

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

AHŞAP ESASLI HİBRİT SİSTEMLER: UZMAN
GÖRÜŞLERİYLE BİR DEĞERLENDİRME

İREM TOMAKİN TURHAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: DOÇ. DR. SANİYE KARAMAN ÖZTAŞ

MAYIS 2025

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

AHŞAP ESASLI HİBRİT SİSTEMLER: UZMAN
GÖRÜŞLERİYLE BİR DEĞERLENDİRME

İREM TOMAKİN TURHAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: DOÇ. DR. SANİYE KARAMAN ÖZTAŞ

MAYIS 2025

T.R.
GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL

**WOOD-BASED HYBRID SYSTEMS: AN EVALUATION
THROUGH EXPERT OPINIONS**

İREM TOMAKİN TURHAN

**A THESIS OF MASTER OF SCIENCE
DEPARTMENT OF ARCHITECTURE**

ADVISOR: ASSOC. PROF. DR. SANİYE KARAMAN ÖZTAŞ

MAY 2025

YÜKSEKLİSANS JÜRİ ONAY FORMU

GTÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunun 03/02/2025 tarih ve 2025/08 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 23/05/2025 tarihinde tez savunma sınavı yapılan İrem TOMAKİN TURHAN'ın tez çalışması Mimarlık Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Doç. Dr. Saniye KARAMAN ÖZTAŞ

ÜYE

: Doç. Dr. Sedef ÖZÇELİK

ÜYE

: Dr. Öğr. Üyesi Hande APAK

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunun

...../...../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

Aileme
ve
biricik eşime

ÖZET

Ahşap, tarih boyunca sürdürülebilir ve deprem dayanımı yüksek bir malzeme olarak yapı üretiminde önemli bir yer edinmiştir. Ancak gelişen teknoloji ve artan nüfus ihtiyaçları ahşabın kullanım alanlarını sınırlamış; betonarme ve çelik gibi malzemeler yaygınlaşmıştır. Günümüzde ise yapı malzemelerinin yüksek karbon emisyonlarına ve doğal kaynak tüketimine yol açması, küresel iklim değişikliğine neden olmuş ve bu süreçte inşaat sektörü büyük rol oynamıştır. Bu sebeple, geçmişte yaygın olarak kullanılan doğal ve yerel malzemelere dönüş eğilimi artmıştır.

Ahşabın modern çağın ihtiyaçlarını karşılayabilmesi için yapısal performansı artırılmış, çağdaş yapı malzemeleri ile entegre edilerek hibrit yapı sistemleri geliştirilmiştir. Bu sistemler, ekonomik ve hızlı üretim süreçleriyle daha dayanıklı, çok katlı ve farklı işlevlere sahip yapıların inşa edilmesini mümkün kılmaktadır. Bu nedenle hibrit sistemler, çevre dostu ve dayanıklı yapılar için ideal bir seçenek olarak görülmektedir.

Türkiye'nin büyük bir bölümünün deprem kuşağında yer alması, yerli yapı üretiminde ahşabın kullanımının yaygınlaşmasını gerekli kılmaktadır.

Bu çalışmada, ahşap esaslı hibrit yapılar; yapı sektöründe hibritleşme, geleneksel ve çağdaş ahşap yapı sistemleri, deprem performansı, çok katlı ahşap yapılar ve bağlantı detayları gibi konular çerçevesinde değerlendirilmiştir. Ayrıca Türkiye'de ahşap esaslı hibrit sistemlerin sektördeki yeri, geleceği ve yapısal alandaki güncel sorunları üzerine uzman görüşlerine dayalı nitel araştırma yöntemi kullanılmıştır. Literatür taramaları sonucunda belirlenen yedi başlık üzerinden mevcut durum uzmanlar tarafından değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgularda, ahşap esaslı hibrit sistemlere sahip yapıların hızlı üretim süreçleri, az iş gücü gereksinimi ve maliyet avantajlarına yol açtığı, bu sürdürülebilir ve çok disiplinli yaklaşımlarla geliştirilen hibrit sistemlerin Türkiye'de yaygınlaşması gerekliliği vurgulanmıştır. Sonuç olarak, Türkiye'de ahşap yapı sistemlerinin yaygınlaşmasına katkı sağlayacak öneriler geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ahşap, Hibrit yapı sistemleri, Sürdürülebilirlik, Yapısal performans.

ABSTRACT

Wood has historically been an important material in building construction as a sustainable and earthquake-resistant material. However, developing technology and increasing population needs have limited the areas of use of wood; materials such as reinforced concrete and steel have become widespread. Today, the high carbon emissions and natural resource consumption of building materials have caused global climate change, and the construction sector has played a major role in this process. For this reason, the tendency to return to natural and local materials, which were widely used in the past, has increased.

In order for wood to meet the needs of the modern age, its structural performance has been increased and hybrid building systems have been developed by integrating it with contemporary building materials. These systems make it possible to build more durable, multi-storey and multi-functional structures with economical and fast production processes. For this reason, hybrid systems are seen as an ideal option for environmentally friendly and durable structures.

The fact that a large part of Türkiye is located in an earthquake zone necessitates the widespread use of wood in domestic building production.

In this study, wood-based hybrid structures were evaluated within the framework of issues such as hybridization in the construction sector, traditional and contemporary wood construction systems, earthquake performance, multi-storey wood structures and connection details. In addition, a qualitative research method based on expert opinions was used on the place of wood-based hybrid systems in the sector in Turkey, their future and current problems in the structural field. The current situation was evaluated by experts on seven headings determined as a result of literature reviews. The findings emphasized that structures with wood-based hybrid systems lead to fast production processes, low labor requirements and cost advantages, and that hybrid systems developed with these sustainable and multi-disciplinary approaches should become widespread in Turkey. As a result, suggestions were developed that will contribute to the widespread use of wood construction systems in Turkey.

Keywords: Wood, Hybrid building systems, Sustainability, Structural performance.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının hazırlık sürecinde deneyimleri ve bilgileriyle beni sabırla ve anlayışla yönlendiren danışmanım sayın Doç. Dr. Saniye KARAMAN ÖZTAŞ'a, katkıları için teşekkürlerimi sunarım.

Daima yanımda olan ve beni her zaman destekleyen sevgili eşim Seyit M. TURHAN'a,

Bu yaşıma kadar beni her zaman destekleyen, yanımda olan ve her türlü maddi manevi desteği veren sevgili babam Selçuk TOMAKİN, sevgili annem Nuran TOMAKİN ve kardeşim T. Alptuğ TOMAKİN'e, minnettarım.

Lisans ve tez dönemim boyunca yanımda olan ve desteğini hiç esirgemeyen sevgili dostum Şevval KAPLAN'a ve tez sürecim boyunca sabırla yanımda olan sevgili dostum Merve PEKÖZ'e teşekkür ederim.

Ayrıca çalışma sürecimde bana zaman ayırarak değerli bilgilerini benimle paylaşan tüm kurum ve kişilere teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
TABLolar DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı	2
1.2. Tezin Kapsamı	3
1.3. Tezin Yöntemi	4
1.4. Literatür Özeti	8
2. AHŞAP YAPI SİSTEMLERİ	13
2.1. Geleneksel Ahşap Yapı Sistemleri	15
2.1.1. Temeller	16
2.1.2. Duvarlar	17
2.1.2.1. Kütük Yığma Duvarlar	17
2.1.2.2. Blok Yığma Duvarlar	17
2.1.2.3. Dolma Ahşap Yığma Duvarlar	18
2.1.2.4. Ahşap İskelet Duvarlar	18
2.1.3. Döşeme ve Tavanlar	23
2.2. Çağdaş Ahşap Yapı Sistemleri	24
2.2.1. Çizgisel (Lineer) Elemanlar	27
2.2.2. Düzlemsel Elemanlar (Paneller)	28
2.2.3. Endüstriyel Ahşap Taşıyıcı Sistemler	29
3. AHŞAP YAPILARDA HİBRİTLEŞME	35
3.1. Yapı Sisteminde Hibritleşme	35
3.1.1. Ahşap-Beton Hibrit Sistemler	37
3.1.2. Ahşap-Çelik Hibrit Sistemler	38
3.1.3. Ahşap-Beton-Çelik Hibrit Sistemler	39
3.2. Ahşap Hibrit Yapı Sistemlerinde Birleşim Detayları	39
3.3. Depreme Dayanıklı Ahşap Hibrit Yapı Tasarımı	43
3.4. Çok Katlı Ahşap Hibrit Yapı Örnekleri	52
3.5. Türkiye’de Ahşap Hibrit Yapı Sistemi ve Uygulamaları	66
3.6. Bölüm Değerlendirmesi	77
4. AHŞAP ESASLI HİBRİT SİSTEMLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ: UZMAN GÖRÜŞLERİ	83
4.1. Ahşap Esaslı Hibrit Sistemler Üzerine Genel Görüşler	86
4.2. Tasarım ve Uygulama Süreçleri	95
4.3. Kullanım Alanları ve Avantajlar	102
4.4. Deprem Performansı ve Dayanıklılık	105
4.5. Yönetmelik ve Ekonomik Değerlendirmesi	113
4.6. Sürdürülebilirlik ve Kaynak Yönetimi	118
4.7. Gelecek ve Teknolojik Entegrasyon	120

5. SONUÇ ve ÖNERİLER	127
KAYNAKLAR	132
ÖZGEÇMİŞ	138
TEZ METNİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR	139
EKLER	140

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

CLT	: Cross-Laminated Timber (Çapraz Lamine Ahşap)
CM	: Controlled Model (Kontrollü Model)
cm	: Santimetre
CNC	: Computer Numerical Control (Bilgisayarlı Sayısal Kontrol)
CO ₂	: Karbondioksit
DfA	: Design for Adaptability (Uyarlanabilirlik için Tasarım)
DfD	: Design for Disassembly (Sökme için Tasarım)
DLT	: Dowel-Laminated Timber (Kavelalı Lamine Ahşap)
FFTT	: Fizibilite-Finansman-Tasarım-Teknoloji
FM	: Fixed Model (Sabit Model)
FSC	: Forest Stewardship Council (Orman Yönetim Konseyi)
Glulam	: Glued Laminated Timber (Yapıştırılmış Lamine Ahşap)
GTÜ	: Gebze Teknik Üniversitesi
HTF	: Hybrid Timber Frame (Hibrit Ahşap Çerçeve)
kg	: Kilogram
kN	: Kilonewton
LSL	: Laminated Strand Lumber (Lamine Kaplama Ahşap)
LVL	: Laminated Veneer Lumber (Lamine Kaplama Ahşap)
m	: Metre
m ²	: Metrekare
m ³	: Metreküp
mm	: Milimetre
MPa	: Megapascal
MPP	: Solid Plywood Panel (Masif Kontrplak Panel)
Mw	: Moment Magnitude (Moment Büyüklüğü)
NLT	: Nail-Laminated Timber (Çivili Lamine Ahşap)
NTNU	: Norwegian University of Science and Technology (Norveç Bilim ve Teknoloji Üniversitesi)
OGM	: Orman Genel Müdürlüğü
OSB	: Oriented Strand Board (Yönlendirilmiş Yonga Levha)
OSL	: Oriented Strand Lumber (Yönlendirilmiş Yonga Ahşap)
<i>P</i>	: Pascal
PSL	: Parallel Strand Lumber (Paralel Yonga Ahşap)
RPR	: Relative Product-Inherent Recyclability (Göreceli Ürün-Doğasında Geri Dönüştürülebilirlik)
SCL	: Steel-Cased Lumber (Yapısal Kompozit Ahşap)
SDD	: Self-Drilling Dowels (Kendinden Delici Vidalar)
SFM	: Sustainable Forest Management (Sürdürülebilir Orman Yönetimi)
SKA	: Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları
TCC	: Timber-Concrete Composite (Ahşap Beton Kompozit)
YDD	: Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1: Japonya'daki Horyu-ji Tapınağı.	14
Şekil 2.2: Büyükada Rum Yetimhanesi.	14
Şekil 2.3: Moloz taş temeller (a), (b).	17
Şekil 2.4: Ahşap iskelet dizgesi.	18
Şekil 2.5: Çatma ahşap iskelet dizgesi.	19
Şekil 2.6: Muskalı türler.	20
Şekil 2.7: Yuvarlak ağaç dolgu.	20
Şekil 2.8: Dal örgüyle dolgu.	21
Şekil 2.9: Taş dolgu.	21
Şekil 2.10: Kerpiç dolgu.	22
Şekil 2.11: Tuğla dolgu.	23
Şekil 2.12: Döşeme örneği.	23
Şekil 2.13: Döşemeler.	24
Şekil 2.14: Karkas (Çerçeve) sistem.	30
Şekil 2.15: Modüler Sistem.	31
Şekil 2.16: CLT-GLT-çelik-betonarme yapı sistemi.	32
Şekil 2.17: Avrupa kodları arasındaki bağlantılar.	33
Şekil 2.18: Tasarım prosedüründe kullanılan gereksinimler ve terminoloji.	34
Şekil 3.1: Ahşap ve betonarme sistemlerin bir arada kullanımına dair örnek sistemler.	37
Şekil 3.2: Glulam kolon ve kirişlerin çelik ile birleşim detayı.	38
Şekil 3.3: Kolon-temel bağlantısı.	39
Şekil 3.4: Yüksek ahşap yapılardaki birleşim örnekleri.	41
Şekil 3.5: CLT duvar ile çelik bağlantı kirişi arasındaki bağlantı detayı ve kendinden delici vida.	42
Şekil 3.6: SDD bağlantı tipleri.	42
Şekil 3.7: Tipik kolon-kiriş bağlantısı ve histeretik davranış.	44
Şekil 3.8: CLT duvar paneli ve çekme ile kesme bağlantılarının histeretik davranışı	44
Şekil 3.9: University of British Columbia'nın ahşap binasındaki sünek detaylar.	45
Şekil 3.10: CLT panel davranışları ve birleşimleri	46
Şekil 3.11: CLT döşeme – duvar panel birleşim deneyi gözlem ve grafiği.	47
Şekil 3.12: UBC Yer Bilimleri Binası yapı sistem detayları ve özellikleri.	48
Şekil 3.13: Cooley Eğitim Merkezi yapı sistem detayları ve özellikleri.	49
Şekil 3.14: Kaikoura Belediye Hizmet Binası yapı sistem detayları ve özellikleri.	51
Şekil 3.15: Tasarlanan yapının yapım aşamalarına (a) ve tamamlanmış haline ait (b) görüntüler.	53
Şekil 3.16: Önerilen CLT – çelik hibrit sistem ve diğer CLT, betonarme, çelik sistem yapılar ve plan çizimleri.	54
Şekil 3.17: The Tree yapısına ait taşıyıcı sistem kurgusu ve yapının görseli.	55
Şekil 3.18: The Tree yapısına ait tip kat planı ve kesiti.	56
Şekil 3.19: Yapının taşıyıcı sistem diyagramı.	57

Şekil 3.20: The Tree yapısına ait prefabrike modül ve CLT asansör şaft yerleşimi.	58
Şekil 3.21: Tamedia yapısına ait strüktür ve cephe görseli.	58
Şekil 3.22: Tamedia yapısına ait (a) kesit ve (b) yapı sistem yerleşim şeması.	59
Şekil 3.23: Tamedia yapısına ait (a) kolon ve kiriş bağlantı noktası, (b) bağlantı modeli, (c) bağlantı detay çizimleri.	60
Şekil 3.24: Tamedia yapısına ait (a) zemin kat planı, (b) tipik kat planı.	61
Şekil 3.25: Tamedia yapısına ait (a), (b) iç mekanlar ve (c) balkon alanı.	62
Şekil 3.26: Mjøstårnet binası.	63
Şekil 3.27: Mjøstårnet binası iç mekanları.	63
Şekil 3.28: Mjøstårnet binası kat planları, (a) zemin kat planı, (b) konut yerleşim planı, (c) otel yerleşim planı.	64
Şekil 3.29: Mjøstårnet yapısına ait (a) köşe kolon ayak detayı, (b) yangından koruyucu bağlantı detayı, (c) yapı strüktür şeması.	65
Şekil 3.30: Deprem bölgelerindeki ahşap taşıyıcı sisteme ait yapıların uygulama aşamalarına ait görseller.	66
Şekil 3.31: (a) Kahramanmaraş (Pazarcık) ve (b) Diyarbakır bölgelerinde uygulanmakta olan projeler.	67
Şekil 3.32: Avcılar Sosyal Tesisleri'nin yapım aşaması ve yapının bitmiş haline ait görseller.	70
Şekil 3.33: Nevmekân Sahil yapıya ait kubbe.	71
Şekil 3.34: Nevmekân Sahil yapıya ait kubbe sistem detayı.	71
Şekil 3.35: Nevmekân Sahil yapı kubbesine ait bağlantı detayı.	72
Şekil 3.36: Ankara Altındağ At Maneji, (a) yapının bitmiş hali, (b, c) yapım sürecine ait görseller.	73
Şekil 3.37: Amasya Sarı Konak, (a) yapım aşamasındaki taşıyıcı sistemi, (b) yapım süreci, (c) yapının bitmiş hali.	74
Şekil 4.1: Uzmanların toplam çalışma deneyimi ve ahşap yapılar üzerine deneyimleri.	85
Şekil 4.2: U-1 tarafından paylaşılan TÜBİTAK projesi deney anına ait bir görüntü.	106
Şekil 4.3: U-2 tarafından paylaşılan deprem istatistikleri.	108

TABLÖLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 1.1: Çalışmanın yol haritası.	7
Tablo 2.1: Geleneksel ahşap yapılarda taşıyıcı sistemlerin sınıflandırması.	15
Tablo 2.2: Endüstriyel ahşap çizgisel elemanlar.	27
Tablo 2.3: Endüstriyel ahşap panel elemanlar.	28
Tablo 3.1: Ahşap hibrit sistemler ile geleneksel ve çağdaş ahşap sistemlerin karşılaştırılması.	81
Tablo 4.1: Ahşap esaslı hibrit sistemler üzerine genel görüşlerin analizi.	94
Tablo 4.2: Tasarım ve uygulama süreçleri hakkındaki görüşlerin analizi.	101
Tablo 4.3: Kullanım alanları ve avantajlar hakkındaki görüşlerin analizi.	105
Tablo 4.4: Deprem performansı ve dayanıklılık hakkındaki görüşlerin analizi.	111
Tablo 4.5: Yönetmelik ve ekonomik açıdan değerlendirmelerin analizi.	116
Tablo 4.6: Sürdürülebilirlik ve kaynak yönetimi hakkındaki görüşlerin analizi.	120
Tablo 4.7: Gelecek ve teknolojik entegrasyon hakkındaki görüşlerin analizi.	124
Tablo 4.8: Uzman görüşlerinden elde edilen genel bulgular.	126

1. GİRİŞ

Barınma ihtiyacı, insanlık tarihi boyunca değişerek ve artarak devam etmiştir. Günümüzde ise hızla artan nüfusun barınma gereksinimlerini karşılamak amacıyla yoğun bir yapılaşma süreci yaşanmaktadır. Ancak, yapılaşmadaki bu hız arttıkça çevreye verdiğimiz zarar da giderek geri dönülemez bir boyuta ulaşmaya başlamıştır. Artan karbon ayak izleri ve hızla tehditleri büyüyen küresel ısınma, oldukça hissedilir hale gelmekle beraber, yapılaşmanın bu olumsuz gidişatı önemli ölçüde etkilediği bilinen bir gerçektir. Bu bağlamda, yapı sektöründe çevresel etkilerin azaltılması amacıyla doğal malzemelere, yani öze dönüş süreci başlamıştır [1].

Ahşap, çevreye zarar vermeden sürdürülebilir bir şekilde üretilebilen, karbon depolama kapasitesine sahip ve kolay işlenebilir bir malzeme olmasının yanı sıra, gelişen teknoloji ile günümüzde çok katlı yapıların inşası için elverişli bir malzeme haline gelmiştir. Kanada, Amerika Birleşik Devletleri, Finlandiya ve İsveç başta olmak üzere, çok katlı yapı üretiminde ahşap giderek daha fazla tercih edilmektedir. Ancak, günümüz yapı sektöründe çelik ve betonarme sistemler hâkimiyet kazanmış olup, ahşap yapıların inşa oranının artması kendiliğinden ve kısa sürede mümkün hale gelememektedir. Bu artış, genellikle ülkelerin yapı sektörü durumuna göre geliştirilen teşvik politikaları ve stratejik girişimler sayesinde adım adım gerçekleştirilebilmektedir [2].

Ahşap, tarih boyunca geleneksel yapı malzemesi olarak kullanılmış, dayanıklılığı, işlenebilirliği ve doğal estetiği nedeniyle tercih edilmiştir. Ancak, modern yapı sektörü ihtiyaçlarının artması ve daha yüksek performans gereklilikleri, geleneksel ahşap yapıların sınırlarını zorlamış, bu durum hibrit ahşap sistemlerin geliştirilmesine zemin hazırlamıştır. Ahşap yapılar, temellerinin genellikle beton olmasından ve/veya bağlantılarının çelik kullanılarak yapılmasından dolayı bir dereceye kadar hibrit sistemler olarak değerlendirilebilmektedir. Gerçek hibrit sistemler ise iki veya daha fazla malzemenin avantajlarından yararlanılarak zayıf yönlerinin aşılması amacıyla bir sistem oluşturmak için yapılan birleştirme işlemidir. Ahşabın ise bu şekilde hibrit kullanımı, farklı malzemelerle entegrasyonuna ve ahşabın uygulamalardaki sınırlılıklarının giderilmesine olanak sağlamaktadır. Hibrit sistemler, montaj kolaylığı ve bunun sonucunda azalan inşaat sürelerini sağlarken, diğer yandan geliştirilmiş bina

fiziği performansını da beraberinde getirmektedir. Ancak, endüstriyel üretimde kullanılan yapıştırma ve laminasyon işlemleri, ürünlerin geri dönüşümünü uygunsuz hale getirirken aynı zamanda atık odun miktarını arttırmaktadır. Bu bağlamda hibrit sistemler, iki veya daha fazla malzemeden faydalanan malzemelerin zayıf yönlerinin üstesinden gelmeye yönelik ahşap-betonarme, ahşap-çelik ve ahşap-çelik-betonarme gibi malzeme kombinasyonlarıyla öne çıkmaktadır. Bu sistemler aynı zamanda estetik, sürdürülebilirlik, ekonomik olma, yangına dayanıklılık yaklaşımlarıyla yapı bileşeni ölçeğinde veya sistem bütünü içerisinde ele alınmaktadır [3].

Ahşap, sürdürülebilir bir malzeme olması ve deprem yönünden dayanıklılığıyla dikkat çekmesine rağmen, ülkemizde yeterli önemi görmemektedir. Buna karşılık, çelik ve betonarme sistemlerine olan yönelim artarak devam etmektedir. Türkiye, aktif bir deprem kuşağında bulunmakta olup tarih boyunca birçok yıkıcı depreme maruz kalmıştır. Yakın dönemde yaşanan ciddi depremler, yapı sistemleri ve malzeme seçimlerinin gözden geçirilmesi gerekliliğini açıkça ortaya koymaktadır. Bu doğrultuda, ülkemizde yapı sektörünün, coğrafi koşullara ve bölgesel özelliklere uygun, yerel ve doğal malzemeleri teşvik eden bir yaklaşımı benimsemesi büyük önem taşımaktadır.

Türkiye’de ahşap sistemlerin, özellikle yüksek katlı yapılarda kullanımını sınırlayan teknik eksiklikler, ahşap yapıların sürekli bakım ve onarım gereksinimi, yangına dayanım yönünden oluşan ön yargılar gibi faktörler, ahşap yapıların yaygınlaşmasını engellemektedir. Bu durum, yapı sektörünün sürdürülebilirlik ve dayanıklılık hedefleriyle uyumlu bir dönüşüm için kapsamlı bir araştırma ve yeni stratejiler geliştirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

1.1. Tezin Amacı

Teknolojik gelişmelerle birlikte ahşap, farklı malzemeler ve yapım teknikleriyle hibrit sistemler içerisinde kullanılarak geleneksel sınırlılıklarını aşmış, ahşap yapılarda geniş açıklıklar geçilebilmesi ve yüksek yapılarda uygulanması gibi olanaklar sağlamıştır. Ayrıca ahşap esaslı hibrit sistemlerde farklı malzemelerin birlikte kullanımı, her birinin güçlü yönlerinin bir araya getirilmesini sağlayarak yapıların genel performansını artırmakta ve depreme karşı daha güvenli hale getirmektedir.

Bu tez çalışmasında, ahşap yapı malzemesinin geleneksel ve çağdaş sistemlerdeki kullanımında farklı yapı malzemeleri ile hibrit kullanımı, literatür taraması ve uzman görüşleri doğrultusunda irdelenmiştir. Bu kapsamda, ahşap esaslı hibrit sistemlerin güncel kullanımındaki avantajları, uygulama zorlukları ve sınırlılıkları araştırılarak, ahşabın yapılarda kullanımının yaygınlaşmasına yönelik araştırma ve uygulamalara katkıda bulunmak, ahşabın Türkiye’deki mevcut durumunu ortaya koymak ve ahşap yapı sistemlerinin geleceğine dair farkındalık oluşturmak amaçlanmaktadır.

1.2. Tezin Kapsamı

Bu çalışmada, ahşap hibrit sistemler; bileşen ve sistem hibritleşmesi, bağlantı yöntemleri ve elemanları ile hibrit sistemlerin avantajları ve dezavantajları açısından değerlendirilmiştir. Literatür taraması, güncel verilerle çalışmayı sağlamak amacıyla 2000-2024 yılları arasında yayımlanan bilimsel çalışmalarla sınırlandırılmıştır. Bu süreçte “ahşap yapılar (wood building)”, “ahşap hibrit sistemler (wood hybrid systems)”, “ahşap yapı tasarımı (structure design of timber)”, “ahşap ve deprem (timber and earthquakes)” gibi anahtar kelimeler kullanılarak ilgili konu başlıklarına odaklanılmıştır.

Türkiye özelinde ahşap yapıların mevcut yönetmelikleri ve uygulama yöntemleri incelenmiş, özellikle ham ahşap ile ilgili yangın, nem ve haşere etkileri gibi durumlar açısından yeni uygulanan üretim yöntemleri ve endüstriyel olarak geliştirilen güncel ahşap yapı malzemeleri ele alınmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde, geleneksel ve çağdaş ahşap yapı malzemeleri ile yapı sistemleri karşılaştırmalı olarak ele alınmıştır. Üçüncü bölümde, ahşap esaslı hibrit sistemler ele alınarak güncel yapı örnekleri üzerinden tanımlanmış, ahşap esaslı hibrit sistemlerin yapısal sürdürülebilirlik, deprem etkilerine dayanım gibi güncel konulardaki etkileri incelenmiştir ve ilgili yönetmeliklerin kapsamı da değerlendirilmiştir.

Dördüncü bölüm, ahşap esaslı hibrit sistemlerin yapılarda kullanımına ve sürdürülebilirliğine dair derinlemesine bilgi edinmek amacıyla, konunun uzmanlarıyla gerçekleştirilen röportajları içermektedir. Uzman görüşleri, ahşap esaslı hibrit sistemler için şu başlıklar altında analiz edilmiştir:

- Tasarım ve uygulama süreçleri
- Kullanım alanları ve avantajlar

- Deprem performansı ve dayanıklılık
- Yönetmelik ve ekonomik değerlendirmesi
- Sürdürülebilirlik ve kaynak yönetimi
- Gelecek ve teknolojik entegrasyon

Beşinci bölümde ise çalışmanın sonuç ve genel değerlendirmeleri sunulmaktadır.

1.3. Tezin Yöntemi

Bu çalışmada nitel araştırma yöntemi kullanılmıştır. Creswell [4], nitel araştırmayı şu şekilde tanımlamaktadır; “Nitel araştırmanın temelinde, benim düşünceme göre, keşfetmek istediğimiz temel bir olgu (konu) vardır. Bu, öğrenmek ya da çalışmak isteyeceğiniz esas fikirdir. Bu temel olgu çevresinde nitel araştırmanın doğasının belirli bir sıraya konulmamış birçok unsuru bulunmaktadır.”

Nitel araştırma yönteminin temel özellikleri, çalışmanın kapsamına uygun olarak şu şekilde sıralanabilir:

- İnsanların olaylar hakkında nasıl düşündüğü, olayları nasıl anlattıkları ve dünyayı nasıl gördükleri yer alır.
- Araştırmada bağlam veya ortam çok önemlidir.
- Araştırmacı, çoğunlukla süreçleri veya zaman içerisinde gelişen olayları inceler.
- Genellikle az sayıda insana veya küçük kümelerle odaklanır.
- Araştırmalar, bilgi alınabilecek bireyler ya da kuruluşlar üzerinde gerçekleştirilir.
- Araştırmacı birçok bakış açısını bir araya getirir.
- En başarılı nitel araştırmalar, belli bir konuyla ilgili bilgilere, farklı bakış açılarıyla ulaşan ve bunu ortaya koyan çalışmalardır.
- Olguyla ilgili farklı görüşleri karşılaştırarak kapsamlı bir değerlendirme yapar [4].

Nitel yöntem, bu çalışmada hibrit esaslı ahşap yapıların çok yönlü ve derinlemesine incelenmesine imkân tanımıştır. Çeşitli veri toplama araçlarının (literatür taraması, röportajlar, tematik analiz) bir arada kullanılması, çalışmanın kapsamlı bir perspektif sunmasını sağlamıştır.

Bu yöntem doğrultusunda, hibrit esaslı ahşap yapılar; yapı sektöründe hibritleşme, geleneksel ve çağdaş ahşap yapı sistemleri, ahşap yapıların deprem performansı ve çok katlı ahşap yapılar gibi konular çerçevesinde ele alınmıştır. Araştırma sürecinde ulusal

ve uluslararası bilimsel yayınlar (tezler, makaleler, kitaplar) ile ulusal yönetmelikler incelenmiş ve güncel yapı uygulamaları tartışılmıştır.

Bu çalışmada, ahşap yapıların Türkiye yapı sektörü içerisindeki durumu ve geleceğine dair bilgi edinmek amacıyla, özellikle de ahşap malzemenin yapısal alandaki güncel sorunları, uzman bakış açıları, yeni yayımlanan ahşap yönetmeliği gibi konular üzerine uzman görüşü yöntemine başvurulmuştur. Bu doğrultuda, alanında uzman kişiler ile yapılan röportajlar yoluyla nitel veriler elde edilmiştir.

Röportaj sürecinde, ilgili uzmanların belirlenmesinde “Kartopu Örnekleme” yöntemi (Snowball Sampling Method) kullanılmıştır. Kartopu örnekleme yöntemi, bir popülasyondaki bir dizi bireyin sorulara tabi tutularak ve sonrasında da bu bireylerin “sosyal bağlantıları” arasından tekrar yönlendirme yapılarak paylaşılması istendiği bir tasarımıdır. Buradaki amaç örneğe başka kişileri dâhil etmektir ve bu yöntem hedef alınan özelliklere sahip örnekler kolayca erişilemediği zaman uygulanmaktadır [5]. Yöntemde, araştırmacının duyarlı popülasyona erişmesine olanak tanınmakta ve bu nedenle araştırma çalışmalarında kullanılması önerilmektedir. Araştırmacılara genellikle, seçilen ilk birkaç örneğe, benzer görüşlere veya durumlara sahip birini tanıyıp tanımadıkları sorulduktan sonra araştırmaya katılmaları istenmektedir. Kartopu örnekleme yöntemi, zaman tasarrufu sağlamanın yanı sıra, araştırmada katılımcıların ilk örneklem araştırmacıyla bağlantısı olduğu için örneklemlemlerle daha iyi iletişim kurma fırsatı sağlamaktadır. Bu şekildeki bir ağ çalışması, konu ile ilgili kimliklerini ifşa etmek istemeyen kişileri bulmak için yararlıdır. Genellikle kartopu örnekleme aşamalı bir süreçtir ve zaman örnek seçimini etkilemektedir. Örnekleme ise genelde veri doygunluğuna kadar devam etmektedir. Bu yöntem, belirli insan gruplarına erişmek için bilgi toplama yöntemidir [6]. Örneklemede, gizli popülasyonlara erişilebilmesi açısından avantajlıdır ama görüşülen kişi sayısının önceden bilinmemesi sebebiyle araştırılan örneklem büyüklüğüne dair belirsizlik olmaktadır. Ancak araştırmacı bilgi birikiminin tatmin edici olduğunu düşündüğünde görüşmeyi sonlandırmak zorundadır [7] .

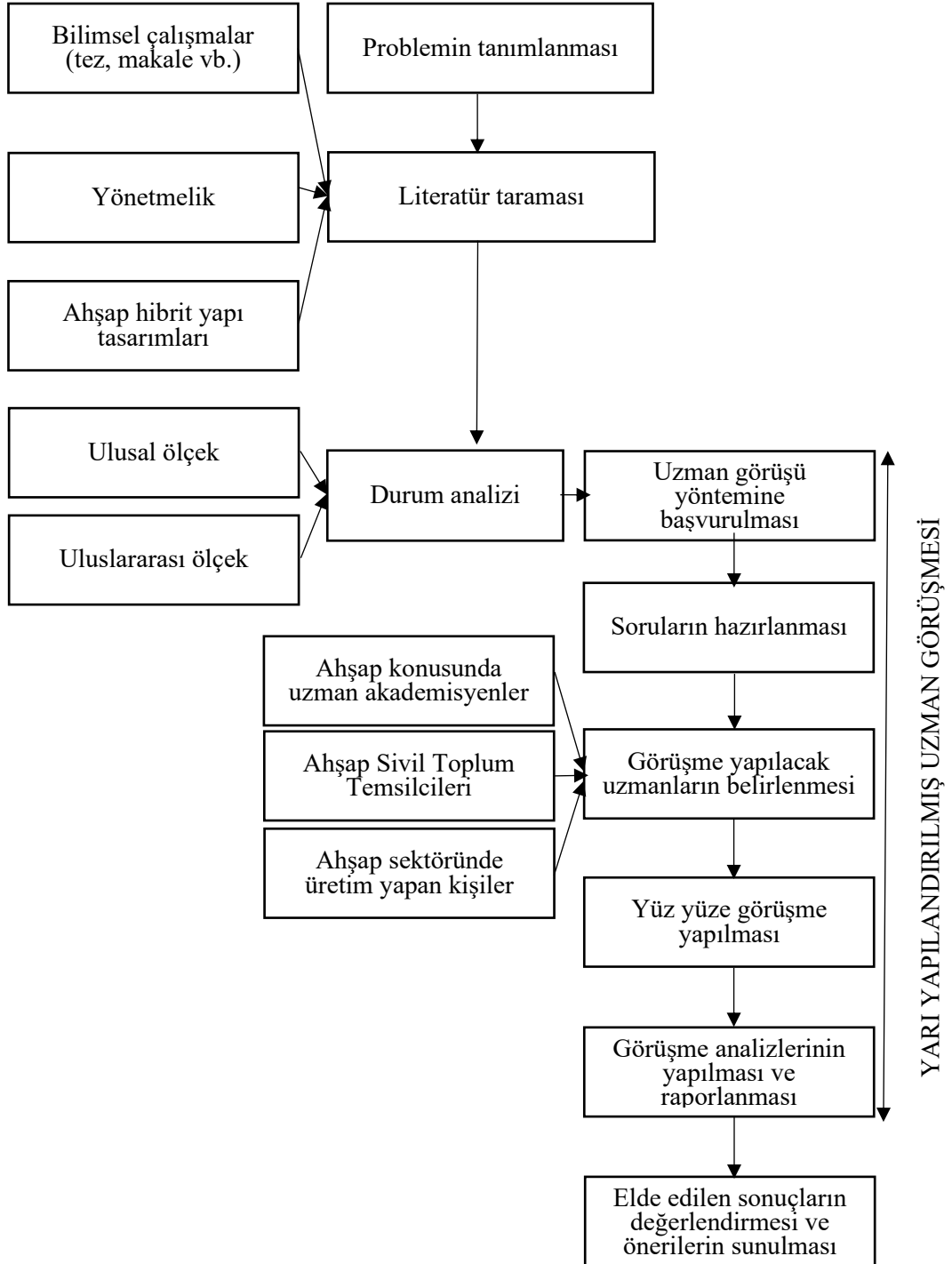
Bu yöntem için başka bir çalışmada örneklem; araştırmacının önceden belirlediği ilk katılımcılarla başlar ve bu kişiler genellikle araştırma konusu hakkında bilgi sahibi veya ilgili alanda deneyime sahip olanlardır. İlk katılımcılar, araştırmacıya diğer potansiyel katılımcıları önerir. Bu kişiler de araştırma sürecine dâhil edilir. Yani, her yeni katılımcı araştırmacıya başka katılımcılar önerir ve bu süreç bir zincir gibi devam

eder. Bu metodoloji, belirli katılımcıların sosyal ağlarından yararlanarak araştırmacıya sürekli genişleyen bir potansiyel temaslar seti sunmayı amaçlar. Bu süreç, ilk örneklem ile aynı hedef popülasyondaki diğer kişiler arasında bir 'bağ' veya 'bağlantı' olduğu varsayımına dayanır, bu da birbirini tanıyan kişiler arasında bir dizi referans yapılmasına olanak tanır. Yöntem en çok nitel araştırma yapmak için, özellikle de görüşmeler yoluyla kullanılır [8].

Bu yöntem kapsamında, ilk aşamada, konu ile ilgili bilimsel çalışmaları olan bir akademisyen ile röportaj gerçekleştirilmiş, bu alanda başka kişileri önerip öneremeyeceği sorulmuştur. Uzmanın önerdiği kişi ve sonrasında görüşülen uzmanlar aracılığıyla ilgili konu başlıklarında bilimsel çalışmalar yürüten akademisyenler, ahşap yapılarla ilgili uzmanlaşmış kuruluşlar ve uygulama alanında aktif rol alan profesyoneller belirlenmiştir. Süreç ahşap hibrit yapılar konusunda uzmanlığı olan altı uzman görüşü ile tamamlanmıştır.

Yöntem gereği röportajlarda, ilgili konu başlıklarını kapsayan önceden belirlenmiş 29 soru yöneltilmiştir. Röportaj sorularına yönelik GTÜ İnsan Araştırmaları Etik Kurulu'nun 26/12/2024 tarih ve E-179149 sayılı kararınca etik uygunluk belgesi alınmıştır **Ek A**. Görüşmeler dijital platformlar aracılığıyla çevrimiçi olarak her bir uzman için yaklaşık bir saat süre içinde yapılmış ve süreç boyunca **Ek B** referans alınarak veriler sesli olarak kaydedilmiştir. Ses kayıtları “Transkriptor” programı kullanılarak tam ve harfi harfine çevrilmiştir. Görüşmeler yedi konu başlığı üzerinden tematik olarak değerlendirilmiştir. Çalışmanın araştırma sürecine ilişkin yol haritası **Tablo 1.1**'de sunulmaktadır.

Tablo 1.1: Çalışmanın yol haritası.



1.4. Literatür Özeti

Ahşap ve ahşap yapı sistemine yönelik uluslararası bazı çalışmalar malzeme ve sistemin sürdürülebilirliğine odaklanmıştır. Referans [9] çalışmasında, Avrupa’da artan konut sıkıntısı ve 2050 karbonsuzlaştırma hedefleri doğrultusunda yeni yapılan konutlar için enerji performansını arttırmak yönünde çalışmaların yoğunlaştığını belirtmişlerdir. Çalışmada, yeni yapılan konutlarda kullanılan ahşabın etkisi araştırılmıştır. Çalışmanın bir bölümünde yaşam döngüsü değerlendirmesi yapılarak üç farklı senaryo modellemesi yapılmıştır: küçük, orta ve büyük konutlarda iki farklı inşaat türü olan ahşap ve beton Hollanda’nın Almere kentindeki inşa edilen konutlar için karşılaştırılmıştır. Bulgular, küçültmenin ve betona göre ahşap sistemin eş zamanlı kullanımının %53 karbon tasarrufu sağladığını göstermiştir. Çalışmanın, özellikle uygulayıcılar ve araştırmacılar için tasarım aşamasında kaynak niteliği taşıması hedef alınmıştır.

Referans [10] çalışmasında, binaların geri dönüştürülebilirliği değerlendirmesi kapsamında “Göreceli ürün-doğasında geri dönüştürülebilirlik” (RPR) değerlendirme yöntemi üzerine odaklanılmıştır. Bu yöntem yapılarda geri dönüştürülebilirliği ölçmek amacıyla binaların bileşimlerine ve yapısına (montajına) bakılarak geri dönüşümleri ile ilgili faktörlerini tanımlamıştır. RPR tekniğinin uygulanabilirliği için ahşap ve beton bir yapı üzerinde alan çalışması yapılmıştır. Sonuç olarak ahşap yapının betona göre geri dönüştürülebilirliğinin daha yüksek olduğu belirtilmiştir.

Referans [11] çalışmasında, inşaat atıkları ve sera gazı emisyonlarının azaltılması ihtiyacı; yenilenmiş, dönüştürülmüş ve sökülmiş yapılar ile kolaylıkla geri kazanılabilen parçalar, malzemeler üretmeyi hedef alan bir anlayış olan sökme için tasarım (DfD) sisteminin benimsenmesine ve sektörün döngüsel ekonomi yönünde ilerlemesine sebep olmuştur. Çalışmada, DfD standartları doğrultusunda tasarlanmış ahşap yapılar ile ilgili mevcuttaki literatür incelenmiştir.

Referans [12] çalışmasında, küresel sera gazı emisyonlarının inşaat sektöründe çevreye olan etkisini azaltmak için düşük karbonlu yapılara odaklanmıştır. Araştırmada Malezya inşaat sektörü ihtiyaçları ön plana alınmış, sektörden kaynaklanan CO2 etkisini azaltmak amacıyla yeni bir yapı önerisi sunulmuştur. Bu kapsamda Malezya’da tek aile konutları için CO2 emisyonu analizleri için bir yaşam döngüsü analizi (YDD) yapılmıştır. Yedi farklı yapı ve malzeme değerlendirilmiş

olup, atmosfere daha az CO2 salınımı yapan ahşap prefabrik dikme-kiriş sisteminin en uygun seçenek olduğu sonucuna varılmıştır.

Referans [13] çalışmasında, geleneksel türde acil durum barınma tesislerine alternatif olabilecek sürdürülebilir ve yenilikçi bir ahşap yapı sistemi önerisi sunmuştur. Sistemde çevresel felaketler sonucu meydana gelen olaylar sonrasında, montajı basit bir şekilde yapılabilen, belirli ağırlıklarda olan modüler prefabrik elemanlar önerilmiştir. Sistem Hibrit Ahşap Çerçeve (HTF) ismine sahip olup hafif ahşap çerçeve sistemlerin ağırlığının düşük olması ve CLT panellerin yüksek mukavemet özellikleri ile avantajlı hale getirilmiştir. HTF sistemin sismik etkiler altındaki performansı deneysel çalışmalar ve sayısal simülasyon sonuçları sunulmuştur.

Referans [14] çalışmasında, uyarlanabilirlik için tasarımın (DfA), değişen çevre koşullarına ve ihtiyaçlara yanıt veren binaların, bileşenlerinin daha uzun süre kullanılabilir olmasını sağladığı vurgulanmıştır. Çalışma, yeniden kullanım ve söküme yönelik ahşap yapıların bağlantı sistemlerini incelenmiştir.

Referans [15] çalışmasında, gelişen ahşap üretim endüstrisinde, mimari tasarımlarda artmakta olan geometrik tasarımların ihtiyaçlarını karşılamakta zorluklar yaşandığı belirtilmiştir. Karmaşık ve eğrisel geometrilerin tasarımlarının kolayca yapılabilse de uygulamalarında yoğun bir şekilde işleme ve makineleşmeye ihtiyaç duyulduğu vurgulanmıştır. Çalışmada, nem ile birlikte kendiliğinden şekillenebilen çift katmanlı ahşap elemanlar kullanılarak büyük ölçekte eğrisel kütleli ahşaplar için form oluşturmaya dair bir mekanizma önerilmiştir.

Hibrit sistemlere yönelik uluslararası çalışmalar ahşap-çelik ve ahşap-beton sistemlere yöneliktir. Referans [16] çalışmasında, sismik yükler altında hasarı minimuma indirmek ve yapının servis yükleri altında yanal titreşimini azaltmak için yüksek ahşap yapılarda yenilikçi bağlantı tasarımları gerektiği belirtilmiştir. Çalışmada, hibrit çelik-CLT kompozitler ve montajların bağlantı tasarımında yeni bir yöntem sunulmuştur. Önerilen yöntem ile hibrit ahşap-çelik sistemlerin bileşenlerinin sökümünden sonra yeniden kullanılmasını olanak veren ve bağlantı elemanlarının kendine özgü mekanik özellikleri ile büyük ölçekteki yapı uygulamalarının sağlanabileceği gösterilmiştir.

Referans [17] çalışmasında, çelik-ahşap hibrit yapının, ahşap ve çeliğin olumlu yönlerini etkili bir şekilde bir araya getirebildiğini vurgulamıştır. Çalışmada, ayrılmış yerçekimi ve yanal direnç sistemlerine sahip ahşap-çelik hibrit bir yapı önerilmiş, bu

tip bir yapı için yinelemeli doğrudan yer değiştirmeye dayalı bir tasarım geliştirilmiştir. Önerilen yöntemle göre dört ahşap-çelik yapı tasarlanmış, deforme olabilen ahşap-çelik bağlantıları olan altı, dokuz ve on iki katlı yapı ve sert ahşap-çelik bağlantıları bulunan dokuz katlı bir yapı ve bu yapılara karşılık açık yapısal modeller üretilmiştir. Çeşitli statik ve dinamik analizler sonucu, deforme olabilen ahşap-çelik bağlantıları bulunan yapının verim sonrasında sertliğinin, sert ahşap-çelik bağlantıları olan yapıya göre daha az oranda azaldığı görülmüştür. Deprem yoğunluğu arttığında, sert ahşap-çelik bağlantılı yapının katlar arası kaymasının hızla arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca rijit ahşap-çelik bağlantıları olan yapının katları arasındaki kayma, deforme olabilen ahşap-çelik bağlantılı yapıninkine göre daha büyük olmuş, bu durumun deforme olabilen bağlantıların büyük bir deprem sonrası toparlanmasına katkı sağladığı görülmüştür. Bu çalışma sonuçlarının ayrılmış yerçekimi ve yanal dirençli sistemlere sahip olan ahşap-çelik hibrit yapı tasarımları ve mühendislikleri uygulamalarında bir temel olması amaçlanmıştır.

Referans [18] çalışmasında, yüksek ahşap-beton hibrit bir yapının deprem performansını incelemek amaçlı iki doğrusal olmayan basitleştirilmiş analitik bir model (Sabit Model-FM ve Kontrollü Model-CM) önermiştir. Ahşap-beton hibrit sistemin ana yapısı en fazla kat yüksekliğinde olan beton bir çerçeve tüp ve her beton döşeme üzerinde çok katlı ahşap alt yapı elemanları yer almıştır. Ahşap olan alt yapı elemanları ana yapıya sabit olup Sabit Model (FM) veya enerji sönümleme katmanları ile bağlı olarak Kontrollü Model (CM) oluşturularak gözlenmiştir. Çalışma sonuçları yapılacak olan yüksek katlı yapılar için bu şekildeki hibrit sistemlerin uygulanabilmesini desteklemiş, yapı tasarımları ve gelecekteki araştırmalara referans olabileceği belirtilmiştir.

Referans [19] çalışmasında, sürdürülebilir bir yapı sistemi olan CLT'i yüksek ahşap yapılar için uygulanabilir çözümlerden biri olarak belirtmiştir. Çalışmada on kata sahip CLT-beton hibrit bir yapı için deprem risk ve hassasiyet değerlendirilmesi araştırılmıştır. Elde edilen değerlendirme sonuçlarına göre hibrit yapıların yüksek deprem tehlikesi altındaki yerlerde uygulanabilir olduğu vurgulanmıştır.

Ahşap üzerine yapılan ulusal çalışmalar aşağıda verilmektedir. Bu çalışmalardan bazıları ahşap yapım sistemiyle konut üretimine ve geleneksel ve çağdaş ahşap yapım sistemine yöneliktir. Referans [20] çalışmasında, ahşap yapı malzemeleri ve özelliklerini vurgulayarak ahşap malzeme ile konut üretiminin önemini anlatmıştır.

Almanya’da ahşap konut üretim tarihinden bahsetmiş olup ahşap malzeme kullanımı ve konut üretim sistemleri açıklanarak Türkiye için öneriler sunulmuştur. Referans [21] çalışmasında, Türkiye’deki konut açığının, güncel teknolojiyle geliştirilmiş ahşap ile geleneksel mimarinin modern mimarlığa uygun şekilde yeni konut üretiminde kullanılmasına yönelik bir model önerisi geliştirmiştir. Çalışmada, gelişmiş ülkelerde kullanılan ön yapımlı ahşap sistemlerin Türkiye’ye uygunluğu araştırılarak paket konut adı altında üretilen yapı modeli sorgulanmış, çalışmanın uygulama alanı Bursa seçilmiştir. Bu kapsamda projenin Türkiye’deki verimliliği değerlendirilmiştir. Referans [22] çalışmasında, ahşap yapıların geleneksel ve çağdaş yapı malzemelerini ve sistemlerini irdeleyerek yaşam dönüşü değerlendirmesi çevresel etkileri karşılaştırmalı olarak araştırmıştır. Referans [23] çalışmasında, Doğu Karadeniz Bölgesi’nde kırsal alanlardaki turizm tesislerinin alışılagelmiş yapım sistemlerinin yerine bölgenin dokusuna, doğa koşullarına uygun, kolay ve hızlı üretilen, düşük iş gücü ve enerji tüketimi olan, esnek tasarıma olanak sağlayan bir endüstriyel yapım sistemi kullanımı gerekliliğini önermiştir. Referans [24] çalışmasında, masif ve yapıştırılmış lamine ahşap (glulam) malzemelerinin özelliklerini incelemiştir. Türkiye’deki bir çelik köprünün glulam ve masif ahşap kullanılma senaryolarını, SAP2000 programında yeniden boyutlandırmalarla analiz etmişlerdir. Bu yöntemle ahşabın, çeliğe alternatif malzeme olma durumu araştırılmıştır.

Ahşaba yönelik ulusal çalışmaların bazıları çok katlı ahşap yapım sistemine odaklanmıştır. Referans [25] çalışmasında, çok katlı ahşap yapılardaki farklı yapı sistemleri ve bu yapılarda kullanılan yapı elemanlarındaki farklılaşmaların; yapım sırasında kullanılmış olan ahşap miktarı, toplam inşaat alanı ve yapım süresindeki etkilerini araştırmıştır. Referans [26] çalışmasında, yüksek ahşap yapıların yangın güvenliğine yönelik tasarımı hakkında literatür taramasına yer vermiş, ülke mevzuatlarına göre konuyu incelemiş ve yüksek ahşap yapıların tasarım aşamasında yangın güvenliğinin gerekliliklerinin yansıtılmasında bu çalışmanın yol göstericiliği vurgulamıştır. Referans [27] çalışmasında, çapraz lamine ahşap ile üretilen yapı sistemini araştırmış ve esnek planlamaya uygun, yapım süresi kısa olan ve az işçilik gerektiren ayrıca sürdürülebilirlik ve prefabrikasyon olarak uygulanabilen bu sistemin, Türkiye’deki çok katlı olan konutlarda da kullanılabilmesini sağlamak amacıyla bir çalışma yapmıştır.

Hibrit ahşap yapılar üzerine sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Referans [28] çalışmasında, çağdaş ahşap-betonarme hibrit sistemin yapı biyolojisi kapsamında yapının içindeki hava niteliğine etkilerini çağdaş ahşap yapı sistemi ile karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Referans [29] çalışmasında, ahşap yapılarda eleman, bileşen, sistem, ünite, parça gibi yapı bileşenleri ile yapılardaki hibritleşmeler değerlendirilmiş, çalışmaya göre dört farklı tipte hibritleşme seviyesi öngörüsünde bulunulmuştur. Bu tipler; bileşen, yapı, sistem ve eleman seviyesinde hibritleşmelerdir. Literatürde farklı kavramlarda ele alınan hibritleşmelerde bir ayrım oluşturarak hibrit yapı teknolojisinin anlaşılmasının kolaylaştırılması üzerine bir çalışma yapılmıştır.

2. AHŞAP YAPI SİSTEMLERİ

İnsanlık tarihinin ilk dönemlerinden itibaren ahşap, taş ve toprakla birlikte yaygın kullanılan yapı malzemelerinden biri olmuştur. Ahşap yapı malzemesi olmasının yanı sıra farklı işlevlerde de kullanılan ahşabın doğal bir malzeme olmasından dolayı birçok avantajı bulunuyor olsa da dezavantajlara da sahiptir [30].

Ahşabın en önemli avantajlarından biri düşük ısı iletkenliğidir; bu özelliği çeliğe göre yaklaşık olarak 350 kat daha düşüktür. Bu sebeple, yanma süresinin gecikmesini ve çökme süresinin uzamasını sağlamaktadır. Aynı zamanda ahşap, eşit kalınlıktaki betona göre 15, çeliğe göre 390 kat daha fazla ısı yalıtımı sağlamaktadır. Isınma açısından değerlendirildiğinde %40 oranında enerji tasarrufu sağlamaktadır. Üretim sürecine dair karşılaştırmalarda ise 1 ton beton üretimi 4,5 ton karbondioksit salınımına, 1 ton çelik üretimin ise 2 ton karbondioksit salınımına neden olurken, 1 ton ağaç 935 kg karbondioksiti bünyesinde depolamaktadır [31].

Doğal malzemelerin insan sağlığı üzerinde etkiler oluşturarak sağlıklı bir yaşama katkı sağlamaktadır. Doğa ile uyumlu, doğal malzemelerden gelen negatif iyonları uzaklaştırıcı özellikler, yaşam alanlarında iyileştirici bir etki oluşturmaktadır. Ahşap, tarih boyunca bu işlevi yerine getiren malzemelerden biri olmuştur. Tuğla, taş ve metallere farklı olarak ahşap, dayanıklılığı ve hafifliği, kolay ulaşılabilirliği, sıcaklık hissi vermesi, yüksek ısı yalıtkanlığı ve nem düzenleyici gibi özellikleriyle yapı malzemesi olarak tercih edilmiştir [32].

Ahşabın uygulamaları, zamana ve bölgelere göre değişkenlik gösterse de genel olarak kolon ve kirişler ile bir iskelet yapı oluşturularak yükü destekleyen ahşap karkas yapım yöntemi yaygın olarak uygulanmıştır. Dünya genelindeki ahşap yapı uygulamaları arasında Japonya, dikkat çekici bir yere sahiptir. Japonya’da milli hazine olarak kabul görmüş kültür varlıklarının %90’ı ahşap yapılardan oluşmaktadır. Bu yapılardan biri olan Horyu-ji Tapınağı, dünyada varlığını sürdüren en eski ahşap yapı olarak bilinmektedir 1300 yıldan daha uzun bir süredir ayakta kalmayı başarmıştır **Şekil 2.1** [32].



Şekil 2.1: Japonya'daki Horyu-ji Tapınağı [32].

Bir diğer örnek olarak, Türkiye'de yer alan ve önemli tarihi yapılardan biri olan Büyükada Rum Yetimhanesi gösterilebilir. Bazı kısımlarında 5 kat olan bu yapı, 32 m genişlik, 23 m yükseklik ölçüleriyle Avrupa'nın en büyük, Dünya'nın ise ikinci en büyük yapısı olarak kabul edilmektedir **Şekil 2.2** [33], [31].



Şekil 2.2: Büyükada Rum Yetimhanesi [34].

Doğal ortamda fotosentez ile yetişen ağaçlardan üretilen ahşap, yapısında karbondioksit tutabilme özelliğine sahiptir. Ahşap, yapılarda kullanım ömrü bittiğinde

sökülüp takılabilir olduğundan başka yapılarda veya farklı işlevlerde de tekrar kullanılabilir. Geri dönüştürülemeyen bileşenleri ise yakıt olarak değerlendirilerek enerji üretiminde de kullanılabilir. Ancak ahşabın kimyasal ve fiziksel özelliklerinin yeteri kadar bilinmemesi, yapıların inşa ve kullanım esnasında istenmeyen durumların oluşmasına sebep olabilmektedir. Bu olumsuzlukların önüne geçmek amacıyla farklı çözüm yöntemleri geliştirilmiştir [30].

2.1. Geleneksel Ahşap Yapı Sistemleri

Doğal ahşap malzemeler, ağaçların kesilmesiyle doğal ortamında kurutularak ihtiyaç doğrultusunda elde edilip yapı sektöründe kullanılmaktadır. Masif ahşap, genellikle taşıyıcı, kalıp elemanı, doğrama ve kaplama malzemesi olarak kullanılmaktadır. Yapılardaki uygulamaları ise çivi, geçme, tutkal, bulon ve günümüzde kullanımı yaygınlaşan çelik bağlantı elemanları gibi araçlar ile gerçekleştirilmektedir. Ancak, taşıyıcı sistemlerde kullanılan doğal ahşaptan üretilen malzeme boyutları sınırlı olmaktadır. Örneğin ağacın boyuna göre değişmekle birlikte doğal ahşapla en fazla 5 metre kadar bir açıklık geçilebilmektedir. Bu nedenle doğal ahşap ile geniş açıklıklı yapı üretimi fazla yapılamamaktadır [30]. Taşıyıcı sistemlerine göre geleneksel ahşap yapılar **Tablo 2.1**'de gösterilmiştir.

Tablo 2.1: Geleneksel ahşap yapılarda taşıyıcı sistemlerin sınıflandırması ([21]'dan oluşturulmuştur).

DAYANIM TİPİ	YAPILAR
Yalnızca Basınca Çalışan (duvar elemanları)	Ahşap Yığma Sistem
Basınca ve Çekmeye Çalışan (Duvar elemanları)	Ahşap İskelet Sistem
Farklı Sistem Kuruluşları Bulunan	Karma Ahşap Sistem

Ahşap yığma yapılar; blok yığma yapılar, kütük yığma yapılar, dolma ahşap yığma yapılar, karma ahşap yığma yapılar, kütük yığma (zemin kat) ve blok yığma (üst kat), kütük yığma (zemin kat) ve dolma ahşap yığma (üst kat) yapılar şeklinde sınıflandırılmaktadır [21].

Kâgir yığma ve ahşap yığma yapılar; taş yığma (zemin kat) ve kütük yığma (üst kat), taş yığma (zemin kat) ve blok yığma (üst kat), taş yığma (zemin kat) ve dolma ahşap yığma (üst kat) olarak sınıflandırılmaktadır [21].

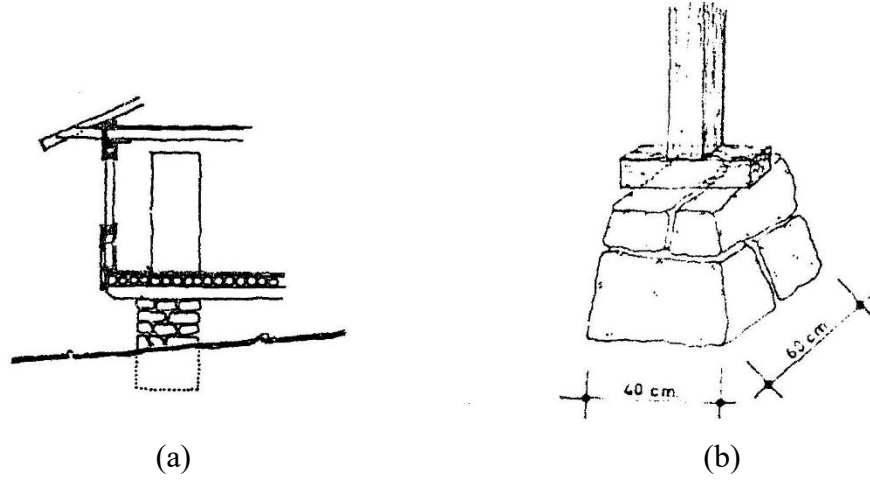
Ahşap iskelet yapılar; basit ahşap iskelet yapılar (genellikle tek katlı), gelişmiş ahşap iskelet yapılar olarak, gelişmiş ahşap iskelet yapılar da ahşap iskelet, ahşap iskelet dolma (hımış), ahşap çatma, kâgir yığma ile ahşap iskelet yapılar olarak sınıflandırılmaktadır. Ahşap iskelet yapılarda ise bağdadi sıvalı ve tahta kaplamalı türlere sahiptir. Ahşap çatma yapılarda da muska ve göz dolma duvarlı olarak sınıflandırılmaktadır [21].

Karma ahşap yapılar; kütük yığma (zemin kat) ve ahşap iskelet (üst kat), blok yığma (zemin kat) ve ahşap iskelet (üst kat), blok yığma ve çatma yapılar, kütük yığma ve çatma yapılar olarak sınıflandırılmaktadır [21].

2.1.1. Temeller

Ahşap yapılar, özellikle de iskelet çatkı olarak yapılanlar hafif olduğu için temelleri de derin olmayan ve basit bir şekilde çözülebilmiştir; bağımsız ahşap, bağımsız taş, sürekli taş temeller.

Yağış miktarının fazla olduğu (Rize, Artvin, Terme ve Samsun köyleri) ve eğimli bölgelerde, ahşap yapı temelleri bağımsız moloz taş temel olarak inşa edilerek, topraktan 30-50 cm kadar yüksekte konumlanmıştır **Şekil 2.3a**. Daha korunaklı, serin ve sağlıklı yaşam alanları oluşturmak amacıyla ahşap dikmeler üstüne yapılan yapılarda (Alanya, Safranbolu ve Bucak) düşey yükleri 40/60 cm ölçülerine sahip moloz taştan yapılan temellerle ayrı veya sürekli şekilde, 50 cm'yi geçmeyecek bir yükseklikte toprağa iletilir. Bu düzenleme ile hareketli bir temel oluşturularak çeşitli itme kuvvetlerine karşı yapı direnç kazanmış olur **Şekil 2.3b**. Eğimli arazi yapısına sahip ve yağışlı bölgelerde (Sürmene, Bolu, Sinop) veya geçici yazlık yapılarında, özellikle kestane ağacının su ve toprak altında kalması ile direncinin artması gibi fiziksel üstünlüğü bulunan ağaç türleri ile yapı temellerinin ahşap dikmeleri bağımsız temel olarak üretilmiştir. Büyük yerleşim alanlarında, üst katları ahşap iskelet olarak, alt zemin katları ise taşıyıcı duvar (tuğla, taş vb.) olarak uygulanmış, temelleri sürekli temel yapılmıştır [21].



Şekil 2.3: Moloz taş temeller (a), (b) [21].

2.1.2. Duvarlar

Geleneksel ahşap yapıların en önemli unsurlarından olan duvarlar, yapım yöntemi ve biçimine göre farklı niteliklere sahiptir. Ahşap iskelet yapılar taşıyıcı unsurları aralarına farklı yapı malzemeleri doldurulması ile duvar elemanı haline gelirken, ahşap yığma yapılar ise “çantı ev” olarak isimlendirilmektedir [21].

2.1.2.1. Kütük Yığma Duvarlar

Ormandan kesilerek gelen ağaçların üst üste yığılması ile oluşturulan boşluklu yapılar, kütük yığma duvar tipleridir. Bu yöntem, kütükler arası boşlukların giderilebilmesi için ilk ayrıntının oluşmasını sağlamıştır. Bartın, Devrek, Bolu orman ve dağlık bölgelerinde tek ya da iki katlı olarak, Doğu Karadeniz Bölgesi’nde ise Şavşat, Hopa, Artvin, Akkuş, Ersis, Çaldere bölgelerindeki ahşap yapıların alt katlarındaki duvarlar kütük yığma olarak uygulanmıştır [21].

2.1.2.2. Blok Yığma Duvarlar

Uygulanma tekniği olarak blok yığma duvarlar, kütük yığma duvarlar ile benzerlik göstermekte olup, kütükler arasında oluşan boşlukların düzeltilmesi için profillendirme ile yüzeyleri düzgün hale getirilmiştir. Bu duvar uygulaması ise İzmit, Bolu, Gerede, Kandıra bölgelerinin merkeze yakın olan orman köylerinde, Doğu

Karadeniz'in iç kesimlerinde yaygın bir şekilde, kıyılarında ise iç duvarlarda ve serenderlerde kullanılmıştır [21].

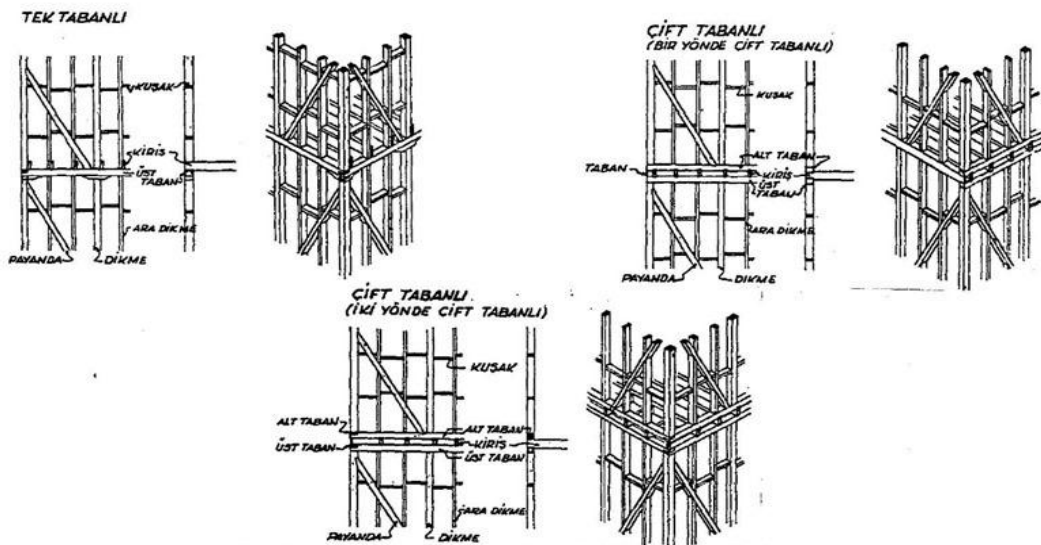
2.1.2.3. Dolma Ahşap Yığma Duvarlar

Köşe noktalarına ve aralara yerleştirilen dikmelerin, 5-6 cm kalınlıkta ve 30-40 cm genişliğe sahip çıralı çam ve sert ağaçlardan elde edilen parçaların dolgu malzemesi olarak aralara yerleştirilmesiyle oluşturulan duvarlardır. Bu dolgu malzemesi yatay olduğu gibi düşey şekilde de yerleştirilebilmektedir. Bu sistem yatay etkilere karşı zayıf olduğundan yapının rijitliği üst ve alt başlıklar ile dikmelere, dolgunun bağlanması ile sağlanmaktadır. Böylece payandalar da kullanılmamakta ve yapı bir bütün olarak ana taşıyıcılar ile inşa edilmektedir. Artvin ve Rize'de de yaygın olarak görülmektedir [35].

2.1.2.4. Ahşap İskelet Duvarlar

Ahşap iskelet duvarlar Trakya ve Anadolu geleneksel sivil ahşap mimarisinde üç grupta incelenmektedir;

- Tek tabanlı ahşap iskelet dizgesi,
- Bir yönde çift taraflı ahşap iskelet dizgesi,
- İki yönde çift tabanlı ahşap iskelet dizgesi'dir **Şekil 2.4** [21].



Şekil 2.4: Ahşap iskelet dizgesi [21].

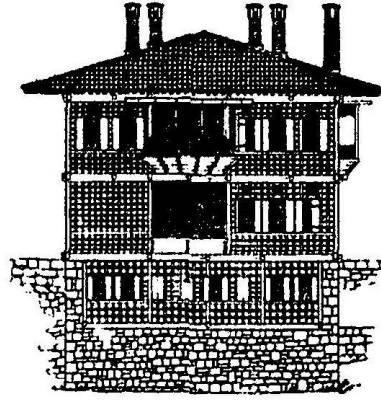
Çift Tabanlı ve Tek Tabanlı Ahşap İskelet Dizgesi;

Dolgu malzemelerinin uygulamasını saplamak veya çatkı elemanları için 40-50 cm aralıklarla dikmeler uygulanmıştır. Kare ya da yuvarlak kesitlere sahip payandalar genel olarak 60 derecelik açıyla, kat yüksekliğinin azaldığı yapılarda ise açının 45 derece olduğu görülmektedir. Yuvarlak kesite sahip ya da maksimum 15/15 ebatlarında olan taşıyıcı elemanların birleşim detaylarında geçmelerden ziyade çivi kullanılmıştır [21].

Çatma Ahşap İskelet Dizgesi;

Doğu Karadeniz Bölgesi'ne özgüdür ve çatma yapılarla yükler, küçük açıklıklar ile zemine eşit bir şekilde iletilmektedir. 25-35 cm aralıklarla düzenlenen dikmeler köşe ve iç duvar dikmelerinin birbiri ile birleştiği noktalarda kesitleri büyümektedir [21]

Şekil 2.5.



Şekil 2.5: Çatma ahşap iskelet dizgesi [21].

Yatay ve düşey bağlantı aralıkları küçük kesitli bir şekilde bölündüğünde, bağlantılardaki geçme tekniği nedeniyle kare olarak göz şekli meydana gelir. Bu sistem göz dolması olarak adlandırılır ve yatay yükler karşısında dayanıklılığı için köşe noktalarında yan çalmalar ile güçlendirilmektedir. Oluşturulan yüzeylerdeki boşluklar, derelerden toplanmış olan taşların yerleştirilmesi ve kireç harç ile sıvanmasıyla doldurulmaktadır. Bu yapım tekniğine genellikle Doğu Karadeniz'in kıyı kesimlerindeki konutlarda rastlanmaktadır [35].

Düşey ve yatay bağlantılar, ahşap parçalarla çapraz şekilde bölünüp, küçük üçgenler oluşturularak muska dolma duvarlar meydana gelmektedir. Bu boşluklar nizami olmadığı için küçük dere taşları kireç harcı ile yerleştirilerek doldurulmaktadır. Bu

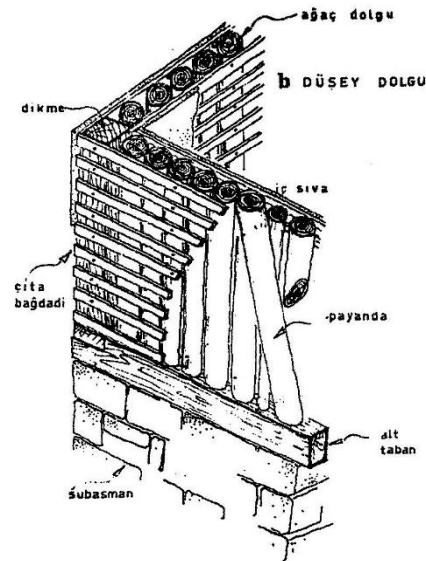
uygulamaya, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Rize-Trabzon arasında yer alan konutlarda yaygın şekilde rastlanmaktadır **Şekil 2.6** [35].



Şekil 2.6: Muskalı türler (yazarın arşivinden).

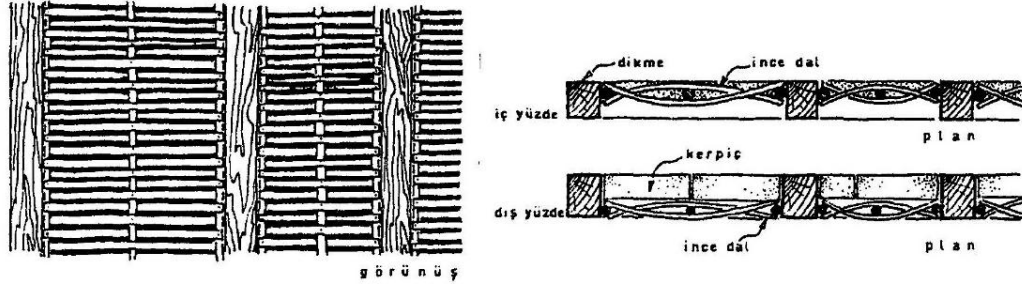
Ahşap iskelet yapılarda ahşap iskelet aralarının doldurulmasında yuvarlak ağaç dolgu, dal örgü dolgu, taş dolgu, kerpiç dolgu ve tuğla dolgu kullanılmaktadır [21].

Yuvarlak ağaç dolgu duvarlar, iskelet dikme ve payandaların aralarının az işlenmiş ve yuvarlak ağaçlar ile düşey veya dikey olarak bir duvar sistemi oluşturmaktadır. Kolay bağlantı yapılabilmesi, ucuz olması, hafifliği ve işçiliğinin kolay olmasından dolayı tercih edilir olmuştur. Dıştan ve içten samanla karıştırılmış killi çamur ile sıvanarak yalıtımı sağlanır, fakat asıl kullanım şekli tahta kaplamadır **Şekil 2.7** [35].



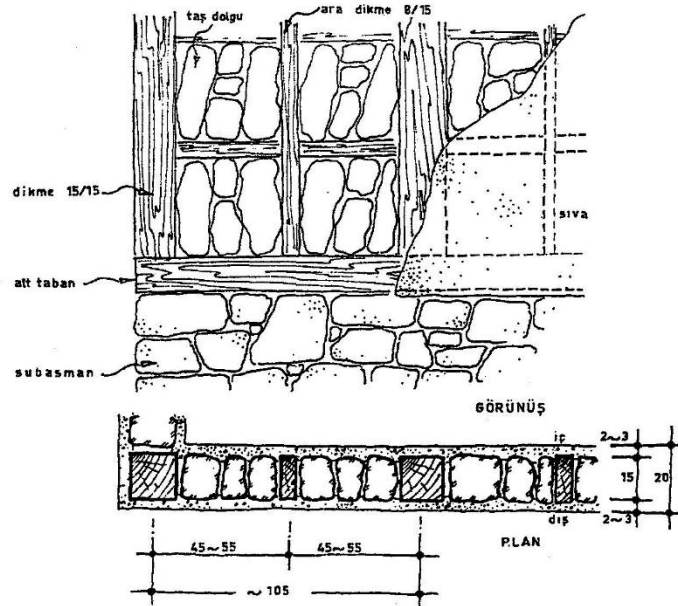
Şekil 2.7: Yuvarlak ağaç dolgu [21].

Dal örgü dolgu, ağaçlardan çok daha fazla yararlanabilmek için orman köylerinde yontulmuş küçük ağaç ürünleri ya da dallar ile oluşturulmuştur. Taşıyıcı iskeletin aralarına dolgu malzemelerini taşıyacak şekilde düşey ve taşıyıcılara bağlanan latalar ile kadrönlükler koyulmuştur **Şekil 2.8** [21].



Şekil 2.8: Dal örgüyle dolgu [21].

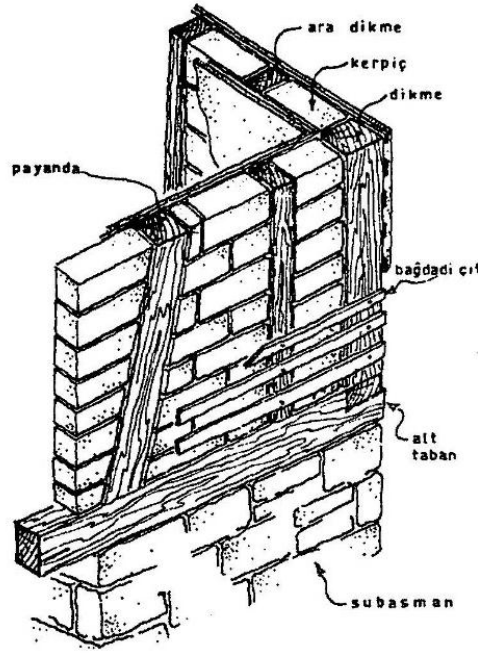
Taş dolgu; ahşabın bulunamadığı zamanlarda kullanılmıştır. Şekilsiz biçimlerdeki toplama taşlar, çamur harçlar ile iskeletlerin doldurulması şeklinde uygulanmıştır **Şekil 2.9** [35].



Şekil 2.9: Taş dolgu [21].

Kerpiç dolgu elemanları, saman ve killi toprak karışımı olan malzemenin güneşte kurutularak elde edilmektedir. Duvarlarda, ara dikmeleri geniş aralıklı ve kat boyunca da aralıksız şekilde yerleştirilerek, boşlukları daha küçük parçaya bölecek yatay hiçbir parçaya yer verilmemektedir. Kerpiç dolgu elemanları, yatay olarak üst üste yarım

tuğla duvar örgüsü halinde dizilmiştir. Çatkıların araları sık düzenlendiğinde, kerpiçler çapraz şekilde yerleştirilmektedir. Sonrasında ise duvarlar iç ve dış taraftan sıvanmaktadır [35]. Ormanlık alanlar dışına çıkıldıkça, özellikle İç Anadolu Bölgesi'nin köylerinde ağaç kullanımı azalmakta, yerini ucuz ve kolay üretilen kerpiç almaktadır. Kerpiç dolgu ısı yalıtımını ahşap doluya göre daha iyi sağlamıştır **Şekil 2.10** [21].



Şekil 2.10: Kerpiç dolgu [21].

Tuğla dolgu, yapılarda bağlayıcı görevi gören kireç harcıyla birlikte kullanılarak sağlam yüzeylerin oluşturulmasına olanak sağlamıştır. Eski tip evlerde, dikmelerin araları geniş tutularak, yatay parçalar kullanılmayıp boşluklar kat yüksekliğince devam etmiştir. Yeni tip evlerde ise, dikmelerin araları daraltılmış, dekoratif sıvasız tuğla duvarlar da görülmektedir **Şekil 2.11** [35].



Şekil 2.11: Tuğla dolgu (yazarın arşivinden).

2.1.3. Döşeme ve Tavanlar

Döşemeler;

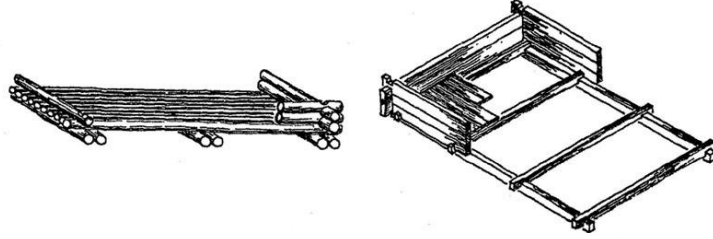
Türkiye’de geleneksel ahşap yapılarda döşeme elemanı ahşap olarak üretilmiştir. Bu döşeme elemanları yuvarlak kesitli olarak yapıldığında düz bir kullanım yüzeyi elde etmek için düz tahtalar ile kaplama yapılmış, yarım yuvarlak kesite sahip ahşap döşemelerde ise düz bir kullanım yüzeyi oluşabildiği için kaplama yapılmamıştır. Düz tahtalar ile elde edilen döşemelerde, aynı yönde aralıklı olarak yerleştirilen taşıyıcı kirişler üstüne kalın tahtalar koyularak döşeme kaplaması oluşturulmaktadır **Şekil 2.12** [21].



Şekil 2.12: Döşeme örneği (yazarın arşivinden).

Ahşap iskelet yapı sistemlerinin uygulandığı yapılarda aynı yönlü taşıyıcı kirişler, açıklığa ve yüke göre biçilmiş ahşaplar ile veya yuvarlak ahşaplardan farklı kesit ve aralıklarda yapılmıştır. 40-60 cm aralıklar ile ahşabın ve uygulandığı alanın elverişliliğine göre 3.50-4.00 m açıklık geçecek şekilde taşıyıcı kirişler uygulanmıştır

Şekil 2.13. Akdeniz Bölgesi’nde sedir olmak üzere diğer bölgelerde ise kavak veya köknar ağacından üretilmişlerdir. Bu döşemelerin kiriş aralıkları killi toprak ile doldurularak ses ve ısı yalıtımları yapılmıştır [21].



Şekil 2.13: Döşemeler [21].

Tavanlar;

Türkiye’deki geleneksel ahşap yapılarda yaygın olarak yalın bir şekilde kirişlerin görülebildiği tavanlar kullanılmaktadır. Bu tavanların en iyi şekilde uygulamaları Safranbolu, Bursa, Ankara ve Sivas bölgelerinde görülmektedir. Diğer bir üretim türleri ise genel olarak;

- 0,5-1,5 cm kalınlıklarında düz tahtalar ile
- 8-12 cm genişlikte ve 2-3 cm kalınlıkta tahtaların geçme yapılması ile
- Ceviz ve kestane ağaçlarının oymalı bir şekilde işlenmesiyle,

aralıklı olarak 2-3 cm’lik çıtalar üzerine işlenmiş sıva veya boya uygulamalarıdır. Bu tavan uygulamalarında işleme yapılması ailelerin ekonomik durumunu da yansıtmaktadır [21].

2.2. Çağdaş Ahşap Yapı Sistemleri

Ahşap geri dönüştürülebilir, yoğunluğuna göre mukavemeti diğer yapı malzemelerine oranla çok daha iyi olan ve doğru kullanıldığında uzun ömürlü, sürdürülebilir bir yapı malzemesidir. Geçmişte birçok uygulanmış ahşap taşıyıcı sisteme sahip yapı, hiçbir koruyucu işlem görmeyip günümüze kadar dayanıklılığını korumaya devam edebilmiştir [36].

19. yüzyıl Sanayi Devrimi ile yaşanan teknolojik gelişmeler yapı sektörüne yeni ürünlerin girmesine sebep olmuş, özellikle tuğla ve taş gibi yığma istemlerde yaygınlaşmaya ve betonarme ile çelik gibi yapı sistemlerinin uygulanmaya

başlanması ahşabın yapı malzemesi olarak kullanımının azalmasına yol açmıştır. Ahşabın taşıyıcı sistem olarak yaygın kullanımı ise 20. yüzyılın ilk dönemlerinde olmuştur [36].

20. yüzyıl ile birlikte çelik endüstrisinde hızlı gelişmeler yaşanmıştır. Bu döneme kadar ahşap, maliyet açısından çeliğe oranla daha ekonomik bir seçenek olurken, çelik endüstrisinde yaşanan gelişmelerle çelik fiyatlarının düşmesi sonucu, daha tercih edilir olmuş ve köprü inşaa malzemesi olarak kullanılmaya başlanmıştır. Aynı dönemde betonarme, köprü tabliyelerinde yaygın kullanılan bir malzeme olmuş ve böylece ahşap hızla önem kaybetmiştir. Ahşabın korunması ve birleşim yöntemlerinin uygulanabilirliği diğer malzeme alternatiflerine göre geride kalmıştır. 1940'lı yıllara gelindiğinde ise rutubete ve farklı iklim koşuluna dayanabilen yapay reçine tutkallı "glulam" (yapıştırma lamine ahşap) yaygınlaşmaya başlamış ve köprü uygulamalarında yeniden gündeme gelir olmuştur. Bu gelişme, inşaat teknolojisinde reform olarak görülmüş ve ahşap, diğer yapı malzemeleriyle rekabet edebilecek duruma gelmiştir. Glulam, Alman Otto Karl Friedrich Hetzer tarafından üretilerek 1901'de patenti alınmıştır. Başlarda "Hetzer inşaatı" veya "Hetzer sistemi" olarak adlandırılan bu yöntem, endüstrileşen Avrupa ülkelerinde hızlı bir şekilde yayılmıştır [37], [38].

Sanayileşmenin arttığı dönemlerde özellikle 1. Dünya Savaşı yılları ve öncesinde çeliğin silah ham maddesi olmasından dolayı yapı sektöründen çekilmesi, ahşabın farklı fonksiyonlara sahip yapılarda daha rasyonel bir şekilde kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir. Bu süreçte ahşabın fiziksel ve mekanik özellikleri araştırılmış, birleşim elemanları (bulon, çivi, kama) ile ilgili çalışmalar yapılarak, ahşabın dış etkilere karşı dayanımını arttırmaya yönelik yeni yöntemler ve malzemeler geliştirilmiştir. Bu gelişmeler, günümüzde mukavemet ve statik hesaplamalar için farklı türde uzunluk ve kesitlerde ahşap yapı elemanı üretimine olanak sağlamıştır [36].

Günümüzde teknolojik ve bilimsel gelişmelerle ahşap malzemelerin üretimindeki ve kullanımındaki olumsuzluklar minimum düzeye indirilmiştir. Doğal ahşabın ürün çeşitliliği ve kullanım verimliliği, bilimsel çalışmalar ile artırılmış ve bu sayede daha büyük boyutlarda üretilen mühendislik ahşap ürünü olan "endüstriyel ahşap" kavramı ortaya çıkmıştır [39]. Doğal ahşabın olumsuzluklarını minimize eden bu yaklaşım özellikle konut yapıları olmak üzere farklı yapı türünde kullanılabilir hale

gelmiştir. Bu gelişim, ahşap malzemedeki yeniliklerle birlikte, yapım sistemlerinde de farklılaşmalara yol açmıştır. Endüstriyel ahşap yapı sistemleri, güvenli, hızlı, ekolojik ve sürdürülebilir yapıların uygulanabilirliğini mümkün kılmıştır [30].

İşlenmiş ahşap ürünler, birçok farklı ağaç türünden üretilmektedir. Bu ağaçlar, genel olarak farklı iklim koşullarına sahip bölgelerden ve uzun rotasyon periyodlarına sahip ormanlardan gelmektedir. Mukavemet derecelerine sahip ahşabın bu koşulları ve değişken özellikleri ahşap yapı tasarımında dikkate alınmaktadır. Çeşitli ahşap bazlı ürünlerin tasarımlarında; farklı yük tipleri için yükleme süresi, ahşabın nem içeriği ve hizmet sınıfı gibi faktörler ile ahşabın lif yönelimine göre yük uygulandığında, malzemede gözlemlenen farklılıklar gibi belirli özellikler bulunmaktadır [39].

Endüstriyel ahşap ürünler, genel olarak kereste, lif, talaş, levha gibi malzemelerin yapıştırıcı ile fabrikada bir araya getirilerek üretilen homojen malzemelerdir. Doğal ahşaba kıyasla, endüstriyel ahşap ürünler, daha üstün mekanik, statik ve strüktürel niteliklere sahiptir. Ayrıca işlenebilirlik ve kullanım kolaylığı, düşük maliyetli oluşu ve geri dönüştürülebilirliği sayesinde oldukça önem kazanmaktadır. Endüstriyel ahşap ile istenilen eğrisellik ve boyutlarda üretim yapılabilirdiğinden geniş açıklıklı ve farklı formlara sahip yapılarda kullanılabilir duruma gelmiştir. Endüstriyel ahşap ürünler;

- Çapraz lamine ahşap (CLT)
- Yapıştırılmış lamine ahşap (Glulam)
- Ahşap beton kompozit (TCC)
- Çivili lamine ahşap (NLT)
- Kavelalı lamine ahşap (DLT)
- Masif kontrplak panel (MPP)
- Yapısal kompozit ahşap (SCL) de kendi içinde;
 - Lamine kaplama ahşap (LVL)
 - Yönlendirilmiş yonga ahşap (OSL)
 - Paralel yonga ahşap (PSL)
 - Lamine kaplama ahşap (LSL) olarak sınıflandırılmaktadır [40].

Endüstriyel ahşap malzemelerden elde edilen elemanlar, geometrik ve boyutsal özelliklerine göre; düzlemsel ve çizgisel (lineer) elemanlar şeklinde sınıflandırılabilmektedir [41].

2.2.1. Çizgisel (Lineer) Elemanlar

Bir boyutu diğer iki boyutuna oranla fazla olan elemanlar çizgisel (lineer) elemanlardır **Tablo 2.2.** Bu elemanlar, düşey veya yatay yapı elemanı/bileşeni oluştururken, yapının taşıyıcı elemanı ya da yüzeyini oluşturan bileşenlerin taşıyıcı malzemesi olarak görev alır. Bu sebeple, çizgisel elemanlar yapının taşıyıcısı olan; kafes kiriş, basit kiriş, dikme, çatı elemanları (mahya, mertek, kuşak gibi), üst ve alt başlık şeklinde kullanılırlar [41].

Çizgisel elemanlar, yapılarda kullanılma yerlerine göre imalatlarında farklı işleme tekniklerine tabi tutulmaktadır. Çağdaş ahşap yapılarda ise; tutkalı tabakalı ahşap, paralel yonga ahşap, tabakalı yonga ahşap, I-kirişler, yapısal tutkalı ahşap, tabakalı kaplama ahşap en yaygın kullanılmakta olan çizgisel elemanlardır [41].

Tablo 2.2: Endüstriyel ahşap çizgisel elemanlar [41].

Çizgisel Elemanlar	Tutkalı Tabakalı Ahşap (GLULAM)	Tabakalı Yonga Ahşap (LSL)	Paralel Yonga Ahşap (PSL)	Tabakalı Kaplama Ahşap (LVL)	Yapısal Tutkalı Ahşap	I Kirişler I Joists
Görselle ri						
Üretimi	Çeşitli ölçülerde bağımsız ahşap tabakalar, fabrika ortamında kimyasal veya organik tutkallarla birleştirilir	Soyulan tomruklar yonga haline getirilir ve reçine uygulanır. Bu parçalar birbirine paralel şekilde preslenir	LSL ile aynı üretim sürecine tabidir. Farkı, yongaların daha uzun parçalar halinde elde edilerek preslenmesidir.	Tabakalara yapıştırıcı uygulanır ve paralel düzenlenmiş tabakalar preslenerek bütün haline getirilir.	Standart boyutlarda ufak kereste parçaları tutkallanarak birleştirilir.	Flanşlar standart ölçülerde kesilir, yuva açılır. Açılan yuvaya gövde elemanı yapıştırılır.
Kullanım Alanı	Kolon, Ana Kiriş, Makas	Kolon, Kenar Kirişi Tali Kiriş, Lento	Kolon, Ana Kiriş, Dikme, Kenar Kirişi Tali Kiriş, Konsol Tabliyesi kolon, Ana Kiriş, Dikme, Kenar Kirişi Tali Kiriş, Konsol Tabliyesi	Ana Kiriş, Boyunduruk, I Kirişlerde Alt ve Üst Flanş	Dikme, Alt ve Üst Taban	Döşeme ve Çatı Tali Kirişler

2.2.2. Düzlemsel Elemanlar (Paneller)

Düzlemsel elemanlar (paneller), bir boyutu diğer iki boyutuna göre çok daha az olan düzlemsel levhalardır. Bu elemanlar yapılarda taşıyıcı/bölücü paneller, döşeme ve çatı levhaları olmak üzere kullanılmaktadır. Ahşap karkas sistemli yapılarda, dikmelerin üstüne kontrplak veya OSB levhalar monte edilip, perde duvar etkisi sağlanarak yanıl yükler karşılanır. Üretim şekline göre; kontrplak (plywood), sandviç panel (structural insulated panel), yönlendirilmiş yonga levha (oriented strand board) şeklinde sınıflandırılmaktadır **Tablo 2.3 [41]**.

Tablo 2.3: Endüstriyel ahşap panel elemanlar [41].

Düzlemsel Elemanlar	Kontrplak (plywood)	Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB)	MDF (Medium Density Fibreboard)	Çimentolu Yonga Levha	Çapraz Lamine Ahşap (CLT)
Görseller					
Üretimi	İnce ahşap tabakalar birleştirilerek oluşturulur. Üst üste gelen tabakalar lif yönleri birbirine dik yapıştırılır.	Tomruklar kısa boyda kesilir ve lif boyunca dilimlenir. Oluşan yongalar kurutulur, 3 tabaka oluşacak şekilde preslenir.	Ham madde lifleri ve reçineyle hazırlanan lif hamuru, yüksek basınç ve sıcaklık altında sıkıştırılır.	Yongalar çimento ve çeşitli kimyasallar ile karıştırılarak preslenir ve kurutulur	%12'ye kadar kurutulan tabakalar (16-51mm), lif yönleri birbirine dik olarak üst üste tutkalanıp dizilir ve preslenir.
Kullanım Alanı	Döşeme, Duvar ve Çatı Kaplaması, I Kiriş Gövdesi, Panel Kaplaması	Döşeme (Kör veya Tek Tabakalı), Çatı ve Duvar Levhası Sandviç Panel Dış Katmanı	Tavan, Kapı Kasası, Dolap, Mobilya	Bölücü Duvar ve Çatı Kaplaması, Giydirme Cephe Panosu, Ses Yalıtım Kaplaması	Döşeme, Taşıyıcı, Duvar, Çatı Kaplaması, Asansör Duvarları

2.2.3. Endüstriyel Ahşap Taşıyıcı Sistemler

Ahşap yapı sistemleri, farklı özelliklere sahip yapıların inşasında kullanılabilir. Tek aile konutları gibi basit yapılardan, çok katlı ya da geniş açıklığa sahip daha karmaşık yapılara kadar çeşitli yapılarda ahşap tercih edilmektedir. Yapı karmaşıklığı arttıkça malzeme daha büyük yapısal zorluklarla karşı karşıya kalabilmektedir.

Çok katlı ahşap yapı inşaatı, İskandinav ülkelerinde yerinde inşa edilen geleneksel çerçeve sistem ile 1995 yılında başlamıştır. Kısa bir süre sonra prefabrik sistemler hâkim olmaya başlamış olup, Orta Avrupa’da ise daha fazla işçilik gerektiren sistemler kullanılmıştır. Ahşap yapı sistemleri, İskandinav ülkeleri ile Almanya, Avusturya, İsviçre ve İtalya gibi Orta Avrupa ülkelerinde yaygınlaşmıştır. Küresel ölçekte ise ABD, Yeni Zelanda ve Avustralya’da konut yapılarında ahşap yaygın olarak kullanılmaktadır. Japonya’nın ise yapılarda ahşap kullanımında çok eskiye dayanan gelenekleri bulunmaktadır. Ahşabın sünek yapısı özellikle deprem yükleri altında iyi bir direnç sağlamaktadır [39], [42].

Endüstriyel ahşap malzemeler kullanılarak yapılan yapı sistemleri;

- Karkas (Çerçeve Sistemler)
- Panel sistemler
- Modüler sistemler
- Hibrit sistemler şeklinde sınıflanabilmektedir.

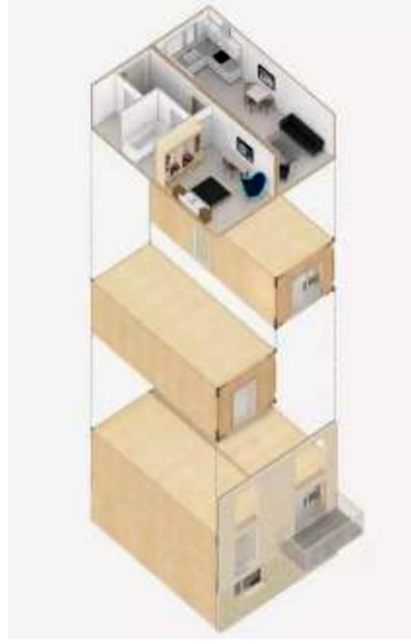
Karkas (çerçeve) sistemler; kolon ve kiriş gibi taşıyıcı elemanların bir araya getirilerek, dikey yük etkilerinin bu kolon ve kirişler tarafından karşılanması ile oluşturulan taşıyıcı sistemlerdir. Bu yapılarda genellikle kolon ve kirişlerde tutkalı tabakalı ahşap kullanılmaktadır. Yapının çekirdek kısmında bulunan taşıyıcı duvarlar, bölücü duvarlar, döşemeler ve merdivenler CLT paneller kullanılarak üretilmektedir. Bu tür sistemler, genel olarak ofisler ve ticari yapılar gibi açık alanlara ihtiyaç duyulduğunda kullanılmaktadır Şekil 2.14 [43], [44].



Şekil 2.14: Karkas (çerçeve) sistem [43].

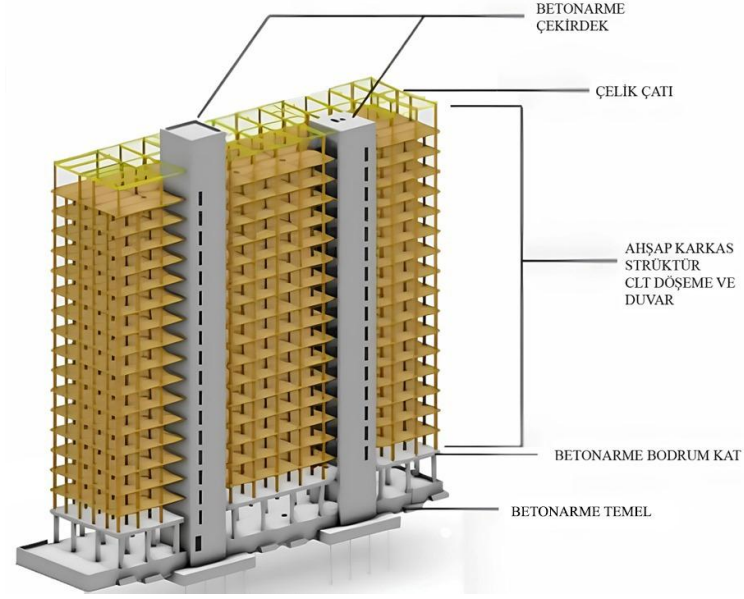
Panel sistemlerde, CLT döşeme ve duvar panelleri, yapının taşıyıcı sistemini oluşturan temel elemanlardır. Bu sisteme sahip yapılardaki döşeme panelleri, duvar panellerinden gelen yükleri ve yapıya etki etmekte olan hareketli ve yatay yükleri duvar panellerine ileterek yapının bütünlüğünü sağlar. Duvar panelleri de yapıya etkileyen yanal yükleri ve döşemelerden gelmekte olan binaya ait diğer yükleri temele iletir. CLT panel elemanlarının taşıyıcı olarak işlev gördüğü durumlarda, açıklık boyutlarına bağlı olarak 5 ya da 7 katmana sahip paneller kullanılmaktadır. Panel elemanların kalınlıkları, yapıda geçilen açıklık ve yapının oturduğu zemin özelliklerine göre değişmektedir. CLT panel sistemlerdeki döşemelerin açıklık üst limiti 7,5 metre olarak belirlenmiştir. Ancak panellerin optimum kalınlığında kalması durumunda ideal açıklık 5 metre ile sınırlı olmaktadır. Bu sınırlamalar nedeniyle CLT panel yapım sistemleri genellikle konutlarda tercih edilmektedir [39], [43], [44].

Modüler yapım sistemlerinde ise yapıyı oluşturan bileşenler, hücresel birimler şeklinde tasarlanmaktadır. Bu modüller fabrikada üretilip şantiyeye ulaştırılarak monte edilir ve ileri fabrikasyon yöntemleri kullanılarak yapı tamamlanır **Şekil 2.15** [43]. Modüler sistemler hızlı bir inşaatı olanak tanır ancak nakliye seçimi boyutlarda sınırlamaya sebep olabilmektedir. Ayrıca modüllerin boyutları ve yük taşıma kapasiteleri sınırlı olduğundan bu sistemler geniş açıklıklara olanak tanımamaktadır. Bu nedenle modüler sistemler oteller, öğrenci yurtları gibi genel olarak geniş açıklıklara ihtiyaç duymayan fonksiyonlara sahip yapılar için daha uygun olmaktadır [39], [44].



Şekil 2.15: Modüler sistem [43].

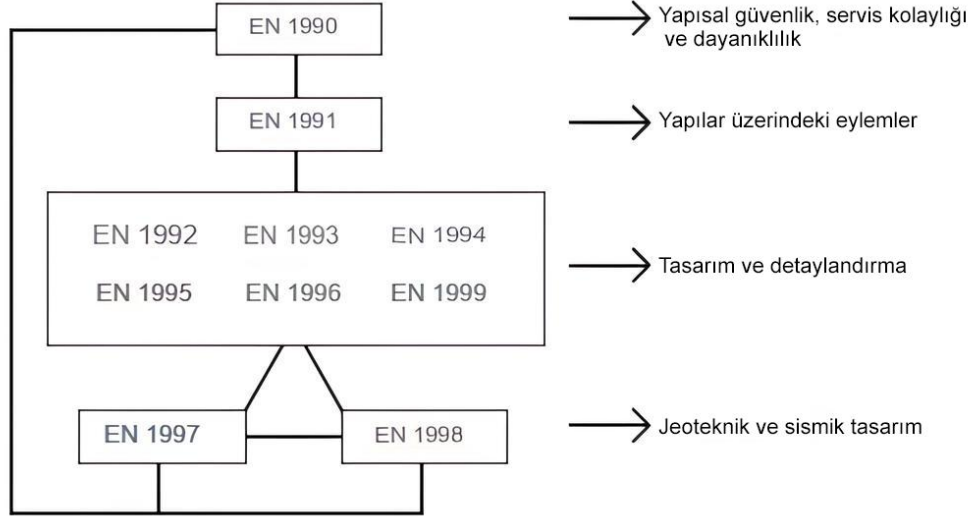
Tasarımcılar yüksek prefabrikasyon seviyesi, yüksek dayanım ve düşük maliyet gibi hedeflere ulaşabilmek için çeşitli malzemelerin bir arada kullanımını içeren yaklaşımlara başvurmuşlardır [45]. Bu kapsamda, bir yapıda iki ya da daha fazla yapım sistemi ve/veya malzemenin bir arada kullanılmasıyla oluşturulan sistemler hibrit sistemler olarak adlandırılmaktadır. Hibrit yapım sistemlerinde kullanılan her malzemenin olumlu özelliklerinden üst düzeyde faydalanmayı amaçlamaktadır. Böylelikle olabildiğince ince kesitler ile geniş açıklıklar geçilebilir ve daha esnek mekânlar elde edilebilir. Hibrit sistemlerde CLT panel elemanlar, ahşap kiriş ve kolonlar ile oluşturulan ahşap iskelet sistemlerle, çelik veya betonarme malzemeler ile birleştirilebilir. Ayrıca bu sistemler farklı yapım teknikleri ve malzeme kombinasyonları ile bir araya getirilebilir. Bu tür birleşimler, yapının performansını artırırken tasarım esnekliği de sağlar Şekil 2.16 [46].



Şekil 2.16: CLT-GLT-çelik-betonarme yapı sistemi [43].

Uluslararası alanda yapısal tasarım süreci için genel varsayımlar, EN 1990 (Eurocode-Yapı Tasarımının Esasları) kapsamında açıklanmaktadır. Bu açıklamalardan bazıları aşağıda özetlenmektedir.

- Yapı tasarımı ve taşıyıcı sistem seçimi, yeterli teknik bilgiye ve deneyime sahip nitelikli ve deneyimli personel tarafından gerçekleştirilmelidir.
- Yapı uygulaması, uygun deneyime ve niteliklere sahip personeller tarafından gerçekleştirilmelidir.
- Tasarım ofislerinde ve işin yürütülmesi esnasında; tesislerde, fabrikalarda ve şantiyede yeterli düzeyde denetim ve kalite kontrolü sağlanmalıdır.
- Yapı malzeme ve ürünleri, ilgili uygulama standartlarına ve teknik şartnamelere uygun şekilde, **Şekil 2.17'**de de yer alan EN 1990'dan EN 1999'a kadarki standartlarda belirtildiği şekilde kullanılmalıdır.
- Yapılar, dış etkenlere karşı yeterli düzeyde korunmalıdır.
- Yapı ise tasarım varsayımlarına uygun şekilde kullanılmalıdır [39].



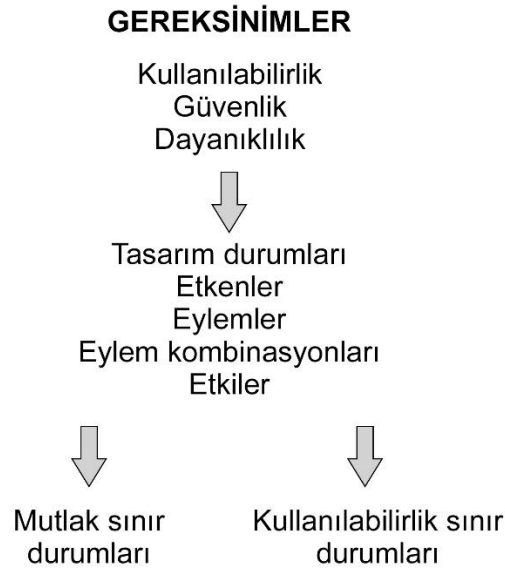
Şekil 2.17: Avrupa kodları arasındaki bağlantılar [39].

EN 1990, yapıların dayanıklılığı, güvenliği ve kullanılabilirliği için ilke ve gereklilikleri belirlemekte, tasarım ve doğrulamaların temelini açıklamakta ve yapısal güvenilirliğe ilişkin yönergeler vermektedir. EN 1990, mevcuttaki yapıların yapısal değerlendirmesini, değişiklik ve onarım tasarımlarının geliştirilmesi veya kullanım değişikliklerinin değerlendirilmesi için de geçerlidir. Yapıların çoğunluğunda kabul edilebilir düzeyde bir güvenlik derecesi sağlanabilmesi için uygun kalite güvence önlemleri ile 1 ve 9 numaralı Eurocode standartları dikkate alınarak tasarım ve uygulamaların elde edilmesi beklenmektedir [39].

Ahşap yapıların tasarımı ve detaylandırılması ile ilgili Eurocode standardı EN 1995'tir. Eurocode sistemi, sınır durum tasarımlarına dayanmaktadır. Sınır durumu, yapının artık ilgili olduğu performans gereksinimlerini karşılayamadığı koşulları tanımlamaktadır. Mutlak sınır durumları ise güvenlikle ilgili olmakta ve çökme veya diğer yapısal sorun şekilleriyle ilişkili durumlardır. Kullanılabilirlik sınır durumları ise yapının ayakta olmasına rağmen, örneğin titreşim veya aşırı deformasyon nedenleriyle tatmin edici olmayan davranışların meydana geldiği durumlar ile ilgilidir. Bir yapıyı ya da parçasını doğrulamak için bir tasarımcının tasarım durumları arasında ayırım yapması gerekmektedir. Tasarım ve doğrulama prosedürleri **Şekil 2.18'**de gösterilmektedir [39].

Tasarım sürecinde dikkate alınması gereken eylemler, etkenler, eylemlerin birleşimleri ve etkileri de bulunmaktadır. Bu etkenlere; rüzgâr, kar, yerçekimi, depremler, güneşten gelen radyasyonlar gibi örnekler verilebilmektedir. Eylemlere örnek ise basınç,

sıcaklık, yük ve yer ivmesi şeklinde olmaktadır. Aynı anda meydana gelme olasılığı bulunan eylemler, eylem kombinasyonları olarak nitelendirilmektedir. Bu eylem kombinasyonlarının yapıya etkileri ise yer değiştirme, gerilim, dönme, moment ve iç kuvvet gibi ifade edilmektedir. Doğrulama hesaplamalar ile yapıldığında, genellikle tasarımı yapılan yapının mevcut sınır durumundaki gerçek mekanik tepkisini yansıtmakta olan yerleşik tasarım modellerinin kullanılması anlamına gelmektedir. Ancak gerçek yapıyı ve bu yapıya etkiyen gerçek yüklerin büyüklüğünün veya varyasyonlarının tam olarak bilinebilmesi çoğunlukla mümkün olmamaktadır. Sonuç olarak tasarım modelleri genelde elde edilecek olan doğruluk seviyesine veya tasarım sürecindeki aşamaya bağlı olarak basitleştirilebilmektedir [39].



Şekil 2.18: Tasarım prosedüründe kullanılan gereksinimler ve terminoloji [39].

3. AHŞAP YAPILARDA HİBRİTLEŞME

Mevcut nüfusun yapısal anlamda ihtiyacının karşılanabilmesi, artan yüksek yapılaşmanın ahşap malzemelerle de uygulanabilmesi için endüstriyel ahşap malzemeler ve hibrit yapı sistemleri geliştirilmiştir. Doğal ahşap ile doğrudan üretilen yapısal ürünler belirli boyut ve niteliklere sahip olduğu için çeşitli dış faktörlere karşı dayanımı yetersiz kalmaktadır. Buna karşın endüstriyel ahşap ürünlerin ise doğal ahşaba göre mekanik özellikleri daha yüksektir. Ayrıca ahşap yapıların dış etkenlere karşı direncini arttırmak için yapının çeşitli noktalarında betonarme ve çelik bileşenler birlikte kullanılarak hibrit yapı sistemleri oluşturulmakta ve bu sayede yapısal dayanım artmaktadır.

3.1. Yapı Sisteminde Hibritleşme

Doğal yapı malzemelerinden olan ahşap, geçmişte ağırlıklı olarak konut yapılarında tercih edilmekteydi. Günümüzde ise mühendislik ürünü olarak ahşap malzemeler, havaalanı terminalleri, okullar, kapalı spor salonları, stadyumlar ve çok katlı konut projeleri gibi farklı yapı türlerinde kullanılmaktadır. Son çalışmalarda, mühendislik ürünü olan ahşap malzemeler kullanılarak üretilen depreme dayanıklı olarak tasarlanan yapıların hem ekonomik hem de uygulanabilir olduğu görülmektedir. Depreme dayanıklı yapı tasarımları temel olarak yapı elemanlarının ve bağlantı detaylarının sünekliğine dayanmaktadır [47].

Yeni tekniklerle geliştirilen çözümler sayesinde, ahşabın çürüme, suya dayanıklılık ve yanmaya karşı direnci artırılmakta ve mühendislik ürünü olan endüstriyel ahşap malzemelerin üretimi mümkün hale gelmektedir. Bu teknolojik gelişmeler sayesinde, ahşap yapılarda inşaat süreleri kısalmaktadır. Ön üretim tekniğiyle kısa sürede verimli ve kaliteli ahşap yapı malzemelerinin üretilmesi ve yerinde montaj süresinin azaltılması, ahşabı etkinlik ve uygulama süresi açısından öne çıkarmaktadır [30].

Ahşap ve türev ürünlerin kullanımını artırma potansiyeli sunan yaklaşımlardan biri, "ahşap bazlı hibrit yapılar" kavramıdır. Bu yapılar, ahşabı farklı malzemelerle birleştirerek, malzemenin yapısal sınırlamalarını önemli ölçüde azaltmaktadır. Bu doğrultuda, çok işlevli hibrit yapılarda geliştirilen yeni yapısal çözümler, mimari form, yapısal işlev ve bina fiziği işlevselliği arasında güçlü bir uyum sağlamaktadır [46].

Hibrit ahşap yapılar denildiğinde, günümüzde akla ilk gelen endüstriyel ahşap malzemeler ile betonarme ve çelik bileşenlerin bir araya getirildiği yüksek yapılar gelmektedir. Yapılan araştırmalarda bu yapıların, hibrit ahşap sistemler kapsamında yaygın olarak ele alındığını göstermektedir. Ancak geleneksel ahşap yapılaşmalar incelendiğinde, geçmişte de ahşap yapılarda hibritleşmeye rastlanmaktadır. Özellikle Karadeniz Bölgesi'ndeki kırsal yerleşimlerde, geleneksel ahşap yapıların temellerinde betonarme, duvarlarda ise bölgesel olarak değişmekle birlikte taş ve tuğla kullanımları görülebilmektedir. Bu bağlamda ahşap hibrit yapılar adı altında tamamen yeni bir yapım sisteminin ortaya çıkmadığı, aksine mevcut teknolojinin eksiklerini kapatmak amacı ile evrildiği söylenebilmektedir. Geleneksel ahşap yapılar, günümüz teknolojisi ile geliştirilerek neme ve yangına dayanıklılığın artırılması gibi yapısal iyileştirmelere tabii tutulmuş ve artan nüfusun gereksinimlerini karşılamak amacıyla yüksek yapılaşmaya olanak sağlayacak şekilde dönüşmüştür. Böylece, geleneksel ahşap yapıların hibrit sistemler ile entegrasyonu sağlanarak, yapı sektörü içinde daha geniş bir kullanım alanı bulması mümkün hale gelmiştir.

Hibrit sistemler, düşük maliyet, kısa inşa süresi ve çevre dostu düşük karbon ayak izi sunarak çok katlı bina üretimine olanak tanır. Ayrıca, bu sistemlerin insan sağlığı ve psikolojisi üzerinde de olumlu etkileri bulunmaktadır [28].

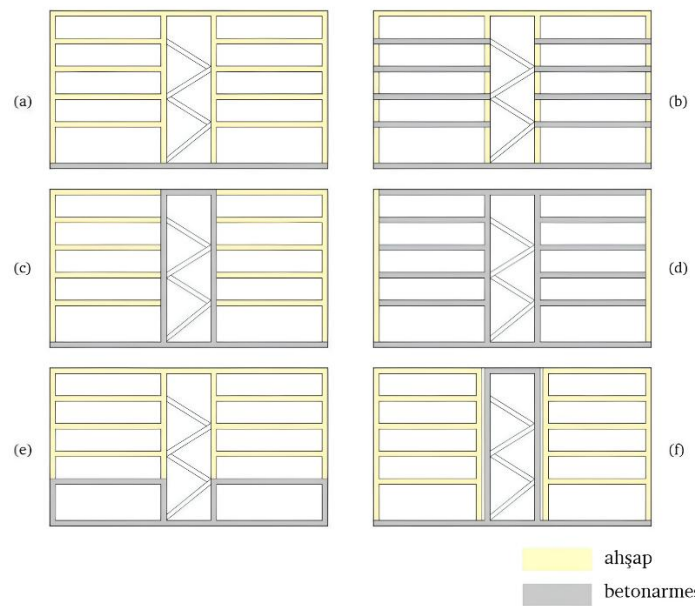
Ahşap yapılarda bağlantı noktalarının çelik kullanılarak yapılması nedeniyle, tüm ahşap yapılar bir ölçüde hibrit olarak değerlendirilebilir; ancak temeller genellikle beton ile inşa edilmektedir. Gerçek hibritleşme, iki veya daha fazla malzemenin, her birinin güçlü yönlerini en iyi şekilde kullanarak zayıflıklarını gidermek amacıyla bir sistem oluşturacak şekilde birleştirilmesi sürecidir [46].

Günümüzde ahşap-hibrit ve çok katlı ahşap yapılar için yanal kuvvetlere dayanıklı olan sistemler geliştirilmektedir. Geliştirilen bu sistemlerle, ahşap yapı elemanlarının ve çelik bağlantı elemanlarının elastikiyetinden faydalanılmaktadır. 1990'ların ilk dönemlerinde Almanya, İsviçre ve Avusturya tarafından CLT panel geliştirilmesi ile CLT paneller veya uygun bağlantılara sahip olan LSL, LVL panellerden üretilen orta ya da yüksek katlı masif ahşap yapıların geliştirilmesi sağlanmıştır. CLT panellerin iç ve dış yüzeyinin sert olması, iyi ses ve ısı yalıtımı, yangın dayanımı, ekonomik ve hızlı inşaat imkânıyla, sürdürülebilir çok katlı konut, kurum ve ticari yapılar için popüler bir hale gelmiştir [47].

3.1.1. Ahşap-Beton Hibrit Sistemler

Ahşap takviyeli beton hibrit sistemlerde, betonarme ile birlikte genellikle LVL, glulam ve CLT gibi endüstriyel ahşap türleri kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra, NLT, LSL ve DLT gibi diğer ahşap malzemelerin kullanımı da yer almaktadır. Bu hibrit sistemlerde, masif ahşap paneller, prefabrik modüler yapılar, ahşap kolon-kiriş sistemleri ve ahşap-karma yapı sistemleri yaygın olarak tercih edilmektedir. Ahşap ve betonun bir arada kullanılması, yapısal sistemin dayanıklılığını artırarak özellikle rüzgâr ve deprem gibi yatay yüklere karşı oldukça yüksek direnç göstermesini sağlamaktadır [28].

Şekil 3.1'de ahşap ve betonarmenin bir arada kullanıldığı farklı hibrit yapı sistemleri gösterilmektedir. (a) gösteriminde, yapının zemini betonarme sistemle yapılırken duvar, döşeme ve çekirdek kısmı masif ahşap sistem ile tasarlanmıştır. (b) gösteriminde, yapının tüm kat döşemeleri betonarme sistemle, çekirdek ve duvarları ise masif ahşap panel ile inşa edilmiştir. (c) gösteriminde, zemin döşemesi ve çekirdek betonarme sistem yapılırken ahşap duvar ve döşemeler ise çekirdeğe bağlanmıştır. (d) gösteriminde, yapının tüm döşemeleri ve çekirdeği betonarme sistemle, duvarlar ise masif ahşap panel sistem ile oluşturulmuştur. (e) gösteriminde, zemin kat betonarme sistemle, üst kısımlar ise masif ahşap panel ile inşa edilmiştir. (f) gösteriminde ise zemin döşemesi ve çekirdek betonarme sistem olup, duvar ve döşemeler masif ahşap panellerle modüler bir sistem olarak betonarme çekirdeğe bağlanmıştır.



Şekil 3.1: Ahşap ve betonarme sistemlerin bir arada kullanımına dair örnek sistemler [28].

Bu sistemlerin dayanıklılığı, betonun sağlamlık ve rijitlik özelliklerini, ahşabın hafiflik ve enerji sönümleme kabiliyeti ile birleştirerek üstün performans sunmaktadır. Böylece, ahşap takviyeli beton hibrit sistemler, modern inşaat sektöründe hem dayanım hem de sürdürülebilirlik açısından etkili bir çözüm olarak dikkat çekmektedir [28].

3.1.2. Ahşap-Çelik Hibrit Sistemler

Bir yapının deprem dayanımı gösterebilmesi için sünek davranış sergilemesi, yeterli süre boyunca dayanabilmesi ve yatay rijitliğinin sınırlı olması gereklidir. Özellikle ahşap ve çelik gibi prefabrik yapılarda, bağlantı noktaları deprem sırasında en zayıf bölge olarak öne çıkmaktadır. Bu nedenle, bu bağlantı noktalarının dikkatlice tasarlanması büyük önem taşır. Ahşap yapıların bağlantı noktalarında çelik kullanılması, sismik enerjinin çelik malzemenin sünek yapısı sayesinde dağıtılmasını sağlamakta ve bu durum, yapının deprem dayanımını önemli ölçüde artırmaktadır. Ahşap yapılardaki bağlantılar, bu sebeplerden dolayı yapının tasarımının başından itibaren dikkat edilmesi gereken ana bölümlerden biri olmaktadır **Şekil 3.2** [28], [45].



Şekil 3.2: Glulam kolon ve kirişlerin çelik ile birleşim detayı [28].

Bu yaklaşım, ahşabın hafiflik ve esneklik avantajlarını ile çeliğin enerji sönümleme kapasitesini bir araya getirerek, özellikle deprem etkilerine karşı güvenli ve dayanıklı yapıların inşasına olanak tanır.

3.1.3. Ahşap-Beton-Çelik Hibrit Sistemler

Çelik, betonarme ve ahşap malzemeler, farklı olumlu özellikleri ile öne çıkarmakta olup, bu malzemelerin birleşimi, her birinin tekil zayıflıklarını ortadan kaldırırken genel dayanımı artırmaktadır.

- Çelik, deprem sırasında büyük miktarda enerji yutarak sünek bir davranış sergilemektedir.
- Betonarme yapılar, yüksek eğilme ve basınç dayanımı göstermektedir.
- Ahşap, çelik ve betona kıyasla yüksek mukavemet-ağırlık oranına sahip olup, deprem sırasında çekme kuvvetine karşı olumlu bir davranış sergilemektedir [28].

Bu üç malzemenin birlikte kullanılması, her birinin güçlü yönlerini birleştirerek yapıların genel performansını artırır ve depreme karşı daha güvenli bir çözüm sunar. Tüm ahşap yapılarda temeller betonarmeyi gerektirmekte ve bu farklı iki sistem arasındaki bağlantının ahşap kısmı etkileyebilecek ve yapının ömrünü tehlikeye atabilecek nem sorunundan kaçınmak için dikkatli bir şekilde planlanması gerekmektedir. Bu nedenle genellikle kolon-temel bağlantısında, çelik plaka kullanılarak nem bariyeri oluşturması sağlanmaktadır **Şekil 3.3** [45].



Şekil 3.3: Kolon-temel bağlantısı [45].

3.2. Ahşap Hibrit Yapı Sistemlerinde Birleşim Detayları

Ahşap yüksek yapılarda, taşıyıcı sistemi oluşturan elemanlar önceden atölyede veya fabrikada üretilerek (ön üretimli) şantiyede yerlerine konumlandırıldıktan sonra farklı

türlerdeki bağlantı elemanları ile birleştirilmektedir. Bu bağlantılar genellikle ahşap-ahşap, ahşap-çelik, ahşap-betonarme yapı elemanları arasında uygulanmaktadır. Bağlantı elemanı olarak vidalar, çiviler, cıvata (bulon), ahşap perçini vb. kullanılmaktadır. Bağlantılar düşey yüklerle beraber rüzgâr, deprem gibi tekrarlanan yatay yüklerle karşı karşıya kalmakta, kasırgalar ve depremler sonucunda ahşap yapılarda oluşmakta olan hasarların birçoğu bu bağlantı noktalarında oluşmaktadır [1].

Çivili ve vidalı birleşimler yük aktarımında etkin ve imalatı kolay olduklarından yaygın şekilde kullanılmaktadır. Dişli yapıya sahip olan vidalar tutuş gücü ve mukavemetleri çivilere oranla daha fazla olduğu için çekme kuvvetine karşı çivi yerine tercih edilmektedir. Yükün fazla olmadığı az katlı yapıların bağlantılarında çivili ve vidalı birleşimler kullanılmaktadır. Rüzgâr ve deprem gibi tekrarlanan yükler etkisinde genellikle sünekliği azaltmasından dolayı yapıştırırmalı birleşimler kullanılmamaktadır. Bulonlu birleşimler, hesaplanan bulon sayısı ve çapına göre ahşap yapı elemanlarında önceden açılmış olan deliklere bulonların yerleştirilmesiyle oluşturulmaktadır. Uygulama sırasında, bulonların alt kısmına pul koyulur ve ardından somun sıkılarak birleşim tamamlanır. Ancak bulonlu birleşimlerde, birleşen parçalarda açılmış olan delik çevresinde oluşan yüksek gerilmeler meydana gelmekte ve bu durum gerilme yığılması oluşturarak ahşapta gevrek kırılmalara ve parçalanmalara neden olabilmektedir. Bu nedenle, çok büyük çaplardaki bulonların kullanımına izin verilmemektedir. Bu tür birleşimlerde çekme kuvvetlerini karşılamakta olan somunlar ve bulon başları için yeterli alan olmadığında, alternatif olarak dört köşe başlı ağaç vidaları kullanılmaktadır. Dört köşe başlı ağaç vidalarında, dişsiz kısımlar için bulonlarda bulunduğu gibi ahşap elemanlara delik açılmaktadır [1].

Bunun yanı sıra yassılaştırılmış oval gövdeye sahip kama şeklinde kafalı, galvanizli, yüksek mukavemette olan çelik ahşap perçinler de ahşap yapı birleşimlerinde kullanılmaktadır. Bu perçinler ahşap elemanlarda ve çelik levhalarda öncesinde açılmış deliklerden geçerek konik olan kafa deliklere sıkı bir şekilde tutunmaktadır. Yüksek ahşap yapılarda yatay ve düşey yüklerin bir taşıyıcıdan diğer taşıyıcıya ve son olarak temele güvenli bir şekilde aktarılabilmesi için metal bağlantı elemanları birleşim noktalarında kullanılmaktadır **Şekil 3.4**. Önceden hazırlanmış olan metal bağlantı levhaları, her türdeki ahşap yapıda (ahşap-çelik, ahşap-betonarme, ahşap-ahşap), yapı elemanlarının bir araya getirilmesinde yaygın şekilde kullanılmaktadır. Ancak metal bağlantı levhaları ile ahşap taşıyıcıların kullanıldığı birleşimlerin

tasarımlarında, neme ve kurumaya maruz kalan çelik ve ahşap malzemelerin farklı şekillerde boyut değişimleri olabileceğinden erken değerlendirme yapılarak dikkat edilmelidir [1], [45].

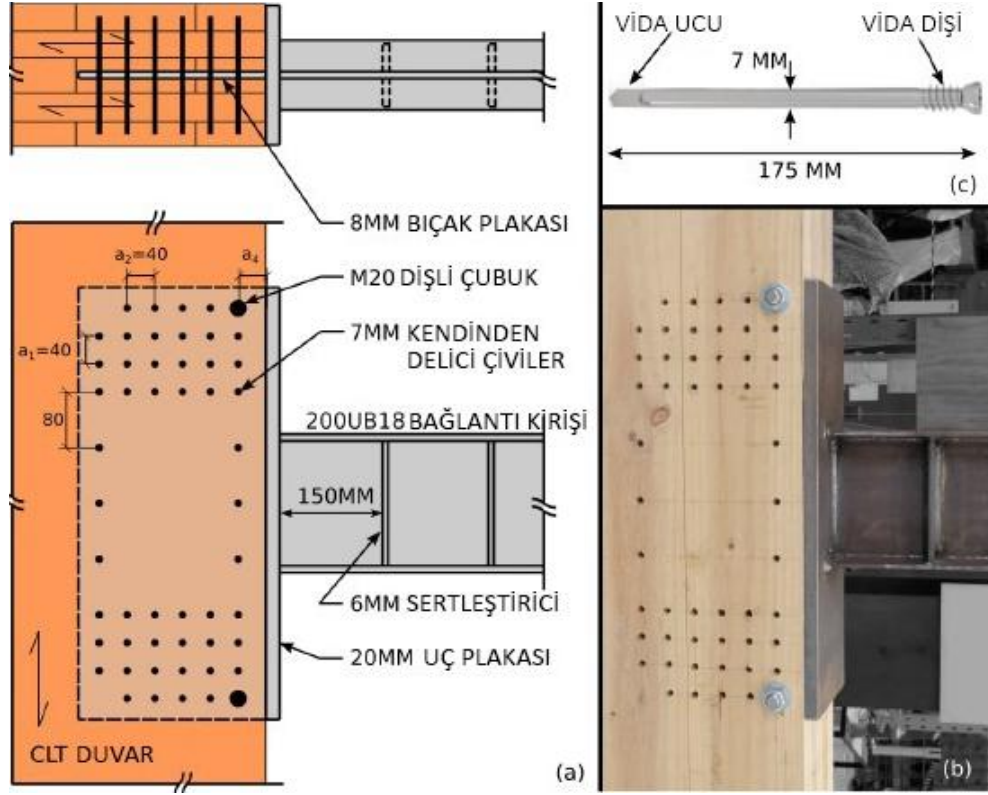
Yüksek ahşap yapılarda, geleneksel bağlantı elemanlarından olan çivi, ahşap perçin, cıvata, vida gibi ve metal bağlantı levhaları ile oluşturulmakta olan birleşimlerin kullanımı sınırlı olmaktadır. Genellikle, büyük boyutlu yüksek yapılarda daha yenilikçi ve projeye özel birleşim detayları kullanılmaktadır. Projeye özgü bağlantılar, belirli olan firmalar tarafından projenin özelliklerine göre tasarlanan, yapısal analizleri ise sonlu elemanlar metoduyla yapılmış olan ve deneysel çalışmalar ile yapısal güvenliği denenen patentli birleşimlerdir. Bu tür birleşimler, yüksek ahşap yapılar için özel olarak geliştirilen, birleşmekte olduğu parçaların ise mukavemetini azaltmayan, genellikle de ahşap içerisinde yeterli oranda gizlenerek yangına karşı dayanıklı hale gelen birleşimler olup aynı zamanda yapı maliyetine önemli ölçüde katkı sağlayabilmektedir [1], [45].



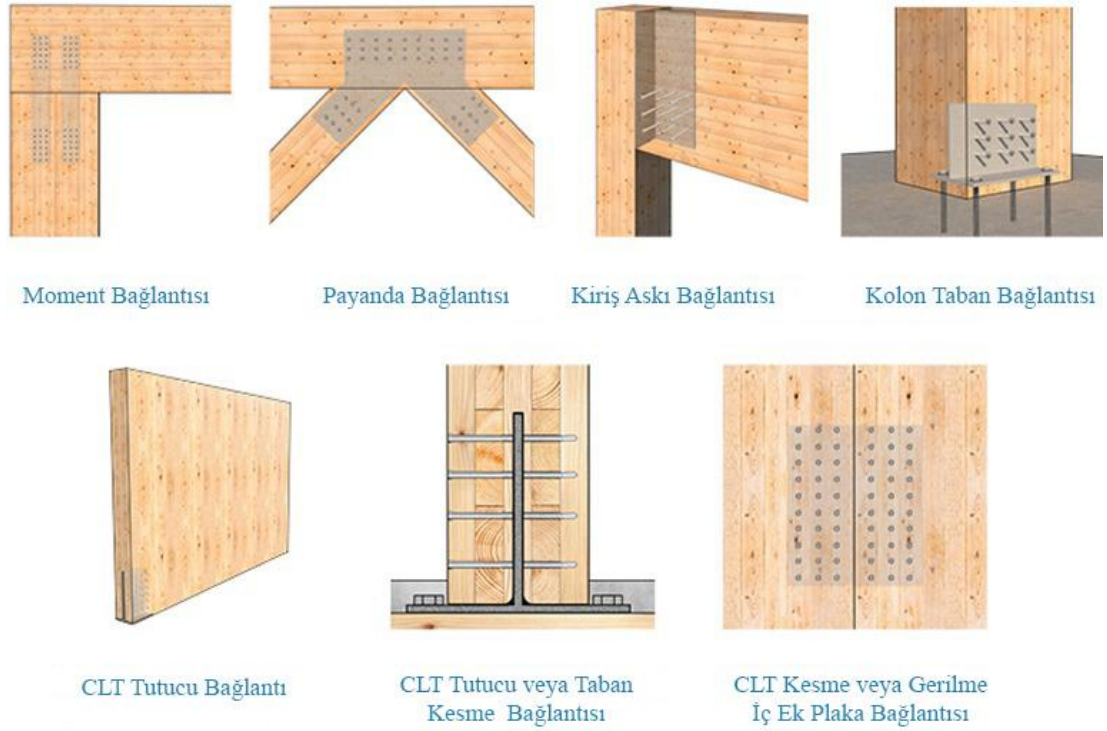
Şekil 3.4: Yüksek ahşap yapılardaki birleşim örnekleri [1].

Bir başka bağlantı elemanı ise kendinden delici vidalar (Self-Drilling Dowels-SDD)’dır. Bu elemanlar, ahşap yapılarda yüksek kapasiteli, yarı rijit bağlantı oluşturmak için kullanılmaktadır. 7 mm çapındaki metal bağlantı elemanı, metal plakalarda 10 mm kalınlığa kadar delik açılabilen bir delme ucuna sahiptir **Şekil 3.5**. Bu özellik sayesinde, çelik bıçak plakalar ve ahşap elemanlar arasında sıkı bir şekilde geçmeli vida bağlantıları oluşturulmaktadır [48].

Vidanın baş kısmının hemen altında bulunan dişli kısım, ahşap elemanın içine vidayı çekmek için ek bir kuvvet uygulamaktadır. Vida boyutu ve sayısı, bıçak plaka sayısı ve grup geometrisi değiştirilerek SDD grup bağlantı kapasitesi önemli ölçüde ayarlanabilmektedir. Yapılan deneylerde lamine ahşap (glulam) kolon ve kirişler arasında kullanılan SDD grupların, sıkı ve rijit bağlantılar oluşturabileceğini ortaya koymuştur **Şekil 3.6** [48].



Şekil 3.5: CLT duvar ile çelik bağlantı kirişi arasındaki bağlantı detayı ve kendinden delici vida [48].



Şekil 3.6: SDD bağlantı tipleri [49].

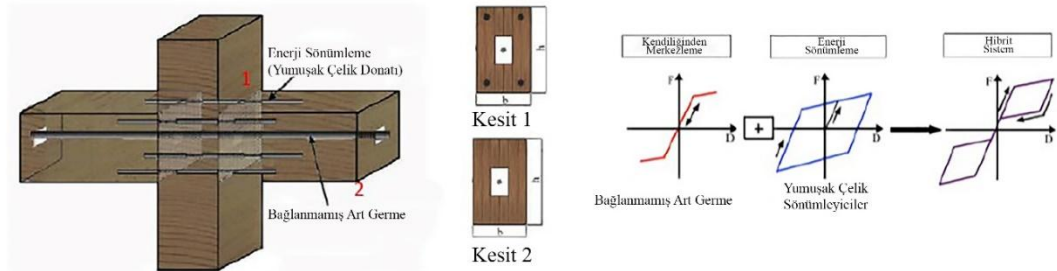
Geleneksel vidalarda, elik bıçak plakalardaki deliklerin genel olarak 1-2 mm daha geniş olması gerekliliğinden, ilk başta hafif bir yer değiştirmeye sebep olması ve vida grubunun tam olarak devreye girmesi zaman almaktadır. SDD vidalar, ahşap perçinler gibi daha küçük olan bağlantı elemanlarına göre daha yüksek oranda kesme dayanımına sahiptir. Bu yüksek dayanımı, daha yüksek çekme dayanımı ve daha büyük bir çap ile sağlamaktadır. Ayrıca SDD vidaları, CLT panellerin tam kalınlığına erişebilecek kadar uzundur ve yükleme yönüne bağlı kalmadan, ahşap perçinlerin aksine tutarlı bir dayanım sağlamaktadır [48].

3.3. Depreme Dayanıklı Ahşap Hibrit Yapı Tasarımı

Yeni Zelanda'da, çok katlı hibrit yapıların depreme dayanıklılığı üzerine yapılan araştırmalar, ard germeli bağlantıların incelenmesiyle başlamış ve bu çalışmalar, çok katlı ahşap yapılarda kullanılan LVL kolon ve kiriş bağlantılarına odaklanılarak genişletilmiştir. Ayrıca, ahşap ereve sistemlerde de yeni bir hibrit bağlantı detayı geliştirilmiştir. Yapıda, duvar panelleri ve döşemelerde beton kaplama ile beraber CLT kullanılmıştır. İtalya'da, CLT paneller ile oluşturulan üç katlı yapılar temel alınarak enerji sönümleyen bağlantıların geliştirilmesi amacıyla deneysel ve teorik çalışmalar yrtlmştir. Japonya, bu projeye ortak olarak yedi katlı CLT bir yapıyı başarı ile test etmiştir. CLT panel kullanımı, Kuzey Amerika'da 2010 yılında başlamış ve Kanada'da yayımlanan CLT kılavuzuyla önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Tipik yapısal sistemlerde, ahşap ereve sistemler, ahşap merkez duvarlar ve elik sönümleyici kirişler ile tasarımlar, yüksek yapılar için tasarlanmıştır [47].

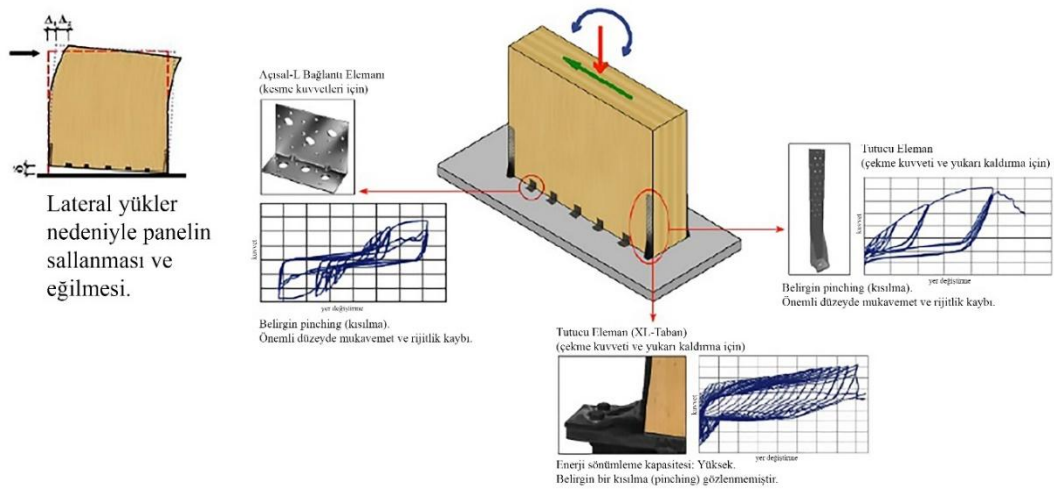
Yeni Zelanda'da geliştirilen hibrit CLT duvar ve LVL kolon-kiriş bağlantı sistemi, enerjiyi emici detaylara sahiptir. Kontrollü salınımın yanı sıra, düşük hasarlı ve elastik tasarımlar için kendiliğinden merkezlenebilen, yüksek mukavemete sahip, ard germeli ve uzun bağlanmamış tendonlar kullanılmaktadır **şekil 3.7**. Bağlantı bölgesinde, tendonların enerji emilimini arttırmak ve sünek olmayan davranışını azaltabilmek için değiştirilebilen yumuşak elik çubuklar yerleştirilmiştir. Enerji emilimi ve bağlantıyı güçlendirmek amacıyla, U şeklinde elik plakalar ile CLT bağlı duvarlar birleştirilmiştir. LVL elemanların liflere olan paralel basınç dayanımı, normal dayanımlı betonla eş değer olup 40 MPa olarak belirlenmiştir. Ard germeli ahşap yüksek basınçta, zayıf mekanik sertliği nedeniyle özellikle de damarlara dik yönde, gevşeme ve sürünme nedeniyle bir miktar eksenel kısalma meydana gelebilmektedir.

Bu nedenle ard germede oluşan kayıplara izin verilerek aksel kısılmaya özel takviyeler uygulanması gerekebilir. Ahşap panel elemanlardan oluşan döşeme sistemlerinde, daha iyi bir diyafram davranışı sağlamak için çivilenmiş kontrplak levhalar üstüne 65 mm kalınlığında beton kaplama uygulanmaktadır [47].



Şekil 3.7: Tipik kolon-kiriş bağlantısı ve histeretik davranış [47].

Avrupa’da, tipik panel bağlantılar arasında destek plakaları ve ankrajlar gibi elemanlar kullanılmaktadır. İtalya gibi sismik aktifliği olan ülkelerde, bağlantı elemanlarının enerji emme kapasitesinin yüksek olması gerekmektedir. Ancak bu bağlantı türlerinde yüksek düzeyde sıkışma, kesme ve çekme kuvvetlerine bağlı olarak hızlı sertlik/dayanım kaybı ve düşük enerji kayıpları ana sorunlardır Şekil 3.8. Daha sünek bağlantılar için (örnek; vida, perçin, çivi bağlantı eleman türü, konumu, sayısı ve yönelimi) çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Örnek olarak, yakın bir zamanda çelik yapılarda yüksek sismik enerjiyi absorbe etmek ve çekme kuvvetlerini karşılamak için yeni bağlantı türü olan XL Strub bağlantı tipi geliştirilmiştir [47].



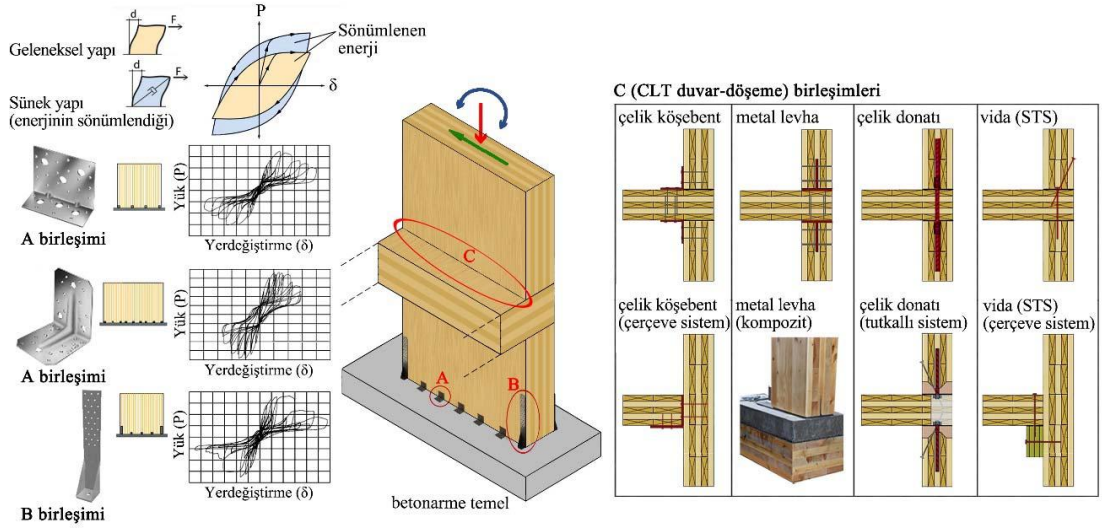
Şekil 3.8: CLT duvar paneli ve çekme ile kesme bağlantılarının histeretik davranışı [47].

Kanada’da 2008 yılında geliştirilen FFFT sisteminde göre, 20 ve 12 katlı ahşap yapılarda yapılan maliyet analizlerinden, betonarme yapılara göre maliyetinin rekabetçi olduğu ortaya çıkmıştır. Bu sistemler, plan düzleminde 20 kata kadar esneklik sağlamaktadır. Döşemeler, kaplamasız LSL veya CLT panellerinden ya da beton kaplamalar ile yapılabilmektedir. Yüksek deprem riski bulunan bölgelerde zayıf kiriş-güçlü kolon uygulaması yapılarak, tipik bir yapısal sistem; 12 katlı, çevresel moment çerçevesine sahip olan glulam kolonlarla, çevresel çerçeve sistemiyle çekirdek duvar arasında bulunan flanşlı kirişlerle ve ahşap çekirdek duvarlarla oluşmaktadır. Kesitleri azaltılmış sünek çelik kirişler, deprem anında plastik mafsallar oluşturarak enerji sönümleme kapasitesini arttırmaktadır. 2012 yılında yapılan 4 katlı Biyoenerji Araştırma ve Gösterim Tesisi ile 5 katlı Yer Bilimleri Binası University of British Columbia’nın yenilikçi ahşap yapılarından olmuştur. Bu yapılarda, glulam kolon ve kirişlerine entegre edilen çelik kutu bağlantı elemanları, glulam kolon ve kirişleri birbirine bağlayan plaka tipli bağlantılar, glulam Chevron çapraz bağlantılar, glulamdan olan çapraz bağlantıları da glulam kirişlere, bu kirişleri de CLT duvarlara bağlayan sünek detaylar kullanılmıştır **Şekil 3.9** [47].



Şekil 3.9: University of British Columbia’nın ahşap binasındaki sünek detaylar [47].

Yapıya etki eden yükler altında birleşim davranışları yer değiştirme-yük zarf eğrisiyle değerlendirilmektedir. Gevrek ve rijit özelliğe sahip CLT paneller aracılığıyla yapı sistemlerinde süneklik sağlanabilmektedir. Depreme dayanıklı yapı tasarımları kapsamında, ahşap yapılar üzerine yapılan araştırmalarda, deprem riski yüksek bölgelerde panellerin etkinliği konusunda taşıyıcı duvar ve birleşim deneyleriyle, 1:1 ölçekli CLT yapı deneyleri yapılmaktadır **Şekil 3.10** [50].

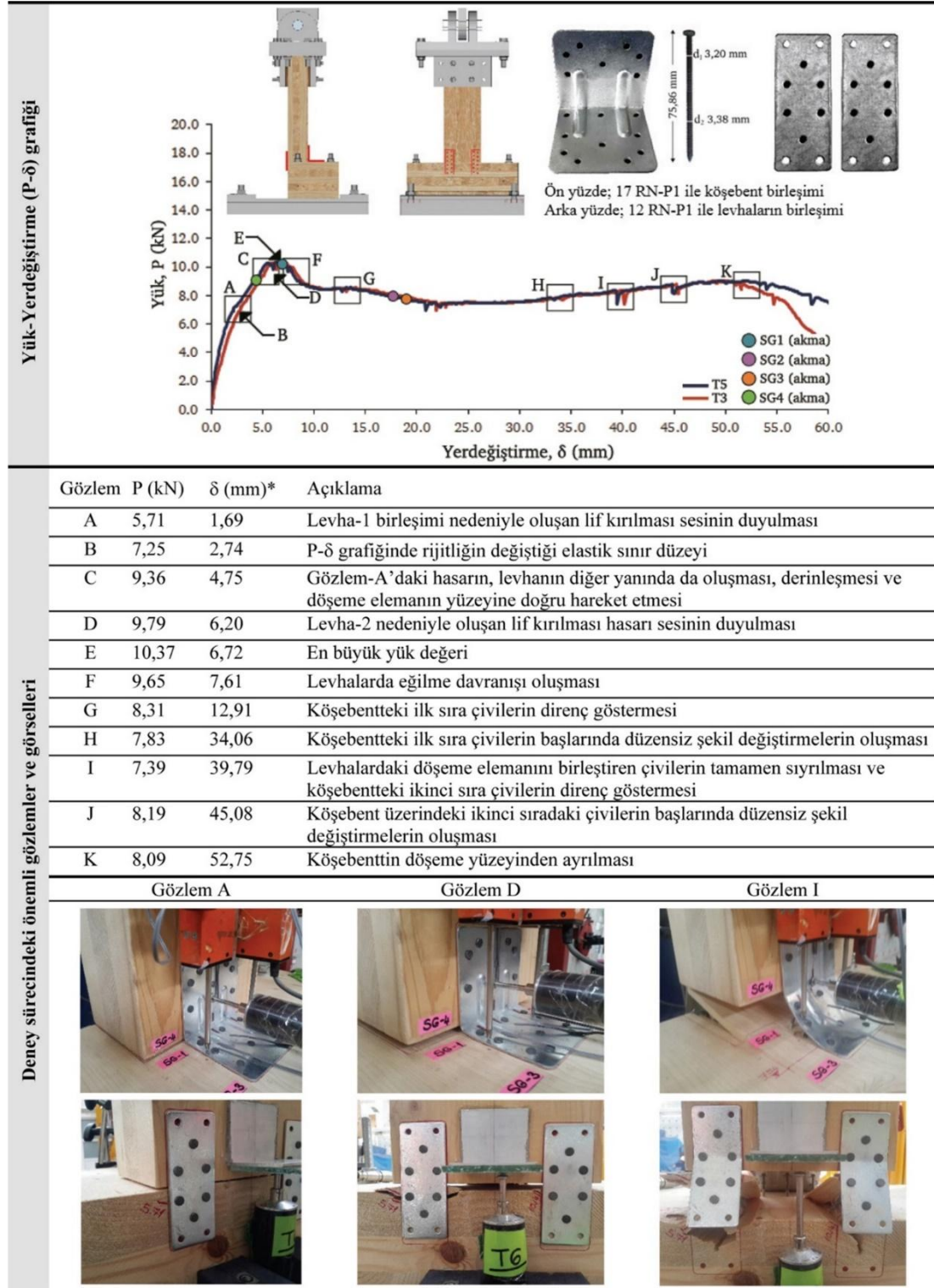


Şekil 3.10: CLT panel davranışları ve birleşimleri [50].

Deprem bölgesinde yer alan Türkiye’de, yapı kütesinin deprem ivmesiyle doğru orantılı olması, daha dayanıklı ve hafif taşıyıcı sistemlere olan ihtiyacı açıkça ortaya koymaktadır. Bu sebeple, öncelikli olarak incelenmesi gereken konu, Türkiye’de yerli kaynaklarla üretilen metal birleşimlere sahip CLT panellerin davranışlarının araştırılmasıdır. Bu amaçla Türkiye’de üretilen metal bağlantı elemanlarının (çivi, levha, metal vb.) birlikteliğiyle gerçek boyutlarda CLT döşeme-duvar birleşimleri oluşturulmuş ve monotonik deprem yüklerini temsil eden çekme kuvveti etkisinde deneysel incelemeler yapılmıştır. Deney kapsamında kullanılan metal birleşim noktalarında, arka yüzeyde iki adet metal levha kullanılarak, ön yüzeyde ise rijitliği artırılmış hazır deliklere sahip eşit kollu çelik köşebentler fosfat kaplı halkalı çivilerle birleştirilmiştir. Bu birleşim sistemi üzerinde yapılan deneyde, ölçüm amaçlı görüntüleme yöntemleri ve ölçüm araçları kullanılmış, veriler kayıt altına alınarak detaylı incelemeleri yapılmıştır [50]. Bu deney sonucunda elde edilen verilere göre,

- Birleşim bölgesinin arka yüzünde yer alan metal levhalar birleşimin, çekme kuvvetine olan karşı dayanımı arttırmıştır.
- CLT döşeme panel tabakalarının birleşmesini sağlayan tutkalda, dayanım açısından bakıldığında herhangi bir problem oluşmamıştır.
- Fosfat kaplı olan halkalı çiviler, tutunma yeteneği bakımından en iyi davranışını göstermiştir.

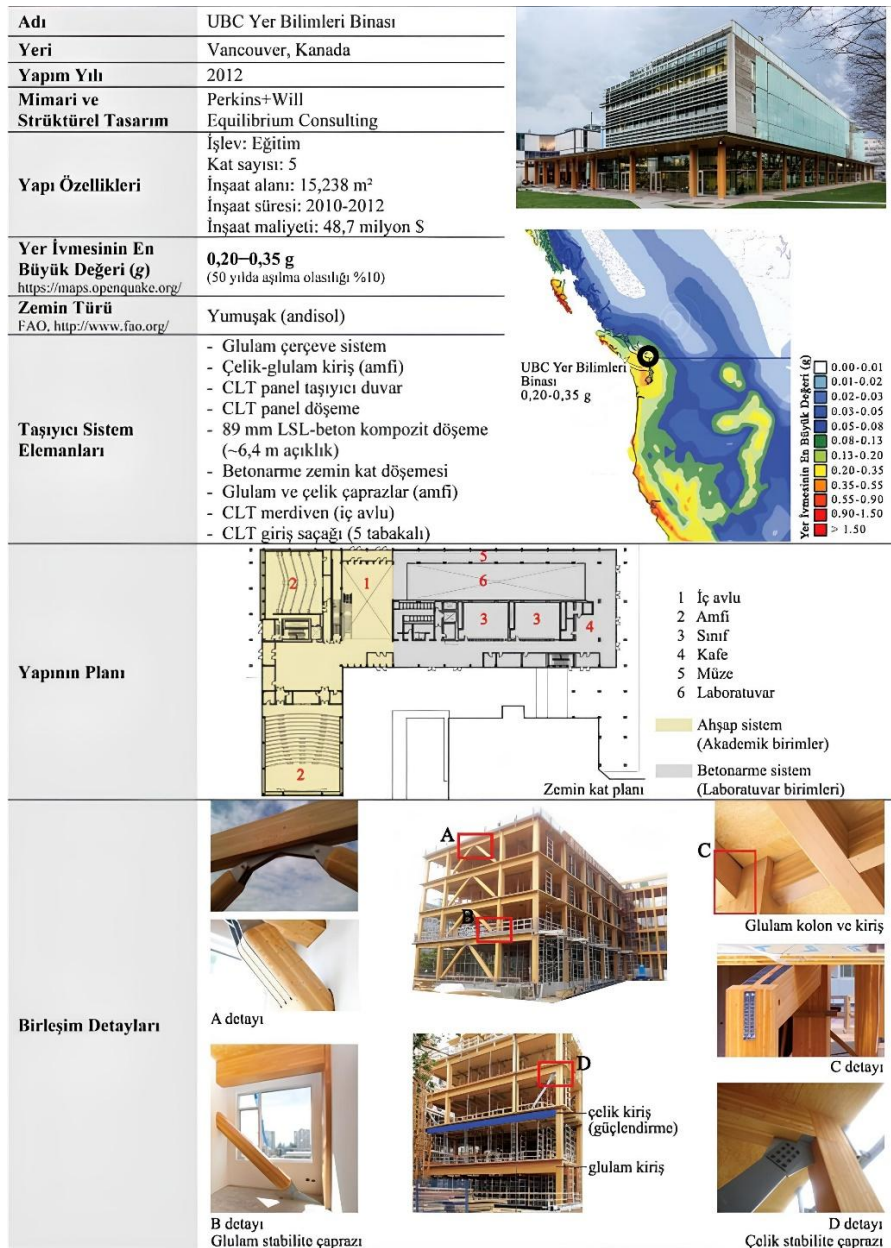
Deney sonuçlarında; yerli üretim olan güçlendirilmiş levha ve köşebent gibi metal parçalarla enerji yutabilir CLT panel birleşimi elde edilebileceği görülmüştür **Şekil 3.11 [50]**.



* T3 ve T5'in ortalamasıdır.

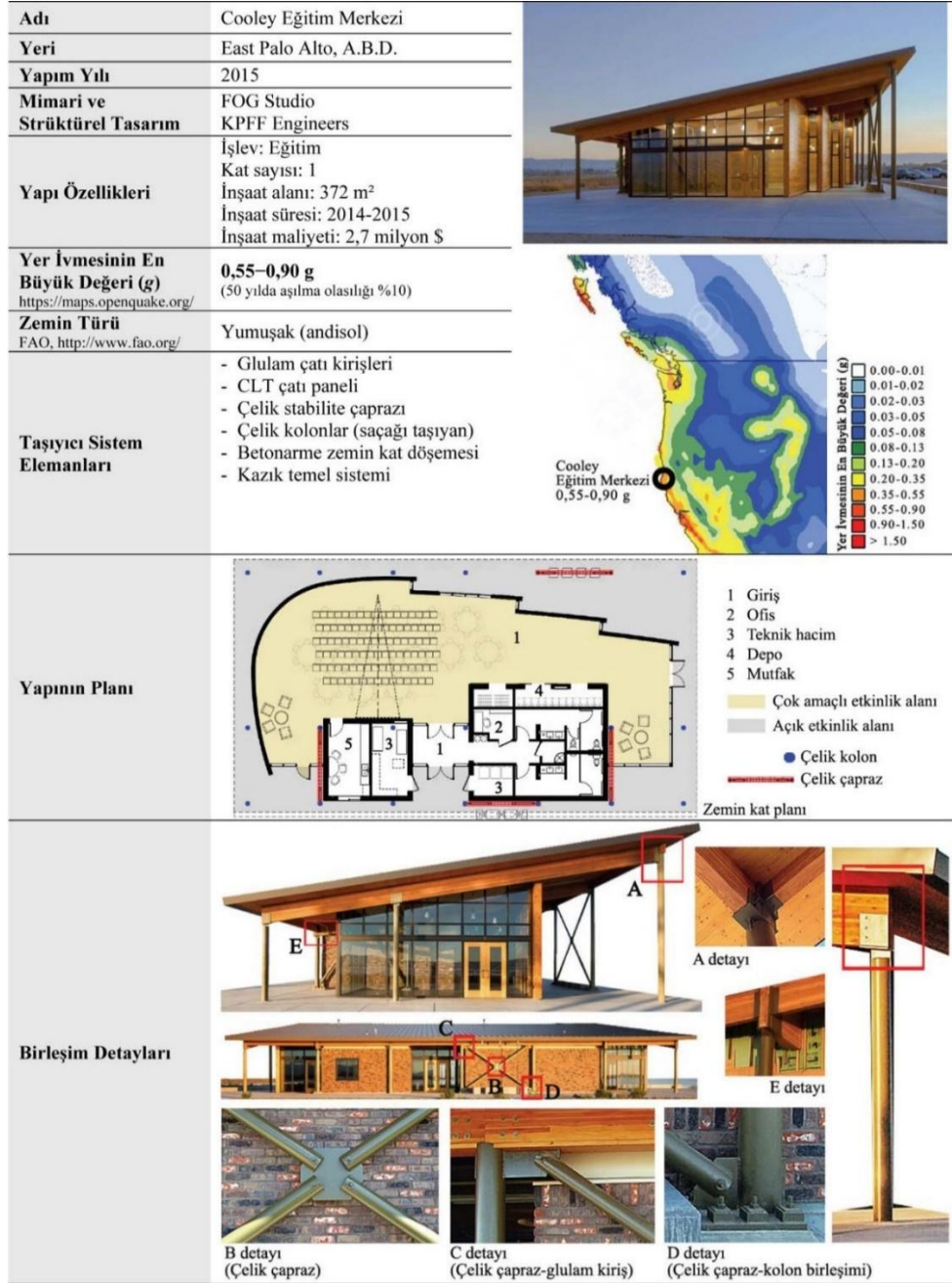
Şekil 3.11: CLT döşeme – duvar panel birleşim deneyi gözlem ve grafiği [50].

Yapılan deneylere örnek olarak üç yapı incelenmiştir. Bu yapılardan ilki olan UBC Yer Bilimleri Binası'nda taşıyıcı sistem tasarımı, glulam kiriş-kolon sisteminden meydana gelmekte olup geniş açıklıktaki (yaklaşık 24 m) amfileri glulam stabilite çaprazlar ve çelik kirişlerle desteklenmiştir. Glulam çaprazlar, yapının sismik etkiler altında kayma dayanımını karşılamaktadır. Diğer yandan beton-LVL kompozit döşeme sistemiyle de hafif bir sistem elde edilmiş ve yapısal titreşimler azaltılmıştır. Beş kat yüksekliğe sahip iç avluda, sahanlığı konsol olarak çalışan ve iki kollu kırık plak bir şekilde CLT merdiven bulunmaktadır Şekil 3.12 [50].



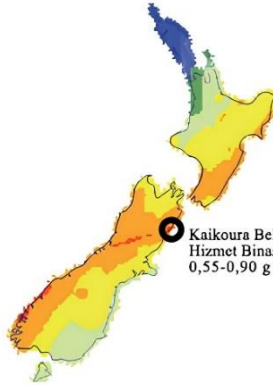
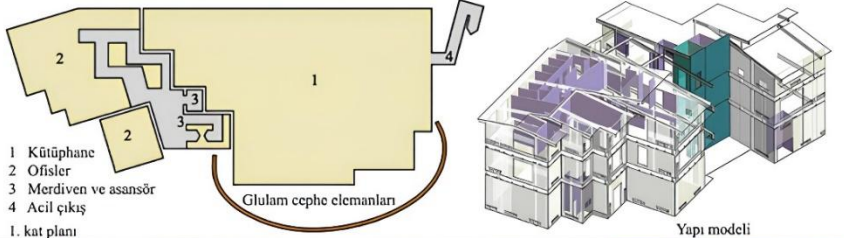
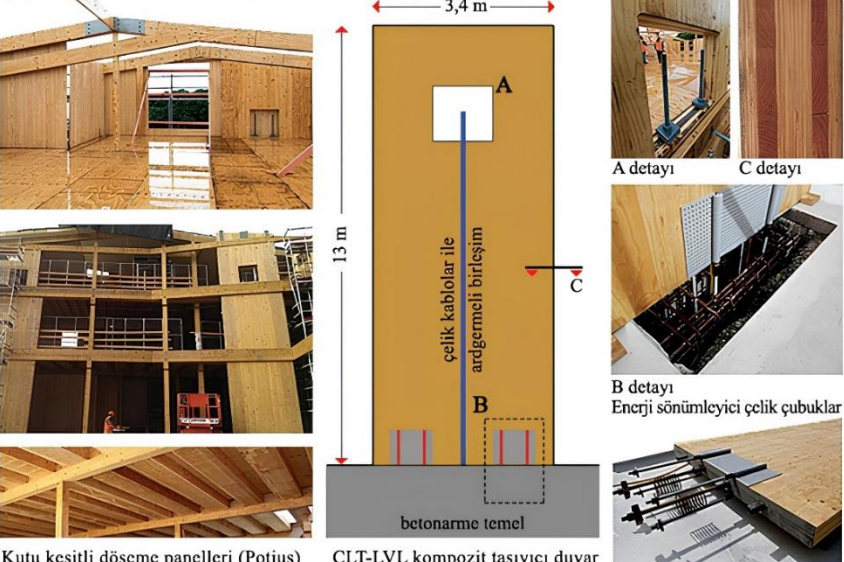
Şekil 3.12: UBC Yer Bilimleri Binası yapı sistem detayları ve özellikleri [50].

Cooley Eğitim Merkezi, Kaliforniya’da yönetmeliklere göre CLT panel uygulanan ilk yapı olma özelliğine sahiptir. Yapıda, etkinlik alanı açıklığının geçilebilmesi için ve deprem kuvvetlerine maruz kaldığında diyafram davranışı sağlayabilen bir döşeme olabilmesi için CLT panel kullanımı olmuştur. Glulam kirişler üzerine uygulanan CLT paneller çatı sistemini oluşturmakta olup, yapının yanal stabilitesini arttırmak için çelik çapraz elemanlar kullanılmıştır **Şekil 3.13 [50]**.



Şekil 3.13: Cooley Eğitim Merkezi yapı sistem detayları ve özellikleri [50].

Kaikoura Belediye Hizmet Binası, yerel orman kaynaklarından faydalanılarak ardgermeli lamine teknolojisi ile taşıyıcı sisteminin oluşturulduğu Yeni Zelanda'daki bu sistemin kullanıldığı ilk yapıdır. Yapı sismik etkinliklerin yüksek olduğu bir bölgede yer aldığından yanal yükler etkisinde rijitliğini koruyabilmesi için taşıyıcı kompozit (%70 CLT-%30 LVL) duvar panel elemanlar tasarlanmıştır. Bu tasarlanan elemanlar, CLT panellerde şekil değiştirmenin yoğunlaştığı uç bölgelerle ve ağırlık merkezi ard germe bölgelerinde eklenen LVL tabakalarla güçlendirilerek üretilmiştir. Perde duvar elemanların dış yüzey kısımlarının her iki yan tarafında dişli çelik donatı yerleşimi yapılarak, deprem kuvvetleri etkisi altında yapının birleşim noktalarında enerji sönümlemesi yapılması hedef alınmıştır. Panel elemanlara ait düşey birleşim noktalarında elastik şekil değiştirme; sönümleyici olan donatıların kısmen uzama yapmasına olanak verecek şekilde, 0,5 mm ile sınırlandırılarak yapılmıştır. 2016 yılında gerçekleşen Kaikoura Depremi ($M_w=7.8$) ardından yapılmış olan incelemelerde, taşıyıcı duvar mesnet yerlerinde eğilme gibi bir hasar veya enerji sönümleyen donatılarda akma vb. olumsuz durumlara rastlanmamış ve yapı, Afet Koordinasyon Merkezi şeklinde kullanılmıştır **Şekil 3.14 [50]**.

Adı	Kaikoura Belediyesi Hizmet Binası													
Yeri	Kaikoura, Yeni Zelanda													
Yapım Yılı	2014													
Mimari ve Strüktürel Tasarım	DesignBASE CGW, Gavin Robertson													
Yapı Özellikleri	İşlev: Ofis Kat sayısı: 3 İnşaat alanı: 2,400 m ² İnşaat süresi: 2012-2014 İnşaat maliyeti: 6,8 milyon \$	 Kaikoura Belediyesi Hizmet Binası 0,55-0,90 g Yer İvmesinin En Büyük Değeri (g) <table><tr><td>0.00-0.01</td></tr><tr><td>0.01-0.02</td></tr><tr><td>0.02-0.03</td></tr><tr><td>0.03-0.05</td></tr><tr><td>0.05-0.08</td></tr><tr><td>0.08-0.13</td></tr><tr><td>0.13-0.20</td></tr><tr><td>0.20-0.35</td></tr><tr><td>0.35-0.55</td></tr><tr><td>0.55-0.90</td></tr><tr><td>0.90-1.50</td></tr><tr><td>> 1.50</td></tr></table>	0.00-0.01	0.01-0.02	0.02-0.03	0.03-0.05	0.05-0.08	0.08-0.13	0.13-0.20	0.20-0.35	0.35-0.55	0.55-0.90	0.90-1.50	> 1.50
0.00-0.01														
0.01-0.02														
0.02-0.03														
0.03-0.05														
0.05-0.08														
0.08-0.13														
0.13-0.20														
0.20-0.35														
0.35-0.55														
0.55-0.90														
0.90-1.50														
> 1.50														
Yer İvmesinin En Büyük Değeri (g) https://maps.openquake.org/	0,55–0,90 g (50 yılda aşılma olasılığı %10)													
*Zemin Türü	Yumuşak (inceptisol)													
Taşıyıcı Sistem Elemanları	- LVL çerçeve sistem - %70 CLT- %30 LVL kompozit taşıyıcı duvar (3,4x13m, 15 adet) - Ardgermeli duvar paneli birleşimleri (Macalloy) - Kutu kesitli döşeme panelleri (Potius) - Betonarme zemin kat döşemesi - Glulam güneş kırıcılar - LVL merdiven (çelik kirişli) - İnce yapıda CLT kullanımı (bölücü duvar, danışma bankosu vb.)													
Yapının Planı ve Modeli	 1 Kütüphane 2 Ofisler 3 Merdiven ve asansör 4 Acil çıkış I. kat planı Glulam cephe elemanları Yapı modeli													
Birleşim Detayları	 3,4 m 13 m A B C çelik kablolar ile ardgermeli birleşim betonarme temel Kutu kesitli döşeme panelleri (Potius) CLT-LVL kompozit taşıyıcı duvar A detayı C detayı B detayı Enerji sönümleyici çelik çubuklar													

Şekil 3.14: Kaikoura Belediye Hizmet Binası yapı sistem detayları ve özellikleri [50].

3.4. Çok Katlı Ahşap Hibrit Yapı Örnekleri

Günümüzden, 2050 yılına kadar olan süreçte kentsel alanlardaki konut taleplerinde öngörülen büyüme, daha sürdürülebilir ve üretken inşaat sektörüne olan acil ihtiyaç sebebiyle, çok katlı ahşap yapı sistemlerine bir yönelim bulunmaktadır. Bu bağlamda, ilgili literatürde “çok katlı” olarak nitelendirilen yapılar, genel olarak birden fazla kata sahip herhangi bir yapıyı ifade etmektedir [51].

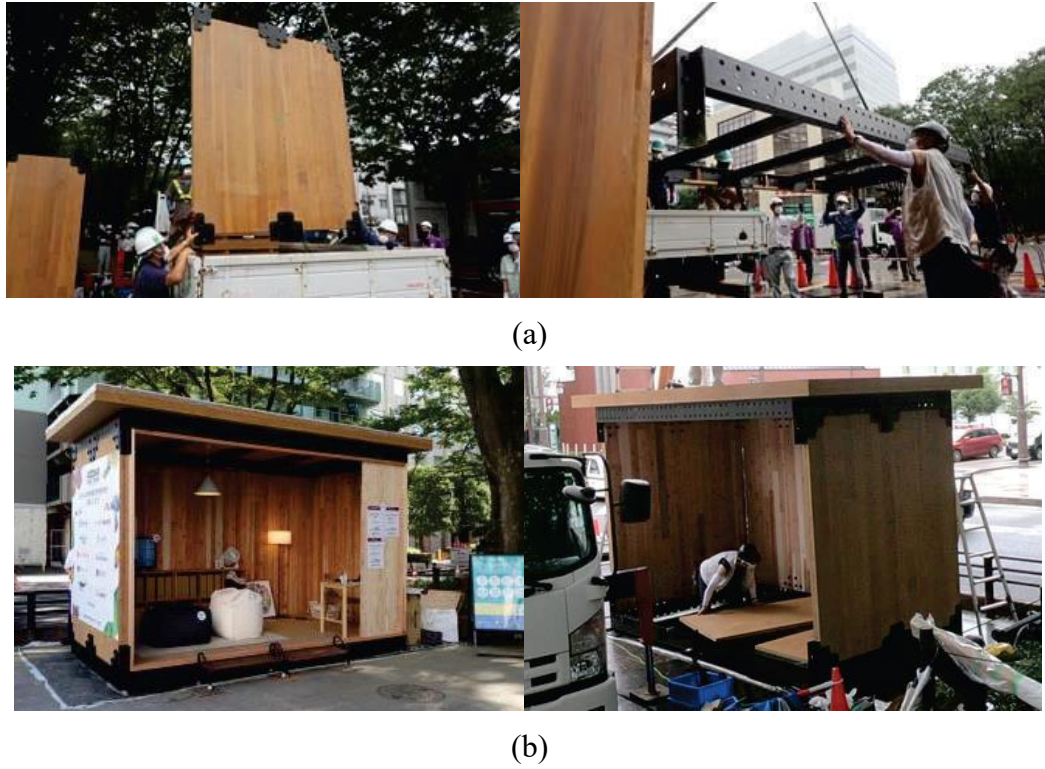
Son zamanlarda tasarımcıların, yüksek katlı ahşap yapı tasarımlarında, daha fazla hibrit sistem kullanmaya başladıkları gözlenmektedir. Yük taşıyan yapısal sistem seçimi, çok katlı ahşap yapı tasarımında çok önemli bir bölümdür. Dikey yükler genellikle bağımsız dirençli bir yapısal sistem tarafından üstlenilebilmektedir. Ancak yapı, yatay (deprem, rüzgâr gibi) yüklerden etkilendiğinde statik olarak stabiliteyi sağlamak amacıyla çeşitli yapısal sistem kombinasyonlarının kullanımının son zamanlarda giderek arttığı gözlenmektedir. Binanın yapısal kararlılığını etkileyen bir parametre de yapısal çekirdeğin bina kütlesine göre konumudur. Bu açıdan, çok katlı ahşap bir yapının tek başına artan tüm yatay yükleri bağımsız olarak üstlenemeyeceği göz önüne alındığında, yatay stabiliteyi sağlamak amacıyla ek bir betonarme çekirdek kullanımında artış görülmektedir. Ancak yapı konumuna bağlı olarak sismik yükün rüzgârdan daha büyük olan belirleyici yatay yük haline gelebilmesinden dolayı, gerekli olan daha simetrik ve basit kat planı uygulaması yapılması gerekebilmektedir [52]. Bunun yanı sıra ahşap yapılar, deprem gibi bir felaket yaşanması durumunda orantısız bir çöküşten kaçınma özelliğine sahiptir [51].

Çok katlı ahşap yapılarda, yapısal sistemin uygun seçilmesinin yanında, yük taşıma kapasitesi, dayanımı, ses ve ısı yalıtımı, enerji verimliliği ve çevresel performansının yanı sıra ekonomik yönden de kapsamlı bir analiz yapılması gerekmektedir. Maliyet açısından daha etkili yöntemler üretebilmek amacıyla tasarımın başından uygun çözümler, mimarlar, mühendisler ve inşaat sektöründen uygulayıcı birimler tarafından tartışılmalıdır [52].

Kullanıcı deneyimlerine yönelik yapılan bir çalışmada, kullanıcıların çoğunluğu çok katlı ahşap yapıların betonarme ve çelik yapılara göre daha estetik olduğunu, olumlu bir yaşam alanı oluşturduğunu ve yenilenebilir bir malzeme kullanımı açısından daha değerli görüldüğünü belirtmişlerdir. Ayrıca kullanıcıların özellikle ses yalıtımı, iç

mekân iklimlendirme ve konfor düzeyi, çevresel özellikler ile yangın güvenliği konusunda da memnuniyet ifade ettikleri gözlemlenmiştir [51].

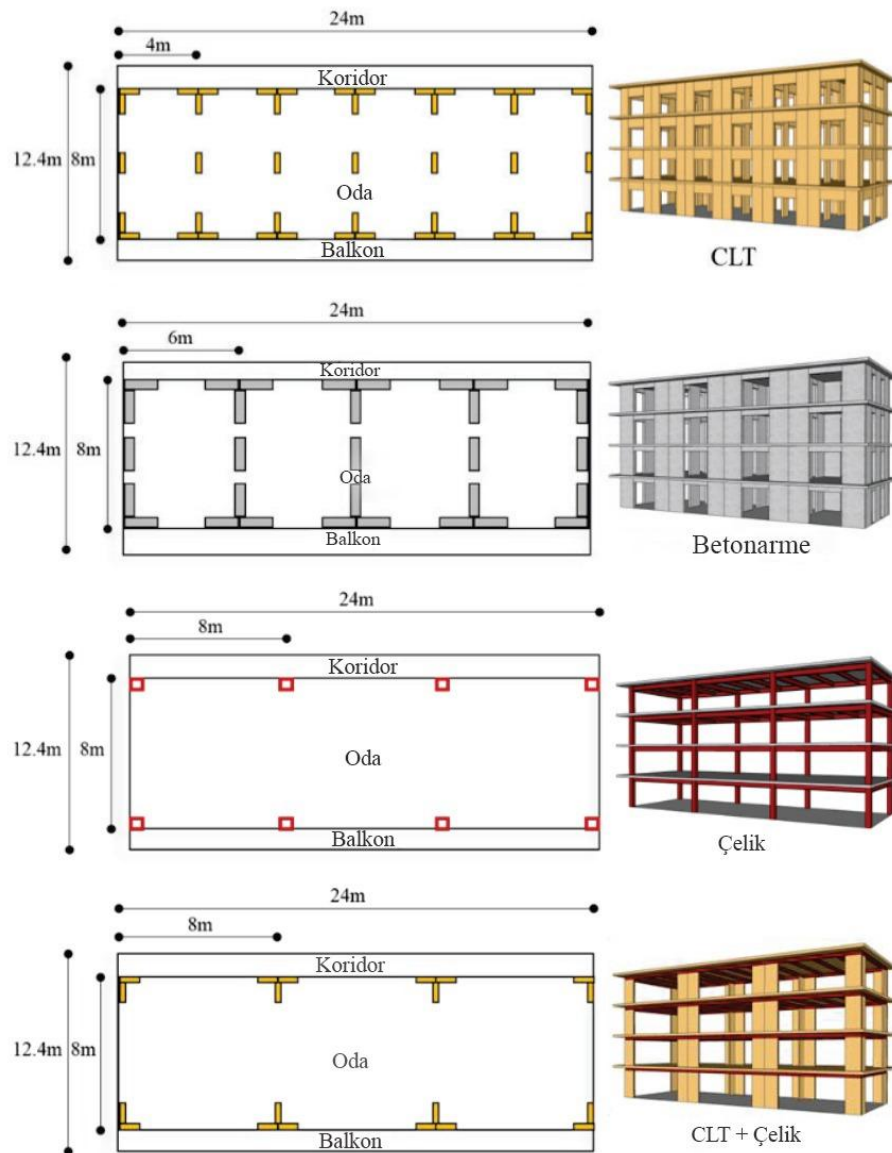
Japonya’da yapılan bir çalışmada CLT duvarlar ve çelik kirişler ile tasarlanan hibrit yapı için önerilen birleştirme sisteminin verimliliği incelenmiştir. Ayrıca önerilen hibrit sistemin diğer yapı sistemleriyle, işlenebilirlik ve çevresel etki analizi üzerine karşılaştırılması yapılmıştır. Çalışma sonucunda önerilen sistemin Japonya’daki diğer bağlantı detaylarıyla karşılaştırıldığında daha verimli olduğu görülmüştür. Tasarlanan bu yapının bir modülünün prototipinin inşa süreci incelenerek mevcutta uygulanmakta olan hibrit sistem bağlantı detaylarından daha kolay ve hızlı uygulanabildiği doğrulanmıştır **Şekil 3.15**. Önerilen sistemde dört katlı bir bina örnek alınmıştır [53].



Şekil 3.15: Tasarlanan yapının yapım aşamalarına (a) ve tamamlanmış haline ait (b) görüntüler [53].

CLT, düşük karbon emisyonlu yapısı ile çok katlı bir yapının, yapısal malzemesi için umut verici bir mühendislik ahşap ürünü olarak kabul edilmektedir. CLT, yapısal olarak betonarme ile benzer özelliklere sahip olduğundan büyük bir deprem dayanım kapasitesine sahiptir. CLT yapılar, makul sismik tasarım ve uygulama konusunda çeşitli zorluklar barındırmaktadır. Örnek olarak, yüksek miktarda CLT duvar ve

karmaşık bağlantı detaylarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu soruna CLT-çelik hibrit yapılar çözüm olarak görülmüştür. Çeliğin yüksek mukavemeti ve sertlik etkisi, CLT panelin yanal yükler altındaki kapasitesini artırmak için kullanılabilir olup gerekli CLT panel sayısı da azaltılabilmektedir. CLT yapıda bulunan çelik kirişler daha geniş açıklık geçmeye izin vermekte olup yapıda kullanılan CLT miktarını azaltmaktadır. Ayrıca CLT döşemelerin ağırlığı bir betonarmeye göre çok daha az olduğu için çelik kiriş kesitlerinde betonarmedeki kullanımına oranla azalma göstermiştir **Şekil 3.16** [53].



Şekil 3.16: Önerilen CLT-çelik hibrit sistem ve diğer CLT, betonarme, çelik sistem yapılar ve plan çizimleri [53].

Önerilen hibrit sistem, mevcutta uygulanan diğer alternatif CLT yapılara oranla daha yüksek sera gazı emisyonu göstermesine rağmen betonarme ve çelik yapılara göre sera gazı emisyonu açısından daha düşük bir değere sahiptir. Hibrit sistemin duvar paneli ağırlığı, hibritleşmeden dolayı diğer CLT alternatifinin üçte biri kadar olmuştur. Bu durum, CLT duvar ağırlığının azaltılmış olmasının, aynı zamanda daha düşük üretim maliyetlerine yol açabileceğini göstermektedir [53].

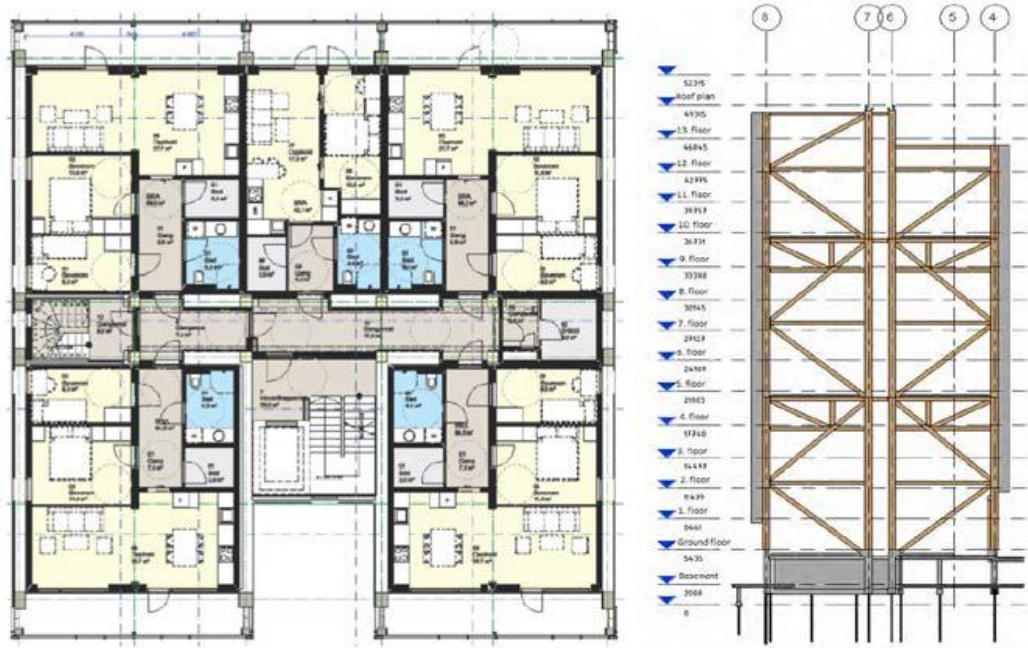
Norveç'in Bergen şehrinde 2014 yılında yapımına başlanmış olan The Tree (Norveç dilinde Treet) yapısı, 2015 yılında tamamlanmıştır. Norveç Teknoloji Enstitüsü (NTNU) ve Norveç Kereste Enstitüsü'nün ortak çalışmaları ile 14 katı tamamen ahşap olan binanın yapımına olanak veren yapım sistemi geliştirilebilmiştir. Yapı sistemi, lamine ahşaptan kiriş ve kolonlardan oluşan taşıyıcı sistem ile prefabrike yapı modülü apartman dairelerinden meydana gelmektedir. Yapı, 5 kata kadar üst üste istiflenmiş bir şekilde yapılabilmektedir. Ancak, 14 katlı bir yapı inşa edilebilmesi için ise ikinci bir taşıyıcı sisteme gereksinim duyulmuştur. Yapının yığılmış ahşap modülleri, alt plakalarına tabakalı ahşap iskelet içinde vidalı birleşim ve geçme sistem ile bağlanmıştır. Ayrıca tüm glulam elemanlarının bağlantıları, dübeller ve oluklu çelik plakalar kullanılarak sağlanmıştır Şekil 3.17 [40], [54].



Şekil 3.17: The Tree yapısına ait taşıyıcı sistem kurgusu ve yapının görseli [54].

The Tree'nin bodrum katında, 102 çelik kazık üstüne oturtulmuş betonarme bir otopark katı yer almaktadır. Zemin katı ise 21x21 m ölçülerinde kare bir form olarak

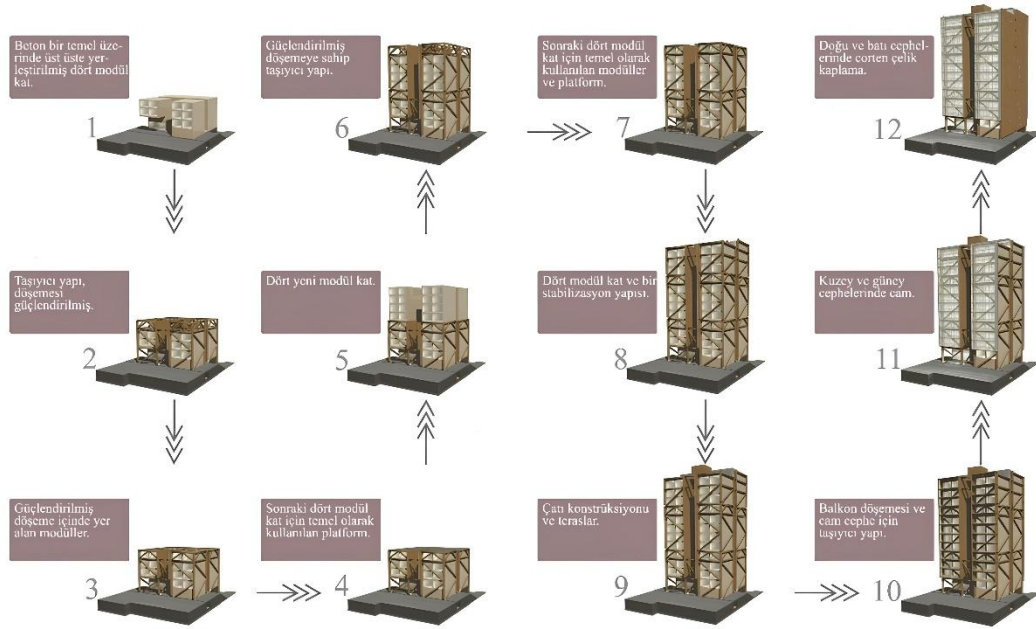
kurgulanmıştır. CLT yapım teknolojiyle üretilen merdiven, acil kaçış merdiveni ve asansör shaftı, yapıda düşey sirkülasyonları sağlamaktadır. Tip kat planında, 66 m² veya 64 m² büyüklüğünde 2 yatak odalı, 42 m² alana sahip 1 yatak odalı üç farklı konut tipi yer almaktadır **Şekil 3.18** [54].



Şekil 3.18: The Tree yapısına ait tip kat planı ve kesiti [54].

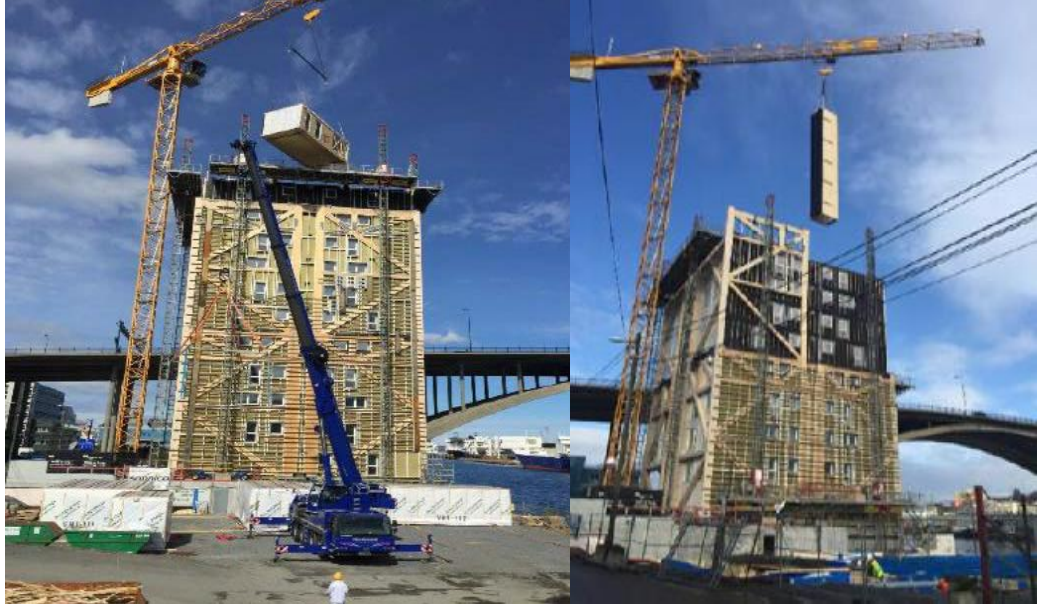
Yapının tasarımında, geleneksel prefabrik sistem ilham olmuş olup, modüller dört kata kadar istiflenerek oluşturulmuştur. Ana taşıyıcı sistemine bağlanmakta olan güç katları ile yapı, 1-4, 5, 6-9, 10, 11-14 seviyeleri şeklinde katmanlara ayrılmıştır. Yapıda, betonarme olan otopark katı üzerine 1-4 seviyeleri yerleştirilmiştir. Seviye 5 (4. Kat), cephe makaslarına bağlı olan “güç katı” şeklinde adlandırılmış olan güçlendirilmiş lamine ahşap (glulam) elemanlardan üretilmiştir. Ana taşıyıcı olan yapıya özel glulam modüllerle bağlanmış olan Seviye 5, altındaki modüllere ise doğrudan bağlanmamıştır. Bu güç katı üstünde prefabrik betonarme döşeme yer almaktadır. Bu döşeme, 1-4 seviyelerinde de bulunduğu gibi üstüne gelen 6-9 seviyelerine temel oluşturmakta olup ve 6-9 seviye modülleri bu temelin üstüne yerleşmektedir. Daha sonra, yeni bir “güç katı” olan seviye 10 ile sistem tekrar etmiş olup, 11-14 seviyelerini içeren modüller de üstüne yerleştirilmiştir. Yapı 15. kat seviyesine geldiğinde yerleştirilmiş olan betonarme plakayla, gezilebilen teras çatı ile sonlandırılmıştır. Bu betonarme

elemanlar, yapı sisteminin bir parçası olmamakla birlikte, yapıya ek ağırlık kazandırmak ve yapı içindeki hareketi azaltmak amacıyla kullanılmıştır **Şekil 3.19** [54].



Şekil 3.19: Yapının taşıyıcı sistem diyagramı ([55]'den uyarlanarak görselleştirilmiştir).

Yapıda kullanılmış olan prefabrike sistemin maliyeti yüksek olmasına karşın, yapının yapım süresinin kısa olması sistem seçiminde önemli olmuştur. Buna örnek olarak yapıya ait dört katlı her bir modülün yerleşimi yalnızca üç gün sürmüştür. Yapıya ait prefabrike birimler, CLT ve glulam elemanlar ile sapma payları da dikkate alındığında iyi bir mühendislik hesaplaması sonucunda, tamamıyla fabrikada üretilmiş ve şantiyede yerleştirilerek, montaj tamamlanmıştır. Prefabrik halde şantiye alanına getirilen her bir dairenin; zemin kaplaması, yalıtımı, duvar kâğıdı ve boyası, elektrik tesisatı, beyaz eşyalar, duşa kabin, vitrifiye ve banyo seramikleri, havalandırma sistemi, yerden ısıtma ve radyatör sistemi şeklindeki ince işleri tamamlanmış bir durumda sisteme eklenmiştir. Şantiyede sadece modüllerin birbirine bağlanması ve elektrik kabloları ile boruların şaftlara bağlanması ile sistem ilişkisi sağlanmıştır **Şekil 3.20** [54].



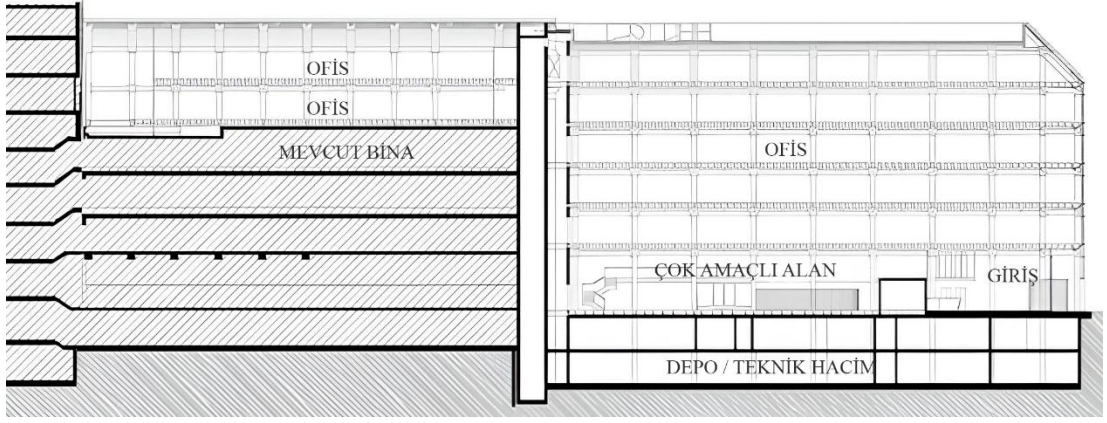
Şekil 3.20: The Tree yapısına ait prefabrike modül ve CLT asansör şaft yerleşimi [54].

Tamedia, İsviçre'nin Zürih şehrinde 2013 yılında ofis binası olarak yapılmıştır. Mimar Shigeru Ban tarafından kiriş ve kolonlarda özel olarak bir kenetleme sistemi tasarlanmıştır. Glulamdan kolonların en üst kısmı daire şeklinde kesilerek kirişler içerisine oturtulmuştur. Böylelikle kilitleme yapılmıştır. Binanın ilk iki katı betonarme olup diğer katları ise glulam ile inşa edilmiş, cephesinde ise cam kullanılmıştır **Şekil 3.21** [40], [56].

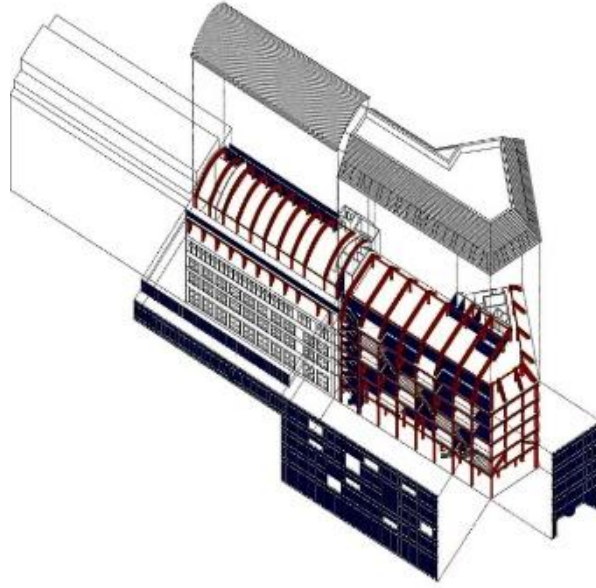


Şekil 3.21: Tamedia yapısına ait strüktür ve cephe görseli [56].

Yapı iki bodrum kat ve zemin üstü yedi kat olarak toplam 8.602 m² net alana sahiptir. Ayrıca, komşu binanın çatı kısmında yer alan iki katlı genişleme projesiyle birlikte yapıya 1.518 m² ek alan kazandırılmaktadır **Şekil 3.22** [56].



(a)



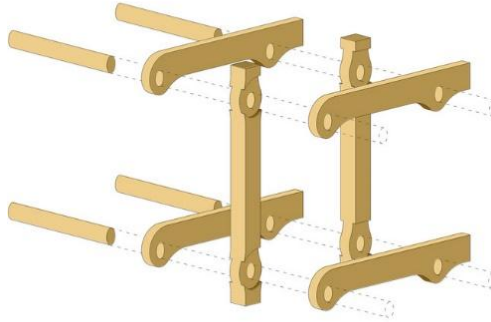
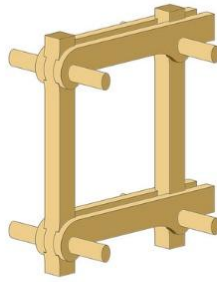
(b)

Şekil 3.22: Tamedia yapısına ait (a) kesit ve (b) yapı sistem yerleşim şeması [56].

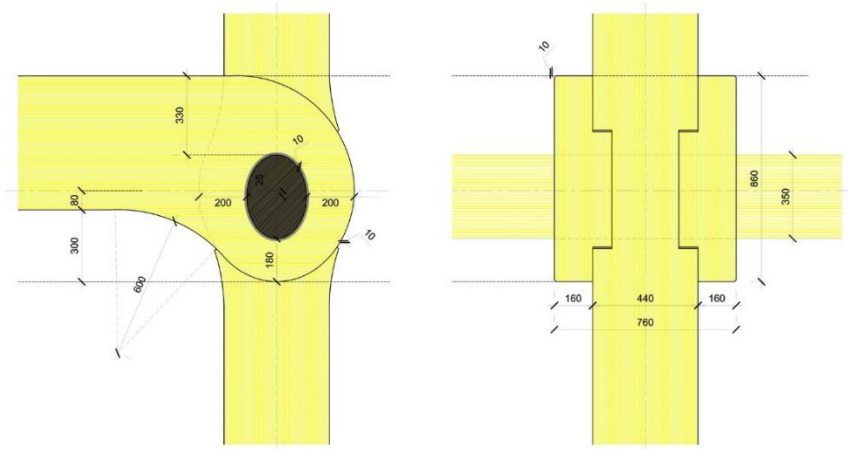
Tamedia ofis binasındaki ahşap elemanların bağlantı noktalarında vida, cıvata gibi ya da herhangi bir yapıştırıcı türünde bağlantı elemanı kullanılmamıştır. Ladin çamından kirişler ve sütunlar, CNC freze makineleri ile önceden üretilerek kayın ağacından pimlerle bağlanmıştır **Şekil 3.23** [57].



(a)



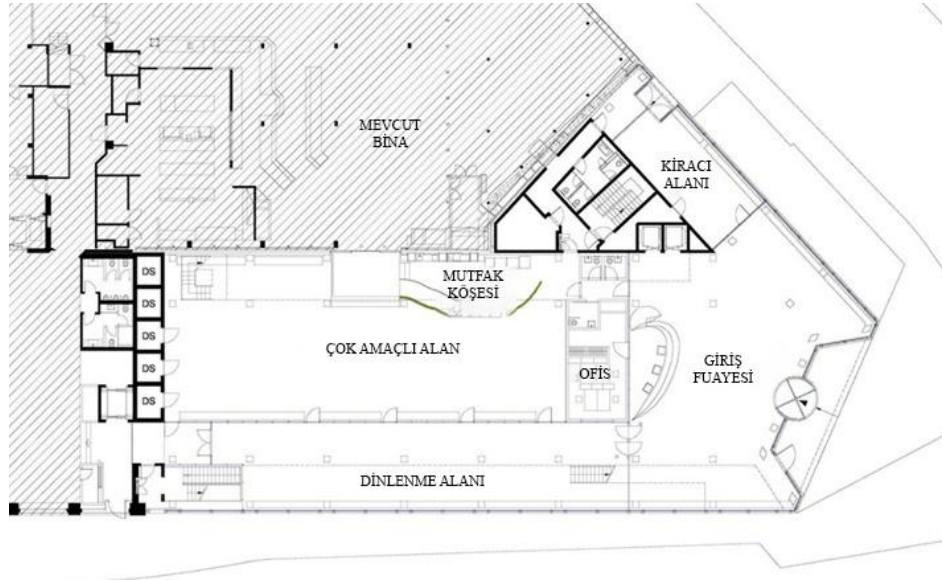
(b)



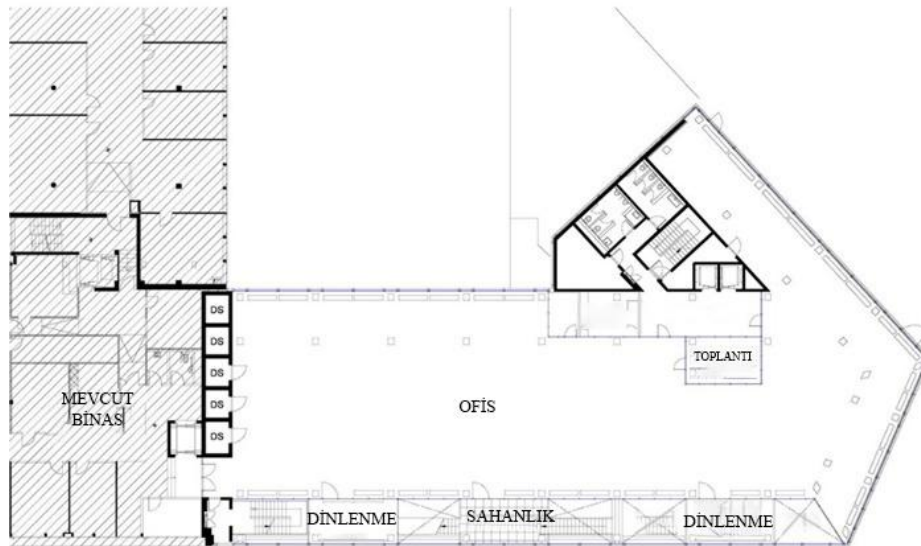
(c)

Şekil 3.23: Tamedia yapısına ait (a) kolon ve kiriş bağlantı noktası, (b) bağlantı modeli, (c) bağlantı detay çizimleri [56].

Yapının doğu cephesinde, yapının tüm yüksekliği boyunca uzanan “ara” bir mekân bulunmaktadır. Bu mekân enerji tüketimi stratejisi içerisinde “termal perde” görevi gören, aynı zamanda ofis katları arasında dinlenme alanları oluşturan balkonlar bulunmaktadır **şekil 3.24**. Bu balkonlarda kullanılan hareketli cam sistemleri, i mekân ile manzara arasındaki ilişkiyi güçlendirerek, balkonların açık hava teraslarına dnşebilmesine olanak tanımaktadır. Böylece dinlenme ve toplantı alanları oluşturabilen bir cephe sistemi sağlanmaktadır **şekil 3.25** [56].



(a)



(b)

şekil 3.24: Tamedia yapısına ait (a) zemin kat planı, (b) tipik kat planı [56].



(a)



(b)

(c)

Şekil 3.25: Tamedia yapısına ait (a), (b) iç mekânlar ve (c) balkon alanı [56].

Mjøstårnet, Norveç'in Brumundal semtinde, 15.000 m² alanda ve 85,4 m (18 kat) yüksekliğinde olup 2019 yılında inşa edilmiştir. Ayrıca yapıldığı zamanda, dünyanın en yüksek ahşap binası olarak tanınmıştır **Şekil 3.26**. Kullanım alanları ise apartman daireleri, otel, ofis alanları ve restoran gibi farklı fonksiyonları içermektedir. Her kat yaklaşık 640 m² büyüklüğündedir. Resepsiyon, lobinin ve restoranın bulunduğu zemin kat ise halka açıktır **Şekil 3.27**. Yapının, 5 katı ofis, 4 katı (72 odalı) otel, 12. ve 16. katlarda 33 konut birimi, en üst 2 katta halka açık izleme terası, 3 konut birimi ve bir sergi odası bulunmaktadır **Şekil 3.28** [58].



Şekil 3.26: Mjøstårnet binası [58].



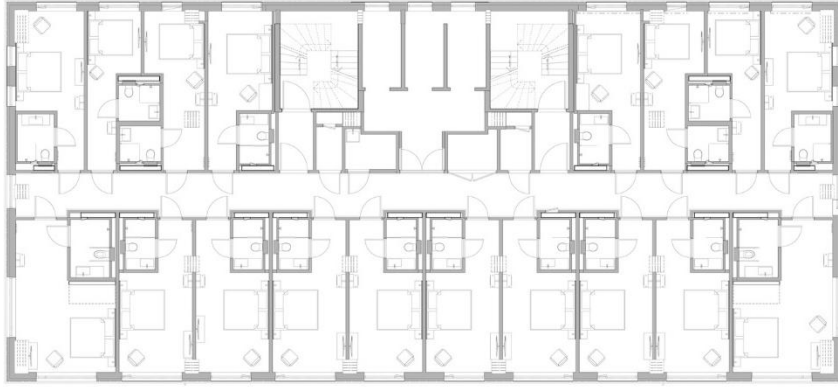
Şekil 3.27: Mjøstårnet binası iç mekânları [58].



(a)



(b)

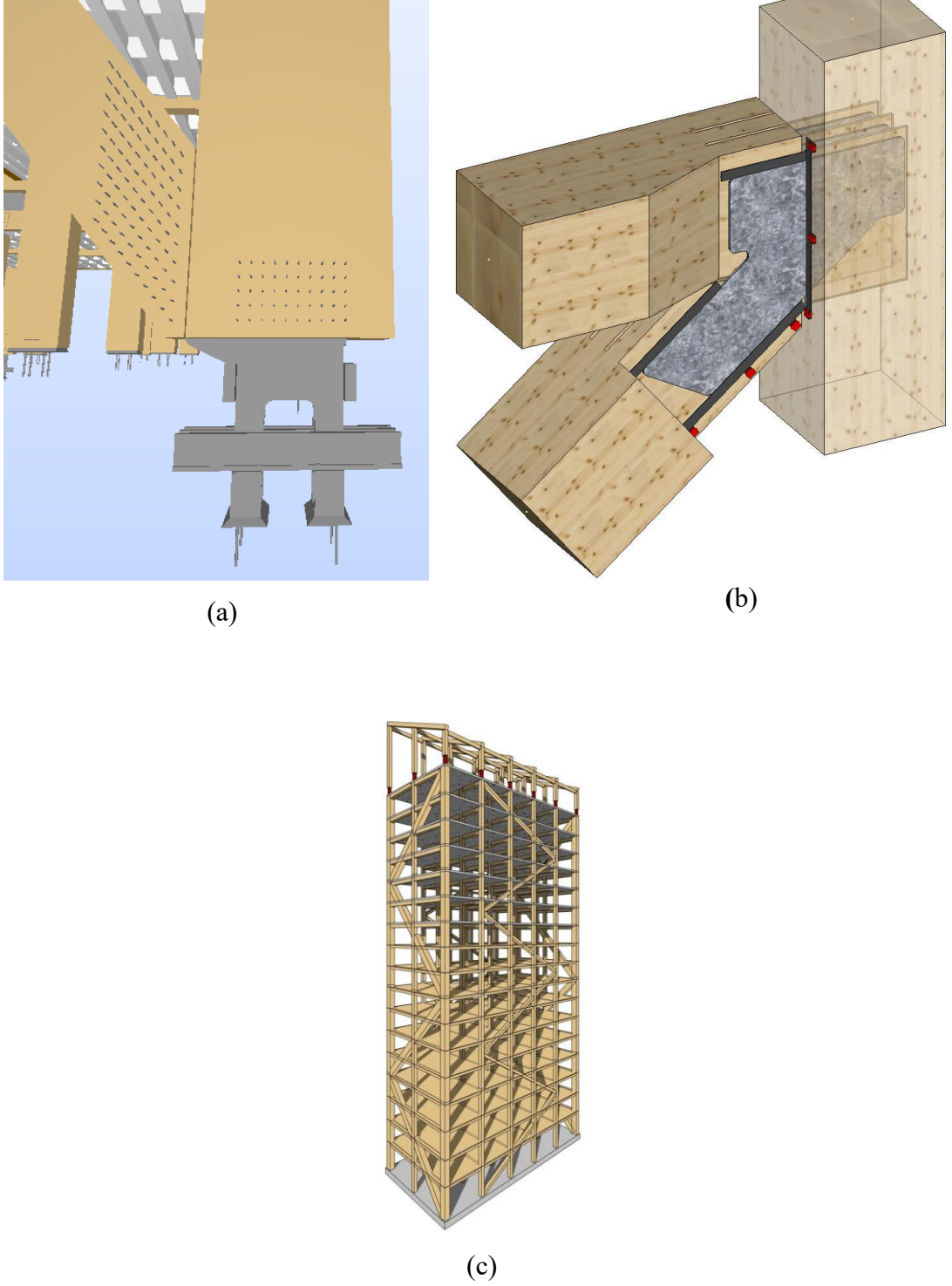


(c)

Şekil 3.28: Mjøstårnet binası kat planları, (a) zemin kat planı, (b) konut yerleşim planı, (c) otel yerleşim planı [58].

Yapı, glulam kafesler ve CLT duvarlardan oluşmaktadır. CLT duvarlar, iki merdiven ve üç asansörün ikincil yük taşıyıcısı olacak şekilde tasarlanmıştır. Bütün glulam elemanlar, dübeller ve delikli çelik plakalar kullanılarak bağlanmıştır. Yapının rüzgâr kuvveti etkisindeki hareket ivmesini yavaşlatmak için üst katlarda ağırlığı arttırmak

amacıyla 12-18 katlardaki döşemelerde beton kullanılmıştır. Glulam ve LVL elemanların birleşimiyle üretilmiş olan döşeme elemanları kullanılarak ve LVL üst plakası yapıştırıcı malzemeye kirişlere monte edilmiştir Şekil 3.29 [40], [59], [60].



Şekil 3.29: Mjøstårnet yapısına ait (a) köşe kolon ayak detayı, (b) yangından koruyucu bağlantı detayı, (c) yapı strüktür şeması [61].

3.5. Türkiye’de Ahşap Hibrit Yapı Sistemi ve Uygulamaları

Türkiye’de 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş merkezli olarak gerçekleşen depremler 10 ilde büyük yıkımlara ve kayıplara neden olmuştur. Bu süreçte yıkılan ve ağır hasar gören yapıların yeniden inşası için projeler geliştirilmiş ve uygulamaya başlanmıştır. Orman Genel Müdürlüğü deprem bölgelerinde ahşap taşıyıcı sistemlere sahip yapıların uygulama süreçlerini başlatmış olup, fabrikada veya yerinde imalatlarla montaj gerçekleştirilerek iki farklı süreç yürütmüştür **Şekil 3.30**. Depremden etkilenen altı ilde bulunan 21 farklı bölgede inşaat faaliyetleri başlatılmıştır. Bu kapsamda ise 8.800 m² idari yapı, 89.976 m² hizmet evi olarak toplam 98.776 m² alanda inşa çalışmaları yürütülmektedir **Şekil 3.31** [31].



Şekil 3.30: Deprem bölgelerindeki ahşap taşıyıcı sisteme ait yapıların uygulama aşamalarına ait görseller [31].



(a)



(b)

Şekil 3.31: (a) Kahramanmaraş (Pazarcık) ve (b) Diyarbakır bölgelerinde uygulanmakta olan projeler [31], [62].

Bu uygulanan projelere ek olarak, Türkiye’de Düşük Maliyetli Enerji Verimli Ahşap Binaların Teşvik Edilmesi Projesi kapsamında, enerji verimliliğini artırmak ve ahşap yapı kullanımını teşvik etmek amaçlanmaktadır. Proje kapsamında, Türkiye

Hükümeti'ne bu konuda yardımcı olmak ve CLT türünde ileri ahşap teknolojileri kullanımının yaygınlaştırılması hedeflenmektedir. Bu amaçla toplam 8.400 m² alana sahip en az altı adet pilot ahşap yapı hayata geçirilerek 2029 yılına kadar ya da proje başlangıç tarihinden itibaren altı yıl içinde Türkiye'de ek olarak 0,58 milyon m² ahşap yapı yapımına yönlendirilmesi planlanmaktadır. Bu bağlamda;

- Düzenleyici ve yasal engellerin azaltılmasıyla ahşap esaslı gelişmiş teknolojilerin teşvikine olan engellerin kaldırılması,
- Örnek projelerle finansal ve maliyete bağlı engellerin kaldırılması,
- Kapasite ve bilinçlendirme geliştirmeye yönelik faaliyetlerle sürdürülemez tedarik zinciri ve talep üzerindeki engellerin ortadan kaldırılması hedeflenmiştir [63].

Kapasite geliştirme ve bilinçlendirme faaliyetleri kapsamında CLT ve diğer farklı glulam gibi ahşap malzemelerin kullanımının artmasına olanak vereceği beklenmektedir. Diğer yandan, CLT yapılarının yenilenmesi ve mevcut bir CLT binaya kat eklenmesi gibi entegre uygulamalar ile ahşap malzemelerin diğer yapı malzemeleriyle (örneğin, CLT'den yapılan katların, duvarların ve döşemelerin beton çekirdekler ile birleşimi) entegrasyonu incelenecektir. Projeyle birlikte, yapılarda enerji verimliliğini artırmanın yanı sıra Türkiye'nin ulusal karbon katkı hedeflerine ulaşmasına da destek sağlamaktadır. Ayrıca bu proje, inşaat sektörünün düşük karbonlu ekonomiye dönüşümünü teşvik etmekte ve Avrupa düzenlemeleri ile uyumlu bir çerçeve sunmaktadır. Proje sonunda toplam olarak 165.715 ton doğrudan sera gazı emisyonu azaltımı, 2,4 milyon ton da dolaylı sera gazı emisyonu azaltımı hedeflenmektedir. Bu şekilde Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA) kapsamında aşağıdaki alanlara olumlu katkılar sağlayacaktır [63].

SKA 8 (İnsana Yakışır İş ve Ekonomik Büyüme): Yeni bir inşaat malzemesinin kullanımını teşvik ederek ekonomide büyümeye katkı sağlamak.

SKA 9 (Sanayi, Yenilikçilik ve Altyapı): CLT kullanımında yenilikçi yaklaşımlar sunmak.

SKA 11 (Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar): Enerji verimli yapıların inşasını destekleyerek sürdürülebilir topluluklar ve şehirler oluşturmak.

SKA 13 (İklim eylemi): Sera gazı emisyonlarının azaltılması.

SKA 15 (Karasal Yaşam): CLT üretiminde kullanılan ahşapların Sürdürülebilir Orman Yönetimi (SFM) Kriterleri ve Göstergelerinin uygulanmasını sağlayarak sürdürülebilirliğe katkı sağlamak [63].

Proje kapsamındaki faaliyetlerle 900 faydalanıcıya ulaşmak hedeflenmektedir. Bu faydalanıcıların %65'i erkek, %35'i kadın olması öngörülmektedir. Enerji verimli ve düşük maliyetli ahşap yapılar için aşağıdaki faaliyetler gerçekleştirilecektir:

- Ulusal stratejiler hazırlanacaktır.
- Düzenleyici ve yasal bir çerçeve düzenlenecektir.
- Bu yapıların desteklenmesi için kurumsal bir yapı oluşturulacaktır.
- Finansal Destek Mekanizması (FSM)'den faydalanan ahşap şirketlerinin CLT ve başka ahşap teknolojileri üretim kapasiteleri belirlenecektir.
- İlk olarak 6 pilot proje uygulaması gerçekleştirilecek olup, ikinci aşamada toplam 43,400 m² inşaat alanı kapsayan 25 pilot proje uygulanacaktır.
- Kapasite ve eğitim geliştirmeye yönelik faaliyetler düzenlenecektir [63].

Türkiye'deki ormanlar, sürdürülebilir orman yönetimi kapsamında planlı olarak işletilmekte olup, üretim yapıyor olmasına rağmen orman varlığında bir azalma oluşmamaktadır [31].

Orman Genel Müdürlüğü'nün 2010 yılında başlattığı sertifikalandırma çalışmaları kapsamında, Forest Stewardship Council (FSC) (Orman Yönetim Konseyi) programı tercih edilmiştir. 7.750 hektar ormana sahip olan Bolu Orman Bölge Müdürlüğü, Aladağ Orman İşletme Şefliğini pilot alan olarak belirlemiş ve 2010 yılında "Orman Yönetim Sertifikası" çalışmalarını da başlatmıştır [64].

FSC sertifikasyon programı doğrultusunda belirlenen göstergelere, prensiplere ve kriterlere uygun şekilde yürütülen çalışmalar sonucunda, 2011 yılında Aladağ Orman İşletme Şefliği "Orman Yönetim Sertifikası" almıştır. Aynı yıl, Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü ve Daday Orman İşletme Müdürlüğü'nde, 2012 yılında ise Kastamonu, Zonguldak ve Muğla Orman Bölge Müdürlüğü işletmelerinde de sertifikasyon çalışmalarının yaygınlaştırma çalışmaları başlatılmıştır. 2013 yılı itibariyle, 16 işletme müdürlüğü ve 1 işletme şefliğini de kapsayan toplam 1.425.000 hektar ormanlık alanda "Orman Yönetim Sertifikası" alınmıştır. 2012 yılı üretim programına göre, toplam 16.700.000 m³ alanda Dikili Kabuklu Gövde hacminin 2.131.000 m³ (%13), sertifikalı ormanlık alanlarından karşılanmaktadır [64].

Türkiye’de yapısal ahşap kullanılarak hibrit olarak uygulanmış güncel yapı örnekleri bulunmaktadır. Bunlardan biri olan ve İstanbul’da 2008 yılından itibaren işletilmesine başlanan Avcılar Sosyal Tesisi, 3.700 m² alanı kaplamakta olup, 660 m³ ahşaptan bir çatı strüktürüne sahiptir. 22-26 m uzunluğundaki glulam kirişleri, Muğla’daki bir fabrikada üretilmiştir **Şekil 3.32** [65].



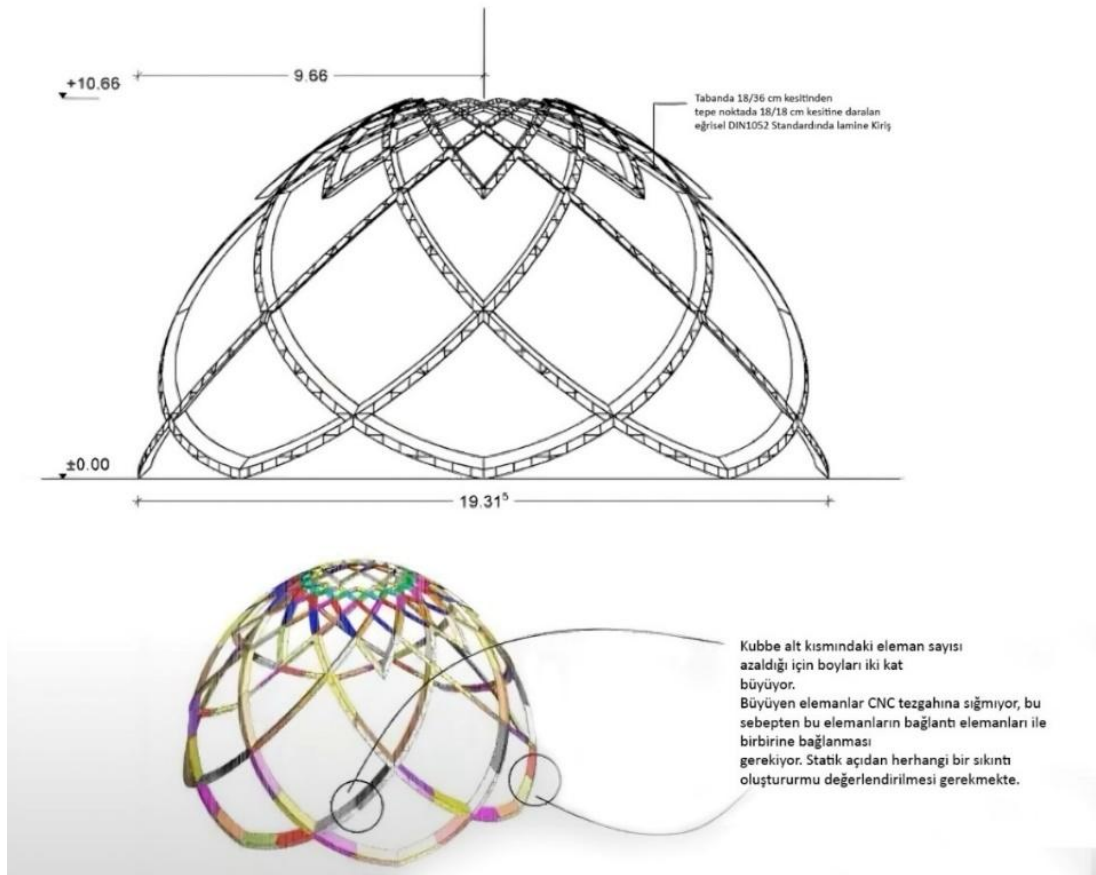
Şekil 3.32: Avcılar Sosyal Tesisleri’nin yapım aşaması ve yapının bitmiş haline ait görseller [65].

Ahşap hibrit sistemin kullanıldığı bir diğer yapı olan Nevmekân Sahil, İstanbul’un Üsküdar ilçesinde bulunan 2008 yılında yapılan eski evlendirme dairesinin yeniden dönüştürülmesiyle 2018 yılında kültür ve sanat merkezi olarak tekrardan hizmet vermeye başlamıştır. İslam mimarisinden ilham alınarak tasarlanan kubbesi, kubbe ve kemer formunun kabuk yapıya dönüşmesiyle oluşturulmuştur. Dönme hareketini vurgulamakta olan fraktal bir formda tasarlanmış kubbe, on altıgen plan düzlemine oturan 16 lamine ahşap kirişten meydana gelen kabuk bir konstrüksiyona sahiptir **Şekil 3.33** [66].



Şekil 3.33: Nevmeân Sahil yapıya ait kubbe [67].

Yapının ana duvarları betonarmedir. Kesitleri 24 farklı CLT bileşenden oluşan kubbenin statik olarak hesabını Alman bir firma yapmış, parçaları ise yine orada üretilerek yerinde montajı yapılmıştır Şekil 3.34 [68].



Şekil 3.34: Nevmeân Sahil yapıya ait kubbe sistem detayı [68].

Metal bağlantı elemanları ahşap elemanlara oturmuş olup, bileşenlerin destek noktalarında da pimler aracılığıyla sabitlenerek gizli bir bağlantı oluşturmaktadır **Şekil 3.35 [68]**.



Şekil 3.35: Nevmekân Sahil yapı kubbesine ait bağlantı detayı [68].

Ankara’da 2016 yılında inşa edilen Altındağ Belediyesi At Maneji, 1.200 m² bir alana sahip olup, Türkiye’deki ilk CLT maneje yapısıdır. Ayrıca maneje ek olarak 6 adet işletme birimi, 10 adet ahır, 2 adet depo alanı ile toplam yapı alanı 2.500 m²’dir. Yapının 1.200 m²’lik bölümü, 20 adet ve 20 m olarak “L” şeklinde kolon ve kirişler kullanılarak eğrisel lamine ahşaptan inşa edilmiştir. Tüm duvarları ise CLT paneller ile üretilmiştir **Şekil 3.36 [69]**.



(a)



(b)

Şekil 3.36: Ankara Altındağ At Maneji, (a) yapının bitmiş hali, (b, c) yapım sürecine ait görseller [70].



(c)

Şekil 3.36 Devamı: Ankara Altındağ At Maneji, (a) yapının bitmiş hali, (b, c) yapım sürecine ait görseller [70].

Amasya Sarı Konak Rekonstrüksiyon Projesi, Osmanlı dönemine ait ve Amasya’da bulunan en büyük konaklardan biridir. Aynı zamanda 1. derece tarihi eser kapsamında yer almaktadır. Yapının rekonstrüksiyon sürecinde, ilk defa bir tarihi eserin tamamı, teknolojik yapısal malzeme olan CLT kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İki katlı olarak tasarlanan yapı, toplam 1000 m² kullanım alanına sahip olmakla birlikte Yeşilirmak Nehri’ne bakan bir avlusu bulunmaktadır Şekil 3.37 [71].



(a)

Şekil 3.37: Amasya Sarı Konak, (a) yapım aşamasındaki taşıyıcı sistemi, (b) yapım süreci, (c) yapının bitmiş hali [71], [72].



(b)



Şekil 3.37 Devamı: Amasya Sarı Konak, (a) yapım aşamasındaki taşıyıcı sistemi, (b) yapım süreci, (c) yapının bitmiş hali [71], [72].

Türkiye’de ahşap yapılara yönelik, mevcut örnekler ve gelişmelere ek olarak 24 Mart 2024 tarihli Resmî Gazete ’de yayımlanan Ahşap Binaların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik 01/01/2025 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Yönetmeliğin amacı, ahşap yapı sistemleri ile taşıyıcı yapı elemanlarının yeterli güvenlik önlemleriyle tasarlanarak, kullanım amacına uygun şekilde yapımına yönelik yöntem, koşul ve kuralları düzenlemektir. Ayrıca yönetmelik, ahşap taşıyıcı elemanlara sahip yapılarla birlikte, farklı yapı sistemleriyle ahşap taşıyıcı elemanların bir arada kullanıldığı bina türlerini de kapsamaktadır [73].

Deprem bölgelerinde uygulanacak, ahşap taşıyıcıya sahip karma binaların kompozit yapı elemanlarıyla yapılan bina taşıyıcı sistemlerinin depreme dayanıklı tasarımında,

(çelik veya yığma, betonarme, bodrum ve/veya alt katlar üzerine ahşap taşıyıcılar kullanılarak inşa edilen yapılar, çelik veya betonarme çekirdeğe sahip ahşap yapılar, farklı yapı sistemlerine yapılan ahşap eklentiler) bu esaslardaki kurallar ve koşulların yanı sıra Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği kuralları da uygulanmalıdır [73].

Yüksek ahşap yapı tasarımları, anıt niteliğinde ve/veya tarihi ahşap yapıların güçlendirmesi ve onarımı, mevcut ahşap yapıların performans değerlendirmesi ve performans analizi, ahşap binaların morötesi yalıtım konusu, pasif ve /veya aktif davranış kontrolü uygulanmış ahşap yapı tasarımı, uzun süre 60 °C sıcaklık üstündeki ortamlarda yer alan ahşap yapı tasarımı, ahşap kuleler, ahşap oturtma çatılar, sürekli olarak su ile temas halinde olan ahşap yapı tasarımı gibi özellikli yapıların tasarımları bu esasların kapsamı dışındadır [73].

Yönetmeliğin birinci bölümünde “Yapısal Tasarım İçin Temel İlkeler” kısmında sınır durumlarından bahsedilmiştir. Temel olarak tasarımdaki sınır durumları; dayanım, kullanılabilirlik, yangına karşı tasarım, yalıtım tasarımı olarak belirlenmiştir. “Yükler ve Yük Birleşimleri” kısmında taşıma gücü sınır durumları için hesaplamalara yer verilmiş olup, “Dayanım ve Rijitliğe İlişkin Temel Esaslar” da detaylandırılarak özellikle nem konusuna dikkat çekilmiştir. Bölümün sonunda ise tanımlı olan ağaç türleri sunulmuştur [73].

İkinci bölümde, yapılarda kullanılacak malzemelerin özelliklerine yer verilmiştir. Masif, tutkallı lamine, lamine levha gibi ahşap türleri ile metal bağlantı elemanları, kullanılan tutkalların özellikleri anlatılmıştır [73].

Üçüncü bölümünü “Yapısal Modelleme, Analiz ve Hesaplama Yöntemi” oluşturmuş ve yeterli analitik modellemeler ile hesaplamaların yapılması gerekliliği vurgulanmıştır [73].

Dördüncü bölümde, “Dayanıma Göre Tasarım” anlatılarak detaylı hesaplamalar ile basınç ve gerilme detayları verilmiş, taşıyıcı sistem dayanımlarına değinilmiştir. Ayrıca CLT üretimi, sistem tasarımı, dayanım hesapları ve birleşimlerin tasarım detayları verilmiştir. Duvar, döşeme ve temellerin taşıyıcılık hesaplamaları ve bileşen detayları da anlatılmıştır. “Birleşim Tasarım Esasları” kısmında, ahşap yapılarda paslanmaz çelik veya karbon çeliğinden imal edilmiş bağlantı elemanları ile yapılan birleşimlerin tasarım esaslarına yer verilmiştir. Geleneksel kavelalı/geçmeli eleman birleşimleri ve tutkallı taşıyıcı elemanların birleşimleri bu bölüm esasları kapsamı

dışında tutulmuş olup bu birleşimlerin kullanılması halinde de ilgili standartların dikkate alınması gerekliliği belirtilmiştir [73].

Beşinci bölümde ise “Kullanılabilirlik Sınır Durumu İçin Tasarım” detaylarına girilerek, ahşap yapıların kullanılabilirliğini etkileyen faktörlere değinilmiş, özellikle titreşim ve sehim konuları üzerinde durularak bu konu kapsamındaki hesaplama detaylarına yer verilmiştir [73].

Yönetmeliğin altıncı bölümünde “Yangına Karşı Tasarım” anlatılmış olup, tasarımda bu başlığın altında verilen esaslara ve Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik esaslarına da uyulması gerekliliği belirtilmiştir. Ayrıca bu bölümde, ahşap binaların yangın dayanımı için gerekli duvar kalınlıkları ve bağlantı detaylarının uygulamalarıyla dikkate alınması gereken değerler anlatılmıştır. Tasarım esaslarında, yapıların olası bir yangına maruz kalması durumunda yük taşıma işlevlerini sürdürebilecek şekilde tasarlanarak inşa edilmesi doğrultusundaki gereklilikleri belirtilmiştir. Kömürleşme derinliği detaylarına girilmiş, yangından korunan ve korunmayan yüzeyler ile yangından korunan ve korunmayan birleşim detayları da anlatılmıştır [73].

Yönetmeliğin yedinci ve son bölümünde ise “Yalıtım Tasarımı” başlığı altında ahşap yapıların tasarımında su, nem, gürültü ve ısı etkilerinin düzenlenmesi için bilgiler ve uygulama esasları verilmiştir [73].

Ahşap Binaların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik, örnek uygulama detayları ile birlikte tasarım esaslarında ağırlıklı olarak hesaplamalara yer vermektedir.

3.6. Bölüm Değerlendirmesi

Günümüzde artan nüfus yoğunluğu, yüksek ve geniş açıklıklı yapı gereksinimini beraberinde getirmiştir. 20. yüzyıl sonları ile 21. yüzyıl başlarında, endüstriyel ahşap malzemeler ile inşa edilen ahşap yapıların geniş açıklıkları geçebileceği ve yüksek katlı yapılaşmalara olanak tanıyabileceği görülmüştür. Bu gelişmeler sayesinde çok katlı konut projeleri, otel, öğrenci yurtları ve kapalı spor salonları gibi farklı fonksiyonlara sahip yapılar da üretilebilir olmuştur. Bu çok fonksiyonlu ve özelleşmiş yapıların daha yüksek performans ve dayanım gösterebilmesi için yapısal sistemlerde hibritleşme eğilimi gelişmiştir.

Gelişen ahşap esaslı hibrit sistemler sayesinde, özellikle sismik etkiler karşısında yapısal performansın artırıldığı görülmektedir. Bu sistemlerde, esnek yapıya sahip olan ahşap, çelik bağlantı detaylarının elastikiyetinden ve betonarmenin yüksek basınç dayanımından faydalanarak daha rijit bir yapı oluşturup, deprem etkileri karşısında daha dayanıklı yapılar elde edilmektedir. Bu kapsamda, ahşap hibrit sistemlerin sismik dayanımının artırılması için yeni bağlantı detayları geliştirmek amacıyla deneysel çalışmalar yapıldığı gözlemlenmiştir.

Günümüz inşaat sektöründe kaynak verimliliği, inşaat maliyetleri ve inşaat süresi ile ilgili zorlukların varlığı kabul edilmektedir. Bu kapsamda, hibrit sistemlerin gelişmesi ile inşaat sürelerinin kısaldığı ve iş gücünün azaldığı, çeşitli bilimsel çalışmalarda belirtilmektedir. İnşaat uygulamalarındaki endüstrileşme süreci, inşaat sektöründeki çabanın yanı sıra akademik çalışmalar için de odak noktası haline gelmiştir. Üretim aşamalarında emeğin, sürecin ve araçların fabrika ortamına taşınmasıyla birlikte; enerji tüketiminin ve malzeme israfının azaltılması, inşaat süresinin kısaltılması gibi avantajlarla süreç, verimli bir şekilde iyileştirilebilmekte ve böylelikle de toplam maliyet düşürülebilmektedir. Bu dönüşümler doğrultusunda, arz ve taleplerde de değişikliklerin gerekli olabileceği düşünülmektedir.

Ahşap yapılarda, proje kapsamında yapılan ön hazırlıklar ile şantiye maliyetlerinde tasarruf, CNC işleme ile doğru boyutlandırma yapılarak da hızlı bir inşaat sağlanabilmektedir. Daha hafif elemanlar ve kısa montaj süresi, daha az vinç kullanımı ihtiyacına; önceden üretilmiş ahşap elemanların yüksek tolerans doğruluğu ve iyileştirilmiş taşıma-istifleme süreçleri ile yapının erken inşasına katkı sunarak ek maliyet avantajları sağlayabilmektedir. Zemin veya duvar panelleri gibi ön montajların kısmen ya da tamamen önceden üretilmiş olması ve çelik donanımların ahşap elemanlara önceden takılmış halde olması maliyet tasarruflarını daha da arttırabilmektedir.

Dünya genelinde çok katlı ahşap yapıların daha fazla ön plana çıkmakta olduğu gözlemlenmektedir. Bu gelişme doğrultusunda yatırımcıların, tasarımcıların ve akademisyenlerin gittikçe bu konuya artan bir ilgi göstermelerine rağmen mevcut çalışmalarda gözle görülür eksikliklerin olduğu dikkat çekmektedir. Çok katlı ahşap yapılar üzerine yapılan bilimsel çalışmalarda genel olarak yapısal enerji ve çevresel etkiler tartışılmakta; ahşabın sürdürülebilir bir yapı malzemesi olarak kullanım potansiyeline dikkat çekilmekte ve endüstriyel süreçler ile atık yönetimi gibi konulara

yönelim bulunmaktadır. Öte yandan yapısalılık ile ilgili çalışmalarda eksiklikler bulunduğu görülmektedir.

Yapı tasarım temelleri büyük ölçüde yapının konumu, iklim koşulları, rüzgâr yükleri ve sismik maruziyet gibi çevresel etkenlere bağlıdır. Özellikle ahşap esaslı hibrit sistemlerde, nispeten konunun yeni olması ve karmaşık tasarım özelliklerinden dolayı, mimar ve uygulayıcılar çok katlı yapıları planlarken çoğunlukla daha fazla deneyim sahibi oldukları betonarme ve çelik sistemleri tercih etmektedirler. Bu sebeple, hâlihazırda ahşap ile inşa edilebilecek binalar, günümüzde hala betonarme veya çelik ile yapılmaktadır. Oysa mevcut konut stoklarının ahşap sistemler ile inşa edildiği senaryolarda, yapıların çevresel etkilerinin azaltılabileceği çeşitli çalışmalarla ortaya konmaktadır. Ayrıca tasarımcıların, ahşap yapısal sistemleri daha yaygın kullanmaya teşvik edilmesi amacıyla, yol gösterici nitelikteki tasarım uygulamaları ve standartlara ilişkin eksikliklerin giderilmesi, öncelikli olarak çözülmesi gereken bir sorun olarak değerlendirilmektedir. Yüksek katlı ahşap yapıların tasarımcıları için karşılaşılan büyük zorluklardan bir diğeri fabrika ortamında üretilebilen, daha sonrasında hızlı bir şekilde inşa edilebilen ve yapının ömrü boyunca hizmet edecek olan yapısal bağlantı elemanlarını tasarlamak ve detaylandırmak olduğu gözlemlenmektedir.

Ahşap yapı tasarımlarıyla ilgili bir diğer engel, tasarım sürecindeki paydaşlar arasındaki ilişki karmaşıklığıdır. Mimarlar, mühendisler, ahşap üreticileri, müteahhitler ve uygulayıcılar arasında tasarım aşamaları boyunca daha fazla etkileşim gerekmektedir. Bu konuda yapılan çeşitli çalışmalar, tasarım ve inşaat süreçlerinin yeniden tanımlanması ve iyileştirilmesi için proje katılımcıları arasında iş birliğine dayalı bir çalışmanın gerekliliğini öne sürmektedir. Özellikle çok katlı ahşap yapılarda, iş birlikçi tasarımdaki sınırlamalar, bu projelerin gelişimi aşamasında yapısal sistem seçimi, imalat ve montaj süreçlerinde yerinde karar alma gibi iyileştirilmesi gereken noktaları işaret etmektedir. Bu bağlamda, verimli ve hızlı bir iş akış projesiyle, daha iyi tasarım ve kaliteye ulaşma hedefini de beraberinde getirmektedir. Ayrıca ahşap yapı sistemlerinde gelişmiş yazılımların sürece dâhil edilmesi, diğer inşaat ve sanal tasarım programlarının birlikte çalışabilirliği de önemli olmaktadır.

Çok katlı ahşap yapı uygulamaları incelendiğinde, her yapı için özel detaylandırmalar yapıldığı ve değişken kat yüksekliklerinde farklı uygulamalara yönelim olduğu gözlemlenmiştir. Yapının bulunduğu konuma göre sismik veya rüzgâr gibi çevresel

etkilerde değişiklikler görülmekte ve etkilerin boyutlarına göre tasarım yapılmaktadır. İncelenen yapılarda, temellerde, bodrum katlarında ve zemin katlarında betonarme uygulamalarının yapıldığı ayrıca rüzgâr etkisinin azaltılabilmesi için ara kat döşemelerinde beton malzemenin kullanıldığı görülmüştür.  rnek yapılar içerisinde, ahşabın hafifliği nedeniyle mevcut yapıya ek olarak inşa edilen ahşap sistem uygulamalarının özellikle bu tür yapıların inşasında yaygın olarak tercih edildiği g zlemlenmişt r.

Türkiye’de, büyük çaplı ahşap hibrit sistem uygulamaları, 6 Şubat 2023 depremlerinden sonra, on ilde bulunan ağır hasarlı yapılar için OGM tarafından başlatılan projeler ile hayata ge irilmişt r. Bu projelerin yanı sıra geniş açıklıklı yapılarda yaygın olarak ahşap hibrit sistemlerin kullanıldığı, rekonstrüksiyon projelerinde de örneklerine rastlandığı gözlemlenmektedir. Bunlara ek olarak, enerji etkin ahşap yapılaşmanın yaygınlaşması için ise teşvik projelerinin geliştirildiği görülmüştür. Ayrıca OGM, Türkiye’deki ormanlar için sertifikalandırma çalışmaları yürütmektedir. Bu konu kapsamında, yapılan çalışmalar içerisinde henüz daha endüstriyel ahşap malzemelerin yerel üretimlerinin başlanmadığı anlaşılmaktadır. Bu sebeple, Türkiye’deki  ağdaş ahşap sistem uygulamalarına geçişte, malzeme tedarikinde dışa bağımlılığın devam etmesine ve dolayısıyla yapı maliyetlerinin artmasına neden olabilecektir. Bu sebeple, hızlı bir şekilde yerel yapısal ahşap üretiminin de başlatılması gerektiği düşünülmektedir.

Türkiye’de, 1 Ocak 2025 tarihinde yürürlüğe giren, Ahşap Binaların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik ile ahşap taşıyıcı elemanlara sahip veya ahşap taşıyıcı elemanların farklı yapı sistemleriyle beraber kullanıldığı, ahşap esaslı hibrit sistem uygulamalarının  n  açılmıştır. Özellikle deprem bölgelerinde, yeni uygulanacak olan ahşap esaslı hibrit sistem yapılarında, bu esaslar ile birlikte Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği kurallarının da dikkate alınması gerektiği belirtilmiştir. Deprem yönetmeliğinin ise yeni ahşap yönetmeliği ile tam olarak örtüşmediği görülmüştür. Bu durumun düzeltilmemesi halinde, yeni inşa edilecek olan ahşap yapılar için bir sınırlama durumu oluşturacağı öngörülmektedir. Ayrıca yeni ahşap yönetmeliği yüksek ahşap yapılaşma, mevcut yapılardaki güçlendirme ve onarım gibi uygulamaları kapsam dışında tutarak, bu tip özel yapılarda yeterlilik açısından hala eksiklikler taşıdığı görülmektedir.

Bahsedilen bilgiler doğrultusunda, geçmişte yaygın olarak kullanılan geleneksel ahşap yapı sistemleri, yerini çağdaş sistemlere bırakmış ve teknolojinin gelişmesi ile birlikte çok katlı ahşap yapılarda hibrit sistemler uygulanmaya başlanmıştır. Bu gelişmeler ve sistemlerin karşılaştırmaları ise **Tablo 3.1**'de sunulmaktadır.

Tablo 3.1: Ahşap hibrit sistemler ile geleneksel ve çağdaş ahşap sistemlerin karşılaştırılması.

	Geleneksel Ahşap Sistemler	Çağdaş Ahşap Sistemler	Ahşap Hibrit Sistemler
Malzeme	*Masif ahşap	*Mühendislik ahşap malzemeleri (CLT, Glulam, LVL vb.)	*Ahşap + Beton *Ahşap + Çelik *Ahşap + Beton + Çelik
Yapım tekniği	*El işçiliği *Marangozluk	*CNC kesimli sistemler *Modüler sistemler *Prefabrik sistemler	*Farklı malzemeler ile özel bağlantılar
Mimari ifade ve kültürel bağlam	*Yerel mimari *Zanaat bilgisi	*Yenilikçi *Teknoloji odaklı	*Gelenekten ve teknolojiye yararlanma *Çok disiplinli yaklaşım
Yapısal performans	*Sınırlı açık geçme *Düşük yükseklik	*Geniş açıklık geçme *Çok katlı yapılar *Esnek tasarımlara olanak	*Geniş açıklık geçme *Yüksek taşıyıcılık *Dayanıklılık
Detaylandırma	*Basit detaylar *Düşük teknoloji	*Yüksek hassasiyetli üretim ve montaj	*Karmaşık detaylar *Özel mühendislik detayları
Deprem dayanımı	*Süneklik	*Süneklik + Basınca dayanım	*Enerji sönmleyen bağlantılar
Avantaj/ Dezavantaj	*Ahşap kullanımı / *Geniş açıklıklı ve yüksek yapı olanaksızlığı	*Hızlı üretim *Az iş gücü gereksinimi *Modülerlik / *Yatay yük dengeleme gereksinimi	*Esnek tasarımlar *Hızlı üretim *Yapısal performansı yüksek / *Nitelikli teknik eleman gereksinimi *İşbirlikçi tasarım sınırlamaları

Tablo incelendiğinde, ana malzemenin aynı kaldığı, gelişen teknoloji ile malzeme verimliliğinin artması ve malzemenin sınırlarının giderilebilmesi için gelişmeler yaşandığı görülmektedir. Sistemsel açıdan bakıldığında, geleneksel sistem temel alınarak verimi arttırmak amacıyla farklı sistem kombinasyonları geliştirilmiş olup, bu kapsamda hibrit sistemler uygulanmaya başlanarak hem sistem performansı artırılmış hem de daha verimli yapılar elde edilmeye başlanmıştır. Geleneksel sistemin, çalışmanın ikinci bölümünde belirtildiği gibi sistemsel bir hibrit yapı olmasa da yapıdaki farklı malzeme kullanımından kaynaklı bir hibrit yapı özelliği taşıdığı gözlenmektedir. Ayrıca ahşabın mevcut deprem performansı, geliştirilen hibrit sistemler ile daha iyi hale gelmeye başlamıştır.

Sistemler geliştikçe detayların arttığı ve daha da özelleşerek karmaşık bir yapıya büründüğü görülmektedir. Buna karşın, teknolojik gelişmeler ön üretimli uygulamaları da beraberinde getirerek inşaat sürecini daha verimli hale getirmeye başlamıştır. Ön üretim ve modülerlik, daha az iş gücü ve hızlı üretim sağlayarak diğer yapı sistemleriyle maliyet açısından rekabet edilebilir duruma gelmiştir. Geliştirilen ahşap esaslı hibrit sistemler, bünyesinde barındırdığı farklı malzeme ve sistemler ile çok disiplinli tasarım ile uygulama sürecini de beraberinde getirmiştir.

4. AHŞAP ESASLI HİBRİT SİSTEMLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ: UZMAN GÖRÜŞLERİ

Bu bölümde, hibrit esaslı ahşap yapıların yapı sektöründeki yeri, geleceği ve yapısal alandaki güncel sorunları üzerine uzman görüşlerine dayalı nitel bir araştırma yöntemi kullanılmıştır. Araştırmada, uzman görüşlerini sistematik bir şekilde analiz edebilmek amacıyla bu yöntemden yararlanılmış ve veri toplama aracı olarak yarı yapılandırılmış görüşmeler tercih edilmiştir.

Uzmanların belirlenmesinde “Kartopu Örneklem Yöntemi” (Snowball Sampling Method) kullanılmıştır. Bu yöntemin, çalışmanın odaklandığı konunun nispeten özel bir konu ile ilgili olması ve çalışma için belirli katılımcıların bilgilerine doğrudan ihtiyaç duyulması durumlarında oldukça verimli olduğu belirtilmektedir [74]. Ayrıca, örneklem yöntemi gizli popülasyonlara erişilebilmesi açısından da avantaj sağlamaktadır [7]. Yöntemin diğer önemli özelliği, örneklem grubunda farklı alanlardan kişilerin yer almasına olanak tanınmasıdır. Bu çeşitlilik, araştırma konusunun mümkün olan en geniş perspektiften değerlendirilmesini sağlamak ve katılımcıların farklı deneyim ve bakış açıları yoluyla daha zengin verilerin elde edilmesine katkıda bulunmaktadır [75]. Türkiye’de, daha çok geleneksel ahşap yapılar üzerine çalışma ve uygulamaların yaygın olduğu; buna karşılık hibrit ahşap yapılar konusunda çalışan kişi sayısının sınırlı olduğu bilinmektedir. Bu nedenle, hibrit ahşap yapılar üzerine çalışan uzmanlara ulaşmada etkili olabileceği düşünülerek kartopu örneklem yöntemi seçilmiştir.

Süreç, araştırmada ele alınan konular üzerine çalışmaları ve uzmanlıkları bulunan kişilerin belirlenmesi ile başlamıştır. İlk belirlenen akademisyenden alınan öneriler doğrultusunda katılımcı listesi artırılmış, önerilen uzman kişilerin yönlendirmeleriyle yeni katılımcılara ulaşılmıştır. Başta belirlenen uzmanlar, süreçte alınan geri dönüşler ve görüşülen kişilerin yönlendirmeleri ile değişiklik göstermiştir. Bu nedenle katılımcı sayısı süreç boyunca başlangıçta öngörülenden farklılık göstermiştir. Uzman kişi önerilerinin sona ermesiyle örneklem süreci tamamlanmıştır.

Bu yöntemde genellikle araştırılacak bireylerin hangileri olacağına ve araştırmanın ne zaman sonlandırılacağına karar verme yetisi araştırmacıya bırakılmaktadır. Yöntemde, katılımcı sayısı araştırmacının deneyimine ve bilginin toplandığı ana bağlıdır [7]. Bu doğrultuda çalışmada, kartopu yöntemi uygulaması ilk olarak ahşap hibrit sistemler

üzerine çalışmalar gerçekleştiren bir uzmanın belirlenmesiyle başlatılmıştır. Araştırma boyunca, farklı uzmanlık alanlarından 7 kişiye ulaşılmış ve bu kişilerle görüşme talep edilmiştir. Bu talep sonucunda 6 uzmandan olumlu geri dönüş alınmış; bir uzman ise, görüşme süreci içerisinde konu hakkında başka bir uzmana yönlendirmede bulunmuştur.

Görüşmeler, önceden belirlenmiş 29 soru kapsamında yürütülmüş olup, GTÜ İnsan Araştırmaları Etik Kurulu tarafından etik uygunluk onayı alınarak gerçekleştirilmiştir. Uzmanlarla yapılan çevrimiçi röportajlar 1-2 saat aralığında sürmüş ve ses kayıtları, Transkriptor programı aracılığıyla yazıya dökülmüştür. Elde edilen veriler, tematik analiz yöntemiyle incelenmiş ve çalışma kapsamında belirlenen yedi ana konu başlığı altında değerlendirilmiştir.

Kartopu örnekleme tekniği, yarı-rastgele bir seçim prosedürü anlamına gelmesine rağmen, elde edilen sonuçların genellenebilmesi için istatistiksel analizlerin uygulanması mümkün olmamaktadır [76].

Çalışma kapsamında seçilen uzmanların çeşitliliği farklı görüşlerin ve perspektiflerin ortaya çıkmasına olanak sağlamıştır. Uzman katılımcılardan orman endüstri mühendisleri ahşap hibrit yapılarda kullanılan ahşap çeşitliliği konusunda, inşaat mühendisleri ise bu sistemlerin temelindeki bağlantı elemanları ve malzeme dayanımlarına yönelik statik hesaplar konusunda bilgi vermiştir. Mimarlar ise bu yapı sistemlerinin tasarım aşamasında yer almalarından dolayı çok disiplinli bir yaklaşımla sistemin değerlendirilebilmesini sağlamışlardır.

Çalışmada yer alan uzman kişiler;

U-1: Ahşap esaslı hibrit sistemler üzerine deneysel çalışmalar gerçekleştirmekte olan orman endüstri mühendisi akademisyen,

U-2: Ulusal Ahşap Birliği üyesi ve ahşap esaslı yapı sistemleri hakkında çalışmalar yapan inşaat yüksek mühendisi,

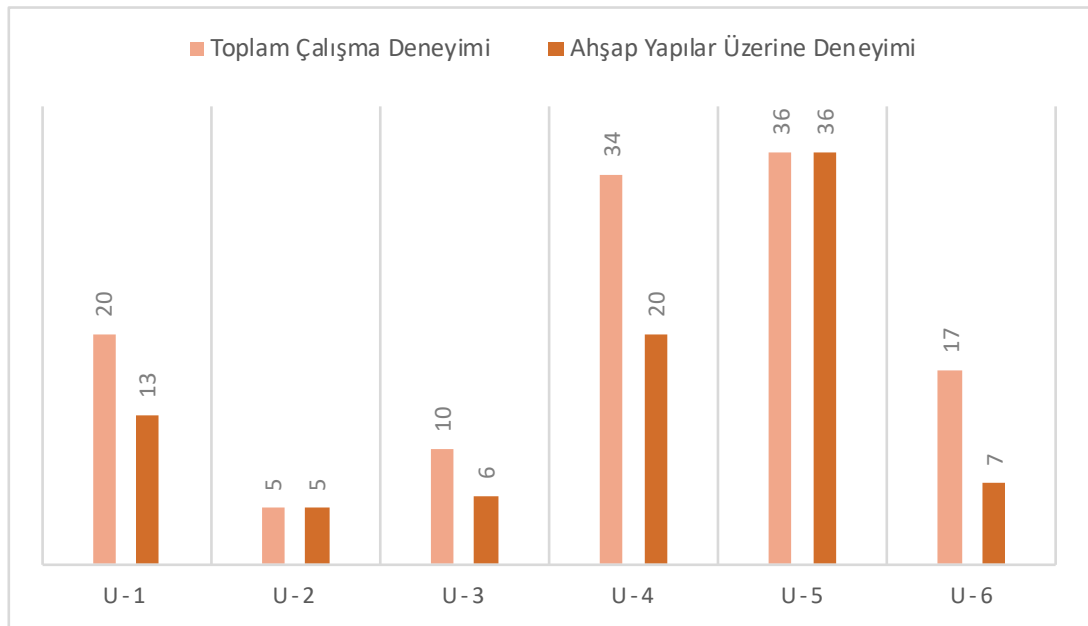
U-3: İngiltere’de ahşap yapı uygulamaları yapan bir firmada çalışan ve uzmanlığı ahşap yapılar üzerine olan doktor inşaat mühendisi,

U-4: Türkiye’de yapısal ahşap kullanılarak yapı üretimi gerçekleştiren bir firmada çalışan ağaç işleri endüstri mühendisi,

U-5: Ahşap esaslı modern yapı uygulamaları üzerine çalışmalar gerçekleştiren yüksek mimar,

U-6: Yapı teknolojileri grubunda, çağdaş ahşap sistemler üzerine çalışmalar gerçekleştiren mimar-akademisyendir.

Uzman kişilerin çalışma deneyimlerine bakıldığında U-1, 20 yıllık bir çalışma deneyimine sahipken, ahşap yapılar üzerine 13 yıldır çalışmalar yapmaktadır. U-2, 5 yıllık çalışma hayatı boyunca ahşap yapılar üzerine çalışmalar gerçekleştirmiştir. U-3, 10 yıllık çalışma hayatında, çalışmalarını ahşap yapılar üzerine gerçekleştirmiş olup profesyonel olarak 6 yıldır ahşap yapı uygulamalarında yer almaktadır. 34 yıldır çalışmakta olan U-4, bu çalışma sürecinin 20 yılını endüstriyel ahşap yapılar üzerine gerçekleştirmiştir. U-5 ise 36 yıldır çalışmakta olup, bu süreç boyunca ahşap yapılarla ilgilenmiştir. U-6, 17 yıllık çalışma deneyiminin son 7 yılında ahşap yapılar üzerine çalışmalar yapmıştır **Şekil 4.1**.



Şekil 4.1: Uzmanların toplam çalışma deneyimi ve ahşap yapılar üzerine deneyimleri.

Ahşap esaslı hibrit sistemler üzerine 7 konu başlığı altında altı uzmandan alınan görüşler aşağıda belirtilmektedir.

4.1. Ahşap Esaslı Hibrit Sistemler Üzerine Genel Görüşler

Röportajın ilk bölümünde uzmanlar, ahşap esaslı hibrit sistemlerin Türkiye ve Dünya'daki güncel gelişimi, avantajları ve geleneksel ahşap yapı sistemleri ile ilişkisi üzerine görüşlerini belirtmişlerdir.

U-1, ahşap esaslı hibrit sistemlerin, Türkiye ve dünyadaki mevcut durumunu hem ulusal ve hem de uluslararası bakış açısından değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Uluslararası ölçekte, ahşabın az katlı ve yüksek katlı yapılarda kullanıldığını ve uluslararası yapı kodlarının bu tür uygulamalara izin verdiğini ifade etmiştir. Türkiye'de ise yeni ahşap yapı yönetmeliği yürürlüğe girmiş olmasına rağmen, deprem yönetmeliğinin bu düzenlemeleri kısıtladığını belirtmiştir. Bu hususta U-1,

Türkiye'de yeni ahşap yapı yönetmeliği çıktı ancak deprem yönetmeliği bu uygulamaları kısıtlıyor. Yüksek katlı yapılara yönelmek istendiğinde, bu nedenle hibrit sistemlerin kullanımı zorunlu hale geliyor. Beş katın üzerindeki yapılar için hibrit sistemlere bağımlıyız; bu durum aslında olumsuz bir şey de değil.

şeklinde görüş bildirmiştir. Türkiye'deki mevcut yönetmelik düzenlemeleri doğrultusunda, yüksek ahşap yapıların inşası için hibrit sistemlere yönelmemiz gerekliliği belirtilmiştir. Bu sistemlerde, mimarlık ve mühendislik açısından, ahşap ile birlikte diğer yapı malzemelerinin hibrit olarak uygulamasının kazandırdığı çok farklı avantajlar olduğuna dikkat çekilmiştir. U-1, "Ahşap, hayal gücünüzle uyumlu bir malzemedir. O nedenle ahşap malzeme, tasarımda çok esneklik sağlamaktadır. Bununla birlikte, beton ve çelik de statik denge açısından iyi bir sistemin oluşturulabilmesi için gerekli malzemelerdir; dolayısıyla, bu yapı sistemlerinin birlikte kullanılması çok daha uygun olmaktadır." diye belirtmiştir. Ayrıca, "Mimari ve tasarımsal esneklik, dayanıklılık ve özellikle çözülemeyecek problemlerin çözümünde gösterdiği kolaylıktır." ifadesiyle, ahşabın tasarımda ve yapısal anlamda birçok noktada olumlu yönlerine dikkat çekmiştir.

Türkiye'nin ahşap yapı konusunda köklü bir mimarisi olduğunu belirtmiş, Osmanlı döneminden itibaren belirli bölgelere özgü geleneksel ahşap yapı sistemlerinin mevcut olduğunu ifade etmiştir. Ancak, bu yapı sistemlerinin genelde az katlı yapılar ile özdeşleştiğini ve bulundukları bölgenin mimari dokusuna ve yapısal çözümlemelerine uygun olarak geliştiğini vurgulamıştır. U-1 daralan alanlar nedeniyle insanların yüksek

katlı yapı ihtiyacının arttığını belirtmiş ve bu bağlamda geleneksel yapı sistemlerinin modern mühendislik ürünü ahşap malzemeler, beton ve çelikle birlikte kullanılarak aynı mimari ruhun korunabileceğini ifade etmiştir. Ayrıca, bu tür çalışmaların yaygınlaştırılması ve teşvik edilmesi gerektiğine inandığını vurgulamıştır.

U-1, Türkiye’de geçmişte kullanılan ahşap yapı tekniklerinin ahşap esaslı hibrit sistemlerdeki potansiyel kullanımına ilişkin olarak, geleneksel yapı sistemlerinde kullanılan tasarımsal modellerin, modern sistemlere entegre edilebileceğini belirtmiştir. Ayrıca, bu modellerin yeni mühendislik yapı malzemelerine, ahşap yapı malzemelerine entegre edilerek değerlendirilebileceğini, ancak bu entegrasyonun sağlanması için daha derinlemesine çalışmalar yapılması gerektiğini ve inşaat ile mimarlık disiplinlerinin bu konuya daha fazla ilgi göstermesinin gerektiğini vurgulamıştır.

U-2, Türkiye'nin ahşap yapılar yolculuğunda ilk adımın tamamen CLT gibi bütün elemanların, çekirdek elemanların, taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanların ahşaptan olmasından ziyade, hibrit yapılar üzerinde gelişebileceğini, daha sonraki aşamada tamamen ahşap yapılara evrilebileceğini belirtmiştir. Özellikle mevcut yönetmelikler, yangın yönetmelikleri ve deprem yönetmeliğindeki bazı kısıtlardan dolayı, deprem bölgelerinde ahşap yapıların kat yükseklik sınırlarının 10,5 metre ve 17,5 metre arasında olup en fazla 3,5 katlı binalara kadar uygulanabildiğini dile getirmiştir. Aslında, hibrit yapıların hâlihazırda inşa edildiğini; ne kadar ahşap olarak ifade edilse de bu yapıların hibrit sistemler olarak inşa edildiğini vurgulamıştır. Bununla beraber, ahşap yapılarla ilgili ciddi ön yargılar bulunduğu ve bu ön yargıların kırılması ile sektörün bu yapılara alışmasının önemine dikkat çekmiştir.

U-2, mevcut kaynakların doğru bir şekilde kullanılmasının da hibrit yapıların avantajlarının ortaya çıkmasında etkili olacağını belirtmiştir.

U-2 dünyadaki durum değerlendirmelerini Türkiye ile karşılaştırmalı olarak ele almıştır. Uluslararası bağlamda, hibrit yapılarla ilgili farklı çözümler bulunduğunu belirterek, hibrit yapı kavramının genellikle CLT veya paneller üzerine evirildiğini ifade etmiştir. Türkiye’de ise hafif karkas yapı sisteminin yaygın olduğunu; betonarme kısımların, su basman seviyeleri, merdivenler, yapı çekirdekleri ve asansör çekirdekleri gibi bölümlerde kullanıldığını, döşemeler ve diğer taşıyıcı elemanların ise ahşap yapıldığını belirtmiştir. Türkiye’de 6 Şubat depreminden sonraki en büyük

ahşap yapı adınının Orman Genel Müdürlüğü (OGM) tarafından atıldığını, Orman Genel Müdürlüğü'nün on şehirdeki idari binalarını, bölge müdürlüklerini, lojmanlarını, şeflik binalarını, işletme binalarını hibrit ahşap sistem ile yapmaya karar verdiğini dile getirmiştir. Osmaniye, Kahramanmaraş, Adana ve Gaziantep gibi bölgelerdeki seçilen binaların temeli, eğer zemin altında kalan katı varsa bodrum katı, su basmanı ve merdivenleri, asansör shaftları ve çekirdeklerinin betonarme yapılacağı ahşap esaslı hibrit yapılar olduğu ifade edilmiştir. Türkiye'de ahşap yapı oranının beton ve çelik yapılara göre çok düşük seviyede olduğunu, OGM'nin bir girişim durumunun bulunduğunu ve ahşap yapılar yönetmeliğiyle beraber biraz daha artabileceğini aktarmıştır.

U-2, mimarlık ve mühendislik açısından ahşap sistemleri değerlendirerek; Amerika'daki konutların büyük çoğunluğunun ahşaptan yapıldığını gün geçtikçe bu sistemlerin dünya üzerinde, başta kamu binaları olmak üzere, ahşap yapılaşmaya gidilmek için adımlar atıldığını, denemeler yapıldığını ifade etmiştir. Ahşap elemanların yapıda kullanımının tek başına yeterli gelmediği, tüm isteklere cevap veremediği, ahşap elemanların organik malzeme olmasından kaynaklı farklı noktalarında farklı özellikler vermesinin sorunlara yol açabileceği için endüstriyel ahşap üretimine geçildiğini vurgulamıştır. U-2, ahşap yapıların masif kullanımı yerine hibrit sistemler şeklinde kullanılmasına ilişkin görüşünde, geleneksel yapılarda da benzer bir yaklaşımın bulunduğu dikkat çekmiştir; “Bizim geleneğimizde de hibrit sistem var. Bir çerçeve, bir duvar çerçevesinin içinde hem ahşap kullanıyor hem taş kullanıyor hem kerpiç kullanabiliyor. Çeşitli organik sıvalar kullanabiliyor. Bu aslında yapının doğasından ve ihtiyaçlardan geliyor.” ifadesiyle, geçmişte de yapıların ihtiyaçlara göre farklı malzemelerle bütünleşik biçimde inşa edildiğini vurgulamıştır. Türkiye de ahşap yapı metotlarında yöreye göre değişen ek malzemelerle beraber kullanıldığını, Ordu, Rize gibi Karadeniz bölgelerinde yığma ahşap yapılara gidilirken, Malatya gibi doğu bölgelerinde ise kerpiç dolgulu hıms sistemlerin kullanıldığını ve bu yapıların, hibrit sistem olarak adlandırılabilceğini ifade etmiştir. Bu kullanım şeklinin malzeme tasarrufu sağladığını dile getirmiştir.

U-3, ahşap hibrit sistemler ile ilgili değerlendirmesine yurt dışından örneklerle başlayarak, yurt dışında hibrit sistem denildiğinde ahşabın tek bir malzeme olarak düşünülmediği, başka malzemelerle birlikte kullanımının akla geldiğini ifade etmiştir. Londra'da, eski binaların yenileme projelerinde hibrit sistemlerin tercih edildiğini ve

bunun sebebinin mevcut binanın yük taşıma kapasitesinin düşük olmasından kaynaklı, hafif malzemelerle ilave kat uygulaması yapılması gerekliliğinden dolayı ahşap hibrit sistemlere yönelim olduğunu dile getirmiştir. Fakat yangın yönetmeliğindeki kısıtlamalardan dolayı belirli yükseklikten sonra dış cephe bölümünde ahşap kullanılmadığından, bu alanlarda çeliğe yöneldiklerini, çelik kolon ve kiriş sistemi ile CLT döşeme yaparak hibrit sistem kullandıklarını, bu önlemlerin ise Grenfell Tower yangınından sonra alındığını dile getirmiştir. Ayrıca bu sistemin çok elverişli bir sistem olduğunu,

Ahşapla ilgili yaptığımız çoğu projede, sıfırdan bir yapı tasarlamış olsak bile, binanın dahi ilk üç katına kadar tüm elemanlarını, kolonlarını ve kirişlerini ahşap olarak inşa edebiliyoruz. Glulam kirişler ve kolonlar kullanabiliyoruz. Ancak üç katın, yani yaklaşık 11 metrenin üzerine çıkıldığında, binanın dış cephesinde çelik kullanmaya başlıyoruz. Dış cephe kolonları ve kirişleri çelik, iç cephede ise yine glulam kolon ve kirişler tercih ediliyor, döşemelerde ise tamamen CLT kullanılıyor.

ifadeleri ile dile getirmiştir. U-3 Hibrit sisteme dönülmesinin bir sebebi olarak da sigorta şirketlerinin, sigortalama standartlarından kaynaklı olduğuna da değinmiştir. Binaların tamamen ahşap ile yapıldığında, sigorta şirketlerinin sigorta yapmak istemediklerini, bu noktada sigorta şirketlerinin ikna edilmesi gerekliliği bulunduğunu ve bu nedenle yapı sisteminin de hibrit sisteme dönüştüğünden bahsetmiştir. Ahşabın çeliğe göre yanma kapasitesinin çok farklı olmadığını ama toplum üzerindeki algılarından dolayı sigorta şirketlerinin bu süreçte ikna olmamalarını bu sebeple ilişkilendirmiştir. Başta İngiltere, Amerika ve Kanada’da sigorta şirketleri için çok fazla seminerler düzenlenmeye başladığını dile getirmiştir.

U-4, hibrit sistemler hakkında genel görüşlerine Türkiye’den örnekler vererek açıklamaya başlayarak, Türkiye’de de şu an hibrit sistemler kullanılarak uygulamaların yapılmakta olduğunu ve örnek olarak da Osmaniye deprem evlerini vermiştir. Bu uygulanan evlerde, merdiven ve asansör kovalarının bulunduğu bölümlerin betonarme ile yapıldığını ve bu betonarme çekirdeğe dört adet konutun ahşap karkas sistem ile bağlanarak yapıldığını dile getirmiştir. Binaların uygulamalarına başlanmadan önce yapıların tamamının statik hesaplamasının CLT panellerle yapılabileceğini dile getirdiklerini fakat Türkiye’deki sistemin henüz buna elverişli olmadığını ifade etmiştir. Bu sebeple Osmaniye deprem evlerinde CLT kullanmadıklarını, masif ve glulam ahşap elemanları kullandıklarını belirtmiştir. U-4, ahşap yapıların Türkiye’deki durumu ile ilgili olarak kendi deneyimlerini,

Yaklaşık 10 senedir, devletin ilgili mercilerine yapılarda ahşabın Türkiye'de yapılardaki kullanılmasına ilişkin çeşitli önerilerde bulunduk. Yazılı önerilerimizi sunduk ve en son geçen sene, üniversiteler tarafından bir kurum oluşturularak bu öneriler dikkate alındı. Sonuç olarak 2024'te, yapıda ahşap şartnamesi ya da yönetmeliği çıkarıldı. Ancak bu yönetmelik, tam anlamıyla yeterli bulunmadı. Yönetmelik çıkmadan önce bizlere geldi, kontrollerimizi yaptık. Ardından aynı yetkililer ve üniversiteden yetkililer Osmaniye'de yaptığımız şantiyelerimizi ziyaret ettiler ve hibrit yapılarla ilgili olarak 2024 yönetmeliğinin yetersiz olduğu görüşüne vardık. 2025'in başlarında yeni bir yönetmelik çıkarmaya karar verdiler ve şu anda üzerinde çalışılmaktadır.

sözleriyle ifade etmiştir. U-4, ahşap yapıların avantajlarını; deprem anındaki riskleri azaltan, hafif ve yapı üretim hızı yüksek bir malzeme olarak nitelendirerek üç ana başlıkta değerlendirmiştir. Ekonomik olarak diğer sistemlerle karşılaştırıldığında, karkas sistemde, betonarmeye göre daha ekonomik olduğunu fakat CLT sistemlerin ise betonarmeye göre bir miktar daha yüksek maliyetli olduğunu ifade etmiştir. U-4, ahşap yapıları sürdürülebilirlik açısından da değerlendirerek, betonarme ve çeliğin ekosisteme verdiği zararların yanında, ahşap yapı malzemelerinin üretimindeki önemsizmeyecek kadar az olduğunu, ahşap yapıların çoğunlukla sürdürülebilir FSC belgeli ürünlerden yapıldığını söylemiştir. Geleneksel Türk ahşap yapılarının uluslararası düzeyde ilişkisinden bahsederek; 1940'lı yıllarda Amerika ve Japonya'dan bilim insanlarının Türkiye'ye gelerek, İstanbul'da kâğır yapıları inceleyip, deprem açısından yüksek riskli bölgeler olan Kaliforniya ve Japonya için bu yapı sistemlerinin yapılabilir ve geliştirilebilir olup olmadığı üzerine çalışmalar yaptıklarını, şu an bu bölgelerde kullanılan ahşap karkas sistemin Osmanlı'dan kalan kâğır sistemlerin bir yansıması olduğunu bilgisini vermiştir.

U-5, ahşap sistemler hakkındaki genel görüşlerine, ahşap malzemenin oluşum sürecinden başlayarak; tomruklardan ham olarak elde edilen ürünlerin kısıtlı olduğunu, bunların mertekler, aşıklar, dikmeler gibi çatı karkas elemanları üretmeye uygun olduğunu, daha geniş açıklık geçebilmek için ve yapıların burulma kuvvetine karşı daha dayanıklı olabilmesi için CLT gibi daha endüstriyel ahşap malzemelere yönelim olması gerekliliğini dile getirmiştir. Deprem olmaksızın, ahşabın geçici barınma birimleri için çok uygun sistemler olduğunu ifade eden U-5 “Örneğin, bir fabrika inşa ettiniz ve bir de lojman yapmak istiyorsunuz. Çok kısa sürede, fabrikanın üretiminde çalışanlar için barınma alanları oluşturmanız söz konusu. Yani deprem olmasına gerek yok. Bu şekilde hızlıca lojman yapabilirsiniz.” açıklamasıyla ahşabın sadece deprem sonrası geçici barınma için değil, hızlı yapı üretiminin gerekli olduğu durumlarda da kullanılabileceğini anlatmıştır. Deprem sonrası geçici barınma sorunu

için kullanılan çadır ve sonrasında devam eden çelik konteyner çözümü için ise konteynerlerin birçok noktada yetersiz olduğunu vurgulamıştır. Konteynerlerin çatısız olarak üretildiklerinden dolayı kullanıcıların dış etkilere doğrudan maruz kaldıklarını dile getirmiştir. Çelik konteynerlerin yapımı sırasında kullanılan kimyasallardan kaynaklı olarak kanserojen etki gösterdiğini dile getiren U-5, büyük kesitli spor salonu, yüzme havuzu gibi geniş açıklık geçilmesi gereken noktalarda da yine çelik yerine ahşabı savunmuştur. Çelik ve ahşap yapıların, uygulama yöntemleriyle de karşılaştırma yapan U-5, çelik elemanların üretiminde kullanılması gereken kaynak teknolojisinin her fabrikada olmadığını, ahşapta ise tutkal kullanımının kaynak uygulamasına göre daha ulaşılabilir olduğuna değinmiştir. Çelik üretiminde kesit arttıkça kullanılacak kaynak yönteminde değişiklikten dolayı üretim yerinin değişmesi gerektiğine değinen U-5, ahşap için bu durumun söz konusu olmadığına ve farklı ahşap kesitlerinin de aynı tutkalla yapıştırıldığına değinerek, ahşap kullanımının kolaylığına ve ulaşılabilir olmasına dikkat çekmiştir. İskele ayaklarının imalatında da çelik yerine ahşap tercih edilmesinin nedeninin, su içerisinde kalan ahşabın tekrar hava ile temas etmediği sürece uzun süre dayanıklı kalacağını ifade edip, aynı durumu çelik ile yaşadığımızda ayak kısımlarında zamanla paslanmaların gözlemlendiğini ve daha sonra bu bölgelerin kabardığını, kesitlerin yavaş yavaş birbirine yaklaşarak kutu kesit haline geldiğini söylemiştir. 1940'lı yıllarda Amerika'da sentetik tutkalın gelişmeye başlamasından sonra CLT sistemin geliştiğini ve bu sistemle de ahşap kullanılarak üretilen 20 katın üzerinde yapılar inşa edildiğini dile getirmiştir. Türkiye'de de geleneksel ahşap yapılarda 3 katlı tarihi yapılar bulunduğunu söyleyen U-5, çivisiz bağlantı detaylarının da kullanıldığını belirtmiştir. Türkiye'de uygulamış olduğu havuz örneğine değinen U-5, havuzun kimyasalı yüksek bir su olduğundan dolayı buharlaştığında ortama yaydığı kokunun kullanıcılara zarar verdiğini ve suyun yoğunlaşması ile çeliği zamanla deforme etmesi nedeniyle kullanıcıların üzerine paslı suyun damlaması şeklinde şikâyetlerinin olduğunu belirterek, ahşap kirişler kullanılarak yapılmış bir havuzda bu durumun olmayacağı yönündeki görüşlerini dile getirmiştir. Ayrıca bu tip geniş açıklıklı ve çok amaçlı kullanımlardaki yapılarda ahşap elemanların akustik olarak oldukça avantajlı olduğuna da değinmiştir.

Yapısal anlamda CLT üretiminin ülkemizde olmamasını, bu konular ile ilgili ciddi çalışmaların daha çok yapılarak aşılabileceğini söyleyen U-6, bu konu hakkında özellikle mimari alanda çalışma yapan kişi sayısının az olduğunu belirtmiştir. CLT

sistemlerin çıkış yerinin Amerika olmasına karşın, dünya üzerinde genelde Orta Avrupa’da yaygın kullanıldığını belirterek Türkiye için hibrit sisteme geçişte yolun henüz başında olduğunu ve öncelikle kaynak yönetimi konuları üzerinde durulması gerektiğini belirtmiştir. Ahşap esaslı hibrit sistemlerin mimari açıdan en önemli avantajının esnek tasarımlara olanak sağlaması olduğunu dile getiren U-6, bu yapı sistemiyle çok daha geniş açıklıklı ve yüksek, esnek kullanımı olan yapılar üretilbildiğini ve ayrıca bu yapıların sürdürülebilir ve enerji etkin olduklarını ifade etmiştir. U-6, ahşap malzemenin dezavantajlarını diğer malzemeler ile hibrit bir şekilde kullanılarak dayanımı ve rijitliği yüksek, kolay inşa edilebilen, sürdürülebilir sistemler elde edilebileceğini de belirtmiştir. Ahşap hibrit sistemlerin farklı disiplinler arası ortak çalışmayı gerektiren sistemler olduğundan bahseden U-6, mimarlık ve mühendislik disiplinlerinin bir arada tasarım sürecini yürüttüklerini dile getirmiştir. U-6 ahşap esaslı hibrit sistemlerin, kuralları belli olan ama aynı zamanda esnekliğe de açık olan bir sistem olduğunu ifade etmiştir.

Endüstriyel üretim sürecinden geçen ahşap malzemelerin, fabrikalarda standartlara uygun şekilde üretildiği için, sahadaki uygulama noktasında betonarme imalatlara göre daha az sorunla karşılaşıldığını belirtmiştir. Bu durumu,

Mesela betonarme ile karşılaştığımızda, yerinde dökme betondan bahsediyoruz; işçinin yeteneği, betonda vibrasyon olup olmaması, betonun kalitesi, kalıbın durumu gibi birçok unsur inşaat kalitesini etkileyen faktörlerdir. Ancak şimdi bu sistemlere baktığımızda, evet ahşaptan bahsediyoruz ama fabrika koşullarında üretilmiş bir üründen söz ediyoruz. Dayanımı, kalitesi, niteliği çok yüksek. Dolayısıyla bu malzemeyi şantiye sahasında uygulamak, yerinde dökme bir betonarme sisteme göre çok daha etkin, verimli ve doğru sonuçlar veren bir yöntemdir.

şeklindeki ifadesiyle açıklamıştır. Geleneksel ahşap sistemlerin çağdaş ahşap sistemlerle güçlü bir bağ içerisinde olduğunu, çağdaş sistemlerin anlatılmadan önce geleneksel sistemlerin çok iyi kavranılması gerektiğini dile getiren U-6, çağdaş sistemlerin temelinde, geleneksel ahşap sistemlerdeki sorunlara çözüm üretmek olduğunu belirtmiştir. Ahşabın uzun dönem davranışlarını analiz etmek için de geleneksel sistemlerin önemini vurgulayan U-6, ülkemizde yetişen ağaç türlerinin CLT üretiminde, nasıl değerlendirilebileceğinin doğru analiz edilmesi gerektiğini vurgulamıştır. Bu bağlamda,

Orta Avrupa’da CLT üretiminin ladin ağacı üzerinden üretildiğini görüyoruz. Yani genel ağaç türü ladin. Ancak Türkiye’de, OGM’nin orman kaynağı verilene göre ladin, çok üretilen ya da çok yetişen bir tür değildir. Türkiye’de daha çok sarı çam, kara çam gibi çam türleri mevcuttur. Dolayısıyla, elbetteki dünyadaki gelişmeleri takip etmeliyiz ama bir yandan da yerli ağaç türlerimizi nasıl daha etkin kullanabileceğimizi de araştırmalıyız. Örneğin, kara çam, sarı çam ya da çam gibi geleneksel türlerden çağdaş ahşap yapılar nasıl üretilbilir, bunu araştırmamız

gerekiyor. Bu değerlendirirken de geleneksel yapılara dair literatürün taranması önem taşır. Çünkü ahşabın uzun dönemli yapısal davranışlarını anlayabilmek için bu çalışmalar çok önemlidir.

şeklinde görüş bildirmiştir.

U-6, geleneksel ahşap sistemlerinin günümüz çağdaş ahşap teknolojileri üzerindeki etkisine dikkat çekmiş ve bu konuyu Japonya örneği üzerinden açıklamıştır;

Japonya'da geleneksel geçmeli bağlantılar yaygındır; bu anlamda çivi ve vidanın kullanılmadan inşa edilen bu sistemler, yüzyıllar boyunca kiliselerde ve onların ibadethanelerde kullanılmış ve halen ayakta kalmayı başarmıştır. Üstelik Japonya hem sismik açıdan da aktif bir bölge hem de tayfun ve güçlü rüzgâr gibi zorlu iklim koşullarına sahiptir. Bu nedenle, geleneksel yapı sistemini araştırırken bu tür yapım tekniklerinin de dikkate alınması gerekmektedir.

Ayrıca U-6, günümüz çağdaş ahşap yapı sistemlerinin çoğunlukla metal bağlantı elemanlarına (metal plakalar, vidalar, çiviler vb.) dayandığını ancak özellikle nem etkisi altında zamanla sorun oluşturabileceğini belirtmiştir. Konuyla ilgili literatürde, bu tür metal bağlantıların uzun dönem performansına dair çeşitli çalışmalar bulunduğunu, güncel araştırmaların ise metal bağlantı kullanılmaksızın çözüm arayışlarına yöneldiğini ifade etmiştir.

Birinci bölüm için uzmanların görüşleri, sınırlılıklar/zorluklar, mevcut durum, avantajlar ve gereklilikler açısından **Tablo 4.1**'deki gibi analiz edilmiştir.

Tablo 4.1: Ahşap esaslı hibrit sistemler üzerine genel görüşlerin analizi.

4.1. Genel Görüşler				Orman Endüstri Mühendisi		İnşaat Mühendisi		Mimar	
				U1	U4	U2	U3	U5	U6
Gereklilikler	Avantajlar	Mevcut Durum	Sınırlılıklar/ Zorluklar						
*Yönetmelik	*Tasarım esnekliği	*Geleneksel- hibrit sistem entegrasyonu	*Yönetmelik						
-	*Sürdürülebilirlik *Deprem etkilerinde azalma *Hafiflik *Hızlı yapı üretimi	*Türkiye’de geleneksel + hibrit yaklaşımlar	*Yönetmelik *CLT üretimi						
*Ön yargıların kırılması	*Ulusal yeni ahşap yönetmeliği		*Yönetmelik						
-	*Yük taşıma kapasitesinde artış		*Uluslararası yangın yönetmeliği, sigorta şirketlerinin teşviki						
*Endüstriyel ahşap malzemelere yönelim	*Hızlı yapı üretimi *Ahşap malzemenin çelik ve betona göre avantajları *Geçici barınma sistemleri için uygunluk * Geniş açıklıklı yapı üretimi *Yüksek yapılaşmaya uygunluk	-	*Ham ahşap ile tasarım						
*Kaynak yönetimi *Disiplinler arası çalışma *Geleneksel ahşap sistemlerin iyi	*Esnek kullanım *Geniş açıklıklı yapı üretimi *Yüksek yapı üretimi *Sürdürülebilirlik *Enerji etkin yapılar *Dayanımı ve rijitliği yüksek yapılar *Kolay inşa edilebilirlik	-	*CLT üretimi *Alanda araştırmacı mimar eksikliği						

Hibrit sistemlere ilişkin uzman görüşleri, mesleki uzmanlık alanlarına göre değerlendirildiğinde; orman endüstri mühendisleri ve inşaat mühendisleri, mevcut yönetmelikleri bu sistemin gelişimi açısından sınırlayıcı olduğunu belirtmişlerdir. Mimarlar ise ahşabın ham halde kullanımının tasarım aşamasında çeşitli kısıtlamalara sebep olduğunu ifade etmiş; ayrıca CLT üretiminin Türkiye’de henüz gerçekleştirilmemesi ve bu alanda araştırma yapan mimar sayısının eksikliğini de bir sınırlılık olarak ele almışlardır.

Mevcut durum değerlendirmesinde orman endüstri mühendisleri, geleneksel ahşap sistemlerin hibrit sistemlere entegre edilebileceğini ve Türkiye’de geleneksel ve hibrit olarak yaklaşımların mevcut olduğunu belirtirken; inşaat mühendisleri ise bu görüşlere ek olarak uluslararası ölçekte hibrit sistemlerin yaygınlaşmasının yangın yönetmelikleri ve sigorta şirketlerinin tutumlarından kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Orman endüstri mühendisleri ve mimarlar tasarım esnekliğini, sürdürülebilirliğini ve hızlı yapı üretimini, sistemin avantajları olarak vurgularken; inşaat mühendisleri ise hibrit sistemin yük taşıma kapasitesini artırdığını ve yeni çıkan ahşap yönetmeliğinin teşvik ediciliğini ifade etmişlerdir.

İnşaat mühendisleri ve orman endüstri mühendisleri, ahşap esaslı hibrit sistemlerin gereklilikleri üzerine ilginin artırılması ve bu konudaki ön yargıların giderilmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Mimarlar ise endüstriyel ahşap malzemelere yönelimin önemine dikkat çekmiş, geleneksel ahşap sistemlerin kapsamlı bir şekilde anlaşılması, mevcut kaynakların doğru analiz edilerek sistemlere entegre edilmesi ve bu süreçte farklı disiplinlerin birlikte çalışması gerekliliğini de vurgulamışlardır.

4.2. Tasarım ve Uygulama Süreçleri

Röportajın ikinci bölümünde uzmanlar, ahşap esaslı hibrit sistemlerin uygulama süreçleri içerisindeki zorlukları, kullanılan ahşabın türü ve kalitesinin yapı açısından etkisi, ahşap esaslı hibrit sistemlerin tasarım sürecindeki farklı malzeme entegrasyonunun planlamaları üzerine görüşlerini belirtmişlerdir.

U-1, ahşap esaslı hibrit yapıların uygulamasında karşılaşılan temel zorluklarından ilkinin, mühendis ve mimarların lisans düzeyinde ahşap yapılar hakkındaki eğitiminin yetersizliği olduğunu ve bu durumun uygulama noktasında ciddi problemlere yol açtığını belirtmiştir. Masif ahşap kullanımında, dayanıklılığı yüksek türlerin tercih

edilmesi gerekliliğini vurgulamış; CLT ve glulam gibi lamine malzeme teknolojisine sahip ürünlerin kullanım durumunda ise yapışma teknolojisi ve malzemenin mekanik dayanım özelliklerine dikkat edilmesinin önemli olduğunu dile getirmiştir. Ahşabın hibrit sistemlerde kullanılmasıyla yapısal dayanıklılığın arttığını ifade etmiş ve bu sistemi olumlu değerlendirmiştir. Ayrıca, ahşap hibrit sistemlerin tasarım aşamasında farklı disiplinlerden uzmanların (mimar, inşaat mühendisi, iç mimar, orman endüstri mühendisi gibi) bir arada planlama yapması gerekliliğini belirtmiştir.

U-2, birden fazla yapı malzemesinin entegre edilerek birlikte çalışmasının ve bu sistemlerin analiz edilmesinin zor bir süreç olduğunu ifade etmiştir. Farklı malzemelerin bir araya gelmesi durumunda, birbirlerine olan etkileşimleri ve davranışlarının farklı tepkilere sebep olabileceğini dile getirmiştir. Ahşap esaslı hibrit yapıların, özellikle deprem anında daha fazla enerji absorbe edebilme kapasitesiyle avantajlar sunduğunu ifade eden U-2, buna karşın bu malzemelerin birlikte çalışmasını planlamanın ve entegre sistemler tasarlamının oldukça güç olduğunu vurgulamıştır. U-2 ahşap hibrit sistemlerde prefabrikasyon ve bileşenlerin taşınabilirliğine bağlı olarak nakliye avantajlarının da bir potansiyel oluşturduğunu belirtmiştir.

Bu sistemlerin uygulaması esnasında teknik ekibin yetersizliğini dile getiren U-2, Türkiye özelinde örnek vererek, nitelikli çalışan sayısının oldukça az olduğunu ifade etmektedir. Hibrit sistemlerin uygulanmasında nitelikli çalışan konusundaki düşüncelerini,

Betonarmeyle ahşabı aynı anda çalışan ekip bulunmuyor. Türkiye’de ben ikisinde de zaten uygulamacı anlamında ustayım, ikisinde de ekibim var ve ikisini de yapabilirim diyen ekip neredeyse yok. Bu da yeni ekiplerin oluşmasına, yeni sistemlerin gelişmesine ihtiyaç doğuruyor ve bu da bir süreç alıyor.

ifadesiyle somutlaştırmıştır.

U-2, yapısal ahşap kavramının türden bağımsız olduğunu, sarıçam gibi türleri fark etmeksizin ahşapların mukavemet sınıflarına uygun olarak, ülkelerdeki yönetmelikler ve standartlar doğrultusunda yapısal ahşap üretilbildiğini dile getirmiştir. Türkiye’deki yerel türlerin altı adedinin mukavemet sınıfının belirlendiğini dile getiren U-2, sertifikalı üretim yapan ve bu ahşapları belgelendirecek firmaların olmadığını belirtmiştir. Ahşap esaslı hibrit sistemlerde, tasarım ve uygulama sürecinin başında ilk olarak, kullanılacak panellerin nasıl imal edileceğinin planlandığını dile getiren U-2,

bağlantı detaylarının proje üzerinde belirtildiğini, uygulama esnasında kılavuz ahşaplar ile yapı elemanlarının yerine monte edilerek, sonrasında bu kılavuz ahşapların görevini yerine getirmesi üzerine kaldırıldığı şeklinde bir uygulama yapıldığına dair bilgi vermiştir.

U-3, ahşap esaslı hibrit yapıların uygulama esnasındaki zorlukları Türkiye ve İngiltere örnekleri üzerinden değerlendirmiştir. Türkiye’deki temel problemin iletişim eksiliği olduğunu vurgulayan U-3, inşaat sektöründe alışagelmış imalat tipinin dışına çok çıkmak istenmediğinden, farklı bir uygulama detayı öne sürüldüğünde bunun uygulanan ekip tarafından kabul edilmesinin zorluklarından söz etmiştir. CLT paneller ile çalışırken daha sistematik bir sürecin gerekliliğini dile getiren U-3, bu panellerin ahşap karkas sistemlere göre daha ağır olmaları nedeniyle sahada kolaylıkla hareket ettirilemeyeceğini belirtmiştir. Bu iş için ekstra vinçlere gerek duyulduğundan, CLT panellerle yapılacak olan bir ahşap yapının inşa aşamasına başlanmadan önce bu vinç yerleşimi planlamasının yapılması gerektiğini, malzemelerin nereye stoklanacağını, bu stok noktasından vinçle kaldırılıp uygulama noktasına götürüleceği güzergâhın da planlanmasının yapılması gerektiğini dile getirmiştir. Ayrıca ahşap yapıların inşaatı sırasında yapının, rüzgâr gibi çevresel faktörlerden etkilenerek olumsuzluklara yol açmaması için geçici desteklere ihtiyaç duyulduğundan bahsetmiştir. Bu durumun ekstra planlama gerektirdiğini ifade eden U-3, binanın tasarımının yanı sıra, inşaat sırasındaki geçici destek ve payandalı sistemin tasarımının projelendirme aşamasında yapılması gerektiğini ifade etmiştir.

U-3, hibrit yapı projelerinde tasarım ve uygulama aşamalarında malzemelerin birbirleri ile entegrasyonun sağlanmasının proje başarısı açısından kritik bir unsur olduğunu vurgulamıştır. Kendi yürüttükleri bir projeden örnek vererek şu sözleriyle anlatmıştır;

Projede hem betonarme var hem çelik var hem de ahşap var. Betonarmeyi başka bir firma yapıyor. Çelik ve ahşabın tasarımını ve inşaatını biz yapıyoruz. Projenin betonarme kısmı, merdiven ve asansör sahanlığıydı, yani çekirdeği. Bu kısmın betonarme ile tasarımı ve inşası yapılmıştı. Projenin geri kalan kısmı da ahşap kolon, kiriş ve çelik kolon, kiriş ile CLT döşemelerle yapılmıştı. Burada entegrasyonda şöyle bir durum ortaya çıkıyor; bizim betonarme tasarımını ve inşaatını yapan firmayla birebir çalışmamız gerekiyor. Çünkü bizim çelik ve ahşap elemanlarımızın, belirli yerlerde bu betonarme çekirdeğe bağlanması gerekiyor. Bu bağlantıların bizim tarafımızdan çok önceden tasarlanmış olması, betonarme çekirdeğin inşaatına geçilmeden önce bu bağlantı detaylarının o firmanın tasarım ve uygulama sürecine entegre edilmesi gerekiyor. Dolayısıyla onlar bu tasarımı ne zaman istiyorlarsa, programında ne zaman gerekliyse, bizim de onların programına uyum sağlayarak bağlantı elemanlarının tasarımını zamanında bitirmiş ve teslim etmiş olmamız, onların da bu tasarımı kendi projelerine

ekleyip bu doğrultuda inşa etmeleri gerekiyor. Bu durum kapsamlı bir proje yönetimi gerektiriyor. Yani bir iş programının olması, taraflar arasında çok iyi bir iletişim sağlanması gerekiyor. Ancak her yüklenici firma bu iletişimi kuramayabiliyor. İletişim sağlanmadığında ise aksaklıklar oluyor. Başta öngörülen bağlantı elemanlarını, zamanında kurulamayan iletişim nedeniyle daha sonra farklı bağlantılara çevirmek gerekebiliyor. Bu da ek maliyet ya da daha zorlu bir bağlantı elemanı tasarlamaya gidebiliyor. Bu nedenle hibrit projelerde, farklı firmalar binanın farklı elemanlarını tasarlayıp inşa ediyorsa, aralarında sürekli ve sağlıklı bir iletişimin olması gerekiyor. Bu iletişim, tasarım sürecine ve tasarım programına çok iyi entegre edilmelidir ki sonradan bir değişiklik yapılması gerekmesin ya da projenin en başında öngörülen maliyetlerin dışına çıkılmasın. O yüzden proje yönetimi bu tür projelerde çok önemli bir yere sahip oluyor.

Ahşap yapıların uygulama esnasında yaşanabilecek sorunların minimuma indirilmesi için çözümün ofislerde olduğunu dile getiren U-4, nokta detaylarının makine ile üretildikten sonra sahada mühendis ve mimar ekibi ile çok rahat bir şekilde ilerlediğini ifade etmiştir. Ofislerde hatasız detayların çözülüp üretime yansıtıldıktan sonra sahada sürecin çok daha kolay ve hızlı olduğunu dile getiren U-4, ahşabın sahada ikinci bir işlem yapılmaksızın sadece numaralarına bakılarak kaldırılıp koyulması kadar hızlı bir sonuç çıktığını söylemiştir. Az katlı konut yapılarında kullanılan ahşap türü öneminin 3-4 katlı binalardakine göre daha az olduğunu, özellikle geniş açıklık geçilen yapılarda kullanılan glulamların ise çok daha önemli olduğunu vurgulamıştır. Avrupa'nın büyük çoğunluğunda glulam üretimi için ladin ağacı tercih edildiğini ifade eden U-4, öncelikli kullanım nedeninin hafiflik olduğunu, ikinci tercih nedeninin ise iğne yapraklı ağaç familyasından olmasına rağmen içindeki reçine miktarının diğer iğne yapraklı ağaçlara (çam ve sedir gibi türler) oranla, daha az olduğunu söylemiştir. Bu durumu, "Çam özgül ağırlığı 550-580 kilogram civarındayken ladin 450-480 kilogram arasında değişmektedir. Metreküpteki ağırlığı 100 kilo daha azdır. O ağırlığı ağacın lif dokusu vermiyor. İçindeki reçinenin ağırlığından, öz kütlesine yansıyan reçinenin ağırlığından geliyor." sözleri ile açıklamıştır. Ladin içindeki reçine miktarının az olmasının, ahşabın reçinesinin zaman içinde tutkal ile reaksiyona girip deformasyona yol açma ihtimalini düşürdüğünü ifade etmiştir. Ayrıca Avrupa'daki taşıyıcı sistemlerde ladin ağacı kullanıldığını dile getiren U-4, özel projelerde sarıçam kullanıldığını, bu durumda da sarıçamın bağıl neminin mutlaka 8-12 arasına indirilmesi gerektiğini belirtmiştir. Çam ağaçlarında reçine akmalarının budakla ilgili olmadığını, ağaç sıfır budaklı dahi olsa reçine sızıntısı olabileceğini söyleyen U-4, reçinesiz çam ağacının olmayacağını, ağaç içerisinde gizli reçine kanalları olduğunu ve kılcal akmaların önlenemeyeceği bilgisini vermiştir. Bu sebeplerden dolayı yapısal olmamak kaydı ile pergola gibi alanlarda çamı kullanmanın daha doğru olduğunu

belirtmiştir. Glulam üretimi için reçineli ahşap kullanımına ilişkin ise; “Avrupa’da satıcılar ya da kullanıcılar, reçinenin tutkalla, kesin olarak görmedik ama reaksiyona girme ihtimalinin yüksek olduklarını belirtmektedir. Yani tutkalın reçine ile reaksiyona girip glulam içindeki lamellerin açma yapmasına neden olabilir” sözleri ile tutkal ile reçine arasındaki olası durumu dile getirmiştir. Konut tipi çok yüksek katlı değil ise ahşap-ahşap geçme sistemlerin kullanılmasının daha doğru olduğunu belirten U-4, geniş açıklık geçilmesi gereken spor salonları, yüzme havuzları gibi yapılarda kesinlikle çelik kullanımının gerekliliğini dile getirmiştir. Ahşap-beton birleşiminde, beton blokların içerisine, çelik parçaları betona yerleştirdikten sonra onların da içine ahşabında bağlanmasıyla oluşan sistemlerden bahsetmiştir. Bu süreçte epoksi ve kauçuk olmak üzere iki bağlantı detayına değinen U-4, bunlardan kauçuk sistem için, farklı malzemelerin birbirlerinden bağımsız çalışmalarından dolayı oluşması gereken hareket esnekliğini daha iyi sağladığından bahsetmiştir.

U-5 ahşap esaslı hibrit sistemlerdeki uygulama zorluklarına ilk olarak malzeme teminindeki kısıtlamayı örnek vermiş, ikinci zorluğu ise malzemenin getirilmesi olarak ifade etmiştir. Bağlantıların yapılması noktasında herhangi bir problem çıkmadığını belirten U-5, ahşap elemanların birleşim yerlerinin hazır olarak getirildiğini, saha içerisinde yüksek tonajlı vinçlerle kaldırılarak montajının yapıldığını anlatmıştır.

U-6, ahşap hibrit sistemlerle ilgili temel zorluğun, yeni bir sistem olmasından kaynaklı, bu sistemlerin tanıtılması, anlatılması ve paydaşların ikna edilmesi süreçlerinden ileri geldiğini ifade etmiştir. Bu konularda verilen eğitimlerin artırılması gerektiğini belirtmiştir. U-6, ahşap esaslı hibrit sistemlerde kullanılan ahşap türleri için

Orta Avrupa’da ladin kullanılması, Türkiye’de ise ladinin olmamasından dolayı çam türlerinden devam edilmesi yönünde bir yöntem geliştirmek ve bu yöntemi geliştirirken de ahşabın çalışmasıyla ilgili ön bir araştırma yapmak gereklidir. Örneğin ladin, köknara çok yakın bir ağaç türüdür ve köknarın ise çam türlerine göre dayanımı daha düşüktür. Çünkü lifleri daha ayırık ve taşıma kapasitesi daha düşüktür. Dolayısıyla kaynağı doğru kullanmak ve doğru birleşimler açısından ahşabı ne için kullanacağımız önemlidir.

bilgilerini vermiştir. Taşıyıcı sistemlerde ahşap kullanıldığı durumlarda, ahşabın türünün; malzeme dayanımı, bağlantı detayları açısından kritik öneme sahip olduğunu belirtmiştir. Buna karşılık, bölücü eleman olarak kullanımında ise ahşap türünün aynı derecede belirleyici olmadığını söylemiştir. Ayrıca ağaç türlerinin lif yapısının çelik

bağlantı elemanları (çivi/vida vb.) ile olan ilişkisine dikkat çekmiş; liflerin sıklığının az olduğu durumlarda bağlantıların zayıflayabileceğini, lif yoğunluğunun çok olduğu durumlarda ise çivilerin ahşap elemana yeterli derinlikte nüfuz edemeyebileceğini ya da hiç giremeyebileceğini vurgulamıştır. Bu nedenle, bağlantı elemanının boyut belirlemesinin çok önemli olduğunu dile getirmiştir.

Birden fazla malzemenin bir arada kullanımında, her malzemenin pozitif yönlerini alarak daha dayanıklı yapılar tasarlanabileceğini ifade eden U-6, hibrit sistemlerin; yapıların pratikliğini, dayanımını ve performansını artırarak olumlu yönde desteklediğini belirtmiştir. Bu yapıların planlama sürecinde ihtiyaçların ön plana çıktığını belirten U-6, öncelikle neden hibrit sistemin tercih edildiği sorusuna cevap vermek gerektiğini ifade etmiştir. Ahşap esaslı hibrit yapıların planlama sürecinde ise akademi, sanayi ve malzeme üretiminin eşgüdümlü olarak çalışmasının gerekliliğini vurgulamıştır.

İkinci bölüm için uzmanların görüşleri sınırlılıklar, mevcut durum, avantajlar ve gereklilikler açısından **Tablo 4.2**'deki gibi analiz edilmiştir.

Tablo 4.2: Tasarım ve uygulama süreçleri hakkındaki görüşlerin analizi.

4.2. Tasarım ve Uygulama					Orman Endüstri Mühendisi		İnşaat Mühendisi		Mimar	
					U1	U4	U2	U3	U5	U6
Gereklilikler	Avantajlar	Mevcut Durum	Sınırlılıklar/ Zorluklar							
* Masif ahşapta, yüksek dayanıklı ahşap türlerinin tercih edilmesi * Çok disiplinli planlama gerekliliği	-	-	* Lisans eğitimindeki eksiklikler * Endüstriyel ahşapta yapıma teknolojesi ve malzeme direnç seviyeleri							
*Tasarımda doğru bağlantı ve nokta detay çözümleri *Geniş açıklıklarda hibrit sistemin gerekliliği	* Ladinin, ahşabın reçinesinin zaman içinde tutkal ile reaksiyona girip deformasyona yol açma ihtimalini düşürmesinden dolayı tercih edilmesi	-	* Tutkalın ağaç içindeki reçine ile reaksiyona girebilmesi							
*Hibrit sistemlerin uygulaması sırasında kılavuz ahşap kullanımının gerekliliği	*Depremde daha fazla enerji absorbe edebilmesi * Nakliye avantajı	* Ulusal ölçekte 6 adet yerel ahşap türünün mukavemet sınıfının belirlenmesi	* Farklı malzemelerin birlikte davranışının analiz sürecinin zorluğu *Teknik ekip yetersizliği * Sertifikalı üretim yapan ve belgelendiren firmaların olmayışı							
*Tasarım ve inşaat sürecinin detaylı planlama gerektirmesi *İyi bir proje yönetiminin gerekliliği	-	-	*Uygulayıcılar arasındaki iletişim eksikliği *Alışlagelmiş imalat tipine bağlılık							
-	-	-	* Malzeme teminindeki kısıtlamalar *Malzemelerin nakliyesi							
*Yerel ağaç türlerinin hibrit sistemlerde kullanımı için ön çalışma yapılması gerekliliği *Çok disiplinli planlama gerekliliği	*Pratiklik *Dayanım ve performansta artış	-	*Alışlagelmiş imalat tipine bağlılık *Bağlantı elemanlarının seçiminde kullanılan ahşap türünün uygunluğu *Taşıyıcı ahşap türünün uygunluğu							

Tasarım ve uygulama aşamasında yaşanan zorluklar için orman endüstri mühendisleri, malzeme dayanım seviyeleri ile endüstriyel ahşapta kullanılan yapıştırma teknolojilerinde yaşanabilecek olumsuzluklar üzerinde durmuştur. İnşaat mühendisleri ve mimarlar, genel olarak alışlagelmişin dışına çıkılmak istenmediğinden hibrit sistemler gibi yenilikçi yaklaşımların tercih edilmediğini ifade etmişlerdir. Ayrıca, malzeme teminindeki sınırlılıkları, farklı malzemelerin bir araya gelmesi ile oluşan hibrit sistemlerin tasarım kurgusunun zorluğu ile uygulama aşamasındaki iletişim eksikliklerinin yol açtığı sorunları dile getirmişlerdir.

Avantajlar bölümünde ise inşaat mühendisleri ve mimarlar, hibrit sistemlerin yapısal performans açısından sunduğu olumlu yönlerine vurgu yapmışlardır.

Uzmanlar genel olarak, tasarım aşamasında bağlantı detaylarının titizlikle kurgulanması gerektiğini ve farklı meslek gruplarının bir arada çalışarak uygulama sürecini çok iyi planlanması gerektiğini belirtmişlerdir.

4.3. Kullanım Alanları ve Avantajlar

Röportajın üçüncü bölümünde uzmanlar, ahşap esaslı hibrit sistemlerin kullanıldığı yapının fonksiyonel türlerine, bu sistemler ile inşa edilen yapılarda kullanıcıların konfor algılarına ve ahşap esaslı hibrit sistemler ile yapılan yapıların estetik niteliklerine ilişkin görüşlerini paylaşmışlardır.

U-1, kamu binaları, yüksek katlı yapılar, okullar ve hastaneler gibi fonksiyonlara sahip yapılarda, ahşap esaslı hibrit sistemlerin kullanılabildiğini belirtmiş, her tür fonksiyonda bu sistemlere yer verilebileceğini ifade etmiştir. Amerika’da yapıların %95’inin ahşap malzeme ile inşa edildiğini belirten U-1, dünya genelinde, ahşap binaların artması için teşvik politikalarının geliştirildiğini aktarmıştır. Ahşap yapıların insan üzerindeki etkilerini;

Kamu binalarında da başta okul ve hastaneler geliyor. Çünkü ahşabın aynı zamanda okul ve hastanelerde kullanılmasının bir diğer nedeni de nabız ve kortizol seviyesini düşürmesi yani kan basıncını azaltması, stres hormonunu azaltması; bunun haricinde bilişsel kapasiteleri arttırması ve mutluluk hormonu vermesi nedeniyle yapılan çalışmalar neticesinde, kamu binalarında kullanılması daha çok tavsiye ediliyor.

şeklinde ifade etmiştir. Nefes alabilen malzeme ile duvarlar inşa edildiği için hava kalitesini olumlu yönde etkilediğini dile getirmiştir. Bu hissin sözle anlatılamayacağını

bunu deneyimlemek gerektiğini dile getirmiştir. Estetik açıdan avantaj ve dezavantajların göreceli kavramlar olduğunu belirterek bu özelliğin kişiye göre değişebileceğini ifade etmiştir.

Ahşap esaslı hibrit yapıların fonksiyonel tiplerine ilişkin olarak U-2, bu sistemlerin özellikle yüksek katlı binalarda yer alabildiğini ve bina önem düzeyi yüksek yapılarda daha sık uygulandığını ifade etmiştir. Ayrıca ahşap yapıların modüler sistemlerden oluştuğu için ihtiyaçlar doğrultusunda oldukça hızlı inşa edilebildiklerini vurgulamış ve bu duruma örnek olarak, okul dönemi dışında kalan zaman diliminde bir okulun tadilatının tamamlanabileceğini belirtmiştir. Konfor açısından kendi deneyimlerini paylaşan U-2, yapmış oldukları bir projede kullanıcıların genel olarak yapıda bulunmaktan memnun olduklarını ancak döşeme hissiyatının betonarme yapılardan farklı olması nedeniyle buna alışmalarının zaman aldığını aktarmıştır.

Estetik bağlamda yapılan değerlendirmede U-2, ahşabın yapısal kullanımının doğrudan bir estetik avantaj ya da dezavantaj oluşturmadığını ifade etmiş, fakat bazı kesitlerinin açıkta bırakılarak yapılan tasarımlarda, betonarmeye kıyasla daha sıcak bir etki oluşturduğunu bildirmiştir. Sonuç olarak, estetik açısından net bir yargıya varmanın mümkün olmadığını, estetikten ziyade yapısal avantajların ön planda değerlendirilmesi gerektiğini dile getirmiştir.

U-3, ahşap esaslı hibrit sistemlerin yaygın olarak kullanıldığı fonksiyon tipinin konutlar olduğunu ifade etmiştir. Bu yapılarda kullanıcı konforuna ilişkin olarak, özellikle deprem sonrası konteynerlerde kalan kişilerin ahşap yapılar hakkında olumlu geri bildirimlerde bulunduklarını dile getirmiştir. Ahşap esaslı hibrit yapıların estetik açıdan, hafif karkas sistemlerde ahşap elemanlarının görünmediği için estetik bir katkı sunmadığını söylerken, masif ahşap kullanıldığında özellikle de çelik ve CLT döşemelerle oluşturulan hibrit ofis binalarında tavan yüzeylerinin genelde açık bırakıldığını, bu tür yapılarda gri bir beton yerine CLT görselliğinin çok daha estetik bir etki kattığını belirtmiştir.

U-4, ahşap esaslı hibrit sistemlerin fonksiyonel kullanımına ilişkin olarak, bu yapıların az katlı konutlarda yaygın olmadığını, fakat toplu konut ya da kamu binalarında daha sık karşılaşıldığını belirtmiştir. Kullanıcıların konforuna ilişkin, ahşabın psikolojik etkilerinin bulunduğunu ifade etmiştir.

U-4, estetik değerlendirmelere ilişkin kendi projelerinden örnekler vererek; “Ahşap elemanlar şu anda yaptığımız yapıya estetik açıdan bir şey katmıyor. Beton yapıyı, hibrit yapıyı göstermiyoruz. Yine bir takım dekoratif ahşap panellerle kapladığımızdan dolayı herhangi bir beton görmüyoruz.” ifadeleri ile açıklamıştır.

U-5, ahşap hibrit sistemlerin, yalıtım ve akustik özellikleri başta olmak üzere avantajları nedeniyle tüm fonksiyon tiplerinde kullanılması gerektiğini ifade etmiştir. Estetik amaçlarla yapılan eğrisel yüzey çalışmaları için çeliğe göre daha kalıcı ve daha az maliyetle eğri yüzeyler elde etmeye olanak sağladığı için avantajlı olarak nitelendirmektedir.

Ahşap hibrit sistem ile yapılan yapıların kullanım alanlarına ilişkin, ihtiyaca yönelik olmakla birlikte çoğunlukla çok katlı yapılarda görüldüğünü ve yaygınlaştığını dile getiren U-6, ayrıca çeliğe bir alternatif olarak geniş açıklık gerektiren, havuz, spor alanları gibi yerlerde de kullanıldığını söylemiştir. Konut ölçeğinden başlayarak tüm ölçeklerde kullanımının mümkün olduğunu belirtmiştir. Kullanıcı deneyimi olarak ise döşemelerde oluşabilecek süneklik hissini gidermek için ince beton döşemelerle desteklenip, kullanıcının bu esnemeleri hissetmemesini sağlamanın mümkün olduğunu söyleyen U-6, psikolojik anlamda da kullanıcıların daha olumlu yönde etkilendiğini dile getirmiştir. Ayrıca mimar ve ahşap konusunda deneysel çalışmalara da devam eden bir akademisyen olarak ahşabı, olduğu gibi doğal ve yer yer budaklarının bile görünecek şekilde, brütalist bir yaklaşımla görmenin estetik açıdan pozitif etkiler bıraktığını belirtmiştir.

Üçüncü bölüm için uzmanların görüşleri, kullanım alanları ve sistemin avantajları açısından **Tablo 4.3**'teki gibi analiz edilmiştir.

Tablo 4.3: Kullanım alanları ve avantajlar hakkındaki görüşlerin analizi.

		Orman Endüstri Mühendisi		İnşaat Mühendisi		Mimar	
		U1	U4	U2	U3	U5	U6
4.3. Kullanım Alanları	Kullanım Alanları	*Kamu binaları, okullar ve hastaneler vb.	*Toplu konut ya da kamu binaları	*Her yapı tipi *Yüksek yapı uygulamaları	* Genel olarak konutlar	*Tüm yapı tipleri	*Geniş açıklık gerektiren havuz, spor salonu vb. *Konutlar
	Avantajlar	*Psikolojik ve fiziksel sağlığa etkileri	*Psikolojik etkileri	*Kullanıcı memnuniyeti *Estetik avantajlarından çok yapısal avantajlarının ön planda olması	*Kullanıcı memnuniyeti *Estetik olması	*Yalıtım ve akustik özellikleri	* Döşemedeki süneklik hissinin betonla hibrit kullanım ile desteklenebilmesi *Psikolojik etkileri *Estetik olması

Ahşap esaslı hibrit sistemlerin kullanım alanları için uzmanlar genel olarak, çok katlı yapılarda ve konut yapılarında kullanıldığına dair yorumlarda bulunmuşlardır. Ayrıca ahşap yapıların psikolojik ve estetik olarak olumlu etki bıraktığı yönünde görüş bildirmişlerdir.

4.4. Deprem Performansı ve Dayanıklılık

Röportajın dördüncü bölümünde uzmanlar, ahşap esaslı hibrit sistemlerin sismik etkiler altındaki performansına dair görüşlerini dile getirmişlerdir.

U-1, ahşap esaslı hibrit yapıların sismik etkiler altındaki davranışını, kendilerinin de içinde yer aldıkları bir TÜBİTAK projesinden elde edilen verilere göre değerlendirmiştir. Bu kapsamda, 2023 Kahramanmaraş depreminin ivme değerlerinden daha yüksek sismik yükler uygulanmasına rağmen, iki katlı CLT'den inşa edilen bir yapının taşıyıcı sisteminde hiçbir hasar oluşmadığını, sadece bağlantı bölgelerinde sınırlı düzeyde hasarlar gözlemlendiğini ifade etmiştir. U-1 bu yapının sismik yükleri başarıyla absorbe ederek güvenli bir şekilde performans gösterdiğini dile getirmiştir **Şekil 4.2**.



Şekil 4.2: U-1 tarafından paylaşılan TÜBİTAK projesi deney anına ait bir görüntü.

Ayrıca U-1, ahşap hibrit sistemlerin, diğer yapı sistemlerine göre sünek elemanlara sahip olduğu için daha büyük deplasmanlar yapabildiğini belirtmiştir. Ahşap hibrit sisteme sahip yapılar, hafif elemanlar ile yapıldıklarından dolayı deprem anında gerçekleşebilecek bir çökme durumunda, çöküntü altından hafif iş makineleri veya el aletleri ile depremzedelerin kurtulmasının daha olası olduğunu ifade etmiştir. Ahşabın malzeme olarak depreme karşı kendi içinde dayanımının yanı sıra, herhangi bir olası yıkılma durumunda yapısal bütünlüğünü koruduğu için bir betonarme yapıya göre daha avantajlı olduğunu da ifade etmiştir.

Ahşabın hibrit sistemlerdeki kullanımında, bağlantı detaylarının, deprem açısından yapıya olan dayanıklılığına etkisini;

Hibrit sistemlerde eğer kolon ve kirişler, beton ve çelik yapılıp, duvarlarda ve zeminlerde ahşap kullanılan sistemlerden bahsederek, CLT gibi perde duvar olarak kullanılan malzemelere ve normal masif ahşaba istediğiniz kadar yük uygulayın, zarar verme şansınız çok düşüktür. Burada, bağlantı elemanlarından kaynaklanan problemler sorun teşkil edebilir. Onun için bağlantı elemanları ve oradaki gereklilikleri çok iyi hesaplamak ve ona uygun malzeme seçimi yapmak en kritik noktalardan birisidir.

sözleri ile görüşlerini ifade etmiştir. Ayrıca U-1, yapı tasarım kurgusu sırasında ahşabın toprak ile olan bağlantısının kesilmesi gerektiğini belirtmiştir. Şu an deprem yönetmeliğinin, ahşabın yüksek katlı uygulamalarına izin vermediğine değinen U-1, ahşap yapı yönetmeliğinin bu durumu bir adım öteye götüreceğini, fakat deprem yönetmeliğinde de sektörün önünü açmak adına birtakım değişiklikler yapılması gerekliliğini dile getirmiştir.

U-2, ahşap malzemenin sismik etkiler altındaki performansının birçok açıdan avantajlı olduğunu söylerken, mukavemetine göre çelikten yaklaşık beş kat, betonarmeden ise on beş kat daha hafif olduğu bilgisini vermiştir. Bu özelliği sayesinde, deprem esnasında yapıya gelen yükü azalttığını ve dolayısıyla yapıların depremde daha az miktarda hasar alacağını dile getirmiştir. Ahşabın lifli yapısı sayesinde karbonfiber elyaflar gibi daha mukavemetli olduğunu belirtmiştir. Deprem sırasında yapının bağlantı noktalarından hasar aldığını dile getiren U-2, geleneksel çivili birleşim örneklerinde bile, çivilerin eğildiği halde ahşaptan ayrılmadığını ve bu sebeple yapılan güncel tasarımlarda, bağlantı noktalarının olası hasar riskine karşı daha dikkatli kurgulandığını belirtmiştir. Bu hususta ahşap elemanların bağlantı noktalarından ayrılıp bütünlüğünün bozulmasının daha zor olduğunu ifade etmiştir.

Türkiye'deki durumu değerlendirirken, betonarme çekirdek kullanıldığında daha yüksek binaların yapılabilirliğinin mümkün olduğunu belirten U-2, hafif ahşap karkastan, hiç betonarme kullanmadan da yapının tamamının yapılabildiğini ve şu anda bunun örneklerinin de deprem bölgesinde bulunduğunu ifade etmiştir. Türkiye'deki yönetmeliklerle alakalı sözlerine,

Ahşabın deprem performansının yüksek olduğu bilinmesine rağmen mevcut yönetmelik, deprem riski yüksek olan yerlerde daha iyi performanslı malzemeyi daha az kullanmamızı, deprem riski düşük olan yerde de daha fazla kullanmamıza olarak sağlıyor. Yani İstanbul gibi yüksek riskli bölgelerde yönetmelik, yapı yüksekliğini iki kat ile sınırlandırmakta, üç katlı yapıların inşasına ise izin vermemektedir.

şeklinde devam eden U-2, deprem sonrası ahşap binalardaki ölüm oranlarının daha az olduğunu ifade etmiştir. Bu konuyu 1995 Japonya Kobe depremi ile örneklendiren U-2, 6.8 Richter ölçeğindeki depremde toplamda 6.300 kişinin öldüğünü, fakat ahşap karkas yapılarda oturan kişilerden ölümle sonuçlanan yıkım olmadığını dile getirmiştir. Karkas yapı sayısının 8.000 adet gibi rakamlarda olması durumunu da

vurgulamıştır. Dünya üzerindeki örneklerine devam eden U-2, **Şekil 4.3**'te gösterildiği üzere ahşap yapılara ait istatistikleri paylaşmıştır.

Ahşap Karkas Binaların Deprem Karnesi (İnsan Hayatı Bakımından)

DEPREM	Deprem Büyüklüğü (Rihter ölçeği)	Ölü Sayısı		Şiddetli deprem etkisine maruz kalan Ahşap Karkas Yapı adedi
		Toplam	Ahşap Karkas Binalarda Ölü Sayısı	
Alaska, 1964	8.4	130	< 10	
San Fernando CA, 1971	6.7	63	4	100 000
Edgumbe NZ, 1987	6.3	0	0	7 000
Saguenay QC, 1988	5.7	0	0	10 000
Loma Prieta CA, 1989	7.1	66	0	50 000
Northridge CA, 1994	6.7	60	16 + 4*	200 000
Hyogo-ken Nambu, Kobe Japan, 1995	6.8	6 300	0**	8 000**

* Yamaçlarda yapılan binalardaki bina temeli sorunları sebebi ile

** Depremden etkilenen bölgede 5x10 ile yapılan Ahşap Karkas(çerçevesi) binalar

Kaynak: Institute for Research in Construction, Canada

Şekil 4.3: U-2 tarafından paylaşılan deprem istatistikleri [77].

Ahşap yapılardaki bağlantı sayısının fazla olmasının deprem performansını artıracığını söyleyen U-3, bunun nedenini deprem anında gelen yatay yükleri sönmöleyen elemanların ahşap yapılardaki bağlantı elemanları olduğunu vurgulamıştır. Bağlantı elemanları ne kadar çok enerjiyi sönmölerse, yapıdaki ahşabın hasarının da o kadar azalacağına değinen U-3, bu şekilde ahşap yapıların depremden hasar almadan kurtulabileceğini bildirmiştir. Beton-ahşap hibrit yapıların, bağlantı elemanları düzeyinde sismik hareketlere karşı davranışlarına,

Deprem anında yatay yükleri karşılarsın diye betonarme çekirdekler yapılır. Dolayısıyla ahşap kısmın yapması gereken tek şey, kat seviyesine gelen deprem yüklerini bağlantılar sayesinde betonarme çekirdeğe aktarmaktır. Bu bağlantıların, kuvvetin betonarme çekirdeğe gelene kadar aktarabiliyor olacak şekilde tasarlanması gerekmektedir. Ahşap ile betonun arasındaki bağlantının da ahşaptan betona geçmesi gereken kuvvet ne ise o kuvvete göre tasarımın yapılması gerekiyor. Bu doğrultuda, hesaplar doğru bir şekilde yapıldığı zaman, oradaki bağlantının normal diğer bağlantılardan farklı olduğunu ya da mesela başka bir betonarme çekirdek ya da başka bir betonarme kolon olabilir, bir yerde ahşap bir kiriş, beton bir kolona bağlanıyor olabilir. O kolona, orada deprem kuvvetinin aktarılması gerekmiyordur. Sonuç olarak her bağlantı, aktarması öngörölen kuvvete göre tasarlandığı zaman hiçbir problem olmayacaktır.

sözleri ile ifade etmiştir.

Ahşap esaslı hibrit sistemlerin depreme karşı olan davranışları konusunda, Japonya ve İtalya'da sıkça deney yaptıklarını ifade ederek sözlerine başlayan U-4, biri beton diğeri

ahşap iki ayrı binaya aynı şiddet uygulandığında, betonarme yapının çok daha kısa sürede yıkıldığını dile getirirken, ahşap yapının ise bağlantı noktalarından küçük hasarlar alsa da yıkılmayıp bütünlüğünü koruduğunu ifade etmiştir. Deprem sonrası yıkım gerçekleşse dahi ahşap plakların betonarmede olduğu gibi dağılmadığı için daha çok ve daha büyük hayat üçgenleri oluşturduğunu ifade eden U-4, çelik yapılar ile olan karşılaştırmasına ise

Çelik, 550-600 dereceye çıktığı zaman erir. Ahşap ise ortam, 700-750 dereceyi bulunca yanmaya başlar. Taşıyıcı sistemi fazla etkilemekle birlikte, sağından ve solundan yani taşıyıcı kirişin ya da kolonun dört bir tarafının 2-3 cm yanarak, yine taşıyıcı sistem sabit kalıp sadece yangın payları konan kısmındaki ahşabın yanmasıyla sistemimiz ayakta kalmaktadır. Göçme esnasında bile yaşam alanlarını betona ve çeliğe göre üç ya da dört kat fazlasıyla bırakır.

sözleri ile yangın açısından, ahşap kolon ve kiriş elemanların etrafına yangın payı bırakılacak şekilde kalınlık verildiğinde, herhangi bir yangın sırasında ilk olarak bu payların yandığını, malzemenin ana kısımlarının ise zarar görmediğini ve böylece ahşap taşıyıcı sistemin hasar almadığını ifade etmiştir. Hibrit yapılaşmada beklenen özellik olarak, ahşabın hafifliğinin avantajlı olma durumuna karşın, yüksek katlı binalarda, rüzgâr ve deprem gibi faktörler ile yapının savrulmaması için ağırlığa ihtiyaç duyulduğunu ve bu nedenle binayı ağırlaştırmak için betonarme çekirdekler kullanıldığını dile getirmiştir. U-4, bu sistemlerin uygulanması açısından etkilerini ise “10,5 metreye çıkmamız için hibrit sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Türkiye’de 10,5 metreye sadece ahşap olarak çıkmamız deprem yönetmeliğinden dolayı mümkün değildir. Ancak hibrit sistem yaptığımız zaman zaten 10,5 metre ya da üç kata izin alabilmiş oluyoruz.” sözleriyle yorumlamıştır.

U-5, ahşap esaslı hibrit yapılardansa sadece ahşap kullanmanın daha doğru olduğunu dile getirerek, yüksek katlı yapılarda, yapı ağırlığının düşürülmesi için ahşap malzeme kullanımına geçilebileceğini söylemiştir. Farklı malzemelerin ne kadar önlem alınsa da bir arada çalışmalarını doğru bulmadığını ifade etmiştir.

U-6, ahşap sistemlerde depremle doğrudan ilişkili olan noktanın, ahşaptan çok birleşimler olduğunu dile getirmiştir. Ayrıca, ahşap hibrit sistemlerin daha fazla enerji sönmülediği, sünek bir malzeme olmasından dolayı yapının hasar alma olasılığını düşürdüğünü dile getirmiştir. Ahşap-beton hibrit sistemleri değerlendiren U-6, betonun ağır bir malzeme olmasından ve yüksek basınç dayanımından kaynaklı, yüksek katlı ahşap hibrit sistemlerde, zemin katlarda oluşması gereken geniş ahşap

kesitler yerine, ilk katların betonarme olarak uygulanmasının olumlu anlamda etki ettiğini söylemiştir. Beton ve çelik yapıların ahşap ile güçlendirildiği örneklerle de değinen U-6, yapıların uzun dönem davranışları için birlikte kullanılması gerektiğini savunmuştur. Ayrıca yapının sünekliğinin birleşim detayları ile sağlandığını söyleyen U-6, yapının dayanımı yüksek bir ahşap türünden yapılmasına rağmen doğru birleşim detayı tasarlanmadığı sürece iyi sonuçlar ortaya çıkamayacağını dile getirmiştir. U-6, ahşap bir yapı tasarımının en temel noktasının birleşim detayı olduğu ve bu noktadan tasarıma başlanması gerektiğini vurgulamıştır. Türkiye’deki yeni çıkan ahşap yönetmeliğinin çok önemli bir adım olduğuna değinen U-6, bu yönetmeliğin Türkiye’deki ham maddeleri de göz önünde bulundurarak yeniden değerlendirilmesi ve bölgesel olarak her yerel alana uygun detaylı kılavuzlar çıkarılarak çalışmaların yapılması ve ayrıca bu yönetmeliklerin de zamanla güncellenmesi gerektiğini belirtmiştir. U-6, deprem dayanıklılığı açısından bu sistemlerde, tekil birleşim detayları veya sistemler üretmek yerine, mevcut bağlantı detaylarının test edilerek performanslarının ölçüldüğü doğrulama çalışmalarının yürütüldüğünü belirtmiştir. Bu kapsamda, çeşitli yazılımlar kullanılarak elde edilen verilerin yapay zekâ ortamına aktarılmasıyla farklı modellerin ve değişkenlerin elde edildiğini ifade etmiştir. U-6 ayrıca bu tür uygulamaların özellikle mimari alanda, disiplinler arası etkileşim bağlamında faydalanılması gerektiğinin önemli olduğunu vurgulamıştır.

Dördüncü bölüm için uzmanların görüşleri **Tablo 4.4**’teki gibi analiz edilmiştir.

Tablo 4.4: Deprem performansı ve dayanıklılık hakkındaki görüşlerin analizi.

4.4. Deprem Performansı ve Dayanıklılık						
Avantajlar	Mevcut Durum	Sınırlılıklar/ Zorluklar	Orman Endüstri Mühendisi		İnşaat Mühendisi	
			U1	U4	U2	U3
*Sünek elemanlar *Enerji söndürme *Hafif sistem *Deprem anında risklerin azalması *Yapısal bütünlüğünü koruyabilme	*DeneySEL çalışmaların, hibrit sistemlerde deprem performansı yönünden olumlu sonuçları	*Mevcut deprem yönetmeliği		*Yönetmelik sınırlılıkları	*Yönetmelik sınırlılıkları	-
*Yapısal bütünlüğünü koruyabilme *Yangın dayanımının çeliğe göre fazla olması *Çökme anında diğer yapı sistemlerine göre daha fazla yaşam alanı bırakması	*Uluslararası alanda hibrit sistemlerin depreme karşı dayanımı için yapılan deneyler			*Türkiye’de betonarme çekirdek ile yüksek ahşap yapıların yapılabilirliği *Depremde ahşap yapılarıdaki ölüm oranlarının düşük olması	-	-
*Sismik etkiler altında avantajlı *Hafif sistem *Ahşabın lifli yapısı sayesinde mukavemetli olması	*Bağlantı sayısının artmasının deprem yüklerini daha çok söndürmesi					-
*Ahşabın sünek olması *Hibrit sistemin deprem enerjisini daha fazla söndürmesi *Yüksek ahşap yapılarda zemin katta betonarme kullanımının kesitleri azaltması	*Ahşap hibrit sistemlerin deprem dayanıklılığının test edilmesi *Mevcut betonarme ve çelik yapıların ahşap ile güçlendirilebilmesi	-				-

Tablo 4.4: (devam) Deprem performansı ve dayanıklılık hakkındaki görüşlerin analizi.

4.4. Deprem Performansı ve Dayanıklılık	Gereklilikler	Orman Endüstri Mühendisi		İnşaat Mühendisi		Mimar	
		U1	U4	U2	U3	U5	U6
		*Doğru bağlantı detayları *Doğru malzeme seçimi *Tasarım aşamasında ahşabın toprak ile bağlantısının kesilmesi *Deprem yönetmeliğinde değişiklik yapılması	*Yüksek yapılarda rüzgâr ve deprem yükleri için betonarme çekirdekler ile yapıya ağırlık verilmesi *Türkiye’de deprem yönetmeliğine göre yüksek ahşap yapı yapılabilmesi için hibrit yapmanın gerekliliği	*Doğru bağlantı detayları	*Hesaplama ve uygulamada doğru bağlantı detayları	*Yüksek yapılarda yapı ağırlığının azaltılabilmesi için ahşap kullanılması	*Doğru bağlantı detayları *Yeni ahşap yönetmeliğinin Türkiye’deki ham maddelere göre yeniden değerlendirilmesi *Her bölgeye uygun kılavuz çıkarılması *Mevcut yönetmeliklerin güncellenmesi *Disiplinler arası etkileşim

Ahşap esaslı hibrit sistemlerin deprem performansı ve dayanıklılığı bölümünde uzmanlar genel olarak yönetmelik sınırlılıklarından bahsetmiştir.

Uzmanlar bu bölümde mevcut durum için genel olarak deprem performansı ile ilgili deneysel çalışmaların yürütülmekte olduğunu belirtmişlerdir.

Bu sistemlerin sünek elemanlara sahip olduğu için deprem enerjilerini daha iyi sönmüleyebildiklerini, hafif ve yapısal bütünlüğünü koruyabilen yapılar olduğundan avantajlı olduklarını bildirmişlerdir.

Uzmanlar, genel olarak ahşap hibrit sistemlerde bağlantı detaylarının doğru kurgulanıp, hesaplamasının dikkatle yapılması gerekliliğini ve mevcut deprem yönetmeliğinin güncellenmesi gerektiğini vurgulamışlardır.

4.5. Yönetmelik ve Ekonomik Değerlendirmesi

Röportajın beşinci bölümünde uzmanlar, ahşap esaslı hibrit yapıların yönetmelik ve ekonomik açıdan değerlendirmesine ilişkin görüşlerini dile getirmişlerdir.

Ahşap yapı yönetmeliğinin Türkiye’de yeni çıktığını dile getiren U-1, bu yönetmelik hazırlanırken uluslararası normlara dikkat edilerek hazırlandığı için yeterli olduğunu belirtmiştir. Fakat ahşap yönetmeliğinin yanı sıra deprem yönetmeliği ile ahşap yapıların sınırlandırıldığını, bu yüzden yüksek katlı ahşap yapılara Türkiye’de izin verilmediğini dile getirmiştir. Yönetmeliğin daha anlaşılabilir olması gerektiğini bildiren U-1, bunun dışında yönetmeliğin çok problemli olmadığı ve yeterli olduğunu vurgulamıştır. Yönetmelikte, Eurocode 5’e ve EN338’e bağlı kalındığını söyleyen U-1, yönetmeliği hazırlayan ekibin, inşaat mühendisi ve orman mühendisleri tarafından birlikte hazırladıkları için her iki biliminde gerektirdiği standartlarda olduğunu belirtmiştir. U-1, ahşap binaları ekonomik açıdan şu şekilde değerlendirmiştir:

Yeni nesil ahşap yapı malzemeleri çıktıklarında, betonla karşılaştırdıklarında maliyetler yüksek kalıyordu. Ancak, şu an beton ve ahşap yapı sistemlerinin maliyetleri birbirine yakındır. Bu sistemler birim maliyet hesabından çıkan sonuçlara göre değerlendirildiğinde, ahşap bir miktar pahalı olsa bile daha hızlı bir şekilde inşa edilebiliyor olması yapıya ulaşım süresini kısaltıyor ve daha maliyet etkin olmasını sağlıyor. Bu hususta İngiltere’de yapılmış bir anket çalışması vardır. Bu çalışmada ahşapla diğer yapı sistemlerini karşılaştırdıklarında, ahşabın üstün özelliklerini ve avantajları belirtildikten sonra, katılımcının hangi yapıyı tercih ettiği ve bu yapıyı tercih ettiğinde ne kadar daha fazla ödemeyi taahhüt ettiği sorgulanmıştır. Bu sorulara karşı orada yaşayan nüfus ahşap yapıyı tercih etmişlerdir. Bu yapıya %25 daha fazla ödeyebileceklerini dile getirmişlerdir.

U-2, Türkiye’deki yönetmelikleri değerlendirmenin yanı sıra ahşap yapıların Türkiye’de yaygın olmamasından dolayı, bu konuda deneyimli olan mimar, mühendis ve usta bulmakta sorunlar yaşandığını, uygulayıcı firmaların mevcut yönetmeliklere uyarak imalat yaptıklarını, fakat belediyelerdeki yetkili mercilerin ve denetleyen görevlilerin, konu ile alakalı yeterli bilgiye sahip olmamaları gibi sorunlarından bahsetmiştir. Yeni ahşap yönetmeliğinin çıkmış olmasının çok olumlu bir başlangıç olduğu ifade eden U-2, insanların bu sistemler hakkında kendilerini geliştirmelerinin de zaman alacağını ve bir süre deneyimlenmesi gerektiği şeklindeki görüşlerini belirtmiştir. Ahşap yapıları ekonomik anlamda da değerlendiren U-2, inşaat sürecinde ahşap yapıların maliyetli olduğu ön yargısının yanı sıra, doğrudan proje aşaması ile maliyetlerin ilişkili olduğunu dile getirerek, doğru planlama ve detay çözümlmeleri ile maliyetlerin minimuma indirilebileceğini bilgisini de aktarmıştır.

Türkiye’de yapılan ahşap yapıların, tasarım sırasında yönetmeliklere daha çok dikkat edilmesi gerektiğini dile getiren U-3, uygulama aşamasında projeye bağlı kalınması gerektiğini, projelerin sadece iki boyutlu çizim tekniği ile değil üç boyutlu modelleme yöntemi ile ifade edilmesi gerekliliğini belirtmiştir. Yönetmeliğin anlaşılmasında problemler olduğunu ifade eden U-3, kullanıcı odaklı bir kılavuz hazırlanmasının gerekliliğini, mimar ve mühendislerin bu kılavuz eşliğinde ahşap yapıları tasarlamasının önem arz ettiğini de dile getirmiştir. Ahşap yapıların üretiminden kaynaklı olarak, daha az iş gücü ile üretilebildiğinden dolayı avantajlı olduğunu belirten U-3, malzemenin birim fiyatlarının yüksek olmasına ilişkin ise Londra’dan örnekler vererek; ahşap yapıların sürdürülebilirliği kapsamında, ülkedeki yönetimler tarafından ahşap yapılara teşvikler yapıldığını ve vergisel anlamda indirimle gidildiği bilgisini aktarmıştır.

U-4, ahşap yapım sistemine yönelik yeni çıkan yönetmeliğin Avrupa standartlarında olduğunu dile getirmiştir. Deprem yönetmeliği ve diğer faktörlerden kaynaklanan üç kattan fazla ahşap yapı yapılamamasını eleştiren U-4, bu durumda ilerleyen süreçte değişmesi gerektiğini dile getirmiştir. Ahşap üzerinde alışlagelmiş ön yargıların kırılacağı ve ahşaba olan güvenin zamanla artacağından bahsetmiştir. Türkiye’deki yönetmeliklerin tasarım anlamında mimarları kısıtladığına değinen U-4, Kanada’da bu duruma ilişkin, yönetmeliklerde sınırlayıcılık olsa dahi tasarımcılardan gelen önerilere de açık olduklarını belirten ek maddeler bulunduğunu dile getirmiştir. Ahşap yapıların ekonomik olarak değerlendirmesine ilişkin ise;

Dünya genelinde, özellikle Avrupa ve Amerika’da, ahşap yapılar betonarme yapılara göre daha ekonomik bir seçenek olarak değerlendirilmektedir. Çünkü ahşap yapıların teşvik edilmesine yönelik devlet politikaları vardır. Devletler, bireysel kullanıcıları ahşap yapı tercih etmeleri yönünde desteklemekte, yapıların ahşap malzeme ile inşa edilmesi şartına bağlı olarak belirli oranlarda maddi destek sağlamaktadır.

ifadelerini kullanmıştır.

U-5, yeni çıkan yönetmeliğin henüz yayınlanmamış olmasından dolayı ve mevcut ahşap yapılarda da olası bir kaza olması durumunda, yaşanabilecek olumsuzluklara değinerek, bunun bir muhatabının bulunmadığını ifade etmiştir.

Ulusal ve uluslararası yapı yönetmeliklerine uygunluk açısından, doğrudan yurt dışından alınan verilerin kullanılması yerine bu verilerin malzeme ham maddesi ve depremle olan duruma ilişkin analizler yapıldıktan sonra revize edilerek

kullanılmasının doğru olduğunu savunun U-6, referans aldığımız yönetmeliklerin güncellenmesi gerektiğine dair toplantılar yapıldığına değinmiştir. U-6 ayrıca mimarların da bu gelişmeleri takip ederek yönetmeliklerdeki eksik noktaların tamamlanması gerektiğini belirtmiştir. Ekonomik anlamda ahşap hibrit sistemlere değinen U-6, ülkemizde sertifikalı endüstriyel ahşap ürünlerin seri üretiminin olmamasından dolayı ithal edilmesi gerektiğine değinmiştir. Bu noktada maliyet olarak dezavantajlı olduğunu, fakat doğru planlama yapıldığında üretim ve planlama süreçlerinin bunu tolere edilebilir duruma getirebileceğini de dile getirmiştir. Sürdürülebilirlik ve atık yönetimi göz önüne alındığında ise ahşabın karbon depolama gibi özelliklerinden dolayı avantajlı olduğunu, yapı ömrünü tamamlamış olsa dahi o yapıdan çıkarılan ahşap elemanların başka amaçlar için tekrar kullanılabilir durumda olduğuna vurgu yapmıştır. Türkiye’de henüz bir yöntem geliştirilemediğine dikkat çeken U-6 akademisyenler, uygulayıcılar ve üreticiler açısından izlenecek bir yol haritasının, kılavuzunun tam olarak bulunmadığına değinerek; birçok konuda çözüm üretilmediği, teşvik mekanizmalarının, destek programlarının ve uygulanabilir yöntemlerin olmadığına vurgu yapmıştır.

Beşinci bölüm için uzmanların görüşleri **Tablo 4.5**’teki gibi analiz edilmiştir.

Tablo 4.5: Yönetmelik ve ekonomik açıdan değerlendirmelerin analizi.

4.5. Yönetmelik ve Ekonomik Değerlendirmesi			Orman Endüstri Mühendisi		İnşaat Mühendisi		Mimar	
			U1	U4	U2	U3	U5	U6
Avantajlar	Mevcut Durum	Sınırlılıklar/ Zorluklar						
*Hızlı yapı üretimi ile maliyetlerin düşürülmesi	*Yeni ahşap yönetmeliğinin yeterli olması *Dengeli maliyetler	*Mevcut deprem yönetmeliğindeki sınırlılıklar *Yeni ahşap yönetmeliğinin anlaşılmasının zor olması	*Mevcut deprem yönetmeliğindeki sınırlılıklar *Ahşap yapılara yönelik ön yargılar					
-	*Uluslararası alanda ahşap yapılara yönelik teşviklerin bulunması *Uluslararası alanda ahşap yapılarda maliyetlerin düşük olması		*Mevcut deprem yönetmeliğindeki sınırlılıklar *Ahşap yapılara yönelik ön yargılar					
*Tasarım aşamasındaki doğru planlamayla maliyetlerin düşmesi	*Yeni ahşap yönetmeliği		*Teknik ekip yetersizliği *Bilirkişi eksikliği *Yetkili kontrol mercilerin bilgi eksikliği *Maliyetler konusundaki ön yargılar					
*Az iş gücü gereksinimi	*Uluslararası alanda ahşap yapılara yönelik teşvikler		*Yönetmeliklerin anlaşılmasının zor olması					
-	-		*Geçmiş dönemlerdeki yönetmelik eksikliği					
*Doğru üretim ve planlamanın süreci ile maliyetlerin düşmesi *Sürdürülebilirlik *Atık yönetimi olması *Bünyesinde karbon depolama	*Türkiye’de sertifikalı endüstriyel ahşap ürünlerin üretiminin olmaması *Türkiye’de üretici, uygulayıcı ve akademisyenler için yol haritasının bulunmaması		*Türkiye’nin endüstriyel ahşap ürünleri ithal ediyor olmasının maliyetleri yükseltmesi *Türkiye’de ahşap esaslı hibrit sistemlerde yöntem ve kılavuz eksikliği *Ulusal ölçekte teşvik ve destek eksikliği					

Tablo 4.5: (devam) Yönetmelik ve ekonomik açıdan değerlendirmelerin analizi.

		Orman Endüstri Mühendisi		İnşaat Mühendisi		Mimar	
		U1	U4	U2	U3	U5	U6
4.5. Yönetmelik ve Ekonomik Değerlendirmesi	Gereklilikler	-	*Mevcut deprem yönetmeliğinde yeni gelişmelere göre değişiklik yapılması	*Ahşap esaslı hibrit sistem uygulamalarının artması *Bilirkişilerin uygulama anlamında deneyim kazanması	*Tasarım aşamasında yönetmeliklere çok dikkat edilmesi *Uygulama aşamasında projenin esas alınması *Üç boyutlu detay ve çizimler *Kullanıcı odaklı kılavuz *Tasarım aşamasında disiplinler arası çalışma	-	*Yeni çıkan ahşap yönetmeliğinin Türkiye'ye özel analizlere göre yenilenmesi *Mimarların mevcut yönetmeliklerdeki eksikleri tamamlaması

Bu bölümde, orman endüstri mühendisleri mevcut deprem yönetmeliğinin ahşap yapılar açısından sınırlılıklarını; inşaat mühendisleri ise bilirkişi eksikliği, kontrol mercilerinin bilgi eksikliği ve yönetmeliklerin anlatım dilinin anlaşılmasından dolayı yaşanan zorlukları ifade etmişlerdir. Mimarlar ise yönetmelik eksikliğinin yanı sıra uygulamaya yönelik bir yapım kılavuzunun eksik olmasına ve ayrıca teşviklerin yetersizliğine vurgu yapmışlardır.

Yönetmelikler ve ekonomik koşullar açısından mevcut durumu değerlendiren uzmanlar, uluslararası alanda ahşap yapıların maliyetlerinin düşük olduğunu ve aynı zamanda ahşap yapılara teşviklerin bulunduğunu, Türkiye’de ise henüz yayınlanmış ahşap yönetmeliğinin yeni çıkmış olması durumunu, bu yönetmeliğin uygulamaya tam olarak yansımadığını ve teşviklerin sınırlı kaldığını belirtmişlerdir.

Uzmanlar bu sistemlerin, hızlı üretilebilir ve daha az iş gücü gerektirmesinden dolayı, doğru üretim süreçleri ve planlamalar ile maliyetlerin düşürülebileceğini belirtmişlerdir.

Orman endüstri mühendisleri ve mimarlar mevcut deprem yönetmeliğinin yeni gelişmeler doğrultusunda eksikliklerinin giderilmesi gerektiğine değinmişlerdir. İnşaat mühendisleri ise uygulamaların yaygınlaştırılmasının önemine değinmiş,

tasarım aşamasında yönetmeliklere ve projeye uygunluk ile disiplinler arası çalışma konusuna dikkat edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

4.6. Sürdürülebilirlik ve Kaynak Yönetimi

Röportajın bu bölümünde uzmanlar ahşap esaslı hibrit sistemlerin sürdürülebilirliklerine ve ahşap yapı sistemlerindeki kaynak yönetimine ilişkin görüşlerini belirtmişlerdir.

Ahşap yapıların sürdürülebilirliğine ilişkin U-1, Avrupa'nın ahşap yapıları yaygın şekilde kullanma nedeninin, ahşabın sürdürülebilir ve karbon ayak izi düşük bir yapı malzemesi oluşundan kaynaklı olduğunu dile getirmiştir. Ayrıca U-1, ahşabın karbon depoladığını ve bu sebeple de iklim değişikliği ile mücadelede betonun sağladığı %5'lik karbon emisyonunu tamamen ortadan kaldırabilecek bir yapı sistemi olduğundan bahsetmiştir. Ahşap malzemeye ilişkin kaynak yönetimini ise

Türkiye'deki ormanlar devlet denetimine bağlı olduğundan, devletin üreteceği politikalar önemli olmaktadır. Özellikle OGM, her yıl kullanılabilir orman alanlarının verimliliğini ve sayısını arttırmaya çalışıyor. Bu da sürdürülebilirliğin sağlanması açısından çok önemli bir husustur. Ayrıca kesilen ağaçların yerine yeni dikimlerin yapılması bu sürecin önemli bir parçasıdır. Bununla birlikte, bazı büyük firmaların kendi ormanlarını oluşturduğu ve ürettiği bazı plantasyon ormancılığı sistemleri de var. Yani bir alan alıyor, orman haline getiriyor, ağaçlandırıyor ve oradan elde edilen ürünleri kendi imalatlarında ve inşaatlarında kullanıyorlar. Bu yaklaşım, kaynak yönetimi açısından alternatif bir çözümdür.

sözleri ile dile getirmiştir. Ormanların sağlıklı bir şekilde büyüebilmesi için belirli dönemlerde belirli kesimler yapmanın da zorunluluk olduğunu dile getiren U-1, öngörülenin aksine ormanlık alanlarda azalmanın olmadığını dile getirmiştir.

U-2, ahşabı sürdürülebilirlik açısından değerlendirmiş ve yenilenebilir tek yapı malzemesi olarak öne çıkarmıştır. Çelik ve beton gibi yapı malzemelerinin üretim süreçlerinde yenilenemeyen ham maddelerden elde edildiğini dile getiren U-2, ahşap malzemenin çevresel açıdan daha avantajlı olduğunu vurgulamıştır. Türkiye'deki ormanların tamamına yakınının OGM'ye ait olduğunu hatırlatarak, kaynak yönetimi için devlet politikalarının belirleyici olduğunu vurgulamıştır. Kullanıma dayalı kaynak stoğuna ilişkin ise "Doğal ormanlar (İzmir'deki 500 yıllık zeytin ağacı gibi) endüstriyel kullanım için uygun değildir. Kullanılmakta olan plantasyon ormanları, işletilen, sadece endüstriyel bir madde, bir varlık olarak yetiştirilen ormanlardır. Türkiye'deki

mevcut orman varlığını tüketip hepsini ahşap yapı yapma gibi bir durum olamaz.” sözleri ile ifade etmiştir.

Kaynak yönetiminin sertifikalı ormanlardan elde edilmesi gerektiğini vurgulayan U-4, ahşabın sürdürülebilir bir malzeme olmasını,

Ahşap sürdürülebilir bir malzemedir. Türkiye’de ahşap ile ilgili yeni yönetmelik çıktıktan sonra kullanımı artacak, kamu kurum ve kuruluşlarında oldukça yaygın bir şekilde kullanılacaktır. Hedeflerimiz arasında ahşap esaslı okullar, camiler ve alışveriş merkezleri yapmak vardı. Bunların bazılarını yapabildik. Her şeyden önce ahşabın devlet tarafından tanınması, devletin hibrit yapılara yönlendirmesi, sonrasında bütün kamu ve kuruluşlarında uygulanması ve özel sektöre yol açılmasıyla sağlanacaktır. Sürdürülebilir bir geleneği olacaktır.

sözleri ile dile getirmiştir.

Sürdürülebilirliğin kaynak yönetimi ile başladığını dile getiren U-6, doğru plantasyon teknikleri ile orman varlığının doğru kullanımına dikkat çekmiştir. Ayrıca ahşap yapıların yaşam döngüsü süreçlerinde sürdürülebilir olduğunu belirtmiştir.

Altıncı bölüm için uzmanların görüşleri **Tablo 4.6**’da analiz edilmiştir.

Tablo 4.6: Sürdürülebilirlik ve kaynak yönetimi hakkındaki görüşlerin analizi.

		Orman Endüstri Mühendisi		İnşaat Mühendisi		Mimar	
		U1	U4	U2	U3	U5	U6
4.6. Sürdürülebilirlik ve Kaynak Yönetimi	Mevcut Durum/Sınırlılıklar	*Plantasyon ormanların varlığı	-	*Kaynak yönetiminde devlet politikaları	-	-	-
	Avantajlar	*Sürdürülebilirlik *Karbon ayak izinin düşük olması *Bünyesinde karbon depolaması	*Sürdürülebilirlik	*Sürdürülebilirlik	-	-	*Sürdürülebilirlik
	Gereklilikler	*Plantasyon ormanlarının planlamasının iyi yapılması	*Kaynak yönetiminin sertifikalı ormanlardan sağlanması *Teşvik politikaları	-	-	-	*Doğru orman plantasyonu

Bu bölümde uzmanlar, ahşap esaslı hibrit sistemlerin sürdürülebilirlik açısından sağladığı avantajlara ve bünyelerinde karbon depolama özelliklerine dikkat çekmişlerdir. Ayrıca bu sistemlerin çevresel faydalarının sürdürülebilir bir şekilde devam edebilmesi için, doğru kaynak yönetimi kapsamında plantasyon ormanlarının planlamasının yönetilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

4.7. Gelecek ve Teknolojik Entegrasyon

Röportajın yedinci bölümünde uzmanlar, ahşap esaslı hibrit sistemlere olan talebin daha yaygın hale gelebilmesi için yapılması gerekenler ve ayrıca ahşap esaslı hibrit

sistemlerin gelecekteki durumu ile teknolojik gelişmelerin bu sistemler üzerindeki etkilerine dair görüşlerini dile getirmişlerdir.

Ahşap yapılara giderek artan bir talep olduğunu dile getiren U-1, iklim değişikliği ile mücadele, depremler, güvenlik unsurları, göçler gibi olağandışı durumlarda hızlı çözümler sunmasından dolayı, ahşap esaslı hibrit sistemlerin uygun bir çözüm olduğunu dile getirmiştir. Ahşap yapıların teşvikler ile toplumsal olarak tanıtılması gerektiğine de değinen U-1, gerekli teknik personelin de yetiştirilmesi ile ahşap yapıların giderek artacağını ifade etmiştir. U-1, bu sistemlerin geleceğine dair;

Mimarların da belirttiği gibi geleceğin yapı malzemesi ahşaptır. Hatta geleceğin betonu ahşap olduğu vurgulanmaktadır. Dünyada yapı endüstrisinde bir devrim vardır. Bu devrimde, problemlerden ötürü alternatif malzemeler aranmakta ve bunun için en uygun çözümün ahşap olduğuna karar kılındıktan sonra ahşap yaygınlaşmaya devam etmektedir. Bu devrime ulusal ölçekte ne kadar dâhil olabilirsek o kadar daha hızla bütünleşmiş oluruz. Ama şu ana kadarki tüm endüstri devrimlerinde olduğu gibi dışarıdan bakıp sonrasında müdahil olmaya kalkarsak yine geç kalmış olacağız.

sözleri ile devam etmiştir. U-1 günümüzde, ahşap malzemelerin üretiminin fabrikalarda olması ve montajının modüler olarak yapılabilmesi nedeniyle ahşap yapı üretiminde ve montaj süreçlerinde yapay zekâ kullanımının aktif rol oynayabileceğine dikkat çekmiştir.

U-2, ahşap yapıların gelecekteki durumuna ilişkin, devlet teşviki ile kamu binalarından başlanarak hızlı sonuç alınabileceğine değinerek, teşvik politikalarının uygulanması gerekliliğini dile getirmiştir. Mevcut durumda, geçmişe göre ciddi yol alındığını söyleyen U-2, akademisyenlerin, uygulayıcı olarak çalışan mühendis ve mimarların, teknik personellerin daha çok bu sisteme sahip yapılar tasarlaması ve uygulaması ile ahşap yapılarda artış olacağını düşündüğünü belirtmiştir. Teknolojik gelişmelerin entegrasyonunda dair ise,

Fabrika süreçleri olduğu için üretimde, modüleriteye çok yakındır. Modülerite konusunda güçlü olduğu için bu türlü teknolojilerin üretim esnasında kullanımının yaygınlaşması daha kolaydır ve üretim kapasitesini arttırır. Daha teknolojik, daha insan elinin az değdiği bir şeyde daha verimli bir üretim süreci yaşanırsa bu da malzeme tedarikini hızlandıracağı için şantiye aşamasında ve uygulamaya da bir avantaj sağlar.

sözleri ile görüşlerini dile getirmiştir.

U-3, ahşap yapıların geleceğine dair yorumlarını, geçmişteki durumunu günümüz ile karşılaştırarak, çok yol alındığını, zaman içerisinde kamu kurumlarının tamamında

ahşap yapılara dair bilgi, birikim ve güvenin artacağına dair inancını dile getirmiştir. Büyük ölçekli yapılarda alışılmadık bir sistem olarak ahşabın uygulanmasına dair Konya'daki kütüphane örneğinde; "Konya'da büyük ölçekli bir ahşap yapı projesi olan kütüphanenin yapımını Konya Belediyesi destekledi. Projenin doğru uygulanmasından sorumluyduk. Ahşap bir projeyi tanıtırken ve inşa ederken hatalı yapılmaması çok önemlidir. Çünkü hatalı yapıldığında insanlar hatayı görünce yapım sistemine karşı ön yargılı bakabilirler." şeklinde görüşlerini bildirmiştir. Teknoloji ile ahşabın entegrasyonunda da ahşap malzemenin hazırlık sürecinin, robotik kollar gibi teknolojik donanımlı tesislerde yapılarak, üretim hızlarının artırılabilceğini dile getirmiştir.

Ahşap yapılara ilişkin geleceğe yönelik görüşlerini, insanların daha bireysel yaşamaya yönelmesi ile ifade etmeye başlayan U-4, "Pandemi süreci sonrasında bireylerin televizyon izleme oranlarının artması, şehirden uzaklaşma eğilimleri ve bireysel yaşam tercihleri doğrultusunda ahşap yapılara olan talebin arttığını görmekteyiz. Özellikle minimal ev (tiny house) olarak adlandırılan, tekerlekli ya da sabit formda, 30-40 m² büyüklüğündeki basit ahşap yapılar, arsa sahipleri için pratik yaşam alanları sunması bakımından dikkat çekmekte. Pandemi dönemindeyken geçici bir çözüm olarak görülen bu yapılar, şu anda Türkiye'de önde gelen bazı holdinglerin de ilgisini çekmeye başlamış, bu doğrultuda ahşap malzeme kullanılarak inşa edilmesi planlanan villa projelerinin hazırlandığı belirtilmektedir." sözleri ile özellikle de kısa vadedeki geleceğine dair yorumlarını dile getirmiştir. Ahşap yapıların teknoloji ile entegrasyonuna ilişkin ise U-4, firmalarında da birçok teknolojik ürün kullandıklarını, ham olarak gelen ahşabın sonuç ürün olarak makineler tarafından işlendiğini belirtmiştir. Ayrıca daha büyük açıklıklar geçmek gibi daha güncel yapı tasarımları için üniversiteler ile sürekli iletişim halinde olduklarını söyleyerek, ahşabın malzeme yönünden gelişimine yönelik çalıştıklarını ifade etmiştir.

U-5, Türkiye'de giderek artan sanayileşmenin, ahşap malzeme üretiminde de doğru orantılı olarak arttığına değinerek, ahşap yapı üretimi için kullanılacak olan malzemelerin teknolojik ekipmanlarla kesme ve oyma işlemlerinin yapıldığına değinmiştir.

Ahşap hibrit sistemlere olan taleplere ilişkin, bu talebin artmasında mimar ve mühendislerin konuya bakış açıları ile doğru orantılı olduğuna değinen U-6, bu sistemlerin yaygın hale getirilmesi için farklı disiplinlerden kişilerin bir araya

getirilerek çalışması ile artacağını belirtmiştir. Uluslararası anlamda, yapılarda çeşitli sertifikalandırma sistemlerinin bulunduğunu ve bu konuda sürdürülebilirliğin ön plana çıkarak bir yarış ortamına teşvik ettiğini belirten U-6, sürdürülebilirlik kapsamında ahşap sistemlerin tercih edilmesinin öneminden bahsederek kullanımının farkındalık oluşturduğuna değinmiştir. Ahşap sistemlere olan taleplerde araştırma-geliştirme faaliyetleriyle birlikte bilim insanlarının önerilerinin de önemli olduğuna değinmiştir. Ayrıca seri üretimin Türkiye’de başladığında deneyim anlamındaki eksikliklerin de zamanla aşabileceğini söylemiştir. Robotik kol ve yapay zekâ destekli araçların Orta Avrupa ülkelerinde CLT üretiminde kullanıldığını belirten U-6, ahşap sistemlerin teknolojik anlamda gelişmeye açık olduğu ve bu tür teknolojik sistemlerin de giderek artacağı şeklindeki düşüncelerini dile getirmiştir.

Yedinci bölüm için uzmanların görüşleri **Tablo 4.7**’deki gibi analiz edilmiştir.

Tablo 4.7: Gelecek ve teknolojik entegrasyon hakkındaki görüşlerin analizi.

4.7. Gelecek ve Teknolojik Entegrasyon			Orman Endüstri Mühendisi		İnşaat Mühendisi		Mimar	
			U1	U4	U2	U3	U5	U6
Avantajlar	Gelecekteki Durum	Mevcut Durum	* Ahşap yapı üretiminde ve montajında yapay zekâ kullanımı * Geleceğin malzemesinin ahşap olması * Yeni projelerle yaygınlaşması * Devlet teşvikleriyle yapılan kamu binaları uygulamalarının hızlı sonuç verabilmesi * Uygulayıcıların ve teknik personellerin uygulamaları artırması ile yaygınlaşma * Üretimde teknoloji gelişiminin verimliliği artırabileceği * Kamu kurumlarındaki bilgi ve güvenin artması * Üretim aşamasında robotik kol kullanımı - * Üretimde makineleşme * Sürdürülebilir yapısıyla teşvik edici olması	* Ahşap yapılarla giderek artan talep * Yapı endüstrisinde devrim * Pandemiyle gelen bireysel yaşam isteginin ahşap yapılara yönelimi artırması * Yeni büyük projelerin hazırlık aşamasında olması	* Ciddi bir yol alınmış olması	* Ciddi bir yol alınmış olması	* Türkiye’de artan sanayileşmeyle doğru orantılı giden ahşap malzeme üretiminde de artış	* Uluslararası alanda yapılarda sertifikalandırma uygulamaları
* Olağandışı durumlarda hızlı								
* Üretimde makineleşme								
* Geniş açıklık geçebilme								
* Verimli üretim süreci ile malzeme tedariğini hızlandırması								

Tablo 4.7: (devam) Gelecek ve teknolojik entegrasyon hakkındaki görüşlerin analizi.

		Orman Endüstri Mühendisi		İnşaat Mühendisi		Mimar	
		U1	U4	U2	U3	U5	U6
4.7. Gelecek ve Teknolojik Entegrasyon	Avantajlar	*Fabrikada üretim yapılabilmesi *Montajın modüler yapılabilmesi	-	-	-	-	*Uluslararası alanda CLT üretiminde robotik kol ve yapay zekâ kullanımı
	Gereklilikler	*Teşviklerle topluma tanıtılması *Teknik personel	-	*Teşvik politikaları	-	-	*Disiplinler arası çalışma *Araştırma-geliştirme faaliyetleri ve bilim insanlarının katkıları

Uzmanlar ahşap esaslı hibrit sistemlerin mevcut durumu hakkında uluslararası anlamda bu sistemlere yönelik talebin arttığını, Türkiye’de ise bu konuda atılan adımlarla ciddi bir yol alındığını ifade etmişlerdir. Orman endüstri mühendisleri, gelecekte ahşabın yapı sektöründe daha yaygın bir kullanım alanı bulacağı yönünde görüş bildirmiştir. İnşaat mühendisleri, teşviklerin sağlanması ve uygulamaların yaygınlaştırılmasıyla birlikte, sektör genelinde bilgi düzeyinin artacağı ve güven inşa edileceği yönünde değerlendirmelerde bulunmuşlardır. Mimarlar ise seri üretim süreçlerinin deneyim eksikliklerini kapatacağını ve bu süreçlerin teknolojik gelişmeleri de artıracığını ifade etmişlerdir. Uzmanlar genel olarak üretim süreçlerinde makineleşmenin sağladığı avantajlar konusunda ortak fikir beyan etmişlerdir. Ayrıca, orman mühendisleri ve inşaat mühendisleri teşvik politikalarının gerekliliği üzerinde dururken; mimarlar, araştırma-geliştirme çalışmalarının desteklenmesi, bilim insanlarının katkılarının değerlendirilmesi ve disiplinler arası iş birliklerinin artırılmasının gerekliliğini vurgulamışlardır.

Uzman görüşleri, literatürde vurgulanan hibrit sistemlerin, kısa inşaat süresi, düşük iş gücü gereksinimi, çevre dostu yapı üretimi olanakları ve bağlantı detayları ile maliyetleri düşürebilme potansiyelini desteklemiştir. Ayrıca Türkiye özelinde hibrit sistemlerin yaygınlaşmasının da maliyetlere olumlu etkide bulunacağını belirtmişlerdir. Literatürde maliyetle ilişkili olarak dikkat çekilen bir nokta, hibrit sistemlerin gerektirdiği çok disiplinli yaklaşımın doğru bir şekilde yürütülmesinin maliyet etkinliğini doğrudan etkilediğidir. Uzmanlar da bu konu kapsamında benzer görüşleri bildirmiş, detaylı planlama ve ön üretim süreçlerinin kritik rolüne vurgu yapmışlardır. Bununla birlikte, Türkiye’deki yapı sektöründe yaşanan bilgi ve eğitim eksikliklerinin uygulama engellerine de değinmişlerdir. Uzman görüşlerine yönelik genel bulgular **Tablo 4.8**’de sunulmaktadır.

Tablo 4.8: Uzman görüşlerinden elde edilen genel bulgular.

Ahşap Esaslı Hibrit Sistemler	Sınırlılıklar ve Zorluklar	Avantajlar
Genel Görüşler	*Yönetmelikler *Ön yargılar *Malzeme Üretimi *Araştırmacı eksikliği	*Tasarım esnekliği *Sürdürülebilirlik *Deprem dayanımı *Rijitlik *Hafiflik *Hızlı üretim *Geniş açıklık *Yüksek Yapılaşma *Kolay inşa
Tasarım ve Uygulama Süreçleri	*Malzeme entegrasyonu *Bilgi eksikliği *Teknik ekip eksikliği *İletişim eksikliği *Bağlantı detayları *Çok disiplinli yaklaşım	*Deprem dayanımı *Hızlı üretim
Kullanım Alanları ve Avantajlar	*Çok fonksiyonlu *Yüksek yapılar	*Olumlu psikolojik etki *Dayanım *Estetiklik
Deprem Performansı ve Dayanıklılık	*Yönetmelikler *Bağlantı detayları	*Süneklik *Deprem dayanımı *Yapısal bütünlük *Hafiflik
Yönetmelik ve Ekonomik Değerlendirme	*Yönetmelikler *Maliyetlere ön yargı *Ulusal teşvik eksikliği	*Hızlı üretim *Doğru planlama *Az iş gücü
Sürdürülebilirlik ve Kaynak Yönetimi	*Kaynak yönetimi	*Sürdürülebilirlik
Gelecek ve Teknolojik Entegrasyon	*Teşvikler *Araştırmalar	*Sürdürülebilirlik *Makineleşme

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gelişen teknoloji ve artan nüfus ile birlikte, ahşap yapı uygulamaları zamanla gelişerek yüksek yapılarda uygulanabilir hale gelmiştir. Özellikle günümüzde iklim değişikliğinden dolayı doğal malzemelere olan ilginin artması, ahşabın ön plana çıkmasına neden olmuştur. Bunun yanı sıra malzeme eksikliklerinin giderilmesiyle birlikte ahşap, beton ve çelik gibi çağdaş yapı malzemeleriyle birleşerek hibrit yapı sistemlerinin oluşturulmasına zemin hazırlamıştır.

Türkiye’deki geleneksel ahşap yapılar incelendiğinde, hibrit yapı uygulamalarının bir parçası olarak temellerinde ve duvarlarında farklı yerel malzemelerin kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmada, Türkiye’de uygulanmış geleneksel ve çağdaş ahşap yapı sistemleri, gelişim süreçleri açısından incelenmiştir. Ayrıca geleneksel ahşap sistemler ile çağdaş ahşap sistemler arasında güçlü bir bağ olduğu tespit edilmiş, çağdaş ahşap sistemin tasarımına geçmeden önce geleneksel sistemin iyi bir şekilde kavranılması gerekliliği gözlenmiştir. Her iki sistemin farklı malzemelerle nasıl entegre oldukları, uygulama detayları ile birlikte incelenmiş ve bu süreçte gösterdikleri gelişim ile hibritleşme eğilimleri ortaya konulmuştur. Ayrıca, sistemler somut örnekler üzerinden desteklenerek değerlendirilmiştir.

Ahşap, özellikle depreme dayanıklı bir malzeme olarak, yüksek yapı kullanımları için önemli olmaktadır. Bu bağlamda, çalışmada da vurgulandığı gibi ahşap hibrit yapı sistemlerindeki bağlantı detaylarına yönelik birçok deneysel çalışma yapılmakta ve bu çalışmalardan olumlu sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Bu nedenle, deprem bölgesinde yer alan Türkiye’de, ahşap yapıların kullanımının yaygınlaşması gerekliliği ortaya çıkmıştır. 6 Şubat 2023 depremleri sonrası, Türkiye’de de ahşap hibrit yapılar üzerine çeşitli deneysel çalışmalar yapılmış olup, ahşap yapıların yaygınlaşması için OGM öncülüğünde, depremden etkilenen illerde ahşap yapı uygulamaları üzerine projeler geliştirilmiş ve uygulamalara başlanmıştır. Ayrıca ahşap yapıların daha geniş çapta kullanılması için orman alanlarında sertifikalandırma çalışmalarına devam edilmektedir.

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği’nde yer alan ahşap yapılardaki uygulamalar incelendiğinde, malzeme özelinde genel olarak kontrplak, OSB, yonga levha ve masif ahşap gibi malzemelerin detaylı şekilde ele alındığı, ancak endüstriyel ahşap

malzemeleriyle ilgili yeterli detaylandırmanın bulunmadığı görülmektedir. Yönetmelikte yalnızca laminasyonlu ahşap, malzeme olarak dâhil edilmiştir. Ayrıca, bağlantı elemanları açısından yapılan değerlendirmede, vida ve çivi gibi elemanlara detaylı bir şekilde yer verilirken, diğer yenilikçi bağlantı elemanları olan levhalar ve ankrajlar gibi elemanlar hakkında bilgilerin az olduğu tespit edilmiştir. Yönetmelikteki ahşap yapı sistemleri incelendiğinde, ağırlıklı olarak geleneksel ahşap yapı sistemlerine odaklanıldığı, çağdaş ahşap yapı sistemlerine ise açıkça yer verilmediği gözlemlenmiştir. Bu durum, günümüz yapı sektöründe yönetmeliklerin geliştirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Türkiye'nin deprem kuşağında yer aldığı göz önüne alındığında, deprem yönetmeliğinin güncel ve kapsamlı olması önemlidir. Bu doğrultuda, ahşap yapılar özelinde deprem yönetmeliğinde gerekli düzenlemelerin yapılması ve çağdaş ahşap yapı sistemleri ile uygulamalarını içeren ayrı bir kılavuzun oluşturulması gerekliliği de ayrı bir öneme sahiptir.

Türkiye'de yeni yürürlüğe giren, "Ahşap Binaların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik" ahşap yapıların hibrit uygulamalarına olanak tanırken, yüksek ahşap yapı tasarımlarına ve tarihi yapılarda güçlendirme, onarım gibi uygulamalara esaslar kapsamında yer verilmemektedir. Ayrıca deprem bölgelerinde uygulanacak olan ahşap hibrit yapılar Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne tabii tutulmaktadır. Bu durum, yönetmeliğin yüksek ahşap yapı uygulamaları için kısıtlayıcı olduğunu göstermektedir. Ayrıca ahşap hibrit yapı uygulamaları için henüz güncellenmemiş olan deprem yönetmeliğinin, ilerleyen süreçte Türkiye'deki ahşap esaslı hibrit sistemlerle inşa edilecek olan yapılar için geliştirilmesi gerekliliği öngörülmektedir.

Türkiye'deki mevcut yönetmeliklerdeki kısıtlamalar göz önüne alındığında, uluslararası ölçekte yapı sektöründe kaydedilen ilerlemelerin karşısında ulusal ölçekte geri kalma riski söz konusu olmaktadır.

Ahşap yapı uygulamalarının yaygın şekilde uygulandığı birçok ülkede, belirli standartlara dayalı sistem ve uygulamalar mevcuttur. Uluslararası standartların, yapıların tüm aşamaları ve malzemeleri için ayrı ayrı detaylandırıldığı, tasarım sürecinde belirli prosedürlere tabi tutuldukları görülmüştür. Ayrıca küresel iklim kriziyle mücadele kapsamında, inşaat sektöründe karbon ayak izini ve fosil yakıt kullanımını azaltmaya yönelik politikalar benimsenmekte, düşük karbon salınımına sahip ve enerji verimliliği yüksek malzemelerin kullanımına öncelik verilmektedir. Bu

çerçevede, doğal malzemelere yönelim artarken, ahşap yapı malzemelerinin kullanımını teşvik eden çeşitli düzenlemeler ve politikalar uygulanmaktadır. Türkiye'nin ise ahşap yapı sistemlerine yönelik standartlarını geliştirmesi ve bu alandaki politikalarını güçlendirmesi gerekmektedir.

Bu çalışma kapsamında, literatürdeki mevcut çalışmaların yanı sıra ahşap esaslı hibrit yapıların yapı sektöründeki yeri, geleceği ve yapısal alandaki güncel sorunları üzerine altı uzmandan görüş alınmıştır. Uzman değerlendirmeleri sonucunda elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

- “Ahşap Esaslı Hibrit Sistemler Hakkında Genel Görüşler” başlığı altında; hibrit sistemlerin yüksek katlı yapı ihtiyacı ve mevcut yönetmeliklerin sınırlamaları doğrultusunda zorunlu ve yaygın bir çözüm haline geldiği, geleneksel ahşap yapı bilgisiyle çağdaş teknolojilerin entegrasyonunun giderek daha fazla önem kazandığı, malzeme çeşitliliği ile sağlanan esneklik ve sürdürülebilirlik avantajlarının öne çıktığı, ayrıca bu sistemlerin yaygınlaşması için tasarım, üretim ve mevzuat alanlarında çok disiplinli ve yapısal bir dönüşüme ihtiyaç duyulduğu sonucuna varılmıştır.
- “Tasarım ve Uygulama Süreçleri” başlığı altında; ahşap esaslı hibrit sistemlerin uygulanabilirliği için teknik yeterlilik, disiplinler arası koordinasyon, detaylı ön planlama ve üretim süreci entegrasyonunun kritik öneme sahip olduğu, sektördeki bilgi ve eğitim eksikliklerinin ciddi uygulama engelleri oluşturduğu, ayrıca malzeme uyumu ve bağlantı detayları gibi konuların sistem başarısını belirleyen temel faktörler olduğu ifade edilmiştir.
- “Kullanım Alanları ve Avantajlar” başlığı altında; ahşap esaslı hibrit sistemlerin, çok katlı yapılardan kamu binalarına kadar geniş bir alanda kullanılabildiği, özellikle sağlık, eğitim ve afet sonrası yapılar gibi kullanıcı konforunun yüksek önem taşıdığı alanlarda ön plana çıktığı, bu sistemlerin psikolojik ve fizyolojik etkiler açısından olumlu sonuçlar doğurabileceği, estetik algısının ise yapısal çözümler ve malzemenin görünürlüğü derecesine bağlı olarak değişkenlik gösterdiği bulguları elde edilmiştir.
- “Deprem Performansı ve Dayanıklılık” başlığı altında; ahşap esaslı hibrit sistemlerin depreme karşı yüksek performans gösterdiği, sünekliği, hafifliği ve enerji sönmüleme kapasitesi ile yapı güvenliğini artırdığı, özellikle bağlantı detaylarının sismik dayanımda belirleyici unsur olduğu, yapısal bütünlüğün korunmasında ahşabın avantaj sağladığı, fakat bu performansın hayata geçirilebilmesi için mevcut

yönetmeliklerin geliştirilmesi, yerel malzemelere uygun standartların oluşturulması ve disiplinler arası tasarım yaklaşımının benimsenmesi gerekliliği vurgulanmıştır.

- “Yönetmelik ve Ekonomik Değerlendirmesi” başlığı altında; Türkiye’de ahşap esaslı hibrit sistemlere yönelik yönetmeliklerin, uluslararası standartlarla uyumlu şekilde gelişmekte olduğu, ancak deprem yönetmeliği başta olmak üzere bazı yasal kısıtlamaların sektördeki ilerlemeyi de kısıtladığı, uygulayıcı ve denetleyici birimlerin bilgi eksikliğinin süreci zorlaştırdığı belirtilmiştir. Ekonomik açıdan, ahşap yapıların başlangıçta yüksek maliyetli olarak algılsa da hızlı üretim, düşük iş gücü ihtiyacı ve sürdürülebilirlik gibi avantajlarıyla uzun vadede maliyet açısından olumlu etkiler oluşturduğu öne çıkmıştır.
- “Sürdürülebilirlik ve Kaynak Yönetimi” başlığı altında; ahşap esaslı hibrit sistemlerin yenilenebilir ve karbon depolayan yapısıyla çevresel sürdürülebilirlik açısından güçlü bir alternatif sunduğu, kaynak yönetiminde ise devlet politikaları ve plantasyon ormancılığı süreçlerinin belirleyici olduğu ayrıca sürdürülebilir yapılaşmanın yalnızca teknik değil aynı zamanda stratejik planlama ve kamu-özel iş birliği ile desteklenmesi gerektiği vurgulanmıştır.
- “Gelecek ve Teknolojik Entegrasyon” başlığı altında; ahşap esaslı hibrit sistemlerin iklim krizi, afet yönetimi gibi faktörlerle birlikte yapı sektöründe yükselen bir alternatif haline geldiği, üretim, tasarım ve uygulama süreçlerinde robotik teknolojiler, yapay zekâ ve modüler sistemlerin entegrasyonu ile hızlı, verimli ve sürdürülebilir çözümler sunabileceği, bu dönüşümün sağlanabilmesi için devlet teşvikleri, disiplinler arası iş birlikleri ve farkındalık çalışmalarının önemli rol oynadığı ifade edilmiştir.

Bu çalışma kapsamında, uzman görüşlerinden elde edilen bulgular ve literatür taramaları sonucunda, Türkiye’deki geleneksel ahşap yapı sistemleri ve uygulamaları ile çağdaş ahşap sistemler irdelenmiş, geçmişte ahşabın yapılarda farklı malzemelerle hibrit uygulandığı tespit edilmiştir.

Türkiye’nin geniş bir alana yayılan coğrafyası ve farklı iklim koşulları, çeşitli bitkisel örtüleri ve ağaç türlerini oluşturmaktadır. Bu nedenle, ahşap bazlı ürünlerin üretimleri için yerel coğrafya önemli olmakta ve hem ürün üretimi hem de yapısal sistemler için her bölgeye özel kılavuzların geliştirilmesi gerektiği düşünülmektedir. Bu farklılık, geleneksel ahşap yapıların bölgesel dağılımına göre kullanılan malzeme ve sistemlere yansımaktadır. Günümüzde ise artan nüfusun getirdiği yeni yapılaşma ihtiyacı

doğrultusunda, geniş açıklıklı ve yüksek yapıların inşasıyla birlikte ahşap malzemenin bu dönüşüme uyum sağladığı ve çağdaş yapı sistemleriyle birlikte uygulanarak ahşap esaslı hibrit sistemler olarak üretilip, yaygınlaşmaya başladığı görülmüştür.

Tez çalışması, Türkiye'nin küresel ölçekte yaşanan dönüşüme uyum sağlaması gerektiğini ve mevcut yapı sistemlerinden, daha çevreye duyarlı ve verimli sistemlere geçiş yapılması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Uzman görüşleri doğrultusunda yapılan değerlendirmeler, mevcut yapılaşma anlayışının hem deprem riski hem de iklim değişikliği bağlamında yetersiz kaldığını göstermektedir. Bu kapsamda, enerji etkin, sürdürülebilir ve çok disiplinli yaklaşımlarla geliştirilen ahşap esaslı hibrit yapı sistemlerinin Türkiye'de yaygınlaşması artık bir tercih değil, stratejik bir gerekliliktir. Bu çalışmanın, sağladığı bulgu ve analizlerle gelecekteki araştırmalara katkı sağlayarak bu alanda bir temel oluşturma potansiyeline sahip olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Özşahin B., (2021), “Tall Timber Buildings/Ahşap Yüksek Yapılar”, International Online Conferences on Engineering and Natural Sciences (IOCENS’21), 213-232, Gümüşhane, Türkiye, 5-7 Temmuz.
- [2] Şişman M.E., Balaban Ökten B., (2023), “Yapı Sektöründe Ahşap Teşvik Politikaları ve Etkileri”, Bâb Mimarlık ve Tasarım Dergisi, 4 (Özel Sayı), 48-64.
- [3] Khorasani Y., (2011), “Feasibility Study Of Hybrid Wood Steel Structures”, Yüksek Lisans Tezi, University of British Columbia.
- [4] Creswell J.W., (2017), “Nitel Araştırmacılar için 30 Temel Beceri”, 1. Baskı, Anı Yayıncılık.
- [5] Tomaselli V., Cantone G. G., (2020), “Evaluating a hybrid one-staged snowball sampling through bootstrap method on a simulated population”, Societa Italiana di Statistica, 1284-1289, Pisa, İtalia, 23-25 June.
- [6] Naderifar M., Goli H., Ghaljaie F., (2017), “Snowball Sampling: A Purposeful Method of Sampling in Qualitative Research”, Strides in Development of Medical Education, 14(3), 1-4.
- [7] Dragan, I.-M., Isaic-Maniu, A. (2022), “An Original Solution for Completing Research through Snowball Sampling—Handicapping Method”, Advances in Applied Sociology, 12, 729-746.
- [8] Atkinson R., Flint J., (2001), “Accessing Hidden and Hard-to-Reach Populations: Snowball Research Strategies”, Social Research Update, 33, 1-4.
- [9] Souaid C., Ten Caat P. N., Meijer A., Visscher H., (2024), “Downsizing And The Use Of Timber As Embodied Carbon Reduction Strategies For New-Build Housing: A Partial Life Cycle Assessment”, Building and Environment, 253, 111285.
- [10] Roithner C., Cencic O., Honic M., Rechberger H., (2022), “Recyclability Assessment At The Building Design Stage Based On Statistical Entropy: A Case Study On Timber And Concrete Building”, Resources, Conservation & Recycling, 184, 106407.
- [11] David M. N., Miguel R. S., Ignacio P. Z., (2024), “Timber Structures Designed For Disassembly: A Cornerstone For Sustainability In 21st Century Construction”, Journal of Building Engineering, 96, 110619.
- [12] Balasbaneh A.T., Marsono A.K., (2018), “New residential construction building and composite post and beam structure toward global warming mitigation,”, Environmental Progress & Sustainable Energy, 37(4), 1394-1402

- [13] Casagrande D., Sinito E., Izzi M., Pasetto G., Polastri A., (2021), “Structural Performance Of A Hybrid Timber Wall System For Emergency Housing Facilities”, *Journal of Building Engineering*, 33, 101566.
- [14] Ottenhaus L.M., Yan Z., Brandner R., Leardini P., Fink G., Jockwer R., (2023), “Design For Adaptability, Disassembly And Reuse – A Review Of Reversible Timber Connection Systems”, *Construction and Building Materials*, 400, 132823.
- [15] Grönquist P., Wood D., Hassani M.M., Wittel F.K., Menges A., Rüggeberg M., (2019), “Analysis Of Hygroscopic Self-Shaping Wood At Large Scale For Curved Mass Timber Structures”, *Applied Sciences And Engineering*, 5, 9.
- [16] Shulman S., Loss C., (2023), “High-performance grout-reinforced shear connectors for hybrid steel-cross-laminated timber building systems: Experimental study”, *Journal of Building Engineering*, 67, 106014.
- [17] Li Z., Wang Z., He M., Shu Z., (2023), “Direct displacement-based design of steel-timber hybrid structure with separated gravity and lateral resisting systems”, *Journal of Building Engineering*, 69, 106216.
- [18] Chen J., Xiong H., Ventura C.E., (2021), “Non-linear simplified models for seismic response estimation of a novel tall timber-concrete hybrid structural system”, *Engineering Structures*, 229, 111635.
- [19] Tesfamariam S., Goda K., (2022), “Risk assessment of CLT-RC hybrid building: Consideration of earthquake types and aftershocks for Vancouver, British Columbia”, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 156, 107240.
- [20] Bilici S., (2006), “Ahşap Konut Üretim Sistemleri; Almanya Örneği”, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi.
- [21] Avlar E., (1995), “Türkiye’deki Konut Açığının Giderilebilmesinde Ön yapımlı Ahşap Konut Üretiminin Uygulanabilirliği Yönünde Bir Model Araştırması (Bursa Örneği).”, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.
- [22] Akşar S., (2022), “Geleneksel ve Çağdaş Ahşap Yapıların Yaşam Döngüsü Değerlendirmesinin Karşılaştırmalı Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.
- [23] Yılmaz S., (2020), “Doğu Karadeniz Bölgesi Kırsal Turizm Tesisleri İçin Yapım Sistemi Önerisi: Yapay Çentikli Ahşap-Beton Kompozit Sistem”, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- [24] Şakar G., Çelik H.K., (2021), “Solutions Of Solid Timber And Glulam Bridge Example With Different Approaches In Turkey”, *European Journal Of Technic*, 11(1), 13-18.
- [25] Şentürk H., (2019), “21. Yüzyılda Üretilen Çok Katlı Ahşap Yapıların Yapım Sürecinin Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.

- [26] Yaygir B., (2023), “Yüksek Ahşap Yapılarda Yangın Güvenliğine Yönelik Bir Model Önerisi”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.
- [27] Yürekli D., (2023), “Çapraz Lamine Ahşap Çok Katlı Konutların Türkiye Koşullarında Üretimi İçin Bir Model Önerisi”, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi.
- [28] Akyıldız B., (2022), “Çağdaş Ahşap Hibrit Sistemlerin Yapı Biyolojisi Bağlamında İrdelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi
- [29] Barış R., (2022), “Modern Ahşap Hibrit Yapı Teknolojisi Ve Uygulama Örnekleri”, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi.
- [30] Duru M.O., Koç İ., (2022), “Ekolojik Bir Malzeme Olarak Ahşabın Konut Üretiminde Kullanımının Önemi Üzerine Bir Araştırma”, In: Dal M., Sandal Erzurumlu G., “Mimarlık, Planlama ve Tasarımda Güncel Araştırmalar”, Gece Kitaplığı.
- [31] Web 1, (2023), <https://www.youtube.com/watch?v=ZQnCo2Bp1lw&t=375s>, (Erişim Tarihi: 09/01/2025).
- [32] Şirikçi T., (2021), “The Effect of Wood on Japanese Architecture: The Sample of The Horyu-Ji Temple”, 4th International Conference of Contemporary Affairs in Architecture and Urbanism (ICCAUA2021), 4(1), Girne, Kıbrıs.
- [33] Web 2, (2024), https://tr.wikipedia.org/wiki/B%C3%BCy%C3%BCkada_Rum_Yetimhanesi, (Erişim Tarihi: 08/12/2024).
- [34] Web 3, (2021), <https://www.aa.com.tr/tr/kultur-sanat/buyukada-rum-yetimhanesinin-kaderi-farkli-gorus-ve-sponsorlarla-belirlenecek/2346853>, (Erişim Tarihi: 08/12/2024).
- [35] Saydamer A., (2014), “Türkiye’deki Geleneksel Ahşap Yapılarda Kullanılan Taşıyıcı Sistemlerin İrdelenmesi ve Bursa Örneği”, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi.
- [36] Çalışkan Ö., Meriç E., Yüncüler M., (2019), “Ahşap ve Ahşap Yapıların Dünyü, Bugünü ve Yarını”, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 6(1), 109–118.
- [37] Çelik H.K., Şakar G., (2022), “Geçmişin ve Geleceğin Yapı Malzemesi Olarak Ahşap: Yapı Mühendisliği Çerçevesinde Bir İnceleme”, European Journal of Science and Technology, 36, 298-304.
- [38] Avlar E., (2021), “Ahşabın Yapıda Kullanım Olanakları”, Yapı, 467 (0), 42–49.
- [39] Godonou P., (2022), “Structural Aspects of Timber Construction”, In: Swedish Wood (Ed.), “Design of Timber Structures – Volume 1”, Swedish Wood.

- [40] Tavşan C., Şahiner Tufan A., Tavşan F., (2022), “Ekolojik Malzeme Olan Ahşapla Yapılan Çok Katlı Yapılar”, Kocaeli Üniversitesi Mimarlık ve Yaşam Dergisi, 7(1), 291-309.
- [41] Barış R. Gür N.V., (2021), “Ahşap Yapı Üretiminde Cephe Kuruluşunun Değerlendirilmesi”, Artium, 9(2), 47-67.
- [42] Falk A., (2013), “Timber-Based Material Hybrid Systems for Improved Environmental Performance”, IASS Symposium 2013 – Beyond the Limits of Man, 1–10, Wroclaw, Poland, 23–27 September.
- [43] Yürekli D., Yılmaz Karaman Ö., (2023), “CLT Panel ile İnşa Edilen Çok Katlı Konutların Yapım Ve Çevresel Koşullar Bağlamında Analizi”, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, 31(3), 760-774.
- [44] Andersson T., Hammarberg L., (2015), “Consequences of Implementing Timber in Medium High-Rise Office Buildings”, Yüksek Lisans Tezi, Chalmers University of Technology.
- [45] Salvadori V., (2017), “The Development of a Tall Wood Building”, Yüksek Lisans Tezi, Vienna University of Technology.
- [46] Schober K.U., Tannert T., (2016), “Hybrid connections for timber structures”, European Journal of Wood and Wood Products, 74(3), 369-377.
- [47] Ceylan A., Canan Girgin Z., (2014), “Earthquake Resistant Design And Sustainability Through Wooden Composites In Multi-Storey Structures”, Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 1-7, İstanbul, 26-30 Mayıs.
- [48] Moerman B., Li M., Palermo A., Liu A., (2021), “Self-drilling dowel connections for ductile link beams in coupled CLT walls”, NZSEE 2021 Annual Conference, 50, New Zeland
- [49] Web 4, (2020), <https://mtcsolutions.com/resources/tech-blogs/designing-with-internal-knife-plates/>, (Erişim Tarihi: 08/12/2024).
- [50] Ceylan A., Canan Girgin Z., (2022), “Deprem Bölgelerinde Çapraz Lamine Ahşap (CLT) Panel Kullanımının Yapı Uygulamaları Üzerinden İncelenmesi”, 18. Türkiye İnşaat Mühendisliği Teknik Kongre ve Sergisi, 251-265, İstanbul, TR, 7-9 Kasım
- [51] González-Retamal M., Forcael E., Saelzer-Fuica G., Vargas-Mosqueda M., (2022), “From Trees to Skyscrapers: Holistic Review of the Advances and Limitations of Multi-Storey Timber Buildings”, Buildings, 12 (8), 1263.
- [52] Žegarac Leskovar V., Premrov M., (2021), “A Review of Architectural and Structural Design Typologies of Multi-Storey Timber Buildings in Europe”, Forests, 12 (6), 757.
- [53] Tsuda K., Aljuhmani A. G., Minegishi A., Goto Y., Maeda M., (2023), “A Workability and Sustainability Assessment of Multi-Storey Earthquake-Resistant

Timber Building”, 13th World Conference on Timber Engineering (WCTE 2023), 4286–4294, Oslo, Norway, 19–22 June.

[54] Gül N., (2019), “Article Info An Investigation of the Contemporary Wooden Construction Systems Usage in Multi-Storey Buildings: The Tree Corresponding”, Urban Academy | Rewieved Journal of Urban Culture and Management, (12)1, 1-14

[55] Web 5, (2015), <https://urbannext.net/treet/>, (Erişim Tarihi: 21/02/2025).

[56] Web 6, (2014), https://www.archdaily.com/478633/tamedia-office-building-shigeru-ban-architects?ad_source=search&ad_medium=projects_tab, (Erişim Tarihi: 13/01/2025).

[57] Web 7, (2014), <https://www.world-architects.com/en/architecture-news/products/tamedias-timber-structure?utm>, (Erişim Tarihi: 13/01/2025).

[58] Web8, (2020), https://www.archdaily.com/934374/mjostarnet-the-tower-of-lake-mjosa-voll-arkitekter?ad_source=search&ad_medium=projects_tab, (Erişim Tarihi: 13/01/2025).

[59] Web 9, (2023), <https://www.ekoyapidergisi.org/dunyanin-ilk-gercek-ahsap-gokdelenlerinden-biri>, (Erişim Tarihi: 13/01/2025).

[60] Web 10, (2019), https://vollark.no/portfolio_page/mjostarnet/, (Erişim Tarihi: 14/01/2025).

[61] Abrahamsen R., (2017), “Mjøstårnet-Construction of an 81 m tall timber building”, 23. Internationales Holzbau-Forum (IHF), 3-23, Garmisch, Partenkirchen, DE, 06-08 Aralık

[62] Web 11, (2024), <https://www.aa.com.tr/tr/gundem/orman-genel-mudurlugu-deprem-bolgesinde-cevre-dostu-lojman-ve-idari-bina-insa-ediyor/3385764>, (Erişim Tarihi: 27/01/2025).

[63] Web 12, (2023), <https://www.undp.org/tr/turkiye/projects/turkiyede-dusuk-maliyetli-enerji-verimli-ahsap-binalarin-tesvik-edilmesi-projesi>, (Erişim Tarihi: 09/01/2025).

[64] Web 13, (2024), <https://www.ogm.gov.tr/sertifikasyon/orman-genel-mudurlugu-sertifikasyon-calismalari>, (Erişim Tarihi: 11/01/2025).

[65] Web 14, (2025), <https://www.naswood.com.tr/proje/avcilar-istanbul-buyuksehir-belediyesi-sosyal-tesisleri/>, (Erişim Tarihi: 13/01/2025).

[66] Web 15, (2008), <https://www.hassa.com.tr/proje/nevmekan-sahil>, Erişim Tarihi: 13/01/2025).

[67] Web 16, (2025), <https://www.uskudar.bel.tr/tr/main/pages/nevmekan-sahil/496>, (Erişim Tarihi: 13/01/2025).

- [68] Web 17, (2020), https://www.youtube.com/watch?v=I3oPrrL6B_I, (Erişim Tarihi: 12/01/2025).
- [69] Web 18, (2021), <https://www.youtube.com/watch?v=G9y9JzQCeOE>, (Erişim Tarihi: 13/01/2025).
- [70] Web 19, (2025), <https://www.naswood.com.tr/proje/ankara-altindag-belediyesi-at-manaji/>, (Erişim Tarihi: 13/01/2025).
- [71] Web 20, (2025), <https://www.asmaz.com.tr/grand-ottoman-otel-amasya-projesi-basladi/>, (Erişim Tarihi: 16/01/2025).
- [72] Web 21, (2020), https://www.youtube.com/watch?v=z6D_yV2tryE&t=26s, (Erişim Tarihi: 16/01/2025).
- [73] ResGaz 1, (2024), Ahşap Binaların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik, 24 Mart 2024 tarih ve 32499 sayılı Resmi Gazete.
- [74] Halimah N., Rahim M. S., Ismail Z., Nordin R. M., Alam S., (2019), “Success Factors on the Implementation of Certification for Green Project Manager (GPM) in Malaysia”, Journal of Surveying, Construction and Property, 10 (1), 1–10.
- [75] Hossain S., Strnadová I., Danker J., (2024), “Exploring the external development assets of student well-being at secondary schools in Bangladesh”, Current Psychology, 43, 28808-28816.
- [76] Baltar F., Brunet I., “Social research 2.0: Virtual snowball sampling method using Facebook”, Internet Research, 22(1), 57-74.
- [77] Rainer J.H., Karacabeyli E., (2000), “Ensuring good seismic performance with platform-frame wood housing”, Construction Technology Update, 45 (Özel Sayı), 1-4

ÖZGEÇMİŞ

İrem TOMAKİN TURHAN, 2017 yılında başladığı Maltepe Üniversitesi Mimarlık ve Tasarım Fakültesi Mimarlık Bölümü'nü 2021 yılında bölüm ve fakülte 2.'si olarak başarıyla tamamlamıştır. 2022 yılı bahar döneminde Gebze Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Bilgisi Programı'nda yüksek lisans eğitime başlamıştır. 2023 yılından itibaren Ordu Şehir Hastanesi şantiyesinde Dizayn Ofis Mimarı olarak görev yapmaktadır.

TEZ METNİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR

Tomakin İ., Karaman Öztaş S., (2023), “Evaluation Of Wood-Hybrid Building Systems Based On Current Applications”, 3rd International Civil Engineering and Architecture Congress (ICEARC'23), 173-181, Trabzon, Türkiye, 12-14 Ekim.

EKLER

Ek-A: Etik Kurul Kararı



T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
İnsan Araştırmaları Etik Kurulu

Sayı : E-43633178-199-180507
Konu : İnsan Araştırmaları Etik Kurulu İrem
TOMAKİN TURHAN()

26.12.2024

Sayın İrem TOMAKİN TURHAN

İlgi : 16.12.2024 tarihli ve E-179149 sayılı yazınız.

İlgi yazıya istinaden yapmış olduğunuz başvuru, Üniversitemiz İnsan Araştırmaları Etik Kurulu'nun 26.12.2024 tarih ve 2024/24-03 oturum sayılı toplantısında incelenmiş ve değerlendirilmiştir. "Ahşap Esaslı Hibrit Sistemlerin Yapılarda Kullanımının Araştırılması" konulu araştırma kapsamında kullanacağınız belgelerin etik açısından bir sakıncası olmamakla birlikte, tarafınıza iletilen bu yazıyı "Etik Uygunluk" belgesi niteliğinde değerlendirmenizi rica ederim.

Prof.Dr. Mahmut DURMUŞ
Başkan

Ek:İnsan Araştırmaları Etik Kurulu Kararı (1 Adet)

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Doğrulama Kodu :BSRB8FJLMC Pin Kodu :39182

Adres: GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ, İnsan Araştırmaları Etik Kurulu, 41400,
Gebze/KOCAELİ
Telefon: +90 262 605 (10 00) Faks: +90 262 653 84 90
Elektronik Ağ: www.gtu.edu.tr

Belge Takip Adresi : <https://turkiye.gov.tr/ebd?eK=5466&eD=BSRB8FJLMC&eS=180507>

Bilgi için: Şeyma Gürel Dalkıran
Unvanı: Raportör



Ek-B: Uzman Görüşü Kapsamında Hazırlanan Sorular

Bu anket, Gebze Teknik Üniversitesi Mimarlık Bölümü, Yüksek Lisans Programında devam eden “Ahşap Esaslı Hibrit Sistemler: Uzman Görüşleriyle Bir Değerlendirme” başlıklı yüksek lisans tez çalışmasına veri sağlamak üzere hazırlanmıştır ve üniversitenin resmi izni ile gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmanın amacı, Türkiye’de ahşap hibrit yapıların yaygınlaşmasına yönelik çalışmalara katkı sağlamaktır. Kişisel önem arz edebilecek bilgilerin hiçbirinin paylaşılmayacağını taahhüt ederiz.

Genel Sorular

1. Mevcut mesleki unvanınızı ve hangi alanda çalıştığınızı paylaşır mısınız?
2. Mesleki olarak toplamda kaç yıllık deneyime sahipsiniz?
3. Ahşap yapılar üzerine çalışmalarınıza ne zaman başladınız ve bu alandaki deneyim süreniz nedir?

Ahşap Esaslı Hibrit Sistemler Hakkında Genel Görüşler

1. Ahşap esaslı hibrit sistemler hakkında genel olarak düşünceleriniz nelerdir?
2. Bu sistemlerin Dünya’da ve Türkiye’deki güncel gelişim durumu hakkındaki görüşleriniz nelerdir?
3. Bu sistemlerin mimarlık ve mühendislik alanlarında sağladığı avantajları nasıl değerlendirirsiniz?
4. Geleneksel ahşap yapı sistemleri ile modern ahşap hibrit sistemler arasında sizce nasıl bir ilişki kurabiliriz?
5. Türkiye özelinde geçmişte kullanılmış olan ahşap yapı tekniklerinin ahşap esaslı hibrit sistemlerde nasıl bir yeri vardır?

Tasarım ve Uygulama Süreçleri

6. Sizce bu sistemlerin uygulama süreçleri içerisinde karşılaşılan zorluklar nelerdir?
7. Ahşap esaslı hibrit sistemlerde kullanılan ahşap türü ve kalitesi bina için yapısal olarak ne kadar kritik bir öneme sahiptir?
8. Ahşap ve diğer yapı malzemelerinin bir arada kullanımı yapısal olarak dayanıklılığı sizce nasıl etkiler?

9. Ahşap esaslı hibrit sistemlerin tasarım sürecinde diğer yapı malzemelerinin entegrasyonu nasıl planlanmaktadır?

Kullanım Alanları ve Avantajlar

10. Bu sistemler yapılarda yaygın olarak hangi fonksiyonlara sahip binalarda kullanılıyor?
11. Ahşap esaslı hibrit sistemlerin kullanıcı deneyimlerindeki konfor açısından sunduğu avantajlar hakkındaki düşünceleriniz nelerdir?
12. Bu sistemlerin estetik açıdan avantajları sizce nasıldır?

Deprem Performansı ve Dayanıklılık

13. Ahşap esaslı hibrit sistemlerin deprem dayanıklılığı ve sismik etkiler altındaki performansını nasıl değerlendiriyorsunuz?
14. Bu sistemlerin diğer yapı sistemlerine göre deprem dayanıklılığı açısından avantajları nelerdir?
15. Ahşabın beton ve çelik gibi farklı malzemeler ile kullanımı depreme dayanıklı tasarımlar konusunda nasıl bir sonuç verir?
16. Ahşap esaslı hibrit sistemlerdeki ahşap bileşenlerin bağlantı noktalarında bulunan farklı malzemelerin (örnek olarak çelik bağlantı elemanları) depreme karşı davranışlarının bu sistemlere olan dayanıklılık etkisi nasıldır?
17. Türkiye’deki deprem yönetmeliklerinin ahşap esaslı hibrit sistemlerin uygulamasında nasıl bir etkisi bulunmaktadır?
18. Ahşap esaslı hibrit sistemlerde deprem dayanıklılığının arttırılabilmesi için geliştirilen ve uygulanan son teknolojiler nelerdir?

Yönetmelik ve Ekonomik Değerlendirmesi

19. Güncel olarak bu sistemlerin uygulamasında ulusal ve uluslararası yapı yönetmeliklerine uygunluk nasıl sağlanmaktadır?
20. Türkiye özelinde yeni yürürlüğe giren ahşap yönetmeliği hakkındaki düşünceleriniz nelerdir, eksikleri varsa sizce neler ve nasıl düzeltilebilirdi?

21. Türkiye’de yeni çıkan ahşap yönetmeliği, diğer uluslararası yönetmelikler ile karşılaştırıldığında yeterlilik açısından durumu hakkındaki düşünceleriniz nelerdir?
22. Ahşap esaslı hibrit sistemlerin sizce ekonomik olarak avantaj ve dezavantajları nelerdir ve bu konuda ülkemizdeki durumu nasıl değerlendirirsiniz?
23. Maliyetler açısından bu sistemleri değerlendirdiğimizde Dünya genelinde nasıl bir durum söz konusu ve ülkemiz özelinde konuya nasıl bir bakış açısı hâkim, siz bu durumu nasıl değerlendiriyorsunuz?

Sürdürülebilirlik ve Kaynak Yönetimi

24. Sizce bu yapım sistemlerinin sürdürülebilirlik açısından önemi nedir?
25. Bu sistemlerde kullanılan ahşap malzemenin kaynak sürdürülebilirliği sizce nasıl sağlanabilir ve ülkemizde uygulanmak istense sizce bu konu hakkında nasıl bir yol izlenebilir?

Gelecek ve Teknolojik Entegrasyon

26. Dünya’da ve Türkiye’de bu sistemlere olan taleplerin durumu nasıl değişmekte ve bu konu hakkındaki düşünceleriniz nedir?
27. Ahşap esaslı hibrit sistemleri sizce Türkiye’de nasıl daha yaygın hale getirebiliriz bu konu hakkında nasıl bir yol izlenmeli?
28. Ahşap esaslı hibrit sistemlerin inşaat sektöründeki geleceği hakkında öngörüleriniz nasıldır?
29. Bu sistemlerin gelişen teknoloji ile (örneğin, robotik kollar ve yapay zekâ destekli sistemler) entegrasyonu sizce olabilir mi?