



**T.C.
HALIÇ ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
MİMARLIK TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**ÇOK KATLI YAPI SİSTEMLERİNDE
AHŞAP LAMİNASYON KULLANIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Hazırlayan
Beyza AVCI TAŞKIN**

**Tez Danışmanı
Dr. Öğretim Üyesi Jülide EDİRNE ERDİNÇ**

**İSTANBUL
Ocak 2024**



**T.C.
HALIÇ ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
MİMARLIK TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**ÇOK KATLI YAPI SİSTEMLERİNDE
AHŞAP LAMİNASYON KULLANIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Hazırlayan
Beyza AVCI TAŞKIN**

**Tez Danışmanı
Dr. Öğretim Üyesi Jülide EDİRNE ERDİNÇ**

**İSTANBUL
Ocak 2024**



LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE

Mimarlık Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı Öğrencisi BEYZA AVCI TAŞKIN tarafından hazırlanan "ÇOK KATLI YAPI SİSTEMLERİNDE AHŞAP LAMİNASYON KULLANIMI" konulu çalışması jürimizce Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 25.01.2024

Jüri Üyesinin Ünvanı, Adı, Soyadı ve Kurumu:

İmzası

Jüri Üyesi : Dr.Öğr.Üyesi Jülide EDİRNE
Haliç Ü. Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Böl.

Jüri Üyesi : Dr.Öğr.Üyesi Berna USANMAZ COŞKUN
İstanbul Esenyurt Ü.
Mühendislik ve Mimarlık Fak. Mimarlık Bölümü

Jüri Üyesi : Dr.Öğr.Üyesi Eda SELÇUK
Haliç Ü. Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Böl.

Bu tez yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun kararıyla kabul edilmiştir.

Müdür

Turnitin Orijinallik Raporu

İşleme kodu: 19-Ara-2023 16:08 +03
 NUMARA: 2262535410
 Kelime Sayısı: 11711
 Gönderildi: 1

Ahşap Laminasyon-rapor kontrol BEYZA AVC
 tarafından

alınılan çıkar bibliyografayı çıkar 5 kelime > çıkarılan eşleşmeler mod: raporu hızlı görüntüle (Klasik) ▼
 yazdır yenile indir

4% match (02-Mar-2016 tarihli internet)

<http://www.gncasap.com>

2% match (24-Eyl-2022 tarihli internet)

<http://acikerisim.uludag.edu.tr>

1% match (27-Eyl-2022 tarihli internet)

https://acikbilim.yok.gov.tr/bitstream/handle/20.500.12812/594085/yokAcikBilim_10106163.pdf?isAllowed=y&sequence=-1

1% match (06-Eyl-2022 tarihli internet)

<https://insapedia.com/lamine-ahsap-nedir-laminasyon-islemi-neden-ve-nasil-yapilir/>

1% match (16-Eki-2020 tarihli internet)

<http://mimarlikdergisi.com>

<1% match (02-Eki-2022 tarihli internet)

https://acikbilim.yok.gov.tr/bitstream/handle/20.500.12812/208114/yokAcikBilim_10308293.pdf?isAllowed=y&sequence=-1

<1% match (23-Eyl-2022 tarihli internet)

https://acikbilim.yok.gov.tr/bitstream/handle/20.500.12812/709612/yokAcikBilim_10088911.pdf?isAllowed=y&sequence=-1

<1% match (01-Ağu-2020 tarihli internet)

<http://mimarlikdergisi.com>

<1% match (19-Eki-2020 tarihli internet)

<https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/725058>

<1% match (17-Eki-2022 tarihli internet)

<https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/193922>

<1% match (14-Ara-2022 tarihli internet)

<https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/300085>

<1% match (01-Ağu-2022 tarihli internet)

https://www.researchgate.net/profile/Filiz-Tavsan/publication/359905267_Ekolojik_Malzeme_Olan_Ahsapla_Yapilan_Cok_Katli_Yapilar/links/62757702973bbb29cc67bb38/Ekolojik_Malzeme-Olan-Ahsapla-Yapilan-Cok-Katli-Yapilar.pdf

<1% match (03-Eyl-2022 tarihli internet)

https://www.researchgate.net/profile/Burak-Ozsabin/publication/361508226_Tall_Timber_BuildingsAhsap_Yuksek_Yapilar/links/62b5ae6589e3f116Qc98Gc30/Tall-Timber-Buildings-Ahsap-Yuksek-Yapilar.pdf

<1% match (06-Kas-2018 tarihli internet)

<https://www.sanalsantiye.com/ahsap-yapilar-kanada-ornegi/?nsg=fail&shared=email>

<1% match (05-Eyl-2022 tarihli internet)

<https://www.ekoyapidergisi.org/dunyanin-en-yuksek-ahsap-yapisi>

<1% match (26-Ağu-2022 tarihli internet)

<https://yapidergisi.com/capraz-lamine-ahsap-clt-yapil-malzemesinin-strukturel-acidan-degerlendirilmesi/>

<1% match (04-Kas-2019 tarihli internet)

<https://lazerahsapkutu.com/ahsap-nedir-ahsap-kutu-ve-etleri>

<1% match (15-Mar-2019 tarihli internet)

<https://www.nolusta.com/ahsap-panellerin-otomotivde-kullanimi-pdf-21720/>

<1% match (13-Ara-2021 tarihli internet)

<http://acikerisim.fsu.edu.tr:8080/>

<1% match (30-Eki-2021 tarihli internet)

<http://www.ersincaducilik.com>

<1% match (04-Mar-2022 tarihli internet)

[https://ly.opentrain.net/laiyesu-kurmap\)-tulkojums/iedvesmot.html](https://ly.opentrain.net/laiyesu-kurmap)-tulkojums/iedvesmot.html)

<1% match (17-Ağu-2022 tarihli internet)

TEZ ETİK BEYANI

25 /01/ 2024

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Çok Katlı Yapı Sistemlerinde Ahşap Laminasyon Kullanımı” başlıklı bu çalışmayı başından sonuna kadar danışmanım Dr. Öğretim Üyesi Jülide EDİRNE ERDİNÇ’in sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Beyza AVCI TAŞKIN

ÖNSÖZ

Çok Katlı Yapı Sistemlerinde Ahşap Laminasyon Kullanımı ile ilgili bu tez çalışması T.C. Haliç Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Anabilim Dalı, Mimarlık Tezli Yüksek Lisans Programı için hazırlanmıştır.

Bu yaptığım tez çalışmamda güler yüzüyle, ilgisini hiç eksik etmeyen sevgili hocam Dr. Öğretim Üyesi Jülide EDİRNE ERDİNÇ' e, eğitim ve öğretim hayatım boyunca bana karşı sevgi, ilgi ve desteklerini hep gördüğüm canım annem Cemile AVCI, canım babam Özkan AVCI ve canım ablam Şeyda AVCI MUTAFÇI'ya, tüm tez sürecinde yardımlarıyla her daim yanımda olan motivasyon kaynağım sevgili eşim Yunus Emre TAŞKIN'a ve mimar olma yolunda ilerlerken gecemizi gündüzümüze katıp çalıştığımız tüm arkadaşlarıma sonsuz teşekkür ederim.

Bu çalışmayı, ömrü boyunca yanımda hep destekçimiz olan fakat şu an aramızda olmayan sevgi ve özlemle andığım canım anneannem Faika ÇAKICI'ya ithaf ederim.

Ocak 2024

Beyza AVCI TAŞKIN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ ETİK BEYANI.....	i
ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
KISALTMALAR.....	vi
SEMBOLLER	vii
TABLO LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
ÖZET.....	xi
ABSTRACT	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Amaç.....	3
1.2. Kapsam ve Yöntem	3
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI ve GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. Yapılarda Ahşap Kullanımı.....	4
2.2. Ahşabın Sürdürülebilirliği	6
2.3. Ahşap Malzemenin Ömür Süreci Evreleri.....	8
2.3.1. Ahşabın Üretim Evresi.....	8
2.3.2. Ahşabın Kullanım Evresi	10
2.3.3. Bakım Onarım ve Yok Etme Evresi.....	10
2.4. Ahşabın Fiziksel Özellikleri	11

2.4.1. Ahşabın Yangına Dayanımı	11
2.4.2. Ahşabın Depreme Dayanımı.....	12
2.4.3. Ahşabın Ses Yalıtımı Performansı	13
2.4.4. Ahşabın Isı Yalıtımı Performansı.....	13
2.4.5. Ahşabın Su Yalıtımı Performansı.....	13
2.5. Yapı Üretiminde Ahşap Kullanımının Önemi	13
2.5.1. Ormanlar Açısından Önemi	14
2.5.2. İnsan Sağlığı Açısından Önemi	14
2.5.3. Sosyal Ekonomik Açıda n Önemi.....	15
2.6. Ahşap Türleri	15
2.6.1. Masif (Doğal) Ahşap.....	15
2.6.2. Endüstriyel Ahşap	16
3. YAPI ÜRETİMİNDE AHŞABIN KULLANIMI İÇİN LAMİNASYON TEKNİĞİ.....	18
3.1. Ahşap Laminasyonu Tekniğı	18
3.2. Ahşap Laminasyon Türleri	20
3.2.1. Çapraz Lamine Ahşap (CLT)	20
3.2.1.1. Tanımı ve tarihsel gelişimi	20
3.2.1.2. Üretimi ve özellikleri	23
3.2.1.3. Yapı elemanı olarak kullanımı	25
3.2.2. Tutkallı Lamine Ahşap (GLT).....	25
3.2.2.1. Tanımı ve tarihsel gelişimi	25
3.2.2.2. Üretimi ve özellikleri	26
3.2.2.3. Yapı elamanı olarak kullanımı	29
3.2.3. CLT ve GLT'nin Karşılaştırmalı Tablosu	30
3.2.4. Lamine Malzemelerin Nakliye Aşaması.....	31

3.2.5. Lamine Malzemelerin Şantiye Aşaması	33
3.2.5.1. Teslimat	33
3.2.5.2. Taşıma	33
3.2.5.3. Depolama	34
3.2.5.4. Malzemenin korunması.....	35
3.2.5.5. Kurulum	35
3.2.5.6. Kontroller	38
3.2.6. Lamine Malzemelerin Kullanım Aşaması	38
3.3. Yapım Sistemi Olarak Kullanımı.....	38
3.3.1. Çapraz Lamine Panel Kullanımı.....	39
3.3.2. Hibrit Ahşap Yapım Sistemi	40
3.3.3. Hibrit Yapım Sistemi	41
3.4. Ülkelerde Kullanım Durumu.....	44
3.5. Çok Katlı Yapıların Laminasyon Tekniğiyle Yapımı.....	45
3.5.1. Çok katlı yapı örnekleri	50
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	71
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	79
KAYNAKLAR.....	82
ÖZGEÇMİŞ.....	91

KISALTMALAR

CLT	: Çapraz Lamine Ahşap / Cross Laminated Timber
DLT	: Kavelalı Lamine Ahşap / Doweled Laminated Timber
GLT	: Yapıştırılmış Lamine Ahşap / Glued Laminated Timber
MPP	: Masif ve Kontrplak Panel
NLT	: Çivili Lamine Ahşap / Nailed laminated Timber
SCL	: Yapısal Kompozit Ahşap / Structural Composite Lumber
TCC	: Ahşap Beton Kompozit / Timber Concrete Composite

SEMBOLLER

CO₂ : Karbondioksit

X : Yatay kuvvet

Y : Dikey kuvvet



TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 2.1. Sürdürülebilirlik Sarmalı Anlatım.....	7
Tablo 3.1. CLT ve GLT Karşılaştırılması.....	30
Tablo 3.2. Ascent	50
Tablo 3.3. HOHO	51
Tablo 3.4. Mjøstårnet Tower.....	52
Tablo 3.5. Brock Commons Tallwood House.....	54
Tablo 3.6. Treet Building.....	55
Tablo 3.7. Lighthouse joensuu.....	58
Tablo 3.8. Origine.....	59
Tablo 3.9. Wenlock Road.....	60
Tablo 3.10. Forte Apartmanı	61
Tablo 3.11. Dalston Works	63
Tablo 3.12. Cenni Di Camniamento.....	64
Tablo 3. 13. Stadthaus, 24 Murray Grove.....	65
Tablo 3.14. Carbon 12.....	67
Tablo 3. 15. Holz 8.....	68
Tablo 3. 16. International House Sydney.....	70

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. Ahşabın Yapılarda Kullanım Alanları.....	4
Şekil 2.2. Ahşabın Yaşam Döngüsü.....	9
Şekil 2.3. Yangından Çıkarılmış Ahşap Yüzeyinde Sertleşme (Kömürleşme).....	11
Şekil 2.4. Endüstriyel Ahşap Türleri.....	17
Şekil 3.1. Kavisli Lamine Ahşap.....	19
Şekil 3.2. Çapraz Lamine Ahşabın Yapıştırılma Şekli.....	21
Şekil 3.3. CLT Tarihsel Gelişim Süreci.....	22
Şekil 3.4. CLT Panel Üretim Aşamaları.....	23
Şekil 3.5. Yapı Elemanı Olarak Kullanıldığı Alanlar.....	25
Şekil 3.6. GLT Birleştirme Yöntemi.....	26
Şekil 3.7. GLT Üretimi.....	27
Şekil 3.8. Kurutma Fırını.....	28
Şekil 3.9. Nakliye İçin Araca Yükleme İşlemi.....	32
Şekil 3.10. Sol Resim CLT Panel Taşınması. Sağ Resim GLT Ürün Taşınması.....	34
Şekil 3.11. Lamine Ahşapların Depolanması.....	35
Şekil 3.12. Lamine Ürün İnşaat Aşamaları.....	36
Şekil 3.13. CLT Panellerin Çelikle Desteklenmesi.....	37
Şekil 3.14. CLT Panel Yapım Sistemi Örnek Yapı.....	39
Şekil 3.15. GSK Carbon Neutral Laboratory.....	40
Şekil 3.16. Freeman's Okulu Yüzme Havuzu.....	42
Şekil 3.17. Freeman's Okulu Yüzme Havuzu Yapım Aşamaları.....	43

Şekil 3.18. Ahşap Yapıda Çapraz Destek Elemanı	46
Şekil 3.19. Hibrit Yapıda Duvar Paneli Uygulaması	47
Şekil 3.20. Kolon Montaj İşlemi Detayı	48
Şekil 3.21. Döşemede Tesisat Gösterimi	49
Şekil 3.22. Treet Building Yapısı Oluşum Aşamaları.....	57



ÖZET

ÇOK KATLI YAPI SİSTEMLERİNDE AHŞAP LAMİNASYON KULLANIMI

Ağacın var olduğu günden beri hayatımıza dokunan ahşap, üstün özelliklerinden dolayı geçmişten günümüze kadar önemini korumuş bir yapı malzemesidir. Gelişen teknolojiyle ahşabın yerine farklı yapı malzemeleri kullanılmaya başlanmıştır. Bu bakımdan ahşap malzemenin yapıdaki kullanımının geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Gelişen teknolojiyle ahşabın olumsuz yönleri ortadan kaldırılmış ve inşaat sektöründe yeniden önem kazanmıştır. Son yıllarda Endüstriyel bir ürün olarak kullanımı artan endüstriyel ahşap, betonarme ve çelik sistemlere kıyasla çevresel açıdan daha sürdürülebilir bir seçenek olduğu düşünülmektedir. Bu yapı malzemesinin alt dalları olan tutkalı lamine ahşap ile daha geniş açıklıkların geçilmesine, çapraz lamine ahşap ile çok katlı ahşap yapıların inşa edilmesine olanak sağlamaktadır. Bu yapı malzemeleri mükemmel boyutsal kararlılığa ve mukavemete, esnek tasarıma, hızlı montaj, daha az işçilik, daha hızlı proje teslimi ve uygun maliyete sahiptir. Dayanıklı bir geri dönüştürülebilir malzeme olarak sağlıklı bir iç mekân ortamı, düşük karbon ayak izi ve çevresel avantajlar sağlamaktadır. Bu yapı malzemeleri dış yüklere ve sismik kuvvetlere karşı yüksek dirence sahip olup, yüksek ısı yalıtımı ve su geçirmezlik, yangın ve ses yalıtım özelliklerine sahiptir. Bu araştırmanın temel amacı, ahşap laminasyonu yapılmış yapı malzemelerinin özelliklerini ortaya çıkararak yapısal kullanımına dikkat çekmektir. Bu amaçla, çalışma kapsamında seçilen örnek yapılar incelenmiştir. Sonuç olarak laminasyonlu ahşap kullanımıyla çok katlı yapıların yapılabilirdiği, gelecekte beton yapıların yerine avantajlarının çok yüksek olduğu ahşap yapı malzemesiyle çok katlı ahşap yapıların yapılabileceği ön görülmektedir.

Anahtar kelimeler: *Ahşap Laminasyonu*¹, *Çok Katlı yapılar*², *Endüstriyel Ahşap*³.

ABSTRACT

USE OF WOODEN LAMINATION IN MULTI-STOREY BUILDING SYSTEMS

Wood, which has touched our lives since the day the tree existed, is a building material that has maintained its importance from past to present due to its superior properties. With developing technology, different building materials have begun to be used instead of wood. In this regard, improving the use of wooden materials in construction is of great importance. With developing technology, the negative aspects of wood have been eliminated and it has regained importance in the construction industry. It is thought to be a more environmentally sustainable option compared to industrial wood, reinforced concrete and steel systems, whose use as an industrial product has increased in recent years. Glued laminated wood, which is the lower branch of this building material, allows wider spans to be covered and cross-laminated wood to build multi-storey wooden structures. These building materials have excellent dimensional stability and strength, flexible design, fast assembly, less labor, faster project delivery and affordable cost. As a durable recyclable material, it provides a healthy indoor environment, low carbon footprint and environmental advantages. These building materials have high resistance to external loads and seismic forces and have high thermal insulation and waterproofing, fire and sound insulation properties. The main purpose of this research is to draw attention to the structural use of wood laminated building materials by revealing their properties. For this purpose, sample buildings selected within the scope of the study were examined. As a result, it is foreseen that multi-storey buildings can be built with the use of laminated wood, and in the future, multi-storey wooden buildings can be built with wooden building materials, which have very high advantages, instead of concrete structures.

Keywords: *Industrial Wood*¹, *Multi-Storey Buildings*², *Wood Lamination*³.

1. GİRİŞ

Ahşap en eski yapı malzemesi olarak bilinmektedir. Ahşap canlı bir malzemedir. Ağaçtan elde edilen lifli bir yapıya sahiptir. Homojen değildir ve organik esaslıdır. Geçmiş yıllardan beri insanlar ahşabı barınma ve korunma amacıyla kullanmaktadır. Geleneksel ahşap yapılarda ahşap, yapı bazında masif olarak kullanılmaktadır. Bu sebeple destekleyici bir yapı malzemesi ile hibrit şekilde yapımı gerçekleşir. Ahşap için eskiden kullanılan yapım teknikleri yığma, karkas, bağdadi, çantı gibi yöntemlerle yapılmaktaydı. Bu sebeple geniş açıklıklar geçilemez, yüksek katlı binalar yapılamamaktaydı. Son yüzyıllarda bazı ülkelerde ahşabı laminasyon tekniği inşaat sektöründe aktif olarak kullanılmaya başlandı. Bu teknikle ahşap yapılarda büyük açıklıklar geçilebilir ve çok katlı yapılar yapılabilir bir hal aldı. Bu çalışmadaki amaç ahşap laminasyonu detaylıca anlatarak Türkiye’de de aktif olarak kullanılması gerektiğini vurgulamaktır.

Şekil verilmesi için yoğun uğraşları olmayan ahşap, canlı bir oluşum olmasıyla insanların kendilerini daha yakın hissettikleri doğal bir yapı malzemesidir (Aktar, 2017). Günümüz yapılarında artık masif ahşap yerine endüstriyel ahşap kullanılmaktadır. Bunun sebebi masif ahşabın birçok olumsuz özelliğinin olması ve gelişen teknolojiyle masif ahşabın olumsuz özelliklerinden kurtulmak için endüstriyel ahşabın üretilmesidir. Masif ahşap, kesilip budakları temizlenmiş ağacın silindirik biçimindeki gövdesinden elde edilen, kaplama ve doldurma yapılmamış, yapıştırıcılarla tutturulmamış, ağacın kendi liflerinden oluşan en saf haline denmektedir. Yani tamamıyla doğal bir ahşap türüdür (Url 3, 2023). 21. yüzyılda ekoloji, sürdürülebilirlik, küresel ısınma, sera gazları gibi kelimeler günlük hayatımızda sıkça karşımıza çıkmaktadır (Güzel, Yesügey, 2015). Ahşap malzeme bu sorunların hepsine bir çözüm olmaktadır. Ahşap dünyadaki geri dönüşümlü tek yapı malzemesidir (Url 2, 2023). Ağaç yaş alırken karbonu içine çeker, ahşap halini aldığı anda da bu olay devam etmektedir ve sera gazlarını havaya salmamaktadır. Bu

sebepten ötürü ahşap yapılar karbonu bünyelerinde depolamakta, sera gazlarını dengelemektedir (Güzel, Yesügey, 2015).

Bunun dışında diğer yapı malzemelerine oranla en kolay tedarîğı sağlanan ve en çabuk onarımı yapılabilen yapı malzemesidir (Url 1, 2023). Titreşimi emer deprem gibi doğal afet durumlarında yapı bazında avantaj sağlamaktadır. Ahşap bir yapı için yıkım kararı alınırsa oradan çıkan ahşap malzemeler tekrar kullanılabilir. Yani sürdürülebilir bir malzemedir. Enerji dostudur. 10 cm'lik bir ahşap, 160 cm'lik bir betonun izolasyon değerlerine sahiptir. Taşıma gücü değeri yüksektir. 1kg ahşap, 1kg betondan veya çelikten daha fazla yük taşımaktadır (Url 2, 2023). Sesi yutma ve elektrik yalıtkanlığı gibi daha bir sürü olumlu özelliğı vardır (Url 1, 2023).

Ahşap olumsuz özellik olarak böceklenmeye kurtlanmaya mantarlaşmaya suya neme ve mekanik aşınmalara karşı dayanıksızdır. Heterojendir. Yangın dayanımı yüksek olsa da çabuk tutuşmaktadır (Url 1, 2023). Bu bahsedilen bütün özellikler doğal yani masif ahşap için geçerlidir. Geçmişte kullanılan ahşap yapılarda masif ahşap kullanıldığı için yapıların bakımları da epey zor olmaktaydı ve binalar yangınlarda kül olup, böceklenme kurtlanma gibi olumsuzluklarla zor mücadele etmekteydi.

19. Yüzyılda sanayileşmenin başlaması, kömürünün ve çimentonun bulunması ahşap kullanımını azaltmaktadır, çeliğın ve betonun yapılarda kullanımını arttırmaktadır (Şanlı, 2020). Ahşabın diğer yapı malzemeleriyle karşılaştırıldığı zaman hepsinden üstün olduğu anlaşılması üzerine 1990'larda ahşabın olumsuz özelliklerini ortadan kaldırıp aktif olarak yapılarda kullanmayı sağlayabilecek yöntemler araştırılmaya başlanmıştır (Avlar, Ustaoglu, 2017). Bu da ahşap türlerinde endüstriyel ahşabın farklı dallarının oluşmasına sebep olmuştur.

Endüstriyel ahşap masif ahşabın olumsuz bütün özelliklerini ortadan kaldırmaktadır. Endüstriyel ahşap homojen ve izotropik bir malzemedir, ahşabın (ağaç, kalas, yonga, lif, talaş gibi) çeşitli şekillerde yapıştırıcı ve farklı maddelerle fabrika ortamında bir araya getirilmesiyle üretilmektedir. Endüstriyel ahşap, masif ahşap malzemelerden daha yüksek mekanik ve teknolojik özelliklere sahip olmakla

birlikte, yüksek kaliteli bir malzemedir ve masif ahşap malzemelerin dezavantajlarına sahip değildir. Masif ahşapla yapılan yapıların yanı sıra endüstriyel ahşapla yapılan yapılar çok katlı ve geniş açıklıklı olabilmektedir. Bu özellik günümüzde uygulanan yüksek katlı yapılar için çok önemli bir konudur. Endüstriyel ahşap teknolojisi, ağaç endüstrisindeki azalan orman kaynaklarını daha akılcı bir şekilde kullanabilmekte, tüketicileri ve ihtiyaçları karşılayan ürünler sağlayabilmektedir. İşlenmiş ağaç ürünleri, kullanım ve işlemedeki kolaylıkları, düşük fiyatları, atık odun kullanımında çevreye olumlu katkıları ve geri dönüştürülebilir özellikleri nedeniyle giderek daha fazla önem kazanmaktadır (Güzel, Yesügey, 2015).

1.1. Amaç

Bir şehir ahşap desteği ile doğru yapılırsa deprem riskinden 20 yıl içinde tamamen kurtulabilmektedir (Url 2, 2023). Bu sebepten gelecekte beton ve çelik binaların yerine dünya üzerinde çok katlı ahşap binaların yer alması insanlığın geleceği için çok büyük faydalar sağlayacaktır. İnsan sağlığı, insan psikolojisi, sürdürülebilirlik, doğal afetler, yalıtım, enerji gibi birçok konuda olumlu sonuçlar doğurmaktadır. Günümüzde çok katlı ahşap yapılar dünya üzerinde birçok yerde yapılmaktadır ama ülkemizde bu yaygın bir durum değildir. Bu tezin yazım amacı her yönüyle mükemmel olan ahşabın ülkemizde yapı bazında verimli kullanılmasını isteyen bu konuda araştırma yapan insanların yoluna ışık tutmaktır.

1.2. Kapsam ve Yöntem

Yapılan çalışma kapsamında endüstriyel ahşabın çeşitlerinden olan çapraz lamine ahşap ve tutkallı lamine ahşabın çok katlı yapılarda kullanımı araştırılmıştır. Bunun sonucunda yapı bazında 15 adet çok katlı yapı örneği incelenmiştir. İncelenen yapılar tablo şeklinde olup, tabloda yapım yılı, bulunduğu yer, yapının kat sayısı, yapının işlevi, yapım sistemi, strüktür malzemesi, ağaç türü, yapı malzemesi ve kullanım yeri, yapının hikayesi olarak bölümlere ayrılıp tüm bilgiler tablo içerisinde verilmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI ve GENEL BİLGİLER

2.1. Yapılarda Ahşap Kullanımı

Yapı malzemelerinden olan ahşap tarihi ele alındığında, beton ve çelikten çok daha eskilere dayanmaktadır. Dışarıdaki etkenlerden korunmak için oluşan barınma ihtiyacı ile ağaç oyuklarında başlayıp saz, saman gibi malzemelerle barınma ihtiyacı giderilmekteydi. Sonrasında ahşap yığma ve karkas yapılar yapılmaya başlanmaktadır (Bilgin, 2009). Ahşap ürün teknolojisinin ilerlemesindeki ilk safha sözü konusu olan hammaddelerin şekillendirilmesi, geliştirilip daha iyi versiyonunun çıkarılması gibi atılımlardır. (Akman, 2003). İlk başlarda basit yapımlarla başlayıp günümüze kadar geçen sürede kompleks yapılara kadar uzanan bir süreçten geçmiştir. Teknolojinin de gelişmesiyle ahşap malzeme geniş açıklıklar geçebilen, çok katlı olabilen, esneklik özelliğine sahip ve farklı imkanlara cevap verebilen bir malzemedir (Aktar, 2017). Ahşap malzemenin kullanım alanlarını sıralayacak olursak taşıyıcı elemanlar, kaplama elemanları, doğrama elemanları, pano elemanları ve diğer kullanım elemanları olarak düşünülebilmektedir (Şekil 2.1.).



Şekil 2.1. Ahşabın Yapılarda Kullanım Alanları

Kaynak: Şanlı, Vural, (2021)

Ahşabın taşıyıcı sisteminde eskilerden beri kullanılan dikme kiriş yöntemi önemli bir konudur. Taşıyıcı ahşap yapı sistemleri; kütük sistem, çerçeve sistem ve panel sistem olmak üzere ele alınmaktadır (Altunkaya, 2007). Ahşap yapıların yapım tekniği de karkas ve yığma olarak iki teknik altında incelenebilmektedir. Karkas ahşap yapılarda kirişler çapraz bağlantı elemanları ve dikmeler bulunmaktadır. Aralarında kalan boş kısımlarsa tuğla, kerpiç veya taşlarla desteklenmektedir. Yığma sistemde ise ahşap malzeme yığma taş yapılardaki gibi üst üste konulup sık yerleştirilerek yapılır (Url 4, 2021). Ahşap doğrama elemanlarında kapı ve pencere doğramaları en mühim yapı elemanları içindedir. Ahşap pencerelerde, kasa, kanat, kayıt, damlalık gibi, kapılarda da başlık, seren, kayıt ve tabla gibi adlar alan ahşap parçalarla iç ve dış arasındaki bağlantıyı sağlarken; yapının aldığı ışığı, güvenliği, ferahlığı, ısı korunumunu, iç ve dış estetik tasarımını da doğrudan etkilemektedir (Şenkal, 1996).

Ahşap malzemenin başka bir kullanım alanı dekorasyondur. Eski Türk evlerinde dolap kapakları bile güzel işlemlerle oyularak yapılmış ahşap kapaklardan oluşmaktadır. Bunun dışında ocaklar, korkuluklar, tavanlar ve birçok eleman için ahşap malzeme vazgeçilmez bir öge olmuştur (Kahraman, 1997). Ahşap malzeme bir yapı için vazgeçilmez bir üründür. Temelden duvarlara kapılardan döşemelere ev aksesuarlarına kadar yapı içi ve dışında her alandan kullanılabilmektedir. Endüstri devrimi sonrasındaki dönemde mimari anlayış bir ölçüde özgürleşmiştir. Malzeme konusundaki ekonomik ve teknolojik gelişmeler sayesinde masif ahşap fabrika ortamında yeni benliğine yani endüstriyel ahşaba dönüşmüştür.

Endüstriyel ahşapla birlikte ahşabın kullanım alanları genişlemektedir (Aktar, 2017). Günümüzde ahşap ile geniş açıklıklar ve yüksek yapılar yapılabilir. Lamine ediliş ahşap ürünlerle kolon, kiriş, duvar paneli, döşeme, kapı, pencere vb. tüm taşıyıcı ve dekoratif malzemeler üretilebilmektedir. Bunları birbirine bağlayan parçalarda özel olarak üretilmektedir (Altunkaya, 2007). Önceki zamanlarda kullanılan masif ahşabın dezavantajları teknolojinin gelişmesiyle aranan çözümler bulunmuştur. Bu sayede ahşap kullanımı yapı bazında çok yönlü bir şekilde ilerlemiştir (Bilgin, 2009). Ahşap malzemenin özellikleri şu şekilde sıralanmaktadır;

- Ahşap malzeme enerjinin verimli kullanılmasını sağlar. Üretim, kullanım, işçilik, monte vb. durumlarda çok az enerji harcamaktadır. Bu gibi yapılar için enerji tüketimi minimumdadır. 10 cm ahşap 160cm betonla aynı yalıtım değerine sahiptir (Url 18, 2023).
- Ahşaptan yapılmış tüm ürünler çevre dostudur. Doğada yetişen bir malzeme olduğu için diğer yapı malzemelerine nazaran doğa koşullarına daha çabuk uyum sağlar ve daha dirençlidir.
- Ahşap yapılar her anlamda tasarrufludur. Betonarme veya çelik bir binaya göre inşası çok kısa sürer. Buda hem zamandan hem işçilikten hem de paradan tasarruf ettirmektedir. Bunun yanı sıra binada kullanılan tüm ahşap malzemeler geri dönüştürülebilmektedir. Yapılan bina, bazı sebeplerden yıkılmış olsa bile yıkımda çıkan tüm ahşap malzemeler tekrar kullanılabilir. Gerekirse uzmanlar eşliğinde aynı bina tamamen parçalarına ayrılıp tekrar başka bir noktada birleştirilebilmektedir. Buda tasarruf kapsamında önemli bir konudur.
- Ahşap yapıların bir noktasından yapısal olarak herhangi bir problemle karşılaşıldığında diğer yapılara nazaran kolayca bir uzman tarafından çözümlenebilmektedir.
- En önemli konulardan bir tanesi de deprem konusudur. Ahşabın esneklik özelliği sayesinde deprem sırasında depremin şiddetine bağlı olarak gelen sarsıntılar emilerek bina sağlam kalır. Çökme gibi bir durum yaşansa dahi çevresel kirlilik oluşturmamaktadır.

2.2. Ahşabın Sürdürülebilirliği

Sürdürülebilirlik geçmişten günümüze hep var olmuş bir kavramdır. Sürdürülebilirlik dünya üzerinde yaşan insanların kendi yaşam kalitelerine tehlikeye sokacak bir durumda bulunmadan ihtiyaçlarını karşılamalı ve bu ihtiyaçları karşılarlarken sonraki nesilleri düşünerek bu ihtiyacın devamlı karşılanabilir bir hale getirilmesidir (Arslan, 2023). Buna bir örnek olarak tablo 2.1. de anlatımı yapılmıştır.

Tablo 2.1. Sürdürülebilirlik Sarmalı Anlatım

					
Buğday toprağa ekilir büyür. Başak verir ve toplanma zamana gel	Toplandıktan sonra buğdaylar saplarından ayrıştırılarak gıda olması için işlenir.	Ayrılan saplar ilgili birime gönderilerek bunlardan kâğıt yapımı sağlanır.	Kullanıcı yapılan kağıtları defter, kitap, dergi, gazete, torba gibi birçok formda kullanılır.	Sorasında doğal ürün olan materyaller doğada bakteriler sayesinde eriyerek kaybolur. Doğayı kirletmez.	Ve kirlenmeyen bir doğada bitkiler tekrar yeşerir.

Kaynak: Url 19, (2023)

Sürdürülebilir mimarlık da aynı şekilde tanımlanmaktadır. Bir bina yapıldığında, bu bina mevcut ve gelecek nesillere hizmet etmelidir. Bunun olması için bizim ürettiğimiz yapılarda daha yapıya başlamadan yapıda kullanılacak malzemelerin üretimi dahil çevreci olmalıdır. Yenilenebilir enerji kullanılmalıdır. Elektrik ısı gibi ihtiyaçlarımızı doğadan sürdürülebilir bir şekilde karşılanabilmektedir. Kullanılan yapı malzemesinin co2 salınım oranları bile bizim sonraki nesillerimiz için önemli bir durumdur. Tüm durumlar için enerjinin etkin kullanımı önceliklidir (Sev, 2009). Malzemenin dönüştürülebilir olması

sürdürülebilir bir malzeme olduğu anlamına gelir. Enerjiyi verimli kullanan, fosil yakıt kullanımını minimuma indiren yapılar sürdürülebilir yapılardır. Bu yapılar çevre dostu olmasından ötürü yeşil binalar olarak da adlandırılır (Yılmaz, 2009). Bu sebepten sürdürülebilir yapı tasarımında ahşap malzemenin yeri oldukça önemlidir. Ahşap malzeme yüzde yüz geri dönüştürülebilir (Aydın, Alemdağ, 2014). Nefes alan ve doğal bir malzeme olan ahşabın sürdürülebilirlik olarak etkisi doğru kullanımda yıllarca kullanılabilen ve içinde yaşayanlara sağlık açısından zararı olmayan bir yapı malzemesi.

Binaların sürdürülebilir olması bakımından en önemli konu enerji kullanımıdır. Bugün yenilenebilir enerji konusu bu bakımdan odak noktası haline gelmiştir. Dünyada Ahşap malzeme yenilenebilme özelliği sayesinde, ahşap yapı elemanlarının ve yapıların üretiminde kullanılan enerji miktarının az olması yanında beton ve çelik ile karşılaştırıldığında üretim safhasında oluşan CO2 seviyesinin sıfıra yakın bir değerde olması sebebiyle tercih edilmektedir. Teknolojik gelişmelere bağlı olarak ahşap malzemenin kullanım olanaklarının artırılması çalışmaları sürdürülmektedir. Ahşap ve sürdürülebilirlik arasındaki bağlantıyı, ekolojik düzeni bozmadan bilinçli planlama, yeniden dönüştürmek ve yok etme süreçlerini iyi idare etmek yeterli olacaktır. Doğada üretilebilecek kaynakların kullanılması oldukça önemlidir. Çünkü ahşap üretiminin sürdürülebilirliğini sağlamak için tekrar dönüştürülebilir malzemeler kullanılmalıdır. Ağaç türlerinin özenle seçilmesi gerekmektedir.

2.3. Ahşap Malzemenin Ömür Süreci Evreleri

Yapılarda kullanılacak sürdürülebilir ahşap malzeme tüm yaşamı boyunca en az enerji harcayan, ormanlardan tedarik edilip, taşınmasından işlenmesine kullanımından bakım ve onarımına kadar çevreye ne de insan oğluna zarar vermeyen bir yapı malzemesidir (Kılıçarslan, 2020). Malzeme ömrünün 3 evresi vardır.

2.3.1. Ahşabın Üretim Evresi

Üretim aşamasının en önemli basamağı bilinçli orman yönetimidir. Ağaçların bilinçli kesilmesi hem ağaçlığı hem de ahşap temini devamlılığı için oldukça önemli bir noktadır. Burada sürdürülebilirlik esastır. Sonrasında kesilen ağaçların üretim için

taşınması kurutulması gruplanması yüzey düzleştirme işlemlerinin yapılması ve ahşap malzemenin nerde ve ne amaçla kullanılacağına göre işleme alınması olarak üretim aşamaları devam etmektedir. Üretim sırasında harcanan enerji ve çevre kirliliği de diğer yapı malzemelerine göre minimum düzeydedir. (Url 29, 2023)



Şekil 2.2. Ahşabın Yaşam Döngüsü

Kaynak: Url 29, (2023)

Şekil 2.2.de ahşabın kendi içindeki sürdürülebilir döngüsünü görülmektedir. Ormandan hammadde elde edilen ahşap kereste ürünleri ve ahşap malzeme üretimi ve işlenmesi için iki farklı şekilde ayrılır. İşlendikten sonra bu malzemelerin nasıl ve nerede kullanılacakları sonra da uygulamaları yapılır. Uygulamaları yapılan malzemeler kullanım ömrünü doldurduklarında geri dönüşüm için bazı tesislere gönderilir. Bu tesislerde kullanılabilecek olan malzemeler tekrar kullanılmak üzere işlenip ahşap bazlı malzeme üreten fabrikalara tekrar gönderilir.

Geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanılması, her yıl milyonlarca karbondioksit gazı salınımının önüne geçmektedir. Kullanılamayacak gibi olan atık kategorisine giren ahşap malzemeler ise biyokütle enerji tesislerinde enerji üretiminde değerlendirilir. Bunun sonucunda da fosil enerji kaynaklarından yayılacak tonlarca karbondioksit gazı emisyonu engellenir.

2.3.2. Ahşabın Kullanım Evresi

Bu evrede artık yapı içinde uygulanan malzeme binanın kalıcı bir materyalidir. Yapı malzemesi binayı kullanacak kişilerle temas halindedir. Malzemenin temas halinde olması durumunda bazı aşınmalar kaçınılmazdır. Bir yaşam olduğu için çarpma dokunma bir şeylerin dökülmesi gibi durumlarla karşı karşıyadır. Malzemenin iyi kullanılmaması olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir. Buradaki önemli nokta bu gibi durumların yaşanabileceği alanlarda seçilen ahşabın cinsidir (Yaman, 2007). Türk standardı 344 ahşap koruma genel standartlarına göre ahşap kullanılan alanda ahşap zarar görmüş ise; ahşap türü doğru seçilmemiş veya uygulaması doğru yapılmamış olarak kabul edilir. Bunu önlemek için ahşabının kullanılacağı yer doğru planlanmalı şekli belirtilen yöntemler ve standartlarda olmalıdır (TS 344, 2012).

2.3.3. Bakım Onarım ve Yok Etme Evresi

Ahşap ile yapılan yapılar bir süre sonra kullanıma bağlı olarak yıpranmalar yaşayacaktır. Yıpranmanın boyutuna göre tamir edilirler veya yıpranan parça bir daha yapıda kullanılmamak üzere yok edilip yerine yeni parça yerleştirilir. Yok edileme olarak tabir edilen kısım yaşam dönüşünü tamamlamasıdır ve geri dönüşüme gönderilirler.

Yaşam dönüşünün ahşap malzeme üzerinde ekolojik açıdan iki önemli faydası vardır. Birinci olarak orman yönetimi bilinçli şekilde yapıldığında geri dönüşüm sağlanır. İkincisi ise yapısal bir materyale dönüştüğünde çevreye çok az zarar verir. Bir ağaç ürettiği CO₂'nin fazlasını kendisi tükettiği için ahşap malzemenin CO₂ içeriği yoktur. Bilinçli bir ahşap malzeme kullanıcısı ahşap malzemenin ömründen maksimum faydalanır (Canan, 2003).

Özet olarak bilinçli kullanımlarda bakım onarım ve yok etme kısımları oldukça kolaydır. Ahşabın bakıma ihtiyaç duyması kullanım, dayanıklılık ve ahşap cinsine öre değişir. Bunların dışında oluşabilecek nem veya bir sarsıntı etkisinden malzemenin zarara uğraması durumunda söz konusu malzeme değiştirilebilir (Erkoç, 2004). Uzun süre kullanımdan dolayı aşınma olmuş parçalarda, ahşabın içine farklı yöntemler kullanılarak bir takım sıvı esaslı ürünlerin emdirilmesiyle malzeme

içerinde açılan oyuklar veya boşluklar doldurulabilir. Cila ve boya gibi işlemlerle de desteklenerek kullanım ömrü uzatılır (Şimşek, 2003).

2.4. Ahşabın Fiziksel Özellikleri

Ahşap malzeme lifli yapısından ötürü ağırlığı az olmasına rağmen mukavemeti fazla bir materyaldir. Ahşabın türüne göre mekanik direnci değiştiği gibi, iklim şartlarına, toprak yapısına, bulunduğu bölgenin yağış alma durumuna göre bile değişir. Ahşabın kuru olması daha makbuldür. Çünkü içerisinde bulunan su oranının fazla olması sağlamlığını negatif etkiler (Yaman, 2007).

2.4.1. Ahşabın Yangına Dayanımı

Ahşabın ham hali ortamdaki ısı değerinin artmasıyla ateş olmadan da yanmaya başlar. Ahşap halk arasında yanıcı bir materyal olarak bilinir fakat bilindiğinin aksine ortam ısısı 170 dereceye gelene kadar malzeme üzerinde sadece kuruma gözlemlenir. 270 dereceye çıkana kadar karbondioksit, buhar ve karbonmonoksit çıkışı gözlemlenir. Isı değeri 300 dereceye ulaşınca alevlenme görülür (Aktar, 2017). Ahşap malzemede tutuşma görüldükten sonra bazı gazlar ve buhar ortaya çıkar. Çıkan gazlardan yanıcı olanlar yangının büyümesine sebebiyet verir. Ahşabın yüzey kısmında siyahlaşma ve sert bir zemin oluşmaya başlar (Şekil 2.3.). Buna kömürleşme denir. Oluşturduğu sert zemin sebebiyle ahşap malzemenin iç bölümünün yanması gecikir bu da yapı bazında mukavemet sağlamaktadır (Yaman, 2007).



Şekil 2.3. Yangından Çıkarılmış Ahşap Yüzeyinde Sertleşme (Kömürleşme)

Kaynak: Yaygır, Korkmaz, (2022)

Yıkım, çökme gibi durumların yaşanmasında, içeride bulunan insanlara dışarıya çıkmak için zaman kazandırır. Ahşap ile yapılan binalarda bir alevlenme durumunda yapı mukavemetini hemen kaybetmemesi söz konusu malzemeyi çelik yapı malzemesine göre daha sağlam ve sağlıklı kılar (Bardavit, 1992). İşlenmemiş ahşabın yangına olan direncini fazla kılmak için doğru boyutlarda kesilmesi çok önemlidir. Ahşap malzemenin yüzey alanı yangına karşı sağlamlığıyla ters orantılıdır. Bundan ötürü parçalara bölünmüş taşıyıcı elemanları, çok parçaya bölünmemiş ham ahşaba oranla daha sağlamdır ve yangına dayanımı fazladır (Bardavit, 1992).

Yangına karşı alınabilecek önlemlerden biri de kimyasal malzemelerle ahşap zeminine işlem yapılmasıdır. Bunun dışında bazı sistemler için ahşap kısımların alçı, kireç, kil gibi maddelerle kaplanması da yangına karşı mukavemeti artırır (Yaman, 2007). Ortam sıcaklığını ahşabın içine almaması ve yandığında sertleşme gibi özellikleri sayesinde ahşap yapının yanına dayanma süresi hesaplanabilir. Ortalama 30-90 dk arası yangına karşı dayanımı beklenir (Erdoğan, 2003). Tüm yapı malzemeleri yangından etkilenmektedir. Lakin malzemelerin özellikleri yanmaya başlama süresi, yanma süresi ve tutuşma ısısı farklılık gösterir.

2.4.2. Ahşabın Depreme Dayanımı

Ahşap diğer yapı malzemelerine oranla hafif bir malzemedir. Deprem bazında düşünüldüğünde, bir yapı yapılırken kullanılan malzemelerin ağırlığı toplamda ne kadar çok olursa depremden o kadar çok etkilenir. Bu bakımdan ahşabın ağırlığının az olması deprem için oldukça olumlu bir faktördür. Şiddeti yüksek olan bir sarsıntıda ahşap yapılarda esnek yapısından ötürü çökme olmamaktadır. Böyle bir durumda ahşap yapı içerisinde olmak en güvenli yerlerden biridir. Yapı sarsıntı şiddetinin etkisiyle sallanır ama yapıda genellikle çökme görülmemektedir. Bu tip sarsıntıda can güvenliğimiz tehlikeye atabilecek şeyler yapı içerisinde bulunan eşyalardır. Yani yapımız ahşap can güvenliğimiz sağlam diyebilmek için yapı içerisindeki tüm eşyaların duvarlara sabitlenmesi gerekmektedir.

Özellikle fay hatlarının geçtiği deprem bölgelerinde ahşap yapılara yoğunluk verilmelidir. Çünkü ahşap yapılar sarsıntılara ve arkasından gelecek artçı depremlere karşı dayanıklıdır. Ahşabın esnek yapısı ve lifli olması gelen sarsıntıyı bina bazında iyi bir şekilde yönetebilir. Bu sayede yapı zarar görmüş olsa bile insanlar dışarıya

sağlıklı bir şekilde tahliye edilebilir. Yapıda tamamen çökme gibi bir durum yaşanmamaktadır (Url 4, 2023).

2.4.3. Ahşabın Ses Yalıtımı Performansı

Ağaç yapısı gereği nemlidir. Ağaçtan çıkarılan kurutma işlemi yapılmamış ahşap malzemeye vurulduğunda boşuk bir tını duyarız. Ama kurtulmuş bir ahşap malzeme bize net bir ses verir. Ağaçların türüne göre ses iletkenlikleri değişir. Doku yönünden ince bir ağaç ses iletimi bakımından en etkili ağaçtır. Yapısal olarak ahşap malzemenin içi boşlukludur. Bu yapısal durum ses yutma özelliğini doğurmaktadır. Buda ses yalıtımı için çok ideal bir malzeme olmasını sağlar (Yaman, 2007). Doğru seçilmiş bir ağaç türü ve bilinçli malzeme işlenmesiyle, ahşap yapılar da kullanılan ahşap bölücüler, odalar arası ses geçirimini önler. Malzemenin kendisi yalıtımlıdır.

2.4.4. Ahşabın Isı Yalıtımı Performansı

İnşaat sektöründe yapılarda kullanılan malzemeler ile ahşabı karşılaştırdığımız noktada ısı konusunda iletken olma durumu fazlasıyla azdır. Yani sıcaklık veya soğukluğu minimum seviyede iletir bu da iyi bir yalıtım sağlar. Bunun en önemli sebebi içeriğinde bulundurduğu selüloz ve boşluklu yapısıdır. Tabi ki de bu yapısı ağaç cinsine ve liflerin yönüne göre değişebilmektedir (Yaman 2007).

2.4.5. Ahşabın Su Yalıtımı Performansı

Ahşap olduğu yerde bulunan suyu difüzyon veya yoğunlaştırma yaparak ortamdaki nem oranını azaltan bir malzemedir. Havada bulunan suyu içine emmesinden ziyade aynı zamanda havaya nemde verebilir. Havada bulunan nemi içine alabilir ve aynı zamanda ortama nem verebilmektedir. Ahşap malzemeye giren ve çıkan su; sıvı veya buhar halinde olabilmektedir. Ahşap içerisinde sıvılar kılcal bölgelerden hareket ederken buhar durumunda difüzyon yöntemiyle hareket sağlarlar. Ahşabın durduğu yerin doğa şartları içerisinde bulunan sıvı miktarlarında fazlalık gösterir (Aktar, 2017). Yapıların dış kısmında kullanılan ahşap ürünlerde su yalıtımı için bazı kimyasal maddelerle desteklenmelidir.

2.5. Yapı Üretiminde Ahşap Kullanımının Önemi

Yapılarda ahşap kullanımı, ormanlar açısından önemi, insan sağlığı açısından önemi ve sosyal ekonomik açıdan önemi ele alınarak 3 başlıkta incelenecektir.

2.5.1. Ormanlar Açısından Önemi

Ahşap yapı malzemenin inşaatlarda kullanım sürecine gelene kadar ilk adım tedariktir. Bunun için malzeme olarak kullanılacak ahşabın, tedarik edilecek ağacın yaşam fonksiyonlarına zarar vermeden bilinçli bir orman yönetimiyle önem kazanır. Ağaçlar bu konuda uzman kişiler tarafından gözetim altında kesilmelidir. Bir yandan eksilen her ağaç içinde yeniden ağaç dikim işlemi devam etmelidir. Ağaç türleri seçilirken kullanılacak yerler için uygunsa, öncelik daha çabuk büyüyen ve gelişen ağaçlar olmalıdır. İnsanların doğa ile bağlantı kurma isteği sebebiyle ahşap vazgeçilemeyen bir malzemedir. Ağaçların düzenli budanması ve budama esnasında çıkan ağaç parçalarının bile işe yarar bir kullanım durumu olması mutualist bir ilişki sağlamaktadır. Bilinçli orman yönetimi devamlılık ve sağlıklı ağaç yetiştirilmesi için önemlidir.

2.5.2. İnsan Sağlığı Açısından Önemi

Ahşap yapı elemanı zehir içermeyen yapısal tutkallardan oluşmaktadır. Laminasyon işlemi geçirmiş ahşapla yapılan yapıların içerisinde hava kalitesi iyidir. Bazı yapılan araştırmalara göre ahşap insanları psikolojik olarak olumlu etkilemektedir (Url 5, 2023). Ahşabın başka bir özelliği de içerisinde bulunan nemi dengede tutar, toz birikimi ve alerjiye sebep olacak etkileri minimumda tutarak sağlıklı olarak daha konforlu bir ortam sunar (Şanlı, 2020). Elastik bir malzeme olması deprem gibi doğal afet durularında en olumlu sonuç veren malzemedir. Can kaybı minimum seviyededir. Yıkım olsa bile ahşap malzemelere çevreye zarar vermez yoğun toz bulutlarına sebep olmaz ve sonrasında tekrar dönüşüm için ilgili birimlere gönderilip kullanılması sağlanır. Sürdürülebilirliği mevcut ve gelecek nesillerin yaşam kalitesi için oldukça önemli bir durumdur. Yangın konusunda da bilinenin aksine en dayanıklı malzeme olması, böyle bir durum yaşandığında strüktürel anlamda uzun süre ayakta kalacağı için binanın tahliyesi sağlıklı bir şekilde sağlanacaktır. Konfor kısmına gelirse ses yalıtımı ve ısı yalıtımı oldukça iyidir. Yapılan bazı araştırmalar sonucunda insan sağlığını kötü etkileyen, malzemelerin içerisinde bulunan kimyasalların kuruması olarak tespit edilmiştir. Bu noktada ahşabın iç yapısındaki nemlilik sayesinde tam kuruma olmayacağı için ahşap malzemelerde bu gibi sorunlar yaşanmamaktadır. Bunların dışında temizliği ve bakımının kolay olması fiziksel anlamda insan bedenini yormaz (Canan, 2003).

2.5.3. Sosyal Ekonomik Açıdan Önemi

Yapılar varoluşlarını anlatabildikleri bir dile sahiptir. Bir bölgede bulunan yapıya bakıldığında, o yapıyla ilgili birçok bilgi edinebilmektedir. Mesela yapıda kullanılan malzemeler, o bölgenin genel hava durumu bilgisini, bitki örtüsünü, toprak yapısı gibi bilgileri vermektedir. Yapının yapım tekniği de orda yaşayan toplumun kültürünü, örf ve adetlerini, tarihini ve ekonomik durumunu yansıtmaktadır (Özdemir, 2000). Yapılar ekoloji başlığı altında incelendiğinde, bazı felsefeciler insan doğanın kölesidir demektedir. Bu kesinlikle doğru değildir. İnsan oğlu aklı ile doğaya köle olmak değil doğayı kendi faydaları için kullanmaktadır. Bunun dışında insanlar önceden kalma alışkanlıkları buna bağlı istekleri, bulunduğu toplumun kültürel yapısı, ekonomik durumu gibi durumlar çevreyle bağdaştığında etkili bir rolü vardır (Kayserili, Altaş, 2010).

Günümüz teknolojisine ulaşana kadar yapı malzemeleri bu süreçte gelişmiş ve bu sektöre olumlu ekonomik etkileri olmuştur. Ama çevresel olarak kirlenme ve sağlıksal konularda kötü etkilenmeler başlamıştır. Bu malzemenin üretim aşamasından başlayıp nakliye, inşa ve kullanım aşaması da dahil olmak üzere hepsi çevreye ve insan hayatına olumsuz etkiler bırakmaktadır. Bu sebepten sonraki nesillere yaşayabilecekleri bir dünya bırakabilmek için çevreyi kirlilemeyecek bir sisteme geçmek şarttır. Günümüzde geleneksel malzemeler geliştirilerek daha sağlam hale getirilmiş ve birçok ülkede sık olarak tekrar kullanılmaya başlamıştır (Aydın, Alemdağ, 2014).

2.6. Ahşap Türleri

Ahşap türleri ikiye ayrılır, masif ahşap ve endüstriyel ahşap. Masif ahşap hiç işlem görmemiş doğal ahşaba denir. Endüstriyel ahşap ise bir üretim tesissinde işlem görmüş, bazı kimyasallarla tepkimeye girmiş orijinal yapısı bozulmuş ahşaptır. Bu işlemler masif ahşabın olumsuz tüm özelliklerinin yok olması için yapılır.

2.6.1. Masif (Doğal) Ahşap

Doğal ahşap, sahip olduğu özellikleri bozulmamış, farklı bir malzeme ile yapıştırılmamış veya birleştirilmemiş, kaplanmamış üstüne bir ek yapılmadan kullanılan, başka bir deyişle saf ve tamamen doğal, gerçek ağaç liflerinden oluşan

ahşap olarak tanımlanmaktadır. Ağaçtan elde edilen kerestenin uzunluğunun sınırlı olması nedeniyle, büyük yüzey oluşturulması gerektiğinde masif ahşapların birbirlerine eklenmesiyle paneller oluşturulabilmektedir (Aktar, 2017). Masif ahşabın avantajlarının başında, sağlıklı, ses ve ısı iletkenliği düşük bir malzeme olması gelmektedir. Lakin doğal olması yani hiçbir işlem görmemiş oluşu rutubete bağlı ahşap çalır, çürüme, renk değiştirme, böceklenme ve stabilitesini etkileyen bazı durumlara yol açmaktadır (Bilgin, 2010). Masif ağaç malzeme, geniş yüzeyler için bütün bir üretimi bulunmamaktadır. Bu eksiklik sebebiyle yonga levhalar, lif levhalar, kontrplak vb. ahşap levhaların üretimleri, masif ahşaptan yararlanılarak üretilmektedir (Ergül, 2013).

2.6.2. Endüstriyel Ahşap

İki veya daha fazla ögeyi bir arada tutmak için bir matris kullanılarak, kompozit malzeme oluşturulur. Ahşap kompozit malzeme; genellikle doğal kökeni ile özellikleri değişen ve istenilen özellikleri elde edilmiş bir malzeme olarak karşımıza çıkmaktadır (Seçkin, 2006). Kompozitler sadece levha ürünlerini değil aynı zamanda kalıpla şekil verilmiş ürünlerle, farklı malzemelerin de kombinasyonu ile oluşturulan ürünleri de ifade etmektedir. Bu ürünler lif levhadan lamine malzemelere kadar geniş bir dağılım gösterir (Güller, 2001). Endüstriyel ahşap ürünler Şekil 2.4. te görüldüğü gibi kereste, levha, yonga, lif, talaş gibi ahşap malzemelerin tutkallı, birleştirici ürünlerle farklı biçimlerde üretici firma tarafından birleştirilmesiyle imal edilen ürünlerdir (Avlar, Ustaoglu, 2017). Bu ürünlerin en üstün özelliği, küçük boydaki ağaç parçalarını, üretim safhasında çıkan talaş parçalarının değerlendirilebilmesidir. Malzemenin kusurlarından arındırılarak kusursuz bir ürün elde edilebilmesi ve istenen formda yapı elemanı üretilmesinde avantajları arasındadır (Seçkin, 2006). Bu ürünler şu şekilde sıralanabilir:

- Yapıştırılmış Lamine Ahşap / Glued Laminated Timber (GLT),
- Çapraz Lamine Ahşap / Cross Laminated Timber (CLT),
- Yapısal Kompozit Ahşap / Structural Composite Lumber (SCL)
- Ahşap Beton Kompozit / Timber Concrete Composite (TCC)

- Kavelalı Lamine Ahşap / Doweled Laminated Timber (DLT)
- Çivili Lamine Ahşap / Nailed laminated Timber (NLT)
- Masif ve Kontrplak Panel (MPP). (Avlar, Ustaoglu, 2017)



Şekil 2.4. Endüstriyel Ahşap Türleri

Kaynak: Tavşan ve ark., (2022)

Endüstriyel ahşap malzemeler, mobilya sektöründe, yapı sektöründe, iç mekan ve dış mekanlarda geniş bir kullanım alanına sahiptir. Ham ahşabın fiziksel formu, levha formu, kullanılan tutkal türü ve miktarı değiştirilerek, suya dayanıklılık, yangına dayanıklılık ve çeşitli çevresel etkiler için ek malzemeler eklenerek bu ürünlerin performansı iyileştirilebilir. Günümüzde; kontrplak, çeşitli yapı levhaları, lamine edilmiş ağaç malzeme, yonga levha, MDF gibi bazı kompozit malzemeler birlikte gruplandırılarak “Engineered Wood Products (EWP)” adını almıştır (Güller, 2001).

3. YAPI ÜRETİMİNDE AHŞABIN KULLANIMI İÇİN LAMİNASYON TEKNİĞİ

3.1. Ahşap Laminasyonu Tekniği

Üretilen malzemenin daha dayanıklı daha sağlam, daha kullanışlı ve uzun ömürlü olabilmesi için laminasyon işlemi uygulanır. Birden fazla ürünün ısı ve tutkallanması ile yüksek basınç uygulanarak birleştirilir. İşlemden önce birden fazla ürün varken işlem bittikten sonra çok katmalı tek bir ürün ortaya çıkar. Laminasyon tekniğiyle yapılmış bu işlem sonrası ürünlere lamine denir. Örneğin; lamine parke, lamine ahşap, çapraz lamine ahşap vb. gibi. Bu işlemi yapmanın farklı farklı yöntemleri mevcuttur. Bu farkın sebebi laminasyon işlemi yapılacak ürünlerin özellikleri ve ne amaçla kullanılacaklarıdır. Fakat temelde bulunan mantık aynıdır. Daha sağlam, daha sağlıklı, uzun ömürlü malzemelerin üretilmesi (Url 20, 2023).

Tamamen ahşap bazında anlatacak olursak ahşap lamine malzeme iki veya ikiden fazla katın birbirine yapıştırılması suretiyle liflerin birbirine dik veya paralel gelecek şekilde yüksek basınç altında birleştirilmesiyle üretilir. Eğer üretilecek eleman kavisli olması gerekiyorsa (Şekil 3.1.) o zaman kesinlikle lif yönleri birbirine paralel uygulanmalıdır. Laminasyonda birbirinde farklı ağaçlar, farklı katmanlar, farklı boyutta üretim ve kalınlık uygulanabilmektedir. Tamamen tasarımı esnek tutulabilir. Tasarımda özürlük sağlayabilen bir malzemedir (Şenay, 1996).

Son zamanlarda dünya üzerinde insan yoğunluğunun artması, sanayinin gelişmesi bununla birlikte çevre kirliliğinin artması gibi kötü etkilerden dolayı doğayı kirletmeyen, insan sağlığına zararı olmayan, sera gazı gibi kötü sonuçları minimize eden ahşap malzemeye doğru geçiş hızlandırılmıştır. Bu süreç içerisinde endüstriyel ahşap, ilgili birimler tarafından araştırılıp olumlu sonuçları görüldüğü için üretim ve kullanım arttırılmıştır (Şanlı, Vural, 2021). Genel olarak ladin, çam, karaçam gibi sert yapılı ağaç çeşitlerinden seçilmektedir.



Şekil 3.1. Kavisli Lamine Ahşap

Kaynak: Url 23, (2023)

Levha halinde veya parçalı halin birleştirilmesiyle oluşturulan katmanlar, tutkal veya başka yöntemlerin uygulanmasıyla birleştirilir. Katmanların çeşitli şekillerde ve çeşitli yöntemlerle tutkallanarak birleştirilmesi sayesinde tabaka yüzeyinde olabilecek kötü sonuçların oluşumunun engellenmesi ve mukavemetinin artması sağlanır (Url 6, 2023). Bildiğimiz masif ahşaba göre daha pürüzsüz ve daha sert bir yapısı vardır. Daha büyük üretilbilir. Boyutsal kararlılık hakimdir. Daha yüksek sağlamlık özelliğine sahiptir. Bir soruna karşı öngörülebilir bir özelliktedir (Şanlı, Vural, 2021). Nefes alma özelliği sayesinde pas yapmaz. Bu sebepten nemli veya kimyasal gaz bulunduran ortamlarda rahatlıkla kullanılabilir. Sistemik şekilde bakımı yapılması lamine ahşabı ölümsüz bir malzeme yapmaktadır (Url 7, 2023). Ahşap laminasyonu yapılırken aşağıdakilere dikkat edilmelidir.

- Kullanılan yapıştırıcı malzeme çok önemlidir. Neme dayanıklı, suya dayanıklı veya poliüretan olmalıdır.
- Ahşap laminasyon işlemine alınmadan önce kurutma işleminin doğru yapılmış olması, ideal kuruluğu getirilmiş olması gerekmektedir.
- Yapıştırılacak olan zeminler düzgün rendelenmesi gerekmektedir. Bu işlem sonucunda pürüzsüz bir zemin elde edilmelidir.

- Laminasyon işlemi için makinaya yerleştirilen ahşaba, cinsine göre basınç uygulanmalıdır. Az basınçta çok basınçta istenileni vermemektedir.
- Bu gibi işlemlerde ortam, ısı ve mevsimsel sıcaklıklar iyi hesaplanmalı işleme bu durumlara göre alınmalıdır (Url 8, 2023).

3.2. Ahşap Laminasyon Türleri

Birçok türü olan laminasyonun inşaat alanında en önemli iki türü bulunmaktadır. Bunlar çapraz lamine ahşap (CLT) ve tutkallı lamine ahşaptır (GLT). CLT, duvar paneli, döşeme, merdiven, şaft gibi alanlarda kullanılır ve yapıların çok katlı olmasında etkin bir rol sergilemektedir. GLT ise kolon, kiriş gibi yapının ayakta durmasında rol oynar ve yapıların geniş açıklıklara ulaşmasını sağlamaktadır.

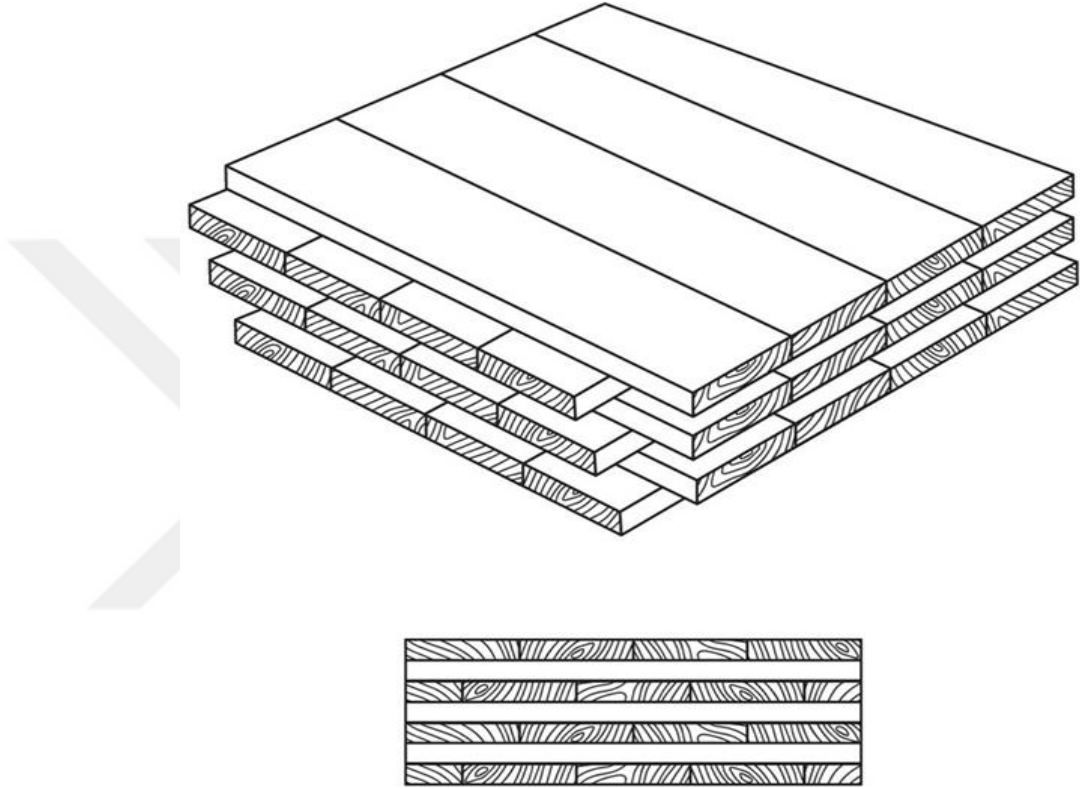
3.2.1. Çapraz Lamine Ahşap (CLT)

Çapraz lamine ahşap en az üç kat ahşabın ısı ve basınç altında birleştirilmesiyle oluşmaktadır. Yapılarda duvar paneli, döşeme, merdiven ve şaft alanlarında kullanılmaktadır.

3.2.1.1. Tanımı ve tarihsel gelişimi

Çapraz lamine ahşap 20 seneden beri Avrupa'da yapı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Gün geçtikçe malzeme ile ilgili daha geniş araştırmalar yapılmaktadır (Şanlı, 2020). Çapraz lamine ahşap, çok ağır olan çerçeve sistemlerine başka bir seçenek olması için üretilmiş bir malzemedir. Ahşap yapıların çok katlı yapılması konusunda çok önemli bir yapı malzemesi olması düşünülmüş endüstriyel bir malzemedir. CLT, belirli sayıdaki katmanların birbirlerine tam dik açıyla gelerek yapıştırıcı uygulanması ile yapılmaktadır (Şekil 3.2.). Genellikle dikdörtgen şekilde üretilmektedir (Url 9, 2023). Malzemenin %99,4'ü keresteden oluşurken %0,6'sı tutkaldır. Endüstriyel ahşap ürün olan çapraz lamine ahşap dünyada CLT, KLH, BSP, X-LAM gibi farklı kısaltmalarla tanımlanmaktadır (Özan, 2017). Çapraz lamine ahşap yapısı gereği akustiği iyi, deprem, yangın gibi doğal afetlere dayanıklı ve ısı iletkenlik değeri düşük bir malzemedir. Bu özelliklerinden farklı olarak esnekliğinden dolayı tasarımda kolaylık, hızlı ve az enerji harcanarak kurulum ve çevreye minimum zarar vermektedir. Bu sayılan özelliklerden dolayı yüksek

yapılarda kullanılan beton, taş, tuğla, çelik gibi malzemelere çok iyi bir alternatif olarak kabul edilmektedir (Şanlı, 2020). Çapraz lamine ahşap mekanik özellikleri, rijitliği ve stabilitesi olarak geliştirilmiştir ve yapı sektöründe uygulamaları fazladır. Uygulama alanı olarak duvar, çatı, döşeme, merdiven ve şaft gibi yerlerde tercih edilmektedir. Kullanım alanları sebebiyle çok katlı yapı inşaatlarında kullanılmaktadır.



Şekil 3.2. Çapraz Lamine Ahşabın Yapıştırılma Şekli

Kaynak: Url 26, (2023)

Hibrit kullanıma uygun bir malzemedir yani beton, çelik, taş, tuğla hatta geleneksel yapı malzemesi olan kerpişte dahil olmak üzere birçok yapı malzemesiyle birleştirilerek kullanılabilir (Url 11, 2023). Birleştirmesi yapılırken Şekil 3.2. de görüldüğü gibi birbirine dik gelecek şekilde iki yönde malzemeler konulur böylelikle panellerin büzülmesi veya uzamasının önüne geçilir bu da dayanıklılık ve strüktürel kapasiteyi arttırmaktadır. Özellikle çok katlı binalarda maliyet hesaplamalarında beton çelik ve taş gibi malzemelere oranla çok daha uyguna denk gelmektedir (Divekar, 2016). Çapraz lamine ahşap 1990 senesinde Avusturya ve Almanya'da

üretimine başlanmıştır. 1990 yılının ortalarında araştırmalar sonucunda Çapraz lamine ahşap ürünü geliştirmeleri hızlanmıştır. Çapraz lamine ahşabın geliştirmesinde en başta gelen sebep ise doğal olan ahşabın çalışma durumunu azaltıyor oluşu ve böyle bir ürüne ihtiyaç duyulmasıdır (Fraser, 2017).

Başka bir sebep ise maddi değeri düşük olan ahşabın inşaat sektöründe aktif olarak kullanma isteğidir (Url 12, 2021). Çapraz lamine ahşabın 1990larda başlanan araştırmalar, sınırlarını öğrenmek için birkaç yıl daha sürmüştür. Avusturalya’da Styriada Graz Teknik Üniversitesi’nde araştırma projesi olarak geliştirilmiştir. Çapraz lamine ahşap, insan sağlığı açısından karbon tutma özelliğiyle ön plana çıkmakta ve bir diğer yapı malzemesi olan çelik ve betona göre daha sağlıklı olmasından dolayı bir alternatif olarak görülmüştür (Özan, 2017). Endüstriyel ahşap türü olan CLT’nin Avrupa’da inşaatlarına başlanmış ve artık yapı sektöründe yeni bir kavram olarak yerini almıştır (Şanlı, 2020). 2000’li yıllarda CLT’nin tanınırlığının artmasının en büyük sebebi yeşil bina kavramı önem kazanması ve CLT’nin doğal bir ürün olmasıyla birlikte nakliyatının kolay olması ürünü yapı sektöründe popülerleştirmiştir. Avrupa yönetmeliğe yeni bir düzenleme getirmiş ve ahşap yapılar için Eurocode 5 standardı kullanılmaya başlanmıştır (Güzel ve Yesügey, 2015). CLT’nin ilk konut projesi 1993 yılında yapılmıştır. İlk çok katlı konut projesi ise 1995 yılında gerçekleşmiştir (Fraser, 2017). Günümüzde CLT’nin başka ahşap yapı malzemelerinin yanı sıra beton, çelik, taş vb. malzemelerle hibrit kullanımı daha geniş kapsamlı yapı olanakları sağlamaktadır (Şanlı, 2020).

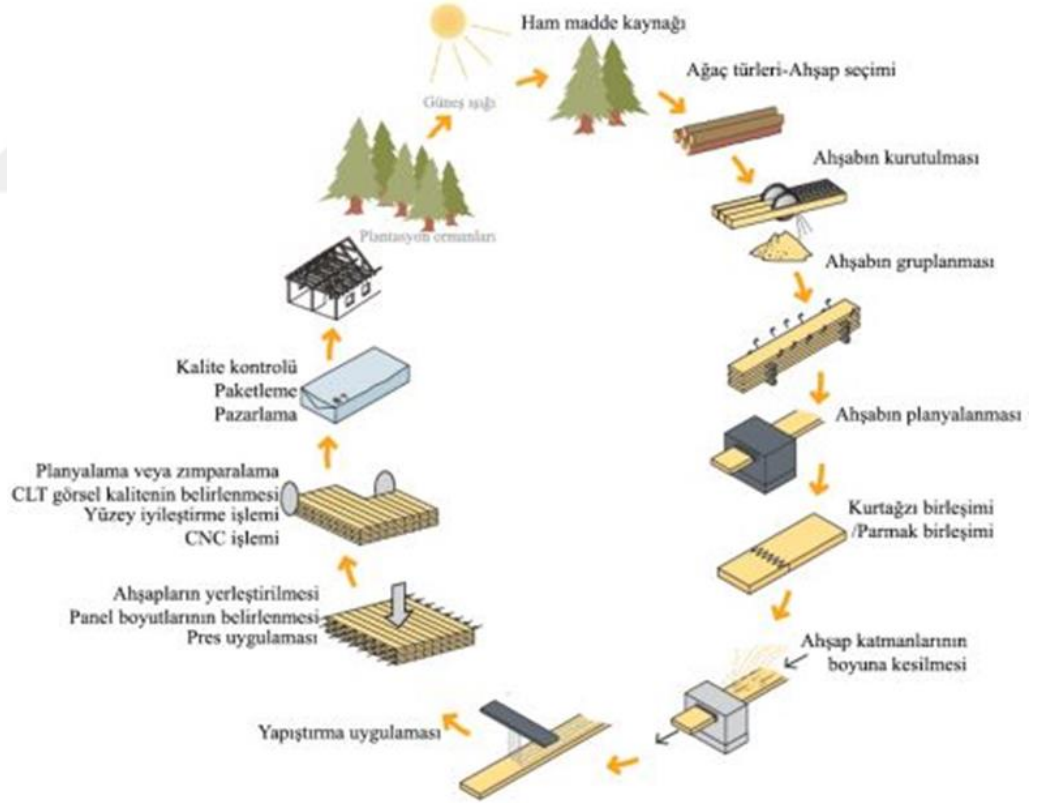


Şekil 3.3. CLT Tarihsel Gelişim Süreci

Kaynak: Şanlı, (2020)

3.2.1.2. Üretimi ve özellikleri

Üretim sürecinde sadece ağacın kalitesi değil tasarım ve sürecin denetimli ilerlemesi çapraz lamine ahşabın kullanımda verimliliğini arttırmaktadır. Yapılacak olan yapının fikir aşamasından uygulanma aşamasına kadar geçen zamanda bu projede çalışan mimar, mühendis ve ustaların birlikte planlı hareket etmesi oldukça önemlidir. Çapraz lamine ahşabın üretim aşaması (Şekil 3.4.) şu şekilde sıralanmaktadır. Ağaçların bilinçli kesilmesi, kurutma işlemi, pürüzlerden kurtulmak için yüzey düzleştirme işlemi, daha uzun bir malzeme elde etmek için birbirlerine geçme yüzeyleri oluşturma yani kurtağzı birleştirme işlemi, dümdüz bir zemin oluşturmak için planyalama (rendeleme) işlemi, bir arada durmaları için yapıştırma işlemi, yapıştırılan yüzeylerin sağlam olması ve ayrılmaması için basınç uygulama işlemi ve son olarak alıcılara iletebilmek için paketleme işlemiyle son bulmaktadır (Şanlı, 2020).



Şekil 3.4. CLT Panel Üretim Aşamaları

Kaynak: Şanlı, (2020)

Bir yapı malzemesi olan çapraz lamine ahşabın oluşmasında iki önemli malzeme vardır. Bunlar yapıştırıcı ve ahşabın kendisidir. CLT üretiminde yapıştırıcının cinsi ve özellikleri çok önemlidir. Toksik madde içermeyen yapıştırıcılarla belirlenen ağaçlardan yapılan ahşap levhaların üretim sürecinde bir araya getirilmesiyle elde edilir (Divekar, 2016). Doğal ormanların korunmasını sağlamak amacıyla bozulmuş orman alanlarını düzenleyerek, ormanın açık alanlarında hızlı büyüyen ağaç türlerinden oluşan yüksek verimli tohumlar ve ağaç türleri olan plantasyon ormanlarından elde edilen, kesilip budakları temizlenmiş ağaçların üretim tesislerine götürülerek kurutma işlemi yapılır ve istenilen boyuta uygun şekilde makine ile kesilir (Şanlı, 2020).

Makine ile kesilip hazır hale getirilen tabakalar iç ve dış katman olmak üzere iki sınıfa ayrılır. Görüntüsü güzel olanlar dış katmanlarda kullanılırken görüntüsü biraz daha bozuk olanlar iç katmanlarda kullanılmaktadır. Uzunluğu 20m, Kalınlığı genellikle 80-300 mm arasındadır (Şanlı, 2020). Kesilen ahşap malzemeye planyalama işlemi uygulanmaktadır, bu işlem pürüzsüz bir zemin oluşturup yapıştırıcının etkisini arttırmaktadır. Tabakalar birbirine 90 derece olacak şekilde (Şekil 3.2.) üst üste yerleştirildikten sonra ısı ve basınç altında yapıştırma işlemi uygulanır (Barutçu, 2020). Bu durumu daha detaylı açıklamak gerekirse en az 3 kat olacak şekilde 3,5,7 ya da tek sayı olarak tabaklı masif ahşap malzemenin lifleri dik gelecek şekilde en az 0,6 N/mm² basınç altında, geniş yüzeylerinden seçimi doğru yapılmış tutkalla yapıştırılmaktadır. Bu malzeme kuvvet veya moment etkisi altında şekil değişmeyen, dayanıklı ve uygun stabilizasyona ulaşmış elemanlardır (Güzel ve Yesügey, 2015). Yapıştırma işlemi tamamlandıktan sonra planyalama ve kalite kontrol işlemleri yapılmaktadır. Üretim aşamasından sonra CLT panele CNC makineleri ile istenilen boyutlarda veya boşluklar (kapı, pencere vb. boşluk) kesilmektedir (Çavuş, 2019). Çapraz lamine ahşap, katmalı bir yapıya sahip olduğundan dolayı iyi bir performansa sahiptir. Lamine işlemi uygulanan ahşap suya karşı dayanımı işlem görmemiş yani masif ahşaptan daha iyidir. Sıcaklık konusunda stabilite sağlayan doğal bir yapısı vardır. Yangın sırasında sertleşme (kömürleşme) özelliği gösterdiği için yapı bazında mukavemeti iyidir. Titreşimlere karşı duyarlı bir malzemedir. Esnek bir malzeme olması sismik açıdan iyi bir izlenim yaratmaktadır (Şanlı, 2020).

3.2.1.3. Yapı elemanı olarak kullanımı

Çapraz lamine ahşap çok yönlü kullanım sağlayabilir. Statik olarak dayanımı yüksektir. Çapraz lamine ahşap katmanları birbirine dik gelecek şekilde bir sağ bir sol olarak koyularak yapıldığından dolayı x yönünde de y yönünde de karşı koyma gücü gösterir. 2 yönde de mukavemet sağlaması özelliğinden ötürü kolon ve kiriş gibi malzemelerde az kullanılır. Clt yapı elemanı en çok duvar, döşeme, şaft ve merdiven yapımında kullanılır (Şekil 3.5.). Standartında belirlenmiş 3 metre yükseklik 13.5m genişliği sahiptir. Standart içinde taşıyıcı eleman açıklık aralığı 8 metredir. Fakat yapı malzemesinin kalınlığını arttırdığımızda ölçüler uzar ve genişler (Şanlı, Vural, 2021).



Şekil 3.5. Yapı Elemanı Olarak Kullanıldığı Alanlar

Kaynak: Şanlı, Vural, (2021)

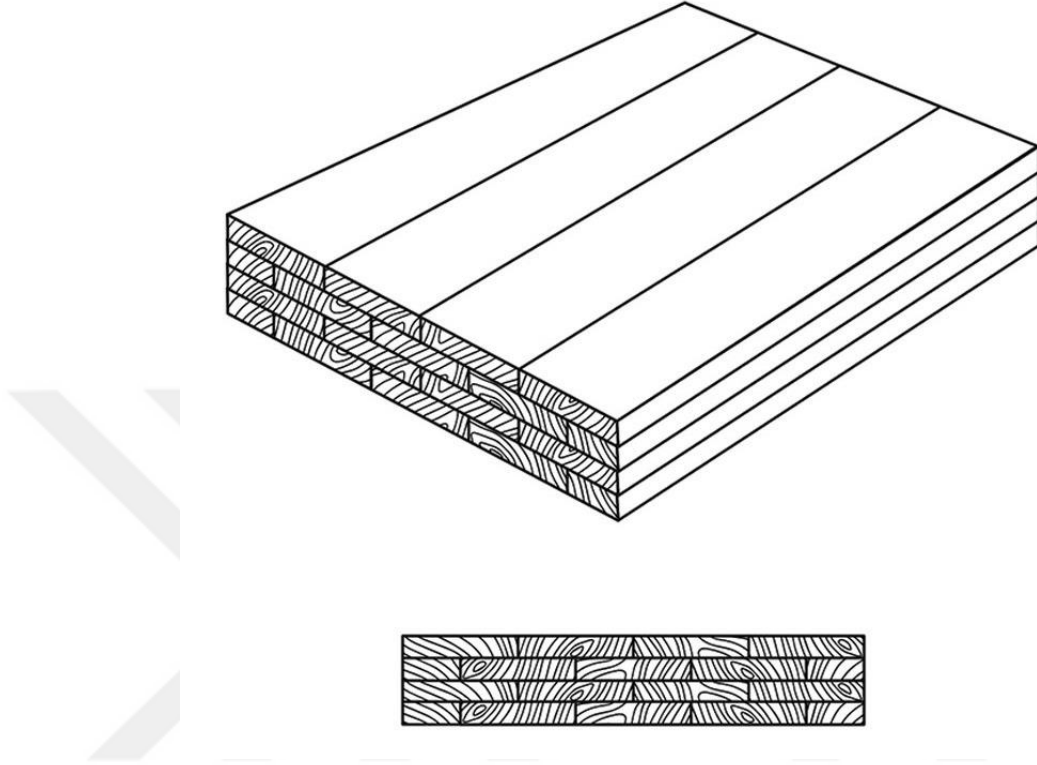
3.2.2. Tutkallı Lamine Ahşap (GLT)

Tutkallı lamine ahşap en az 3 kat ahşabın ısı ve basınç altında birleştirilmesiyle oluşmaktadır. Yapılarda kolon, kiriş bölümlerinde sıklıkla kullanılmaktadır.

3.2.2.1. Tanımı ve tarihsel gelişimi

Tutkallı lamine ahşap bir diğer adıyla yapıştırılmış lamine ahşap veya glulam (GLT) olarakta bilinmektedir. İlk olarak doksanların başında Avrupa bölgesinde kullanılmaya başlanmıştır. 1901 yılında İsviçre de bu konuda bir adım atarak patent almıştır. Bu malzemenin yapı sektöründe dış ortamlarda kullanılmasını sağlayan asıl olay istenilen kuvvetli suya dayanıklı olan yapıştırıcının üretilmesidir (Url 14, 2023). Tutkallı lamine ahşap x veya y yönünde fark etmeksizin ne olursa olsun yüzeyler birbirlerine paralel şekilde tutkallanır (Şekil 3.6.). Parça uzatılmak isteniyorsa kurt ağız birleştirme yöntemiyle uzatılabilmektedir. Çok yönlü tasarım için uygun bir yapı

malzemesidir. Tutkallı lamine ahşap üretimde kalınlıklar 11,4/212,8 cm arasında. Genişlikler 8/36,5 cm arasındadır. Uzunluk ise 2250 cm'e kadar üretilebilmektedir (Şanlı, Vural, 2021).



Şekil 3.6. GLT Birleştirme Yöntemi

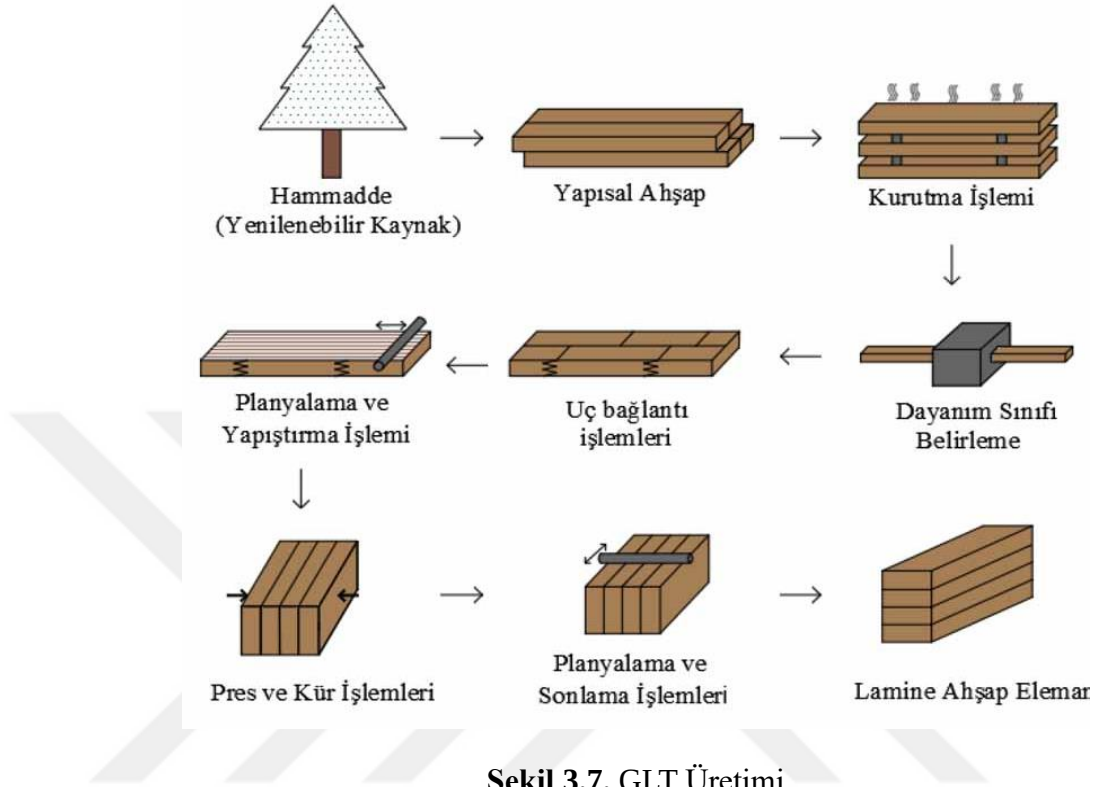
Kaynak: Url 25, (2023)

Tutkallı lamine ahşap ısı yalıtımı gayet iyi olan, suya karşı direnç gösterebilen iyi bir yapı malzemesidir. Bu gibi özelliklerden dolayı hem iç hem de dış cephede rahatlıkla kullanılabilir. Yangına karşı duruşu iyi olan bu malzeme Şekil 2.3.' te görüldüğü gibi kömürleşme özelliği sayesinde yapı statiği minimum 30 maksimum 90 dakika koruyabilir. Bundan ziyade tüm ahşap malzemeler dönüştürülebilirdir (Url 15, 2023).

3.2.2.2. Üretimi ve özellikleri

GLT'nin ortaya çıkmasında iki önemli malzeme ahşap ve tutkaldır. Ahşap seçilirken yenilenebilir ormanlardan mukavemeti yüksek ağaç türleri seçilmektedir (URL14, 2023). Tutkallı lamine ahşap özgül ağırlığı 0,41-0,55 g/m³ arasında olan türlerden elde edilmektedir. Tutkallı lamine ahşabın (GLT) nasıl üretildiğine gelecek

olursak, aşamalı bir şekilde anlatalım Şekil 3.7.'de de açıkça görüldüğü gibi, ilk öncelikle yenilenebilir bir kaynak olan ağaçların sürdürülebilir bir ormandan uzman kişiler tarafından toplanması gerekmektedir.

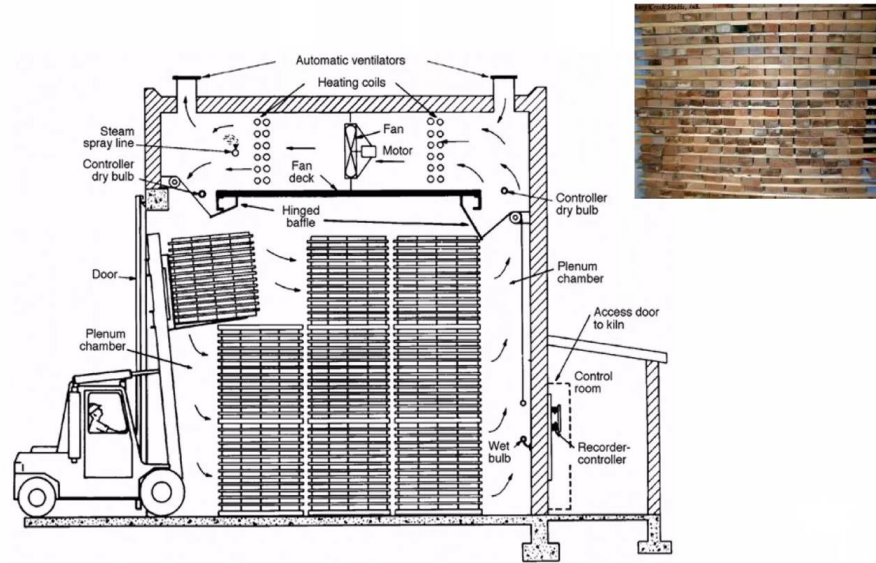


Şekil 3.7. GLT Üretimi

Kaynak: Url 28, (2023)

Kullanılan ağaç türleri ülkelere, bölgelere göre değişiklik gösterebilir. Sonrasında ormandan ihtiyaca göre kesilen ağaçlar toplanıp üretim tesisine getirilmektedir. Burada bir alanda istiflenmektedir. Kurutma yöntemini karar verilip kurutma aşamasına geçilir. Doğal kurutma yöntemi seçilir bu yöntemde hava şartlarına bağlıdır. Uygun şekilde dış ortamda dizilen ağaçlar kurumak için kenarda bırakılır. Veya diğer yöntem ve en çok kullanılan yöntem kurutma fırınlarıdır. Ağaç parçaları bu fırınların içerisine boşluklu olarak yerleştirilerek kurumaya bırakılır. Şekil 3.8.'de bu işlem detayları görülmektedir. Kuruma işlemi bittikten sonra ağaçlar dayanımları kontrol edilir ve sınıflara ayrılır. Lamine işlemine geçmeden önce son basamakta uzunluğunu belirlenmektedir. Projeye göre önceden istenilen uzunluk belirlenmiştir. Verilen ölçülerdeki uzunluğu elde etmek için parçalı halde olan ahşaplarımızı birbirlerine birleştirerek istenilen uzunluğu ulaşılabilir. Bu birleştirme yönteminin adı kurtağzı olarak bilinmektedir. Bu yöntem dışların

birbirine geçerek yapıştırılmasıdır. GLT için genellikle MUF ve PUR ismi verilen tutkallar kullanılmaktadır (Url 16, 2023).



Şekil 3.8. Kurutma Fırını

Kaynak: Url 27, (2023)

Bu işlemden bittikten sonra ağaç parçaları planya (rende) yapılmak üzere başka bir alana alır. Burada tamamen pürüzsüz hale gelene kadar işlem devam eder. Pürüzsüz hale gelen ahşaplarımız artık yapıştırılacaktır. Planyalama işlemi bittikten sonra en az 3 kat olması gerekmektedir. Her katman birbirine paralel olacak şekilde yapıştırılmalıdır (Şekil 3.6.). Yapıda kullanılacak olan ahşap, yapının projelendirmesinde istenilen ahşap stillerine göre düz, kavisli, bükülmüş veya kıvrılmış şekilde üretilebilir. Yapıştırıcı sürülüp istenilen kalıpta hazırlanan ürün kilitlerle tutturulup yüksek basınç ve ısı uygulanarak yapışması beklenir (Şanlı, Vural 2021). Birbirine yapışan lamine ahşabın müşteriye teslim edilebilmesi için son bir işlem kalmıştır. Basınç sonucu yapıştırıcıların taşması ve bazı problemlere karşı önlem olarak tekrardan planyalama ve zımpara işlemi uygulanır. Sonrasında ürünlerin teslimat için paketlenmesi yapılır ve uygun araçlara yüklenerek gönderilir. Projeye bağlı çeşitli boylarda ürün üretmek mümkündür. Tutkallanmış lamine ahşap hibrit yapımlar için uygundur. Tasarımcı bu ürünü kullanarak özgün bir tasarım yapabilir. Geniş açıklıkların geçildiği tiyatro, spor salonları, konser alanları, arenalar yapılabilir. Tek açıklıklı yapılar içinde uygundur. Uygun giriş üretimiyle kubbeli yapılar oluşturulabilir (Url 7, 2023).

3.2.2.3. Yapı elemanı olarak kullanımı

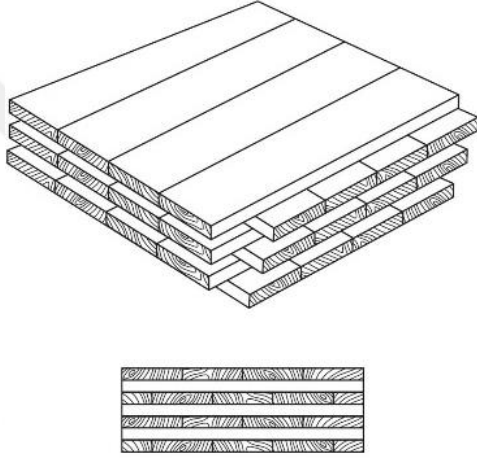
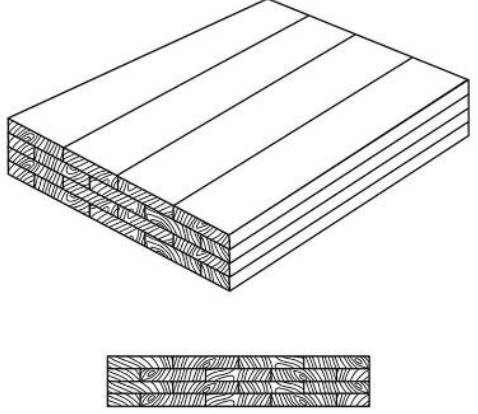
GLT yapı elemanı kiriş kullanımlarında yatayda kolon kullanımlarında dikeyde uygulanmaktadır. Bunun dışında döşeme ve merdiven için kullanılabilir olsa da en çok kolon, kiriş, kemer, makas gibi düz ve kavisli gibi farklı formlarda kullanılırlar. Bunun sebebi tek yönlü kuvvetleri iyi şekilde idare etmeleridir (Şanlı, Vural 2021). Çatıda bulunan tutkallanmış lamine ahşap kirişler şu amaçlara hizmet etmektedir: Mertek, Aşık (Sirt, Damlalık), gergi, baba, asma kiriş, göğüs, bel kemeri, yastık, direk gibi çeşitli isimler kullanır. Uygulamasında: çivi, vida, cıvata, bulon ve tutkal gibi birleştirme elemanları kullanılır. Hem asma hem de oturtma çatılarda ahşap güvenle kullanılabilir. En çok kullanılan ağaç türleri köknar, çam, kayın, ladin, selvi ve sedirdir (Karayılmazlar ve ark., 2008). En çok tercih edilen kullanım alanları aşağıda sıralanmıştır.

- Köprü inşası, hipodrom, gemi kısımları,
- Ahşap evlerin iç taşıyıcı elemanlarında
- Ahşap evlerin merdiven, tavan, duvar ve yer döşemelerinde,
- Okul, cami, alışveriş merkezi gibi yapılar,
- Spor salonları, kapalı yüzme havuzu, kapalı tribün yapıları,
- Büyük depo ve hangar yapımı, fabrika binaları,
- Sinema, tiyatro, konser, teşhir ve gösteri salonlarının iç mekanlarında,
- Konut, otel, bahçe mobilyası, pergola yapımı,
- Kapı, pencere, pervaz ve lambri üretiminde,
- Vagon ve karavanların duvar, tavan ve yer döşemelerinde,
- Hava ve deniz ulaşım araçlarının iç mekanlarında,
- Doğrama profili olarak ve çatı malzemesi olarak

Özellikle kullanım yerinde yapılması zor ve ekonomik olmayan makas, kolon gibi yerlerde lamine ahşap kirişler ideal kullanım yeri olarak değerlendirilmektedir (Karayılmazlar ve ark., 2008).

3.2.3. CLT ve GLT'nin Karşılaştırmalı Tablosu

Tablo 3.1. CLT ve GLT Karşılaştırılması.

Çapraz Lamine Ahşap / Cross Laminated Timber (CLT),	Yapıştırılmış Lamine Ahşap / Glued Laminated Timber (GLT),
	
Ağaç türü olarak ladin, karaçam, köknar, douglas köknarı, lale ağacı kullanılır.	Ağaç türü olarak ladin, karaçam, köknar, douglas köknarı, çam, sedir, meşe, kestane ağacı kullanılır.
Birleştirilmek için uygulanacak katman sayısı en az 3 kat olmalıdır. Ve katmalar 3,5,7 gibi tek sayı olarak devam etmelidir.	Birleştirilmek için uygulanacak katman sayısı en az 3 kat olmalıdır. Tek sayı ilerleme durumu yoktur. 4,5,6 olarak devam edebilir.
Kalınlık: 6cm ila 50cm arası.	Kalınlık: 11,4cm ila 212,8cm arası.
Genişlik: 48cm ila 295cm arası.	Genişlik: 8cm ila 36,5 cm arası.

Tablo 3.1. (Devam) CLT ve GLT Karşılaştırılması

Uzunluk: 1650cm ila 2400cm arası.	Uzunluk: 2250cm ila 4000cm arası.
Yapıda kullanıldığı yerler duvar, döşeme, merdiven ve şaft.	Yapıda kullanıldığı yerler kiriş, kolon, çatı makası ve portal.
Yük dağılımı iki yönlüdür.	Yük dağılımı tek yönlüdür.
Yapım sistemi olarak tek başına kullanılarak bir yapı oluşturulabilir. Bunun dışında hibrit ahşap ve hibrit sistem içinde uygundur.	Tek başına bir yapı tamamlanamaz. Hibrit ahşap ve hibrit sistem için uygundur.
Sıklıkla çok katlı binalarda yapı elemanı olarak kullanılır.	Geniş açıklık olması gereken yapılarda kiriş bölümlerinde yapı elemanı olarak kullanılır.
Döşeme açıklığı maksimum 800cm.	Döşeme açıklığı maksimum 20000 cm'dir.
Yapıştırıcı olarak içeriğinde solvent ve/veya formaldehit gibi kimyasal içerikli maddeler bulundurmayan: PUR, MUF, PRF, EPI tercih edilir.	Yapıştırıcı olarak içeriğinde solvent ve/veya formaldehit gibi kimyasal içerikli maddeler bulundurmayan PUR, MUF, PRF tercih edilir.
Tek başına yapım sistemi olarak kullanılabilir.	Sadece hibrit yapım sistemi için uygundur.

Kaynak: Şanlı, Vural, (2021)

3.2.4. Lamine Malzemelerin Nakliye Aşaması

Bir yapı tasarımı yapılırken kullanılacak ürünler için nakliyenin planlanması önemli bir husustur. Çünkü lamine malzemelerin boyutları 40m'ye kadar ulaşabilir.

Bu da taşıma kısmında bir aksaklık ve sorunla karşılaşmamak için planlama önemlidir, özel nakliye hizmetleri gerekmektedir (Karacabeyli, Douglas, 2013). Nakliye aracına malzemeler iyi yerleştirilmeli kayma düşme çizilme ihtimallerini göz önünde bulundurarak iyi planlama yapılmalıdır (Şekil 3.9.).



Şekil 3.9. Nakliye İçin Araca Yükleme İşlemi

Kaynakça: Url 23, (2023)

Nakliye için ayrılacak bütçe toplam bütçenin %10 u olarak düşünülmelidir. Panelleri uygun fiyatlarda ve zarar görmeyecek şekilde taşımak için dikkat edilmesi gereken konular şunlardır:

- Ürünler nakliye aracına taşınmadan önce yerleşim planı yapılmalıdır.
- Planlanan yerleşim için ürünler yüklenecek araca sırasıyla dikkatli bir şekilde taşınmalıdır.
- Nakliye aracının büyüklüğü baz alınarak ürünler yerleştirilmelidir.
- Çapraz lamine ürünler için yani duvar paneli üzerinde açılmış boşluklu malzemeler veya tutkallı lamine ürün olan kolon kiriş gibi kavisli, boşluklu ürünler şekil itibariyle düzgün yerleşim sağlayamaya bilmektedir. Buda nakliyeyi maddi yönden olumsuz etkilemektedir.
- Gerekli durumlarda yüklenen araç üretim tesisinden şantiye alanına gidene kadar uygunluğa göre yol kapatılmalı, tedbir alınmalı veya takip eşliğinde taşınmalıdır (Şanlı E. 2020).
- Nakliye işleminin verimli tamamlanması için şantiye alanında nakliye aracı için alan planlaması önceden yapılmalıdır.

3.2.5. Lamine Malzemelerin Şantiye Aşaması

Şantiye kısmı; teslimat, taşıma, depolama, kurulum, malzemenin korunması ve kontroller olmak üzere 6 aşamadan oluşmaktadır.

3.2.5.1. Teslimat

Getirilen ürünler iki veya üçlü desteler haline birbirine ipe bağlanmış sabit bir şekilde getirilmiş olması gerekmektedir. Getirilen alanda malzemenin araçtan indirilmesi için önceden temiz ve kuru bir alan hazırlanmış olması gerekir. Şantiye alanı gelecek malzemenin boyutuna göre araç boyutu değişeceği için büyük bir araç gelecekte buna uygun bir konumda olmalıdır. Veya malzemeler helikopter yardımıyla aktarılacaksa buna uygun bir alan seçilmelidir. Araçtan boşaltım bir vinç veya forklift yardımıyla yapılmalıdır (BCA, 2019 ve Structurlam, 2019).

Malzemeler sahaya teslim edildiğinde saha güvenlik sorumlusu tarafından şu işlemler yapılmalıdır:

- Sipariş verilen ürünlerin eksiksiz geldiği kontrol edilmelidir.
- Gelen malzemelerde hasar veya kusurlu bir durum olup olmadığı kontrol edilmelidir.
- Bir kusur veya eksik bir ürün varsa üretici firmaya bilgi verilip yenisi tedarik edilmelidir (BCA, 2019).
- İrsaliye üzerindeki firma bilgilerinin doğruluğu teyit edilmelidir.
- Ürünler eksiksiz teslim edildiyse evraklar imzalanmalıdır.

3.2.5.2. Taşıma

Çapraz lamine ahşap panellerde şantiyede sorunsuz bir teslimat gerçekleşmesi için daha üretim safhasında askı yeri yapılmaktadır (Şekil 3.10.). Panellerin araçtan indirime işlemi panelin yatay veya dikey olmasına bağlı olarak uygulanır (Karacabeyli, Douglas, 2013). GLT panel için bir askı yapılması zorunlu değildir. Talebe göre oluşturulabilir. Bir halat yardımıyla birbirlerine bağlanıp o şekilde taşınabilirler. Taşıma işlemi bir vinç, helikopter, forklift gibi araçlarla gerçekleştirilir.



Şekil 3.10. Sol Resim CLT Panel Taşınması. Sağ Resim GLT Ürün Taşınması

Kaynak: Url 24, (2023)

3.2.5.3. Depolama

Laminasyon işlemi uygulanmış ürünlerin depolanması hususunda dikkat edilmesi gereken konular şunlardır;

- İstiflenecek olan ürünler sert ve çökme yapmayacak bir zeminde depolanmalıdır. Zemin ıslak veya nemli olmamalı ve çökme gibi durumlar yaşanmamalıdır. Bu istiflenen ahşap ürünlere zarar verebilmektedir.
- Depolanacak ortamın nem değerine dikkat edilmelidir.
- Ürünlerin özellikle toprak olacak bir zemine direk teması engellenmelidir. Bunun için en az mesafe 25cm olarak belirlenmiştir.
- Lamine ürünler inşaat zamanından tasarruf etmek için gruplanarak ve kullanım sırasına göre istiflenmelidir.
- Gruplandırma işleminde aynı boyutlardaki ürünler bir arada bağlanmalıdır.
- İstifleme işlemi yapılırken belirli aralıklarla boşluk olmalıdır bunun için aynı materyalde takozlar kullanılmaktadır (Şekil 3.11.).
- Ürünlerin nem altında kalmaması için gelen tüm ürünler paketlerinden çıkartılmalı ve çıplak bir şekilde depolanmalıdır.



Şekil 3.11. Lamine Ahşapların Depolanması

Kaynak: Url 31, (2023)

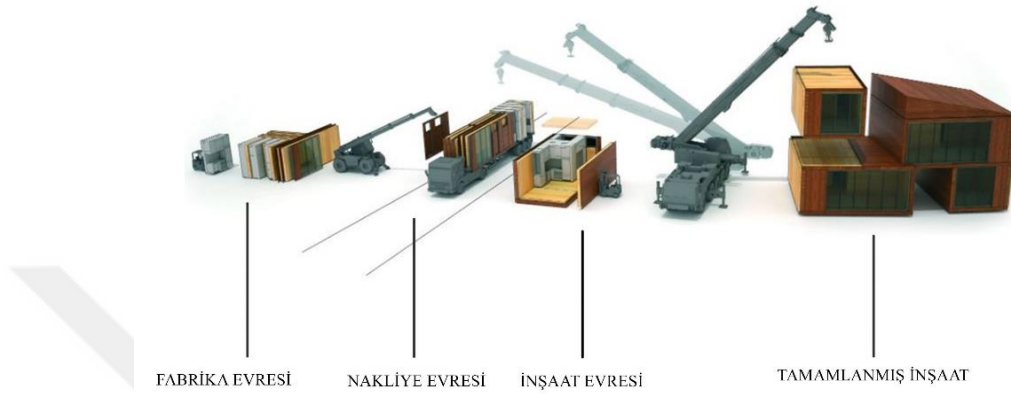
3.2.5.4. Malzemenin korunması

Lamine edilmiş ürünler kötü hava koşullarından korunmalıdır. Özellikle yağmur kar kırağı vs. durumlarda ahşabın suyu emen yapısından dolayı şişmeler meydana gelebilir. Aynı zamanda malzeme üzerlerinde renk değişimi görülen durumlardır (Karacabeyli, Douglas, 2013). Olası kötü bir durumda suya maruz kalmış malzemeler kurutulmalıdır. İnşaat sürecinde yapının inşaat tamamlandıktan sonra bu tip olaylar karşısında dirençli durabilmesi için bazı uygulamalar yapılmaktadır. Lamine malzemenin üzerine, rengi şeffaf olan kir toz tutmayan ve içerisine su geçmesini engelleyici maddeler sürülür. Bu işlem yapının ömrü boyunca belli periyotlarla yapılmalıdır (Şanlı, 2020).

3.2.5.5. Kurulum

Ahşap lamine malzemenin en önemli özelliği zamandan tasarruf ettirmesidir. Diğer yapı malzemesinin kullanıldığı inşaatlara göre çok kısa sürede tamamlanır. CLT yapı elemanında yapılacak panellerin üzerinde oluşacak boşlukların, GLT kolon kiriş gibi yerlerinin daha projelendirme aşamasında belirlenmesi üretim ve kurulumu oldukça kolaylaştırır. Bu işlem bir yapbozu birleştirmek gibi düşünülebilir. Böylece her bir ürünü birleştirmek için ortalama 15dk ile 60 dk arası bir zaman harcanır (Karacabeyli, Douglas, 2013). Ayrıca diğer yapı tiplerine göre monte etmek için daha

az inşaat elamanı ve daha az personel çalıştırılmaktadır. Buda zaman ve ekonomi bazında büyük bir tasarruftur (Şanlı, 2020). Önceden üretilmiş lamine ürünlerin doğru kullanılması için tamamen tasarıma uygun hareket edilmektedir. İnşaat sürecinde minimum yanlış ile devam etmeli ve her şey en ince ayrıntısına kadar hesaplanmalıdır (Url 21, 2023).



Şekil 3.12. Lamine Ürün İnşaat Aşamaları

Kaynak: Url 30, (2023)

Şekil 13.12.'de gösterildiği gibi bu planlama süreci sırasıyla;

- Üretici firmadan proje için tasarlanan ürünler için sipariş oluşturmak.
- Üretilen lamine ürünlerin büyüklüklerine uygun bir araçla (tır, kamyon, helikopter vb.) şantiye sahasına getirmek (Şekil 3.12.).
- Şantiye sahasına gelen ürünlerin inşaat akışına göre montajlama yapılması veya uygun bir zeminde kullanım sırasına göre ürünlerin istiflenmesi (Url 21, 2023).
- İnşaat aşamasında ürünlerin zarar görmeden montajlama yapılacak alana vinç veya forklift vb. bir araçla taşınması (Şekil 3.10).
- Yapının temel oluşturması tamamlandıktan sonra her katın iç duvar bölmelerine kadar montajı yapıp sonra bir üst kata geçilmektedir.

- Yapı büyük bir yapıysa projelendirmede kolon var ise sırasıyla temel bittikten sonra ilk kolonlar yerleştirilir. Sonrasında duvar panelleri taşınıp onların montaj işlemleri yapılmakta.
- Beş altı kişilik bir ekip 8 saat gibi bir çalışma süresinde 25-30 arası panel monte edebilmektedir.
- Montajlama işlemi için yerleştirilen duvar panelleri vidalı halde bulunan köşebentlere takılır. Sonrasında diğer panellerle birleştirilerek sağlam olması için sert bir cisimle panele vurularak tam yerine oturtulmaktadır.
- Sonraki aşama Şekil 3.13.' te görüldüğü gibi panellerin çelik materyalleri ürünlerle desteklenmesidir. Bu işlem kalıcı değildir (Url 22, 2023).
- Duvar panellerinin montaj işlemi bittikten sonra döşeme yerleştirilir.
- Tüm bu işlemler her kat için uygulanır.
- En son çatı yerleştirilerek inşaat işleminin kaba kısmı tamamlanır.



Şekil 3.13. CLT Panellerin Çelikle Desteklenmesi

Kaynak: Url 22, (2023)

3.2.5.6. Kontroller

Lamine malzemelerin üzerine sonradan herhangi bir boşluk açılmasına müsaade edilmemektedir. Bunun sebebi malzemenin kendi statik değerini kaybedebilme ihtimalidir. Bu gibi boşluklar daha üretim aşamasında açılmaktadır. Şantiye sahasında yapılacak bazı değişiklikler şantiye sorumlusu, mimar, mühendis, tasarımcı ve üretici firmayla ortak görüşmeler sonucunda bir karar bağlanıp uygulama yapılabilir. Birleştirme işlemleri tamamlandıktan sonra vuruk ezik gibi kısımlar var ise bunlara onarma çalışmaları yapılmaktadır (Şanlı, 2020).

3.2.6. Lamine Malzemelerin Kullanım Aşaması

Yapı tamamlandı teslim edildikten sonra yapı içerisinde yaşam başlar. Bazı kullanıma bağlı zedelenmeler kaçınılmazdır. Bu konularda yapılması gerekenler şu şekildedir;

- Bina içerisindeki nem oranı korunmalıdır.
- Yapı içerisinde ani ısı değişimleri yapıyı olumsuz etkiler. Bu sebepten içerideki ısı seviyeli şekilde zamana yayarak arttırılmalıdır.
- Dış veya iç ortamda güneş ışığına bağlı renk değişiklikleri oluşabilmektedir. Bunlar renk değişikliklerinin yapıya bir zararı yoktur. Görsel zevk olarak biraz beklenip renk eşitlenmesi oluyor mu gözlemlenmeli veya zımparalama işlemi yapılarak renk eşitliği sağlanabilmektedir (Şanlı, 2020).
- Kullanıcı yapı içerisinde herhangi bir kapı yeri değiştirme, ekstra pencere açma gibi işlemleri kesinlikle yapmamalı. İnşaat firması bu konuda kullanıcıları kesinlikle uyarmalıdır.

3.3. Yapım Sistemi Olarak Kullanımı

Yapı elemanlarının tek başına kullanılarak ya da farklı yapı elemanları ile bir araya gelmesi sonucunda üç farklı yapım sistemi ortaya çıkmaktadır. Bu sistemler; CLT panel yapım sistemi, hibrit ahşap yapım sistemi ve hibrit yapım sistemi olarak adlandırılmaktadır.

3.3.1. Çapraz Lamine Panel Kullanımı

Çapraz lamine ahşap tek başına kullanılarak bir yapı oluşturabilmektedir. Bunu dışında hibrit sistem içinde uygundur. CLT yapım sistemi tümüyle CLT duvar ve döşemeden meydana gelmektedir. 8 metre açıklığa kadar ulaşabilir (Şanlı, 2020). Statik CLT duvar ve panelden oluşmaktadır. Bu sebepten panellerde maksimum incelikte tercih edilmesi gerekir. Duvar paneli olarak kullanılacak malzemeler taşıyıcı bir görev üstlenir binayı ayakta tutan malzemeler panellerden oluşmaktadır (Şekil 3.14.). Bir nevi bu sistemde kolon görevi üstlenmektedir (Zumbrunnen, 2017). Bu sistem çok katlı yapılar için uygun değildir. Bu sistemde panelin kalınlığına bağlı olarak uygun döşeme açıklığı 500 cm olarak bildirilmiştir. Ancak bu sistemde minimum 450cm maksimum 800cm e kadar döşeme açıklığı geçilebilmektedir. Bu özelliğinden dolayı genelde konut projelerinde tercih edilmektedir. Bu yapım sistemi esnek tasarıma uygun değildir. Statik için uygun görülen açıklık proje çiziminde tasarımcıya bir sınır getirir. Fakat strüktürel olarak gayet sağlıklı ve sağlam bir yapı ortaya koyar. Planda kutu kutu çıkan tasarımdan dolayı bu yapım sistemine petek yapım sisteminde denir (Şanlı, 2020).



Şekil 3.14. CLT Panel Yapım Sistemi Örnek Yapı.

Kaynak: Url 24, (2023)

3.3.2. Hibrit Ahşap Yapım Sistemi

Bu yapım sistemi daha esnek tasarıma imkan tanıyacak projeler yapabilmek için endüstriyel ahşap ürünlerin birleşimiyle oluşan bir yapım sistemidir. Hibrit ahşap yapım sistemlerinde Yapıştırılmış Lamine Ahşap (GLT), Çapraz Lamine Ahşap (CLT), Yapısal Kompozit Ahşap (SCL), Ahşap Beton Kompozit (TCC), Kavelalı Lamine Ahşap (DLT), Çivili Lamine Ahşap (NLT), Masif ve Kontrplak Panel (MPP) gibi endüstriyel ürünlerin birlikte kullanılması uygun görülmektedir (Avlar, Ustaoglu, 2017). Bu yapım sisteminde tercih edilen ve sık kullanılan çapraz lamine ahşap ve tutkallı lamine ahşaptır. Tutkallı lamine ahşap binada statik görevi üstlenip kolon ve kirişlerde kullanılırken çapraz lamine duvar paneli, döşeme, merdiven gibi yerlerde sıklıkla kullanılır. Bu yapım sisteminde döşeme açıklığı ideal olarak 750cm, belirlenmiştir. Bu belirlenen ölçü idealidir. Fakat ahşap cinsleri kalınlıkları ağırlıkları değiştikçe veya kolon kalınlıklarında standarttan üste çıkıldıkça bu belirlenen döşeme açıklığı ölçüsü değişebilmektedir. Bu sistemle çok katlı ahşap yapılar inşa edilebilmektedir. Bu yapılan inşaatlar, yapı tasarımında maliyet, tasarım kolaylığı ve farklı tasarımlara imkan vermektedir (Şanlı, Vural, 2021).



Şekil 3.15. GSK Carbon Neutral Laboratuvarı

Kaynak: Url 32, (2023)

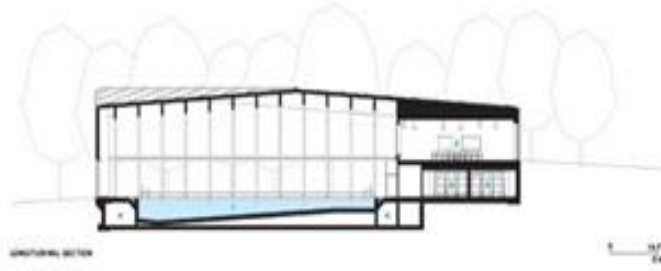
Şekil 3.15.'te ahşap hibrit bir yapı örneği mevcuttur. Burada bulunan kolonlar ve kirişler GLT den üretilmiştir. Merdiven döşeme şaft ve duvar panelleri CLT malzemeden üretilmiştir.

3.3.3. Hibrit Yapım Sistemi

Hibrit yapım sisteminin hibrit ahşap yapım sisteminden farkı çelik beton gibi diğer yapı elemanlarının da kullanılmasıdır. Hibrit yapımda amaç kullanılacak yapı elemanlarının bölgesel olarak en verimli özelliği nereye hitap ediyorsa orda kullanılmaktadır. Mesela bina yükünü hafifletmek ve esneklik sağlamak için duvar ve döşemelerde çapraz lamine ahşap tercih edilir. Kolon olarak tutkallı lamine ahşap veya çelik, kirişlerde çelik veya tutkallı lamine ahşap, yapı çekirdeğinde daha çok betonarme veya çelik tercih edilir. Bunlar genel olarak kullanılanlardır. Bunun dışında farklı kombinasyon olan örneklerde mevcuttur (Şanlı, 2020).

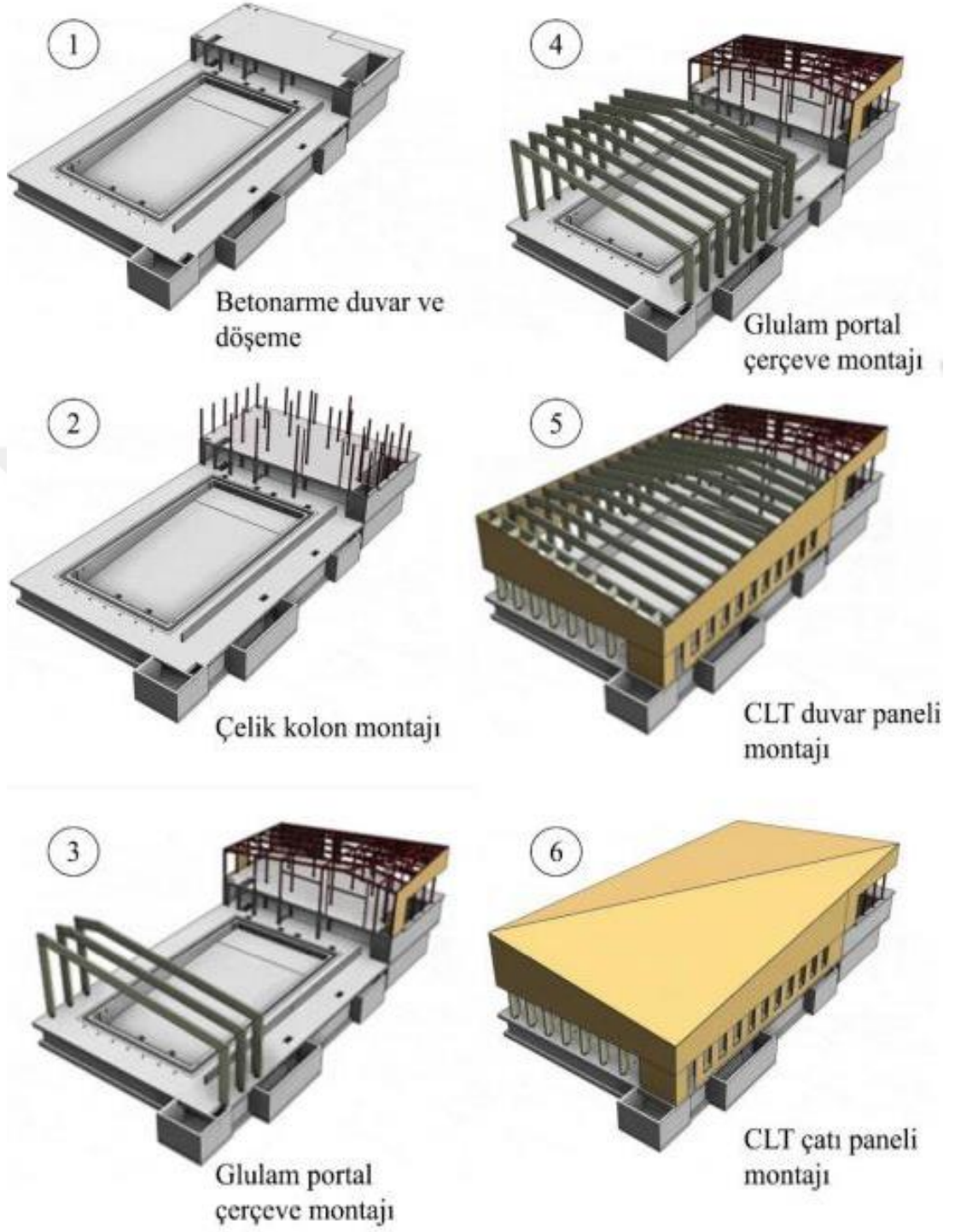
Çelik yapı malzemesi yapının elastiklik modülünü ve dayanıklılığını üst seviyelere çıkarmaktadır. Ahşap çeliğe göre basınç dayanımında daha iyi iken, çeliğin çekme dayanımı daha iyidir. Bu iki malzemenin yapıda doğru bir şekilde birlikte kullanımı yapısal ve strüktürel anlamda çok dayanıklı bir bina sonucunu verir. İki malzeme birbirlerinin eksik yönlerini tamamlamaktadır (Şanlı, Vural, 2021). Lamine ahşap betonla karşılaştırıldığında beton çok daha ağırdır. Kat sayısı arttıkça binanın hafif oluşu büyük önem kazanmaktadır. Bu sebepten betonarme kısım sadece çekirdek kısmında kullanılması tercih edilmektedir.

Bu yapım sistemi için standart açıklık 1000cm olarak verilmektedir. Fakat yapıda kullanılacak yapı elemanlarının kullanım şekilleri, ağırlıkları gibi farklı etmenlerle binanın döşeme açıklığı büyüyebilmektedir (Şanlı, Vural, 2021). Şekil 3.16.'da Londra da bulunan Freeman's okulunun yüzme havuzu görülmektedir. Şekil 3.17'de yapım aşamaları anlatılmıştır. Görüldüğü üzere zeminde döşeme olarak ve yapının ilk katında bulunan odalar için betonarme kullanılmıştır. Yapının ikinci katında çelik kolonlar ve havuz bölümünde GLT kolon ve kiriş portal biçiminde uygulanmıştır. Yapının dış cephe kaplamasında CLT panel kullanılmıştır. Yapının çatısında da CLT yapı elamanı uygulanmıştır. Bu hibrit yapıda, yapı malzemelerinin olumlu özellikleri birleştirilip yüksek dayanım ve esnek tasarımlı bir yapı tamamlanmıştır.



Şekil 3.16. Freeman's Okulu Yüzme Havuzu

Kaynak: Url 32, (2023)



Şekil 3.17. Freeman's Okulu Yüzme Havuzu Yapım Aşamaları

Kaynak: Şanlı, (2020)

3.4. Ülkelerde Kullanım Durumu

Ahşap yapı malzemesi dünyanın bazı ülkelerinde çokça tercih edilen bir malzemeyken ülkemizde kullanımı çok azdır. Eski dönemlere gittiğimizde ahşap yapı elemanı ülkemizde çok kullanılan hatta geleneksel Türk konutu birçok araştırmaya içerik olmuş bir yapı sistemidir (Aksoy, Ahunbay 2005).

Bu sistemde zemin katta yığma taş, kerpiç gibi ürünlerin kullanıldığı karkas sistemle yapılan payandalarla dışarıya taşan bölümlerin olduğu kırma çatılı yapılardır. Yani hibrit bir yapı örneği vardır (Kahraman, Zeren 2010). Ülkemizde bu kadar verimli kullanılan ve gelişmeye müsait olan bu yapı malzemesi yıllar geçtikçe beton ve çeliğin icadıyla yerini onlara bırakmıştır. Bunların üretiminden de ziyade ülkemizde ahşapla ilgili ön yargılar fazladır. Yangına dayanıksızdır, fazla maliyetlidir, kurtlanır, böceklenir, suyu emer şişer gibi bilinçsiz bir yaklaşım vardır. Bunlardan bazıları ahşabın olumsuz özellikleridir. Lakin bakımları yapıldığında masif ahşapta bile bunlardan bazıları çok aza indirgenebilir. Kaldı ki çelik ve beton icat edildiğinde daha muhteşem bir yapı malzemesi olacak ahşabın olumsuz yönlerine yok edebilecek bir yapı elemanına dönüştürülmemiştir. O sebepten yüksek katlı yapılar yapmak gibi imkanlar yoktur.

Çelik ve betonun üretimi özellikle nüfusun artması dikey mimariye yönelik gibi tamda bu sebeplerden ahşabı geride bırakmıştır (Ohanesyan, 2012). Yeterli ve gerekli AR-GE çalışmaları yapılmamış bu da ahşabın gelişime serüvenini ülkemizde durdurmuştur. Ülkemizde geleneksel Türk konutu yerini çok katlı betonarme ve çelik binalar doldurmuştur (Avlar, 2008). 1900'li yıllarda laminasyon tekniği bulunmuştur. Bu tekniğin bulunması ve üzerinde yapılan çalışmalarla geliştirilmesi inşaat sektöründe bir devrime vesile olmuştur. Her açıdan muhteşem bir yapı elemanı olan ahşap mekanik ve fiziksel olarak yatayda ve dikeyde göstermiş olduğu dayanım sayesinde özellikle deprem bölgelerinde sıkça kullanılmaya başlanmıştır (Avlar, 2008).

Ahşap yapı sistemleri Finlandiya, Yeni Zelanda, Norveç, Kanada, İsveç, Japonya, Avustralya ve ABD'nin kuzey bölümündeki şehirlerde fazlasıyla kullanılmaktadır. Tutkallı lamine ahşabın üretimiyle bu malzemenin farklı yönde

geliştirilmiş olan çapraz lamine ahşap üretilmiştir. Bu sayede çok katlı yapılarda statik anlamda ahşap kullanılmaya başlamıştır. Bu sistemle saydığımız ülkelerin birçoğunda ahşap ile çok katlı yapılar inşa edilmiştir. GLT, CLT, ahşap içerikli levhalar ve tüm endüstriyel ahşap ürünler Eurocode 5' te de tanımlanmaktadır. Deprem riski yüksek olan Kanada'da konutların ve eğitim binalarının %90'ı, Japonya'da %42'si ve ABD'nin deprem bölgesinde yer alan şehirlerde ise konutların %92'si ahşap taşıyıcı sistemle yapılmaktadır (Çalışkan ve ark., 2019).

Ahşap taşıyıcı sistemler depreme karşı oldukça dayanıklı, yangına karşı diğer yapı malzemelerinden daha sağlam bir yapı malzemesidir. Malzemenin hazır halde olmasından kaynaklı kurulumu kolay, ekonomik, sürdürülebilir bir malzemedir. Kolay şekil alabilir ve esnek tasarım için çok uygun bir malzemedir. Bu kadar önemli özellikler taşımaya rağmen başka ülkelerde çokça kullanılırken bizim ülkemizde endüstriyel ahşap yapı sistemlerinin yapımı oldukça azdır. Özellikle 1999'da olan Marmara depreminden sonra ahşap yapıların deprem karşısındaki duruşu sebebiyle, ülkede kullanımı tekrar gündeme gelmiş, fakat çok katlı yapılarda pek bir artış gözlemlenememiştir (Yücel, 2018).

3.5. Çok Katlı Yapıların Laminasyon Tekniğiyle Yapımı

Çok katlı yapılar literatürde beş ve üstü kata sahip yapılar olarak geçmektedir. Eski tarihlerde inşa edilen ahşap yapılar, bulunduğu bölgenin bitki örtüsünde bulunan ağaç türüne göre o bölgenin gelenek ve yöntemleriyle inşa edilmekteydi. 21. yy.'da çok katlı yapıların kolon, kiriş, duvar paneli gibi elemanları bütün halde üretilip şantiye alanında direk olarak takılmaktadır. Bu durum inşaatın daha kısa sürede tamamlanmasını sağlar. İnşaat süreci daha güvenli takip edilip, daha kaliteli bir işçilikle teslim edilir. Yüksek yapılarda ahşap esaslı malzeme kullanımı beton ve çeliğe göre çevreye minimum kirlilik, sürdürülebilirlik, az enerji tüketimi, ağır olmama durumu, montaj süresindeki olumlu sebeplerden çok daha avantajlıdır (Tavşan ve ark. 2022).

Ahşaplar ağır ve hafif olmak üzere ikiye ayrılır. Hafif ahşap türündeki inşaatlar genellikle 5 veya 6 kata kadar yükselebilmektedir. Bu binalar betonarme bir temel üzerine oturtulur. İskelet tipi olarak platform, balon veya çubuk adı verilen

iskeletler kullanılır. Ağır ahşap ise, çok katlı bina yapımına imkan tanır. Ağır ahşap kullanılarak yapılan yapılar için iki önemli sistem kolon kiriş bağlantılı inşaatlar ve panel sistem şeklinde olan inşaatlardır. Kolon kiriş sisteminde GLT, LVL, PSL gibi endüstriyel ahşaptan yapılabilmesine rağmen tutkallı lamine ahşapta çokça tercih edilmektedir.

Bunun sebebi yangın konusunda ekstra bir koruma durumu gibi bir önlem alınmasına gerek olmayışıdır (Özşahin, 2021). Bunun dışında diğerlerine göre mukavemetinin yüksek olması da tercih sebebidir. Tutkallı lamine ahşap yapının kolon ve kiriş kısımlarında kullanılır. Bu malzeme minimum 3 kat ahşabın birbirine paralel olarak sıcaklık ve basınç altında birleştirilmesiyle oluşur. İstenilen boyuta kurt ağız yöntemiyle uzatılarak 40m kadar yapılabilmektedir. Şantiye alanında montajı oldukça kolaydır. Şantiyede birleştirme elemanı olarak özel vidalar veya köşebentler kullanılır (Türker, 2023). Çok katlı ahşap yapılarda yükseklik arttıkça yanal ötelemelere sınır getirmek için düşeyde bulunan (asansör, shaft, merdiven vb.) elemanların olduğu bölgelerde şekil 3.18de görüldüğü gibi farklı malzemelerden üretilmiş çapraz destek elemanların kullanılması gerekebilmektedir (Özşahin, 2021).



Şekil 3.18. Ahşap Yapıda Çapraz Destek Elemanı

Kaynak: Url 35, (2023)

Temel oluşturulduktan sonra ilk kolonlar yerleştirilir ikinci olarak panel şeklinde olan ürünler yerleştirilir. Bu ürünler çapraz lamine ahşaptan üretilir. Duvar paneli dış duvar, iç duvar ve ayırıcı duvar paneli olarak 3 şekilde üretilir. Şekil

3.19.'da dış duvar için panel montajı görülmektedir. İki paneli birleştirmek için genellikle düz, bindirmeli veya ek parçalı birleşim türü tercih edilir. Bu da şantiyede montaj esnasında büyük kolaylık sağlar. Diğer yapı elemanlarıyla birleşimi vida köşebent veya plaka aracılığıyla yapılır. Panelin kalınlığı kat sayısına göre değişmektedir. 3 kata kadar 3 katlı CLT uygun görülürken (yaklaşık kalınlık 60mm-120mm arası) 8 katta kadar 5 ila 7 katmanlı CLT uygun görülmektedir. Bu da yaklaşık 200mm kalınlıktır. Yapının kat sayısı arttıkça panel kalınlığı değişiklik göstermektedir (Url 34, 2023). CLT kullanılarak yapı içerisindeki döşeme ve şaft gibi kısımlarda yapılmaktadır.



Şekil 3.19. Hibrit Yapıda Duvar Paneli Uygulaması

Kaynak: Url 35, (2023)

Çok katlı ahşap yapılar için özel siparişle üretilen malzemeler şantiyeye getirildiklerinde çeşitli birleşim araçları ile bir bütün haline getirilirler. Birleşimler ahşap-ahşap, ahşap-betonarme, ahşap-çelik yapı elemanları arasında yapılmaktadır. (Şekil 3.19.) Birleşim aracı olarak çivi, vida, ahşap perçin, bulon vb. ile montajlama yapılmaktadır. Birleştirilen yapı düşey yüklerle birlikte bir de yataydan gelen devamlı yüklere (deprem, fırtına) maruz kalmaktadır. Bu gibi durumlarda en çok birleşim noktaları hasar görmektedir (Özşahin, 2021). Vidalı ve çivili montaj işlemlerinde vida tırtıklı bir yapıya sahip olduğu için tutuş kabiliyeti fazladır. Bu sebepten ana tutturucu malzeme olarak çivi yerine vida tercih edilir. Bu iki üründe genelde az katlı yapılarda kullanım için uygundur.

Yapıştırırmalı birleşimlerde yataydan gelen yüklere fazla direnç gösteremeyeceği için az katlı yapılarda kullanılır. Bulonlu birleşimler ise hesaplamalar yapılarak daha üretim aşamasında ahşaba açılan deliklere bulonlar yerleştirilip pul konularak montaj işlemi yapılmaktadır. Bulonlu montajlarda bulon başı ve somunu için yeterli alan kalmadığında dört köşe başlı vidalar kullanılır. Bunların vida cinsinde tırtıklı olmayan kısımlar için ayrı delikler açılır ve o şekilde monte edilir. Bunun dışında montaj işlemi için galvanizli çelik ahşap perçinlerde kullanılmaktadır. Çok katlı ahşap yapılarda düşey ve yatay yüklerin temele aktarılıp yükün dağılması şekil 3.20. de görüldüğü gibi birleşim noktalarında metal elemanlar kullanılır (Özşahin, 2021).



Şekil 3.20. Kolon Montaj İşlemi Detayı

Kaynak: Url 36,37,38, (2023)

Çivi, vida, ahşap perçinli yapı malzemeleri genellikle az katlı yapılar için uygun olup çok katlı yapılarda çizilen projeye özel montaj elemanları kullanılır. Bu montaj elemanlarının şekilleri değişiklik gösterse de amaç aynıdır. Bazı firmalar bu parçaları üretilen lamine ahşap beton veya çelik için birleştirilecek noktalar belirlenerek özel tasarımla tam mukavemet sağlanacak şekilde üretilirler. Parçaların tüm testleri yapıldıktan sonra montaj için şantiye alanına gönderilir.



Şekil 3.21. Döşemede Tesisat Gösterimi

Kaynak: Url 39, (2023)

Paneller proje bazlı özel üretildiği için kapı yerleri belli, pencere yerleri belli, bazen pencere üzerinde montaj edilmiş hale bile gelmektedir. (Şekil 3.19.) Burada akla gelen bir diğer soru ise tesisattır. Su ve elektrik tesisatı Şekil 3.21.'de görüldüğü gibi proje zamanında planlanmış şekilde üretici firmaya iletilmesiyle döşemede kullanılacak çapraz lamine paneller buna uygun şekilde üretilebilmektedir. Yani özet olarak çok katlı ahşap yapılar yapılırken en önemli evre proje kısmıdır. En uzun vakit bu bölümde harcanır. İyi ve detaylandırılarak çizilmiş bir proje şantiye aşamasında bir sıkıntı çıkarmaz. Projenin detayları doğru şekilde üretici firmaya gönderildikten sonra üretilen malzemelerin şantiye alanına gelmesiyle başlayan inşaat bir yapboz gibi birbirine birleştirilerek kısa zamanda bitirilip teslim edilmektedir (Url 17, 2023)

3.5.1. Çok katlı yapı örnekleri

Tablo 3.2. Ascent

Yapının adı	Ascent
Yapının görseli	
Yapım yılı	2022
Bulunduğu yer	Milwaukee / ABD
Yapının kat sayısı	25
Yapının işlevi	Konut/ ticari
Yapım sistemi	Hibrit
Strüktür malzemesi	Ahşap, Betonarme
Ağaç türü	-
Yapı malzemesi ve kullanım yeri	Duvar Döşeme: CLT Kolon, Kiriş: GLT, betonarme Çekirdek, şaft, merdiven: betonarme
Yapı inşaatı	

Tablo 3.2. (Devam) Ascent

Yapının hikayesi	Amerika'nın milwaukee eyaletin de yapımı başlanan Ascent 2022 senesi temmuz ayında yapımı tamamlandı. Ascent binasının yapımında %90 daha az araç ve %75 daha az iş gücü ile yapıldı. Yapı, şu an 25 katlı 86,6 metre yüksekliğiyle dünyanın en yüksek ahşap yapısı olarak geçmektedir. Yapının zemin katında dükkanlar bulunmaktadır. Üst katlarında ise 259 adet daire vardır. Daire tipleri 1+1, 2+1, 3+1 şeklinde planlanmıştır. Hibrit bir yapı olan Ascent, otopark alanı, çekirdek kısmı, asansör bölümü betonarme olarak tasarlandı. Ve yapının ilk 5 katında bulunan taşıyıcılarda betonarmedir. Yapının kalan 19 katında bulunan taşıyıcılar ahşap olarak tasarlanmıştır
------------------	--

Kaynak: Url 54, Url 58, Url 59 (2023)

Tablo 3.3. HOHO Tower

Yapının adı	HOHO (Wooden Tower)
Yapının görseli	
Yapım yılı	2019
Bulunduğu yer	Viyana/ Avusturya
Yapının kat sayısı	24
Yapının işlevi	Konut / Otel / Ofis
Yapım sistemi	Hibrit
Strüktür malzemesi	Ahşap, B.A.
Ağaç türü	Ladin
Yapı malzemesi ve kullanım yeri	Duvar, Döşeme: CLT Çekirdek: Betonarme

Tablo 3.3. (Devam) HOHO Tower

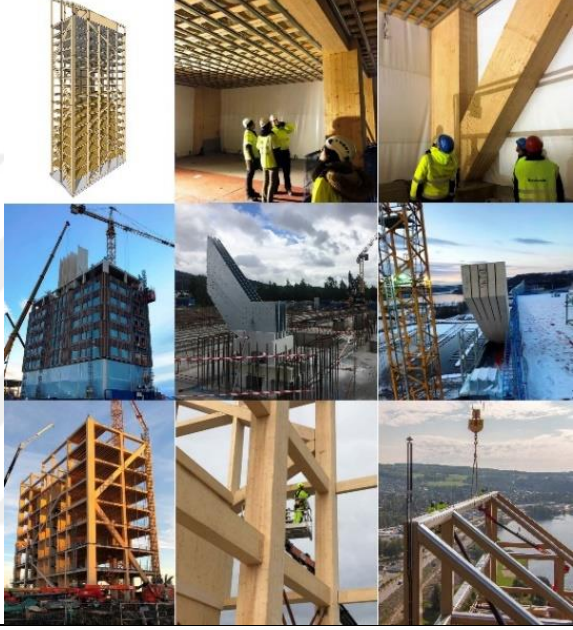
Yapı inşaatı	
Yapının hikayesi	Mimari planlaması RLP Rüdiger Lainer ve Partner Architekten ZT GmbH şirketleri tarafından yapılmıştır. Yapı bulunduğu alanda yaklaşık 4000 m²'lik bir alanı kapsamaktadır. Bina 24 katlı, 84 m yüksekliğinde ve 25.000 m² brüt taban alanı göstermektedir. Yapı için yaklaşık 400 m³ yapıştırılmış lamine ahşap ve 14.400 m² çapraz lamine ahşap tedarik etmektedir. Kasıtlı olarak basit yapı sistemi, dört prefabrik seri bileşenin istiflenmesini kullanır: kolonlar, ana kirişler, güverte döşemeleri ve cephe elemanları. Son cephe katmanındaki ahşap desteklere dayanan ahşap kompozit tavanların taban yüzeyi, betonarme çekirdek taşıyıcı yapısına tutturulur. Ahşap destekler, sırayla masif ahşaptan yapılmış prefabrike dış duvar modülleri ve "toprak tonlarında" izole edilmiş dış cephe kaplaması ile ortak bir montaj elemanı oluşturur. Yapı maliyeti £58,91 milyon.

Kaynak: Url41, Url42, Url 60, (2023)

Tablo 3.4. Mjøstårnet Tower

Yapının adı	Mjøstårnet Tower
Yapının görseli	

Tablo 3.4. (Devam) Mjøstårnet Tower

Yapım yılı	2019
Bulunduğu yer	Oslo/Norveç
Yapının kat sayısı	18
Yapının işlevi	Otel/Ofis/ Konut
Yapım sistemi	Hibrit
Strüktür malzemesi	Ahşap, B.A.
Ağaç türü	Norveç ladini, İskoç çamı
Yapı malzemesi ve kullanım yeri	Şaft, merdiven, döşeme: ilk 10 kat CLT, diğer katlar betonarme Kolon, kiriş: GLT
Yapı inşaatı	
Yapının hikayesi	Mimari planlaması Voll Arkitekter tarafından yapılmıştır. Yapı farklı kullanım alanlarına sahip 18 kattan oluşuyor. CTBUH tarafından doğrulanan resmi mimari yükseklik 85,4 metredir. Her kat yaklaşık 640 m2'dir. Kule için toplam program, ek 4 500m2 hamamla birlikte yaklaşık 11.300 m2'dir. Mjøstårnet yaklaşık 3.500m3 keresteden yapılmıştır. Merdiven boşlukları, asansör boşlukları ve balkonlarda çapraz lamine ahşap kullanılmıştır. Mjøstårnet, uzun bir ahşap binanın planı değil, daha fazla sürdürülebilir kalkınmaya katkıda bulunan bir unsurdur. Mimar, bu binanın en önemli yönü büyük, karmaşık ahşap binalar inşa etmenin mümkün olduğunu göstermek ve bu şekilde başkalarına da aynı şeyi yapma konusunda ilham vermektir.

Kaynak: Url43, Url44, Url 61 (2023).

Tablo 3.5. Brock Commons Tallwood House

Yapının adı	Brock Commons Tallwood House
Yapının görseli	
Yapım yılı	2017
Bulunduğu yer	Vancouver, Kanada
Yapının kat sayısı	18
Yapının işlevi	Yurt
Yapım sistemi	Hibrit
Strüktür malzemesi	Ahşap, çelik, B.A.
Ağaç türü	Ladin, Çam, Köknar
Yapı malzemesi ve kullanım yeri	Duvar, Döşeme, şaft: CLT Kolon, kiriş: GLT Çekirdek: betonarme
Yapı inşaatı	

Tablo 3.5. (Devam) Brock Commons Tallwood House

Yapının hikayesi	Yapı Acton Ostry Mimarları tarafından 2017 yılında yapılmıştır. British Columbia Üniversitesine bağlı bir 404 öğrenci kapasiteli bir yurttur. 54 metre yükseklikte ve 14,593 m ² alan kaplamaktadır. Yapıda 2 adet betonarme çekirdek bulunmaktadır. Ağaç türü olarak ladin, çam ve köknar kullanılmıştır. Zeminde kuvvetli yapıştırıcılarla birleştirilmiş ahşap laminelerle ile 17 katlı çapraz lamine ahşap (CLT) duvar, döşeme, şaft ve tutkallanmış lamine (GLT) ahşap kolonlarla birlikte desteklenmiştir. Cephe kaplamasının %70'i ahşap malzemedir. Titiz planlama ve inşaat ve tasarım süreçlerinin verimli entegrasyonu sayesinde Brock Commons, prefabrike bileşenlerin montaja hazır hale gelmesinden sadece 70 gün sonra tamamlandı. Yapım maliyeti £40,9 milyon. 1.753 ton CO ₂ depolanmış ve 679 ton CO ₂ emisyonu önlendi.
------------------	---

Kaynakça: Url46, Url 62, (2023)

Tablo 3.6. Treet Building

Yapının adı	Treet Building
Yapının görseli	
Yapım yılı	2015
Bulunduğu yer	Bergen Norveç
Yapının kat sayısı	14
Yapının işlevi	Konut
Yapım sistemi	Hibrit
Strüktür malzemesi	Ahşap, B.A.
Ağaç türü	Norveç Ladini

Tablo 3.6. (Devam) Treet Building

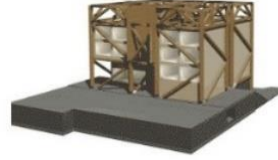
Yapı malzemesi ve kullanım yeri	Duvar, merdiven, şaft: CLT Kolon, kiriş: GLT Döşeme: betonarme
Yapı inşaatı	
Yapının hikayesi	Yapı ARTEC AS tarafından tasarlanmıştır. Yapım süresi 12 aydır. Yapının kapladığı alan 5830m ² . Yapının maliyeti 19,94 milyon Euro'dur. Yapının yüksekliği 49 metredir. Norveç'te inşa edilen 14 katlı konut, tutkallı ahşap çerçeve, çapraz lamine balkonlar ve merdivenler ile prefabrik modüllerdeki dairelerin hibrit bir birleşimidir. Binanın ana başlığı da bu modüler sistemdir. Kendi duvarı çatısı ve zemine olan bir modülün bütün halde şantiyeye getirilerek üst üste konulup birleştirilmesiyle oluşturulmuştur. Tüm boş kalan alanlar yalıtım yapılarak kapatılıp ısı dengesi korunmuştur. Yapının co2 emilimi 21.000 tondur.

Kaynak: Url 40, Url 63, Url 64, (2023)

1. Aşama modüllerin betonarme zemine monte edilmesi



2. Aşama modüller etrafı çerçeve yerleştirilmesi



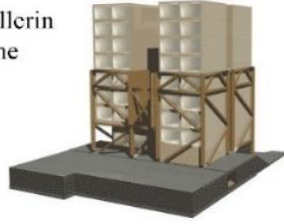
3. Aşama çerçeve içi modül montajı



4. Aşama beton döşeme atılması.



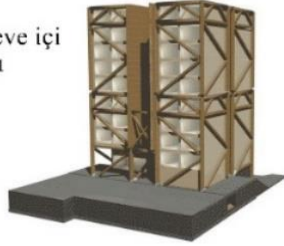
5. Aşama modüllerin tekrar betonarme zemin üzerine yerleştirilmesi



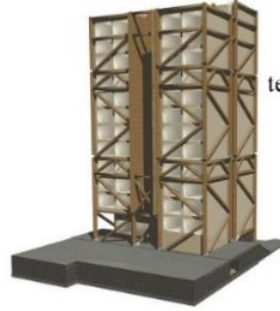
6. Aşama modüller etrafı çerçeve yerleştirilmesi



7. Aşama çerçeve içi modül montajı



8. Aşama modüllerin tekrar yerleştirilmesi ve çerçeve yapılması



9. Aşama teras alanının oluşturulması



10. Aşama balkonların oluşturulması



11. Aşama camların takılması



12. Aşama dış cephe kaplaması



Şekil 3.26. Treet Building yapısı oluşum aşamaları

Kaynak: Url 40, (2023)

Tablo 3.7. Lighthouse Joensuu

Yapının adı	Lighthouse Joensuu
Yapının görseli	
Yapım yılı	2019
Bulunduğu yer	Finlandiya
Yapının kat sayısı	14
Yapının işlevi	Öğrenci yurdu
Yapım sistemi	Hibrit
Strüktür malzemesi	Ahşap, B. A
Ağaç türü	Ladin
Yapı malzemesi ve kullanım yeri	Döşeme: CLT Duvarlar: LVL
Yapı inşaatı	

Tablo 3.7. (Devam) Lighthouse Joensuu

Yapının hikayesi	İnşaatı 20 ay sürede tamamlanan 50 metre yüksekliğindeki Lighthouse, Finlandiya'nın en yüksek öğrenci yurdudur. 117 daireli bu bina, her dairesi yaklaşık 280 m2dir. Kuzey Karelya'nın kalbinde Joensuu'nun Penttilänranta'sında gururla duruyor. Temel ve sığınaklarla toplam 1.200 m2 kullanılmıştır. Yapını geri kalanında, asansör boşluğu da dahil olmak üzere LVL zeminleri ve CLT duvarlarını kullanmaktadır. Binanın içinde yukarıdan aşağıya doğru gerilmiş çok sayıda çelik çubukla güçlendirilmiştir. Bulunan ahşap malzemeler 700 arabanın yıllık emisyonuna eşdeğer miktarda karbon depolamaktadır.
------------------	--

Kaynak: Url53, Url 65, Url 66, (2023)

Tablo 3.8. Origine

Yapının adı	Origine
Yapının görseli	
Yapım yılı	2017
Bulunduğu yer	Quebec City/Kanada
Yapının kat sayısı	13
Yapının işlevi	Konut
Yapım sistemi	Hibrit
Strüktür malzemesi	Ahşap, B.A.
Ağaç türü	Ladin
Yapı malzemesi ve kullanım yeri	Duvar, Döşemeleri, Çekirdek, Şaft, Merdiven: CLT Kolon, Kiriş: GLT Zemin kat: betonarme

Tablo 3.8. (devamı) Origine

Yapı inşaatı	
Yapının hikayesi	Mimar Yvan Blouin tarafından tasarlanan 13 katlı yapının alanı 890 m² ve 40,9 m yüksekliğindedir. Quebec City's Origine'in ahşap yapısını inşa etmek Aralık 2016'dan Nisan 2017'ye kadar sadece dört ay sürmüştür. Bu yapı 13 katlı, 92 üniteli apartman dairesi olarak tamamlanma tarihinde dünyanın en yüksek tamamen ahşap konut projesi olarak bilinmektedir. Proje ekibi tarafından yapılan araştırmaya göre, aynı zamanda bölgenin yangına ve sismik olaylara karşı en dirençli yapılarından biri olarak kayıtlara geçmiştir. Yapım maliyeti £20,09 milyon.

Kaynak: Url 49, Url 67, Url 68, (2023)

Tablo 3.9. Wenlock Road

Yapının adı	Wenlock Road
Yapının görseli	
Yapım yılı	2015
Bulunduğu yer	Londra, İngiltere
Yapının kat sayısı	11
Yapının işlevi	Ticari, konut
Yapım sistemi	Hibrit

Tablo 3.9. (Devam) Wenlock Road

Strüktür malzemesi	Ahşap, çelik, B.A.
Ağaç türü	Batı kırmızı sedir
Yapı malzemesi ve kullanım yeri	Duvar, Döşeme, şaft, Merdiven: CLT Kolon: Çelik, Betonarme Kiriş: Çelik
Yapı inşaatı	
Yapının hikayesi	Hawkins \ Brown Architects tarafından yapılan Wenlock Road projesinin toplam alanı 6,750 m ² 'dir. 10 kattan oluşan yapı Yaklaşık 30 metre yüksekliğindedir. 50 konut biriminin 3 olmasa da en az 2 yönden yararlanmasını sağlamak için her seviyede kademeli olarak düzenlenmiş benzersiz bir haç biçimli planı vardır. Bu tasarım stratejisi, ışık ve havalandırmayı en üst düzeye çıkarır. Yapım maliyeti £8,61 milyon

Kaynak: Url 50, Url 69, Url 70, (2023)

Tablo 3.10. Forte Apartmanı

Yapının adı	FortÉ Apartments
Yapının görseli	
Yapım yılı	2015
Bulunduğu yer	Melbourn İngiltere
Yapının kat sayısı	10
Yapının işlevi	Konut
Yapım sistemi	Hibrit
Strüktür malzemesi	Ahşap, çelik, B.A.
Ağaç türü	Avrupa Ladini

Tablo 3.10. (Devam) Forte Apartmanı

Yapı malzemesi ve kullanım yeri	Duvar/ Döşeme/ Merdiven/ Şaft: CLT Zemin kat: Betonarme Islak zeminler: Çelik
Yapı inşaatı	
Yapının hikayesi	Mimar Andrew Nieland tarafından yapılan yapının Alanı 1,755 m²'dir. Panellerin takılması 3 ay, toplam inşaat 9 ay sürmüştür. Forte apartments, çapraz lamine ahşaptan (CLT) yapılmış 10 katlı bir binasıdır. 32,2 m yüksekliğiyle CLT 'den yapılan ilk Avustralya binasıdır. Bina, toplam 485 ton ağırlığında, Avrupa ladininden 759 CLT panelden oluşuyor. CLT panelleri için ladin, Avusturya'da yetiştirildi ve hasat edildi, paneller üretildi ve ardından 25 nakliye konteyneri içinde Avustralya'ya gönderildi. Bina, montaj için gerekli olan 5.500 köşebent ve 34.550 vida ve 759 adet panel kullanılmıştır. Duvar ve döşemedeki panellerin tabaka sayısı 5'tir. Panellerin takılması 3ay toplam inşaat süresi 9ay sürmüştür. Yapının maliyeti £8,84 milyon. CLT panel sistemlerle üretilmiş yapılarda uzun duvarlar taşıyıcıdır. Islak hacimler hafif çelik hücre sistem ile hazırlanıp, yerine monte edilmiştir. Paneller konumlarına göre vidalar ve metal braketlerle birbirine bağlanmıştır. FortÉ, 761 ton CO₂'yi doğrudan depolayarak (tutarak) çevreyi olumlu yönde etkiler.

Kaynak: Url 56, Url 71, Url 72, (2023)

Tablo 3.11. Dalston Works

Yapının adı	Dalston Works
Yapının görseli	
Yapım yılı	2017
Bulunduğu yer	Londra/İngiltere
Yapının kat sayısı	5 katlı 7 katlı 10 katlı
Yapının işlevi	Konut
Yapım sistemi	Clt panel
Strüktür malzemesi	Ahşap
Ağaç türü	Ladin
Yapı malzemesi ve kullanım yeri	Duvar, Döşeme, şaft, merdiven : CLT
Yapı inşaatı	
Yapının hikayesi	Waugh Thistleton Architects tarafından yapılan 155.000 metrekarelik Dalston Works, Londra'nın Hackney ilçesinde yer alıyor. 34 metre yüksekliğinde olan Dalston Works 18 ayda inşa edildi. 10 katlı çapraz lamine ahşap (CLT) bina, ofis alanını içeren beş katlı bir "bağlantı" bloğuyla birleştirilen bir, iki ve üç yataklı dairelerin bir karışımını içeren birkaç hacimde düzenlenmiştir. 49,99 milyon sterline mal edilmiştir. Depolanan CO2 miktarı 2600 tondan fazladır.

Kaynak: Url 47, Url 73, Url 74, (2023)

Tablo 3.12. Cenni Di Camniamento

Yapının adı	Cenni Di Cambiamento
Yapının görseli	
Yapım yılı	2013
Bulunduğu yer	Milano İtalya
Yapının kat sayısı	9
Yapının işlevi	Konut
Yapım sistemi	Hibrit
Strüktür malzemesi	Ahşap, B.A.
Ağaç türü	-
Yapı malzemesi ve kullanım yeri	Döşeme, Duvar, Çekirdek: CLT Temel, Bodrum kat: Betonarme
Yapı inşaatı	

Tablo 3.12. (Devam) Cenni Di Camniamento

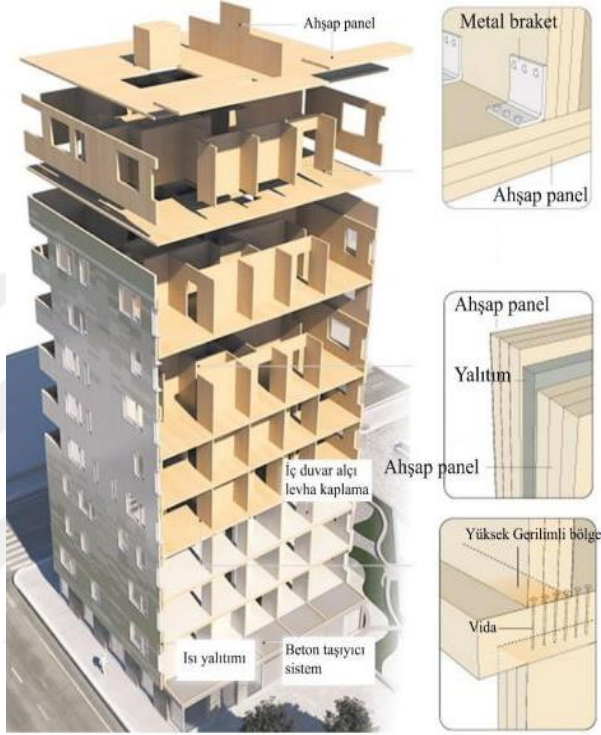
Yapının hikayesi	Yapım süresi 15 ay sürmüştür. Toplam 6100m3 ahşap kullanılmıştır. Her iki yöndeki duvarlar taşıyıcı olarak yapılmıştır. CLT paneller birbirleri ve yapının betonarme bölümleri ile çelik levhalar, köşebentler, basit bağlantı detayları ile birleştirilmiştir. Stüdyo Rossi Prodi Associati tarafından yapılan Projenin toplam alanı 17.000 m2 ve 28.16m yüksekliğindedir. Bodrum kat betonarme olarak yapılmıştır. Uzun iki binanın merdiven, çekirdek, döşeme ve duvarları çapraz lamine ahşaptır Taşıyıcı duvar panellerin kalınlıkları birinci kattan onuncu kata doğru azalarak, 3-5 tabaka arasında değişmektedir. Döşemedeki panel kalınlığı ise 5-7 arası değişmektedir. Duvar ve döşeme panellerin maksimum uzunluğu 6,70 metredir. Açık veya kapalı balkon oluşturmak için yine CLT ahşap panellerle konsol bölümler yapılmıştır. Bu paneller 1,80 metre uzunluğundadır.
------------------	--

Kaynak: Url 51, Url 75, Url 76, (2023)

Tablo 3. 13. Stadthaus, 24 Murray Grove

Yapının adı	Stadthaus, 24 Murray Grove
Yapının görseli	
Yapım yılı	2009
Bulunduğu yer	İngiltere
Yapının kat sayısı	9

Tablo 3. 13. (Devam) Stadthaus, 24 Murray Grove

Yapının işlevi	Konut
Yapım sistemi	CLT panel
Strüktür malzemesi	Ahşap
Ağaç türü	Ladin, Avrupa beyaz çamı
Yapı malzemesi ve kullanım yeri	Duvar, Döşeme, Merdiven, Şaft: CLT
Yapı inşaatı	
Yapının hikayesi	Yapının mimarı Andrew Waugh bu yapı için zemin kat betonarme, ilk kattan itibaren CLT paneller kullanımını uygun bularak projeyi öyle çizmiştir. Toplamda 19 daire ve 10 adet sosyal konut bulunmaktadır. Temeli kısa kazık temellerden oluşmaktadır. Binada çekirdek, merdiven, taşıyıcı ve bölücü duvarlar, döşeme hepsi CLT olarak dokuz katlı yapılmıştır. CLT paneller Avusturya'daki fabrikada 3 günde hazırlanmıştır. Panellerin takılması 27 gün, inşaat 4 uzman işçi tarafından 49günde tamamlanmıştır. Yapıda duvarlarda CLT tabaka sayısı 3 iken döşemelerdeki CLT tabaka sayısı 5tir. Toplam ahşap malzeme miktarı 926m3tür.Yapının alanı 2,890 m²dir. Yapım maliyeti £3,9 milyon. Depolanan CO2 310ton.

Kaynak: Url 52, (2023)

Tablo 3.14. Carbon 12

Yapının adı	Carbon 12
Yapının görseli	
Yapım yılı	2018
Bulunduğu yer	Portland/Oregon/ ABD
Yapının kat sayısı	8
Yapının işlevi	Konut /Ticari
Yapım sistemi	Hibrit
Strüktür malzemesi	Ahşap, çelik
Ağaç türü	Douglas köknar
Yapı malzemesi ve kullanım yeri	Döşeme, Şaft: CLT Kolon, Kiriş: GLT Çekirdek: çelik
Yapı inşaatı	

Tablo 3.14. (Devam) Carbon 12

Yapının hikayesi	Structurlam tarafından yapılan CLT panelleri kullanılarak PATH tarafından tasarlandı, geliştirildi ve inşa edildi. Bina, 8 kat için 35 m yüksekliğindedir. Yapı alanı 3,902 m ² . Altındaki mahalleyi harekete geçiren iki zemin kat perakende alanı ile Her birimde gömme bir balkon ve özel bir asansör girişi vardır. Binanın yapısal sisteminde masif ahşap, yapıştırılmış lamine ahşap (glulam) ve CLT (çapraz lamine ahşap) kullanılmaktadır. Çekirdekte çelik, destekleri bağlamak için ve bodrum, zemin kat ve garaj (otomatik garaj) için beton kullanılır. Binanın bodrum katı, 45 fit derinliğe çakılan 41 çelik kazık üzerinde durarak ek yanal stabilite sağlıyor. Yapımı, tamamlandığında Amerika Birleşik Devletleri'ndeki en yüksek ahşap bina oldu.
------------------	---

Kaynak: Url 45, Url 77, (2023)

Tablo 3. 15. Holz 8

Yapının adı	Holz 8
Yapının görseli	
Yapım yılı	2011
Bulunduğu yer	Almanya
Yapının kat sayısı	8
Yapının işlevi	Ticari+konut
Yapım sistemi	Hibrit
Strüktür malzemesi	Ahşap, B.A.

Tablo 3. 15. (Devam) Holz 8

Ağaç türü	-
Yapı malzemesi ve kullanım yeri	Döşeme/ Duvar: CLT Çekirdek: Betonarme
Yapı inşaatı	
Yapının hikayesi	Mimar Arthur Schankula (Schankula Architekten) tarafından tasarlanmıştır. Almanya'da inşaatı tamamlanan yapı 8 kattan oluşmakta ve toplam yüksekliği 25m'dir. İnşaatın toplam süresi 6 ay sürmüştür. Panellerin montajı bu süre içinde sadece 16 gündür. Çapraz lamine paneller montaja hazır halde şantiyeye getirilip birleştirilmiştir. 1 katın montajını yapmak 2 gün sürmüştür. 8 kat 16 günde tamamlanırken bu iş için toplam çalışan işçi sayısı 6'dır. Duvarlarda ve döşemelerde CLT tabaka sayısı 5'tir. Toplam kullanılan ahşap miktarı 570m³tür. Çekirdek ve merdiven şantiye ortamına betonarme olarak yapılmıştır. Binanın diğer bölümlerinde CLT ahşap paneller çelik L plakalarla vida yardımıyla birleştirilerek kullanılmıştır.

Kaynak: Url 26, Url 57, Url 78, (2023)

Tablo 3. 16. International House Sydney

Yapının adı	International House Sydney
Yapının görseli	
Yapım yılı	2017
Bulunduğu yer	Sidney, Avustralya
Yapının kat sayısı	7
Yapının işlevi	Ofis
Yapım sistemi	Hibrit
Strüktür malzemesi	Ahşap, B. A
Ağaç türü	Ladin, Kayın
Yapı malzemesi ve kullanım yeri	Duvar, Döşeme, Merdiven, Şaft: CLT Kolon: GLT, Betonarme Kiriş: GLT
Yapı inşaatı	
Yapının hikayesi	Tzannes mimarları tarafından tasarlanan International House Sydney Toplam inşaat alanı 7920 m2dir. İnşaatta sürdürülebilir şekilde yetiştirilen ve geri dönüştürülen yaklaşık 3.500 metreküp kereste kullanılmıştır. Beton kullanılmayarak binlerce ton sera gazı önlenmiştir. Bina yapısı, asansör göbekleri, merdivenler, yükselticiler, döşeme plakaları, çatı ve duvarlar dahil olmak üzere, zemin seviyesinden yüzde yüz ahşaptır. Bu nedenle, ahşabın bu büyüklükteki bir ticari binanın tüm unsurlarını barındırması gereken potansiyelin gerçek bir temsilidir. Yapım maliyeti £6,10 milyon.

Kaynak: Url 48, Url 79, (2023)

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Çok katlı ahşap yapıların laminasyon tekniğiyle yapımının anlatıldığı bu tezde bu teknikle inşa edilen 25 ile 7 kat arasında olan 15 yapı incelendi. İncelenen yapılarda yapım yılı, bulunduğu yer, yapının kat sayısı, yapının işlevi, yapım sistemi, strüktür malzemesi, ağaç türü, yapı malzemesi ve kullanım yeri, yapıların şantiye sahasındaki görselleri ve yapının hikayesi analiz edilmiştir. Yapı örnekleri kat sayılarına öre sıralanmıştır. 2022 yılı itibariyle dünyanın en yüksek ahşap yapısı Amerika'nın Milwaukee şehrinde yapılan Ascent binasıdır. CLT, GLT ve betonarme kullanılarak hibrit bir yapı oluşturulmuştur. Yapı 25 katlı ve 86,6m uzunluğundadır. Bunun dışında kalan 14 yapıda da olduğu gibi yapım süreleri diğer yapı sistemlerine göre çok kısadır.

Ahşap kullanarak yüksek katlı yapılar oluşturmak için hibrit sistem daha sağlam bir yapı elde etmeyi sağlar. Betonarme kullanımı genelde temel ve temelden sonraki ilk kat olarak kullanımı sağlanmıştır. Bazı yapılarda çekirdek bölümü betonarme veya çelik tercih edilmiştir. Hepsinde yapının katları ahşap ile devam edilmiştir. Çeliğin kullanıldığı başka yer ise genelde destek amaçlıdır. Ahşap kolon veya kirişlere destek vermekle görevlendirilir. Tutkallı lamine ahşap kolon ve kiriş görevini üstlenirken, Çapraz lamine ahşap yapıda duvar paneli, bölücü duvar, shaft bölümü (genelde bir modül halinde yapıya yerleştirilir), merdiven, döşeme, çatı gibi bölümlerde kullanılır. Sayılan tüm bölümlere ait yapı elemanı olan ahşap üretici firma tarafından proje bazında istenilen ölçü, şekil, kalınlık, genişlik gibi başlıklara uygun bir şekilde üretilir. Üretici firma tarafından üretilen Parçalar bir bütün haline getirilir ve takılmaya hazır hatta bazı projelerde takılacak elemanların montaj için delik yerleri mukavemet kaybı yaşanmaması için üretici firma tarafından açılarak gönderilir. Ürünler şantiyeye getirildikten sonra aşama ahşap ürünlerin takılacağı zamana geldiyse yapım çok hızlı devam eder. Ahşap ürünlerin birleştirilmesi aşamasında Birleşim aracı olarak çivi, vida, ahşap perçin, bulon vb. ile montajlama yapılmaktadır.

Ahşap esnek tasarıma uyum bir malzeme olduğu için yapı inşaatında diğer inşaat tiplerinde gördüğümüz 90 derecelik bir birleşim dışına çıkabilmektedir. Daha farklı açılar ve şekillerle ahşaplar birbirine bağlanabilir veya yangın gibi durumlarda birleştirici malzemenin metal esaslı olması yangın gibi bir durumda etkilenmemesi için metal esaslı birleştirici ahşabın içine gizlenebilmektedir. Başka bir durum ise birleştirici olan ürünün ahşabın içine daha derin veya daha çok başlıkla irerek aynı zamanda ahşabı çevresinden de kavraması gerekebilir bu saydığımız 3 durum gibi başka durumlarda olabilir bu noktada özel birleştirici elemanlar kullanılır. Bunlar projeye özel çalışma yapan birleşim elemanlılarının üretildiği bir yerde yaptırılır. Sonrasında şantiye alanında birleşimi sağlanır. Birçok laminasyon tekniğiyle yapılmış ahşap yapılarda bu özel üretilmiş birleştirme elemanlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Ortalama 500m²'lik bir alanı 2 işçi 1 günde montaj edebilir. Ahşap yapılar zamandan ve iş gücünden büyük tasarruf ettirir. Zaman ve iş gücü tasarrufu da inşaat genel maliyetine olumlu bir etkide bulunur.

Yapılan bu çalışmanın örnek yapılarında Avustralya, Amerika, Avusturya, Norveç, Kanada, Finlandiya, İngiltere, İtalya ve Almanya ülkelerinde yapıldı görülmüştür. Bu ülkelerin birçoğunda ülke içerisindeki ağaçlık alan durumu %50 den azdır. Bu ülkelerde ahşap yapıların yapılmasının sebebinin ülke içerisindeki ormanlık alanların fazla olmasından kaynaklanmadığını göstermektedir. Ahşap yapılar doğru doğru bir orman yönetimiyle üretimi sağlandığı takdirde ormanlık alanların azalması mümkün değildir. Aksine ormanlık alanların sürekli bakımlarının yapılması ağaçların gerekli zamanlarda budama işlemlerinin olması ağacın ömrünü uzatmaktadır. Bu da budama işleminden kesilen parçalar dahi laminasyon uygulamalarında kullanılabilir.

Ağacın canlı olma durumu ahşap haline geçtiğinde bile hala devam etmektedir. Bu sebepten karbondioksit emilimi ahşap yapı haline gelse bile bu eylemi devam eder. Diğer yapı malzemeleri karbon salınımı yaparken ahşap yapı malzemesi karbon emilimi sağlar. Yukarıda incelenen yapı örneklerinde yapıların yıllık karbon emilimleri tablo içerisinde belirtilmiştir. Mesela Dalston Works binası depolanan CO₂ miktarı 2600 tondan fazladır. Ahşap yapılar çevreye duyarlı yapılardır insan sağlığı için büyük önem taşırlar psikolojik ve fiziksel olarak olumlu etkilere

mevcuttur. Ahşap yapım malzemesi sürdürülebilir bir üründür. Depreme ve yangına karşı dayanıma fazladır. Isı yalıtımı ve ses yalıtımında da iyi bir duruş sergilemektedir.

Dünya üzerindeki binaların yapımında kullanılan malzemelerin insan sağlığı açısından olumsuz, yapı malzemelerinin üretim süreçlerinde ve inşaat aşamasında çevreye zarar veren, yapım süreleri olarak verimsiz, kendileri tek başına sürdürülebilir olmayan, yapı yıkıldıktan sonra arkasında sadece atık bırakan ve tekrar kullanılamayan malzemelerdir. 2000lere kadar doğru bir yapı malzemesi olduğu düşünülerek tüm şehirler bu yapı malzemeleriyle inşa edilmiştir. 1990larda bu yapı malzemelerinin (beton ve çelik) çoğu açıdan olumlu sonuçlar doğurmadığına karar verilerek doğanın bize sunduğu ahşabın bir sürü olumlu yönü olduğuna tekniklerinin geliştirilip olumsuz yönlerinin kaldırıldığı noktada alternatif bir yapı malzemesi olabileceği düşünülerek araştırmalara başlanmıştır.

Teknolojiyle gelişen ve endüstriyel ahşap malzeme adı altında farklı türlerin olduğu ve yapı bazında bu türleri kullanarak geniş açıklıklar ve yüksek katlı yapılar yapılabileceği görülmüştür. Ahşabın inşaat sektöründe kullanılması, insan sağlığı, çevre korunumu, üretim, uygulama, enerji etkin kullanımı ve çevreci yapım teknolojisinin oluşması için önemlidir. Ahşap yapı malzemesi çevresel sorunlar başta olmak üzere birçok sorunun ortadan kaldırılmasında bir fırsattır. Doğal ve yenilenebilir malzeme olan ahşabın nakliyatı kolaydır. Örnek yapılar kısmında incelediğimiz 15 yapıda da gördüğümüz üzere üretim süreleri kısa ve inşaatların tamamlanma süreleri de oldukça kısadır. Aynı büyüklükteki betonarme yapıları belirtilen sürelerin çok çok kat üstünde tamamlanması gözden kaçırılmayacak bir gerçektir. İlk başta betonun kuruma süresi uzun sürmesi sürekli beton dökülecek kısımlar için kalıp çakılıp sökülmesi gibi faktörler inşaatın süresini oldukça uzatmaktadır. Şu an günümüzde uygulanan GLULAM, LVL, CLT, LSL gibi endüstriyel ahşap ürünlerin fabrika ortamında paneller halinde üretilip nakliye araçlarıyla sahaya gelmesiyle direk montaj başlar. Daha az insan gücü ve daha kısa sürelerde inşaatlar tamamlanmaktadır.

Tablolarda verilmiş olan yapı maliyetlerinde o boyutlarda yapılabilecek betonarme bir binanın maliyetinden oldukça düşüktür. Çapraz lamine ahşap

genellikle döşeme, duvar, merdiven, şaft gibi alanlarda kullanılır. Taşıyıcı elemanlar olan kiriş ve kolon gibi bölümlerde tutkalı lamine ahşap tercih edilmektedir. Tutkalı lamine ahşap yapılarda geniş açıklıklar geçilmesini sağlarken CLT yüksek katlı binaların yapılmasına olanak sağlamaktadır. Ahşap yapı malzemesi başka yapı malzemeleriyle birlikte kullanıma uygundur. Örnek olarak incelenen yapılarda betonarme-ahşap hibrit, betonarme-çelik-ahşap hibrit gibi yapılmış projeler bulunmaktadır. Bunun dışında sadece her köşesi ve detayı sadece ahşaptan yapılmış yapılarda vardır. Bu çok katlı yapılarda çapraz lamine ahşabın (CLT) yanı sıra GLULAM, LVL, LSL gibi diğer endüstriyel ahşap türleri kullanılarak yapılmaktadır. Stadthaus, 24 Murray Grove binası strüktürel anlamda her köşesi lamine edilmiş ahşap malzemeyle yapılmış bir yapı örneğidir. Asansör ve merdiven çekirdeği de dahil olmak üzere bütün malzemeler ahşaptır. Bu yapının inşaatı sadece 49 gün sürmüştür. İnşaata kullanılacak malzemelerin fabrikadaki üretim süreleri ise 3 gündür. Birçok kolaylık sağlayan depreme yangına dayanımı yüksek olan, sürdürülebilir, yenilenebilir, çevre dostu, sağlıklı ve artık teknolojinin gelişmesiyle yüksek yapılarında yapılabildiği çapraz lamine ahşap ve diğer endüstriyel ahşap ürünler kullanılarak yapılan yapılar betonarme binaların yerini almalıdır.

Bu tez, ahşabın ömür süreci evreleri, sürdürülebilirliği, ahşabın fiziksel özellikleri (yangın, deprem, ses, ısı, su), ahşap türleri, Tarihi, gelişimi, teknik özellikleri, üretim aşamaları, nakliye aşamaları, yapı sistemi olarak kullanılması, ülkelerde kullanım durumları olarak belirlenen başlıklarla, ahşap yapı malzemelerinin kullanıldığı 15 yapı ele alınarak incelenmiştir. Ahşap laminasyon tekniğiyle yapılan ve incelenen örnekler sonucunda GLT yapı malzemesinin yapı bazında duruşu aşağıdaki maddelerde anlatılmaktadır.

- İncelediğimiz örneklerde de gördüğümüz gibi GLT'nin en baş özelliği kolon ve kirişlerde kullanılarak yapının ayakta durmasını sağlamaktadır.
- GLT yapı malzemesinde Kiriş kullanımı ve 40m ye kadar uzayabilen yapısı sayesinde büyük açıklıklar geçilebilmektedir.
- GLT kolonların ve kirişlerin yük taşıma kabiliyeti oldukça yüksektir.

- Eğri malzemelerde üretilebildiği için sınırsız şekilde çalışma imkanı sunar.
- GLT için En küçük boyutlardaki ağaç malzeme bile kullanılarak laminasyon yapılabilir. Bu da bu teknikle ağacın her köşesinden faydalandığımız anlamına gelir. Zarar ziyan olmaz. Bu bir avantajdır. Düşük değerdeki küçük boyutlu ağaç malzemelerden mekanik yönden yüksek özellikli büyük yapılar yapılabilir.
- Küçük boyutlu ağaç malzemelerin kullanımı fire oranını azalttığından ürün maliyeti de düşmektedir.
- GLT için Farklı kalınlık ve renkte ağaç malzemeler birleştirilerek de laminasyon yapılır.
- GLT malzeme minimum 3 katmandan oluşmaktadır. Daha kalın istenilen malzemeler için katman sayısı 4,5,6 katman olarak artarak devam etmektedir.
- Laminasyonlu ahşabın her detayı üretim yerinde yapılabilir (vidaları birleşme noktaları gibi) ve yapılacağı bölgeye gelip inşası kısa zamanda tamamlanır. Bunun dışında kolon ve kirişler için özel üretim montaj elemanları da uygulanmaktadır.

Ahşap laminasyon tekniğiyle yapılan ve incelenen örnekler sonucunda CLT yapı malzemesinin yapı bazında durumu aşağıdaki maddelerde anlatılmaktadır.

- CLT katman sayısı minimum 3 kattır. Ve daha kalın katman istenildiği durumda katman sayısı 3,5,7,9 gibi ilerlemektedir.
- CLT yapı malzemesinde ulaşılabilen maksimum uzunluk 24m dir.
- CLT kolon kiriş gibi yapı elemanlarında tercih edilmemektedir.
- CLT'nin yapı elemanlarındaki kullanım alanı duvar, döşeme, şaft, çekirdek, merdivendir.
- CLT panel montajında vida, metal köşebent, çelik plaka gibi birleştirme elemanları kullanılır.

- CLT panel kalınlığı yapı türü ve uygulanacak yapı alanına göre değişiklik göstermektedir.
- Katman sayısı, yangın dayanım süresine ve akustik yalıtımının sağlanmasına göre değişiklik gösterir. Katman sayısı arttıkça yangın dayanım süresi artar. Yangın dayanım süresini arttırmak için alınan önlemler özellikle binanın şaft kısmında uygulanmaktadır.
- CLT panellerin katman sayısı artırılarak akustik olarak performansı artırılabilir.
- Şu ana kadar CLT yapım sistemiyle 25 kata kadar bina yüksekliği sağlanmıştır.
- CLT üretiminde 2 farklı türde ağaç kullanılmaktadır. (Sert ağaç, yumuşak ağaç) ama genellikle panel üretiminde en çok yumuşak ağaç türü kullanılmaktadır.
- CLT panel üretiminde en çok kullanılan yumuşak ağaç türü ise ladindir.
- CLT pürüzsüz bir yüzey oluşturduğu için cephede veya iç mekânda kaplama için kolay uygulama alanı yaratır.
- Örneklerde görüldüğü üzere dış kaplaması ahşap kalan pek yapı yoktur. Dış kaplamalarda CLT üzerine ahşap esaslı, tuğla, taş, metal, çimento esaslı (fiber) levha gibi kaplamalar kullanılmıştır.
- CLT, cephede üzerine kaplama gelebilecek şekilde kullanılabildiği gibi kaplamasız olarak da yapılarda uygulanmaktadır. Bu durumda nem, güneş, böcekler gibi dış hava şartlarına dayanabildiğini ortaya koymaktadır.

Ahşap laminasyon tekniğiyle yapılan ve incelenen örnekler sonucunda CLT ve GLT yapı malzemesinin ortak özellikleri:

- Kullanılan tutkalın su itici özelliği vardır. Bunun sayesinde laminasyonlu ahşap çalışmaz (şişme daralma) stabildir.

- Bakımları doğru yapıldığı takdirde malzemenin direkt olarak hava şartlarıyla temasında zarar görmez.
- Zamandan fazlasıyla tasarruf ettiren bir malzemedir.
- Ağaç canlıyken karbondioksiti emdiği gibi bir yapı malzemesi haline geldiği noktada da bu alışkanlığından vazgeçmez karbondioksiti emmeye devam eder yani doğaldır ve insan sağlığı için diğer malzemelere göre daha iyidir.
- Tasarıma bağlı olarak sökülüp başka bir yere taşınıp kısa sürede tekrar inşası yapılır.
- Diğer yapı malzemeleriyle uyumludur. Birleştirilmesi veya bağlanması konusunda zorluk çıkartmaz.
- CLT ve GLT üretme için ağaç seçimi yapılırken kolay işlenebilir ağaç türleri tercih edilmektedir.
- Depreme ve yangına dayanıklıdır. Yapılan büyük yapılar içlerine büyük kalabalıklar alır. Özellikle bu yapılarda deprem yangın gibi acil durumlarda binanın duruşu fazlasıyla önemlidir.
- Bu iki yapı malzemesi de başka yapı malzemeleriyle inşa edilmiş olan yapılara göre ağırlığı azdır. Sünek durumda olmaları ve birleşim yerlerin de metal birleşim elemanları kullanılması yataydan gelen yüklere karşı dirençlidir.
- Laminasyon uygulaması yapılmış yapı bileşenlerinin kullanıldığı ahşap yapılarda maliyet yalnızca uygulama alanına göre değil bina tipi, tasarım, inşaat konumu, sürdürülebilirlik standartları ve o zamanki yapı malzemeleri fiyatlarına göre değişmektedir.
- Hibrit yapım sistemi ahşap yapılarda diğer yapılara oranla daha fazla tercih edilmektedir.

CLT ve GLT yapı malzemesi ile farklı yerlerde yapılan yapılarda büyük açıklıkların geçildiği ve çok katlı yapıların yapıldığı, mimari planlamada strüktür, esneklik vb. konularda tasarıma ayrıcalık getirmektedir. Analiz edilen yapıların çoğu, enerji etkin tasarım özellikleri gösterir. Çatı penceresi, Güneşlik, saçak, baca etkili havalandırma gibi pasif enerji geri kazanımı sağlayan uygulamalar mevcuttur. Bu anlamda yapı malzemesi ahşap olan yapılar ekolojik, mekanik, fiziksel, maliyet ve kalite bağlamında diğer yapı malzemeleriyle yapı sektöründe rekabet edeceği görülmektedir. Ahşap diğer yapı ürünlerine göre çok daha esnek bir malzeme olmasından kaynaklı depremde can kaybı minimum yangında ise binanın statik açıdan çökme süresi diğer yapı malzemelerine göre çok daha geçtir. Bu denli önemli ve birçok kolaylık sağlayan enerjiden tasarruf ettiren insan sağlığı içinde oldukça önemli olan, deprem ve yangın gibi insan hayatını tehlikeye atan durumlarda bile duruşunu gayet net gösteren ahşap laminasyonu artık Türkiye’de de aktif olarak kullanılmaya başlanmalıdır. Kapalı konser solanları, tiyatrolar, alışveriş merkezleri, müzeler, arenalar gibi ülkemizde de mevcut olan bu büyük yapıların ahşap laminasyonu ile yapılması herkes için daha avantajlı olacaktır.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Geçmişten bugüne nüfusun artmasıyla birlikte kaliteli yaşam için sürdürülebilirlik kavramı ön plandadır. Sürdürülebilir bir yapı malzemesi olan ahşap olumsuz yönleri giderilerek kusursuz bir yapı malzemesine çevrilmiştir. Bu endüstriyel yapı malzemelerine laminasyonlu ahşap malzemeler denmektedir. Ve inşaat sektöründe en çok çapraz lamine ahşap (CLT) ve tutkallı lamine ahşap (GLT) kullanılmaktadır. Statik anlamda olumlu özelliklere sahip olan lamine edilmiş ahşaplar çok katlı ve geniş açıklıklı yapılarda kullanılması yaygındır. Yapılarda taşıyıcı planlaması kat sayısı ve yapının yüksekliğine bağlı olarak belirlenmektedir. Lamine ahşap kullanımı çok katlı bina yapımına getirdiği en büyük yenilik yapılarda karbon salınımı ve enerji tüketimini minimuma indirgeyerek ekolojik bir yapı ortaya koymasındır. Esnek olması sebebiyle depremde yıkılma riski azdır yıkılsa dahi malzemelerin doğal oluşundan kaynaklı çevreye kirlilik yaymamaktadır. Yangın durumunda bilinenin aksine ahşap malzeme yapım malzemeleri arasında en uzun süre dayanabilen malzemedir bunun sebebi tutuşma başladıktan sonra etrafında kömürleşme başlar ürünün sertleşmesi sayesinde yangının ürün içine ulaşımı zorlaşır bu da yangın esnasında 30 ila 90 dakika arasında yapı strüktürüne zarar gelmez.

Dünya üzerinde kullanabileceğimiz doğal kaynakların giderek yok olduğu bu zamanlarda ekolojik olan yapılar fazlasıyla önemlidir. Sürdürülebilir bir yaşam stili için sera gazlarındaki yükseliş engellenmelidir. Teknolojinin gelişmesiyle üretilen ahşap yapı malzemelerinin üretimi arttırılmalıdır. Yenilenebilir enerji kaynakları, ulaşım olanakları, enerjinin etkin kullanımı, su verimliliği, arazinin doğru analizi gibi kriterler değerlendirilmeli ve yapı tasarım aşamasında kullanılmalıdır. Türkiye'de ormanların fazla olmasına rağmen yapılarda kullanımı çok azdır. Türkiye genelinde endüstriyel ahşapla ilgili yapılmış yapıları incelemek istediğinizde pek fazla örnekle karşılaşmaktayız.

Türkiye’de CLT ve GLT kullanımı çok az sayıdadır ve tüm yapı genelinde uyulanmış çok katlı yapıya rastlanmamıştır. Bunun sebebi toplumun ve bu konuyla alakalı olan tasarımcıların ahşap ile ilgili yeterli kadar bir bilince sahip olmadığını göstermektedir. Bu nedenle araştırma sonuçları farklı ülkelerden örnekler ile desteklenmiştir. Üretim ve uygulamaların başlangıcı Avusturya ve Almanya’ya dayansa da laminasyon ile üretilmiş ahşap yapı malzemesi bu ülkelerle sınırlı kalmayıp ABD, Kanada, İngiltere gibi dünyanın pek çok ülkesinde kullanılmaya başlamıştır. Bu kapsamda yapılan araştırma sonucunda lamine ahşap ürün üretiminin artması ve uygulanması için bazı önerilerde bulunuldu.

Ülke bazında aşağıdaki öneriler getirilmiştir;

- İlk öncelikle mimarların, mühendislerin, işverenlerin ve kullanıcı kitlesinin bu yapı malzemesiyle ilgili bilgilendirilmesi.
- Üniversitelerin ilgili bölümlerinde ahşap malzeme ya da ahşap yapım teknikleri gibi derslerin içeriklerinin arattırılması ve gelişen ahşaba yönelik konular işlenmesi.
- Laminasyonlu ahşap üretiminin duyulması ve yaygınlaşması için strüktürel ve performans açısından dayanımlı, karbon depolayan, sürdürülebilir, yenilenebilir ve çevre dostu bir ahşap ürün olarak anlatımının yapılması bunula ilgili konferanslar söyleşiler ve bilgilendirici olabilecek tüm etkinliklerin düzenlenmesi.
- Halkın ahşaba karşı ön yargılarının giderilmesi için insan sirkülasyonunun çok olduğu alanlarda gerekli önlemler alınarak bazı denemeler yapılması
- Tercih edilişliğinin artması için bulunduğu ülkede yerli üretimin yapılması.
- Yerli üretim yapılırken sürdürülebilir ormanları yetiştirilmesinin göz önünde bulundurulması.
- Laminasyonlu ahşap üretiminin artması için devlet tarafından desteklerde bulunulması.

Dünya bazında aşağıdaki öneriler getirilmiştir;

- Ses iletkenliği, ısı yalıtımı, su geçirgenliği, yangın ve deprem dayanımı başlıkları altında üniversitelerin ilgili bölümlerinin laboratuvarlarında, araştırma enstitülerinde öğrenciler ve firmalar tarafından deneyler yapılmalı ve malzeme her bölgeye ve iklim şartına uygun olarak geliştirilmesi
- Laminasyonlu ahşap ile inşa edilen yapıların kat sayılarının daha da artırılması için gerekli çalışmaların yapılması
- CLT ve GLT yapı elemanın hibrit olarak kullanılmadan tek başına bir malzeme olarak yüksek katlara ulaşabilmesi için araştırmalar yapılması
- Yapısal dayanımı daha yüksek ve verim alınabilecek ağaç türlerinden laminasyonlu ahşap üretim çalışmaları
- Laminasyonlu ahşap yapı malzemesini elde etmek için kullanılan yapıştırıcılarında formülasyonlarının tekrar incelenerek sağlıklı ve sürdürülebilir bir yapıştırıcı üretilerek malzemeyi bütünüyle yüzde yüz sürdürülebilir malzeme haline getirilmesi
- Laminasyon teknolojisiyle çok katlı yapılarda sürdürülebilirlik sağlamak için ilk başta orman yönetimine dikkat edilmeli. Endüstriyel ahşap üretiminin devamlılığı için sürdürülebilir ormanlar üretilmelidir.

Araştırma sonucunda ortaya konan bu öneriler gerçekleştiği takdirde dünya üzerinde yaşayan canlıları daha sağlıklı ve nefes alınabilen bir yaşam alanı bekliyor olacaktır.

KAYNAKLAR

- Akman, S.** (2003). Yapı Malzemelerinin Tarihsel Gelişimi. Türkiye Mühendislik Haberleri. 4(426), 30-36.
- Aksoy, D., & Ahunbay, Z.** (2005). Geleneksel Ahşap İskeletli Türk Konutu'nun Deprem Davranışları. İTÜ Dergisi, 4 (1), 47-58.
- Aktar, İ.** (2017). Yapıda Kaplama Malzemesi Olarak Ahşap ve Ahşap Esaslı Ürün Kullanımının Araştırılması. Yayınlanmış Tez: Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Altunkaya, P.** (2007). Tutkallı Tabakalanmış Ahşap Strüktür Sistemlerinin Mimaride Kullanım Olanakları. Yayınlanmış Tez: Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Aslan, M.** (2023). Sürdürülebilirlik ve Kullanıcı Gereksinimleri Bağlamında Sağlıklı Konut Kavramının İrdelenmesi. Yayınlanmış Tez: T.C. İstanbul Aydın Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Avlar, E.** (2008). Türkiye'de Ahşap Yapı Üretimine Yönelik Durum Tespiti. Mimarlıkta Malzeme, (8), 71- 77.
- Avlar, E., & Ustaoglu, S.** (2017). 2000'li Yılların Başında Endüstriyel Ahşap Ürünlerle Gelişmiş Yapı Üretimi. Mimarlık Dergisi, 393.
- Aydın, Ö., Alemdağ Lakot, E.,** (2014) 'Karadeniz Geleneksel Mimarisinde Sürdürülebilir Malzemeler; Ahşap ve Taş. Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi. 7(35), 394-404.
- Bardavit, D.** (1992). Ahşap Yapıda Taşıyıcılık ve Koruyuculuk Sorunları. İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Barutçu, N.** (2020). Çapraz Lamine Ahşap ve Betonarme Taşıyıcı Sistemli Tekil Konut Yapılarının Çevresel Etkilerinin Karşılaştırmalı Değerlendirmesi. Yayınlanmış Tez: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Bilgin, H.** (2009). Ahşap Yapıların Tarihsel Süreç İçindeki Gelişimi ve Günümüzde Ahşap Yapı Kullanımı Yayınlanmış Tez: Haliç Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bilgin, Y.** (2010). Türkiye’de Masif Panel Sektörünün Yapısal Durumu ve Ağaç İşleri Endüstrisindeki Kullanım Olanakları Yayınlanmış Tez: İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Canan, F.** (2003). Sürdürülebilir Mimarlıkta Ahşap Yapı Malzemesi Kullanımı, Mimarlık Kültür Sanat Yapı Dergisi. 262, 85-91.
- Çalışkan, Ö., Meriç, E., & Yüncüler, M.** (2019). Ahşap ve Ahşap Yapıların Dünyü, Bugünü ve Yarını. BŞEÜ Fen Bilimleri Dergisi. 6 (1), 109-118.
- Çavuş, V.** (2019). Mühendislik Ürünü Ağaç Malzemelerde Yükselen Trend; Çapraz Tabakalanmış Kereste. Bartın Orman Fakültesi Dergisi. 21(2), 560-569.
- Divekar, N.** (2016). Introduction to New Material- Cross Laminated Timber. International Journal of Engineering Research. 5(3), 675-679.
- Erdoğan, E.** (2003). Ahşap: Mükemmel Bir Yapı Malzemesi. Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi. 427, 89-92
- Ergül, H.** (2013). Yapı Endüstrisinde Kullanılan Ahşap Malzemenin Ekonomideki Yeri ve Gelecekteki İhtiyaç Tahmini. Yayınlanmış Tez: Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
- Erkoç, E.,** (2004). İstanbul’da Günümüz Teknolojisiyle Üretilen Ahşap Konutların Tasarım-Uygulama-Kullanım Üçgeninde Değerlendirilmesi. Yayınlanmış Tez: İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Fraser, J.** (2017). Knock on (Engineered) Wood: Pathways to Increased Deployment of CrossLaminated Timber A Case Study of the Building Sector in Sweden. Yayınlanmış Tez: Lunds university, International Institute for Industrial Environmental conomics, İsveç.

- Güler, S. B.** (2011). Ahşabın yaşam döngüsü çerçevesinde koruma ve onarım metotlarının analizi. Yayınlanmış Tez: İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Güller, B.,** (2001). Odun kompozitleri. SDÜ Orman Fakültesi Dergisi. (2), 135-160.
- Güzel, N., & Yesügey, C.** (2015). Çapraz Lamine Ahşap (CLT) Malzeme ile Çok Katlı Ahşap Yapılar. Mimarlık Dergisi. 382.
- Karacabeyli, E. & Douglas, B.,** (2013). CLT Handbook: Cross-Laminated Timber, FPInnovations and Binational Softwood Lumber Council.
- Karaman, Y. Ö., & Zeren, T, M.** (2010). Geleneksel Türk Konutunda Kullanılan ve Kagir Sistemi Destekleyen Ahşap Yapısal Elemanların Önemi ve Bozulma Nedenleri. DEÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi, 2 (12), 75-87.
- Karayılmazlar S., Çabuk Y., Atmaca A., & Aşkın A.** (2008). Laminasyonlu Ahşap Kirişlerin Çeşitli Yapılarda Kullanımı. Bartın Orman Fakültesi Dergisi.10 (14),13-21
- Kılıçarslan Ş., & Türker Y.,** (2020). Ahşap Malzemelerin FRP ile Güçlendirilmesinin Sürdürülebilirlik Açısından Değerlendirilmesi. Teknik Bilimleri Dergisi.10(1), 23-30.
- Kayserili, A., & Tanfer A, N.** (2010). Horasan İlçesi'ndeki Kır Meskenlerinin Kültürel Coğrafya Bakış Açısıyla İncelenmesi. Doğu Coğrafya Dergisi. 15(23), 81-102.
- Ohanesyan, D, S.** (2012). Ahşap Platform Çerçeve Yapıların Yatay Kuvvetler Karşısındaki Davranışları ve Alınması Gereken Önlemler. Yayınlanmış Tez: Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özan, E, Z.** (2017) Isıl İşlem Görmüş Ahşap Malzemenin Çapraz Lamine Kereste Üretiminde Kullanım Olanaklarının Araştırılması. Yayınlanmış Tez: Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Özdemir, Ü.** (2000). Safranbolu'da Köy Meskenleri. Doğu Coğrafya Dergisi. (4), 159-172.
- Özşahin, B.** (2021). Mühendislik Konusunda Uluslararası Çevrimiçi Konferanslar ve Doğa Bilimleri (IOCENS'21). <https://www.youtube.com/watch?v=iCRVs1gmDS0> adresinden erişildi.

- Seçkin, P.** (2006). Ekolojik Değerlere Göre Ahşap Kompozit alzemenin Seçim Kriterleri. Yayınlanmış Tez: Mimar Sinan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Sev, A.,** (2009). Sürdürülebilir Mimarlık, YEM Yayın, Güzel Sanatlar Matbaası, İstanbul.
- Şanlı, E.** (2020). Çapraz Lamine Ahşabın Strüktürel Kullanımının ve Performans Özelliklerinin İncelenmesi. Yayınlanmış Tez: Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Şanlı, E., & Vural, N.** (2021). Çapraz Lamine Ahşabın ve Tutkallı Lamine Ahşabın Üretim, Strüktürel, Teknik ve Performans Özellikleri Açısından İrdelenmesi. 5. Ulusal Yapı Kongresi ve Sergisi Yapı Sektöründe Çok Yönlü Kalkınma: Eğitim, Araştırma, Uygulama.
- Şenay, A.** (1996). Lamine Edilmiş Ağaç Malzemenin Teknolojik Özellikleri. Yayınlanmış Tez: T.C. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Şimşek, O.** (2003). Yapı Malzemesi II. Beta Basım Yayım, İstanbul.
- Tavşan, C., Tufan, Ş, A., & Tavşan, F.** (2022). Ekolojik Malzeme Olan Ahşapla Yapılan Çok Katlı Yapılar. Mimarlık ve Yaşam Dergisi. 7(1), 291-309.
- TS 344.** (1982). Ahşap Koruma Genel Kuralları. Türk Standartları Enstitüsü. Ankara.
- Türker, Ş, Y.** (2023). Lifli Polimerlerle Güçlendirilen Tabakalı Lamine Kerestelerin Modellenmesi. Yayınlanmış Tez: T.C. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Yaman, Z, F.** (2007). Geleneksel Ahşap Yapılarda Kullanılan Ahşap Yapı Elemanlarının Uzun-Dönem Performansı – Giresun Zeytinlik Mahallesiinde Örnek Yapı İncelemesi. Yayınlanmış Tez: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yaygır, B., & Korkmaz, E.** (2022). Yüksek Katlı Ahşap Yapılarda Yangın Güvenliğinin Uluslararası Çalışmalar Kapsamında İncelenmesi. Tüyak uluslararası yangın güvenliği sempozyum ve sergisi. 184-199

- Yılmaz, B.** (2009). Binalarda Enerji Verimliliği Ve Sürdürülebilirlik. Yayınlanmış Tez: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yücel, G.** (2018). Ahşap ve Mimarlık Eğitimi: İstanbul Örneği. Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi, 1(2), 62-77.
- Zumbrunnen, P.** (2017). Pure CLT-Concepts and Structural Solutions for Multi Timber Structures. 23. Internationales Holzbau-Forum IHF
- Url-1** <http://www.gncahsap.com/ahsap-malzeme-ozellikleri/>, Erişim tarihi: 11.11.2023
- Url-2** <https://protectaqua.com/Sayfa/1/Ahsap-Nedir-ve-Neden-Tercih-Edilir#:~:text=Ah%C5%9Fap%2C%20canl%C4%B1%20bir%20organizma%20olan,organik%20esasl%C4%B1%20bir%20yap%C4%B1%20malzemesidir.&text=Ayr%C4%B1ca%20bug%C3%BCn%20ah%C5%9Fab%C4%B1n%20at%C4%B1klar%C4%B1%20olan,gibi%20yapay%20yap%C4%B1%20malzemeleri%20vard%C4%B1r,> Erişim tarihi: 11.11.2023
- Url-3** <https://www.beymahome.com/blog/icerik/masif-ahsap-nedir,> Erişim tarihi: 11.11.2023
- Url-4** <https://www.aa.com.tr/tr/turkiye/ahsap-yapilar-buyuk-depremlere-karsi-direncli/1351574#:~:text=%22Ah%C5%9Fap%2C%20son%20derece%20hafif%20bir,%C3%A7%C3%B6kmemesi%20%C3%A7ok%20%C3%B6nemli%20bir%20g%C3%B6sterge,> Erişim tarihi: 09.12.2023
- Url-5** https://openei.org/wiki/Cross-Laminated_Timber_Panels, Erişim tarihi: 09.12.2023
- Url-6** https://www.wikiwand.com/en/Engineered_wood, Erişim tarihi: 11.12.2023
- Url-7** https://tr.wikipedia.org/wiki/Lamine_ah%C5%9Fap, Erişim tarihi: 11.12.2023
- Url-8** <http://kayalarkereste.com/lamine-ahsap-laminasyon-nedir-nasil-yapilir.html,> Erişim tarihi: 11.12.2023
- Url-9** <https://awc.org/pdf/education/mat/ReThinkMag-MAT240A-CLT-,> Erişim tarihi: 17.10.2023
- Url-10** <https://insapedia.com/capraz-lamine-ahsap-teknolojisi-clt-cross-laminated-timber/,> Erişim tarihi: 02.10.2023
- Url-11** https://www.researchgate.net/publication/305904072_Identification_of_Research_Areas_to_Advance_the_Adoption_of_Cross-Laminated_Timber_in_North_America, Erişim tarihi: 01.10.2023

- Url-12 <https://www.archdaily.com/922980/is-cross-laminated-timber-clt-the-concrete-of-the-future>, Erişim tarihi: 01.10.2023
- Url-13 <https://www.sozcu.com.tr/hayatim/yasam-haberleri/muglada-yuz-binlerce-agac-kesilebilir/#:~:text=END%C3%9CSTR%C4%B0YEL%20PLANTASYON%20ALANI%20NED%C4%B0R%3F,a%C4%9Fa%C3%A7%20t%C3%BCrleri%20olu%C5%9Fturmaya%20%C3%A7al%C4%B1%C5%9F%C4%B1lan%20projedir>, Erişim tarihi: 01.10.2023
- Url-14 <https://puuinfo.fi/tuotteet/?lang=en>, Erişim tarihi: 11.12.2023
- Url-15 <https://architizer.com/blog/product-guides/product-guide/glulam/>, (11.12.2023)
- Url-16 <https://glulambeams.co.uk/about-glulam/what-is-glulam/>, Erişim tarihi: 11.12.2023
- Url-17 <https://www.arç7.com/detay.php?id=760>, Erişim tarihi: 11.12.2023
- Url-18 <https://protectaqua.com/Sayfa/1/Ahsap-Nedir-ve-Neden-Tercih-Edilir>, Erişim tarihi: 12.12.2023
- Url-19 <https://tr.wikipedia.org/wiki/S%C3%BCrd%C3%BCr%C3%BClebilirlik>, Erişim tarihi: 12.12.2023
- Url-20 <https://www.avansas.com/blog/laminasyon-nedir-laminasyon-nasil-yapilir>, Erişim tarihi: 14.12.2023
- Url-21 <https://www.cltcrosslaminatedtimber.com.au/services/installation>, Erişim tarihi: 15.12.2023
- Url-22 <https://www.woodworks.org/learn/>, Erişim tarihi: 15.12.2023
- Url -23 <https://www.naswood.com.tr/marka/naslam/>, Erişim tarihi: 15.12.2023
- Url-24 <https://www.ahsapkarkas.com/projeler/gunumuz-ahsap-yapi-projeleri/clt-dag-evi-bursa/>, Erişim tarihi: 15.12.2023
- Url-25 <https://www.arkitera.com/haber/lamine-ahsap-rehberi-02-glt-tutkalli-lamine-ahsap/>, Erişim tarihi: 15.12.2023
- Url-26 <https://www.arkitera.com/haber/lamine-ahsap-rehberi-01-capraz-lamine-ahsap-clt/>, Erişim tarihi: 15.12.2023
- Url-27 <https://www.slideshare.net/mujdeahsap/yapi-malzemesi-ahsap-malzemesi-wood>, Erişim tarihi: 14.12.2023
- Url-28 <https://insapedia.com/lamine-ahsap-nedir-laminasyon-islemi-neden-ve-nasil-yapilir/>, Erişim tarihi: 15.12.2023

- Url-29 <http://www.erteworks.com/reklam-ajansi-portfolyo-detay/479/egger---infografik>, Erişim tarihi: 15.12.2023
- Url-30 <https://www.constructioncanada.net/showcasing-engineered-woods-potential-for-modular-design/>, Erişim tarihi: 15.12.2023
- Url-31 <https://kalekereste.com/urun/ahsap-lamine-kiris>, Erişim tarihi: 16.12.2023
- Url-32 <https://www.binderholz.com/en-us/mass-timber-solutions/the-gsk-carbon-neutral-laboratory-nottingham-great-britain/>, Erişim tarihi: 17.12.2023
- Url-33 <https://www.architecturalrecord.com/articles/13582-city-of-london-freemens-school-swimming-pool-by-hawkinsbrown>, Erişim tarihi: 17.12.2023
- Url-34 https://www.binderholz.com/fileadmin/user_upload/books/en/clt_bbs/2/, Erişim tarihi: 17.12.2023
- Url-35 <https://insapedia.com/capraz-lamine-ahsap-teknolojisi-clt-cross-laminated-timber/>, Erişim tarihi: 17.12.2023
- Url-36 <https://tr.pinterest.com/pin/182747697373121649/>, Erişim tarihi: 17.12.2023
- Url-37 <https://tr.pinterest.com/pin/540080180326028049/>, Erişim tarihi: 17.12.2023
- Url-38 <https://tr.pinterest.com/pin/9922061671273584/>, Erişim tarihi: 17.12.2023
- Url-39 <https://mg-architecture.ca/project/reinventer-paris/>, Erişim tarihi: 17.12.2023
- Url-40 <https://urbannext.net/treet/>, Erişim tarihi: 18.12.2023
- Url-41 <https://www.hasslacher.com/hoho-vienna-en>, Erişim tarihi: 18.12.2023
- Url-42 <https://www.woschitzgroup.com/en/projekte/hoho-vienna-wooden-tower/>, Erişim tarihi: 18.12.2023
- Url-43 <https://www.archdaily.com/934374/mjostarnet-the-tower-of-lake-mjosa-voll-arkitekter>, Erişim tarihi: 18.12.2023
- Url-44 <https://archeetect.com/tr/ahsap-yapi-malzemesi-mimaride-ahsap-kullanimi/>, Erişim tarihi: 18.12.2023
- Url-45 <https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon12>, Erişim tarihi: 18.12.2023
- Url-46 <https://www.archdaily.com/879625/inside-vancouvers-brock-commons-the-worlds-tallest-timber-structured-building>, Erişim tarihi: 18.12.2023

- Url-47 <https://find-an-architect.architecture.com/waugh-thistleton-architects/london/dalston-works>, Erişim tarihi: 18.12.2023
- Url-48 <https://makeitwood.org/exemplar-projects/internationalhouse.cfm>, Erişim tarihi: 18.12.2023
- Url-49 <https://www.thinkwood.com/construction-projects/origine-tallest-wood-building-in-eastern-north-america>, Erişim tarihi: 18.12.2023
- Url-50 <https://www.archdaily.com/414977/wenlock-road-mixed-use-development-proposal-hawkins-brown-architects>, Erişim tarihi: 18.12.2023
- Url-51 https://it.wikipedia.org/wiki/Cenni_di_Cambiamento, Erişim tarihi: 18.12.2023
- Url-52 <https://en.wikipedia.org/wiki/Stadthaus>, Erişim tarihi: 18.12.2023
- Url-53 <http://www.wooddesignandbuilding.com/lighthouse-joensuu/>, Erişim tarihi: 18.12.2023
- Url-54 <https://www.insaatim.com/dunyanin-en-yukse-ahsap-binasi-ascent-106714/>, Erişim tarihi: 18.12.2023
- Url-55 <https://www.woodsolutions.com.au/case-studies/forte-living>, Erişim tarihi: 19.12.2023
- Url-56 https://www.ancr.com.au/forte_apartments.pdf, Erişim tarihi: 19.12.2023
- Url-57 <https://sdq21.eu/en/db/wood-eight-storey-h8-in-bad-aibling>, Erişim tarihi: 19.12.2023
- Url-58 <https://www.webtekno.com/dunyanin-en-yukse-ahsap-binasi-h126687.html>, Erişim tarihi: 19.12.2023
- Url-59 <https://www.ahsapglobal.com/dunyanin-en-yukse-ahsap-binasi-ascent-tamamlandi/1534/>, Erişim tarihi: 19.12.2023
- Url-60 <https://maderayconstruccion.com/hoho-viena-construccion-hibrida-a-la-vista/>, Erişim tarihi: 20.12.2023
- Url-61 <https://www.metalocus.es/en/news/worlds-tallest-wooden-building-mjosa-tower-voll-arkitekter>, Erişim tarihi: 20.12.2023
- Url-62 <https://www.thinkwood.com/construction-projects/brock-commons-tallwood-house>, Erişim tarihi: 20.12.2023
- Url-63 <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/836053>, Erişim tarihi: 20.12.2023
- Url-64 <https://www.skyscrapercenter.com/building/treet/16540>, Erişim tarihi: 20.12.2023

- Url-65 <http://www.wooddesignandbuilding.com/lighthouse-joensuu/>, Erişim tarihi: 20.12.2023
- Url-66 <https://www.steni.net/inspiration/multifamily-residences/lighthouse-joensuu/>, Erişim tarihi: 21.12.2023
- Url-67 <https://cwc.ca/wp-content/uploads/2019/03/Origine-Case-Study.pdf> 6, Erişim tarihi: 21.12.2023
- Url-68 <https://www.nordic.ca/en/projects/structures/origine>, Erişim tarihi: 21.12.2023
- Url-69 <https://www.binderholz.com/en-us/mass-timber-solutions/wenlock-road-london-great-britain/>, Erişim tarihi: 21.12.2023
- Url-70 <https://www.youtube.com/watch?v=aeQUhP8QCwY> Erişim tarihi: 21.12.2023
- Url-71 https://www.ancr.com.au/forte_apartments.pdf, Erişim tarihi: 21.12.2023
- Url-72 <https://builtoffsite.com.au/emag/issue-04/forte-living-australias-first-multiresidential-clt-building/>, Erişim tarihi: 21.12.2023
- Url-73 <https://timefortimber.org/dalston-lane/>, Erişim tarihi: 22.12.2023
- Url-74 <https://www.building.co.uk/technical-case-studies/dalston-lane-tall-timber/5079749.article>, Erişim tarihi: 22.12.2023
- Url-75 <https://www.wooddays.eu/it/architecture/projekt/detail/wohnbau-via-cenni/index.html>, Erişim tarihi: 22.12.2023
- Url-76 <https://axisvm.eu/via-cenni-social-housing/>, Erişim tarihi: 22.12.2023
- Url-77 <https://www.woodworks.org/award-gallery/carbon-12/>, Erişim tarihi: 22.12.2023
- Url-78 <https://www.baunetzwissen.de/brandschutz/objekte/wohnbauten/achtgeschossiger-holzbau-in-bad-aibling-3158543>, Erişim tarihi: 22.12.2023
- Url-79 <https://www.archdaily.com/871807/international-house-tzannes>, Erişim tarihi: 22.12.2023

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad: Beyza AVCI TAŞKIN

ÖĞRENİM DURUMU:

• **Lisans** : 2020, T.C. Haliç Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalı,
Mimarlık

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

• Arnavutköy Hampton By Hilton Otel inşaatı, Mimar, 2020.