

## PAPER DETAILS

TITLE: Ahsap Yapi Üretiminde Cephe Kuruluşunun Değerlendirilmesi

AUTHORS: Rüveyda BARIS,N Volkan G R

PAGES: 47-67

ORIGINAL PDF URL: <http://artium.hku.edu.tr/tr/download/article-file/1318247>



## Ahşap Yapı Üretiminde Cephe Kuruluşunun Değerlendirilmesi

*Araştırma Makalesi*  
*Research Article*

Rüveyda Barış<sup>1</sup>, N. Volkan Gür<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mimar, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul / TÜRKİYE  
ORCID ID: 0000-0002-4848-584X

<sup>2</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, İstanbul / TÜRKİYE  
ORCID ID: 0000-0001-8810-5023

### ÖZ

Ahşap; hafifliği, iyileştirilebilen fiziksel özellikleri, tür çeşitliliği, endüstriyel ürün olanağı, ekolojik oluşu ve sürdürülebilir kaynak temini gibi sebeplerden dolayı, yapı sektöründe geniş kullanım alanı olan bir malzemedir. Üstün performans özellikleri gösterirken yapıya ağır yükler vermeyen, çevreye duyarlı, sürdürülebilir özellikler taşıyan, her geçen gün mimari uygulamalarda popülerliği artan çağdaş ahşap bina konstrüksiyonları ve cephelerinin kuruluş yöntemleri bu makalenin konusunu oluşturmaktadır. Çalışmada, endüstriyel ahşap bileşenlerin yapı sektöründe kullanım bulan çeşitleri ve olanakları aktarıldıktan sonra, ahşap konstrüksiyonlu çağdaş bina sistemleri için yapısal özellikler bağlamında bir sınıflandırma geliştirilerek her sisteme özgü cephe oluşumları açıklanmıştır. Sınıflandırma yapılan sistemlerin karakteristik özelliklerini taşıyan örnek uygulamalar her sistem tanıtımı sonunda oluşturulan yapısal analiz tabloları ile incelenmiştir. Bina konstrüksiyonlarında ahşap malzeme ile cephe oluşumunda etkin olan parametreler ortaya konmuş, sistemler bu parametreler bağlamında analiz edilmiştir. Çalışma kapsamında geliştirilen sistem sınıflandırması ve ölçütler bağlamında çağdaş ahşap konstrüksiyonlu binalarda uygulanan cephe kuruluş yöntemleri açıklanarak tasarım ve uygulamalarda göz önünde tutulması gereken hususlar değerlendirilmiştir.

### MAKALE BİLGİSİ

Received 30 / 09 / 2020  
Accepted 25 / 05 / 2021

### ANAHTAR KELİMELER

Ahşap bileşenler  
Ahşap konstrüksiyon  
Cephe kuruluşu  
Taşıyıcı sistem

## Evaluation of Facade Assembly in Wooden Construction

### ABSTRACT

Wood is a material that has a wide area of use in the construction sector due to its lightness, improvable physical properties, variety of species, industrial product opportunity, ecological and sustainable resource supply. The subject of this article is contemporary wooden constructions and facades, which do not give heavy loads to the building while showing superior performance characteristics, are environmentally friendly and sustainable, and becoming increasingly popular in architectural applications. In the study, after explaining the types and possibilities of industrial wooden components used in the construction sector, a classification was developed for contemporary wooden systems in the context of constructional features and the methods of facade assembly were explained for each system. Sample applications that characterize the classified systems were examined with analysis tables created at the end of each system introduction. The effective parameters for facade assemblies with wooden material in building constructions were revealed, and the systems were analysed in the context of these parameters. In the context of the system classification and criteria developed within the scope of the study, the facade assembly methods applied in contemporary wooden construction buildings were explained and the issues that should be considered in design and applications were evaluated.

### ARTICLE HISTORY

Received 30 / 09 / 2020  
Accepted 25 / 05 / 2021

### KEYWORDS

Wooden components  
Wooden construction  
Facade assembly  
Structure

### 1.GİRİŞ

Ahşap, geçmişten günümüze kaynak olarak erişilebilir ve sürekliliği olan bir malzeme olması dolayısıyla, tüm toplumlarda yapısal ihtiyaçları karşılamada ana veya yardımcı eleman olarak kullanılmıştır. Gelişen teknoloji ve zamanla değişen yapısal ihtiyaçlar ile ahşap yapım tekniklerinde gelişmeler olmuş ve sektörde yayılma alanı bulmuştur.

Günümüzde ahşap malzemeyi temin etmedeki kısıtlar ve pahalı olması nedeniyle ülkemizde taşıyıcı işlevli ahşap kullanım hacmi dardır. Endüstriyel ahşap malzeme ve bileşenlerinin üretimi ile ahşap malzeme daha çok; bölme, dekorasyon ve yüzey kaplama elemanı olarak kullanım alanı bulmaktadır.

Ahşap, mekanik özellikleri dolayısıyla hem çekmeye hem de basınca dayanımı olan bir malzemedir. Yapısal ahşabın

istenilen ölçülerde ve boylarda kesilebilmesi, endüstriyel olanaklarla istenen fiziksel ve mekanik özelliklere sahip endüstriyel ahşap imal edilebilmesi dolayısıyla yapının taşıyıcı sisteminde hem ana hem de tali elemanlar şeklinde yer alabilmektedir.

Çağdaş yapılarda kullanılan ahşap, günümüzde mekanik ve fiziksel özellikleri iyileştirilmiş endüstriyel ürün şekliyle daha çok kullanılmaktadır. Çalışma kapsamında, ahşap ürünlerin kullanım bulunduğu çağdaş binalarda cephe oluşumları incelenerek sistemlere özgü olanak ve kısıtların ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

Çalışmada izlenen yöntem, literatür araştırmasını takiben sistemlerin sınıflandırılarak açıklanması ve önerilen parametreler bağlamında analiz tabloları ile karşılaştırmalı şekilde değerlendirilmesidir. Çalışmada yığılma ahşap yapılar; hafif, ekonomik ve verimli sistemler olmadığından kapsam dışında bırakılmıştır.

## 2.ENDÜSTRİYEL AHŞAP

Araştırmada Ahşap doğal halinde anizotrop bir yapı malzemesidir. Bir ağaçtan elde edilecek yapısal elemanlar, en iyi performansı sağlamak amacıyla, ağacın belirli yerlerinden ve yapıda kullanılacağı yere göre belirli doğrultularda kesilmek durumundadır. Kalın kesitli elemanlar elde edilirken, ağaç gövdelerinde kullanılamayacak kesitte parçalar kalabilmektedir. Ayrıca, ahşap malzeme doğal yapısıyla kullanıldığında böcek, nem gibi ahşaba zarar verecek etmenlere açık hale gelebilmektedir. Hem mekanik olarak ahşabın performansını artırmak hem de dış etkenlere daha dayanıklı hale getirmek amacıyla günümüzde modern ahşap yapıların üretiminde endüstriyel ahşap malzeme kullanılmaktadır.

Ahşap parça, tabaka, kereste, yonga ve ahşap liflerinin bağlayıcı maddeler ile çeşitli şekillerde fabrika ortamında bir araya gelmesiyle oluşan, homojen ve izotrop malzemeye endüstriyel ahşap denir (Öztank, 2004).

Endüstriyel ahşap lineer ve panel elemanlar bir araya getirilerek yapı bileşenleri oluşturulur. Bu bileşenler yapıda iki farklı yapım süreciyle sisteme dâhil olabilirler; şantiyede yapım ve şantiye dışı yapım (prefabrication). Şantiyede yapım (on-site construction) tekniği, endüstriyel bir malzemenin geleneksel tekniklerle uygulanmasını, şantiye dışı yapım (off-site construction/prefabrication) tekniği ise endüstriyel yapım süreçlerini tanımlamaktadır (Parlar, 2000).

Taşıyıcı sistem esas alındığında; iskelet sistem, panel sistem ve hücre sistem olmak üzere üç temel sistem söz konusudur. İskelet sistem, yatay ve düşey taşıyıcılar ve bunların arasındaki boşlukların ön üretimli paneller veya dolgu elemanlarıyla yerinde kapatılmasına dayanır. Panel sistemde, düşey/yatay kullanılmak üzere tasarlanan paneller taşıyıcı özelliktedir. Hücre sistemde ise yapı sisteminde alt birim oluşturacak bir ünite tasarımı söz konusudur. Her üç yapım tekniğinde de bileşen yapıda üstlendiği işleve dayalı performans gerekliliklerini yerine getirmek durumundadır.

Yapısal ahşap konusunda, kullanılan tekniklere ve koşullara göre birçok sınıflandırma yapılabilir. Bunlardan

biri, işlenmişlik özelliğine göre sınıflandırmadır. Bu bağlamda ahşap, doğal ahşap ve endüstriyel ahşap olarak ikiye ayrılır.

Endüstriyel ahşabı elde ederken uygulanan işlemler; presleme tekniği, emprenye tekniği ve tabakalama tekniği yardımıyla gerçekleşir. Emprenye, kimyasal maddelerin emdirilmesi ile doğal ahşabın yapısal ömrünü uzatan bir tekniktir. Presleme tekniğinde, hücre boşlukları yüksek basınç ile doldurularak ahşabın mekanik dayanımı artırılır. Tabakalama tekniğinde ise ahşabın modifikasyonu söz konusudur ve doğal ahşabın fiziksel özellikleri tamamen değişir, aşamalı olarak farklı boyut ve özelliklere sahip parçaların bütünü yeni elemanları oluşturur (Parlar, 2000).

Endüstriyel ahşap, farklı işleme tekniklerine göre;

- Tutkallı Tabakalı Ahşap / Glued Laminated Timber (GLULAM),
- Çapraz Tabakalı Ahşap / Cross Laminated Timber (CLT),
- Yapısal Kompozit Ahşap / Structural Composite Lumber (SCL)
- Tabakalı Kaplama Ahşap / Laminated Veneer Lumber (LVL),
- Paralel Yonga Ahşap / Parallel Strand Lumber (PSL)
- Yönlendirilmiş Yonga Ahşap / Oriented Strand Lumber (OSL)
- Tabakalı Yonga Ahşap / Laminated Strand Lumber (LSL)
- Ahşap Beton Kompozit / Timber Concrete Composite (TCC) (Avlar & Ustaoglu, 2017)
- Çivili Tabakalı Ahşap / Nail Laminated Timber (NLT)
- Ağaç Çivili Tabakalı Ahşap / Dowel Laminated Timber (DLT) olarak üretilebilmektedir.

Endüstriyel ahşap, boyutsal ve geometrik özelliklerine göre; çizgisel (lineer) elemanlar ve düzlemsel elemanlar olarak sınıflandırılabilir.

### 2.1.Çizgisel (Lineer) Elemanlar

Bir boyutu diğer iki boyutundan çok daha fazla olan elemanlardır. Bu yapısal ürünlerin, imal edilmiş teknikleri ve yapılarda kullandıkları yerleri gösteren bir tablo hazırlanmıştır (Tablo 1).

Çizgisel elemanlar, yatay veya düşey yapı bileşeni/elemanı oluşumunda; yapının taşıyıcı elemanı ya da yüzey oluşturan bileşenin taşıyıcı malzemesi olarak görev yapar (Parlar, 2000). Bu nedenle çizgisel elemanlar yapıda taşıyıcı olarak; basit kiriş, dikme, alt ve üst başlık, çatı elemanları (mertek, mahya, kuşak vb.), kafes kiriş olarak kullanılırlar.

Endüstriyel çizgisel elemanlar yapıda kullandıkları yere göre farklı işleme teknikleriyle imal edilirler. Çağdaş ahşap yapılarda en çok kullanılan çizgisel elemanlar; tutkallı tabakalı ahşap, tabakalı yonga ahşap, paralel yonga ahşap, tabakalı kaplama ahşap, yapısal tutkallı ahşap, I-kirişlerdir (Öztank, 2004).

**Tablo 1.** Endüstriyel ahşap çizgisel elemanlar (Parlar, 2000 temel alınarak oluşturulmuştur).

Adı	TUTKALLI TABAKALI AHŞAP	TABAKALI YONGA AHŞAP	PARALEL YONGA AHŞAP	TABAKALI KAPLAMA AHŞAP	YAPISAL TUTKALLI AHŞAP	I KİRİŞLER - I JOISTS
Şekil	GLULAM	LSL	PSL	LVL		
Üretimi	Çeşitli ölçülerde bağımsız ahşap tabakalar, fabrika ortamında kimyasal veya organik tutkallarla birleştirilir.	Soyulan tomruklar yonga haline getirilir ve reçine uygulanır. Sonra bu parçalar birbirine paralel şekilde preslenir	LSL ile aynı üretim sürecine tabidir. Farkı, yongaların daha uzun parçalar halinde elde edilerek preslenmesidir.	Tabakalara yapıştırıcı uygulanır ve paralel düzenlenmiş tabakalar preslenerek bütün haline getirilir.	Standart boyutlarda ufak kereste parçaları tutkallanarak birleştirilir.	Flanşlar standart ölçülerde kesilir, yuva açılır. Açılan yuvaya gövde elemanı yapıştırılır.
Kullanım Alanı	KOLON, ANA KİRİŞ, MAKAS	KOLON, KENAR KİRİŞİ TALİ KİRİŞ, LENTO	KOLON, ANA KİRİŞ, DİKME, KENAR KİRİŞİ TALİ KİRİŞ, KONSOL TABLİYESİ	ANA KİRİŞ, BOYUNDURUK, I KİRİŞLERDE ALT VE ÜST FLANŞ	DİKME, ALT VE ÜST TABAN	DÖŞEME VE ÇATI TALİ KİRİŞLER

## 2.2.Düzlemsel Elemanlar (Paneller)

Paneller, bir boyutu diğer iki boyutuna göre çok daha az olan düzlemsel levhalardır. Yapıda bölücü/taşıyıcı paneller, çatı ve döşeme levhaları olarak kullanılırlar. Ahşap karkas yapılarında dikmelerin üzerine monte edilen OSB veya kontrplak levhalar perde duvar etkisi olarak

yanal yükleri karşılar. Üretim şekillerine göre; kontrplak (plywood), yönlendirilmiş yonga levha (oriented strand board), sandviç panel (structural insulated panel) olarak sınıflandırılırlar (Öztank, 2004). Bu levhalar, üretim şekillerine ve kullanıldığı alanlara göre tablo haline getirilmiştir (Tablo 2).

**Tablo 2.** Endüstriyel ahşap panel elemanlar (Parlar, 2000 temel alınarak oluşturulmuştur)

Adı	KONTRPLAK - PLYWOOD	YÖNLENDİRİLMİŞ YONGA LEVHA - OSB	MDF - (MEDIUM DENSITY FIBREBOARD)	ÇİMENTOLU YONGA LEVHA	ÇAPRAZ LAMİNE AHŞAP - CLT
Şekil					
Üretimi	İnce ahşap tabakalar birleştirilerek oluşturulur. Üst üste gelen tabakalar lif yönleri birbirine dik olarak yapıştırılır.	Tomruklar kısa boyda kesilir ve lif boyunca dilimlenir. Oluşan yongalar kurutulur, 3 tabaka oluşacak şekilde preslenir.	Hammadde lifleri ve reçineyle hazırlanan lif hamuru, yüksek basınç ve sıcaklık altında sıkıştırılır.	Yongalar çimento ve çeşitli kimyasallar ile karıştırılarak preslenir ve kurutulur.	%12ye kadar kurutulan tabakalar (16mm-51mm), lif yönleri birbirine dik olarak üst üste tutkallanarak dizilir ve preslenir.
Kullanım Alanı	DÖŞEME, DUVAR VE ÇATI KAPLAMASI, I-KİRİŞ GÖVDESİ, PANEL KAPLAMASI	DÖŞEME (KÖR VEYA TEK TABAKALI), ÇATI VE DUVAR LEVHASI SANDVIÇ PANEL DIŞ KATMANI	TAVAN, KAPI KASASI, DOLAP, MOBİLYA	BÖLÜCÜ DUVAR VE ÇATI KAPLAMASI, GİYDİRME CEPHE PANOSU, SES YALITIM KAPLAMASI	DÖŞEME, TAŞIYICI DUVAR, ÇATI KAPLAMASI, ASANSÖR DUVARLARI

Bu levhalar kullanılarak iki farklı panel bileşen oluşturulur: Masif ahşap taşıyıcılı paneller (Stressed Skin

Panels-SSP) ve ısı yalıtımlı kompozit paneller (Structural Insulated Panels-SIP) (Parlar, 2000) (Tablo 3).

### Masif ahşap taşıyıcı paneller (SSP- Stressed Skin Panel)


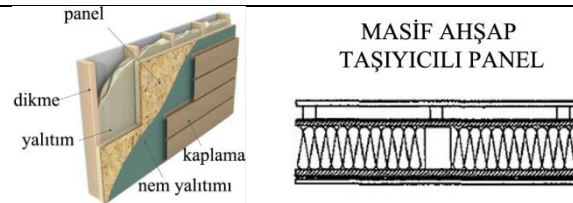
Cephe sisteminin alt bileşeni olacak şekilde masif ahşap bir iskelet ile panel sistemi oluşturulur. Bu panel sistemi sırasıyla, masif ahşap iskelet çatkısı, çatkının arasına ısı yalıtım malzemesinin yerleştirilmesi ve panelin rijitliğini sağlayan yapay ahşap levhaların (OSB veya kontrplak) masif ahşap iskelete vidalanması işlemleri ile oluşturulur. Masif ahşap çatkıda meydana gelen deformasyonlar panel bütününde mukavemet kaybına neden olabilir. Köşe birleşimlerinde kullanılan köşe dikmesinden dolayı panel içeriğindeki ısı yalıtım tabakasının sürekliliği kesilmektedir (Parlar, 2000).

Bu paneller yapıda en çok çatı ve duvar elemanı olarak kullanılırlar. İskeleti desteklemek amacıyla çapraz çizgisel elemanlar yerleştirilebilir.

### Isı yalıtımlı kompozit paneller (SIP-Structural Insulated Panel)

Bir yalıtım tabakasının her iki yüzeyine endüstriyel ahşap levha elemanın (OSB, kontrplak, çimentolu yonga levha) yapıştırılmasıyla oluşturulur. Az katlı binalarda taşıyıcı panel olarak kullanılabilme olanağı vardır. 5-30 cm arasında değişen kalınlıklarda oluşturulabilir. Kullanılacak yüzey alanına göre 7 metre uzunluğa kadar üretilmektedir (Parlar, 2000).

**Tablo 3.** Panel sistemlerin sınıflandırılması (Parlar, 2000 temel alınarak oluşturulmuştur).

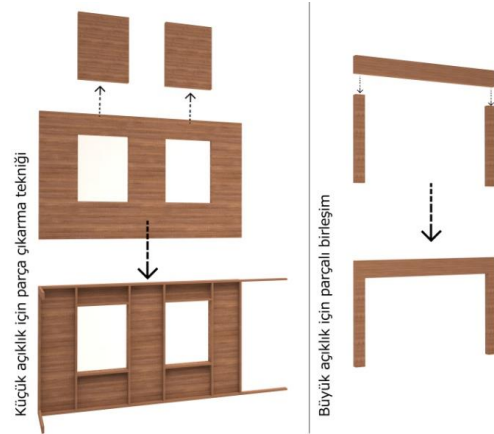
ŞEKİL	YALITIM CİNSİ	OLANAKLARI	SINIRLILIKLARI
 <p>ISI YALITIMLI KOMPOZİT PANEL</p>	Genleştirilmiş veya sertleştirilmiş polistren, poliüretan	Masif ahşap kullanımı az Rasyonel malzeme kullanımı Deformasyon riski yok Isı geçirgenlik direnci yüksek Mekanik mukavemeti yüksek ve hafif	Yüksek teknik donanımlı üretim merkezi Yangın koşullarında gaz yayılımı
 <p>MASİF AHŞAP TAŞIYICILI PANEL</p>	Cam yünü, Taş yünü	Yüksek teknik donanım gerektirmeyen üretim merkezi	Masif ahşap kullanımı fazla Deformasyon riski yüksek Isı geçirgenlik direnci düşük

### 3.ÇAĞDAŞ AHŞAP BİNA SİSTEMLERİ VE CEPHE KURULUŞLARI

Genel olarak her binanın cephesi, taşıyıcı elemanlar, dolgu, yalıtım, kaplama elemanları ve boşluklar (kapı, pencere) tarafından oluşmaktadır. Cephe sistemlerinin temel olarak üç işlevi vardır. Bunlar; destek işlevi (aktarılan yükleri karşılamak), kontrol işlevi (iç ve dış mekân arasında kontrol sağlamak) ve bitirici işlevi (estetik ve dayanım performanslarını yerine getirmek) olarak sınıflandırılmaktadır.

İç mekânı dış ortamdaki ayıran bina cephesi; ısı, hava, su/nem, gürültü, yangın ve toz geçişini sınırlamalıdır. Etkili olabilmesi için, cephenin basınç farklılıklarını yönetmesi gereklidir. Cephenin hava sızıntısını önlemesi veya sınırlaması özellikle önemlidir (Quirouette, 2004).

Bina cephelerindeki açıklıklar çoğunlukla çevresel, estetik ve psikolojik işlevlere sahiptir. Ahşap yapı sistemlerinde cephe kuruluşu istenilen açıklıkların boyutuna ve işlevine göre yapılır. Cephe küçük açıklıklar için taşıyıcı panellerde veya kaplamalı panellerde bütünden parça çıkarma tekniği ile boşluklar oluşturulurken daha geniş açıklıklar için dikme-kirişli iskelet sistemlerden yararlanılmaktadır (WaughThistletonArchitects, 2018) (Şekil 1).



**Şekil 1.** Cephe boşluk teşkili

Ahşap, geçmişten günümüze kadar binaların taşıyıcı sisteminde ve cephesinde kullanılan bir malzeme olmuştur. Doğal bir kaynak olmasının yanı sıra estetik nitelikleri nedeniyle de önemli sayılmaktadır. Ahşabın kendine özgü yapısal ve dayanım özellikleri vardır.

Cephe, bir yapıda çatı ile dış etkilere en çok maruz kalan yapı elemanıdır. Bu nedenle istenmeyen etkilerin oluşmaması için bariyer görevi gören cephe sistemlerinin statik tasarımında; maruz kaldığı yatay rüzgâr yükleri ve

cephe sisteminin düşey yüklerinin (kaplama yükleri, cephe elemanlarının yükleri) dikkate alınması gerekmektedir.

Bunlara ek olarak, bina yükseklikleri (örn. orta katlı ve daha yüksek yapılar), kullanılan yapısal sistemler (örn. endüstriyel ahşap sistemler, hibrit yapı) ve mimari tasarım (örn. mafsallı yapılar) gibi parametrelerin hepsi cephe oluşumunu etkilemektedir (Wang, 2017).

Çağdaş bina uygulamalarında ahşap konstrüksiyonlu cephe kuruluşları sisteme özgü koşullara ve sınırlılıklara bağlı olarak çeşitlilik göstermektedir. Takip eden kısımda güncel sistemler ve cephe kuruluşları açıklanmaktadır.

### 3.1.Dikme (stud) – Kiriş (joist) Hafif Çerçeve Sistemde Cephe Kuruluşu

Bu sistemde çizgisel ahşap elemanlar cephe boyunca yatay, düşey ve çapraz olmak üzere bir araya gelerek iskeleti oluşturur. Cephedeki düşey elemanlara dikme (stud), katlar arası yatay elemanlara ise alt taban/ yastık (sole plate) ve üst taban/ tepe plakası (top plate) denir. Aralarda yatay ve çapraz kayıtlar bulunur. Sistem bütününe bakıldığında duvarlarda olduğu gibi döşemede de benzer bir iskelet sistemi uygulanır. Açıklık boyutlarına göre döşeme kirişlerinin (joist) yönü ve ebatları tayin edilir.

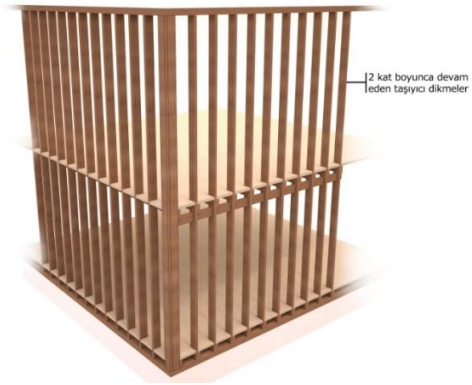
Bu sistemle inşa edilen en yaygın örnekler; platform çerçeve ve balon çerçeve sistemleridir. Platform çerçeve ve balon çerçevenin birleşimi niteliğinde bir diğer sistem ise modifiye çerçevesi sistemidir. Bu sistemde sık aralıklarla (40-60 cm) düzenlenen dikmeler tek kat yüksekliğinde teşkil edilir ve her katın dikmeli iskeleti birbirinin üzerine doğrudan oturtulur (platform sistemde araya döşeme sistemi gelir) (Öztank, 2004).

#### 3.1.1.Balon çerçeve (ballon-frame) sisteminde cephe kuruluşu

Balon çerçeve, temel üzerindeki ahşap yastıktan çatıya kadar iki kat yüksekliğinde uzanan kesintisiz dikmelerden ve dikmelere tespitli döşeme kirişlerinden oluşur (Şekil 2).

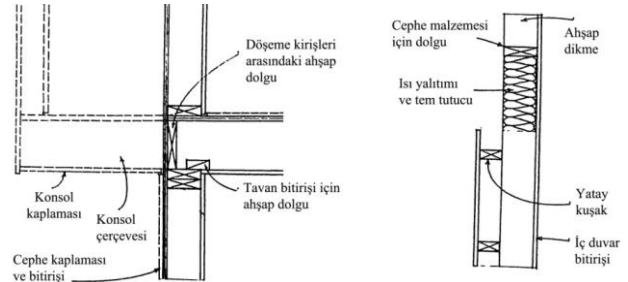
Balon çerçeve, hafif ahşap çerçevelerin iki katlı yapılar için kullanılan bir sistemidir. Dikmeler iki kat boyunca kesintiye uğramadan uzandığından her katta hesaplanan ölçülerde çapraz destekler çerçeve sistemine eklenmelidir. Katlar arasında ve üst katla çatı arasında hava akımını önlemek için cephe sisteminde birleşim bölgelerinde gizlenmiş bir şekilde yangın kesici elemanlar yerleştirilmelidir.

Ahşap dikmeli cephe sistemlerinde dikmelerin iç ve dış yüzleri levhalar ile kaplanır. Oluşturulan temiz yüzeylerin dış yüzlerine cephe kaplaması için gerekiyorsa destek çataları ve kuşaklar monte edilerek son olarak cephe bitiriş malzemesi uygulanır. Dikmeli sistemlerde sıklıkla kullanılan cephe kaplama levhaları Şekil 4'te gösterilmiştir. Levhalar yatay olarak uygulandığında düşey derzler şaşırtmalı olmalıdır. Çivilenebilir yapıya sahip olmayan kaplamaların üzerine cephe malzemesi uygulanırken, doğrudan dikmeli çerçeveye çivileme yapılmalıdır. Bu kaplamalar aynı zamanda, dikmeli bir sistem olan platform çerçeve için de kullanılmaktadır (Ching & Adams, 2015).

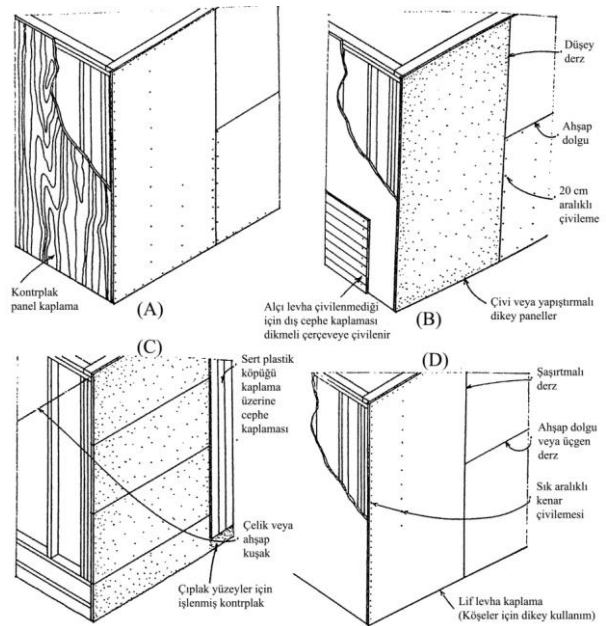


Şekil 2. Balon çerçeve cephe kuruluşu

Cephede balkon için konsol düzenlenecekse döşeme kirişleri çıkma boyunca devam ettirilir ve konsol bitişinde kasnak elemanı ile çerçevesizdir. Eğer döşeme kirişi doğrultusuna dik doğrultuda konsol yapılacaksa konsol çerçevesi ana döşeme kirişlerinin belli bir kısmına kadar uzatılır. Cephe bitiriş elemanlarının teşkili için cephe çerçevesini oluşturan dikmelerin arasına ahşap dolgu elemanları gerekebilir (Ching & Adams, 2015) (Şekil 3).



Şekil 3. Konsollu balon çerçeve (Ching & Adams, 2015'ten derlenmiştir).



Şekil 4. Bitiriş altı levha kaplamaları. (A) Kontrplak panel kaplama; (B) Alçı levha kaplama; (C) Sert plastik köpüğü kaplama; (D) Lif levha kaplama (Ching & Adams, 2015'ten derlenmiştir).

## Örnek uygulama

EPFL kampüsünde, öğrencilerin katılımıyla 11x11x11 m ölçülerinde balon çerçeve sistemli ‘House 1’ yapısı inşa edilmiştir (Tablo 4). Yapım ekibi takımlara ayrılmış ve yapının merdiven, sundurma, cephenin farklı bölümleri gibi elemanları bu takımlarla ayrı ayrı üretilmiştir. Bu

sebeple yapının cephesinde farklı çerçeve biçimleri oluşmuştur. Cephe sistemini, yapı yüksekliği boyunca uzanan sürekli dikmeler ve dikmeleri birbirine bağlayan aşıklar oluşturmaktadır. Cephenin bazı kısımlarında bu yatay ve düşey elemanlara ek olarak çapraz destek elemanları da kullanılmıştır (URL 1) (Şekil 5).

**Tablo 4.** “House 1” özellikleri (URL 1 temel alınarak oluşturulmuştur).

YAPI ÖZELLİKLERİ	İsmi	House 1	
	Tarih/ Yer	2016- İsviçre	
	İşlevi	Geçici sosyal mekân	
	Mimar	ALICE Studio	
	Yapı Sistemi	Balon Çerçeve Sistem	
	Malzeme	Masif ahşap Metal bağlantı	
CEP	Taşıyıcılık	Taşıyıcı	
	Yapım Yöntemi	2 kat boyunca sürekli dikmeli çerçeve sistem	
	Bitiriş elemanları	Konstrüksiyona ek cephe kaplaması uygulanmamıştır	



Şekil 5. House 1 yapısı (URL 1)

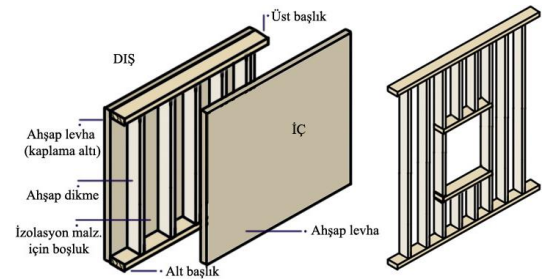
### 3.1.2. Platform çerçeve (platform-frame) sisteminde cephe kuruluşu

Platform çerçeve, inşa edilen kat sayısından bağımsız olarak yalnızca tek kat yüksekliğindeki dik oluşan ve her katın bir alttaki katın tepe plakalarına veya temel duvarı üzerindeki ahşap yastık üzerine oturduğu hafif ahşap çerçevedir (Ching & Adams, 2015). Az ve orta katlı ahşap yapılar için uygulanan hafif çerçevesel sistemde cephe kurgusu üç bölümden oluşur. Bunlar; dikme ve yastık gibi lineer elemanlarla oluşturulan ahşap iskelet, yonga levha, kontrplak gibi levhalarla oluşturulan kaplama altı tablası ve taş, tuğla, sıva, ahşap gibi kaplama malzemesinden oluşan dış yüzeydir.

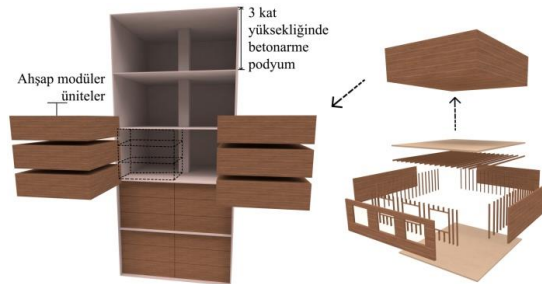
Bunlara ek olarak, cephedeki yapısal boşlukları tanımlayan pencere ve kapı gibi elemanlar da cephe sistemi içerisinde yer alır. Dikmeler yapıya ait düşey yükleri taşıyarak temele iletir. Kaplama altı tablaları ise yanal yüklere karşı mukavemet sağlar. Cephe açıklıklarında düşey yükler lentolar ile alınır (Öztank, 2004) (Şekil 6).

Tongji Üniversitesi ve UBC, karbon ayak izini azaltmak için yüksek binalar için endüstriyel ahşap ve betonarme

kombinasyonunu kullanan yeni bir hibrit ahşap beton (HWC- Hybrid Wood Concrete) modüler sistem önermiştir. Sistem, her üç katta bir betonarme podyum taşıyıcı sistem ve yaşanabilir alan yaratan modüler ahşap ara katları içermektedir. Konsept, ahşap binaları üç katla sınırlayan Çin yangın yönetmeliğini temel almıştır. Modüler birimler civatalar ile betonarme çerçeveye bağlanmaktadır (Kaushik, 2017) (Şekil 7).

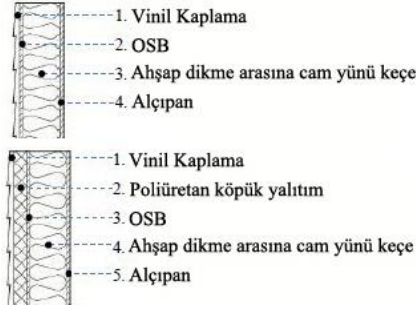


Şekil 6. Solda; platform çerçeve sisteminde cephe kuruluşu, sağda; içinde boşluğu olan platform çerçeve sistem



Şekil 7. Betonarme podyum taşıyıcı sistem ve ahşap modüler sistem

Platform çerçeve sistemi, dört kata kadar konut inşaatı için en yaygın olarak kullanılan ahşap esaslı sistemdir. Son birkaç yıldır bu sistemle inşa edilmiş 5-6 katlı binalar da söz konusudur. Platform çerçeve sistemi, yapısal olarak yeterli ve uygun maliyetli bir çözümdür. Aynı zamanda ısı yalıtımı için yapısal elemanlar (ahşap dikmeler) arasında doğal boşluklar sağlamakta; gerektiğinde dıştan ısı yalıtım malzemesi eklemek de mümkün olmaktadır (Wang, 2017) (Şekil 8).



Şekil 8. Yalıtım alternatifi ile iki tür hafif ahşap çerçeve cephe kesiti (Matthews, 2011).

Bu sistemde cepheyi oluşturan tüm dış duvarlar taşıyıcı özelliktedir. Ölü ve hareketli yükleri temele aktarırlar. Statik hesaplamalar bu durum göz önüne alınarak yapılmaktadır. Daha sonra ısı ve ses yalıtımı ile ilgili gereksinimler saptanıp tasarıma girdi olarak eklenmektedir. Bunlara ek olarak, yangın dayanımı cephe sistemi için çok önemlidir. Cephe, iskelet sistemin kabuğu olduğu için kurulum aşamasının hızlı ve pratik olması,

aynı zamanda cephe kaplaması sisteme uygulanana kadar da hava koşullarına dayanım gösteriyor olması beklenir (Öztank, 2004).

Orta ve yüksek katlı bir bina için, cephe üzerindeki rüzgâr ve sismik yükler, az katlı bir ahşap çerçeve binaya etki eden yanal yüklerden daha büyük olacaktır. Etkisi artan yanal yüklerle karşı bina, bakım ve onarım ile birlikte, yağmur girişini önlemek, hava sızıntısını azaltmak ve uzun süreli dayanım sağlamak için düzenlenmiş bir cephe sistemi gerektirir (Wang, 2017).


Orta katlı yapı sistemlerinden biri olan podyum taşıyıcı sistemli binalar, maliyet kontrolü sağlarken ahşap sistemli cepheleri aynı zamanda çevre etkilerine dayanıklı hale getirir. Podyumlar, yükseklik ve kat sayısını artırmaya izin verirken, üst katlardaki ahşap çerçeve kısmı verimli ve ekonomik olabilmektedir (McLain, 2019, s. 22-25).

Cephe dikmeleri üzerine gelecek levhalar ve bitiriş kaplamaları projenin tasarım kararlarına bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. Cephede yüzey oluşumunu sağlayan levha türleri balon çerçevede kullanılanlarla aynıdır.

### Örnek uygulama

New Genesis Apartments betonarme podyum kat üzerine 7 katlı hafif ahşap platform çerçeve taşıyıcı sistem ile inşa edilmiştir (Tablo 5). Yapının cephesinde de taşıyıcı sistem ile bütünleşik halde çalışan dikmeli hafif ahşap platform çerçeve bulunur.

Tablo 5. New Genesis Apartments özellikleri (reThinkWood, 2012 ve URL 6 temel alınarak oluşturulmuştur)

<b>YAPI ÖZELLİKLERİ</b>	<b>İsmi</b>	New Genesis Apartments	
	<b>Tarih/ Yer</b>	2012- Los Angeles	
	<b>İşlevi</b>	Sosyal Konut	
	<b>Mimar</b>	Killefer Flammang Arch.	
	<b>Yapı Sistemi</b>	Betonarme podyum üzeri ahşap platform çerçeve sistem	
	<b>Malzeme</b>	Betonarme zemin kat, ahşap dikme çerçeve normal katlar	
<b>CEP</b>	<b>Taşıyıcılık</b>	Taşıyıcı	
	<b>Yapım Yöntemi</b>	Dikmeli kirişli hafif platform çerçeve sistem	
	<b>Bitiriş elemanları</b>	Kompozit panel, trapez kaplama, taş kaplama	

Cephe sistemi taşıyıcı sistemle birlikte inşa edilmiştir. Alt başlık ve üst başlığa oturan dikmeler tek katlı cephe çerçevesini oluşturur. Katlar arası cephe çerçeveleri, ahşap döşemeler ve ahşap destek kirişleri ile ayrılır (Şekil 9). Pencere boşluklarının teşkili için boşluğu çevreleyen yatay kayıtlardan alt başlığa ve üst başlığa uzanan daha kısa dikmeler kullanılmış ve pencerenin oturacağı çerçeve rijit bir şekilde oluşturulmuştur. Yapının tasarım kararlarına bağlı olarak cephede farklı kaplama elemanları kullanılmıştır. Hibrit cephe sistemi; kompozit paneller, trapez sac kaplama, taş kaplama, panel üzeri boya gibi farklı malzemeler içermektedir.

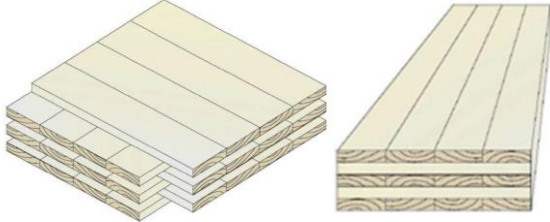


Şekil 9. New Genesis Apartments platform çerçeve sistemi (reThinkWood, 2012).



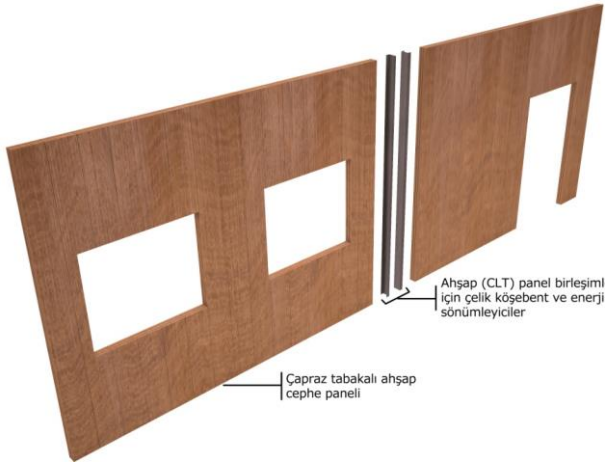
### 3.2. Endüstriyel Panelli Sistemde Cephe Kuruluşu

Yüksek performans isteyen çok katlı binalar için CLT gibi mekanik özellikleri iyileştirilmiş endüstriyel panel elemanlar kullanılmaktadır (Şekil 10). Binanın cephesinin bir parçası olarak dış duvarları inşa etmek için endüstriyel ahşap elemanlar kullanıldığında, tasarım geleneksel ahşap çerçeve sisteme kıyasla farklı hususlar gerektirir (Wang, 2017).



Şekil 10. CLT paneller (Karacabeyli & Douglas, 2013).

CLT paneller masif ahşap elemanlar kullanılarak üretilmektedir. Bu nedenle belirli düzeyde ısı yalıtımı sağlanmaktadır. Her ne kadar CLT paneller, yüksek hassasiyetle üretilen bir panel ürünü olarak doğal bir hava sızdırmazlığına sahip olsa da ek bir hava bariyeri tavsiye edilir ve panel bağlantılarının ve ara birimlerinin yanı sıra pencere ve kapılar gibi bileşenler ile bağlantı noktalarının hava sızdırmaz olması önemlidir (Şekil 11). CLT paneller, yüksek nem depolama kapasitesine sahiptir. Yapım sürecinde aşırı ıslanmaya maruz kalırsa, büyük miktarda nem emebilir ve bu da yavaş kurumasına neden olabilir (Karacabeyli & Douglas, 2013).



Şekil 11. CLT panel ile oluşturulmuş şematik cephe gösterimi

Cephede sadece ahşap paneller kullanılacaksa, panellerin üretildikleri ebatlarda yapıya montajı sağlanmaktadır (Şekil 12).

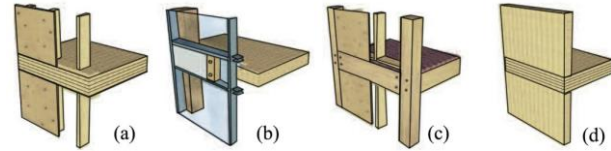
Yüksek binalarda cephe sistemlerini oluştururken üretim hızı ve dayanım, dikkat edilmesi gereken iki önemli husustur. Yüksek katlı binalar az katlı binalara göre inşaat süreci açısından daha fazla zaman gerektirir. Uzayan bu yapım süreçlerinin etkilerini en aza indirmek amacıyla; ahşap yapıyı korumak için mümkün olduğunca kısa sürede kaldırma ve montaj yapılması gerekir. Bunun için en etkili yöntem tesis dışı (off-site) yapım yöntemidir. Yağışlı

havalarda montaj yapılmaması ahşap elemanlarda nem nüfuzunu kontrol etmenin bir yoludur. Diğer ahşap cephelerde olduğu gibi endüstriyel ahşap cephelerde de elemanların ısı verimli, yanmaz ve sağlam olmalarına dikkat edilmelidir. Yüksek katlı binalarda etkili olan yanal rüzgâr yüküne karşı cephe sisteminin performansı önemlidir.



Şekil 12. CLT paneller ile oluşturulmuş bir cephe (Finch, 2018)

Cepheyi oluşturan dış duvarların yük taşıyıcı panel veya dolgu duvarı olarak seçilmesini kullanılabilir özel tasarım ve malzemeler belirlemektedir. Yük taşıyıcı duvar tasarımlarında düşey ve yatay yükleri aktaracak şekilde tasarlanmış CLT panellerin kullanımı daha yaygındır. Dış duvarları sadece rüzgâr yüklerine maruz kalan (çoğu betonarme ve çelik yüksek katlı binalarda olduğu gibi) yük taşımayan dolgu sistemlerde ise, çeşitli endüstriyel ahşap panellerden yalıtımlı dış duvar seçenekleri mevcuttur (Finch, 2016) (Şekil 13).



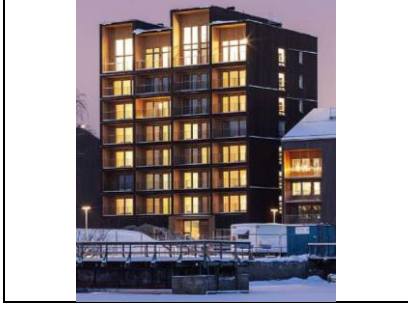
Şekil 13. Yüksek binalarda farklı cephe sistemleri; (a) Platform sistem ve dikmelere tespit edilen paneller, (b) Endüstriyel ahşap dikme-kiriş sistemi önünde giydirme cephe, (c) Endüstriyel ahşap dikme-kiriş ve dikme destekli paneller, (d) CLT dış duvar sistemi (taşıyıcı) (Finch, 2016).

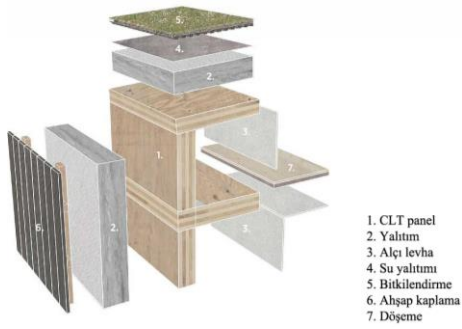
### Örnek uygulama

Binanın tüm elemanları, duvarları, döşemeleri ve balkonları, ayrıca asansör ve merdiven boşluğu şaftlarını içeren kısımlar çapraz tabakalı ahşaptan (CLT) oluşur (Tablo 6). Vidalı mekanik bağlantılar kullanılmıştır, bu da binada kullanılan malzemelerin geri dönüştürülebilmesi için demonte edilebileceği anlamına gelmektedir. Ahşap panel elemanlar istenen boyutlarda boşluklu ve boşluksuz olarak fabrikada üretilmiş ve sahada montajı sağlanmıştır (URL 4).

Cephe sistemi taşıyıcı özellikteki CLT panellerin yine CLT döşeme panelleri üzerine oturtulması ile 9 katlı olarak oluşturulmuştur. Panellerin üzerine ısı yalıtımı uygulanmış ve son olarak ahşap kaplama ile bitiş sağlanmıştır (Şekil 14).

**Tablo 6.** Kajstaden’de yüksek ahşap bina özellikleri (URL 4 temel alınarak oluşturulmuştur).

YAPI ÖZELLİKLERİ	İsmi	Kajstaden’de yüksek ahşap bina	
	Tarih/ Yer	2019- İsveç	
	İşlevi	Konut	
	Mimar	C. F. Møller Arch.	
	Yapı Sistemi	Endüstriyel ahşap panelli sist.	
	Malzeme	CLT panelli döşeme ve duvar	
CEP	Taşıyıcılık	Taşıyıcı	
	Yapım Yöntemi	CLT panel ve döşeme elemanlarının teşkili ile	
	Bitiriş elemanları	Masif ahşap cephe kaplaması	

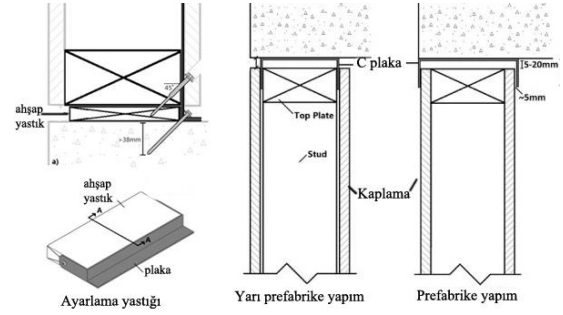
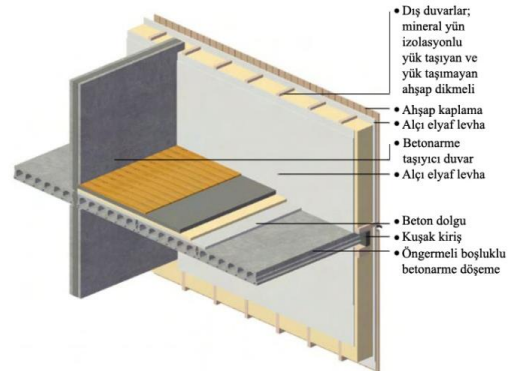
**Şekil 14.** Kajstaden’de yüksek ahşap bina cephesi (URL 4).

### 3.3.Ahşap Dikme-Panelli Dolgu Duvarlı (wood infill walls) Sistemde Cephe Kuruluşu

Hafif bir ahşap çerçeve sistemi, yüksek bir binanın yapısal gereksinimlerini verimli bir şekilde karşılayamadığında, çelik veya betonarme iskelet taşıyıcı sistemli bir bina bu ihtiyaçları, hafif çerçevesi ve yük taşımayan ahşap bir dolgu cephe sistemi ile karşılayabilir (Wang, 2017).


Ahşap esaslı dolgu duvarları, Kuzey Avrupa'daki orta ve yüksek katlı betonarme veya çelik binalarda uzun süredir kullanılmaktadır (Eriksson, 2003). Böyle bir duvar sistemi, gelişmiş ısı yalıtımı sayesinde ısı köprüsü oluşumunu azaltması ve hafifliği nedeniyle geleneksel olarak kullanılan kagir örme dolgu duvarlarına göre avantajlar sağlamaktadır. Genellikle daha ince bir duvar ile enerji verimliliği gereksinimlerini karşılamayı kolaylaştırmakta ve daha uygun maliyetli hale getirmektedir. Dolgu niteliğindeki dış duvarlar için ısı yalıtımlı kompozit paneller gibi ahşap esaslı endüstriyel bileşenlerin kullanımı mümkündür.

Bu tür dolgu duvarlı uygulamalarda, su nüfuzunu önlemek, ısı köprüsü oluşumunu en aza indirmek ve hava sızdırmazlığını sağlamak için yapısal elemanlar ile dolgu duvarları arasındaki ara yüzlere dikkat edilmelidir (Wang, 2017) (Şekil 15). Betonarme podyum taşıyıcı sistem ve ahşap cephe sistemini birlikte kullanan hibrit yapılara örnek olarak, Arthur Schankula tarafından Bad Aibling’de uygulanan bir konut projesi, podyum taşıyıcı sistemde ahşap dolgu duvar teşkiliyle üretilmiştir (Şekil 16,17).

**Şekil 15.** Betonarme podyum ile ahşap esaslı dolgu duvarı arasındaki bağlantı detayları (Blaylock, 2012).**Şekil 16.** Bad Aibling’de betonarme – ahşap hibrit bina cephesi (Deutschland, tarih yok)**Şekil 17.** Bad Aibling’de betonarme – ahşap hibrit bina cephesi (Deutschland, tarih yok’dan uyarlanarak düzenlenmiştir)

## Örnek uygulama

**Tablo 7.** Aktiv-Stadthaus binası özellikleri (Deutschland, tarih yok temel alınarak oluşturulmuştur).

YAPI ÖZELLİKLERİ	İsmi	Aktiv-Stadthaus	
	Tarih/ Yer	2015- Frankfurt	
	İşlevi	Konut	
	Mimar	Manfred Hegger/ HHS Arch.	
	Yapı Sistemi	Betonarme tünel kalıp sistem	
	Malzeme	Betonarme döşeme ve perde duvar, yalıtımlı ahşap cephe paneli	
CEPHE	Taşıyıcılık	Taşıyıcı değil	
	Yapım Yöntemi	Döşeme sistemine yarı bindirmeli olarak uygulanan paneller	
	Bitiriş elemanları	Fabrikada yalıtım, pencere, kaplama elemanlarının montajı tamamlanan hazır panellerin cepheye kurulumu	

Frankfurt'ta yer alan "Aktiv-Stadthaus" betonarme sisteme asılan ön yapımlı ahşap cephe bileşenlerinden oluşur (Tablo 7). Cephe panelleri fabrikada, betonarme ile bağlantı noktaları ve pencere, yalıtım, cephe kaplaması gibi detayları hazır olacak şekilde üretilmiş ve yerinde montajı sağlanmıştır. Isı yalıtımlı cephe panelleri ahşap çerçeveli sistem ile oluşturulmuş ve yarı bindirmeli olarak taşıyıcı sisteme montajı sağlanmıştır (Deutschland, tarih yok) (Şekil 18).



**Şekil 18.** Frankfurt'ta pilot proje olarak "Aktiv-Stadthaus" cephesi (Deutschland, tarih yok)

### 3.4. Kompozit Isı Yalıtımlı Ahşap Panelli Sistemde Cephe Kuruluşu

Kompozit ısı yalıtımlı ahşap panel (SIP- Structural Insulated Panel) tipik olarak, iki tabakalı yönlendirilmiş yonga levhadan (OSB) ve aralarında genişletilmiş polistiren sert köpük (EPS) tabakasından oluşur. Diğer SIP konfigürasyonları, iki OSB kaplaması arasındaki boşluğu doldurmak için poliüretan veya poliizosiyanürat yerinde köpük teknolojisini kullanır. Yapısal kaplamalar için kontrplak ve beton kaplama da kullanılmaktadır. SIP boyutu, 1,2 m x 2,4 m ile 2,4 m x 7,3 m arasında değişen yapısal kaplamaların boyutuyla sınırlıdır (Mullens & Arif, 2006). Bileşen seviyesinde, SIP'ler, ahşap veya çelik

çerçeve sistemde enerji verimli bir duvar inşa etmek için kullanılabilir. Bununla birlikte, duvar/çatı sistemi oluşturmak için kullanıldığında, SIP'ler enerji açısından verimli bir bina kabuğu oluşturabilmektedir (Şekil 19).



**Şekil 19.** Kompozit ısı yalıtımlı panelli sistem birleşimi (URL 5).

Tüm duvar sisteminin ısıl performansı düşünüldüğünde, SIP'ler geleneksel ahşap çerçeve sistemlerinden daha iyi performans göstermektedir, çünkü bunlar büyük, kesintisiz şekilde yalıtılmış, hava geçirmez bileşenlerdir (Mullens & Arif, 2006). Kompozit ısı yalıtımlı ahşap paneller, içindeki yalıtım malzemesinden dolayı belirli düzeyde ısıl performans gösterse de, gerektiği durumlarda panel yüzeyine ek ısı yalıtım malzemesi uygulanması da mümkündür.

## Örnek uygulama

**Tablo 8.** De Meubelfabriek binası özellikleri (URL 6 temel alınarak oluşturulmuştur)

YAPI ÖZELLİKLERİ	İsmi	De Meubelfabriek
	Tarih/ Yer	2019- Hollanda
	İşlevi	Ticari
	Mimar	-
	Yapı Sistemi	Çelik çerçeve ve ısı yalıtımlı kompozit panel
	Malzeme	Ahşap yonga levha, izolasyon
CEPHE	Taşıyıcılık	Taşıyıcı değil
	Yapım Yöntemi	Isı yalıtımlı kompozit panel sistem (SIP)
	Bitiriş elemanları	Sıva ve boya



Bina, çelik iskelet sisteme tespit edilmiş kompozit ısı yalıtımlı ahşap panellerden oluşmaktadır (Tablo 8). Panellerin her biri fabrikada ısı yalıtımlı olarak üretilmiştir. Cephe boşlukları oluşturulurken parça çıkarma yerine parçalı birleşim tekniği ile kompozit paneller uygulanmıştır (URL 6) (Şekil 20).



Şekil 20. De Meubelfabriek cephesi (URL 6).

### 3.5. Endüstriyel Ahşap Dikme (post) – Kiriş (beam) Sisteminde Cephe Kuruluşu

Yüksek katlı binalarda, yapısal yüklerin fazla olması sebebiyle küçük boyutlu ahşap elemanlar ile oluşturulan çerçeveler yerine özellikle GLT/glulam (tutkallı tabakalı ahşap) elemanlar kullanılmaktadır (Wang, 2017). Yapının taşıyıcı sistemini oluşturan glulam dikme-kiriş sistemleri, betonarme kolon – kiriş düzenine benzer bir yapıda inşa edilirler. Mekanik olarak hafif ahşap çerçevelerden daha

güçlü özelliklere sahip bu endüstriyel dikme ve kirişler, tek parça masif ahşaba kıyasla yapı sistemi içerisinde daha az kesit boyutları ile daha yüksek performans gösterirler.

Yüksek binaların cephelerini oluşturulurken, endüstriyel ahşap elemanların büyük parçalar olarak ön üretimi ve taşıma kapasitesi için prefabrike yapım tekniklerinden faydalanılır. Taşıyıcı sistem, endüstriyel dikmeler ve kirişli/kirişsiz taşıyıcı döşeme panelleri ile oluşturulduktan sonra, cephede hibrit bir tasarım uygulanacaksa, ahşap bileşenler ön üretim ile tamamen bitmiş halde şantiyeye nakledilerek yapıya tespit edilebilmektedir (Şekil 21).



Şekil 21. Cephe panellerinin bina taşıyıcı sistemi tamamlandıktan sonra yerleştirilmesi (Finch, 2018).

### Örnek uygulama

‘Timber, Technology, Transit’ (ahşap, teknoloji, aktarma) anlamına gelen T3 zemin ve 6 kattan oluşmaktadır (Tablo 9). Dikmelerde, kirişlerde ve döşemelerde 3,600 m<sup>3</sup> endüstriyel ahşap malzeme kullanılmıştır. Malzeme olarak glulam, kurtağzı geçmeli tabakalı ahşap ve NLT kullanılmıştır (URL 5).

Endüstriyel ahşap sistemli bina cephelerine örnek olarak T3 binasının cephesinde tasarım kararlarına bağlı olarak her bir eleman veya bileşen parçalı bir şekilde yapının taşıyıcı sistemine uygulanmıştır.

**Tablo 9.** T3 binası özellikleri (URL 5 temel alınarak oluşturulmuştur).

YAPI ÖZELLİKLERİ	İsmi	T3	
	Tarih/ Yer	2016- Minneapolis	
	İşlevi	Ofis	
	Mimar	DLR Gr./ Michael Green Arch.	
	Yapı Sistemi	Ağır ahşap dikme kirişli sistem	
	Malzeme	Glulam, kurtağzı geçmeli ahşap NLT elemanlar	
CEPHE	Taşıyıcılık	Taşıyıcı değil	
	Yapım Yöntemi	Taşıyıcı sistem elemanlarına monte edilen kaplama altı paneli	
	Bitiriş elemanları	Yalıtım elemanı içeren parçalı panel bileşenler, ahşap kaplama elemanları ve döşemeye tam bindirmeli pencere bileşeni	

Cephe sisteminde, parçalı panel elemanlar, pencere bileşeni ve cephe kaplaması ile taşıyıcı sistem arasında yerleştirilen ahşap levhalar yer almaktadır. Pencere bileşeni döşemelere bindirmeli olarak taşıyıcı sisteme monte edilmiştir. Yapının düşey etkisini vurgulayan kurtağzı geçmeli ahşap kaplama elemanları, taşıyıcı ahşap dikmelere monte edilir. Pencerelerin arasında, kiriş hizalarındaki kısımlarda ise yalıtım malzemesi içeren ahşap panel bileşenler kullanılmıştır (URL 5) (Şekil 22).

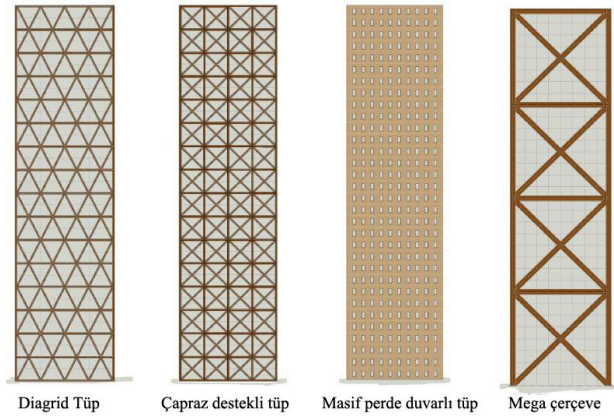
**Şekil 22.** T3 Binası ahşap cephe katmanları (URL 5).

### 3.6. Tübüler Ahşap Sistemde Cephe Kuruluşu

Tübüler yapı sistemi, ana taşıyıcı sistemin binanın dış çeperinde farklı biçimlerde tüp benzeri bir yapı oluşturulmasıyla yapının taşınması prensibine dayanır. Bu sistem, yüksek yapılarda öncelikle betonarme ile

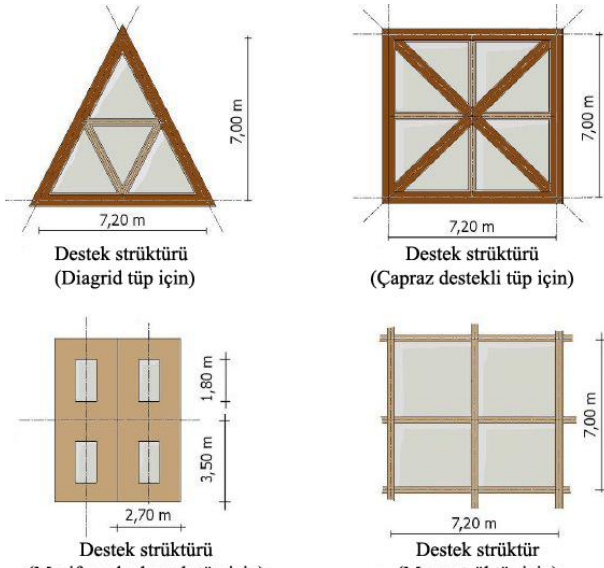
uygulanmış, sonraları daha geniş cephe açıklıklarına imkân tanıdığı için çelik malzeme ile uygulamaya geçilmiştir.

Tübüler sistemin ahşap bileşenler ile uygulanmasına yönelik araştırmalar yapılmaya devam etmektedir. Bununla ilgili yapılan çalışmalarda dört farklı ahşap tübüler sistem önerilmiştir. Bunlar: Diagrid sistem, çapraz destekli çerçeve sistem, masif perde duvarlı tüp ve mega çerçevedir (Timmer, 2011) (Şekil 23).

**Şekil 23.** Yüksek katlı tübüler yapı sistemleri (Timmer, 2011).

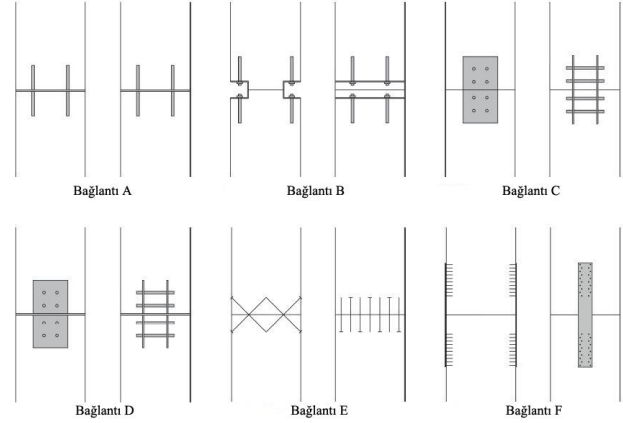
Tüm seçenekler için yatay ızgara, kat planının modüler bir izine, düşey ızgara ise kat yüksekliği aralığına denk gelmektedir. Çerçevelerin aks aralıklarının fazla olması bağlantı ve eklem sayısını azaltmaktadır. Ekonomik olarak büyük elemanların seçilmesi faydalıdır, çünkü daha az vinç operasyonu ve işçi kullanımı gerektirir. Fakat yapısal elemanların boyutları büyüdükçe burkulma etkisi de artacaktır (Timmer, 2011).

Diagrid ve çapraz destekli sistemler için, çerçeve 7,20 m aralıklı yatay bir ızgara ve 7,00 m aralıklı düşey bir ızgaradan oluşur. Diagrid geometrisi için bu, yarı-ikizkenar üçgenlerle tanımlanır. Ahşap çizgisel elemanların kesitleri hem birinci hem de ikinci seçenek için ortalama 500 mm'dir. Masif perde duvarlı sistemde panel elemanlar temel olarak 2,70 m genişliğinde ve 7,00 m yüksekliğinde olup pencere açıklıkları ile imal edilirler. Maksimum boyutlar için belirleyici kriter, rüzgâr koşulları altında montajın sağlıklı şekilde yapılabilmesidir. Başka bir tübüler sistem olan mega çerçeve temel olarak yanal yükleri iyi düzeyde karşılayan ekonomik bir çözümdür. Mega çerçeve için kesitler düşey elemanlar için 1000 mm ile 1350 mm ve destek elemanları için 650 mm ile 750 mm arasında değişmektedir. Yapı yüksekliği arttıkça destek elemanları mega kirişlere dönüşür. Bu dört alternatif en temel tübüler sistemleri teşkil etmektedir ve seçenekler; ahşap çizgisel eleman geometrisi, çerçeve boyutları, duvar-pencere oranı, ahşap bileşen cinsi ve birleşim türüne göre çoğaltılabilir. Bu çerçeveler daha küçük kesitli elemanlar ile desteklenir (Şekil 24). Bu sistemle tasarlanan cephelerde maksimum pencere boşluğu oranı diagrid çerçeve için %63, köşegen destekli çerçeve için %58, masif perde duvarlı sistem için %17 ve mega çerçeve için %83'tür (Timmer, 2011).



Şekil 24. Tübüler sistem çerçeve destekleri (Timmer, 2011).

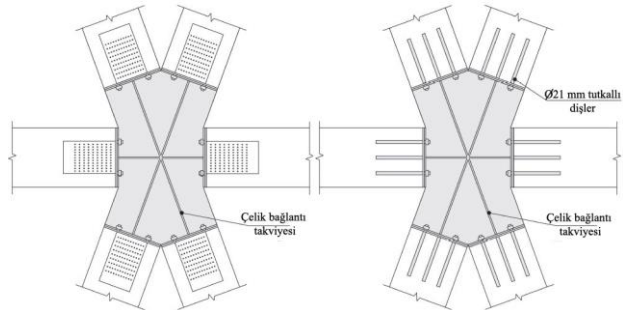
Ahşap cephe elemanları arasındaki bağlantılar, basınç ve çekme kuvvetlerini aktarmak için kullanılmaktadır. Bu cephe sisteminde ahşap çizgisel elemanların bağlantı noktaları için farklı tiplerde, iç ve dış takviyeli olarak çelik bağlantı elemanları kullanılmaktadır. Çizgisel elemanlar için yaygın olarak kullanılan farklı bağlantı tipleri Şekil 25'te verilmiştir (Rhijn, 2020).



Şekil 25. Eleman bağlantıları: (a) çekme kuvvetlerini alan dişli çubuk ve basınç kuvvetlerini alan çelik plaka; (b) çelik profile tespitli dişli çubuklar; (c) çelik plakalı birleşim; (d) iki çelik plakanın ucuna ek bir çelik uç plakası; (e) 45 derecelik açı ile 30cm.lik vidalar; (f) delikli plakalar ve çiviler (Rhijn, 2020).

Diyagonal tüplü cephe sistemlerinde elemanların orijin noktasındaki bağlantılarında, çelik plakalar ve çubuklar ahşap elemana önceden uygulanabilir. Bu çubuklara bir çelik plaka tutturulur, burada çelik bir bağlantı parçası tüm elemanları bağlamak için cıvatalar kullanılarak takılabilir. Çaprazlar, tutkallı dişli çubuklar kullanılarak da bağlanabilir (Rhijn, 2020) (Şekil 26).


Pencere boşlukları ile üretilmiş olan panel elemanların boyutları doğal olarak tüm cephe boyutundan küçük olacağı için panellerin de birleştirilmesi gereklidir. Bu durumda paneller kendinden kılavuzlu vidalar, çelik plakalar ve çubuklar yardımıyla şaşırtmalı bir biçimde birbirlerine tespit edilir (Rhijn, 2020).



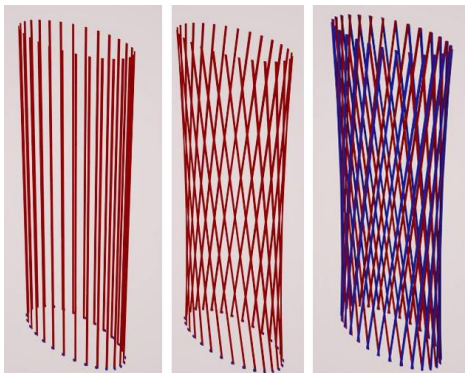
Şekil 26. Diyagonal sistemlerde mesnet bağlantıları (Rhijn, 2020).

## Örnek uygulama

Tablo 10. Oakwood Timber Tower 2 yapı özellikleri (URL 7 temel alınarak oluşturulmuştur).

YAPI ÖZELLİKLERİ	İsmi	Oakwood Timber Tower 2	
	Tarih/ Yer	Fizibilite aşaması- Hollanda	
	İşlevi	Karma kullanım	
	Mimar	PLP Arch.	
	Yapı Sistemi	Diyagrid tübüler sistem	
	Malzeme	Glulam	
CEPHE	Taşıyıcılık	Taşıyıcı	
	Yapım Yöntemi	4 katta bir mesnetli diyagrid glulam tübüler sistem	
	Bitiriş elemanları	Çapraz taşıyıcı sistem altına cam cephe giydirme	

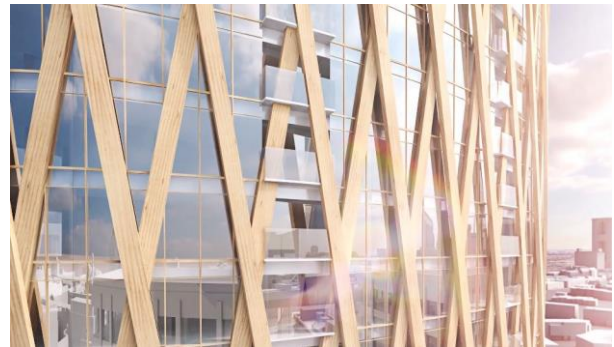
130 m yüksekliğinde planlanan Oakwood Timber Tower 2 binasının taşıyıcı sistemi aynı zamanda cephe sistemini de oluşturmaktadır (Tablo 10). Cephe sistemi, zeminde 3,6 m aralıklarla yerleştirilen ve yapı yüksekliğince uzanan 2'li glulam elemanların uzun eksenleri boyunca farklı iki yönde bükülerek hiperboloid bir form oluşturmasıyla meydana gelir (URL 7) (Şekil 27).



Şekil 27. Oakwood Timber Tower 2 sistem kuruluşu (URL 7).

Proje kapsamında, glulam ahşap elemanların 4 katta bir birbirlerine bağlanması ve cepheyi tüp gibi saran bu sistemin binanın bütün yüklerini emniyetle temele aktarması planlanmıştır. Binada cam giydirmeye cephe

tasarlanmıştır (Şekil 28). Proje henüz fizibilite aşamasında olup henüz inşa edilmemiştir.



Şekil 28. Oakwood Timber Tower 2 cephesi (URL 7).

### 3.7.Serbest Formlu Ahşap Sistemde Cephe Kuruluşu

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte ahşap elemanların üretim teknikleri, birleşim teknikleri, bağlantı detayları; bilgisayar destekli modelleme programları ile daha özgür formların sayısız varyasyonda üretilmesi; CNC gibi kesim teknikleri ile ahşabı istenen formlara dönüştürmek mümkün olmuştur. Ahşap malzemenin kolay işlenebilirliği, çok farklı fiziksel ve mekanik özellikte türünün bulunması ve içerdiği liflerin eğilmeye imkân

sağlaması, parametrik cepheler için uygun bir malzeme olmasına sebep olmuştur. Dijital olarak tasarlanan ahşap yapılarda; bükme, dokuma, katlama ve diğer mimari ifadeler etkileşimli tasarım imkânı oluşturmaktadır. Dokuma, tekstil teknolojilerinin prensipleri ile ahşap konstrüksiyon olanaklarının bütünleşmesi ile uygulanır. Bükme, ahşabın lifli elastik yapısı sayesinde eğrisel cepheler oluşturmayı sağlar. Ahşap elemanlar katlanarak bir cephe oluşturulduğunda katlanmış kısımlar daha mukavim ve yük aktaran bir yapıya dönüşür. Bu da hem cephe estetiğini hem de dayanımını etkiler (Golanski, 2018).

Malzemenin esnekliği, kavisli yüzeylerin belirli bir düzeye kadar soğuk bükümüne izin verir. İnce ahşap katmanları, yüksek hassasiyetle ölçülerek yapılmış kavisli tutkallı tabakalı kirişler oluşturmak için birleştirilebilir. Bilgisayar kontrollü imalat (CNC) ile dijital teknoloji, ahşap konstrüksiyonları yeniden tanımlamaktadır (Golanski, 2018).

Geniş açıklıklar için serbest formlu cepheler üretilirken, sistemde taşıyıcı olarak kavisli ve düz formdaki glulam elemanların kombinasyonları kullanılır. Kabuk aynı zamanda yapının taşıyıcı sistemidir. Kapalı mekânlar yaratılmak istendiğinde serbest formlu yapıya kaplama sistemleri uygulanır. Yarı açık mekânların kurgusunda


cephe sistemi aynı zamanda taşıyıcı olarak görev yapan bir çatı sistemine benzer niteliktedir. Tasarım alternatiflerini kullanarak farklı tipte cepheler elde etmek mümkündür. Bunlardan bazıları; dokuma biçimli serbest formlu cephe, eğrisel formlar için bükülmüş destekli cephe, ızgara kabuklu serbest formlu cephe (Şekil 29).



Şekil 29. Downland Gridshell binası; ızgara kabuklu serbest formlu sistem (URL 8); sağ üst (URL 9).

## Örnek uygulama

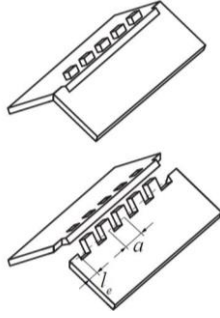
**Tablo 11.** Vidy Tiyatrosu Pavyonu özellikleri ( (Nguyen, 2020) ve (URL 10) temel alınarak oluşturulmuştur) .

<b>YAPI ÖZELLİKLERİ</b>	<b>İsmi</b>	Vidy Tiyatrosu Pavyonu	
	<b>Tarih/ Yer</b>	2017- İsviçre	
	<b>İşlevi</b>	Kültür yapısı	
	<b>Mimar</b>	Atelier Cube, Yves Weinand Architectes sàrl	
	<b>Yapı Sistemi</b>	Serbest biçimli (freeform) ahşap taşıyıcı sistem	
	<b>Malzeme</b>	CLT, Selüloz dolgu yalıtım	
<b>CEPHE</b>	<b>Taşıyıcılık</b>	Taşıyıcı	
	<b>Yapım Yöntemi</b>	Kırlangıç kuyruğu tekniği ile tutkal kullanılmadan 304 CLT panelin birleşerek oluşturduğu çift cidarlı katlanmış formlu sistem	
	<b>Bitiriş elemanları</b>	Ahşap cephe kaplaması	

Mekanik veya tutkallı birleşim olmaksızın ahşap parçaların katlanarak birleşimini mümkün kılacak bazı araştırmalar neticesinde prototipler yapılmıştır (Şekil 30). Bu sistemin bina ölçeğindeki ilk uygulaması ise Vidy tiyatrosunun pavyonu olmuştur. Yapının cephe ve çatı sistemi çift katmanlı ahşap katlanmış CLT panellerden

oluşmakta ve aynı zamanda yapının taşıyıcı sistemini de oluşturmaktadır (Nguyen, 2020) (Şekil 31).





Şekil 30. Geçmeli teknikle birleştirilen ahşap paneller (Nguyen, 2020)



Şekil 31. Vidy Tiyatrosu Pavyonu yapım aşaması (URL 10).

16-20 m açıklığındaki yapı 45 mm kalınlığındaki 304 CLT panelin tutkalsız, geçmeli teknikle birleşmesinden oluşmaktadır (Nguyen, 2020). Tüm cephe boyunca çift katman olarak teşkil edilen tabakaların arasında 210 mm kalınlığında geri dönüştürülmüş kağıtlardan elde edilmiş selüloz yalıtım malzemesi bulunmaktadır (URL 10). Bir dizi test sonucu en verimli birleşimlerin kullanıldığı sistem, dijital programların sağladığı konfigürasyon olanağı ile nihai sonuca ulaşmıştır (Şekil 32).



Şekil 32. Vidy Tiyatrosu Pavyonu iç katman (URL 10).

### 3.8.Ahşap Binalarda Cephe Kuruluşunun Değerlendirilmesi

Günümüzde inşa edilmekte olan çağdaş binalarda ahşap ürünlerin kullanıldığı cephe sistem kuruluşlarının geliştirilen sınıflandırma bağlamında açıklanmasından sonra, bu bölümde sistemlerin değerlendirilmesi için yararlanılan ilgili parametreler açıklanmış, takiben oluşturulmuş olan değerlendirme tablosu ile sistemlerin parametreler bağlamında karakteristik özellikleri özetlenmiştir.

#### 3.8.1.Taşıyıcı sistem – cephe ilişkisi

Ahşap malzemenin ön üretime ve kuru birleşime olanak tanımasından dolayı yapılarda bileşenler birbirinden bağımsız olarak inşa edilebilmektedir. Taşıyıcı sistem-cephe ilişkisinde; cephe taşıyıcı sistemin bir parçası olabilir veya taşıyıcı sistemden bağımsız olarak ondan sonra uygulanabilir. Örneğin; dolgu panelli sistemlerde cephe taşıyıcı sistemden bağımsız olarak sonradan uygulanırken, platform çerçeve sistemde ve CLT panelli yük aktaran sistemde cephe ile taşıyıcı sistem bütünlüklü haldedir. Taşıyıcı sistemden bağımsız olduğu durumlarda cephe elemanları sonradan çeşitli tespit bileşenleri ile strüktüre tespit edilirken, strüktürün bir parçası olan cephe sistemlerinin yapımında eş zamanlılık söz konusudur.

Ahşap cephe sistemlerinin taşıyıcı olması durumunda göstermesi gereken mekanik performansın yanı sıra, taşıyıcı olmadığı durumlarda da düşeyde kendi ağırlığını ve yatayda ise üzerine gelen rüzgâr yüklerini karşılayabilecek nitelikte olması gereklidir.

#### 3.8.2. Cephe elemanının yapısal sistemi

Ahşap cephelerde yer alan bileşenlerin yapısal özellikleri, bir araya gelme biçimleri, eleman olarak davranışın cepheye etkisi, kompozitlik durumu gibi parametreler cephe sisteminde kullanılacak malzemeyi, ebatlarını, bitiriş elemanına olan gereksinimi ve bağlantı detaylarını etkilemektedir. Örneğin; ısı yalıtımlı kompozit panelli sistemlerde panel haricinde genellikle ek ısı yalıtım malzemesi kullanılmasına gerek yoktur (kompozit nitelik kullanılacak malzemeyi etkilemiştir). Dikmeli çerçeve sistemlerde çizgisel elemanda eğilme etkisine ve yatay kuvvetlere karşı çapraz destekler gerekebilmektedir (yapısal özellikleri kullanılacak malzemeyi etkilemiştir). Serbest formlu kabuklar kapsamında boşluklu yapıdaki bir sistemde iç mekânı dış ortamdan ayıracak olan eleman bitiriş/örtü malzemesi iken, CLT panelde cephe sistemi ayrıca bitiriş elemanı kullanılmasa da dış ortamdan iç ortamı ayırmaktadır (sistem türleri bitiriş elemanına gereksinimi etkilemiştir). Cephenin sistem içindeki kuruluşu, yapısını belirleyen bileşenleri, kullanılacak malzemeleri ve bir araya gelişlerini etkilemektedir.

#### 3.8.3. Cephede boşluk açma

Yapıda kullanılmak üzere üretilen düzlemsel ve çizgisel elemanlar, ahşabın özelliklerinden faydalanılarak istenen form ve boyutlarda endüstriyel ürünlere dönüştürülmektedir. Bu durum da cephede boşluk açma, doku yaratma gibi biçimsel değişimlere olanak tanımaktadır.

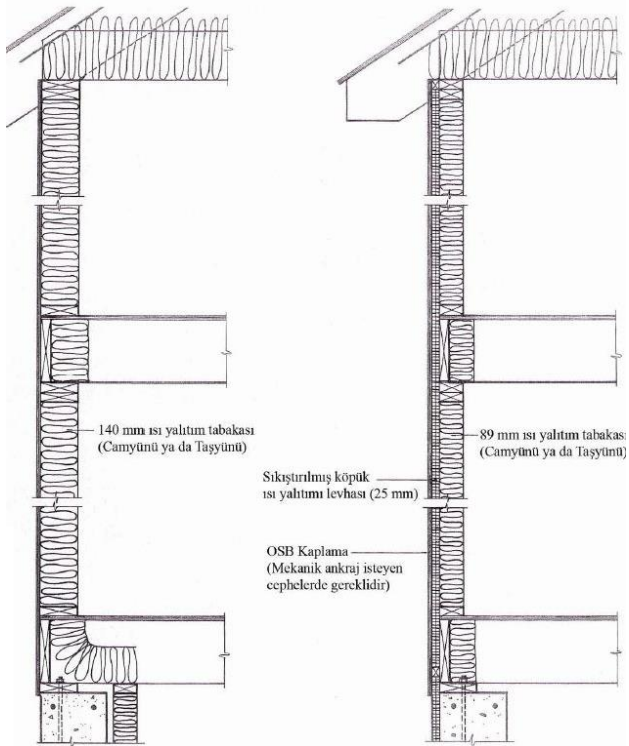
Ahşap sistemli cephelerde açılacak boşluğun ebatları ve formu, içinde yer aldığı cephe sisteminin yapısında birtakım değişikliklere sebep olabilmektedir. Örneğin; platform çerçeve sistemlerde açılacak boşluk genişledikçe boşluklar arası duvarlardaki dikme sıklığının artırılması gerekir. Bir başka durum ise, cephe sisteminin taşıyıcı elemanlardan oluştuğu sistemlerde elemanların cephe boşluklarını yönlendirmesi veya sınırlandırmasıdır. Örneğin; CLT panellerin taşıyıcı olarak cephede kullanıldığı sistemlerde veya tübüler ahşap sistemlerde cephe boşlukları bazı sınırlamalara tabidir.

### 3.8.4. Isı yalıtımı

Ahşap dikmeli sistemler, dikmeler arasındaki boşluğa ısı yalıtım malzemesi yerleştirilmesine olanak tanımaktadır. Sadece dikmeler arası ısı yalıtımı yapılan cephe sistemlerinin yanı sıra ek olarak cephede kaplama altı levhaları üzerine de yalıtım malzemesi uygulanan sistemler bulunmaktadır (Şekil 33).

CLT panelli cephelerde kâğıt malzemeli masif duvarlara uygulanan şekilde yalıtım sistemleri uygulanabilmektedir. Cephe sistemi levha ve ısı yalıtım malzemesi içeren kompozit bir yapı bileşeni olarak sisteme dahil olduğunda, yalıtım gereksinimi fabrikada bileşen üretimi esnasında karşılanmış olur.

Uygulama koşulları dikkate alınarak seçilebilecek ve farklı dayanım ve iletim değerlerine sahip malzemeler (Cam yünü, Extrude polistren, Expanded polistren, Taşyünü, Seramik yünü, Poliüretan gibi) tercih edilebilmektedir. Dikmeli ahşap çerçeveli cephelerde çoğunlukla camyünü veya taşyünü tercih edilmektedir. Püskürtme ile yerinde uygulanan köpük yalıtım malzemesi de kullanılabilir (Yıldırım, 2009).



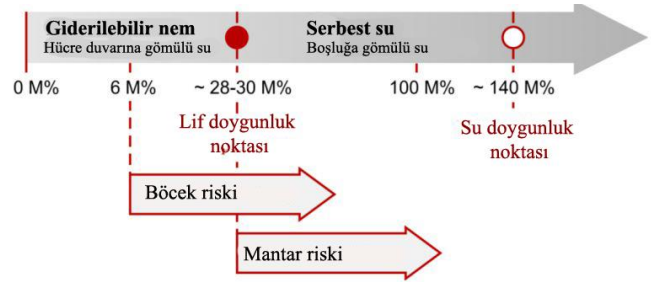
Şekil 33. Isı yalıtım uygulaması (Yıldırım, 2009).

### 3.8.5. Su ve nem yalıtımı

Ahşap sistemli cepheler özellikle yağışlı iklimlerde yüksek bir çürüme ve diğer potansiyel hasar risklerine açıktır. Bu nedenle malzeme ve bileşenler dikkatle seçilerek doğru şekilde uygulanmalıdır. Mümkün olan yerlerde çıkıntılar ve saçaklar gibi tasarım seçeneklerini kullanarak ahşabı iklimsel etkilerden (örn. rüzgârla yağın yağmur, UV) korumak, su etkisinden sakınmak ve dayanımı artırmak

için yararlanılabilecek çözümlerdir. Yağmura veya toprak kaynaklı neme maruz kalmayı azaltmak için cephe elemanları dikkatlice tasarlanmalı, suyun tahliye edilmesine ve ahşabın kontrollü bir şekilde kurumasına izin verilmelidir (Wang, 2017).

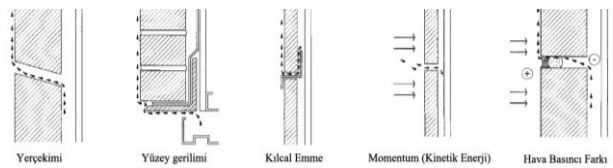
Ahşap esaslı malzemeler için nem önemli bir parametredir ve kontrolü sağlanmadığında hem yapının tüm bölümlerine zarar verecek çatlaklar meydana gelebilmekte (nem alışverişi ile büzülme/şişme esnasında) hem de böcek ve mantar gibi biyolojik saldırılara açık hale gelmektedir. Ahşap, nem içeriği %6'nın üzerinde iken böcek saldırılarına, %28-30'un üzerinde iken mantar saldırılarına açık hale gelmektedir (Şekil 34).



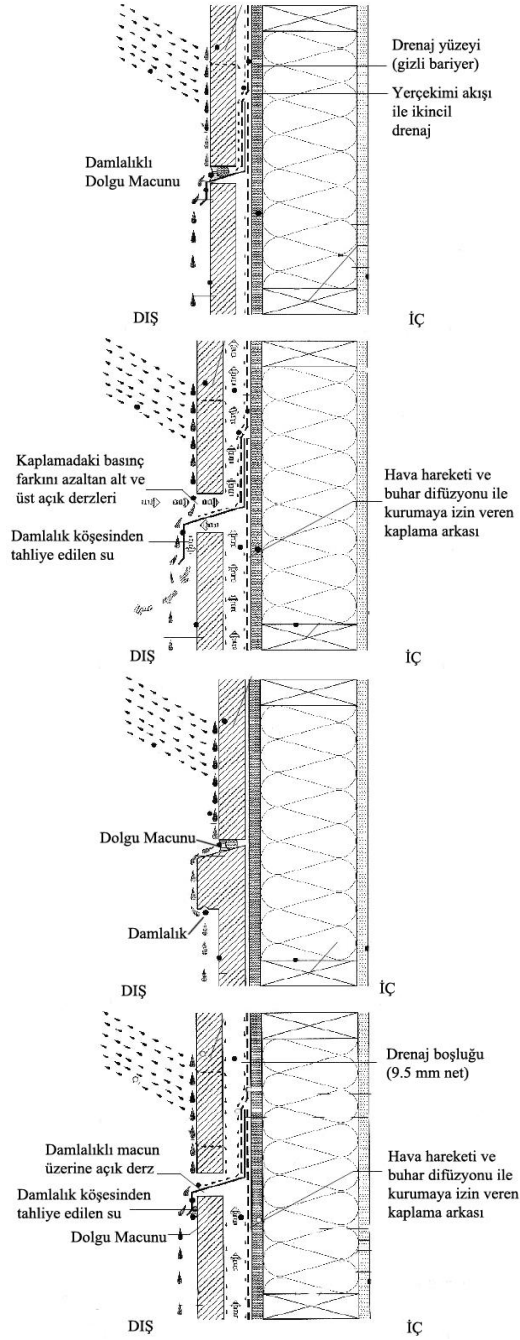
Şekil 34. Mantar/böcek riski ve nem ilişkisi (Franke, Franke, & Harte, 2015).

Binada kullanılmadan önce, ahşap iklim durumuna uygun oranda nem içerene kadar kurutulmalıdır. Kabul edilemeyecek şekilde hasar görmüş parçalar değiştirilirken, ahşabın istenen nem içeriğine kadar kurumasını sağlamak şartıyla montaj sırasında daha yüksek nem içerikleri kabul edilebilir (EN 1995-1-1, Eurocode 5).

Ahşap elemanlarda neme bağlı oluşabilen boyutsal değişim miktarı, nem içeriğinde her %5 oranındaki değişiklik için kesitin %1'i olarak düşünülebilmektedir (CanadaWood, tarih yok). Cephe sisteminde kaplamaların şişme ve büzülmeyle olanak tanıyacak şekilde tolerans payları ile uygulanması gereklidir. Aynı zamanda cephe elemanlarının bağlantı noktalarının suya karşı iyi korunuyor ve suyun sisteme nüfuzunu engelliyor olması önemlidir. Suyun cephe bileşenlerinin birleşim noktalarından içeri sızmasının sebepleri Şekil 35'te gösterilmiştir. Bu etkiler dikkate alınarak suya karşı performansı yüksek, iyi yalıtılmış cephelerin inşası mümkündür (Şekil 36).



Şekil 35. Suyun cepheden giriş sebepleri (CanadaWood, tarih yok).



Şekil 36. Suyun cephede tahliyesi için tasarım prensipleri (CanadaWood, tarih yok).

### 3.8.6. Yangın Korunumu

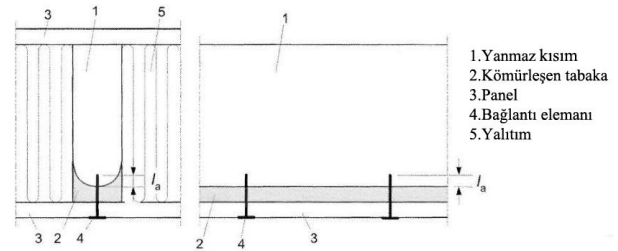
Yapıda ahşabın kullanıldığı binalar yangında ve diğer acil durumlarda çok güvenli olacak şekilde tasarlanabilmektedir. Yangın güvenliği için tasarım, CO2 yayılmasından önce yangının erken aşamalarında kaçışa imkân sağlamalıdır. Tüm binalarda yangınla mücadelenin en etkili ve güvenilir yolu otomatik bir sprinkler sistemidir. Ancak bundan daha da önemlisi yangın oluşumunu önleyecek bazı tedbirlerin alınmasıdır. Yangına karşı yapısal dayanım sağlamak için, ahşap binalardaki masif ahşap kirişler, dikmeler ve duvarlar, ilgili standartlardan tutuşma oranları kullanılarak hesaplanabilen saatler sürecek bir yangın kaçışına izin veren yangın direncine sahip olacak şekilde

tasarlanabilmektedir (Pampanin & Palermo, 2016). Cephe sisteminde kullanılan ahşap çizgisel elemanların (dikme, çapraz, kiriş) kesitlerinin artırılması, yangın sırasında dış kısmın tutuşması sonucu oluşan kömür katmanının iç kısma oksijen girişini engelleyerek elemanların içten tutuşmasını önleyecektir. Bu da kullanıcıya uzun süreli bir yangın kaçışı imkânı sağlamaktadır. Cephede kaplama olarak kullanılan veya açıkta kalacak ahşap bölümler için ise bazı emprenye ve boya teknikleri ile yangın direnci sağlanabilmektedir. Günümüzde nano teknolojideki gelişmeler sayesinde yüzeye uygulanan kaplamalar yangın sırasında elemanların tutuşmasını engellemektedir (Şekil 37).

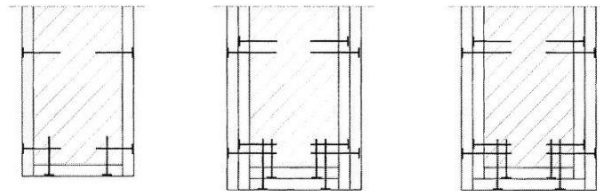


Şekil 37. Nano kaplama içeren ahşap elemanın (üstte) yangında tutuşmasının önlenmesi (Marzi, 2015).

Eurocode 5'e göre; yangından koruyucu paneller çivi veya vida gibi tespit bileşenleri ile doğrudan ahşap karkas sisteme sabitlenmelidir. Ahşap karkasın alçı levhalar ile yangından korunduğu sistemlerde tespit bileşenleri kömürleşecek tabakanın en az 10 mm ( $l_a$  mesafesi) daha ilerisine kadar nüfuz ettirilmelidir (Şekil 38). Birden fazla ahşap esaslı panel katmanından oluşan kaplamalarda panel birleşim derzleri en az 60 mm şaşırtmalı olarak düzenlenmeli ve her panel ayrı ayrı tespit edilmelidir (Şekil 39). Panel tespit bileşenlerinin aralıkları 200 mm'den büyük veya panel kalınlığının 17 katından büyük olmamalıdır. Tespit bileşenlerinin panel kenarına olan mesafesi, panel kalınlığının 3 katından fazla, 1,5 katından veya 15 mm'den (hangisi küçükse) az olmamalıdır (EN 1995-1-2, Eurocode 5).



Şekil 38. Alçı levha ile yangından korunan ahşap taşıyıcı elemanlar (EN 1995-1-2, Eurocode 5).



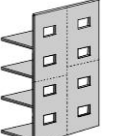
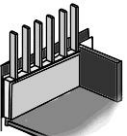
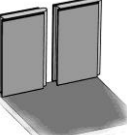
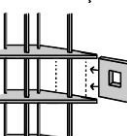
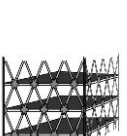
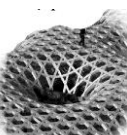


Şekil 39. Yangın koruyucu panellerin ahşap taşıyıcı elemanlara tespiti (EN 1995-1-2, Eurocode 5).

### 3.8.7. Değerlendirme Tablosu

Çalışma kapsamında tanımlanan sistemler ve cephelerin belirlenmiş olan parametreler bağlamında analiz edildiği bir değerlendirme tablosu düzenlenmiş, sistemlere özgü kritik bilgiler bu tabloda özetlenmiştir (Tablo 12).

**Tablo 12.** Bina sistemleri ve ahşap bileşenli cephelerinin ilgili parametreler bağlamında değerlendirilmesi

		Taşıyıcı Sistem- Cephe İlişkisi	Yapısal Sistemi	Cephede Boşluk Açma	Isı Yalıtımı	Su ve Nem Yalıtımı	Yangın Korunumu
DİKME-KİRİŞ HAFIF ÇERÇEVE SİST.	BALON ÇERÇEVE SİSTEM	 Strüktür sadece cephe elemanından oluşmaz Cephe strüktürün ayrılmaz bir parçasıdır	Sürekli dikmelerin dönme etkisine ve yanal yüklere karşı çapraz destekler kullanılır	Farklı düzlemdeki parçaları birleştirme yoluyla sınırlı oranda boşluk açılır	Yalıtım malzemesi dikmeler arasına uygulanır	Yalıtım, dikmelere tespit edilen levhalar üzerine uygulanır	Sürekli dikmelerin taşıyıcı öneminden dolayı tutuşmazlığı sağlanmalıdır
	PLATFORM ÇERÇEVE SİSTEM	 Strüktür sadece cephe elemanından oluşmaz Cephe strüktürün ayrılmaz bir parçasıdır	Dikme, taban ve üst başlıklar ve ara kayıtların bir araya gelme biçimleri ile cephe formu oluşur	Parçaları birleştirme yoluyla boşluk açılır Geniş boşluklar için ek dikmeler gerekebilir	Yalıtım malzemesi dikmeler arasına uygulanır	Yalıtım, dikmelere tespit edilen levhalar üzerine uygulanır	Ahşap parçaların tutuşmazlığı sağlanmalıdır Parçalı ve taşıyıcı olduğu için metal parçaların yangında ayrışması dikkate alınmalıdır
ENDÜSTRİYEL AHŞAP PANELLİ SİS.	 Cephe sistemi ile strüktür bütünüdür	Sistemin kendisi tek kabuktur Endüstriyel paneller (örn. CLT) perde duvar etkisi yaratır	Çok parçalı, tek kabukludur Çubuk ve panel elemanların birleşimiyle oluşur	Bütünden parça çıkararak sınırlı boşluk oluşturulur Paneller boşluklu olarak sahaya gelir	Yalıtım malzemesi panelin dış yüzeyine uygulanır	Panel ve kaplama arasına su ve nemi kontrol eden katman uygulanmalıdır	Panel kesitinin fazla olması yanmayı geciktirir Ek tutuşmaz kaplama gerekebilir
AHŞAP DİKME-PANEL DOLGULU SİS.	 Cephe sistemi strüktürden bağımsızdır	Çok parçalı, tek kabukludur Çubuk ve panel elemanların birleşimiyle oluşur	Isı yalıtımlı sandviç bileşendir Kompozit içeriğinden dolayı ek ısı yalıtımı ihtiyacı yoktur	Bütünden parça çıkarma ve parça ekleme teknikleri birlikte kullanılarak boşluk oluşturulur	Cephe bileşeni, dikmeler arası yalıtım uygulamasını takiben yerleştirilir	Döşeme (strüktür) ve cephe (dolgu) birleşim bölgelerindeki sızdırmazlık önemlidir	Taşıyıcı nitelikte olmadığı için yangında yıkıcı tehlike arz etmez
KOMPOZİT ISI YAL. AHŞAP PANELLİ SİS.	 Cephe sistemi strüktürden bağımsız veya strüktürün bir parçası olabilir	Isı yalıtımlı sandviç bileşendir Kompozit içeriğinden dolayı ek ısı yalıtımı ihtiyacı yoktur	Farklı işlevlere sahip birçok katmandan oluşur	Aynı düzlemdeki parçaları birleştirme yoluyla boşluk açılır	Kompozit paneller ısı yalıtımı içerir İsteğe göre dış katmana ısı yalıtım uygulanabilir	Döşeme ve cephe birleşim bölgelerindeki sızdırmazlık önemlidir	Parçaların geçmeli birleşimi bütünlük davranış sergiler ve tutuşma gecikir
ENDÜSTRİYEL AHŞAP DİKME-KİRİŞ SİST.	 Cephe sistemi strüktürden bağımsızdır	Farklı işlevlere sahip birçok katmandan oluşur	İstenen boyutta bağımsız boşluklar açılabilir	Yalıtım malzemesi katmanlar arasında veya dış kısımda bulunabilir	Cephe parçalı elemanlardan oluşuyorsa katmanların birleşim bölgeleri üst üste gelmemelidir	Taşıyıcı elemanların yangından korunmasını sağlayacak önlemler alınmalıdır	
TÜBÜLER AHŞAP SİSTEM	 Strüktür tamamen cephe sisteminden oluşur	Örtü/bitiriş bileşenleri cepheyi kapatır ve cephe sistemi çerçevesinin içine/dışına/arasına uygulanabilir	Boşluklar tübüler sistem elemanları tarafından sınırlandırılır	Isı yalıtımı örtü/bitiriş bileşenleri ile değerlendirilir	Tübüler sistem ile örtü/bitiriş elemanlarının bağlantılarındaki sızdırmazlık önemlidir	Eleman kesitlerinin fazla olmasından dolayı tutuşma gerçekleşmesi zordur	
SERBEST FORMLU AHŞAP SİSTEM	 Strüktür tamamen cephe sisteminden oluşur	Örtü/bitiriş bileşenleri cepheyi kapatır ve cephe sistemi çerçevesinin içine/dışına/arasına uygulanabilir	Boşluklar cephe sisteminin çerçevesi tarafından belirlenir	Yalıtım, sistemi oluşturan çerçeve bileşenleri içinde, dışında veya arasında çözülebilir	Su birikmesini önleyecek tahliye kanalları yalıtım ile birlikte düşünülmelidir	Taşıyıcı elemanların açıkta olmasından dolayı ek tutuşmaz kaplamalar gerekebilir	

#### 4.SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde bina konstrüksiyonlarında kullanımı yaygınlaşmaya başlayan endüstriyel ahşap ürünler ile yapımda birçok alternatif ortaya çıkmıştır. Ahşap bileşenli cephe konstrüksiyonları binalarda taşıyıcı sistemin bir parçası olarak veya farklı yapı bileşenlerinin taşıyıcı olarak kullanıldığı binalarda dolgu/ayırıcı nitelikte kullanılabilir.

Yapı sisteminde farklı yapı malzeme/bileşenlerinin tercih edilmesiyle birlikte hibrit sistemler söz konusu olmaktadır. Hibrit binalarda cephe sisteminin yapıya fazla yük getirmemesi istendiği durumlarda, hafif olması ve nitelikleri sebebiyle konstrüksiyonda ahşap esaslı ürünler tercih edilebilmektedir. Ahşap taşıyıcı sistemli bir binanın cephe konstrüksiyonunda ahşap malzeme kullanılabileceği gibi diğer malzemeler de yer alabilmektedir. Aynı şekilde, betonarme karkas bir binanın cephe sistemi ahşap esaslı panel bileşenlerden oluşabilir veya çelik profillerle iskeleti oluşturulan modüler bir yapı ünitesinin cephesi ahşap malzeme ve bileşenler ile kaplanabilir. Ahşap esaslı cephe konstrüksiyonlarının uygulandığı binalarda, bitiş elemanı olarak; kaplama tuğlası, cam, metal, plastik veya ahşap esaslı cephe kaplamaları kullanılabilir. Cephe tasarım kararlarındaki bu farklılıklar; iklim ve çevresel etkiler, yapı yüksekliği, maliyet ve kaynak temini, estetik tasarım kararları, ekolojik beklentiler ve zaman kaynaklı oluşmaktadır.

Ahşap konstrüksiyonlu binalara ait sınıflandırmalar, uygulanan teknik ve yöntemlerin değişmesi ve geliştirilmesi ile çeşitlilik göstermektedir. Özellikle üç boyutlu yazılım araçlarının tasarım ve üretime dahil olması ile sınıflandırma içerisinde yer almayan özgün sistemler ortaya çıkmaya devam etmektedir.

Ahşap sistemler, küçük kesitlerde yüksek mukavemet değerlerine sahiptir. Bu da ahşap esaslı cephelerin diğer sistemlerden daha hafif olmasına imkân vermektedir. Yüksek binalarda kat adedi arttıkça ölü yükün de artması, taşıyıcı sisteme çok büyük yükler getirmektedir. Ahşap cephe sistemlerinin hafifliği, hibrit sistemli binalara bu bağlamda bir avantaj oluşturmaktadır. Yapı ağırlığının dezavantaj oluşturduğu sismik bölgelerde ahşap konstrüksiyonlu cephelerin dikkate alınması mümkündür.

Ahşap bileşenler, hasar gördüğünde değiştirilebilir olanağına sahiptir. Cephe kaplaması olarak kullanılan ahşap bileşenin; UV ışınlarından kaynaklı renk değişimleri, nem kaynaklı deformasyonlar, çarpma kaynaklı hasarlar olduğunda değiştirilmesi mümkündür. Bu konuda dikkat edilmesi gerekenler; yapım esnasında tersinir teknikler kullanılarak bağlantıların oluşturulması, onarım için erişilebilirliğin dikkate alınması ve değiştirilen parçaların orijinal malzeme ile benzer fiziksel ve mekanik özelliklere sahip olmasıdır. Bölgesel değişime olanak sağlaması dolayısıyla ahşap cephelerin sisteme dahil edilmesinin, sürdürülebilirlik konusunda yapıya değer katacağı düşünülmektedir.

Hem düzlemsel biçimde panel olarak, hem de çizgisel biçimde dikme veya kiriş olarak üretilebilen ahşap cephe bileşenlerinin uygulama konusunda çeşitliliği bulunmakta ve sisteme başka malzemelerin de dahil edilebilmesine olanak sağlamaktadır. Bu bağlamda ahşap esaslı cephe

sistemlerinin, tasarımı ve yapım tekniklerini çeşitlendireceğine, sürdürülebilir, estetik ve statik çözümlere katkı sağlayacağına inanılmaktadır.

#### KAYNAKÇA

- Avlar, E., & Ustaoglu, S. S. (2017). 2000'li Yılların Başında Endüstriyel Ahşap Ürünlerle Gelişmiş Yapı Üretimi. *Mimarlık Dergisi (ISSN 1300-4212)*, Sayı: 393 / Ocak-Şubat, 75-80.
- Blaylock, Jeffrey R. L. (2012). *Wood Infill Walls in Reinforced Concrete Frame Structures: A Wood/concrete Construction Niche*. Electronic Thesis and Dissertation Repository. The University of Western Ontario.
- CanadaWood (tarih yok). Moisture and Wood Frame Buildings. *International Building Series* (1), 1-20.
- Ching, F. D., & Adams, C. (2015). *Çizimlerle Bina Yapım Rehberi "Building Construction Illustrated"* (6.Baskı b.). (T. S. Tağmat, Çev.) İstanbul: YEM yayın.
- Deutschland, H. (tarih yok). *Katalog zum Deutschen Holzbaupreis 2015*. 05 29, 2020 tarihinde Holzbaupreis Deutschland- Bund Deutscher Zimmermeister: [https://www.holzbaupreis-deutschland.de/fileadmin/sites/holzbaupreis/Downloads/Holzbaupreis\\_2015/DHBP\\_2015\\_Katalog.pdf](https://www.holzbaupreis.de/fileadmin/sites/holzbaupreis/Downloads/Holzbaupreis_2015/DHBP_2015_Katalog.pdf) adresinden alındı
- EN 1995-1-1: Eurocode 5: Design of timber structures - Part 1-1: General - Common rules and rules for buildings. European Committee for Standardisation.
- EN 1995-1-2: Eurocode 5: Design of timber structures - Part 1-2: General – Structural fire design. European Committee for Standardisation.
- Finch, G. (2016). High-Rise Wood Building Enclosures. *Thermal Performance of the Exterior Envelopes of Whole Buildings XIII International Conference*. (s. 679-692). ASHRAE.
- Finch, G. (2018). Mass Timber & Tall Wood Buildings. *XXII Westford Symposium- Summer Camp* (pp. 1-54). RDH Building Science.
- Franke, S., Franke, B., & Harte, A. M. (2015). Reinforcement of Timber Beams. A. M. HARTE, & P. DIETSCH içinde, *Reinforcement of Timber Structures- A state of the art report* (s. 5-24).
- Golanski, M. (2018). Digital tectonics and dynamics in designing of wooden architecture envelopes. *11th Conference on Advanced Building Skins*, (s. 758-769).
- Karacabeyli, E., & Douglas, B. (2013). *CLT Handbook*. (U.S. Ed.). FPInnovations.
- Kaushik, K. (2017). *Feasibility study of tall concrete-timber hybrid system*. Electronic Thesis and Dissertation

- Repository. University of British Columbia. DOI: 10.14288/1.0360781
- Marzi, T. (2015). Nanotechnologies For Reinforcement and Protection of Timber Structures: Innovative Nano-Coatings. Annette M. Harte, Philipp Dietsch (Ed.), *Reinforcement of Timber Structures- A State Of The Art Report Part II* içinde (s. 209-230). Germany.
- Matthews, S. A. (2011). *A Life Cycle Comparison Of Light-Frame Wood And Insulated Concrete Form Building Envelopes: Energy Use And Green House Gases*. Electronic Thesis and Dissertation Repository. University of Tennessee, Knoxville. [https://trace.tennessee.edu/utk\\_gradthes/1003](https://trace.tennessee.edu/utk_gradthes/1003)
- Mclain, R. (2019). Mid-Rise Wood-Frame Buildings- Safe, Cost Effective and Sustainable. *Structure Magazine*, 22-25. <https://www.structuremag.org/?p=14188>
- Mullens, M. A., & Arif, M. (2006). Structural insulated panels: Impact on the residential construction process. *Journal of construction engineering and management*, 132(7), 786-794. DOI: 10.1061/\_ASCE\_0733-9364\_2006\_132:7\_786\_
- Öztank, N. (2004). *Orta yükseklikteki (4-8 kat) Konut Yapılarında Ahşap Teknolojisinin Uygulanabilirliği*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Buchanan, A. H., Pampanin, S., Palermo, A., Newcombe, M. (2016). Non-Conventional Multi-Storey Timber Buildings Using Posttensioning. *Structural Engineering International*, 18(2), 166-173, DOI: [10.2749/101686608784218635](https://doi.org/10.2749/101686608784218635)
- Parlar, Y. (2000). *Ahşap Prefabrike Sistemler ve Uygulama Olanakları*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi . Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Quirouette, R. L. (2004). *Air pressure and the building envelope*. Ottawa: Canada Mortgage and Housing Corporation. Electronic Article.
- reThinkWood. (2012). Mid-Rise Wood Construction. *Engineering News-Record* .
- Rhijn, A. V. (2020). *Possibilities Of Timber High-Rise - A Parametric Study On The Possibilities Of Timber High-Rise In The Netherlands*. Delft University of Technology.
- Timmer, S. (2011). *Feasibility of Tall Timber Buildings*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi . Faculty of Civil Engineering and Geosciences.
- Wang, J. (2017). Evolution of the Building Envelope in Modern Wood Construction. *Proje* . FPInnovations.
- WaughThistletonArchitects. (2018). *100 Projects UK CLT*. Canada.
- Yıldırım, A. F. (2009). *Ahşap Platform Çerçeve Sistem*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi . Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

### İnternet Kaynakları

**URL 1:** <https://www.designboom.com/architecture/alice-house-1-epfl-campus-lausanne-07-19-2016/> Erişim: 02.08.2020

**URL 2:** [http://www.ladowntownnews.com/news/alcohol-permit-denied-for-main-street-eatery/article\\_aeae3016-8cfa-11e2-93eb-0019bb2963f4.html](http://www.ladowntownnews.com/news/alcohol-permit-denied-for-main-street-eatery/article_aeae3016-8cfa-11e2-93eb-0019bb2963f4.html) Erişim:13.06.2020

**URL 3:** [https://www.archdaily.com/802831/t3-michael-green-architecture?ad\\_medium=gallery](https://www.archdaily.com/802831/t3-michael-green-architecture?ad_medium=gallery) Erişim: 13.06.2020

**URL 4:** <https://www.cfmoller.com/p/Kajstaden-Tall-Timber-Building-i3592.html> Erişim: 02.08.2020

**URL 5:** <https://www.kingspan.com/gb/en-gb/products/timber-frame-construction/kingspan-tek-building-system> Erişim: 02.08.2020

**URL 6:** <https://www.sipeurope.eu/en/referencie/commercial-buildings.panel-buildings/lekkerkerk-netherlands/> Erişim: 02.08.2020

**URL 7:** <http://www.plparchitecture.com/oakwood-timber-tower-2.html> Erişim: 14.06.2020

**URL 8:** <https://architizer.com/projects/downland-gridshell/> Erişim: 06.06.2020

**URL 9:** <http://www.openairclassroom.org.uk/Further%20information/information-downland%20gridshell.htm> Erişim: 06.06.2020

**URL 10:** <https://www.archdaily.com/925521/timber-pavilion-of-the-vidy-lausanne-theatre-yves-weinand-architectes-sarl-plus-atelier-cube> Erişim: 25.04.2021