

95054

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YAPILARDA TABAKALI AHŞAP KULLANIMININ  
TÜRKİYE KOŞULLARI AÇISINDAN  
DEĞERLENDİRİLMESİ

Mimar Alaettin VURAL

F.B.E. Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Programında  
Hazırlanan

Prof. Dr. Gürhan Aygün Özcan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Erkan AVLAR

YRD. DOÇ. DR. ERKAN AVLAR

E. Avlar

Doç. Dr. Fuzme AKOZ

F. Aköz

İSTANBUL, 2000

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

TABLO LİSTESİ .....	iv
RESİM LİSTESİ .....	v
ŞEKİL LİSTESİ .....	vi
ÖNSÖZ .....	vii
ÖZET .....	viii
ABSTRACT .....	ix
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Sorunun Belirlenmesi .....	1
1.2. Amaç .....	2
1.3. Kapsam .....	2
1.4. Yöntem .....	2
2. TABAKALI AHŞAP ELEMANLARIN ÜRETİMİ VE NİTELİKLERİ .....	4
2.1. Tanımlar .....	4
2.2. Tabakalı Ahşap Elemanların Üretim Aşamaları .....	4
2.2.1. Tabakaların Seçimi ve Hazırlanması .....	4
2.2.2. Tabakaların Uç Eklemeleri .....	5
2.2.3. Tabakaların Yapıştırılması .....	7
2.2.4. Kalıplama ve Presleme İşlemleri .....	9
2.2.5. Bitirme İşlemleri .....	10
2.2.6. Ön Montaj İşlemleri .....	10
2.3. Tabakalı Ahşap Yapı Elemanlarının Üretim Sistemleri .....	11
2.3.1. Hetzer Sistemi .....	11
2.3.2. Kaempff Sistemi .....	11
2.3.3. DSB Sistemi .....	13
2.3.4. Trigonit Sistemi .....	13
2.3.5. Kontrplak Gövdeli Kiriş Sistemi .....	14
2.4. Tabakalı Ahşap Yapı Elemanlarının Üretim Biçimleri .....	15
2.4.1. Kirişlerin Üretimi .....	15
2.4.2. Kolonların Üretimi .....	17
2.4.3. Çatı Makaslarının Üretimi .....	18
2.4.4. Çerçeve Sistemlerin Üretimi .....	19
2.4.5. Kaset Döşemelerin Üretimi .....	20
2.4.6. Geodezik Sistemlerin Üretimi .....	20
2.5. Tabakalı Ahşap Yapı Elemanlarının Taşınması ve Montaj İşlemleri .....	21
2.5.1. Elemanların Taşınması .....	21
2.5.2. Elemanların Montaj İşlemleri .....	22
2.6. Ahşabın Nitelikleri .....	24
2.6.1. Ahşabın Fiziksel Nitelikleri .....	24
2.6.2. Ahşabın Mekanik Nitelikleri .....	24
2.6.3. Ahşabın Olumlu ve Olumsuz Nitelikleri .....	25

2.7.	Tabakalı Ahşap Yapı Elemanlarının Nitelikleri .....	26
2.7.1.	Fiziksel Nitelikleri .....	26
2.7.2.	Kimyasal Nitelikleri .....	27
2.7.3.	Mekanik Nitelikleri .....	28
3.	YAPILARDA TABAKALI AHŞAP KULLANIMI .....	29
3.1.	Tabakalı Ahşap Kullanımının Yapı Gelişim Sürecindeki Yeri .....	29
3.2.	Tabakalı Ahşap Yapı Elemanları İle Oluşturulan Sistemlerin Kullanım Alanları	30
3.3.	Türkiye’de Tabakalı Ahşap Kullanımı .....	31
3.3.1.	Eğitim Yapıları .....	31
3.3.2.	Alışveriş Merkezleri .....	34
3.3.3.	Konutlar .....	35
3.3.4.	Köprüler .....	35
3.3.5.	Kent Donatıları .....	36
3.3.6.	Mevcut Sistem Üzerine Uygulamalar .....	38
4.	TÜRKİYE’DE TABAKALI AHŞAP KULLANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ .....	39
4.1.	Tabakalı Ahşabın Kullanım Nedenleri .....	39
4.1.1.	Ekonomik Nedenler .....	39
4.1.2.	Üretim Teknolojisi .....	40
4.1.3.	Kaynak Kullanımı .....	41
4.1.4.	Yangın Dayanımı .....	41
4.1.5.	Doğal Etkenler .....	42
4.2.	Sistem Değerlendirmesi .....	44
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER .....	46
	KAYNAKLAR .....	48
	EKLER .....	50
	Ek 1 Dünyada Tabakalı Ahşap Kullanımı .....	50
	Ek 2 Tabakalı Ahşap Yapı Elemanlarıyla Oluşturulmuş Sistemler .....	64
	ÖZGEÇMİŞ .....	73

## TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1. Kirişlerin üretim biçimleri .....	15
Tablo 2.2. Ahşap yapı elemanlarının emniyet gerilmeleri .....	28
Tablo 3.1. Tabakalı ahşap elemanlarla oluşturulan sistemlerin kullanımının tarihsel gelişim süreci .....	29
Tablo 4.1. Sistem Değerlendirmesi .....	45



## RESİM LİSTESİ

Resim 2.1. Tabakaların seçimi ve hazırlanması.....	5
Resim 2.2. Yapıştırıcıların uygulanması işlemi .....	9
Resim 2.3. Kalıplama ve presleme işlemleri .....	9
Resim 2.4. Bitirme işlemleri .....	10
Resim 2.5. Ön montaj işlemleri .....	11
Resim 2.6. Tabakalı yapı elemanlarının taşınma işlemleri .....	22
Resim 2.7. Tabakalı ahşap yapı elemanlarının montaj işlemleri .....	22
Resim 3.1. Deprem bölgesi eğitim yapıları .....	32
Resim 3.2. Irmak İlköğretim Okulu Çatı Strüktürü .....	33
Resim 3.3. Götzen Market Servis İstasyonu .....	34
Resim 3.4. Götzen Market Mal Stok Holü .....	34
Resim 3.5. Durusupark hafta sonu evleri iç mekan görünüşleri .....	35
Resim 3.6. Marmaris’de uygulanan köprüler .....	36
Resim 3.7. Kemalpaşa kent giriş takı .....	37
Resim 3.8. Bornova Belediye Parkı pergolaları .....	37
Resim 3.9. Kemalpaşa Belediye Lokali .....	38



## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1. Atkı Birleşimi .....	6
Şekil 2.2. Çivi basınçlı tutkallama yöntemi .....	6
Şekil 2.3. Kurtağzı birleştirme yöntemi .....	7
Şekil 2.4. Tabakalı ahşap yapı elemanlarının Hetzer yöntemiyle üretimi .....	12
Şekil 2.5. Tabakalı ahşap yapı elemanlarının Kaempf sistemiyle üretimi .....	12
Şekil 2.6. Tabakalı ahşap yapı elemanlarının DSB sistemiyle üretimi .....	13
Şekil 2.7. Tabakalı ahşap yapı elemanlarının Trigonit sistemiyle üretimi .....	14
Şekil 2.8. Tabakalı ahşap yapı elemanlarının kontrplak gövdeli kiriş sistemiyle üretimi .....	14
Şekil 2.9. Düz kiriş .....	16
Şekil 2.10. Trapez kiriş .....	16
Şekil 2.11. Eğrisel kiriş .....	17
Şekil 2.12. Kolonlar .....	17
Şekil 2.13. Çatı makasları .....	18
Şekil 2.14. Çerçeve sistemler .....	19
Şekil 2.15. Kaset döşeme .....	20
Şekil 2.16. Geodezik sistem .....	21
Şekil 2.17. Tabakalı ahşap yapı elemanlarının montajı .....	23



## ÖNSÖZ

Yapılarda tabakalı ahşap kullanımının Türkiye koşulları açısından değerlendirilmesini kapsayan bu çalışma konusu ahşabın ve tabakalı ahşabın yeterince tanınmadığı ve Türk yapı sektöründe kullanım alanı bulmadığı kanısıyla seçilmiştir. Konu ile ilgili yeterince bilimsel araştırma yapılmış olmaması nedeniyle, çalışmanın bu boşluğu doldurmakta bir katkısı olması amaçlanmaktadır.

Bu çalışma kapsamında, konu seçimi, yönlendirme ve bilgilendirme açılarından her türlü desteği veren tez danışmanım sayın yrd. Doç. Dr. Erkan Avlar'a ve her türlü teknik bilgi desteğini veren sayın mimar Vedat Tokyay'a saygı ve teşekkürlerimi sunuyorum.



## ÖZET

Özellikleri nedeniyle Dünya’da bir çok ülke tarafından yaygın olarak kullanılan tabakalı ahşap yapı elemanları Türk yapı sektöründe yeterince tanınmamakta ve uygulama alanı bulamamaktadır. Bu çalışmada tabakalı ahşap teknolojisi Türkiye koşulları açısından değerlendirilmiştir. Böylelikle bu teknolojinin Türkiye’de kullanımının rasyonelliği ortaya konmaya çalışılmıştır.

Bu doğrultuda yapılan çalışma beş bölümden oluşmaktadır.

1. Bölümde, çalışmanın amacı, kapsamı, yöntemi ve belirlenen sorunu ortaya konmaktadır.
2. Bölümde, tabakalı ahşap yapı elemanlarının üretim aşamaları, sistemleri ve biçimleri araştırılmış ve nitelikleri irdelenmiştir.
3. Bölümde, tabakalı ahşap yapı elemanlarının yapı gelişim süreci içindeki yeri ve kullanım alanları araştırılarak bu sistemin Türkiye’de yapılan uygulamaları incelenmiştir.
4. Bölümde, tabakalı ahşap teknolojisinin kullanım nedenleri irdelenmiş ve diğer sistemlerle karşılaştırmalı olarak Türkiye’de kullanımının rasyonelliği ortaya konmaya çalışılmıştır.
5. Bölümde, ulaşılan sonuçlar ve gerekli öneriler verilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Tabakalı ahşap, tutkallı kiriş, Hetzer sistemi, Trigonit Sistem, DSB Sistemi.

## **ABSTRACT**

Glued laminated timber products which are extensively used in the world are not known and applied in Turkish building sector. The assesment of glued laminated timber building components were made in this research. Thus the rationality in usage of this technology in Turkey has been presented.

The research made in this manner consists of five sections.

Section 1 consists of the determined problems, the target, the scope and the method.

In section 2, the production levels, systems, forms and qualities of glued laminated timber building components were investigated.

In section 3, the part and the application areas of glued laminated timber building components in building development history was examined and the research of applications in Turkey was made.

In section 4, the reasons of using glued laminated timber building components were examined and comparing with other building systems. The rationality in usage of this technology in Turkey was presented.

In section 5, the results and the suggestions were given.

**Keywords:** Laminated timber, glulam, Hetzer system, Trigonit System, DSB System.

## 1. GİRİŞ

### 1.1. Sorunun Belirlenmesi

Yapı gelişim süreci içinde, ahşabın yapı alanında kullanılan ilk malzemelerden biri olduğu bilinmektedir. İlkel çağlardan günümüze kadar olan süreçte ahşap malzemenin diğer yapı malzemeleri içinde çok önemli bir yeri vardır.

Bu süreçte yapı endüstrisinde çok önemli gelişmeler olmuş ve günümüzdeki düzeyine ulaşmıştır. Yapı malzemesi olarak ahşabın kullanımı da teknolojiadaki gelişim düzeyine paralel olarak ilerlemiş ve ahşabın kullanımı çok daha kolay ve rasyonel hale gelmiştir.

Geleneksel Türk mimarisinde de ahşabın çok önemli bir yeri vardır. Selçuklular ve Osmanlılar döneminde Anadolu'daki evlerin çoğu ahşap ve kerpiçten inşa edilmiştir. Özellikle, Akdeniz, Kuzey ve Kuzey-batı Anadolu bölgelerinde bulunan ormanlık alanlar, bu bölgelerde ahşabın temel yapı gereci olmasına neden olmuştur.

Günümüzde Türkiye'de uygulanmakta olan imar yönetmelikleri ahşabın yapı alanında kullanımını sınırlamaktadır. Bu sınırlamanın ana nedeni ahşabın yanıcı bir malzeme oluşudur. Ancak ahşap yapı elemanları üretim teknolojisinin bugün ulaştığı düzey ve ahşaba uygulanan önlemler göz önünde bulundurulursa, yönetmelik ve şartnamelerin tekrar gözden geçirilme gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

İmar yönetmeliklerinde ahşap kullanımına getirilen sınırlamaların yanı sıra kimya endüstrisinin çağın gerektirdiği düzeyde olup olmaması da tabakalı ahşap teknolojisinin gelişimini etkilemektedir.

Tabakalı ahşap teknolojisi Türkiye koşulları açısından incelendiğinde, ortaya diğer ülkelerden farklı bir sonuç çıkmaktadır. Bir çok ülke tarafından kolaylıkla benimsenen ve kullanılan bu teknoloji, Türk yapı sektöründe olması gereken noktaya henüz gelmiş değildir. Tabakalı ahşap elemanların yapı sektöründeki yeri ve önemi Türkiye'de yeterince bilinmemektedir.

Yapı üretiminde tabakalı ahşap elemanların kullanımı Türkiye koşullarına bir çok açıdan uygundur. Fakat günümüze kadar, dünyada yoğun bir şekilde kullanılan bu teknolojinin

Türkiye’de kullanılması gereken bir yapı üretim sistemi olduğu belirlenememiştir.

## 1.2. Amaç

Türk yapı sektöründe betonarmenin ve daha sonradan yaygınlaşan çelik sistemlerin kullanımda geldiği aşama yadsınamaz. Bu sistemlerin yerinde ve doğru olarak kullanıldıkları zaman, yüksek performans gösteren sistemler oldukları da açıktır. Ancak, tabakalı ahşap teknolojisinin de en az bu sistemler kadar çağdaş ve rasyonel çözümler üretebileceği bilinmektedir.

Bu yaklaşımla, Geleneksel Türk Mimarisi’nde ahşabın yeri düşünülerek, tutkallanmış tabakalı ahşap yapı elemanları teknolojisinin Türkiye koşulları açısından değerlendirilip Türk modern ve çağdaş mimarisinde kullanımının sağlanması çalışmanın esas amacını oluşturmaktadır.

## 1.3. Kapsam

Bu çalışmada tutkallanmış tabakalı ahşap teknolojisinin ortaya çıkışından günümüze kadar geçen süre içindeki gelişimi, üretim sistem ve biçimleri, yapı sektöründeki durumu araştırılmıştır.

Türkiye’de, büyük bir çoğunlukla kullanılmakta olan betonarme ve çelik sistemlerin, tabakalı ahşap yapı elemanları kullanılarak oluşturulan sistemler ile karşılaştırmalı analizi yapılmış ve sistemin ülke koşulları açısından uygunluğu araştırılmıştır.

Bu çalışmada ayrıca, dünyada ve Türkiye’de tabakalı ahşap yapı elemanları kullanılarak üretilmiş olan uygulama örnekleri incelenmiştir.

## 1.4. Yöntem

Çalışmada izlenen yöntem;

- Çalışma konusu olarak belirlenen teknolojiye ait bilgilerin toplanması ve değerlendirilmesi,
- Bu teknoloji kullanılarak üretilen örneklerin incelenmesi,
- Bu teknolojinin Türk yapı sektörü içindeki gelişimi ve bugünkü durumunun araştırılması,

- Gelişmiş ülkelerde uygulanmakta olan tabakalı ahşap yapı teknolojisinin, Türkiye koşullarında uygulanabilirliğinin irdelenmesi olarak benimsenmiştir.



## 2. TABAKALI AHŞAP ELEMANLARIN ÜRETİMİ VE NİTELİKLERİ

### 2.1. Tanımlar

- Ahşap:

“Canlı bir organizma olan ağacın meydana getirdiği lifli, heterojen ve anti-izotrop özelliğe sahip bir tür polimerdir” (Eriç, 1983).

- Tabakalı Ahşap:

“En az üç ahşap parçanın, damarları paralel olacak şekilde tutkalla birleştirilmesiyle oluşturulan eleman” (DIN 1052).

- Tabakalı Kiriş:

“Parçaları tutkalla birleştirilerek yapılmış tabakalı dolu gövdeli ahşap eleman” (Hasol, 1992)

### 2.2. Tabakalı Ahşap Elemanların Üretim Aşamaları

Tabakalı ahşap elemanların üretim süreci;

- Tabakaların seçimi ve hazırlanması,
- Tabakaların uç eklemelerinin yapılması,
- Yapıştırıcıların uygulanması,
- Kalıplama ve presleme işlemlerinin yapılması,
- Bitirme işlemlerinin yapılması,
- Ön montaj işlemlerinin yapılması aşamalarını kapsar.

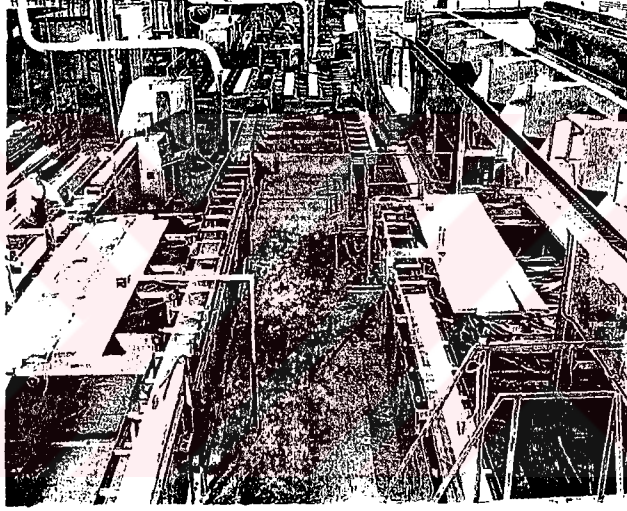
Üretim süreci içinde, her aşamada ayrı olmak üzere, ürün örnekleri alınarak laboratuarlarda kalite kontrol ve dayanım testlerine tabi tutulur.

#### 2.2.1. Tabakaların Seçimi ve Hazırlanması

Tabakalı ahşap teknolojisinde en yoğun olarak kullanılan ağaç türleri; Douglas Fir, Southern Pine ve Hem Fir gibi yumuşak ağaç türleridir. Bu tür yumuşak ağaçlardan seçilen tabakalar; budak büyüklüğü ve dağılımına, liflerin yönüne ve açlarına göre sınıflandırılır. Tabaka

uzunlukları yaklaşık 400cm., kalınlıkları 19mm. ile 38mm. arasında ve genişlikleri 26cm. ile 28cm. arasındadır.

Tabakaların yüzeyleri, bağlayıcıların aderansını en fazlaya çıkarmak için önceden pürüzlü hale getirilir. Üretim bandına girmeden önce tüm tabakalar, ortalama 70 C derece sıcaklıkta beş gün süreyle fırında bekletilir. Bu fırınlamanın amacı kerestenin bünyesindeki nem oranını % 12 düzeyine getirmek ve içindeki böcek vb. canlıları yok etmektir. Fırınlama işlemi bitirildikten sonra, tabakaların bünyesindeki nem oranı elektronik sensörlerle bir kez daha kontrol edildikten sonra, tabakalar genişliklerine göre tasnif edilmeye başlanır. Tabakalar, bu aşamaya kadar gerekli her standart yönünden hazır hale getirildikten sonra, diğer işlemlere hazır bir durumda ilk üretim bandının başında istiflenir (Resim 2.1.).



Resim 2.1. Tabakaların seçimi ve hazırlanması (Holzbau.com)

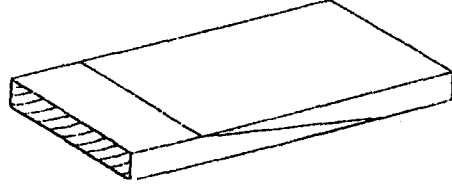
### 2.2.1. Tabakaların Uç Eklmeleri

Tabakalı ahşap teknolojisinin gündeme getirdiği önemli üstün özelliklerden biri, ahşabın kendi doğal boyutlarından büyük boyutlarda tek bir yapı elemanı olarak üretimidir.

Büyük boyutlarda yapı elemanının üretimi için tabakaların uç eklmeleri yapılmaktadır. Bu uç eklmeleri; atkı birleşimi, tutkallı ve çivi basınçlı birleştirme ve kurtağzı birleştirme yöntemleriyle yapılmaktadır.

### a. Atkı Birleşimi

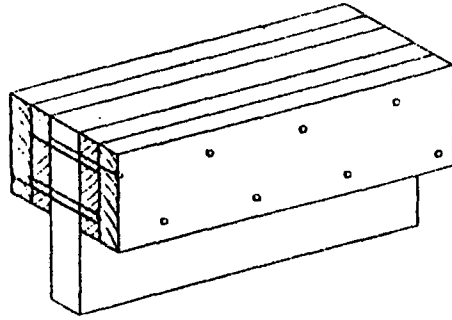
Atkı birleşimi kolay bir birleştirme şeklidir (Şekil 2.1.). Tabakaların tutkallanacak bölümleri eğimli olarak kesilir ve yapıştırılır. Bu tip eklemede tutkallanmak için eğimli olarak kesilen bölümün uzunluğunun, tabakanın uzunluğunun 1/10'ini geçmemesine dikkat edilmesi gerekmektedir.



Şekil 2.1. Atkı Birleşimi (Hoor vd., 1989)

### b. Tutkallı ve Çivi Basıncılı Birleştirme

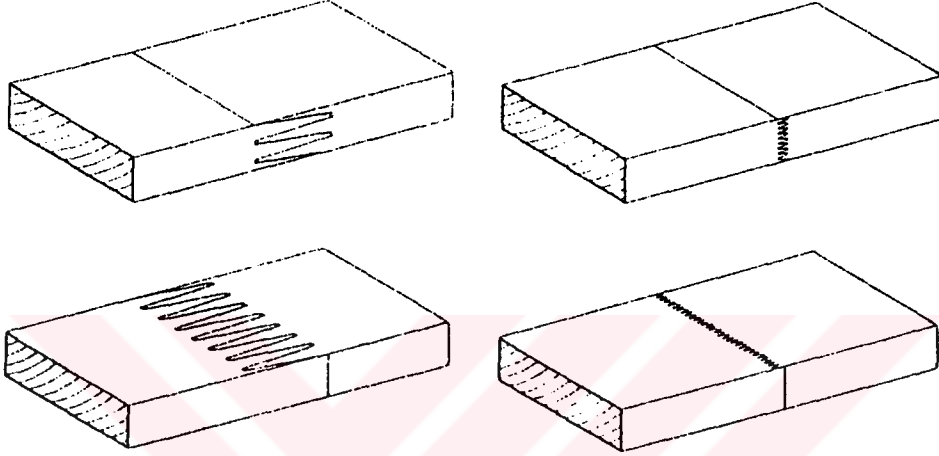
Çivi basınçlı tutkallama yönteminde parçaların tutkallanan bölümlerine çiviler yardımıyla basınç uygulanır. Bu tip birleştirmenin yapılmasına sadece I kesitli kirişlerin bazı özel durumlarında izin verilmektedir (Şekil 2.2.).



Şekil 2.2. Çivi basınçlı tutkallama yöntemi (Hoor vd., 1989)

### c. Kurtağzı Birleştirme

Tabakaların uç eklemelerinin yapılmasında en çok kullanılan yöntem ise kurtağzı şeklindeki birleştirmedir (Şekil 2.3.). Bu şekilde birleştirmenin yapılması için üretim bandı üzerinde yer alan makina, tabakaların kurtağzı birleşim kesimini yapar. Kurtağzı şeklinde kesilen bölümün uzunluğu 7.5mm. ile 60mm. arasında değişmektedir. Birleşim kesiminin yapıldığı bölümün kısalması, yük taşıma kapasitesini azaltmaksızın, ahşap ve yapıştırıcıdan ekonomi sağlar. Bu yöntem kullanılarak yapılan eklemelerde gerekli ölçütler sağlanabilmektedir (Hoor vd., 1989).



Şekil 2.3. Kurtağzı birleştirme yöntemi (Hoor vd., 1989)

### 2.2.3. Tabakaların Yapıştırılması

Yapıştırıcılar, bu teknolojinin önemli bir ürününü oluştururlar. Tabakaların yapıştırılmasında gerekli kalite düzeyinin sağlanabilmesi için yapıştırıcı seçimi çok önemlidir. Ürünlerde bölümsel olarak meydana gelebilecek ayrılmalar, kalitenin düşmesine ve tehlike oluşumuna neden olurlar. Bu nedenle, kullanılan ahşap cinsi için uygun yapıştırıcı ürünün kullanılması gerekir (Baker ve Yeager, 1974).

Kimya endüstrisinde kullanılan bazı tutkal tipleri;

- Hayvansal kökenli tutkallar,
  - Glutin tutkalları,
  - Kan albumini tutkalları,
  - Kazein tutkalları,
- Bitkisel kökenli tutkallar,
  - Nişasta tutkalları,

Soya tutkalları,

- Sentetik kökenli tutkallar,

Termoplastik sentetik reçine tutkalları,

Sıcağa dayanıklı sentetik reçine tutkalları

olmak üzere gruplandırılmaktadır (Duman, 1964).

Tabakalı ahşap bileşenlerin modern anlamda ilk üretiminde bağlayıcı olarak kazein tutkallar kullanılmaktaydı. İkinci Dünya Savaşı'na kadar kullanılan bu bağlayıcı, özellikle mantar üremesine olanak sağladığı için, yerini sentetik bağlayıcılara bırakmıştır (Mutlubaş, 1999).

Tabakalı ahşap yapı elemanlarının üretimine en uygun olan ve en çok kullanılan yapıştırıcı türleri, sıcağa dayanıklı sentetik reçine tutkallarıdır.

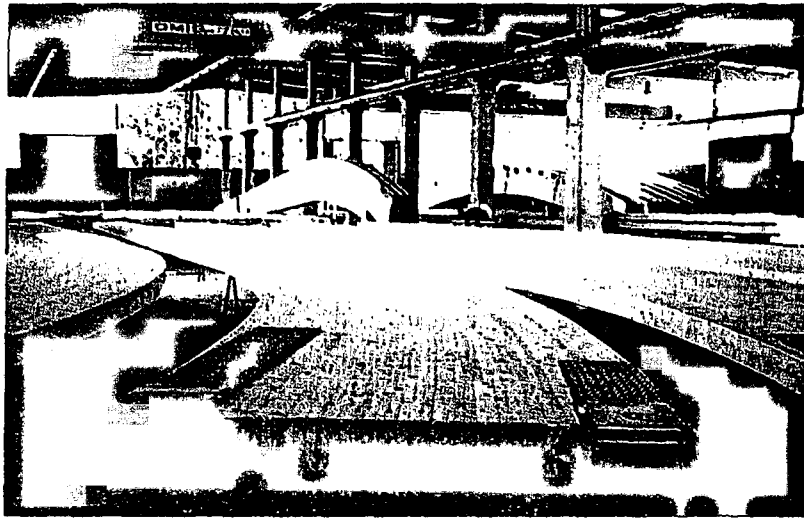
Bu tutkallar;

- Fenol – Formaldehit – Kondanzasyon ürünleri,
  - Rezorsin – Formaldehit – Kondanzasyon ürünleri,
  - Üre – Formaldehit – Kondanzasyon ürünleri (Karbamid reçineleri),
  - Melamin – Formaldehit – Kondanzasyon ürünleri,
  - Polyester – Diizosianat – Formaldehit – Kondanzasyon ürünleri (Poli-üretan reçineleri)
- olarak gruplandırılırlar (Duman, 1964).

Sıcağa dayanıklı sentetik reçine tutkalların ana maddesi formaldehittir. Ortak özellikleri; sertleşmenin sadece suyun ahşap tarafından alınması veya soğumaları sonucunda değil, meydana gelen kimyasal reaksiyonların sonunda olmasıdır (Duman, 1964).

Bu tutkallarla her türlü hava koşulunda yapıştırma işlemi yapılabilmektedir. Ayrıca küflenmeye, neme, sıcağa ve diğer atmosfer koşullarına dayanıklı birleşimler yapmaktadırlar.

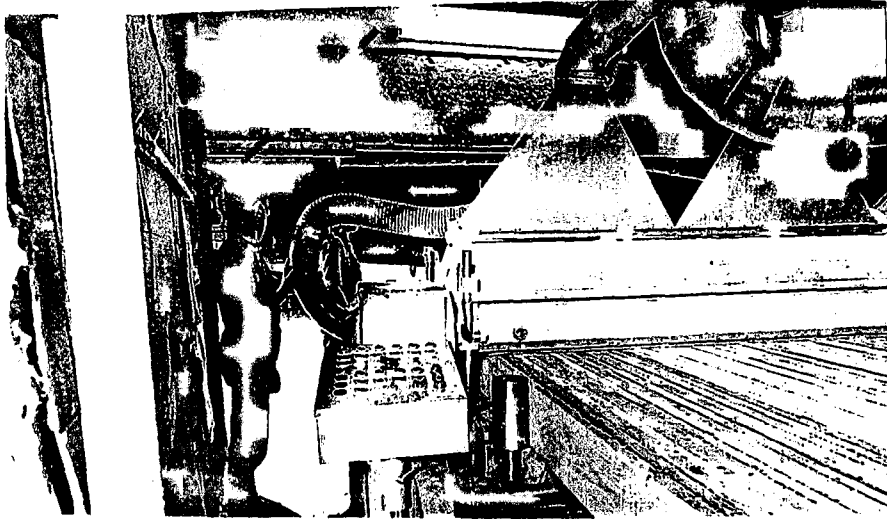
Yapıştırıcıların uygulanması işlemi, üretim bandı üzerinde bulunan püskürtme istasyonunda yapıldıktan sonra, ürünler kalıplama işlemine hazır hale getirilmektedir (Resim 2.2).



Resim 2.2. Yapıştırıcıların uygulanması işlemi (Holzbau)

### 2.2.1. Kalıplama ve Presleme İşlemleri

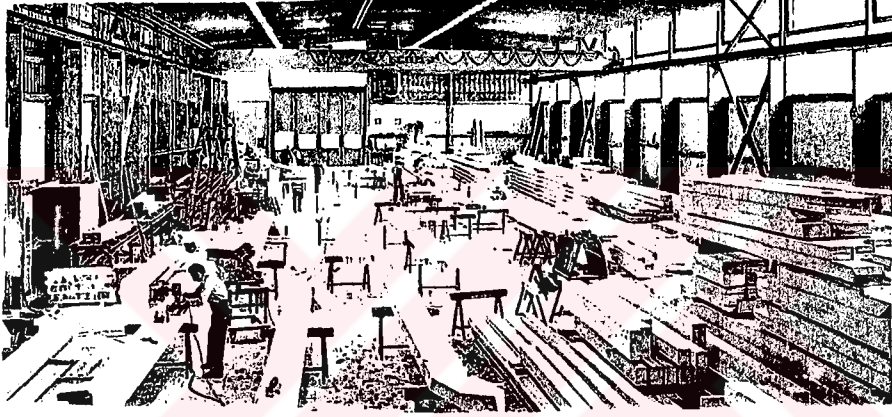
Tabakalar, bağlayıcı uygulandıktan sonra, yapı elemanının formuna uygun hazırlanmış kalıplara alınır (Resim 2.3.). Bu kalıplar, pnömomatik kilitlerle kilitlenir ve belirli bir basınç altında preslenir. 8 ile 24 saat arasında süren bu kalıplama işlemi ile fazla tutkal atılmakta, tabakaların yapıştırılması sağlanmaktadır. Bu işlemin sonunda elemanlar bitirme işlemleri için hazır hale getirilmiş olur (Tokyay, 1999).



Resim 2.3. Kalıplama ve presleme işlemleri (Holzbau)

### 2.2.2. Bitirme İşlemleri

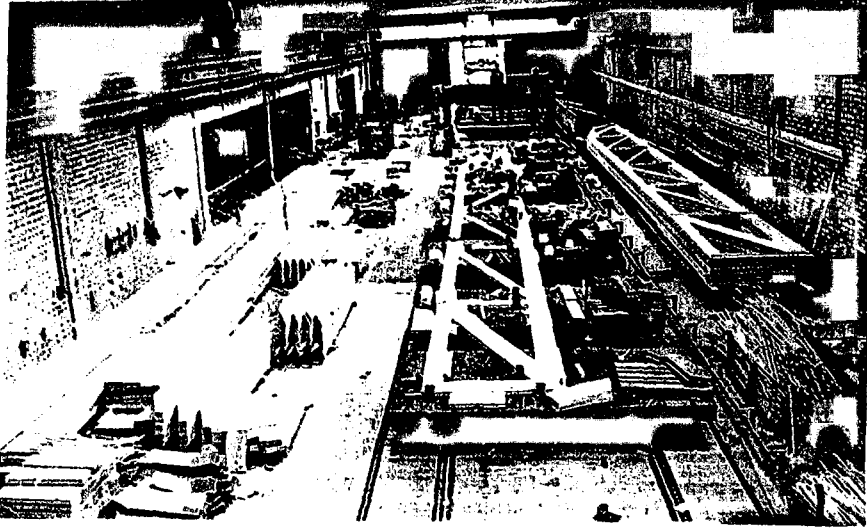
Kalıptan çıkan tüm elemanlar, planya ve kalınlık işlemlerini aynı anda tamamlayan ve gerekli kesim, dekopaj, delik vb. işlerini yapan bilgisayar kontrollü ayrı bir banda alınır (Resim 2.4.). Bu banttan çıkan elemanların üzerinde, gerekli metal bağlantı parçaları montajı yapılır. İstenilen renkte solvent bazlı emprenye sıvısı (asgari 100gr/m<sup>2</sup>) ile emprenye işlemi ürünün üzerine uygulanır. Tüm bu işlemler, yaklaşık 20 C derece sıcaklıkta ve % 65 oranında nemli ortamda yapılır (Tokyay, 1999).



Resim 2.4. Bitirme işlemleri (Holzbau)

### 2.2.3. Ön Montaj İşlemleri

Tabakalı elemanlar, tek tek taşınıp montajı yapılabildiği gibi, ön montaj işlemi yapıp taşınması da söz konusu olabilir. Üretim tesislerinde çalışma olanağı şantiyeden daha fazla olduğu için şantiyede yapılacak işlerin en aza indirilmesi hedeflenmektedir (Resim 2.5.).



Resim 2.5. Ön montaj işlemleri (Holzbau)

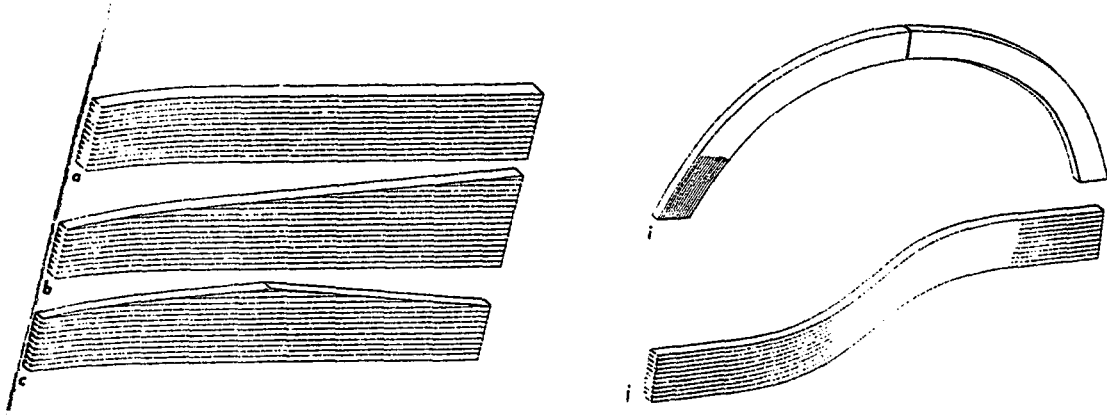
Özellikle, şantiyede montajı ekonomik olmayan çatı makası, kolon gibi elemanların, tesisin bir bölümünde ön montajı yapılır ve taşınmaya hazır hale getirilir.

### 2.3. Tabakalı Ahşap Yapı Elemanlarının Üretim Sistemleri

#### 2.3.1. Hetzer Sistemi

Bu sistemin esası, ahşap parçaları geniş yüzeyler boyunca üst üste yapıştırarak gereksinimin gerektirdiği ölçülerde dikdörtgen veya I kesitli ahşap yapı elemanları elde etmektir (Şekil 2.4). İlk defa Otto Hetzer tarafından uygulandığı için genelde bu isimle anılmaktadır. Bazı ülkelerde de “lamine” veya “lamelli” tutkallı ahşap yapı elemanları şeklinde isimlendirilmektedir. Hetzer sistemi aynı zamanda, tutkallı birleşimlerin ahşap mühendislik yapıları alanına girişinin de başlangıcını temsil etmektedir.

Elemanın bünyesine giren çeşitli parçaların ucuca yine tutkalla eklenmeleri kolaylıkla mümkün olduğu gibi, her bir parçanın artık eklenmeyecek olan uç noktaları da istenilen şekilde tasarlanabilmektedir. Bu nedenle Hetzer Sistemi gerek atalet momenti değişimi gerekse açıklık hesapları itibarıyla, pratikte gereksinim hissedilebilecek her ölçüde ahşap taşıyıcı sistem kurgusuna olanak vermektedir (Duman, 1964).

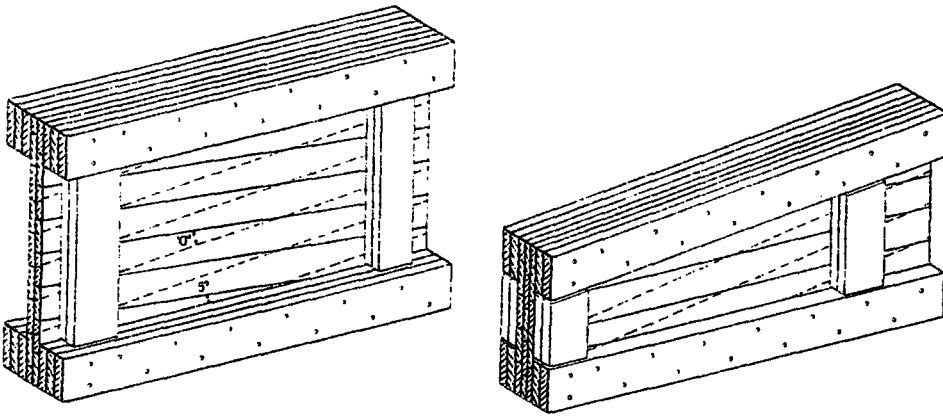


Şekil 2.4. Tabakalı ahşap yapı elemanlarının Hetzer sistemiyle üretimi (Hoor vd., 1989)

### 2.3.2. Kaempf Sistemi

I kesitli Hetzer sisteminin ıslah edilmiş şeklidir. Gövde bölümü iki veya üç kat ahşap parçadan oluşturulmaktadır. Bu parçalar, lif yönleriyle kiriş ekseninin açısı 4 derece ile 6 derece arasında olmak üzere birbirlerine göre çapraz yerleştirilirler (Şekil 2.5.). Mukavemet momenti hesabında, gövde tam olarak hesaba katılabileceği gibi, kayma emniyet gerilmesi olarak da ahşap yapılarda kullanılan normal değerın iki misli (18kgf/cm<sup>2</sup>) alınabileceğinden, ahşaptan ekonomi bakımından Hetzer sisteminden üstün durumdadır.

Bu sistem, aynı zamanda, gövdeyi çift yaparak, kesiti sandık kesit haline getirmeye elverişlidir. Dış görünüş bakımından, konunun cinsine göre, bazen tercih edilen bu tip kesit şekli burulma emniyeti bakımından da çok uygun bir şekildir (Duman, 1964).

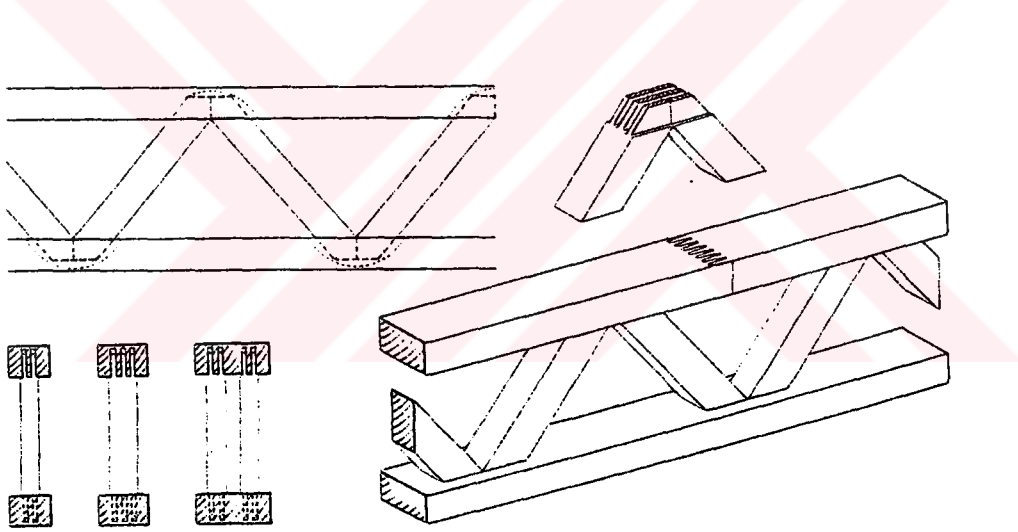


Şekil 2.5. Tabakalı ahşap yapı elemanlarının Kaempf sistemiyle üretimi (Duman, 1964)

### 2.3.3. DSB Sistemi

Birleşimleri tutkalla yapılan bir çeşit paralel başlıklı kafes kiriştir. Başlıklar, geniş kenarı yatay olarak üretilmektedir. Başlıklar içinde, özel makinelerle açılan yuvalara, yine özel şekilde şekillendirilmiş olan diyagonaller oturtulur. Diyagonallerin ucundaki dişler iki veya üç adet yapılır. Daha fazla yapılması gereken hallerde diyagonallerin çift yapılması yoluna gidilir. Prensip olarak, başlıkların dar yüzünün genişliği, diyagonallerin geniş yüzünün genişliği kadar yapılmaktadır (Şekil 2.6.).

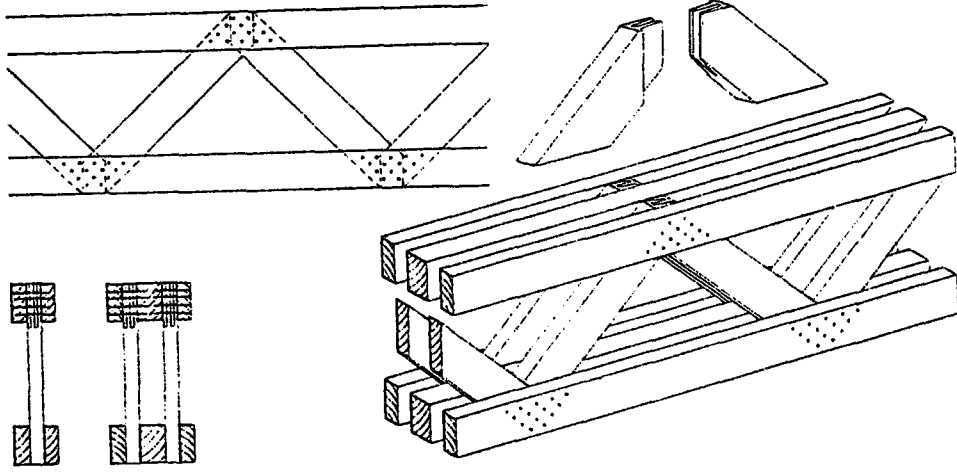
Birleşimler sadece “rezorsin formaldehit” tutkallar ile yapılmaktadır .En büyük özelliği, % 50’ye yakın ahşap tasarrufuna olanak vermesidir. Ancak, özel uzmanlığa ve tesislere gereksinim gösterdiğinden üretimi kolay değildir. Bu sistemle üretilen elemanlar, çatılarda ve aks aralığının büyük olduğu durumlarda aşık olarak, bazen de kolon olarak kullanılabilir (Duman, 1964).



Şekil 2.6. Tabakalı ahşap yapı elemanlarının DSB sistemiyle üretimi (Hoor vd., 1989)

### 2.3.4. Trigonit Sistemi

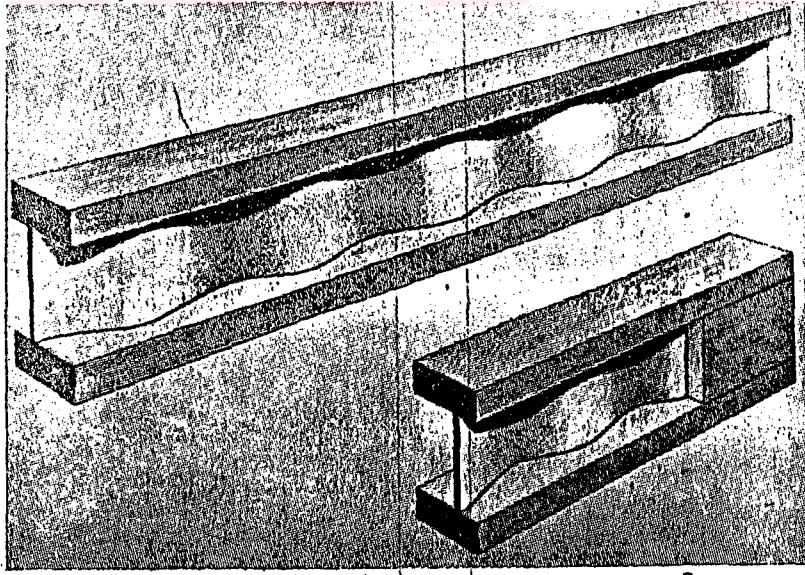
Prensip olarak, DSB sisteminin aynısıdır. Yalnız başlıkların tutkallı diyagonallerle birleştirilmesi işlemi çivi ile yapılmaktadır (Şekil 2.7.).



Şekil 2.7. Tabakalı ahşap yapı elemanlarının Trigonit sistemiyle üretimi (Hoor vd. 1989)

### 2.3.5. Kontrplak Gövdeli Kiriş Sistemi

Gövde bölümü dalgalı kontrplakla oluşturulan paralel başlıklı kirişlerdir. Genel ölçüleri ve kullanım amaçları dolayısıyla DSB ve trigonit sistemi kirişlere benzerlik göstermektedir. Kesit yükseklikleri 16cm. ile 40 cm. ve kontrplağın kalınlığı 4mm. ile 6 mm. arasındadır. Başlıklar içinde, özel bir makina ile açılan yuvalara kontrplak tutkallanarak oturtulur (Şekil 2.8.). Gövde rijitliğini arttırmak için ayrıca bir önlem almaya gereksinim yoktur (Duman, 1964).



Şekil 2.8. Tabakalı ahşap yapı elemanının kontrplak gövdeli kiriş sistemiyle üretimi (Duman, 1964)

## 2.4. Tabakalı Ahşap Yapı Elemanlarının Üretim Biçimleri

### 2.4.1. Kirişlerin Üretimi

Kirişlerin üretimi, standart kirişler ve tasarıma göre üretilen özel kirişler olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır.

Standart kirişler, projeden bağımsız olarak, standart genişlik, yükseklik ve uzunluklarda, hiçbir özel kesimi, boşluğu, girintisi gömme ankraji, aksesuarları olmayan, tüm yüzeyleri düzgün ve emprenye sıvısı ile kaplanmamış yapı elemanlarıdır.

Tasarıma göre üretilen özel kirişler, standart kirişlerden farklı olarak, projeye göre değişken boyutlara sahip detaylara göre değişik açılarda kesimi yapılan, girinti ve boşlukları olan, gerekli durumlarda gömme ankrajlar ve diğer aksesuarları yerleştirilmiş, istenilen renkte emprenye sıvısı ile kaplanmış, kullanım yerine göre melamin veya rezorsin tutkal ile üretilmiş yapı elemanlarıdır (oranmimarlik.com.tr).

Kirişlerin üretimi; düz kiriş, trapez kiriş, eğrisel kiriş ve kemer kiriş biçiminde yapılmaktadır (Tablo 2.1.).

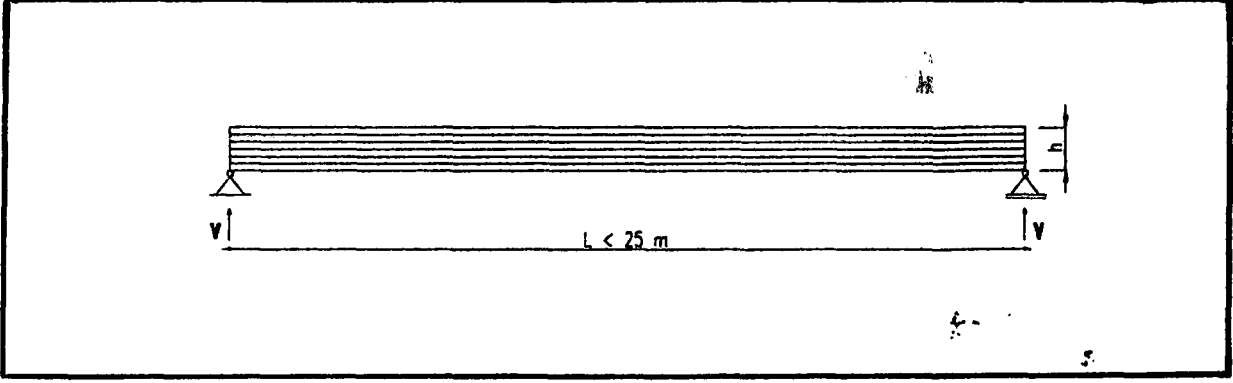
Tablo 2.1. Kirişlerin üretim biçimleri

	Düz Kirişler	Trapez Kirişler	Eğrisel Kirişler	Kemer Kirişler
Kiriş Genişliği	8,0cm-22,0cm	8,0cm-22,0cm	8,0cm-22,0cm	
Kiriş Yüksekliği	6,2cm-220,9cm	6,2cm-220,6cm	6,2cm-220,6cm	
Kiriş Uzunluğu	25,0m	35,0m	30,0m	
Optimum Açıklık	25m	35,0m	30,0m	100m
Nem Oranı	%12-15	%12-15	%12-15	%12-15
Açıklığa Göre Kiriş Yüksekliği	$H=L/17$	$H1=L/16$ $H2=L/30$	$H=L/17$	

Kirişlerin üretiminde statik hesaplama normu olarak; DIN 1052 ve EURO CODE 5 kullanılmaktadır.

a. Düz Kirişler (Şekil 2.9.)

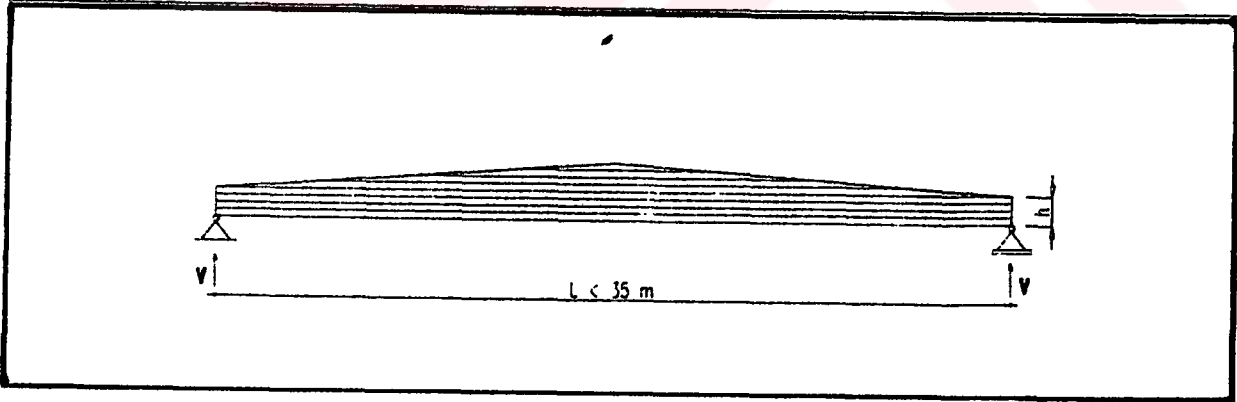
Maksimum 30 metre açıklık geçilebilen düz kirişler standart boyutlarda üretildiği gibi tasarıma göre istenilen boyutlarda ve özel kesimlerde de üretilebilmektedir.



Şekil 2.9. Düz kiriş

b. Trapez Kirişler (Şekil 2.10.)

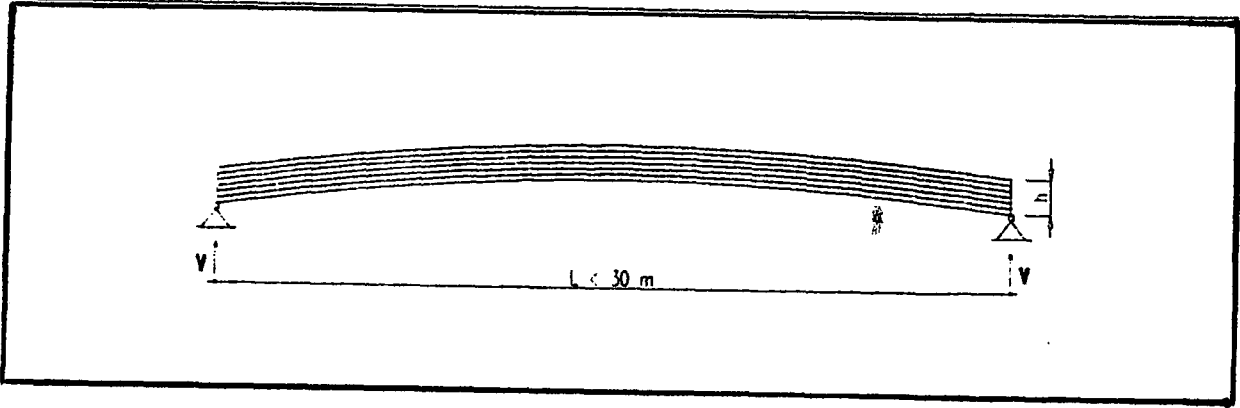
Trapez kirişler standart şekillerde üretildikleri gibi üstü trapez, altı eğrisel kiriş formu gibi özel şekillerde de üretilebilmektedir.



Şekil 2.10. Trapez kiriş

c. Eğrisel Kirişler (Şekil 2.11.)

Eğrisel kirişler standart şekillerde üretildikleri gibi altı eğrisel, üstü trapez kiriş formu gibi özel şekillerde de üretilebilmektedir.



Şekil 2.11. Eğrisel kiriş

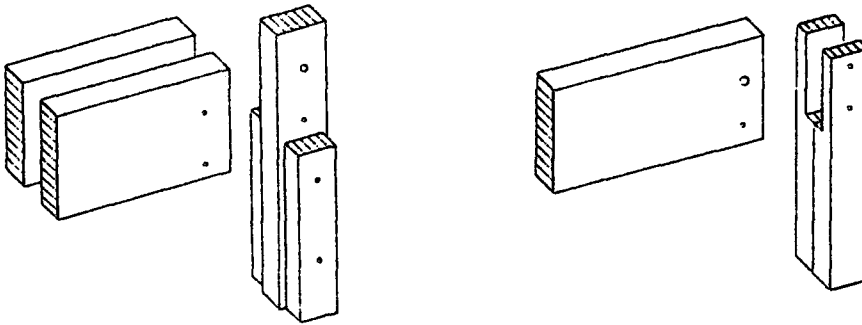
#### d. Kemer Kirişler

Tabakalı ahşap yapı elemanları kullanılarak oluşturulan kemer kirişlerle 20 metreden başlayarak 100 metreye kadar açıklıklar geçilebilmektedir.

#### 2.4.2. Kolonların Üretimi

Tabakalı ahşap kolonların, karşılayacağı yüklere göre boyutlandırılması basit masif ahşap kolonlarla aynı yollar izlenerek yapılır.

Ahşabın endüstriyel bir süreçten geçmiş olması ve ahşap malzemedeki kusurların tabakalı elemanlarda eşit olarak dağılmış olması, tabakalı ahşap kolonların, mekanik özellikler olarak, masif ahşap kolonlardan daha üstün özellikler göstermesine neden olur (Şekil 2.12.) (Faherty ve Williamson, 1989).

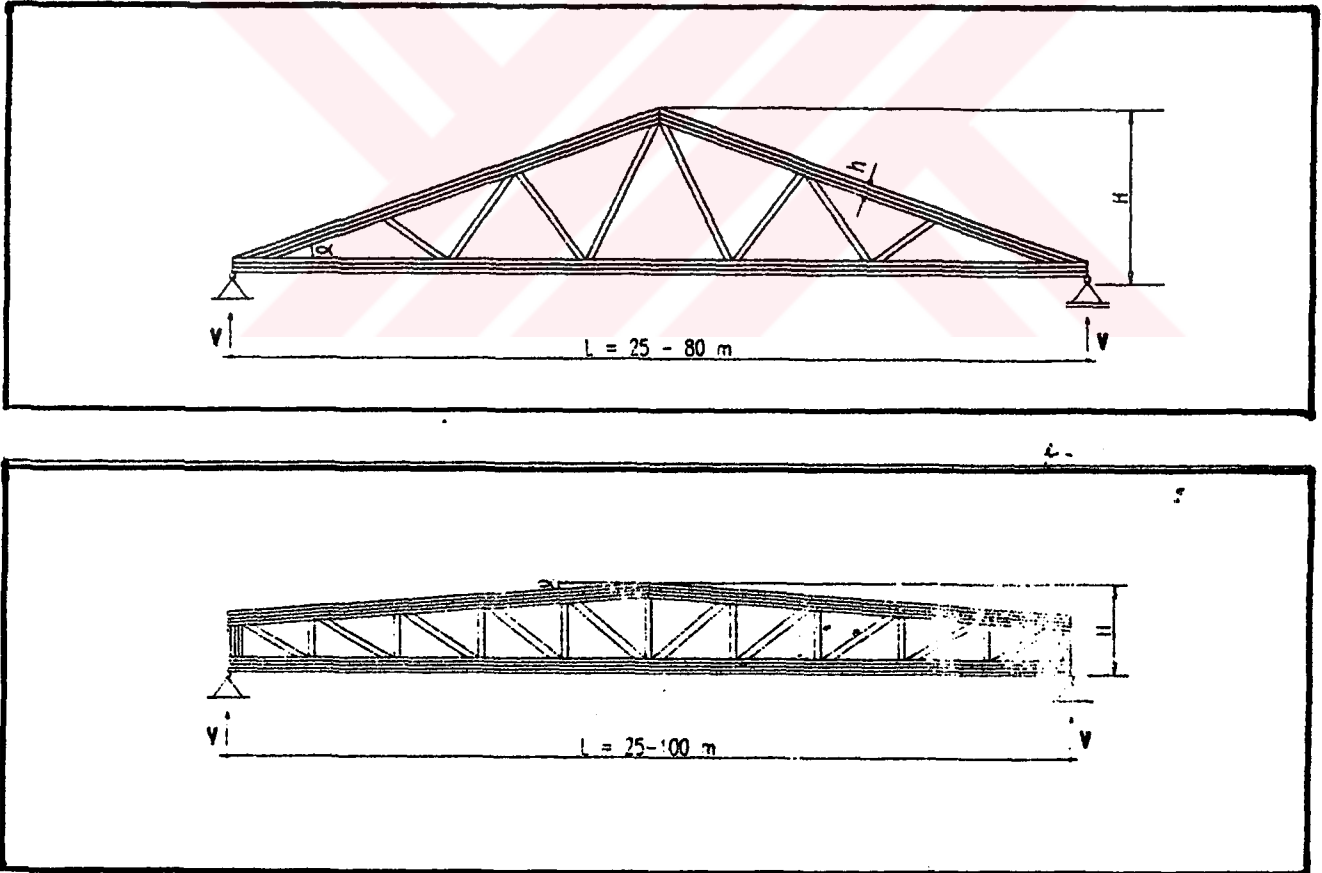


Şekil 2.12. Kolonlar (Hoor vd., 1989)

### 2.4.3. Çatı Makaslarının Üretimi

Alt başlığı ve/veya çaprazları çelik olan, alt ve üst başlıklar ahşap olan değişik açılarda kompoze edilmiş makasların önemli özellikleri; açıklık geçmedeki performansları ve yapı yüksekliğinin kritik olduğu durumlarda asgari makas yüksekliğini sağlamalarıdır (Şekil 2.13.) (Oran Mimarlık).

Üçgen makaslarla 5-45 metre, 15-45 metre, 25-80 metre, düz makaslarla 15-80 metre, trapez makaslarla 25-100 metre, kademeli makaslarla 30-60 metre açıklıklar geçilebilmektedir (Mutlubaş, 1999).

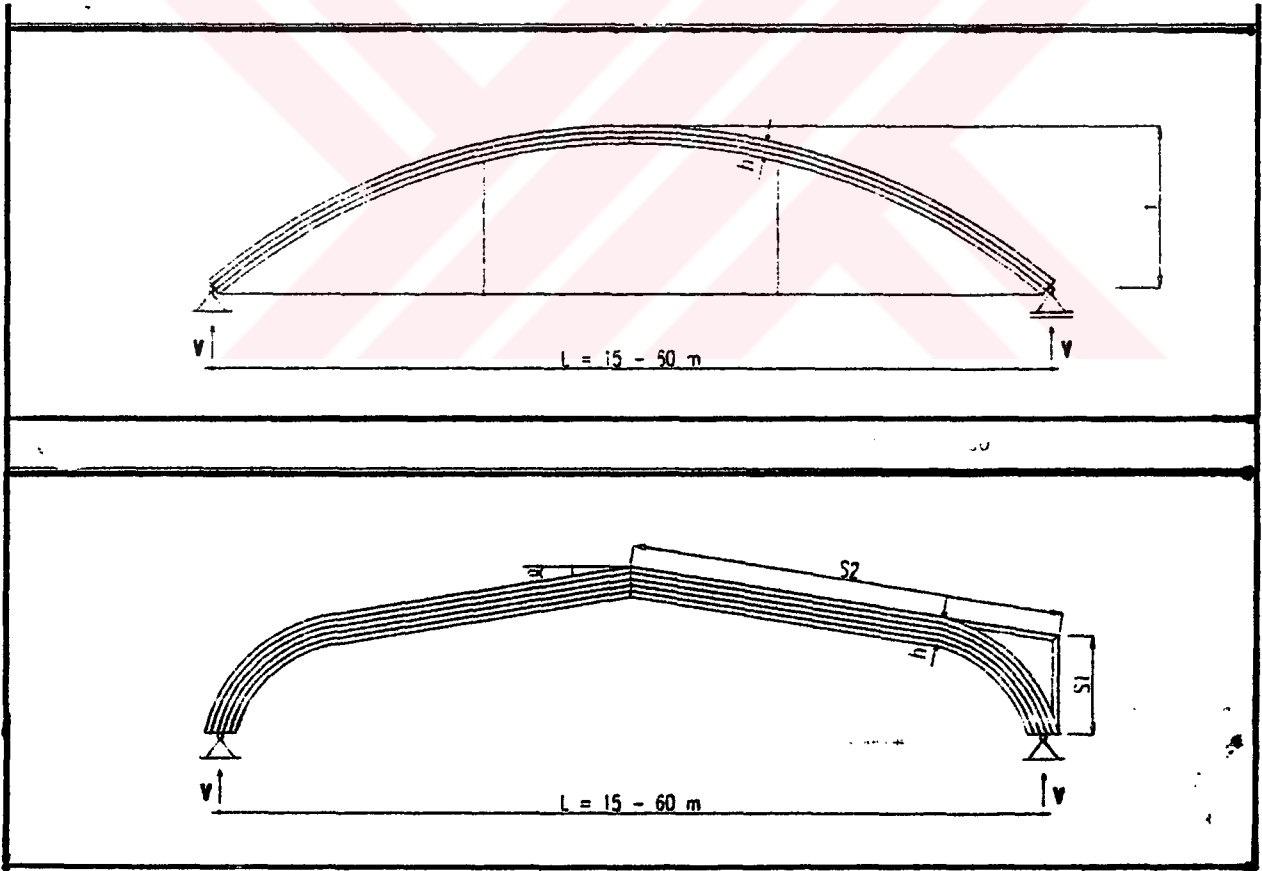


Şekil 2.13. Çatı makasları

#### 2.4.4. Çerçeve Sistemlerin Üretimi

Özellikle geniş açıklıklı endüstriyel yapılarda, spor salonlarında, yüzme havuzlarında kullanılan bu sistemde, hem düz hem de eğrisel tabakalı ahşap yapı elemanları ağırlıklı kullanılmaktadır (Şekil 2.14.). Diğer gruplardan farklı olarak, kurulan çerçeve ile betonarme veya çelik düşey taşıyıcılara gereksinim duymadan, yapının tümü çözümlenebilmektedir. Bu tip sistemlerde yatay kuvvetleri karşılamak üzere, iki mafsalsı bağlayan ahşap veya çelik malzemedan yapılmış çekme çubukları kullanılarak, hem kolon hem de temellerin statik tasarımında önemli rahatlıklar elde edilir (Oran Mimarlık).

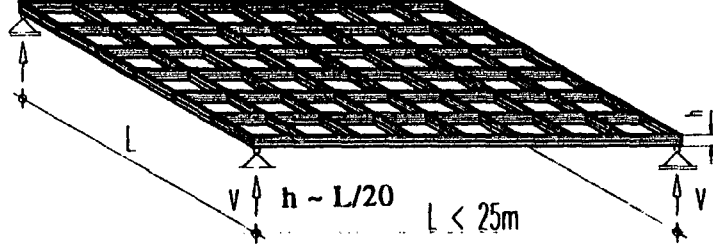
Eğrisel biçimde oluşturulan çerçeve sistemlerle 15-60 metre açıklık geçilebilirken, diğerlerinin geçtiği açıklık 15-45 metre arasındadır (Şekil 2.14.) (Mutlubaş, 1999).



Şekil 2.14. Çerçeve sistemler

### 2.4.5. Kaset Döşemelerin Üretimi

Tabakalı ahşap yapı elemanlarıyla oluşturulan kaset döşeme sistemleriyle (Şekil 2.15.) 25 metreye kadar açıklıklar geçilebilmektedir (Mutlubaş, 1999).

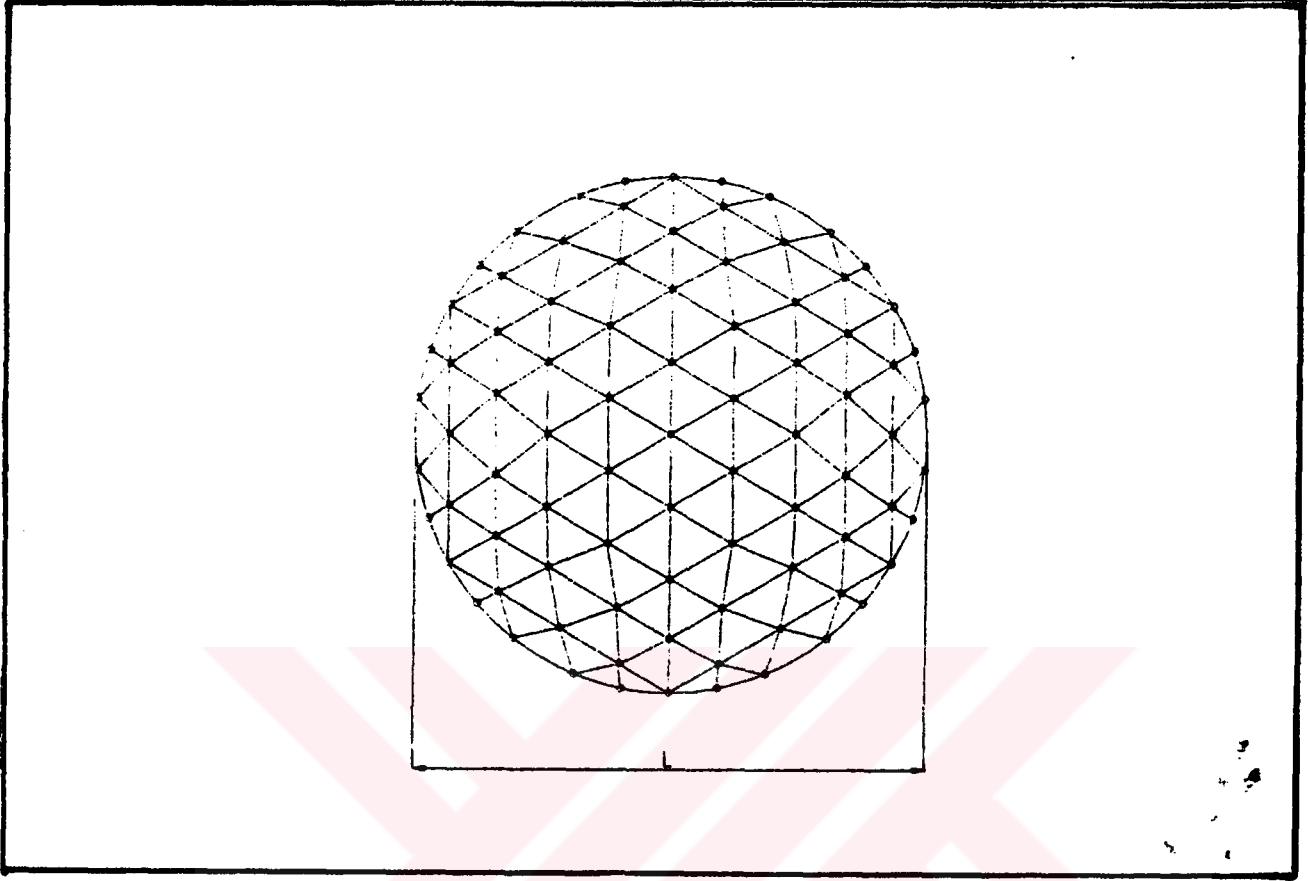


Şekil 2.15 Kaset döşeme

### 2.4.6. Geodezik Sistemlerin Üretimi

İşlevleri nedeniyle, çok uzun ve geniş bir geometriye gereksinim duyan, ancak yapı yükseklikleri de sınırlı olan büyük spor yapıları, çok amaçlı spor ve sergi salonları, hangarlar ve benzeri yapılarda çerçeve sistemler yeterli olamamaktadır. Çok büyük açıkları, tam veya basık kubbesel formları, çok narin kirişlerle oluşturmak için bu sistemler kullanılmaktadır (Şekil 2.16.). Eklemlerde galvaniz veya paslanmaz çelik eklem parçaları kullanılmakta, dolayısıyla bağlantı parçaları kirişler kadar önem kazanmaktadır. Elde edilen en önemli sonuç, statik olarak büyük bir hafiflik elde edilmesi ve standartlaşmanın en üst düzeye yükseltilmesidir. Küresel formun elde edilmesi için, eğrisel ahşap kirişler uzay sistemin çubukları olarak kullanılırlar. Birleşim yeri sayısının azaltılması için, bu çubuksal elemanların boyutları önem kazanmaktadır (Oran Mimarlık).

Geodezik kubbeler, 200 metreye kadar olan açıklıkları geçmekte kullanılmaktadırlar (Mutlubaş, 1999).



Şekil 2.16. Geodezik sistem

## 2.5. Tabakalı Ahşap Yapı Elemanlarının Taşınması Ve Montaj İşlemleri

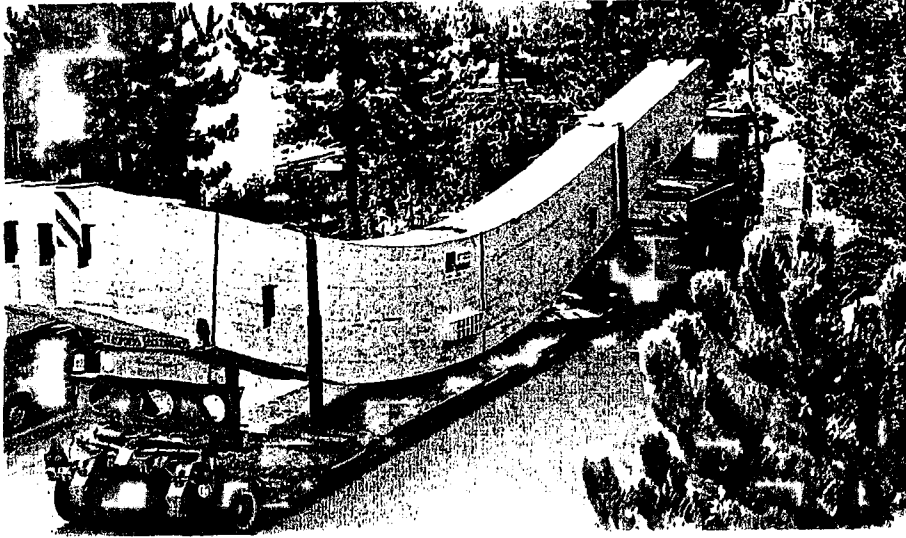
### 2.5.1. Elemanların Taşınması

Ahşabın hafif bir yapı malzemesi olması, taşıma işlemi sırasında büyük kolaylık ve taşıma giderlerinde ekonomi sağlar.

Tabakalı ahşap elemanlar, boyutlarına en uygun taşıma şekli seçilerek şantiyeye ulaştırılır. Ancak, uzun yapı elemanlarının taşınması işlemi de bu taşımaya uygun araç ve yardımcı ekipmanları gündeme getirmektedir.

Karayolu taşımacılığının kullanılacağı durumlarda, ülkenin karayolları taşımacılık şartnameleri belirleyici olmaktadır. Örneğin; İtalya'da 60 metreye kadar uzunluğu olan yapı

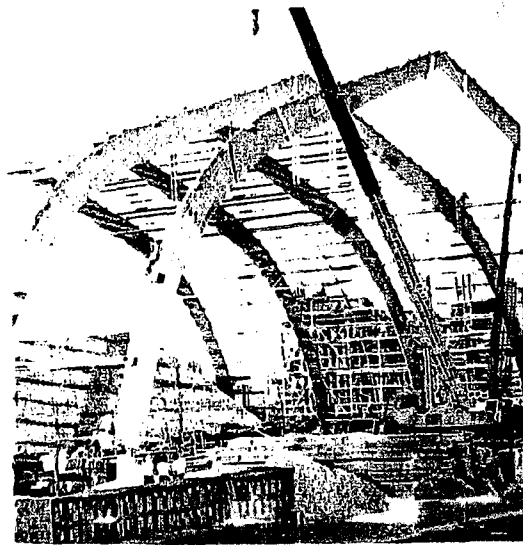
elemanları karayoluyla taşınabilmektedir (Resim 2.6.). Ayrıca gerekli durumlarda, deniz taşımacılığı da kullanılabilir.



Resim 2.6. Tabakalı yapı elemanlarının taşınma işlemleri

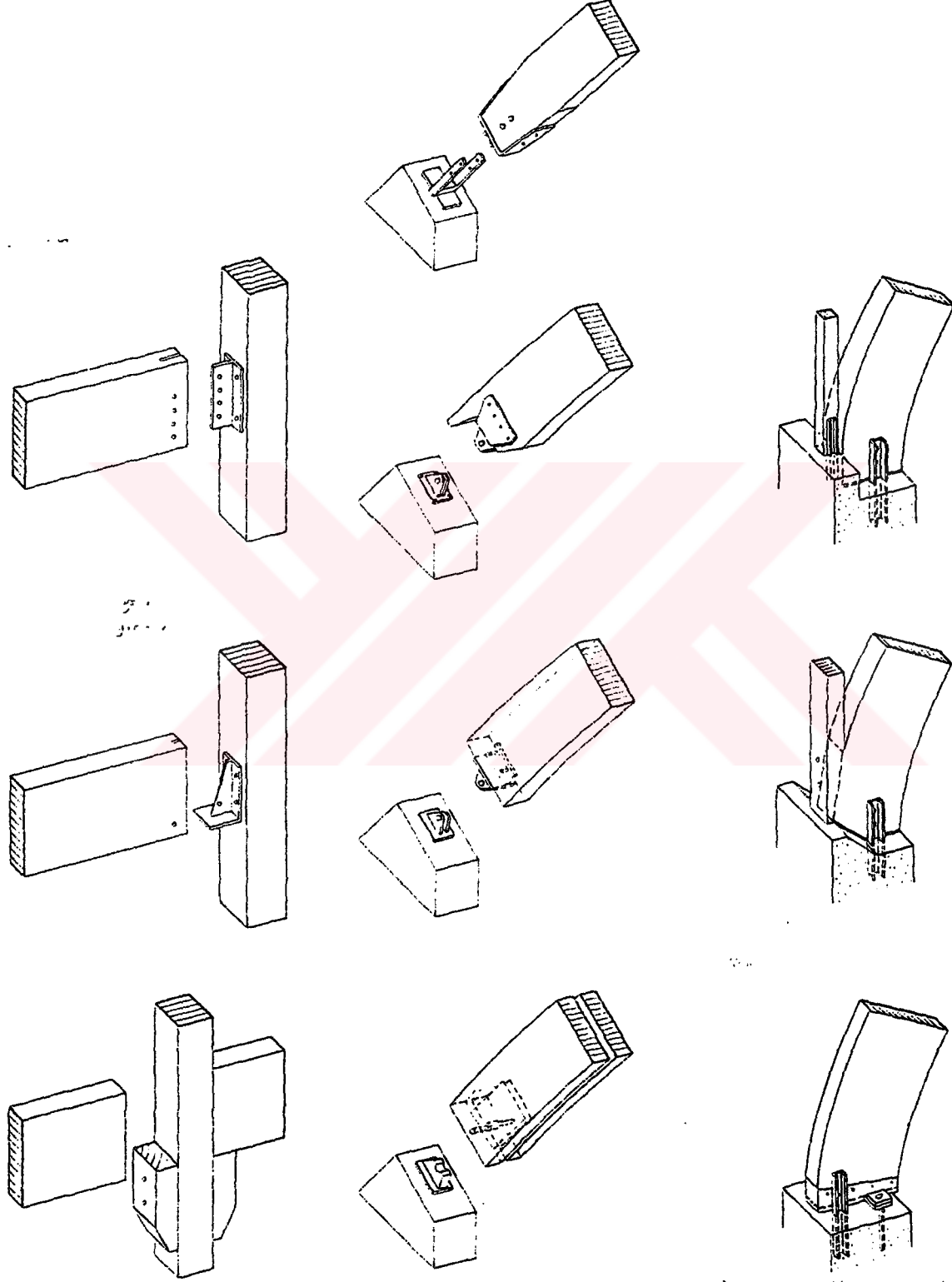
### 2.5.2. Elemanların Montaj İşlemleri

Üretim biçimi ile, tabakalı ahşap elemanların montajı için şantiyede yapılacak işlemler en aza indirilmiş olur. Elemanların ön montaj işlemleri üretim tesislerinde yapıldığı için, şantiyede gerekli büyüklükteki mobil vinçler kullanılarak montaj işlemleri yapılır (Resim 2.7.). Genelde montaj işlemleri marangoz ekipleri tarafından yapılmaktadır. Bazı uygulamalarda ise, çelik montaj ekipleri de kullanılabilir (Tokyay, 1999).



Resim 2.7. Tabakalı ahşap yapı elemanlarının montaj işlemleri

Tabakalı ahşap yapı elemanları diğer yapı elemanlarıyla rahat uyum sağlayabilmektedir. Bu nedenle ahşap taşıyıcıların yanında betonarme veya çelik taşıyıcılara da montajları kolaylıkla yapılabilmektedir. Elemanların montajında çoğunlukla çelik bağlantı elemanları kullanılmaktadır (Şekil 2.16.).



Şekil 2.17. Tabakalı ahşap yapı elemanlarının montajı (Hoor vd., 1989)

## 2.6. Ahşabın Nitelikleri

Tabakalı ahşap yapı elemanlarının ana malzemesi olan ahşabın nitelikleri; fiziksel, mekanik ve olumlu – olumsuz nitelikleri olarak incelenmektedir.

### 2.6.1. Ahşabın Fiziksel Nitelikleri

- **Dış Görünüşü:** Ağacın kokusu, ağaca vurulduğu zaman çıkan ses, her ağaca özgü olan rengin ton farkı o cins ağacın iyi büyüüp büyümediği, iyi kuruyup kurumadığı hakkında bilgi verir. İyi kurumuş ve lifleri düzgün büyümüş bir ağaç lif doğrultusunda sesi çok iyi iletir.
- **Sertlik:** Sertlik ağacın direnci hakkında kesin bir fikir vermez. Ağacın sertliği işlenebilirliği ve aşınma katsayısı bakımından önemlidir. Bazı ağaçlar nemli iken bazı ağaçlar ise kuru iken daha rahat işlenebilmektedir.
- **Özgül Ağırlık:** Ahşabın özgül ağırlığı ağacın türüne ve tomruktan biçilip alındığı kısma göre değişir. Yeni kesilmiş yaş bir ağaçta % 35-50, havada iyi kurutulmuş bir ağaçta ise % 10-20 kadar su bulunur.
- **Isı İletimi:** Ahşap ısıyı lif doğrultusunda liflere dik doğrultuya göre daha fazla taşır. Yine sıcak karşısında genleşme çap doğrultusunda, lif doğrultusundakine göre daha fazladır. Buna rağmen ahşabın uzaması demire göre 1/3 oranında olduğundan ısı nedeniyle uzama ve kısaltmalar hesapta ihmal edilmektedir.
- **Ses İletimi:** Lifleri düzgün büyümüş ve iyi kurumuş bir ağaç sesi iyi iletir. Yaş ve çürük ağaçlar ise üzerine vurulunca boğuk bir ses çıkarır. Ahşap ses dalgalarını yansıtma özelliğinden dolayı müzik aletleri yapımında ve ses yutma özelliği açısından yalıtkan olarak kullanılır. (Avlar, 1995)
- **Yangının Ahşaba Etkisi:** Ahşap kolaylıkla tutuşabilen bir yapı malzemesidir. Yanan kısmın dış yüzeyde oluşturduğu kömür tabakası ısıyı az iletmediğinden içeriye doğru yanma hızı azalır, bu açıdan bakıldığında ahşap yangına direnci en yüksek yapı malzemelerinden bir tanesidir.

### 2.6.2. Ahşabın Mekanik Nitelikleri

Ahşabın direnci iklime, toprağa, ağacın cinsine, sertliğine, yetiştirme koşullarına ve hastalıklara bağlıdır. Ahşabın direncini etkileyen bir diğer etken de sudur. Basınç direnci su miktarına bağlı olarak değişmektedir. En yüksek direnç kuru keresteden elde edilir. (Avlar, 1995)

Ahşap, hafif olmasına karşın basınca, çekmeye, eğilmeye, burulmaya ve kesmeye çalışabilen bir yapı malzemesidir. Uygulanan kuvvetin etkisine ve şiddetine göre ahşapta çekme, basma, eğilme, burulma, kesme ve yarıma dirençleri oluşur.

Ahşap gerilmelere her üç boyutu doğrultusunda aynı derecede direnç göstermez. Liflerine dik ve paralel doğrultuda emniyet gerilmeleri farklıdır.

Nem oranlarına göre de ahşabın direnci değişir. Nemini tamamen kaybeden ahşabın direnci daha yüksektir.

### 2.6.3. Ahşabın Olumlu ve Olumsuz Nitelikleri

Ahşabın Olumlu Nitelikleri:

- Çeşit, renk ve doku açısından zengindir.
- Doğal ve organik bir malzemedir. Yapısı insana yakındır. Bu açıdan bakıldığında insan sağlığını bozmaz.
- Maliyet açısından diğer yapı malzemelerine göre daha ucuzdur.
- Üretim için önemli bir yatırım gerektirmez. Bir çok uygulama için atölye düzeyine üretim yapılabilmektedir.

Ahşabın Olumsuz Nitelikleri:

- Gerekli koşullar sağlanmadığı takdirde ahşabın ömrü kısadır.
- Diğer malzemelere oranla bakımı daha güçtür.
- Önlem alınmadığı takdirde nem, kurt, böcek ve mantardan kolay etkilenmektedir.
- Yangına dayanımının yüksek olmasına karşın kolay tutuşan bir malzemedir.
- Yapısı homojen değildir.
- Kullanımında özen gösterilmesi gerekmektedir.

## 2.7. Tabakalı Ahşap Elemanların Nitelikleri

Ahşap yapı malzemesinin tüm özelliklerini taşıyan tabakalı ahşap elemanlar, bu niteliklere ek olarak, üretim sisteminin getirdiği bazı özellikleri de taşımaktadırlar.

Tabakalı ahşap yapı elemanlarının nitelikleri; fiziksel nitelikleri, kimyasal nitelikleri ve mekanik nitelikleri olarak incelenmektedir.

### 2.7.1. Fiziksel Nitelikleri

- Yumuşak çam türü ağaçlar tabakalı ahşap yapı elemanlarının üretimine en uygun ağaç türleridir. Bu ağaçlar doğada yenilenmesi için en az bakım gerektiren ağaç türleridir.
- Tabakalı ahşap yapı elemanları ahşabın kendi renk ve dokusuyla üretilebildiği gibi, istenilen renk, doku ve parlaklıkta da üretilerek kullanılabilir. Tabakalı ahşap yapı elemanları ahşabın kendi renk ve dokusuyla üretilebildiği gibi, istenilen renk, doku ve parlaklıkta da üretilerek kullanılabilir.
- Ahşap gözenekli yapısı içinde hava bulunduğu için yapı gereçleri arasında en az ısı geçirgenliği olanlardan biridir. Bu özelliğinden dolayı yalıtıcı olarak kullanılmaktadır (Avlar, 1995). Bu nedenle tabakalı ahşap yapı elemanları ısı yalıtımı açısından bakıldığında iyi bir performans göstermektedirler.
- Tabakalı ahşap yapı elemanları yüksek ses iletme özelliğine sahiptirler. Ancak özel akustik düzenlemeler gerektiren mekanlarda, başka akustik yapı elemanlarıyla desteklenmeleri gerekmektedir (Tokuy,1999).
- Tabakalı ahşap yapı elemanları, mimari tasarım açısından bakıldığında, tasarımcıya diğer yapı elemanlarına oranla daha çok alternatif sunmaktadır. Büyük ölçülerde, istenilen kesit ve formlarda yapı elemanları üretilebilmesi, arzu edilen mekan etkisinin sağlanmasında birincil derecede önemli bir etkidir.
- Tasarıma göre özel yapı elemanları üretilebildiği gibi, standart yapı elemanları da üretilmektedir. Bu da tasarımcıya değişken formlu bir çok yapı elemanı alternatifini sunmaktadır.

- Elemanların üretim süresi kısadır, hızlı ve seri biçimde ön yapımlı olarak üretilmektedir (Avlar, 2000).
- Üretimde, büyük boyutlu elemanlar oluşturmak için kısa ve küçük kereste parçaları kullanılabilir olması, doğal kaynakların daha verimli kullanılmasına olanak sağlamaktadır.
- Tabakalı ahşap yapı elemanları ana maddesinin ahşap olması nedeniyle kolaylıkla yeniden dönüştürülüp kullanılabilir.
- Gereç ve uygulama açısından çevre kirliliği oluşturmayan, insan sağlığını bozmayan bir üretim modeli sunmaktadır. Hem iskelet sistemle hem de yığma sistemle yapı üretilen olanaklarına sahiptir. Her iki üretim sisteminde de, üretimi ve uygulaması kolay bu sistemle üretilen yapıların uygulanmalarında hata riski de azdır (Avlar, 2000).

### 2.7.2. Kimyasal Nitelikleri

- Tabakalı ahşap yapı elemanları özellikle, su buharı veya kimyasal gazların yer aldığı ortamlara büyük uyum göstermektedir.
- Ahşap sudan etkilenen bir yapı malzemesidir. Fakat tabakalı ahşap yapı elemanları üzerinde uygulanan koruma yöntemleriyle bu etki ortadan kaldırılabilir. Bu nedenle, en yaygın uygulama alanını; köprülerde, yüzme havuzlarında, spor yapılarında, kapalı arıtma tesislerinde bulmuştur (Mutlubaş, 1999).
- Kurutma ve böceklerden korunma tekniğinin, fırında ısıtma ile kurutma şeklinde yapılmasından dolayı, zehirli kimyasal maddeler kullanılmamaktadır (Oran Mimarlık).

### 2.7.3. Mekanik Nitelikleri

- Ahşap, hafif olmasına karşın basınca, çekmeye, eğilmeye, burulmaya ve kesmeye çalışabilen bir yapı gereçidir (Ulkay vd., 1992). Ahşap elemanların emniyet gerilmeleri tablo 2.2.'de verilmektedir.

Tablo 2.2. Ahşap Yapı Elemanlarının Emniyet Gerilmeleri (kgf / cm<sup>2</sup>)

ÇALIŞMA ŞEKLİ	Ahşap Sınıf III		Ahşap Sınıf II		Ahşap Sınıf I	
	Çam Sınıfı	Meşe ve Kayın	Çam Sınıfı	Meşe ve Kayın	Çam Sınıfı	Meşe ve Kayın
Eğilme	70	75	110	110	130	140
Lifler doğrultusunda çekme	0	0	85	100	105	110
Lifler doğrultusunda basınç	60	70	85	100	110	120
Liflere dik doğrultuda basınç	20	30	20	30	20	20
Lifler doğrultusunda makaslama	9	10	9	10	9	10

- Tutkallı tabakalanmış yapı sisteminin ve yapı elemanlarının, beton, çelik ve diğer kagir yapı elemanlarıyla kolayca ve sorun çıkarmadan birleşebilmesi, hatta çoğu örnekte görüldüğü üzere, birlikte tek bir sistem oluşturabilmeleri ise, tasarımcıyı yapı kurgusundaki zorlamalardan uzaklaştırmaktadır (Mutlubaş, 1999).
- Tabakalı ahşap yapı elemanlarıyla oluşturulan yapı sistemleri, özellikle köprü, hangar gibi büyük mühendislik yapılarında statik açıdan çok başarılı bir performans göstermektedir.
- Bu yapı elemanlarının hafifliği (400kg/m<sup>3</sup>), düşey taşıyıcılar ve temel hesaplarında, inşaat mühendisliğine önemli avantajlar getirmektedir. Ayrıca hafiflik, yatay kuvvetleri de azaltmaktadır ve bu da deprem anındaki davranışın diğer yapı elemanlarına oranla daha başarılı olmasına neden olmaktadır (Hoor vd., 1989).
- Bu teknolojinin ürünleriyle, mesnetler arasında, mukavemet hesaplarına göre istenebilecek her türlü değişken kesitli yapı elemanını tasarlayıp hesaplayabilmek olanaklı hale gelmiştir. Masif ahşabın ölçü sınırlamaları ortadan kalkmıştır. (Örneğin; 8,5cm'den 220cm'ye kadar uzanan kesit aralığı ile, karayollarının izin verdiği ölçüde 60 metreye kadar uzanan yapı elemanı ölçüleri...) (Mutlubaş, 1999).

### 3. YAPILARDA TABAKALI AHŞAP KULLANIMI

#### 3.1. Tabakalı Ahşap Teknolojisinin Yapı Gelişim Sürecindeki Yeri

Yapı gelişim süreci içinde, yapı malzemesi olarak ahşabın, kullanılan ilk malzemelerden biri olduğu bilinmektedir.

Tabakalı ahşap teknolojisi ise, günümüzde kullanılan endüstriyel ahşap sistemleri arasında en eski olanıdır. Bu yapı teknolojisinin ilk olarak 16. yüzyılda kullanılmaya başlandığı ve en gelişmiş düzeye 19. yüzyılın başında ulaştığı görülmektedir (Tablo 3.1.).

Tablo 3.1. Tabakalı ahşap elemanlarla oluşturulan sistemlerin kullanımının tarihsel gelişim süreci (Mutlubaş, 1999)

MS 1500	MS 1600	MS 1700	MS 1800	MS 1900
• LEONARDO DA VINCI	• VERANZIO • DELORME	• DEL ROSSO	• EMY • MIGNERON • WIEBEKING	• HETZER

1900'lü yılların başında Alman Otto Karl Friedrich Hetzer' in tabakalı ahşap teknolojisi ile ilgili ilk patentleri aldığı bilinmektedir. 1906 yılında Almanya'da aldığı patent (patent no:#197773) tabakalı ahşap teknolojiyle üretilen eğrisel elemanların başlangıcıdır. Yirminci yüzyılın ilk yarısında alınan patentler endüstrileşmiş Avrupa ülkeleri tarafından onaylanmıştır. Almanya, İsviçre ve İskandinav ülkeleri bu teknolojiyi ilk kullanan ülkeler olmuştur. Bu sistem, "Hetzer Sistemi" olarak adlandırılmaktadır (Rhude, 1996).

1934 yılında Kuzey Amerika'da tabakalı ahşap kullanımının ilk uygulamaları görülmektedir. Mühendis-mimar Max Hanisch Peshtigo şehrinde tasarladığı bir okul kompleksi içinde yer alan spor yapısında, eğrisel tabakalı ahşap elemanlarla oluşturulmuş çatı sistemini kullanarak bir ilki gerçekleştirmiştir.

Max Hanisch, 1934 yılında da tekne yapımında uzmanlaşmış bir firmayla (Thompson Brothers Boat Manufacturing Company) birlikte, bu alanda üretim yapan "Unit Structures" isimli firmayı kurmuştur. Bu firmanın inşaat dönemine göre, yılın belirli aylarında tabakalı ahşap yapı elemanları, belirli aylarında da tekne üretimi yaptığı bilinmektedir.

Tabakalı ahşap sisteminin dini yapılarda kullanımı ise, Max Hanisch'in Laona şehrinde tasarladığı bir katolik kilisesinde bu teknolojiyi kullanmasıyla olmuştur. 1950'li yıllara gelindiğinde, Kuzey Amerika'daki dini yapıların yaklaşık % 75'i tabakalı ahşap teknolojisi kullanılarak inşa edilmiştir (Rhude, 1996).

Kısa sürede, dini yapılarda, sivil mimaride ve köprü yapımında kendini gösteren teknoloji, İkinci Dünya Savaşı'yla birlikte askeri yapılarda da yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. North Dakota uçak hangarı çatısının, 1947 yılında, 46,8m. açıklıkta ve kemer kirişlerle inşa edildiği görülmektedir. 1942'de Minnesota'da, 52,7m. açıklıkta tabakalı ahşap kirişlerle bir dizi uçak hangarı inşa edilmiştir. (Mutlubaş, 1999)

Bugün, tabakalı ahşap teknolojisi kullanılarak geçilen en büyük açıklığın oluşturduğu çatı sistemi, Northern Michigan Üniversitesi'ndeki spor yapısında uygulanmıştır. Bu sistemde, endüstriyel ahşap kullanılarak 163,4m. açıklık geçilmiştir (Rhude, 1996).

Kimya endüstrisine paralel olarak yapıştırıcı üretimindeki yenilikler, tabakalı ahşap teknolojisinin gelişiminde önemli rol üstlenmiştir. Elemanların üretiminde önemli bir yer alan tutkallar, ürün kalitesinde etkili olmaktadır. İkinci Dünya Savaşı'ndan itibaren kullanılmaya başlanan sentetik reçinelili tutkallar, tabakalı ahşap teknolojisinin gelişimini sağlamıştır.

Başlangıçta yapı üretimi alanında önemi olmayan bu teknoloji, yapı gelişim süreci içinde büyük bir gelişim sağlayarak, tüm dünyadaki yapı endüstrisinde önemli yeri olan bir sektör haline gelmiştir.

### **3.2. Tabakalı Ahşap Elemanlarla Oluşturulan Sistemlerin Kullanım Alanları**

Tabakalı ahşap teknolojisinin beraberinde getirdiği avantajlar, bu sisteme çok yaygın bir kullanım alanı yaratmıştır. Teknolojinin özellikleri nedeniyle hemen hemen her mekanda tabakalı ahşap yapı elemanlarının kullanılabilceği ortaya çıkmaktadır.

Kullanıldıkları başlıca yapı alanları ise;

- Eğitim yapıları,
- İdari ve sosyal yapılar,

- Ticari yapılar,  
Alışveriş merkezleri,  
Restaurantlar,  
Showroomlar,
- Endüstri yapıları,  
Fabrikalar,  
Depo ve hangarlar,  
Arıtma tesisleri,
- Spor yapıları,  
Spor salonları,  
Kapalı yüzme havuzları,  
Stadyumlar,
- Turizm yapıları,
- Dini yapılar,
- Kent donatıları,  
Kent giriş takları,  
Park pergolaları,
- Köprüler,
- Konutlar'dır.

Kullanım alanı bu kadar geniş olan bu teknolojinin yukarıdaki yapılara ilişkin uygulamalarını dünyanın bir çok gelişmiş ülkesinde görmek mümkündür (Ek 1.).

### **3.3. Türkiye’de Tabakalı Ahşap Kullanımı**

Türkiye’de tabakalı ahşap yapı elemanları kullanılan uygulamalar, gelişimini tamamlamış ülkelere göre azdır. Bunun yanında, son yıllarda yapılmış ve yapılmakta olan bazı örneklerden söz etmek mümkündür.

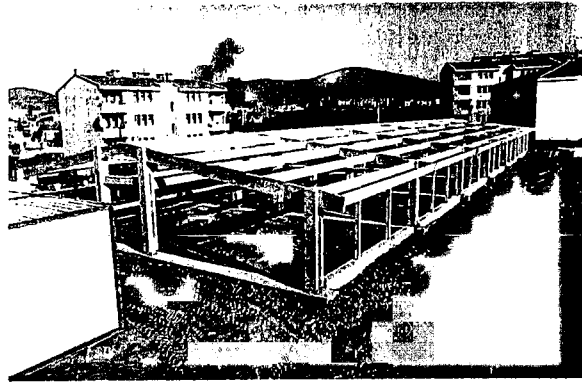
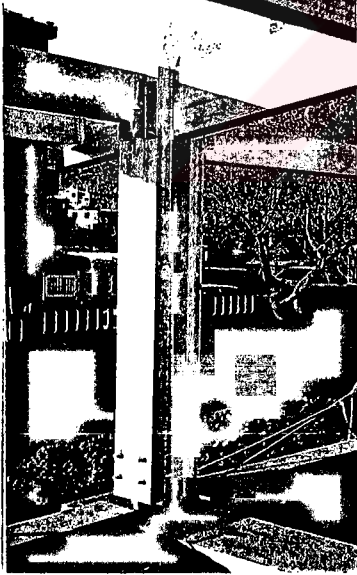
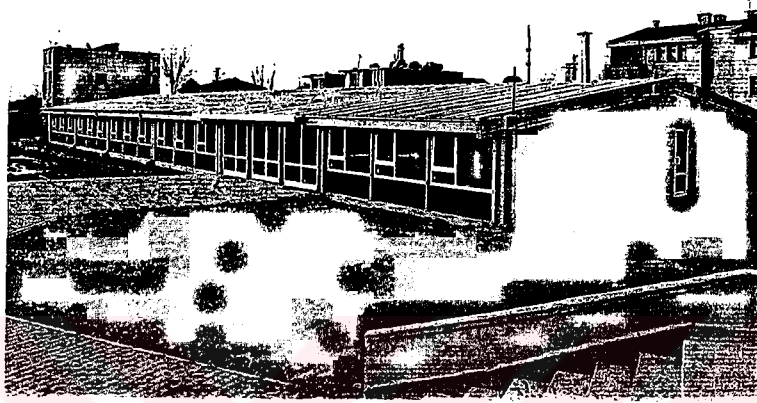
#### **3.3.1. Eğitim Yapıları**

- Deprem Bölgesi Eğitim Yapıları

Marmara deprem bölgesinde bu teknoloji kullanılarak eğitim yapılarının uygulanması, bölge yerel yönetiminin isteği doğrultusunda olmuştur. Yapımı kolay olan bu yapıların en önemli

özelliği tamamına yakın bir bölümünün tabakalı ahşap elemanlardan oluşmasıdır. Bu sistem, basit bir temel üzerine tabakalı ahşap elemanlardan kurulmaktadır.

Yapılar işlevlerini tamamladığında kolayca sökülüp depolanabilmekte ve gerektiğinde tekrar kullanılabilir.



### R.3.1. Deprem Bölgesi Eğitim Yapıları

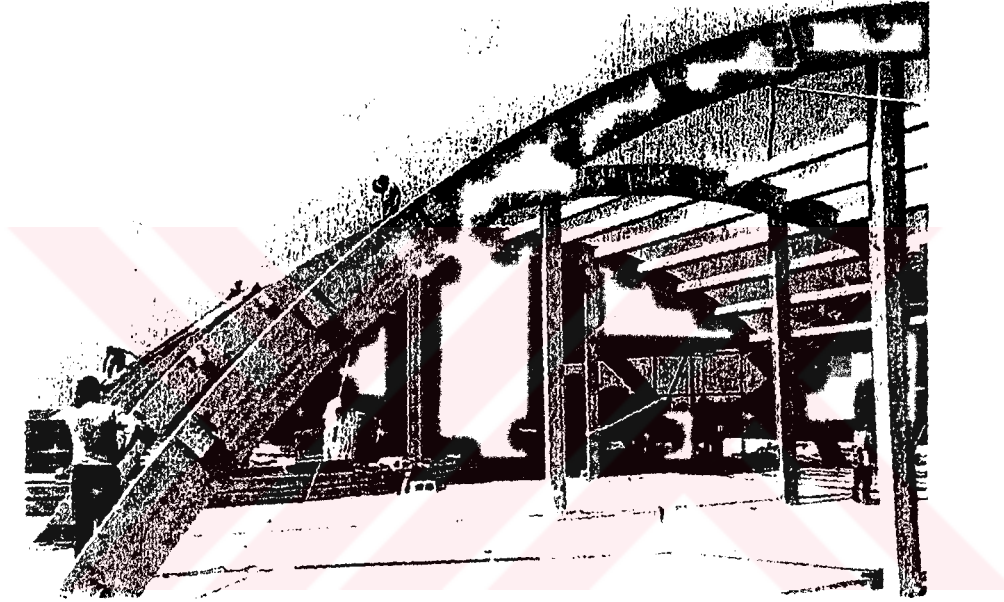
- İlköğretim Okulu

İstanbul ili Caddebostan semtinde uygulaması tamamlanan yapının spor salonunun çatı sistemi, ana taşıyıcı elemanı 20 metre alt başlıklı, kemer formu ve 6 metre yükseklikli

kirişlerle oluşturulmuştur. Kiriş eleman kesiti 16x80cm ve aşıklar 12x19.6cm'dir. Sistem uygulama alanı 2174m<sup>2</sup>'dir.

Çatı uygulaması, tabakalı ahşap elemanlarla birlikte, aralıklı ahşap kaplama, buhar ve ısı yalıtımı ve bakır kaplamayla tamamlanmıştır.

Ayrıca proje kapsamında, tabakalı ahşap düz kirişli teras ve oda döşemeleri, betonarme döşemeye oturan kemer kirişler de bulunmaktadır.



R3.2. Irmak İlköğretim Okulu Çatı Strüktürü.

### 3.3.2. Alışveriş Merkezleri

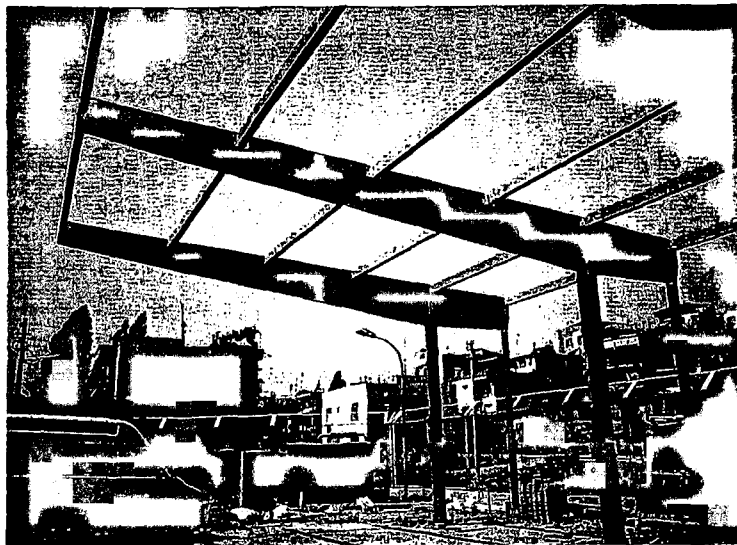
- Yapı Marketi ve Mal Stok Holü

İzmir'de inşa edilerek hizmete açılan market yapısında sistem tipi olarak basit düz kirişler kullanılmıştır. Sistem alanı 60 (6x10)m<sup>2</sup>'dir. Kullanılan basit kirişlerin uzunluğu 6 metredir.

Marketin mal stok holü ise, 16x110cm kesitindeki konsol kirişlerle oluşturulmuştur. 6 metre yüksekliğindeki sistemin düşey taşıyıcılığını NPI 200 çelik kolonlar yapmaktadır. Çelik ve ahşap elemanların bağlantısı bulonlarla yapılmıştır. Konsol çalışan kirişlerin uzunluğu 10 metredir.



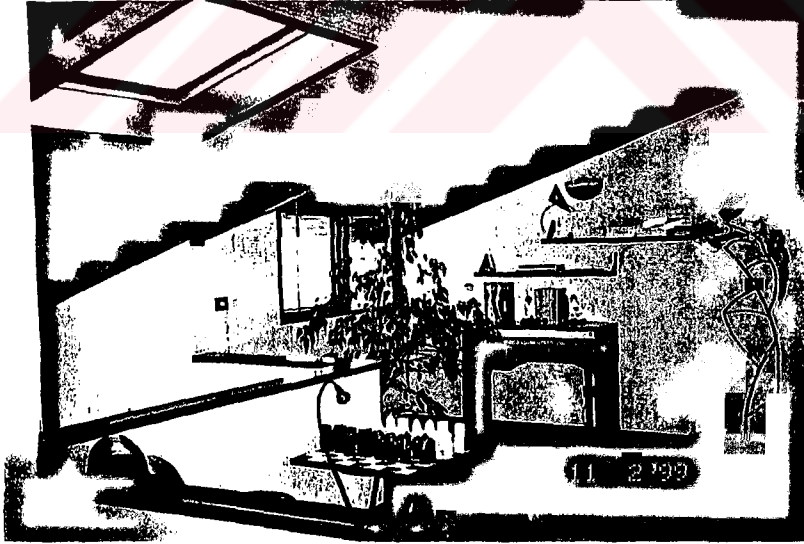
R.3.3. Götzen Market Servis İstasyonu



R.3.4. Götzen Market Mal Stok Holü

### 3.3.3. Konutlar

İstanbul ili Hadımköy bölgesinde inşa edilen Durusupark Haftasonu Evleri, tabakalı ahşap yapı elemanlarının konutlarda kullanımına bir örnektir. Bu konutlar, teknolojinin Türkiye’de konut alanında ilk uygulamasıdır.

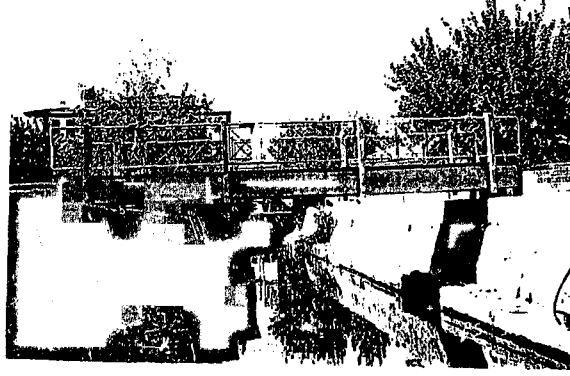


R3.5. Durusupark haftasonu evleri iç mekan görünüşleri

### 3.3.4. Köprüler

Marmaris’de uygulanan iki adet yaya köprüsünde 5 metre ve 10 metrelik açıklıklar geçilmiştir. Köprülerin korkulukları da tabakalı ahşap elemanlardan oluşmaktadır.

Köprüler, yerinde yapılan, basit betonarme temel tabanlarının içine giren galvaniz çelik ayaklar üzerine oturtulmuştur. Bu köprüler İtalya’da monte edilerek getirilmiştir.



R3.6. Marmaris’ de uygulanan köprüler

### 3.3.3. Kent Donatıları

- Kent Giriş Takı

İzmir ili Kemalpaşa ilçe sınırında inşa edilen tak, iki adet eğrisel formda kiriş ile bunları bağlayan aşıklardan oluşmuştur. Eğrisel kirişler, iki adet, 6 metre yükseklikte taş kulenin üzerine monte edilmiştir. Montajda galvaniz çelik ayaklar kullanılmıştır.

Ana kirişlerin uzunlukları 19.06 metre, kesitleri ise 16x100cm'dir.

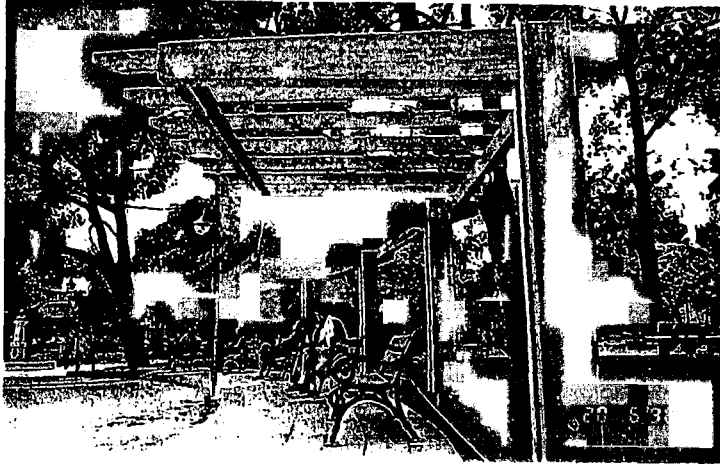


R3.7. Kemalpaşa Kent Giriş Takı

- Park Pergolaları

Mevcut belediye parkı içerisindeki 24 metre çapındaki dairesel bandın üzerine 22 modül pergola monte edilmiştir. Pergola dikmeleri 10x26.3cm çift dikme, konsol kirişler ise 12x29.7cm kesitindedir.

Kullanılan ahşap elemanlar, dış koşullara dayanıklı larch tipi ağaçtan elde edilmiştir. Kestane tonu emprenye sıvısı kullanılmıştır. Kullanılan tüm montaj elemanları paslanmaz çelik veya sıcak daldırma galvanizdir.



R3.8. Bornova Belediye Parkı pergolaları.

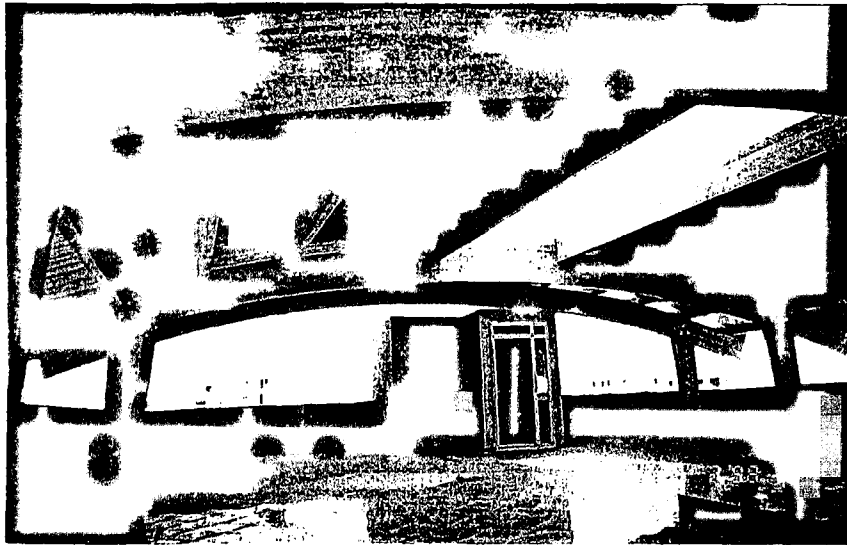
### 3.3.6. Mevcut Sistem Üzerine Uygulamalar

İzmir'in Kemalpaşa ilçesinde bulunan yapının uygulama özelliği, tabakalı ahşap elemanlarla oluşturulan sistemin mevcut bir yapının üzerine kurulmuş olmasıdır.

Kullanılan kirişler eğrisel formludur ve sistem uygulama alanı 272(17x16) m<sup>2</sup>'dir. Ana kirişlerin kesiti 16x60cm'dir. Bu kesite sahip kirişlerle 15.506 metre açıklık geçilmiştir.

Tabakalı ahşap kirişlerin montajı mevcut yapı terasında hazırlanmış çelik ankrajların üzerinde elektrik kaynağı ile yapılmıştır.

Kirişler üzerinde kestane tonu emprenye sıvısı kullanılmıştır. Sistem üzerinde; ahşap lambri, DOW ısı yalıtımı, su kontrastı, su yalıtımı ve shingle kaplama ürünleri kullanılmıştır.



R.3.9. Kemalpaşa Belediye Lokali

#### **4. TÜRKİYE'DE TABAKALI AHŞAP KULLANIMIN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Tabakalı ahşap yapı elemanları yirminci yüzyılın başından itibaren gelişimini tamamlamış dünya ülkelerinin birçoğunda yoğun olarak kullanılmaya başlanmıştır. Türkiye'de tabakalı ahşap kullanımı ise yeterince yaygınlaşmamıştır. Bununla birlikte, özellikle son yıllarda, tabakalı ahşap yapı elemanlarının Türk yapı sektörüne girmeye başladığı gözlemlenmektedir.

Tabakalı ahşap yapı elemanlarının özelliklerinin daha net ortaya konulabilmesi için, kullanım nedenlerinin betonarme ve çelik sistemlerle bağlantılı olarak incelenmesinde yarar vardır.

##### **4.1. Tabakalı Ahşap Elemanların Kullanım Nedenleri**

Ahşabın yapı gereci olarak kullanılmaya başlanma tarihi beton ve çeliğe oranla daha eskidir. İnsanlığın kullandığı en eski yapı gereçlerinden olan ahşap, insanların mağaralardan çıkıp mekan oluşturmaya başlamalarından beri yapı gereci olarak kullanılmaktadır (Avlar, 2000). Uzun zamandan beri yapı sektörünün temel gereçlerinden biri olan ahşap genel kanının aksine, eskimiş değil devamlı güncelliğini koruyan bir malzemedir.

**Türkiye'de tabakalı ahşap elemanların kullanım nedenleri ekonomi, üretim teknolojisi, kaynak kullanımı, yangın dayanımı ve doğal etkenlere karşı davranışı açılarından incelenmektedir.**

##### **4.1.1. Ekonomik Nedenler**

Türkiye'de arsa fiyatlarının ve alt yapı maliyetlerinin yüksek oluşu, kent merkezlerindeki alan yetersizliği, nüfus artışı gibi nedenler, yapıları dikey gelişime yönlendirmiştir. Ancak Türkiye'nin deprem kuşağı üzerinde bulunması, çok katlı yapı üretiminde deprem ve rüzgar etkisi gibi yatay yük etkilerinin fazlalığı nedeniyle yapı maliyeti olumsuz yönde etkilenmektedir (Avlar, 2000).

Çok katlı yapı üretimi, arsa fiyatlarının yüksek olması nedeniyle ekonomi sağlamasına rağmen deprem ve rüzgar etkisi gibi yatay yükler kullanılan betonarme ve çelik sistemlerin kurgusunu etkilemekte ve yapı maliyetini yükseltmektedir.

Tabakalı ahşap yapı elemanlarının ana maddesinin yenilenebilen bir malzeme olan ahşap olması nedeniyle üretim maliyeti düşüktür. Ana maddenin ahşap olmasının yanı sıra eleman üretimini büyük yatırım gerektirmez. Bu koşullar altında, geniş orman alanına sahip ülkelerde tabakalı ahşap elemanlarla yapı üretimi betonarme ve çelik sistemlere göre daha ekonomiktir.

Türkiye yüzölçümünün % 25'i orman alanı olması, bu ülkede ahşap yapı üretilebileceğini göstermektedir. Ancak bilinmesi gereken, Türkiye'de ahşap yapı üretiminden nitelik ve ekonomik açıdan yarar sağlanabilmesi için, endüstrileşmiş yapım tekniklerine uygun üretim modelinin kullanılması, ahşabın korunmasına önem verilmesi ve ayrıca temel bir yapılanmanın oluşturulması ile ilgili standart ve yönetmeliklerin yeniden düzenlenmesi gerekliliğidir.

#### 4.1.2. Üretim Teknolojisi

Betonarme sistemlerle tabakalı ahşap yapı elemanlarından oluşturulan sistemler karşılaştırıldığında, ahşapla bina üretiminin, hem sağlamlık / ağırlık oranının yüksek olması, hem de inşaatının kolay olması bakımlarından daha iyi bir yöntem olduğu görülmektedir.

Tabakalı ahşap elemanlarla üretilen binalar, her ölçekte, betonarme ve çelik sistemlerle oluşturulan binalardan daha çabuk tamamlanabilmektedir. Elemanların üretiminin tamamına yakınının fabrikada yapılması şantiyede çalışma süresini en aza indirmektedir.

Tabakalı ahşap ve çelik sistemlerde şantiyedeki montaj işlemlerinin "kuru montaj" yöntemiyle yapılması betonarme sistemine göre çalışma kolaylığı sağlamaktadır.

Bina üretim süreci tamamlandıktan sonra, tabakalı ahşap elemanlarla yapılan üretimin doğru biçimde yapılıp yapılmadığı kolayca denetlenebilir. Betonarme sistemlerde ise, bu kontrolleri yapabilmek için çok daha zor ve pahalı yöntemlerin kullanılmasına gereksinim vardır.

Tabakalı ahşap ve çelik sistemlerde, bina kullanım aşamasında, gerekli eleman değişimleri yapılabilmekte ve bölümsel hatalar giderilebilmektedir, betonarme sistemlerde ise bu tip düzeltmeler yapılamamaktadır.

#### 4.1.1. Kaynak Kullanımı

Çelik ve betona oranla ahşap kaynağı en kolay ve çabuk yenilenebilen yapı malzemesidir. Özellikle tabakalı ahşap yapı elemanlarının üretiminde kullanılan kozalaklı çam türü ağaçlar doğada en az maliyetle yenilenebilen ağaç türleridir.

Endüstride ahşap kullanımının orman alanlarını azaltacağı fikri yanlış ve geçersizdir. Araştırmalar, ahşabın en çok kullanıldığı Amerika Birleşik Devletleri ve İskandinavya gibi bölgelerde orman alanlarının, ahşabın az kullanıldığı ülkelerin aksine tüketilenden fazlasıyla büyüdüğünü göstermektedir (Senkron). Ahşap kullanımını teşvik, orman alanlarının büyümesini de teşvik etmektedir. Bununla birlikte Türkiye gibi gelişimini sürdürmekte olan ülkelerde ahşap kullanımının teşvik edilmesinin orman alanlarının artması doğrultusunda sonuç verebilmesi için yoğunlaşacak ahşap talebi karşısında oluşabilecek spekülasyon artışının önlenmesine yönelik her türlü yasal tedbir ve yaptırımlar önceden hazırlanmalıdır.

#### 4.1.2. Yangına Dayanım

Modern yapı yönetmelikleri, yangın korunum mühendislerinin çalışmalarına dayandırılan yangın direnimsizlik gereklerini belirler. Çağımızda giderek yaygınlaşan hafif yapılarda yangın sorunları ise, yangın direnimsiz yapıların gereklerine ne denli önemle eğilinmesi zorunluluğunu vurgular. Bir yapının aynı zamanda yangın direnimsiz olarak nitelendirilebilmesi için, bu yapıyı oluşturacak gereç, bileşen ve elemanların tüm özellikleri ile birlikte, yangına karşı davranışlarının da bilinmesi, seçilecek yapı türü içinde bilinçle uygulanması gereği vardır (Yavuz, 1978).

Binanın, yangına direnimsiz elemanlardan oluşturulması ve sistemin yatay ve düşey yayılıma neden olan bir özelliğe sahip oluşu, yangının büyük kayıplar oluşturacak bir nitelik kazanması için yeterli olmaktadır (Şumnu, 1979).

Halk arasındaki genel kanı, ahşabın yangın dayanımı açısından en zayıf malzeme olduğu yolundadır. Genel kanının aksine tabakalı ahşap; yangın direnci en yüksek, yangında taşıma yeteneğini en geç kaybeden yapı elemanıdır. Yangın sırasında ahşap, yüzeyinde oluşan karbon tabakası nedeniyle, yangının kesit içine doğru yayılmasını engellemektedir. Bu nedenle ahşap yapı tasarımında gerekli önlemler alındığında istenilen direnimsizlik sağlanmaktadır.

Çelik, yangın sırasında, 15 dakika içerisinde doğal şeklini ve taşıma yeteneğini kaybeder, aynı zamanda çok iyi bir iletken olduğu için, ısının yayılmasını da hızlandırır.

Beton, çelikten iyi olmasına karşın, demir donatısının beton içindeki pas payı ortadan kalktığına, inşaat demiri, çelik yapıdaki gibi iletken olmakta ve yaklaşık 30 dakika sonra taşıma özellikleri ortadan kalkmakta, bir daha kullanılamamaktadır.

Ahşabın statik hesaba göre aldığı minimum kesit, yangın anında en az 30 dakika yangın direnci sağlamaktadır. 30 dakikadan sonra, 0.7mm/dakika hızla kesit azalması olmaktadır. Tasarım sırasında, tabakalı ahşap yapı elemanının kesiti artırılarak, yangın açısından çok yeterli dirençleri sağlamak mümkündür.

DIN 4102'ye göre;

Çelik-----İletimi yüksek yapı malzemesi

Beton-----İletimi düşük yapı malzemesi

Ahşap-----Yalıtkan yapı malzemesidir.

Ahşap sistemlerde yapısal bir çökme olana kadar uzun bir süre geçmektedir. Ahşap taşıyıcılardaki yanma oranı izlenerek çökme süresi önceden belirlenebilmektedir. Fakat çelik konstrüksiyonlu binalarda çelik kirişlerin çökme zamanının gözlem yoluyla önceden kestirilmesi mümkün değildir. Sağlam gibi görünen çelik sistemler aniden çökerek can kaybına yol açabilmektedir.

#### 4.1.3. Doğal Etkenler

Yerkabuğunun ani hareketi ve sarsıntısı olarak tanımlanabilen deprem, dünyanın oluşumundan bugüne dek, yeryüzünü ve onun bugünkü şeklini almasında önemli rol oynamıştır (Yavuz, 1975).

The Economist'in 28 Ağustos 1999 sayısında çıkan "Türkiye'den Dersler" başlıklı yazısında;

"1994 Los Angeles (54 ölü) ve 1995 Kobe (6500 ölü) depremlerinden alınan dersler, her şey eşit olduğunda, ölü sayısını etkileyen en büyük faktörün kullanılan yapı malzemesinin özellikleri olduğunu gösteriyor." denmektedir.

Ahşabın depreme dayanıklılık bakımından neden betonarme binalardan daha iyi olduğunu anlamak için, öncelikle deprem sırasında neler yaşandığını düşünmek gerekir. Deprem sırasında yer hareket eder. Bu hareket esnasında ortaya çıkan kuvvetler bina üzerinde etkili olur. İnşaatta kullanılan malzemelerin bu kuvvetlere dayanamaması sonucunda bina çöker.

Doğal olarak, bina ne kadar ağırsa, yer hareket ettiğinde, binanın içinden aktarılması gereken kuvvetler de o derecede büyük olur. Dolayısıyla, bina ne kadar hafifse, bina içinde dolaşan kuvvetler de o derece küçük olacaktır.

Ahşap hafifliğinin yanı sıra, şok etkisine dayanıklı ve titreşim emme özelliğine sahip bir yapı gereci olması nedeniyle deprem etkisine karşı dayanıklıdır. Depreme karşı dayanımının yanında deprem sonucunda yapıda yıkılma olsa bile hafifliği nedeniyle can kaybı az olan bir yapı sistemidir (Avlar, 2000).

Daha hafif ama daha zayıf malzeme çok fazla işe yaramaz. Dolayısıyla, gereken malzeme, sağlamlık / ağırlık oranı yüksek bir malzemedir. Gerçekten de ahşabın kuvveti, yaygın olarak kullanılan beton cinslerine hemen hemen eşittir. Ahşap çok daha hafif bir malzeme olduğundan, sağlamlık / ağırlık oranı çok daha yüksektir. Dolayısıyla çok daha iyi bir inşaat malzemesidir.

Tabakalı ahşap elemanların hafif olması, aynı zamanda yatay kuvvetleri de azaltmaktadır. Elemanların bu özelliği, deprem anındaki davranışın, diğer yapı elemanlarına göre daha başarılı olmasına neden olmaktadır.

Tabakalı ahşap elemanlarla üretilen binaların, deprem açısından bakıldığında, bir başka avantajı da, inşaatın çok hızlı tamamlanmasıdır. Tabakalı ahşap yapı elemanlarıyla üretim deprem sonucu ortaya çıkan acil konut üretimi için uygun bir yapı sistemidir. Üretimin, tamamına yakınının tesislerde yapılıyor olmasının da yardımıyla, şantiye uygulama süreci çok kısa sürede, çok fazla iş gücüne ihtiyaç duyulmaksızın ve çok kolay olarak tamamlanabilmektedir.

Buna örnek olarak, 1999 Adapazarı depremi sonrasında, yerel yönetimin isteği üzerine üretilen ve tamamen tabakalı ahşap elemanlardan oluşan eğitim yapıları gösterilebilir. Yapıların şantiye uygulama süresi ortalama bir hafta sürmüştür.

Ahşabın su ve neme karşı dayanıksız bir malzeme olması ise olumsuz bir özelliğidir. Ahşap, su emme özelliği olan bir yapı gereçidir. Yapısında bulunan selüloz su çekme özelliği taşır. Tabakalı ahşap yapı elemanlarının nem alışverişini önlemek için koruyucu tabakalar oluşturulmakta, su ve nemden korunmaları sağlanmaktadır.

#### **4.1.Sistem Değerlendirmesi**

Betonarme ve daha sonra yaygınlaşan çelik sistemlerin Türkiye'deki yapı sektöründe kullanım oranı olarak önemli bir üstünlüğü vardır. Bunda diğer yapı sistemlerinin yeterince tanınmamasının önemli rolü vardır. Bu nedenle tabakalı ahşap yapı elemanlarıyla oluşturulan sistemlerin Türkiye'de kullanılabilme nedenlerini betonarme ve çelik sistemlerle de ilişkilendirerek değerlendirmek gereklidir.

Türkiye'de tabakalı ahşap yapı elemanlarıyla oluşturulan sistemlerin kullanım nedenleri belirli açılardan irdelendikten sonra, Tablo 4.1.' de tabakalı ahşabın betonarme ve çelik sistemlerle birlikte sistem değerlendirmeleri yapılmıştır.

Tablo 4.1. Sistem değerlendirmesi

	AHŞAP	BETONARME	ÇELİK
Tasarım Esneklięi	3	2	3
Detay Çözümü	3	1	2
Ön Yapım	3	3	3
Hızlı ve Seri Üretim	3	2	3
Kuru Yapım	3	0	3
Hafiflik	3	0	2
Yangın Direnimi	3	2	1
Deprem Direnimi	3	2	3
Isı Yalıtımı	3	1	1
Su ve Nem Etkisi	1	2	1
Ses Yalıtımı	2	2	1
Çevreye Uyum	3	1	1
Tekrar Kullanım	3	0	3
Sistem İçi Parça Değişimi	3	0	3
Yararlılık Ömrü	3	3	3
Taşıma Kolaylığı	3	1	2
Ön Yatırım Maliyeti	3	1	2
Uygulama Süresi	3	2	3
<b>TOPLAM</b>	<b>51</b>	<b>24</b>	<b>40</b>

Deęerlendirme:

0-----Kötü

1-----Orta derecede

2-----İyi

3-----Çok iyi

Tablo 4.1.'de görüldüğü gibi tabakalı ahşap kullanımı bir çok açıdan bakıldığında betonarme ve çelik sistemlere göre daha rasyonel görünmektedir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, tabakalı ahşap kullanımı Türkiye koşulları açısından değerlendirilmiştir. Tabakalı ahşap yapı elemanları diğer sistemlerle birlikte değerlendirilerek Türkiye’de kullanımının bir çok açıdan diğer sistemlerden daha rasyonel olduğu ortaya konmuştur. Böylelikle Türkiye’de bir çok ülkede tanındığı kadar tanınmayan bu teknolojinin kullanımına yönelik bir yaklaşım benimsenmektedir.

Türkiye’de ahşabın yapı sektöründe kullanımı için yeterli orman alanı koşullarının olmasının yanında bu alanların sistemli bir şekilde kullanılarak ağaç üretiminin yapılması için program ve düzenlemelerin yapılması gereklidir.

Ahşap yapı üretiminin yoğun olduğu gelişimini tamamlamış ülkelerde orman alanlarının azalmadığı araştırmalar sonucu ortaya çıkmıştır. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde aynı sonucun ortaya çıkmayacağı kaçınılmazdır. Ahşabın yapı alanında kullanımının teşviyle ortaya çıkacak talep artışının neden olacağı ticari dengesizliklerin önlenmesi için her türlü tedbirin alınması gereklidir.

Tabakalı ahşap yapı elemanlarının olması gereken ölçüde kullanımının sağlanması için öncelikle ahşapla ilgili sınırlayıcı, güncelliğini yitirmiş şartname ve standartların yeniden düzenlenmesi gerekmektedir.

Türk yapı sektörünün modern ahşap teknolojisini tanınması için ciddi organizasyonlar yapılmalı ve ahşapla ilgili güncelliğini yitirmiş yanlış fikirler ortadan kaldırılmalıdır.

Türkiye’de kullanımı son derece rasyonel olan bu teknoloji için gerekli ilk yatırımlar yapılmalıdır.

Bu sistem kullanılarak, yapısal olarak gerekenlerin mimari bir dil olarak da kullanılabilmesi sağlanabilmektedir. Bunun sonucunda ortaya çıkacak yapıların estetik açıdan daha tatmin edici etkileri olacaktır.

Deprem bölgelerinde, özellikle hafifliği nedeniyle büyük avantaj sağlayan tabakalı ahşabın kullanımı için gerekli yatırımlar yapılmalıdır.

Sistemin getirdiği hızlı üretim avantajı özellikle deprem bölgelerinde değerlendirilmelidir.

Tabakalı ahşap ses veya ısı yalıtımı gibi önlemler için de kullanılabilir olması, tek malzemenin birden çok işlevinin olması ve bunun sonucunda kesitleri inceltmesi gibi avantajlar değerlendirilmelidir. Bunun sonucunda yapı üretimindeki gereksiz maliyet yükselmelerinin önüne geçilebilecektir.



**KAYNAKLAR**

American Institute Of Timber Construction, (1966), Timber Construction Manual, John Wiley & Sons, Inc., New York.

Avlar, E., (1995), Türkiye’de Orman Bölgelerindeki Konut Açığının Giderilmesinde Ön Yapımlı Ahşap Konut Üretiminin Uygulanabilirliği Yönünde Bir Model Araştırması, Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

Avlar, E., (2000), “Ahşabın Yapı Üretimindeki Yeri”, Tasarım Dergisi, 2000/06.

Baker, G.E. ve Yeager, L.D., ( 1974), Wood Technology, Howard W. Sams & Co., Inc., Indianapolis-Kansas City- NY.

Deutsche Norm - DIN 1052, (1988), Berlin.

Doğan, D., (1997), Ahşap Yapı Malzemesinin Dış Atmosfer Koşullarındaki Davranışı Sonucu Meydana Gelen Sorunlar ve Koruma Yöntemleri, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

Duman, N., (1964), Tutkallı Ahşap Yapılar, Yenilik Basımevi, İstanbul.

Duman, N., Ökten, S., (1988), Ahşap Yapı Dersleri 1, YEM Yayın, İstanbul.

Erşen, N., (1976), Ahşap Yapılar Problem ve Çözümleri, İ.D.M.M.A. yayınları, İstanbul.

Faherty, K.F. ve Williamson, T.G., (1989), Wood Engineering And Construction Hand Book, McGraw-Hill, Inc., New York.

Götz, K.H., Hoor, D., Möhler, K. ve Natterer, J., (1978), Holzbau Atlas, Institut für Internationale Architektur – Dokumentation GmbH, München.

Hasol, D., (1993), Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü, YEM Yayın, İstanbul.

Holzbau Kataloğu, Bologna.

Hoor, D., Möhler, K., Natterer, J. ve Götz, K.H., (1989), Timber Design & Construction Source Book, McGraw – Hill, Inc., New York.

Kulaksızoğlu, M.E., (1973), Mimarlık Alanında Çağdaş İnşaat Sistemlerinin Gelişimi ve İlgili Tasarım Olanakları, Doçentlik Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

Mutlubaş, F., (1999), Çağdaş Yapımda Ahşabın Kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

Rhude, A.J., (1996), Structural Glued Laminated Timber: One Hundred Years In The Making, International Wood Engineering Conference, New Orleans.

Şumnu, Ş., (1979), Binalarda Yangın Sorunu Ve Yangına Dayanıklı Bünyenin Araştırılması, Doçentlik Tezi, Sakarya Devlet Mühendislik ve Mimarlık Akademisi İnşaat Bölümü.

Tokyay, V., (1999), "Tutkallı Tabakalanmış Ahşap Teknolojisi Nedir?", Yayınlanmamış Makale.

T.S.E. Ahşap Koruma Genel Kuralları – TS 344, (1981), Ankara.

Ulkay, S., Balanlı, A., Sezen, F., Pakdil, F., Alver, G., İpekar, S., Ayberk, G. ve Türker, S., (1992), Yapı Malzemesi, Yıldız Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Yayınları, İstanbul.

Yavuz, G., (1975), Türkiye’de Deprem ve Yapı Planlamasına Etkisi, Basılmamış Yeterlilik Çalışması, İDMMA.

Yavuz, G., (1978), Yapılarda Yangın Korunumu ve Mimari Tasarıma Etkileri, Doçentlik Tezi, İDMMA.

Yeomans, D., (1999), Depreme Karşı Ahşap Yapıların Güvenilirliği, YEM Konferansı Bildirisi.

## **İNTERNET SİTELERİ**

(Awpi), American Wood Preservers Institute, Pressure-Treated Wood Lifecycle Management, Internet www sayfası: <<http://www.awpi.org>>

(Holzbau), Yazar adı bilinmiyor, Production Process, Internet www sayfası: <<http://www.holzbau.com/frameset.produktion.uk.html>>

(Oran Mimarlık), Vedat Tokyay, Tutkallı Tabakalanmış Ahşap Teknolojisi, Internet www sayfası. <<http://www.oranmimarlik.com.tr>>

(Senkron A.Ş.), Yazar adı bilinmiyor, Ahşap Koruma, Internet www sayfası: <<http://www.ahsap.com/tur/03koruredirasu.htm>>

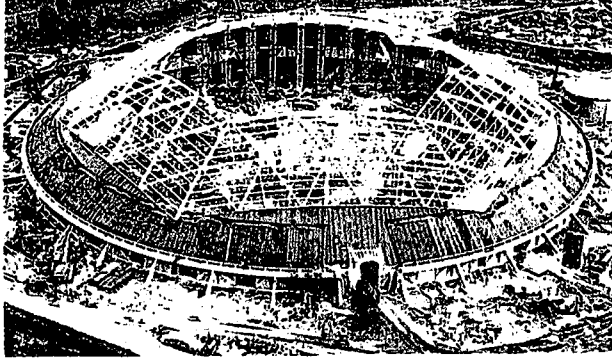
(Apawood), The Engineered Wood Association, Glue Laminated Timber (GLULAM), Internet www sayfası: <<http://apawood.org>>

(Sentinel), The Sentinel Structures, Considerations In Design With Structural Glued Laminated Timber, Internet www sayfası: <<http://www.sentinel.com/cosiderations.html>>

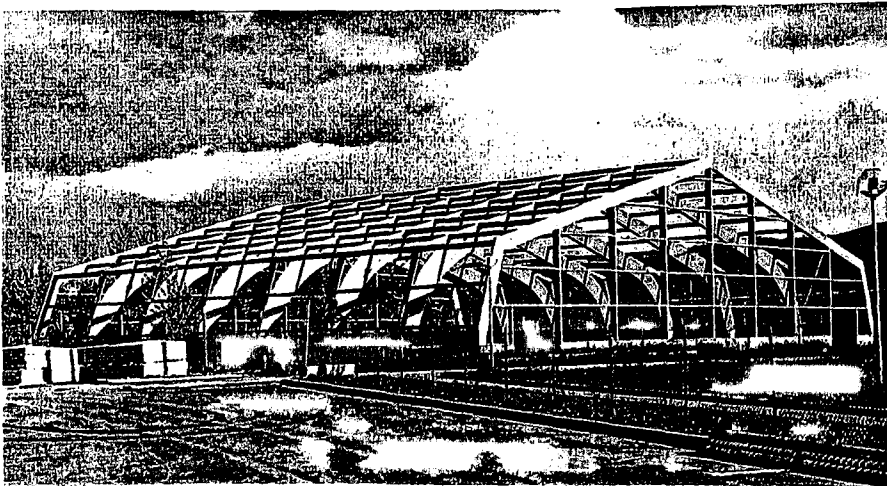
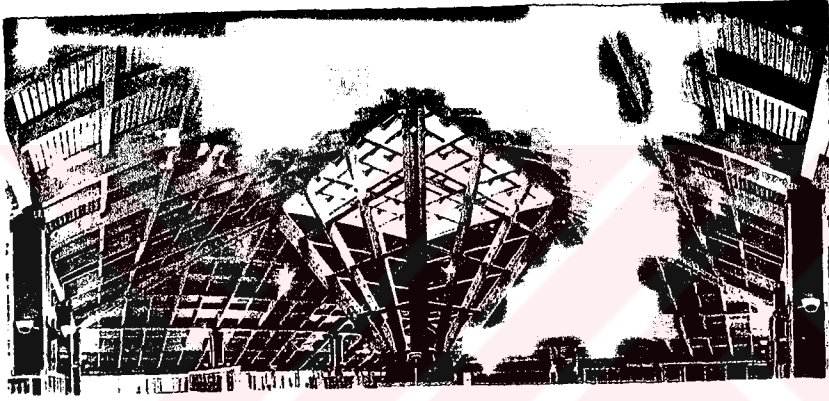
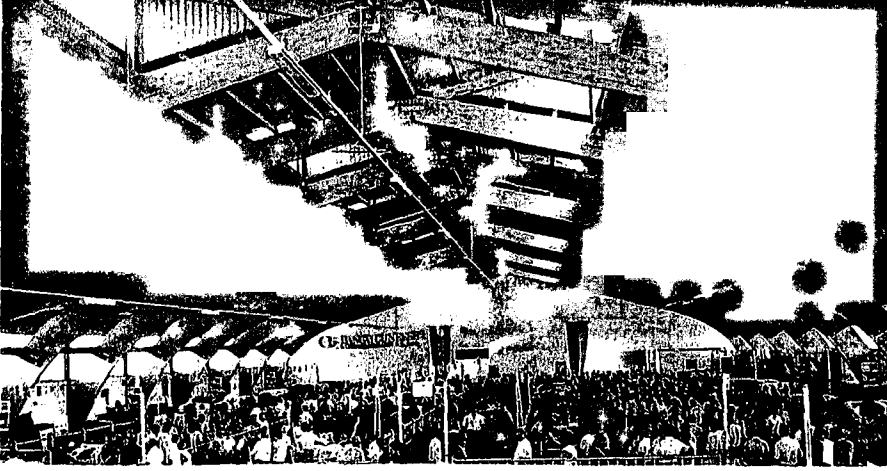
**EKLER**

- Ek 1 Dünya’da Tabakalı Ahşap Kullanımı  
Ek 2 Tabakalı Ahşap Elemanlarla Oluşturulmuş Sistemler

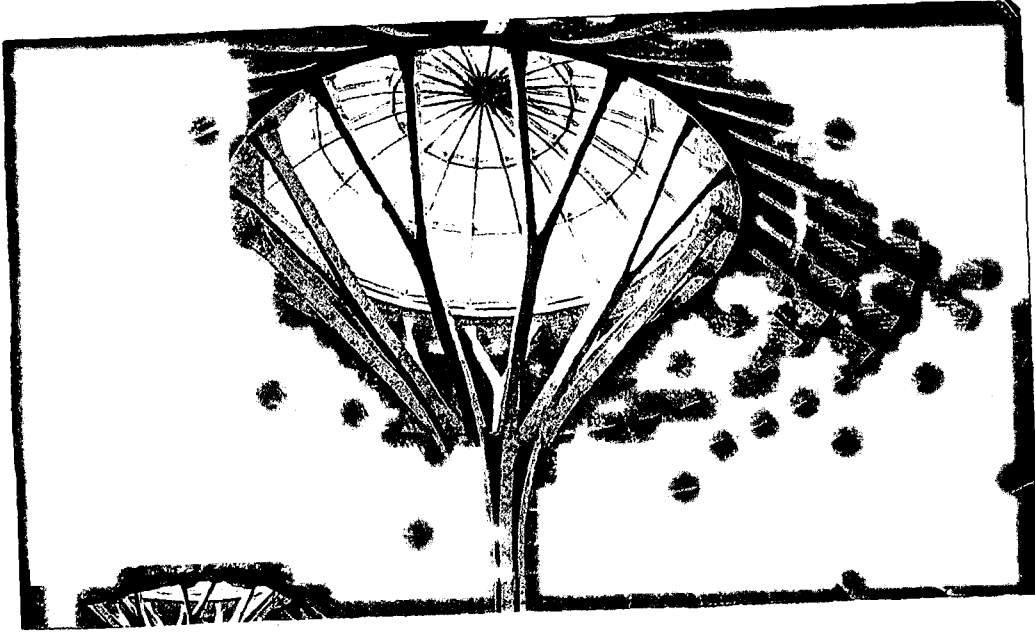




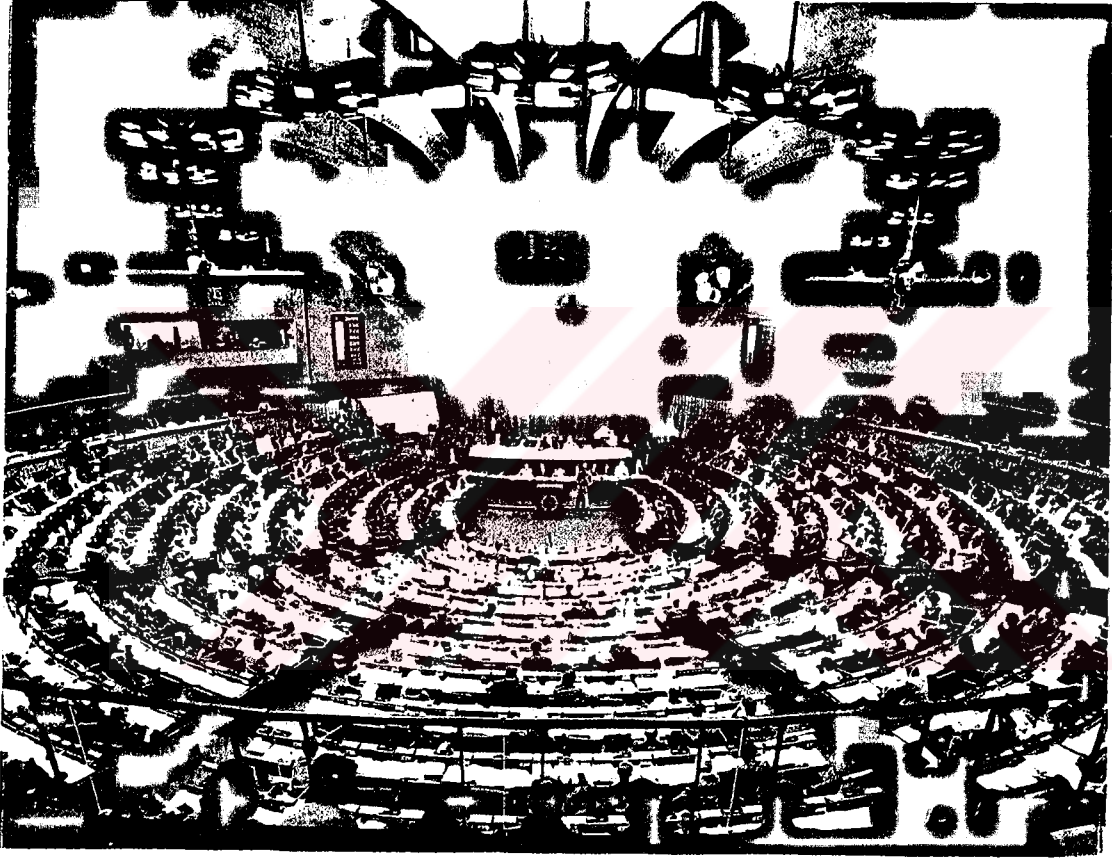
**Tabakalı Ahşap Yapı Elemanlarıyla Oluşturulan Çatı Sistemleri (Mutlubaş, 1999)**



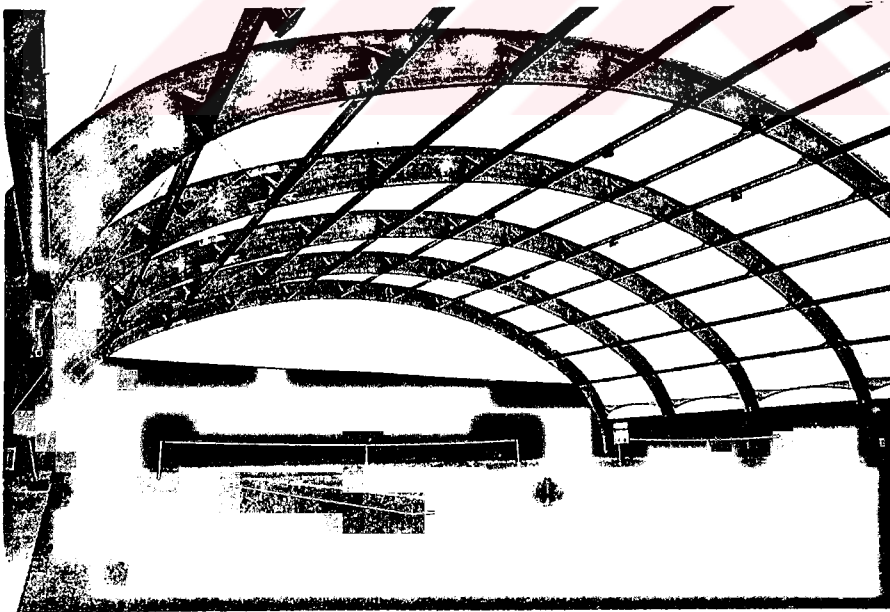
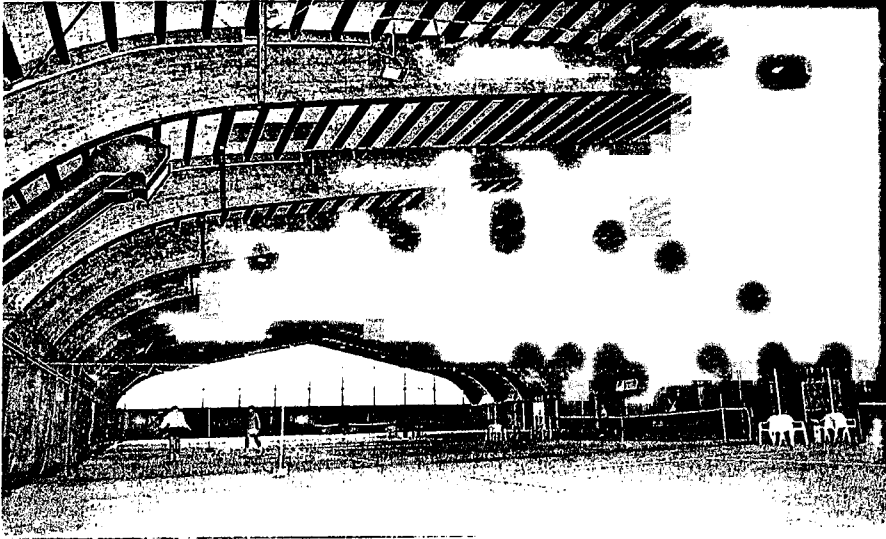
**Tabakalı Ahşap Yapı Elemanlarıyla Oluşturulan Çatı Sistemleri (Mutlubaş, 1999)**



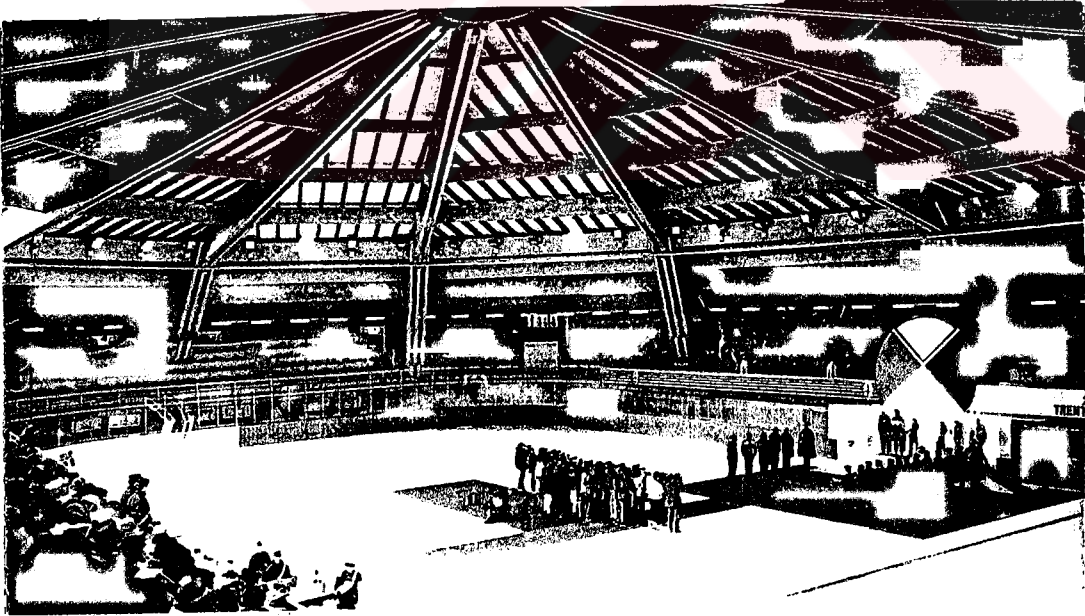
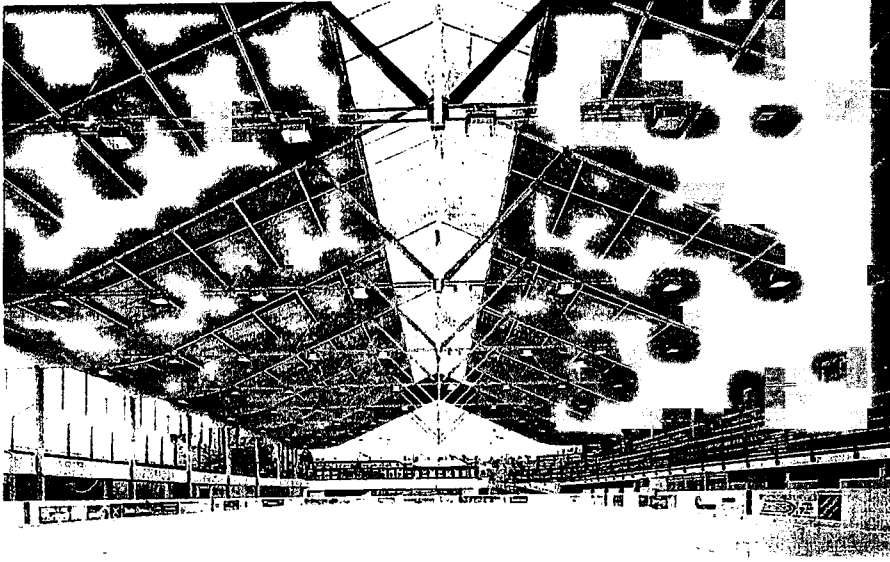
**Tabakalı Ahşap Yapı Elemanlarıyla Oluşturulan Çatı Sistemleri (Mutlubaş, 1999)**



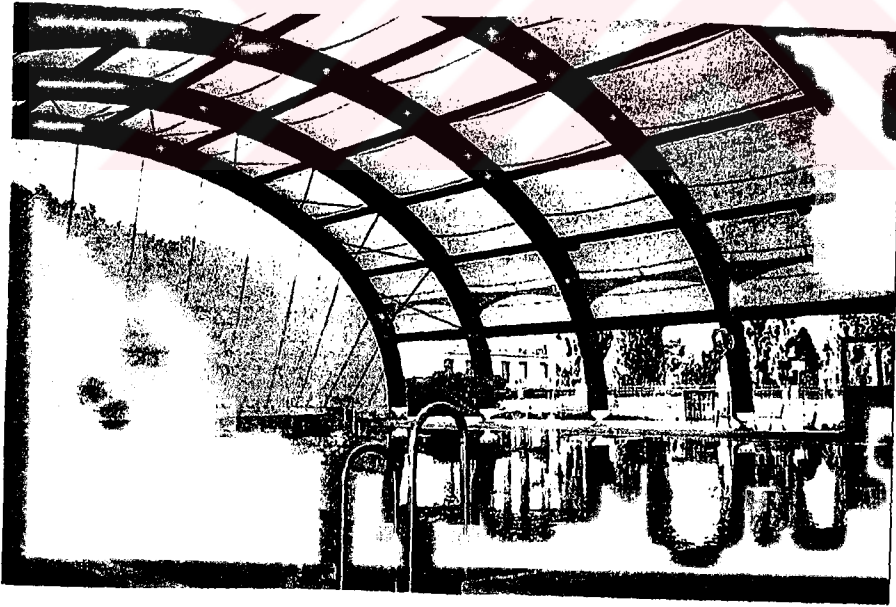
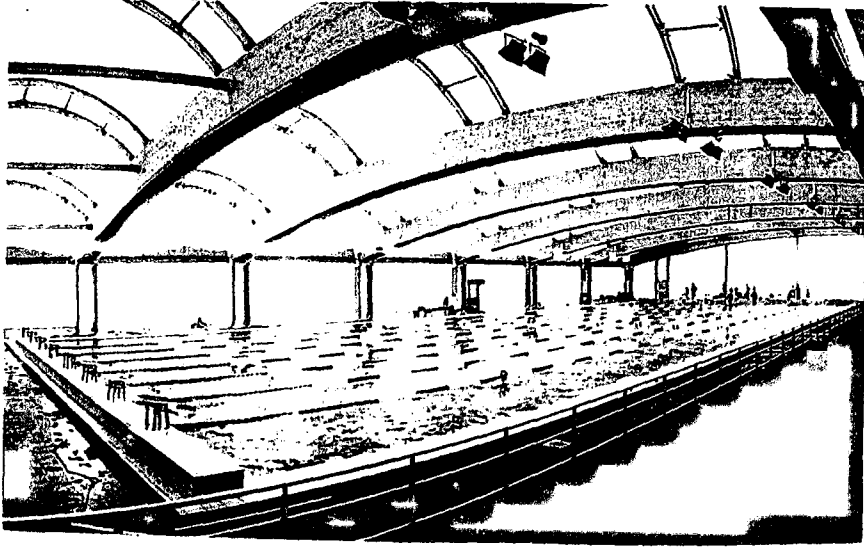
**Konferans Salonları (Mutlubaş, 1999)**



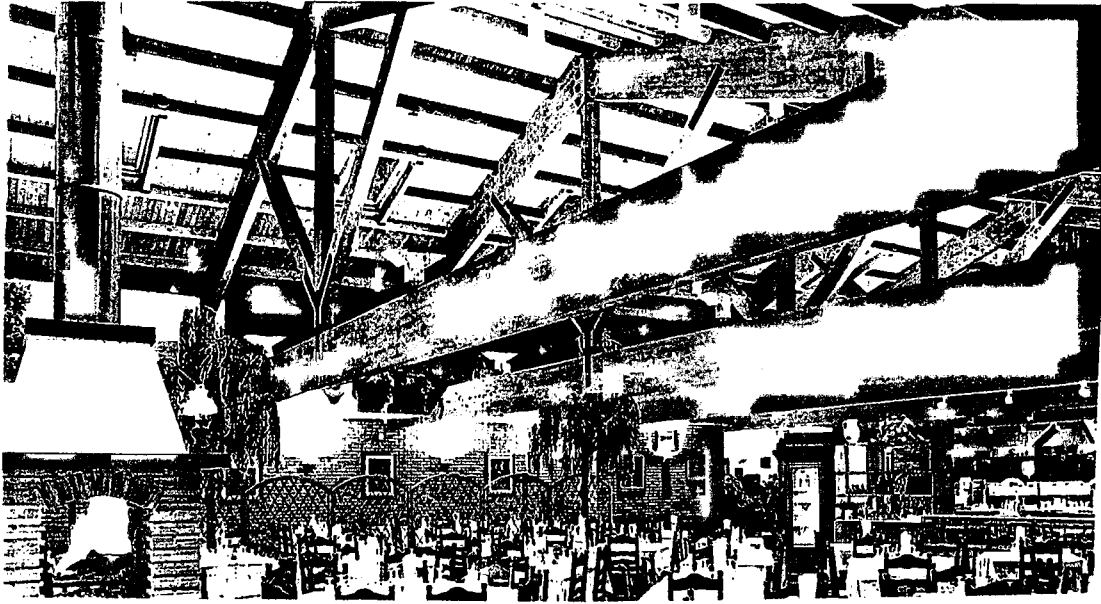
**Spor Salonları (Holzbau Kataloğu)**



**Spor Salonları (Holzbau Kataloğu)**



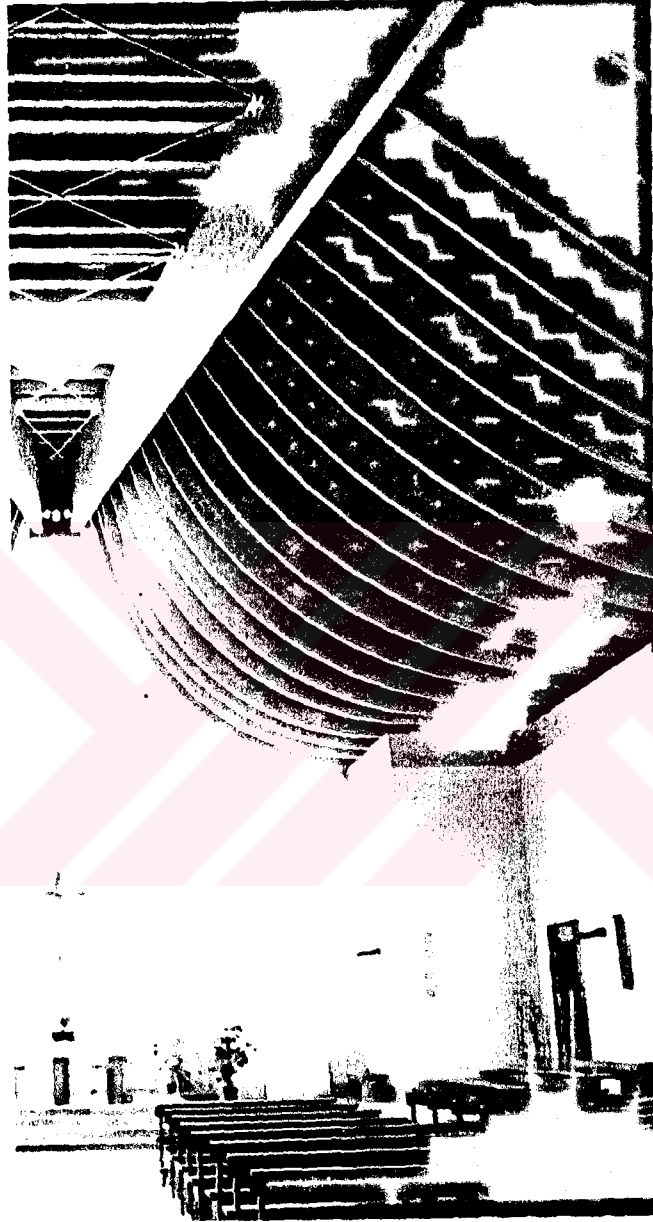
**Kapalı Yüzme Havuzları (Mutlubaş, 1999)**



**Restaurantlar (Holzbau Kataloğu)**



**Alışveriş Merkezleri (Holzbau kataloğu)**



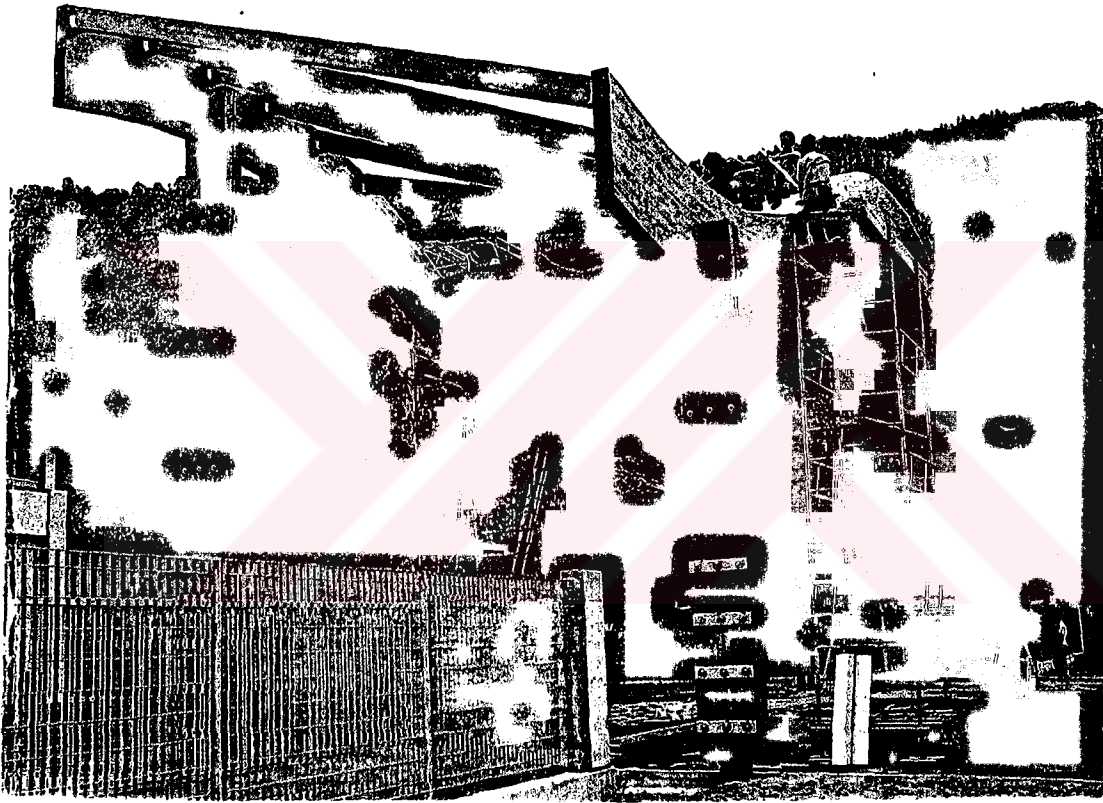
**Dini Yapılar (Holzbau katalogu)**



**Konutlar (Holzbau Kataloğu)**

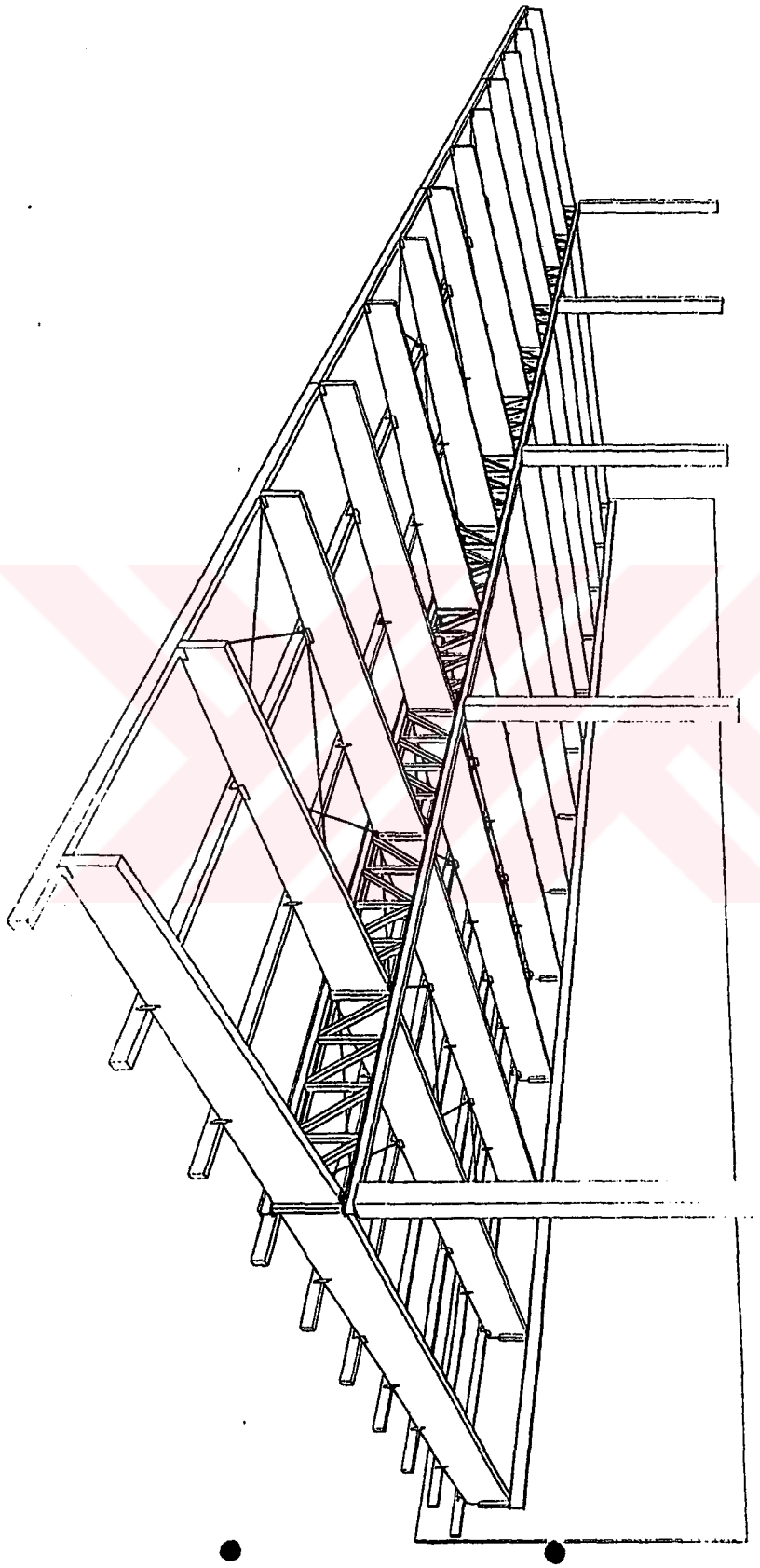


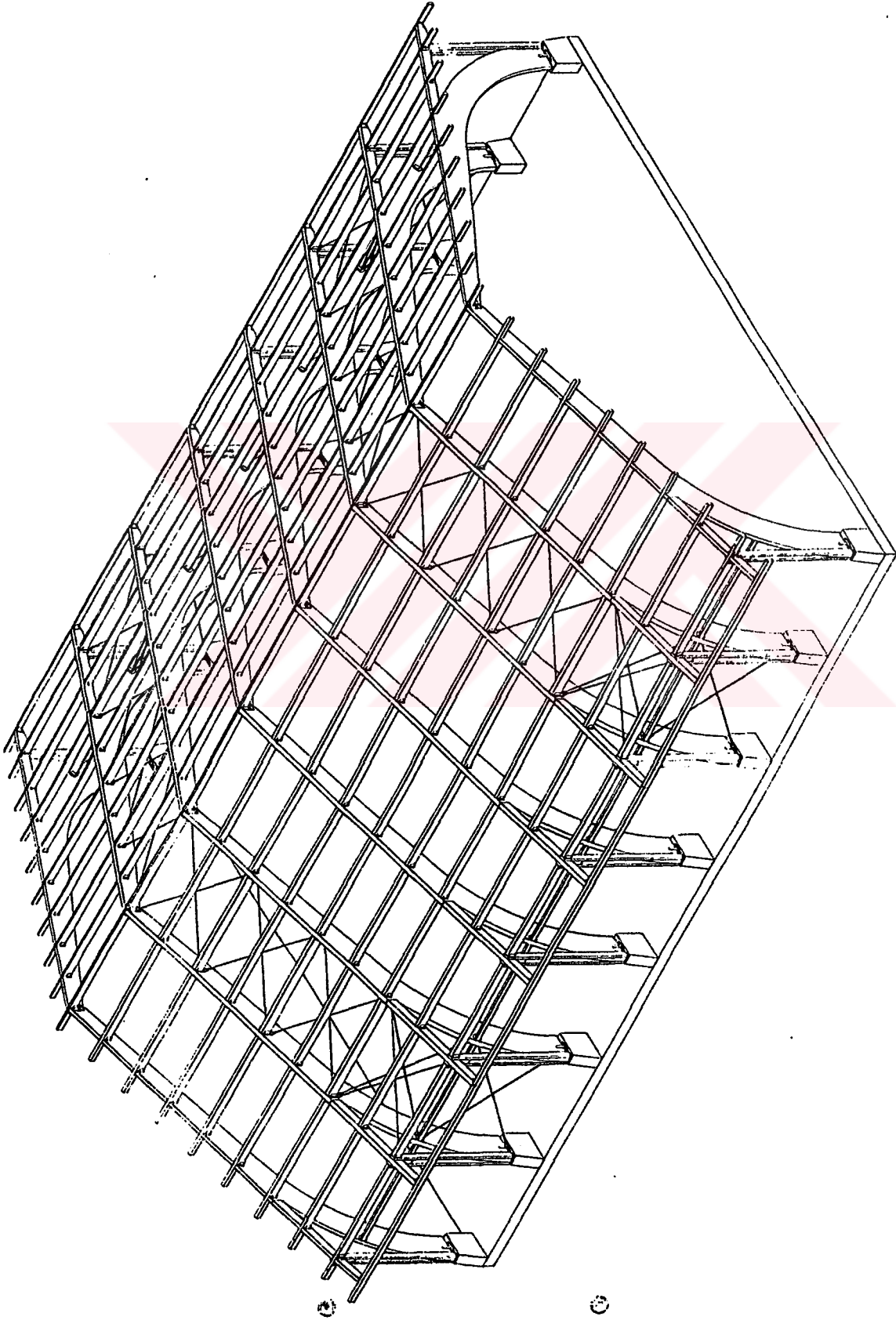
**Köprüler (Mutlubaş, 1999)**

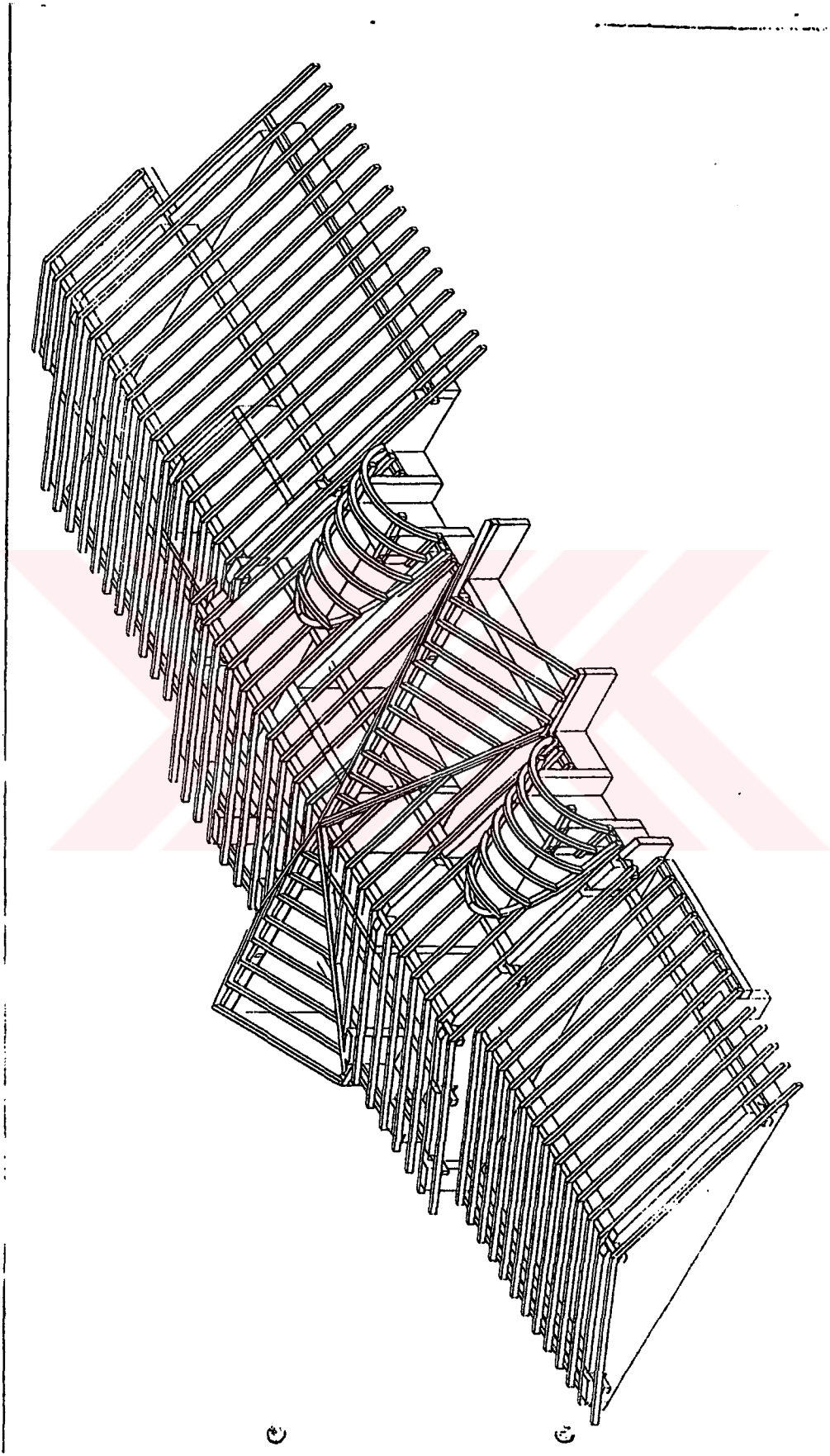


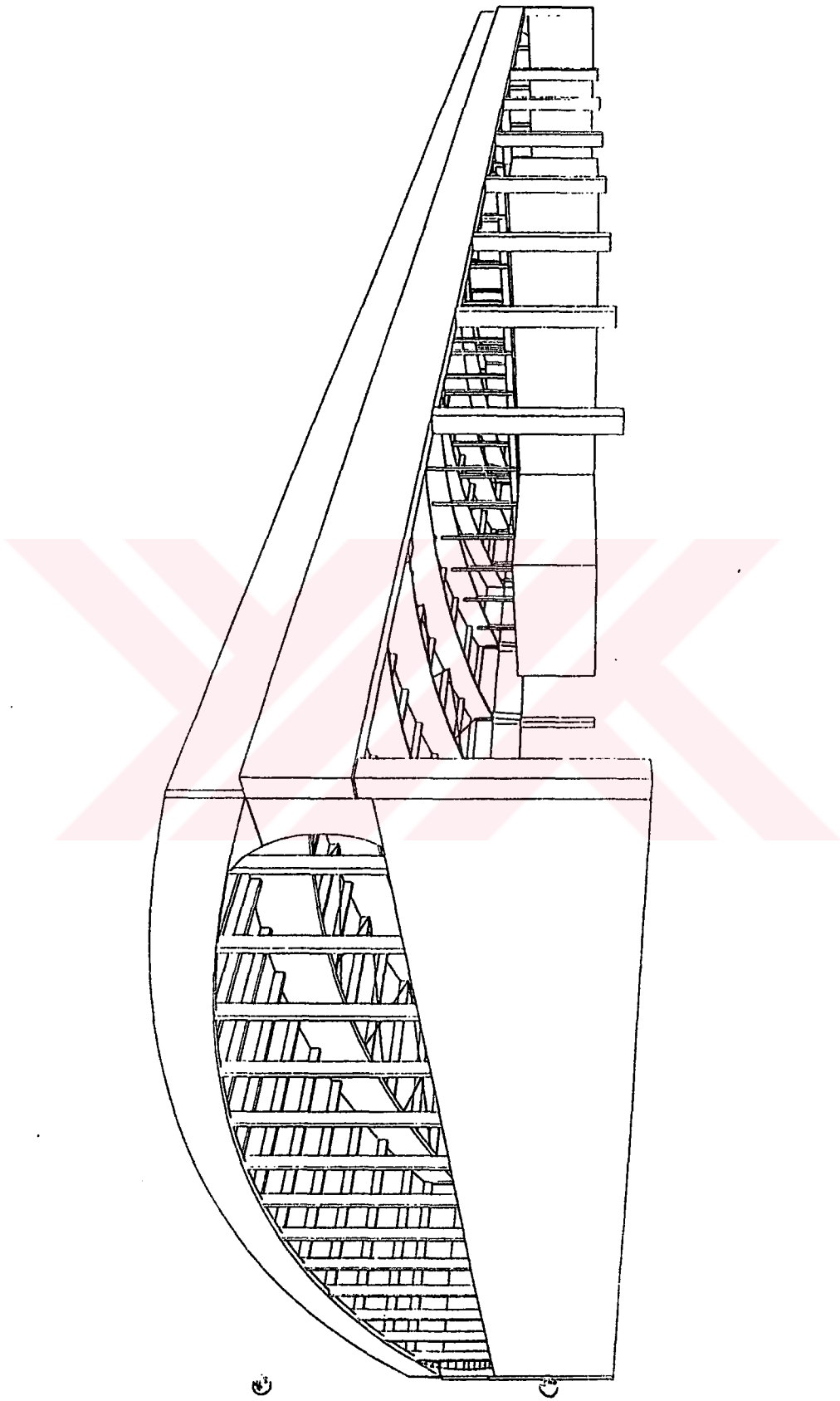
**Kent Donatıları (Mutlubaş, 1999)**

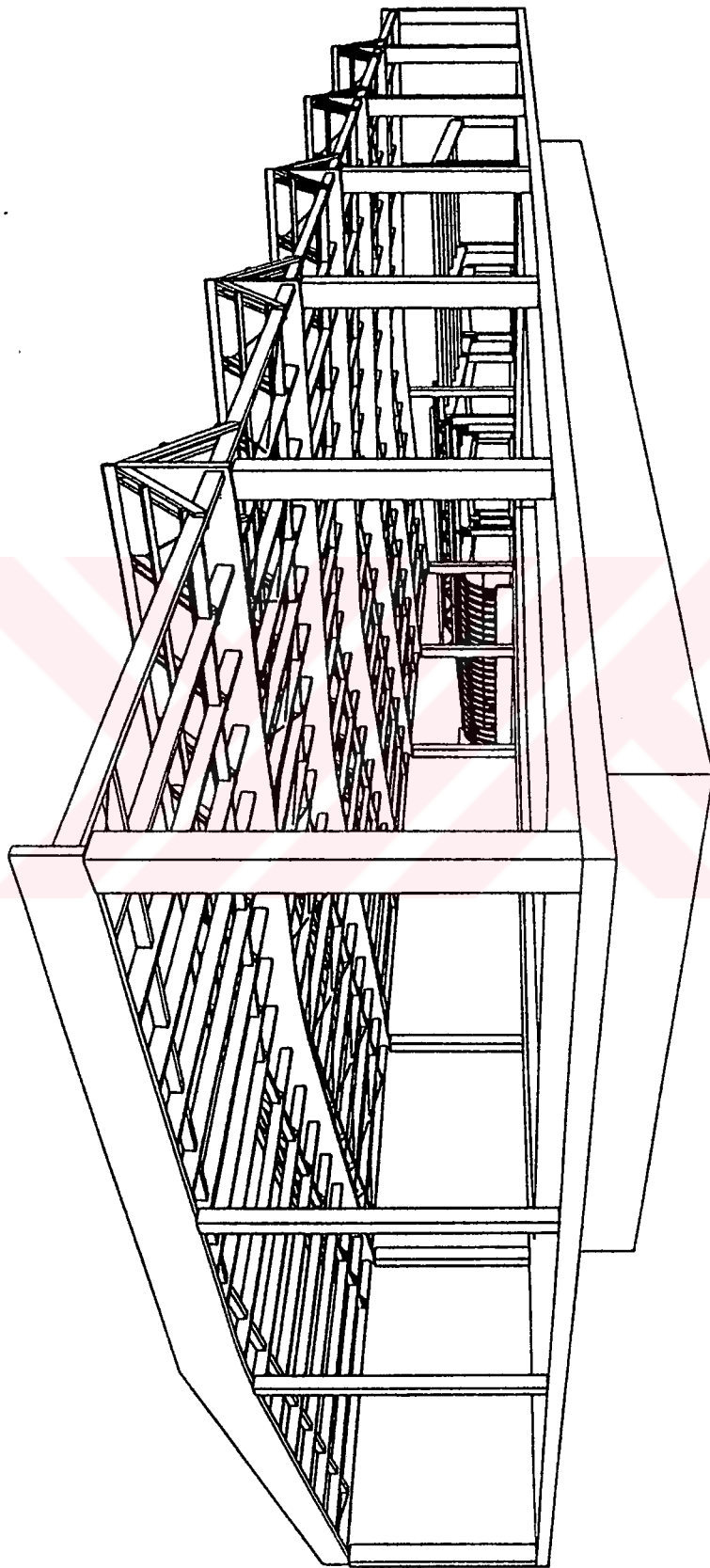
**Ek 2 Tabakalı Ahşap Elemanlarla Oluşturulmuş Sistemler**

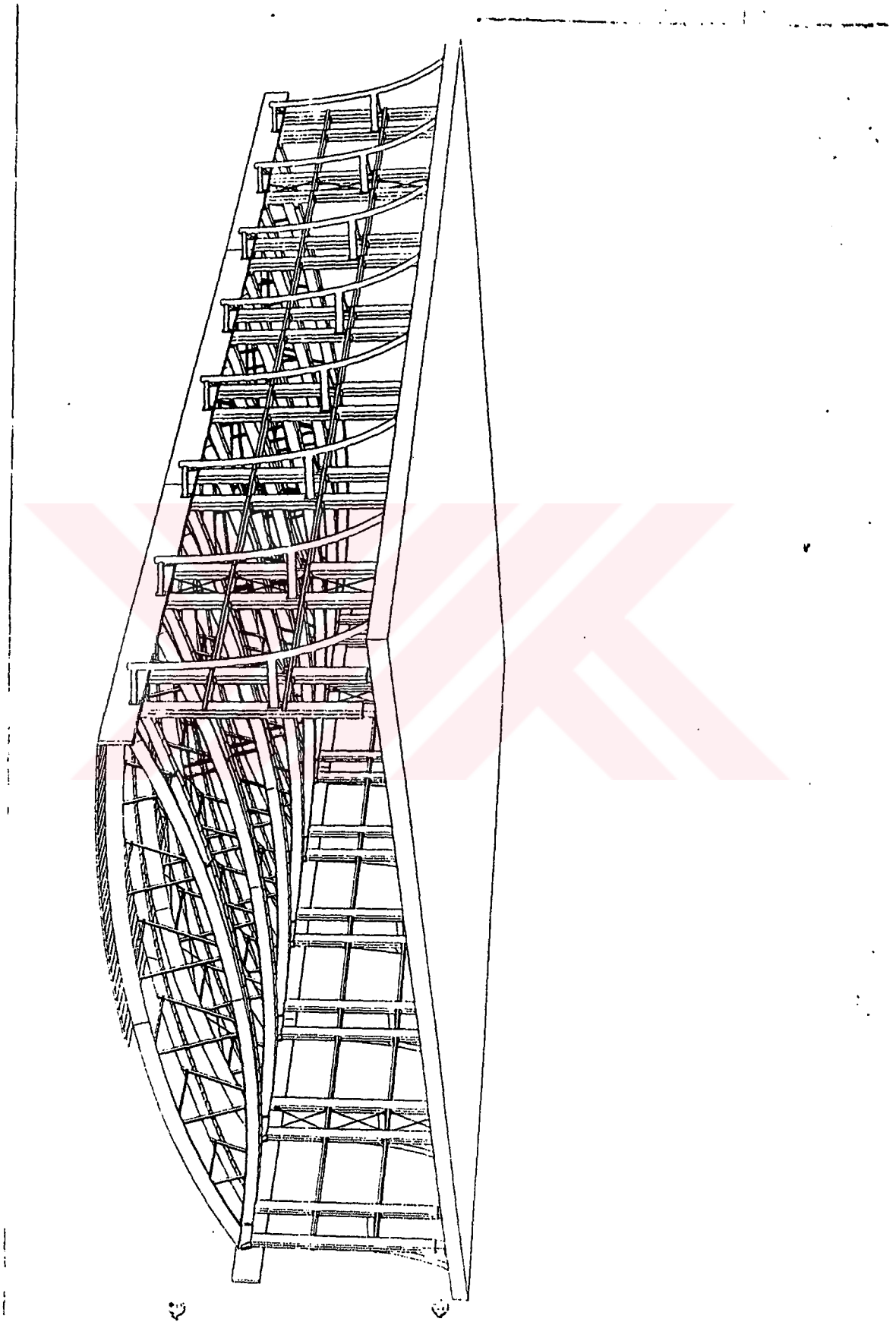


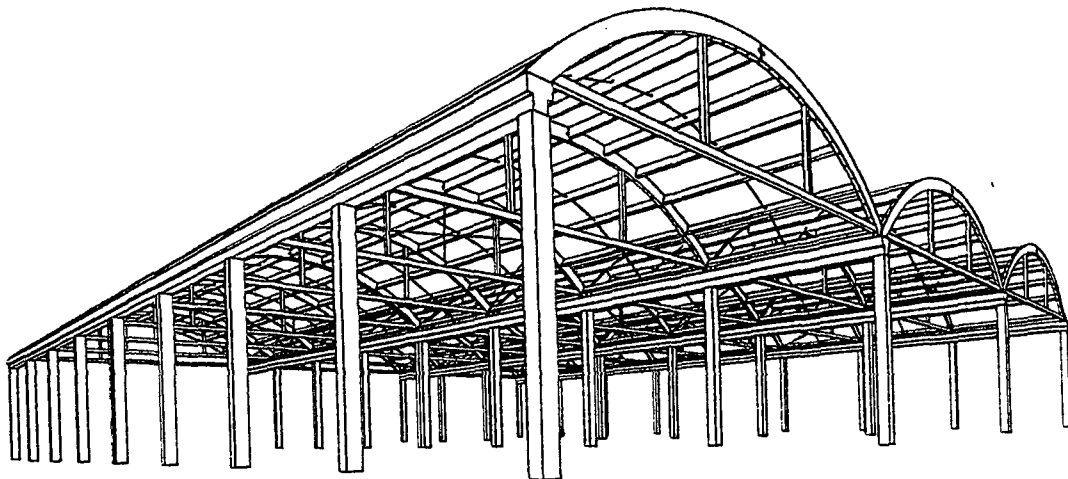
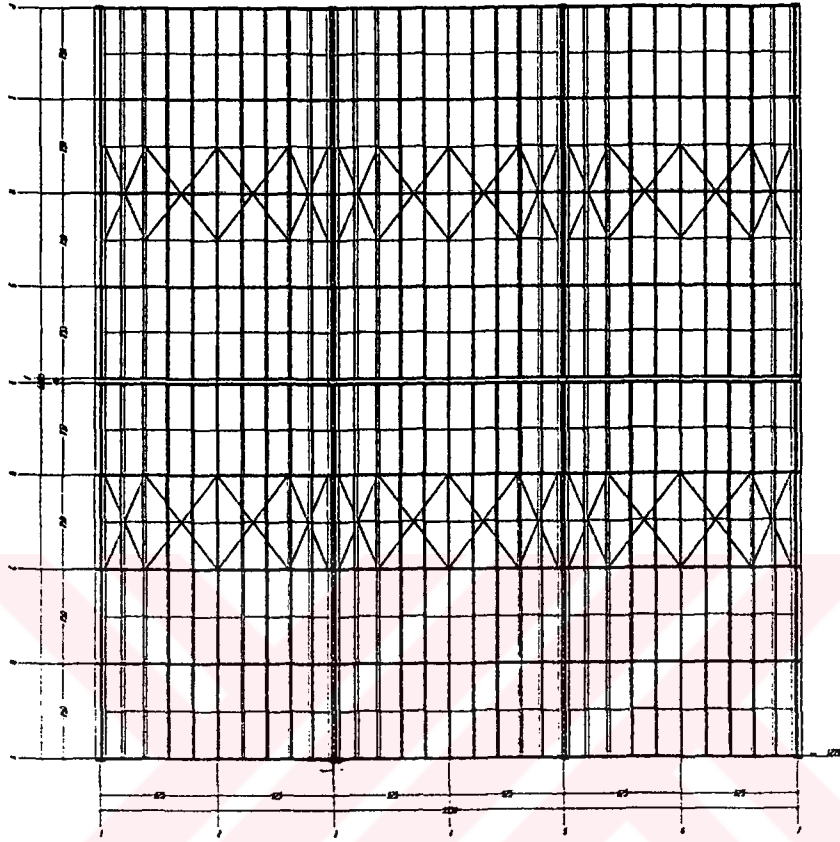


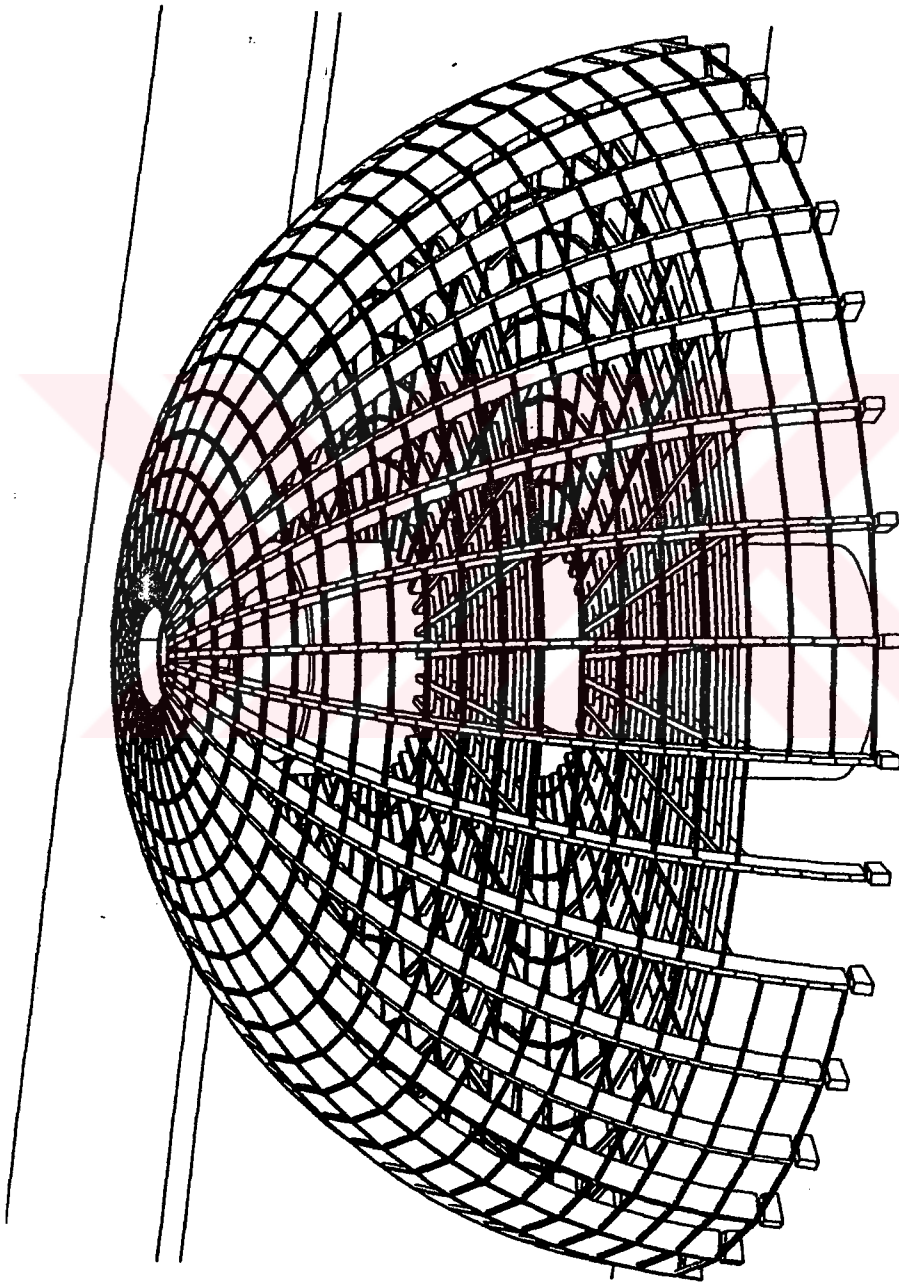












**ÖZGEÇMİŞ**

**Doğum tarihi:** 01.01.1976

**Doğum yeri:** Ereğli

**Lise:** 1985-1993 İzmir Özel Türk Koleji

**Lisans:** 1993-1998 Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi  
Mimarlık Bölümü

**Yüksek Lisans:** 1998- 2000 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Programı

