükler yapı köşelerinde veya iskelet boşluklarında çarpaz payanda elemanları ile karşılanmaktadır.



Şekil 4.3. Geleneksel Ahşap İskelet Sistem

4.1.1.2. Kaburga konstrüksiyon sistemi

Kaburga konstrüksiyon özellikle Amerika ve Kanada'da yaygın olarak kullanılmıştır. 5x10 cm.¹² boyutlarında yük taşıyıcı dikmelerin döşeme kirişleri ile aynı olmak suretiyle yaklaşık 40 cm. ara ile kullanılarak birbirlerine veya kat hizasındaki alt ve üst başlığa tespit edilmeleri ile oluşan sistemdir. Bu sistemde yatay yükleri ara dikmeler üzerinde yer alan çift taraflı kaplama karşılamakta olduğundan ayrıca çarpaz payanda gibi elemanlara kabuk konstrüksiyonunda yer verilmemektedir.



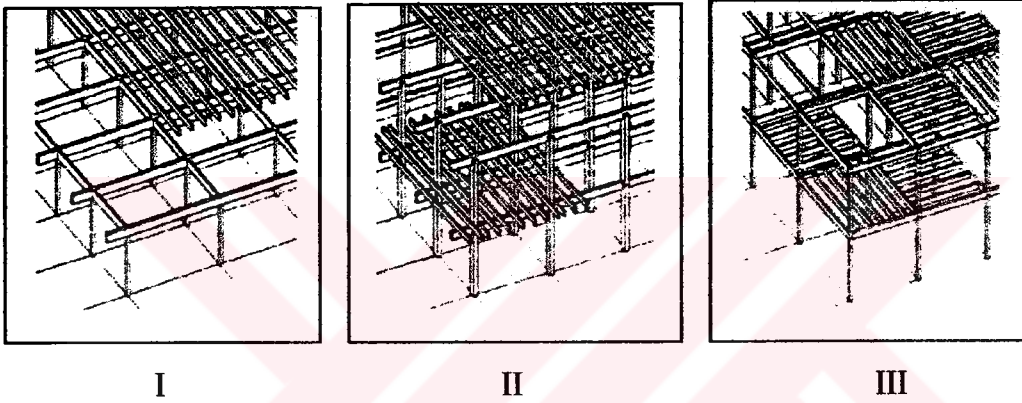
Şekil 4.4. Kaburga Konstrüksiyon

Kaburga konstrüksiyon, ahşap iskelet sistem ile panel konstrüksiyon sistemi arasında bir geçiş oluşturması çerçevesinde önem taşımaktadır. Kaburga konstrüksiyonda dikmeler sürekli olup döşeme kirişleri kat hizasındaki ana kirişle birlikte dikmelere tespit ediliyorsa sistem “Balon İskelet” (*Baloon frame*), dikmeler kat hizasında kesiliyor, döşeme kirişleri zemin katın üst başlığı ile üst katın alt başlığı arasında yer alıyorsa, sistem “Platform çerçeve” (*Platform frame*) adını almaktadır.

¹² 5x10 cm. 2x4 inch'e karşılık gelmektedir ki incelenen bir çok kaynakta bu sisteme verilen yerel adın 2x4 konstrüksiyon” olduğu görülmüştür.

4.1.1.3. Tek kolon ve tek kirişli ahşap iskelet sistemi

Tek kolon ve tek kirişli ahşap iskelet sistemde; yapının tek katlı olması durumunda döşeme kirişleri ana dikme üzerindeki ana kirişe oturmakta, yapının çift katlı olması durumunda ise ana dikme sürekli olup döşeme kirişleri ana dikmenin her iki tarafında yer almaktadır.

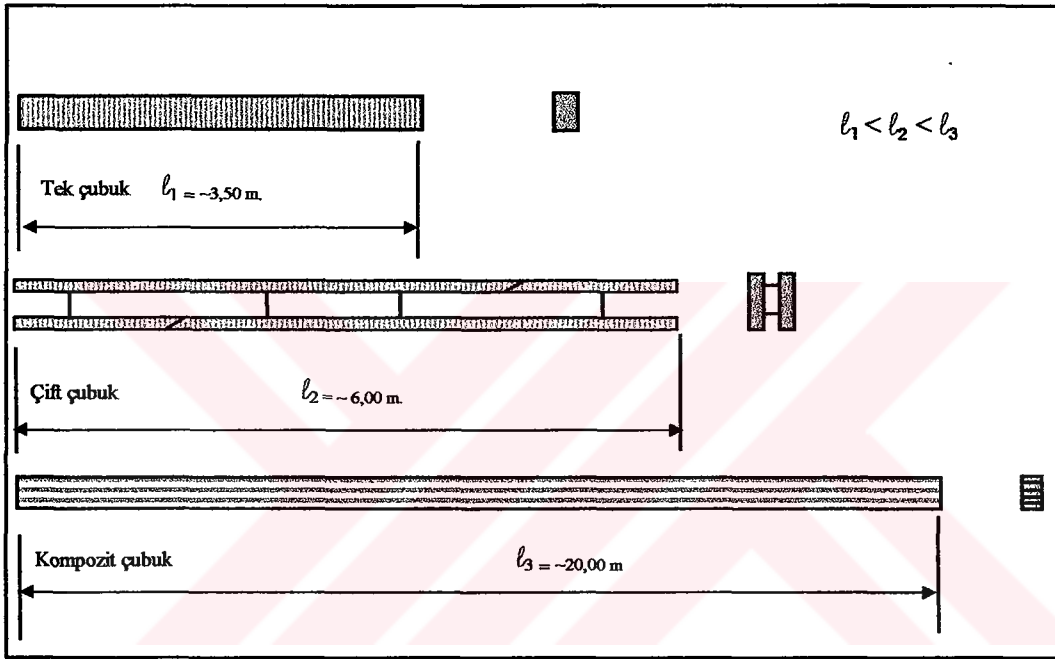


Şekil 4.5. Tek kolon ve tek kirişli iskelet sistem

Düğüm noktasında birleşen eleman sayısının fazlalığı nedeni ile bu sistemde döşeme kirişlerinin ana kirişlerle olan bağlantıları özel metal elemanlarla takviye edilmektedir.

Masif ahşap çubukların temin edilmesinde karşılaşılan sınırlılıklar ve eleman birleşim noktalarının rijitliğinin sağlanması gereksinimi; açıklık geçme-yükselme isteklerinin çözümlenmesinde düşey ya da yatay eleman sayısının ikiye çıkarılması ile çift kiriş-tek kolon, tek kiriş-çift kolon uygulamalarının gelişmesine neden olmuştur. Bu şekilde oluşturulmuş strüktürel sistem elemanlarının atalet momentlerinin artırılmasına yönelik çalışmaların birleşik H, T, ve U kesit uygulamalarının doğurması ile de eleman ölçeğinde yüksek mekanik dayanım elde edilmesinin yanısıra temas yüzeylerinin artması neticesinde düşey ve yatay strüktürel sistem elemanlarının bağlantıları ve

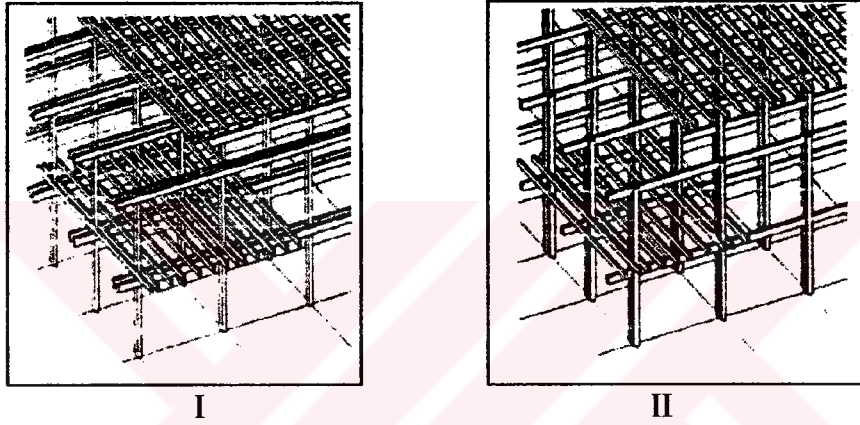
bağlantıların rijitliğinin sağlanması kolaylaşmaktadır. Bu türde oluşturulan strüktürel elemanlar ayrıca, II. Bölüm’de değinilen ve masif ahşabın kullanım kısıtları sebebi ile gelişim sürecine girmiş kompozit çubuk elemanların kullanımı yolunda bir geçiş aşamasını oluşturmaktadırlar. (Bkz. Şekil 4.6)



Şekil 4.6. Masif ahşap-kompozit çubuk elemanlar

4.1.1.4. Çift kolon ve çift kirişli ahşap iskelet sistemi

Bu sistemde ise sürekli çift ana kiriş yine sürekli olan ana dikmenin her iki tarafında yer almakta ve yine çift olan döşeme kirişleri çift ana kirişin üzerinde bulunmaktadır. Bu sebepten dolayı bağlantı noktasındaki eleman sayısı azalmakta düğüm noktasında strüktürel elemanların bağlantı imkanları artmaktadır.



Şekil 4.7. Çift kolon ve çift kirişli iskelet sistem

Çift ana dikmeli sistemde ise sürekli ana kirişler çift ana dikmenin arasında yer almaktadır. Bu sistemde döşeme kirişleri ise ana dikme akslarında çift olarak ana dikmelerin her iki yüzlerinde aralarda ise tek olarak kullanılırlar.

Günümüzün ahşap iskelet yapım sistemi, strüktürel elemanların ileri düzeyde prefabrikasyonu, daha yeni ve gelişmiş endüstriyel olanaklarla gerçekleştirilmiş birleşim biçimleri ve bağımsız elemanların şantiye sahasında birbirine monte edilmeleri gibi yönlerden çelik ve prefabrike betonarme iskelet sisteme benzerlikler göstermektedir. Bu noktadan hareketle genel özellikleri göz önüne alındığında, tek kolon ve tek kirişli ve çift kolon-çift kirişli sistemlerin geleneksel ve kaburga konstrüksiyonlu ahşap iskelet sistemlere kıyasla ön üretime dayalı yapım süreçlerine daha iyi entegre olabildikleri görülmektedir. (Goetz, K.H,1992)

İskelet sistemlerde eleman birleşimlerine ilişkin strüktürel bağlantı şekilleri sistem ölçeğinde büyük önem taşımaktadır. Geleneksel yapımda yalnız eleman bazında geçmeler, binilerle ve payanda elemanları ile sağlanılmaya çalışılan rijit davranış, bağlantı elemanlarının sunduğu olanaklar çerçevesinde modern karakterdeki yapım tekniklerinde ağırlıklı olarak metal bağlantı elemanları ile sağlanmaktadır. Ancak konstrüktif detaylandırma aşamasında mutlak suretle yukarıda değinilen ahşap iskelet sistemlerin yük dağılım karakteristikleri göz önünde tutularak bağlantı noktalarında kullanılacak elemanın niteliğinin saptanması gerekmektedir. (Ayrıntılı bilgi için Bkz. CWC-Wood Reference Handbook, 1987)

Bağlantı noktalarının sistem yüklerinin transfer edilmesini sağlamasının yanında bir diğer önemli görevi de rüzgar ya da sismik kökenli değişken karakterde yatay yüklere de yeterli düzeyde dayanım göstermesidir. Bu amaçla yatayda (döşeme ve çatı konstrüksiyonunda) ve düşeyde (duvar konstrüksiyonunda ya da doğrudan düşey taşıyıcılar arasında) yatay yüklerin karşılanabilmesi amacıyla çeşitli elemanlar kullanılmaktadır. Bu elemanlar doğrudan bir çubuk eleman olabildiği gibi cephe ya da döşeme kaplamasında döşeme kirişlerine yapıştırılarak kullanılan yapay ahşap levha, rijit bir panel bileşen ya da doğrudan ana taşıyıcılar arasında yer alan çelik gergiler olabilmektedir. Bu amaçla kullanılan elemanlar dört sınıfta gruplandırılabilir;

- A. Payandalar
- B. Çelik gergiler
- C. Rijit panel eleman (Panel sistemlerde)
- D. Yüzey kaplaması (Yerinde yapım sistemlerde)

İskelet sistemlerde strüktürel kurguyu oluşturan elemanların birleştirilmesi düğüm noktalarında oluşan yüksek moment değerleri bağlamında sistem stabilitesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla gerçekleştirilecek eleman bağlantıları üç temel grupta sınıflandırılabilir. Bunlar;

- a. Aynı düzlemde ve aynı yöndeki elemanların bağlantıları
- b. Aynı düzlemde farklı yöndeki elemanların bağlantıları
- c. Farklı düzlemdeki elemanların bağlantılarıdır.

Yatay-yatay, düşey-düşey ve yatay-düşey çubuk elemanların bağlantıları, daha önce de belirtildiği gibi strüktürel sistemin rijitliği üzerinde önemli rol oynamaktadır. Özellikle yatay kuvvetlerin etkisi altında düğüm noktalarında görülecek deformasyon, sistemin stabilitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Diğer taraftan, ahşap çubuk elemanın organik bir malzeme oluşu ve çubuk elemanın bağlantılarının yapılacağı uç noktalarındaki malzemeye ait liflerin konumu, eleman ve strüktürel sistem ölçeğinde söz konusu bu noktaların zaaf noktaları olması sonucunu doğurmaktadır. Bu noktalara ait sorunların giderilmesinde ve eleman birleşim noktalarındaki rijitliğin sağlanabilmesinde bağlantı biçimleri ve bu bağlantılarda kullanılan elemanlar önemli rol oynamaktadır.

Geleneksel ahşap yapım tekniğinde geçme, bini, lamba- zivana gibi birleşim şekillerinin yanısıra kamalı, takozlu birleşim teknikleri ile strüktürel sistem elemanlarındaki bağlantı sorunu çözümlenmeye çalışılmışsa da yapım süresinin uzunluğu, işçilik kalitesi zorunluluğu, bu tekniklerin yapım sürecinde kullanılmasını güçleştirmiştir. Günümüzde ise ahşap yapıların eleman birleşimlerindeki tercih eğilimi daha ziyade çubuk ve düzlemsel ya da üç boyutlu bağlantı elemanlarının kullanımı yönünde oluşmaktadır.

Yapının taşıyıcı sistemine ait elemanların bağlantılarında göz önüne alınması gereken kriterler şu şekilde özetlenebilir;

- a. Çubuk elemanın mekanik dayanımını sürdürebilmesi için gerekli fiziksel özelliklerinin korunması,
- b. Bağlantı elemanının görev gördüğü noktada ortam koşullarının yıprandırıcı etkisine karşı korunması.

Bu noktadan hareketle iskelet sistem elemanlarının birleşimlerinde tercih edilen bağlantı şekillerinin şu şekilde gruplandırılabilmesi mümkündür;

A. Ahşap işlemeye dayalı bağlantılar

- a. Geçmeler
- b. Biniler
- c. Zıvanalı-Yuvalı birleşimler

B. Kesme takozlu (kamalı) bağlantılar

- a. Sert ağaç takozlu
- b. Metal profilli

C. Çubuk elemanlı bağlantılar

- a. Çelik bulonlar
- b. Çelik barlar
- c. Vidalar
- d. Çiviler

i. Düz çiviler

ii. Yivli çiviler

iii. L çiviler

D. Düzlemsel elemanlı bağlantılar

- a. Çivili plakalar
- b. Çivili kenetler
- c. Kesme bilezikleri

Günümüzde Amerika Birleşik Devletleri ve Kanada gibi ahşap konut yapımının yaygın olarak gerçekleştirildiği ülkelerde alternatiflerine kıyasla ahşap iskelet yapım sisteminin yüksek yapım maliyetinden dolayı etkinliğini yitirmiş olduğu yapılan araştırmalarca kanıtlanmıştır. Bu konu kapsamında ahşap iskelet yapım ve modüler panel sisteminin maliyet analizlerinin gerçekleştirilmesine yönelik deneysel bir çalışma 1997 yılının Ocak ayında Houston'da NAHB-(National Association of Home Builders), tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında yaklaşık 240 m² toplam kullanım alanı olan iki örnek konut, aynı anda ve eşit koşullarda birisi geleneksel ahşap iskelet yapım tekniği ile, diğeri ise ahşap bileşen/panel sistem ile üretilmişlerdir. Bu deneysel çalışmanın sonuçları aşağıdaki tablodan da anlaşılacağı gibi; ahşap bileşen/panel sistemi ile üretilen konutun, geleneksel ahşap iskelet yapım tekniği ile üretilmiş olan konuta kıyasla yaklaşık % 15 maliyet ekonomisi ve yaklaşık % 60 zaman tasarrufu sağladığı yönündedir (NAHB,1997). (Bkz. Çizelge 4.1.)

Çizelge 4.1. Konut yapım sistemlerinin mali analizleri (NAHB,1997)

	Geleneksel Ahşap İskelet	Ahşap Panel / Bileşen	Park
Toplam İşçilik Süresi (Saat)	401	148	2 53
Toplam İşçilik Tutarı * (\$)	8,020	3,460	4,560
Masif Ahşap Kullanımı (B-feet)	20,400	15,100	5,300
Malzeme Tutarı (\$)	12,980	14,457	1,529
Fire-Atık Maliyeti (\$)	425	100	325
TOPLAM MALİYET (\$)	21,373	18,017	3,356

*Deneyde kullanılan işçilik saat ücreti 20 \$ olarak belirlenmiştir.

4.2. Panel Bileşen Sistemi

İskelet sistemde düşeyde kolonlar arasını yatayda ise kiriş aralarının işlevsel gereklilikler doğrultusunda doldurulup kapatılması esastır. Geleneksel ahşap taşıyıcılı yapım tekniğinde taşıyıcı elemanların arası I.Bölümde belirtildiği gibi, kagir ya da diğer dolguya elverişli malzemeler ile doldurulup iç ve dış yüzeylerinin kaplandığı görülmektedir. Günümüz ahşap yapım tekniğinde ise bu işlem, yapı kabuğunun ve döşemesinin gereksindiği işlevler doğrultusunda yerinde ya da saha dışında oluşturulan panellerle gerçekleştirilebilmektedir.

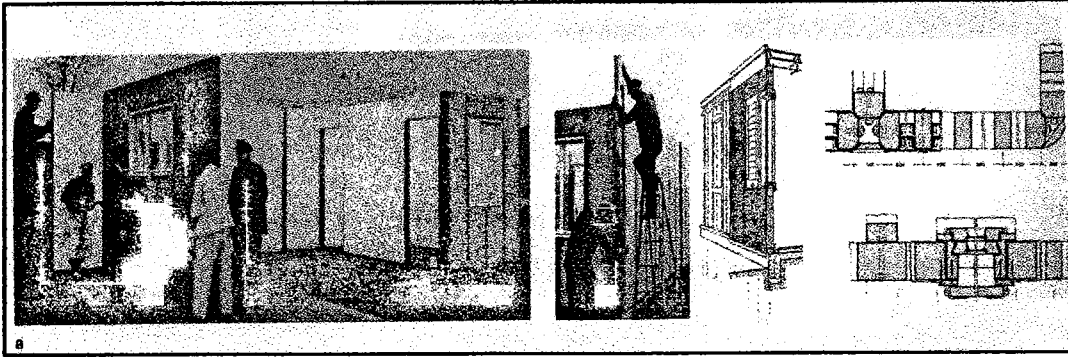
Ahşap taşıyıcılı yapılarda taşıyıcı sistem elemanlarının aralarının doldurulması iki şekilde gerçekleştirilebilmektedir.

- a. Geleneksel süreçlerde Bölüm II.'de belirtildiği tekniklerle,
- b. Endüstriyel süreçlerde ise ön üretimli panellerle.

Ahşap prefabrike sistemlere ilişkin uygulama olanakları kapsamında önüretimli ahşap panel sistemler, endüstriyel yapım süreçlerinde çok geniş bir alanı tanımlamakta olduklarından bu çalışma kapsamında ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

Temel olarak; yük taşımayan ve yük taşıyıcı ahşap çerçeve konstrüksiyonunu kapsayan ahşap panel sistemi ile yapı üretimi, ahşap iskelet yapım sistemine optimum prefabrike elemanların entegrasyon çalışmaları sırasında geliştirilmiştir. İlk kez 1931 yılında büyük duvar panellerinin prefabrikasyonu Walter Gropius tarafından, Almanya-Finow'daki Copper Evleri'nde kullanılmıştır. Bu yapıda kullanılan duvar panelleri standardize edilmiş boyutlarda masif ahşap çerçeve konstrüksiyonun iç yüzeylerinde asbestli çimento levhaların, dış yüzeyinde ise bakır oluklu levhaların kullanımı ile

oluşturulmuştur. Değişiklik gösteren plan tiplerine adaptasyonunu sağlamak amacıyla küçük boyutlu panel elemanlarının kullanımı sistemin en önemli özelliğini oluşturmaktadır (Goetz, K.H,1992). (Bkz. Şekil 4.8.)



Şekil 4.8. W.Gropius-Copper Evleri, Finow, Almanya (Goetz, K.H,1992)

W.Gropius'un geliştirdiği bu sistem 1943-1945 yılları arasında Amerika' da ilk olarak Paket Ev (*Packed House*) adı altında lisansı alınan sisteme esas oluşturmıştır. Bu sistemde dış yüzeyi ahşap levhalar ile kaplanan masif ahşap çerçeve elemanlar kullanılmıştır. Paket ev sisteminde duvar panellerinin birleşimi özel olarak üretilmiş ve bağımsız elemanlara yatay ve düşeyde bağlantı imkanı veren dört taraflı çelik elemanlar yardımı ile gerçekleştirilmiştir. Paket ev sistemi günümüz olanakları çerçevesinde yeni birleşim elemanlarının uygulama alanına girmesi ve sistemin çeşitli yapım yöntemlerine adaptasyonu yolunda değişikliklere uğramış durumdadır. Günümüzde küçük boyutta masif çerçeveli elemanlarının olduğu kadar tek parça halinde üretilen büyük boyutlu prefabrike panellerin de kullanımı mümkün olabilmektedir. Ahşap panel bileşenler ile yapı üretimi, ahşabın yüksek dayanım gücü, düşük ısı iletkenliği, kolay işlenebilirlik ve geniş yüzey bitirme olanakları gibi doğal ve yapay ahşap malzemeye ilişkin kriterleri de bir sistem bütünü içerisinde değerlendirme olanağı tanımaktadır. Günümüzde Amerika, Kanada ve Kuzey Avrupa gibi ahşap konut yapım tekniklerinin yaygın olarak benimsendiği ülkelerde ahşap prefabrik konut yapımında en yaygın kullanım alanı bulan panel bileşen sistemleri, masif

ahşap taşıyıcılı panel sistemi ve taşıyıcı nitelikli yalıtımlı kompozit panel sistemidir.

4.2.1. Panel bileşen tipleri ve uygulama alanları

Taşıyıcı çerçeveli elemanlarla ahşap panel yapı üretimi genellikle okul, ofis ve konut gibi tek katlı yapı üretiminde tercih edilmekle beraber günümüzde Amerika ve Kuzey Avrupa ülkelerinde yerel olanaklar ve getirilen yerel kısıtlamalar çerçevesinde iki katlı konut yapılarının da prefabrike ahşap paneller ile üretilmesi mümkün olmaktadır. Ahşap paneller ile yapı üretimi, panellerin alternatiflerine göre düşük yük taşıma kapasitesi ve yangın tehlikesine karşı ahşap malzemenin doğasından kaynaklanan riskleri göz önüne alındığında bu sistem ile yapı üretimi gerçekleştiren ülkelere iki kat ile sınırlandırılmış durumda bulunmaktadır (Goetz, K.H.,1992). Bu sınırlama sebebi ile ahşap paneller ağırlıklı olarak konut üretiminde kullanım alanı bulmaktadır.

Genel bir bakış açısı ile; kalıcı veya geçici amaçlı ekonomik yapı üretiminin söz konusu olduğu, kolay taşınabilir ve hafif yapı üretiminin amaçlandığı koşullarda ahşap panel bileşenlerin yapı üretimine etkin bir çözüm olanağı tanıdığı söylenebilmektedir. Ayrıca yığma, çelik ve betonarme taşıyıcılı yapılarda da yük taşımayan, iç ve dış duvar elemanları olarak da söz konusu ahşap panel bileşenlerin kullanımı mümkün olmaktadır.

Bu çalışma kapsamında incelenen kaynaklarda ahşap panel bileşenlerin sınıflandırılmasına yönelik çeşitli yaklaşımların olduğu görülmüştür. Prefabrike ahşap panel bileşenler; panellerin strüktürel fonksiyonlarına, boyutlarına, katman yapılarına ve kullanım amaçlarına göre çeşitlenebilmektedir. Uygulama şekline göre prefabrike ahşap panel bileşenler;

- a. Yük taşıyıcı, 1,00 m. ile 1,25 m. genişliğe kadar olan ahşap paneller, iç duvar veya dış duvar oluşumunda kullanılan ahşap paneller,
- b. Yük taşıyıcı, 10,00 m. uzunluğa kadar iç duvar veya dış duvar, döşeme ve çatı oluşumunda kullanılan büyük boyutlu ahşap paneller,
- c. Yük taşıyıcı, 2,40 m. ile 8,40 m. ye kadar mekan büyüklükleri ile ilişkili iç mekana yönelik bölücü ahşap paneller,
- d. İ duvarların oluşumunda kullanılan çok katmanlı, yk taşımayan küçük boyutlu ahşap paneller,
- e. İ duvarların için kullanılan çok katmanlı, yk taşımayan, büyük boyutlu ahşap paneller olmak üzere beş ayrı gruba ayrılmaktadır. (Goetz, K.H.,1992).

Prefabrike ahşap paneller bu sınıflandırmadan farklı olarak; kullanım amaçlarına göre yapının bölmeler sisteminin birer alt bileşenini olan duvar, çatı ve döşeme panelleri, ya da bu tezde benimsendiği gibi bileşeninin boyutlarına bağımlı yapım sistemlerine göre de sınıflandırılabilir.

4.2.2. Panel bileşen sistemlerinin boyutlarına göre sınıflandırılması

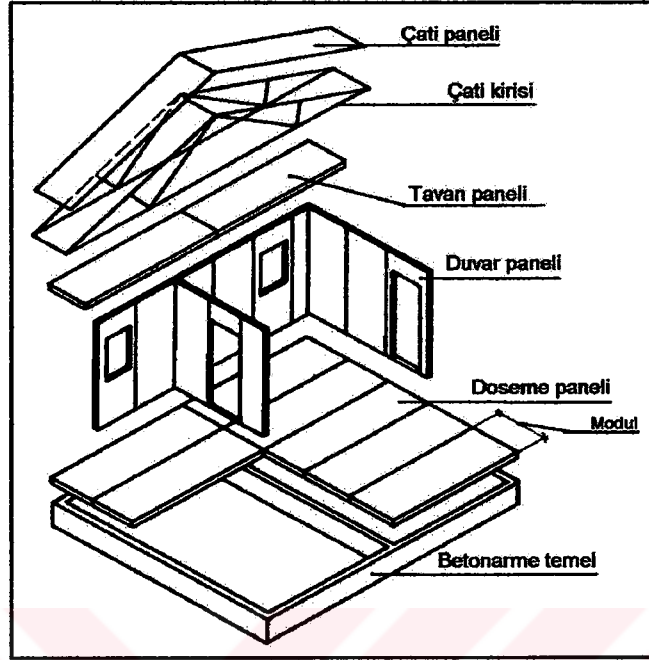
Bir ahşap panel bileşeninin boyutları kullanım yeri ve amacına bağlı olarak tasarım ve fonksiyon gereksinimleri ve malzeme sınırlılıkları gibi faktörlerce belirlenmektedir. Örneğin; doğrudan statik yük veya moment tesiri altında kalan bir panel, dayanım öncelikli, yapı kabuğunun bir bileşenini durumunda olan paneller ise ısı ve ses yalıtım özelliği öncelikli olarak tasarlanmaktadır. Panellerde kullanılan yapay ahşap levhaların sınırlı boyutlarda üretimlerinin gerçekleştirilmesi nedeni ile panel boyutları belirlenirken derz birleşimlerinin

kontrol altına alınabilmesi amacı ile standart malzeme boyutları göz önüne alınmaktadır. Bileşenlerin yapı bünyesinde görev üstlendikleri boyutlar esas alındığında ahşap panel bileşenler; küçük boyutlu (modüler) panel sistemi ve büyük boyutlu panel sistemi olmak üzere iki grupta sınıflandırılabilir.

4.2.2.1. Küçük boyutlu taşıyıcı ahşap paneller (Modüler panel sistemi)

Özellikle İkinci Dünya Savaşı'ndan sonraki dönemde Avrupa'da artan konut talebi çerçevesinde geliştirilen modüler panel sistemi bu talebe etkili bir şekilde cevap verebilmesinden dolayı yaygın kullanım alanı bulmuştur. Küçük boyutlu taşıyıcı ahşap paneller, genellikle tek katlı yapıların modüler ölçülendirme sistem yapılarına dayanarak iç ve dış duvar elemanı olarak üretilmektedir. Modüler panel sisteminde panel boyutları panel yüzeylerinde kullanılacak levha elemanın boyutlarına bağımlı olmak kaydı ile 100 - 125 cm. genişlikte ve 250 – 300 cm. uzunlukta olmaktadır. (UN,1981)

Panel konstrüksiyonu, çerçeveyi oluşturan masif veya yapay ahşap dikme, alt ve üst başlıklar ile ara kayıtlar, çerçevenin her iki yüzünde yer alan kaplama tabakası ve bu tabakalar arasında yer alan yalıtım katmanından oluşmaktadır. Kapı ve pencerelere ait boşluklar ise mevcut olan çerçeve sistemi ile boyutsal bir koordinasyon teşkil edecek şekilde çerçeve içinde yer almaktadır. Sistemde düşey yükler, doğrudan çerçevenin kendisi tarafından karşılanarak alt strüktürel sisteme aktarılmakta, yatay yükler ise kaplama tabakası ve kısmi olarak çerçeve içlerine yerleştirilen çapraz elemanlar yardımı ile alınmaktadır.



Şekil 4.9. Küçük boyutlu ahşap panel sistemi elemanları

Panel elemanın boyutlarının belirlenmesinde etkili olan kriterler şu şekilde sıralanabilmektedir;

a. Panel genişliğindeki azalma, değişik amaçlı plan şemalarına uyum olanağını arttırmaktadır.

b. Düşey çerçeve elemanlarının yerini ve aralıklarını yapının çatı yüklerinin grafiksel dağılım karakteristiği belirlemektedir.

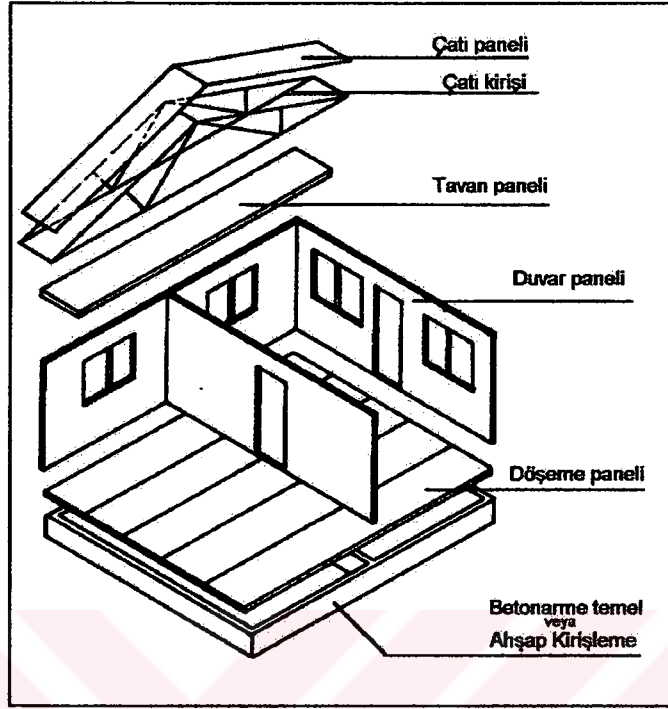
c. Yönlendirilmiş talaş levha (OSB), çimentolu yonga levha, alçı pano ve lif levha veya kontrplak levha gibi panel kaplama malzemeleri ile yüzey bitirme malzemelerinin, kapı, pencere ısıtma ve aydınlatma elemanlarının standart kalınlıkları gibi faktörler panel kalınlığı üzerinde belirleyici olmaktadır.

bulundurulabilmektedir. Modüler panel sistemi küçük boyutlu bileşenlerin kullanımı sebebi ile farklı tip plan şemalarına uyum konusunda avantajlara sahiptir. Ancak sistem büyük ölçekte yapı üretimi için, küçük boyutlu bileşenlerin şantiye sahasında kolaylıkla kaybolarak yapı üretim sürecinde gecikmelere neden olabilmesinden dolayı uygun değildir. Bu sebepten dolayı küçük boyutlu taşıyıcı ahşap paneller genellikle küçük ölçekli yapı üretimi için uygun sayılmaktadır. Günümüz koşullarında ise artan fabrikasyon olanakları ve montaj süresini daha da kısaltma yönünde gelişen yapım süreci tercihleri, küçük boyutlu taşıyıcı ahşap panellerin tekil konut üretimi haricinde yerini büyük ölçüde büyük boyutlu taşıyıcı ahşap panellere bırakmasına neden olmuş durumdadır (UN,1981).

Modüler panel sistemleri altında ele alınabilecek bir diğer yapı türü de son yıllarda Amerika'da yaygınlık kazanmış durumda olan jeodezik kubbe yapılarıdır.

4.2.2.2. Büyük boyutlu taşıyıcı ahşap panel sistemi

Büyük boyutlu panel sistemi, küçük boyutlu modüler ahşap panellerden farklı olarak çok sayıda dikme ve sürekli bir başlık ihtiva etmektedir. Panel içindeki dikme aralıkları bileşenin boyutları, çatı yüklerinin grafiksel dağılım noktalarına göre belirlenmektedir. Büyük boyutlu panellerde, küçük boyutlu modüler panellerde olduğu şekilde çerçeve boşlukları pano dolgu olabildiği gibi, doğrudan kaplanabilmektedir. Plan boyutları, taşıma sınırlılıkları ve operasyonel kaldırma ağırlığı gibi faktörler, büyük panelin nihayi uzunluğu üzerinde belirleyici olmakla beraber sistem preformansı üzerinde de etkili olmaktadır. Ahşap prefabrike büyük boyutlu paneller yalnızca iç ve dış duvar elemanları olarak değil aynı zamanda düşey duvar elemanlarına yüklerini aktarak prefabrike yatay çatı elemanları olarak da üretilabilmektedir.



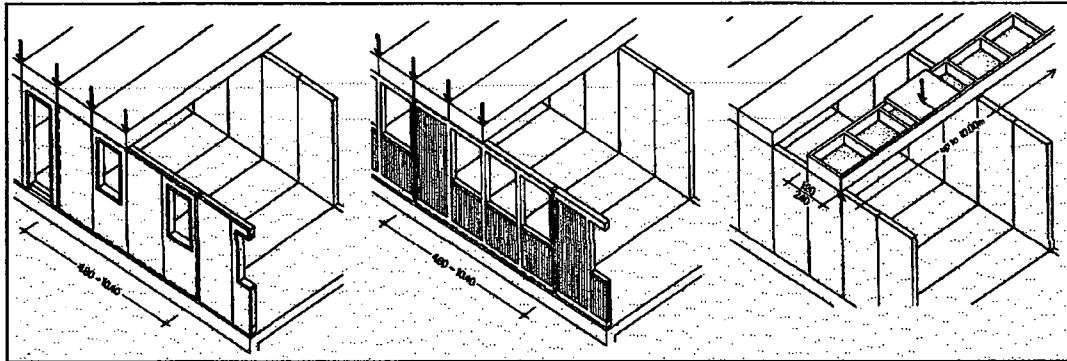
Şekil 4.11. Büyük boyutlu ahşap panel sistemi elemanları

Büyük boyutlu prefabrike panel sisteminin, geleneksel yapım metodlarına kıyasla yaklaşık % 80 oranında zaman tasarrufu sağladığı belirtilmektedir. (UN,1981). Bu özellik, hava koşullarının yapım sürecini olumsuz yönde etkilediği koşullarda, panellerin daha kısa zamanda dış hava koşullarından korunması olanağını tanıması sebebi ile önem taşımaktadır.

Günümüzde aynı anda çok sayıda tipleşmiş küçük konut üretimi gerçekleştirebilmek amacıyla yaygın olarak tercih edilen sistem, büyük boyutlu panel sistemidir. Bu sistemde kullanılan ahşap malzemenin özgül ağırlığına bağlı olarak dış duvar panelleri ortalama olarak 11-12 m. ve 1000 kg. ağırlığa kadar üretilmektedir.

Günümüz koşullarında, iki çeşit büyük panel sistemi yaygın olarak kullanım alanı bulmaktadır. Birinci sistemde sıra evler, bölücü ve dış duvarlar betonarme temel üzerine monte edilmekte, çatı ise özel olarak üretilen yalıtımlı

panellerle oluşturulmaktadır. Kısa bir süreç içerisinde gerçekleştirilen bu işlemden sonra i bölüntüler yapılmaktadır. Bu sistemde 4 veya 6 birimden oluşan bir sıra ev ünitesinin konstrüksiyonunun dört kişilik bir ekiple sekiz saatlik bir süreç içerisinde tamamlanabildiği belirtilmektedir. (U.N,1981) İkinci sistemde ise döşemeler temel kirişlerinin üzerine oturtulan büyük ahşap paneller ile oluşturulmaktadır. Diğer sisteme kıyasla bu sistemde prefabrikasyon düzeyinin daha yüksek olmasına rağmen strüktürel sistemin kurgusu daha uzun zaman almakta ve iklimsel şartlara çoğunlukla daha uzun bir süre ile bağımlı kalınmaktadır. Büyük panel sisteminde elektrik donanımı, ve genellikle alçı pano olan duvar iç yüzeylerindeki bitirmeler genellikle inşaat alanında tamamlanmaktadır. Ancak üretilen prefabrike panellerin pencere doğramaları ve son kat yüzey kaplamaları dahil tamamı üretim merkezinde bitmiş olarak inşaat alanına getirilerek montajının gerçekleştirildiği örnekler de mevcuttur. Bu yönü ile büyük boyutlu panel bileşenler bu çalışma kapsamı dışında bırakılan prefabrik hücre sisteme esas teşkil etmektedir.



şekil 4.12. Büyük boyutlu ahşap panel sistemi

Büyük panel sistemi özellikle kule vinç imkanı olan şantiyeler için uygundur. Küçük boyuttaki bileşenlerin kaybolma riski bu sistemde söz konusu değildir. Büyük boyutlu ahşap panel sisteminde küçük boyutlu bileşenlere kıyasla daha

az sayıda panel birleşim derzi oluşmaktadır. Bu durum, takip eden bölümlerde değinileceği gibi yapı kabuğu sağlığı ve iç mekanın konfor koşullarının korunması üzerinde son derece etkili olan derz denetimi konusunda sisteme avantaj tanımaktadır.

Büyük boyutta bir üretimin gerçekleştirileceği koşullarda tasarımcılar, belirli sınırlılıklar çerçevesinde konvansiyonel modül ölçülerinin dışına çıkarak tasarım yapabilmekte ancak bu durum doğal olarak sistem maliyetini arttırıcı bir faktör olarak öne çıkmaktadır.



4.3. Ahşap Panel Bileşenlerin Analizi

Ahşap panel bileşenlerin analizi, yapı bütününde mekan sınırlarının belirlenmesi bağlamında ele alınırsa tarihsel süreçte yapım eyleminin var olduğu andan itibaren söz konusu olmaya başlayan belirli performans gereklilikleri çerçevesinde yapılmalıdır. Bir yapı bileşeninin performansını belirleyen kriterler şu şekilde ele alınabilmektedir;

A. Uygunluk

a. Fiziksel konfor koşullarının sağlanması gerekliliği

- i. Yağış suyu denetimi
- ii. Hava sızıntısı denetimi
- iii. Isıl denetim
- iv. Higro-termik denetim
- v. Ses denetimi
- vi. Gün ışığı denetimi

b. Ekonomik rasyonellik

B. Dayanım

- a. Bileşenin kendi yükünü taşıması
- b. Bileşenin strüktürel sisteme ait yükleri aktarması
- c. Bileşenin yatay yüklere karşı dayanım göstermesi
- d. Bileşenin yangın koşullarına karşı dayanım göstermesi

C. Estetik

- a. Görsel nitelik
- b. Uyum

Söz konusu kriterlerden de anlaşılacağı gibi; yapımda kullanılacak bir panel bileşeninin oldukça farklı gereksinimlere aynı anda yanıt vermesi beklenmektedir. Bu gereksinimleri karşılamada; panellerin konstrüksiyon-ları, birleşimleri, katman yapıları ve yüzey kaplamaları vb. gibi faktörler önemli rol oynamaktadır. Bu gereksinimlerden herhangi birine yeterli düzeyde karşılık veremeyen bir bileşenin, eleman ölçeğinde kullanım ömrünün kısılmasının söz konusu olduğu gibi, sistem ölçeğinde de daha geniş kapsamlı yapı hasarlarına neden olabileceği açıktır.

Bir yapı bileşeni, fabrikasyon olanakları göz önüne alındığında, yapı bünyesinde dış-iç duvar, döşeme ya da çatı elemanı olarak, farklı fonksiyonları üstlenecek şekilde kullanılabilir. Dolayısı ile bir dış duvar paneli ile iç duvar panelinin, ya da bir döşeme paneli ile bir çatı panelinin sahip olmaları beklenen performans kriterleri birbirlerinden farklı olabilmektedir. Bu sebeple yukarıda sıralanan performans gereklilikleri ve bileşenin yapı üzerinde görev aldığı konumun gereksinimleri göz önünde tutularak; bir panel bileşenin, sözü edilen kriterler çerçevesinde değerlendirilmesi ve analizlerinin bu kriterler çerçevesinde yapılması gerekmektedir.

Ahşap panel bileşen sisteminde kullanılan döşeme ve çatı panellerinin, betonarme prefabrike sistemlerde olduğu gibi temel eleman niteliğinde olmamalarından dolayı bu çalışma kapsamında konunun ayrıntılarına değinilmeyecek ve takip eden bölümde ahşap panel bileşen sisteminde temel eleman konumunda olan duvar panelleri incelenecektir.

Duvar panelleri, yapıda iç mekan sınırlayıcı elemanlar olarak kullanılan iç duvar panelleri ile yapı kabuğu oluşumunda görev alan dış duvar panelleri olmak üzere iki grupta incelenebilir.

4.3.1. İç duvar panelleri

İç duvar panellerinin sahip olmaları gerekli performans gereklilikleri yapı kabuğunu oluşturan türde paneller olmamalarından dolayı diğer panellerden farklılıklar göstermektedir. İç duvar panellerinde temel olarak üç gereksinim söz konusudur. Bunlar; bu çalışma kapsamı dışında tutulan dayanım ve yangın denetimi, diğeri ise mekan sınırlayıcı elemanlar olmaları sebebi ile ses denetimidir. Bölücü iç duvar panelleri yapımda, kalıcı ya da sökülebilir, yük taşımayan paneller olarak kullanım olanağı bulmaktadır. İç duvar panelleri, panelde kullanılan yapay ahşap levha elemanların boyut olanakları çerçevesinde mekan bölüntülerini tek parça olarak yapabilen büyük boyutlu bileşenler ya da modüler küçük paneller olarak üretilmektedir. Duvar panellerinin hareketli ve küçük boyutlu olarak üretilmeleri iç mekan organizasyonunda esneklik olanağını beraberinde getirmektedir. Bölücü iç duvar panelleri, yapının kullanım şekli, arzu edilen akustik özellikleri, yüzey efektleri ve monte edilme biçimleri gibi farklı kriterler göz önüne alınarak oluşturulabilirler.

Bölücü panellerin, yük taşıma özelliği göstermemelerinden dolayı ince olarak üretilmesi mekansal konfor düzeyi sağlanması açısından ses denetimi ile ilgili sorunları beraberinde getirmektedir. Ahşap panel bileşenlerin iç bölme duvarlarında kullanıldığı koşullarda Bölüm 2.2.3.'de belirtildiği üzere ahşap malzemenin ses yalıtma özelliğinin düşük olması sebebi ile bölücünün gürültü kontrolü sağlayabilmesi amacına yönelik olarak panel bünyesinde ses yalıtım değeri yüksek malzemelere yer verilmesi gerekmektedir. Ses geçirme özellikleri göz önüne alınarak bölücü paneller iki gruba ayrılmaktadır.

- a. Panelin yüzey kaplamalarının rijit olarak aynı konstrüksiyon elemanına bağlandığı tip paneller,
- b. Panelin yüzey kaplamalarının birbirinden bağımsız olarak farklı konstrüksiyon elemanına bağlandığı tip paneller.

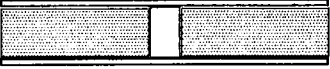
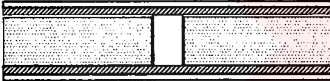
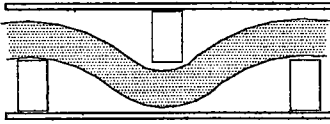
Yüzey kaplamalarının ayrı konstrüktif elemanlarla, birbirinden bağımsız olarak taşınması ses yalıtım tabakasının sürekliliğine olanak tanımakta, aynı zamanda duvar konstrüksiyonunun ses köprüsü oluşturmaması nedeni ile etkin bir ses yalıtım değeri sağlanabilmektedir. Bölüm 2.2.3.'de yer alan; çeşitli tipte duvar konstrüksiyon biçimlerin ses yalıtım değerleri açısından yapılan deney sonuçlarına dayanan analizlerde de bu durum açıkça görülebilmektedir.

İç duvar panellerinin ses yalıtım etkinliğinin artırılması amacı ile; panel kaplamasının kalınlığının arttırılarak panel taşıyıcıları aralıklarının açılmasının yanı sıra ses yansımalarının önüne geçilebilmesi için panelin yüzey bitirme malzemesi olarak yoğunluğu yüksek ya da rijit olmayan esnek malzemelerin tercih edilmesi uygun olacaktır (Buys,H.1989). Yüksek düzeyde ses yalıtım değerinin sağlanmasının amaçlandığı koşullarda, panel yüzey kaplamalarının birbiririnden bağımsız konstrüktif elemanlara taşınması Çizelge 4.2.'de de görüldüğü gibi etkili bir çözüm olanağı tanımaktadır.

Diğer taraftan panelin gösterdiği performansın panel birleşimlerinde de sürdürülmesi, bölme elemanı olarak panelden beklenen görev çerçevesinde önem taşımaktadır. Bu nedenle panellerin düşey ve yataydaki birleşim noktalarının çözümlemelerinde bu sorun dikkate alınarak panel birleşim şekilleri ve son kaplamalar biçimlendirilmelidir. Ses denetimi açısından iç duvar panellerinde hava sızdırmazlığının sağlanması uygulamaya yönelik önemli bir kriter niteliğindedir. Aşağıdaki çizelgede iç duvar panellerinin

yaygın olarak rastlanan katman yapıları ve fiziksel özelliklere ilişkin gösterimler yer almaktadır.

Çizelge 4.2. Çeşitli tipte iç duvar panellerinin fiziksel özellikleri
(Goetz, K.H.,1992)

İÇ DUVAR PANELİ KONSTRÜKSİYON SEMASI	KATMANLAR	PANEL KALINLIĞI d (cm)	PANEL HİSİM AĞIRLIĞI kg/m ²	ORTALAMA SES YALITIM DEĞERİ dB
İÇ DUVAR -1 	Alçı pano 15 mm Masif ahşap dikme 80 / 60 mm Taş yünü levha 80 mm Alçı pano 15 mm	11	47	39
İÇ DUVAR -2 	Alçı pano 12.5 mm Dizili yonga levha - OSB 8 mm Taş yünü levha 80 mm Masif ahşap dikme 80 / 60 mm Dizili yonga levha - OSB 8 mm Alçı pano 12.5 mm	12	57	48
İÇ DUVAR -3 	Alçı pano 12.5 mm Durgun hava boşluğu 30-80 mm Taş yünü levha 40 mm Durgun hava boşluğu 30-80 mm Masif ahşap dikme 80 / 60 mm Alçı pano 12.5 mm	14.5	40	50

Çizelge 4.2.'de yer alan iç duvar panellerinin sahip oldukları fiziksel özelliklerin değerlendirilebilmesi amacı ile ilişkide HUD (U.S. Department of Housing & Urban Development) tarafından belirlenen çeşitli bitişik konut hacimlerinde iç duvarların sahip olması önerilen minimum ses yalıtım değerleri yer almaktadır.

Konut A	Konut B	Ort. Ses Yalıtım Değeri (dB)
Y.Odası	Y.Odası	48
O.Odası	Y.Odası	50
Mutfak	Mutfak	46
O.Odası	Mutfak	48

(NAHB -National Association of Home Builders Research Foundation, Inc.1978)

Çizelge 4.2.'de görüldüğü gibi 1 nolu iç duvar panel konstrüksiyonu hariç 2 ve 3 nolu paneller, yatak odası-yatak odası, mutfak-mutfak ve oturma odası-mutfak hacimlerinde bölücü duvar olarak kullanılmaları için yeterli ses yalıtım değerine sahip bulunmaktadır. Ancak, Alman DIN 4109 (E) standardında konuta ait bölücü duvarların ortalama ses yalıtım değerleri min. 52 dB olarak tespit edilmiş, tavsiye edilen değer ise 55 dB olarak belirlenmiştir. Söz konusu bu değerler esas alınırsa Çizelge 4.2.' de yer alan iç duvar konstrüksiyonlarından hiçbirinin yeterli ortalama ses yalıtım değerine sahip olmadıkları görülmektedir. Çizelge 4.2.'deki 1 ve 2 no.lu örnekler incelenecek olursa panelin birim ağırlığındaki artışın, ortalama ses yalıtım değerini arttırdığı görülmektedir. Ayrıca, panel yüzey levhalarının ayrı konstrüksiyonuna taşındığı 3 no.lu örnekte, panel birim ağırlığı düşük olmasına karşın ses köprülerinin oluşmaması nedeni ile panelin sahip olduğu ortalama ses yalıtım değeri yüksek olmaktadır. Bu noktadan hareketle, panelin ses yalıtım etkinliğinin artırılmasının amaçlandığı koşullarda bu türlü bir konstrüksiyonun benimsenmesinin, panel birim ağırlığının artırılmasına kıyasla daha etkili olduğu görülmektedir.

4.3.2. Dış duvar panelleri

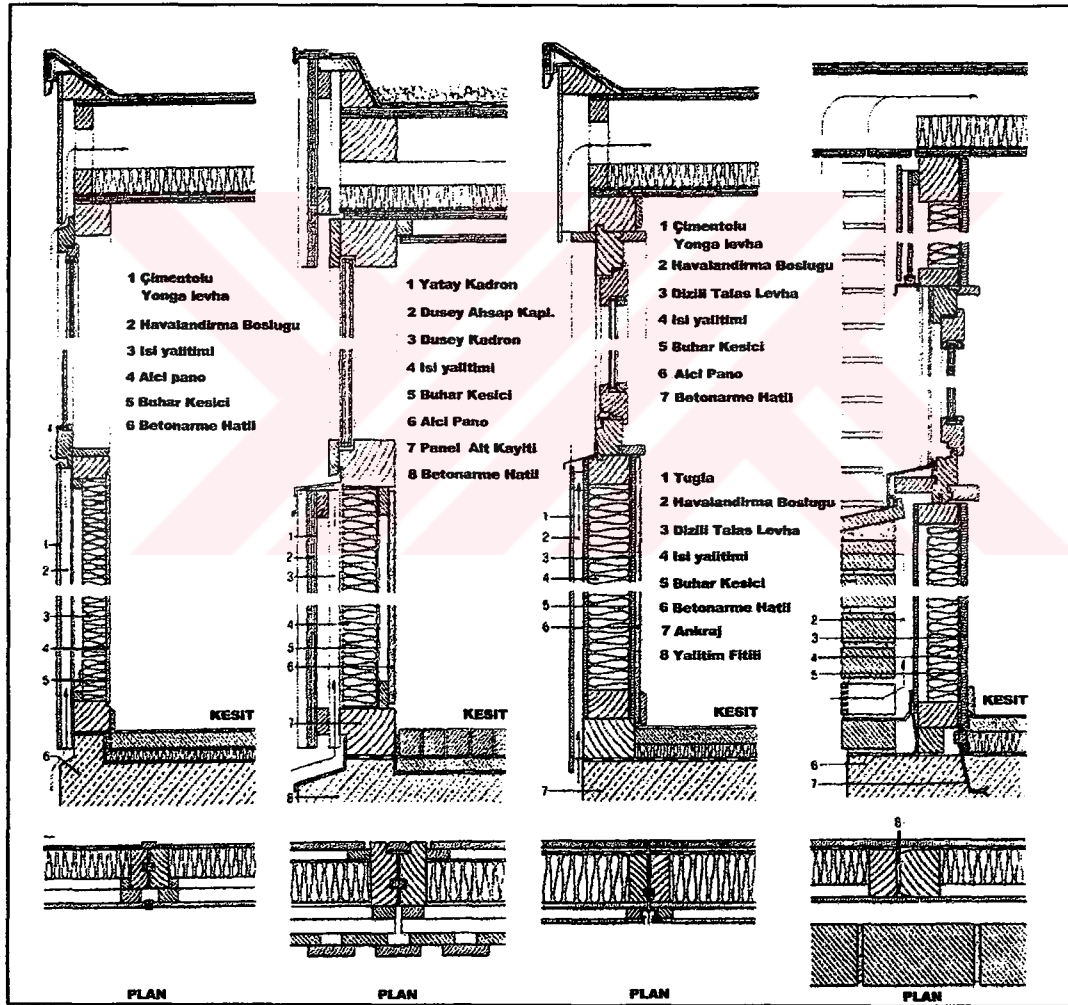
Dış duvar panelleri, ahşap panel sisteminde temel eleman konumunda bulunmaktadır. Dış duvar panellerin üretimleri, yapının taşıyıcı sistem kurgusuna göre yük taşıyıcı ya da yük taşımayan paneller olarak gerçekleştirilmektedir.

Bu çalışma kapsamında incelenen kaynaklarda ahşap taşıyıcılı dış duvar panellerinin havalandırılıp havalandırılmaması durumuna göre pratikte iki türlü kurgulandığı görülmüştür. Havalandırılmayan dış duvar panellerin boşluklu ve boşluksuz tipte olmak üzere iki tipte bulunmalarına rağmen bünyesinde durgun hava boşluğunun bulunduğu tip paneller, hava boşluğunun hatalı uygulamaları ile ortaya çıkan sakıncaları sebebi ile günümüzde kullanım olanaklarını yitirmiş durumdadır. Havalandırılmayan dış duvar panellerinde ısı yalıtımının dış yüzeye yakın tarafı yoğunlaşma olasılığının en yüksek olduğu bölge konumundadır. Bu tür panellerde yoğunlaşma koşullarının gerçekleşmesi durumunda panel katmanlarının kuruması güçleşmektedir. Bu sebeple panelin iç yüzeyinde ya da ısı yalıtım katmanının sıcak yüzünde buhar difüzyonunu engelleyecek kaplama veya katmanların kullanılması, panellerin iç yüzeylerinde ise alçı pano gibi buhar dengeleme özelliği olan malzemelerin tercih edilmesi gerekmektedir. Buhar difüzyonunun engellendiği konstrüksiyonlarda, iç ortamdaki bağıl nemin yükselmesi sebebi ile panel iç yüzeyinde meydana gelebilecek terlemenin önüne geçilebilmesi için, yapay havalandırma veya mekanik iklimlendirme önlemleri alınmalıdır.

Havalandırılan dış duvar panellerinde ise yoğunlaşma koşullarında kabuğun kuruyabilmesi amacı ile panel konstrüksiyonu, dış kaplama tabakasının iç yüzünde hava sirkülasyonuna imkan verecek şekilde kurgulanmaktadır. Hareketli hava boşluğunun bir diğer avantajlı yönü ise yağış suyunun panel

bünyesine doğrudan temasını engellenmesidir. Söz konusu kaplama tabakası tek bir kaplama levhası olabileceği gibi tuğla gibi kagir nitelikte bir örtü de olabilmektedir (*Brick veneer*) (Goetz, K.H.,1992).

Şekil 4.13' de çeşitli katman yapılarına sahip havalandırılan tipte dış duvar panelleri görülmektedir.

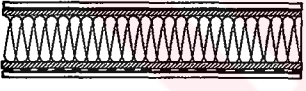
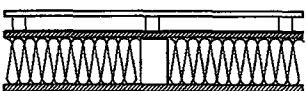


Şekil 4.13. Havalandırılan dış duvar panelleri
(Goetz, K.H.,1992)

Konuya örnek teşkil etmesi açısından çeşitli tipte havalandırılan ve havalandırılmayan boşluksuz tipte dış duvar panellerinin katman yapısı ve bu yapıya bağlı fiziksel özellikler ise Çizelge 4.3’de yer almaktadır .

Çizelge 4.3. Çeşitli tipte dış duvar panellerinin fiziksel özellikleri

(Goetz, K.H.,1992; SIPA,1994)

	DİŞ DUVAR PANELİ KONSTRÜKSİYON ŞEMASI	KATMANLAR	PANEL KALINLIĞI	PANEL BİRİM AĞIRLIĞI	ORTALAMA SES YALITIM DEĞERİ	ISI GEÇİRGENLİK DİRENCİ
			d (cm)	kg/m ²	Db	R (m ² K/W)
HAVALANDIRILMAYAN	DIŞ-1 Havalandırılmayan -SIP 	Kontrplak cephe kaplaması 16 mm Buhar geçirgen su yalıtım membranı Dizili yonga levha 11 mm EPS - Genleştirilmiş polystyrene 90 mm Dizili yonga levha 11 mm Buhar kesici Alçı pano 12.5 mm	13	20	42	3.60
	DIŞ-2 Havalandırılmayan 	Yatay veya dikey ahşap kaplama 19 mm Buhar geçirgen su yalıtım membranı Dizili yonga levha 13 mm Taş yünü 100 mm Buhar kesici Dizili yonga levha 13 mm Alçı pano 12.5 mm	15	46	44	2.93
HAVALANDIRILAN	DIŞ-3 Havalandırılan 	Yatay veya dikey ahşap kaplama 19 mm Havalandırma boşluğu 22 mm Buhar geçirgen su yalıtım membranı Dizili yonga levha 13 mm Taş yünü 100 mm Presse taş yünü levha Buhar kesici Dizili yonga levha 16 mm Alçı pano 12.5 mm	21	36	47	2.77
	DIŞ-4 Havalandırılan 	Yatay veya dikey ahşap kaplama 19 mm Havalandırma boşluğu 22 mm Buhar geçirgen su yalıtım membranı Dizili yonga levha 13 mm Taş yünü 100 mm Buhar kesici Dizili yonga levha 16 mm Alçı pano 12.5 mm	18	35	44	2.20

Çizelge 4.3. 'de görüldüğü üzere; 1 ve 2 nolu katman yapısına sahip duvar konstrüksiyonları, havalandırılan tipteki 3 ve 4 nolu örneklerle kıyasla daha yüksek ısı geçirgenlik direncine sahip bulunmaktadır. Ancak havalandırılma

olanakları bulunmayan bu tür panellerin yoğunlaşma ve buna dayalı yapı hasarlarından etkilenme olasılığı daha yüksek olmaktadır. Örnek 1’de yer alan taşıyıcı nitelikli yalıtımlı kompozit paneller ile oluşturulmuş konstrüksiyonun panel kalınlığının örnekler içerisindeki en az değere sahip olmasına rağmen en yüksek yalıtım değerine sahip olduğu ve birim ağırlığının en düşük değerde olduğu görülmektedir. Bu tür panellerde, Bölüm 2.3.1’de belirtildiği gibi masif ahşap taşıyıcı sayısının az oluşu neticesinde panel yüzeyinde ısı geçirgenliğinin arttığı bölgeler diğer örneklerle kıyasla daha az oluştuğundan panelin ortalama ısı geçirgenlik direnci de yüksek bir değer almaktadır. Panelin birim ağırlığının düşük olması, çizelgeden de görülebileceği gibi ortalama ses yalıtım değeri üzerinde azaltıcı bir etki yaratmaktadır. Buna karşın bu durum, özellikle taşıyıcı sisteme aktarılan sabit yüklerin azalması neticesini doğuracağından, daha narin kesitli taşıyıcı sistem elemanlarının kullanımına olanak tanımaktadır. Örnek 3’de görülen panel tipinde ise panel taşıyıcılarından kaynaklanan kondüktif ısı kaybının önüne geçilebilmesi için iç yüzey kaplamasının arkasında mineral esaslı prese levhalar kullanılmaktadır. Bu sayede masif ahşap taşıyıcılı panellerin taşıyıcı nitelikli panellere kıyasla bir zaaf noktası durumunda olan masif taşıyıcı yüzeylerinden gerçekleşecek ısı kaybının önüne geçilmiş olmaktadır. Bölüm II. Çizelge 2.3’de görüldüğü gibi masif ahşabın ısı iletkenlik direncinin panelde kullanılan ısı yalıtım malzemesinden düşük olması nedeni ile panel bünyesinden ısı kaybı oluşabileceği önceki bölümde belirtilmişti. Özellikle hafif konstrüksiyonlu yapılarda sonraki bölümde de değinileceği üzere ısı kütlesi kullanımının mümkün olamayışı, enerji kazancı bağlamında panelin yüksek düzeyde ısı korunumu gerçekleştirmesini zorunlu kılmaktadır. Bu noktadan hareketle masif ahşap taşıyıcılı panellerde Örnek 3’de yer aldığı şekilde ek yalıtım önlemlerinin alınması yararlı olacaktır.

4.3.2.1. Dış duvar panellerinde strüktürel ve boyutsal gereklilikler

Bir dış duvar panel bileşeninin boyutları, üretim sınırlılıkları kapsamında bileşenin fonksiyonu, kullanılan malzemelere ilişkin boyutsal koordinasyon, ilgili teknik şartnameler, taşıma sınırlılıkları ve montaj olanakları gibi çeşitli faktörlerce belirlenmektedir. Panel üzerindeki kaplama birleşimi sayısını azaltmak amacı ile yapay ahşap levha boyutları ile malzemenin rasyonel kullanımı bağlamında koordine olabilecek uygun boyutlar seçilmesi konunun esas noktasını oluşturmaktadır. Bu çerçevede incelenen örneklerde panel boyutlarının yaygın olarak 100-125 cm. genişlikte ve 250-275 cm. uzunlukta olduğu görülmüştür. Panel kaplamalarında kullanılan alçı pano, çimentolu yonga levha gibi elemanların standart genişliklerinin 125 cm. olması, aynı şekilde dizili talaş levhaların ise standart boyutlarının yine 125 cm. modül ölçüsünün iki katı olan 250 cm. genişlik ve 1000 cm. uzunlukta olması, panellerin boyutlandırılması üzerinde etkili olmaktadır.

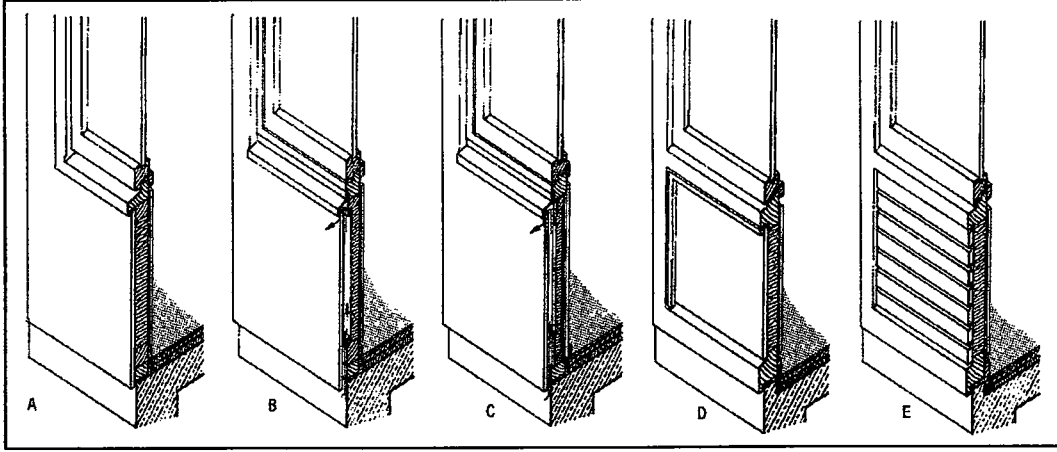
a. Masif ahşap taşıyıcılı panellerde strüktürel gereklilikler

Masif ahşap taşıyıcılı paneller, ahşap iskelet sistemin boşluklarının doldurulması amacıyla ya da yapının taşıyıcı sisteminde doğrudan görev alacak biçimde taşıyıcı bir çerçeve konstrüksiyonu içerecek şekilde üretilmektedir (Bkz. Bölüm 3.3.1). Ahşap iskeletin boşluklarında bir dolgu elemanı olarak kullanılacak olan paneller kendi ağırlıklarını strüktürel sisteme aktarmakla görevli iken, taşıyıcılık görevi üstlenen paneller hem kendi ağırlıklarını, hem de strüktürel sisteme ait yükleri aktarmaktadır. Taşıyıcı nitelikte olan panel bileşenlerde çerçeve konstrüksiyonu üç temel deformasyon kuvvetinin etkisi altında kalmaktadır. Bunlar; ahşap malzemenin özelliğinden kaynaklanan genleşme ve nem oranı değişiminden kaynaklanan deformasyon kuvvetleri, taşıyıcı sistem etkisi altında kullanım yerine göre eğilme ya da

basınç tesirinden kaynaklanan deformasyon kuvvetleri ile sismik kökenli yatay deformasyon kuvvetleridir. Genleşme ve rutubet değişikliklerinden kaynaklanan deformasyon kuvvetlerine karşı dayanım sağlanabilmesi için panel konstrüksiyonunda dış ortamlar için max. % 17, iç ortamlar için ise % 8 nem oranına sahip (Bkz. Bölüm 2), emprenye işlemlerine tabi tutulmuş doğal ahşap malzeme kullanımı ve eleman birleşimlerinde çerçevenin iç gerimelere karşı dayanım gösterebilecek Şekil 4.14'de görülen birleşim şekillerinin benimsenmesi tavsiye edilmektedir. (Hoor,D.,1992)

Masif ahşap taşıyıcı panellerin çerçeve konstrüksiyonunun maruz kaldığı bir diğer deformasyon kuvveti de daha önceden belirtildiği gibi yapıya ait sistem yükleridir. Panelin yapının sabit ve hareketli yüklerinden kaynaklanan basınç kuvvetlerine maruz kaldığı koşullarda, panel bünyesinde oluşabilecek deformasyonun önüne geçilebilmesi için, incelenen örneklerde 125 cm. genişliğini geçen dolu tip panellerde panel çerçevesinin bir yatay kayıt ve yaklaşık 45 cm. ara ile 5x10 cm. ya da 6x12 cm. boyutlarındaki düşey ara taşıyıcılar ile bölündüğü görülmektedir. Ancak bu değerler üzerinde yapının fonksiyonu, kullanılan ahşap malzemeye ilişkin özellikler ve çatı elemanın yük dağılım grafiği gibi pek çok faktör etkili olması sebebi ile nihayi değerlere yapılacak statik hesaplamalara ile ulaşılabilmektedir.

Masif ahşap taşıyıcı panellerin çerçeve konstrüksiyonu panele ait dikme, alt başlık, üst başlık ve arakayıt gibi masif ahşap elemanların bir araya getirilmesi ile oluşturulmaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi; panelin bünyesindeki deformasyonlara ve meydana gelebilecek yatay kuvvetlere karşı dayanımı bağlamında söz konusu bu masif elemanların birleşimleri önem kazanmaktadır. Bu elemanların birleşimleri, çakma metodu, geçme metodu ve çivili plaka metodu olmak üzere çeşitli şekillerde yapılabilmektedir. (Bkz. Şekil 4.14)



Şekil 4.15. Çerçeve konstrüksiyonlu panellerde konstrüksiyon tipleri
(Goetz, K.H,1992)

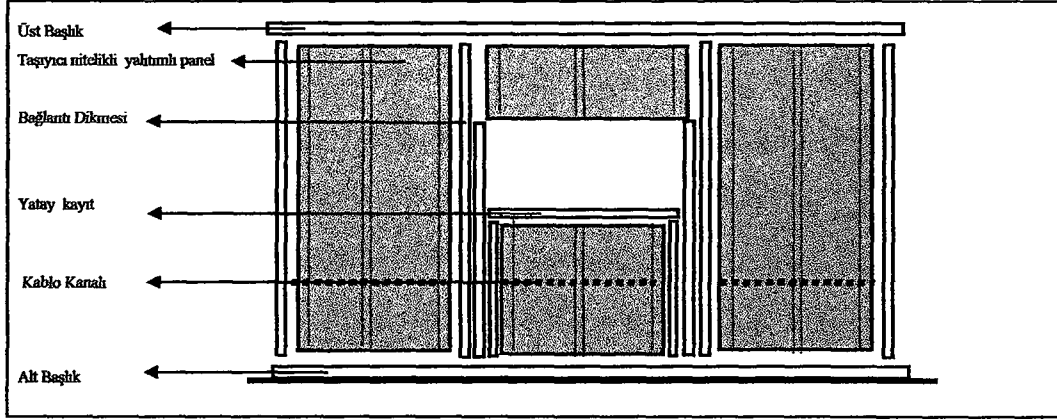
Panel yüzeylerinde kullanılacak levha elemanlar genellikle panel konstrüksiyonuna yüksek sıcaklık ve basınç altında preslenerek yapıştırılmaktadır. Bu şekilde üretilen panellerde yatay kuvvetlere karşı dayanımın bizzat levha eleman yüzeyi tarafından sağlanmasına karşın sistem ölçeğindeki rijitlik, cephe boşluğu içermeyen panellerden bazılarının çarpaz elemanlar yardımı ile yatay kuvvetlere karşı daha dayanımlı hale getirilerek, yapının iç ve dış duvarlarında, özellikle de yapı köşelerde kullanılması ile sağlanmaktadır. Bu konuya örnek teşkil etmesi açısından Almanya, DIN 1052 standardında yer alan hükümler aşağıda yer almaktadır.

a.Yapının her cephesi, en az üç rijit panel elemanına sahip olmalı, ve bu elemanların aralığı herhangi bir koşulda 6 m. yi geçmemelidir.

b.Yapının cephesindeki her köşe oluşumu bir rijit panel elemanı ihtiva etmelidir. 12 m. uzunluğu alan her cephe için, her 4m. için bir rijit panel elemanı cephe kurgusunda yer almalıdır.

b. Taşıyıcı nitelikli kompozit panellerde strüktürel gereklilikler

Bölüm 3.3.2.'de değinildiği üzere taşıyıcı nitelikli kompozit paneller, (SIP- *Structural Insulated Panels*) yüzeylerini oluşturan yapay ahşap levhalar ve bu yüzey levhalarının arasında ısı yalıtımının yanısıra levhaları bir arada tutma görevi de olan yalıtım tabakasından oluşmaktadır. SIP' lerin strüktürel kompozisyonları panellerin bir I kiriş gibi davranmalarına olanak tanımaktadır (SIPA,1994). Yüzey panoları arasındaki ısı yalıtım katmanı levhaların birlikte çalışmasına ve ayrılmalarına karşı dayanım göstermesine olanak tanırken yüzey panoları ise basınç ve gerilme kuvvetlerine karşı dayanım göstermektedir. Ayrıca SIP' lerin çatı ve döşeme oluşumunda kullanılması ile, yapının maruz kalacağı yatay yüklere ve rüzgar yüklerine karşı iki yönlü rijitlik sağladığı belirtilmektedir (CNRC,1997). Taşıyıcı nitelikli kompozit panel birleşimlerinde, montaj esnasında panel aralarına yerleştirilen masif elemanlar panel konstrüksiyonuna dahil elemanlar olmadıklarından taşıyıcı özellik taşımamaktadırlar. Bu sebeple daha narin kesitte ve daha az sayıda masif eleman kullanılmakta ve sistemin maliyeti düşmektedir. Bu sebepten dolayı günümüzde Amerika ve Kanada'da panel bileşenler ile yapı üretiminde taşıyıcı nitelikli kompozit panel kullanımı ağırlık kazanmış durumdadır. Bu tür panellerde çerçeve konstrüksiyonlu panellerde olduğu gibi taşıyıcı nitelikte bir çerçeve söz konusu değildir. Boyut artışına paralel olarak panelde meydana gelebilecek deformasyonların önlenbilmesi amacı ile 240 cm. den yüksek olan panellerde panel ortasında 1 adet, genişlikleri 720 cm.'ye kadar olan panellerde ise yaklaşık 70 cm. aralıkla yalıtım tabakasının içinde kalacak biçimde düşey ara dikmeler kullanılmaktadır. Paneller yatayda sürekli olan alt ve üst başlıklara bağlanmakta panel bünyesinde ayrıca yatay bir eleman yer almamaktadır. (Bkz. Şekil 4.16.)



Şekil 4.16. Taşıyıcı nitelikli kompozit panel sistemi
(NAHB, 1995)

4.3.2.2. Dış duvar panel kompozisyonuna ilişkin performans kriterleri

Bir dış duvar paneli, yapı bünyesinde görev aldığı konumun gereksinimleri göz önüne alındığında, Bölüm 4.3.' de belirtilen performans gerekliliklerinden fiziksel konfor koşullarının sağlanmasına yönelik gereklilikler çerçevesinde irdelenmiştir. Söz konusu gereklilikler;

- a. Yağış suyu girişi denetimi
- b. Hava sızıntısı denetimi
- c. Isıl denetim
- d. Su buharı denetimi

olmak üzere dört grupta incelenebilir.

a. Yağış suyu girişi denetimi

Yağmur ve kar gibi yağış sularına karşı panel bünyesinde dış yüzey kaplaması ve panel birleşimleri önlem kazanmaktadır. Yağış suyunun panel bünyesine sızmasının özellikle havalandırılmayan panellerde sorunlara neden olmasından dolayı kabuk elemanının su sızdırmazlığının sağlanması amacı ile yağış suyu sızıntılarına karşı alınacak önlemler; dış yüzey kaplama malzemesinin niteliği ve birleşim şekilleri kapsamında ele alınmalıdır. Havalandırılmayan panel bileşenler gibi tek kabuklu konstrüksiyonlarda rüzgar etkisi ve bunun neticesinde meydana gelen basınç farklılığı, yerçekimi, kapilarite etkisi vb. gibi sebeplerden dolayı yağış suları panel bünyesine sızma eğilimi gösterirler. Bu durumun önüne geçilebilmesi küçük boyutlu kaplama malzemeleri kullanılırken kaplamaların yatayda binili olarak ya da damlalık profilli olarak dizayn edilmeleri gerekmektedir. Bu durumda yüzeydeki suyun bir film tabakası oluşturmasının önüne geçilmektedir. Dış yüzey kaplaması olarak doğal ahşap kullanımının söz konusu olduğu şartlarda kullanılacak ahşap malzemenin Bölüm 2.'de belirtildiği şekilde kuru nitelikte ve emprenye işlemlerinden geçirilmiş olması gereklidir. Yüzey kaplamasında kullanılacak olan elemanların en kesit ve boy ölçülerinin de malzemenin uğrayacağı deformasyon üzerinde belirleyici olmasından dolayı mümkün olduğunca ince kesitlerden ve fazla eleman genişliklerinden kaçınılması gerekmektedir. Alman DIN 68123 standardı cephe kaplamasında kullanılacak masif ahşap elemanların sahip olması gerekli kalınlıklarını min. 19,5 (± 0.5) mm, genişliklerini ise max. 155 (± 2) mm olarak sınırlamaktadır (Goetz,K., 1992). Aksi takdirde ahşabın kullanım süreci içerisinde çalışması ve boyutsal deformasyona uğraması sebebi ile birleşim sorunlarına neden olabileceği açıktır. Diğer taraftan ahşabın boyutsal deformasyona uğramadığı koşullarda dahi dış ortamda meydana gelen ısı değişimleri neticesinde oluşabilecek genleşme hareketlerinin tolere edilebileceği konstrüktif detaylandırmanın

yapılması gerekmektedir. Yüzey kaplama malzemesinin cephe kontrplağı ya da diğer yapay ahşap levhalar olması koşulunda ise panelin katman yapısına bağımlı olarak su, su buharı ve hava sızıntısına neden olma riski taşıyan kaplamadaki birleşim sayısı azalacaktır. Bu durumda kaplama malzemesi ile panel boyutlarının koordinasyonu önem kazanmaktadır.

Cephe kaplamasının kontrplak ya da diğer nitelikli yapay ahşap levhalar ile oluşturulması koşulunda levha üretiminde kullanılan yapıştırıcının niteliği de bitirme yüzeyinin performansı üzerinde son derece etkili olmaktadır. Bu amaçla kullanılan fenol (phenolic) ve reçine esaslı yapıştırıcıların göstermiş oldukları gelişim neticesinde yönlendirilmiş talaş levha (OSB), kontrplak gibi yapay ahşap levhaların cephe kaplaması olarak kullanım olanakları artmış durumdadır (Maloney, M.,1991).

Tek kabuklu panel konstrüksiyonlarında dış yüzey kaplaması arkasında kabuğun buhar difüzyon dengesini engellemeyecek nitelikte bir su yalıtımı membranı kullanılması yararlı olacaktır. Ayrıca, söz konusu bu membranın sürekliliği, panelin ıslanmasını engelleyeceği gibi panel birleşimlerinden gerçekleşecek hava sızıntılarının önlenmesine yönelik olarak da yararlı olacaktır. Ahşap malzemenin Bölüm 2.'de değinilen ani nem oranı değişiklikleri karşısındaki davranışı nedeni ile malzemenin ıslandığı koşullarda tamamen kuruyabilmesi gerekmektedir. Bu koşulun sağlanabilmesinin yanında, gerek panel bünyesine doğru gerçekleşecek su sızıntılarının önlenmesine yönelik, gerek ise kabukta birikecek su buharının dışarıya atılması gibi olanaklarından dolayı panel bileşenlerde kabuğun hareketli hava katmanı ile iki bölüme ayrıldığı çift kabuklu panel konstrüksiyonu (*rain screen*) tercih edilmelidir. Bu katman yapısı, özellikle yağışlı iklimsel koşulların ağırlıkta olduğu bölgelerde kabuğun yağış suyu etkilerinden korunmasına imkan tanımaktadır. Bu açıdan bakıldığında bu özellik; ahşap

taşıyıcılı panellerin yapıda taşıyıcı görev üstlendiği koşullarda panel taşıyıcılarının kuru kalması çerçevesinde önemli bir kriter niteliğindedir. Ayrıca tek kabuklu panel bileşenlerde su sızdırmaz cephe kaplamasının yüksek buhar difüzyon direncine sahip olması sebebi ile dış cephe kaplamasının kabuğun buhar difüzyon dengesini bozarak, kabuk bünyesinden buhar geçişine engel olması nedeni ile söz konusu koşullarda çift kademeli kabuk yapısının benimsenmesi yararlı olacaktır. Çift kabuk sisteminin benimsendiği havalandırılan panel bileşenlerde dış kaplama arkasında kalan havalandırma boşluğunun yapı köşelerinde sürekliliğinin kesilmesi, rüzgar etkisi ile havalandırma boşluğu ve dış ortam arasında oluşacak basınç farklılığını engellemesi sebebi ile panel bünyesine doğru gerçekleşecek su sızıntılarının kontrolü açısından önem kazanmaktadır.

b. Hava sızıntısı denetimi

İç ve dış ortamlar arasında farklılaşan basıncın etkisiyle gerçekleşen sızıntılar, ısı kaybına ve kabuk sağlığını olumsuz etkileyen yoğunlaşmaya dayalı sorunlara yol açmasından dolayı önem taşımaktadır. Söz konusu basınç farklılığı, rüzgar etkisi ile iç ve dış ortamların hava sıcaklıklarının farklılığından kaynaklanmaktadır. Yapılarda gerçekleşecek hava sızıntılarının denetimine yönelik analizler duvar konstrüksiyonu, yapının yüksekliği ve yapının yönleneceği gibi bir çok parametreyi barındırmaktadır. Duvar konstrüksiyonu öncelikli olarak ele alındığında ise ahşap panel bileşenlerde hava sızıntıları panel bünyesinde iki bölgede gerçekleşmektedir. Bunlardan birincisi panel bünyesindeki zayıf alanlar, ikincisi ve ağırlıklı olanı ise panel birleşimleridir. Masif ahşap taşıyıcılı panellerde alt kaplama levhası panel konstrüksiyonuna akrilik ya da silikon esaslı yapıştırıcıların kesintisiz uygulanması ile yapıştırılarak panelin masif ahşap iskeleti ile kaplama elemanı arasındaki hava sızdırmazlığı sağlanmalıdır. Ayrıca pencere boşluğu olan panellerde pencere

kasası ile panel konstrüksiyonu arasındaki montaj boşluğu bu konuda önlem alınması gereken bir diğer alan niteliğindedir. Bu amaçla panelde hava bariyeri olarak kullanılan membranın pencere kasası ile ilişkilendirilmesi ya da elastik dolgu malzemeleri kullanılarak söz konusu boşlukların nitelikli bir uygulama ile kapatılması yararlı olacaktır.

Panellerin derz oluşumu ve denetimi bölümünde de ayrıntılı olarak değinileceği üzere panel birleşimlerinde elastik dolgu ve sızdırmazlık malzemelerinin ya da yüzey membranlarının (*Building paper*) kullanımı ile konstrüktif detaylandırmada hava sızıntılarına yönelik önlemlerin alınması mümkün olabilmektedir. Özellikle soğuk iklim koşullarında yapı kabuğunun iç yüzeyinin hava bariyeri ve buhar dengeleyici olarak görev görmesinin sağlanması önerilmektedir (Freedman, S.,1989). Bu amaçla panel iç yüzeyinde kullanılan alçı panonun birleşim derzlerinde ve duvar-döşeme ve duvar-tavan birleşimlerinin mutlak suretle hava sızdırmazlığının sağlanması gerekmektedir (Freedman, S.,1989). Bunun gerçekleştirilemediği koşullarda paneller, su buharı geçişine izin veren ancak hava geçişini engelleyen sürekliliği sağlanmış bir katman yardımı ile dışarıdan kaplanmalıdır.

c. Isıl denetim

Masif ahşap taşıyıcılı panellerin iç ve dış ortamlar arası mekan sınırlayıcısı olarak kullanıldığı koşullarda, kabuktan gerçekleşecek ısı kaybının önüne geçilebilmesi için panel bünyesinde ısı iletkenlikleri düşük olan ısı yalıtım malzemeleri kullanılmaktadır. Konstrüksiyon olanak ve tercihlerine bağlı olmak üzere bu malzemeler; taşıyünü, cam yünü gibi mineral esaslı şilte yalıtım malzemelerinin yanı sıra XPS, EPS vb gibi kapalı gözenekli ısı yalıtım levhaları olabilmektedir. Mineral esaslı yalıtım malzemeleri kullanılırken konstrüktif kararlar çerçevesinde dikkat edilmesi gereken en önemli nokta; bu

tür malzemelerin yapısal özellikleri nedeni ile yağış ve yoğunlaşma suyunun neden olduğu ıslanma sorunları için etkili önlemlerin alınması gerektiğidir. Panel bünyesinde ısı yalıtım katmanının yer alması, panel iç ve dış yüzeyi arasında yüksek sıcaklık farkına neden olmasından dolayı ısı köprülerinin oluşumu sorununu daha önemli hale getirmektedir. Çünkü söz konusu bu bölgeler, ısı yalıtımı içermeyen bir kabuk bileşenine kıyasla ısı kaybı ve yoğunlaşmaya dayalı sorunları daha fazla içermektedir. Bölüm II Çizelge 2.3’de görüldüğü üzere masif ahşap taşıyıcı elemanların bu konudaki avantajlarının bilinmesine rağmen incelenen bazı örneklerde bu konuda alınmış ek konstrüktif önlemlerin yer aldığı görülmektedir.(Bkz. Çizelge 4.3-Örnek 3)

Panel bünyesinde ısı yalıtım malzemesinin kalınlığı, yapının bulunduğu bölgenin iklimsel verileri çerçevesinde hesaplanarak belirlenmekte, ve o bölgenin yerel kısıtlamalarında, yapı kabuğunda kullanılacak olan bileşenin sahip olması gereken ısı geçirgenlik direnci değerleri belirlenmektedir. Ülkemiz koşullarında yapı bileşenlerinin sahip olması gerekli minimum ısı geçirgenlik dirençlerine ait değerler TS 825’de (TSE, Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, 1998) yer almaktadır. Bu kapsamda, bölgelerin iklimsel koşulları gözetilerek Türkiye iklim bölgeleri haritası tespit edilmiş ve iklimsel koşullar gözetilerek belirlenen dört ana bölgeye ilişkin yapı bileşenlerinin sahip olması gerekli minimum ısı geçirgenlik direnci değerleri saptanmıştır (Bkz. Çizelge 4.2).

Çizelge 4.4. Dış duvarların iklim bölgelerine göre sahip olması gerekli ısı geçirgenlik direnç değerleri. (TS 825-Nisan,1998)

	Isı Geçirgenlik Direnci* (m ² K /W)			
	I. Bölge	II. Bölge	III. Bölge	IV. Bölge
Dış Duvarlar	1.25	1.66	2.00	2.50

* Çizelgedeki değerler TS-825’de tavsiye edilen ısı iletim katsayılarının (U), ısı geçirgenlik direnci (1/U) karşılıklarıdır.

EK-2’de yer alan Araştırma Föyü AF-1’ de çeşitli tipte katman yapısına sahip duvar konstrüksiyonlarının ısı geçirgenlik dirençleri yer almaktadır. Elde edilen sonuçların TS 825’de öngörülen değerlerle karşılaştırıldığında taşıyıcı nitelikli yalıtımlı kompozit panellerin sahip olduğu 3.64 m²K/W, ve masif ahşap taşıyıcılı panellerin sahip olduğu 3.04 m²K/W’ lik ısı geçirgenlik direnci değerlerinin, her dört iklim bölgesi için TS 825’de belirlenen yapı kabuğunda görev üstlenecek bir dış duvar bileşeninin sahip olması gerekli minimum ısı geçirgenlik direnci değerlerinin üzerinde olduğu görülmektedir.

d. Su buharı denetimi

Bir kabuk bileşeninde havanın kütle hareketi sebebi ile gerçekleşen nemlenme, buhar difüzyonu, ısı köprülerinin neden olduğu çiğleşme-terleme ve hava sızıntıları nedeni ile olmak üzere üç yolla gerçekleşmektedir. İç ortam dış ortam arasındaki sıcaklık ve basınç farkı nedeni ile panel bünyesinden gerçekleşecek olan su buharı akımının kontrol altına alınması, yoğunlaşma ve yoğunlaşmaya dayalı yapı hasarlarına sebep olabilmesinden dolayı panel bileşenin fonksiyonunu sürdürebilmesi açısından önem taşımaktadır. Bu amaçla yapılacak buhar difüzyon hesapları doğrultusunda dolgu paneller ya da havalandırılmayan masif ahşap taşıyıcılı paneller gibi bünyesinde hava

boşluğu bulundurmeyen panel bileşenlerde panel bünyesinde gerçekleşecek buhar akışını azaltılması ya da tamamen durdurulması amacı ile panelin ısı yalıtımının iç tarafına buhar kesici membranların, çift cidarlı panel bileşenlerde ise panel katmanlarının buhar difüzyon dirençlerinin kabuğun sıcak kesiminden soğuk kesimine doğru azalacak şekilde yerleştirilmesi uygun olacaktır. Buhar difüzyonunun engellenmesinin amaçlandığı koşullarda, uygulama kolaylığı sebebi ile alüminyum, bitüm ya da lateks. solüsyonlu boyalar kullanılabildiği gibi bakır ve alüminyum folyolar ile polietilen film levhalar da kullanılabilmektedir. Ancak ahşap malzemenin daha önce değinilen “çalışma” (peşlenme) özelliği dikkate alındığında, panelde meydana gelebilecek deformasyonların buhar kesici katman üzerinde yüzey gerilmeleri yaratarak membrana zarar vermesinin önlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla buhar kesici membran olarak yüzey esneme kabiliyeti yüksek olan polietilen film levhaların tercih edilmesi yararlı olacaktır.

Panel bünyesinde oluşabilecek ısı köprüleri de, panelde düşük yüzey sıcaklığına sahip soğuk alanlar yaratarak bileşen yüzeyinde terlemeye neden olabilmesinden dolayı kabukta nemlenmeye neden olan bir diğer faktör konumundadır. Söz konusu ısı köprüleri, ana taşıyıcıların ve panel konstrüksiyon elemanlarının panel bünyesinde yer alan ısı yalıtım tabakasının sürekliliğini kesintiye uğratması, ya da panel bağlantı elemanlarının soğuk kesimden sıcak kesime ısı transferi gerçekleştirmesi sebebi ile oluşmaktadır. EK-2’de sunulan Araştırma Föyü-2’de görüldüğü üzere masif ahşap taşıyıcılı bir panelde strüktürel gereklilikler çerçevesinde panel konstrüksiyon elemanlarının paneldeki yatay izdüşüm alanı, panel yüzeyinin yaklaşık % 20’ si kadar olmaktadır. Ahşap malzemenin ısı iletkenliğinin düşük olması sebebi ile (Bkz. Çizelge 2.3.) bu husus genellikle ihmal edilebilmekte ancak özellikle soğuk iklimsel koşullarda panel bünyesinde ısı yalıtımının etkinliğini azaltıcı etkisi ve panel taşıyıcılarının sebep olduğu lineer ısı köprülerinin, buhar

basıncının yüksek olduğu panel iç yüzeylerinde terlemeye neden olabilmesinden dolayı önem kazanmaktadır.

Panel iç yüzeylerinde oluşabilecek terlemenin önlenmesi amacı ile iç yüzey sıcaklığının artırılmasına yönelik önlemlerin alınması gerekmektedir. Bu noktada; önceki bölümde değinilen panelin ısı korunum düzeyinin artırılması ve ısı köprülerinin azaltılmasına yönelik önlemler önem kazanmaktadır. İç ortamın bağıl neminin azaltılması, çığlaşma yüzeylerinin yapay olarak ısıtılması ve/veya havalandırılması gibi aktif önlemler de bu amaçla alınacak tedbirler arasında yer almaktadır. Özellikle hafif konstrüksiyonlu yapılarda panel bileşenlerin düşük kütleyle sahip olmaları nedeni ile yararlı nem depolama kapasiteleri düşük olmaktadır. Bu sebeple yukarıda belirtilen önlemlerin yanısıra panel iç yüzeylerinde nem depolama ve depolanan nemi iç ortama geri verme kapasiteleri yüksek türde bitirme malzemelerinin (alçı, kireç sıva v.b.) kullanımı önem taşımaktadır.

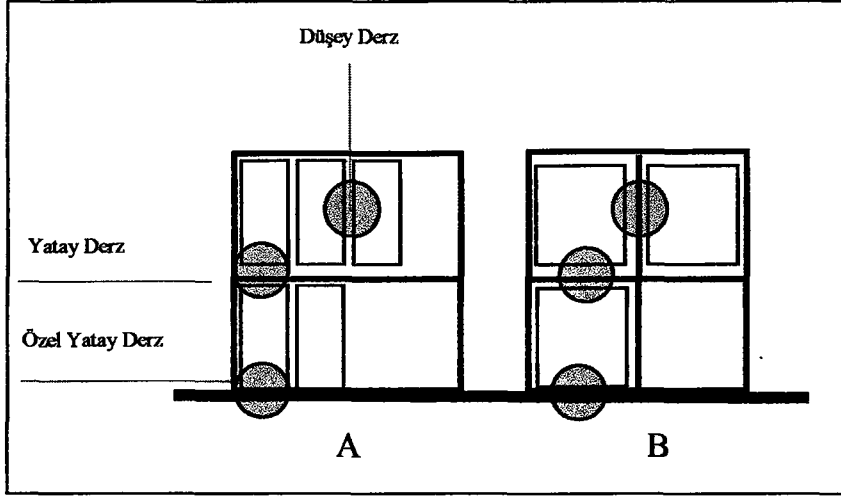
Özellikle panel birleşim noktalarından gerçekleşecek hava sızıntılarının engellenmesi de özellikle soğuk iklimsel koşullarda bağıl nemi yüksek olan iç ortam havasının kabuk dışına sızarak yoğunlaşma ve buna dayalı sorunlara neden olabilmesi nedeni ile su buharı denetimi üzerinde etkin rol oynamaktadır. Bu amaca yönelik olarak özellikle panel birleşim derzlerinin hava sızdırmazlığı sağlanmalıdır. Çift kabuklu panel bileşenlerde hava sızdırmazlığının sağlanabilmesi amacı ile panel dış yüzeyleri ve panel birleşim derzlerinin buhar geçişine engel olmayacak kesintisiz bir katman ile dışarıdan kaplanarak iç ve dış ortamlar arası hava hareketinin önüne geçilmelidir.

Su buharı denetimi açısından önem taşıyan bir diğer nokta; elektrik, ısıtma tesisatı gibi yapıya ilişkin donanımların buhar kesici katmanının sürekliliğini engellemesi ve panel bünyesinde buhar denetimi yönünden zayıf alanlar

yaratmasıdır. Bu durumun önlenmesi için mastik ve silikon gibi elastik dolgu malzemesi uygulamalarıyla bu tür alanların sızıntılara sebep olmasını engelleyici önlemlerin alınması yararlı olacaktır. Diğer taraftan yukarıda sözü edilen tüm önlemlerin etkili olabilmesinin, söz konusu uygulamaların son derece hassas bir işçilikle, uygulama tekniğinin gereklilikleri çerçevesinde gerçekleştirilmesine bağlı olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.

4.3.2.3. Dış duvar panellerin taşınması

Dış duvar panellerin taşınması, yapının tek ya da çok katlı oluşuna bağlı olarak taşıyıcı sistem özellikleri çerçevesinde değişik şekillerde gerçekleştirilmektedir. Panelin strüktürel sistemden bağımsız olarak bir dolgu elemanı niteliğinde olduğu koşullarda, strüktürel sistem yatay açıklığı standart panel boyutundan büyük ise panellerin taşınması üst ve alt başlıklar doğrultusunda yani düşey konumda olmaktadır (Şekil 4.17.-A). Bu durumda panelin alt başlığa oturtularak üst başlığa ya da kirişe asılması yaygın olarak görülen bir uygulama türüdür. Strüktürel sistemde düşey taşıyıcı aralıkları panel boyutları esas alınarak belirlenmiş ise panellerin alt başlığa oturtularak düşey taşıyıcı elemanlara taşınması söz konusu olmaktadır. (Şekil 4.17.-B) Bu esaslar doğrultusunda ahşap panel bileşenlerin bağlantılarının, panel-zemin birleşimi, panel-taşıyıcı birleşimi (düşey/yatay) ve panel-panel birleşimi olmak üzere üç şekilde gerçekleştirilebileceği görülmektedir.



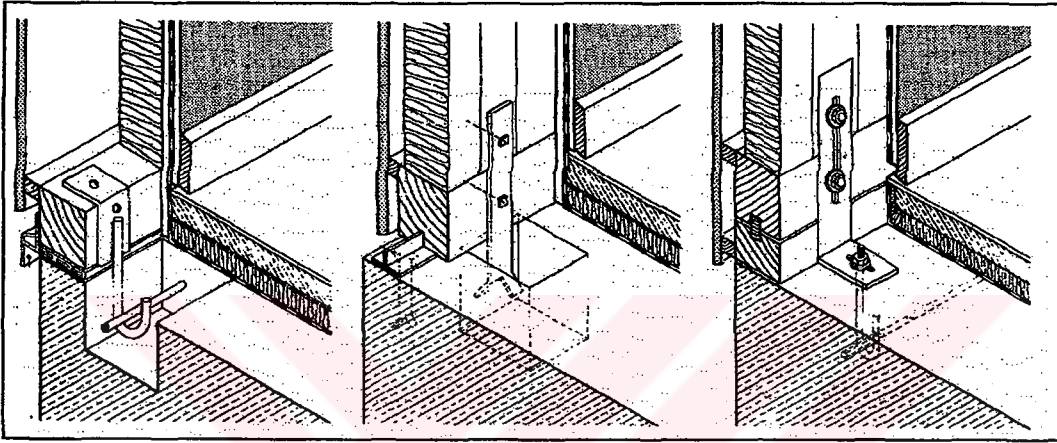
Şekil 4.17. Panel birleşim tipleri

a. Panel-zemin birleşimleri

Masif ahşap taşıyıcılı panel sistemlerde temel ve zeminin betonarme olması ahşap panel ile beton yüzeyinin birleşim sorunları özel olarak önlem alınması gereken noktalar olarak göze çarpmaktadır. Özellikle zemin hatılının üzerinde yer alan yatay eleman ve panelin alt kaydının yağış suyu ve rutubete karşı korunması, elemanların bu sorunlara dayalı hasara uğraması durumunda değiştirilmesindeki güçlükler nedeni ile önem taşımaktadır. Bu amaçla söz konusu elemanların mutlak suretle emprenye işlemlerinden geçirilmesinin yanısıra panel bağlantılarının yapıldığı hizanın yapının zemin kotundan yüksekte yer alması tavsiye edilmektedir. Bu konuda Alman DIN 68800-2 standardı söz konusu yüksekliği min. 30 cm. olarak belirlemekte ve bu sıçrama bölgesinin yığma teknikte ya da betonarme olarak oluşturulmasını öngörmektedir. (Goetz,K., 1992)

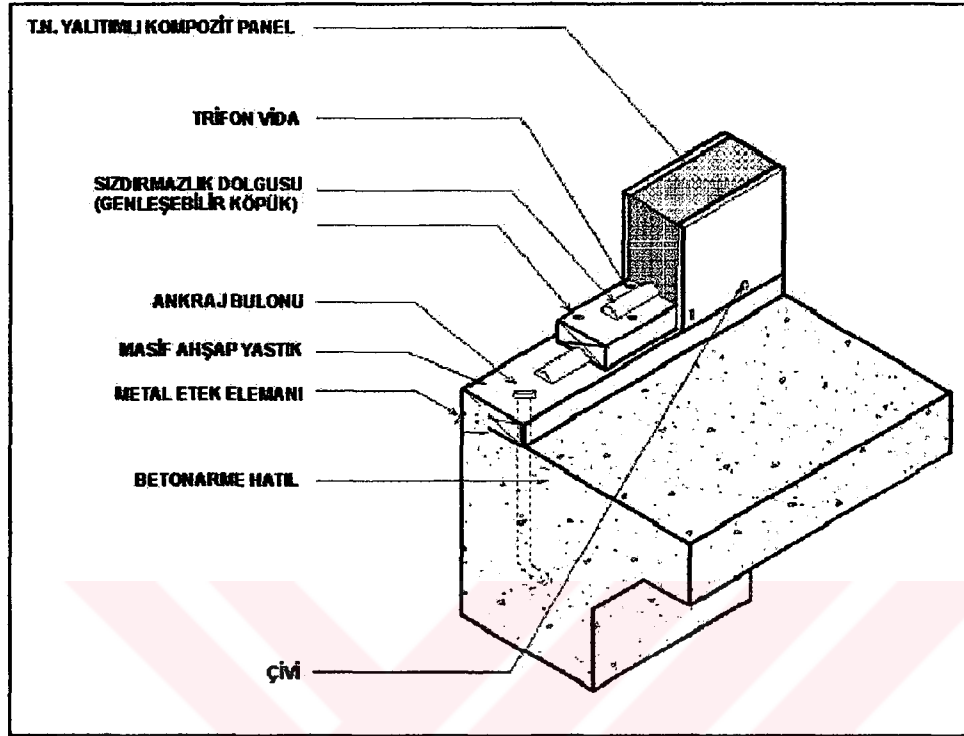
Masif ahşap taşıyıcılı panellerin taşınması, panel iskeletinin alt ve üst başlığı ile panel ana dikmelerinin metal ankraj elemanları yardımı ile alta zemin

hatılına, üstte ise ana taşıyıcıya tespit edilmesi ile gerçekleştirilir (Goetz,K., 1992). (Bkz. Şekil 4.18) Panelin alt ve üst noktalarından taşıyıcı sisteme ve zemine tespit edilmesi ile yatay derzler strüktürel bağlantı gereksinimlerinden bağımsız hale gelmektedir.



Şekil 4.18. Masif ahşap taşıyıcılı panel-zemin bağlantı şekilleri
(Goetz, K.H.; Hoor D. and Moehler K., 1992)

Taşıyıcı nitelikli kompozit panellerde ise yatay hizadaki bağlantılar, panelin altında ve üstünde sürekli olan ve yalıtım tabakası kalınlığındaki masif ahşap elemana strüktürel nitelikli yapıştırıcı ve çivi ile tespit edilmek suretiyle gerçekleştirilmektedir. Zemin hatlı üzerinde bütün cephe boyunca devam eden bu eleman yaklaşık 150 cm. ara ile betonarme hatla çelik dübeller ankre edilmektedir (Şekil 4.19.).



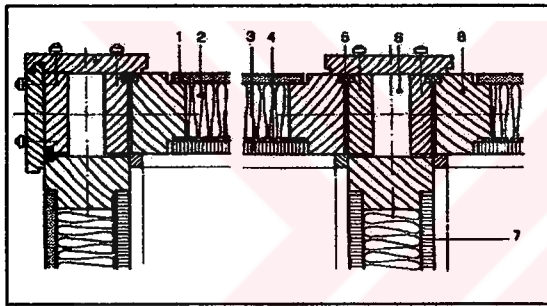
Şekil 4.19. Taşıyıcı nitelikli kompozit panel-zemin bağlantısı (Murus,1998)

Birleşimleri bu şekillerde gerçekleştirilecek taşıyıcı nitelikli paneller için birleşim derzlerine ilişkin esaslar CABO (Council of American Building Officials) tarafından belirlenmiştir (CABO/NER-467). Buna göre Bölüm 4.3.2.4’de ayrıntılı olarak değinileceği üzere özellikle panelin düşey ve yatay birleşim derzlerinde 3 mm. (1/8’’) genleşme derzi bırakılması öngörülmektedir. Ayrıca panel bağlantılarında kullanılacak çivilerin de min. 64 mm. boyunda, panel kenarlarından min. 10 mm. (3/8’’) uzaklıkta ve yaklaşık 15 cm. ara ile yer alması gerektiği yine NER-467’de belirtilmektedir.

b. Panel-panel ve panel- taşıyıcı birleşimleri

Masif ahşap taşıyıcılı panellerin birleşimleri, malzeme ve konstrüksiyon tercihlerine bağlı olarak farklı şekillerde gerçekleştirilebilmektedir. Aşağıda yer alan şekillerde sık rastlanılan masif ahşap taşıyıcılı panellerin birleşim şekillerine ilişkin örnek gösterimler yer almaktadır. (Şekil 4.20., 4.21., 4.22., 4.23.) (Goetz, K.H., Hoor D. , Moehler K., 1992) .

Örnek: Masif Taşıyıcılı Ahşap Panel-1

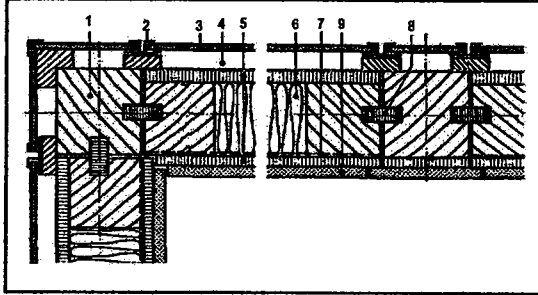


- 1 Çimentolu yonga levha
- 2 Isı yalıtımı (Taş yünü)
- 3 Ahşap yonga levha
- 4 Buhar kesici
- 5 Baskı fitili
- 6 Kapak elemanı
- 7 İç duvar paneli
- 8 Çerçeve elemanı

Şekil 4.20.

Yukarıdaki şekilde görülen sistemde paneller, havalandırılmayan panellere örnek oluşturmaktadır. Bu sistemde paneller birleşimlerinde boşluk kalacak şekilde metal plakalar yardımı ile bulonlanarak sabitlenmektedir. Panellerin bağlanmasını takiben boşluklar yerinde ısı yalıtımı uygulamasıyla doldurulmaktadır. Bu sistemde genleşmeye dayalı deformasyonlar neticesinde panelin dış kaplamasının panel taşıyıcıları ile birleşimleri yağış suyu ve higro-termik denetim açısından zayıf bölgeler haline gelmektedir. Ayrıca panel iskeletini oluşturan elemanların dış ortam koşullarına açık olması, panelin zamanla uğrayabileceği deformasyon sebebi ile bitirmeler sistemine ait sorulara neden olabilmesinden dolayı elemanların korunması amacı ile özel önlemlerin alınmasını gerektirmektedir. Sistem, panel birleşimlerinde ısı yalıtımının ve buhar kesicinin sürekliliğini kesilmesi gibi olumsuzluklar içermektedir.

Örnek: Masif Taşıyıcı Ahşap Panel -2

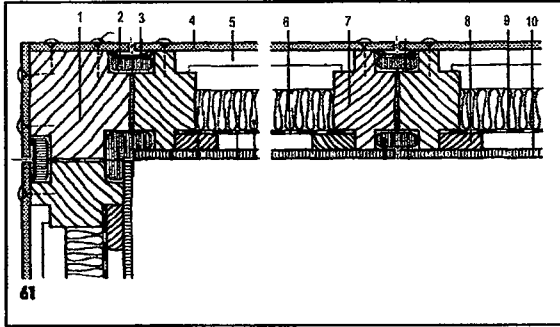


- 1 Köşe dikmesi
- 2 Metal kapak elemanı
- 3 Çimentolu yonga levha
- 4 Havalandırma boşluğu
- 5 Yönlendirilmiş talaş levha (OSB)
- 6 Isı yalıtımı
- 7 Buhar kesici
- 8 Sert ağaç kınış elemanı
- 9 Alçı pano

Şekil 4.21.

Bu sistemde ise masif ahşap taşıyıcı paneller panel kalınlığı ile aynı ebatlarda masif ahşap dikmeler yardımı ile birleştirilmektedir. Dikmeler ve panel dikmeleri üzerinde bulunan kanallara panelin tespit edilmesi aşamasında sert ağaç ya da metal kınış elemanları yerleştirilmektedir. Yukarıda yer alan panel birleşim şekli panelin çift cidarlı katman yapısına sahip olması nedeni ile su yalıtım tabakasının sürekliliği ve önceki bölümlerde değinildiği üzere hava sızıntılarının önlenmesi ve kabuğun nem dengesinin kurulabilmesi çerçevesinde avantajlar içermektedir. Ancak şekilde de görüldüğü gibi sızdırmazlık önlemlerinin tek noktada alınabilmesi nedeni ile kontrolsüz hava sızıntıların tam olarak önüne geçilebilmesi güçleşmektedir. Ayrıca dış cephe kaplamasının panel bünyesine şantiyede tespit edilmesi zorunluluğu, aynı şekilde buhar kesici membranın sürekliliğinin sağlanması amacı ile iç yüzey kaplamasının yerinde monte edilmesi, uygulama süresini uzatıcı etkenler durumundadır.

Örnek: Masif Taşıyıcılı Ahşap Panel -3

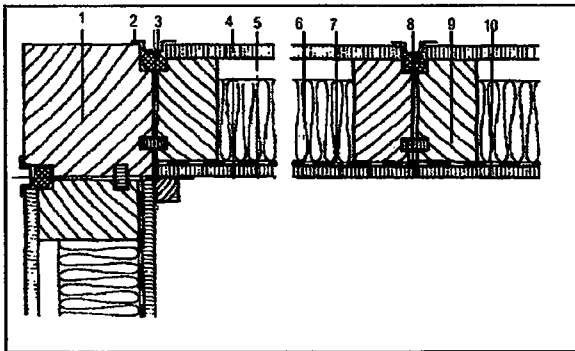


- 1 Köşe dikmesi
- 2 Neopren fitil elemanı
- 3 Sert ağaç çıta
- 4 Çimentolu yonga levha
- 5 Havalandırma boşluğu
- 6 Isı yalıtımı (Taş yünü)
- 7 Panel çerçeve elemanı
- 8 Düşey çıta
- 9 Buhar kesici
- 10 Yonga levha

Şekil 4.22.

Bu örnekteki panel birleşim şekli, tek cidarlı katman yapısı olan havalandırılan panel birleşimlerine bir başka örneği oluşturmaktadır. Bu sistemde panel birleşimlerinde sert ağaç kınış elemanları ve bu elemanların üzerinde dış cephe kaplamasının arkasında neopren fitil kullanılmaktadır. Bu örnekte de cephe kaplamasının arkasında yer alan su yalıtımının kesintisiz uygulanabilmesi dış cephe kaplamasının panele sonradan montajını gerektirmektedir. Panel birleşimlerindeki sızdırmazlık bu örnekte de tek kademeli olarak gerçekleştirilmektedir. Birinci örnekte olduğu gibi bu örnekte de ısı yalıtımı ve buhar kesici katmanının sürekliliği panel birleşim noktalarında kesilmektedir.

Örnek: Masif Taşıyıcılı Ahşap Panel -4



- 1 Köşe dikmesi
- 2 Metal kapak elemanı
- 3 Sızdırmazlık fitili
- 4 Kontrplak cephe kaplaması
- 5 Havalandırma boşluğu
- 6 Isı yalıtımı (Taş yünü)
- 7 Buhar kesici
- 8 Sert ağaç kınış elemanı
- 9 Panel çerçeve elemanı
- 10 Yonga levha

Şekil 4.23.

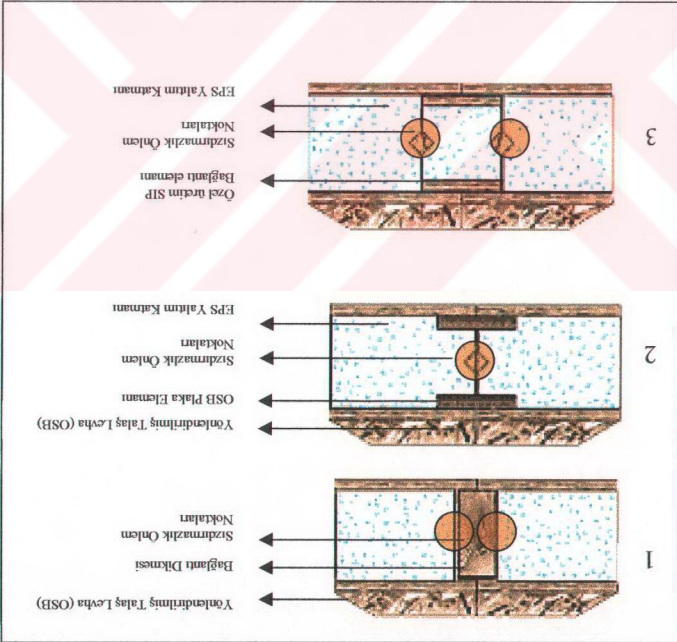
Şekilde de görüldüğü gibi birleşim derzlerindeki sızdırmazlığı sağlamak amacıyla elastik fitiller kullanılmış ve bu fitiller metal kapak elemanları ile dış

hava koşullarından korunmuştur. Bu kapak elemanlarının bir diğer görevi de fitil üzerinde baskı alanı yaratmaktır. Ancak hava sızdırmazlığını sağlayabilmek açısından en etkili çözüm daha önce de belirtildiği gibi sızdırmazlık için kullanılan fitillerin yanı sıra özellikle soğuk iklimsel koşullarda yapı dış kaplamasının altında buhar geçişine engel olmayacak özellikte hava bariyeri görevi gören bir membranın kesintisiz olarak yer almasıdır. Kimi uygulamalarda bu koşulun yerine getirilebilmesi amacı ile panellerin dış yüzey kaplamasının şantiyede gerçekleştirilmesini zorunlu hale gelmektedir. Aynı şekilde panelin iç yüzeyinde bulunan buhar kesici membranın kesintisiz uygulanması gerekliliği çerçevesinde iç yüzey bitirme malzemesinin panellerin monte edilmelerinden sonra uygulanması kaçınılmaz olmaktadır. Yerinde uygulamaya dayalı bu tür teknikler küçük boyutlu paneller ile yapı üretiminde ileri düzeyde prefabrikasyon olanağını ortadan kaldırmakta bu durum ise bu tür panel sistemlerin etkinliği üzerinde sınırlayıcı etki yaratmaktadır.

Taşıyıcı nitelikli kompozit paneller (SIP) ise, yapay ahşap levha boyutlarına bağımlı almak kaydı ile mekanın boyutsal özelliklerine göre istenen boyutlarda üretilibilmeleri sebebiyle düşey derz oluşturmaksızın tek parça cephe elemanı olarak kullanılabilir. Bu sebepten dolayı cephe bütününde kontrol altına alınması zorunlu olan birleşim derzi sayısı azalmaktadır. Panel boyutlarına bağlı olarak düşey derz olduğu koşullarda panel birleşimleri aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi dikmeli, çift plakalı ve panelli olmak üzere üç ayrı şekilde yapılabilmektedir. (Bkz. Şekil 4.24.)

Yukarıdaki şekillerde de görüldüğü gibi yalıtım katmanının kalınlığı ile aynı genişlikte tek ara dikmenin yalıtım katmanında panel üretimi sırasında bırakılan boşluklara yerleştirilmesi (1) ile panellerin birleşimi yapılabildiği gibi konduktif ısı kaybının önüne geçilebilmesi için birleştirici plaka eleman gibi konduktif ısı kaybının önüne geçilebilmesi için birleştirici plaka eleman (2) ya da yalıtım katmanı kalınlığında özel olarak üretilen SIP panel parçaları (3) yardımı ile de bağlantı yöntemi de tercih edilebilmektedir. Yukarıdaki göstերimlerden de anlaşılacağı gibi birleşimleri 2 ve 3 no.lu şekildeki gibi gerçekleştirilen panellerde ısı yalıtım katmanının sürekliliğı sağlanmaktadır.

Şekil 4.24. Taşıyıcı nitelikli kompozit panellerin birleşim şekilleri



Panel birleşimlerinde, yapıda gerçekleşen toplam ısı kaybı üzerinde oldukça etkili ve yoğunlaşmaya dayalı yapı hasarlarına neden olan hava sızıntılarının önüne geçilmesi amacıyla birleştirici eleman boyunca elastik silikon ya da akrilik lateks sızdırmazlık dolgusunun kesintisiz uygulanması gerektiği belirtilmektedir (CABO/NER-467). Birleşimleri bu şekilde gerçekleştirilen taşıyıcı nitelikli kompozit paneller ile oluşturulmuş kabuk konstrüksiyonunun etkin bir düzeyde sızdırmazlık değerine sahip olduğu yapılan testler neticesinde belirlenmiştir. Bu konuda Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan çalışmalar ile taşıyıcı nitelikli kompozit paneller ile oluşturulmuş yapı dış kabuğunun 1 saatteki hava değişim oranının 0.21 olduğu belirlenmiştir. (FSEC-Florida Solar Energy Center,1994) Bu değerin ASHRAE 62-1989'da (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) alt sınır olarak önerilen 0.35 değerinden de düşük olması dikkat çekici niteliktedir (SIPA,1994).

Panel birleşimlerinde tercih edilen yöntemler, birleştirme elemanlarının ve derz dolgu malzemelerinin niteliksel gelişimine paralel olarak değişebilmektedir. Ancak yine de, gerek malzeme teknolojisinde gerekse uygulama tekniklerinde görülen değişimler uygulama kalitesinin birleşim derzinin performansı üzerindeki etkisini azaltmamaktadır. Bu sebeple uygulamanın hassas bir işçilik ve uygulama tekniğinin gereksinimleri doğrultusunda gerçekleştirilmesi zorunludur.

c. Bağlantı elemanı özellikleri

Panel bileşenin görev göreceği konumda sabitlenmesi görevi taşıyan metal bağlantı elemanlarının aşağıda sıralanan genel niteliklere sahip olması gerekmektedir.

a. Dayanım

Bağlantı metodunun sistemdeki deformasyona dayalı gerilmelere ve rüzgar-sismik kökenli kuvvetler gibi değişken karakterdeki yüklere karşı mukavemeti.

b. Esneklik

Özellikle ahşap malzeme için oldukça önemli bir özellik olan genleşme ve deformasyona dayalı sistem hareketlerinin taşınma gereksinimleri çerçevesinde tolere edebilmesi,

c. Dayanıklılık

Bağlantı elemanının dış hava koşullarına ekspoz olmasından neticesinde eleman bünyesinde oluşabilecek korozyon riski taşınamaması,

d. Yangın dayanımı

Kullanılan bağlantı elemanının yangın koşullarında panelin tamamen hasara uğramasından önce bağlantı noktalarının taşıma görevini sürdürebilmesi , bu amaçla bağlantı elemanlarının mutlak suretle kaplanarak yangından etkilenme süresinin uzatılması,

e. Montaj koşullarına uygunluğu

Bileşenin montaj süresinin kısaltılması amacı ile panel birleşim tiplerinin, derz dolgu malzemesi çeşitlerinin vs. standardize edilmesidir.

Panel birleşimlerinde kullanılan bağlantı elemanlarının korozyona karşı korunması amacıyla hava ve nem ile irtibatlarının kesilmesi gerekmektedir. Bu amaçla kullanılacak bağlantı elemanının;

- a.Pasa karşı boyalarla boyanması,
- b.Çinko katkılı maddeler ile yüzeylerinin kaplanması,
- c.Kromat veya kadmium ile kaplanması,
- d.Galvaniz kaplanması,
- e.Epoksi kaplanması,
- f.Paslanmaz çelik elemanların kullanılması,

yöntemlerden birisi tercih edilerek, şantiye uygulamalarının bu metodların gerektirdiği tekniğe uygun olarak gerçekleştirilmesi gerekmektedir (Freedman, 1989).

Bağlantı elemanının bir bölümü dış ortam koşullarının etkisi altında ise dikkat edilmesi gereken nokta; elemanın yüzey ısısının düşüklüğü nedeni ile eleman yüzeylerinde terlemenin meydana geleceğidir. Bu durumun önüne geçilebilmesi için panel bağlantılarının, montaj imkanlarının el verdiği ölçüde panelin sıcak olan iç tarafından yapılması, bu koşul sağlanamıyorsa bağlantı elemanının yerinin dış ortam ile iç ortam arasında ısı transferi gerçekleştirmeyecek şekilde belirlenmesi yararlı olacaktır.

4.3.2.4. Dış duvar panellerinde derz oluşumu ve denetimi

Derzler; yapım (kontrol) derzleri, sismik derzler, dilatasyon derzleri ve bileşen genleşme derzleri olmak üzere dört ana grupta sınıflandırılmaktadır (Mehta,1997). Bu tez kapsamında söz konusu derzlerden bileşen genleşme derzleri, ahşap dış duvar panellerin birleşimleri çerçevesinde incelenecektir.

a. Derz aralığının belirlenmesi

Montaj için gerekli tolerans boşlukları, panellerin ortamın sıcaklık değişimleri neticesinde genleşme özellikleri, ve elastik derz dolgu malzemesinin özellikleri, paneller arasındaki derz aralıklarının belirlenmesi konusunda temel belirleyici konumundadır. Ahşap panel bileşenler ile ilgili bu konuda kesin hatları ile belirlenmiş kriterlere rastlanılmamasına rağmen ahşap malzemenin sıcaklık değişimleri karşısındaki genleşme özelliği göz önüne alınırsa aşağıda yer alan örnekteki hesaplama yöntemi ile masif ahşap taşıyıcılı panellerin birleşimlerindeki derz aralığının tespit edilmesine yönelik alt sınır belirlenebilir.

α_w : Ahşabın ısı genleşme katsayısı

l_1 : Çubuk elemanın başlangıçtaki boyu (cm)

l_2 : Çubuk elemanın son boyu (cm)

t_1 : İlk ortam sıcaklığı (C°)

t_2 : Son ortam sıcaklığı (C°)

olmak üzere;

$$l_2 = l_1 (1 + \alpha_w (t_2 - t_1)) \quad \text{bağıntısından}^{13}$$

α_w : 0,0000649 Kestane cinsi için (Lif yönünde)

l_1 : 275 cm. (Ortalama panel yüksekliği)

l_2 : -

t_1 : 10 (C°)

t_2 : 35 (C°) değerleri için:

$$l_2 = l_1 (1 + \alpha_w (t_2 - t_1))$$

$$l_2 = 275 (1 + 0,0000649 (35 - 10))$$

$$l_2 = 275 \cdot 1,0016225$$

$$l_2 = 275,45 \text{ cm olmaktadır.}$$

A= Uzama miktarı : 4,5 mm

Bu örnekte de görüldüğü üzere montaj için gerekli tolerans boşluk gerekliliğinden bağımsız olarak ahşap panelin genleşme özelliği göz önüne alındığı takdirde min. 5 mm. derz aralığı bırakılmasının gerekli olacağı söylenebilmektedir. Ancak panel birleşimlerinde oluşacak olan derz aralığının belirlenmesi için montaj toleransı ve kullanılacak olan derz dolgu malzemesinin fiziksel özellikleri de dikkate alınmalıdır. Bu kapsamda, beton prefabrike panellerin birleşimlerinde derz aralığının belirlenebilmesine yönelik olarak aşağıda yer alan hasaplama yöntemi, formüle girdi veren faktörlerin ahşap paneller için de geçerli olması sebebi ile masif ahşap taşıyıcı panellerde derz aralığının tespiti için de kullanılabilir.

¹³ Termik genleşme katsayısına bağlı cismin uzama değeri (Berkel, A. , 1980)

Dolayısıyla;

J= Derz aralığı (min.)

X= Derz dolgu malzemesinin boyut değiştirme oranı (%)

A= Panelin hesaplanan boyutsal deformasyon hareketi (mm)

B= Montaj için gerekli tolerans (mm)

C= Diğer faktörler (Sismik ayarlamalar vs.) olmak üzere;

$$J = (100A) / X + B + C \text{ bağıntısından}^{14}$$

derz aralığının alması gereken değer tespit edilebilir.

Bu durumda;

X= % 25

A= 4,5 mm

B= 15 mm

C= 0 mm için;

$$J = (100 \cdot 4,5) / 25 + 15 + 0$$

J= 33 mm. değeri elde edilmektedir.

Bu noktadan hareketle; 125 cm. genişlikte ve 275 cm. yükseklikte, % 25 boyut değiştirebilme oranına sahip bir dolgu malzemesinin kullanılacağı, 25°C lik bir sıcaklık değişiminin söz konusu olduğu koşullarda, kestane cinsi ahşap taşıyıcılı bir panel bileşenin alt ve üstünde 16.5 mm., toplam 33 mm. lik yatay derz aralığına gereksinim duyduğu sonucuna ulaşılabilmektedir.

Taşıyıcı nitelikli kompozit panel konstrüksiyonunda ise masif ahşap taşıyıcı bulunmaması sebebi ile panelin boyutsal deformasyon hareketi yüzey elemanının genleşme özelliklerine bağlı olmaktadır. Bu tür panellerde yapay

ahşap levha elemanların kullanılması ve bu tür levha elemanların doğrusal ısı genleşme oranlarının Bölüm 3.2.1.'de belirtildiği gibi yaklaşık % 0,25 olması sebebi ile panel birleşimlerinde 250 cm. uzunluğundaki bir panel için gereksinim duyulan derz aralığı yaklaşık 4 mm. olmaktadır. Bu çerçevede söz konusu panellerle gerçekleştirilecek yapı konstrüksiyonunu düzenleyen CABO-NER-467'de de (Council of American Building Officials,1992) bu değer min. 3,175 mm.(1/8'') olarak belirlenmiş durumdadır.

b. Derz denetimi

Panel bileşenlerin birleşim derzlerinin dizaynı, özellikle panellerin yapı kabuğunda kullanıldıkları koşullarda yapı kabuğu sağlığı ve iç mekan konfor koşullarının korunması üzerinde etkili olmasından dolayı büyük önem kazanmaktadır. Bu birleşimler panel bağlantıları, boyutsal tolerans ve derz denetimi olmak üzere üç temel kriter gözetilerek gerçekleştirilmelidir. Bu noktadan hareketle panel birleşimleri, yapı kabuğunun sahip olmasının beklendiği performans gereklilikleri çerçevesinde üç temel probleme yanıt aranan bölgelerdir. Bunlar;

a. Panel bileşenin taşınması,

b. Panel bileşenin kabuk elemanı olarak kullanıldığı durumlarda ısı, yağış suyu, hava ve su buharı denetimi,

c. Panellerin birleşim derzlerinde oluşabilecek ısı değişikliklerinden kaynaklanan genleşmenin kontrollü olarak gerçekleştirilebileceği konstrüktif detaylandırmanın yapılmasıdır.

¹⁴ Freedman Sydney ,1989, Architectural Precast Concrete , Second Edition,s.187, Chicago.

Bu kapsamda derz denetimi ile ilgili performans gereklilikleri; yağış suyu sızdırmazlığı, hava sızdırmazlığı ve genleşme-deformasyon kontrolü olmak üzere üç ayrı grupta toplanabilmektedir. Yağış suyu sızdırmazlığı panel bünyesinde, dış yüzey kaplaması, derz dolguları ve panel yan yüzlerinde oluşturulacak drenaj kanalları ile sağlanılmaya çalışılırken, eksfiltrasyon ve infiltrasyona dayalı hava sızıntılarının engellenmesi de panel bünyesinde ve ağırlıklı olarak panel birleşim derzlerinde alınacak önlemler çerçevesinde gerçekleştirilmektedir. Bu konuda çift aşamalı derz denetimi, özellikle yapıya ait taşıyıcıların arasında yer alan ahşap taşıyıcılı panel birleşimlerinde etkin bir çözüm olanağı tanımaktadır. Çift aşamalı derz denetiminde yağış suyu panelin dış yüzey tarafında, hava sızdırmazlığı ise panelin iç yüzey tarafında olmak üzere derzde farklı noktalarda kontrol altına alınmakta ve bu noktalar arasında ise havalandırılmış ve drene edilmiş hava basıncının dengelendiği genleşme kanalı yer almaktadır.

Derz denetimi ile diğer bir kriter olan genleşme-deformasyon kontrolüne ilişkin gereklilik ise, panel bünyesinde masif ahşap taşıyıcı kullanıldığı koşullarda masif ahşabın Bölüm 2.2.2. ve Bölüm 2.3.4.'de değinilen ahşap malzemenin karakteristik özelliklerinden dolayı, birleşim derzinin boyutlandırılması üzerinde etkili olmaktadır.

Yaygın bir uygulama olmamakla birlikte panel taşıyıcılarının Bölüm 3.1.2.' de yer alan yapay ahşap çubuk elemanlardan oluşturulduğu koşullarda yapay ahşabın masif ahşaba kıyasla düşük doğrusal genleşme ve deformasyon değerleri, derz denetimi yönünden bu tür bileşenlere kullanım olanağı tanımaktadır.

Taşıyıcılık görevi olmayan panellerin birleşimlerinde özellikle birleşim derzi üzerinde basınç alanı oluşturmayan panel yan ve üst birleşim derzlerinde

sızdırmazlık sorunu önem kazanmaktadır. Bu amaçla masif ahşap taşıyıcılı panellerin düşeyde ve yataydaki birleşimleri mutlak şekilde elastik derz dolguları ile doldurulmaktadır. Bu dolguların dış hava koşullarının yıprandırıcı etkisine karşı pervaz, kapak gibi elemanlarla korunması mümkündür. Ancak masif ahşabın ısı değişimleri karşısında boyutsal deformasyona uğrama riski göz önüne alındığında, birleşim derzlerine müdahale gereksinimi halinde kolay ulaşılabilir bir konstrüksiyon kurgusunun benimsenmesi yararlı olacaktır. Genleşme koşullarında olduğu kadar, malzemenin nem oranı değişikliklerinden kaynaklanan deformasyonu durumunda da derzin esnek davranımı yukarıda sözü edilen performans gerekliliklerinin tümü üzerinde etkili olmaktadır. Söz konusu esnek davranımın sağlanabilmesi, yağış suyu ve hava sızdırmazlığının sağlanabilmesi amacı ile birleşim derzlerinde kullanılacak derz dolgu malzemesinin niteliğine bağlıdır.

c. Derz dolgu malzemeleri

Panel birleşimlerinde oluşacak olan derzlerin daha önce değinilen esaslar doğrultusunda sızdırmazlığının sağlanabilmesi amacı ile günümüzdeki uygulamalarda en yaygın kullanım alanı bulan derz dolgu malzemeleri, elastik dolgu malzemeleridir. Polisülfid (polysulfide), poliüretan (polyurethane), silikon ya da akrilik esaslı olabilen derz dolguları, ASTM-C962’de (ASTM-American Society for Testing and Materials) aşağıda yer alan kriterler çerçevesinde değerlendirilmektedir.

- a. Kuruma süresi
- b. Kullanım ömrü (Derz tasarımına bağlı olmak üzere)
- c. Uzama oranı
- d. Sıkışma direnci
- e. Esneme direnci

- f. Yırtılma ve kopma direnci
- g. Görev yaptığı sıcaklık aralığı
- h. Uygulama sıcaklık aralığı
- i. Havaya karşı direnci
- j. Suya karşı dayanımı
- k. Ultra-viyole ışın dayanımı (Dış ortama açık olduğu koşullarda)
- l. Uygulama derinliği

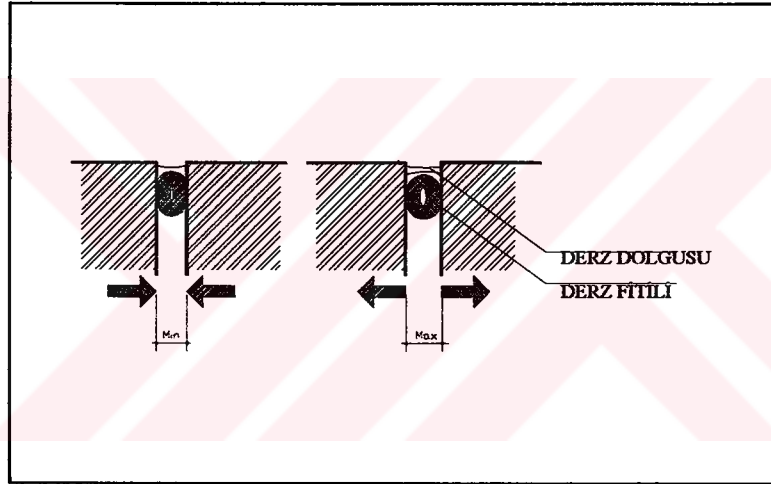
Değerlendirilmeleri yukarıda sıralanan kriterler doğrultusunda yapılan dolgu malzemelerinin seçimi yapılırken dolgu malzemesinin niteliğine ilişkin öncelikli olarak dikkat edilmesi gereken özellikler ise şunlardır;

- a. Panel elemanına aderans özelliği,
- b. Uygulama yüzeyinin gerektirdiği işlemler (Astar, yüzey dolgusu, vs.)
- c. Kullanılabilir sıcaklık aralığı,
- d. Kuruma özellikleri,
- e. Dış hava koşullarına dayanım özelliği,
- f. Elastiklik ve sıkışma özelliği.

Panellerin birleşim derzlerinde kullanılan elastik dolgunun uygulama kalınlığındaki sınırlılıklar çerçevesinde panel bileşenlerin genleşme özellikleri gözetilerek dolgu arkasında mutlak suretle uygun çapta derz fitilinin (*backer rod*) yer alması gerekmektedir. Söz konusu derz fitili, dolgu derinliğinin kontrol edilebilmesinin yanı sıra dolgu malzemesinin panel yüzeylerine kesintisiz olarak yapışmasına olanak tanımaktadır (Mehta,1997). Ayrıca derz fitili, derz dolgusunun uygulanma kalınlığının kontrol edilebilmesi ve özellikle tek aşamalı sızdırmazlık önlemleri alınmış derzlerde dolgu malzemesinin arka yüzeyinin rüzgar ve sıcaklık farkı sebebi ile oluşan buhar basıncı etkilerine karşı korunması çerçevesinde önem kazanmaktadır (CBD,1989). Derz fitilinin

derzdeki konumunun sabit tutulması amacıyla yönelik olarak panel yan yüzeylerinde fitilin oturtulabileceği kılavuz fugalarının yer alması birleşim derzi tasarımında dikkate alınması gereken bir noktadır.

Derz dolgusunun panel bünyesine aderansı üzerinde derz dolgu malzemesinin kalınlığı etkili olmaktadır. Bu sebeple derz dolgusu uygulamasında, dolgu malzemesinin uygulama derinliğinin, derz aralığından az olması sağlanmalıdır (Mehta,1997). (Bkz. Şekil 4.25.)



Şekil 4.25. Panel birleşim derzleri

Panel birleşimlerinin detaylandırılmasında dikkat edilmesi gereken bir diğer önemli husus ultra-viyole ışınlarının foto-oksidasyon sürecini başlatarak dolgu malzemesi üzerinde yıprandırıcı etkiye sahip olmasından dolayı birleşim derzlerinin üzerinin pervaz, kaplama ve kapak niteliğindeki elemanlarla kapatılması gerekliliğidir. Birleşim derzlerine uygulanan elastik dolguların uygulandığı koşullardaki mevsim sıcaklığı da uygulama açısından önem taşıyan bir konudur. Özellikle çok soğuk ve çok sıcak iklim koşullarında derz dolgusu uygulamasından kaçınmanın dolgu malzemesinin yapı bünyesindeki görev ömrünü uzattığı belirtilmektedir (CBD,1989).

Özellikle ahşap panelin deformasyon hareketi sırasında sızdırmazlık önlemlerinin etkinliğinin sürdürülmesi çerçevesinde panel birleşimlerinde kullanılacak dolgu malzemesinin panel yan yüzeyleri ile aderansının tam olarak sağlanabilmesi önem taşımaktadır. Özellikle panelin boyutlarının kısaldı derz genişliğinin arttığı soğuk hava koşullarında dolgu malzemesinin panel ile temas ettiği alanlarda yüksek gerilmeler oluşmakta ve bu gerilmeler dolgu malzemesinin panelden ayrılmasına sebep olabilmektedir. Bu durumun önüne geçilebilmesi için dolgunun uygulanacağı yüzeyin kuru ve dolgu malzemesinin panel ile aderansını önleyecek toz ve yabancı maddelerden arındırılmış olması gerekmektedir. Ayrıca panellerin yan yüzeylerinde yer alan masif ahşabın tekstürlü bir yüzeye sahip olması nedeni ile, birleşimlerde kullanılacak dolgu malzemesinin özelliğine göre panel yan yüzeylerinin yüzey dolgu işlemlerine tabi tutulması, derz dolgu malzemesinin panel ile temas yüzeyini arttıracığından dolgu ile panel aderansının sağlanması amacına yönelik olarak önem taşımaktadır.

Derz dolgu malzemesinin derz fitiline yapışmasının engellenmesi de dolgu üzerinde dengesiz ve bazı bölgelerde yoğunlaşan iç gerilmeler yaratacağından uygulama koşullarında dikkat edilmesi gereken bir diğer husustur. Bu amaçla derz fitilinin dolgu malzemesine bakan yüzeyinde aderans engelleyici önlemlerin (*bond breaker*) alınması gereklidir. (Mehta,1997)

5. SONUÇ

Ahşap malzeme, sahip olduğu özellikler nedeni ile yapı malzemesi olarak önemli bir yere sahiptir. Günümüz teknolojik olanakları çerçevesinde yapay ahşap elemanların kullanımı ile ahşabın yapım sürecindeki yeri yeniden ve daha geniş bir şekilde tanımlanmaktadır.

Geleneksel yapım metodları ile kıyaslandığında ahşap prefabrikasyona dayalı yapım sistemlerinde daha kısa yapım süresi, daha az malzeme ve enerji tüketimi, bu durumun doğal bir sonucu olarak da daha az bir yapım maliyeti söz konusu olmaktadır. Bu konuda yapılan analizler, geleneksel sisteme kıyasla prefabrike modüler ahşap panel bileşenlerle üretilmiş yapıların işgücü kullanımında % 56, masif ahşap kullanımında ise % 36 oranında tasarruf sağladığını ortaya koymaktadır. (Bkz. Çizelge 5.1.)

Çizelge 5.1. Yapım metodlarının malzeme ve işgücü kullanım oranları
(Forest Products Journal, v:25 No.7,1994)

Yapım Metodu	TÜKETİM		
	Ahşap	Kontrplak	İşgücü kullanımı (Saat)
Geleneksel Ahşap İskelet *	1.00	1.00	1.00
Modüler Panel	0.64	1.70	0.44
Modüler Hücre	0.69	1.55	0.61

* Geleneksel Ahşap İskelet yapım metoduna ilişkin değerler 1 .00 kabul edilerek diğer yapım metodları bu sabit oranla karşılaştırılmışlardır.

Yapı üretiminde prefabrike ahşap panel bileşenlerin kullanılmasının sağladığı avantaj ve olanaklar şunlardır;

- a. Maliyet üzerinde son derece etkili olan yapım sürecini kısaltmaktadır.
- b. Uzman ve deneyimli işçi gereksinimi duyulmamaktadır.
- c. Yapım sürecinin kısılgı nedeni ile prefabrike bileşen kullanımı sayesinde beklenmedik fiyat artışlarının önüne geçilmiş olmaktadır.
- d. Fabrika koşullarında üretim, standartlaşmış imalat ve denetim prosedürlerini içerdiğinden kalite kontrol olanağı yüksektir.
- e. Pazar koşulları, bileşen üreticisini ürünlerinde nitelikli malzeme kullanımına zorlamakta ve bir çok üretici ürünlerine elemanter kullanım garantileri vermektedir.
- f. Yapı üretim süreci içerisinde iklimsel koşullara bağlı kalınan tek süreç montaj sürecidir ki bu süreç de yapı yan endüstrisinin ve teknik donanımların gelişimi sonucu göz ardı edilebilmekte dolayısı ile iklimsel koşullara bağlı kalınmaksızın yapı üretimi gerçekleştirilebilmektedir.

Bunlara karşın; konut üretiminde bileşen kullanımının sahip olduğu dezavantajlar ise;

- a. Prefabrike bileşen kullanımı; tasarım esnekliği konusunda tasarımcıya sınırlamalar getirmektedir.

b. Büyük araçların ulaşım güclüğü, kullanılacak vinçlerin manevra olanaksızlığı vb. gibi şantiye koşullarından kaynaklanan sınırlamalar yapı üretim sürecini olumsuz yönde etkilemektedir.

Yapımda kullanılacak bir malzemenin üretim maliyeti o malzemenin kullanım olanakları üzerinde belirleyici faktörlerden birisidir. Üretim maliyeti üzerinde ise söz konusu malzemenin hammadde maliyeti ile o malzemenin kullanıma hazır hale getirilmesi için harcanan enerji bedeli etkili olmaktadır. Ahşap yenilenebilir nitelikte bir malzemedir. Gelişmiş ülkelerde olduğu gibi ülke düzeyinde yapılan planlamalar ile endüstriyel kullanım amacına yönelik olarak ahşap üretimi gerçekleştirilebilecektir. Bu koşul sağlandığı takdirde, maliyet üzerinde bir diğer etken girdi olan enerji kullanım oranının azlığı sebebi ile (Bkz. Çizelge 5.2. ve Çizelge 5.3.) ahşap malzemenin üretim maliyetinin azalacağı öngörülebilir.

Çizelge 5.2. Endüstri amaçlı hammadde üretimlerinin malzeme bazında kıyaslanması. (APA,1998)

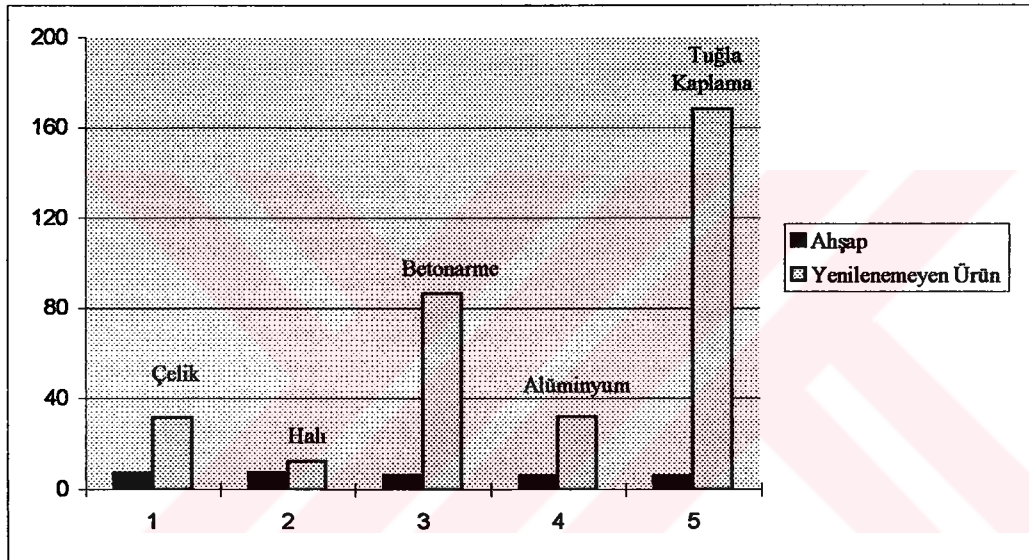
Malzeme	Üretim Oranı *	Enerji Kullanım Oranı** %
Ahşap	47	4
Çelik	23	48
Alüminyum	2	8

* ABD' de tüm üretilen hammaddeler içerisindeki yüzdeleri

** Hammadde üretimi için gerekli toplam enerji yüzdeleri

Çizelge 5.3. Ahşap ve yapay ahşap malzemeler ile diğer yenilenemez nitelikteki alternatiflerinin ton başına gereksinim duydukları enerji miktarları (million BTU oil) (Koch, P.,1998)

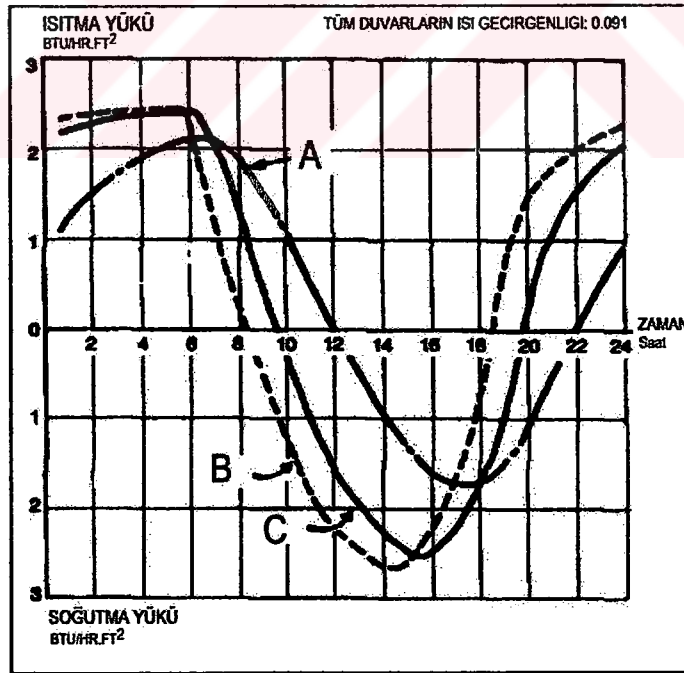
Ürün	Karşılaştırma	Ahşap	Yenilenemeyen Ürün
Döşeme Kirişlemesi	Ahşap - Çelik	7,2	31,5
Yüzey kaplaması	Ahşap - Halı	7,2	12,27
Döşeme Strüktürü	Ahşap kiriş - Betonarme	6,3	86,31
Yüzey kaplaması	Kontrplak - Alüminyum	6,00	32,00
Yüzey kaplaması	Kontrplak - Tuğla Kaplama	6,00	168,00



Yapı ölçeğinde ise; enerji korunumlu kabuk içeren tüm yapılar için yapının araziye yerleşimi, yönlenmesi, kitlesel formu, iç mekan organizasyonu ve güneşten doğal ısı kazancı vb. gibi kriterler önem taşımaktadır. Ahşap panel bileşenler ile üretilen hafif konstrüksiyonlu yapılar, düşük kütleli oluşları sebebi ile ısı depolama özellikleri ve buna bağlı olarak da dış ortam sıcaklık değişimlerini bünyesinde geciktiremeyen bir kabuk yapısına sahiptir. Özellikle konutlarda enerji tasarrufu bağlamında oldukça önemli bir kriter niteliğinde olan ısıl kütle kullanımı bu tür yapılarda çoğunlukla mümkün olamamaktadır. Bu sebeple hafif konstrüksiyonlu ahşap yapılarda yukarıda belirtilen enerji etkin yapı tasarımı kriterleri gibi enerji kazanımı ve korunumu bağlamında önem taşıyan tasarım yaklaşımları daha da önem kazanmaktadır. Aşağıdaki

gösterimde eşit ısı geçirgenlik değerine sahip bulunan ortadan yalıtımlı beton panel, ahşap ve metal konstrüksiyonlu duvarlara ilişkin ısıtma ve soğutma yüklerinin karşılaştırılması yer almaktadır. Grafikten de anlaşılacağı gibi yüksek kütle içeren panel, dış sıcaklık değişimlerine karşı yavaş reaksiyon göstermesi sebebi ile ısıtma ve soğutma periyodlarının tepe değerleri arasındaki süreyi arttırmakta, su sayede etkin enerji kullanımı ve bunun sonucu olarak da enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Ahşap panellerle üretilen hafif konstrüksiyonlu yapılarda ise bu olanağın bulunmayışı, bu tür yapıların dış ortam sıcaklık dalgalanmalarının yüksek olmadığı ılıman iklimlerde yer almaları gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır.

Çizelge 5.4. Eşit ısı geçirgenlik (U) değerine sahip çeşitli kabuk bileşenlerinin ısıtma ve soğutma yüklerinin analizi (Freedman S. ,1989)



- A. Beton sandviç duvar (Isıl kütle:5 cm.)
- B. Metal konstrüksiyonlu duvar
- C. Ahşap konstrüksiyonlu duvar

Ilıman iklim bölgeleri dışında yer alacak olan ahşap panel bileşenlerle üretilen hafif konstrüksiyonlu yapılarda ise yapının ısıtma sistemi ve kullanım şekli, sistem tercihi üzerinde etkili olmaktadır. Yüksek ısı geçirgenlik değeri, buna karşın düşük ısı depolama kapasitesi sebebi ile ahşap panel sistemi ile üretilen yapılar, sürekli kullanılmayan ve aralıklı ısıtma yönteminin benimsendiği koşullarda, iç ortam sıcaklığının kısa sürede yükselmesinin amaçlandığı yapı türlerinde etkili olabilmektedir. Bu koşul, konut üretiminde ön üretimli ahşap panel bileşenlere Bölüm 4’de değinilen performans gereklilikleri çerçevesinde kullanım olanağı tanımaktadır. Hafif panel bileşenlerin kagir yapılara kıyasla söz konusu olumsuzluklarının dengelenebilmesi için bu tür bileşenlerde yüksek düzeyde ısı korunumunu zorunlu olmaktadır. Bu noktada, Bölüm 3.3.1’de değinilen taşıyıcı nitelikli yalıtımlı kompozit paneller (SIP), masif ahşap taşıyıcılı panellere kıyasla avantaja sahiptirler.

Ahşap panel bileşenlerle üretilen hafif konstrüksiyonlu yapıların yüksek düzeyde ısı korunumu sağlaması gerekliliği çerçevesinde, higro-termik denetim üzerinde önemli etkisi bulunan hava sızıntılarının kontrol altına alınması gereklidir. Bu amaçla, yapı kabuğunu oluşturan panellerin birleşimlerinde alınacak önlemler genellikle sisteminin yerinde yapıma dayalı uygulamaları da içermesine neden olmaktadır. Uygulama süresini uzatan bu tür teknikler, önüretime dayalı sistemlerin etkinliği üzerinde engelleyici bir faktör konumundadır. Çünkü önüretime dayalı bir sistemin etkinliği, yapı üretim sürecinde yerinde uygulamaya dayalı işlemlerin azalması oranında artmaktadır. Bu noktadan hareketle ahşap panel bileşen sistemi, önüretimli sistemlerin gerektirdiği koşullara entegre olabilmesi için gelişime açık durumdadır.

Ahşap panel bileşen sistemi ile ilgili bir diğer kısıt ise strüktürel kurgunun çok katlı oluşumlara olanak tanımamasıdır. Strüktürel gereksinimler çerçevesinde eleman birleşimleri ve eleman boyutlarındaki sınırlılıkların yanısıra Bölüm 3.2.1.'de belirtilen ahşap malzemenin yangın koşullarında sahip olduğu risk nedeni ile ahşap panel sisteminin kullanım alanı, tek ya da az katlı yapı üretimini kapsamaktadır. Söz konusu bu özelliği nedeni ile de ahşap panel sistemi, ağırlıklı olarak konut üretiminde kullanım alanı bulabilmektedir.

Yapı kabuğu oluşumunda kullanılan ahşap panel bileşenlerin yukarıda sıralanan sınırlılıkları söz konusu iken, ahşap taşıyıcılı iç duvar panellerinin kullanım olanakları üzerinde mekan bölücü eleman niteliğinde olmalarından dolayı ses denetimine ilişkin performans gereklilikleri etkili olmaktadır. Bu noktadan hareketle, Bölüm 2.2.3. Çizelge 2.5.'de görülen tuğla ve alçı blok gibi geleneksel karakterdeki bölücü duvar oluşumlarına kıyasla, Bölüm 4.3.1. Çizelge 4.2.' de görülen masif ahşap taşıyıcılı iç duvar panellerinin sahip oldukları yüksek ortalama ses yalıtım değerleri sebebi ile söz konusu panellerin mekan bölücü eleman niteliğinde kullanımları mümkün görünmektedir. Bu tür panellerin ses denetimi ile ilgili özelliklerinin yanısıra, montaj-demontaj olanakları sebebi ile iç mekan organizasyonunda “esneklik” kavramını beraberinde getirmesi ve panelin bitmişlik oranına bağlı olarak yapım süresinin azalması yönündeki etkileri de bu tür bileşenlerin yapı üretiminde kullanım olanaklarını arttırmaktadır.

KAYNAKLAR

- ALLEN,E., 1995/, Fundamentals of Building Construction, **John Wiley & Sons**, s.56 , New York
- Anon. APA , 1992, Modern İnşaatta Ahşap Kongresi Apa Ürün Föyleri, **U.S. Headquarters and International Marketing Division**, Washington
- Anon. APA,1997, Engineered Wood Association, Product Guide, **U.S. Headquarters and International Marketing Division**, Washington
- Anon. APA,1998, Engineered Wood Association, Design and Construction Guide, **U.S. Headquarters and International Marketing Division**, Washington
- Anon. CABO/NER-467, National Evaluation Service Committee Report, **Council of American Building Officials**,1992,
- Anon. CBD-Canadian Building Digests ,Vol. 1-2-3, **National Research Council of Canada**, 1989, Ottawa, Canada
- Anon. CWC-Introduction to Design in Wood,1991,Wood Text Series, **Canadian Wood Council**, Toronto
- Anon. CWC-Wood Reference Handbook,1987, **Canadian Wood Council**, Toronto
- Anon. CWC- Wood and Fire Safety,1993, **Canadian Wood Council**, Toronto

- Anon. MPM- Milli Produktivite Merkezi, 1988, Ahşap Malzemenin Korunması, **MPM Seminer Kitabı**, Ankara
- Anon. MURUS Co., 1998, Instalation and Finishing Manual for SIP Construction, **MURUS Company**, Pennysilvania
- Anon. NAHB- National Association of Home Builders, 1978, Acustical Manual, **NAHB**, Washington
- Anon. NAHB- National Association of Home Builders, 1995, Innovative Structural Systems for Home Construction: Wood Structural Insulated Panels and Insulating Concrete Forms, **NAHB**, Marlboro,MD
- Anon. NRC-CNRC, 1997, Registry of Product Evaluations, **National Research Council of Canada** , Canada
- Anon. OSB Manual, 1998, OSB Performance by Design- Canadian Edition, **Structural Board Association** , Canada
- Anon. SBA-Structural Board Association, 1998, OSB-Performance by Design, **SBA** , Canada
- Anon. UN-United Nations, 1981, Production of Prefabricated Wooden Houses, **United Nations**, New York
- Anon. UN-United Nations, 1971, Production of Panels from Agricultural Residues, **United Nations**, New York
- Anon. UN-United Nations, 1991, New Technologies in Wood- Based Composites Sector, **United Nations**, Washington

- Aslan, S.,1994, Ağaç Kimyası, **Hacettepe Üniversitesi**, Ankara
- Aslan, Salih, 1994, Ağaç Dendrolojisi-Odun Anatomisi,**Hacettepe Üniversitesi**, Ankara
- Bardavit D.,1992, Ahşap İskelet Yapıda Taşıyıcılık ve Koruyuculuk Sorunları, Doktora Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi**, İstanbul
- Barry A. Richardson, 1993, Wood Preservation-Second Edition, **E&FN Spon**, London
- Berkel, A.,1980, Ağaç malzeme Teknolojisi, **Kurtulmuş Matbaası**, İstanbul
- Bozkurt A.Yılmaz, 1982, Odun Anatomisi, **İstanbul Üniversitesi** , İstanbul
- Bozkurt A.Yılmaz, 1993, Emprenye Tekniği, **İstanbul Üniversitesi**, İstanbul
- Bozkurt A.Yılmaz, Göker Y.,1990, Yonga Levha Endüstrisi, **İstanbul Üniversitesi**, İstanbul
- Breyer, .E., 1993, Design of Wood Stuctures, **McGraw-Hill Publishing Company**, s.129. New York.
- Burchell,J., Sunter F.W., 1987 , Design & Build in Timber Frame, **Longman S.&T**, London
- Burdurlu E., 1994, Ahşap Kökenli Kaplama ve Levha Üretim- Kullanım Teknolojisi , Ankara
- Cowan J.H, 1991, Handbook of Architectural Technology, **Van Nostrand Reinhold**, s.228, New York
- Eldem S.Hakkı,1987, Türk Evi, **Güzel Sanatlar Matbaası A.Ş.**, s.161 İstanbul

- Eriç M., 1994, Yapı Malzemesi , **Literatür Yayınevi**, İstanbul
- Eriç,M., 1972, Dünün ve Bugünün Ahşaptan Üretilmiş Malzemesinin Türkiye Şartları içinde Yapıda Rasyonel Kullanılma İmkanlarının Araştırılması, Doktora Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi**, İstanbul.
- Faherty K.F., Wiliamson T.G., 1989, Wood Engineering and Construction Handbook , **McGraw-Hill Publishing Company**, New York
- Fieste, P., 1997, Choosing Between Oriented Strand Board & Plywood, Research Paper, **University of Massachusetts**, BMWT
- Freedman Sydney, 1989, Architectural Precast Concrete, Second Edition, s.187, **PCI-Precast/Prestressed Concrete Institute**, Chicago.
- Genceli F.O., 1996, ASHRAE Temel El Kitabı, Bölüm: 3,7,21, **Tesisat Mühendisleri Odası**, İstanbul
- Goetz, K.H., Hoor D. , Moehler K., Natterer J., 1992, Tiber Design and Construction Sourcebook, **McGraw-Hill Publishing Company**, New York
- Günay R.,1994, Geleneksel Ahşap Yapılar, Su ve Rutubet Sorunları, Çözüm Yolları, **Y.T.Ü Yayınları**, İstanbul
- Harris C.M., 1994, Noise Control in Buildings, A practical Guide for Architects and Engineers, **McGraw-Hill Publishing Company**, s. 5.46, New York
- Hornbostel C.,1991, Construction Materials;Types, Uses and Applications, **John Wiley & Sons**, s.906 , New York

- Kollmann/Cote,1984, Principle of Wood Science and Technology, **Springler-Verlag**, Tokyo
- Mehta, M., 1997, The Principles of Building Construction, **Prentice Hall, Inc.**, New Jersey
- Moslemi, A.A.,1988, Fiber and Particleboards Bonded with Inorganic Binders, **Forest Products Research Society**, New York
- Oğan, B., 1992, Gelenekten Geleceğe Evimiz- Proje Yarışması, **T.C. Kültür Bakanlığı G.S.Md.**,s.369, Ankara
- Özer M., 1979, Yapı Akustiği ve Ses Yalıtımı, s.43, İstanbul
- Sherwood, G.E.,1998, Wood-Frame House Construction, **U.S. Department of Agriculture**, Washington
- Şenay, A.,1997, Yapısal Ahşap Lamine Elemanlar ve Genel Tasarım Özellikleri, **I. Ulusal Mobilya Kongresi Bildirisi**, s.399, Ankara
- Wangaard F.F., 1981, Wood: It's Structure and Properties, **EMMSE Materials Research Laboratory**, Pennsylvania
- Watson, D.A.,1989, Construction Materials and Processes, **McGraw-Hill Publishing Company**, s.154 , New York
- Wilcox W.W., Botsai, E.E., Kubler H., 1992, Wood : as a Building Material, **John Wiley & Sons**, s. 6 , New York
- Wood Handbook, 1987, Wood as an Engineering Material, **U.S. Government Printing Office**, Washington

INTERNET KAYNAKLARI

American Plywood Association

- [http: //www.apawood.org](http://www.apawood.org)

Canadian Wood Council

- [http: //www.cwc.ca](http://www.cwc.ca)

U.S. Forest Product Laboratory

- [http: //fpl.fs.fed.us](http://fpl.fs.fed.us)
- [http: //www.fpl.fs.fed.us/pdcomp/handbook/handbook.html](http://www.fpl.fs.fed.us/pdcomp/handbook/handbook.html)

Structural Insulated Panel Association

- [http: //www.sips.org](http://www.sips.org)

Ahşap Dünyası

- [http: //www.ahsap.com/tur/link.htm](http://www.ahsap.com/tur/link.htm)

WoodWeb

- [http: //woodweb.com](http://woodweb.com)

Structural Insulated Panels

- [http: //www.buildingsystems.com/SIP/componen.htm](http://www.buildingsystems.com/SIP/componen.htm)
- [http: //www.precisionpanel.com](http://www.precisionpanel.com)
- [http: //www.epsmolders.org/eps/panels.htm](http://www.epsmolders.org/eps/panels.htm)

- <http://www.epsmolders.org/techinfo/9503.htm>
- <http://www.murus.com>
- <http://www.usasips.com>
- <http://www.sipweb.com>
- <http://www.stresskin.com>
- <http://www.structall.com/dbl-osbpanel.htm>

University of Massachusetts, *Dept. of Wood Science and Technology*

- <http://www.umass.edu/bmatwt/beama.html>
- <http://www.umass.edu/bmatwt/beamb.html>
- http://www.umass.edu/bmatwt/weather_barriers.html
- <http://www.umass.edu:80/bmatwt/osb.html>

Diger

- <http://www.sweets.com/index/mfg/24434/P22562.htm>
- <http://www.worldwidewood.com>
- <http://www.forestproducts.com>



E K L E R

EK 1

YAPAY AHŞAP MALZEMELERİN ÜRETİM SÜREÇLERİ

EK 1.1. Yapıştırılmış Kaplama Çubuk Eleman Üretiminin Grafik Anlatımı

EK 1.2. Paralel Lifli Yapay Çubuk Eleman Üretiminin Grafik Anlatımı

EK 1.3. Kontrplak veya OSB Gövdeli I Kiriş Üretiminin Grafik Anlatımı

EK 1.4. Kontrplak Üretiminin Grafik Anlatımı

EK 1.5. Dizili Talaş Levha (OSB) Üretiminin Grafik Anlatımı

EK 1.6. Yonga Levha Üretim Süreci

EK 1.7. Çimentolu Yonga Levha Üretim Süreci

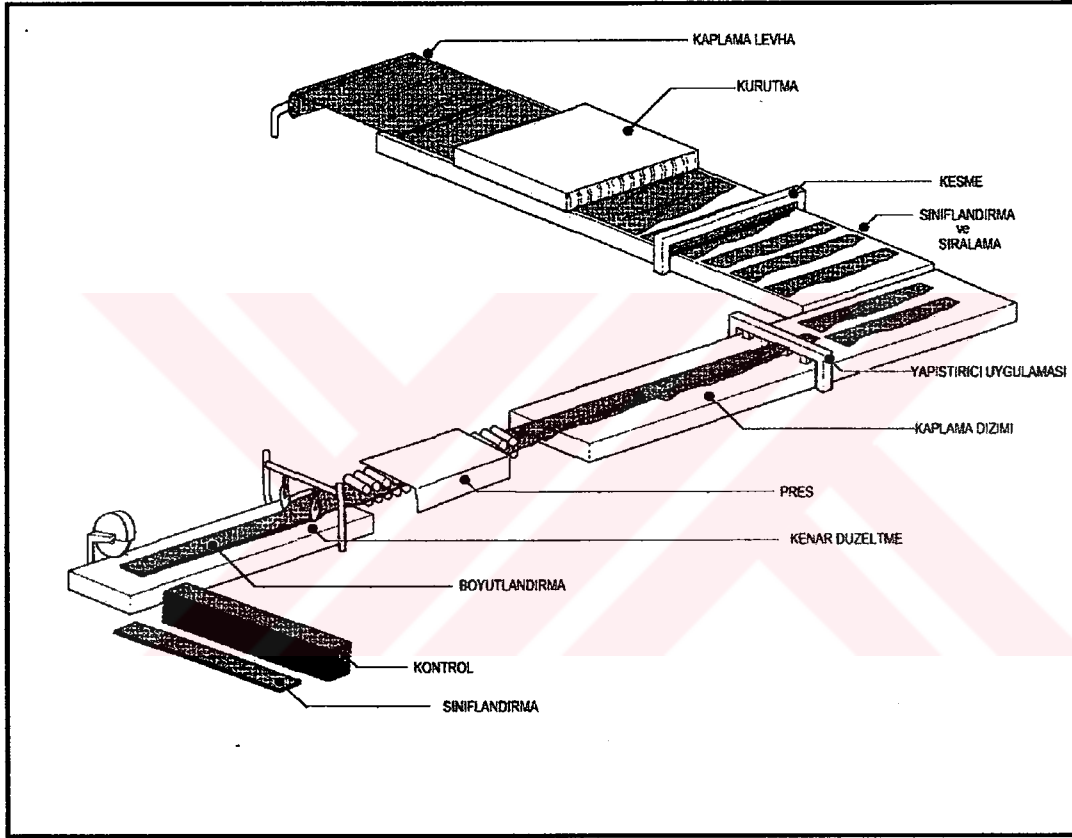
EK 1.8. Lif Levha Üretim Süreci

EK 1.9. Kontrplak Üretim Süreci

EK 1.1.Yapıştırılmış Kaplama Çubuk Eleman Üretiminin

Grafiksel Anlatımı

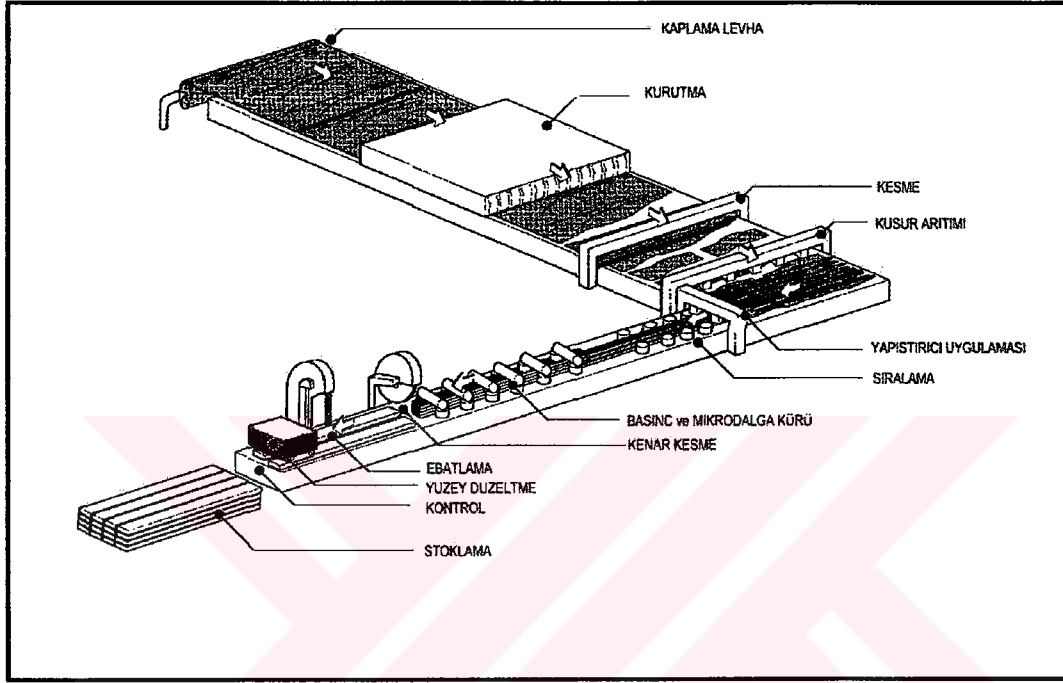
(LVL-Laminated Veneer Lumber)



Yapıştırılmış Kaplama Çubuk Elemanların Üretim Süreç Şeması

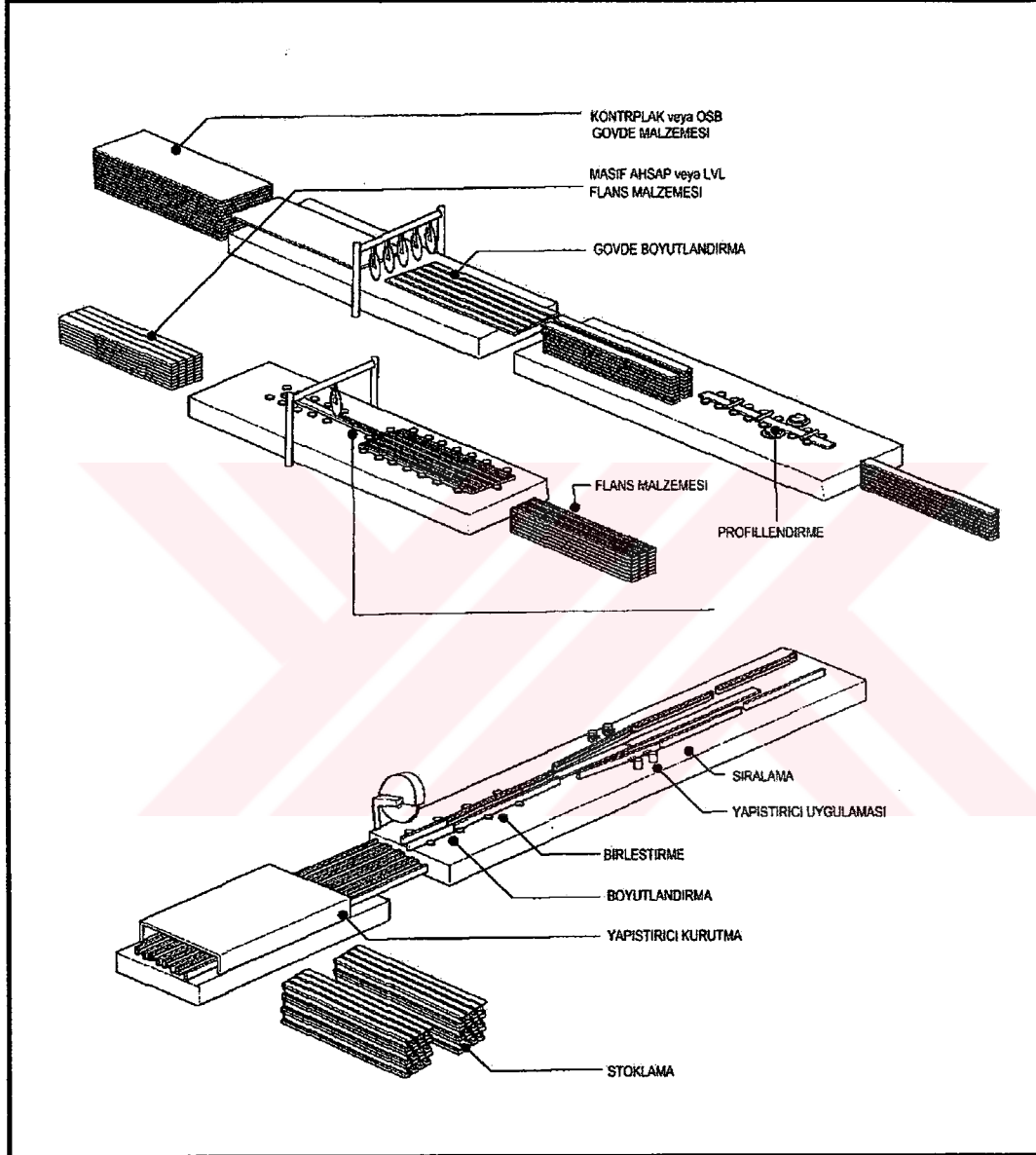
(Canadian Wood Council ,1998)

EK 1.2. Paralel Lifli Yapay Çubuk Eleman Üretiminin Grafik Anlatımı
(PSL- Parallel Strand Lumber)



Paralel Lifli Yapay Çubuk Elemanların Üretim Süreç Şeması
(Canadian Wood Council ,1998)

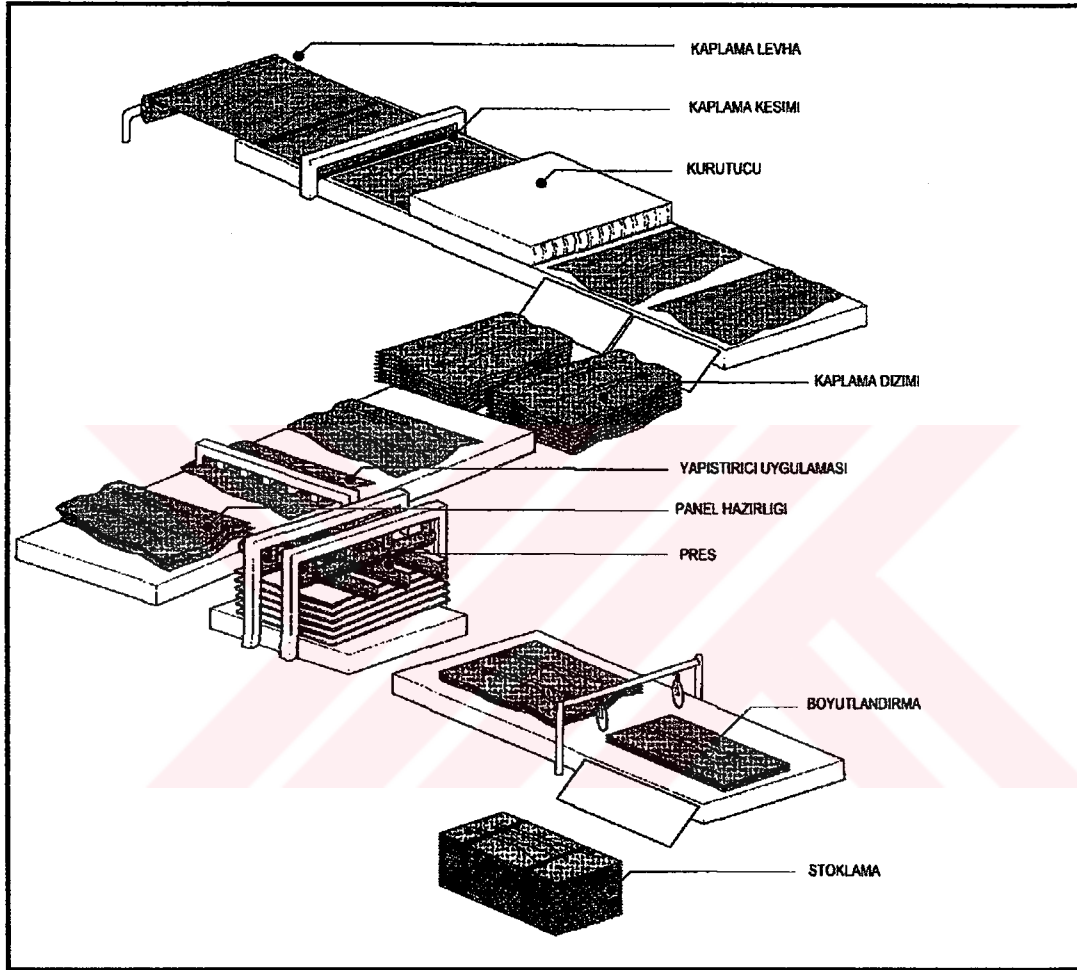
EK 1.3. Kontrplak veya OSB Gövdeli I Kiriş Üretiminin Grafik Anlatımı



Kontrplak veya OSB Gövdeli I Kiriş Üretim Süreç Şeması

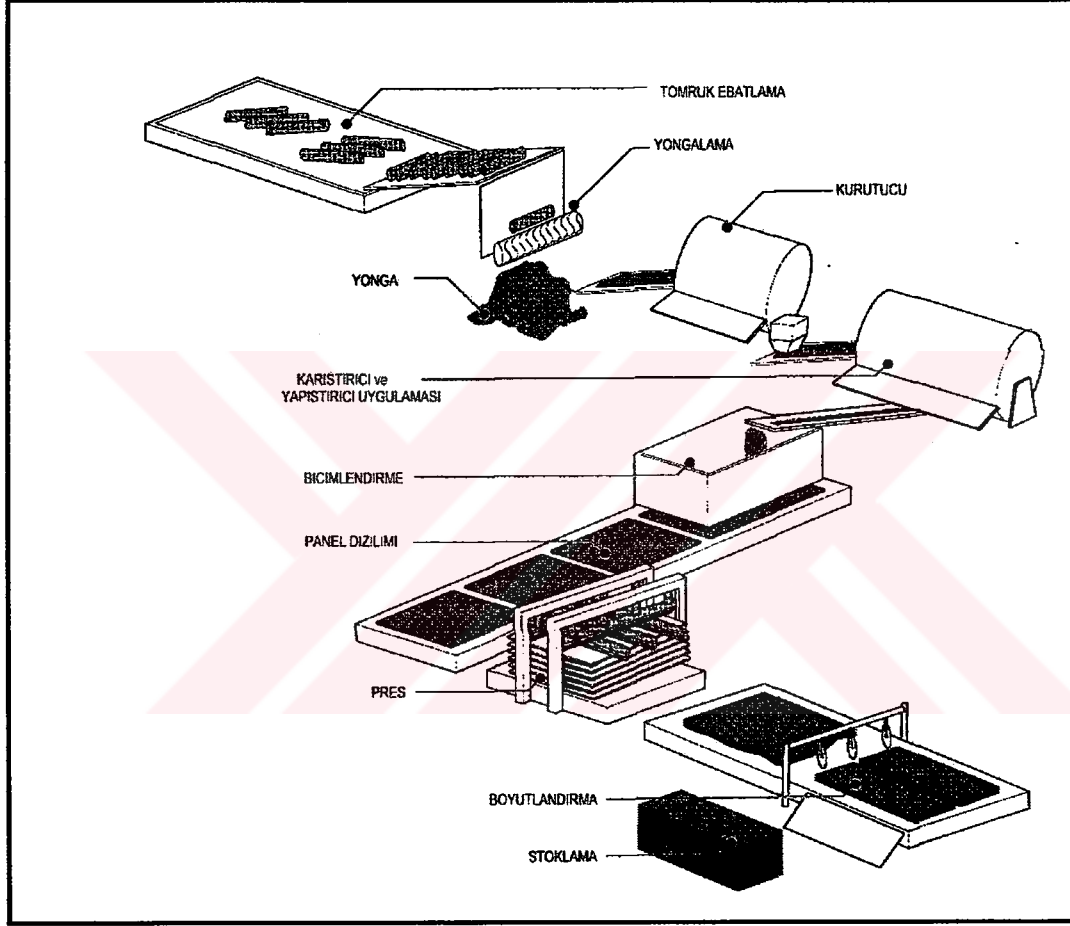
(Canadian Wood Council ,1998)

EK 1.4. Kontrplak Üretimine Grafiksel Anlatımı



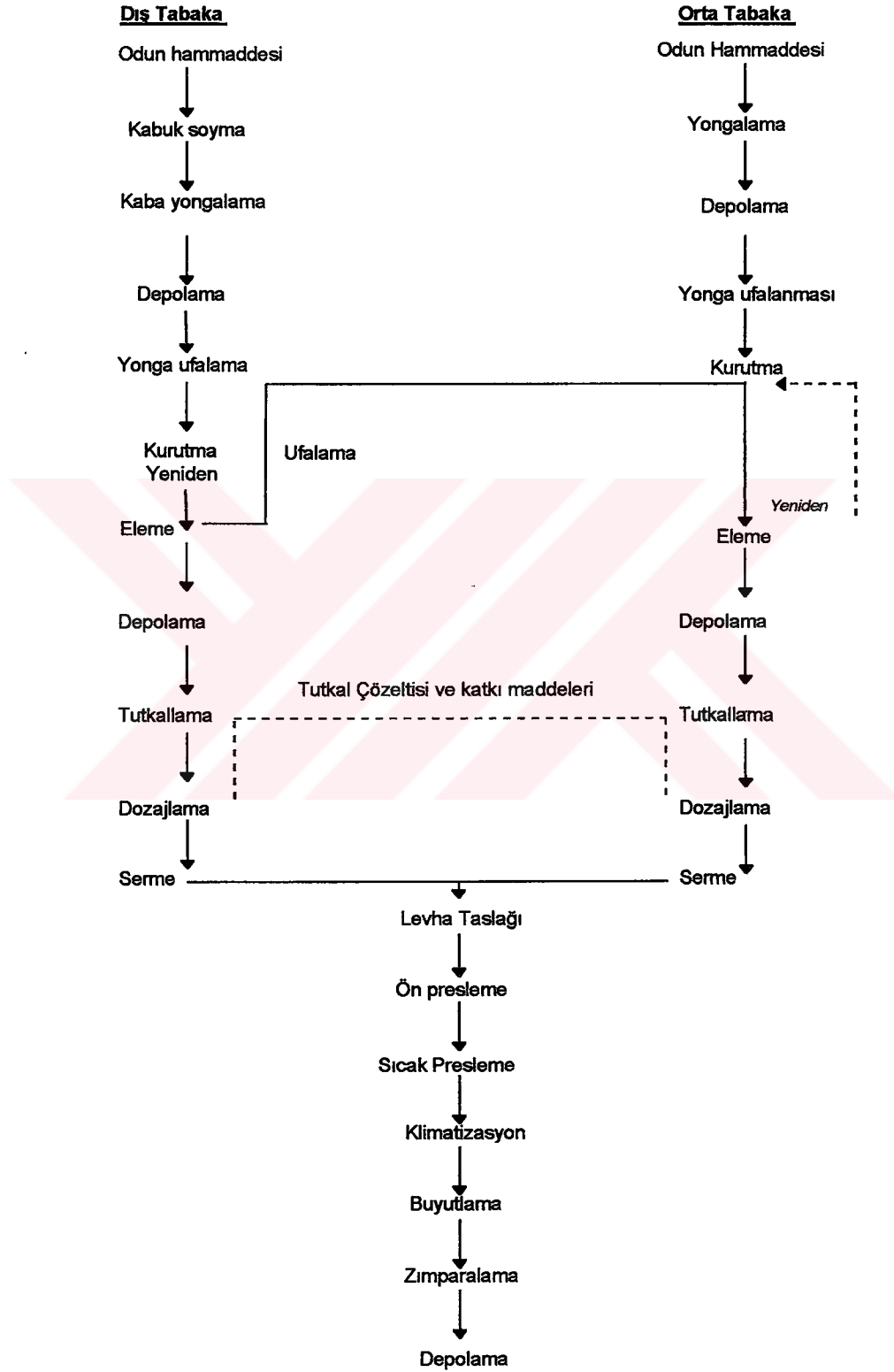
Kontrplak Üretimine Grafiksel Anlatımı
(Canadian Wood Council ,1998)

EK 1.5. Dizili Talaş Levha Üretiminin Grafiksəl Anlatımı
(OSB- Oriented Strand Board)



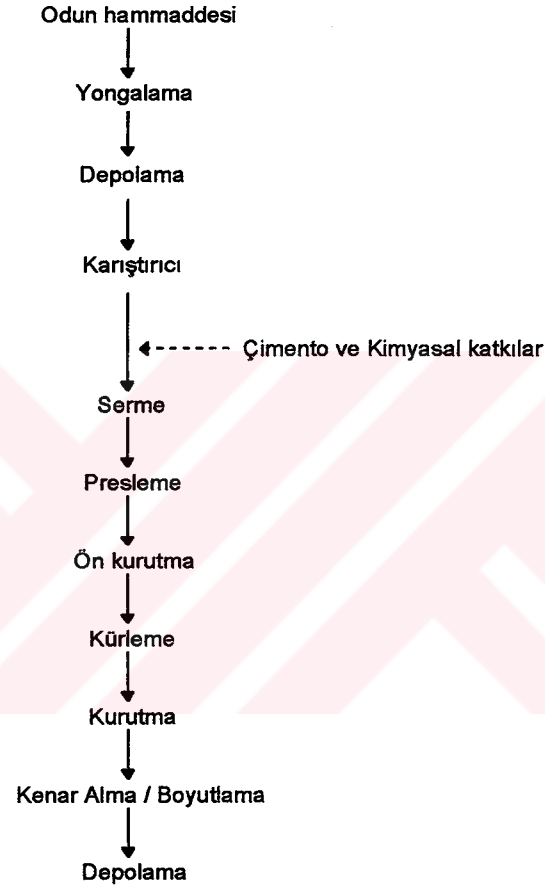
Dizili Levha Üretim Süreci
(Canadian Wood Council ,1998)

EK 1.6. Yonga Levha Üretim Süreci



Yonga Levha Üretim Süreci
(BOZKURT Y., Yonga Levha Endüstrisi , 1990)

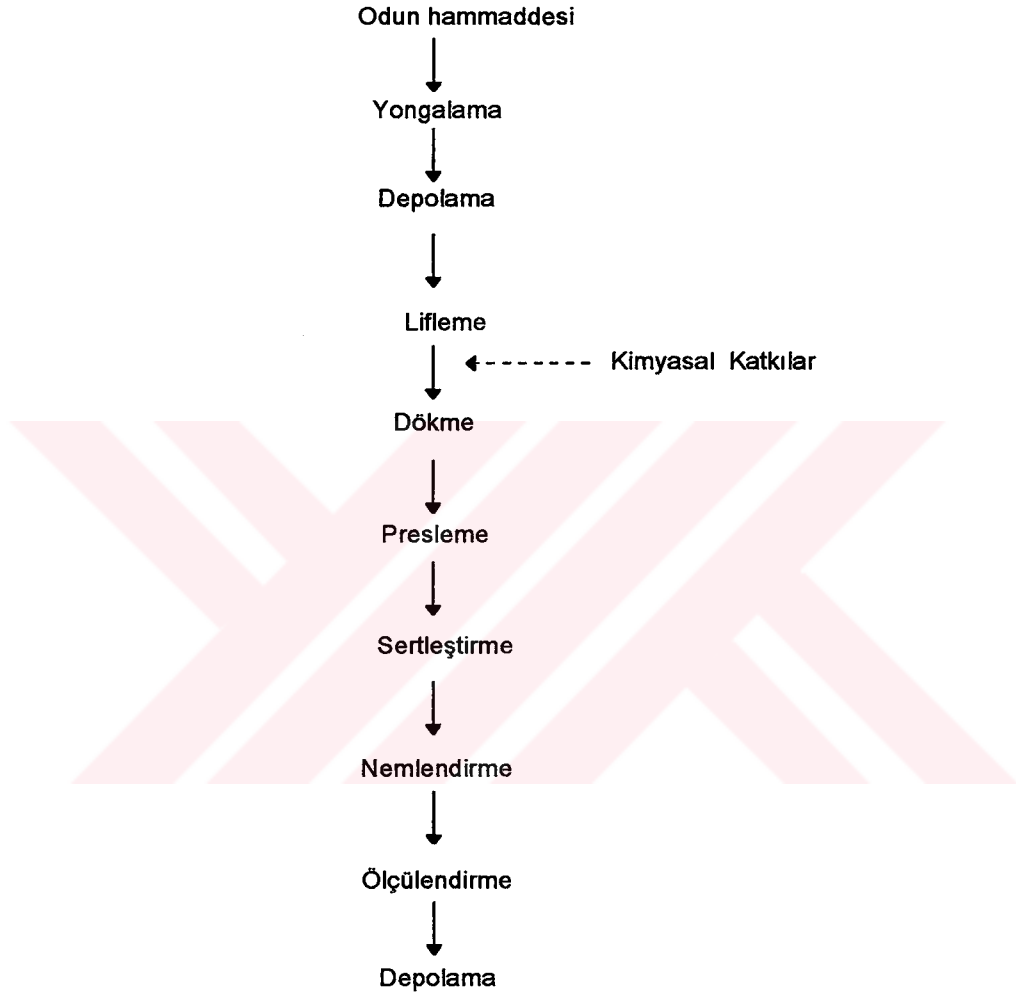
EK 1.7.Çimentolu Yonga Levha üretim süreci



Çimentolu Yonga Levha Üretim Süreci

(MOSLEMİ, A.A, Wood-cement Panel Products : Coming of Age , 1989)

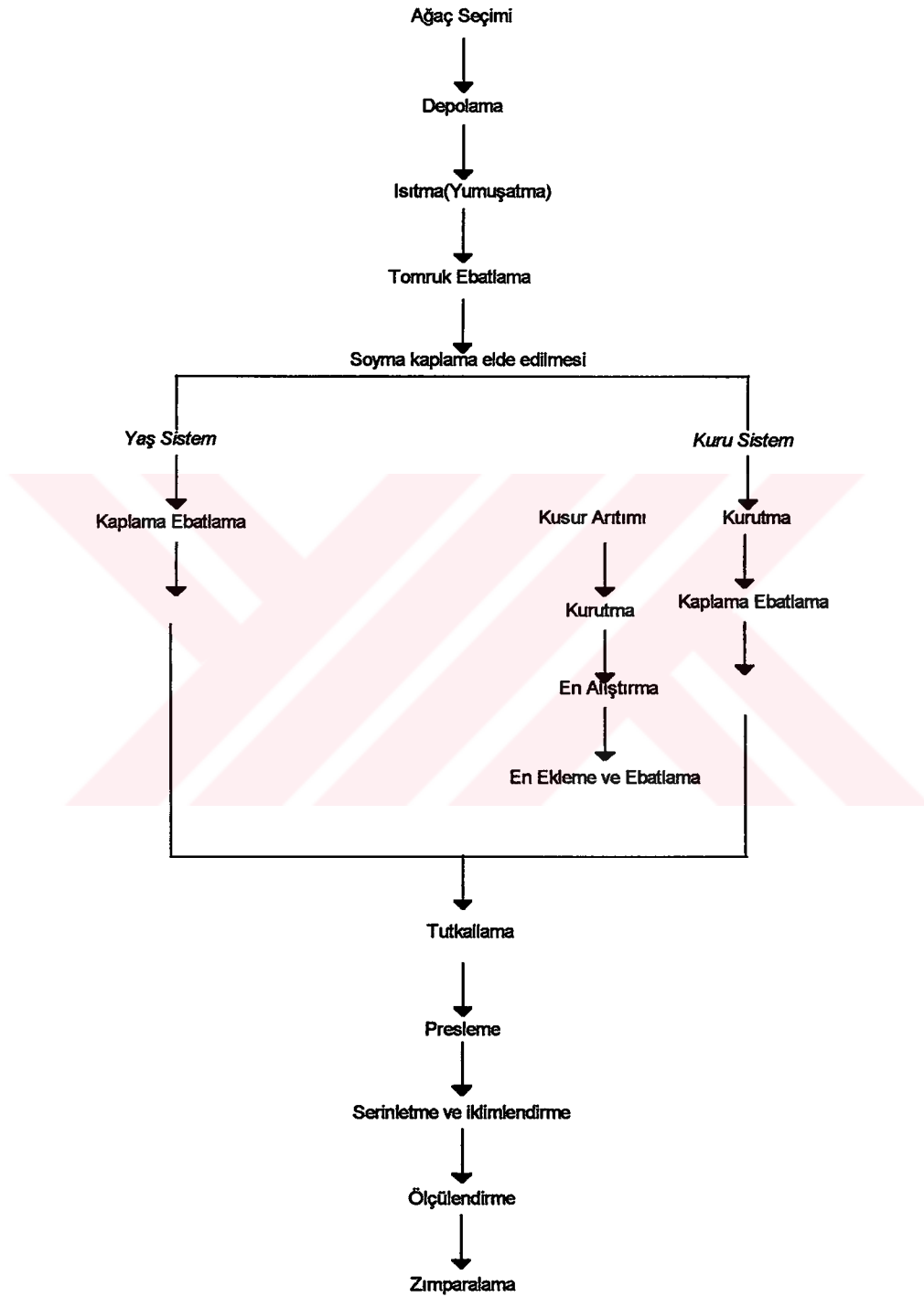
EK 1.8.Lif Levha Üretim Süreci



Lif Levha Üretim Süreci

(MOSLEMİ, A.A, Wood-cement Panel Products : Coming of Age , 1989)

EK 1.9.Kontrplak Üretim Süreci



Kontrplak Üretim Süreci

(Burdurlu, E. Ahşap Kökenli Kaplama ve Levha Üretim Teknolojisi , 1994)

EK 2

ARAşTIRMA FÖYLERİ

*** ARAşTIRMA FÖYÜ 1**

Çeşitli Kabuk Katman şekillerinin Isı Geçirgenlik Dirençlerinin Analizi

*** ARAşTIRMA FÖYÜ 2**

Masif Ahşap Taşıyıcılı Bir Panelde Taşıyıcı Elemanların Yüzey Alanına Oranının Analizi



ARAŞTIRMA FÖYÜ 1

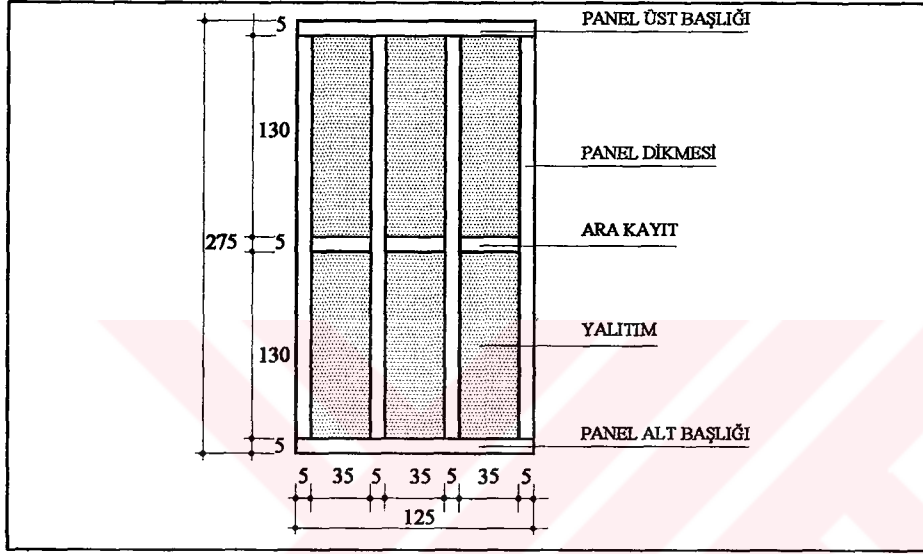
Çeşitli Kabuk Katman Şekillerinin Isı Geçirgenlik Dirençlerinin Analizi

- Aynı iklimik koşullar altında hesaplandığı varsayılan değerlerdir
- Örnek olarak incelenen kabukların radyasyon (ısıma) yolu ile ısı geçirimleri ihmal edilmiştir.
- Durgun hava boşluğunun ısı geçirgenlik girenci $0.18 \text{ m}^2 \text{ C}^\circ/\text{W}$ alınmıştır.

KONSTRÜKSİYON ŞEMASI	KATMANLAR	KALINLIK d (mm)	KATMANIN ISI İLETKENLİĞİ λ (W/mK)	ISI GEÇİRGENLİK DİRENÇİ R (m2K/W)	REFERANS DEĞERİ TS-825 IV Bölge R (m2K/W)
SİP- (TAŞ N. YALITIMLI PANEL) SİSTEMİ	Alçı pano OSB (Yönlen. Talaş L.) EPS (Genleştirilmiş P.) OSB (Yönlen. Talaş L.) Masif Ahşap Kaplama	12 11 100 11 20	0,21 0,093 0,034 0,093 0,13	3,38	2,50
AKB- (Amerikan Kontrplak Birliği) SİSTEMİ	Alçı pano XPS (Ekstrude P.) OSB (Yönlen. Talaş L.) Cephe Kontrplağı	12 100 25 20	0,21 0,037 0,093 0,13	3,18	
MASİF AHŞAP TAŞIYICILI PANEL SİSTEMİ	Alçı pano Yonga levha (Sunta) Cam yünü OSB (Yönlen. Talaş L.) Hava Boşluğu (Hareketli) Masif Ahşap Kaplama	12 18 100 11 50 20	0,21 0,13 0,052 0,093 - 0,13	2,23	
AHŞAP İSKELET ve PANOLU SİSTEM	Alçı pano Cam yünü Cephe Kontrplağı	12 100 20	0,21 0,052 0,13	2,13	
DIŞTAN YALITMA SİSTEMİ	İç sıva Tuğla Duvar XPS (Ekstrude P.) Dış Sıva	25 190 50 10	0,87 0,5 0,037 0,87	1,77	
PREFABRİKE BETON PANEL SİSTEMİ	Alçı pano XPS (Ekstrude. : P.) Beton Panel	12 50 150	0,21 0,037 2,1	1,47	
GAZBETON YIGMA DUVAR SİSTEMİ	İç sıva Gazbeton Dış Sıva	20 200 20	0,87 0,15 0,87	1,37	
GELENEKSEL AHŞAP KONUT Y.SİSİYEMİ	Bağdadlı Çıtalı sıva Hava Boşluğu Bağdadlı Çıtalı sıva	20 100 20	0,87 * 0,87	0,22	

ARAŞTIRMA FÖYÜ 2

Masif Ahşap Taşıyıcılı Bir Panelde Taşıyıcı Elemanların Yüzey Alanına Oranının Analizi



$$\Sigma \text{ Panel alanı} : 2.75 \times 1.25 = 3.4375 \text{ m}^2$$

$$\Sigma \text{ Taşıyıcı yüzey alanı} = 0.7075 \text{ m}^2$$

$$2.65 \times 0.05 \times 4 = 0.5300 \text{ m}^2$$

$$1.25 \times 0.05 \times 2 = 0.1250 \text{ m}^2$$

$$0.35 \times 0.05 \times 3 = 0.0525 \text{ m}^2$$

$$\Sigma \text{ Yalıtım yüzey alanı} : 1.30 \times 0.35 \times 6 = 2.73 \text{ m}^2$$

$$\Sigma \text{ Panel alanı} \times t = \Sigma \text{ Taşıyıcı yüzey alanı}$$

$$100$$

$$\frac{3.4375 \times t}{100} = 0.7075$$

$$100$$

$$t = \% 20.58$$

EK 3

AHŞAP KONUT YAPIM SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

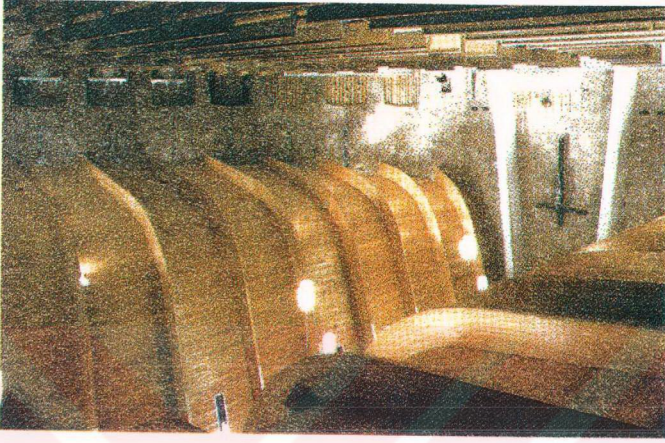
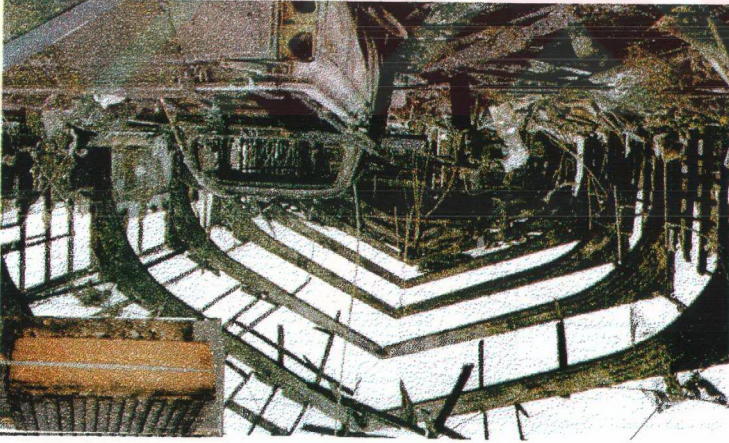
	YAPIM SİSTEMİ			
	MOBİL EVLER	HÜCRE SİSTEM	PANEL SİSTEM	İSKELET SİSTEM
ÜRETİM TEKNİĞİ	Prefabrikasyon	Yerinde Montaj (Ön üretilmiş bileşen)		Yerinde yapım
YAPIM YERİ	Strüktür, bitirmeler ve donatılar dahil tümüyle üretim fabrikada gerçekleştirilir.	Her oda / odalar birimi fabrikada üretilir, yapım süreci şantiyede tamamlanır.	Duvar / Çatı panelleri, Döşeme / Çatı kirişleri gibi yapı bileşenleri fabrikada üretilir, yapım süreci şantiyede tamamlanır.	Yapım sürecinin her aşaması yerinde yapıma dayanmaktadır. Emek yoğun bir üretim modelidir.
TAŞINABİLİRLİK	Yapı kendine ait tekerlek sistemi üzerinde gelir.	Her ünite / bileşen şantiyeye treyler ile ulaştırılır, vinç ile kaldırılarak monte edilir.		Yapım sürecinin gerektirdiği malzeme/ teçhizat yapım yerine konvansiyonel yollar ile ulaştırılır.
MONTAJ	Tamamen fabrika koşullarında gerçekleştirilir.	Kısmen şantiye koşullarında gerçekleştirilir.	Tamamen şantiye koşullarında gerçekleştirilir.	Tamamen şantiye koşullarında gerçekleştirilir.

EK 4

RESİMLER

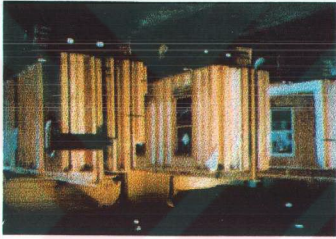


Resim 1 Yangın sonrası sağlam kalan ahşap laminé kirişler ve kiriş en kesiti
(Kaynak: AITC- American Institute of Timber Construction)



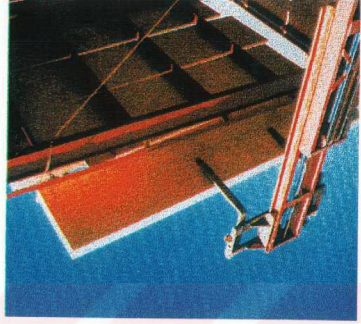
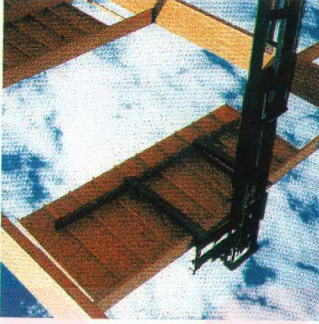
Resim 2 Laminé ahşap taşıyıcı bir kilise yapısı, Minnesota, ABD.
(Kaynak: AITC- American Institute of Timber Construction)

Resim 3 Kuzey Arizona Üniversitesi kapalı stadyumu, Arizona, ABD.
(Kaynak: AITC- American Institute of Timber Construction)

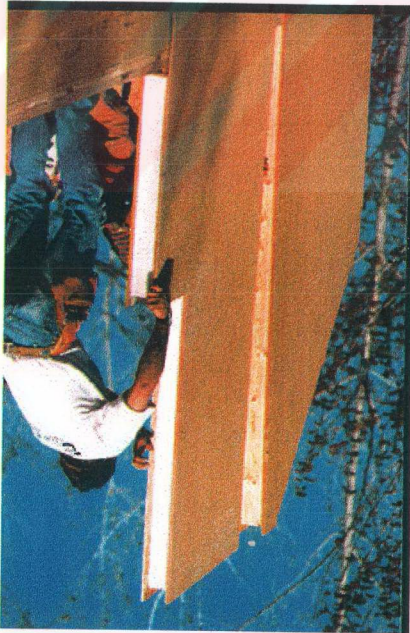


Resim 4 Ahşap taşıyıcı panel bileşen üretimi
(Döşeme - Duvar - Panellerin taşınması)
(Kaynak: WAUSAU home Construction Inc.)

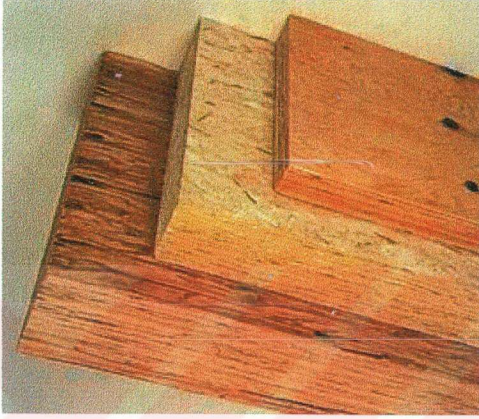
Resim 6 Ahşap taşıyıcı çatı paneli uygulamaları
(Kaynak: SIPA - Structural Insulated Panel Association, AFC)



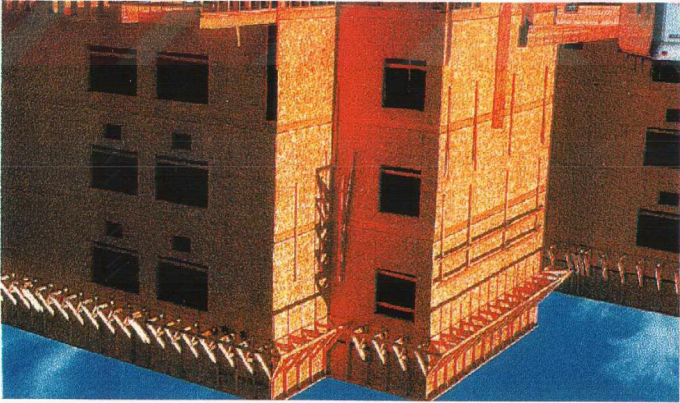
Resim 5 Küçük Boyutlu SIP (T.N.Y.P) modüler paneller ile konut üretimi
(Kaynak: SIPA - Structural Insulated Panel Association, AFC)

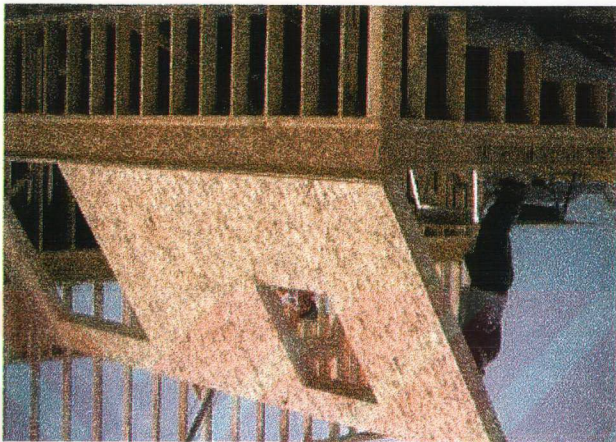


Resim 8 Yapıştırmış Kaplama Çubuk Elemanlar
(LVL ve PSL)
(Kaynak: Georgia Pacific Inc.)

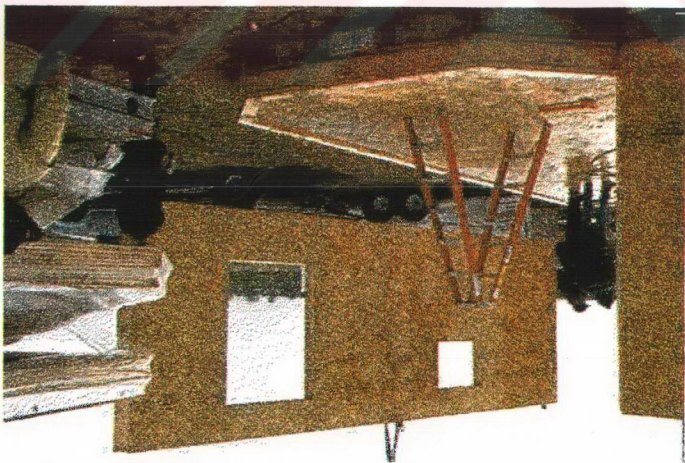


Resim 7 SIP paneller ile çok katlı bir yapı uygulanması
(Kaynak: APA – American Plywood Association)





Resin 10 Masif ahşap taşıyıcı panel uygulaması
(Kaynak: SBA - Structural Board Association)



Resin 9 Büyük boyutlu cephe paneli (SIP)
(Kaynak: Intermountain Panels Inc.)

ÖZGEÇMİŞ

Yusuf Emre PARLAR

1973 yılında Ankara’ da doğdu. İlk öğrenimini Ankara Namık Kemal İlkokulu’nda (1979-1984), orta öğrenimini Ankara Özel Yüksekliş Koleji Orta Kısmı’nda (1984-1988), lise öğrenimini Ankara Yenimahalle Anadolu Teknik Lisesi - Elektronik Bölümü’nde (1988-1991) tamamladı. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü’nden (Lisans-1995) mezun olarak yüksek öğrenimini tamamladı. İyi düzeyde İngilizce bilmektedir.

