

AHŞAP MALZEME VE YAPI TASARIMI



EDİTÖR:
ESRA LAKOT ALEMDAĞ

AHŞAP MALZEME VE YAPI TASARIMI

Editör:

Doç. Dr. Esra LAKOT ALEMDAĞ



AHŞAP MALZEME VE YAPI TASARIMI

Genel Yayın Yönetmeni: Berkan Balpetek

Editör: Doç. Dr. Esra LAKOT ALEMDAĞ

Kapak ve Sayfa Tasarımı: Doç. Dr. Esra LAKOT ALEMDAĞ, Arş. Gör. Ayça AKKAN ÇAVDAR

Yayın Tarihi: Aralık 2024

Yayıncı Sertifika No: 49837

ISBN: 978-625-5530-65-3

© Duvar Yayınları

853 Sokak No:13 P.10 Kemeraltı-Konak/İzmir

Tel: 0 232 484 88 68

www.duvar yayinlari.com

duvarkitabevi@gmail.com

Baskı ve Cilt: REPRO BİR

Repro Bir Mat Kağ. Rek. Tic. Ltd. Şti.

İvoğsan 1518. Sokak 2/30 Mat-Sit İş Merkezi Ostim

Yenimahalle/Ankara

ÖN SÖZ

Ahşap, yüzlerce yıldır yapı sektöründe önemini koruyan, sürdürülebilir ve çevre dostu bir malzeme olarak dikkat çekmektedir. Yenilenebilir kaynaklardan elde edilmesi, yüksek dayanıklılığı, doğal yalıtım ve akustik özellikleri, ahşabın hem geleneksel hem de modern yapılarda tercih edilmesini sağlamıştır. Özellikle karbondioksiti bağlama ve geri dönüştürülebilir olma özelliği, ahşabı küresel iklim kriziyle mücadelede öne çıkan bir seçenek haline getirmiştir. Son yıllarda yapısal ahşap malzemelerde yaşanan teknolojik gelişmeler, bu malzemenin çok katlı yapılardan enerji verimli binalara kadar geniş bir yelpazede kullanımını mümkün kılmıştır. Şeffaf ahşap gibi yenilikçi türlerin geliştirilmesi, ahşabı sadece doğal değil, aynı zamanda ileri teknoloji ürünü olarak da konumlandırmıştır. Hafifliği, mukavemet-ağırlık oranı ve esnek yapısı ile ahşap, özellikle deprem bölgelerinde ideal bir seçenek olarak öne çıkarken, sürekli yenilenebilir bir kaynak olması ile çevre dostu bir tercih sunmaktadır. Tüm bu özellikler, ahşabın hem bina tasarımlarında hem de mobilya ve iç mekân uygulamalarında vazgeçilmez bir malzeme olmasına katkı sağlamaktadır.

Geleneksel mimariden modern yapı tekniklerine kadar geniş bir kültüre sahip olan ahşap, ülkemizde tarih boyunca önemli bir yer tutmuştur. Ancak, endüstriyel ahşap malzemelerin kullanımı konusundaki farkındalığın henüz yeterince yaygın olmadığı gözlemlenmektedir. Oysa ahşabın ekolojik ve ekonomik faydalarını daha genç nesillere aktaracak projelerin hayata geçirilmesi, sürdürülebilir ve enerji verimli yapıların artmasına katkı sağlayacaktır. Dünya geneline bakıldığında az katlı ahşap yapıların uzun yıllardır kırsal alanlar ve şehirlerde yaygın olarak kullanıldığı görülürken, çok katlı ahşap yapılar özellikle kuzey ülkelerinde yaygınlaşmıştır. Ahşabın modern yapılarda daha yaygın kullanımı, yenilikçi hibrit sistemler ve çapraz lamine ahşap gibi çözümlerle desteklenerek, hem dayanıklılık hem de estetik unsurları bir araya getirmektedir. Türkiye'de bu alandaki potansiyelin henüz tam anlamıyla kullanılamaması, gelecekte hem tasarım hem de mühendislik açısından önemli bir gelişim alanı olarak görülmektedir. Ülkemizde Ocak 2025 yılında yürürlüğe girecek olan, güncel uluslararası standartlara paralel olarak titizlikle hazırlanmış Türkiye Ahşap Bina Yönetmeliği (TABY) de, kaliteli ahşap yapıların tasarımında bir rehber niteliği taşıyan ve depreme dayanıklı yapı stoğuna katkı sağlayacak çok önemli bir kaynaktır.

Ahşap malzeme ve yapı tasarımı alanında uzman birçok yazarın katkılarıyla hazırlanan bu kitap, ahşabın sürdürülebilirlik, estetik ve teknik özelliklerini kapsamlı bir şekilde ele almaktadır. 21 bölümden oluşan kitap; yapısal ahşap malzemeler, yenilikçi ahşap malzemeler, geleneksel ve modern ahşap yapım sistemleri, çok katlı ahşap yapılar, ahşap yapıların enerji, akustik, yangın ve deprem performansları, kırsal alanlarda ahşap malzeme kullanımı, Avrupa ve Osmanlı coğrafyası mimarlık sanatında ahşabın kullanılması, modern mimari yapılar, iç mekanlar ve açık alanlarda ahşap malzeme kullanımı, ahşabın insan psikolojisine etkileri ve ahşap yapım sistemleri hakkında yapılan akademik çalışmalar ile ilgili çeşitli konuları içermektedir. İlgili literatüre önemli katkılar sağlayacağı düşünülen bu eser, öğrenciler için temel bilgileri sunarken, akademisyenlere araştırma perspektifleri kazandırmayı hedeflemektedir. Ayrıca, sektörde çalışan mimar ve mühendisler için yenilikçi çözümler sunarak uygulamaya yönelik rehberlik sağlamaktadır. Kitabın hazırlanmasında emeği geçen, hem teorik hem de pratik bilgilerle okuyuculara ilham veren tüm yazarlara değerli katkıları için bir kez daha teşekkür ediyorum. Ahşap ile ilgili nice çalışmalarda görüşmek dileğiyle...

Doç. Dr. Esra LAKOT ALEMDAĞ
Aralık 2024

İÇİNDEKİLER

Ön Söz	iii
1. Bölüm: Yapısal Ahşap Esaslı Kompozitler	1-21
<i>Doç. Dr. Aydın DEMİR, Prof. Dr. Semra ÇOLAK, Prof. Dr. Cenk DEMİRKİR</i>	
2. Bölüm: Geleceğin Ahşap Malzemesi: Şeffaf Ahşap	22-43
<i>Yüksek Mimar Ebru ŞANLI, Prof. Dr. Nilhan VURAL</i>	
3. Bölüm: Dünyada Ve Türkiye'de Yapısal Ahşap Malzeme Pazarı	44-55
<i>Yüksek Mühendis Okan İLHAN, Arş. Gör. Abdullah Uğur BİRİNCİ, Prof. Dr. Semra ÇOLAK</i>	
4. Bölüm: Geçmişten Günümüze Ahşap Yapım Sistemleri	56-82
<i>Yüksek Mimar Gülten TANDOĞAN KİBAR, Arş. Gör. NİLAY AYKAN</i>	
5. Bölüm: Çok Katlı Ahşap Yapılar: Çağdaş Yaklaşımlar	83-99
<i>Dr. Seda Nur ALKAN</i>	
6. Bölüm: Mimaride Ahşabın Literal Saydamlığı	100-119
<i>Prof. Dr. Derya ELMALI ŞEN</i>	
7. Bölüm: Ahşap Yapılarda Bağlantı Elemanları	120-136
<i>Doç. Dr. Hasan ÖZTÜRK, Yüksek Mühendis Okan İLHAN, Doç. Dr. Aydın DEMİR</i>	
8. Bölüm: Ahşap Binalarda Yapısal Tasarım Kriterleri, İnşaat Tekniği Farkları Ve Deprem Davranışı	137-153
<i>Prof. Dr. Ahmet TÜNER, Dr. Rabia İZOL</i>	
9. Bölüm: Ahşap Yapıların Tahribatsız Yöntemlerle Değerlendirilmesi	154-175
<i>Dr. Büşra AYDOĞAN SELÇUK, Prof. Dr. Engin Derya GEZER</i>	
10. Bölüm: Ahşap Yapılarda Enerji Verimli Yalıtım Uygulamaları	176-196
<i>Arş. Gör. Ayça AKKAN ÇAVDAR, Doç. Dr. Esra LAKOT ALEMDAĞ</i>	
11. Bölüm: Ahşap Malzemelerin Akustik Özellikleri	197-216
<i>Öğr. Gör. Dr. Mustafa Selmani MUSLU</i>	
12. Bölüm: Çok Katlı Ahşap Yapılarda Yangın Dayanımı	217-231
<i>Yüksek Mimar Selen KALKIŞIM, Prof. Dr. Nilhan VURAL</i>	
13. Bölüm: Acil Durum Barınma Çözümlerinde Bambunun Kullanımı	232-246
<i>Doç. Dr. Özlem AYDIN, Yüksek Mimar Didem BAYRAKTAR MARANGOZ</i>	

- 14. Bölüm:** Doğu Karadeniz Bölgesi Kırsal Mimarisinde Ahşap Malzeme Kullanımı.....247-270
Doç. Dr. Selda AL ŞENSOY
- 15. Bölüm:** Kızılcahamam Kırsal Konut Mimarisinde Ahşaba Yönelik Konstrüksiyon Çözümleri
.....271-285
Prof. Dr. Özlem SAĞIROĞLU DEMİRCİ, Arş. Gör. Mazlum KALAK, Arş. Gör. Betül ZOBİ, Arş. Gör. Ayşegül SONDAŞ, Arş. Gör. Dr. Minel Ahu KARA ALAŞALVAR, Arş. Gör. Ebru Melis ÖZDEMİR, Arş. Gör. Feyza HALI KABATAŞ
- 16. Bölüm:** Kızılcahamam Kırsal Mimarisinde Üretime Yönelik Mekanlar; Ahşap Müştemilatlar
.....286-296
Prof. Dr. Özlem SAĞIROĞLU DEMİRCİ, Arş. Gör. Mazlum KALAK, Arş. Gör. Betül ZOBİ, Arş. Gör. Ayşegül SONDAŞ
- 17. Bölüm:** Art Nouveau Mimari Üslubunda Ahşap Malzemenin Kullanım Biçimleri: Osmanlı-Avrupa Karşılaştırması297-314
Dr. Öğr. Üyesi Aysun AYDIN SANCAROĞLU
- 18. Bölüm:** Ahşabın İç Mekân Yüzeylerinde Ve Donatılarda Kullanımı.....315-331
Doç. Dr. Semiha İSMAİLOĞLU
- 19. Bölüm:** Ahşap Mekanların İnsanlarda Stres Ve Kaygı Üzerine Etkisi.....332-345
Arş. Gör. Dr. Abdullah Uğur BİRİNCİ, Doç. Dr. Hasan ÖZTÜRK, Prof. Dr. Cenk DEMİRKİR
- 20. Bölüm:** Açık Alanlarda Ahşap Malzeme Kullanımı.....346-362
Prof. Dr. Buket ÖZDEMİR IŞIK, Arş. Gör. Sabiha KAYA
- 21. Bölüm:** Ahşap Yapı ve Yapım Sistemleri İle İlgili Araştırma Eğilimleri.....363-376
Doç. Dr. Özlem AYDIN

1. Bölüm

YAPISAL AHŞAP ESASLI KOMPOZİTLER

Aydın DEMİR^{a*}, Semra ÇOLAK^b, Cenk DEMİRKİR^c

^a Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği, Trabzon, Türkiye, ORCID: 0000-0003-4060-2578

^b Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği, Trabzon, Türkiye, ORCID: 0000-0003-1937-7708

^c Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği, Trabzon, Türkiye, ORCID: 0000-0003-2503-8470

* aydindemir@ktu.edu.tr

SUMMARY

Wood is the most demanded and widely used building material in the world, both in the past and the present. It has been used in different ways for hundreds of years. Wood's high bearing strength, resistance to natural conditions and earthquakes, long life, ecological, sustainable and renewable resources distinguish it from other construction materials. Prior to the industrial revolution, wood was the dominant building material; however, the widespread use of industry-supported reinforced concrete and steel construction methods has led to a decline in its popularity. In recent years, environmental concerns about issues such as increased CO₂ emissions have led to a resurgence of interest in wood as a construction material.

This section will examine the recent prominence of wood-based composites in structural applications.

Keyword: *Structural timber materials, wood-based composites, structural applications.*

Giriş

Ahşap, geçmişten günümüze dünyada en çok talep gören, yaygın olarak kullanılan ve yüzlerce yıldır farklı şekillerde kullanılmaya devam eden bir yapı malzemesidir [1,2,3,4,5]. Yüksek taşıma gücü, doğa şartlarına ve depreme dayanıklı, uzun ömürlü, ekolojik, sürdürülebilir ve kaynağı yenilenebilir oluşu ahşabı alternatiflerinden farklı bir yere koymaktadır [1,3].

Endüstri devrimine kadar baskın yapı malzemesi olan ahşap, endüstri destekli betonarme ve çelik inşaat yöntemlerinin yaygınlaşması ile popürlüğünü kaybetmiştir [3]. Özellikle küresel iklim krizi, CO₂ emisyonu vb. konulara ilişkin son yıllarda artan çevresel endişeler ahşap yapı malzemelerinin yeniden önem kazanmasına neden olmuştur.

Yirminci yüzyılın başlarından bu yana, ekosistem dengesi ve ahşap binalarda yaşanan ekolojik konfor [6] inşaat sektörünün malzeme kullanımı ve enerji tüketimine yaptığı büyük katkı nedeniyle, daha çevre dostu yapı malzemeleri geliştirmek için araştırma çabalarını artmıştır. Ayrıca performansa dayalı bina kodlarının geliştirilmesi, yangın güvenliği ve koruma, yapı bilimi ve mühendisliğindeki gelişmeler [1], bağlantı malzemelerindeki yenilikler, ahşabın yapılarda daha ekonomik ve nitelikli bir biçimde kullanımına imkan verecek yeni nesil yapı malzemelerinin geliştirilmesi ve kullanılmasına [2] ve modern çok katlı binaların inşasına olanak sağlamıştır.

Yapı sektörünün 2020 yılında, malzemeler ve operasyonlar da dahil olmak üzere, küresel enerjiyle ilgili ~11,9 gigaton CO₂ emisyonundan sorumlu olduğu ve toplam CO₂ emisyonlarının %37'sini kapsayarak farklı sektörler arasında en büyük payı oluşturduğu ifade edilmektedir [7]. Sera gazı emisyonlarına ilişkin projeksiyonlar, küresel ısınma ve buna bağlı iklim değişikliğinin önlenmesi için acil önlemlerin alınması gerekliliğini ortaya koymuştur. Pek çok ülke bu bağlamda emisyonların izlenmesi ve azaltılması yönünde politikalar benimsemiş, yapı sektöründen kaynaklanan karbon emisyonları için 2025 yılına kadar %50 ve 2050 yılı için net %0 hedefi belirtenmiştir [8]. Öte yandan İnşaat sektöründe enerji kullanımını ve malzeme döngüsü dikkate alındığında, ahşabın birçok fayda sağladığı bilinmektedir. Ağaç, gelişimi sırasında karbondioksiti bağlar ve ahşap malzemeye dönüşürüldükten yıllar sonra dahi çevreye salınımını önler [6,9]. Ahşap, ayrıca geri dönüşürülebilir, yeniden kullanılabilir ve doğal olarak yenilenebilir olduğu için yüksek sürdürülebilirlik oranlarına sahip bir malzemedir. Dahası, mükemmel mukavemet-ağırlık oranları, ısı yalıtım ve akustik özellikleri, onu yapısal kirişler ve çerçevelerden, pencerelere, kapı çerçevelerine, duvar ve döşeme malzemelerine ve mobilyalara kadar binalarda birçok farklı uygulama için kullanışlı kılmaktadır [10].

Günümüzün çevresel sorunları nedeniyle, inşaat sektörünün sürdürülebilir veya geri dönüşürülebilir malzemelere olan eğilim, ekolojik yapısal tasarımlar üzerine yapılan çalışmalarla birlikte genişlemiştir [6,9]. Binaların karbon ayak izinin azaltılması, karbon depolayabilen ve yanı sıra birçok fonksiyonu sağlayabilen malzemelerin yaygın uygulamalara ulaşmasını sağlayabilecek yeni tasarımların geliştirilmesini gerektirmektedir [7,8]. Tüm bu beklentiler doğrultusunda yapılan araştırmalar ve üretim teknolojilerindeki gelişmelerin yüksek düzeyde prefabrikasyona imkan vermesi, ahşap yapıların konut binalarından başlayarak çok katlı yapılara, köprülere ve okullara kadar bir çok uygulamada tercih edilmesine yol açmıştır [10].

1. Ahşap Esaslı Kompozitler

Ahşap esaslı kompozit terimi, ahşabın diğer ahşap veya ahşap olmayan malzemelerle doğal veya sentetik yapıştırıcılar veya bağlayıcılar (örneğin çimento) ile birbirine bağlandığı çok çeşitli ürünleri tanımlamak için kullanılmaktadır [11,12,13,14]. Aslında, odunun kendisi, lignin

matrisinde dağılmış selüloz liflerinden oluşan kompozit bir malzemedir [11,13]. Ahşap esaslı kompozitler esas olarak: [1] daha küçük çap ve boydaki nispeten düşük kalitedeki ağaç malzemeleri kullanmak, [2] diğer odun işleyen endüstrilerin atıklarını değerlendirerek, [3] odun kusurlarını ve kusurların etkisini gidermek, [4] daha üniform yapıda malzemeler üretmek, [5] masif ahşaptan daha mukavemetli/daha büyük boyutlu ve düzgün yüzeyli malzemeler üretmek ve [6] farklı biçimlerde kompozitler yapabilmek, amacıyla üretilmektedir [11,13].

Ahşap esaslı kompozitler lif, yonga, kıymık, kaplama veya kereste dahil olmak üzere çeşitli ahşap elemanlardan yapılabilir [13,14]. Bileşen boyutlarındaki çeşitlilik ve farklı biçimlerde birleştirilebilme imkanları nedeniyle piyasada çok farklı türde ahşap esaslı kompozit mevcuttur. Ahşap esaslı teriminin bu kadar geniş bir ürün kategorisini gruplandırmak için kullanılması gerçeği; ahşabın bulunabilirliği, işlenme kolaylığı ve çok yönlülüğünün onu çeşitli kompozit türlerinin üretimi için uygun hale getirdiğinin ve ahşabın bu tür kompozitlerin özelliklerini tanımlamada en az diğer malzemeler kadar önemli bir rol oynadığının göstergesi olarak ifade edilmektedir [11].

Yapısal amaçlı ahşap esaslı kompozitleri karakterize eden elemanların boyutunda zaman içerisinde giderek bir azalma oluşmuştur. Ağaç gövdelerinden kesilen orijinal biçilmiş kereste önce lamine levhalara, sonra kaplamalara ve son olarak da yonga, şerit ve liflere indirgenmiştir. Yapıştırıcıların ve bağlanıtı elemanlarının kullanımı, yapısal yük taşıyan mühendislik ahşap ürünlerinin ve farklı tipteki levhaların yeniden farklı şekillerde tasarlanmasını mümkün kılmıştır. Malzeme boyutunun azaltılması, düşük kaliteli tomrukların kullanılması da dahil olmak üzere orman kaynaklarının daha verimli bir şekilde yüksek performanslı ürünlere dönüştürülmesini mümkün kılmıştır. Bu tip ürünler, genel olarak, performans öngörülebilirliği, geniş yelpazede mevcut boyutlar, boyut tutarlılığı, boyut kararlılığı ve kolay işlenebilirlik açısından orijinal biçilmiş keresteden daha iyi malzeme özelliklerine ve yapısal performansa sahiptir [14].

Ahşap esaslı kompozitler; ahşap elemanın boyutu ve geometrisi, yoğunluk, bağlayıcı türü ve son kullanım alanı gibi çeşitli kriterlere göre sınıflandırılabilir [11,13]. Ahşap esaslı kompozitleri sınıflandırmanın bir başka yolu da fonksiyona göre sınıflandırmadır, yani yapısal (bina bileşenleri) ve yapısal olmayan (mobilya ve dekorasyon) sınıflandırma. Ahşap esaslı kompozitler ahşap elemanın boyutu ve geometrisine göre; Kereste ve kaplama esaslı kompozitler (Kontrplak, Kontrtabla, LVL (soyma tabakalı lamine kereste), CLT, Glulam, PSL, OSL, LSL ve Sandviç paneller), Yonga Esaslı Kompozitler (Yonga levha, OSB, Çimentolu Yonga Levha, Okal Tip Yongalevha, Kalıplanmış yongalevha, Etiket/Şerit yongalı levha), Lif Esaslı Kompozitler (Düşük Yoğunlukta Liflevha, Orta Yoğunlukta Liflevha, Düşük Yoğunlukta Liflevha), Ahşap-Polimer Kompozitleri ve Ahşap Nanokompozitler olarak sınıflandırılabilir.

Bu bölümde son yıllarda yapısal amaçlı kullanımlarda ön plana çıkan ahşap esaslı kompozitler ele alınmıştır.

1.1. Kontrplak

Tabakalarının lif doğrultuları birbirine dik ve en az üç tabakadan oluşacak şekilde üst üste yapıştırılmış, orta tabaka veya özün her iki tarafında yer alan iç ve dış tabakalar genellikle birbirine simetrik olan bir levha olarak tanımlanır. TS EN 313-2 standardına [15] göre; kontrplak, birbiri üzerine genellikle lif yönü dik olacak şekilde yapıştırılmış katmanlardan oluşan ahşap esaslı levha olarak tanımlanmaktadır.

Kontrplağın tüm tabakaları ahşap kaplamalardan oluşabileceği gibi orta tabakası masif çita vb. malzemelerden de oluşturulabilir. Bu bağlamda kontrplaklar yapıları bakımından EN 313-1 standardına göre üç gruba ayrılmaktadır [16]:

Kaplama Kontrplak (Tüm tabakaları ahşap soyma kaplamalardan yapılmış, standart/normal kontrplak (Şekil X.1.a), Ahşap özlü kontrplak (Orta tabakası ahşap çitalardan yüzeyleri ise ahşap kaplama ile kaplanmış kontrplaklar, kontrtabla ve laminboard (Şekil X.1.b), Karışık kontrplak (Orta tabakası veya belli tabakaları ahşap çita veya soyma kaplama dışında kauçuk gibi başka malzemelerden yapılmış kontrplak (Şekil 1.1.c)



Şekil 1.1.a. Kontrplak [17]



Şekil X.1.b. Kontrtabla [18]



Şekil X.1.c. Çok katmanlı çekirdek kontrplak [19]

1.1.1. Kontrplak Özellikleri ve Kullanım Alanları

Kontrplakların kullanım performanslarını etkileyen boyutsal kararlılık, fiziksel ve mekanik özellikler, formaldehit emisyonu vb. özellikler; kullanılan ağaç türü, yapıştırıcı ve üretim parametreleri ve koşullarına bağlıdır. Yumuşak ağaç türü kaplamaları genel olarak yapısal amaçlı kullanım yerlerinde, sert ağaç kaplamaları ise daha çok dekoratif amaçlı kontrplakların üretiminde kullanılır [14]. Üretimde kullanılacak yapıştırıcı kullanım yeri ve amacına uygun olarak (ör. İç mekanlar için üre-formaldehit, açık hava koşulları için fenol-formaldehit) belirlenir. TS EN 636: 2012+A1 standardına göre kontrplaklar kullanım alanlarına göre; kuru ortam, nemli ortam ve dış ortam olmak üzere üç sınıfına ayrılmaktadır [20].

Kontrplak yüzeyleri kullanım yeri isteklerine göre istenirse çeşitli yüzey kaplama malzemeleriyle (folye, reçine emdirilmiş kâğıt, pvc, laminat vb.) kaplanabilmektedir. Kaplama malzemeleri hem dekoratif bir görünüm hem de koruma sağlamaktadır [13].

Kontrplaklar, masif oduna göre daha homojen bir yapıya ve daha iyi bir boyut stabilitesine sahip olmaları yanında elastikiyeti yüksek, kırılmaya, bükülmeye ve aşınmaya karşı dirençli bir malzemedir [21]. Kontrplaklar inşaat, taşımacılık ve nakliyat, tarım-ziraat, mobilya ve oyuncak sektörü dahil olmak üzere yapısal ve genel amaçlı (yapısal olmayan) birçok kullanım alanına sahiptir. Yapısal amaçlı kontrplaklar, genellikle yumuşak ağaç türlerinden soyma yöntemi ile elde edilen 2-5 mm kalınlığındaki kaplamalar ve suya dayanıklı yapıştırıcılar kullanılarak üretilirler. Esas olarak bina yapımında zemin, duvar ve çatı sistemlerinde kullanılır. Mukavemet, sertlik ve boyutsal kararlılığın önemli olduğu uygulama alanları, döşeme altı, merdiven basamakları, raf sistemleri, dış cephe kaplaması, I-kirşiler ve beton kalıplar gibi birçok başka kullanıma sahiptir. Yumuşak ağaç türleri direnç, sertlik ve işleme kolaylığı bakımından yapısal kullanımlarda avantaj sağlamaktadır. [14]. Yapısal amaçlı kontrplak kullanım alanlarına ilişkin örnek Şekil 1.2'de verilmiştir.



Şekil 1.2. Yapısal amaçlı kontrplak [22].

Dekoratif amaçlı kontrplaklar ise daha çok renk ve desen çeşitliliği bakımından sert ağaç türlerinden üretilir. Üretimde dış tabaka kaplamaları yüksek kaliteli ve ince kaplamalar (genellikle 0,8 mm) kullanılır. Orta tabakalarda ise düşük kalitedeki kaplamalar veya yonga levha, liflevha vb. taşıyıcı bir malzeme kullanılabilir. Görünüm ve boyutsal stabilite ve bazı yapısal performansların gerekli olduğu mobilya, iç mekan tasarımı ve mimari alanlarda dekoratif uygulamalar gibi pek çok kullanım alanında değerlendirilebilirler [14]. Dekoratif amaçlı kontrplak kullanım alanlarına ilişkin bazı örnekler Şekil 1.3'de verilmiştir.



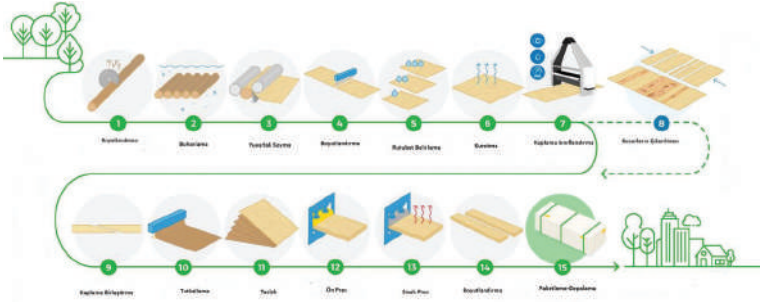
Şekil 1.3. Dekoratif amaçlı kontrplak kullanım örnekleri [23]

Esnek kontrplak, hafif kontrplak, kaymaz kaplamalı kontrplak, kurşun geçirmez kontrplak gibi özel kullanım amaçlarına yönelik kontrplaklar yapılabilmektedir. Ayrıca Deniz taşıtlarının imalatında ve diğer deniz ve su yolu uygulamalarında kullanılmak üzere doğal dayanımı yüksek ağaç türlerinden suya dayanıklı tutfaklarla üretilen Marin Kontrplaklar da mevcuttur.

1.2. LVL (Laminated Veneer Lumber)

Lamine kaplama kereste (LVL), birbirine yapıştırılmış birden fazla kaplama tabakasından oluşan ve kaplama lif yönlerinin ürünün uzunluğuna paralel olduğu yüksek mukavemetli bir mühendislik yapı malzemesidir [24]. TS EN 14279+A1 standardına göre; "Soyma tabakalı lamine kereste (LVL) lif yönleri aynı yönde olan ahşap kaplama levhalarından elde edilen kompozit bir ürün olarak tanımlanmaktadır [25]. Değişik genişlik ve kalınlıkta tablalar halinde üretilen bu malzemelerin yapımındaki amaç farklı kalitelere sahip kaplamaları kereste içerisinde farklı bölgelerde kullanarak amaca uygun malzemeler elde etmektir.

Üretim teknolojisi kontrplak levhalara oldukça benzer bir ürün olan LVL, soyma kaplama levhalarının lif yönü birbirine paralel olarak sıcaklık ve basınç altında yapıştırılması ile üretilmektedir. Üretimlerinde formaldehit esaslı reçineler ilaveten PVA, poliüretan ve epoksi yapıştırıcılar da kullanılabilir. Tüm kaplamaların lif yönü genellikle bitmiş ürünün uzunluğu doğrultusunda olup bazı durumlarda boyutsal kararlılığı artırmak amacıyla lif yönü dik gelen (tabakaların yaklaşık %20'si) tabakalar da kullanılmaktadır [26, 27]. Bu bakımdan LVL'ler tabakalarına göre; kaplama lif yönünün birbirine paralel olacak şekilde yönlendirildiği (LVL-P olarak adlandırılanlar) ve kaplamaların yaklaşık %20'sinin lif yönünün dik gelecek şekilde yönlendirildiği (LVL-C olarak adlandırılanlar) olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır [26, 27]. LVL üretiminde iş akışı Şekil 1.4'de verilmiştir.



Şekil 1.4. LVL üretiminde iş akışı

1.2.1.LVL Özellikleri ve Kullanım Alanları

Üretim sürecinde soyma kaplamalarda mevcut budak, lif kıvrıklığı vb. doğal kusurların giderilebilmesi ve lif yönlerinin düzenlenebilmesi, LVL'leri mekanik özellikleri bakımından masif ahşaba göre daha üstün kılmaktadır [26, 27, 28, 29]. LVL'nin mukavemet ve yalıtım özellikleri, geleneksel taş veya beton yapılardan daha enerji verimli ve daha hafif yapılar inşa etmeye imkan vermektedir. LVL yapısal elemanların kimyasal buharlarının yıkıcı etkilerine maruz kaldığı yüzme havuzları, gübre depoları vb. korozyona dayanıklılığın gerektiği yapılarda kullanılmaktadır.

1970'lerde geliştirilen LVL, istenilen boyutlarda üretilebilmesi nedeniyle esasen masif kerestenin kullanıldığı her alanda kullanılabilir. Günümüzde LVL'yi spor salonları, depolar, küçük ölçekli imalathaneler, hayvan barınakları veya uçak hangarlarının inşasında kullanmak mümkündür [26, 27]. Kirişler, lentolar, mahya kirişleri ve kalıplar, direkler ve sütunlarda konut ve ticari inşaatlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. LVL ayrıca iskele tahtaları ve ahşap I-kirişlerin flanşları için de kullanılmaktadır [26, 27]. Şekil 1.5'de LVL'nin yapısal kullanımına ilişkin örnek verilmiştir.

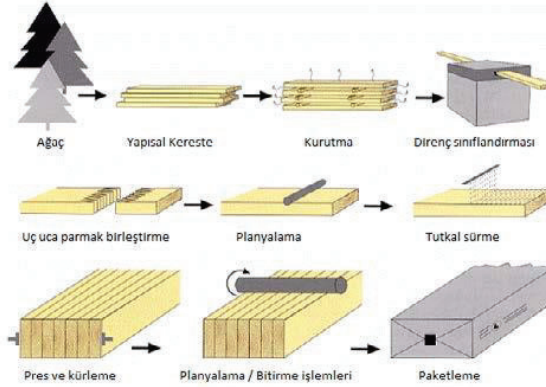
Özellikle eğilme ve bükülebilme özellikleri nedeniyle kalıp presler kullanılarak kavisi elemanların ve mobilyaların üretiminde de kullanılmaktadırlar. Bu bakımdan bükülme özelliği iyi olan kayın gibi türler tercih edilir [13].



Şekil 1.5. LVL'nin yapıda kullanımı [30].

1.3. GLULAM (Glued Laminated Timber)

Yapıştırılmış tabakalı ahşap yapı elemanı, yapıştırılmış kereste yapıştırılmış lamine ahşap yapı elemanı olarak da isimlendirilmektedir. Ahşap mühendislik ürünlerinin en eskisi olan ve piyasada Glulam olarak kabul gören bu malzeme; iki veya daha çok kerestenin lifleri birbirine ve sonuçta elde edilecek elemanın uzunluk eksenine paralel gelecek şekilde, basınç altında yapıştırılmasıyla elde edilen bir yapı elemanıdır [31, 32, 33]. Kat; lamine ahşap elemanın tam genişliği ve boyunca uzanan tabakalardan her biri olup tek bir parçadan ya da yan yana ve/veya uç uca eklenmiş birçok parçadan oluşabilir. Şekil 1.6'da glulam üretim iş akışı gösterilmiştir [13].



Şekil 1.6. Glulam iş akışı [13].

Ahşap elemanlarının direnci, büyük oranda elde edildiği odunun özelliklerine bağlıdır. Bünyesinde değişik kusurlar (lif kıvrıklığı, çatlak, budak, kurt yeniği, mantar v.b.) içeren odundan elde edilen ahşap lamine elemanın direnç özellikleri de kusurun derecesine bağlı bulunmaktadır [33, 34]. Bükülebilme özelliği, özellikle kavisi elemanların üretiminde önemli olup, yapraklı ağaçlar, İYA'a göre daha iyi bükülebilir.

Üretimde yapışma kalitesi açısından kereste yüzeylerinin düzgün ve pürüzsüz olması ve direnci azaltacak kusurlar içermemesi gerekmektedir [35]. Yapıştırılmış ağaç yapı malzemelerinin kalitesini etkileyen en önemli hususlardan biri de kerestenin tekniğine uygun

şekilde kurutulmuş olması ve kereste rutubetinin eşit dağılımı olmasıdır [34]. Yapıştırılmış ağaç yapı malzemesinin rutubeti kullanım yeri koşullarına göre genellikle % 6 ile % 18 arasında değişmektedir [36].

Üretimden önce, keresteler görünüm olarak sağlamlık özelliklerine göre ve mekanik olarak belirlenen elastikiyet modülü değerlerine göre sınıflandırılmaktadır. Bu iki sağlamlık ve dayanıklılık değerlendirilmesi alınan parçanın kiriş veya kolonun neresinde kullanılacağını belirlemek için yapılmaktadır. Örneğin, yüksek dirençli parçalar eğilme direncinin en yüksek olduğu bir kirişin en dış tabakasına yerleştirilmektedir. Bu dayanım özelliklerinin karşımı kalite kombinasyonu olarak bilinmekte ve son üründe performans sürekliliğini sağlamaktadır [37].

Kerestelerin boy birleştirmeleri parmak dişli birleştirme (finger-joint) tekniği ile yapılmaktadır. Laminasyonda fenolik ve aminoplastik tutkallar (MF, MUF, PRF, UF) [34], tek komponentli poliüretan tutkallar (PUR) ve emülsiyon polimer izosiyanat tutkalları (EPI) kullanılabilir [13].

1.3.1. GLULAM Özellikleri ve Kullanım Alanları

Glulam elemanların boyutları üretici firmaya göre değişebilmekle birlikte, genellikle 180–630 mm kalınlık, 66–200 mm genişlik ve 50 m uzunluğa kadar üretilebilmeleri, kiriş ve kolon olarak kullanıma uygun olmaları sağlamaktadır [35]. Glulam elemanlar, çok katlı ve büyük açıklıklı yapılar için kolon, kiriş, döşeme, makas, kemer vb. üretiminde kullanılmaktadır (Şekil 1.7).



Şekil 1.7. GLULAM kiriş uygulama [38].

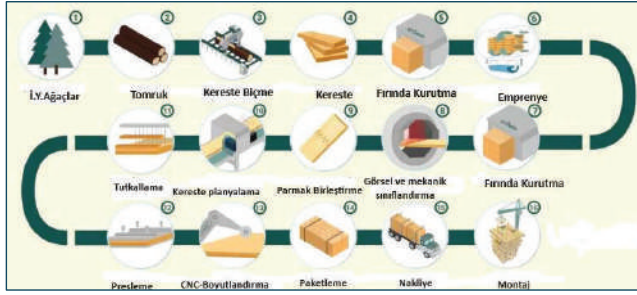
Laminasyon sistemi ile istenilen boyutta, sınırsız stil ve formda ürün elde etmek mümkündür. Aynı cins masif ağaç malzemeye nazaran boyutsal bakımdan daha stabildir. Ağaç malzemenin sahip olduğu doğal kusurlar uzaklaştırılarak kullanım yerine uygun direnç özelliklerine sahip malzeme üretilebilmekte ve küçük boyutlu kerestenin laminasyonla değerlendirilebilmesi sağlanmaktadır [37].

Yapıştırılmış ağaç yapı elemanları düz yada bükülmüş tiplerde olabilmektedir. Güzel biçim verebilmesi, estetik olması, bakımının kolaylığı, montaj süresinin kısalığı nedeni ile özellikle yüzme havuzları, tenis sahaları, hipodromlar, jimnastik salonları ve buz hokeyi gibi spor tesislerinin örtülmesi ve yapımında kullanılır. Ayrıca teşhir ve gösteri salonları, fabrika binaları, tarımsal ve endüstri malzemelerinin saklandığı depo ve hangarlar, kimyasal madde üreten fabrika binaları, çeşitli amaçlar için kullanılan salonların geniş alanlarının kapatılması amacı ile kullanılmaktadır. Köprü yapımı, yüksek voltajlı enerji taşıyan direk yapımı, gemi kısımları ve soğuk bir etki bırakan betonun yerine sıcak bir ortam yaratması nedeniyle okul, çocuk

yuvaları, cami, kilise ve oturma için kullanılan binaların yapımında da kullanım yeri bulunmaktadır.

1.4. CLT (Cross-Laminated Timber)

Çapraz lamine kereste (CLT), masif ahşap elemanların farklı katmanlarda her bir tabakasının birbirine dik olacak şekilde tutkallanarak belirli bir basınç altında preslenmesi ile üretilen, dayanıklılığı yüksek, boyutsal kararlılığa sahip ve rijit elemanlar olarak tanımlanan yeni nesil bir ahşap yapı malzemesidir [39]. Her bir tabaka lif yönüne zıt olacak şekilde yerleştirildiği ve yüksek basınç altında yapıştırıldığı için kuvvet, kerestede olduğu gibi tek bir yön yerine her iki yönde dağıtılmaktadır [2]. CLT ilk olarak 1970'lerde Avrupa'da geliştirilmiş ve 1990'ların başında Avusturya ve Almanya'da yenilikçi bir ahşap ürün olarak sunulmuştur [40]. CLT sadece bir ürün değil, bir bina sistemidir. Artık Avrupa'da artan çelik ve beton yapım sistemine alternatif olarak kullanılan bir inşaat sistemi haline gelmiştir. Yapılan araştırmalar, CLT'nin beton yapılara ve 6 kat gibi yüksek binalara alternatif olarak maliyet açısından rekabetçi olabileceğini göstermiştir [41]. CLT üretim iş akışı Şekil 1.8'de verilmiştir.



Şekil 1.8. CLT ve Glulam üretim hattı [42].

CLT üretiminde iyi bir yapıştırma için kereste yüzeylerinin düzgün bir şekilde işlenmesi (Planyalanması) oldukça önemlidir. İyi bir yapıştırma işlemi için aynı zamanda kerestelerin belli bir rutubette (%12±3) olmaları gerekmektedir. CLT panel içinde kullanılan ahşap malzemelerin rutubet değerleri de birbirlerine yakın değerde olmalıdır. Aksi halde stabil bir malzemenin üretilmesi veya kullanımı zorlaşmaktadır. CLT panellerin üretildiği yerin ortam sıcaklığı 15 °C olması tavsiye edilmektedir [43].

1.4.1. CLT Özellikleri ve Kullanım Alanları

Masif ahşap malzemeden daha yüksek mekanik ve teknolojik özelliklere sahip olmasının yanında masif ahşap malzemenin sakıncalarını taşımayan, üstün nitelikli bir malzemedir. CLT diğer malzemelere göre masif yapıya sahip olması ve strüktürel özellikleri ile öne çıkmaktadır. CLT yapı elemanları laminasyon teknolojisi ile birçok form ve ölçekte tasarlanabilmektedir. CLT elemanların direnç özellikleri ve tabaka sayısı, statik ve yangından korunma gereksinimlerine göre ayarlanmaktadır. Elemanların kesilmesi, onaylanmış üretim planları temelinde son teknoloji CNC sistemleri ile gerçekleştirilmektedir. Elemanların teslimi tam zamanlı olarak doğrudan şantiyeye, kamyon veya konteynırlarla gerçekleştirilmektedir [41].

CLT panellerin üretiminde belirli yoğunluğa sahip ahşap türlerin ve dış ortam koşullarına, suya ve ısıya karşı dayanıklı tutkalları kullanımı kritik bir husustur [13]. CLT üretiminde en çok ladin

tercih edilir ancak melez ve çam odunu da bu maksatla kullanılabilir [44]. Yapıştırıcı olarak; Fenolik reçineler (fenol-rezorsinol formaldehit PRF), Emülsiyon polimer izosiyanat (EPI) ve Tek-komponentli poliüretan (PUR) kullanılabilir [44].

Boyutsal kararlılıklar ve rijitlikleri nedeniyle CLT paneller, etkili yanıl yük direnç sistemi oluşturmaktadır. Birçok araştırmacı tarafından CLT üzerinde kapsamlı sismik testler yapılmış ve panellerin özellikle çok katlı uygulamalarda, deformasyon olmadan son derece iyi performans gösterdiği belirlenmiştir [45].

CLT; beton ve çeliğe göre daha hafif, inşaa süresinin kısa ve karbon ayak izinin düşük olması, deprem dayanıklılığı gibi avantajları nedeniyle müstakil evlerin yanında, çok katlı yapılar, okullar, oditoryumlar, gösteri merkezleri, spor salonları, tiyatrolar, ticari ve dini yapılarda kullanılabilen cazip bir malzeme olarak görülmektedir [46, 47, 48]. CLT paneller; çatı, duvar ve zeminlerde de kullanılabilen (Şekil 1.9) çok yönlü bir ahşap esaslı mühendislik malzemesi olarak Uluslararası Yapı Kodlarına da girmiştir [49].



Şekil 1.9. CLT uygulama örnekleri [50, 51].

1.5. NLT (Çivili Tabakalı Ahşap)

Çivili tabakalı ahşap (NLT), küçük boyutlu kerestelerden büyük boyutlu masif yapısal bir eleman elde etmek için, ahşap tabakaların çivilerle mekanik olarak birleştirildiği endüstriyel bir üründür [52, 53, 54]. NLT 150 yıldan daha uzun süredir ahşap yapılarda kullanılan en eski endüstriyel ahşap ürünlerden biridir. 19. yüzyılın başında, ABD'deki bazı fabrika yapılarında döşeme elemanı olarak kullanılmıştır. Kuzey Amerika'da, 1920'lerden 1960'ların ortalarına kadar olan köprü güvertelerinin çoğu, NLT panellerden yapılmıştır. Son yıllarda, ahşap yapı uygulamalarının artmasıyla birlikte NLT kullanımı yeniden önem kazanmıştır [54].

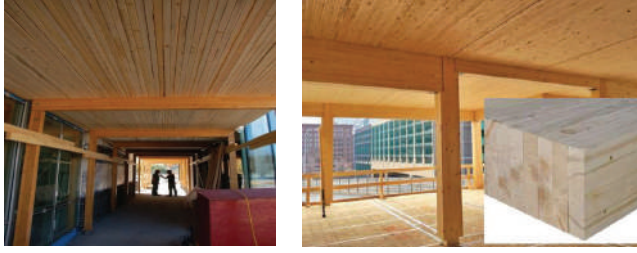
CLT ve GLULAM'dan farklı olarak, NLT mekanik olarak lamine edilmiş bir üründür. Bu nedenle, mukavemeti ve sertliği, yapımında kullanılan kerestenin yapışma özelliklerinden bağımsızdır. Bu nedenle CLT ve GLULAM üretmek için gereken kapsamlı ön hazırlık işlemleri olmadan kerestenin kullanılmasına olanak sağlar. Ayrıca NLT üretimi yüksek teknoloji ekipmanlara veya mükemmel üretim tesislerine ihtiyaç duymaz ve hatta farklı yapısal uygulamalara uyacak şekilde çeşitli boyutlarda yerel olarak üretilebilir. Yapısal NLT bileşenleri şantiye dışında önceden üretilebilir ve şantiyede monte edilebilir, bu da inşaat süresinin ve maliyetinin azaltılmasına yol açar [52, 53, 54].

NLT'nin laminasyon düzeni esnekler ve farklı yapıların gereksinimlerini karşılayabilecek şekilde (örn. kademeli veya eğimli) üretilebilir. NLT paneller, aynı uzunluktaki keresteler kullanılarak veya farklı uzunluktaki kerestelerin üst üste bindirilmesiyle üretilebilir [54]. NLT, diğer lamine malzemelere kıyasla mukavemet ve sertlik açısından daha az değişkendir çünkü laminasyonları çivilerin bağlantısı yoluyla yükü birlikte karşılar [53].

1.5.1.NLT Özellikleri ve Kullanım Alanları

Beton, çelik vb. zemin ve çatı sistemlerinde kullanılan diğer malzemelere göre daha hafiftir. Bununla birlikte üretimin çivilerle sağlanması yoğun iş gücü gerektirmekte ve bu panellerin CNC ile işlenmesinin olanaksız kılmasıdır. Tabakaların arasındaki çivilenmiş bağlantıların esnekliği ve bu bağlantılarda oluşacak boşluklar önemlidir. NLT'yi yeterince çivilemek, yanal kuvvetlere karşı koyabilme yeteneğine sahip bir bütünlük oluşturabilir ve neme maruz kaldığında sistemin kuru kalmasına yardımcı olabilir [2].

Birçok bina türünde etkili ve verimli bir şekilde uygulanabilir. Genellikle daha estetik bir yüzey elde etmek için, beton plakların ve çelik döşemelerin yerine bir alternatif oluşturmaktadır. Duvar, döşeme ve çatı elemanları yanı sıra, asansör ve merdiven boşluklarında da kullanılmaktadır. NLT panellerin kullanımına ilişkin örnek uygulamalar Şekil 1.10'da verilmiştir.



Şekil 1.10. NLT uygulama örneği [55].

1.6. DLT (Kavelalı Tabakalı Ahşap)

DLT ahşap kerestelerden üretilen ve sert ağaç kavelaları birleştirilen bir malzemedir. Bu teknoloji, modern tasarımı 1970'lerde geliştirilmiş ve çivili bağlantı elemanları ile üretilen NLT'ye dayanmaktadır [5, 31].

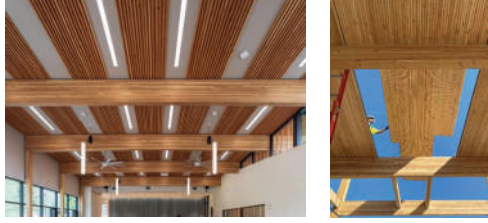
DLT'de 38 mm kalınlıkta, 89- 140-184 mm genişlikte ve nem oranı %19'dan daha az olan yumuşak keresteler kullanılmaktadır. NLT'den farklı olarak, DLT üretiminde genellikle parmakla birleştirilme ile elde edilen keresteler kullanılmaktadır [31]. Sert ağaçtan üretilen kavelalar, 19 mm çapında ve yaklaşık %6-8 nem oranındadır [2, 31]. Laminasyonlara dübel çakılmadan önce, panellerin alt yüzeyinde her bir projenin belirli performans ve estetik gereksinimlerine yanıt verecek şekilde dübellerle yaklaşık aynı çapta çok çeşitli profiller oluşturulmaktadır. Daha sonra dübeller doğrudan veya kademeli bir şekilde hidrolik olarak preslenebilir. Kademeli presleme DLT panellerine ek sertlik sağlayabilir. Dübeller genellikle 7-10 tabakadan geçirilerek NLT'ye göre daha etkin bir DLT üretimi sağlar.

1.6.1.DLT Özellikleri ve Kullanım Alanları

DLT paneller, tutkal ve çivi içermeyen, tamamı ahşap olan tek üründür. Üretiminde yapıştırıcı kullanılmadığından, formaldehit vb. toksik gazların salınımı yanı sıra, geri dönüşüm ve yeniden kullanım ile ilişkili sağlık ve çevresel endişeler DLT için söz konusu değildir. Metal bağlantı elemanlarına sahip olmayan DLT paneller, CNC makineler kullanılarak kolayca işlenebilmektedir. Ayrıca tamamen ahşaptan oluştuğu için geri dönüşümü kolaydır [5].

DLT paneller çok katlı ahşap binalar yanı sıra ticaret, konut, kurumsal ve endüstriyel binaların döşeme, duvar ve çatılarında kullanılmaktadır [2]. DLT panel yüzeylerine elektrik vb. kablolar için frezelerle kolaylıkla kanallar açılabilir. Bu mimari açıdan tasarımda kolaylık ve binanın

akustik özelliklerinin iyileştirilmesine olanak sağlar [31]. DLT panellerin kullanımına ilişkin örnek uygulamalar Şekil 1.11'de verilmiştir.



Şekil 1.11. DLT uygulama örneği [56].

1.6. PSL (Parallel Strand Lumber)

Paralel şerit kereste (PSL), kaplamadan elde edilen şeritlerin bitmiş ürünün uzunluğuna paralel olacak biçimde yapıştırılmasıyla üretilmektedir. Parallam olarak ta bilinen PSL, büyük boyutlu kerestelerin (kirişler, tahtalar ve direkler) yerini almak üzere tasarlanmıştır. Parallam kereste Kanada'da geliştirilmiş ve 1980'lerin sonlarında tanıtılmıştır [57, 58].

PSL üretiminde soyma yöntemi ile elde edilen kaplamalar %11 nem içeriğine kadar kurutulur giyotinlerle şeritler halinde kesilmeden önce mukavemet açısından incelenir. Daha sonra birbirlerine paralel olarak yerleştirilir, su geçirmez yapıştırıcı ile kaplanır ve preslenir [57, 58]. Kaplama levhalar, kalınlığın yaklaşık 150 katı olacak şekilde uzunluklara kesilmektedir. PSL üretmek için hem sert ağaç hem de yumuşak ağaç türleri kullanılabilir [2].

Üretimde tomrukların kaplama şeritleri haline getirilmesiyle hem ahşaptaki kusurların ortadan kaldırılması hem de maksimizasyon amaçlanmaktadır. PSL üretiminde kontrplak ve LVL üretim prosesinde ortaya çıkan soyma kaplama artıkları da kullanılabilir [57]. Üretimde kullanılan kaplama şeritleri yanmaya ve diğer zararlılara karşı kolaylıkla empenye edilebilir.

25 m uzunluğa kadar üretilebilen malzeme arzu edilen standart uzunluklarda kesilmek suretiyle kiriş, direk ve çatı makası gibi yerlerde kullanılabilir.

1.6.1. PSL Özellikleri ve Kullanım Alanları

PSL üretiminde kaplama kusurları uzaklaştırıldığından kereste ile karşılaştırıldığında daha homojendir. PSL ana eksen yönünde oldukça mukavemettir. Direnç değerleri masif ahşap malzemeden daha üstündür [59, 60]. İlave direnç, masif ahşaba kıyasla yoğunluktaki %10 artışla ilgilidir [13]. Bununla birlikte PSL üretiminde kullanılan kaplama şeritleri tutkallanarak basınç altında yapıştırıldığından yoğunluğu keresteye göre daha fazladır. Bu durum PSL'nin kerestelere oranla daha fazla zımparalama, kesme ve delme işlemi gerektirmesine neden olur. Ayrıca geniş enine kesit uygulamalarına ihtiyaç duyulduğunda ikinci bir yapıştırma işlemi gereklidir.

Konut ve ticari bina inşaatında sütun ve kiriş olarak ve köprü inşaatında yapısal eleman olarak kullanılırlar [58]. PSL panellerin kullanımına ilişkin örnek uygulamalar Şekil 1.12'de verilmiştir.



Şekil 1.12. PSL uygulama örneği [61].

1.7. LSL (Laminated Strand Lumber)

Görünüş olarak OSB ye benzer. Ancak daha uzun şerit şeklinde kaplama yongalardan üretilir. OSB üretim teknolojisinin biraz daha farklı geliştirilmiş şeklidir. Üretiminde kullanılan kaplama şeritlerinin genişliği 2.54 mm'yi aşmayacak ve uzunluk bunun en az 150 katı olacak şekildedir. Uzun şerit yongalar kurutulurak (%6-10) tutkallanır ve bitmiş ürünün uzunluk yönüne paralel olarak dizilirler. Elde edilen büyük boyutlu taslak preslenir [62]. Yüksek mukavemet-ağırlık oranı ve yenilenebilir kaynaklardan kolayca temin edilebilmesi nedeniyle LSL, yapı malzemesi olarak önemli bir alternatiftir [63].

LSL, yapısal kompozit ürünlerin (SCL) en son geliştirilenleri arasındadır. LSL üretiminde de ince çaplı ağaçlar kullanılabilir. Bu da hem doğal kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlamakta hem de üretimde verimliliği yüksek seviyelere çıkarmaktadır. LSL kompozitler Titrete kavak ve diğer kavak türleri gibi hızlı büyüyen ağaç türlerinden ve düşük kaliteli tomruklardan üretilmektedir [63, 64].

LSL kompozitler, her bir üretici tarafından farklı üretim prosesleri ile farklı boyutlarda üretildiği için kendine has mühendislik özelliklerine sahiptir. Bu nedenle LSL'ler standart bir üretim prosesine veya standart bir boyuta sahip değildir [13].

1.7.1. LSL Özellikleri ve Kullanım Alanları

LSL kompozitlerin yapısı OSB levhalara benzemektedir. OSB levhalarda ahşap elementleri her bir tabakada yönlendirilmiş olurken, LSL'de malzemenin uzun eksenine paralel yöndedir. LSL'nin yapısında masif ahşap malzemede yer alan budak vb. arzu edilmeyen yapılar yer almaz. Bunun nedeni; bunların hammadde hazırlama sırasında uzaklaştırılması veya malzeme içerisinde homojen bir şekilde dağılmasıdır [63, 65].

LSL, taşıyıcı direklerden mimari/yapısal uygulamalara kadar çok çeşitli kullanım yerinde değerlendirilmektedir. Kapılar, pencereler vb. yüksek kaliteli kereste gerektiren doğramalarda ve ayrıca kamyon kasaları gibi çeşitli alanlarda kullanımı mümkündür. LSL panellerin kullanımına ilişkin örnek uygulama Şekil 1.13'de verilmiştir.



Şekil 1.13. LSL kiriş uygulama [66].

1.8. Sandviç Panel

Ahşap sandviç paneller, inşaat uygulamaları için hafif, yalıtım sağlayan alternatifler sağlama amacıyla 20. yüzyılın ortalarında geliştirilmiştir. Yapı malzemeleri alanında artan rekabet, orman kaynaklarının sürdürülebilir ve rasyonel kullanımı sorunlarına yönelik arayışların sonucu olarak geliştirilmişlerdir [67, 68]. Sandviç paneller genel olarak iki adet yüksek dayanımlı sert yüzey katmanı ve bir adet düşük yoğunluklu iç katmandan oluşur (Şekil 1.14) [68]. Kağıt – alüminyum – plastik petek, EPS, XPS, PUR, köpük gibi malzemelerin iki yüzeyine ahşap kaplama, laminat, kontrplak, yongalevha, MDF, OSB gibi ahşap levha ürünleri veya alüminyum, metal malzemeler ve fiberglas gibi malzemelerin yapıştırılması ile elde edilen kompozit malzemelerdir. Kaplamalı veya kaplamasız olarak üretilebilir. [13, 68, 69]. Orta tabaka esas olarak yükü iletmeye yarar ve işlevi iki katman arasındaki mesafeyi korumak ve panelin atalet momentini ve eğilme sertliğini artırmaktır [68].



Şekil 1.14. Ahşap sandviç panel uygulaması [70]

1.8.1. Sandviç Panel Özellikleri ve Kullanım Alanları

Ahşap bazlı sandviç paneller, katmanlı yapıları nedeniyle benzersizdir. Bu yapıları nedeniyle iyileştirilmiş mekanik mukavemet, iyi termal ve ses izolasyonu ve ağırlık azaltımı gibi üstün özelliklere sahiptirler. Taşıma ve inşaat maliyetlerini düşürmeye yardımcı olurlar [68].

Hafif olmalarına karşın yeterli direnç özelliklerine sahip olan sandviç levhalar genellikle mobilya endüstrisinde (panel mobilya üretimi, mutfak dolabı, banyo dolabı, ofis mobilyası vb. üretiminde), mimari uygulamalarda, kapı üretiminde (Amerikan pres kapı), dekorasyonda, ulaştırma araçlarının üretiminde, tavan ve taban elemanı ve bölme sistemleri gibi oldukça geniş bir alanda kullanılmaktadır. Hızla büyüyen prefabrik ev, barınak ve fabrika binaları pazarında, önceden üretilmiş ahşap esaslı sandviç panellerin uygulanması nakliye ve montajda önemli tasarruflar sağlamaktadır [71].

Prefabrik ev yapımında, fabrika binalarının yapımında, iç dekorasyon malzemesi olarak, gemi ve diğer deniz taşıtlarının yapımında, stant tasarımı gibi çok sayıda yerde kullanım imkanı bulunmaktadır.

1.9. OSB (Oriented Strand Board)

Yönlendirilmiş Yongalevha (OSB) Dünya'da kontrplak yapımında kullanılan kalın çaplı soymalık ağaç kapasitesinin azalması, fiyatlarının artması ve bu tip ağaçların büyük bölümünün tropik ormanlardan elde edilmesi nedeniyle kontrplağın yerine geçebilecek bir levha arayışının sonucu olarak geliştirilmiştir [72, 73]. Kontrplak endüstrisinin hammadde olarak kaliteli tomruk (çapı en az 40 cm olan, mümkün olduğunca budaksız, en az 1,5 m boyunda, çürüksüz, çatıksız, lif kıvrıklığı olmayan, dolgun gövdeli, yıllık halka içerisinde ilkbahar ve yaz odunu kontrastı az) isteğine karşılık, OSB levhaları çok daha düşük kalitedeki ince tomruklardan üretilmektedir.

OSB üretimi geleneksel yongalevha üretimine benzemekle birlikte yonga büyüklükleri ve serme yöntemi bakımından farklılık göstermektedir. OSB üretiminde kullanılan yongaların uzunlukları yaklaşık olarak 75-100 mm, genişlikleri 15-30 mm ve kalınlıkları ise 0.5-0.7 mm'dir. OSB yongaları, standart yongalevha üretiminde kullanılan yongalardan oldukça büyüktür. Bu boyutlardaki yongaları elde etmek için diskli yongalama makineleri veya halka bıçaklı yongalayıcılar kullanılmaktadır. Yongaların daha uzun ve ince oluşu OSB levhalannın mekanik özelliklerininin daha iyi olmasını sağlar [74]. OSB üretiminde taslak hazırlanırken yongaların yönlendirilmesinde mekanik veya elektrostatik olarak yongalar yönlendirilmektedir. OSB levhalarda dış tabaka yongaları levha boyuna veya genişliğine paralel yönlendirilmişlerdir [75]. Orta tabakadaki yongalar ise rastgele ya da genellikle dış tabakalardaki yongalarla dik açı yapacak şekilde yönlendirilmektedir. OSB levhalar 6 mm-40 mm kalınlıklar arasında üretilmektedir. Levha boyutları ise çok farklı olup, piyasaya genellikle 2440mmx1220mm, olarak sunulmaktadır.

1.9.1.OSB Özellikleri ve Kullanım Alanları

Hammaddesinin kolay bulunması ve ucuz oluşu, yüksek taşıma kabiliyeti, ortam şartlarına bağlı olarak boyut ve şeklinde değişiklik olmaması nedeniyle OSB, pek çok ülkede özellikle inşaat sektöründe kontrplağın yerini almaya başlamıştır [76]. OSB levhalar esas itibarıyla yapısal kullanım amacıyla üretilmektedir. Döşeme, çatı kaplama, tavan kaplama ve duvar bölmesi [77], I-kirşi, kutu kirşi, palet, ambalaj sandıkları, izolasyon malzemeleri gibi yerlerde kullanılmaktadır. OSB panellerin kullanımına ilişkin örnek uygulama Şekil 1.15'de verilmiştir.



Şekil 1.15. OSB panel uygulaması [78]

SONUÇLAR

Sürdürülebilir ve çevre dostu yapı malzemelerinin her geçen gün önemi artmakta ve kullanımı yaygınlaşmaktadır. Bu gelişim orman kaynaklarının daha verimli kullanılarak sağlıklı yapılara dönüşmesinde büyük bir etkidir. Özellikle son yıllarda küresel iklim krizi, CO2 emisyonu vb. konulara ilişkin artan çevresel endişelere çözüm olarak geliştirilen yapısal ahşap malzemeler ve ahşap yapıların yaygınlaştırılması, bu bağlamda ülke politikalarına yansımış ve mevzuatlarla desteklenmiştir [79]. Yapılan araştırmalar ve ahşap yapı malzemeleri pazarına yönelik projeksiyonlar bu ürünlere olan talebin önümüzdeki yıllarda önemli ölçüde artacağını öngörmektedir. Bu durum özellikle mimarlar ve tasarımcılar tarafından da desteklenmekte ve 21. yüzyılın ahşap yüzyılı olacağı vurgulanmaktadır [80].

Ahşap esaslı yapı malzemelerindeki gelişmelere ve geçmişte ahşap yapı kültürüne sahip olunmasına rağmen, Türkiye’de halihazırda bu malzemeler yeterince yaygınlaşmamıştır. Yapısal ahşap malzemelerin ve kullanımlarının bilinirliğinin artırılması ekolojik ve sürdürülebilir yaşam alanlarının tasarımı ve inşasına katkı sağlayacaktır. Bu çalışmada yaygın olarak kullanılan ahşap yapı malzemeleri, üretimleri, özellikleri ve kullanım alanları hakkında bilgi verilmiştir.

KAYNAKÇA

- [1] Dukarska, D., & Mirski, R. (2023). Wood-based materials in building. *Materials*, 16(8), 2987. DOI: 10.3390/ma16082987
- [2] Avlar, E. (2022). Çağdaş Yapı Üretiminde Kullanılan Yapısal Ahşap Ürünler, Mimarlıkta Malzeme, March 2022, 37 rue mariefont, 69009, Lyon France, ISBN: 978-2-38236-258-7.
- [3] Çelik, H.K. & Şakar, G. (2022). Geçmişin ve Geleceğin Yapı Malzemesi Olarak Ahşap: Yapı Mühendisliği Çerçevesinde Bir İnceleme, *European Journal of Science and Technology, Special Issue 36*, pp. 298-304.
- [4] Smith, I. & Snow, M. A. (2008). Timber: An ancient construction material with a bright future. *The Forestry Chronicle*, 84(4), 504-510. DOI: 10.5558/ffc84504-4
- [5] Sotayo, A., Bradley, D., Bather, M., Sareh, P., Oudjene, M., El-Houjeiri, I., Harte, A.M., Mehra, S., O’Ceallaigh, C., Haller, P., Namari, S., Makradi, A., Belouettar, S., Bouhala, L., Deneufbourg, F. & Guan, Z. (2020). Review of state of the art of dowel laminated timber members and densified wood materials as sustainable engineered wood products for construction, *Developments in the Built Environment*, 1 (2020) 100004. DOI: 10.1016/j.dibe.2019.100004
- [6] Akiner, M.E., Akiner, I., Akiner, N. & Pancovska, V.Z. (2022). Using wood as a new generation building material in the context of sustainable development, *Zastita Materijala* 63 (1) 68 – 78. DOI: 10.5937/zasmat2201068a
- [7] Ding, Y., Pang, Z., Lan, K., Yao, Y., Panzarasa, G., Xu, L., ... & Hu, L. (2022). Emerging engineered wood for building applications. *Chemical Reviews*, 123(5), 1843-1888. DOI: 10.1021/acs.chemrev.2c00450
- [8] Spear, M., Norton, A., Hill, C., Price, C., & Ormondroyd, G. (2019). Wood based panels in modern methods of construction for housing: greenhouse gas abatement analysis. *In International Panel Products Symposium 2019*.
- [9] Costa, D., Serra, J., Quinteiro, P. & Dias, A.C. (2024). Life cycle assessment of wood-based panels: A review, *Journal of Cleaner Production*, Volume 444, 140955 DOI: 10.1016/j.jclepro.2024.140955
- [10] Asdrubali, F., Ferracuti, B., Lombardi, L., Guattari, C., Evangelisti, L., & Grazieschi, G. (2017). A review of structural, thermo-physical, acoustical, and environmental properties of wooden

- materials for building applications. *Building and Environment*, 114, 307-332. DOI: 10.1016/j.buildenv.2016.12.033
- [11] Zanuttuni, N. & Negro, F. (2021). Wood-Based Composites: Innovation towards a Sustainable Future. *Forest*, 12, 1717. DOI: 10.3390/f12121717
- [12] Cai, Z., Sendik, C. A., & Ross, R. (2021). Mechanical properties of wood-based composite materials. Chapter 12 in FPL-GTR-282, 12-1.
- [13] Akbulut, T., Ayrılmış, N. & Candan, Z. (2024), Ahşap Esaslı Kompozitler Bölüm 11, Ahşap: Doğal ve Yenilenebilir Mühendislik Malzemesi, İstanbul Üniversitesi–Cerrahpaşa Üniversite Yayınevi, Seri No: 70. DOI: 10.5152/5711
- [14] Kamke, F.A. (2004). Solid Wood Products/ Wood-based Composites and Panel Products, 1338-1345.
- [15] TS 2128 EN 313-2. (2005). Kontrplak - Sınıflandırma ve Terimler - Kısım 2: Terimler. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [16] TS 3103 EN 313-1 (1998). Kontrplak-Sınıflandırma ve terimler-Bölüm 1: Sınıflandırma. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [17] <https://extrudesign.com/advanced-composite-material/>. [07.12.2024].
- [18] <https://www.globalpiyasa.com/tr/urun/hus-kontrtabla-2500125018mm-bayou-matho-orman-urunleri-ic-ve-dis/166777>. [07.12.2024].
- [19] <https://topolocfrt.com/product/60mm-plywood-facing-petxps-multi-layer-foam-core-composite-panels/>. [07.12.2024].
- [20] TS EN 636 2012+A1. (2015). Kontrplak - Özellikler. Türk Standartları, Enstitüsü, Ankara.
- [21] Çolak, S. (1996). Kontrplaklarda Tomruk Buharlama Ve Kaplama Kurutma Şartlarının Formaldehit Emisyonu Üzerine Etkileri. YL Tezi, Trabzon.
- [22] <https://ssr.vn/plywood-in-construction-from-advantages-and-disadvantages-to-practical-experience/>. [09.12.2024].
- [23] <https://huskontrplak.com/esnek-kontrplak-nerelerde-kullanilir/>. [09.12.2024].
- [24] Smulsky, S. (2004) Solid Wood Products, Structural Use of Wood, Encyclopedia of Forest Sciences, 1318-1327.
- [25] TS EN 14279+A1 (2010): Soyma tabakalı lamine kereste (Ivl) - Tarifler, sınıflandırma ve özellikler, Türk Standartları, Enstitüsü, Ankara.
- [26] Abramowicz, M., Chybinski, M., Polus, L. & Wróblewski, T. (2024). Free Vibrations of Sustainable Laminated Veneer Lumber Slabs. *Sustainability*, 16, 166. DOI: 10.3390/su16010166
- [27] Castanie, B., Peignon, A., Marc, C., Eyma, F., Cantarel, A., Serra, J., Curti, R., Hadji, H., Denaud, L., Girardon, S. & Marcon, B. (2024). Wood and plywood as eco-materials for sustainable mobility: A review. *Composite Structures*, 329, 117790 DOI: 10.1016/j.compstruct.2023.117790
- [28] Romero, A. & Odenbreit, C. (2023). Experimental Investigation on Strength and Stiffness Properties of Laminated Veneer Lumber (LVL), *Materials*, 16(22), 7194; 16227194
- [29] Wang, X., Zhang, J., Wu, P. & Li, Y. (2022). Experimental investigation on the flexural and shear behaviour of LVL-beam strengthened with steel channels. *Construction and Building Materials*, 341, 127719. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2022.127719
- [30] https://www.architectmagazine.com/technology/architectural-detail/toranoko-nursery-laminated-veneer-lumber-roof_o. [09.12.2024].

- [31] Gong, M. (2019). Lumber-Based Mass Timber Products in Construction. *Timber Buildings and Sustainability*. DOI: 10.5772/intechopen.85808.
- [32] Lee, J.J., Park, J.S., Kim, K.M., & Oh, J.K. (2005). Prediction of bending properties for structural glulam using optimized distributions of knot characteristics and laminar MOE, *J Wood Sci.*, 51:640–647.
- [33] Issa, C. A. & Kmeid, Z. (2005). Advanced wood engineering: glulam beams. *Construction and Building Materials*, 19(2), 99-106. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2004.05.013
- [34] How, S.S., Sik, H.S. & Anwar, U.M.K. (2016). An Overview Of Manufacturing Process Of Glued-Laminated Timber, *Timber Technology Bulletin*, No:63, Ministry Of Natural Resources And Environment, Malaysia.
- [35] Ong, C. B. (2015). Glue-laminated timber (Glulam). *Wood composites*, 123-140.
- [36] Design of timber structures. (2022). Volume 1: Structural aspects of timber construction, Stockholm.
- [37] Glulam Handbook 2022. Volume 1, https://woodcampus.co.uk/wp-content/uploads/2022/07/GLU_HAND_VOLUME-1.pdf.
- [38] Buck, D. & Hagman, O. (2018). Production and in-plane compression mechanics of alternatively angled layered cross-laminated timber. *BioResources*, 13(2), 4029-4045. DOI: 10.15376/biores.13.2.4029-4045
- [39] Birinci, A. U., Öztürk, H., & Demir, A. (2021). Yerli ağaç türlerinden üretilen CLT duvarların yanal yük altındaki performansı. *Turkish Journal of Forestry*, 22(3), 318-322. DOI: 10.18182/tjf.932889
- [40] Tharmrasan, A. (2024). Cross-Laminated Timber for Sustainable Construction-Long-Term Performance and Environmental Impacts (Master's thesis, University of Rhode Island).
- [41] Tandoğan Kibar, G., & Lakot Alemdağ, E., (2023). Strength of connection profiles used in cross-laminated timber walls under seismic load. *Journal of Structural Engineering & Applied Mechanics (Online)*, vol.6, no.1, 45-59.
- [42] <https://woodcentral.com.au/brazil-looks-at-large-scale-timber-solutions-for-housing-crisis/>. [09.12.2024].
- [43] Schmidt, E. L., Riggio, M., Barbosa, A. R., & Mugabo, I. (2019). Environmental response of a CLT floor panel: Lessons for moisture management and monitoring of mass timber buildings. *Building and Environment*, 148, 609-622. DOI: 10.1016/j.buildenv.2018.11.038
- [44] Cirrik, Ö. (2018). Tabaka Oryantasyonunun Kavak, Çam ve Ladinden Üretilmiş Kontrplak ve LVL'lerin Bazı Teknolojik Özellikleri Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- [45] Brandner, R., Flatscher, G., Ringhofer, A., Schickhofer, G., & Thiel, A. (2016). Cross laminated timber (CLT): overview and development. *European journal of wood and wood products*, 74, 331-351. DOI: 10.1007/s00107-015-0999-5
- [46] Di Bella, A., & Mitrovic, M. (2020). Acoustic characteristics of cross-laminated timber systems. *Sustainability*, 12(14), 5612. DOI: 10.3390/su12145612
- [47] Hematabadi, H., Madhoushi, M., Khazaeyan, A., Ebrahimi, G., Hindman, D., & Loferski, J. (2020). Bending and shear properties of cross-laminated timber panels made of poplar (*Populus alba*). *Construction and Building Materials*, 265, 120326. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2020.120326
- [48] Hindman, D. P., & Golden, M. V. (2020). Acoustical properties of southern pine cross-laminated timber panels. *Journal of Architectural Engineering*, 26(2), 05020004. DOI: 10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000407

- [49] IBC. (2021). Group A, Tall Mass Timber Proposals Review Guide. American Wood Council. Erişim tarihi: 20 Mart 2021. <www.awc.org/tallmasstimmer>.
- [50] <https://waughthistleton.com/curtain-place/>. [09.12.2024].
- [51] <https://www.dezeen.com/2020/03/25/katerra-clt-sustainable-low-carbon-architecture-promotion/>. [09.12.2024].
- [52] Derikvand, M., Jiao, H., Kotlarewski, N., Lee, M., Chan, A., & Nolan, G. (2019). Bending performance of nail-laminated timber constructed of fast-grown plantation eucalypt, *European Journal of Wood and Wood Products*, 77:421–437. DOI: 10.1007/s00107-019-01408-9
- [53] Li, Z., Feng, W., He, M., Chen, F., & Sun, X. (2023). Bending performance of nail laminated timber: Experimental, analytical and numerical analyses, *Construction and Building Materials*, 309, 131766. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2023.131766
- [54] Hong, K.E.M. (2017), Structural Performance of Nail-Laminated Timber-Concrete Composite Floors, A Thesis Submitted In Partial Fulfillment Of The Requirements For The Degree Of, Master Of Applied Science, The Faculty Of Graduate And Postdoctoral Studies, The University Of British Columbia.
- [55] <https://wood-works.ca/wp-content/uploads/Timber-Office-Buildings-by-Cory-Zurell.pdf>. [09.12.2024].
- [56] <https://structurecraft.com/projects/sycamore-and-oak>. [09.12.2024].
- [57] Çavuş, V. & Ersin, I. (2023). "Determination of some physical and mechanical properties of parallel-strand lumber manufactured with bamboo (*Phyllostachys bambusoides*)," *BioResources* 18(4), 6802-6814.
- [58] Çavuş, V. (2008). 1-214 (Populus X Euramericana) Melez Kavak Klonundan Fenol Formaldehit Ve Üre Formaldehit Tutkallı Kullanılarak Üretilmiş Paralel Şerit Kerestelerinin (Pşk) Bazı Fiziksel Ve Mekanik Özellikleri, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş.
- [59] Kurt, R. & Çavuş, V. (2011). Manufacturing of parallel strand lumber (PSL) from rotary peeled hybrid poplar 1-214 veneers with phenol formaldehyde and urea formaldehyde adhesives. *Wood Research*, 56(1):137-144.
- [60] Moses, D., Prion, H., Boehner H., & Li, W. (2003). Composite behavior of laminated strand Lumber. *Wood Sci Technol* 37, 59–77. DOI: 10.1007/s00226-003-0169-5
- [61] <https://www.fastapp.com/concept-lab/material/parallel-strand-lumber-psl-6/>. [09.12.2024].
- [62] European Assesment Document (2018). Structural Composites Lumber Product: Laminated Strand Lumber.
- [63] Hasan, K. F., Bak, M., Ahmed, A. A. O., Garab, J., Horváth, P. G., Bejő, L., & Alpár, T. (2024). Laminated strand lumber (LSL) potential of Hungarian and Central European hardwoods: a review. *European Journal of Wood and Wood Products*, 82(2), 245-264. DOI: 10.1007/s00107-023-02019-1
- [64] Ruben, J., Yadama, V., Aro, M., & Pelaez-Samaniego, M.R. (2023). Cross-laminated strand veneer lumber mass timber panels from thermally modified strands, *Construction and Building Materials*, 368, 130370.
- [65] Wang, Z., Gong, M., & Chui, Y.H. (2015). Mechanical properties of laminated strand lumber and hybrid cross-laminated timber, *Construction and Building Materials*, 101, 622–627. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2015.10.035
- [66] <https://www.networx.com/article/why-use-laminated-strand-lumber>. [10.12.2024].

- [67] Vladimirova, E. & Gong, M. (2024). Advancements and Applications of Wood-Based Sandwich Panels in Modern Construction. *Buildings*, 14(8), 2359. DOI: 10.3390/buildings14082359
- [68] Wei, P., Chen, J., Zhang, Y., & Pu, L. (2021). Wood-Based Sandwich Panels: A Review. *Wood Research*, 66(5), 875-890. DOI: 10.37763/wr.1336-4561/66.5.875890
- [69] Akkan, A., & Vural, N. (2022). Thermal, sound and fire performance properties of prefabricated facade panels with massive, sandwich and frame design concepts. *Journal of Architectural Sciences and Applications*, 7(1), 464-481.
- [70] <https://www.mornglass.com/sip.html> [02.11.2024]
- [71] Edgars, L., Kaspars, Z., & Kaspars, K. (2017). Structural performance of wood based sandwich panels in four point bending. *Procedia Engineering*, 172, 628 – 633. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.02.073
- [72] Kang, E. C., LEE, M., LEE, S. M., & PARK, S. H. (2023). Mechanical properties of the oriented strand board (OSB) distributed in the Korean market. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, 51(4), 253-269. DOI: 10.5658/WOOD.2023.51.4.253
- [73] Furugi, A., & Yapıcı, F. (2021). Optimization of Production Parameters in Oriented Strand Board (OSB) Manufacturing by Using Taguchi Method. *Drvena industrija*, 72(4).
- [74] Hermavan, A., Ouchi, T., Tashima, R., & Murase, Y. (2007). Manufacture of strand board made from construction scrap wood, Resources, Conversation and Recaycling, 50 (4), 415-426. DOI: 10.1016/j.resconrec.2006.07.002
- [75] Morales, E. A. M., Da Silva Bertolini, M., Do Nascimento, M. F., Lahr, F. A. R., & Ballarin, A. W. (2013). Study of Brazilian commercial Oriented Strand Board panels using stress wave. *Wood Research*, 295-306.
- [76] Lunguleasa, A., Dumitrascu, A. E., Spirchez, C., & Ciobanu, V. D. (2021). Influence of the strand characteristics on the properties of oriented strand boards obtained from resinous and broad-leaved fast-growing species. *Applied Sciences*, 11(4), 1784. DOI:10.3390/app11041784
- [77] Hamzaçebi, C. (2016). Optimization of process parameters in oriented strand board manufacturing by Taguchi method. *BioResources*, 11(3). DOI: 10.15376/biores.11.3.5987-5993
- [78] <https://www.balcilar.com/kdz-eregli-osb-cesitleri/>. [09.12.2024]
- [79] Şişman, M. E. & Ökten, B. B. (2023). Yapı Sektöründe Ahşap Teşvik Politikaları ve Etkileri. *bab Journal of FSMVU Faculty of Architecture and Design*, (Special Issue), 48-64.
- [80] <https://www.aimsad.org/istatistikler/yeni-insaat-yaklasimlari-ile-ahsaba-gun-dogacak> [10.12.2024].

YAZAR ÖZGEÇMİŞİ

Aydın DEMİR, Doç. Dr.

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi-Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye

aydindemir@ktu.edu.tr

2010 yılında İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü'nden "Orman Endüstri Mühendisi" unvanı ile mezun oldu. 2014 yılında "Yangın Geciktirici Emrenye Maddelerinin Çeşitli Ağaç Türlerinden Üretilen Kontrplakların Isıl İletkenliğine Etkileri" adlı yüksek lisans tezini başarıyla tamamlamıştır. 2015 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Program'ına başladı. 2019 yılında "Kontrplak Kaplı Ahşap Yapı Perde Duvarlarının Yapısal Davranışları ve Sismik Dayanım Performanslarının Belirlenmesi" adlı doktora tezini başarıyla tamamlamıştır.

Semra ÇOLAK, Prof. Dr.

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi-Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye

colak@ktu.edu.tr

1993 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü'nden "Orman Endüstri Mühendisi" unvanı ile mezun oldu. 1993 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Tezli Yüksek Lisans Program'ına başladı. 1996 yılında "Kontrplaklarda Ön Hazırlık İşlemlerinin Formaldehit Emisyonu Üzerine Etkisi" adlı Yüksek Lisans Tezini başarıyla tamamlamıştır. 2002 yılında "Kontrplaklarda Emrenye İşlemlerinin Asit ve Formaldehit Emisyonu ile Teknolojik Özelliklere Etkileri" adlı doktora çalışmasını başarıyla tamamlamıştır. Bugün Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümünde "Prof. Dr." unvanı ile çalışmalarna devam etmektedir.

Cenk DEMİRKİR, Prof. Dr.

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye

cenk@ktu.edu.tr

1981 yılında Trabzon'da doğdu. 1999 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü'nü kazandı. 2003 yılında bölüm ikincisi olarak mezun oldu. Aynı yıl içinde K.T.Ü. Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. 2006 yılında yüksek lisans öğrenimini tamamladı ve aynı yıl Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda doktora öğrenimine başladı. Kasım 2005'de KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü'ne Araştırma Görevlisi olarak atandı. 2013 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği bölümünde Dr. Öğr. Üyesi unvanı, 2015 yılında Doç.Dr. unvanı ve 2019 yılında Prof. Dr. unvanı almıştır.

2. Bölüm

GELECEĞİN AHŞAP MALZEMESİ: ŞEFFAF AHŞAP

Ebru ŞANLI^{a*}, Nilhan VURAL^b

^a Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık, Mimarlık, Trabzon, Türkiye, 0000-0002-4853-5894

^b Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık, Mimarlık, Trabzon, Türkiye, 0000-0001-9248-6594

* ebrusanli@gmail.com

SUMMARY

Energy consumption has long been one of the major challenges in our lives, particularly in the construction sector. To address this issue, the use of natural resource-based building materials instead of petroleum-based materials offers a sustainable environmental strategy. In this regard, wood as a building material offers an abundant source of raw materials, is renewable, has high mechanical properties, is lightweight and can be chemically and physically modified, making it a potential composite material for manufacturing. Recently, "transparent wood", a modified form of wood that can replace materials such as glass, concrete and brick while offering energy-saving benefits, has attracted considerable research interest.

Numerous studies have been conducted on transparent wood and research is still ongoing. This study reviews these studies and provides information on the production, physical and mechanical properties, advantages and architectural applications of transparent wood. The aim of this study is to provide a basis for understanding in which areas transparent wood, produced by modification of natural wood, can be further developed and used in architecture.

Keyword: *Transparent wood, innovation wood material, sustainability.*

Giriş

Selüloz bazlı biyokompozit malzeme olarak ahşap, sentetik polimerlere olan bağımlılığı azaltmaya yönelik çevre dostu bir malzeme olarak da dikkat çekmektedir. Ahşap; düşük yoğunluğu, üstün mekanik özellikleri, yenilenebilir kaynaklardan elde edilebilmesi ve düşük maliyeti gibi avantajları nedeniyle geniş bir uygulama alanına sahiptir. Genel olarak selüloz, hemiselüloz ve ligninden oluşan ahşap, mekanik dayanımının önemli bir kısmını selülozdan almaktadır, en yaygın kullanılan biyolojik yapı malzemelerinden biridir. Hiyerarşik bir yapıya sahip olan ahşap, anizotropik içeriği sayesinde sıvı taşıyan kanallar ile mikro, mezo, makro ölçeklerde gözenekli karmaşık bir sistemden oluşmaktadır [1].

Yapısı gereği opak olan ahşap, genellikle bir renge sahiptir. Bunun başlıca nedenlerinden biri, lignin ve diğer maddelerdeki kromoforik grupların varlığıdır; diğer bir neden ise, ahşabın 380-780 nm dalga boyu aralığında görünür ışığı güçlü bir şekilde emme yeteneğidir. Bu durum, ahşabın ışık emiliminin %80-95 oranını oluşturmaktadır ve renginin temelini teşkil etmektedir. Kompozit ve hiyerarşik bir yapıya sahip olan ahşabın içerisinde; boşluklar (mezoporos) hava ve su ile dolu olduğu için ışık geçtiğinde, farklı kırılma indislerine sahip arayüzler oluşmakta ve bu durum, ışığın saçılmasına ve yansımaya yol açmaktadır. Bu nedenle, ahşaptaki renkli maddelerin çıkarılması ve boşlukların, ahşabın yapısında mevcut bulunan selülozun kırılma indisine yakın bir reçine ile doldurulması işlemi sayesinde ahşap, şeffaf hale getirilebilmektedir [2] (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. (a) İşlem görmemiş ahşap (balsa ağacı) (b) Şeffaf ahşap [3]

Şeffaf ahşap, geliştirilebilen ve yapısal olarak kolayca modifiye edilebilen bir yapı malzemesi olarak, araştırma alanında yeni ve hızla gelişen bir tür olmuştur. Sürdürülebilir kalkınmanın önemini arttıran günümüzde, zengin hammadde kaynakları, işlenebilirlik özellikleri ve biyobazlı bir kaynak olarak görülebilmesi nedeniyle, yeşil malzeme olarak ilgi odağı haline gelmiştir. Düşük yoğunluk, yüksek iletkenlik ve mukavemet ile yük taşıma performansı gibi özelliklere sahip olan şeffaf ahşap, çok yönlü biyokompozit malzemelerden biridir. Özellikle sentetik malzemelerin yerine kullanılma potansiyeli, bu malzemenin dikkat çekici bir özelliğe sahip olarak öne çıkmasını sağlamaktadır [4, 5].

Şeffaf ahşabın en büyük avantajı optik olarak yüksek oranda şeffaflık sağlayabilmesidir. Şeffaf ahşap, geleneksel ahşaba kıyasla, üretimi sırasında mikro yapısına uygulanan kimyasal işlemlerin belirli bir oranda ayarlanması sayesinde ışığı etkili bir şekilde iletebilmektedir. Gözenekli yapısı aracılığı ile ışığın yayılması için özel kanallar içeren şeffaf ahşapta ışık bu kanallardan iletilerek ahşaba yüksek oranda şeffaf bir görünüm kazandırılmaktadır [6].

Normal ahşapta ışık, malzemenin bünyesine girdiğinde önce bir yüzeyle, yüzeyden geçtikten sonra ise ahşabın gözenekli yapısına ulaşıp buradaki lifler ve gözenekler arasındaki ara yüzlerle karşılaşır. Bu arayüz sayesinde ışığın saçılması gerçekleşmektedir. Ancak şeffaf

ağşabın tasarımında gözeneklerin boyutu ve dağılımı kontrol edilerek düzgün bir gözenek dağılımı sağlanır ve ışığın saçılımı en aza indirilir [5].

Lifli ve gözenekli bir yapıya sahip olan şeffaf ağşaba gelen ışık, malzemenin yüzeyinden iç yapısına geçmektedir. Işık, daha sonra gözenekler ve lifler arasındaki arayüzlerle etkileşime girerek saçılma sağlanır. Şeffaf ağşabın tasarımında, ağşabın gözenek boyutu ve dağılımı, ışığın daha düzgün bir şekilde iletilmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Işığın polarizasyonu, yani ışık dalgalarının titreşim yönlerinin düzenlenmesi ile belirli etkilerin sağlanmasında liflerin yönelimi önemlidir. Malzeme bileşenlerinin özellikleri, liflerin düzenlenmesi ve gözeneklerin boyutu ile dağılımına bağlı olarak ışığın yayılımı gerçekleşmektedir [4, 5].

Geleneksel ağşaptan farklı olarak, ağşabın mikro yapısı ve kimyasal bileşeni ayarlanarak elde edilen şeffaf ağşap, gözenekli yapısı aracılığıyla ışığın yayılmasını sağlar. Işık, bu özel kanallar içinde birçok kez yansıtılarak ve kırılarak yüksek oranda şeffaflık elde edilir. Optik özelliklerin ayarlanması, ağşaptaki pigmentlerin ve ışığı emen maddelerin ağşabın bünyesinden çıkarılması veya değiştirilmesi yoluyla sağlanabilir; böylece ağşabın ışığı emme veya dağıtma etkisi etkili bir şekilde azaltılabilir [5].

Doğal ağşabın bazı özel teknik işlemlerden geçirilmesi ile üretilen şeffaf ağşap, yapısı gereği üstün mekanik performans ve optik özellikler sunmaktadır. Ağşabın mikro yapısı değiştirilerek veya yapısına diğer malzemeler eklenerek hafif, cam benzeri bir görünüm elde edilen ve güçlü mekanik özelliklere sahip yeni bir ağşap esaslı kompozit malzeme olarak üzerinde çalışılmaktadır. Şeffaf ağşap, camlılarda, çatılarda ve güneş kolektörlerinde ışık geçiren bir malzeme olarak kullanılmasının yanı sıra; malzemenin uygulanabilirliği, tokluk ve darbe direnci, mukavemeti ve güvenilirliği gibi özelliklerinin binalarda uygun bir şekilde değerlendirilmesi önemlidir [5]. Bu nedenle, yapısal özelliklerinin ve mimaride kullanım yerlerinin geniş bir alanda araştırılması ve analiz edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı, şeffaf ağşabın üretim sürecini detaylı bir şekilde analiz etmek, yapısal ve fiziksel özelliklerini ortaya koymak, mimarideki potansiyel uygulama alanlarını ve sunduğu avantajları kapsamlı bir şekilde ele almaktır.

1. Tarihçe

Şeffaf ağşap, ilk olarak 1992 yılında Siegfried Fink tarafından ağşabın özgül yapısını gözlemlemek amacıyla ortaya konulmuştur. Bu konudaki ilk çalışma, Fink'in "Şeffaf Ağşap - Ağşap Yapısının İşlevsel Çalışmasında Yeni Bir Yaklaşım (*Transparent Wood – A New Approach in the Functional Study of Wood Structure*)" başlıklı makalesinde yer almaktadır. Fink, bitki dokularının mikroskobik incelemeler yapabilmesi için ağşabın iç yapısının ışığın geçebilmesi amacıyla şeffaf hale getirilmesi gerektiğini vurgulamış ve bunun için uygun kırılma indisine sahip organik sıvılara daldırılarak şeffaflaştırılmasını önermiştir. Tıp alanında bu yöntem uzun bir süredir kullanılmakta olup, toksik ve tahriş edici sıvılar yerine polimerize edebilen plastik esaslı malzemeler kullanılarak mevcut yöntem yenilenmiştir [7, 8]. Şeffaf ağşap, ilk zamanlarda ağşap türlerinin hücre yapısı ve morfolojisini incelemek amacıyla kullanılmıştır. Sonraki aşamada, şeffaf ağşabın fiziksel özelliklerine odaklanılmış, malzemenin enerji verimliliği potansiyeli ve yapısal dayanımı gibi kullanım alanları ön plana çıkmıştır [1]. 2015-2016 yıllarında, Fink'in yaptığı çalışmalar, KTH (Kraliyet Teknoloji Enstitüsü) ve Maryland Üniversitesi ekipleri tarafından ele alınmış ve şeffaf ağşabın özellikleri incelenmiştir [9]. Günümüzde ise şeffaf ağşabın üretim süreçleri ile ilgili iyileştirmeler yapılmakta, kullanım alanlarını genişletmeye odaklanılmaktadır. Üretim maliyetleri, ölçeklenebilirlik, esnek yapısal kullanım gibi konular üzerine çalışmalar devam etmektedir [10].

2. Şeffaf Ahşap Üretimi ve Özellikleri

Şeffaf ahşap, geliştirilmiş ahşap yapı malzemeleri çalışmaları kapsamında önemli bir yer tutmaktadır. Bu malzeme; hafif yapısı, optik geçirgenliği ve üstün mekanik performansı ile dikkat çekmektedir. Genel olarak, şeffaf ahşap (TW), lignin kromoforlarının ahşabın iç yapısından uzaklaştırılması ve ardından ahşap selülozunun yapısıyla benzer bir kırılma indisine sahip polimer ile infiltrasyon ve polimerizasyon işlemleri ile üretilmektedir. Genellikle, Metil metakrilat (PMMA) gibi polimerlerin emdirilmesi, en fazla kullanılan yöntemlerden biridir. Modern teknolojinin ilerlemesi ile birlikte şeffaf ahşap; ısı, ışık ve enerji yönetimi açısından çok işlevselliğe sahip akıllı bir yapı malzemesi olarak kullanılabilir [11]. Ahşabın gözenekli yapısı, ışığın ahşap bünyesine girişinde iletilmesine, saçılmasına ve emilimine etki etmektedir. Işık, ahşabın yüzeyine ulaştıktan sonra, gözenekli yapının sağladığı kanallardan geçerken ışığın saçılması ve yayılması da etkilenmektedir. Bu gözeneklerin düzgün yapısı, ışığın geçişini kolaylaştırırken, liflerin yönelimi de polarizasyonu etkilemektedir [5].

Işık yoğun bir şekilde emilip hem de dağıldığı için ahşap, görünür spektral aralıkta opaktır. Ahşabın şeffaf hale gelmesi için ışığı %80-95 emen ligninin ahşabın yapısından çıkarılması veya kimyasal olarak yok edilmesi gerekmektedir [12]. Ardından, hava ile hücre duvarları arasındaki arayüzlerde ışık saçılmasının en aza indirilmesi önem taşımaktadır [1]. Ahşap, anizotropik bir yapıya sahip olmasından dolayı yüzeyine gelen ışığın yönünü belirlemektedir. Lignin bileşeni bünyesinden çıkarıldığında hücre duvarında mikro ve nano ölçekli boşluklar oluştuğu için ışık saçılımı artmaktadır. Bu saçılımı düzenlemek ve azaltmak için hücre duvarı ile uygun bir kırılma indisine sahip polimer malzeme yardımıyla bu boşluklar doldurulmaktadır. Lignin çıkarılarak şeffaf ahşap üretimi yapılmasına rağmen lignini koruyarak şeffaf ahşap üretimi sağlayan ve böylece mekanik dayanıklılığı arttıran yöntemler de bulunmaktadır [12].

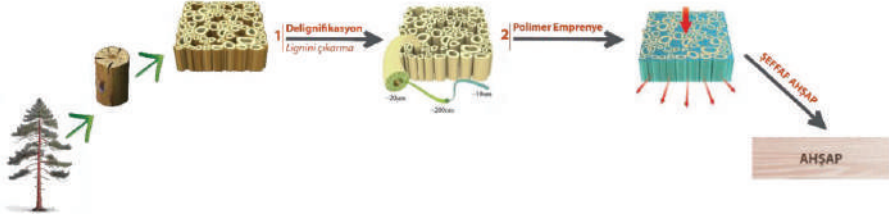
2.1. Üretim Süreci

Şeffaf ahşap üretiminde kullanılan ağaç türleri, malzemenin mekanik ve fiziksel özelliklerini doğrudan etkileyerek çeşitli uygulama potansiyelleri sunmaktadır. Tablo 2.1'de şeffaf ahşap üretiminde kullanılan ağaç türleri, üretim sürecinde kullanılan malzemeler ve üretim süreci özellikleri verilmiştir.

Tablo 2.1. Şeffaf ahşap üretiminde kullanılan ağaç türleri ve üretim süreci özellikleri

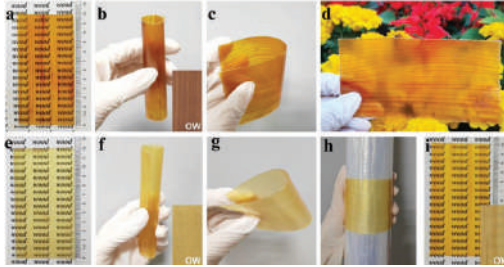
Kaynak	Ağaç türü	Malzeme boyut	Lignin ayrışması (Delignifikasyon)	Lignin derece ve süre	Polimer emmesi	Katkı maddesi
[13]	Balsa ağacı	50 x 50 x 1,5 mm	NaClO ₂	80°C'de 8 saat	Styren, akrilat	butil 1-Octadeken (ODE)
[14]	Huş ağacı	20 x 20 x 0,5/1,5 mm	NaClO ₂	80°C'de	polimethyl methacrylate	polietilen glükol (PEG)
[11]	Balsa ağacı	2 mm	NaClO ₂	80°C'de - birkaç saat	Vitrimer	-
[15]	Poplar ve melia	50 x 30 x 2 mm	NaOH, EDTA	MgSO ₄ , 70 °C	Epoksi	-
[16]	basswood	11 x 7 x 0,5/2/5 cm	H ₂ O ₂ , NaOH	100 °C 12 sa	Epoksi	-

Şeffaf ahşap üretiminde, sert ve yumuşak ağaç türleri kullanılabilir. Her iki tür ağaç da işlenmiş şeffaf ahşap üretimi için değerlendirilebilir. Seçilen ağaç türünün belirli özelliklerine göre şeffaf ahşabın mekanik ve fiziksel özellikleri değişiklik göstermektedir. Sert ağaç türleri, yumuşak ağaç türlerine göre daha yüksek mukavemete sahipken, yumuşak ağaç türleri daha düşük lignin içeriği bulundurduğundan, üretilen şeffaf ahşap genellikle daha yüksek bir şeffaflık oranına sahip olmaktadır [8].



Şekil 2.2. Üretim aşamaları [13] (Tekrar görsel şema haline getirilmiştir)

Huş ağacının düşük oranda gözeneğe sahip olması, onu strüktürel uygulamalarda kullanım için cazip bir seçenek haline getirmektedir [14]. Bu bağlamda, şeffaf ahşap üretimi son yıllarda giderek daha fazla ilgi görmektedir. Yapılan bir araştırmada, Çin'den temin edilen Çin Sedir ağacı, ıhlamur ağacı (Basswood), Yeni Zelanda çamı, Oguman, siyah ceviz ve Betula Alnoides gibi altı farklı ağaç türünden çeşitli renklerde ve desenlerde şeffaf ahşap elde etmek amacıyla deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu deneylerde lignin çıkarılmadan şeffaf ahşap üretimi yapılmış ve bu sayede, şeffaf ahşabın doğal rengi korunarak üretim süreci daha hızlı ve enerji verimli hale gelmiştir. Deneysel sonuçlarına göre; açık renkli ağaç türleri kullanılarak hazırlanan şeffaf ahşabın ışık geçirgenliğinin, koyu renkli ahşap kullanılarak hazırlanan ahşaba göre daha belirgin bir şekilde artış gösterdiği gözlemlenmiştir. Ayrıca, şeffaf ahşabın orijinal ahşaba göre çekme dayanımının yüksek olduğu tespit edilmiştir [17]. Ağaç türlerine göre şeffaflık ve bükülme oranı Şekil 2.3'te verilmiştir.



Şekil 2.3. a) Sedir (*Cunninghamia konishii*) ağacı için şeffaf ahşap, b) odun lifleri yönünde bükülmüş, tam olarak kürlenmemiş şeffaf sedir, c) odun lifleri yönüne dik olarak bükülmüş, tam olarak kürlenmemiş şeffaf sedir, d) güneş ışığı altında şeffaf sedir, e) ıhlamur (*Tilia*) için şeffaf ahşap, f) odun lifleri yönünde bükülmüş, tam olarak kürlenmemiş şeffaf ıhlamur, g) odun lifleri yönüne dik olarak bükülmüş, tam olarak kürlenmemiş şeffaf ıhlamur, h) güneş ışığı altında şeffaf ıhlamur, i) Yeni Zelanda çamı (*Pinus radiata* D.Don) için işlenmiş (OW) şeffaf ahşap (TW) [18].

Şeffaf ahşap üretiminde, 121 kg/m³ yoğunluğa ve %18,3 lignin içeriğine sahip olan balsa ağacı da önemli bir rol oynamaktadır. Balsa ağacı, hızlı büyümesi ve ekonomik önemi nedeniyle tercih edilen bir ağaç türüdür [4]. Şeffaf ahşap üretiminde ağaç türlerinin yanı sıra bambu da kullanılmakta olup, bu sayede mekanik dayanımı yüksek bir şeffaf ahşap elde edilebilmektedir. Bambu bazlı şeffaf ahşap, enerji tasarrufu sağlayan, estetik açıdan çekici ve çevre dostu yapılar inşa etmek için tercih edilmektedir [5].

Şeffaf ahşap üretim süreci, ilk olarak delignifikasyon adı verilen ahşabın kimyasal veya biyokimyasal reaktiflerle yardımıyla ligninin çıkarılarak renksizleştirilmesi sonucu gözenekli bir yapı oluşturulması ile başlar. Şeffaf ahşap genel olarak delignifikasyon ve polimerin ahşabın yapısına yerleştirilmesi (polimer emprenye) işlemi olmak üzere iki aşamada elde edilmektedir. Ancak bazı çalışmalarda süksinilasyon veya ön polimerizasyon gibi işlemler, üretim aşamalarına eklenebilmektedir [19].

2.1.1. Delignifikasyon – Ligninin Çıkarılarak Renksizleştirilmesi

Lignin, güçlü bir ışık emici bileşen olarak, ışık emiliminin %80-95'ini oluşturmaktadır (Li vd. 2016). Şeffaf ahşap üretim süreci, ilk olarak delignifikasyon adı verilen ahşabın kimyasal veya biyokimyasal reaktifler yardımıyla ligninin çıkarılarak renksizleştirilmesi sonucu gözenekli bir yapı oluşturulması ile başlar [13].

Araştırmalara göre, ligninin renksizleştirilmesi sırasında kullanılan yöntemler farklı başlıklar altında sınıflandırılmaktadır:

- Ligninin giderilmesi Yang vd. (2023)'ne göre iki ana yöntemle gerçekleştirilmektedir: kimyasal reaktif yöntemler ve biyolojik enzim yöntemleri.
- Samanta vd. (2022)'ne göre şeffaf ahşabın renksizleştirilme süreci iki farklı yöntemle yapılabilmektedir. İlki ligninin çıkarılması, ikincisi ise ağartıcılar kullanılmasıdır.
 - a) Ligninin çıkarılması: Şeffaf ahşap, ahşap strüktüründen renklendirici maddelerin çıkarılması ile üretilmektedir.
 - b) Ağartıcı kullanımı: Son çalışmalarda geleneksel delignifikasyon (ligninin ayrıştırılması) tekniği yerine klor içermeyen hidrojen peroksit (H₂O₂) ile ahşap hücrelerinin ağartılması sonucu şeffaf ahşap üretimi sağlanmaktadır.

Delignifikasyon süreci toksik atıklar üretebilen, kötü kokulu bileşenlerde kullanılabilirdiği için süreci uzun olmakta ve çevreye zarar verebilmektedir. Buna karşılık hidrojen peroksit ile ağartma işlemi klor içermeyen bir işlem olduğu için delignifikasyona kıyasla işlem daha kısa sürede bitmektedir. Delignifikasyon işleminde ligninin %90'ı kaybolduğu için ahşap strüktürünün mekanik özelliklerinde azalma meydana gelebilmekte, bu durum polimerlerin emdirilmesini zorlaştırabilmektedir. Ağartma işlemi ise ligninin %80'ini koruyarak yapısal açıdan bütünlük sağlayabilmektedir [20]. Geleneksel lignin çıkarma yöntemi yerine asit klorit bazlı yöntemler hemiselülozun korunması sağlayabilmektedir. Delignifikasyon işlemi sırasında hemiselülozun zarar görmemesi şeffaf ahşabın mekanik ve optik performansını arttırmaktadır [21].

- Li vd. (2022)'ne göre ise lignin uzaklaştırılması veya kimyasal olarak değiştirilmesi için genel olarak dört ana yöntem bulunmaktadır (Tablo 2.2):

Tablo 2.2. Şeffaf ahşap üretiminde ligninin uzaklaştırılma yöntemleri [2]

YÖNTEM ADLARI	TANIM
1.ASİDİK DELİGNİFİKASYON	Asidik çözeltiler kullanarak ligninin parçalanması ve ahşaptan uzaklaştırılmasıdır. Bu yöntemle, %90'a kadar ışık geçirgenliği sağlanabilmektedir (Yang vd. 2023).
2.ALKALİ DELİGNİFİKASYON	Alkali çözeltiler (NaOH gibi) kullanılarak ligninin uzaklaştırılmasıdır. Bu işlem, ligninin yapısal bağlarını zayıflatarak yapısal dayanımını azaltmaktadır.
3.LİGNİN MODİFİKASYONU	Ligninin kimyasal yapısının değiştirilmesi veya özelliklerinin iyileştirilmesi sürecidir.
4.ENZİMATİK DEGNİFİKASYON	Lignin veya diğer polimerik maddelerin enzimler kullanılarak parçalanmasıdır. Bu yöntem, daha az zararlı kimyasalları kullanılması sağlayarak çevre dostu bir alternatif sunmasına rağmen maliyetinin yüksek olması ve uygulama gereksinimlerinin zorluğu nedeniyle her zaman tercih edilmemektedir.

Delignifikasyon sürecinde birçok kimyasal çözelti kullanılmaktadır. Bunlar arasında sodyum hipoklorit (NaClO), polivinil alkan (PVA), sodyum klorit (NaClO₂), polimetil metakrilat (PMMA), sodyum sülfat (Na₂SO₃), polivinil piroolidon (PVP) ve hidrojen peroksit (H₂O₂) bulunmaktadır [5]. Bu işlemin ardından ahşap, beyaz bir renge dönüşmektedir [1]. Yüksek yoğunluğa sahip ahşap malzemelerde, delignifikasyon işlemi uzun sürmektedir ve ışık geçirgenliği az olabilmektedir. Ayrıca delignifikasyon derecesi artarsa ışık geçirgenliği artmakta ve mekanik dayanım özellikleri azalmaktadır [22].

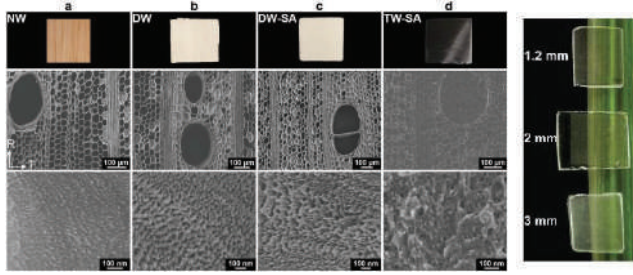
Üretilen ahşabın şeffaflık oranı, ahşabın kalınlığı ile doğrudan ilişkilidir. Kalınlığın artması, ışık geçirgenliğini azaltmakta ve puslu bir görünüm etkisinin artmasına yol açmaktadır. Bu durum, yüksek yoğunluğa ve düşük oranda gözeneğe sahip ağaç türlerinde delignifikasyon ve emdirme işlemlerinin zorluğunu artırmaktadır [11]. Burgert vd. (2015) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, delignifikasyon sonrası ahşabın petek benzeri yapısının korunduğu ve hücre duvarındaki mikro ve nano ölçekli boşlukların ligninin uzaklaştırılmasını sağladığı gözlemlenmiştir [23]. Yüzey alanı, orijinal ahşapta 1.2 m²/g iken, delignifikasyon sonrası 20 m²/g olarak belirlenmiştir [1, 23]. Delignifikasyon işleminden sonra asetik inhidrit kullanılarak ahşap malzemenin asitleştirilmesi PMMA gibi polimerler ile uyum sağlamasını kolaylaştırmaktadır. Çünkü ahşap özellikle delignifikasyon edilmiş olarak hidrofil özellik gösterirken PMMA gibi polimerler hidrofobik özellik gösterdiği için uyumsuzluk sağlanabilmektedir [9].

2.1.2. Polimer Emrenye

Şeffaf ahşap, en genel tanımıyla, ahşap yapısında bulunan lignin maddesinin uzaklaştırılmasıyla elde edilmektedir. Ligninin uzaklaştırılması, ahşap malzemenin ışık emme özelliğini ortadan kaldırmakta; ahşabın yapısındaki hava boşlukları ile hücre duvarları arasındaki kırılma indisi farkını azaltmaktadır [4]. Delignifikasyon işlemi sonrasında gözenekli yapıya sahip ahşaba polimer infiltrasyonu uygulanarak kırılma indisi düşürülmekte ve optik geçirgenlik artırılmaktadır. Bu aşamada, seçilen polimerin ahşapla uyumlu bir kırılma indisine sahip olması malzemenin ışık geçirgenliği üzerinde önemli bir etkiye sahiptir ve bu nedenle doğru polimer seçimleri üretim sürecinin kritik aşamalarından biridir. Polimerin ahşaba emdirilmesiyle birlikte hava boşlukları doldurulmakta ve delignifikasyon sonrası oluşan holoselüloz yapısındaki ışık saçılımı azaltılmaktadır. Ancak, şeffaf ahşap üretimi sırasında dolgu polimeri ile ahşap takviyesi arasındaki kırılma indisi uyumsuzluğu gözlemlenebilmekte olup, bu durum asetilasyon işlemi ile giderilebilmektedir [24]. Lignin kromoforlarının çıkarılmasının ardından ahşap beyazımsı bir renk almakta, ancak henüz tam anlamıyla şeffaf

olmamaktadır. Bu aşamada, hücre duvarı ile hava arasındaki selüloz nanofiberleri arasındaki etkileşimler, ışık saçılımını artırmaktadır. Bu sorunu çözmek amacıyla polimer infiltrasyonu uygulanmakta; polimerler, kırılma indisindeki uyumsuzluğu azaltarak ışık geçirgenliğini artırmakta ve şeffaf ahşap elde edilmesini sağlamaktadır. Şeffaf ahşap üretiminde gözenekli yapıya sahip ahşaba polimer emdime işlemi, ahşap hücrelerine basınçlı sistemlerle enjekte edilerek gerçekleştirilmektedir. Bu süreç, ahşabın şeffaflaşmasını ve istenen mekanik özelliklere sahip olmasını sağlamak için kritik öneme sahiptir [4].

Polimer emdime işlemi tamamlandıktan sonra, Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve Enerji Dağılımlı Spektroskopi (EDS) analizleri kullanılarak silikanın ahşap kesitleri boyunca dağılımı gözlemlenebilmektedir [20]. Epoksi reçine kullanılarak yapılan çalışmalarda, Popla ağacı (kavak ağacı) %81, Melia ağacı (tesbih ağacı) ise %75 ışık geçirgenliği göstermektedir [15]. Delignifikasyon sonrası şeffaf ahşaba emdirilen polimer hacmi, toplam malzemenin yaklaşık %70'ini oluşturmaktadır. Polimerin ahşabın bünyesindeki nanofibrillere nüfuz etmesi, kırılma indisinin yakın olmasıyla ilişkilidir. Çalışmalarda, ahşabın kırılma indisi yaklaşık olarak 1.54 olarak belirtilmektedir, ancak bu değer, ağaç türüne ve diğer etmenlere bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir [19] (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. a) Doğal odun (NW), b) Delignifikasyonlu odun (DW), c) Süksinillenmiş-delignifikasyonlu odun (DW-SA) ve d) biyobazlı PLMA polimerini matris olarak içeren süksinillenmiş şeffaf odunu (TW-SA) gösteren balsa fotoğrafları ve SEM görüntüleri [19]

Delignifikasyon sürecinde oluşabilecek yüzey hasarı nedeniyle, 1 cm'den daha kalın şeffaf ahşap üretimi zorluklar taşımaktadır. Alternatif bir üretim yöntemi ise ligninin ahşaptan tamamen çıkarılmadan ağartma işlemi uygulanarak ışık emiliminin engellenmesidir. Bu yöntem, şeffaf ahşabın hem mekanik hem de optik özelliklerini iyileştirme potansiyeline sahiptir [4]. PMMA ile uyumun artırılması amacıyla delignifiye edilmiş ahşap örneklerine asetik anhidrit uygulanmaktadır. Bu işlem sonucunda, şeffaf ahşabın kalınlığına bağlı olarak şeffaflık derecesi artmaktadır. Örneğin, 3 mm kalınlığındaki şeffaf ahşap örneği asitlenmiş olduğunda %89 oranında ışık geçirgenliği sağlarken, asitlenme işlemi uygulanmadığında bu oran %60'a kadar düşmektedir [9].

2.2. Yapısal Fiziksel Özellikler

Ahşap, genel itibarıyla selüloz, hemiselüloz ve lignin bileşenlerinden oluşmakta olup, ahşap hücreleri mikrofibril adı verilen ince selüloz liflerinden oluşan hücre duvarlarıyla çevrilidir [25, 26]. Yumuşak ağaçlarda, bu hücreler boru şeklinde uzanan hücre tipleri içerir ve ağacın yaklaşık %90'ını oluşturur [26]. Lignin, güçlü bir ışık emici bileşen olarak, ışık emiliminin %80-95'ini oluşturmaktadır [25]. İskınav türü (ladın, çam gibi) yumuşak ağaçlarda, bu bileşenlerin

dağılımı yaklaşık olarak %40-45 selüloz, %25-30 hemiselüloz ve %25-35 lignin şeklindedir [26]. Selüloz, yüksek çekme dayanımına (6 GPa) ve elastiklik modülüne (150 GPa) sahip olması nedeniyle ahşabın ana yapısal taşıyıcısını oluşturur [27]. Lignin ise UV direnci, oksidasyon direnci ve termal stabilite gibi özellikleriyle dikkat çeker ve üç boyutlu bir polimer yapısına sahiptir [26, 27]. Yapılan çalışmada ele alınan şeffaf ahşabın özellikleri ise, optik, termal, teknik ve performans olmak üzere üç başlık altında incelenmiştir.

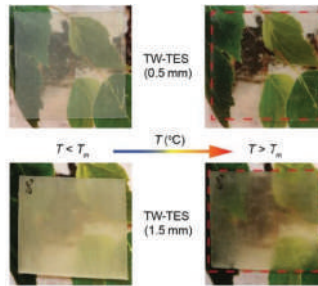
2.2.1. Optik Özellikler

Anizotropik yapıya sahip olan ahşap, liflerin uzanım yönüne bağlı olarak optik özelliklerde farklılıklar gösterebilmektedir. Buna göre ahşabın iç yapısı, ışığı geçirme miktarını ve bulanıklığı etkilemektedir. Geçirgenlik, ışığın ahşaptan geçerken enerji kaybetmesini (yansıma, emilim ve saçılım yoluyla) ifade ederken, bulanıklık, malzemeden geçen ışığın ileri yönde saçılarak görüntü netliğinin ne kadar azaldığını gösterir. Optik geçirgenlik (T) ise gelen toplam ışığın (I_0) doğrudan (I_r ,direct) ve dağınık (I_r ,diffuse) gelen ışığa oranı olarak tanımlanmaktadır [12] (1).

$$T = I_{r,direct} + I_{r,diffuse} / I_0 \quad (1)$$

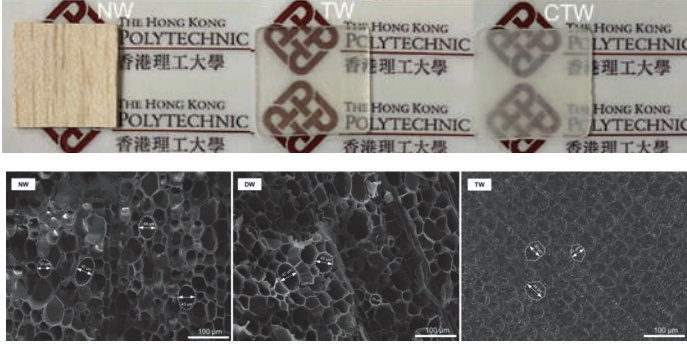
Doğal ahşap, ışığı lif yönünde (uzunlamasına) veya liflere dik (enine) şekilde yayabilmektedir. Şeffaf ahşapta ise lif yönünde ışığın geçişi, liflere dik olan geçişe kıyasla daha fazladır ve daha az bulanıklık göstermektedir. Bunun nedeni; ışığın lif yönünde ilerlemesi, ahşap hücrelerinin silindirik yapıda olması ve daha az polimer-ahşap yüzeyi ile etkileşimde bulunmasıdır. Bu sayede ışık, şeffaf ahşapta doğal ahşaba göre daha düzgün bir doğrultuda iletilmektedir [1, 11].

Ahşabın kalınlığı ve selüloz hacmi, şeffaf ahşabın optik özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir. Kalınlık arttıkça ışık geçirgenliği azalmakta ve bulanıklık artmaktadır [1]. En yüksek optik geçirgenlik %90 oranında olup, 0.70 mm kalınlığındaki şeffaf ahşapta gözlemlenmiştir. En düşük optik geçirgenlik ise %40 oranında olup, 3.7 mm kalınlığa sahip şeffaf ahşapta elde edilmiştir [9]. Şeffaf ahşabın optik özelliklerini anlamak için toplam geçirgenlik ve optik bulanıklık kavramlarını bilmek önemlidir. Toplam geçirgenlik, bir cismin ilettiği toplam ışık miktarının, gelen ışık yoğunluğuna oranını ifade ederken; optik bulanıklık, yayılan ışık miktarının, iletilen toplam ışık miktarına oranını ifade etmektedir [5]. Faz değiştiren bir malzeme olan polietilen glikol (PEG), şeffaf ahşabın yapısında kullanılarak malzemenin ayarlanabilir optik geçirgenlik özelliği kazanmasını sağlamaktadır. Buna göre, malzemenin kalınlığı arttıkça ışık geçirgenliği azalmaktadır [14] (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. 0.5 mm ve 1.5 mm kalınlığındaki şeffaf ahşabın sıcaklık artışına bağlı ışık geçirgenliklerinin karşılaştırılması [14]

Snell yasasına göre, ışık bir ortamdan geçerken, kırılma indisinin farklı olmasından dolayı yön değiştirir. Ahşap ise hücre duvarlarındaki farklı kırılma indislerine sahip kimyasal bileşenler ve ışığı güçlü şekilde absorbe eden maddeler nedeniyle doğal olarak şeffaf bir malzeme değildir. Ahşap hücre duvarında bulunan kimyasallar (selüloz, hemiselüloz, lignin) arasında özellikle %80-95 oranında bulunan lignin, ışığı en çok absorbe eden bileşen olarak öne çıkmaktadır (Şekil 2.6). Bu kimyasal bileşenler arasındaki kırılma indisi farkı, ışığın saçılmasına neden olur ve şeffaflık potansiyelini azaltır [28].



Şekil 2.6. Balsa ağacının mikrokanaclarının üst görünümü, delignifikasyon sonrası görünümü ve mikrokanacların epoksi ile doldurulması sonrası görünümü [28]

Şeffaf ahşaptaki ışık dağılımı, bu malzemenin fiziksel özelliklerine bağlıdır. Ahşap yüzey kalitesi, ahşap ile polimer arasındaki kırılma indisi uyumsuzluğu, iç boşluklar ve malzemenin anizotropik yapısı, ışığın dağılımını etkileyerek şeffaflık seviyesini belirler [12]. Şeffaf ahşabın optik özellikleri, akıllı camların tasarımlarında kullanılabilir. Ancak bu tür uygulamalarda termal yalıtım, ışık iletim oranı ve kızılötesi ışınların kontrolü gibi faktörler önem kazanmaktadır. Özellikle yakın kızılötesi ışınları engellemek amacıyla şeffaf ahşaba VO_2 (Vanadyum Dioksit) eklenmesi ve ahşap liflerinin optimal açıyla (örneğin 60°) yönlendirilmesi, daha verimli bir şeffaf ahşap üretimine katkıda bulunabilir [29].

Ahşap malzemenin hacim fraksiyonu, yani ahşabın kapladığı hacmin toplam hacme oranı, geçirgenlik üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Hacim fraksiyonu ne kadar büyükse, optik geçirgenlik o kadar düşük olur. Örneğin, ahşap ile reçine karışımında ahşabın hacim fraksiyonu, bu karışımın ne kadarının ahşap olduğunu ifade eder [29].

Hu ve arkadaşlarının (2022) çalışmasında, balsa ağacından üretilmiş şeffaf ahşap üzerine ZnO kaplaması yapılarak malzemenin optik ve termal özellikleri iyileştirilmiştir. Bu kaplama, şeffaf ahşabın güneş ışığını etkili bir şekilde kontrol etme kapasitesini artırarak, enerji verimliliğini sağlamıştır [28].

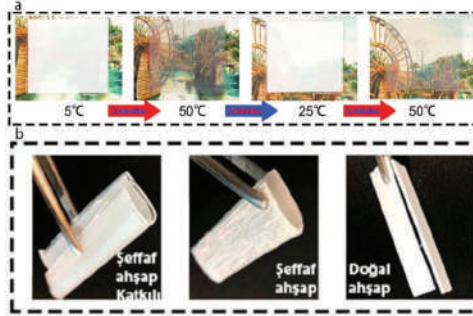
2.2.2. Termal Özellikler

Şeffaf ahşabın termal özellikleri, geleneksel cam ve polimer malzemelere göre dikkate değer ölçüde avantajlıdır. Düşük termal iletkenliğe sahip olan şeffaf ahşabın termal iletkenliği $0,15-0,19 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ arasındadır. Bu değer, yaklaşık $1 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ olan camkinden düşüktür. Düşük termal iletkenliği sayesinde enerji verimliliği sağlanmaktadır. Anizotropik

iletim özelliği sayesinde şeffaf ahşabın termal iletimi, bünyesindeki yönelime göre değişmektedir. Eksenel yöndeki termal iletkenlik radyal yöndeki iletkenlikten iki kat daha yüksektir. Bunun yanı sıra yüksek enerji direnci sayesinde ısı kaybı sınırlıdır [30]. Şeffaf ahşap ısıtıldığında erime noktası üzerinden enerjiyi depolarken, soğuma sırasında kristalleşme noktasında depoladığı enerjiyi serbest bırakarak gizli ısı depolama özelliği göstermektedir. Bu özellik sayesinde termal performansı artırılarak enerji maliyetleri düşürülür ve sürdürülebilir bir ısı yönetimi sağlanır [14].

Son yıllarda termal özelliklerden faydalanılarak yapılan çalışmalar bulunmaktadır. Bunlardan biri termal olarak şekil verebilme yeteneği kazandırılan vitrimler kullanılarak üretilen şeffaf ahşap çalışmasıdır. Vitrimlerin en önemli özelliği, dinamik kovalent bağlar sayesinde ısı etkisiyle tekrar şekillendirilebilir olmasının yanı sıra mekanik dayanımlarını koruyabilmesidir. Bu özellik, şeffaf ahşabın işlenebilirlik, onarım yapılabilirlik ve geri dönüşümlülük özellikleri açısından büyük avantajlar sunmaktadır [11].

Qiu ve arkadaşları (2020), yaptıkları çalışmada sıcaklığa duyarlı esnek bir şeffaf ahşap malzemesinin geliştirilmesini ele almışlardır. Doğal ahşabın içeriğinde bulunan lignin ve hemiselüloz kimyasal işlemlerle çıkarılması sonucu elde edilen esnek ahşaba, polistiren, bitül akrilat ve ODE (özel bir faz değiştiren malzeme) bileşenleri emdirilerek sıcaklığa duyarlı bir şeffaf ahşap malzeme üretilmiştir. Bu malzeme, oda sıcaklığında opak ve bulanık bir yapıdayken, sıcaklık arttıkça şeffaflaşmaktadır (Şekil 2.7) [31].



Şekil 2.7. a) sıcaklığa bağlı ahşabın şeffaflık oranının değişimi b) geleneksel şeffaf ahşaba göre esnek şeffaf ahşabın esneme oranı [31]

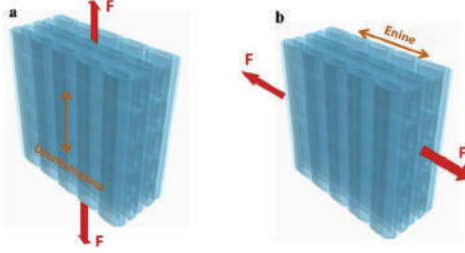
2.2.3. Teknik ve Performans Özellikler

Şeffaf ahşabın kullanım alanlarını genişletmek amacıyla performans ve mekanik özelliklerinin geliştirilmesi önemlidir. Çeşitli polimerler entegre edilerek üretilen şeffaf ahşap, polimerlerin yanıcılık riskinin yüksek olması nedeniyle yangına dayanıklı hale getirilmelidir. Yapılan bir çalışmada, yangına dayanıklı ve UV (ultraviyole) ışıkla desteklenen lignin modifikasyonuna sahip şeffaf ahşap üretilmiş ve %81,4 daha düşük ısı geçirgenliği oranı ile yangına karşı koruma sağlanmıştır [32].

Ahşabın yangına karşı yalıtımı genellikle alev geciktirici maddelerin yüzeye kaplanması ile yapılırken, çevre dostu bir yöntem olarak silika solüsyonlarının şeffaf ahşabın bünyesine emdirilmesiyle kendi kendine sönen ve yanmaz özellikte bir malzeme üretilmektedir [20].

Şeffaf ahşap, özellikle sürdürülebilir ve yenilikçi yapı malzemesi olarak dikkat çekmekte olup, delignifikasyon işleminden sonra uygulanan farklı üretim teknikleri ile optik ve mekanik

özellikleri optimize edilebilmektedir. Yapılan bir çalışmada şeffaf ahşap; delignifikasyon işlemi sonrası yüksek basınç altında sıkıştırılarak önemli ölçüde kalınlığı azaltılmış, ahşabın gözenekli yapısı daha yoğun hale getirilmiş ve lifler arasındaki boşluklar minimize edilmiştir. Bu süreç, ahşabın gözenekli yapısının sıkılaştırılmasıyla mekanik mukavemeti artırmış olsa da, emprenye işlemi sırasında gözeneklerin daha küçük bir alan sağlaması optik özelliklerde değişikliklere neden olmuştur [33]. Ahşap esaslı şeffaf kontrplak ise şeffaf ahşaba kıyasla daha yüksek mekanik dayanım sunan bir malzemedir. Özellikle enine yönde (x eksenı boyunca) daha iyi mukavemet özelliklerine sahiptir [6] (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. Şeffaf kontrplak liflerin yönelimi [6]

Şeffaf ahşap malzeme, üzerinde 250 nm dalga boyunda UV-C monokromatik ışınların etkisinde bulunmaktadır. UV-C ışınları dezenfeksiyon ve sterilizasyon uygulamalarında kullanılmaktadır. Bu ışınlar maruz kalınması şeffaf ahşabın renginin koyulaşmasına ve kırmızı ile sarı tonlarına dönüşmesine neden olabilmektedir [34].

3. Şeffaf Ahşabın Mimaride Kullanım Alanları

Şeffaf ahşap ilk olarak ahşabın yapısını incelemek için geliştirilmiş, sonraki çalışmalarda bu malzemenin fiziksel özellikleri ve mühendislik alanlarında kullanılabileceği ile ilgili çalışmalar ortaya koyulmuştur. Şeffaf ahşabın akıllı binalarda ve yapısal optik (pencere gibi) ve fotonik (ışığın kontrolü gibi) alanlarda kullanımı üzerine yönelimler artmıştır [1].

Şahin, (2023) yaptığı yüksek lisans tezi çalışmasında, doğal ahşabın şeffaflaştırılması ile yenilikçi, çevre dostu ve optik geçirgenliğe sahip bir yapı malzemesi elde etmeyi amaçlamış, kavak ve kayın ağacından farklı boyutlarda ve doğrultularda kesilen numuneler üzerinde denemeler yapmış ve başarılı sonuçlar elde etmiştir. Bu malzemenin güneş panelleri için kaplama, iç mekan aydınlatma, zemin ve duvar dekorasyonu gibi çeşitli inşaat uygulamalarında kullanılabilecek potansiyele sahip olduğunu ortaya koymuştur. Bu çalışma kapsamında şeffaf ahşabın mimarideki kullanım alanları; yapı elemanı olarak kullanımı, çatı ve cephe panelleri – güneş hücreleri, cam olarak kullanımı, iç mekan tasarımı ve akıllı malzemeler olmak üzere 5 farklı başlık altında incelenmiştir.

3.1. Yapı Elemanı Olarak Kullanımı

Şeffaf ahşap, tek veya iki katlı kompozit olarak üretilebilmekte [35]; kolon, kiriş ve duvar gibi yapı elemanlarında hem estetik hem de işlevsel avantajlar sunmaktadır. Geliştirilen kimyasal modifikasyonlar ve laminasyon teknikleri ile katman sayısı artırılarak yüksek yapısal dayanım

sağlanabilmekte bu da şeffaf ahşabın gelecekte mimari tasarımlarda yer almasını mümkün kılmaktadır [19].

Şeffaf ahşap; esnek yapısı ve yüksek darbe dayanımı sayesinde, binalarda hafif yapısal panel, bölme duvar ve geleneksel cam yerine kullanılabilir; böylece yapıların ağırlıkları azaltılabilir [31]. Ancak yeterli kalınlık ve boyutta şeffaf ahşap üretiminin sınırlılıkları bulunmaktadır. Bu sınırlamaları aşmak için reçine ile karıştırılmış ahşap lif veya seritlerden çapraz lamine şeffaf ahşap üretimi önerilmektedir [5]. Genel olarak şeffaf kontrplak; binalarda yarı saydam, taşıyıcı olmayan bölme duvarlar, korkuluklar, merdivenler veya kirişler olarak kullanım potansiyeli göstermektedir [9]. Yapılan bir çalışmada hem mekanik hem de optik performansı optimize edilmiş şeffaf kontrplaklar geliştirilmiştir ve klasik kontrplak laminatlarına benzer katman dizilimiyle üretilmiştir [6]. Şeffaf 5 katmanlı kontrplak üretimi, lignini alınmış ince ahşap tabakaların 75 kN kuvvet ile 25°C'de 25 dakika boyunca sıkıştırılması ve bu katmanlara polimetil metakrilat (PMMA) emdirilmesi ile gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda, çapraz (90 derece) dizilmiş kontrplağın (3.0-3.5 mm kalınlık) %83, 45 derece açıyla dizilmiş kontrplağın ise %75 ışık geçirgenliğine sahip olduğu gösterilmiştir. Ayrıca, 0.8 mm kalınlığındaki tek katmanlı şeffaf ahşabın %90-95 seviyesinde ışık geçirgenliği sağladığı belirlenmiştir [9]. Lignin içeren şeffaf ahşap; I kiriş sistemi, kafes kiriş sistemi ve diagonal kiriş sistemi gibi farklı yapısal gereksinimlere uygun çeşitli kiriş tiplerinin üretimi için önemli avantajlar sunmaktadır [6, 9] (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Şeffaf Ahşap Kiriş Önerileri [9]

Gelecekte şeffaf ahşap, binalarda strüktürel kullanıma yönelik olarak geliştirildiği takdirde, yük taşıma kapasitesi açısından yeterli bir malzeme haline gelebilecektir. Bu amaçla, I kirişin flanş kısmında yönlendirilmiş yonga levha, cam veya şeffaf ahşap kullanılarak yapılan çalışmalar, şeffaf ahşap ile üretilen I kirişlerin yüksek yük taşıma kapasitelerine sahip olduğunu ortaya koymuştur [36] (Şekil 2.10).

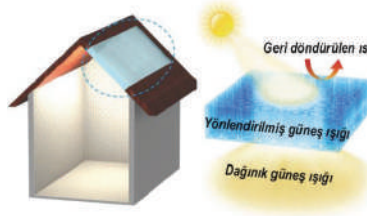


Şekil 2.10. Şeffaf ahşap I kiriş boyutları [36]

3.2. Çatı ve Cephe Panelleri – Güneş Hücreleri Olarak Kullanımı

Şeffaf ahşap, ışık geçirme ve dağıtma özellikleri ile hem doğal aydınlatma hem de doğal camdan daha düşük ısı iletkenliğine sahip olduğu için iyi bir ısı yalıtımı sağlar. Dayanıklı yapısı

sayesinde dış ortam koşulları ve darbelerle karşı yüksek dayanım gösterir, bu nedenle çatılarda da kullanılabilir. Ancak çatı paneli olarak büyük boyutlarda kullanıldığında ışık geçirgenliği azalabilir, bu durumda polimer seçimleri ve diğer işlem süreçlerinin optimize edilmesi gerekmektedir [1] (Şekil 2.11).



Şekil 2.11. Şeffaf ahşabın çatıda kullanımı [37]

Şeffaf ahşap, cephe tasarımında kullanılabilen önemli bir malzemedir. Şeffaflık özelliği, doğal ışığın iç mekânlara girmesini sağlarken, düşük ısı iletkenliği de enerji verimliliği açısından avantajlar sunar. Örneğin, kayın ağacının %30 selüloz hacmi ile oluşturulan şeffaf ahşabın ısı iletkenliği 0.17 W/mK olarak öngörülmektedir [9]. Bu özellikler, şeffaf ahşabın modern cephelerde estetik ve işlevsel bir seçenek olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir. Tablo 2.3'te çift cam ve üç camla oluşturulmuş cephelerin masif ahşap ile karşılaştırılması yer almaktadır.

Tablo 2.3. Farklı cephelerin U değerleri [9]

Cephe Tipi	Katman kalınlığı (mm)			U (W/ m ² K)
	Şeffaf ahşap	Argon	Kripton	
Masif ahşap	170	-	-	1
	285	-	-	0.6
Çift camlı	2 x 1.5	16	-	1.1
	2 x 1.5	18	-	0.98
	2 x 1.5	30	-	0.59
	2 x 1.5	-	10	0.98
	2 x 1.5	-	12	0.82
	2 x 1.5	-	17	0.58
Üç camlı	3 x 1.5	2 x 9	-	0.97
	3 x 1.5	2 x 15	-	0.59
	3 x 1.5	2 x 16	-	0.55
	3 x 1.5	-	2 x 5	0.97
	3 x 1.5	-	2 x 9	0.55
	3 x 1.5	-	2 x 12	0.41
Not	Şeffaf ahşabın termal iletkenlik değeri 0.17 W/mK			

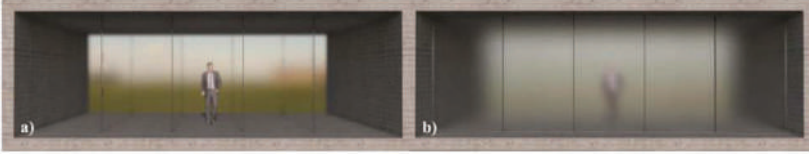
Şeffaf ahşap, fotovoltaik cihazların üst katmanı ile birleştirilerek güneş hücrelerinin verimliliğini artırma potansiyeline de sahiptir. Yüksek ışık geçirgenliği sayesinde, şeffaf ahşap güneşten alınacak ışık dalga oranlarının etkileşimini artırarak güneş hücrelerinin performansını yükseltebilir [1, 5].

3.3. Cam Olarak Kullanımı

Cam, uzun yıllardır şeffaflığı ve çok yönlü kullanım özellikleri sayesinde yapı malzemesi olarak büyük önem taşımaktadır. Ancak cam üretimi, enerji yoğun bir süreç olup, ciddi miktarda sera gazı emisyonuna yol açmaktadır. Ayrıca geri dönüşümü zor olduğu için çevresel zararlar doğurmakta ve güvenlik sorunlarına neden olmaktadır. Camın yerini alabilecek alternatif bir malzeme olan şeffaf ahşap, camın optik özelliklerini ve ahşabın mekanik avantajlarını birleştirerek daha iyi yalıtım sağlayan, çevre dostu bir yenilikçi malzeme olarak kullanılabilir [8]. Bu malzemeden özellikle mimari projelerde gün ışığını ve enerji verimliliğini kontrol etmek amacıyla yararlanılabilir.

Şeffaf ahşap, geleneksel camların yerine kullanıldığında, daha yüksek mekanik dayanım, düşük ısı iletkenliği ve küçük parçalara ayrılmadığı için daha güvenli bir seçenek sunabilir. Mahremiyet koruma ve iç mekan aydınlatmasında ayarlanabilirlik özellikleri sayesinde daha konforlu yaşam alanları yaratılabilir (Şekil 2.12). Ayrıca ısı yalıtımı, UV direnci gibi özellikleriyle enerji verimliliği sağlar ve mekan konforunu artırır [5]. Camın yüksek ısı iletkenliği, parlama ve aşırı kırılabilirliği gibi sorunları ise şeffaf ahşapta görülmemektedir [6].

Şeffaf ahşaba benzer şekilde bambu malzemeden de şeffaf bambu kompozit camlar üretilmektedir. Malzemenin bünyesine eklenen nanoparçacıklar, güneş radyasyonu altında sıcaklık artışını yavaşlatarak enerji tasarrufu sağlamaktadır [2]. Bu malzemeler, geleneksel camların yerini alarak daha dayanıklı, maliyet açısından uygun ve şeffaflık seviyesi ayarlanabilir olduğundan mahremiyet sağlama özellikleriyle dikkat çekmektedir [38].



Şekil 2.12. İnce duvar (a) ve kalın duvar (b) şeffaf ahşap cephelerin render görüntüsü [39]

3.4. İç Mekan Tasarımlarında Kullanımı

Şeffaf ahşap, sadece yapısal bir eleman olarak değil, aynı zamanda dekoratif, aydınlatma ve optik uygulamalarda da kullanılabilen izotropik ışık yayan bir malzeme olma potansiyeline sahiptir [6]. Sıradan camın aksine, şeffaf ahşap içindeki boşlukların birleşimi sayesinde ışığın daha etkin ve düzenli bir şekilde yayılması sağlanmakta, bu da iç mekânlarda doğal aydınlatma potansiyelini artırmaktadır [5]. Özellikle foto-kromik malzemelerle üretilen şeffaf ahşap, ışık altında renk değiştiren akıllı camlarda kullanılabilir [40]. Doğal ahşap dokusu, desen oluşturma yeteneği ve optik özellikleriyle şeffaf ahşap, estetik dekorasyon uygulamalarında gelecekte geniş bir kullanım alanı sahip olma potansiyeline sahip olacaktır [5] (Şekil 2.13).



Şekil 2.13. Şeffaf ahşap mobilya [41]

3.5. Akıllı Malzemeler İle Kullanımı

Şeffaf ahşap, çeşitli malzemelerle modifiye edilerek yangın geciktirici, elektromanyetik koruma ve X-ışını kalkanı gibi farklı uygulamalarda kullanılabilir [5]. Cho vd. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, şeffaf ahşap üzerine indiyum kalay oksit (ITO) kaplama eklenerek elektromanyetik etkileri koruma performansı incelenmiş ve bu malzemenin elektromanyetik koruma malzemesi olarak kullanılabilmesi gösterilmiştir. Şeffaf ahşap kullanılan binalarda, elektromanyetik koruma özelliği sayesinde elektromanyetik alanlara maruz kalma azaltılarak sağlık risklerinin düşürülmesi mümkün olacaktır [3].

Ayrıca şeffaf ahşap kompozitleri; fotonik uygulamalar için nanopartiküller, kuantum noktalar, lazer boyaları, faz değiştiren malzemeler veya iletken polimerlerin entegrasyonu ile geliştirilebilir. Bu bileşenlerin eklenmesi, şeffaf ahşabın optik, termal ve mekanik özelliklerini iyileştirirken çeşitli uygulamalar için işlevselliğini artırır. Örneğin, nanopartiküller ve kuantum noktalar, ışığın kontrol edilmesi ve yönlendirilmesi açısından önemli avantajlar sağlar; lazer boyaları, estetik ve görsel etkiler yaratmak için kullanılabilir. Faz değiştiren malzemeler ise ısı yönetimi ve enerji verimliliği açısından fayda sağlar [19].

Şeffaf ahşap, "Faz Değiştiren Malzemeler (PCM)" gibi sıcaklığa duyarlı akıllı malzemelerle birleştirildiğinde organik polietilen, glikol, yağ alkolleri ve parafin vb., ısı enerjisi geri kazanma ve depolama yetenekleriyle sıcaklığa duyarlı optik özellikler kazanmaktadır [4]. Ayrıca, termo (ısı) ve foto (ışık) duyarlı malzemeler, foto-kromizm (ışığa tepki olarak renk değiştiren malzemeler), lüminesans (ışık yayma), ısı düzenleme ve programlanabilir şekil hafıza özellikleri gibi birçok akıllı yapı fonksiyonuyla donatılabilir [11]. Steril ortamlar için kullanılması amacıyla CS (Kitosan) biyobozunur malzemesi şeffaf ahşap ile birlikte kullanılarak antibakteriyel özelliğe sahip şeffaf ahşap üretimi sağlanabilmektedir [18].

4. Şeffaf Ahşap Malzemenin Avantajları

Son zamanlarda, çevre dostu malzemeler arasında özellikle camların yerine kullanılacak bir alternatif olarak öne çıkan şeffaf ahşabın avantajları arasında; biyolojik olarak parçalanabilirliği sayesinde atık sorunlarını azaltması, çekme mukavemetinin camdan 8,6 kat daha yüksek olması nedeniyle kırılma riskinin düşük olması, düşük yoğunluğa sahip olması, cama göre daha az ısı kaybına neden olarak enerji verimliliği sağlaması ve daha yüksek homojen bir ışık dağılımı sağlayarak daha konforlu mekanlar yaratması yer almaktadır [3].

Ahşap, bir malzeme olarak suya duyarlı olması ve mantar ile termit gibi organizmalara karşı bozulma riski taşıması, işlenmemiş ahşapların çoğunun çürümeye karşı dirençlerinin düşük

olması nedeniyle dezavantajlar doğurabilir [42]. Bu bağlamda, şeffaf ahşap kompozitlerinin suya ve mantar çürümesine karşı dayanıklılığı üzerinde araştırmalar yapılmıştır. Ligninin modifiye edilmesi sonucunda, şeffaf ahşabın nem direncinin arttığı ve mantar çürümesine karşı daha dayanıklı olduğu tespit edilmiştir [14].

Ahşap kaynaklarının sürdürülebilir ve verimli bir şekilde kullanılması amacıyla, şeffaf ahşap üretiminde geleneksel yöntemlerin yanı sıra lignin içermeyen ahşap tozlarının epoksi reçinesi ile emprenye edilerek şeffaf odun tozu kompozit malzemelerin üretilmesi de mümkündür. Toz ahşap lifleri, daha homojen bir dağılım sağladıkları ve liflerin boyutları daha küçük olduğu için mekanik performansı genel olarak daha iyidir [43].

SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Şeffaf ahşap üretiminin başarılı bir şekilde ilerlemesi, işlevsel ve çeşitli özelliklere sahip farklı şeffaf ahşap malzemenin geliştirilmesine yönelik araştırmaların hız kazanmasını sağlamıştır. Şeffaf ahşaba fotonik etkileri yanı sıra ferromantetik nanopartiküller ilave edilerek manyetik şeffaf ahşaplar üretilmiştir.

Yapılan çalışmada şeffaf ahşabın üretimi, yapısal-mekanik ve fiziksel özellikleri, mimarlık alanında uygulamaları ve avantajları ele alınmış ve çalışma kapsamında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Üretim açısından:

- Ahşap, yapısal olarak selüloz, hemiselüloz ve ligninden oluşmaktadır. Selüloz, yüksek çekme dayanımı ve esnekliği ile ahşabın ana taşıyıcı bileşenidir. Lignin ise uv ışınlarına karşı direnç ve termal stabilite gibi önemli özelliklere sahiptir. Şeffaf ahşap üretimi sırasında renksizleştirme işleminde lignin çıkarılması yerine ağartıcı işlemi yapılması çevreye daha az zarar verme, yapısal dayanımı koruma, kısa sürede üretim sağladığı için tercih edilebilir.
- Ahşap malzemesi kalınlığı arttıkça şeffaflık oranı azalmaktadır.
- Kullanılan ağaç türleri, şeffaf ahşabın mekanik ve optik özelliklerini doğrudan etkilemektedir. Açık renkli ağaçlar şeffaf ahşap üretiminde daha yüksek ışık geçirgenliği sağlarken koyu renkli ağaçlar ise bu özelliği daha az göstermektedir. Sert ağaçlar, daha yüksek mukavemete sahipken, yumuşak ağaçlar daha düşük lignin içeriği nedeniyle daha yüksek şeffaflık oranı sağlamaktadır.
- Yüksek yoğunluklu ahşaplarda şeffaf ahşap üretim süreci uzun sürmekte ve ışık geçirgenliği azalmaktadır.
- Delignifikasyon sonrası sıkıştırma işlemi, gözenekli yapıyı yoğunlaştırarak mekanik mukavemeti artırmaktadır.

Fiziksel ve mekanik özellikleri açısından:

- Şeffaf ahşap, çekme dayanımı bakımından doğal ahşaba göre üstün özellikler göstermektedir.
- Hemiselülozun daha az zarar görmesi, şeffaf ahşabın mekanik ve optik performansını artırmaktadır.
- Şeffaf ahşabın, liflerin uzanım yönüne göre optik özellikleri değişmektedir. Şeffaf kontrplak, şeffaf ahşaba göre enine yönde daha yüksek mekanik dayanım sunmaktadır.

- Faz değiştiren malzemeler olan Polietilen glikol (PEG) ve Vanadyum Dioksit (VO₂) gibi malzemelerle optik geçirgenlik ve termal kontrol geliştirilebilmektedir.
- Termal iletkenlik, caminkinden daha dūřuk olup enerji verimlilięi saęlanabilmektedir.
- UV modifikasyonları ve alev geciktirici kaplamalar ile yangına dayanıklılık arttırılabilmekte, örneğin silika malzemesi ile yanmaz özellik sağlanabilir.
- Şeffaf ahşap, tek veya çift katmanlı kompozitler olarak üretilebilir ve kolon, kiriş, duvar gibi yapı elemanlarında kullanılabilir.
- Hafif yapısal paneller ve bölme duvarları gibi uygulamalarda kullanılabilir.
- Yüksek yapısal dayanım için kimyasal modifikasyonlar ve laminasyon teknikleri uygulanabilir. Çapraz lamine Şeffaf ahşap üretimi ile yapısal dayanım arttırılabilir. Şeffaf kontrplak, yarı saydam taşıyıcı olmayan bölme duvarlar ve kirişler için uygundur.
- Şeffaf ahşap, camın optik özelliklerini ve ahşabın mekanik avantajlarını birleştirerek evre dostu bir malzeme olarak kullanılabilir.
- Camdan daha yüksek mekanik dayanım ve dūřuk ısı iletkenlięi saęlamaktadır.
- Şeffaf ahşap, çatı ve cephe uygulamalarında doğal aydınlatma sağlarken ısı yalıtımı ve dayanıklılığı arttırmaktadır. Büyük boyutlarda kullanıldığında ışık geçirgenliği azalabilir; bu nedenle polimerlerin optimize edilmesi gerekmektedir. Fotovoltaik cihazlarla kombinasyon halinde güneş hücrelerinin verimliliğini artırabilir.
- Üretim sürecinde UV-C ışınları kullanımı sayesinde dezenfeksiyon ve sterilizasyon özelliğe sahip Şeffaf ahşap üretilebilmektedir.
- Şeffaf ahşap, yangın geciktirici, elektromanyetik koruma ve X-ışını kalkanı gibi uygulamalar için kullanılabilir.
- Nanopartiküller ve kuantum noktaları gibi malzemelerle geliştirildiğinde optik ve termal özellikleri iyileştirilebilir. Faz değiştiren malzemelerle birleştirildiğinde enerji depolama ve ısı yönetimi özellikleri kazanır. Kitosan (CS) gibi biyobozunur malzemelerle antibakteriyel özellikler kazandırılabilir.

Yüksek Şeffaflık sağlayarak yapılarda hem işlevsel hem de estetik açıdan kullanım sağlayan Şeffaf ahşap malzeme bulanıklık miktarı ayarlanarak yapılarda kullanım yerlerine uyum sağlama yeteneği sunmaktadır. Özellikle cam gibi Şeffaf malzeme yerine kullanılarak iyi bir ısı yalıtım özelliği ve enerji verimliliği sağlamaktadır. Yapısal mukavemeti yüksek bir malzeme olarak darbelere karşı dayanımı iyidir. Şeffaf ahşabın yapısal mukavemeti ve optik özellikleri birleştirilerek mekanik dayanımı yüksek yapı elemanı olarak yapılarda kullanımı sağlanabilmektedir.

Őeffaf ahşap ile ilgili literatür incelendiğinde ülkemizde Őahin (2023)'in yüksek lisans tezi dışında bir çalışma yapılmadığı görölmektedir. Őeffaf ahşabın kullanım alanını genişletmek ve literatüre katkı sağlamak amacıyla Őeffaf ahşap üretimi ve kullanım alanları üzerinde daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. Őeffaf ahşap malzeme; gelecekte sürdürülebilir, karmaşık ve çok işlevli ve enerji verimli yapılar için büyük bir potansiyel olarak görölmektedir. Doęal ahşap malzemeden üretilerek hem evre dostu hem de teknolojik olarak gelişmiş yapı malzemesi olarak Őeffaf ahşabın mimaride önemli bir konumda yer alacak bir malzeme olacağı dūřünülmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] Li, Y., Fu, Q., Yang, X., & Berglund, L. (2017). Transparent wood for functional and structural applications. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 376(2112), 20170182. <https://doi.org/10.1098/rsta.2017.0182>

- [2] Li, X., Zhang, W., Li, J., Li, X., Li, N., Zhang, Z., ... Chen, Y. (2022). Optically Transparent Bamboo: Preparation, Properties, and Applications. *Polymers*, 14(16), 3234. <https://doi.org/10.3390/polym14163234>
- [3] Cho, S.-S., Song, S.-H., & Hong, I.-P. (2021). Analysis of the electromagnetic properties of eco-friendly transparent wood. *Microwave and Optical Technology Letters*, 63(9), 2237-2241. <https://doi.org/10.1002/mop.32385>
- [4] Pandit, K. H., Goswami, A. D., Holkar, C. R., & Pinjari, D. V. (2024). A review on recent developments in transparent wood: sustainable alternative to glass. *Biomass Conversion and Biorefinery*. <https://doi.org/10.1007/s13399-024-05523-3>
- [5] Yang, H., Wang, H., Cai, T., Ge-Zhang, S., & Mu, H. (2023). Light and wood: A review of optically transparent wood for architectural applications. *Industrial Crops and Products*, 204, 117287. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.117287>
- [6] Fu, Q., Yan, M., Jungstedt, E., Yang, X., Li, Y., & Berglund, L. A. (2018). Transparent plywood as a load-bearing and luminescent biocomposite. *Composites Science and Technology*, 164, 296-303. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2018.06.001>
- [7] Fink, S. (1992). Transparent Wood – A New Approach in the Functional Study of Wood Structure, 46(5), 403-408. <https://doi.org/10.1515/hfsg.1992.46.5.403>
- [8] Simelane, N. P., Olatunji, O. S., John, M. J., & Andrew, J. (2024). Engineered transparent wood with cellulose matrix for glass applications: A review. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 7, 100487. <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2024.100487>
- [9] Karl'a, V. (2019). Update on Research on Transparent Wood. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 566(1), 012015. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/566/1/012015>
- [10] Pu En, C., & Othman, S. (2023). Future of Transparent Wood: A Preliminary Review, 88-93.
- [11] Tan, Y., Wang, K., Dong, Y., Gong, S., Shi, S. Q., & Li, J. (2022). High performance, shape manipulatable transparent wood based on delignified wood framework and exchangeable dynamic covalent vitrimers. *Chemical Engineering Journal*, 448, 137487. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.137487>
- [12] Li, Y., Vasileva, E., Sychugov, I., Popov, S., & Berglund, L. (2018). Optically Transparent Wood: Recent Progress, Opportunities, and Challenges. *Advanced Optical Materials*, 6(14), 1800059. <https://doi.org/10.1002/adom.201800059>
- [13] Zhu, M., Li, T., Davis, C. S., Yao, Y., Dai, J., Wang, Y., ... Hu, L. (2016). Transparent and haze wood composites for highly efficient broadband light management in solar cells. *Nano Energy*, 26, 332-339. <https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2016.05.020>
- [14] Montanari, C., Li, Y., Chen, H., Yan, M., & Berglund, L. A. (2019). Transparent Wood for Thermal Energy Storage and Reversible Optical Transmittance. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 11(22), 20465-20472. <https://doi.org/10.1021/acsami.9b05525>
- [15] Bisht, P., & Pandey, K. K. (2024). Decay resistance and moisture absorption of transparent wood composite. *Wood Material Science & Engineering*, 19(4), 949-954. <https://doi.org/10.1080/17480272.2023.2292287>
- [16] Li, H., Guo, X., He, Y., & Zheng, R. (2019). House model with 2–5 cm thick translucent wood walls and its indoor light performance. *European Journal of Wood and Wood Products*, 77(5), 843-851. <https://doi.org/10.1007/s00107-019-01431-w>
- [17] Wu, Y., Zhou, J., Huang, Q., Yang, F., Wang, Y., Liang, X., & Li, J. (2020). Study on the Colorimetry Properties of Transparent Wood Prepared from Six Wood Species. *ACS Omega*, 5(4), 1782-1788. <https://doi.org/10.1021/acsomega.9b02498>

- [18] Zhou, J., & Xu, W. (2023). An aesthetic transparent wood resistant to *Escherichia coli* based on interface optimization. *European Journal of Wood and Wood Products*, 81(6), 1569-1579. <https://doi.org/10.1007/s00107-023-01974-z>
- [19] Montanari, C., Ogawa, Y., Olsén, P., & Berglund, L. A. (2021). High Performance, Fully Bio-Based, and Optically Transparent Wood Biocomposites. *Advanced Science*, 8(12), 2100559. <https://doi.org/10.1002/advs.202100559>
- [20] Samanta, A., Höglund, M., Samanta, P., Popov, S., Sychugov, I., Maddalena, L., ... Berglund, L. A. (2022). Charge Regulated Diffusion of Silica Nanoparticles into Wood for Flame Retardant Transparent Wood. *Advanced Sustainable Systems*, 6(4), 2100354. <https://doi.org/10.1002/adsu.202100354>
- [21] Jiang, Y., Zhang, M., Weng, M., Liu, X., Rong, X., Huang, Q., ... Wang, L. (2022). Hemicellulose-rich transparent wood: Microstructure and macroscopic properties. *Carbohydrate Polymers*, 296, 119925. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2022.119925>
- [22] Wu, J., Liang, Y., Xia, C., Ma, X., Fei, B., Wu, Y., ... Xia, Z. (2023). Laminated Transparent Woods with Adjustable Optical and Enhanced Mechanical Properties. *Advanced Materials Technologies*, 8(1), 2200704. <https://doi.org/10.1002/admt.202200704>
- [23] Burgert, I., Cabane, E., Zollfrank, C., & Berglund, L. (2015). Bio-inspired functional wood-based materials – hybrids and replicates. *International Materials Reviews*, 60(8), 431-450. <https://doi.org/10.1179/1743280415Y.0000000009>
- [24] Pang, J., Baitenov, A., Montanari, C., Samanta, A., Berglund, L., Popov, S., & Zozoulenko, I. (2021). Light Propagation in Transparent Wood: Efficient Ray-Tracing Simulation and Retrieving an Effective Refractive Index of Wood Scaffold. *Advanced Photonics Research*, 2(11), 2100135. <https://doi.org/10.1002/adpr.202100135>
- [25] Li, Y., Fu, Q., Yu, S., Yan, M., & Berglund, L. (2016). Optically Transparent Wood from a Nanoporous Cellulosic Template: Combining Functional and Structural Performance. *Biomacromolecules*, 17(4), 1358-1364. <https://doi.org/10.1021/acs.biomac.6b00145>
- [26] Swedish Wood. (2022). *Design of timber structures Volume 1* (edition 3.). Sweden.
- [27] Sun, H., Bi, H., Ren, Z., Zhou, X., Ji, T., Xu, M., ... Cai, L. (2022). Hydrostable reconstructed wood with transparency, Excellent ultraviolet-blocking performance, and photothermal conversion ability. *Composites Part B: Engineering*, 232, 109615. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2022.109615>
- [28] Hu, X., Zhang, Y., Zhang, J., Yang, H., Wang, F., Bin Fei, & Noor, N. (2022). Sonochemically-coated transparent wood with ZnO: Passive radiative cooling materials for energy saving applications. *Renewable Energy*, 193, 398-406. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.05.008>
- [29] Fan, T.-H., Pang, H.-Q., Zhang, S.-N., Yu, G. L., & Wu, X. (2024). Enable solar regulation and thermal insulation improvement of transparent wood with oriented VO₂-Cellulose fiber. *Energy and Buildings*, 319, 114533. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.114533>
- [30] Zhang, J., Koubaa, A., Tao, Y., Li, P., & Xing, D. (2022). The emerging development of transparent wood: materials, characteristics, and applications. *Current Forestry Reports*, 8(4), 333-345. <https://doi.org/10.1007/s40725-022-00172-z>
- [31] Qiu, Z., Wang, S., Wang, Y., Li, J., Xiao, Z., Wang, H., ... Xie, Y. (2020). Transparent wood with thermo-reversible optical properties based on phase-change material. *Composites Science and Technology*, 200, 108407. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2020.108407>
- [32] Fan, C., Gao, Y., Li, Y., Yan, L., Zhuang, Y., Zhang, Y., & Wang, Z. (2022). A flame-retardant and optically transparent wood composite. *Journal of Applied Polymer Science*, 139(39), e52945. <https://doi.org/10.1002/app.52945>

- [33] Wang, Y., Wu, Y., Yang, F., Yang, L., Wang, J., Zhou, J., & Wang, J. (2022). A highly transparent compressed wood prepared by cell wall densification. *Wood Science and Technology*, 56(2), 669-686. <https://doi.org/10.1007/s00226-022-01372-3>
- [34] Wachter, I., Štefko, T., Rantuch, P., Martinka, J., & Pastierová, A. (2021). Effect of UV Radiation on Optical Properties and Hardness of Transparent Wood. *Polymers*, 13(13), 2067. <https://doi.org/10.3390/polym13132067>
- [35] Foster, K. E. O., Hess, K. M., Miyake, G. M., & Srubar, W. V. (2019). Optical Properties and Mechanical Modeling of Acetylated Transparent Wood Composite Laminates. *Materials*, 12(14), 2256. <https://doi.org/10.3390/ma12142256>
- [36] Karla, V., Bajzecerová, V., & Kanócz, J. (2021). Theoretical Analysis of Structural I-beams Using Various Types of Transparent Wood. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1209(1), 012031. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1209/1/012031>
- [37] Li, T., Zhu, M., Yang, Z., Song, J., Dai, J., Yao, Y., Hu, L. (2016). Wood Composite as an Energy Efficient Building Material: Guided Sunlight Transmittance and Effective Thermal Insulation. *Advanced Energy Materials*, 6(22), 1601122. <https://doi.org/10.1002/aenm.201601122>
- [38] De Luca, P., Carbone, I., & Nagy, J. B. (2017). Green Building Materials: A Review Of State Of The Art Studies Of Innovative Materials. *Journal of Green Building*, 12(4), 141-161. <https://doi.org/10.3992/1943-4618.12.4.141>
- [39] Katunský, D., Kanócz, J., & Karla, V. (2018). Structural elements with transparent wood in architecture, 9, 101-106. <https://doi.org/10.1556/1848.2018.9.2.4>
- [40] Jele, T. B., Andrew, J., John, M., & Sifhole, B. (2023). Engineered transparent wood composites: a review. *Cellulose*, 30(9), 5447-5471. <https://doi.org/10.1007/s10570-023-05239-z>
- [41] LaBarre, S. (2011, Nisan 5). Milan Preview: Nendo Invents "Transparent Wood". *Fast Company*. Geliş tarihi 24 Kasım 2024, gönderen <https://www.fastcompany.com/1663564/milan-preview-nendo-invents-transparent-wood/>
- [42] Sherwood, G. E., & Stroth, R. C. (1955). *Wood-frame house construction*. [Washington, D.C.] : U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service: For sale by the Supt. of Docs., U.S. G.P.O. Geliş tarihi gönderen <http://archive.org/details/WoodFrameHouseConstruction>
- [43] Gao, J., Wang, X., Xu, Q., Kuai, B., Wang, Z., Cai, L., ... Li, G. (2023). Efficient preparation and properties of wood fiber transparent materials with powdered wood. *Industrial Crops and Products*, 193, 116291. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.116291>
- [44] Şahin, Ş. (2023). Yapı malzemesi olarak şeffaf ahşap. Yüksek Lisans Tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tokat.

YAZAR ÖZGEÇMİŞİ

Ebru ŞANLI KARABAK, Yüksek Mimar

Karadeniz, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Trabzon, Türkiye

ebruusanli@gmail.com

1994 yılında Trabzon'da doğdu. 2012 yılında ilk ve orta öğretimini Trabzon'da tamamladı. 2016 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mimarlık Bölümünden mezun oldu. 2017-2020 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi (KTÜ) Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Ana Bilim Dalında yüksek lisans eğitimini tamamladı. 2020 yılında, Çapraz Lamine Ahşap (CLT) yapı malzemesi üzerine yüksek lisansını yaptı. 2020'den beri, Çapraz Lamine Ahşap (CLT), Yapıştırılmış Lamine Ahşap (GLULAM, GLT) ve dijital tasarım alanlarında uzmanlaşarak akademik ve doktora çalışmalarını sürdürmektedir. 2022 yılından beri KTÜ Rektörlüğe bağlı Proje Üretim Merkezinde mimar olarak çalışmaktadır.

Nilhan VURAL, Prof. Dr.

Karadeniz, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Trabzon, Türkiye

nvural@ktu.edu.tr

20 Kasım 1975 yılında Trabzon'da doğdu. 1992 yılında Trabzon Lisesi'nden mezun oldu. 1996 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mimarlık Bölümünde lisans eğitimini, 2000 yılında Fen Bilimleri Enstitüsünde yüksek lisans ve 2005 yılında doktora eğitimini tamamladı. Halen Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü Yapı Bilgisi Anabilim Dalında öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır. Mimari proje uygulamaları da bulunan Vural'ın uzmanlık alanları arasında endüstriyel ahşap malzemeler, ahşap prefabrike sistemler, nanoteknolojik malzemeler, biyomalzemeler, yapı elemanları tasarımı yer almaktadır. Sayısal fabrikasyon konusunda da farklı anabilim dalları ile ortak çalışmalar yürütmektedir.

3. Bölüm

DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE YAPISAL AHŞAP MALZEME PAZARI

Okan İLHAN^{a*}, Abdullah Uğur BİRİNCİ^b, Semra ÇOLAK^c

^a Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği, Trabzon, Türkiye, ORCID: 0000-0001-8882-6461

^b Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği, Trabzon, Türkiye, ORCID: 0000-0003-3273-6315

^c Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği, Trabzon, Türkiye, ORCID: 0000-0003-1937-7708

* okanilhan0161@gmail.com

SUMMARY

Wood has been a fundamental component of human construction since the earliest periods of recorded history. Concurrent with the expansion of the global population and the Turkish population, the construction sector is undergoing a period of rapid growth. The utilisation of wood in the construction sector is exceedingly prevalent. In the construction of reinforced concrete structures, timber and plywood are frequently employed as concrete moulds. In the construction of wooden structures, the utilisation of an array of structural timber materials (CLT, NLT, DLT, Glulam, I-beam) commences with timber and varies according to the engineering design. The market for environmentally friendly and sustainable structural timber materials continues to expand on a global scale. The market volume of these materials, which demonstrate high resistance against earthquakes, has reached considerable figures, particularly in countries situated in seismic zones such as the USA, Canada, China and Japan. The objective of this study is to compile and analyse existing literature on the subject in order to gain insight into the current market for structural timber materials on a global and Turkish scale.

Keyword: *Structural wood materials, production volume, market value.*

Giriş

İnsanlar varoluşlarından bu yana yaşamlarını sürdürmek ve barınma ihtiyaçlarını karşılamak için yapılar inşa etmişlerdir. Günümüzde kentleşmenin artmasıyla beraber konutlaşma olarak, arazi kullanımını verimli bir şekilde değerlendirme amacıyla yüksek katlı binalar inşa edilmektedir [1]. Ahşabın yapıda kullanımı, modern yapılarda kullanılan beton ve çelik gibi malzemelerden çok daha eskiye dayanmaktadır [2]. Ancak araştırmalar, insanların beton ve çeliğin yapısal olarak ahşap çerçevelerden daha güçlü olduğu gerçeğini benimsediğini göstermiştir [3, 4, 5]. Bu sayede beton ve çeliğe olan talep artmış ve yapı malzemeleri arasında en çok kullanılan malzemeler olarak yerini almıştır. Sonrasında hızlı nüfus artışı ve küresel ısınma ile birlikte inşaat sektörünün çevresel etkilerinin azaltılması ve karbon emisyonlarının düşürülmesine yönelik çabalar artmış; ahşap yapıların hafif, sağlam, depreme dayanıklı, uzun ömürlü, yüksek yalıtım özelliği ve sağlıklı bir ortam, mimari avantajlar ve estetik görünüm sunması gibi pek çok avantajları nedeniyle deprem bölgeleri başta olmak üzere her türlü yerleşim yerleri için uygun yapı türlerinden birisi olmuş ve bu sayede 20. yüzyıldan itibaren yapı alanında ahşap malzemelerin kullanımı yaygınlaşmıştır [6, 7].

Ahşap, eski çağlardan itibaren insanların en temel gereksinimleri için kullandığı yapı malzemelerinden birisi olmuştur [8]. Ancak masif ahşap malzemenin ahşabın kusurları, abiyotik ve biyotik faktörlerden etkilenmesi gibi dezavantajları yapıda kullanım alanlarını sınırlamaktadır [9]. Alternatif olarak, ahşabın bu kusurlarını en aza indirmek için mühendislik ürünü ahşap yapı malzemeleri geliştirilmiştir. Mühendislik ahşap ürünleri dilimize "Engineered Wood Products (EWP)" teriminden girmiştir. Tasarlanmış ahşap ürünler, tomruklardan kereste, kaplama, yonga, şerit yonga gibi şekil değiştirerek elde edilen parçaların sıcaklık ve basınç altında yapıştırılması ve preslenmesi ile oluşturulan kompozit malzemelerdir. [10, 11, 12, 13, 14]. Yapısal ahşap malzeme olarak kullanılan bu ürünler; çapraz lamine ahşap (CLT), lamine kaplama kereste (LVL), yapıştırılmış lamine ahşap (Glulam), film kaplı kontrplak, yapısal kontrplak, çivili lamine ahşap (NLT), dübelli lamine ahşap (DLT), paralel şeritli kereste (PSL), yönlendirilmiş şeritli levha (OSB) ve I-kirşidir. Mühendislik ürünü ahşap malzemeler içerisinde sadece yapısal ve daha hacimli malzemeler Mass Timber olarak bir alt grupta daha toplanmıştır. Mass timber ürünleri; yüksek düzeyde yapısal performans, üstün mukavemet, termal performans, inşaat hızı ve maliyet etkinliği gibi nitelikleri sayesinde betonarme ve çelik gibi geleneksel yapı malzemelerine alternatif malzeme haline gelmiştir [15, 16]. Ayrıca üstün çevresel performansları nedeniyle küresel ısınmayla mücadele yöntemi olarak, ahşap endüstrisinin büyümesini artırmıştır [17]. Mass timber inşaatının yaşam döngüsüne odaklanan 62 hakemli makale incelenmiş, çalışmanın ortak sonucu olarak, betonarme yapıların, mass timber ürünleri ile inşası değiştirilirse sera gazı emisyonlarının yaklaşık %43'ünün önleneceği sonucuna varılmıştır [17]. Literatür incelendiğinde mass timber ürün kategorisine CLT, GLULAM, NLT (Nail Laminated Timber), DLT (Dowel Laminated Timber), Massplywood dahil edilmektedir [18, 19]. Bu malzemeler kullanılarak birçok yüksek katlı ahşap yapı inşa edilmiş ve sektörde genel anlamıyla yapısal ahşap malzemeler olarak nitelendirilmektedir.

Bu çalışmada, Dünyada ve Türkiye'de yapısal ahşap malzemelerin mevcut pazarını belirleme amacıyla konuyla ilgili güncel literatür çalışmaları derlenmiştir.

1. Ahşabın Yapıda Kullanım Alanları

Dünyada ve Türkiye'de artan nüfusa paralel olarak inşaat sektörü hızlı bir şekilde büyümektedir [20]. İnşaat sektöründe yapım hızı çok önemlidir ve ahşabın kullanımı da son derece önem arz etmektedir. Ahşabın genel olarak yapıda kullanım alanları Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1 Ahşabın yapıda kullanım alanları [21]

Kullanım Alanları	Elemanlar
Ahşap taşıyıcı elemanlar	Kolon, kiriş, kafes kiriş, ahşap duvar ve çatı taşıyıcıları
Ahşap kaplama elemanları	Döşeme, çatı örtüsü, iç ve dış duvar, lif ve yonga levha, plywood, OSB, duvar kaplaması
Ahşap doğrama elemanları	Pencere ve kapı doğramaları, ahşap kasa kanat, kapı başlığı, çatı oluğu ve damlalık
Ahşap panel elemanları	Hazır duvar, hazır döşeme, çatı, pano, merdivenler, prefabrikasyona hazır paneller

Betonarme yapıların inşasında, kereste ve kontrplak beton kalıbı olarak yaygın bir şekilde kullanılır [22]. Ahşap yapıların inşasında ise keresteden başlayıp her türlü yapısal ahşap malzemelerin kullanımı mühendislik tasarımına göre değişmektedir. Yapısal ahşap malzemelerin yapıdaki kullanım yerleri şu şekildedir:

- Kontrplaklar, masif oduna göre daha homojen bir yapıya ve daha iyi bir boyut stabilitesine sahip olmaları yanında elastikiyeti yüksek, kırılmaya, bükülmeye ve aşınmaya karşı dirençli bir malzemedir [23]. Bu üstün özellikleri nedeniyle sağlıklı ve direncin söz konusu olduğu yerlerde; ahşap sistemli yapılarda perde duvar, zemin kaplamaları, duvar ve çatılarda kullanılmaktadır.
- Avrupa'da LVL'nin kiriş olarak kullanımı yaygındır. Almanya'da çok büyük boyutlu mühendislik malzemeleri olarak yapılarda kullanılmaktadır. İsviçre'de çatıların kaplanmasında kullanılırken, Fransa'da ise kapı çerçevelerinde değerlendirilmektedir. ABD'de ise köprülerde LVL plakaları kullanılmaktadır. Türkiye'de daha çok mobilya sektöründe koltuk yapımında geniş uygulama alanı bulmuştur [24].
- OSB'nin kullanım alanları öncelikle mobilya endüstrisi (mobilya, koltuk, kanepeler) olup, beton kalıbı, çatı kaplaması, yer döşemesi, prefabrik yapı elemanları, duvar paneli ve tanımsal yapılar gibi sektörlerdir [25].
- CLT; beton ve çeliğe göre daha hafif, inşa süresinin kısa ve karbon ayak izinin düşük olması, deprem dayanıklılığı gibi avantajları nedeniyle müstakil evlerin yanında, çok katlı yapılar, okullar, oditoryumlar, gösteri merkezleri, spor salonları, tiyatrolar, ticari ve dini yapılarda kullanılabilen cazip bir malzeme olarak görülmektedir [26, 27, 28]. CLT paneller; çatı, duvar ve zeminlerde de kullanılabilen çok yönlü bir ahşap esaslı mühendislik malzemesi olarak Uluslararası Yapı Kodlarına da girmiştir [29].
- NLT panelleri ilk olarak köprü güverteleri ve döşeme sistemleri olarak uygulanmış ve bugün en yaygın olarak yatay uygulamalarda (yani zeminler ve çatı katları) kullanılmaktadır [30].
- DLT, zemin ve çatı uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır, ancak DLT'nin tek Kuzey Amerikalı üreticisi olan StructureCraft, panellerinin dikey uygulamalarda da kullanılabileceğini belirtmektedir. [31].
- Glulam elemanların boyutları üretici firmaya göre değişebilmekle birlikte, genellikle 180–630 mm kalınlık, 66–200 mm genişlik ve 50 m uzunluğa kadar üretilebilmeleri, kiriş ve kolon olarak kullanıma uygun olmalarını sağlamaktadır [32].
- I harfi şeklindeki, ahşap I kirişler iki yatay bileşen ve bir dikey bileşenden oluşmaktadır. Ahşap I kirişler, öncelikle döşemelerde çerçeveleme malzemesi olarak kullanılmış,

bununla birlikte uzun ve yüksek yük kapasitesine ihtiyaç duyulan çatı kirişler olarak da kullanılabilir [25].

Ahşap yapıların yapısal hafiflik sağlaması ve depreme dayanıklı olması nedeniyle özellikle deprem bölgelerinde getirilen yasal düzenlemeler ile inşası hızla artmıştır. Bu yüzden yapısal ahşap malzeme pazarının artan talebini karşılamak için ihtiyaç duyulan kereste miktarının, büyük çoğunluğu Baltık denizi ve Kuzey Amerika'da yoğunlaştığından, 2025 yılına kadar kereste fiyatlarının iki katına çıkacağı ifade edilmektedir [33]. Yapısal ahşap malzemelerin üretiminde genellikle yoğunluğu düşük iğne yapraklı ağaç kerestesi kullanılmaktadır. Böylesine büyüyen bir pazarda ahşap malzemelerin hammadde kaynağı giderek önemli hale gelmektedir. Bu yüzden günümüz pazar talebini karşılayabilmek adına sürdürülebilir ve plantasyon ormancılığı da Dünya çapında hızla artmaktadır [34]. Tablo 3.2'de Dünya orman alanına göre ilk 32 sırada yer alan ülkelerde yapısal ahşap malzeme üretimi için kullanılan iğne yapraklı ağaç kerestesi 2022 yılı üretim miktarları verilmiştir [35, 36].

Tablo 3.2 Orman alanına göre ilk 32 sırada yer alan ülkelerin 2022 yılı iğne yapraklı kereste üretim hacmi (1000 m³)

Sıra No	Ülkeler	Ormanlık Alan (km ²)	Üretim miktarı (1000 m ³)	Sıra No	Ülkeler	Ormanlık Alan (km ²)	Üretim miktarı (1000 m ³)
1	Rusya	8,149,300	35,400	17	Bolivya	587,400	7
2	Kanada	4,916,438	36,397	18	Venezuela	471,378	670
3	Brezilya	4,776,980	8,200	19	Myanmar	430,560	70
4	ABD	3,100,950	64,039	20	Zambiya	376,309	145
5	Çin	2,083,210	35,446	21	Tanzanya	352,570	80
6	Avustralya	1,470,832	3,739	22	Güney Sudan	327,909	0
7	Kongo DC	1,172,704	1	23	Papua Yeni Gine	294,370	20
8	Arjantin	945,336	1,951	24	İsveç	280,730	18,870
9	Endonezya	884,950	0	25	Zimbabve	259,267	180
10	Hindistan	773,870	190	26	Japonya	253,208	8,018
11	Meksika	710,000	2,600	27	Fransa	246,640	7,260
12	Peru	687,420	6	28	Finlandiya	233,320	11,200
13	Sudan	675,460	0	29	Orta Afrika Cumhuriyeti	227,550	1
14	Mozambik	620,000	12	30	Gabon	227,517	3
15	Kolombiya	607,280	46	31	Kongo Cumhuriyeti	224,710	1
16	Angola	591,040	1	32	Türkiye	216,781	6,450

Orman alanı sıralamasında 32. sırada yer alan Türkiye'nin iğne yapraklı kereste üretim hacmi yaklaşık 6.5 milyon m³ olup, bu 32 ülke arasından üretim hacmine göre 10. Sırada yer almaktadır. ABD ormanlık alan sıralamasında 4. sırada yer almasına rağmen iğne yapraklı kereste üretim hacmi ile (64 milyon m³) 1. sırada yer almaktadır (Tablo 3.2). Bazı ülkelerde ormanda hammadde üretiminden, inşaat sektöründe ve son ürün olarak tüketici nezdinde kullanılmasına kadar olan süreçte zorunlu standartlar ve bu standartlar için bir denetleme ve belgelendirme mekanizması ile üretimde hammadde verimliliğini inceleyen düzenlemeler, güncel ulusal ahşap yapı yönetmelikleri bulunmamaktadır (TORID, 2017). Bu yüzden Asya'da özellikle Kamboçya, Endonezya ve Bolivya'da yasadışı kereste üretiminin %80'i aştığı belirtilmektedir [37]. Kongo Demokratik Cumhuriyetinde yasadışı olarak kesilen kerestenin %85'i yerel pazarda satılmıştır. 2013-2016 yılları arasında 46'dan fazla türde 85.000 m³ ağaç yasa dışı kesilmiştir [38]. Fao verilerine göre bu ülkelerin yasal üretim hacminin düşük olmasının sebepleri, yasa dışı kesimin olduğu ve kamu binalarında ahşabın kullanılması

için yasal gerekliliklerin bulunmadığı ile ilişkilendirilebilir. Ayrıca Dünya'nın dört bir yanındaki birçok ülke, eyalet ve yerel yönetim, masif keresteyi inşaat sektörü emisyonlarını azaltmanın bir yolu olarak doğrudan veya dolaylı olarak faniyan politikalar uygulamış veya uygulamaktadır. Örneğin, 2017 Buy Clean California Yasası, Genel Hizmetler Departmanının çeşitli inşaat malzemeleri için kabul edilebilir maksimum küresel ısınma potansiyelini (GWP) belirlemesini zorunlu kılmaktadır [39]. Bu hüküm, daha düşük karbon emisyon seviyelerine veya malzeme üretimi, nakliyesi ve yapımından kaynaklanan karbon emisyonlarına sahip ahşap malzeme üreticilerini ödüllendirecektir [40]. Benzer şekilde, Avustralya devleti, konut dışı binalarda ve konut binalarında düşük karbon etkili mühendislik ürünü ahşap ürünler kullanan uygun projeleri finanse etmek amacıyla, masif ahşap inşaatı teşvik eden bir programa 300 milyon \$ yatırım yapmayı planlanmaktadır [41]. Orman alanına göre 50. sırada yer alan Almanya 24.3 milyon m³ iğne yapraklı kereste üretim hacmi ile Avrupa'da 1. sıradayken almakta ve Orman alanına göre 82. sırada yer alan Avusturya bugün Avrupa'da iğne yapraklı kereste üretim hacmi olarak 10,1 milyon m³ ile 4. sırada yer almaktadır [36]. Son zamanlarda ABD hükümeti, ABD Tarım Bakanlığı'nın İklim Akıllı Mallar için Ortaklık Programı [42, 43] aracılığıyla iklim açısından akıllı masif ahşap inşaatı iletirmek ve ağaç ürünleri pazarlarını genişletmek için milyonlarca dolarlık fon sağladığını duyurmuştur. Bu durum Tablo 3.2'de iğne yapraklı kereste üretim hacminde ABD'nin neden birinci sırada yer aldığına göstermektedir.

2. Dünyada ve Türkiye'de Yapısal Ahşap Malzeme Pazarı

Türkiye ahşap inşaat malzemeleri (kontrplak, lamine, ahşap malzeme) sanayisinde üretimi yapılan fabrika sayısı her geçen yıl artmakta ve 2023 yılı verilerine bakıldığında bu sayı 109 adet, 2023 yılı üretim miktarı ise 2,4 milyon m³'tür [44]. 2023 yılı ithalat-ihracat verilerine bakıldığında; Türkiye'nin ahşap inşaat malzemeleri ithalatı yaptığı ülkeler arasında 106 milyon dolar ile Rusya birinci sıradadır. İhracat verilerinde Dünyada Çin 1. sırada, Türkiye 8. sıradadır.

Dünyada, 2022 yılında 35,7 milyon m³ OSB üretimi gerçekleştirilmiş ve Kuzey Amerika 20 milyon m³ ile üretim hacmi sayesinde %54,6 ile birinci sırada, Avrupa yaklaşık %25 ile ikinci sırada ve %18,7 ile Asya üçüncü sırada yer almaktadır [45].

Dünyada 2022 yılında 109 milyon m³ kontrplak üretimi gerçekleştirilmiş ve Türkiye 620,000 m³ üretim hacmini kapsamaktadır. Türkiye'de kontrplak sektöründe yaklaşık 35 üretim tesisi bulunmaktadır. Sektörde %90 yerli kaynaklar kullanılmaktadır.

Dünyada glulam pazarı büyüklüğü 2023 yılında 3,31 milyar ABD doları değerindedir. İleriye dönük olarak pazarın 2032 yılına kadar 4,29 milyar ABD dolarına ulaşması ve 2024-2032 yılları arasında %2,88'lik bir büyüme oranı (CAGR) göstermesi beklenmektedir [46].

LVL, 1970'lerin başında Kuzey Amerika ve İskandinav pazarlarına tanıtılmasından bu yana Dünya çapında hızlı bir şekilde büyümüş ve 2022 yılında 3,8 milyar dolar pazar büyüklüğüne ulaşmış, her yıl yaklaşık 4 milyon metreküp üretim hacmi ile yapısal ahşap malzemeler arasında önemli bir yer edinmiştir. LVL Pazar büyüklüğünün yıllık 10,24'lük bir büyüme ile 2028 yılına kadar 6,914 milyar dolara ulaşacağı tahmin edilmektedir. LVL üretim hacminde bugün, ABD ve Japonya küresel bazda birinci sırayı almaktadır [47].

Küresel çapraz lamine ahşap (CLT) pazarı büyüklüğü 2023 yılında 1,5 milyar ABD doları değerindedir. İleriye dönük olarak pazarın 2032 yılına kadar 3,7 milyar ABD dolarına ulaşması ve 2024-2032 yılları arasında %9,6'lık bir büyüme oranı (CAGR) göstermesi beklenmektedir. Pazar, hükümet düzenlemeleri ve çevre dostu bina standartlarıyla desteklenen yeşil bina uygulamalarına doğru artan geçiş, tüketiciler arasında artan çevre bilinci ve sürdürülebilir

inşaat malzemelerine yönelik artan taleple yönlendirilen istikrarlı bir büyümeye doğru gitmektedir [46]. Dünyada toplam CLT üretim miktarı, 2021 yılında 1,853,437 m³ olarak gerçekleşmiş olup, küresel üretim hacminin 2025 yılına kadar ise 3 milyon m³'e çıkacağı tahmin edilmektedir [48, 49]. Üretimin %48'i Avrupa'da, %43'ü Kuzey Amerika'da, %6'sı Okyanusya'da ve %3'ü Asya'dadır [50]. Ancak CLT için pazar talep tahminin yüksek olduğu bu durumda birim maliyetin yaygınlaşmada önemli bir etkisi olacaktır. CLT'nin enerji etkinliği, yüksek mukavemeti ve inşaat süreçlerindeki hız avantajları, modern yapı sistemleri arasında cazibesini artırmakta ve küresel pazarda önemli bir büyüme potansiyeli göstermektedir.

NLT ve DLT yapısal ahşap malzemelerinin üretimi çoğunlukla Avrupa ve Kuzey Amerikada yapılmaktadır. Pazar hacmi, proje bazlı üretimler olduğundan net bir verileri bulunmamaktadır. Ülkemiz Türkiye'de genel olarak kurumsal bir yapısal ahşap üretiminden bahsedilememektedir.

Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) hazırladığı yapı izin istatistik raporlarına göre, 2000-2019 yılları arasında Türkiye'de ahşap taşıyıcı sistemle inşa edilmiş konutların toplam inşa edilen konutlara oranı yaklaşık %0,3 gibi son derece düşük bir oranda kalmıştır (Şekil 3.1).

Yıl	Toplam	Ahşap	Ahşap Oran
2000	79.140	64	0,08%
2001	77.430	168	0,22%
2002	43.430	174	0,40%
2003	50.140	80	0,16%
2004	75.495	86	0,11%
2005	114.254	351	0,31%
2006	114.204	431	0,38%
2007	106.659	386	0,36%
2008	95.193	936	0,98%
2009	92.342	310	0,34%
2010	139.616	421	0,30%
2011	101.900	258	0,25%
2012	107.816	297	0,28%
2013	121.754	195	0,16%
2014	139.541	325	0,23%
2015	125.741	273	0,22%
2016	134.099	336	0,25%
2017	161.921	248	0,15%
2018	104.272	188	0,18%
2019	54.551	110	0,20%
TOPLAM	2.039.498	5.637	0,28%

Şekil 3.1. TÜİK taşıyıcı sistemlerine göre yapı ruhsatı izin belgeleri [51]

Ancak yaşanan son depremlerden sonra ve yapı ürünleri karbon ayak izi gibi net sıfıra ulaşma çabası kapsamında UNDP, OGM, UAB ve TORİD iş birliği ile "Türkiye'de Düşük Maliyetli Enerji Verimli Ahşap Binaların Teşvik Edilmesi" başlıklı bir proje çalışması başlatılmıştır [52]. Uluslararası BM onay aşamalarını tamamlayan ve 2023 yılında uygulanmaya başlanan projenin bütçesi 49,2 milyon dolar olup 2028 yılına kadar 575.000 m² yeni ahşap yapı

yapılması hedeflenmektedir. Bugün Osmaniye ve Hatay'da OGM'ye ait bina ve lojman çalışmaları bu proje kapsamında yürütmekte ve yapım aşamalarını neredeyse tamamlamış bulunmaktadır ve üç yıl içerisinde yeni inşa edilen ahşap yapı miktarının 1,5 milyon m² ulaşması beklenmektedir [53]. Ayrıca ülkemizde yapısal ahşap malzemeler ile ilgili bilimsel çalışmalar artmaktadır. Özellikle yeni yeni ülkemizde giren CLT panellerin, yerli ağaç türleri (Sarçam, ladin, göknar) kerestesi kullanılarak üretimi yapılmış ve bilimsel olarak yapısal performans özellikleri belirlenmiştir [54].

SONUÇLAR

Dünya devletleri kendi ahşap yapı standartlarını oluştururken, aynı zamanda küresel bazda yapısal ahşap malzemeler üretim konusunda büyümeyi hedeflemektedir. 2020 FAO katma değerli ahşap yapı malzemeleri ürünleri raporunda, Rusya'da iki, Ukrayna'da bir ve Kuzey Amerika'da 3 CLT üretim tesisinin daha kurulum aşamasında olduğunu raporunda belirtmiştir. Ayrıca, Uluslararası Yapı Kodunda (IBC), NLT ve DLT mühendislik ürünü ahşap yapı malzemelerinin zemin ve çatı olarak kullanımında verimli bir panel olduğu raporlanmıştır. Bunun üzerine Kuzey Amerika 2017 yılında ilk DLT üretim tesisini kurmuştur. Tam otomatik DLT hattı, Dünya çapında en hızlı ve en büyük kapasitelidir. Kuzey Amerika, hızla büyüyen pazara maliyet açısından rekabetçi mühendislik ürünü ahşap yapı malzemesini Dünyaya tanıtmayı amaçlamaktadır.

Avrupa'da her yıl 5 milyon m³'ten fazla EWP üretilmektedir ve inşaatta çelik ve betona yeşil bir alternatif sağladığı için pazar sürekli büyümektedir [55]. Ancak Türkiye'de proje bazlı üretim yapılmakta ve bazı EWP (PSL, NLT ve DLT) ürünleri üretilmemektedir. Ahşap ürünleri olarak; 2019-2020'de Avrupa, küresel ihracat değerinin yaklaşık %50'sine sahipken, Kuzey Amerika ve Asya'nın her biri yaklaşık %19'unu oluşturmuştur [56]. Son yıllarda çimentolu yonga levha üretiminin artmasıyla beraber yapıda kullanılabilirliği araştırma konusu haline gelmiştir. Aras ve arkadaşları (2022), "Zeytinyağı fabrikası katı atıklarının çimentolu yonga levha üretiminde kullanımı" adlı çalışmada, çimentolu yonga levhaların yoğunluk ve direnç değerlerinin EN 634-2 standardına [57] uygun olduğunu ve yapı malzemesi olarak kullanılmaya uygun olduğunu belirtmektedir [58]. Avrupa'da çimentolu yonga levha pazarı, 2019 yılında toplam Pazar değerinin %40'ını oluşturmuştur. Dünyada toplam pazar değeri, 2019 yılında 333 milyon ABD doları değerine ulaşmıştır [59]. Bir başka çalışmada ise çimentolu yonga levha üretiminde, CCA ile emprenyeli sarçam odunu ile Portland çimentosu arasında yüksek bir uyumluluk olduğu sonucuna varılmış, bu nedenle, üretilen levhaların mekanik direnci, suya karşı dayanımı ve boyutsal kararlılığı, normal odundan üretilen levhalara göre oldukça yüksek bulunmuştur [60].

Depreme karşı yüksek direnç gösteren bu malzemelerin pazar hacmi özellikle ABD, Kanada, Çin ve Japonya gibi deprem kuşağında yer alan ülkelerde çok yüksek rakamlara ulaşmıştır. Ancak Dünya'nın en aktif deprem kuşaklarından birinde yer alan Ülkemizin gelişen küresel pazarda yerini alabilmesi açısından, bu çalışmaların yakından takip edilmesi ve araştırma ihtiyaçlarının belirlenerek kendi katma değerli yapısal ahşap malzemelerini üretip geliştirmesi oldukça önemlidir. Ayrıca, ülkemizde ahşap yapıların yaygın bir şekilde kullanılması ve bu yapılarda en uygun mühendislik ürünü ahşap malzemelerin tercih edilmesi için devlet politikalarının geliştirilmesi ve bu alanda teşviklerin artırılması gerekmektedir [25]. Özellikle kamu binalarında (okul, hastane, kütüphane vb.) ve afet bölgelerinde inşa edilecek binalarda ahşap yapılar ile mühendislik ürünü ahşap malzemelerin kullanımının devlet tarafından zorunlu hale getirilmesi, bu sektörün yaygınlaşmasına ve mühendislik ürünü ahşap malzeme pazarının genişlemesine büyük bir katkı sağlayacaktır. Türkiye'de yapısal ahşap malzemeler gereken ilgiyi son depremlerden sonra görmeye başlamıştır. Bugün, Osmaniye ve Hatay'da OGM'ye ait bina ve lojmanların yapım aşaması hibrit ahşap

bina inşası olarak devam etmektedir. Ancak Türkiye’de genel olarak kurumsal bir yapısal ahşap üretiminden bahsedilememektedir [61].

KAYNAKÇA

- [1] Ciabattoni, M., Petri, F., & Pampanin, S. (2024). Multi-hazard design of low-damage high-rise steel–timber buildings subjected to wind and earthquake loading. *Engineering Structures*, 303, 117522. DOI: 10.1016/j.engstruct.2024.117522
- [2] Tosun, O. F. (2022). Ekolojik Yapılarda Kullanılabilecek Malzemeler. *TAS Journal*, 2(1), 38-47.
- [3] Høibø, O., Hansen, E., Nybakk, E., & Nygaard, M. (2018). Preferences for urban building materials: Does building culture background matter?. *Forests*, 9(8), 504. DOI: 10.3390/f9080504
- [4] Larasatie, P., Guerrero, J. E., Conroy, K., Hall, T. E., Hansen, E., & Needham, M. D. (2018). What does the public believe about tall wood buildings? An exploratory study in the US Pacific Northwest. *Journal of Forestry*, 116(5), 429-436. DOI: 10.1093/jofore/fvy025
- [5] Lähtinen, K., Harju, C., & Toppinen, A. (2019). Consumers' perceptions on the properties of wood affecting their willingness to live in and prejudices against houses made of timber. *Wood material science & engineering*. DOI: 10.1080/17480272.2019.1615548
- [6] Koezjakov, A., Urge-Vorsatz, D., Crişins-Graus, W., & Van den Broek, M. (2018). The relationship between operational energy demand and embodied energy in Dutch residential buildings. *Energy and Buildings*, 165, 233-245. DOI: 10.1016/j.enbuild.2018.01.036
- [7] Çaştur, Ş. N. (2021). Günümüz Mimarisinde Kullanılan Endüstriyel Ahşap Yapı Elemanları ve Yapı Örneklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- [8] Kiesnere, G., Atstaja, D., Cudecka-Purina, N., & Susniene, R. (2024). The Potential of Wood Construction Waste Circularity. *Environments*, 11(11), 231. DOI: 10.3390/environments11110231
- [9] Çankal, D. & Şakar, G. (2021). Sürdürülebilir yapılar için ahşap ve lamine ahşabın lifli polimer (FRP) malzemeler ile güçlendirilmesinin değerlendirilmesi. *City Health Journal*, 2(2), 99-109.
- [10] Nelson, S. (1997). PE Engineered Wood Products, A Guide for Specifiers, Designers and Users, Structural Composite Lumber. PFS Research Foundation, Madison, WI, 147-154.
- [11] Winistorfer, S. & Steudel, H. (2002). Issues for Structural Composite Lumber Industry. *Forest Products Journal*, 47, 1, 43-47.
- [12] Mengeloğlu, F. & Kurt, R. (2004). Mühendislik ürünü ağaç malzemeler 1 tabakalanmış kaplama kereste (TAK) ve tabakalanmış ağaç malzeme (TAM). *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 7(1), 39-44.
- [13] Carrick, J. & Mathieu, K. (2005). Durability of laminated veneer lumber made from Blackbutt. In Proceedings of the 10DBMC international conference on durability of building materials and components, France.
- [14] Kurt, R. & Cavus, V. (2011). Manufacturing of parallel strand lumber (PSL) from rotary peeled hybrid poplar I-214 veneers with phenol formaldehyde and urea formaldehyde adhesives. *Wood research*, 56(1), 137-144.
- [15] Pajchrowski, G., Noskowiak, A., Lewandowska, A., & Strykowski, W. (2014). Wood as a building material in the light of environmental assessment of full life cycle of four buildings. *Construction and Building Materials*, 52, 428-436. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2013.11.066

- [16] Duan, Z., Huang, Q., Sun, Q., & Zhang, Q. (2022). Comparative life cycle assessment of a reinforced concrete residential building with equivalent cross laminated timber alternatives in China. *Journal of Building Engineering*, 62, 105357. DOI: 10.1016/j.jobbe.2022.105357
- [17] Hemmati, M., Messadi, T., Gu, H., Seddelmeyer, J., & Hemmati, M. (2024). Comparison of Embodied Carbon Footprint of a Mass Timber Building Structure with a Steel Equivalent. *Buildings*, 14(5), 1276. DOI: 10.3390/buildings14051276
- [18] Ayanleye, S., Udele, K., Nasir, V., Zhang, X., & Militz, H. (2022). Durability and protection of mass timber structures: A review. *Journal of Building Engineering*, 46, 103731. DOI: 10.1016/j.jobbe.2021.103731
- [19] Thinkwood. (2023a). "Mass Timber Design Manual", <https://info.thinkwood.com/masstimberdesignmanual>. Erişim Tarihi: 14.10.2023.
- [20] Bacaklıoğlu, G. & Poyraz, E. (2024). Türkiye'de İnşaat Sektörünün Büyüme Rakamları İçindeki Payı: 1999-2017 Zaman Serisi Analizi. *The Journal of Academic Social Science*, 90(90), 422-432. DOI: 10.16992/ASOS.14766
- [21] Ak, H. (2017). Kamusal Yapı ve Alanlarda Ahşap Yapı Malzemesinin Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Beykent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [22] Aktaş, E. & Sabir, E. C. (2024). Bina Yapımında Kullanılan Tünel ve Ahşap Kalıp Sistemlerinin İş Güvenliği Yönünden İncelenmesi. *Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi*, 4(1), 28-47.
- [23] Çolak, S. (1996). Kontrolplaklarda Tomruk Buharlaşma Ve Kaplama Kurutma Şartlarının Formaldehit Emisyonu Üzerine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- [24] Çolakoğlu, G. (2010). Tabakalı Ağaç Malzeme Ders Notları, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Trabzon.
- [25] İlhan, O. (2021). Mühendislik Ürünü Ahşap Yapı Malzemelerinin Farkındalığının Belirlenmesine Yönelik Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- [26] Di Bella, A. & Mitrovic, M. (2020). Acoustic characteristics of cross-laminated timber systems. *Sustainability*, 12(14), 5612. DOI: 10.3390/su12145612
- [27] Hematabadi, H., Madhoushi, M., Khazaeyan, A., Ebrahimi, G., Hindman, D., & Loferski, J. (2020). Bending and shear properties of cross-laminated timber panels made of poplar (*Populus alba*). *Construction and Building Materials*, 265, 120326. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2020.120326
- [28] Hindman, D. P. & Golden, M. V. (2020). Acoustical properties of southern pine cross-laminated timber panels. *Journal of Architectural Engineering*, 26(2), 05020004.
- [29] IBC. (2021). Group A, Tall Mass Timber Proposals Review Guide. American Wood Council. Erişim tarihi: 20 Mart 2021. <www.awc.org/tallmasstimber>.
- [30] Gan, Z., Sun, Y., Li, Z., & He, M. (2024). Experimental and numerical investigation on the in-plane performance of nail-laminated timber floor. *Journal of Building Engineering*, 96, 110509. DOI: 10.1016/j.jobbe.2024.110509
- [31] Atkins, D., Anderson, R., Dawson, E., & Muszynski, L. (2022). International Mass Timber Report: 2024. Forest Business Network.
- [32] Ong, C. B. (2015). Glue-laminated timber (Glulam). *Wood composites*, 123-140.
- [33] Trading Economics. (2024). Kereste vadeli işlem sözleşmesi ve fiyatlar. Erişim Adresi: <https://tr.tradingeconomics.com/commodity/lumber> (06.12.2024).

- [34] Canadas, M. J., Reis, P., Ervedeiro, J., & Novais, A. (2024). A Systems Approach to Identify and Explain Family Forest Owners' Technical Options. The Link with Labor Organization, Decision-Making Styles and Timber Sales. *Small-scale Forestry*, 1-32.
- [35] CIA - The World Factbook. 2018. Dünya Bilgi Kitabı. Erişim tarihi: 1 Ocak 2018. <https://web.archive.org/web/20180121071145/https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/index.html>.
- [36] Fao, 2024. Faostat Online Statistical Service. <http://www.fao.org/faostat>. 06.12.2024.
- [37] Lee, J. H., Kubo, Y., Fujiwara, T., Septiana, R. M., Riyanto, S., & Iwasa, Y. (2018). Profit sharing as a management strategy for a state-owned teak plantation at high risk for illegal logging. *Ecological Economics*, 149, 140-148. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2018.03.005
- [38] Piabuo, S. M., Minang, P. A., Tieguhong, C. J., Foundjem-Tita, D., & Nghobuoche, F. (2021). Illegal logging, governance effectiveness and carbon dioxide emission in the timber-producing countries of Congo Basin and Asia. *Environment, Development and Sustainability*, 23, 14176-14196
- [39] California Department of General Services. 2021. "Buy Clean California Act", <https://www.dgs.ca.gov/PD/Resources/Page-Content/Procurement-Division-Resources-List-Folder/Buy-Clean-California-Act>. Accessed 1/24/2022.
- [40] Thinkwood. (2023b). "Understanding the Role of Embodied Carbon in Climate Smart Buildings", <https://www.thinkwood.com/blog/understanding-the-role-of-embodied-carbon-in-climate-smart-buildings>, Erişim Tarihi: 14.10.2023.
- [41] PFA -Panels and Furniture Asia. (2022). "Australian programme to invest \$300 million in mass timber buildings". <https://panelsfurnitureasia.com/australianprogramme-to-invest-300-million-in-mass-timber-buildings/>. Accessed 01/27/2022.
- [42] NEFF -New England Forestry Foundation. (2022). "\$30 million USDA climate-smart commodities award to increase carbon storage In New England's forests". <https://newenglandforestry.org/2022/09/14/30-millionusda-award/>. Accessed 1/27/2023.
- [43] USDA -United States Department of Agriculture. (2022). "Biden Administration Announces \$32 Million to Advance Climate-Smart Mass Timber Construction, Expand Wood Markets", Press Release No. 0115.22. May 27, 2022. <https://www.usda.gov/media/press-releases/2022/05/27/biden-administration-announces-32-million-advance-climate-smart>. Accessed 01/27/2023.
- [44] Türkiye İnşaat Malzemesi Sanayicileri Derneği (İMSAD). (2023). *Türkiye Yapı Sektörü Raporu*. s. (192-193). İstanbul.
- [45] Garcia, R., Calvez, I., Koubaa, A., Landry, V., & Cloutier, A. (2024). Sustainability, Circularity, and Innovation in Wood-based Panel Manufacturing in the 2020s: Opportunities and Challenges. *Current Forestry Reports*, 10(6), 420-441.
- [46] International Market Research Store Groups (IMARC). (2024). Cross laminated timber market analysis. <https://www.imarcgroup.com/cross-laminated-timber-manufacturing-plant>. (03.11.2024).
- [47] Zhang, D., Wang, Z., Bilal, H., Shen, Z., & Zhou, Y. (2024). Study on elastic constants of laminated veneer lumber by dynamic test. *Materials and Structures*, 57(4), 98.
- [48] Muszynski, L., Hansen, E., Fernando, S., Schwarzmann, G., & Rainer, J. (2017). Insights into the global cross-laminated timber industry. *BioProducts Business*, 77-92.
- [49] Dugmore, M., Nocetti, M., Brunetti, M., Naghizadeh, Z., & Wessels, C. B. (2019). Bonding quality of cross-laminated timber: Evaluation of test methods on Eucalyptus grandis panels. *Construction and Building Materials*, 211, 217-227.

- [50] Jauk, G. (2019). HigherLaminatedTimberExports. Timber-Online. Available at: www.timberonline.net/wood_products/2020/03/higher-laminated-timber-exports.html. 15.05.2021.
- [51] Türkiye İstatistik Kurumu, (TÜİK). (2020).Yapı Kullanım İzin Belgesine Göre Kullanma Amacı ve Taşıyıcı Sistem. Available at: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Yapi-izin-istatistikleri-Ocak-Aralik,-2020-37460>. 25.05.2021.
- [52] Şişman, M. E. & Ökten, B. B. (2023). Yapı Sektöründe Ahşap Teşvik Politikaları ve Etkileri. *bab Journal of FSMVU Faculty of Architecture and Design, (Special Issue)*, 48-64.
- [53] GEF. (2023). Promoting low cost energy efficient wooden buildings in Türkiye. Erişim adresi: <https://www.thegef.org/projects-operations/projects/10090>. [Erişim tarihi 05.04 2023].
- [54] Birinci, A. U., Öztürk, H., Demirkır, C., & Çolakoğlu, G. (2020). Structural performance analysis of cross laminated timber (CLT) Produced from pine and spruce grown in Turkey. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 5(5), 819-824. DOI: 10.35229/jaes.834313
- [55] Guan, Z., Sotayo, A., Oudjene, M., El Houjeyri, I., Harte, A., Mehra, S., & Deneufbourg, F. (2018). Development of adhesive free engineered wood products. *Towards Adhesive Free Timber Buildings*. Proc. WCTE, 20-23.
- [56] Panico, T., Tambaro, F., Caracciolo, F., & Gorgitano, M. T. (2024). Assessing Italy's Comparative Advantages and Intra-Industry Trade in Global Wood Products. *Forests*, 15(8), 1443. DOI: 10.3390/f15081443
- [57] EN, T. 312, (2005). Particleboards-specifications. Turkish Standards Institute, Ankara, Turkey.
- [58] Aras, U., Kalaycıoğlu, H., Yel, H., & Kuştaş, S. (2022). Utilization of olive mill solid waste in the manufacturing of cement-bonded particleboard. *Journal of Building Engineering*, 49, 104055. DOI: 10.1016/j.job.2022.104055
- [59] <https://www.linkedin.com/pulse/45-cagr-global-cement-bonded-particle-board-market-size-chris-arnold/>. [10.12.2024].
- [60] Aras, U., Yel, H., Kalaycıoğlu, H., & Kuştaş, S. (2022). CCA ile emprenyeli sarıçam planya artıklarından üretilen çimentolu yongalevhalann bazı teknolojik özelliklerinin incelenmesi.
- [61] Özertan, G. & Çoşkun, A. (2021). *Masif ahşap sektör raporu*. Boğaziçi Üniversitesi, 15.

YAZAR ÖZGEÇMİŞİ

Okan İLHAN, Yüksek Mühendis

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi-Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye

okanilhan0161@gmail.com

2015 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü'nden "Orman Endüstri Mühendisi" unvanı ile mezun oldu. 2017 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Tezli Yüksek Lisans Program'ına başladı. 2021 yılında "Mühendislik Ürünü Ahşap Yapı Malzemelerinin Farkındalığının Belirlenmesine Yönelik Bir Araştırma" adlı Yüksek Lisans Tezini başarıyla tamamlamıştır.

Abdullah Uğur Birinci, Araştırma Görevlisi,

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi-Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye

ugurbirinci@ktu.edu.tr

2015 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü'nden "Orman Endüstri Mühendisi" unvanı ile mezun oldu. 2015 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Tezli Yüksek Lisans Program'ına başladı. 2019 yılında Yüksek Lisans Tezini başarıyla tamamlamıştır. Doktora çalışması, Odun Mekanlığı ve Teknolojisi Anabilim dalında halen devam etmektedir.

Semra ÇOLAK, Prof. Dr.

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi-Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye

colak@ktu.edu.tr

1993 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü'nden "Orman Endüstri Mühendisi" unvanı ile mezun oldu. 1993 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Tezli Yüksek Lisans Program'ına başladı. 1996 yılında "Kontrplaklarda Ön Hazırlık İşlemlerinin Formaldehit Emisyonu Üzerine Etkisi" adlı Yüksek Lisans Tezini başarıyla tamamlamıştır. 2002 yılında "Kontrplaklarda Emprenye İşlemlerinin Asit ve Formaldehit Emisyonu ile Teknolojik Özelliklere Etkileri" adlı doktora çalışmasını başarıyla tamamlamıştır. Bugün Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümünde "Prof. Dr." unvanı ile çalışmalarına devam etmektedir.

4. Bölüm

GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE AHŞAP YAPIM SİSTEMLERİ

Gülten TANDOĞAN KİBAR^{a*}, NİLAY AYKAN^b

^a Karadeniz Technical University, Project Production Center, 61080, Trabzon, Türkiye, 0000-0002-1341-2536

^b Recep Tayyip Erdoğan University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Architecture, 53100, Rize, Türkiye, 0000-0003-3039-3135

* gultentandogan@ktu.edu.tr

SUMMARY

Traditional timber construction techniques have been shaped by local, geographical, cultural, and climatic conditions and have been used for millennia to construct sustainable and durable structures. The primary advantages of these construction systems are flexibility, lightness, natural insulation capability, and local availability of wood. In regions as diverse as Japan, Norway, Canada, and Anatolia, these techniques have become an important part of architectural heritage, creating structures that reflect the identities of local communities. Wood has become an important building material not only in small-scale buildings but also in large-scale projects. New materials such as cross laminated timber (CLT) and glued laminated timber (Glulam) that emerged with technological developments have increased the durability of wood, allowing it to be used in the construction of multi-storey buildings. These industrial systems offer fast construction processes with prefabrication and modular designs, while offering great advantages in terms of sustainability and low carbon footprint. This study examines the traditional timber construction systems used around the world and today's industrial timber construction systems. While emphasizing the importance of traditional timber construction systems in terms of natural and cultural heritage, the study also details the technological innovations and sustainability potential that modern industrial systems bring to the construction sector.

Keywords: *Traditional wood construction system, industrial wood construction system, wood material*

GİRİŞ

Ahşap, insanlık tarihinin en eski ve en önemli yapı malzemelerinden biri olarak araç gereç yapımından barınak inşasına kadar geniş bir yelpazede kullanılmıştır. Yerleşik düzene geçişle birlikte, ahşap yapı malzemesi olarak daha fazla önem kazanmış ve mimaride yaygınlaşmıştır. Ahşap, kolay erişilebilir olması, işlenebilirliği ve doğal yapısı sayesinde inşaatlarda sıklıkla tercih edilen bir malzemedir. Ahşap; konstrüksiyon, duvar, döşeme, kapı-pencere, çatı ve mobilya gibi birçok farklı yapı elemanında kullanılarak mimarinin vazgeçilmez bir parçasıdır [1].

Dünya genelinde ahşap yapıların kullanım oranı ve teknikleri, bölgenin coğrafi özelliklerine, iklim koşullarına ve yerel malzeme kaynaklarına göre değişiklik göstermektedir. Özellikle ormanlık alanlara sahip bölgelerde ahşap yapı malzemesi geleneksel mimaride yaygın olarak kullanılmaktadır [2].

Ahşap yapıların tarih boyunca farklı bölgelerde geliştirilen yapım teknikleri, yerel iklim koşullarına ve kültürel ihtiyaçlara göre şekillenmiştir. Asya'dan Avrupa'ya, Kuzey Amerika'dan Anadolu'ya kadar uzanan geniş bir coğrafyada, ahşap malzemenin kullanımı hem sürdürülebilirliği hem de yapıların uzun ömürlü ve dayanıklı olmasını sağlamıştır. Her bölge, ahşabı kendi mimari geleneklerine göre farklı şekillerde işlemiş, bu da birbirinden zengin ve çeşitli yapı sistemlerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur [3].

Örneğin, Japonya'da ahşap iskelet sistemiyle yapılan minka evleri ve Kore'deki hanok yapıları, bölgenin iklim koşullarına uyum sağlayacak şekilde tasarlanmış olup, hafif ama dayanıklı yapılardır. Aynı şekilde İskandinavya'da kullanılan log yapılar, kalın ağaç gövdelerinin üst üste konarak örülmesiyle, bölgenin sert kış koşullarına dayanıklı bir yapı tekniği sunar. Anadolu'da ise, ahşap malzemenin depreme dayanıklı yapılar oluşturma potansiyeli fark edilmiş ve özellikle ahşap karkas sistemler yaygın olarak kullanılmıştır.

Bu bağlamda, dünyanın dört bir yanında kullanılan geleneksel ahşap yapım sistemleri, hem bölgesel mimari mirası korumakta hem de sürdürülebilir yapılar inşa etmek için modern çözümler sunmaktadır. Ahşabın hafifliği, esnekliği ve estetik yapısı, geçmişten günümüze kadar uzanan bu yapıların devamlılığını sağlamış ve ahşap malzemenin mimarideki yerini pekiştirmiştir. Ahşap, karbon ayak izinin düşük olması, yenilenebilir bir kaynak olması ve enerji verimliliği sağlaması nedeniyle çağdaş mimarlıkta da sıkça tercih edilmektedir. Günümüzde ahşap yapıların yeniden değer kazanması, geçmişten gelen geleneksel yapı tekniklerinin modern mimariyle buluşmasına olanak tanımaktadır [4, 5].

Bu çalışmada, geleneksel ahşap yapım sistemlerinin ve günümüz endüstriyel ahşap yapım sistemlerinin tarihsel gelişim süreci, yapı malzemelerinin kullanımındaki değişimler, yapım teknikleri ve bu yapı sistemlerinin performans özellikleri ile ilgili bilgiler verilmiştir.

1. Dünya Genelinde Geleneksel Ahşap Yapım Sistemleri

Dünya genelinde, farklı coğrafi bölgelerde gelişen geleneksel ahşap yapım sistemleri, yerel kültürler, iklim koşulları ve malzeme kaynaklarına bağlı olarak farklılık göstermektedir. Geleneksel ahşap yapı sistemleri, hem estetik hem de işlevsel özellikleriyle dikkat çekmekte, buldukları coğrafyalara özgü çözümler sunarak yapıların sürdürülebilirliğine katkıda bulunmaktadır. Bu bağlamda, ahşap yapı tekniklerinin en yoğun geliştiği bölgeler, coğrafi, iklimsel ve kültürel faktörlere göre çeşitlilik göstermektedir. Bu sistemlerin yoğun olarak geliştiği bazı önemli bölgeler aşağıdaki gibidir:

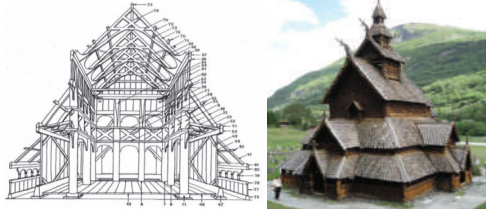
- Kuzey Avrupa (Norveç, İsveç, Finlandiya, Danimarka)
- Asya (Çin, Japonya, Kore)

- Kuzey Amerika (Kanada, ABD)
- Anadolu (Türkiye)

1.1. Kuzey Avrupa, İskandinavya (Norveç, İsveç, Finlandiya, Danimarka) Geleneksel Ahşap Yapım Sistemleri

İskandinav ülkeleri, zengin orman kaynaklarına sahip olduğu için ahşap, geleneksel yapıların temel malzemesi olmuştur. Özellikle Norveç ve İsveç gibi ülkelerde yoğun olarak kullanılmaktadır [6]. Norveç'in ahşap mimarisi, ağaç kaynaklarının bolluğu, iklim şartları, ekonomik faktörler ve geleneksel yapı teknikleri nedeniyle yaygın olarak tercih edilmektedir [7, 8]. Ahşabın doğal yalıtım özellikleri, kolay işlenebilirliği ve ekonomik olması, ahşap yapıların Norveç'te ön plana çıkmasını sağlamıştır. Ayrıca, Norveç ahşap mimarisinin dikkat çeken bir diğer özelliği, dünyada yaygın olan birçok geleneğin aksine, ahşap yapıların taş ya da tuğla mimarisinden etkilenmesidir. Norveç'te geleneksel ahşap yapılar, özellikle "stavkirke" adı verilen ahşap kiliseler ve log cabin (kütük evler) ile tanınır [7, 8].

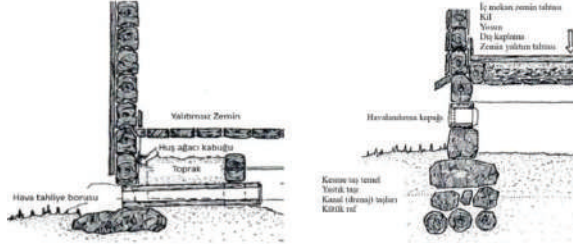
Stavkirke (Direkli Kilise): Ahşap direkler ve kirişler sistemi, katmanlı panellerle desteklenir. Direkler arasında çapraz kirişler eklenerek yapısal stabilite sağlanır. Stave tekniği kiliseler dışında evler ve depolarda da kullanılmıştır, ancak en dikkat çekici ve detaylı örnekler kiliselerde görülmektedir. Norveç'in kırsal bölgelerinde ahşabın yaygın olması bu tekniğin sivil yapılarda da kullanılmasına yol açmış, ancak estetik ve işçilik açısından en gelişmiş uygulamalar dini yapılarda olmuştur. Stave kiliseleri, Orta Çağ'da özellikle Norveç'te inşa edilen ahşap yapılar olup, "direk ve lento" sistemiyle karakterize edilir. Bu yapılar, taşıyıcı eleman olarak kullanılan dikey ahşap direklerden (staves) adını almıştır. 12. ve 13. yüzyıllarda inşa edilen stave kiliseleri, detaylı ahşap işçiliği, çok katlı dik çatıları ve Viking dönemi sembollerini içeren oyma süslemeleriyle öne çıkar. Bu yapıların en bilinen örneklerinden biri, Norveç'in Lærdal bölgesinde yer alan Borgund Stave Kilisesi'dir. Stave kiliselerinde duvarlar, çitallı bir yapıdan ziyade, dolu ahşap levhalardan oluşan paneller ve dikey ahşap direklerle inşa edilmiştir (Şekil 4.1). Ahşap direkler taş temeller üzerine yerleştirilir ve yatay kirişlerle birbirine bağlanarak yapının stabilitesi artırılır. Duvarlar, kalın ahşap levhaların dikey ya da yatay olarak yerleştirilmesiyle hem yapısal bütünlük hem de yalıtım işlevi görür [8].



Şekil 4.1. a) Borgund Stave Kilisesi (direkli kilise) detayı [9] b) Borgund Stave Kilisesi [10]

Stave kiliselerinin çok katmanlı çatı sistemi, iç mekândaki ısı kaybını azaltan bir tampon bölge oluşturarak sıcak havanın korunmasına katkıda bulunmuştur. Ayrıca, kullanılan ahşap malzemenin nefes alabilen yapısı, iç mekânın nem dengesini sağlayarak dolaylı olarak sıcaklık kontrolüne destek olmuştur. Bu yöntemlerle, ahşap yapıların soğuk iklim koşullarında bile iç mekânda ısıyı muhafaza edecek şekilde tasarlandığı görülmektedir.

Log Cabin (Kütük Evler): Finlandiya'daki geleneksel ahşap yapı kültürü, kütüklerin kullanımı üzerine kuruludur. Kuzeydeki kozalaklı ağaçların bulunduğu bölgede, kütük yapım sanatı bin yılı aşkın süredir gelişmektedir. Kütük yapısı, taşıyıcı duvarların kütüklerden yapıldığı geleneksel bir ahşap inşaat yöntemidir. Finlandiya'da kütükler genellikle yatay olarak dizilir ve özel köşe birleştirme teknikleri ile birleştirilir (Şekil 4.2). Yatay kütük tekniği, basit dikdörtgen yapıların inşa edilmesini sağlamış ve bu yöntem bin yılı aşkın süredir kullanılmaktadır. Ağaçların sürekli erişilebilir olması nedeniyle kütükler Finlandiya'da doğal bir yapı malzemesi haline gelmiştir [12].



Şekil 4.2. a) Eski tip temel detayı b) Yeni tip temel detayı [11]

Norveç'in kırsal kesimlerinde inşa edilen bu evler, üst üste yerleştirilen masif ahşap kütüklerden oluşur. Kütükler birbirine geçme veya oyma teknikleriyle bağlanarak, yapıların güçlü ve hava sızdırmaz olması sağlanır. Bu sistem, kış aylarında sıcaklığı koruyacak şekilde tasarlanmıştır. Kütüklerin kalınlığı doğal bir ısı yalıtımı sağlar ayrıca kütükler arasına yosun veya saman gibi yalıtım malzemelerinin doldurulmasıyla sıcaklık korunur [11].

Finlandiya'daki mimari gelişim, Orta Çağ kökenli eski tip yapılar ve 19. yüzyılda yaygınlaşan yeni tip yapılar olmak üzere iki ana döneme ayrılabilir. Yükseltilmiş platformlar, düzgün yontulmuş ve sıkı derzlenmiş ahşap duvarlar ile birbirine kenetlenen köşe yapılar dönemin inşaat yöntemlerini yansıtmaktadır (Şekil 4.3) [11].



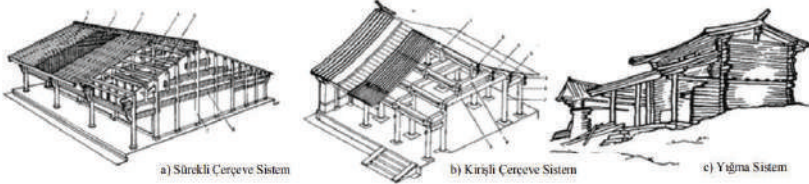
Şekil 4.3. a) Eski köşe detayı b) Modern köşe detayı [12] c) Kütük ev [13]

Orta Çağ yapıları, bölücü duvarlar olmaksızın bir dizi küçük mekânlardan oluşmakta, köşeler oyularak kenetlenmekte ve kütükler arasındaki boşluklar yosun ile doldurulmaktadır. Bu yapılar alçak taş temeller üzerine inşa edilmekte, en alt kütüğün altına toprak dolgu yapılmaktadır. İç mekân, tavan yüksekliği açısından yapının çatısına kadar uzanırken, 17. yüzyılda ince toprakla doldurulmuş ara katmanlar eklenmiştir. Çatılar, huş ağacı kabuğu ile kaplanarak, üzerlerine ağırlık yapması için çim veya diğer ağır malzemeler eklenmiştir. Daha

sonraki dönemlerde kesilmiş tahtalar ve kiremitler kullanılmaya başlanmış, cam pencereler ise 18. yüzyılda yaygınlaşmıştır [11].

1.2. Asya'da (Çin, Japonya ve Kore) Geleneksel Ahşap Yapım Sistemleri

Çin ahşap yapıları, çok çeşitli yapısal sistemlerle gelişmiştir. Bu sistemler genellikle kullanım özelliklerine ve kişilerin sosyal hizmetlerine göre belirlenir. Çin ahşap mimarisi, tarihsel olarak Çin'in kendisiyle özdeşleşmiş olsa da, etkileri Japonya ve Kore gibi komşu ülkelere yayılmıştır. Çin'in mimari gelenekleri, özellikle Doğu Asya ve Güneydoğu Asya'daki birçok ülkeyi etkilemiştir.



Şekil 4.4. Çin ahşap yapım sistemleri [14]

Çin ahşap mimarisi üç ana sistem üzerine kuruludur. Çerçeve sistemi, kirişli çerçeve sistemi ve yığma sistem. Sürekli çerçeve sistemi, tapınaklar, saraylar ve resmi binalarda kullanılır. Dikey direkler tüm yük taşımalarını, kirişlerin yapıyı desteklemesini ve büyük açıklıkların devam etmesini sağlar. Kirişli çerçeve sistemi, daha küçük boyutlu konutlar ve halk yapılarında görülür, daha hızlı inşa edilir ve malzeme tasarrufu sunar. Yığma sistem, genellikle geçici yapılar ve savunma amaçlı binalarda taş veya kerpiç elemanlarıyla kullanılır. Güçlü ve dayanıklı duvarlar sağlar. Bu sistemler, işlevsellik ve bölmelere göre seçilerek Çin mimarisine büyük bir çeşitlilik kazandırmaktadır [14]. Geleneksel Japon evleri, tarihsel, iklimsel, folklorik ve sosyal faktörlere bağlı olarak farklı biçimlerde gelişmiştir. Ancak ticaretin yaygınlaşması ve kültürel alışverişlerin artmasıyla birlikte evlerin plan tipleri de zamanla benzerlik göstermeye başlamıştır. Japonya'nın kırsal kesimlerinde halkın kendi çabalarıyla inşa ettiği "minka" adı verilen çiftçi evleri, Japon konut mimarisinin önemli unsurlarından biridir. Bunun yanında, şehir kültürünün gelişmesiyle birlikte tüccar sınıfının zenginleştiği kasabalarda gelişen "machiya" evleri de geleneksel Japon konut mimarisi açısından büyük öneme sahiptir (Şekil 4.5) [15].



Şekil 4.5. a) Japon Evi Kesiti b) Japon Evi (Minka) [18] c) Japon Evi (Machiya) [85]

Japon geleneksel mimarisinde, Budizmin doğa ile uyum inancı ve açık hava yaşam tarzı, yapıların tasarımıyla bütünleşir. Konutların geçici ve sürekli değişen yapısı düşüncesi, esnek ve modüler ahşap iskelet sistemlerinin geliştirilmesine yol açmıştır. Ahşap kirişlerde çivi yerine geçme tekniği kullanılarak, yapıların gerektiğinde kolayca sökülebilmesi sağlanır [18].

Minka, Japon kırsalında çiftçiler, zanaatkarlar ve tüccarlar tarafından inşa edilen geleneksel ahşap evlerdir. Genellikle büyük çiftlik evleri olarak bilinen minka, ahşap iskelet yapısı ve geniş saz çatılarla karakterizedir. Bu evlerde, yerel malzemeler kullanılarak inşa edilen dikey direkler ve yatay kirişler, geleneksel Japon marangozluk teknikleriyle birleştirilir. Minka evlerinin zeminleri genellikle topraktır ve bu alan, giriş, mutfak veya ahır olarak kullanılabilir. Yapılar rutubetten korunmak amacıyla yerden yükseltilmiş döşemeler üzerine inşa edilir [15].



Şekil 4.6. a)Saz çatılar b)Yerden yükseltilmiş geleneksel Minka Evi [84]

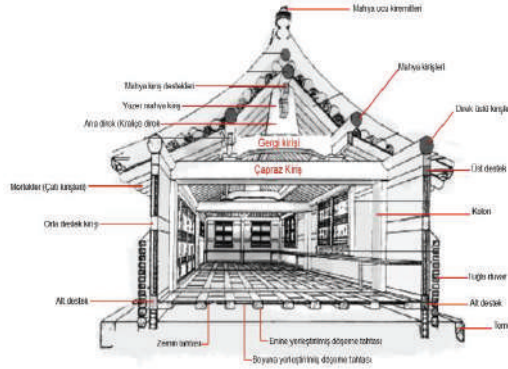
Geniş saçaklı çatılar, iç mekanları yağmurdan korumak için tasarlanır ve bu çatılarda kentlerde süslü kiremitler, kırsal alanlarda ise ahşap, saz veya saman gibi doğal malzemeler kullanılır [16, 18]. Geniş ve eğimli saz çatılar, yağmur ve kar yağışına karşı koruma sağlar ve evin içini serin tutmak için geniş gölgeler oluşturur. Bu nedenle, minka evleri Japonya'nın kırsal iklimine uygun bir yapı tarzıdır (Şekil 4.6) [15, 16].

Hem minka hem de machiya evleri ahşap iskelet sistemine dayanarak inşa edilmiş olup, Japon marangozluk teknikleriyle şekillendirilmiştir. Her iki yapı da buldukları bölgenin iklimsel ve toplumsal gereksinimlerine göre tasarlanmış ve yerel malzemelerle yapılmıştır. Ayrıca, her iki ev tipi de doğal hava akışını destekleyen açık ve esnek planlama anlayışına sahiptir. Minka evleri kırsal alanlarda yer alır, genellikle geniş ve düşük katlıdır, büyük saz çatılarla dikkat çeker. Buna karşılık, machiya evleri şehirlerde dar ve uzun yapılarıdır ve bu yapılarla daha kompakt ahşap ya da kiremit çatılar kullanılır, bu da yoğun şehir yaşamına uyum sağlar. Minka evleri, kırsal faaliyetlere, özellikle çiftçiliğe uygunken, machiya evleri ticaret ve şehir yaşamına uygun olarak tasarlanmıştır (Şekil 4.5) [15].

Hanok, geleneksel Kore evleri olarak bilinir ve tarihsel olarak Kore'nin yerel malzeme, iklim ve kültürel özelliklerine uygun şekilde inşa edilmiştir. Bu evler, genellikle toprak, ahşap ve taş gibi doğal malzemelerle yapılır ve çevresiyle uyumlu olacak şekilde tasarlanır. Kore binalarının yapımında en yaygın kullanılan ahşap ise çam ağacıdır. Çam, sağlam ama çok sert olmayan bir ahşap türüdür ve bazen doğal haliyle işlenmeden, binalarda özel etkiler yaratmak için kullanılır. Hanok'un mimari yapısı, Kore'nin dört mevsimi göz önüne alınarak tasarlanmış olup, evin iç ve dış mekanlarının iklim koşullarına uygun biçimde düzenlenmesini sağlar [17, 18] .

Hanok, belirli temel teknik özellikler ve yapı unsurlarına dayanır. Hanok yapıları, genellikle yükseltilmiş taş platformlar üzerine inşa edilir. Bu platformlar, üst üste dizilmiş taş katmanlarından oluşur ve su yalıtımını sağlar. Ahşap sütunlar, harç kullanılmadan doğrudan

bu taş temeller üzerine yerleştirilir. Sütunlar genellikle iki farklı tiptedir: Daha az önemli yapılar için kare sütunlar, daha önemli yapılar içinse yuvarlak sütunlar tercih edilir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Geleneksel ahşap Hanok Evi Kesiti [19]



Şekil 4.8. Geleneksel ahşap Hanok Evi yapımı [17, 19]

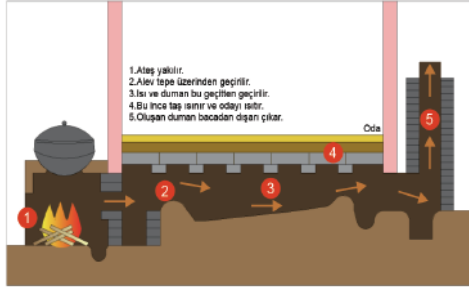
Hanok mimarisinde sütunlar, üç temel teknikle desteklenir. İlk olarak, sütunların yükseklikleri yapının merkezine kıyasla köşelere doğru artar. Bu teknik "Guisoseum" olarak adlandırılır. İkinci olarak, "Anssolim" adı verilen teknikle sütunlar, üst kısımlarında hafifçe içe doğru eğilerek yapıdaki dengeyi sağlar. Üçüncü teknik ise "Baeheulim" olarak bilinir. Bu yöntemde sütunların en geniş çapı alt kısımlarının üçte birinde bulunur ve bu da sütunlarda burulma ve deformasyonu önlemeye yardımcı olur. Hanoklarda duvarlar genellikle ahşap paneller, kapılar ve pencerelerden oluşur. Tavanlarda kirişler genellikle açıkta bırakılır ya da kare desenli yapılarla kapatılır. Isı yalıtımı için pirinç veya dut kağıdı kullanılır. Bu yapı sistemi, ahşap sütunlar üzerine oturan çatının yükünü düzgün bir şekilde dağıtarak yapının dayanıklılığını ve stabilitesini sağlar (Şekil 4.8) [17].

Ahşap panellerin çoğu zaman çamur sıvalı olması doğal bir yalıtım sağlar. Hanok yapılarında çatının yükü, konsollu kirişler ve genişletilmiş kirişler yardımıyla sütunlara aktarılır, bu da yapının stabilitesini artırır. Ana kirişler, çatıyı taşıyan en sağlam ahşaplardan yapılır. Geleneksel Hanok yapılarında iki ana çatı türü kullanılır kiremit çatı (giwa) ve saz çatı (Choga-jip). Bu iki çatı türü, sadece malzeme farkı değil, aynı zamanda evin sahibinin toplumun içindeki yeri ve ekonomik gücü de yansıtmaktadır [20].



Şekil 4.9. a) Hanok Evi b) Hanok Evi kiremit ve saz çatı [19, 21]

Isıtma sistemi olarak "ondol" adı verilen yerden ısıtma sistemi, Hanok'un en karakteristik özelliklerinden biridir. Ondol, Kore'de kullanılan geleneksel bir yerden ısıtma sistemidir (Şekil 4.10). Duman ve sıcak hava, evin zeminine yerleştirilen yatay ısı kanalları boyunca doluşur. Kanallardan geçen sıcak hava, taş veya toprak zemin plakalarını ısıtarak bu ısıyı uzun süre muhafaza eder, odanın sıcaklığını yükseltir ve bu sistem yerden ısıtma sağlar [17, 22]. Taş malzeme, yüksek ısı tutma kapasitesine, yüksek sıcaklıklara ve sürekli ısınmaya karşı dayanıklıdır. Ondol sisteminde uzun süreli ve yoğun ısıya maruz kaldığı için taş, bu zorluklara dayanabilecek ideal malzeme olarak tercih edilmiştir [20, 22].



Şekil 4.10. Hanok evi "Ondol" ısıtma sistem kesit (yeniden çizilmiştir) [22]

1.3. Kuzey Amerika (Kanada, ABD) Geleneksel Ahşap Yapım Sistemleri

Amerika'da kullanılan geleneksel ahşap yapım sistemleri, yerleşimcilerin yerel malzeme ve hızlı inşaa ihtiyaçlarına bağlı olarak gelişmiştir. Bu sistemler, ahşabın bolca bulunması ve kolay işlenebilirliği nedeniyle popüler olmuştur. Amerika'da yaygın olarak kullanılan Balon Sistem ve Platform Karkas Sistem geleneksel ahşap yapım sistemleridir.

Balon Karkas (Balloon Frame) sistemi, Amerika Birleşik Devletleri'nin kolonileşme aşamasında ortaya çıkan hızlı konut ihtiyacına yanıt olarak geliştirilen, klasik ahşap karkas yapı sistemine alternatif bir çözüm olarak öne çıkmıştır. Bu sistemin temel amacı, daha az malzeme kullanarak hızlı ve stabil bir yapı inşa edebilmektir. Şehirleşmenin hızlandığı dönemlerde Amerika'da hızlı konut ihtiyacını karşılamak amacıyla kullanılmaya başlanmıştır [23].



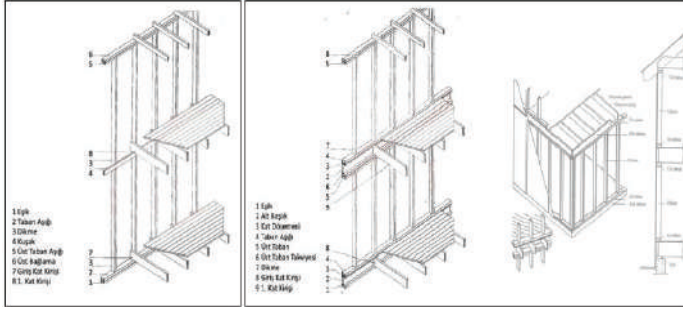
Şekil 4.11. a) Balon Karkas yapı kesiti [23] b) Balon Karkas örnek yapı [24]

Balon sistemde, ince kesitli (genellikle 5x10 cm) ahşap elemanlar sık aralıklarla yerleştirilir ve köşegenlerle desteklenir. Bu, geleneksel ağır ahşap karkas yapılarında elde edilen stabilitenin, daha hafif ve ince malzemelerle sağlanmasını mümkün kılar. Birleşimler genellikle çivi ve bulon gibi metal bağlantı elemanlarıyla yapılır, bu da montaj sürecini hızlandırır ve işçilik maliyetlerini düşürür. Ancak sistemin bazı dezavantajları da vardır. Örneğin, iki kat yüksekliğindeki dikmelerin montajı zor olabilir ve bu yapı yangın riski açısından daha dikkatli planlanmalıdır. Platform Karkas Sistem gibi modern sistemlerin temellerini atan bu teknoloji, Amerika'nın yapı tarihine damgasını vurmuştur [25, 26]. Balon çerçeve sistemde, iki kat yüksekliğinde devam eden dikmeler 40–60 cm aralıklarla bir taban üzerine yerleştirilmektedir. Yapı sisteminde kullanılan dikmelerin boyutları 5/10cm, köşe dikmelerin boyutları ise 10/10cm'dir. Duvar dikmelerinin en üstüne iki adet 5/10cm'lik "üst taban" yerleştirilir. Üst taban hem bütün dikmeleri birleştirir hem de çatı mertekleri için aşık olarak kullanılır. Kat hizasında döşeme kirişlerinin üzerine bastığı kuşaklar bulunmaktadır. Bu kuşaklar dikmelere geçmeli olarak bağlanır. Döşeme konstrüksiyonu ise dikmelere ahşap döşeme kirişlerinin yandan bağlanmasıyla oluşturulmaktadır (Şekil 4.12). Sistemin rijitliği 5/15cm'lik köşe dikmeleri kullanılarak ve yüzeyleri panel elemanlarla kaplanarak artırılır [27, 28, 29].

Platform Karkas (Platform Frame) yapım sistemi, ahşap karkas yapı sistemlerinin modern ve yaygın bir versiyonudur. Bu sistem, her katın kendi platformu üzerinde bağımsız bir çerçeve olarak inşa edilmesiyle oluşturulur ve özellikle hızlı, ekonomik ve kolay montaj gerektiren konut inşaatlarında tercih edilir. Platform Karkas sistemde, her kat bir platform gibi çalışır. İlk olarak bir katın döşeme platformu inşa edilir, ardından dikmeler bu platform üzerine yerleştirilir ve duvarlar dikilir. Bir kat tamamlandıktan sonra, üst platform oluşturulur ve sonraki kat inşa edilir [25]. Balon sistemin daha modern bir versiyonu olan Platform karkas sistemi, her bir katın kendi platformu üzerinde inşa edildiği, katlar arasında döşeme ve başlık kirişlerinin kullanıldığı bir sistemdir (Şekil 4.12, Şekil 4.13). Dikmeler sadece kat yüksekliği kadar yapılır, her kat için yeni bir platform oluşturulur. Bu yöntem, malzeme tasarrufu sağladığı gibi, daha güvenli ve kolay inşa imkânı sunar [30].



Şekil 4.12. a) Platform Karkas Sistem yapı kesiti [25] b) Platform Karkas Sistem örnek yapı [86]



Şekil 4.13. a) Balon Çerçeve Sistem b) Platform Çerçeve Sistem [14]

1.4. Anadolu'da Geleneksel Ahşap Yapım Sistemleri

Geleneksel ahşap duvar yapım sistemleri 3'e ayrılmaktadır [68].

- Ahşap Yiğma Duvar Sistemi
- Ahşap İskeletli (Çatma) Duvarlar
- Kagir Duvarlar

Ahşap yiğma (çanlı) duvar sistemleri, doğal veya işlenmiş ahşapların yatay olarak üst üste konulmasıyla inşa edilen yapılardır. Genellikle taş temel veya kargir zemin üzerinde kurulur ve dikme kullanılmaz. Doğu Karadeniz ile iç kesimlerde, özellikle yaylalarda sıkça görülür. Günümüze ulaşan bu yapılar, büyük ağaç türlerinin yaygın olduğu geçmiş dönemlere aittir ve estetik ile işlevsellik açısından dikkat çekmektedir [2, 32]. Karadeniz bölgesinin yamaçlarında yer alan "ahşap yiğma evler", yapı teknikleri ve formları açısından Kuzey Avrupa'daki benzer yapılarla birçok ortak noktaya sahiptir. Kuzey Avrupa'daki İskandinav ahşap evleri ile Karadeniz evleri arasındaki benzerlikler, ahşabın aynı şekilde işlenmesi ve yapıların doğayla uyumlu bir şekilde tasarlanmasıyla ortaya çıkar. Hem Karadeniz'in hem de İskandinavya'nın kırsal bölgelerinde bulunan bu yapılar, iklim şartlarına karşı dayanıklılığı ve yerel malzemelerin ustalıkla kullanılmasıyla dikkat çeker [33, 34]. Biraz daha ayrıntıya girecek olursak, bu sistemde dış ve iç duvarların birlikte örülmesi gerekmektedir. Köşe noktaları, kalas veya kütük gibi malzemelerle açılan boğaz olarak adlandırılan oyuklar kullanılarak 90 derece açıyla üst üste yerleştirilir ve birbirlerini kenetler. Böylece yük, en üstteki ahşaptan aşağıya iletilir. Bu yapıda taşıyıcı başka bir eleman yoktur. Ayrıca, yerleştirilen malzemelerin yapı uzunluğuyla aynı olması sağlanmalıdır (Şekil 4.14., Şekil 4.15.) [3, 35].



Şekil 4.14. Yiğma sistem köşe bağlantı türleri (yeniden çizilmiştir) [36]

Köşe bağlantıları, uygulama farklılıkları sebebiyle "karaboğaz," "kurtboğazı" ve "çalmaboğaz" olarak adlandırılmaktadır. Tomruk halinde kullanılan ahşap malzemelerde karaboğaz geçme sistemi tercih edilirken, kurtboğazı geçme yöntemi keresteler için uygulanmaktadır. Çalmaboğaz sistemi ise, ahşap malzemenin yetersiz olduğu veya istenilen boyutun elde edilemediği durumlarda kullanılmaktadır. Bu yöntemde, kabaca düzeltilmiş ahşaplar veya kısa ve düzgün tahtalar tercih edilmektedir (Şekil 4.14.) [36].



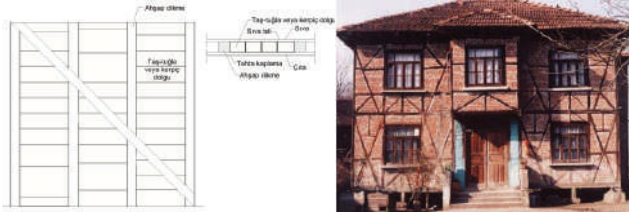
Şekil 4.15. Ahşap yığma duvar (kütük yapı) köşe bağlantı detayları [34].

Ahşap iskeletli (çatma) duvarlar; dikme ve kirişler, yapıya gelen yükleri temele aktaran düşey bir sistem olarak işlev görmektedir. Bu sistemde, temel su basman seviyesine kadar taş duvarlar örülmekte ve bu duvarların üzerine ahşap çatki yerleştirilmektedir. Bu yapı sistemlerinde ana prensip, tüm yapısal yükü temel duvarlarına ileten taşıyıcı elemanların düşey olarak kullanılmasıdır. Bu durum, ahşap yığma sistemlerle kıyaslandığında önemli bir farklılık oluşturmaktadır (Şekil 4.16) [32, 37].

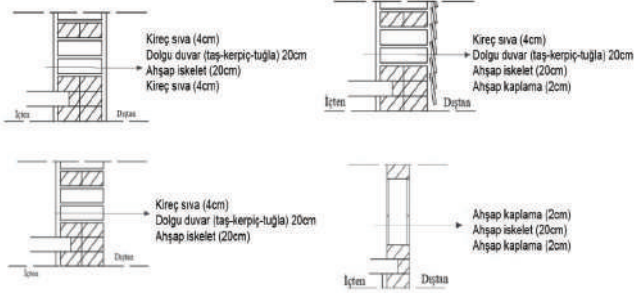


Şekil 4.16. a) Ahşap iskeletli yapı b) Zemin katı kargir üst katı ahşap iskelet [2]

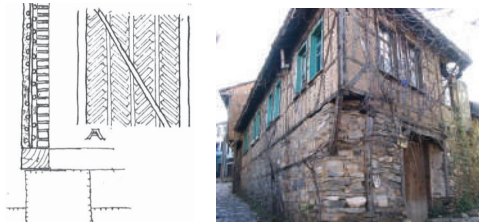
Ahşap iskeletli veya çatma sistem, hımiş yapının temel yapı tekniğidir ve bu sistemde ahşap direklerden oluşan bir iskelet oluşturulup, bu iskeletin içi genellikle kerpiç, taş, tuğla gibi yerel malzemelerle doldurulur. Hımiş yapı terimi, bu ahşap iskelet ve dolgu malzemesiyle oluşturulan geleneksel yapı türünü tanımlar (Şekil 4.17, Şekil 4.18, Şekil 4.19) [13].



Şekil 4.17. a) Ahşap iskeletli duvar (yeniden çizilmiştir) [38] b) Ahşap iskeletli yapı [39]



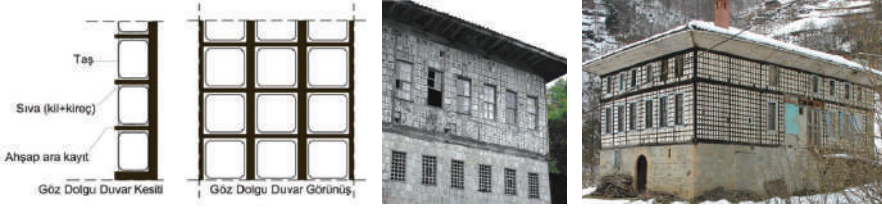
Şekil 4.18. Geleneksel ahşap iskeletli (hımış) cephe sistemleri detayları [40]



Şekil 4.19. a) Hımış yapı tekniği b) Hımış yapı örneği [40]

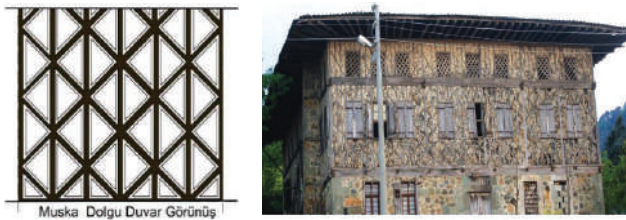
Bu sistemin konstrüksiyon aşamasında, taş temel duvarı üzerine yatay olarak 15x15 cm kesitinde ahşap bir eleman yerleştirilir ve yapı elemanlarının oluşturulacağı dikey duvar elemanları bu eleman üzerinde köşe noktalarına sabitlenir. Daha sonra, bu köşe elemanlarının arasına, 15-30 cm aralıklarla 5x10 cm kesitinde ahşap dikmeler konumlandırılır. Dikmelerin üst kısmına ise bir hatıl eklenerek üst döşeme oluşturulur. Oluşturulan bu dikey elemanlar, düz veya çapraz yerleştirilen ahşap bağlantı çubukları ile birbirlerine bağlanır. Dikmelerin birleştirilme yöntemlerine bağlı olarak "göz dolgu" ve "muska dolgu" teknikleri uygulanır (Şekil 4.20, Şekil 4.21). Alternatif olarak, dikmelerin üzerine yatay olarak çitalar çakılarak bağdadi duvar tekniği de oluşturulabilir [35].

Göz dolgu duvar tekniğinde taşıyıcı dikmeler arasına düşey olarak ahşap çubuklar yerleştirilir. Oluşan kare alanların içerisine kırmataş yerleştirilir. İsteğe göre üzeri sıvanır veya görsel olarak şık durduğu için sıvanmadan bırakılabilir [41].



Şekil 4.20. a) Göz dolgu duvar [42] (yeniden çizilmiştir) b) Göz dolgu ev [45].

Düşey taşıyıcı ahşap elemanlar arasında, detayda "ahşap ara kayıt" olarak tanımlanan lataların yerleştirilmesiyle dörtgen şeklinde bir hazne oluşturulur ve bu haznenin içerisine dolgu taşları yerleştirilir. Ara kayıtlar, 5x8 cm veya 4x10 cm gibi değişken kesit ölçülerine sahip olup, dikmeler arasındaki iç aralık ölçüsü ise 16-19 cm arasında farklılık gösterebilir (Şekil 4.20). Göz dolgu sisteminde, düşey ahşap taşıyıcılar yapıya etki eden yükün büyük bir kısmını taşıırken, kullanılan taşlar dolgu işlevi görmektedir. Son aşamada, dolgu taşları ile ara kayıtlar arasındaki yalıtımı sağlamak amacıyla kil ve kireç karışımı bir harçla sıvama işlemi yapılır [43]. Muskalı dolgu duvar tekniğinde ise taşıyıcı dikmeler, 30-40 cm aralıklarla yerleştirilir. Dikmeler arasındaki boşluklar çapraz elemanlar ile bölünerek üçgen biçiminde gözler oluşturulur. Bu üçgen gözler, kırmataş dolgu malzemesi ile doldurularak yapının stabilitesi sağlanır [42]. Son aşamada, cephe isteğe bağlı olarak sıvanır ve kireç karışımı ile boyanır. Muska dolgu tekniğiyle inşa edilen duvarlar, yatay yönden gelen yüklere karşı dayanım göstermekte olup, yapısal stabiliteyi artırmaktadır [35].



Şekil 4.21. a) Muska dolgu duvar [42] (yeniden çizilmiştir) b) Muska dolgu ev [35].

Muska dolgu duvarlarda, yerleştirilen taşların aralarından iç mekâna hava sızmasını önlemek amacıyla, ahşap ile taş arasına kil ve kireç karışımıyla hazırlanan harç uygulanır. Bu yapım tekniğinde, duvarın dış yüzeyi taş kaplama, iç yüzeyi ise ahşap kaplama ile tamamlanmaktadır [47]. Muska dolgu duvar sistemi, göz dolgu duvar tekniğinden farklı olarak, dikey taşıyıcı elemanlar 45 derece eğimle yerleştirilen ahşap çitaller ile bölünmüştür.

Bu tasarım, duvar yüzeyinde kare yerine üçgen biçiminde bir kesit görünümünü meydana getirmektedir [37].

Bağdadi duvar tekniğinde (çakatura), ahşap taşıyıcı dikmeler üzerine 2-3 cm kalınlıktaki çitılar yatayda aralıklı olarak çakılır. Bu uygulama iç ve dış duvarda uygulanır. İki duvar arasındaki boşluğa yalıtımı sağlamak için taş, çamur gibi dolgu malzemeleri yerleştirilir ve son olarak çitaların üstü sıvanır (Şekil 4.22). Doğu Karadeniz bölgesinde yoğun olarak uygulanan bu tekniğe Artvin'de Çakatura denir [44, 45].



Şekil 4.22. a) Bağdadi duvar [41] (yeniden çizilmiştir) b) Bağdadi ev [35]

Bağdadi yapılarda, dikmeler, ara dikmeler ve çapraz elemanlar, yanıl olarak çakılan bağdadi çitalarıyla birbirine bağlanmaktadır. Bu çitalar, duvar yüzeyini kaplayarak hem yalıtıma katkı sağlamakta hem de dolgu malzemesini sabitlemektedir. Bu uygulama, hem iç hem de dış yüzeylerde yapılarak, iki yüzey arasında kalan boşluk, yalıtım amacıyla toprak ve çakıl gibi gevşek malzemelerle doldurulmuştur. Son olarak, yan yüzeyler sıva ile kaplanarak yapı tamamlanır [44, 88].

Kagir duvarlar ile yapılan kagir yığma yapılar, genellikle taş ve toprak gibi malzemelerle inşa edilir. Evlerin temel katları veya ahır katlarında taş duvarlar kullanılmasının nedeni, Doğu Karadeniz bölgesinin eğimli topografyasından kaynaklanmaktadır. Eğimli arazi üzerinde inşa edilen yapıların zemin katlarında, şeve dayalı alanlar taş duvarlarla oluşturulmaktadır [42]. Taş duvarların aralarına ahşap destek elemanları yerleştirilir ve pencere ile kapı üstlerine ahşap hatıllar eklenir [87]. Kagir duvarlar, yapının tüm duvarlarında veya yalnızca zemin kat duvarında kullanılabilir; bu durum ise bölgeden bölgeye değişiklik göstermektedir [46, 47]. Kagir yığma taş duvarlar, moloz taş duvarlar ve yonu taş duvarlar olarak iki ana gruba ayrılır. Moloz taş duvarlar ve yonu taş duvarlar, 50-80 cm kalınlığında ve 1-1,5 m yüksekliğinde olup, aralarına ahşap hatıllar yerleştirilerek inşa edilen duvarlardır (Şekil 4.23) [47, 48].



Şekil 4.23. Kagir duvar [37] b) Kagir duvar ev [48]

2. Endüstriyel Ahşap Yapım Sistemleri

2.1. Endüstriyel Ahşap Ürünler

Doğal ahşap, canlı bir varlık olan ağaçtan elde edilir. Ahşap; işlemesi kolay, yenilenebilir ve mukavemeti yüksek bir yapı malzemesidir [83]. Endüstriyel ahşap; kereste, yonga, lif, talaş ve levha gibi ahşap parçalarının, fabrika ortamında çeşitli yapıştırıcı ve bağlayıcı maddelerle birleştirilerek basınçla sıkıştırılması sonucunda oluşan homojen ve izotrop özelliğe sahip ürünlerdir. Doğal ahşabın anizotrop ve heterojen yapısından etkilenen mekanik ve teknolojik özellikler, endüstriyel ahşap ürünlerde güçlendirilmiştir [29].

Endüstriyel ahşap ürünler; dayanımlarının yüksek olması, geri dönüştürülebilir özellikleri, atık ahşapların kullanılabilmesi, ucuz olması, boyutlarının çeşitlenmesi ve kullanım ömrünün uzaması bakımından çevreye uyumlu özellikleri nedeniyle yapı sektöründe önemi günden güne artmaktadır [29]. Sürdürülebilir kalkınma ve iklim değişikliğini azaltma stratejileri kapsamında endüstriyel ahşap ürünler çevreye uyumlu bir malzeme olarak görülmektedir ve hükümetler tarafından kullanımı teşvik edilmektedir [49]. Endüstriyel ahşap ürünler; ahşabın yapı fiziği özelliklerinin iyileştirilmesi, kaynakların etkin kullanılması, ileri düzeyde ön yapımlı üretime olanak sağlaması ve yapı üretimi süresini kısaltması şeklinde pek çok yarar sağlamaktadır[50]. Bunların yanı sıra endüstriyel ahşap ürünler; istenen formda yapı elemanı üretilmesine, geniş açıklık geçilmesi ve yüksek katlı yapıların üretilmesine olanak tanımaktadır.

Endüstriyel ahşap ürünler, doğal ahşabın çeşitli işlem adımlarından geçirilmesiyle üretilmektedir. Endüstriyel ahşap üretiminde gerçekleştirilen laminasyon işlemiyle; kurutma, dayanım sınıfı belirleme, uç birleştirme yöntemiyle boyut uzatma, planyalama ve tutkal ile yapıştırma, presleme, emprenye ve yeniden planyalama yapılır [51] [52]. Üretilen yapı elemanında proje dikkate alınarak kapı, pencere ve tesisat boşlukları açılır ve bağlantı elemanları eklenerek son ürün elde edilir. Ürünler, nakliye planı dikkate alınarak sahaya taşınır. Sahada; yapı elemanlarının montajında çivi, vida, civata, dübel, çelik plaka, delikli lama, köşebent ve giriş askısı şeklinde metal bağlantı elemanları kullanılmaktadır. Ahşap teknolojisinin ilerlemesiyle birlikte geliştirilen endüstriyel ahşap yapı ürünleri; GLT(glulam)-Tutkalı Lamine Ahşap, CLT-Çapraz Lamine Ahşap, LVL-Lamine Kaplama Ahşap, LSL-Lamine Şerit Ahşap, PSL- Paralel Şerit Ahşap, OSL-Yönlendirilmiş Şerit Ahşap, NLT- Çivili Lamine Ahşap, DLT-Dübel Lamine Ahşap ve TCC – Ahşap Beton Kompozit şeklinde sıralanabilir (Şekil 4.24).



Şekil 4.24. Endüstriyel ahşap ürünleri [53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61]

Tutkallı lamine ahşap (GLT), yapıştırma yöntemiyle oluşturulan en eski ahşap ürünlerden biridir [76]. GLT üretiminde genellikle Douglas göknarı, ladin, karaçam ve göknar türü ağaçlar kullanılmaktadır [52]. GLT üretiminde keresteler; düz birleştirme, pahlı birleştirme ve kama dişli birleştirme şeklindeki yöntemlerle bir araya getirilerek istenen boyutlarda üretilebilir fakat bu boyutların sınırlarını üretim tesisinin fiziksel koşulları ve nakliye sistemi belirler [51, 62]. GLT üretiminde, ahşap tabakalardaki eğimli lifler ve budak kusurları dikkate alındığı için ürünün dayanımı artmaktadır [63]. GLT eğri yüzey oluşturma potansiyeli sunarken [51] aynı zamanda büyük boyutlu üretim ile geniş açıklık geçme imkanı verir.

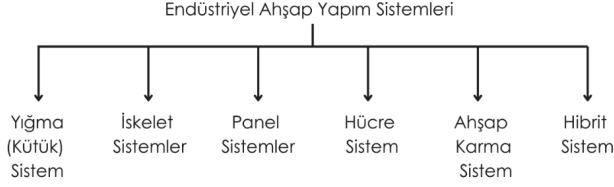
Avustralya Ahşap Geliştirme Derneği'ne göre; CLT üretimi 3, 5, 7, 9 veya daha fazla sayıda ahşap katmanın lif yönleri birbirine dik olacak şekilde üst üste yerleştirilmesi ve formaldehit bulunmayan tutkallarla birleşiminden oluşan bir yapısal ahşap paneldir [64]. CLT üretiminde, genellikle pieca, çam ve abies isimli köknar ağaç türleri kullanılmaktadır [65]. CLT paneller; yapıda duvar, döşeme, çatı ve merdiven panelleri olarak kullanılırlar. Bu panellerin boyutları; yapı elemanının kullanım amacına, taşıyıcı sisteme ve geçilen açıklığa bağlı olarak farklılık göstermektedir [66]. CLT paneller, bağlantı elemanları yerleştirilmiş ve boşluklar açılmış bir şekilde sahaya geldiği için hava koşullarından bağımsız üretimi ve inşaat süresinin kısalmasını sağlar [67].

NLT, ahşap tabakaların yan yana çivi ile tutturulmasıyla üretilir [68]. NLT ürünlerde tabakaları bağlayan çiviler, en az iki tabakayı geçip üçüncü tabakanın yarısına ulaşacak uzunlukta olmalıdır [69]. DLT, aynı yönde kılıcına dizilmiş ahşap tabakaların kavelalar kullanılarak birleştirilmesiyle üretilir. DLT, tutkal ve çivi bulunmayan tümü ahşap olan tek endüstriyel ahşap üründür [7]. DLT ürünlerde, yapıştırıcı ve metal bağlantı elemanı bulunmaması geri dönüşürülme ve yeniden kullanım potansiyelini artırır. Yapısal kompozit kereste (SCL), tabaka halinde olmayan küçük ahşap parçalarının yapıştırılmasıyla bir oluşturulan yapı ürünleri için kullanılan genel bir terimdir [68]. Yapısal kompozit kerestenin LVL, LSL, PSL ve OSL şeklinde çeşitleri bulunmaktadır.

Ahşap-beton kompozit (TCC) ise, daha iyi performans özelliklerinin oluşturmak için ahşap ve beton malzemenin birlikte kullanılarak oluşturulduğu bir yapı ürünüdür. Ahşap ve beton kompoziti oluştururken, NLT ve CLT gibi masif ahşap panel ya da kiriş ile GLT, LVL ve PSL kullanılabilir [70]. Oluşturulan yapı elemanları daha iyi bir mukavemet, akustik ve termal özellik oluşturmalarının yanı sıra yangına karşı da daha iyi bir direnç göstermektedir.

2.2.Endüstriyel Ahşap Yapım Sistemleri

Yılmaz Karaman'a göre ahşap konut üretiminde boyutsallık dikkate alındığında; yapım sistemlerini tek boyutlu (iskelet sistemler), iki boyutlu (panel sistemler) ve üç boyutlu (hücre sistemler) sistemler ile birlikte yığma sistem şeklinde dört gruba ayrılmaktadır [71]. Bu dört yapım sistemiyle birlikte, en az iki farklı ahşap yapım sistemiyle oluşturulan ahşap karma sistem ve farklı yapı malzemelerinin bir arada kullanıldığı hibrit sistem de ele alınmaktadır (Şekil 4.25).



Şekil 4.25. Endüstriyel ahşap yapım sistemleri çeşitleri

2.2.1. Yığma (Kütük) Sistem

Ahşap yığma sistemler, ahşap elemanların duvar oluşturacak şekilde üst üste yerleştirilmesiyle oluşmaktadır. Yığma sistem, geleneksel ahşap yapım sisteminde sıklıkla kullanılan bir sistem olmasına karşın tutkallı lamine ahşap (GLT) ile de yığma sistemlerle yapı inşa edilmektedir (Şekil 4.26). Tutkallı lamine ahşapların birleşim detayları fabrika ortamında hazırlanarak sahaya getirilmektedir [71].



Şekil 4.26. Tutkallı lamine ahşap ile üretilen konut, Pembe Köşk, Çatalca [72]

2.2.2. İskelet Sistemler

İskelet sistemlerde taşıyıcı sistem, kolon ve kiriş şeklindeki çizgisel elemanlardan oluşmaktadır. Bu sistemde; döşemeler kendi yüklerini ve üzerine gelen yükleri taşıırken, duvarlar genellikle taşıyıcı özellikte değildir [71]. İskelet sistemler; balon çerçeve sistem, platform çerçeve sistem ve ahşap kolon kiriş sistem şeklinde üç grupta incelenmektedir.

2.2.2.1. Ahşap Kolon Kiriş Sistemi

Kolon kiriş sistemlerde yapıdaki yük geçişi kolon ve kiriş aracılığıyla gerçekleşmektedir ve temel sistemine aktarılmaktadır. Kolon kiriş sistemle yüksek katlı ahşap yapımında daha iyi mukavemet sağlayan lamine ahşap kullanılmaktadır [44]. Kolon kiriş sistemler, geniş açıklıklara izin verdiği için diğer yapı sistemlerine göre iç mekanda daha esnek tasarımların yapılmasına olanak tanımaktadır [27]. Kolon kiriş sistemi tamamlandıktan sonra duvarlar ahşap paneller, alçı levha veya kontrplak vb. malzemelerle doldurulmaktadır [73]. Kolon kiriş sistemlerde, kolon ve kirişin birleşim yöntemleri parça sayısı ve bağlantı biçimlerine göre; dikme üstü kiriş (sürekli kiriş sistemi ve kolon bağlantı detayı), düğüm kiriş (yandan bağlamalı sistem), çatal biçiminde geçme sistem) (Şekil 4.27), ayrıncı kiriş (çift kirişli sistem) (Şekil 4.28) ve

ayrık dikme (çoklu kolonla kurulan sistem)(Şekil 4.29) şeklinde beş grupta toplanabilir [71] [50].



Şekil 4.27. Konut binası, Portland, ABD [74]



Şekil 4.28. House That Opens Up to the Sun, Malé Kyšice, Çekya [75]



Şekil 4.29. Party and Public Service Center of Yuanheguan Village, Shiyuan, Çin [76]

2.2.3. Panel Sistemler

Panel sistemler; ahşap dikmelerin kaplanarak üretilmesi ile elde edilen ahşap taşıyıcı panel elemanlar, ahşap levha elemanlar arasına ısı yalıtım malzemesi yerleştirilerek üretilen yapısal yalıtımlı panel (SIP) ve tabakalı ahşap panel sistem olmak üzere üç gruba ayrılabilir [71].

2.2.3.1. Ahşap Taşıyıcı Panel

Ahşap taşıyıcı panel, platform çerçeve sistem kurgusunu devam ettiren panellerin fabrika ortamında üretilmiş şeklidir (Şekil 4.30). Döşeme ve duvar birleşim şekline göre iki türü bulunur. Döşeme paneli, doğrudan duvar panelinin üzerine monte edilebilir ya da duvar panelleri üst üste monte edilerek döşeme panelleri duvar paneline asılır [71].



Şekil 4.30. Ahşap taşıyıcı panel sistem inşası [77]

2.2.3.2.Yapısal Yalıtımlı Panel (SIP)

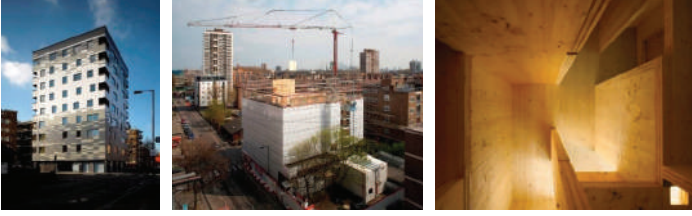
Masif ahşap levhaların arasına polistiren köpük yalıtım malzemesinin yerleştirildiği sistemdir [71]. Bu sistemde polistiren köpük yalıtım ile levha arasına yapıştırıcı püskürtülerek bağlantı sağlanır. Yapısal yalıtımlı paneller kaplamalı ve kaplamasız üretilbilir [89]. Yapısal yalıtımlı paneller fabrika ortamında üretilerek sahaya hazır olarak ulaşır ve hızlıca montajı gerçekleştirilir (Şekil 4.31). Paneller, iyi bir termal performans sağlarlar [71].



Şekil 4.31. Yapısal yalıtımlı panel sistem inşası [78]

2.2.3.3.Tabakalı Ahşap Panel

CLT üretim biçimi ile yüksek dayanım sağladığı için masif panel sistemde en çok tercih edilen ahşap yapı ürünüdür. CLT duvar ve döşeme panelleriyle inşa edilen yapıda CLT paneller taşıyıcı sistemi oluştururken aynı zamanda cepheyi oluşturmaktadır (Şekil 4.32). Döşeme panelleri duvar panellerinin yüklerini, hareketli yükleri ve yatay yükleri duvar panellerine iletirler. Duvar panelleri döşemelerden gelen yükleri ve binanın kendi ağırlığının yüklerini temele iletirler. Panel elemanlarda; fabrika ortamında projeye uygun olarak boyutlandırma, kapı, pencere ve tesisat boşlukları açılması işlemleri gerçekleştirilmektedir. Tamamlanan panellerin boyutu ve inşa sırası dikkate alınarak şantiyeye taşıma planı belirlenir. Panellerin montajı kısa bir yapım sürecinde vinç vb. ekipman yardımıyla gerçekleştirilir. CLT panel ile geçilen açıklık miktarı sınırlı olduğundan genellikle konut yapılarında tercih edilmektedir. CLT paneller tek başına kullanılarak yapıyı oluşturabildiği gibi, farklı yapı elemanlarıyla birlikte karma sistemler oluşturduğu kullanımları da yaygındır [29].



Şekil 4.32. Stadthaus, Londra, İngiltere [79]

2.2.4. Ahşap Hücre Sistem (Ahşap Modüler Konstrüksiyon)

Ahşap hücre sistemde, fabrika ortamında yapı üniteleri hazırlanır ve şantiyeye nakledilir (Şekil 4.33). Şantiyede tamamlanmış olan temelin üzerine yapı ünitelerinin montajı yapılır ve tesisat bağlantıları tamamlanarak kullanıma hazır hale getirilir [73]. Ünitelerin minimum kusur ve kayıpla üretilmesi, üretim ve şantiyedeki montaj süresinin kısa olması, hava koşullarından bağımsız bir şekilde inşasının yapılması hücre sistemin sağladığı avantajlardır [71]. Ahşap hücre sistemde, ünite boyutlarını nakliye koşulları sınırladığı için esnek bir tasarım oluşturulması da kısıtlanmaktadır [73].



Şekil 4.33. Ahşap hücre sistemle genişletilen okul binası, Frankfurt, Almanya [80]

2.2.5. Ahşap Karma Sistem

Bir yapıda, iskelet sistem ve panel sistemin birlikte kullanılması gibi en az iki farklı ahşap yapım sisteminin bir arada kullanılması ile oluşan yapım sistemi karma sistemdir. Karma sistemde kullanılan sistemlerin bağlantıları yeni detay çözümleri gerektirmektedir [31]. International House (Şekil 4.34) yapısında, CLT paneller GLT kolon ve kiriş sistemi birlikte kullanılmıştır.



Şekil 4.34. International House, Sidney, Avustralya [81]

2.2.6. Hibrit Sistem

Hibrit sistem, bir yapıda karma malzeme ile farklı yapım tekniklerinin birlikte kullanılmasıyla oluşan sistemlerdir. Hibrit yapım sisteminde, bir arada kullanılan farklı malzemelerin olumlu özelliklerinden maksimum fayda sağlamak amaçlanmaktadır. Böylece hibrit sistemle, daha ince kesitle daha büyük açıklıklar geçilebilir ve daha esnek mekanlar oluşturulabilir [66]. Farklı malzeme kullanımı, yanıl kuvvete karşı daha yüksek dayanım ve yangına karşı daha iyi bir korumaya sahip yapı üretimine olanak sağlamaktadır. Brock Commons Tallwood House (Şekil 4.35) yapısında; kolonlar GLT ve PSL, şaft ve çekirdek betonarme ve duvarlar panel elemanlarla oluşturulmuştur.



Şekil 4.35. Brock Commons Tallwood House, Vancouver, Kanada [82]

SONUÇLAR

Geleneksel ahşap yapım sistemleri, yerel malzeme kaynaklarına dayalı, zanaatkarlık ve kültürel mirasın korunması açısından büyük önem taşımaktadır. Asya, Avrupa, Anadolu ve Kuzey Amerika gibi farklı bölgelerde incelenen örnekler, bu sistemlerin çevresel sürdürülebilirlik ve enerji verimliliği açısından güçlü yönleri olduğunu göstermiştir. Özellikle, doğal yalıtım malzemeleri ve iklim koşullarına uygun tasarım detayları, bu yapıların enerji etkinliğini artırmıştır.

Öte yandan, endüstriyel ahşap yapım sistemleri, teknolojinin sunduğu yenilikçi yöntemlerle hızlı üretim, modülerlik ve yüksek taşıma kapasitesi gibi avantajlar sağlamaktadır. Prefabrik paneller ve laminasyon gibi teknikler, ahşabın kullanım ömrünü uzatırken karbon ayak izini azaltma potansiyeline sahiptir. Küresel ısınma, sera gazı emisyonlarının artışı ve depremler gibi doğal afetlerin dünya üzerindeki etkisinin giderek daha belirgin hale gelmesi, yapı sektöründe sürdürülebilir ve dayanıklı çözümlere olan ihtiyacı artırmaktadır. Bu bağlamda, ahşap yapılar, yenilenebilir ve sürdürülebilir bir malzeme olarak önemli bir alternatif sunmaktadır. Ahşap, karbon depolama kapasitesi sayesinde atmosfere yayılan sera gazlarının azaltılmasına katkıda bulunurken, doğal esnekliği ve hafifliği sayesinde deprem gibi doğal afetlere karşı da dirençli bir yapı malzemesi olarak öne çıkmaktadır.

Geleneksel ahşap yapım yöntemleri, zanaatkarlık ve yerel bilgi birikimiyle çevresel uyumu birleştirerek enerji verimli ve doğa dostu yapılar üretmiştir. Modern teknolojilerin sunduğu prefabrik elemanlar, lamine ahşap ve çapraz lamine ahşap (CLT) gibi yenilikçi çözümler ise ahşabın kullanım potansiyelini artırmış, taşıma kapasitesini ve dayanıklılığını önemli ölçüde yükseltmiştir. Bu iki yaklaşımın birleşimi olan hibrit sistemler, geleneksel bilgi birikimini modern mühendislik teknikleriyle birleştirerek hem estetik hem de performans açısından üstün yapılar

ortaya koymaktadır. Bu tür hibrit sistemler, çevresel sürdürülebilirliği desteklemekle kalmayıp, aynı zamanda üretim süreçlerinin hızlanmasını ve maliyetlerin düşmesini de sağlamaktadır.

Gelecekte, ahşap yapılar, karbon nötr bir inşaat sektörü hedefi doğrultusunda daha fazla tercih edilebilir hale gelecektir. Ayrıca, bu yapıların doğal afetlere dayanıklılığı, enerji verimliliği ve çevresel avantajları, hem şehirleşme sürecindeki modern ihtiyaçlara hem de kırsal alanlardaki geleneksel mimari değerlerin korunmasına uyum sağlamasıyla geniş bir uygulama alanına sahiptir.

KAYNAKÇA

- [1] Sümerkan, M., R., 1990. Biçimlendiren etkenler açısından Doğu Karadeniz kırsal kesiminde geleneksel evlerin yapı özellikleri, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- [2] Çobancaoğlu, T. (2003). Türkiye'de Geleneksel Ahşap Ev Yapı Sistemlerinin İrdelenerek Gruplandırılmasına Yönelik Bir Değerlendirme. *Tasarım+ Kuram*, 2(3), 27-42.
- [3] Eriç, M., 1978. Yapı Malzemeleri, Cilt II, Kazmaz Matbaası, İstanbul
- [4] Yeomans, D. (2000). Depreme Karşı Ahşap Yapıların Güvenilirliği. İMO İzmir Şubesi Haber Bülteni, (94).
- [5] Eriç, M., "Dünün ve bugünün ahşap ve ahşaptan üretilmiş malzemesinin Türkiye şartları içinde yapıda rasyonel kullanıma imkanlarının araştırılması", Doktora Tezi, İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul, 21, 22-23, 26, 27 (1972).
- [6] Larsen, Knut Einar., Marstein, Nils., "Conservation of historic timber structuresan ecological approach." 2016. http://openarchive.icomos.org/1656/1/Conservation_of_Historic_Timber_Structures-2.pdf, (Erişim Tarihi: 27 Eylül, 2024)
- [7] Bye, Mette, Histories of architectural conservation five case studies on the treatment of Norwegian vernacular heritage buildings circa 1920-1980, Norwegian University of Science and Technology Faculty of Architecture and Fine Art Department of History, Architectural Design and Technology, Doktora Tezi, Trondheim, 681 s, 2010.
- [8] Espedal, Knut Jonas, "From stone to Norwegian wood", *Int. J. Comp. Meth. and Exp. Meas.*, 5 (6): 985-996, 2017.
- [9] Jakhelln, G. (2018). The Stave Churches of Northern Norway-Interpretation and Reconstruction of a Stave Church at Trondenes Museum, Harstad. ICOMOS-Heft des Deutschen Nationalkomitees, 67, 51-61.
- [10] Murphy, GR (2012). Yggdrasil ve Asa Kilisesi. *Mitoloji: JRR Tolkien, CS Lewis, Charles Williams ve Mitopoetik Edebiyat Dergisi*, 31 (1), 2.
- [11] Peters, J. S. (2006). Finnish wooden towns: urban design in wood. https://www.researchgate.net/profile/James-Peters/publication/367009747_Finnish_Wooden_Towns_Urban_Design_in_Wood/links/63bdfc87097c7832caa6edee/Finnish-Wooden-Towns-Urban-Design-in-Wood.pdf, (Erişim Tarihi: 20 Aralık 2024).
- [12] Ilgin, E., & Karjalainen, M. (2022). Massive wood construction in finland: Past, present, and future. In *Wood Industry-Past, Present and Future Outlook*. InTech Open Access Publisher.
- [13] Lehtonen, J., Ilgin, H. E., & Karjalainen, M. (2022). Log Construction Practices and Future Outlook: Perspectives of Finnish Experts. *Forests*, 13(10), 1741.
- [14] Que, Ze-li., Li, Zhe-ru., Zhang, Xiao-lan., Yuan, Zi-ye., Pan, Biao., "Traditional wooden buildings in China." *Wood in Civil Engineering*, Chapter (10):197-221, 2017.

- [15] Linam, J. E. (1999). *Machiya and Transition A Study of Developmental Vernacular Architecture*. Virginia Polytechnic Institute and State University (Doctoral dissertation, Thesis Proposal, Virginia).
- [16] Özcan, U., & Güngör, S. (2019). Geleneksel Türk Evi ile Geleneksel Japon Evi'nin Yapısal Açısından Karşılaştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (16), 646-661.
- [17] Cho, In Souk, "An Overview of Korean wooden architecture. İnternational Conference Of Sustainable Building Asia." 2013. https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB_DC26543.pdf, (Erişim Tarihi: 01 Ekim 2024).
- [18] Tokyay, V. (2017). Mimarlık ve ahşap yapı ilişkileri. Mimarlık Vakfı İktisadi İşletmesi.
- [19] <https://hanok.seoul.go.kr/front/eng/info/infoHanok.do?tab=2>. [20.10.2024].
- [20] Lee, K. (2023). The floor: A reinterpretation of the Korean home, focusing on the ondol. *Space and Culture*, 26(4), 505-521.
- [21] Kim, Y. M. (2014). Monitoring of moisture contents in Korean traditional wooden houses. In *Proceedings of the World Congress on Engineering* (Vol. 2).
- [22] Krzysztofik, Z. (2019). The traditional Korean house hanok as a reflection of the family hierarchy. *Art of the Orient*, 8, 114-136.
- [23] <https://www.thinkwood.com/light-frame-wood-construction>. [10.10.2024].
- [24] <https://www.oldhousefix.com/balloon-framed-houses/>. [22.10.2024].
- [25] Bostancıoğlu, E., & Bırcı, E. D. (2004). Ekoloji ve ahşap: Türkiye'de ahşap malzemenin geleceği. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 9(2), 39-42.
- [26] Yıldırım, Ahmet F., (2009) "Ahşap Platform Çerçeve Sistem", Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Programı, İstanbul.
- [27] Kolb, J., (2008). *Systems in Timber Engineering Loadbearing Structures and Component Layers*. Birkhauser, Almanya.
- [28] Ohanesyan, Serli, D., Ahşap Platform Çerçeve Yapıların Yatay Kuvvetler Karşısındaki Davranışları Ve Alınması Gereken Önlemler. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 244 s, İstanbul, 2012.
- [29] Yesügey, S.C. (2014). Doğal ve Endüstriyel Ahşap Malzemeler. Ahşap malzemeli konut teknolojisi (s. 7-87). Yalın Yayıncılık.
- [30] Palacios González, J. D. (2021). Sistema platform frame: introducció al disseny, càlcul i execució (Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).
- [31] Çaştur, Ş.N., (2021). "Günümüz Mimarisinde Kullanılan Endüstriyel Ahşap Yapı Elemanları Ve Yapı Örneklerinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- [32] Eruzun, C., 1981. Türk Folkloru Araştırmaları, kültür Bakanlığı Millî Folklor Araştırma Dairesi Yayınları, 1981/1, 32.
- [33] Güngör, İ.H., 1961. Ahşap, Cilt I-II, Çelküt Matbaası, İstanbul.
- [34] Hersek, C. M. (2022). Similarities in Wooden Architecture Between Anatolia and Scandinavia. *Gazi University Journal of Science Part B: Art Humanities Design and Planning*, 10(4), 443-455.
- [35] Başkan, S. (2008). Geleneksel Doğu Karadeniz Evleri. *Erdem*, (52), 41-90.

- [36] Tuna, C. (2008). *Orta Karadeniz Bölgesi Sahil Kesiminde Geleneksel Mimari*. Arkeoloji ve Sanat Yayınları.
- [37] Zorlu, T., & Faiz, S. (2012). Ekolojik Mimarlık: Doğu Karadeniz Kırsal Konutu. *Mimarlık Dergisi*, 367, 56-60.
- [38] Kalfagil, M. Geleneksel konutlarda ahşap yapı konstrüksiyonları Ankara Erzurum Mahallesi örneği (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü) (1987).
- [39] AKSOY, D., & Ahunbay, Z. (2010). Geleneksel ahşap iskeletli Türk Konutu? nun deprem davranışları. *İTÜ Dergisi/a*, 4(1).
- [40] Keles, C., Rios, F. C., & Hoque, S. (2024, June). Analyzing the environmental impact of conventional wooden and modern reinforced concrete construction systems. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 1363, No. 1, p. 012095). IOP Publishing.
- [41] Erman, E. (2000). Bir ahşap yapı kültürünün yokoluşu: Gölyaka. *ODTÜ Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 20(1-2), 57-76. <https://doi.org/10.55533/51066>
- [42] Sümerkan, M. Reşat (1993), "Doğu Karadeniz Köy Evlerinde Yapı Malzeme ve Konstrüksiyonların Dağılımı", 5. Uluslararası Yapı-Yaşam Kongresi, Mimarlar Odası Bursa Şubesi, 4-9 Mayıs Bursa.
- [43] Sümerkan, M. R. (2008). Doğu Karadeniz'de Geleneksel Yapı Kültürümüzün Açık Hava Müzesi Fındıklı Köy Evleri. *Rize'de Fındıklı ve Güneysu Kırsal Mimarisi, İstanbul: Umut Basım*.
- [44] Şenol, P., & Akan, A. E. (2011). Kırsal yaşam/kırsal konut: bir yaşam biçimi olarak geleneksel kırsal konut üretiminde Kızılçık Köyü Örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 2011 (24), 143-160.
- [45] Başkan, S. (2008). Artvin halk yapı sanatı. *Vakıflar Dergisi*, 31, 71-140.
- [46] Aşanlı, M. (2021). *Geleneksel yapı teknikleri: doğal ve ekolojik yapı rehberi* (Vol. 33). Yeni İnsan Yayınevi.
- [47] Perker, Z. S. (2012). Sistem yaklaşımı bağlamında bir girdi ve sistem olarak. *Engineering Sciences*, 7(2), 554-571.
- [48] Çolakoğlu, F. A., & Karakuş, Ö. (2021). Uşak Çardak Köyü Geleneksel Evlerinin Mimari Özellikleri. *TÜBA-KED Türkiye Bilimler Akademisi Kültür Envanteri Dergisi*, (24), 23-46.
- [49] Gong, M. (2019). Lumber-Based Mass Timber Products in Construction. *Timber Buildings and Sustainability*, Intech Open.
- [50] Avlar, E., (2002). Ahşap Çerçeve Yapıların Strüktürel Tasarımı . Deprem Bölgelerinde Yapı Üretimi Sempozyumu (pp.113-130). İstanbul, Turkey
- [51] Stark, Nicole M., Cai, Zhiyong. & Charles Carll.(2010). Wood-Based Composite Materials Panel Products, Glued-Laminated Timber, Structural Composite Lumber, and Wood-Nonwood Composites
- [52] Coşkun, B., & Yardımlı, S. (2022). Endüstriyel Ahşap Malzemenin Yapıda Kullanımı: Cambridge Merkez Camisi. *KAPU Trakya Mimarlık Ve Tasarım Dergisi*, 2(1), 20-34.
- [53] <https://masstimbervservices.com/products/ct/>. [09.12.2024].
- [54] <https://www.tilling.com.au/product/smartlam-gl17/#gallery-4>. [09.12.2024].
- [55] LVL, <https://www.pollmeier.com/spruce-lvl/>. [09.12.2024].

- [56] https://materialarchiv.ch/de/ma:material_8983c90a-1c6c-4aa1-8789-fd25fbd44958?type=all&n=Grundlagen. [09.12.2024].
- [57] <https://www.fastepp.com/concept-lab/material/parallel-strand-lumber-psl-3/>. [09.12.2024].
- [58] <https://cwc.ca/en/how-to-build-with-wood/wood-products/structural-composite/oriented-strand-lumber/>. [09.12.2024].
- [59] <https://www.thinkwood.com/mass-timber/nail-laminated-timber-ntl>. [09.12.2024].
- [60] <https://treesource.org/wp-content/uploads/2017/05/dowel-laminated-timber.jpg>. [09.12.2024].
- [61] <https://www.holzbauaustria.at/technik/2023/05/holz-beton-verbunddecken---ein-system-mit-zukunft.html>. [09.12.2024].
- [62] Karayılmazlar, S., Çabuk, Y., Atmaca, A., Aşkın, A. (2007). Orman Ürünleri Endüstrisinde Laminasyon Tekniği Ve Önemi. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 9(11), 78-86.
- [63] Hermawan, A., Mohamad Amiri, M.H., Abu Bakar, M.B. ve Mohd Zainal, M.Z. (2023). Performance of glued laminated timber (glulam) made from kelempayan wood with different lamina assembly patterns and adhesive spread rates, *Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Series II: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering*, 16(65), 51-62. <https://doi.org/10.31926/but.fwiafe.2023.16.65.1.4>
- [64] Tandoğan Kibar, G., & Lakot Alemdağ, E., (2023). Strength of connection profiles used in cross-laminated timber walls under seismic load. *Journal of Structural Engineering & Applied Mechanics (Online)* , vol.6, no.1, 45-59.
- [65] Artun, H., & Lakot Alemdağ, E. (2023). The Effect Of Cross-Laminated Timber (Clt) Material On Building Heating-Cooling Loads In A Temperate Humid Climate Zone. *Gazi University Journal of Science Part B: Art Humanities Design and Planning*, 11(1), 47-60.
- [66] Yürekli, D., & Yılmaz Karaman, Ö., (2023). Analysis of Multi-Storey Residential Buildings with Clt Panel in Context Of Construction And Environmental Conditions. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Ve Mimarlık Fakültesi Dergisi (online)* , vol.31, no.3, 760-774.
- [67] Harte, A. M. (2017). Mass timber – the emergence of a modern construction material. *Journal of Structural Integrity and Maintenance*, 2(3), 121–132. <https://doi.org/10.1080/24705314.2017.1354156>
- [68] Abed, J., Rayburg, S., Rodwell, J., & Neave, M. (2022). A Review of the Performance and Benefits of Mass Timber as an Alternative to Concrete and Steel for Improving the Sustainability of Structures. *Sustainability*, 14(9), 5570. <https://doi.org/10.3390/su14095570>
- [69] Özşahin, B. (2022, 5 – 7 Haziran). Ahşap yüksek yapılar [Bildiri sunumu]. International Online Conferences on Engineering and Natural Sciences (IOCENS'21), Gümüşhane.
- [70] Avlar, E., (2022). Çağdaş Yapı Üretiminde Kullanılan Yapısal Ahşap Ürünler. *Mimarlıkta Malzeme* (pp.291-321), Lyon: Livre De Lyon.
- [71] Yılmaz Karaman, Ö. (2014). Ahşap yapılarda taşıyıcı sistem özellikleri. *Ahşap Malzemeli Konut Teknolojisi* (s. 89–140). Yalın Yayıncılık.
- [72] <https://www.ser-wood.com/kopyasi-catalca-1> [15.12.2024].
- [73] Ayaz, C., (2011). "Çok Katlı Sürdürülebilir Yapı Tasarımında Ahşabın Strüktürel Olarak Kullanım Olanakları ve Dünyadaki Örnek Uygulamalar", Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [74] <https://www.archdaily.com/872219/path-architectures-catalytic-condominium-in-portland-is-the-tallest-timber-building-in-the-us> [23.12.2024].

- [75] <https://www.metalocus.es/en/news/house-opens-sun-stempel-tesar-architekti> [02.12.2024].
- [76] https://www.archdaily.com/934732/party-and-public-service-center-of-yuanheguan-village-luo-studio?ad_medium=gallery [02.12.2024].
- [77] <http://www.structurebois.net/domaine.php> [23.12.2024].
- [78] <https://www.sipeurope.eu/en/se-sip-construction-system/using-sip-system/sip-panel-buildings/> [23.12.2024].
- [79] <https://archello.com/project/stadthaus> [02.12.2024].
- [80] <https://www.dach-holzbau.de/artikel/schule-mit-holzmodulen-erweitert-3409397.html> [23.12.2024].
- [81] <https://www.archdaily.com/871807/international-house-tzannes> [02.12.2024].
- [82] <https://www.archdaily.com/879625/inside-vancouvers-brock-commons-the-worlds-tallest-timber-structured-building> [02.12.2024].
- [83] Hegger, M., Drexler, H. ve Zeumer, M., 2022. Adım Adım Yapı Malzemeleri, Çev.: Volkan Atmaca, 4. Baskı, YEM Yayın., İstanbul.
- [84] <https://shojjarchitecture.wordpress.com/2020/11/12/minka-evleri/> [20.11.2024].
- [85] <https://worldarchitecture.org/architecture-news/efpgn/kooo-architects-renovates-traditional-japanese-machiya-house-with-light-interiors-in-kyoto-japan.html> [20.11.2024].
- [86] <https://www.costantinilegno.it/chi-siamo/tecnologia-balloon-frame-platform-frame/> [16.11.2024].
- [87] Karaman, Ö. Y., & Zeren, M. T. (2010). Geleneksel Türk Konutunda Kullanılan Ve Kargir Sistemi Destekleyen Ahşap Yapısal Elemanların Önemi Ve Bozulma Nedenleri. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 12(2), 75-87.
- [88] Alemdağ, E. L., Şahin, B., & Akkan, A. Geleneksel Konutların Restorasyon Sürecinde Enerji Etkin İyileştirilmesi: Trabzon Evi Örneği. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 13(1), 202-222.
- [89] Akkan, A., & Vural, N. (2022). Thermal, Sound and Fire Performance Properties of Prefabricated Facade Panels with Massive, Sandwich and Frame Design Concepts. *Journal of Architectural Sciences and Applications*, 7(1), 464-481. <https://doi.org/10.30785/mbud.1071851>.

YAZAR ÖZGEÇMİŞİ

Gülten TANDOĞAN KİBAR, Y.Mimar

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Proje Üretim Merkezi

guljentandogan@ktu.edu.tr

1994 yılında Trabzon'da doğdu. 2016 yılında Avrasya Üniversitesi Mimarlık Bölümü'nden mezun oldu. Aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi (KTÜ) Proje Üretim Merkezi'nde çalışma hayatına başladı. 2021 yılında Avrasya Üniversitesi Mimarlık Bölümü Yüksek lisans programında "Çapraz Lamine Ahşap Duvarlar ile Temel Bağlantısında Kullanılan Profillerin Tasarımı" adlı tezini tamamlayarak 'Yüksek Mimar' ünvanını aldı. Endüstriyel ahşap yapılar ve bu yapıların deprem performansı üzerine akademik çalışmalar yapan Tandoğan Kibar halen KTÜ Proje Üretim Merkezi'nde görevine devam etmektedir.

Nilay AYKAN, Araştırma Görevlisi

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık, Rize, Türkiye

nilay.aykan@erdogan.edu.tr

1994 yılında Erzincan'da doğdu. 2018 yılında Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'nde mezun oldu. Mimarlık ofisinde bir süre çalışarak ofis deneyimi edindi. 2019 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'nde Yapı programında yüksek lisansa başladı ve 2022 yılında tamamladı. Aynı yıl Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü Yapı Bilgisi ana bilim dalında araştırma görevlisi kadrosunda çalışmaya başladı. Halen aynı bölümde öğretim elemanı olarak çalışmaya devam etmektedir.

5. Bölüm

ÇOK KATLI AHŞAP YAPILAR: ÇAĞDAŞ YAKLAŞIMLAR

Seda Nur ALKAN^{a*}

^a İstanbul Medipol Üniversitesi, Güzel Sanatlar Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, İstanbul, Türkiye, 0000-0002-3482-5348

* alkan.sedanur@gmail.com

SUMMARY

In the development process of 21st century cities, it is observed that multi-storey buildings are dominated city centers. As the primary preferred materials for multi-storey buildings, concrete and steel, and their negative effects are the current discussion topics of sustainability and energy efficiency in terms of lifecycle assessment (LCA), energy consumption and recycle processes of materials. The worldwide effects of environmental problems such as the rapid depletion of natural resources and global warming, have made environmentally sensitive and contemporary solutions in architecture a crucial issue. With the possibilities of developing technology, wood has been a good alternative for material of multi-storey buildings instead of concrete and steel. As a result, the use of wood as an ecological material for multi-storey buildings has become an important phase considering sustainable architectural solutions. Within the scope of this study, the development and design approaches of multi-storey timber buildings are explained and current research and discussion topics on multi-storey timber buildings are evaluated by analyzing 5 selected examples.

Keyword: Multi-storey timber buildings, industrial wood, sustainability, energy efficiency.

Giriş

Doğal kaynakların hızla tükenmesi ve küresel ısınma gibi dünya çapında etkileri görülen çevre sorunları, çevreye duyarlı ve çağdaş mimari çözümlerin üretilmesini bir zorunluluk haline getirmiştir. Gelişen teknolojinin sunduğu olanaklar ile ahşap, beton ve çeliğe kıyasla iyi bir alternatif olarak değerlendirilmektedir. Bu yaklaşımla birlikte, ekolojik bir malzeme olan ahşabın çok katlı yapılarda kullanımı; sürdürülebilir mimari çözümler için önemli bir eşik olmuştur. Bu çalışmada kapsamında, çok katlı ahşap yapıların gelişimi ve tasarım yaklaşımları değerlendirilerek; güncel araştırma ve tartışma konuları ele alınacaktır.

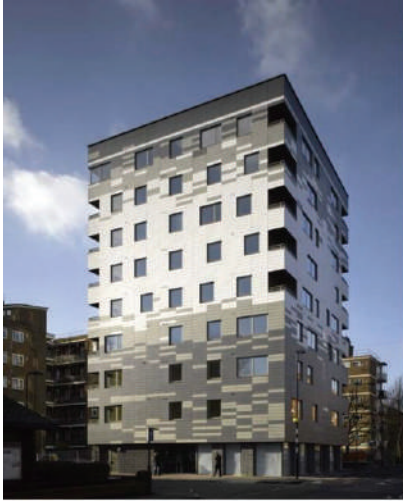
Çok katlı ahşap yapılar üzerine, başlangıçtan itibaren süregelen kritik tartışma konularını üç başlık altında toplamak mümkündür. Bunların başında, çok katlı ahşap bir yapının ahşap malzeme ile inşa edilebilirliğinin değerlendirilmesi gelmektedir. En eski yapı malzemelerinden olan ahşap, dünyada farklı ülkelerde geleneksel mimarlık örneklerinde kullanılmış olsa dahi bu yapılar çoğunlukla yerel mimarlık örneklerini temsil eden az katlı ve doğal ahşabın özelliklerine göre inşa edilmişlerdir. Bu tür yapılar, malzemenin sağladığı olanakları görebilmek açısından önemli olsa da çok katlı bir yapının inşası için gerekli veriyi sağlamakta yetersiz kalmıştır. Bu noktada endüstriyel ahşap malzeme, çok katlı yapıların inşa edilebilirliğini mümkün kılmıştır. İkinci olarak ise, endüstriyel ahşabın çok katlı ahşap yapıları inşa edilebilir yapması; bu malzemenin sınırlarının keşfedilmesi ile ilgili merakı arttırmış ve "daha yüksek yapılabilir mi?" sorusu her daim güncelliğini koruyagelmıştır. Son olarak ise, doğal kaynakların azalması ve iklim değişikliği etkilerinin küresel ölçekte görüldüğü günümüzde ekolojik bir malzeme olan ahşap ile inşa edilen çok katlı yapıların sürdürülebilirlik ve enerji etkinlikleri, temel araştırma ve tartışma konularındandır.

21. yüzyıl kentleri; iklim değişikliği, küresel ısınma ve doğal kaynakların tükenme tehlikesi gibi tüm dünyada etkilerinin yaşandığı önemli ve kritik sorunlar ile karşı karşıya kalmaktadır. Hızlı kentleşmenin sonuçlarından biri olan kentlerdeki nüfusun artması ve barınmanın öncelikli çözümlenmesi gereken bir ihtiyaç olarak ortaya çıkması, kentlerde çok katlı yapıların tercih edilme nedenleri arasındadır. Teknolojik gelişmelerin kentlerin çehresini hızla değiştirmesi ile beton ve çeliğin çok katlı yapıların inşa edilmesine imkan sunduğu sürecin etkileri, günümüzde sürdürülebilirlik başlığı altında pek çok konunun kentler için tartışıldığı noktaya varmıştır. Çok katlı ahşap yapılar, gelinen bu noktada ekolojik bir malzeme ile çözüm üretmesi nedeniyle sürdürülebilirlik tartışmalarına olumlu bir öneri sunmaktadır. Beton ve çelik, üretim ve inşa süreçlerinde harcanılan enerji ve karbon salınımı faktörleri değerlendirildiğine çevreye olumsuz etkileriyle dikkat çekmektedir. Ahşap ise; üretim kaynağı, oksijen ve doğal yaşam alanları sunan ormanlar olan, kullanım sürecinde karbon depolayabilen çevre dostu bir malzemedir. Malzemeler arasındaki bu temel ayrışma, günümüz dünyasının çevre dostu ve sürdürülebilir mimari çözümlere olan gereksinimi nedeniyle ahşap yapı malzemesinin tercih edilmesi ve geliştirilmesini önceliklendirmektedir. İnsanın barınma ihtiyacına çözüm üretmek için kullandığı ilk yapı malzemelerinden olan ahşabın farklı şekillerde kullanımına özellikle geleneksel mimari örneklerde sıkça rastlanmaktadır. Teknolojinin gelişmesi, ahşap üzerine yapılan çalışmalara da hız kazandırmıştır. Ahşabın çok katlı yapılarda kullanılabilirliğinin ve sürdürülebilirlik açısından sağladığı olumlu etkileri de göz önünde bulundurulduğunda, bu alanda yapılan çalışmaların sayılarının gün geçtikçe arttığı görülmektedir. Endüstriyel ahşap ve çok katlı ahşap yapım sistemlerinin ön yapımlı üretilmesi, uygulama ve montajının az sayıda ekip ve ekipmanla yapılabilir olması, üretim ve inşa sürecinde daha az enerji harcanması; ABD, Kanada ve birçok Avrupa ülkesi için cazip bir seçenek olmuştur. Kanada'da konut ve eğitim yapılarının %90'ı, Japonya'da %42'si ve ABD'de konutların %92'si ahşap taşıyıcı sistem olarak inşa edilmişlerdir[1]. Bu alanda, geleneksel yapı ve malzeme bilgileri ile teknolojinin sunduğu olanaklar biraraya getirilerek yenilikçi ve sürdürülebilir tasarımlar için çalışmalar yürütülmekte; yatırımlar yapılarak AR-GE çalışmaları desteklenmektedir.

Çok katlı yapılar için yükseklik önemli kriterlerin başında yer almaktadır. Hem mimarlar hem de işverenler daha yüksek yapı inşa edebilmek için farklı çözüm arayışlarını uzun yıllardır sürdürmektedir. Yüksek bina tanımını, bağlam ve yapının narinlik katsayısından bağımsız olarak değerlendirmek gerekse de genel bir ifade ortaya koymak ihtiyacı da açıktır. Council on Tall Buildings and Urban Habitat (CTBUH) tarafından yüksek yapı, 14 ve üzeri veya 50 metreden daha yüksek olarak tanımlanmıştır [2]. CTBUH tarafından belirlenen listede, en yüksek 100 bina arasında ahşap bir yapı günümüzde yer almamaktadır.

Japonya'nın ilk UNESCO Dünya Mirası Alanında yer alan, Horyuji Tapınağı, Japonya'nın Nara kentinde bulunan, deprem ve yağış gibi çevresel etkilere rağmen bin yılı aşkın süredir ayakta kalabilen dünyanın en eski ahşap yapısı olarak bilinmektedir. Alexandre Vallauray tarafından tasarlanan Büyükkada Rum Yetimhanesi, 1898-1900 yılları arasında İstanbul Büyükkada'da inşa edilmiştir. 5 ila 6 kat olarak bazı bölümlerinde farklılaşan Büyükkada Rum Yetimhanesi, Avrupa'nın ilk çok katlı ahşap yapısıdır. Yapı, 100 metre uzunluğunda, 32 metre genişliğinde ve 24 metre yüksekliğinde; tavan yükseklikleri 2,60 ile 7,30 metre, bina açıklıkları ise 3,5 ile 9,0 metre arasındadır [3].

Endüstriyel ahşabın yapılarda yaygın kullanımına kadar geçen dönemde ahşabın belirlediği sınırlar çerçevesinde ahşap iskelet yapıların çeşitli örnekleri görülmektedir. 19 ve 20.yüzyıllarda kentlerin formlarının gelişmesinde etkin rol oynayan çok katlı yapılar için beton ve çeliğin sunduğu olanaklar ve özellikle yaşanan büyük yangınların da etkisiyle ahşap yerine beton ve çelik tercih edilmiştir. Günümüzde de beton ve çeliğin gelişmekte olan ülkelerde yaygın kullanımına rağmen, özellikle gelişmiş ülkelerde ahşabın çok katlı yapılar için tercih edildiği proje sayılarında artış görülmektedir. 2008 ve 2016 yılları arasında, endüstriyel ahşap kullanılan binaların yüksekliği, Londra'daki 9 katlı "Stadthaus" binasından Vancouver'daki 17 katlı "Tallwood at Brock Commons" binasına kadar artmıştır [4]. Stadthaus 29 metre yüksekliğinde, Tallwood at Brock Commons 57,9 metre yüksekliğindedir (Şekil 5.1).



Stadthaus



Tallwood at Brock Commons

Şekil 5.1. Stadthaus ve Tallwood at Brock Commons Binaları [5]

1. Çok Katlı Ahşap Yapılar: Yapım Sistemleri

Selüloz, linyin ve pektin maddelerinden oluşan lifli, homojen ve anizotrop bir yapıya sahip ahşap; organik esaslı doğal bir yapı malzemesidir. Doğal bir ürün olmasına bağlı olarak budaklar, eğik lifler, yarıklar gibi kusurları bulunmaktadır [6]. Yanı sıra, doğal ahşap; rutubet, sıcaklık gibi atmosferik şartlardan doğrudan etkilenen, mikroorganizmalar ve yangına karşı önlemler alınması gereken bir malzemedir. Bu kusurlarına ek olarak, üretim kaynağının az olması, boyutlarının geniş açıklık geçmeye elverişli olmaması vb. özellikleri ahşabın geliştirilmesi gerekliliğine yol açmıştır. Doğal ahşap malzeme ile ağaç boyutlarına göre maksimum 5 metre açıklık geçilebilirken, kutu kesitli ve tutkallı lamine kirişlerle 80 metreye kadar açıklık geçilebilmektedir [7]. Endüstriyel ahşap; fabrika ortamında kereste, levha, yonga, lif, talaş vb. ahşap malzemenin yapıştırıcı ve bağlayıcı maddeler gibi kimyasal içerecekler ile farklı biçimlerde biraraya getirilmesiyle elde edilen homojen ve izotrop malzemedir [8]. Endüstriyel ahşap, teknolojinin sunduğu imkanlar çerçevesinde malzeme özelliklerinin geliştirilmesi ile masif ahşabın dezavantajlarının azaltılarak kullanım olanaklarının artırıldığı çözümler sunmaktadır. Yanı sıra, endüstriyel ahşap üretiminde ahşap atıkların kullanımı; orman kaynaklarının verimli kullanılmasını sağlaması nedeniyle masif ahşap ile kıyaslandığında avantajlı özelliklere sahiptir. Endüstriyel ahşap; Yapıştırılmış Lamine Ahşap "Glued Laminated Timber (GLULAM)", Çapraz Lamine Ahşap "Cross Laminated Timber (CLT)", Yapısal Kompozit Ahşap "Structural Composite Lumber (SCL)", Lamine Kaplama Ahşap "Laminated Veneer Lumber (LVL)", Paralel Yonga Ahşap "Parallel Strand Lumber (PSL)", Yönlendirilmiş Yonga Ahşap "Oriented Strand Lumber (OSL)", Lamine Yonga Ahşap "Laminated Strand Lumber (LSL)", Ahşap Beton Kompozit "Timber Concrete Composite (TCC)" olarak sınıflandırılabilir [9]. Endüstriyel ahşap; ön yapım teknolojisinin avantajlarını taşımanın yanı sıra, betonarme, çelik vb. başka yapı elemanlarının ahşap yapı elemanlarla birlikte kullanılmasını sağlamıştır [10].

Glulam, kurutulmuş ahşap parçalarının lif yönleri birbirine paralel olacak şekilde üst üste getirilip tutkallanarak presleme işlemine tabii tutulmasıyla elde edilmektedir. Çok katlı ve büyük açıklıklı yapılarda kolon, kiriş, makas, kemer gibi yapısal eleman tasarımında glulam kullanılabilir [11]. Douglas göknarı, karaçam, ladin, göknar türü ağaçlar glulam için tercih edilen türlerdendir [12].

Çapraz lamine ahşap (CLT), her tabaka yönünün 90°'lik açıyla lif yönleri birbirine zıt olarak birleştirilmesi sonucunda üretilen çok katmanlı taşıyıcı ya da taşıyıcı olmayan malzemedir. CLT; karaçam, ladin ve göknar gibi ağaç türlerinden üretilmektedir [12]. CLT ile bir binanın yapısal elemanları, başka bir malzemeye kullanılmadan ile inşa edilebilmektedir [11]. Kiriş tasarımında yaygın olarak glulam kullanılırken; merdiven boşlukları, yapısal zemin, çatı ve duvar elemanlarında CLT kullanımı uygun görülmektedir [13].

Yapısal kompozit ahşap (SCL), "The Engineered Wood Association (APA)" tarafından, lamine kaplama ahşap (LVL), paralel yonga ahşap (PSL), lamine yonga ahşap (LSL) ve yönlendirilmiş yonga ahşap (OSL) ürünleri kapsayan, tabakanın kurutulması ve derecelendirilmesiyle oluşturulan endüstriyel ahşap ürünleri ailesi olarak tanımlanmaktadır [14].

Ahşap kaplamaların poliüretan reçine yapıştırıcılar kullanılarak lamine edilmesiyle üretilen endüstriyel ahşap, LVL olarak isimlendirilmektedir. LVL; çoğunlukla kolon, kiriş ve kafes gibi yapı elemanlarında; LVL başlıklı ve ağ bağlantılı I kirişler, düz ve eğimli çatı ve döşemelerde kullanılabilir [13].

Yüksek mukavemetli yapısal kompozit ahşap (SCL) ürünü olan paralel yonga ahşap (PSL), dar şeritler olarak kesilen ve tane yönü esas alınarak elemanın uzunluğuna paralel olarak basınç altında tutkalla yapıştırılan kaplama şeritlerinden üretilen endüstriyel ahşap üründür [14].

Uzunluk-kalınlık oranı yüksek olan ince ahşap şeritlerden üretilen yönlendirilmiş yonga ahşap (OSL), lamine yonga ahşap LSL ile benzerlik göstermektedir. Buradaki farklılık, LSL'de kullanılan şeritlerin en boy oranının OSL'den daha fazla olmasıdır.

Ahşap ve beton bileşenler arasında yapısal bir bağlantı ile üretilen ahşap beton kompozit (TCC), malzeme performansını artırarak malzemenin sağladığı olanakları genişletmektedir.

Endüstriyel ahşap ürünlerin ağaçtan tek parça olarak elde edilen ahşabın boyutundan daha büyük boyutta ve istenen formda yapı elemanı üretilebilmesi, malzemeye üstünlük sağlamaktadır. Endüstriyel ahşap, doğal ahşabın boyut, form ve çevresel koşullardan etkilenme gibi zayıf yönlerinin geliştirilmesine olanak sağlamıştır. Bu noktada; endüstriyel ahşap, özellikleri ve geliştirilmeye açık mimari çözümlere olanak sağlaması sayesinde tercih sebebi olmuştur.

Çok katlı yapı tasarım süreci, çok katmanlı ve farklı bileşenlerin birarada düşünülmesi gereken kritik bir aşamadır. Bu süreçte; yapının konumu, çevresel faktörler, tasarım konsepti, malzeme ve taşıyıcı sistem tasarımı öncelikli etmenler arasında sıralanabilir. Çok katlı yapılarda tasarım sürecinde taşıyıcı sistem tasarımı, belirlenen tasarım konseptini doğrudan etkileyen ve karşılıklı etkileşim içinde olan iki unsur olarak ifade edilebilir. Çok katlı yapıların taşıyıcı sistem tasarımında malzeme, en belirleyici unsurdur. Beton ve çelik ile kıyaslandığında çevreye olumsuz etkisinin daha az olduğu kabul edilen ahşap günümüz çok katlı yapılarında tercih sebebi olmaktadır. Çok katlı ahşap yapıların tasarım, üretim ve uygulama süreçlerinde daha esnek, ön üretimin ön planda olduğu ve özel detay çözümlerinin öncelikli rol oynadığı görülmektedir. Tasarım, üretim ve uygulama aşamaları dikkate alındığında, çok katlı ahşap yapılar için aşağıdaki özellikler sıralanabilir:

- Doğal ve sıcak bir malzeme olan ahşap ile inşa edilen yapılarda kullanıcıların psikolojik olarak kendilerini daha konforlu ve iyi hissetmelerinin sağlanması,
- Yenilenebilir, ekolojik ve geri dönüşürülebilir yapı malzemesi olan ahşap ile yapılan yapıların negatif karbon ayak izine sahip olması,
- Isıl iletkenlik katsayısının düşük olması ahşabın ısıyı daha az ileterek iyi bir yalıtım sağlamasını olanak sağlar. Yalıtım katmanlarının doğru seçilip tasarlanması ile farklı iklim bölgelerine uygun yapıların inşa edilebilmesi,
- Günümüzde, doğru boyutlandırılıp tasarlanan ahşap elemanlarla yangına dayanıklı ahşap yapılar inşa etmenin mümkün olması,
- Beton, çelik, kerpiç ve taş gibi yapı malzemeleriyle birlikte kullanılabilen ahşap sistemler ile depreme dayanıklı yapıların inşa edilebilmesi,
- Hafif ve mukavemetli bir malzeme olan ahşap ile yapılan yapılarda ölü yük azaldığı için temel ve taşıyıcı eleman boyutlarının küçülmesi,
- Ahşap yapıların üretim ve tasarımında BIM (Building Information Modeling); tasarım ve inşa sürecinde VDC (Visual Design and Construction) ve prefabrikasyon sürecinde CNC (Computer Numerical Control) kullanılması ile tasarım, ön üretim ve uygulama süreçlerinin hızlı, kolay, esnek, daha az ve çözümlenebilir sorunlarla, entegre edilebilir şekilde yürütülmesine imkan sağlaması [13].
- Yapı elemanlarının ön üretimli ve montaj işlemlerinin büyük kısmının fabrika ortamında yapılması sayesinde insan kaynaklı hataların ve işçilik maliyetinin azalması,
- Yapının inşa sürecinde kuru montaj yöntemi kullanılması, çevre koşullarından daha az etkilenerek yapıyı ekonomisini olumlu etkilemesidir.

Çok katlı ahşap yapıların yapım sistemleri için kabul görmüş kesin bir sınıflandırma bulunmasa dahi; ahşap çerçeve konstrüksiyon, ahşap kolon-kiriş, masif ahşap panel, ahşap karma sistem, ahşap hibrit sistem (ahşap-beton hibrit sistem, ahşap-çelik hibrit sistem, ahşap-beton-çelik sistem), ahşap modüler konstrüksiyon olarak incelemek mümkündür.

1.1. Ahşap Çerçeve Konstrüksiyon

Ahşap çerçeve konstrüksiyon, balon çerçeve ve platform çerçeve olmak üzere ikiye ayrılır. Balon çerçeve, düşeyde taşıyıcı olarak kullanılan ahşap dikmelerin yapının yüksekliğinin belirlediği sistemlerdir. Balon çerçeve konstrüksiyonda, dikmeler zemin seviyesinden başlayarak binanın üst noktasına kadar ulaşırken; platform çerçeve konstrüksiyon, her kat için ayrı kat yüksekliğinde dikmeler kullanılarak inşa edilir [15].

Balon çerçeve konstrüksiyon; yapının yüksekliğinin ahşap eleman boyutlarına bağlı olarak sınırlandırılması ve yangın durumunda düşeyde sürekli olan dikmeler boyunca yangının sıçramasına neden olması gibi gerekçelerle kullanımı yaygın olmamakla birlikte çok katlı ahşap yapılar için uygun bir sistem olmadığı görülmüştür. Platform sistem ise, az ve çok katlı yapılar için uygun modüler bir yöntemdir. Bir kat yüksekliğinde dikmelerle oluşturulan dış duvarlardan sonra ahşap döşeme inşa edilerek bir çerçeveleme sistemi oluşturulur.

Endüstriyel ahşap teknolojisinin gelişmesine bağlı olarak, çerçevedeki ahşap kirişlerin daha büyük açıklık geçmeye olanak sağlayan endüstriyel ahşap ile değiştirilerek inşa edilebileceğinin anlaşılması, bu teknoloji ile mevcut şartlarda 6-7 katlı yapılar inşa edilebilmektedir [13].

1.2. Ahşap Kolon-Kiriş

Ahşap kolon kiriş sisteminde, doğal ahşap ürünlere kıyasla yapısal dayanımı fazla olan glulam, LVL ve PSL gibi endüstriyel ahşap ürünler kullanılmaktadır. Bu sistem, 150 mm x 150 mm'den büyük kesitli boyutlara sahip kirişler ve kolonlarla kurularak geniş açıklık ve yükseklik olanağı sunması sayesinde çok katlı ahşap yapılarda yaygın olarak tercih edilmektedir.

1.3. Masif Ahşap Panel

Masif duvar panellerinin dikey ve yatay yüklere karşı planda iki yönde belirli bir düzende, her katta ideal olarak düşeyde aynı doğrultuda devam ederek oluşturulan sistemlerdir. Çoğunlukla CLT kullanılan bu sistemde, DLT, NLT ve glulam paneller de kullanılmaktadır. Duvar, döşeme ve çatıda kullanılabilen masif ahşap paneller, taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan şekilde kullanılabilir.

1.4. Ahşap Karma Sistem

Endüstriyel ahşap ürünlerle üretilen ahşap çerçeve, kolon-kiriş ve panel sistemlerden en az ikisinin birlikte kullanılmasıyla ahşap karma sistemler inşa edilmektedir. Bu sistem; tasarım, işlev ve yapısal gereksinimler gibi öncelikli unsurlar dikkate alınarak farklı seçeneklerde kullanılabilme olanağı sağlamaktadır.

1.5. Ahşap Hibrit Sistem

Ahşap, beton ve çelik, farklı özelliklerde yapı malzemeleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu malzemeler birbirleri ile kıyaslandığında birbirlerine üstün gelen ya da zayıf oldukları özellikler söz konusudur. Bu noktada, bu malzemelerin birarada kullanılarak oluşturulduğu hibrit sistemler, daha üstün nitelikte çözümler önermektedir. Ahşap hibrit sistemler; ahşap-beton hibrit sistem, ahşap-çelik hibrit sistem, ahşap-beton-çelik sistem olarak tasarlanabilmektedir.

Ahşabın çelik ile birlikte kullanıldığı örnekler, giderek yaygınlaşmaktadır. Betona kıyasla daha hızlı bir inşa süreci olması nedeniyle çelik, ahşap malzeme ile kullanıldığında olumlu sonuçlar ortaya çıkmaktadır.

1.6. Ahşap Modüler Konstrüksiyon

Ahşap modüler konstrüksiyon, fabrika ortamında üretilmiş modüllerin sahada biraraya getirilmesi ile inşa edilir. Modül boyutları; duvar üzerindeki açıklıklar ve nakliye acının taşıma kapasitesine bağlı olarak sınırlanır. Bir modül uzunluğu 8-13 metre, genişliği 4,1-4,2 metre ve yüksekliği 3,10 metredir [13]. Çoğunlukla, birbirini tekrar eden işlevleri barındıran, modüler tasarıma uygun işlevler için tercih edilmektedir.

2. Çok Katlı Ahşap Yapılar: Sürdürülebilirlik

Çok katlı yapılar, teknolojinin de gelişmesiyle kentleşme sürecinin mimari ürünleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Beton ve çeliğin çok katlı yapılar inşa edilmesine olanak sağlaması, bu sürecin daha yaygın biçimde görünür olmasına neden olmuştur. Ancak, özellikle 2000'li yılların başlarından itibaren etkilerinin küresel olarak yaşanmaya başladığı çevresel sorunlar, beton ve çeliğin yerine çevreye daha uyumlu malzemelerin kullanılması gerekliliğini ortaya koymuştur. İnşaat sektörü, yıllık sera gazları emisyonlarının yaklaşık %40'ı, küresel kaynak tüketiminin %40'ı, enerji kullanımının %40'ı ve küresel ahiğin %50'sine neden olarak küresel karbon ayak izinin artışına en çok sebep olanlardan biri olarak; ahşap değerli bir alternatif malzeme olduğunun göstergesidir [16]. CLT, beton ve hafif çelik çerçeveler gibi geleneksel yapı sistemleriyle kıyaslandığında yaklaşık %40 enerji tasarrufu sağlayabildiği belirlenmiştir [17]. Ahşap, doğal bir karbon emici olduğundan, inşaat sektörünün sürdürülemez malzeme kullanımının neden olduğu sera gazı emisyonlarından kaçınmasının yanı sıra; yapıda kullanılan ahşap elemanlar, binanın ömrü boyunca CO₂ depolayabilir. Çok katlı yapılar için genellikle tercih edilen malzeme olan beton ve çeliğin ahşaba kıyasla, üretimi sırasında harcanılan enerjinin fazla olması ve geri dönüşümünün daha zor olması ahşabı daha avantajlı hale getirmektedir. Endüstriyel ahşabın sunduğu olanaklar ile çok katlı ahşap yapıların inşa edilebilirliği, beton ve çeliğe alternatif olarak ahşabın kullanılabilmesi sürdürülebilir tartışmalarının çok katlı ahşap yapılar üzerine yoğunlaşmasına neden olmuştur. 2000'li yılların başlarında, yapı sektöründeki gelişmeler ve çevreye verdiği zararların gündem olmasıyla, endüstriyel ahşabın kullanıldığı yapıların inşası hız kazanmıştır [18]. Bu noktada, ahşabın bir malzeme olarak sürdürülebilirliğinin yanı sıra, çok katlı ahşap yapıların tasarım, inşa, kullanım süresi ve sonrasında da sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesinin güncel araştırma konuları arasında yer aldığı görülmektedir.

Ahşabın yapı malzemesi olarak kullanılmasının sürdürülebilirlik ve enerji etkinlik kapsamındaki olumlu katkıları şu şekilde sıralanabilir:

- Ahşap ekolojik ve doğal bir malzemedir,
- Ahşap ekolojik ve doğal bir malzeme olması nedeniyle geri dönüştürülebilir ve yenilenebilir bir kaynaktır,
- Ahşabın kaynağı olan ormanlar, doğal ve sürdürülebilir bir karbon dönüşüm merkezi olarak faaliyet göstermektedir,
- Ahşabın yapı malzemesi olarak üretilmesi için beton, çelik gibi diğer yapı malzemelerine kıyasla daha az enerjiye ihtiyaç duymaktadır,
- Prefabrikte olarak, hava şartlarından bağımsız, yüksek kalitede üretilebilmesi sayesinde yerinde işçiliği azaltarak daha hızlı üretim olanağı sunmaktadır,

- Ahşabın prefabrik ve sökülerek yeniden kullanımı mümkün bir yapı malzemesi olması kaynak kullanımının verimliliğini sağlamakla birlikte ekonomik olarak da katkı sunmaktadır.

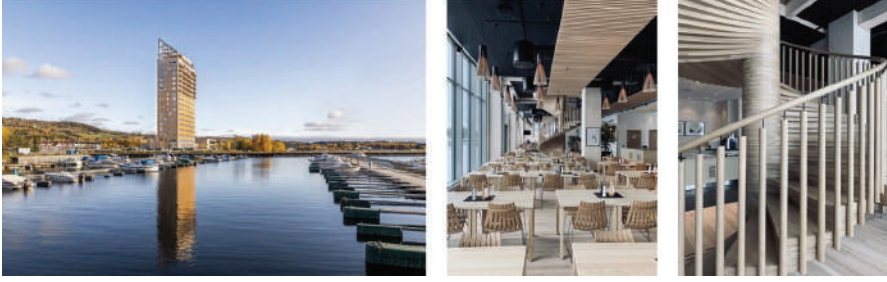
Çok katlı ahşap yapıların sürdürülebilirliği üzerine yapılan çalışmalardan başlıcaları, ahşap malzeme kullanımının beton ve çelik kullanıldığı örneklerle kıyaslanarak değerlendirilmesidir. Yapılarda ahşabın kullanılması durumunda, beton ve çeliğe kıyasla karbon ayak izini önemli ölçüde azaldığını gösteren araştırmalar olduğunu belirten Kleppe [19], 1 m³ ahşabın 2 ton CO₂ iyileştirdiğini ifade etmiştir. Yapılan bir çalışmada, Çin'in Guizhou Eyaleti için tasarlanan on katlı ahşap-beton hibrit ve beton binanın yapısal ve çevresel performansı karşılaştırılmış; ahşap-beton hibrit bina küresel ısınma potansiyeli açısından yaklaşık %65 daha düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır [20]. Yapıların yaşam döngüsü analizi (YDA) çalışmaları, kütle kereste veya büyük miktarda mühendislik ürünü ahşap ile inşa edilen binaların önemli miktarda somutlaştırılmış karbon azaltımı sağladığını ve iklim değişikliğinin azaltılmasına yardımcı olan büyük miktarda uzun vadeli karbon depolamasına olanak sağladığını ortaya koymuştur [21]. CLT ile inşa edilen 12 katlı bir bina ile eşdeğer bir betonarme bina için beşikten mezara YDA sonuçlarının karşılaştırıldığı bir çalışmanın sonuçlarına göre, ahşap ürünlerle inşa edilen binaların, özellikle karbon depolanma etkileri göz önünde bulundurulduğunda, düşük çevresel yüklerle sahip olduğu ve yapı malzemesi seçiminin küresel iklim değişikliği etkilerini azaltmaya yönelik acil ihtiyaç açısından dikkate alınması gerektiği ifade edilmiştir [22]. Ortaya konan veriler, endüstriyel ahşap kullanımının yaygınlaşması ile CO₂ emisyonlarının hızlı bir şekilde azaltılması, çevre dostu teknolojilerin geliştirilmesinin teşvik edilmesi, kapsayıcı ve sürdürülebilir sanayileşmeye izin verilmesi ve ekonomik kalkınmanın olumlu yönde artmasına katkı sunacağını ortaya koymaktadır.

Çok katlı ahşap yapıların sürdürülebilirliği üzerine yapılan çalışmalardan biri de uluslararası bilinen BREEAM ve LEED gibi sertifikalandırma sistemlerinin değerlendirmeleridir. BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), 1990 yılında İngiltere'de uygulamaya başlanan çevresel sürdürülebilirlik sertifika sistemidir. BREEAM; enerji, sağlık ve iyi hal, tasarımda yenilik, arazi kullanımı, malzemeler, yönetim, kirlilik, ulaşım, atık ve su olmak üzere toplam 10 kriter üzerinden puanlama yapmaktadır. LEED, 1998 yılında Amerika'da USGBC (United States Green Building Council - Yeşil Binalar Konseyi) tarafından verilen bir çevresel sürdürülebilirlik sertifika sistemidir. LEED; enerji ve atmosfer, sürdürülebilir arsalar, iç mekân kalitesi, malzeme ve kaynaklar, su verimliliği, inovasyon ve tasarım, bölgesel öncelik ve yerleşim ve ulaşım olmak üzere toplam 8 kriter üzerinden puanlama yapılmaktadır. Uluslararası düzeyde tanınırlığı olan bu iki sertifikasyon sistemi çok katlı ahşap yapıların sürdürülebilirlik kriterlerinin değerlendirilmesi için önemli araçlar olarak kabul edilmektedir. Bu anlamda, inşa edilen çok katlı ahşap yapıların bu sertifikaları almış olması önemli bir kriter olarak görülmektedir. Özellikle son yıllarda çok katlı ahşap yapıların hem en yüksek hem de LEED, BREEAM gibi sertifikalara sahip olması; onları emsallerinden farklılaştırıp özgün kılan unsurlar olarak tartışılmaktadır.

3. Çok Katlı Ahşap Yapılar: En Yüksek Örnekler

Bu başlık altında günümüzde en yüksek çok katlı ahşap yapılar sıralamasında yer alan 5 örnek; yapılış yılı, konum, yükseklik, mimari program, yapım sistemi ve sürdürülebilirlik yaklaşımları açısından incelenecektir.

Voll Arkitekter tarafından Norveç'in Brumunddal kentinde 2019 yılında inşası tamamlanan Mjøstårne, inşası tamamlandığında, "Council on Tall Buildings and Urban Habitat" tarafından dünyanın en yüksek ahşap binası olarak kabul edilmiştir (Şekil 5.2).



Şekil 5.2. Mjøstårne [23]

2017 yılında inşasına başlanan, 85,4 metre yüksekliğinde, 18 katlı karma kullanımlı (konut/otel/ofis) yapıda çapraz lamine ahşap (CLT), glulam ve LVL kullanılmıştır (Şekil 5.3). Yapıda %34 ahşap, %33 yalıtım, %26 beton, %1 çelik ve %6 diğer malzemeler kullanılmıştır [24]. Yapının cepheleri boyunca kullanılan büyük kesitli glulam kafes kirişler; yatay ve düşeyde rijitliği sağlamış, ek olarak iç kolon ve kirişler ile birlikte ana taşıyıcı sistem tasarlanmıştır. Üç asansör ve iki merdivenin tasarımında CLT paneller, ikincil yük taşıması için kullanılmıştır.



Şekil 5.3. Mjøstårne inşaa süreci [25]

Yanı sıra, yapının yangın tasarımı için 2016 yılında Trondheim'daki SP Fire Research AS'de gerçekleştirilen 90 dakikalık yanma testleri ile büyük ölçekli glulam kesitlerin ve bunların bağlantılarının yangın davranışı incelenmiştir [24]. Yapının "yeşil değişimin" bir sembolü olacağını belirten tasarımcıları, Mjøstårne için yüksek binaların yerel kaynaklar, yerel tedarikçiler ve sürdürülebilir ahşap malzemeler kullanılarak inşa edilebileceğinin bir kanıtı olacağını ifade etmişlerdir [25]. Ayrıca; yapının mimarları, sürdürülebilirlik hareketlerinin hayata geçirilmesinin bir parçası olarak tarihte ilk kez malzeme ve uzmanlığın yerel olarak tedarik edildiğini açıklayarak müşterilerinin Mjøstårne'in seyir platformunun tepesinde durarak ahşabın nereden geldiğini ve nerede işlendiğini gerçekten görebileceğini belirtmişlerdir [23].

2020 yılında Viyana'da inşası tamamlanan HoHo Wien, diğer adıyla "1220 HoHo Vienna", 84 metre yüksekliğinde ve 23 katlı tasarımı ile dünyanın en yüksek yapıları arasında yer almaktadır (Şekil 5.4). Karma kullanımlı mimari programı olan HoHo Wien, Rudiger Lainer + Partner tarafından; ofisler, bir otel, sağlıklı yaşam alanları ve hizmet verilen daireler ile işlevlendirilmiştir.



Şekil 5.4. HoHo Wien [26]

Ahşap beton hibrit bir sistem ile tasarlanan yapıda çekirdek betonarme olarak inşa edilmiştir. Ahşap konstrüksiyon inşası için CLT ve glulam kullanılmıştır. Hibrit olarak yapının %75'i ahşap olarak yenilikçi bir sistem ile tasarlanan yapı ile ekonomi, ekoloji, mimari ve kullanım değeri kompozisyonuna önemli ölçüde katkıda bulunulmuştur [27]. HoHo Wien'de sürdürülebilir ve yenilikçi bir yaklaşım olarak cephede kullanılan malzemeler ile kendinden yapışkanlı, yayılabilir, hava koşullarına dayanıklı (yağmur geçirmez), UV ışınlarına dayanıklı (12 ay) ve kullanımı kolay olan bir tasarım yapılmıştır [28]. Cephedeki bu tasarım kararları, hem yapıda ısı yalıtımı açısından verimlilik sağlamış hem de kullanıcı konfor koşullarının sağlanabilmesine katkı sunmuştur. Prefabrik dış duvar modülleri ile ahşabın somut görünürlüğü kullanıcılar için doğal ve ekolojik bir atmosfer oluşturmaktadır. Ahşap malzemenin ağırlıklı olarak kullanıldığı her yapıda olduğu gibi HoHo Wien'de de yapının yangın performansı ile ilgili yaklaşımlar önemlidir. Yapıda, çok küçük yangın bölmeleri tasarlanmasının yanı sıra; en kısa kaçış yolları ve itfaiye erişim yolları koruyucu önlemleri tamamlanmış, düşey sirkülasyon betondan yapılmıştır [29]. HoHo Wien, LEED Gold sertifikalı bir yapıdır.

Sara Kulturhus, İsveç'in Skellefteå kentinde tiyatro, galeri, kütüphane, müze ve otel işlevlerini barındıran karma kullanımlı bir yapıdır (Şekil 5.5). 2021 yılında inşası tamamlanan 72,8 m yükseliğinde ve 20 katlı inşa edilen Sara Kulturhus, dünyanın ikinci en yüksek çok katlı ahşap yapısı olarak açıklanmıştır.

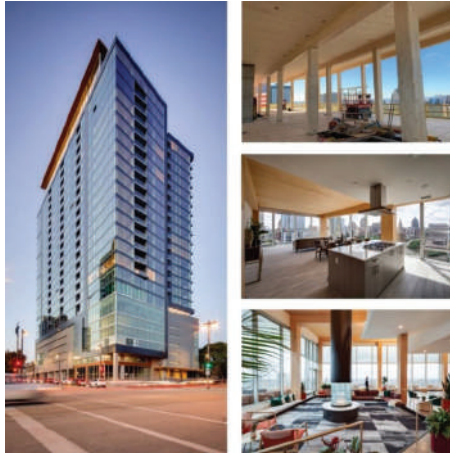


Şekil 5.5. Sara Kulturhus [36]

Ahşap çelik hibrit olarak tasarlanan yapıda CLT ve glulam kullanılmıştır. Yapı tasarımında benimsenen sürdürülebilirlik yaklaşımları çerçevesinde, yapıda kullanılan ahşapların yerel kaynaklardan temin edilmesinin yanı sıra, ahşap bilgisi ve geleneğinin yüzyıllık evlerden geçmişten günümüze aktararak mühendislik ürünü ahşap malzemenin kullanıldığı açıklanmıştır [36]. Sara Kulturhus, malzemenin optimum kullanımı üzerine yaklaşımlar benimsenerek tasarlanmıştır. Üst kottarda CLT kullanılırken geniş açıklık geçilen mekanlarda CLT glulam kolon ve kirişlerle birleştirilmiş; ayrıca, ahşapla çeliğin birleştirildiği kafes kirişler de kullanılmıştır [36].

2021 yılında inşası tamamlanan Sara Kulturhus, White Arkitekter tarafından "bina ömrü boyunca karbon negatif" yaklaşımı ile tasarlanmıştır. Bu yaklaşımla ilgili yapının; malzeme, nakliye, inşaat ve 50 yıl boyunca işletme enerjisi kaynaklı karbon emisyonlarının binada kullanılan ahşabın karbon tutma kapasitesinden daha az olduğunu ifade ederek 50 yıllık süreç için yapılan YDA kapsamında kullanılan ağaçların yerine yenilerinin ekildiği belirtilmiştir [37]. İklimle en az etki felsefesine dayalı bir tasarım yaklaşımı benimsenen yapıda enerji ihtiyacı jeotermal bir ısı pompası, binanın çatısındaki 1.200 metrekarelik güneş panelleri ve yenilenebilir kaynaklardan temin edileceği belirtilmiştir [36]. Sara Kulturhus, "Sweden Green Council GOLD" enerji belgesi almıştır.

2022 yılında Milwaukee, ABD'de inşası tamamlanan Ascent, Korb + Associates Architects tarafından tasarlanmıştır (Şekil 5.6). 86,6 m yüksekliğiyle Ascent, "Council on Tall Buildings and Urban Habitat" tarafından dünyanın en yüksek ahşap binası ve dünyanın en yüksek ahşap-beton hibrit binası olarak sertifikalandırılarak Mjøstårnet'in ünvanını almış oldu. Alt kottarda ticari işlev sunan yapı, "Biophilic" tasarım ilkeleri benimsenerek konut olarak inşa edilmiştir. Korb, Ascent'in inşasında alüminyum kompozit malzemeye yer vermediklerini ve dış cephede alüminyum kompozit hiçbir yanıcı malzemenin bulunmadığını belirtmiştir [30]. Asansör boşluğu ve merdiveni içeren çekirdek, binanın rüzgar ve sismik yüklerle karşı dayanıklı olması ve yangın güvenliği nedenleriyle betondan yapılmıştır. Yapıda ahşap malzeme olarak CLT ve glulam kullanılmıştır. Yapı; beton dolgulu çelik boru kazıklardan oluşan derin bir temel üzerinde, glulam kirişler ve kolonlardan oluşan bir sistem, tek yönlü yayılan çapraz lamine ahşap (CLT) döşemeleri desteklerken, iki betonarme çekirdek yanallı stabilite sağlayacak şekilde tasarlanmıştır [31].



Şekil 5.6. Ascent [32]

Tasarımında ahşap malzemenin olanaklarının araştırılmasının yanı sıra, güvenlik ve dayanıklılığı üzerine pek çok araştırma, test, mühendislik analizi ve ürün sertifikasyonundan geçirilen yapı için USDA'nın Wisconsin'deki Orman Ürünleri Laboratuvarı ile bir ortaklık başlatılmış tutkal lamine (glue laminated) ahşap kolonlar için dünyanın ilk üç saatlik yangın testini tamamlayarak tasarımın kullanıcı güvenliğini sağladığını doğrulanmıştır [32] (Şekil 5.7). Yapının ahşap elemanlarının tedarik ve teslimat yönetiminden sorumlu Timberlab, minimum çelik donanımına sahip bir glulam bağlantı detayı tasarlamıştır [33].



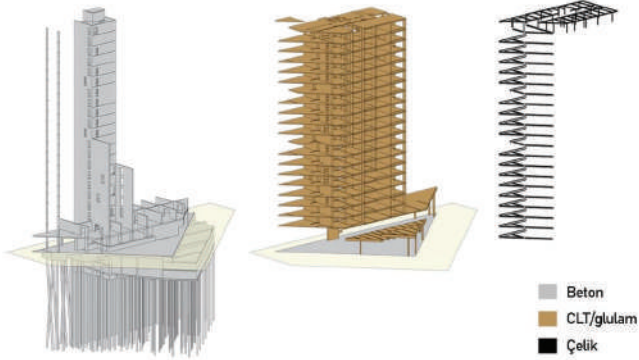
Şekil 5.7. Ascent projesi için yapılan Laboratuvar çalışmaları [32]

LEED Silver sertifikalı olan Ascent için Jason Korb (2022), yapıdaki ahşabın bir yıl boyunca 2,400 arabanın etkisini ortadan kaldırmaya eşdeğer olacak kadar CO₂ tuttuğunu belirterek yapım süresinin kullanılan malzeme nedeniyle 3 ile 4 aylık inşaat süresinden tasarruf sağladığını da açıklamıştır [30]. Bunun yanı sıra, yapının enerji etkinliğine katkı sunan çok sayıda sistem tasarlanarak yapıda kullanılmıştır. Ascent'in konut birimlerinde kullanılan hidronik radyant yerden ısıtma sistemi, yüksek verimli bir merkezi kazan tesisi tarafından sağlanırken; soğutma sistemi için de enerji tasarruflu bir sistem ve su filtreleme teknikleri bulunmaktadır [32]. Ayrıca, "Forest Products Lab" (Orman Ürünleri Laboratuvarı) bilim insanları ve Ascent ekibi işbirliğiyle ahşap binaların betona kıyasla çevresel ayak izi konusunda doğrudan karşılaştırma yapabilmelerini sağlayan önemli araçlar olan Yaşam Döngüsü Analizi (YDA) üzerine çalışarak binanın yaşam döngüsünün tüm aşamalarının çevresel etkilerini ölçüp uzun vadede dünya üzerindeki etkisini incelemişlerdir [34]. Sürdürülebilirlik ve enerji etkinlik açısından değerlendirildiğinde, Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) yazılımının kullanılması projenin yerinde koordinasyonu, sorun giderme ve hızlı inşasında önemli rol oynamış; her bir ahşap eleman, BIM yazılımına bağlanan ve atölye çizimlerine karşılık gelen benzersiz bir sayısal kod ile detaylandırılıp teslimat ve montaj aşamalarında etkin zaman planlaması sağlamıştır [35].



Şekil 5.8. Haut [38]

2022 yılında inşası tamamlanan 73 m yüksekliğindeki Haut, Team V Architecture tarafından, 22 katlı konut binasını olarak tasarlanmıştır (Şekil 5.8). Haut'un ana strüktürü, beton bir temel üzerine ahşap taşıyıcı sistem ve çelik çerçeveden oluşmaktadır [39] (Şekil 5.9).



Şekil 5.9. Haut'un ana strüktürü [39]

Haut; betondan yapılmış bir çekirdek, bodrum ve temeller ile CLT'den yapılmış zeminler ve taşıyıcı iç duvarların yanı sıra, ağırlıklı olarak cam bir cephe tasarımına sahiptir (Şekil 5.10).



Şekil 5.10. Haut inşaa süreci [40]

Sürdürülebilirlik kriterlerinin de dikkate alındığı yapıda, başlıca tasarım kararlarından biri; ahşabın temel yapı malzemesi olarak kullanılarak karbon emisyonu oluşumunu azaltmak olmuştur. Yapının inşası için 2000 m³'ten fazla kereste kullanılarak geleneksel binalara kıyasla salınan karbondaki toplam %50 azalma sağlanmış ve yaklaşık 1,800 ton CO₂ depolanmıştır [38]. Ayrıca; yapıda, yağmur suyu depolamalı bir çatı bahçesi, çatısında ve cephesinde

1.500 metrekairelik güneş panelleri, termal enerji depolama sistemi, düşük sıcaklıklı yerden ısıtma ve soğutmalı sensör kontrollü tesisatlar, kuşlar ve yarasalar için yuvalama kutuları, elektrikli ortak arabalar için şarj noktaları bulunmaktadır [40]. HAUT, Hollanda'da "BREEAM Outstanding" sertifikası alan ilk yüksek konut binası olmuştur [41].

Tablo 5.1'de yukarıda detaylı olarak incelenen çok katlı ahşap yapılara ait karşılaştırması yapılacak bilgiler sunulmuştur.

Tablo 5.1. İncelenen yapıların karşılaştırılması

Yapı Adı	İnşa Bitiş Yılı, Yeri	Mimari Tasarım	Yükseklik (m)	Kat Adedi	Yapım Sistemi	Kullanım	Sertifika (LEED/BREEAM)
Mjøstårnet	2019, Brumunddal / Norveç	Voll Arkitekter	85,4	18	Ahşap Kolon Kiriş (CLT+glulam)	Karma kullanım	-
HoHo Wien	2020, Viyana / Avusturya	Rudiger Lainer + Partner	84	23	Ahşap Betonarme Hibrit/ (CLT+glulam)	Karma kullanım	LEED Gold BD+C: Core and Shell
Sara Kulturhus Centre	2021, Skellefteå, İsveç	White Arkitekter	72,8	20	Ahşap Çelik Hibrit/ (CLT+glulam)	Karma kullanım	-
Ascent	2022, Milwaukee /ABD	Korb + Associates Architects	86,6	25	Ahşap Betonarme Hibrit/ (CLT+glulam)	Konut	LEED Silver
Haut	2022, Amsterdam / Hollanda	Team V Architectuur	73	22	Ahşap Betonarme Hibrit/ (CLT)	Konut	BREEAM

İncelenen yapıların her biri farklı ülkelerde inşa edilmesine rağmen, tüm örneklerde endüstriyel ahşabın projenin konseptine uygun inşa edilebilmesine olanak sağlayabildiği görülmektedir. Tüm örneklerde CLT, ortak kullanılan ahşap malzemedir. Kronolojik olarak değerlendirildiğinde, yapıların yükseklikleri arasındaki fark çok değişmese de yükseklik sınırlarını aşmak için bir çabanın gösterildiği sonucuna ulaşılabilir. Yapıların işlevleri farklılaşsa da, genellikle ticaret ve barınma işlevlerini aynı binada sağlamanın avantajları düşünülerek karma kullanımın ağırlıklı olduğu görülmektedir. İncelenen örnekler dikkate alındığında, sürdürülebilirlik yaklaşımlarının her bir proje özelinde araştırılıp tasarım kararlarında uygulandığı dikkat çekmektedir. Özellikle, son yıllarda yapılan projelerde karbon emisyonunu azaltmaya yönelik kararların tasarımlarda uygulanması ve olumlu etkileri, çok katlı yapılarda ahşabın ilerleyen yıllarda daha çok tercih edilen bir malzeme olmasını sağlayacaktır. Yani sıra; incelenen 5 örnekten 3'ü uluslararası geçerliliği olan LEED veya BREEAM sertifikası almıştır. Bu durum dikkate alındığında, sürdürülebilir yaklaşımlara önem verilmesinin yanında uluslararası ölçekte yapıların değerlendirilmesine ve tanınır olmasına çalışıldığı sonucuna da ulaşmak mümkündür.

SONUÇLAR

Dünyada küresel etkilerin doğal kaynaklar üzerindeki olumsuz etkileri güncel tartışma ve araştırma konularının başlıcalarındandır. Mimarlık, insanlar için tasarladığı yapılar ve bu yapıların oluşturduğu kentler söz konusu olması nedeniyle sürdürülebilirlik, enerji etkinlik, doğal kaynakların verimli kullanılması gibi çağımızın sorunları için çözüm üretebilecek baş

aktörlerden biridir. Bu noktada, geleneksel olarak kullanılan ahşabın günümüzde çağdaş mimarlık örneklerinden olan çok katlı yapılarda kullanımı pek çok başlıkta olumlu katkılar sunabilmektedir. Dünya genelinde ahşap çok katlı yapılar üzerine yapılan çalışmalar ve inşa edilen örnekler gün geçtikçe artmaktadır. Ayrıca, her yeni örneğin hem yükseklik hem de enerji etkinliği açısından sürdürülebilirliği geliştirilmeye çalışılmaktadır. Dünyada bu konuda yapılan çalışmalar artarak devam ederken, günümüzde Türkiye’de inşa edilmiş çok katlı ahşap bir yapının literatürde yer almıyor olması dikkat çekici bir gerçektir. Ülkemizde, bir yapı malzemesi olarak ahşabın geleneksel mimaride özgün pek çok örneği mevcutken, çağdaş mimarlık kapsamında ahşabın yeterince üzerine çalışılmaması önemli bir eksiklik olarak dikkat çekmektedir. Endüstriyel ahşap malzemenin yapıda kullanımı üzerine daha çok çalışılması ve özellikle yeni gelişmekte olan kentlerde konut yapılarında yapı malzemesi olarak kullanılması; uzun vadede enerji etkinlik, doğal malzeme, kullanıcıların konforu sağlayarak sürdürülebilir kentlerin inşa edilebilmesine olanak sunacaktır.

KAYNAKÇA

- [1] Çalışkan, Ö. , Meriç, E. & Yüncüler, M. (2019). Ahşap ve Ahşap Yapıların Dünü, Bugünü ve Yarını (Past, Present and Future of Timber and Timber Structures). *BŞEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 6(1), 109-118. DOI: 10.35193/bseufbd.531012
- [2] <https://www.ctbuh.org/resource/height#tab-tall-supertall-and-megatall-buildings> [22.11.2024].
- [3] Somer, E. (2016). Beyond Vernacular: Timber Constructions of Istanbul. In *World Conference on Timber Engineering WCTE 2016*, August 2016, Viyana, Avusturya.
- [4] Foster, R., Ramage, M. & Reynolds, T (2017). Rethinking CTBUH Height Criteria in the Context of Tall Timber . *CTBUH Journal*, 2017(4), 28-33.
- [5] <https://www.skyscrapercenter.com>. [25.11.2024].
- [6] Durmaz, M. (2019). *Yapı Malzemeleri: Tanımları, Özellikleri, Deney Esasları ve Kullanıldıkları Yerler Ders Notları*. Gazi Kitabevi. Ankara.
- [7] Eriç, M. (2016). *Yapı Fixiği ve Malzemesi*. Literatür. İstanbul.
- [8] Güzel, N. & Yesügey, S. C. (2015). Çapraz Lamine Ahşap (CLT) Malzeme ile Çok Katlı Ahşap Yapılar. *Mimarlık*, 382, 60-65.
- [9] Avlar, E. & Ustaoglu, S. S. (2017). 2000’li Yılların Başında Endüstriyel Ahşap Ürünlerle Gelişmiş Yapı Üretimi. *Mimarlık*, 393, 75-80.
- [10] Karaçar Ercoşkun, P. (2010). Yapı Ürünleri için Teknolojik Yenilik Benimseme Modeli, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [11] Avlar, E. (2021). Ahşabın Yapıda Kullanım Olanakları. *Yapı*, 467, 42-49.
- [12] Coşkun, B. & Yardımlı, S. (2022). Endüstriyel Ahşap Malzemenin Yapıda Kullanımı: Cambridge Merkez Camisi. *KAPU Trakya Mimarlık ve Tasarım Dergisi*, 2(1), 20-34.
- [13] Şentürk, H. (2019). 21. Yüzyılda Üretilen Çok Katlı Ahşap Yapıların Yapım Sürecinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [14] Çaştur, Ş.N. (2021). Günümüz Mimarisinde Kullanılan Endüstriyel Ahşap Yapı Elemanları ve Yapı Örneklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.

- [15] Yazıcıoğlu, F. & Alkan, S. (2020). An analysis on building elements of a wooden structured granary: "Serender" in Turkey's Eastern Black Sea Region. *Archnet-IJAR: International Journal of Architectural Research*, 14(1), 77-89. DOI: 10.1108/ARCH-04-2019-0087
- [16] Svatoš-Ražnjević, H., Orozco, L., Menges, A. (2022). Advanced Timber Construction Industry: A Review of 350 Multi-Storey Timber Projects from 2000–2021. *Buildings*, 12(4), 404. DOI: 10.3390/buildings12040404
- [17] Tupenaite, L., Zilenaite, V., Kanapeckiene, L., Gecys, T., & Geipele, I. (2021). Sustainability Assessment of Modern High-Rise Timber Buildings. *Sustainability*, 13(16), 8719. <https://doi.org/10.3390/su13168719>
- [18] Tavşan, C., Şahiner Tufan, A. & Tavşan, F. (2022). Ekolojik Malzeme Olan Ahşapla Yapılan Çok Katlı Yapılar. *Mimarlık ve Yaşam Dergisi*, 7(1), 291-309. DOI: 10.26835/my.1018854
- [19] Kleppe, O. H. (2016). Treef-Dünyanın En Yüksek Ahşap Binası (The Construction of Treef-How did we do it?). In *Ahşap Yapılarda Koruma ve Onarım Sempozyumu 5 (Symposium on Restoration and Conservation of Traditional Timber Structures 5) 2017*, April 2017, İstanbul, Türkiye. İstanbul: Şan Ofset Matbaacılık, pages 193-207. ISBN 978-605-9507-25-7.
- [20] Zhang, X., Huang, W., Khajehpour, M & Tannert, T. (2023). Seismic Performance and LCA Comparison between Concrete and Timber-Concrete Hybrid Buildings. *Buildings*, 13(7), 1714. <https://doi.org/10.3390/buildings13071714>
- [21] Gu, H., Nepal, P., Arvanitis, M. & Alderman, D. (2021). Carbon Impacts of Engineered Wood Products in Construction. In M. Gong (Eds.), *Engineered Wood Products for Construction* (pp. 345–359). IntechOpen. DOI: 10.5772/intechopen.99193
- [22] Chen, Z., Gu, H., Bergman, R. D., & Liang, S. (2020). Comparative Life-Cycle Assessment of a High-Rise Mass Timber Building with an Equivalent Reinforced Concrete Alternative Using the Athena Impact Estimator for Buildings. *Sustainability*, 12(11), 4708. <https://doi.org/10.3390/su12114708>
- [23] <https://www.archdaily.com/934374/mjostarnet-the-tower-of-lake-mjosa-voll-arkitekter> Mjöstårnet The Tower of Lake Mjøsa / Voll Arkitekter. [03.11.2024].
- [24] Liven, H., Abrahamsen, R. (2023). Mjöstårnet: The world's tallest timber building. In World Conference on Timber Engineering 2023, June 2023, Oslo, Norway. New York: Curran Associates, Inc., pages 4209-4214.
- [25] https://vollark.no/portfolio_page/mjostarnet/ OM PROSJEKTET. [09.11.2024].
- [26] <https://www.hoho-wien.at> [17.11.2024].
- [27] <https://bigsee.eu/hoho-wien/> HoHo Wien. [17.11.2024].
- [28] https://www.siga.swiss/global_en/projects/hoho-wien HoHo Wien, Austria. [17.11.2024].
- [29] <https://www.baunetz-architekten.de/ruediger-lainer/4364761/projekt/4367039> HoHo Vienna. [17.11.2024].
- [30] <https://www.dezeen.com/2022/08/03/ascent-tower-milwaukee-worlds-tallest-timber-building/> Ascent skyscraper in Milwaukee becomes world's tallest timber building. [03.11.2024].
- [31] <https://www.thorntontomasetti.com/project/ascent> Ascent. [16.11.2024].
- [32] <https://korbarch.com/projects/ascent/> Ascent – Korb Architecture. [16.11.2024].
- [33] <https://timberlab.com/projects/ascent> Ascent. [16.11.2024].
- [34] <https://www.fs.usda.gov/inside-fs/delivering-mission/apply/worlds-tallest-timber-building-opens> World's tallest timber building opens. [17.11.2024].

- [35] <https://www.thinkwood.com/construction-projects/ascent> Ascent. [16.11.2024].
- [36] <https://www.dezeen.com/2021/10/08/sara-kulturhus-skelleftea-sweden-white-arkitekter/>. [18.11.2024].
- [37] <https://www.dezeen.com/2023/03/29/worlds-tallest-buildings-mass-timber-revolution/> [17.11.2024].
- [38] <https://www.arup.com/projects/haut/> [21.11.2024].
- [39] <https://www.miesarch.com/work/5078> [21.11.2024].
- [40] <https://www.archdaily.com/989552/haut-amsterdam-residential-building-team-v-architecture> [21.11.2024].
- [41] <https://www.dezeen.com/awards/2022/longlists/haut-amsterdam/> [21.11.2024].

YAZAR ÖZGEÇMİŞİ

Seda Nur ALKAN, Dr.

İstanbul Medipol Üniversitesi, Güzel Sanatlar Tasarım ve Mimarlık Fakültesi Mimarlık Fakültesi, İstanbul, Türkiye

alkan.sedanur@gmail.com

2012 yılında Bahçeşehir Üniversitesi Mimarlık ve Tasarım Fakültesi Mimarlık Bölümü'nü Bölüm Birincisi, Fakülte Üçüncüsü olarak bitirmiştir. 2015 yılında Bahçeşehir Üniversitesi Mimarlık Yüksek Lisans Programı'ndan, 2023 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Yapı Bilimleri Doktora Programı'ndan mezun olmuştur. 2012-2022 yılları arasında Bahçeşehir Üniversitesi Mimarlık Fakültesi'nden çalışmıştır. 2022 yılından itibaren Medipol Üniversitesi Güzel Sanatlar Tasarım ve Mimarlık Fakültesi'nde Tasarıma Giriş II ve Yapım Teknolojisi I-II dersleri vermektedir. 2023 yılı Güz Dönemi itibarıyla Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'nde Mimari Tasarım II dersi vermektedir. Geleneksel ahşap yapılar, mimarlıkta ahşap, higrotermal performans, "geri dönüşüm-sürdürülebilirlik-mimarlık" alanlarında çalışmalarını yürütmektedir.

6. Bölüm

MİMARİDE AHŞABIN LİTERAL SAYDAMLIĞI

Derya ELMALI ŞEN^{a*}

^a Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Trabzon, Türkiye, 0000-0003-2931-8927

* d_elmali@ktu.edu.tr

SUMMARY

Transparency creates both visual and functional effects through factors such as light, openness, permeability, privacy and harmony with the environment in a building. At the same time, it aims to increase the use of natural light, interaction with the environment and create spacious atmospheres in interior spaces. Wood stands out with its sustainability and naturalness. The traditional wood material has developed over time and today it can be used for structures with large spans, including multi-story buildings. Wood is a lightweight and aesthetic building material with high bearing capacity and simple joint details. Wood adds warmth to the space and offers an aesthetic and natural atmosphere. Dendriform structures, permeable load-bearing and dividing walls organized with a full-empty balance and shading elements are applications of wood in the context of transparency. The material transparency of wood is also being developed, and natural light can be incorporated into buildings with structural transparent panels that can be used instead of glass. The capacity of wood to provide transparency in architecture offers significant advantages both visually and functionally. These advantages include important features such as privacy and energy efficiency while integrating the building with the environment. The use of wood is an important element that will add value to architects' designs in terms of both aesthetics and environmental sustainability.

Keyword: *Literal transparency, wooden architecture, dendriform, mashrabiyya, brise-soleil.*

GİRİŞ

Ahşap, insanlık tarihinin en eski yapı malzemelerinden biri olup, strüktürel, fonksiyonel ve estetik özellikleriyle mimaride önemli bir yer edinmiştir. Bir malzeme olarak ahşabı bu denli önemli kılan nedenler, ahşabın doğal yapısından kaynaklanmaktadır. Doğadan doğrudan ve kolayca elde edilebilmesi, esnekliği sayesinde kolay şekillendirilebilmesi, ağırlığına oranla yüksek taşıma kapasitesine sahip olması ve dönemin alternatif malzemelerine kıyasla dayanımının yüksek olması ahşabın başlıca özellikleridir [1]. Bakımının kolaylığı, yumuşak ve hoş oluşu, doğal bir şekilde ortaya çıkan kendine özgü sıcak rengi ve sağlamlık özellikleri, tümüyle geridönüşümlü olan ahşap malzemeyi nitelikleri bakımından çok özel bir konuma taşımaktadır [2].

Doğal bir malzeme olan ahşap, çevre dostu ve sürdürülebilir bir malzeme olması nedeniyle de dikkat çekicidir. Ahşap yenilenebilir ve biyolojik olarak da geri dönüştürülebilir olma özelliklerine sahiptir. Bu yönüyle bir biyomalzemedir ve doğaya zarar vermeden tasarım yapılmasına imkan tanır. Bu tür uygulamalar özellikle çevre bilinci yüksek tasarımlarda tercih edilmektedir. Geçmişte sınırlı boyutlara sahip olması nedeniyle mimari tasarımlarda ahşap kullanımı kısıtlı kalırken günümüzde ahşap endüstrisindeki gelişmelerle bu sorun da aşılmış ve ahşap çok katlı yapıların konstrüksiyonu da dahil daha çok kullanım alanı bulmuştur.

Yapılar insanların fiziksel ihtiyaçlarını karşılarken onları çevreleyen, onlarla etkileşime giren ve algılarını şekillendiren ortamlardır. Bu bağlamda yapıların ışık geçirgenliği diğer bir ifade ile saydamlığı önemli bir ihtiyaçtır. Işığın yapıya girmesi, mekanın aydınlanmasını ve atmosferini doğrudan etkiler. Işık, bir yapının iç mekanında dinamik değişiklikler yaratır, mekanın zaman içindeki farklılıklarını ortaya çıkarır. Güneşin hareketiyle değişen ışık, gölge ve yansıma oyunları oluşturur. Bu durum, hem görsel hem de psikolojik olarak mekana derinlik katar. Bu yönüyle saydamlık kavramı, sadece estetik bir özellik olmanın ötesine geçer, estetik ve işlevsel özellikleriyle yapıyı hem görsel hem de duygusal açıdan değiştirir ve dönüştürür. Mimari bağlamda saydamlık, insanlar için önemli bir yaşam kaynağı olan ışığın içeri girmesine, mekanların daha ferah ve açık görünmesine ve kullanıcıların çevreyi daha iyi algılamasına ve bu sayede kendini daha huzurlu ve konforlu hissetmesine olanak tanıyan bir nitelik olarak ele alınmaktadır [3, 4].

Mimari tasarımda saydamlık gereksinimi, akla ilk gelen saydam malzeme cam başta olmak üzere saydam ya da opak birçok malzeme ile kurgulanabilmektedir. Ahşap da bu malzemelerden biridir. Ahşabın saydamlık özellikleri, iç mekanlardaki atmosferi etkileyerek mekan algısını güçlendirirken, cephelerdeki ahşap kullanımı geleneksel ve modern mimarinin birleşimini oluşturur.

1. Mimarlıkta Saydamlık

Türk Dil Kurumu Sözlüğünde [5] saydam kelimesi "içinden ışığın geçmesine ve arkasındaki şeylerin görünmesine engel olmayan (cisim), şeffaf, transparan"; yan anlamı ise "açık seçik, belirgin" olarak tanımlanmaktadır. Saydamlık, temelde ışık geçirgenliği açısından tanımlansa da mecazi olarak açık, net ve belirgin olma durumunu ifade eder. Mimarlıkta saydamlık ise ışık geçirgenliği doğrultusunda mekan içinde yaşayan insanın ışık, hava, gölge gibi fiziksel ve biyolojik gereksinimleri başta olmak üzere insanda ait olduğu yer, iklim ve zaman bilincinin oluşmasını sağlamak amacıyla kullanılır. Ancak saydamlık sadece iç mekanın görünürlüğü ve ışık ile ilgili değil, aynı zamanda çevre ile olan etkileşimiyle de ilişkilidir. Yapılar çevrelerine uyum sağlamak için doğal ışığı, manzara ve iklimi dikkate alarak tasarlanabilirler. Bu açıdan mimaride saydamlık çevreyle ilişki ve iletişim kurmanın bir aracı olarak görülebilir. Doğal manzaralar, dağlar, ormanlar ya da göller, saydam yüzeyler aracılığı ile iç mekana taşınır. Bu sayede yapılar çevresi ile bütünleşir ve dış dünyadan

kopmak yerine onu mekana dahil eder. Böylece saydamlık, iç mekanın doğa ile bağ kurmasını sağlayarak kullanıcıların doğa ile daha samimi bir ilişki içinde olmalarına imkan tanır. Bu durum özellikle ofis ya da hastane gibi yapılarda stres yüklü kullanıcıların psikolojik ve fiziksel olarak iyi olmasına katkı sağlar. Ayrıca saydamlık yapının doluluk ve boşluklarını belirleyerek yapının biçiminin, iç mekanlarının ve strüktürünün oluşumunu da destekler. Buna ilaveten mekanın algılanabilir ve okunabilir olmasına dolayısıyla insanın o mekansal boşluk içinde özgürce var olabilmesine ve psikolojik konfor elde etmesine imkan tanır [3, 4].

Mimarlıkta saydamlık, sadece işlevsel amaçlarla değil, estetik algıyı dönüştürmek için de kullanılır. Saydam yüzeyler, dışarıdan bakıldığında yapının içeri göstererek görüş açısını bölmeden görsel süreklilik sağlar, mekana hafiflik ve derinlik kazandırır. Bunun yanı sıra çevresel sürdürülebilirlik ile de doğrudan ilişkilidir. Doğal ışığı alarak yapının iç mekanını aydınlatır ve yapay aydınlatma ihtiyacını azaltır. Bu durum, enerji tüketiminin ve çevresel etkilerin azalmasına yardımcı olur.

Günümüzde saydamlık kavramı mimarlık yazınında literal ve fenomenal saydamlık olmak üzere iki ana başlık altında tartışılmaktadır [6,7, 8, 9,10, 11, 12]. Literal saydamlık gözle görülen ve yorumu açık olmayan, nesnel, somut ve statik bir geçirgenliği temsil ederken; fenomenal saydamlık beden tarafından hissedilen, öznel, yoruma açık ve kişisel algı yoluyla anımlandırılan, soyut ve dinamik bir geçirgenliği temsil etmektedir. Literal saydamlık, maddenin özünden ya da örgütlenmesinden kaynaklanan görsel olarak geçirgenliği anlatan saydamlığın düz anlamı iken; fenomenal saydamlık, mimari nesnenin ya da mekanın ferahlık, geçirgenlik, süreklilik, tümellik, çok katmanlılık, hafiflik, akıcılık ve derinlik gibi bedensel geçirgenliğini anlatan yan anlamlardır. Diğer bir ifadeyle literal saydamlık doğrudan saydam malzeme kullanımı ya da saydam olmayan malzemelerin örgütlenmesi ile fiziksel olarak algılanan görsel bir geçirgenlik elde edilmesidir. Fenomenal saydamlık ise bu geçirgenliğe zihinsel boyutta yüklenen anlamları da kapsayan, yoruma dayalı, çok boyutlu bir kavramdır. Bu metin literal saydamlık bağlamında ele alınmaktadır.

Mimarlıkta literal saydamlık sadece cam gibi saydam malzemelerle değil; beton, çelik, ahşap gibi saydam olmayan malzemelerin örgütlenmesi diğer bir ifadeyle dolu-boş dengesinin sağlanması ile de elde edilebilmektedir. Yapının dolu-boş dengesi, mimarlık tarihinde, bir dizi sosyolojik ve teknolojik etkenlerin sonucunda belirlenmiştir. Antik dönem ve orta çağda dinsel hegemonya, Rönesans döneminde Aydınlanma, 19. yüzyıl sonunda, sanayi toplumu ve kapitalizmin kurulmasıyla birlikte Modernizm, 20. yüzyılın son çeyreğinde ortaya çıkan İletişim ve Bilgi Devrimi süreçleri, mimarlığın dolu-boş dengesi kavramını besleyecek sosyal, kültürel ve teknolojik altyapıyı belirlemiştir. Saydamlık, yapıların dolu-boş dengelerindeki matematiksel oranlardan çok, verili tarihsel dönemdeki toplumsal, bilimsel ilerleme ve yapının dolu-boş dengesinin sanatsal uyumu arasındaki ilişkiye göre belirlenmektedir. Saydamlık kavramının mimari yapıların estetik düzeylerini yükseltbilmesinin belli bir süreç içinde gerçekleştiği, bu süreçte teknolojinin ve sosyokültürel yapıdaki değişimin önemli bir rol oynadığını söylenebilir [13].

2. Ahşabın Saydamlığı

Ahşabın yapı malzemesi olarak kullanımı beton ve çelikten çok daha eskilere dayanmaktadır. Antik çağlardan başlayarak günümüz yapım sistemlerine kadar ahşap yapıların gelişim süreci; ahşabın doğadan kolaylıkla elde edilmesine ve yapım aşamasında kolaylıkla uygulanabilmesine rağmen yavaş gerçekleşmişse de Sanayi Devrimi'ne kadar baskın yapı malzemesi olduğu söylenebilir [14, 15]. Bununla birlikte 19. yüzyılda Sanayi Devrimi'nin etkisiyle teknolojik gelişmeler sonucunda inşaat sektöründe yeni ürünlerin

kullanılması, özellikle taş ve tuğla yığma sistemlerin yaygınlaşması, çelik ve betonarme yapım sistemlerinin ortaya çıkması ve uygulanması, yapılarda taşıyıcı malzeme olarak ahşap kullanımının azalmasına neden olmuştur [16].

Ahşap yapı sistemlerinin gelişimi ve yapılarda taşıyıcı iskelet olarak kullanımının artması ise 20. yüzyılın başlarına dayanmaktadır. Artan ve giderek yaygınlaşan sanayileşmenin ortaya çıkardığı ihtiyaçlar ve I. Dünya Savaşı öncesinde ve savaş yıllarında değerli bir silah hammaddesi olan çeliğin inşaat alanından çekilmesi, ahşap malzemenin farklı işlevlere sahip yapılarda ve daha rasyonel bir şekilde kullanılması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Bu dönemde ahşap malzemenin mekanik ve fiziksel özellikleri araştırılmış, bağlantı elemanları (çivi, kama, bulon vb.) üzerinde çalışmalar yapılmış, ahşabı dış etkilere karşı koruyacak malzeme ve yöntemler geliştirilmiştir [17]. Günümüzde lamine ahşap başta olmak üzere endüstriyel ahşap ürünlerinin gelişmesiyle birlikte ahşap yeniden güçlü bir alternatif olarak ortaya çıkmıştır [15]. Ahşap, bina yapı sistemleri içinde özellikle İsveç, Norveç, Finlandiya, Kanada ve ABD'nin kuzey eyaletleri ile Japonya, Yeni Zelanda ve Avustralya'da çok daha yaygın olarak kullanılmaktadır [17]. Bu durumda söz konusu coğrafyaların iklimine bağlı olarak ahşap malzemeye erişim kolaylığı da önemli bir etkidir.

Ahşap doğal bir malzeme olarak hem fiziksel hem de estetik açıdan dikkat çekici özelliklere sahiptir. Doğal dokusu ve desenlerinin yanı sıra renk tonlarının sıcaklığı ile birçok mimari tasarımda tercih edilen çok yönlü bir malzemedir. Ahşabın yapılarda saydamlık kurgusunda kullanımı özellikle iç mekanlarda ve dış cephelerde ışık geçişi sağlayarak hem estetik hem de işlevsel faydalar sunar. Ahşabın algısal etkisi de mekanın ruh halini diğer bir ifade ile atmosferini doğrudan etkiler. Yumuşak dokusu, doğal rengi ve sıcaklığı ile insanlar üzerinde rahatlatıcı bir etki yaratır. Bu özellikle iç mekanlarda kullanılan ahşabın, mekanda psikolojik rahatlık sağladığı anlamına gelir. Bu nedenle ahşap malzeme mimaride sıklıkla tercih edilmektedir. Ahşap malzeme ile saydamlık, malzemenin doğasından kaynaklanan maddesel saydamlık ve dolu-boş dengesi ile kurgulanan örgütsel saydamlık olmak üzere iki şekilde sağlanabilmektedir.

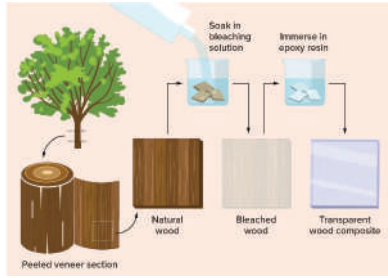
2.1. Ahşabın Maddesel Saydamlığı

Saydamlık ahşabın ışık geçirgenliği ile ilgilidir. Ahşap, doğal hali ile ışığı saçması ve emmesi nedeniyle opak bir malzeme olsa da doğru işleme teknikleri ve çeşitli işlemlerle saydam hale getirilebilmektedir. Bu doğrultuda İsveç KTH Üniversitesi'nden profesör Lars Berglund ve Amerika Maryland Üniversitesi'nde profesör Liangbing Hu liderliğinde bir grup araştırmacı tarafından yapılan çalışmalar, 2015-2016 yıllarında saydam ahşabın elde edilmesiyle sonuç vermiştir. Saydam ahşap %90'a varan oranlarda ışık geçirgenliğine sahiptir. Yüksek şeffaflık ve düşük bulanıklık oranları ile neredeyse cam ya da pleksiglas adıyla bilinen PMMA (polimetil metakrilat) ve polikarbonat levha gibi plastik esaslı malzemeler kadar saydamdır [18,19] (Şekil 6.1).



Şekil 6.1. Saydam ahşap [20]; Balsa, çam, huş ve dişbudak ağaçlarının saydam formu [21]

Ahşabın doğal yapısında bulunan ve ona rengini vererek opaklaşmasında büyük pay (%80-95) sahibi olan lignin maddesinin çıkarılması ve yerine saydamlığı sağlamak üzere hücresel düzeyde PMMA ve epoksi gibi polimerler eklenmesi sonucunda elde edilen saydam ahşap, kompozit bir malzemedir [18, 19] (Şekil 6.2). Gelişmiş mekanik özelliklere sahip olması strüktürel bir malzeme olarak kullanımını öne çıkarmaktadır [22]. Yapılan araştırmalara göre ısıtıldığında yarı saydamdan saydama dönüşebilme özelliği bulunmaktadır [23, 24]. Bunun yanı sıra cama göre daha düşük ısı iletkenliği ve daha iyi darbe dayanımı göstermektedir [25]. Esasında 1992 yılında Alman araştırmacı Siegfried Fink tarafından benzer bir yöntem uygulanarak ahşap şeffaf hale getirilmiştir [26]. 2021 yılında ise araştırmacılar, daha önce uygulanan yöntemlere nazaran ciddi oranda daha az kimyasal ve enerji kullanarak camdan daha hafif ve yük taşıyıcılığı açısından daha güçlü saydam ahşap üretebildiklerini açıklamışlardır. Güneş destekli kimyasal fırçalama yöntemi ile üretilen ahşabın, önceliklere göre daha hafif ve 50 kat daha güçlü olduğu ileri sürülmektedir [27].



Şekil 6.2. Ahşabın saydamlaşma süreci [10]

Bu gelişmelerle birlikte saydam ahşap, halen laboratuvar ölçeğinde gelişim aşamasında olup herhangi bir mimari uygulaması henüz mevcut değildir. Ancak simülasyona dayalı araştırmalar, enerji verimliliği ve tasarrufu açısından yapı endüstrisi için yüksek potansiyel taşıdığı göstermektedir [25]. Saydam ahşap plastik yapısından kaynaklanan darbeye ve kırılmaya karşı dayanıklı olması nedeniyle mimari dışında da kullanım potansiyeli taşımaktadır. Yakın gelecekte araç camları ve elektronik paneller, telefon, bilgisayar ve tv gibi ekranlı elektronik cihazlarda cam yerine tercih edilebilecektir. Saydam ahşap malzemenin mimaride saydam yüzeylerde kullanılmak üzere cam ve plastiklere alternatif olarak geliştirilmesi, her ne kadar kompozit de olsa temelde doğal bir malzeme olması nedeniyle ayrı bir önem taşımaktadır.

2.2. Ahşabın Örgütsel Saydamlığı

Ahşabın maddesel olarak saydam formu, mimaride henüz kullanılmadığından yapı endüstrisi için ahşap halen opak bir malzemedir. Bu nedenle ahşabın mimarideki saydam uygulamalarını dolu-boş dengesi ile sağlanan örgütsel saydamlık bağlamında değerlendirmek mümkündür. Ahşap, hem taşıyıcı özellikleri hem de estetik yönünden doluluk-boşluk ilişkisini dengeleyebilen bir malzemedir. Bu nedenle hem iç mekanlarda taşıyıcı strüktür, duvar, döşeme, tavan ve donatılarda hem de cephelerde kullanılmaktadır.

Ahşap taşıyıcı sistemler genellikle yüke karşı dayanımı yüksek ve depreme dayanıklı yapı malzemeleridir. Hafifliğine oranla yüksek mukavete sahiptir. Montajının kolay olması, fazla

maliyetli olmaması ve kolay işlenebilir olması ahşabı cazip kılmaktadır [17]. Yığma, iskelet/karkas gibi geleneksel taşıyıcı sistemlerin dışında estetikliği ve saydamlığı ile öne çıkan taşıyıcı sistemler dendriform strüktürlerdir. Bu sistemde genellikle düşey yönde başlayan hareket yatay düzlemde örtü ile tamamlanmaktadır. Taşıyıcı niteliği dışında ahşap iç mekanlarda akışı bozmadan mekanları birbirinden ayıran bölücü eleman olarak, cephelerde ise dış duvar olarak tercih edilmektedir. Cephelerdeki bir diğer kullanımı da sıcak iklimli coğrafyalarda karşımıza çıkan gölgeleme elemanı şeklindedir.

2.2.1. Dendriform Strüktür ve Örtüler

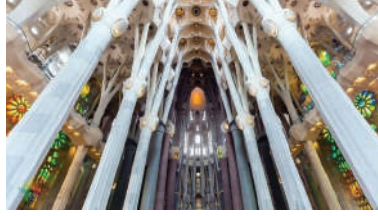
Büyük açıklıklar ve artan yüklere karşı, az sayıda ve daha narin düşey taşıyıcı ile çözümler üreten dendriform strüktürlerin sağladığı estetik mekânlar saydamlıkla örtüşmektedir. "Dendro" kelimesi, Yunanca'da ağaç anlamına gelir. Dendriform yapılar, doğadaki ağaç ve bitki yapılarından ilham alınarak tasarlanmış strüktürlerdir. Bu yapılar, organik bir form ve yapıya sahip olup ağaçların dallanma biçimini taklit eder ve genellikle biyomimetik bir tasarım anlayışını yansıtır. Çünkü ağaçlar sadece estetik formlar sunan eşsiz görünüşleriyle değil, aynı zamanda farklı türdeki iç ve dış yüklere karşı dirençleriyle de biyomimesisin ilgi alanına girmektedir. Dendriform, doğal ağaçların düzensiz ve Öklidyen olmayan geometrisinin fraktal geometri ile formüle edilmiş halidir [13, 29, 30].

Klasik strüktürel yaklaşımların ötesine geçerek, organik ve ağaç benzeri bir yapıya sahip olan dendriform strüktürler, geçmişten günümüze mimari tasarımlarda giderek artan bir ilgi görmektedir. Antik çağlarda bir süsleme biçimi olarak sıklıkla korent ve kompozit düzende sütun başlarında görülmektedir. Çin tapınak ve saraylarında yer alan Dougong Braketleri, dendriform soyutlamaların strüktürel anlamda kullanıldığı ilk örneklerdendir (Şekil 6.3). Ortaçağa gelindiğinde ihtişamlı katedral yapılarındaki büyük açıklıkların yüksek taşıyıcılar üzerinde geçilmesine duyulan ihtiyaç sayesinde daha gelişmiş örnekler sunmaya başlamıştır. Yelpaze tonozlar ve nervürlü Gotik tonozlar bu örneklerden bazılarıdır [31].



Şekil 6.3. Dougong braketleri, MÖ 770-470, Çin [31]

Dendriform yapıların evrimi 19. yüzyılda Art Nouveau dönemiyle doruk noktasına ulaşmıştır. Bu dönemde doğa insanların ihtiyaçları doğrultusunda ilkelerini gözlemleyip ilham alabilecekleri önemli bir kaynak olarak görülmüş ve dönemin önde gelen mimarları doğayı kişisel ifade aracı olarak kullanmışlardır [32]. Antoni Gaudi, La Sagrada Familia Katedralinde sütunları ağaçlara benzeterek şekil olarak taklit etmiş ve ağaç formu kullanarak daha çok yük taşıyabilen, daha fazla açıklık geçebilen, daha hafif ve bu sayede aydınlık bir iç mekân sağlayan bir taşıyıcı sistemin mümkün olduğunu keşfetmiştir (Şekil 6.4) [33]. 20. yüzyılın başlarına ve ortalarına gelindiğinde ise dendriform yapılar modern dönemde yeni bir boyut kazanmıştır [31].



Şekil 6.4. La Sagrada Familia Katedrali, 1882 (başl.), İspanya [35]

Ağaç kolonların soyutlanarak ve fraktal biçimde üretilerek bir strüktürel tip olarak ortaya çıkarılması ise Frei Otto'nun araştırmalarının sonucudur [36]. Geçmişten günümüze dendriformların gelişimine bakıldığında indirgemeci estetik arayışlarla doğan, zaman içinde fonksiyonellik ile estetiği bir arada taşıyan bütünsel arayışlara evrildiği görülmektedir. Dendriform strüktürler fonksiyonelliği ile öne çıkan, fonksiyonun formu ürettiği estetik değeri yüksek bütüncül yaklaşımları temsil etmektedir. Bu yaklaşımda yapılar, yüksek oranda dallanmış ve tekrar eden formlarıyla karakterize edilirken, aynı zamanda benzersiz bir şeffaflık potansiyeli sunmaktadır [13].

Özellikle doğaya duyarlı mimaride estetik ve fonksiyonel bir seçenek olarak ön plana çıkmaktadır. Ahşap malzeme, dendriform yapıları daha hafif ve çevre dostu hale getirir. Ahşap, yapısal açıdan esnekliği ve dayanıklılığının yanı sıra estetik açıdan ağaç formlarını kusursuz olarak yansıması nedeniyle dendriform yapılar için ideal bir malzemedir. Bu nedenle ahşap, bu tür yapılarda estetik bir strüktürel eleman olarak hem taşıyıcı görevini üstlenir hem de organik formuyla mekana zenginlik katarken saydamlaşmanın yolunu açar.

Bu anlamda Paris'teki Pompidou Merkezi'nin sanat müzesi ve tiyatro yapısını içeren ek binası olan Centre Pompidou-Metz, dendriform strüktürün güzel bir örneğidir. Yapıya karakteristiğini kazandıran en önemli tasarım bileşeni, ahşap sistemle inşa edilen, dört düşey taşıyıcı üzerinde yükselen dendriform strüktürlü çatı sistemidir. Hem geleneksel Japon yapıları hem de modern yapım tekniklerinin birleşimiyle inşa edilen yapının çatısı, oldukça büyük bir açıklık yaratmak için ahşap kirişlerden yapılmıştır. Tasarımın çıkış noktası olan bu yapı elemanı, yapıyı hafifleterek tasarımcının ana mekanda hiç bir bölücü kullanmaksızın geniş bir iç hacim yaratmasını sağlamıştır [37, 38] (Şekil 6.5).



Şekil 6.5. Centre Pompidou-Metz, 2010, Paris, Fransa, Shigeru Ban Architects [37]

Cambridge Merkez Camii, Londra'daki mevcut caminin yetersiz kalması üzerine sürdürülebilir, yenilikçi ve yaratıcı bir cami için uluslararası bir fikir projesi yarışması çağrısına yanıt olarak Marks Barfield Architects tarafından tasarlanmıştır. Ağaçlarla kaplı, sakin ve

çevre dostu duruşuyla yarışmayı kazanan proje, bir yandan geleneksel camilerde olduğu gibi İslami değerleri bünyesinde barındırırken; diğer yandan Gotik katedrallerin yelpaze tonozunu anımsatan geçmeli sekizgen kafes tonoz strüktürünü kullanarak bulunduğu coğrafyanın dini değerlerine atıfta bulunmaktadır [39] (Şekil 6.6).



Şekil 6.6. Cambridge Central Mosque, 2019, Marks Barfield Architects [40]

Güney Kore'de bulunan Yüzen Işıklar Pavyonu, Doğu Asya ahşap mimarisini yeniden yorumlamayı hedeflemektedir. Ahşap braketler gibi geleneksel birleştirme teknikleri ve yapısal sistemler, tasarımda ağaç formlu altı sütunla yeniden yorumlanmaktadır. Dendriform strüktürler, projenin bulunduğu Jinju kentindeki en sembolik yapı olan 1365'te inşa edilen Chokseok-ru'nun ön tarafında yer alan altı sütuna bir saygı niteliğinde tasarlanmıştır. Kentleşmeden önce, nehir kıyısı bambu ormanları ile çevrili olan kentin eski dokusundan ilham alan dendriform strüktürler, ormanlar arasında bir patika gibi bir iç mekan yaratılmasına imkan sağlamaktadır. Buna ilaveten üç tarafı camla çevrili yapıda iç ve dış arasındaki sınırlar bulanıklaşmakta ve saydamlık sayesinde iç mekan strüktürü de dışardan seyirlik bir figüre dönüşmektedir [41] (Şekil 6.7).



Şekil 6.7. Yüzen Işıklar Pavyonu, 2022, Jinju, Güney Kore, JK – AR Studio [41]

Longfu Yaşam Deneyimi Merkezi, ekolojik ve sürdürülebilir bir yaşam hayali kuran tüketicileri hedefleyen bir firmanın gayrimenkul satış merkezi ofisidir. Yapı bu hedef doğrultuda doğal malzemelerle ve kolayca sökülüp yeniden kullanılabilen bir modüler sistemle inşa edilmiştir. Tipik emlak satış merkezlerinin ömrünün kısa olduğu göz önüne alındığında, bu yapıda ana işleviyle sınırlı olmak yerine farklı işlevlerle sürekli kullanılabilen bir yapı geliştirilmesi öngörülmüştür. Yapıya yüklenen farklı fonksiyonları sınırlandırılmış odalar içine sığdırmak yerine bütüncül bir mekânda esnek bir kullanım tercih edilmiştir. Tasarlanan modüler dendriform strüktürün sağladığı açık planlı iç mekân bu kullanıma olanak

sağlamaktadır. Ayrıca bu örnekte strüktürün zaman zaman mobilyaya, döşemeye ya da asma katlara ulaşan düşey sirkülasyonlara dönüştüğü görülmektedir [42, 43] (Şekil 6.8).



Şekil 6.8. Longfu Yaşam Deneyim Merkezi, 2018, Puyang, Çin, LUO Studio [43]

2.2.2. Taşıyıcı Dış Duvarlar

Ahşap taşıyıcı duvarlar, yapısal olarak binanın yükünü taşıyan ve tüm yapıyı destekleyen elemanlardır. Binanın ağırlık, rüzgar yükü ve sismik etkileşimler gibi statik yüklerini güvenli bir şekilde taşımak üzere tasarlanırlar. Ahşap hafif ama güçlü bir malzeme olması nedeniyle taşıyıcı duvarlar için verimli bir seçimdir. Özellikle az katlı binalarda sıklıkla tercih edilir. Saydam ahşap duvarlar, yapının taşıyıcı işlevini yerine getirirken ışık, hava ve sesin geçişine imkan tanır. Bu duvarlar genellikle ahşap elemanların belirli aralıklarla bir araya gelerek oluşturduğu dolu-boş dengesi ile saydamlığa ulaşırlar. Özellikle Modern Mimaride saydam cepheler ve geniş pencereler, iç mekanla dış mekan arasında güçlü bir ilişki kurar. Doğal ışığın yapıya girmesi çevredeki manzarayı iç mekana taşır ve yaşam alanlarını doğa ile daha yakın kılar. Saydamlık bu açıdan yaşam kalitesini artıran önemli bir faktördür.

Aspen Sanat Müzesi ahşabın saydamlığı için iyi bir örnek teşkil etmektedir. İnşa ettiği ilk kalıcı ABD müzesi olan Aspen Sanat Müzesi'nde Shigeru Ban tasarım felsefesini şeffaflık ve açık görüş düzlemleri olarak tanımlamaktadır. Müzenin tasarım özellikleri arasında yenilikçi uzun açıklıklı ahşap uzay çerçeve çatı yapısı, dokunmuş ahşap panel cephe, galeriden gün ışığını almak için cam döşemeler, meydana üçüncü katta çatı seviyesine bağlayan açık galeri merdiveni ve bir cam asansör bulunmaktadır. Strüktür kurgusu ve malzeme seçimi ile dış ve iç mekanları doğal bir şekilde harmanlayan tasarım, dışarıdakileri binanın iç mekanı ile etkileşime girmeye davet ederken içeridekilere de dışı görme imkanı sunmaktadır [44, 45] (Şekil 6.9).



Şekil 6.9. Aspen Sanat Müzesi, 2014, Aspen, ABD, Shigeru Ban [44]

Warak Kayu Mikro Kütüphanesi, düşük geliri mahallelerde okumaya olan ilgiyi artırma hedefiyle çevreye duyarlı malzemelerle çok işlevli kamusal alanlar tasarlayan mikro kütüphane girişiminin beşinci projesidir. Pasif iklimlendirme ilkeleri çerçevesinde tamamen ahşaptan inşa edilen kütüphane, aynı zamanda ahşap inşaat tekniklerini de sergilemektedir. SHAU tarafından tasarlanan kütüphane, yerden yükseltilerek zemin seviyesinde atölye ve sunumlar için geniş ve geçirgen bir yarı açık alan sunmaktadır. Kütüphanede çocukların uzanabileceği, okuyabileceği, aynı zamanda altındaki boşluktan ebeveyn ve arkadaşlarıyla doğrudan iletişim kurabileceği bir ağ bulunmaktadır [46] (Şekil 6.10).



Şekil 6.10. Warak Kayu Mikro Kütüphanesi, 2020, Semarang, Endonezya, SHAU [46]

Kengo Kuma tarafından tasarlanan Odunpazarı Modern Sanat Müzesi'nin ilham kaynağı Odunpazarı'nın geleneksel mimarisidir. Sokak manzarasını oldukça benzersiz ve sürprizli hale getiren kıvrımlı dar sokaklar boyunca inşa edilen ve üst katlarda konsol çıkmaları bulunan ahşap evleri, kümeler halinde yansıtmak tasarımın çıkış noktası olmuştur. Ahşap evleri simgeleyen müze hacimleri küçük kutular halinde üst üste istiflenmiştir. Kutuların dış kabuğu Odunpazarı'nın adından da anlaşılacağı üzere kentin odun üzerine ticari geçmişini simgeleyen tam boy kerestelerden geçirgen bir kurguda oluşturulmuştur. Yığılmış ve birbirine kenetlenmiş kutular, içeride büyüklü küçüklü sergileme alanları yaratırken, ahşap bloklardan oluşan merkezi atriyum, katları birbirine bağlayarak doğal ışık bacası oluşturmaktadır [47] (Şekil 6.11).



Şekil 6.11. Odunpazarı Modern Sanat Müzesi, 2019, Eskişehir, Kengo Kuma [47]

Ahşap ve çelik konstrüksiyona sahip Wanjing Bahçe Şapeli, içinde kare planlı koridorun çevrelediği sekizgen bir merkezi salon bulunan, 200 m² genişliğinde küçük bir yapıdır. Ahşap koridor merkezi salon alanını çevreleyerek çift kabuk oluşturur. İç kabuk daha kapalı ve doğal ışığı yalnızca çatı ve duvarlardaki açıklıklardan alırken, SPF şeritlerinden oluşan dış kabuk, dışarıdaki manzarayı filtreleyerek iç duvarlardaki açıklıklara doğal ışık sağlamakta ve kullanıcıyı dini mekansal deneyime hazırlamaktadır. Böylece çift kabuk sistemi, geleneksel

şapelin kapatılığını sağlarken Modern Mimarinin açıklığını ve saydamlığını da tasarıma dahil etmektedir [48] (Şekil 6.12).

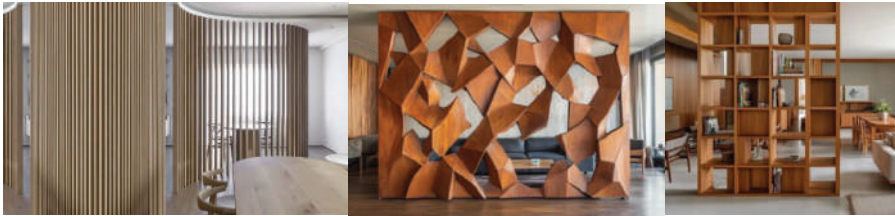


Şekil 6.12. Wanjing Bahçe Şapeli, 2014, Nanjing, Çin, AZL Architects [48]

2.2.3. Bölücü İç Duvarlar

Ahşap iç mekanda tavan, döşeme, duvar ve donatı malzemesi olarak geçmişten günümüze yaygın bir kullanıma sahip olmuştur. Ancak son yıllarda sürdürülebilirlik anlayışının artmasıyla ahşaba olan ilgi daha da artmıştır. Modern iç mekanlarda ahşap genellikle minimalist tasarımlarla birleşerek estetik ve fonksiyonelliği bir arada sunmaktadır. Ses emici özelliği ile mekanda akustik düzenlemeler için de tercih edilen bir malzemedir. Esnek olması nedeniyle farklı tarzlara kolayca uyum sağlayabilen ahşap; geleneksel, klasik, rustik, endüstriyel ve modern tarzda her türlü iç mekan tasarımında kullanıma uygundur.

Ahşap malzeme iç mekanda saydamlık bağlamında ele alındığında dolu-boş dengesi ile tasarlanmış bölücü ahşap duvarlar öne çıkmaktadır. Bölücü ahşap duvarlar, adından da anlaşılacağı üzere taşıyıcı niteliği olmayan ve iç mekanlarda alanları birbirinden işlevsel ve fiziksel olarak ayıran, aynı zamanda boşluklu yapısıyla ışık, ses ve hava geçirgenliği sağlayan yapı elemanlarıdır. Klasik dönemde tasarıma hakim olan dolu ve geçirimsiz duvarlar yerini mekanı katı sınırlarla bölmeyen, görsel sürekliliği sağlayan saydam duvarlara bırakmıştır. Günümüzde geçişçi bölücü duvarlar birçok malzeme ile uygulanabilirken ahşap algısal özellikleri nedeni ile tercih edilmektedir. Ahşap doğanın bir parçası olarak mekanlara sıcaklık, doğallık ve zerafet katır, mekanda huzurlu bir atmosfer yaratır. Odun dokusunun ve renginin çeşitliliği, her mekana özgün bir karakter kazandırır (Şekil 6.13).



Şekil 6.13. Ahşap bölücü duvarlar [49,50]

Ahşabın iç mekanda bölücü duvar elemanı olarak uygulama örnekleri oldukça fazladır. Belirli bir yapı örneği vermek gerekirse Finlandiya'nın en büyük masif ahşap binası olan Katajanokan Laituri'den söz edilebilir. Kereste tedarikçisi olan Stora Enso'nun genel merkezi olan yapı, şirketin ürünlerini sergileme amacıyla tasarlanmıştır. Helsinki'nin tarihi sahil şeridinde yer alan yapının içerisinde şirket yönetim merkezinin yanı sıra otel ve restoranı bulunmaktadır. Projenin hedefi, uzun bir yaşam döngüsü boyunca iklim etkilerini en aza indirmek ve yenilenebilir kaynak ve malzemelerden en iyi şekilde yararlanmaktır. Bu doğrultuda iç mekan ahşap ağırlıklı olarak tasarlanmış, duvar ve döşemelerin büyük kısmı ahşaptan yapılmıştır. Dört kat boyunca uzanan atriyum, ahşap çitalarla sarılarak geçirgen bir kurgu ile iç mekanı aydınlatmaktadır [51] (Şekil 6.14).



Şekil 6.14. Stora Enso Yönetim Merkezi, Helsinki, Finlandiya, 2013, Anttinen Oiva Architects [51]

Kengo Kuma tarafından Tokyo'da bambu sepeti şeklinde tasarlanan Sunny Hills Tatlı Dükkanı da ahşap uygulaması ile dikkat çekmektedir. Japon ahşap mimarisinde kullanılan geleneksel "Jigoku-gumi" adı verilen birleştirilmiş bir sistem üzerine inşa edilmiştir. Aynı genişlikteki dikey ve çapraz parçaların birbirine dolanması ile bir muntin ızgarası oluşmaktadır. Yapının sadece iç duvarları değil, dış duvarları da ızgara şeklinde inşa edilmiştir [52]. Yapı bu ızgara sayesinde elde ettiği boşluklu ve saydam yapısıyla bulunduğu konumda ağır ve masif bir etki yaratmak yerine hem çevresi ile bütünleşebilmekte hem de seyirlik bir nesneye dönüşmektedir (Şekil 6.15).



Şekil 6.15. Sunny Hills Tatlı Mağazası, 2013, Tokyo, Japonya, Kengo Kuma [52]

Kaliforniya Oakland'da kentin simge yapılarından biri olan Işık İsa Katedrali, mütevazı malzemelerin yenilikçi kullanımı ile kullanıcıda hafiflik ve aydınlık hissi uyandırmaktadır. Katedral, en hafif ekolojik ayak izi bırakma ve 300 yıl ayakta kalabilme hedefleri ile SOM tarafından tasarlanmıştır. Malzeme ve strüktür seçiminde bu hedefler etkili olmuştur. Her ikisi

de zeminde beton bir tabana sabitlenmiş cam bir perde ile onu içten saran lamine ahşap bir iç strüktürden oluşan yapı, Katolik geleneklerini çağdaş bir estetik anlayışla ele alırken taşıyıcı ve bölücü ahşap iç duvarlar ile mekanda kapsayıcı ve bütünleştirici bir algı yaratmaktadır. Işık geçirgen kurgusu sayesinde akşam aktiviteleri dışında bina tamamen gün ışığı ile aydınlatılmaktadır [53] (Şekil 6.16).



Şekil 6.16. Işık İsa Katedrali, 2008, Oakland, ABD, SOM [53]

2.2.4. Gölgeleme Elemanları

Dış cephede kullanılan brise-soleil ve maşrabiya, yapının güneş ışığını kontrol etme ve iç mekânları ısıdan koruma amacıyla tasarlanan gölgeleme elemanlarıdır. Fransızca "güneşi kırmak" anlamına gelen brise-soleil, genellikle yatay ve dikey şekillerde tasarlanmış, yapının dış cephesine ikinci bir katman olarak yerleştirilen gölgeleme elemanlarıdır. Güneş ışığını engelleyerek iç mekânlarda ısı artışını azaltır ve enerji verimliliğini artırır. Eklendiği yapıya aynı zamanda estetik bir değer katarak, Modern Mimarının önemli unsurlarından biri haline gelmiştir.

Maşrabiya ise Arap İslam mimarisinin en önemli öğelerinden biridir. Bu geleneksel elemanlar, ahşap işçiliğiyle yapılmış, pencere ya da cephe kapakları olarak işlev gören, genellikle karmaşık geometrik desenlere sahip yapılar olup, iç mekânın mahremiyetini korurken dışarıyla etkileşimi denetler [54]. Maşrabiya, genellikle mahremiyet sağlamadaki etkisi ile öne çıkarken aslında tıpkı brise-soleil gibi sıcak iklim bölgelerinde ışık, ısı, nem ve rüzgârı denetimle iç mekâna taşıma görevini üstlenen bir gölgeleme elemanıdır. Yerel iklim koşullarına göre tasarlanmış olan bu elemanlar, yaz aylarında iç mekânları serin tutarken, kışın iç mekânın ısını korur. Ahşabın kullanımı, bu öğelerin dayanıklı ve estetik olmasını sağlar (Şekil 6.17).



Şekil 6.17. Maşrabiya detayı, Suhaymi konutu, Kahire, Mısır [55]

Günümüzde maşrabiya uygulamaları, geçmişin geleneksel estetiğini çağdaş tasarımlarla harmanlamak için yeniden popülerlik kazanmıştır. Benzer şekilde brise-soleil uygulamaları da yine sıcak iklim bölgelerinde ışık ve ısı denetimi sağlamak amacıyla özellikle cam cepheli yapılarda ikinci bir kabuk olarak tercih edilmektedir.

Guyana Üniversitesi Kütüphanesi'nde ahşap malzeme ile brise-soleil örneği uygulanmıştır. Mimari tasarımın ana kurgusu açık bir çevresel alan yaratılması olduğu için çevre ile hiçbir diyalogu olmayan tek parça halinde blok bir yapı yapmak yerine bina, galeri ya da peristil adı verilen değişken boyutlarda bir çerçeve ile sarılmıştır. Bu galeri ahşap malzeme ile organize edilen yarı açık bir alan olup, güneşten ve yağmurdan korunan, öğrencilerin geçtiği, buluştuğu ve bazen birlikte vakit geçirdiği iç ve dış arasında bir eşik mekandır [56] (Şekil 6.18).



Şekil 6.18. Guyana Üniversitesi Kütüphanesi, 2013, Cayenne, Fransız Guyanası, Rh+ Architecture [56]

Yale Üniversitesinin mevcut kampüsünün büyük bir kısmı şehri dışlayan, içe dönük ve kapalı dörtgenler etrafında kümelenirken, Yeni Heykel Binası ve Sanat Galerisi bu algıyı tersine çevirmeyi ve davet edici bir tasarım yapmayı hedeflemiştir. Sokak cephesi üzerinde tasarlanan Galeri, çevredeki evler gibi onlarla uyumlu bir şekilde kırmızı sedir ağacından ahşap bir cephe yüzeyi ile kaplanmıştır. Heykel Binası ise içteki saydam ve yarı saydam panellerden oluşan cam küpün dışına parlamayı önlemek ve yazın güneş ışığını ve ısını önlemek için ahşap güneşlik sistemiyle birleştirilmiştir. Cam kütleli saran ahşap zarf sadece gölgeleme elemanı olarak işlevsel değildir, geçirgenliği ile estetik olarak bütüncül bir bina algısı yaratmakta, biçimsel dili ile çevredeki gotik yapılara da referans vermektedir [57] (Şekil 6.19).



Şekil 6.19. Yale Heykel Binası ve Sanat Galerisi, Connecticut, ABD, 2007, Kieran Timberlake [57]

Tarihi bir dokuda infill (dolgu) projesi olarak inşa edilen Çift Dupleks Konutu, dört katlı iki konuttan oluşmaktadır. Kütle ve geometrisi ile genel dokuya ve bağlama uyum sağlarken bugünü de yansıtmaya gayreti içinde olan tasarım, 19. yüzyıl zanaat kavramını iki katlı gölgeleme elemanı ile yorumlamaktadır. Çağdaş bir maşrabiya yorumu olan saydam ahşap yüzey, ön ve arka balkonları çevreleyerek ışık denetimi ve mahremiyet sağlamaktadır. Biyolojik olarak geliştirilmiş, çürümeye dayanıklı ve sürdürülebilir ahşap perde ile dinamik bir cephe oluşturulurken, içteki ve dıştaki kullanıcıya gece ve gün boyunca derinlik, açı ve gölgenin çeşitli karşılıklı ilişkileri içinde değişen görsel etkiler sunmaktadır [58] (Şekil 6.20).



Şekil 6.20. Çift Dupleks Konut, 2016, Toronto, Kanada, Batay-Csorba Architects [58]

Şehrin tarihi merkezinde demiryolu hattı ve IJssel Nehri'nin yanında eski sanayi bölgesinde tasarlanan P+R tesisi, eski Hanseatik şehrinin tarihi depolarına ve geleneksel endüstrilerine göndermeler içeren bir kapalı otoparktır. Bu karakter hem binanın genel tasarımında hem de malzeme seçimine yansıtılmıştır. Bir uçta katlar arası bağlantıyı sağlayan sarmal rampa dinamik bir etki yaratırken, diğer uca uzayan yan duvarlar ahşap panjurlar aracılığıyla deponun tipolojisini anımsatmakta ve karakteristik bir silüet oluşturmaktadır. Zeminden galvanizli kolonlarla yükseltilen yapı, sokak seviyesinde şeffaf bırakılarak gün ışığından en iyi seviyede yararlanırken, üst katlarda ahşap çıtalarla kaplanan cephe denetimli doğal ışık ve havalandırma sağlamaktadır [59] (Şekil 6.21).



Şekil 6.21. P+R Car Park, 2017, Zutphen, Hollanda, ModerscheimMoonen Architects [59]

SONUÇLAR

Mimarlıkta saydamlık, görsel ve estetik bir unsur olmanın ötesinde, mekanın işlevselliğini, çevreyle etkileşimini ve insan psikolojisini etkileyen önemli bir tasarım aracıdır. Mimarlıkta saydamlık; literal bağlamda doğal ışıktan yararlanma, çevre ile ilgili bilgi sahibi olma, binayı hem içeriden hem dışarıdan okunabilir hale getirme gibi birçok amaçla kullanılabilir. Işık, açıklık, geçirgenlik, hafiflik, mahremiyet ve çevreyle uyum gibi faktörler saydamlığın

mimarideki çok boyutlu etkilerini oluşturur. Saydamlık, bir yapının doğayla bütünleşmesine, iç mekanlarda ferah ve açık atmosferler yaratılmasına, mahremiyetin korunmasına ve enerji verimliliği sağlanmasına katkıda bulunur.

Nesnel bakış açısı ile ele alınan literal saydamlık diğer bir ifade ile kişiden kişiye değişmeksizin herkes tarafından aynı şekilde algılanan gerçek saydamlık, ya malzemenin doğasına özgü bir niteliğidir ya da dolu-boş dengesi ile sonradan kurgulanabilir. Bu durumda mimari tasarımda saydamlık kurgusu, saydam ya da opak olmasına bakılmaksızın her tür malzeme ile gerçekleştirilebilmektedir. Ancak ahşap, doğal ve sürdürülebilir olma özellikleri ile saydamlık organizasyonunda tercih edilebilecek malzemeler arasında sıyılmaktadır. Ahşap malzeme, yüke karşı yüksek dayanım göstermesinin yanı sıra mekânın sıcaklık algısını güçlendirirken tasarıma doğallık ve özgünlük katmaktadır.

Ahşap, tarihin başlangıcındaki ilkel barınaklardan ve basit açıklıklardan başlayarak günümüzün köprü ve çok katlı binalar gibi karmaşık yapılarına kadar varlığını ve etkisini sürdürmüştür. Ahşap, taşıma kapasitesi yüksek, birleşim detayları basit, hafif ve estetik bir yapı malzemesidir. Bilgi birikimi arttıkça ve teknoloji geliştikçe diğer tüm malzeme ve yapılar gibi ahşap da gelişmiştir. Günümüzde geniş açıklıkların ahşapla geçilmesine engel bir durum kalmamıştır. Artık çok katlı yapılar tamamen ahşap konstrüksiyonla yapılabilmektedir. Geline noktada ahşabın saydam formu da geliştirilmiştir, yani ahşabın maddesel saydamlığı söz konusudur ancak henüz gelişim aşamasında olup mimari uygulaması yapılmamıştır. Saydam ahşap, cam yerine yük taşıyıcı ve yapısal şeffaf panellerle doğal ışığı binalara dahil edebilecekleri için mimarlara çok daha fazla tasarım özgürlüğü sunacaktır.

Dolu-boş dengesi ile sağlanan örgütsel saydamlık bağlamında ise dendriform yapılar, taşıyıcı ve bölücü iç ve dış duvarlar ile cephede ihtiyaç duyulan gölgeleme elemanları ahşabın saydam kullanımları olarak karşımıza çıkmaktadır. Saydamlık bir yapının iç ve dış mekânlarının görsel etkileşimini ifade eder. Dendriform yapılar, bu etkileşimi özgün bir şekilde yorumlama fırsatı sunmaktadır. Bu tür yapılar, geleneksel yapı elemanlarından daha az malzeme kullanarak daha büyük açıklıklar yaratırken, sürekli ve akışkan bir mekânsal organizasyon yoluyla fiziksel ve görsel sürekliliğe izin vermektedir. Ayrıca bu tür yapılar da kullanılan dalgalı formlar ve organik geometriler iç mekânlarda farklı perspektifler yaratarak mekânın bütüncül bir şekilde algılanmasını desteklemektedir. Benzer şekilde geçirgen taşıyıcı ve bölücü duvarlar da iç ve dış arasında sürekliliği sağlamakta, çevreyle bütünleşirken sınırları korumaya imkan tanımaktadır. Brise-soleil ve maşarabiya gibi çözümler ise ışık, ısı, nem ve rüzgar denetiminin yanı sıra mahremiyet sağlamaktadır.

Sonuç olarak, yapılarda ahşap malzeme kullanımı, hem görsel hem de işlevsel açıdan birçok avantaj sunmaktadır. Çünkü ahşap doğal ve sıcak bir ortam yaratırken, sürdürülebilir bir yaşam tarzını da destekler. Bu nedenle, tasarımlarda ahşabın rolü giderek daha önemli hale gelmektedir. Bu bağlamda mimarlar, biyomalzeme olan ahşabı kullanarak kullanıcının fiziksel ve psikososyal gereksinimleri doğrultusunda önemli bir ihtiyaç olarak ortaya çıkan saydamlığı tasarımlarına entegre ettiklerinde; estetik, algısal, işlevsel ve çevresel açıdan dengeli yapılar ortaya koyabilirler.

KAYNAKÇA

- [1] Smith, I. & Snow, M. A. (2008). Timber: An ancient construction material with a bright future. *The Forestry Chronicle*, 84(4), 504-510. DOI:10.5558/ffc84504-4.
- [2] Canan, F. (2003). Sürdürülebilir mimarlıkta ahşap yapı malzemesi kullanımı: Lyss Orman Bekçiliği Okulu örneği, *Yapı*, 262, 85-91.
- [3] Tokyay, V. Z. (2009). *Mimarlığın Oluşumunda Saydamlığın Işığı*. Tasarım Yayın Grubu, İstanbul.

- [4] Elmalı Şen, D. (2019). Eğitim Yapılarında Saydamlık. S. Al Şensoy (Ed.), *Eğitim Yapıları ve Tasarımı* içinde, s. 411-441. Pegem Akademi, Ankara.
- [5] <https://sozluk.gov.tr/>. Saydam. [21.11.2024].
- [6] Rowe, C. & Slutzky, R. (1963). Transparency: literal and phenomenal. *Perspecta*, 45-54.
- [7] Erdönmez, M. E. (1999). Maddede Geçirgenlik-Şeffaflık, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [8] Akcan, E. (2000). Cam: Cinsel kimlik: Makine-Maison de Verre -Camin simgeleri ve deneysel saydamlık. *Domus m Dergisi*, 4, 78-82.
- [9] Eroğlu, Y. (2003). Mimarlık ve Şeffaflık, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [10] Elmalı, D. (2005). Mimaride Saydamlık-Opaklık Kavramları ve Cephelerin Algılanmasına Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- [11] Kang, E., & Park, E. J. (2021). Phenomenological transparency through depth of "inside/outside" for a sustainable architectural environment. *Sustainability*, 13(16), 9046. DOI:10.3390/su13169046.
- [12] Elmalı Şen, D. (2023). İçteki Dış Dıştaki İç: Mimarlıkta Saydamlık(lar) Üzerine – I. Z. Özçetin (Ed.), *Mimarlık, Planlama ve Tasarımda Yenilikçi Çalışmalar* içinde, s. 25-52, Duvar Yayınları, İzmir.
- [13] Uluçay Temel, M. & Elmalı Şen, D. (2023). Analysing Dendriform Structured Architectural Designs in terms of Transparency. *Advancements in Civil Engineering and Architecture*, Vol 2: Architecture içinde, ICEARC'23: International Civil Engineering and Architecture Conference, Ekim 2023, Trabzon, Türkiye, s. 250-265.
- [14] Batur, A. (2004). Gelişmiş Ahşap Yapım Sistemleri ve Türkiye Koşulları Yönünden Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.
- [15] Çelik, H. K. & Şakar, G. (2022). Geçmişin ve geleceğin yapı malzemesi olarak ahşap: yapı mühendisliği çerçevesinde bir inceleme. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 36, 298-304. DOI: 10.31590/ejosat.1108072.
- [16] Bilici, S. (2006). Ahşap Konut Üretim Sistemleri: Almanya Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- [17] Çalışkan, Ö., Meriç, E. & Yüncüler, M. (2019). Ahşap ve ahşap yapıların dünü, bugünü ve yarını. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(1), 109-118. DOI: 10.35193/bseufbd.531012.
- [18] Li, Y., Fu, Q., Yu, S., Yan, M. & Berglund, L. (2016). Optically Transparent Wood from a Nanoporous Cellulosic Template: Combining Functional and Structural Performance. *Biomacromolecules*, 17(4): 1358-1364. DOI:10.1021/acs.biomac.6b00145.
- [19] Zhu, M., Song, J., Li, T., Gong, A., Wang, Y., Dai, J., Yao, Y., Luo, W., Henderson, D. & Hu, L. (2016). Highly Anisotropic, Highly Transparent Wood Composites. *Advanced Materials*, 28(26), 5181-5187. DOI:10.1002/adma.201600427.
- [20] <https://phys.org/news/2019-11-transparent-wood-material-future.html>, transparent wood. [15.12.2024].
- [21] Li, Y., Fu, Q., Rojas, R., Yan, M., Lawoko, M., Berglund, L. (2017a). Lignin-retaining transparent wood. *ChemSuschem*, 10, 3445-3451. DOI:10.1002/cssc.201701089.
- [22] Katunsky, D., Kanocz, J. & Karl'a, V. (2018). Structural elements with transparent wood in architecture. *International Review of Applied Sciences and Engineering*, 9(2), 101-106. DOI: 10.1556/1848.2018.9.2.4.

- [23] Li, Y., Fu, Q., Yang, X., Berglund, L. (2017). Transparent wood for functional and structural applications. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 376:20170182. DOI: 10.1098/rsta.2017.0182.
- [24] Li, Y., Vasileva, E., Sychugov, I., Popov, S., Berglund, L. (2018). Optically Transparent Wood: Recent Progress, Opportunities, and Challenges. *Advanced Optical Materials* 6(14), 1800059. DOI:10.1002/adom.201800059.
- [25] Arehart, J. (2017). Energy Performance Analysis of Transparent Wood Composite-Based Glazing Systems in Commercial Buildings. Civil Engineering Graduate Theses & Dissertations.
- [26] Fink, S. (1992). Transparent Wood – A New Approach in the Functional Study of Wood Structure. *Holzforschung*, 46(5), 403–408. DOI:10.1515/hfsg.1992.46.5.403.
- [27] Xia, Q., Chen, C., Li, T., He, S., Gao, J., Wang, X., Hu, L. (2021). Solar-assisted fabrication of large-scale, patternable transparent wood. *Science Advances*, 7(5), eabd7342. DOI:10.1126/sciadv.abd7342.
- [28] <https://knowablemagazine.org/content/article/technology/2023/why-scientists-are-making-transparent-wood>. Transparent wood. [15.12.2024].
- [29] Mandelbrot, B. B. (1982). *The Fractal Geometry Of Nature* (Vol. 1). WH Freeman, New York.
- [30] Selçuk, S. A. & Sorguç, A. G. (2007). Mimarlik tasarımı paradigmasında biomimesisin etkisi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22(2), 451-459.
- [31] Rian, I. M., & Sassone, M. (2014). Tree-inspired dendiforms and fractal-like branching structures in architecture: A brief historical overview. *Frontiers of Architectural Research*, 3(3), 298-323. DOI: 10.1016/j.foar.2014.03.006.
- [32] <https://www.ancientpages.com/2017/07/31/ancient-secrets-of-dougong-brackets-how-2500-year-old-buildings-could-survive-earthquakes/>, Dougang Brackets. [15.12.2024].
- [33] Grady, J. (1955). Nature and the Art Nouveau. *The Art Bulletin*, 37(3), 187-192.
- [34] Harris, D. (2016). How can biomimicry be used to enhance the design of an architectural column?. Master Thesis, Deakin University, Australia.
- [35] <https://www.tpocg.org/blog/la-sagrada-familia>, Sagra da Familia. [15.12.2024].
- [36] Hui-Jun, L., Zheng-Zhong, W., & Zhan-Chao, L. I. (2013). Reliability and sensitivity analysis of dendiform structure. *International Journal of Space Structures*, 28(2), 75-86. DOI: 10.1260/0266-3511.28.2.75.
- [37] <https://www.archdaily.com/490141/centre-pompidou-metz-shigeru-ban-architects>. Centre Pompidou-Metz. [10.12.2024].
- [38] <https://shigerubanarchitects.com/works/cultural/centre-pompidou-metz/>. Centre Pompidou-Metz. [10.12.2024].
- [39] <https://marksbarfield.com/projects/cambridge-mosque/>. Cambridge Central Mosque. [10.12.2024].
- [40] <https://www.dezeen.com/2021/01/20/cambridge-central-mosque-marks-barfield-architects/>. Cambridge Central Mosque. [10.12.2024].
- [41] <https://www.archdaily.com/1003586/pavilion-of-floating-lights-jk-ar>, Pavilion of Floating Lights. [10.12.2024].
- [42] <https://www.dezeen.com/2018/11/26/longfu-life-experience-centre-luo-studio-wood-china-architecture/>. Longfu Life Experience Centre. [10.12.2024].

- [43] <https://www.archdaily.com/906547/longfu-life-experience-center-luo-studio>, Longfu Life Experience Centre. [10.12.2024].
- [44] <https://www.archdaily.com/546446/aspen-art-museum-shigeru-ban-architects>, Aspen Art Museum. [12.12.2024].
- [45] <https://shigerubanarchitects.com/works/cultural/aspen-art-museum/>, Aspen Art Museum. [12.12.2024].
- [46] <https://www.archdaily.com/936421/microlibrary-warak-kayu-shau-indonesia>, Warak Kayu Micro Library. [12.12.2024].
- [47] <https://www.archdaily.com/924542/odunpazari-modern-art-museum-kengo-kuma-and-associates>, Odunpazari Modern Art Museum. [15.12.2024].
- [48] <https://www.dezeen.com/2014/10/09/nanjing-wanjing-garden-chapel-azl-architects/>, Wanjing Garden Chapel. [15.12.2024].
- [49] <https://www.avino-timber.com/timber-louvre-partition-walls/s108098/>, Wooden partition wall. [15.12.2024].
- [50] <https://www.nobroker.in/blog/wooden-partition-walls-for-living-room/>, Wooden partition wall. [15.12.2024].
- [51] <https://www.dezeen.com/2024/09/25/anttinen-oiva-architects-mass-timber-building-helsinki/>, Katajanokan Laituri. [15.12.2024].
- [52] https://www.archdaily.com/484981/sunnyhills-at-minami-aoyama-kengo-kuma-and-associates?ad_medium=gallery. Minami Aoyama. [15.12.2024].
- [53] <https://www.som.com/projects/cathedral-of-christ-the-light/>, Cathedral of Christ the Light. [15.12.2024].
- [54] Geilil, N. A. (2006). A new mashrabiyya for contemporary Cairo: Traditional latticework from Islamic and Japanese cultures. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 5(1), 37-44. DOI: 10.3130/jaabe.5.37.
- [55] <https://www.archdaily.com/510226/light-matters-mashrabiya-translating-tradition-into-dynamic-facades/5383c630c07a80317a00004e-light-matters-mashrabiya-translating-tradition-into-dynamic-facades-image>. Mashrabiya [16.12.2024].
- [56] <https://architizer.com/blog/inspiration/collections/wooden-brise-soleil/>, Guyana University Library [16.12.2024].
- [57] <https://kierantimberlake.com/page/sculpture-building-and-school-of-art-gallery>, Yale Sculpture Building [16.12.2024].
- [58] <https://architizer.com/projects/double-duplex/>, Double Duplex [16.12.2024].
- [59] <https://www.archdaily.com/867106/p-plus-r-car-park-zutphen-moederscheimmoonen-architects>, P+R Car Park Zutphen. [16.12.2024].

YAZAR ÖZGEÇMİŞİ

Derya ELMALI ŞEN, Prof. Dr.

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakóltesi, Mimarlık Bölümü, Trabzon, Türkiye

d_elmalı@ktu.edu.tr

Lisans derecesini 2001 yılında, Yüksek Lisans ve Doktora derecelerini 2005 ve 2009 yıllarında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mimarlık Bölümü'nden almıştır. 2002 yılında KTÜ'de araştırma görevlisi olarak başladığı akademik kariyerini aynı kurumda profesör olarak sürdürmektedir. Mimaride algı ve anlam, mimaride saydamlık, kültürel mirasın sürdürülebilirliği ve nöromimari konuları temel araştırma ve ilgi alanlarını oluşturmaktadır. Bu alanlarda ulusal ve uluslararası düzeyde makale, kitap bölümü ve bildiriler yayımlamakta ve araştırmalar yürütmektedir. KTÜ Mimarlık Bölümü lisans ve lisansüstü programlarında teorik ve uygulamalı dersler veren Elmalı Şen, akademik çalışmalarına devam etmektedir.

7. Bölüm

AHŞAP YAPILARDA BAĞLANTI ELEMANLARI

Hasan ÖZTÜRK^{a*}, Okan İLHAN^b, Aydın DEMİR^c

^a Karadeniz Teknik Üniversitesi, Arsin Meslek Yüksekokulu, Ormancılık Bölümü, Trabzon, Türkiye, ORCID: 0000-0002-5422-7556

^b Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği, Trabzon, Türkiye, ORCID: 0000-0001-8882-6461

^c Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği, Trabzon, Türkiye, ORCID: 0000-0003-4060-2578

* hasanozturk@ktu.edu.tr

SUMMARY

In the context of ongoing urbanisation, the construction of high-rise buildings is becoming increasingly prevalent as a means of optimising the utilisation of land. Indeed, the growth of the global population, which is projected to exceed two-thirds of the total population living in urban areas by 2050, coupled with the ongoing trend of urbanisation, necessitates the development of increasingly dense urban forms, which typically involves the construction of high-rise buildings. Nevertheless, the rise in building heights has also given rise to significant challenges in the field of structural engineering. One of the most significant challenges is ensuring that the structure can effectively resist horizontal loads (earthquake, wind, etc.) in a satisfactory manner. Fasteners are known to absorb significant forces and deformations. Since 2010, there has been a notable increase in the number of studies on timber structures. Currently, research topics of particular interest include life cycle assessment, carbon emission, environmental performance, connection models and fasteners.

This study presents a comprehensive review of the existing literature on fasteners in timber structures, offering insights and recommendations based on the analysis of this literature.

Keyword: *Wooden structures, fasteners, connection technique.*

Giriş

Son yıllarda, giderek daha fazla enerji verimli ve düşük karbonlu binalar tasarlamak ve inşa etmek için güçlü bir çaba sarf edilmektedir. Yapı malzemelerinin sürdürülebilirlik kimlik bilgilerini artırmak, günümüz inşaat sektöründe en çok araştırılan ve tartışılan konulardan birisidir [1]. Bu maksatla alternatif teknolojik çözümlerin araştırılması amacıyla yapılan birçok çalışmaya göre en geçerli seçenek ahşap sistemler olarak görülmektedir [2, 3, 4, 5]. Ahşap inşaat teknikleri günümüze, ham ahşap çerçeveleme elemanlarından (yarım ahşap, balon ve platform çerçeveleme) prefabrik yapı elemanlarına, duvarlara (hafif ahşap), masif ahşap duvarlara (mass timber), zeminlere ve çatılara (doğrusal, kompozit ahşap, mass timber) ve beton-ahşap hibrit elemanlara doğru gelişmiştir. Şu anda, yapı sistemlerindeki yenilikler esas olarak yapısal ve bağlantı elemanlarına yöneliktir [6]. Ancak, bu tür yeniliklerin bina yönetmeliği gerekliliklerini karşılaması gerekmektedir.

Günümüzde, kentleşmenin artmasıyla beraber yapılaşma olarak, arazi kullanımını verimli bir şekilde değerlendirme amacıyla yüksek katlı binalar inşa edilmektedir [7]. Hatta nüfus artışına bağlı olarak, 2050 yılına kadar küresel nüfusun 2/3'ünden fazlasının kentsel alanlarda yaşayacağı tahmin edilmektedir [8]. Bu durumunun kentleşme eğilimi ile birleştiğinde, giderek daha yoğun kentsel formların oluşturulmasını gerektirmekte ki bu da genellikle yüksek katlı binaların inşası anlamına gelmektedir [8, 9]. Ancak bina yüksekliklerinin artması, yapı mühendisliği bakımından ciddi problemleri de beraberinde getirmiştir. Bu problemlerin en başında yatay yüklerin (deprem, rüzgâr vb.) bina tarafından uygun bir şekilde karşılanabilmesi olmuştur. Bağlantı elemanları büyük kuvvetleri ve deformasyonları absorbe etmeye eğilimlidirler [10]. Ahşap yapılar üzerine yapılan çalışmaların sayısı 2010'dan bu yana önemli ölçüde artmış ve bugün yaşam döngüsü değerlendirmesi, karbon emisyonu, çevresel performansı, bağlantı modelleri ve bağlantı elemanları ana araştırma konuları haline gelmiştir [11]. Bu çalışmada güncel literatür taraması yapılmış, ahşap yapılarda bağlantı elemanları incelenip derlenerek, sonuç ve önerilerde bulunulmuştur.

1. Bağlantı Elemanları

Bağlantı; iki ya da daha fazla materyalin bir arada tutturulması işlevidir [12]. Bağlantılar, yapının bölümleri arasında yük taşıma kapasitesinin iletilmesi ve elemanlar arasında sürekliliğin sağlanması işlevine sahiptir [13, 14]. Bu elemanlar, parçaları birbirine bağlama, ağır yükleri dağıtma yetenekleri nedeniyle ahşap bir yapının temel parçaları olarak kabul edilirler [15]. Bağlantı elemanları 3 kısma ayrılır. Bunlar;

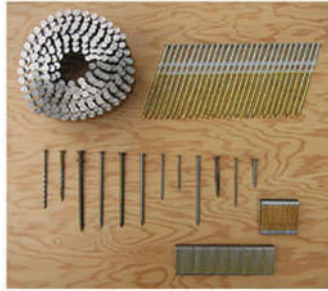
- Marangozluk Bağlantıları (Carpentry Joints): Genellikle eksenel basınç yüklerine maruz kalan ahşap birleştirme elemanlarını içerir [16]. Bu iç basınç kuvvetleri, yüzeyleri genellikle başka elemanlar olmadan çentikler ile bir birine yakın temas halinde kenetlenerek bağlantı sağlanır [17]. Marangozluk bağlantıları, Eurocode 5'e dahil değildir [16].
- Tutkallı Bağlantılar: Ahşap yapılarda yeni elemanları bağlamak ve mevcut elemanları güçlendirmek için düzenli olarak kullanılır. Piyasada genellikle epoksi ve poliüretan tutkallar kullanılır. Yapısal parmak bağlantıları ve yapıştırılmış çelik çubuklar gibi çeşitli yapıştırılmış bağlantı türleri vardır [16,18]. Bu tip yapıştırılmış bağlantılar ulusal tasarım bina standartlarını göre yapılır. Bu bağlantılar, çelik çubukların ahşap elemanın içine dahil edilmesi nedeniyle dübel tipi bağlantılara kıyasla daha fazla mukavemet ve daha iyi estetik görünüm sağlar [19].
- Mekanik Bağlantılar: Dübel tipi bağlantı elemanları ve rulman tipi bağlantı elemanları olarak ikiye ayrılır [16, 20, 21, 22]. Cıvata, vida ve çivi gibi dübel tipi bağlantı elemanları, bağlantı elemanının eksenine paralel olarak yatak gerilmelerini ve eksenel

yükleri iletir [16]. Dübeller, ahşap, çelik veya karbon takviyeli plastikler gibi diğer malzemelerden yapılmış dairesel çubuklardır. Dübeldaki eğilme ve kesme ile ahşaptaki kesme ve yataklama (gömmе) kombinasyonu ile bağlı elemanlar arasında yük aktaran bir bağlantı elemanı için kullanılan genel bir terimdir [23]. Yanal yükler, bağlantı elemanı ile bağlantı elemanları arasında oluşturulan yatak gerilimleri ile iletilir ve geri çekilme yükleri, bağlantı elemanının eksenine paralel, sürtünme veya yataklama yoluyla bağlı malzemelere iletilen aksel kuvvetlerdir [16, 17]. Metal bağlantı plakaları, dübel bağlantı elemanlarının yan yükleme hareketlerini ve metal plakaların mukavemet özelliklerini birleştirdikleri için dübel tipi bağlantı elemanlarının özel bir durumudur [18, 24]. Ayrık halka bağlantı elemanları ve kayma plakaları gibi yatak tipi bağlantı elemanları, bağlı malzemeler üzerindeki yatak aracılığıyla yalnızca yanal yükleri iletir. Askı tipi bağlantılar, dübel ve yatak tipi bağlantı elemanlarının bir kombinasyonudur. Bu bağlantılar normalde bir yapısal elemanı destekler ve kavela ve yatak hareketinin bir kombinasyonu ile başka bir elemana bağlanır [18, 24].

Literatürde, ahşap yapıların inşasında kullanılan pek çok bağlantı elemanları mevcuttur. Ahşabın yapısal malzeme olarak pek çok avantajlarından birisi de her türlü bağlantı elemanları ile kolayca birleştirilebilmesidir. Ahşap yapıların inşasında Eurocode 5: Ahşap yapıların tasarımı ve Eurocode 8: Depreme dayanıklı yapıların tasarımı standartlarından yararlanır. Bağlantı elemanlarının tasarımında bu standartlardan yararlanır. Her malzemede olduğu gibi bağlantı elemanlarının da avantajları ve dezavantajları vardır. En büyük avantajlarından birisi de sünek davranış gösterecek şekilde tasarlanmasıdır. Süneklik, malzemenin yük taşıma kapasitesini kaybetmeden plastik olarak deforme olabileme derecesidir [25]. Dezavantaj olarak; sıcaklık ve nem dayanımındaki problemlerden sözedilebilir. Yüksek sıcaklıklarda metal bağlantı elemanları eriyerek, mukavemetini kaybetmektedir. Neme maruz kaldıklarında ise korozyona uğrayarak hem kendinin hem de ahşabın direnç değerlerini düşürmektedir. Ahşap yapıda kullanılacak metal bağlantı elemanlarının kullanım yerlerine göre tasarlanması büyük önem arz etmektedir. Avrupa'da metal bağlantı elemanları, geliştirilen teknolojik çözümler sayesinde ahşabın içerisine yerleştirilerek diğer yapı elemanları ile montajı sağlanmaktadır. Bu sayede metal bağlantı elemanlarının nem ile teması önlenmekte ve olası bir yangın durumunda ısı transferinin bağlantı elemanına ulaşması zaman almaktadır [26].

1. Çiviler ve Vidalar

Küçük çaplı bağlantı elemanları; çiviler, zimbalar ve ağaç vidaları dahil olmak üzere çapı ¼ inç'e eşit veya daha küçük olan bağlantı elemanları olarak kabul edilir [27]. Çiviler en sık kullanılan küçük bağlantı elemanlarıdır. Şekil 7.1'de küçük çaplı bağlantı elemanları gösterilmiştir.



Şekil 7.1. Küçük çaplı bağlantı elemanları [27].

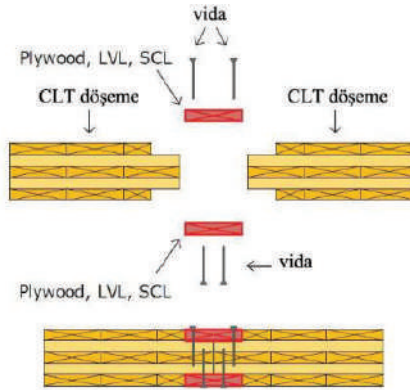
Çiviler genellikle yüklerin hafif olduğu durumlarda, hafif çerçeve inşaatı, diyaframlar ve perde duvarlar için kullanılırlar. Şu anda ahşap çivilerin bağlantısı konusunda sınırlı araştırmalar vardır. Zhou ve arkadaşları, civata deliklerinin yerel mukavemetini artırmak için glulam civata deliklerinin etrafına yapıştırılmış ahşap levhaları sabitlemek için ahşap çiviler kullanmıştır [28]. Kılavuz kanal braketlerini birden fazla açıyla bağlamak için ahşap çiviler kullanmıştır. Çivi yerleştirme açısı 60° olduğunda, eklem taşıma kapasitesi, sertliği ve süneklik katsayısı kesme-çekme durumunda en yüksek değerdedir [29].

Yoğunluğu yüksek ahşapların kullanıldığı durumda çivinin ahşabı yarması tehlikesi mevcuttur. Önlemek için ise çivi ucu köreltilbilir veya önceden matkapla bir delik açılabilir. Delme işlemi ile çivinin yanal yük taşıma kapasitesi artar ve çakma sırasında eğilme riski azalır. Aşırı çakılan çiviler ise perde duvar yapısının kesme kapasitesini etkilemektedir. Bunun sebebi ise ahşabın o bölgeden rutubet alması ve bağlantının korozyona uğramasıdır [30].

Büküm çivileriyle bağlanan ahşap duvarın iskelet eğrisi, hem çekme hem de basınç taraflarında taşıma kapasitesi değişimlerinde iyi bir eğilim gösterir ve süneklik-sertlik bozulma kapasitesi, büküm olmayan ahşap çivilerle bağlanan ahşap duvarın kapasitesinden daha güçlüdür [31].

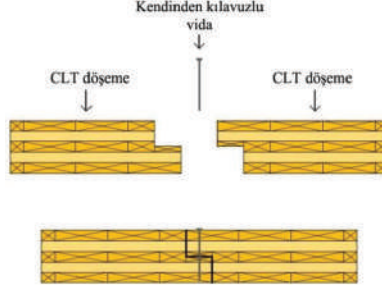
Vidalı bağlantılar tipik olarak aynı bağlantı elemanı çapına sahip çivili bağlantılara göre kesme ve çekme açısından daha yüksek mekanik özelliklere sahiptir. Vidalardaki en büyük katkı, ahşapla daha iyi bir bağ ve daha büyük bir çekme direnci sağlayan dişli kısımlardan gelir [32]. Vidalı bağlantıların bir dezavantajı ise, vidanın ahşaptan çıkması ve bunun sonucunda bağlantının gevşemesi veya kopmasıdır. Buna yüksek eksenel yük neden olur. Bağlantı elemanlarının ahşap esaslı malzemelerden çıkmaya karşı direnci çekme kapasitesi olarak adlandırılır [33]. Çekme kapasitesi, yük taşıyan elemanlar olarak eksenel yüklü vidalarla bağlantıları tanımlayan birincil mekanizmadır [34].

Fragiacomo vd. [35], CLT panel elemanların birleşimi için yaygın olarak kullanılan 2 farklı tipte bağlantı detayını incelemiştir. İlk detayda, çift yüzeysel oluklara kontrplak şerit, vida aracılığıyla sabitlenmiştir. Bu bağlantı detayında kontrplak şerit, vidalı bağlantının noktasal etkisini azaltmıştır. Çift yüzeysel oluk, duvar veya zemin panelleri arasında çok rijit ve güçlü bir bağlantıdır. Ancak sahada bağlantıyı sağlamak için gereken iş maliyetlidir. Şekil 7.2'de iki yönden oluklu, kontrplak şeritli vidalı bağlantı detayı gösterilmiştir.



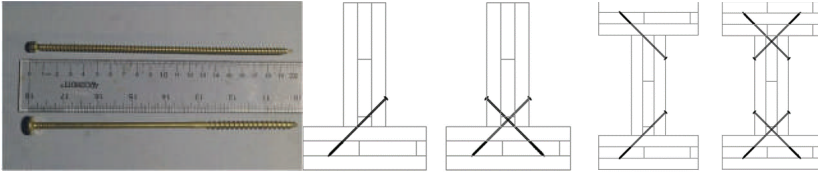
Şekil 7.2. İki yönden oluklu, kontrplak şeritli vidalı bağlantı detayı [36].

İkinci detayda ise kendinden kılavuzlu vidalar, yarım bindirmeli panelleri birbirine sabitlemektedir. Bu yöntem ile mukavemet ve sertlik değerleri iyi olabilmektedir. Ayrıca diğer yönetime alternatif daha hızlı kurulum kolaylığı da sağlamaktadır [36]. Şekil 7.3'te yarım bindirmeli, kendinden kılavuzlu vida bağlantı detayı gösterilmiştir.



Şekil 7.3. Yarım bindirmeli, kendinden kılavuzlu vida bağlantısı [36].

Bu bağlantı detayında kurulum kolaydır fakat yarım bindirme tekniğini hazırlamak için CNC makinesi kullanılmaktadır. Fabrika ortamında hazırlanan bu yöntem kurulum kolaylığı sağlamakta ancak iş yükü maliyetini de artırmaktadır [35]. Bir başka yöntem ise CLT panel-panel birleşimlerinde tamamen dişli veya yarım dişli kendinden kılavuzlu vidalar kullanılarak bağlantılar yapılmaktadır. Yapılan bir çalışmada her iki vida türünde kullanılarak duvar-duvar bağlantısı yapılmış ve sismik açıdan bu vidaların uygunluğu test edilmiştir. Şekil 7.4'te tamamen dişli ve yarım dişli kendinden kılavuzlu vidalar ve panel-panel birleşim tekniği gösterilmiştir.



Şekil 7.4. Kendinden kılavuzlu yarım ve tam dişli vidalar yardımıyla panel-panel birleşim tekniği [37].

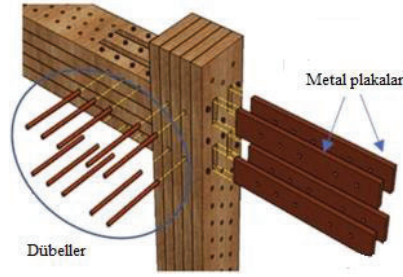
Kullanılan her iki vida da 6 mm çapında ve 200 mm uzunluğundadır. CLT paneller ise 3 katlı olup 105 mm kalınlığında üretilmiştir. Tam dişli vidalara sahip CLT bağlantılar, yarım dişli vidalara sahip CLT bağlantılara nispeten düşük süneklik göstermiştir. Bunun sebebi ise tam dişli vida adımları yük altında çok daha fazla sünek davranış sergileyememektedir [37].

1.2. Dübeller

Dübelli bağlantılar, genellikle iki eleman arasında birleşimin daha mukavemetli olmasını sağlamak için önceden açılmış deliklere sıkı bir şekilde oturan silindirik formlardır [38].

Dübeller genellikle yük doğrultusuna 90° açı ile yerleştirilir ve minimum aralık ve mesafe gereksinimleri karşılanırsa, malzemenin yüksek bir yük taşıma kapasitesine ve sünek hasar davranışına sahip olurlar [39]. Çin'in ahşap yapı mimarisinin uzun bir geçmişi vardır ve geleneksel mimarisinde önemli bir teknoloji olarak, zivana ve dübel bağlantı teknolojisi, ahşap bileşenlerin eklenmesi yoluyla Çin geleneksel mimari mirasının önemli bir bölümünü oluşturur [40]. Sanayi devriminden bu yana dübel ve lamba zıvanalı bağlantı detayları sıklıkla kullanılmaktadır [41]. Bu tür birleşim tekniğine Çin ahşap mimarisinde daha çok görülmektedir.

Masif ahşap binaların inşasında, tutkallı lamine ahşap (glulam) elemanlar yıllardır kolon veya kiriş gibi taşıyıcı elemanlar olarak kullanılmaktadır. Genel olarak, kolonlar ve kirişler yüksek mühendislik ürünü ve metalik bağlantılarla, özellikle de en yaygın kullanılan ve araştırılan bağlantı türlerinden biri olan oluklu çelik plakaların kullanıldığı dübelli bağlantılarla yapılır [42, 43, 44]. Bu bağlantı türlerinin montajı genellikle basittir ve yüksek yapısal ve yangın performansına sahiptir [45]. Şekil 7.5'te Glulam kolon-kiriş metal plaka ve dübelli bağlantı detayı gösterilmiştir.



Şekil 7.5. Glulam kolon-kiriş metal ve dübelli bağlantı detayı [1].

1.3. Çelik Köşebentler

İnce çelik levha konektörler, ahşap yapı elemanlarını birleştirmek, bir alt montajı diğerine sabitlemek ve bir yapıyı temeline sabitlemek için yaygın olarak kullanılır. Kiriş ve aşık askıları, kiriş yuvaları, sütun başlıkları, kayış bağları, çerçeveleme ankrajları, sismik ve kasırga ankrajları, çamur eşikleri, tutucular, sütun tabanları ve diğerleri dahil olmak üzere birçok farklı tipte tescilli çelik plaka konektörü ticari olarak mevcuttur. Şekil 7.6'da ahşap panel birleşimlerinde ve zemin-duvar birleşiminde kullanılan çelik köşebentler, Şekil 7.7'de ahşap panel ve zemin bağlantısı gösterilmiştir.

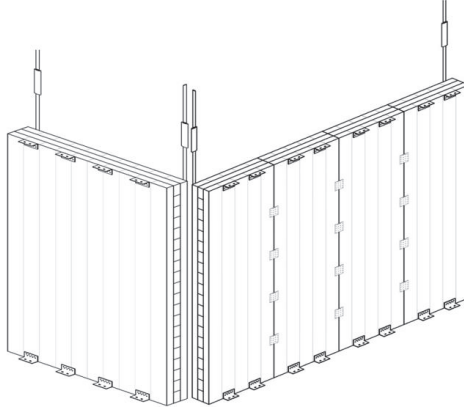


Şekil 7.6. Ahşap panel birleşimlerinde ve zemin-duvar birleşiminde kullanılan çelik köşebentler [46, 47].



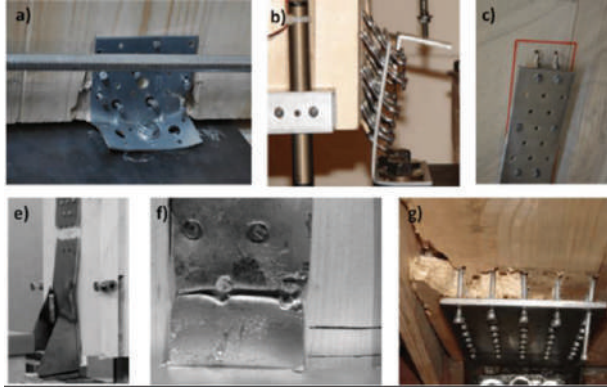
Şekil 7.7. Ahşap panel ve zemin bağlantısı [47].

Kullanılan çelik köşebentler arası uzaklık, taşıyıcı sistem hesaplamaları ile belirlenmekte olup; her 100-150 cm arayla uygulanmaktadır [48]. Şekil 7.8'de CLT panel-panel ve panel-zemin bağlantısı için çelik konektörlerin kullanım detayı verilmiştir. Deprem yükü altında perde duvar mukavemeti sınır değerine ulaşmadan önce diğer panellerle ve zeminle olan birleşim yerlerindeki çiviler, vidalar ve metal konektörler sayesinde deprem yükünün aksaması istenmektedir. Şekil 7.8'de gösterilen bağlantı detayı ABD bina kodlarında tanımlanmaktadır [49].



Şekil 7.8. CLT panel-panel ve panel-zemin bağlantı detayı [50].

Depreme dayanıklı çapraz lamine ahşap binalardaki geleneksel bağlantılar, binalar sünek olacak şekilde tasarlanırsa bile bazen kısa süreli yük altındaki hasarlara karşı hassas olabilmektedirler [51]. Bunun sebepleri arasında, bağlantı elemanlarının yanlış tasarımı, köşebentlerin montajı sırasında küçük bağlantı elemanlarına uygulanacak yüklerin gereğinden fazla uygulanması ve işçilik hatası yer almaktadır. Şekil 7.9'da sismik hasarlara karşı başarısız olmuş bağlantı örnekleri gösterilmiştir.



Şekil 7.9. Başarısız olmuş metal bağlantılar [52, 53, 54].

1.4. Açılı Braketler

Ahşap-ahşap, ahşap-beton ve ahşap-çelik elemanlarının birbirine montajında kullanılır. Çekme ve yüksek gerilime maruz kalan duvarların montajı için uygundur. Şekil 7.10'da duvar-zemin bağlantı detayı gösterilmiştir. Ahşap elemanların birbirleriyle ya da diğer elemanlarla (Beton-çelik) birleşiminde uygulanacak çok çeşitli bağlantı teknikleri bulunmaktadır. Farklı tipte bağlantı detaylarının yüklenme karşısında nasıl davrandığını gözlemleyebilmek için çeşitli çalışmalar yapılmaya devam etmektedir [38].

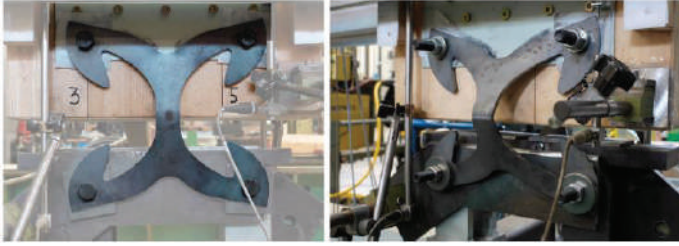


Şekil 7.10. Açılı braket zemin-panel birleşimi [47].

1.5. X Braketi

X Braket, ahşap duvar paneli ile inşa edilen binalarda özellikle CLT binalara hem kesme hem de çekme yönlerinde gelişmiş süneklik ve enerji dağıtma kapasitesini sağlamak ve ahşapta kalıcı hasarı, mukavemet azalmasını ve sıkışma etkisini azaltmak için tasarlanmış yeni nesil bir bağlantı elemanıdır [55, 56, 57]. Standart olarak 16 mm delik çapında ve 200 mm uzunluğunda olan X braketleri panelden panele ve panelden temele bağlantı olarak kullanılabilir. X braketinin birleşimi cıvatalarla sağlanmaktadır. Standart olarak 8.8 kalite cıvatalar kullanılır ve çekme dayanımı 64 kg/mm^2 'dir. Li ve Tsavdaridis [58], CLT panellerin inşası için kullanılabilecek yeni nesil bağlantı elemanlarının performansını belirlemeye yönelik çalışmalar yürütmüştür. Yaptıkları çalışmada düşey düzlem basınç altında düzlem dışı eğilme

burkulması ve gerilim altında uzamalar meydana gelirken, M16 civatalarda küçük çelik gömülmesi ve hafif plastik deformasyonlar oluşmuş, test sonrasında ahşapta gözle görülebilen bir hasar oluşmamıştır (Şekil 7.11).

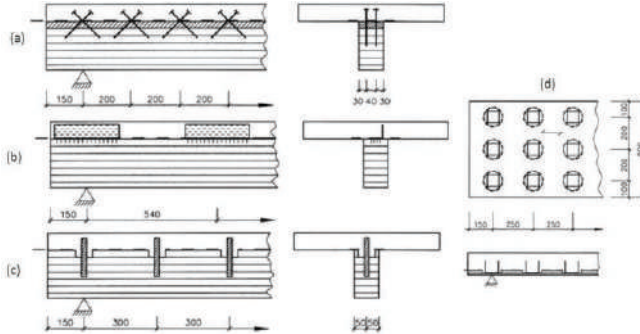


Şekil 7.11. X Braketi [58]

Bağlantılarda civata kullanılacaksa, civatalar sıkılırken başlığın veya somunun ahşabın içine çekilmesini önlemek için baş ve somun ahşaba dayandığında tüm civatalarla birlikte rondelalar kullanılmalıdır. Standart civataların boyutları $\frac{1}{4}$ inç ila 1 inç çapında ve 1 ila 16 inç uzunluğundadır. Civata delikleri düzgün şekilde hizalanmazsa, civatalara gelen yük dağılımında önemli bir kayma ve aşırı deformasyonlar meydana gelebilir [30].

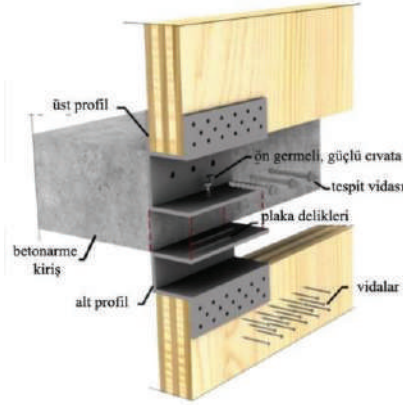
1.6. Diğer Bağlantı Elemanları ve Yöntemleri

Okutu [59], çalışmasında, Blass ve Schlager'in betonarme döşeme ve ahşap kirişler arasındaki farklı tipteki bağlantı elemanlarının performansını test ettikleri araştırmanın sonuçlarına yer vermiştir (Şekil 7.12). Ahşap elemanda yer alan oluklara veya çentiklere beton dökülerek oluşturulan bağlantıların özellikle plastik bir deformasyon özelliği verdiği ve bu tür bağlantılar kullanılırsa yüklenme durumunda aralarında bir sarsıntının oluşacağı ve kompozit kirişin nihai yükünü artırdığını bulduklarını belirtmiştir.



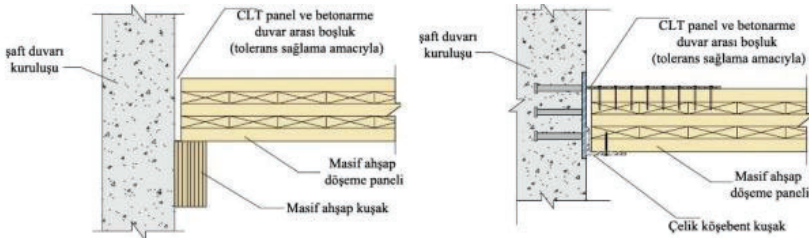
Şekil 7.12. Teste tabi ahşap-beton bağlantı şekilleri; (a) çapraz vidalar; (b) zimbalanmış metal plaka (nail plates); (c) yivli delikler ve dübeller; ve (d) tabakalı kaplama ahşapta (LVL-Laminated Veneer Lumber) oluklu girintiler [59].

Margani ve arkadaşları [60], tarafından yapılan çalışmada, betonarme yapıların yenilenmesinde yapıyı depreme dayanıklı hale getirebilecek olan sürdürülebilir bir tasarım modeli sunulmuştur. Bu sistemde katlar arası enerji sönümleyici damper görevi gören bir birleşim detayı ile birlikte sisteme yanıl yükleri karşılaması maksadıyla CLT cephe panelleri eklenmiştir. Damper, iki katın CLT panellerini katlar arası betonarme kiriş ile birleştiren iki çelik profilden oluşmaktadır. Üst profil, ankraj civataları ile betonarme kirişe bağlanmaktadır. Alt profilde oluklu delikler bulunmakta ve üst profile öngermeli yüksek mukavemetli civatalarla bağlanmaktadır. Bir deprem sırasında damper tarafından iletilen kuvvet sürtünme kuvveti değerine ulaştığında, üst profil altta kaymakta ve böylece sismik enerjiyi yaymaktadır (Şekil 7.13).



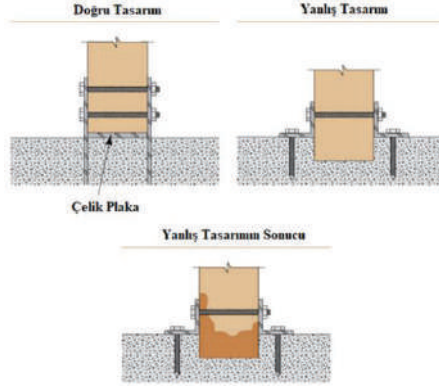
Şekil 7.13. Sismik enerji sönümleyici [60].

Hibrit ahşap yapılarda malzemeler arasında boşluk bırakmak, farklı toleranslara ve malzeme hareketlerine uyum sağlamanın yaygın kullanılan bir yoldur [61], (Şekil 7.14).



Şekil 7.14. Ahşap ve betonarme elemanlar arası boşluk tasarımı [61].

İşlenmemiş ahşap betonla temas ettiğinde nem almaya ve çürümeye maruz kalır. Şekil 7.15'de de görüldüğü üzere betonla temas eden ahşabın nem almasını önlemek için araya çelik plaka konularak beton zemin-duvar bağlantısı yapılmalıdır.

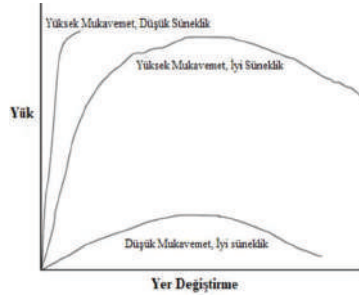


Şekil 7.15. Ahşap duvar – beton zemin birleşim detayı [30].

SONUÇLAR

Ana yenilikler yapısal elemanlar arasındaki bağlantı düzeyine odaklanmaktadır. Bu bağlantıların uzun vadeli olması ve deprem durumunda hasar riskini önlemesi amaçlanmaktadır. Çelik ve ahşap depreme karşı dirençleri karşılaştırıldığında iyi performans göstermektedirler. Fakat özgül ağırlığı ve çekme direnci oranıyla ahşap, çeliğe göre daha yüksek dirence sahiptir [62]. Yığma yapılarda CLT panellerin bir dış kabuğunun varlığı mukavemette %40'lık bir artış ve süneklilikte %100'lük bir artış sağlamaktadır. Buna ek olarak, bir depremde ciddi şekilde hasar görmüş bir binada, CLT panellerin uygulanmasının sistem rijitliğini neredeyse hasarsız (deprem öncesi haline) bir duruma geri getirdiği gösterilmiştir [5]. Bu da demek oluyor ki bir deprem meydana geldiğinde, tüm enerji ideal olarak bağlantı elemanları ile dağılmalı ve yapısal elemanlar sağlam kalmalıdır [63].

- Sonuç olarak, çok sayıda enerji emici bağlantı elemanları mevcuttur: viskoz akışkan sönümleyiciler, viskoelastik katı sönümleyiciler, metalik sönümleyiciler ve sürtünme sönümleyiciler bunlardan bazılarıdır [64]. Tannert ve Loss, kütle kereste kesme duvarları için mevcut bağlantı durumunu araştırdılar ve kendiliğinden kılavuzlanan vida (STS) bağlantısının kütle kereste konstrüksiyonunda en etkili bağlantı olduğu sonucuna vardılar [65].
- Arzu edilen bağlantı elemanları en önemli iki özelliğe (Yüksek mukavemet ve iyi Sünek) sahip olmalıdır (Şekil 7.16). Vidalı ve braket bağlantılarının sertliğinin nasıl modelleneceği önemlidir. Çelik braketlerin ve vidalı bağlantıların sertliğinin, mukavemetinin ve sünekliliğinin Yasumura ve Kawai prosedürüne [66] göre belirlenmesi önerilir; bu prosedür bazen değiştirilmiş CEN prosedürü veya 10-40-90 prosedürü olarak da adlandırılır. Bu prosedür, EN 12512 [67] tarafından önerilen prosedüre benzer şekilde ahşap çerçevesiz kesme duvarlarının değerlendirilmesi için önerilmiştir. Nihai mukavemetin hesaplanması, deformasyon enerjisinin eşdeğerliğine dayanır, ancak elastik sertliğin hesaplanması EN 12512'den biraz farklıdır. Akma yükü, iki çizginin kesişiminin değerlendirilmesiyle belirlenir [67].



Şekil 7.16. Bağlantı elemanına uygulanan yük/yer değiştirme eğrisi [30].

Bir binanın genel gücü, tüm yapı bileşenlerin (duvarlar, zeminler, çatı ve temel) bir bütün olarak birlikte çalışmasıdır. Deprem veya şiddetli rüzgâr kuvveti, bir yapıya ulaştığı zaman bu kuvvetlerin yükünü çatı ve duvarlar taşır. Mukavemet, bağlantı elemanının boyutu ve sayısı ile ilgilidir. Bağlantı elemanları ne kadar büyük ve sayısı ne kadar fazlaysa bağlantı o kadar güçlü olur [30].

Yeni nesil Eurocode 8 [68], kereste kısmı - yapılarda dağıtıcı ve dağıtıcı olmayan bölgelerin açık tanımlarıyla kereste bazlı yapısal sistemlerin güncellenmiş bir listesini sunacaktır; bu, her yapısal sistem türü için yeni tanımlan kapasite tasarım kuralları ve aşırı mukavemet faktörleri için gereklidir. Mevcut sürümde bulunmayan CLT kesme duvar sistemleri, standartlara bağımsız bir ahşap yapısal sistem olarak dahil edilecektir [69]. Ayrıca, doğrusal olmayan statik (itme) analizinin uygulanması için yeni bir prosedür sağlanacaktır [70]. Bu bağlamda, yakın gelecekte CLT panelli yapının hızla gelişmesi öngörülebilir ve yeterli yapısal performansla sahip hızla konuşlandırılabilir ve yeniden kullanılabilir yapılar elde etmeye yardımcı olabilecek konektörlerin önerilmesini gerektirir. Bu nedenle, yalnızca CLT yapımında daha iyi verimlilik ve daha düşük maliyet elde etmek için değil, aynı zamanda daha kolay standardizasyon ve ticarileştirme sağlamak için gelecekteki CLT konektörlerinin tasarımında bu üç yönün (yapı, inşaat ve üretim) kapsamlı bir şekilde ele alınması gerekir. Gelecekte çalışmalar, yapısal elemanların hasar görmesini önlemek için bağlantı elemanlarının öncelikle enerji dağılımına ve sünekliğine odaklanmalıdır.

KAYNAKÇA

- [1] Mehra, S., O'Ceallaigh, C., Sotayo, A., Guan, Z., & Harte, A. M. (2024). Structural characterisation of laterally loaded glued and compressed wood dowel laminated timber portal frames produced using compressed wood connectors. *Construction and Building Materials*, 457, 139107. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2024.139107
- [2] Lyons, A. (2010). "Materials for Architects and Builders", (4th ed). Oxford, UK: ButterWorth Heinemann, ISBN 9780080949598.
- [3] Lehmann, S. (2013). "Low carbon construction systems using prefabricated engineered solid wood panels for urban infill to significantly reduce greenhouse gas emissions", *Sustainable Cities and Society*, 6, 57-67. DOI: 10.1016/j.scs.2012.08.004
- [4] Hung, C. C., Hsu, S. C., & Cheng, K. L. (2019). "Quantifying city-scale carbon emissions of the construction sector based on multi-regional input-output analysis", *Resources, Conservation and Recycling*, 149, 75-85. DOI: 10.1016/j.resconrec.2019.05.013

- [5] Di Bella, A. & Mitrovic, M. (2020). "Acoustic Characteristics of Cross-Laminated Timber Systems", *Sustainability*, 12(14), 5612. DOI: 10.3390/su12145612
- [6] Blanchet, P., Perez, C., & Cabral, M. R. (2024). Wood Building Construction: Trends and Opportunities in Structural and Envelope Systems. *Current Forestry Reports*, 10(1), 21-38. DOI: 10.1007/s40725-023-00196-z
- [7] Ciabattoni, M., Petrini, F., & Pampanin, S. (2024). Multi-hazard design of low-damage high-rise steel-timber buildings subjected to wind and earthquake loading. *Engineering Structures*, 303, 117522. DOI: 10.1016/j.engstruct.2024.117522
- [8] DESA, U. (2017). World Population Prospects: The 2017 Revision, Methodology of the United Nations Population *Estimates and Projections*. Working Paper No. ESA/P/WP. 250. New York: United Nations.
- [9] Tenório, M., Ferreira, R., Belafonte, V., Sousa, F., Meireis, C., Fontes, M., & Branco, J. M. (2024). Contemporary strategies for the structural design of multi-story modular timber buildings: A comprehensive review. *Applied Sciences*, 14(8), 3194. DOI: 10.3390/app14083194
- [10] Chacón, M. F., Jara-Cisterna, A., Benedetti, F., Véliz, F., & Guindos, P. (2024). In-plane testing and hysteretic modeling of steel-spline cross-laminated timber diaphragm connection with self-tapping screws. *Wood Material Science & Engineering*, 1–24. DOI: 10.1080/17480272.2024.2358145.
- [11] Ren, H., Bahrami, A., Cehlin, M., & Wallhagen, M. (2024). A state-of-the-art review on connection systems, rolling shear performance, and sustainability assessment of cross-laminated timber. *Engineering Structures*, 317, 118552.
- [12] <https://guvenbaglanti.com.tr/baglanti-elemanlari/>. [10.12.2024].
- [13] Aissa, A., Fonseca, E. M., & Daniel, A. P. (2018, July). WWW connections in double-shear at ambient temperature: effect of the applied tensile load and dowels diameter. In *6th International Conference on Integrity-Reliability-Failure* (pp. 1349-1356).
- [14] Silva, L. D. S. (2019). Wood-Steel Connections (WSW) in Double Shear at Room and High Temperatures, Doctoral dissertation, Instituto Politecnico do Porto, Portugal.
- [15] Stalnaker, J. & Harris, E. (1997). Structural design in wood. Springer Science & Business Media.
- [16] Task Committee on Fasteners. (1996, June). Mechanical connections in wood structures. American Society of Civil Engineers.
- [17] Karolak, A., & Jasieńko, J. (2024). Static behaviour of the selected carpentry joints in the flexural elements. *Journal of Building Engineering*, 82, 108225. DOI: 10.1016/j.jobe.2023.108225
- [18] Amorim, F., & João, N. (2009). Projecto de Estruturas de Madeira. Publindústria, Edições Técnicas: Porto, Portugal, 1-35.
- [19] Miao, C., Fernando, D., Heitzmann, M. T., & Bailleres, H. (2019). GFRP-to-timber bonded joints: Adhesive selection. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 94, 29-39. DOI: 10.1016/j.ijadhadh.2019.05.007
- [20] Miranda, F. M., Fonseca, E. M., & Góes, J. L. (2018). Load-Carrying Capacity in WSW Connections in Double-Shear at Ambient Temperature. In *Proceedings of the 1st Iberic Conference on Theoretical and Experimental Mechanics and Materials/11th National Congress on Experimental Mechanics*, Editor JF Silva Gomes. Publisher: INEGI/FEUP (pp. 261-270).
- [21] Fonseca, E. M., & Leite, P. A. (2019). Fire design of wood connections loaded in shear. *MATTER: International Journal of Science and Technology*, 5(2), 68-84. DOI: 10.20319/mijst.2019.52.6884

- [22] Peng, L. (2010). Performance of heavy timber connections in fire. Doctoral dissertation, Carleton University, Ottawa, Canada.
- [23] Porteous, J. & Kermani, A. (2008). Structural timber design to Eurocode 5. John Wiley & Sons.
- [24] Ross, R. J. (2010). Wood handbook: wood as an engineering material. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, General Technical Report FPL-GTR-190, 2010: 509 p. 1 v., 190. DOI: 10.2737/FPL-GTR-190
- [25] Pirinen, M. (2014). Ductility of wood and wood members connected with mechanical fasteners. Master's thesis, School of Engineering, Aalto University, Finland.
- [26] Fedosov, S. & Kotlov, V. (2020). Dynamics of heat and moisture transfer in wooden structures tied with metallic fasteners. *Drying Technology*, 38(1-2), 19-26. DOI: 10.1080/07373937.2019.1604543
- [27] Wood University. (2024). Ders Kataloğu, Ders 201: Ahşap Bağlantılarının Tasarımı. <https://www.wooduniversity.org/course-catalog>. Erişim Tarihi: 07.12.2024.
- [28] Zhou, B., Zhang, L. L., Wang, S., Chen, Z. Y., & Que, Z. L. (2022). "Research on opening glue timber node tensile property reinforced by nail-laminated timber," *Architecture Technology*, 53(3), 273-276.
- [29] Wang, F. B., Wang, Y. B., Duo, Y. X., Zhou, B., & Que, Z. L. (2021). "Effect of inclined wood nail on connection performance of SPF," *Architecture Technology* 52(3), 294-296.
- [30] Riggio, M., Sandak, J., & Sandak, A. (2016). Densified wooden nails for new timber assemblies and restoration works: A pilot research. *Construction and Building Materials*, 102, 1084-1092. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2015.06.045
- [31] Xue, Y., Gao, Y., Hu, M., & Zhu, X. (2024). Properties of wood shear walls connected by wood nails. *BioResources*, 19(4), 967. DOI: 10.15376/biores.19.4.9673-9684
- [32] Shahin, A., Cowled, C. J., Bailleres, H., & Fawzia, S. (2024). Experimental study on shear performance of nail and screw-laminated timber-steel composite and timber-timber systems using low-grade timber and mechanical fasteners. *Construction and Building Materials*, 418, 135403. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2024.135403
- [33] Rammer, D. (2021). Fastenings. Chapter 8 in FPL-GTR-282, 8-1.
- [34] Hoelz, K., Kleinhans, L., & Matthiesen, S. (2021). Wood screw design: influence of thread parameters on the withdrawal capacity. *European Journal of Wood and Wood Products*, 79(4), 773-784. DOI: 10.1007/s00107-021-01668-4
- [35] Fragiaco, M., Dujic, B., & Sustersic, I. (2011). Elastic and ductile design of multi-storey crosslam massive wooden buildings under seismic actions. *Engineering structures*, 33(11), 3043-3053. DOI: 10.1016/j.engstruct.2011.05.020
- [36] Goertz, C. (2016). Energy Based Seismic Design Of A Multi-Storey Hybrid Building: Timber-Steel Core Walls, Doctoral dissertation, University of British Columbia, Vancouver, Canada.
- [37] Fitzgerald, D., Sinha, A., Miller, T. H., & Nairn, J. A. (2020). Toe-screwed cross-laminated timber connection design and nonlinear modeling. *Journal of Structural Engineering*, 146(6), 04020093. DOI: 10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0002656
- [38] Baş, R. (2022). Modern Ahşap Hibrit Yapı Teknolojisi Ve Uygulama Örnekleri, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [39] Çelik, H. K. & Şakar, G. (2022). Geçmişin ve Geleceğin Yapı Malzemesi Olarak Ahşap: Yapı Mühendisliği Çerçevesinde Bir İnceleme. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (36), 298-304. DOI: 10.31590/ejosat.1108072

- [40] Yang, X. (2024). Review of Studies on Performance of Dowel Connections Loaded Perpendicular to Grain. *Academic Journal of Science and Technology*, 11(1), 77-80. DOI: 10.54097/h8w21p15
- [41] Blanchet, P., Perez, C., & Cabral, M. R. (2024). Wood Building Construction: Trends and Opportunities in Structural and Envelope Systems. *Current Forestry Reports*, 10(1), 21-38. DOI: 10.1007/s40725-023-00196-z
- [42] Solarino, F., Giresini, L., Chang, W. S., & Huang, H. (2017). Experimental tests on a dowel-type timber connection and validation of numerical models. *Buildings*, 7(4), 116. DOI: 10.3390/buildings7040116
- [43] Wang, M., Song, X., Gu, X., & Tang, J. (2019). Bolted glulam beam-column connections under different combinations of shear and bending. *Engineering Structures*, 181, 281-292. DOI: 10.1016/j.engstruct.2018.12.024
- [44] He, M., Luo, J., Tao, D., Li, Z., Sun, Y., & He, G. (2020). Rotational behavior of bolted glulam beam-to-column connections with knee brace. *Engineering Structures*, 207, 110251. DOI: 10.1016/j.engstruct.2020.110251
- [45] Awaludin, A., Sasaki, Y., Oikawa, A., Hirai, T., & Hayashikawa, T. (2010). Moment resisting timber joints with high-strength steel dowels: natural fiber reinforcements. In *Proceedings of the 11th World Conference on Timber Engineering*, (pp. 20-24).
- [46] Ceylan, A. & Girgin, Z. C. (2019). Çapraz Lamine Ahşap (CLT) Duvar-Döşeme Birleşiminin Yapısal Davranışının Deneysel İncelenmesi. *Megaron*, 14(4). DOI: 10.14744/MEGARON.2019.75508
- [47] Rothoblaas, (2024). Ahşap için Metal Plakalar ve Bağlantı Elemanları. Ürün Kataloğu: s. 196-286. İtalya.
- [48] KLH Massivholz. (2012). Made For Building Built For Living. http://www.klh.at/en/download/public/Kreuzlagenholz/KLH_Construction_en.pdf. At: 05.01.2023.
- [49] Van de Lindt, J. W., Amini, M. O., Rammer, D., Line, P., Pei, S., & Popovski, M. (2020). Seismic performance factors for cross-laminated timber shear wall systems in the United States. *Journal of Structural Engineering*, 146(9), 04020172. DOI: 10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0002718
- [50] Amini, M. O. (2018). Determination Of Seismic Performance Factors For Cross Laminated Timber Shear Wall System Based On FEMA P695 Methodology, Doctoral dissertation, Colorado State University, America.
- [51] Li, Z. & Tsavdaridis, K. D. (2023). Design for seismic resilient cross laminated timber (clt) structures: a review of research, novel connections, challenges and opportunities. *Buildings*, 13(2), 505. DOI: 10.3390/buildings13020505
- [52] FPIInnovations, 2013. CLT Handbook. FPIInnovations. Montreal, Canada.
- [53] Schneider, J., Karacabeyli, E., Popovski, M., Stiemer, S. F., & Tesfamariam, S. (2014). Damage assessment of connections used in cross-laminated timber subject to cyclic loads. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 28(6), A4014008. DOI: 10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.0000528
- [54] Gavric, I., Fragiaco, M., & Ceccotti, A. (2015). Cyclic behaviour of typical metal connectors for cross-laminated (CLT) structures. *Materials and structures*, 48, 1841-1857. DOI: doi.org/10.1617/s11527-014-0278-7
- [55] Marchi, L., Trutalli, D., Scotta, R., & Pozza, L. (2017, June). Numerical simulation of the coupled tension-shear response of an innovative dissipative connection for CLT buildings. In *Proceedings of the 6th ECCOMAS Thematic Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering, Rhodes Island, Greece* (pp. 15-17).

- [56] Marchi, L. (2018). Innovative Connection Systems For Timber Structures, Dottorando, Università degli Studi di Padova, Italia.
- [57] Trutalli, D., Marchi, L., Scotta, R., & Pozza, L. (2019). Capacity design of traditional and innovative ductile connections for earthquake-resistant CLT structures. *Bulletin of earthquake engineering*, 17, 2115-2136. DOI: 10.1007/s10518-018-00536-6
- [58] Li, Z. & Tsavdaridis, K. D. (2023). Design for seismic resilient cross laminated timber (clt) structures: A review of research, novel connections, challenges and opportunities. *Buildings*, 13(2), 505. 10.3390/buildings13020505
- [59] Okutu, K. (2020). CLT-Steel Composite Floors for Sustainable Multi-Storey Construction, Doctoral Dissertation, University of Sheffield, England.
- [60] Margani, G., Evola, G., Tardo, C., & Marino, E. M. (2020). Energy, seismic, and architectural renovation of RC framed buildings with prefabricated timber panels. *Sustainability*, 12(12), 4845. DOI: 10.3390/su12124845
- [61] McLain, R. (2022). Shaft Wall Solutions For Light-Frame and Mass Timber Buildings- An overview of design considerations, detailing options and code requirements. WoodWorks- Wood Products Council.
- [62] Avlar, E. (1995). Türkiye'deki Konut Açığının Giderilebilmesinde Önyapımlı Ahşap Konut Üretiminin Uygulanabilirliği Yönünde Bir Model Araştırması (Bursa Örneği), Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [63] Schneider, J., Tannert, T., Tesfamariam, S., & Stiemer, S. F. (2018). Experimental assessment of a novel steel tube connector in cross-laminated timber. *Engineering structures*, 177, 283-290. DOI: 10.1016/j.engstruct.2018.09.058
- [64] Lu, B., Lu, W., Zhong, M., Wu, W., & Zhou, P. (2021). Experimental investigation and analytical model of cross-laminated timber wall with coupled U-shaped flexural plate connectors. *Construction and Building Materials*, 307, 124984. DOI: doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124984
- [65] Tannert, T. & Loss, C. (2022). Contemporary and novel hold-down solutions for mass timber shear walls. *Buildings*, 12(2), 202. DOI: 10.3390/buildings12020202
- [66] Yasumura, M. (1997). Evaluation of wood framed shear walls subjected to lateral load. *Proceedings of the 30th CIB-W18 paper*, 1-10.
- [67] European Committee for Standardization (CEN). EN 12512. Timber structures–Test methods–Cyclic testing of joints made with mechanical fasteners. Brussels, Belgium, 2001.
- [68] EN 1998-1. Eurocode 8-Design of Structures for Earthquake Resistance-Part 1: General Rules, Seismic Actions and Rules for Buildings. European Committee for Standardisation: Brussels, Belgium, 2004.
- [69] Follesa, M., Fragiocomo, M., Casagrande, D., Tomasi, R., Piazza, M., Vassallo, D., ... & Rossi, S. (2018). The new provisions for the seismic design of timber buildings in Europe. *Engineering structures*, 168, 736-747. DOI: 10.1016/j.engstruct.2018.04.090
- [70] Štepinac, M., Šušteršič, I., Gavrić, I., & Rajčić, V. (2020). Seismic design of timber buildings: Highlighted challenges and future trends. *Applied sciences*, 10(4), 1380. DOI: doi.org/10.3390/app10041380

YAZAR ÖZGEÇMİŞİ

Hasan ÖZTÜRK, Doç. Dr.

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Arsin Meslek Yüksekokulu, Ormanlık Bölümü, Ormanlık ve Orman Ürünleri, Trabzon, Türkiye

hasanozturk@ktu.edu.tr

2009 yılında İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü'nden "Orman Endüstri Mühendisi" unvanı ile mezun oldu. 2009 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Tezli Yüksek Lisans Program'ına başladı. 2012 yılında "Farklı Bölgelerde Yetişen Sakallı Kizilağaç (Alnus Glutinosa Subsp. Barbata (C.A. Mey.) Yalt.)' Dan Elde Edilen Kontrplakların Bazı Teknolojik Özellikleri" adlı yüksek lisans tezini başarıyla tamamlamıştır. 2012 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Program'ına başladı. 2018 yılında "Formaldehit İçermeyen Yeni Nesil Ahşap Kompozit Yalıtım Malzemesi" adlı doktora tezini başarıyla tamamlamıştır.

Okan İLHAN, Yüksek Mühendis

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi-Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye

okanilhan0161@gmail.com

2015 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü'nden "Orman Endüstri Mühendisi" unvanı ile mezun oldu. 2017 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Tezli Yüksek Lisans Program'ına başladı. 2021 yılında "Mühendislik Ürünü Ahşap Yapı Malzemelerinin Farklılığının Belirlenmesine Yönelik Bir Araştırma" adlı yüksek lisans tezini başarıyla tamamlamıştır.

Aydın DEMİR, Doç. Dr.

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi-Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye

aydindemir@ktu.edu.tr

2010 yılında İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü'nden "Orman Endüstri Mühendisi" unvanı ile mezun oldu. 2014 yılında "Yangın Geciktirici Emrenye Maddelerinin Çeşitli Ağaç Türlerinden Üretilen Kontrplakların Isıl İletkenliğine Etkileri" adlı yüksek lisans tezini başarıyla tamamlamıştır. 2015 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Program'ına başladı. 2019 yılında "Kontrplak Kaplı Ahşap Yapı Perde Duvarlarının Yapısal Davranışları ve Sismik Dayanım Performanslarının Belirlenmesi" adlı doktora tezini başarıyla tamamlamıştır.

8. Bölüm

AHŞAP BİNALARDA YAPISAL TASARIM KRİTERLERİ, İNŞAAT TEKNİĞİ FARKLARI VE DEPREM DAVRANIŞI

Ahmet TÜRER^a, Rabia İZOL^{b*}

^a Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Müh. Böl., Ankara, Türkiye, 0000-0002-2214-1387

^b Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Müh. Böl., Ankara, Türkiye, 0000-0002-7568-3817

* izolrabia1@gmail.com

SUMMARY

In human history, timber has always been a major construction material, either by itself or most commonly combined with stone, adobe, and brick-based masonry construction. The discovery of Portland cement and reinforced concrete dominated the 20th century in many countries for buildings, while steel became the preferred material for industrial structures. Nevertheless, timber remains an important sustainable building material due to its lightweight nature and strength, which, when normalized by weight, rivals that of steel. The strong yet lightweight properties of timber are particularly advantageous for earthquake resistance, a critical factor for seismically active countries. The recent Turkish Timber Building Regulation (TABY) provides up-to-date guidelines; however, understanding how timber structures behave during earthquakes and identifying their key structural properties remain a challenge for many civil engineers unfamiliar with timber design. Basic resistance criteria—such as proper connection design, rigid diaphragm action of slabs, symmetrically placed load-carrying members, serviceability-vibration control, hybrid construction techniques, and adherence to earthquake regulations (TBDY)—are crucial aspects that both architects and structural engineers must master. This chapter aims to provide a general overview of the basic principles of timber buildings and their earthquake-resistant properties including essential design concepts and seismic behavior of timber buildings.

Keyword: *Timber building, earthquake, regulation, sustainability.*

GİRİŞ

Ahşabın yapı elemanı olarak kullanımı çok eskilere dayanmakta olup, hafifliği sayesinde deprem dayanıklılığı açısından oldukça avantajlıdır. Ahşap kırılgan bir davranış sergilese de dayanımı ve seçilen kesitler sebebiyle doğrusal sınırlar içinde kalmakta, sünek davranış ise çoğunlukla metal bağlantı elemanları ve çivi gibi deforme olan bağlantı elemanları sayesinde kontrollü olarak sağlanmaktadır. Bu yapısal avantajları ile beraber çevre dostu ve sürdürülebilir bir malzeme olması ve insan sağlığına olumlu etkileriyle her zaman önemli bir inşaat malzemesi olmuştur.

Günümüzde, artan nüfus ve kentleşme ile konut ihtiyacının yükselmesi, iklim değişikliğinin etkisiyle insan sağlığını ön planda tutan yapı malzemelerine olan talebin artması ve hızlı kentleşme nedeniyle daha kısa sürede konut üretme ihtiyacı, birçok ülkede, çevre dostu, sürdürülebilir ve depreme dayanıklı alternatif yapı malzemesi kullanılarak inşa edilen ahşap yapıların yeniden gündeme gelmesini sağlamıştır. Sera gazlarından en önemlisi karbondioksit salınımının kabaca üçte biri inşaat sektörü ile ilişkili olup üretim aşamasında negatif karbon ayak izine sahip, güneş enerjisiyle ve atmosferden CO₂ tüketerek üretilen ahşap yapı malzemesi, doğal ve sürdürülebilir bir teknolojidir. Ayrıca büyük depremler sonrası oluşan enkazın kaldırılması ve bu süreçte yayılan zararlı gazların sağlık üzerindeki etkileri, betonarme yapılardan kaynaklanan çevresel sorunları gözler önüne sermiştir.

Ahşap yapılar, Kanada ve Amerika Birleşik Devletleri'nde oldukça yaygın olarak tercih edilmekte olup %90'dan fazla bina stoğunu ahşap binalar oluşturmaktadır, diğer ülkelerde de giderek artan bir popülerlik kazanmaktadır. Son dönemlerde ahşap yapıların popüler hale gelmesinde iki önemli husus öne çıkmaktadır: İlki, artan hızlı nüfus ve kentleşmenin etkisiyle iklim değişikliğiyle mücadelede sürdürülebilir yapı malzemelerine olan talep; ikincisi ise hafifliği sayesinde deprem aktif bölgelerde iyi bir alternatif oluşturmasıdır.

Türkiye'de ise geçmişte birçok konak, yalı, cami ve ev ahşap kullanılarak inşa edilmiştir. Geleneksel mimaride Himiş, Bağdadı, Şamdolma gibi ahşap içeren yapımlar bulunmaktadır. Karadeniz bölgesi'nde yoğunluklu olarak ahşap evler bulunmaktadır. Ancak, geçmişte yaşanan büyük yangınlar nedeniyle ahşap kullanımı azalmış ve zamanla yakın tarihe kadar neredeyse tamamen unutulmuştur.

Son yıllarda Türkiye'de meydana gelen büyük depremlerde, binaların büyük çoğunluğu hasar görmüş olup bu yapıların çoğunluğunun betonarme olduğu gözlemlenmiştir. 6 Şubat 2023 depremlerinde, 39.441 bina deprem anında yıkılmış, toplamda 271.892 bina ise aldıkları hasarlar nedeniyle kullanılamaz hale gelmiştir [1]. Betonarme bina stoğundaki hatalara ve can mal kayıplarına ilaveten oluşan enkazın kaldırılması sırasında da CO₂ salınımları artırarak ciddi bir çevresel soruna neden olabilmektedir. Çimento, çelik ve alüminyum üretimi kirliliği bir endüstri olup çok miktarda CO₂ atmosfere imalat sırasında salınmaktadır ve enerji tüketimi, dolayısıyla enerji üretilirken kullanılan termik santraller de yüklü miktarda CO₂ salınımı yapmaktadır.

Ahşap yapılar, betonarme yapılara kıyasla deprem kuvvetlerine maruz kaldıklarında düşük kütleleri sayesinde önemli bir avantaj sağlamaktadır. Örneğin kereste karaçam (~0,5-0,8 ton/m³), yoğunluğu açısından beton (demirsiz, ~2,25-2,40 ton/m³) ile karşılaştırıldığında yaklaşık 3 ila 4,8 kat, çelik ile (~7,85 ton/m³) karşılaştırıldığında ise yaklaşık 9,8 ila 15,7 kat daha hafiftir; bu özelliği, sismik açıdan aktif ülkeler için kritik bir faktör haline getirmektedir. Bilindiği gibi depremin bir binaya etkisi, yapının kütlesiyle orantılı olarak tepki kuvvetleri oluşturur. Bu durum ahşap yapılarda deprem kuvvetlerinin daha düşük seviyelerde oluşmasına olanak

tanır ve bu sayede önemli bir avantaj sunar. Bunun yanı sıra, bu tür yapıların deprem dayanımını artıran en önemli faktör, bağlantı elemanlarının doğru tasarımı ve uygulanmasıdır. Kurallara uygun yapılmayan bağlantı elemanları, ahşap yapıların deprem karşısında ayakta kalmasını imkansız hale getirebilir. Ahşap yapı elemanları büyük depremler altında elastik davranış gösterebilirken, enerji genellikle bağlantı noktalarında sönmülmür. Bu noktada plastikleşme meydana gelir ve tasarım aşamasında bu husus mutlaka dikkate alınmalıdır.

Ahşap, ısı geçirgenliği açısından da oldukça avantajlı bir malzemedir. Kabaca ısı iletkenlik değerleri Ahşap: 0.1 - 0.2 W/mK, Betonarme: 1.0 - 2.0 W/mK, Çelik: 50 W/mK, ve Alüminyum: 205 W/mK olarak kabul edilirse, ahşap betonarmeye göre 10 kat, çeliğe göre 300 kat, ve alüminyuma göre 1200 kat daha az ısı iletir. Benzer şekilde ısı yalıtım malzemeleri ile ahşap karşılaştırıldığında örneğin EPS (Genleştirilmiş Polistiren): 0.03 - 0.04 W/mK, XPS (Ekstrüde Polistiren): 0.02 - 0.03 W/mK, Taş Yünü: 0.035 - 0.045 W/mK, Cam Yünü: 0.030 - 0.040 W/mK, Poliüretan Köpük: 0.020 - 0.025 W/mK kabul edersek, sırasıyla EPS ahşaba göre 3 ila 6 kat, XPS (Ekstrüde Polistiren) 5 ila 10 kat, Taş yünü 2 ila 6 kat Cam yünü 2.5 ila 6.5 kat, Poliüretan köpük ise ahşaba göre 4 ila 10 kat daha az ısı iletir. Ahşabın ısı yalıtımı açısından dayanımı sifıra yakın malzemelere yakınlığı görülmektedir ve doğal bir ısı yalıtım malzemesidir. Yaklaşık öz ısı değerleri, bir malzemenin 1 derece ısınması için ne kadar enerji verilmesi gerektiğini tanımlar. Ahşap için öz ısı 2000 J/(kg.°C) olup diğerlerinden fazla görünmesine rağmen (tuğla 800 - 1000 J/(kg.°C), taş duvar (örneğin granit, bazalt 750 - 950 J/(kg.°C)), betonarme: 900 J/(kg.°C), çelik: 475 J/(kg.°C)) yoğunluk ile birlikte hesaplandığında 1 m³ malzeme için ahşap 1.2 MJ/(m³.°C), tuğla 1.71 MJ/(m³.°C), taş duvar 2.21 MJ/(m³.°C), betonarme 2.16 MJ/(m³.°C) ve çelik 3.73 MJ/(m³.°C) ile çok daha yüksektir. Yani evi ısıtırken fazla enerji emerler, yalıtım zayıfsa çok ısı kaybederler. Ahşap evi ısıtmak daha hızlıdır ve iyi ısı yalıtımı ile daha geç soğur. Bunun haricinde, ahşap yapıların estetik ve sağlık açısından sunduğu faydalar bulunmaktadır. Dünyanın elektromanyetik alanını çelik ve betonarme gibi kesintiye uğratmaz, daha huzurlu bir yaşama ortamı sağlar.

Ahşap yapıların inşaatı çelik yapılara benzer şekilde çok pratiktir. Betonarme yapılardaki gibi kalıp kurulması, donatı işçiliği, beton dökülmesi, priz alma dayanım kazanma süreleri yoktur. Hafif olması sebebiyle küçük temellere ihtiyaç duyar, küçük vinçlerle çalışır, hızlı montaj ve proje teslimine olanak tanır. Haftalar ya da birkaç ay içinde tamamlanan binaların kira getirisi gibi avantajlarla Kanada'da yapılan karşılaştırmaya göre %15 daha ekonomiktir. Afetler sonrasında inşaatların hızlı yapılması açısından avantajlıdır. Mevcut konut düzeninde değişiklik yapmaya ve güçlendirmeye daha elverişli olması ile yeniden kullanım kolaylığı gibi avantajları da bulunmaktadır. Bina söküldükten sonra da ahşap yeniden kullanılabilir, yonga levha yapılabilir, en son selüloz kağıt vb imalatına kadar birkaç sefer tekrar tekrar kullanılabilir.

Türkiye'nin bir deprem bölgesi olması ve çevre kirliliğinin artmasıyla birlikte son yıllarda ahşap yapıların yeniden canlandırılması için çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. 2025 yılında yürürlüğe girecek olan Türkiye Ahşap Bina Yönetmeliği (TABY), bu sürecin önemli bir adımıdır.

Bu bölümde, ahşap yapıların depremler sırasında nasıl davrandığını anlamaya yardımcı olmak, ahşabın temel yapısal özelliklerini tanımlamak ve depreme dayanıklı özelliklerini açıklamak amacıyla genel bilgiler ele alınmıştır. İlgili uluslararası ve ulusal yönetmelikler aşğıda tablo halinde verilmektedir (Tablo 8.1). Fakat ahşap binaların deprem davranışı ile ilgili yönetmelikler, her ülkede farklıdır. Ülkemizde geçerli olan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) 2018 halen yürürlüktedir ve betonarme, çelik, ahşap, yığma malzeme kullanılarak yapılan tüm binalar için gerekli koşulları ve kriterleri belirler.

Tablo 8.1. Farklı ülkelerin ahşap bina yönetmelikleri

Kanada	Engineering Design in Wood
Amerika	National Design Specification for Wood Construction, Special Design Provisions for Wind & Seismic
Yeni Zelanda	Timber Structures Standard
Avustralya	Residential Timber-Framed Construction
Avrupa Birliği	Eurocode 5 (1995)
Türkiye	Türkiye Ahşap Bina Yönetmeliği (TABY)

Ülkemizde bulunan yapısal ahşap malzemeler ile ilgili 2021 yılında başlatılan ve önce Karaçam ve Gökknar türlerimizin [2] TS EN 338 ile uyumlu olarak Avrupa'da geçerli olan TS EN 1912 standardına işlenmesi sağlanmış, daha sonra yapılan ilave çalışmalarda ağaç dayanım türleri ve mekanik özellikleri aşağıdaki tablolarda verilmiştir (Tablo 8.2) (Tablo 8.3).

Tablo 8.2. Yerli ahşap sınıfları

Ağaç Türü	I.SINIF	II.SINIF	III.SINIF
Karaçam	C35	C24	C18
Gökknar	C27	C24	C18
Sarıçam	C35	C27	C20
Kızılçam	C35	C24	C18
Sedir	C24	C20	C16
Ladin	C27	C22	C20

Tablo 8.3. Yumuşak ağaçların (Ladin, çam, köknar, karaçam vb.) mekanik özellikleri

	Dayanım özellikleri (N/mm ²)						Rijitlik özellikleri (kN/mm ²)				ρ_k (kg/m ³)	ρ_{ort} (kg/m ³)
	$f_{m,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{v,k}$	$E_{0,ort}$	$E_{0,05}$	$E_{90,ort}$	G_{ort}		
C14	14	8	0.4	16	2.0	3.0	7.0	4.7	0.23	0.44	290	350
C16	16	10	0.4	17	2.2	3.2	8.0	5.4	0.27	0.50	310	370
C18	18	11	0.4	18	2.2	3.4	9.0	6.0	0.30	0.56	320	380
C20	20	12	0.4	19	2.3	3.6	9.5	6.4	0.32	0.59	330	390
C22	22	13	0.4	20	2.4	3.8	10.0	6.7	0.33	0.63	340	410
C24	24	14	0.4	21	2.5	4.0	11.0	7.4	0.37	0.69	350	420
C27	27	16	0.4	22	2.6	4.0	11.5	7.7	0.38	0.72	370	450
C30	30	18	0.4	23	2.7	4.0	12.0	8.0	0.40	0.75	380	460
C35	35	21	0.4	25	2.8	4.0	13.0	8.7	0.43	0.81	400	480
C40	40	24	0.4	26	2.9	4.0	14.0	9.4	0.47	0.88	420	500
C45	45	27	0.4	27	3.1	4.0	15.0	10.0	0.50	0.94	440	520
C50	50	30	0.4	29	3.2	4.0	16.0	10.7	0.53	1.0.0	460	550

2. İnşaat Sektöründe Kullanılan Yapısal Ahşap Elemanlar

Ahşap, çok eski bir yapı malzemesi olsa da, çok katlı ahşap yapılar, modern mühendislik tekniklerinin ve ahşap malzemelerin farklı şekillerde birleştirilmesinin ortaya çıkmasıyla mümkün olmuştur. Masif ahşap yapılar boyut ve taşıma kapasitesi sınırlı olduğu için daha çok düşük katlı yapılarda tercih edilirken, çok katlı modern ahşap binalarda, çapraz lamine ahşap (CLT), tutkallı lamine ahşap (glulam) ve hibrit sistemler gibi mühendislik ürünü yapı elemanları kullanılarak inşa edilir.

Ahşap elemanların tasarımı kadar bu elemanların birbirine nasıl bağlandığı da önemlidir. Bağlantı tasarımı tam ve doğru yapısal tasarımın olmazsa olmazıdır. Eleman ve bağlantı tasarımına ilaveten kullanılabilirlik, yangın tasarımı ve ısı-ses-su yalıtımı tasarımları da mutlaka dikkat ve titizlikle yapılmalıdır.

Ülkemizde deprem yönetmeliği Bina Yükseklik Sınıfı olarak ahşap binaları BYS = 7 ve 8 sınıfı olarak belirlemekte, bu sebeple Deprem Tasarım Sınıfı 1, 1a, 2, 2a bölgelerde sırasıyla 10.5 m ve 7 m ile toplam bina yüksekliği sınırlanmaktadır. Daha düşük deprem bölgesi (DTS >2 için) 10.5 m ve 17.5 m sınırlandırmaları vardır. Fakat dünyanın birçok yerinde, deprem bölgesi olan yerlerde bundan daha yüksek katlı yapılar yapılabilmektedir. En yüksek yapılara ait örnekler Tablo 8.4'de verilmektedir.

Tablo 8.4. Dünyadaki çok katlı ahşap yapı örnekleri

Yapı Adı	Yapım Yılı	Ülke	Kat Sayısı	Yükseklik (m)	Taşıyıcı Sistem
Treet	2015	Norveç	14	49	CLT ve glulam kombinasyonu
Brock Commons Tallwood House	2017	Kanada	18	53	Hibrit sistem: Betonarme çekirdek ve CLT paneller
HoHo Wien	2019	Avusturya	24	84	Hibrit sistem: Betonarme çekirdek ve CLT paneller
Mjøstårnet	2019	Norveç	18	85.4	Tamamen ahşap: Glulam ve CLT kullanımı
Haut	2021	Hollanda	21	73	Hibrit sistem: Betonarme çekirdek ve CLT paneller
Sara Kulturhus	2021	İsveç	20	80	Tamamen ahşap: Glulam ve CLT kullanımı
Ascent	2022	ABD	25	86	Hibrit sistem: Betonarme çekirdek ve CLT paneller

2.1. Masif Ahşap

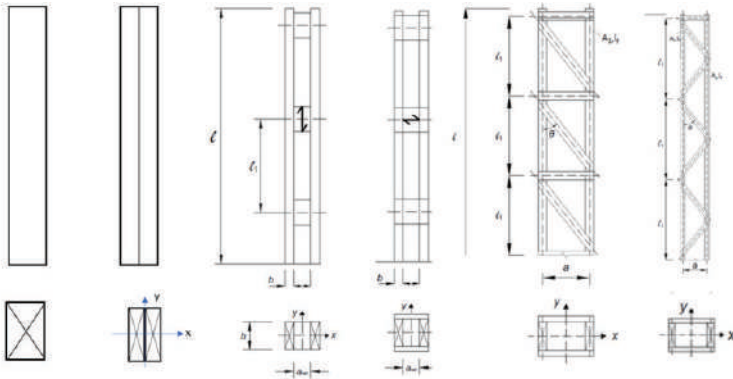
Masif ahşap, herhangi bir endüstriyel işleme maruz kalmayan (katkı malzemesiz ve kimyasal katkısız), tamamen doğal ağaç gövdesinden elde edilen yapı elemanıdır. Bu yapı elemanları genellikle düşük katlı yapıda kullanılır. Büyük açıklıkları geçmek veya yüksek katlı bina inşa etmek için büyük boyutlu ahşap elemana ihtiyaç duyulur. Fakat masif ahşabın boyutunun sınırlı olması, büzülme gibi durumlar nedeniyle çok katlı yapıların yapımında kullanımında çok fazla tercih edilmez. Ayrıca belli boyuttaki masif ahşaplar için büyük çaplı ağaç gövdelerinin tercih edilme zorunluluğu nedeniyle de ekonomik değildir.

2.2. Birleştirilmiş Yapısal Yatay, Düşey Ve Diğer Tip Elemanlar

Birleştirilmiş yapısal elemanların genellikle daha küçük boyutlu, mesela 5cm x 10 cm gibi elemanların bir araya getirilmesiyle yapılması önemli bir avantaj oluşturmaktadır. Bu sayede daha küçük ağaçlardan elde edilen elemanlar, kesitteki yapısal özellikleri daha iyi dağılım sağlanarak, birbirine taraklı parmak birleşimlerle eklenerek daha uzun boylarda ve yan yana yapıştırılmayla eklenerek çok büyük kesitlerde kolon ve kirişler elde etmek mümkündür. Ayrıca, betonarme yapılarda kolon ve kirişlere ilaveten perde duvarların bulunduğu gibi, ahşap binalarda da CLT ya da hafif çerçeve duvarlar kullanılarak hem düşey hem yatay kuvvetlere çok dayanıklı yapısal elemanlar elde etmek mümkündür. Deprem yönetmeliğimizde henüz bulunmayan fakat dünyada uygulanan "hibrit" yapılar ise betonarme ya da çelikten perdeler (genellikle asansör - merdiven kovaları) ile yan yana yapılan ahşap çerçevelerin döşemelerinin bu çekirdek yapılara bağlanması ile depreme daha dayanıklı hale getirilebilirler.

2.2.1. Tek Parça Ve Aralıklı Kolon, Kiriş, Döşeme, Perde-Duvar Elemanları

Masif kolonların boyutlandırılmasının zorluğu, kurutma sırasında meydana gelen büzülme etkileri ve yapı malzemelerinin artan maliyeti, aralıklı yapma kesitli ahşap kolonların kullanımını artırmaktadır. Yapma kesitli ahşap elemanlar, ahşabın inşaat sektöründe daha etkin şekilde kullanılmasına olanak tanır. Bu elemanlar sayesinde, büyük boyutlara sahip yapısal ahşap elemanlar üretilebilir. Ayrıca, geniş kesitli elemanlar kullanılarak ahşabın yangına dayanıklılık kapasitesi artırılabilir. Kerestelerin kurutma sırasında yaşanan sorunlar ve doğal kusurları da bu yapma kesitli yapısal ahşap elemanlar aracılığıyla en aza indirmek mümkündür. Ahşap kolonlar, masif ve yapma en kesitli kolonlar olmak üzere iki şekilde kullanılmaktadır. Yapma en kesitli kolonlar, arasında mesafe bulunmayan çok sayıda dikmeden oluşan çok parçalı yapma en kesitli kolonlar, birbirine takoz ya da kuşakla bağlı dikmelerden oluşan aralıklı yapma en kesitli kolonlar ve kafes tipi ((N tipi ve V tipi) yapma en kesitli kolonlar (KYK) olmak üzere 3 farklı şekilde (Şekil 8.1) kullanılmaktadır.



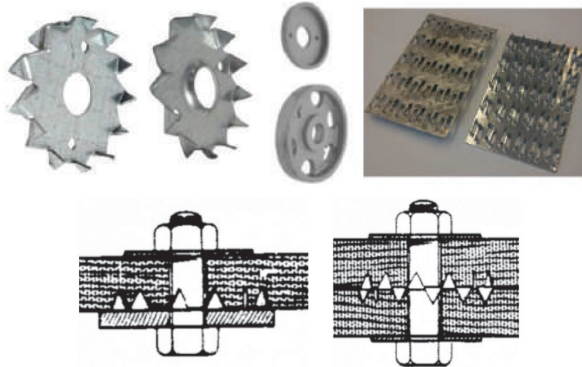
Şekil 8.1. Masif ve yapma en kesitli kolonlar

Yapma en kesitli kolonlardan "aralıklı" olanlar sayesinde, kesit atalet momenti artırılıp narinliği azaltılmakta, burkulma dayanımı artırılmaktadır. Çok sayıda aralıklı yapma en kesitli kolon kullanılarak malzemeyi daha optimum kullanmak mümkündür; fakat, bu tür kolonların sadece eksenel yük taşıdığı ve birleşik kuvvetlere (eksenel kuvvet + eğilme momenti) gelmediği kabul edilir. Çerçevelerdeki kolonlar gibi kesme ve eğilme etkilerine maruz kalmaları durumunda perde duvarlarla birlikte kullanılması ya da masif ya da aralıksız kolonların kullanılması gereklidir.

2.2.2. Tutkallı, Çivili, Vidalı, Kavelalı, Zımbalı, Bulonlu Birleştirme Çeşitleri

Ahşap yapı malzemeleri kullanılarak inşa edilen ahşap yapıların birleşimi çeşitli bağlantı elemanları kullanılarak yapılır. Her ne kadar ahşap elemanların hafif olmasından dolayı yapıya daha düşük deprem kuvvetleri etki etse de yapı dayanımının kiritik olduğu bir yer de bağlantı bölgeleridir. Yapının deprem dayanımı kapasitesinde önemli rol oynadığı için uygun bağlantı elemanlarının seçilmesi ve hesaplamaların doğru yapılması en önemli kriterlerden birisidir.

Tutkallı birleştirmelerin yüksek dayanım sağlamasıyla beraber, sıcaklık değişimlerine ve neme karşı dikkat edilmelidir. Özellikle dış ortama maruz kalan ahşap elemanlarda uygun yapıştırıcı tipi ve koruma boyalarının kullanılması gerekir. Çivili ve vidalı birleşimler, hızlı uygulanabilirliği nedeniyle sahada yaygın olarak tercih edilir. Özellikle çivili birleşimler Türkiye'de var olan geleneksel ahşap yapılarda çok fazla tercih edilmiştir. Vidalı birleşimlerin depremde sünek davranış göstermemesi sebebiyle kırılgan bir davranış gösterebileceği sebebiyle enerji tüketme ve plastik deformasyon beklenen bölgelerde genellikle tercih edilmez. Kavelalı birleşimler, çoğunlukla mobilya ve dekoratif yapı detaylarında tercih edilirken, zımbalı birleşimler hafif çerçeve sistemlerinde tercih edilmektedir. Bulonlu birleşimler ise yüksek yük taşıma kapasitesi ve dayanıklılık açısından önemlidir. Bulonlu bağlantılarda, bulonlara gelen kuvvetlerin fazlalığı sebebiyle ezilme yönünde yük aktarma problemi yaşanır, bulon çapını büyütme yerine kesme basma halkaları kullanmak daha pratik olabilir. Deprem dayanımı belirlenmeye hesaplamalarında, bağlantıların doğru tasarımı, yapının deprem performansını belirleyici öğelerden biri olacağı için detayların seçimine, davranışa ve hesaplara özel önem verilmelidir (Şekil 8.2).



Şekil 8.2. Farklı bağlantı elemanları

3. Kullanılan Farklı Yapısal Taşıyıcı Sistemler

Ülkemizde ve dünyada kullanılan farklı taşıyıcı sistemler bulunmaktadır. Bunları ülkemizdeki tarihi ahşap yapı sistemleri ve modern ahşap yapı sistemleri olarak iki başlık altında incelemek mümkün olabilir.

3.1. Tarihi Ahşap Yapı Sistemleri

Bu tür yapılar, yüzyıllar içinde heuristik olarak toplumların deneme yanılma yöntemleriyle zaman içinde geliştirdikleri farklı yöntemlere dayanmaktadır. Genellikle mühendislik hizmeti almamış, usta çırak ilişkisiyle bir nesilden diğerine öğretilmiş inşaat teknikleridir. Bu tür yapılar, dayanım, deprem performansı, ısı nem ve ses yalıtımı, döşeme titreşim problemleri gibi birçok konuyla zaman içinde evrilererek başatmak zorunda kalmış teknikleri içerir. En çok bilinenleri aşağıda başlıklar halinde verilmektedir.

3.1.1. Himiş

Himş yapılar, düşey veya çapraz elemanlarının arasına kerpiç, taş veya tuğla yerleştirilmesiyle oluşturulan bir yapı sistemidir (Şekil 8.3). Dolgu malzemesi ısı yalıtımı ve cephede estetik bir görünüm sağlar. Himiş yapıların alt katları çoğunlukla taştan yapılmaktadır. Buradaki esas amaç ahşaba zarar verici zemin koşullarından korumaktır. Bu kısım genellikle ahır olarak kullanılmıştır ve hayvanların vücut ısılarından da kış aylarında faydalanılmıştır. Duvarlarda kullanılan çapraz elemanlar, yapının deprem performansını iyileştirmek ve duvar köşelerini desteklemek amaçlıdır.



Şekil 8.3. Himiş Yapı örneği [3]

3.1.2. Bağdadi

Bağdadi, duvarların yapımında ince ahşap çıtaların sıralı olarak çakılmasıyla oluşturulur (Şekil 8.4). Çıtaların üzerine genellikle çamur harcı veya sıva uygulanır. Uygulanan dolguların dayanıma katkısı kısıtlı katkısı vardır. Her sırada tek çivi kullanıldığı ve çıtalar ince olduğu için duvarın düzlem içi yük taşıma kapasitesi sınırlıdır. Duvar içi boş bırakılabildiği gibi ısı yalıtımı gerekçesiyle özellikle dış duvarlarda tuğla kerpiç vb dolgu yapıldığı da bilinmektedir.



Şekil 8.4. Bağdadî Yapı örneği [4]

3.1.3. Şamdolma

Şamdolma, Bağdadî'ye bir miktar benzemekle birlikte kullanılan yatay ahşap elemanlar daha kalındır ve ahşap dikmelere yine çiviler ile bağlanıp, dolgu malzemesi olarak da sıkıştırılmış toprak, çamur veya kerpiç kullanıldığı bir yapı sistemidir (Şekil 8.5). Bu yapı sisteminde, ahşap elemanlar birbirine bağlanarak taşıyıcı iskeleti oluşturur ve araları doğal malzemelerle doldurulur. Yukarıda belirtilen geleneksel yapı sistemlerinde, diyagonal elemanların daha güçlü tasarlanması, kaplama tahtalarında her dikmeye birden fazla çivi ile bağlanması, yatay düşey ve çapraz elemanların çivi bağlantılarının uygun yapılması, dolgu malzemesinin olabildiğince hafif seçilmesi, pencere açıklıklarının daha küçük tutulması gibi faktörler, yapının deprem performansını önemli ölçüde değiştirmektedir [5]. Çıkmaların da minimize edildiği burada tanımlanan tasarım özellikleri, yapının deprem performansını iyileştirerek deprem sırasında meydana gelebilecek hasarların azalmasında etkili olmaktadır.



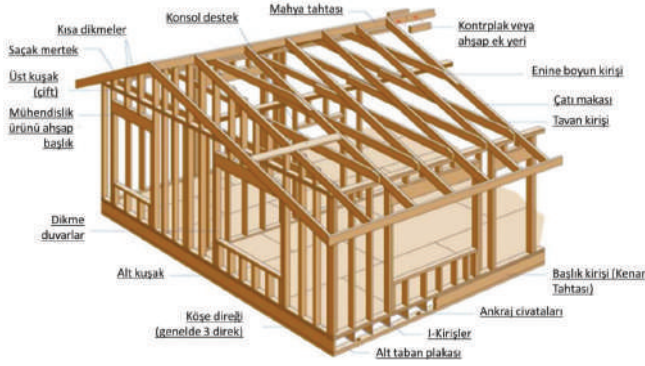
Şekil 8.5. Şamdolma duvar örneği [6]

3.2. Modern Ahşap Yapı Sistemleri

3.2.1. Hafif Çerçeve Binalar

Hafif çerçeve binalar, ince ahşap elemanlardan (çoğunlukla 5 cm x 10 cm fakat özellikle soğuk iklimlerde ya da çok katlı yapılarda daha büyük kesitler ile) oluşan bir iskelet sistemi

üzerine genellikle OSB ya da kontrplak kullanılarak inşa edilir. Bu binalar, hafif olması ve duvarların yatay kuvvetlere karşı çok mukavemetli olması nedeniyle deprem sırasında oluşan etkilere karşı büyük avantaja sahiptir (Şekil 8.6). Ayrıca, hafif çerçeve sistemler, diğer yapı sistemlerine nispeten daha hızlı inşa edilirler, insan kuvveti ile ahşap elemanlar taşınıp monte edilebilir. Duvarların tümünün perde duvar benzeri kesmeye dayanıklı olması, betonarmede kullanılan "tünel kalıp" sistemi ile benzerlik göstermektedir. Duvarların hem düşey hem yatay taşıyıcı olduğu "yığma duvar" sistemine de benzer özellikleri bulunmakla beraber mukayese yapılamayacak kadar daha hafiftir (Şekil 8.7).



Şekil 8.6. Hafif çerçeve bina bölümleri



Şekil 8.7. Hafif çerçeve bina örneği [7]

3.2.2. Çapraz Lamine Ahşap (CLT) Binalar

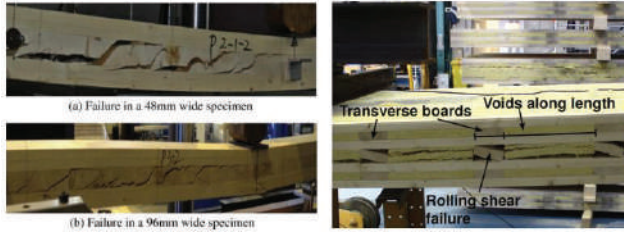
CLT paneller, ince masif ahşap elemanların yan yana dizilerek katman oluşturulması, her bir katmanın doğrultularına birbirine dik olacak biçimde üst üste dizilip iki boyutlu yapısal eleman haline getirilmesi, tüm elemanların yapıştırıcı ve belli bir basınç altında birleştirilerek oluşur (Şekil 8.8). Poliüretan (PUR) yapıştırıcılar, genellikle daha düşük basınç ($0.6 - 1.0 \text{ N/mm}^2$) ve daha kısa süre isterken Melamin formaldehit (MF) yapıştırıcılar daha yüksek basınç ($0.8 - 1.2 \text{ N/mm}^2$) ve daha uzun süreye ihtiyaç duyar. Hidrolik pres yerine vakum ile atmosferik basınç

verildiğinde, 1 atm ya da 0.1 MPa seviyesinde basınç verilebildiği için daha ince CLT ve PUR yapıştırıcılar tercih edilir. CLT üretiminde, doğru basınç ve süre kullanılarak, panelin böylece yüksek dayanım ve rijitliğe sahip, iki yönde çalışan bir yapı elemanı elde edilmiş olur. Genellikle 3, 5 gibi tek sayılı katman tercih edilir ve daha fazla sayıda olan katmanların fiber yönü düşey olarak seçilir. Dış ve iç katmanlarda farklı kalite ahşap malzeme kullanıldığı durumlar da bulunmaktadır (Şekil 8.9).

CLT'nin düzlem içi kesme kuvveti kritiktir, çünkü ara katmanlarda "rolling shear" tabir edilen yuvarlanma kesme gerilmeleri, ahşabın en zayıf olduğu yönde etki eder. Duvar olarak kullanıldığında çok büyük düzlem dışı kesme kuvveti oluşmazken, döşemede kullanıldığında özellikle kolon ve duvara yakın kesme kuvvetinin büyük olduğu bölgelerde yuvarlanma kesme gerilmelerinin mutlaka kontrol edilmesi gereklidir.



Şekil 8.8. CLT bina örneği [8]



Şekil 8.9. CLT elemanlar yuvarlanma kesme hasarı [9,10]

3.2.3. Çerçeve Sistemli (Kolon-Kiriş) Binalar

Ahşap çerçeve sistemli binalar, taşıyıcı sistemi kolon ve kirişlerden oluşur. Bu tür binalarda deprem kuvvetlerinin kolon ve kirişlerce taşındığı çerçeveler bulunur. Fakat, özellikle deprem bölgelerinde ve birden fazla katlı binalarda yatay kuvvetleri taşıması için mutlaka perde duvarlar (CLT, çelik çaprazlı ya da betonarme perde duvar, vb) kullanılması ve burulmaları engelleyecek şekilde her iki yatay yönde de simetrik ve dış merkezli yerleştirilmesi gereklidir. Özellikle kirişlerin bulunmadığı düz plaka binalarda çok dikkatli tasarım yapılması gerekir; çünkü bu tür durumlarda "kabal" edilen kolon-kiriş ya da kolon-döşeme bağlantılarının beklenenden daha düşük dayanımda olması ve yatay kuvvetler (rüzgar ve deprem gibi) etki ettiğinde moment aktaramama ve mafsallaşma ile hızla binanın yıkılması ya da zımbalama ile kolonların döşemeye geçmesi mümkündür. Bir zincirin dayanımının, zincirin en

zayıf halkası olduğu gibi bir binanın da dayanımını en zayıf eleman ya da bağlantının belirlediği unutulmamalıdır (Şekil 8.10).



Şekil 8.10. Çerçeve sistemli bina örneği [7]

3.2.4. İnce Katlanmış Kabuk Sistemli Binalar

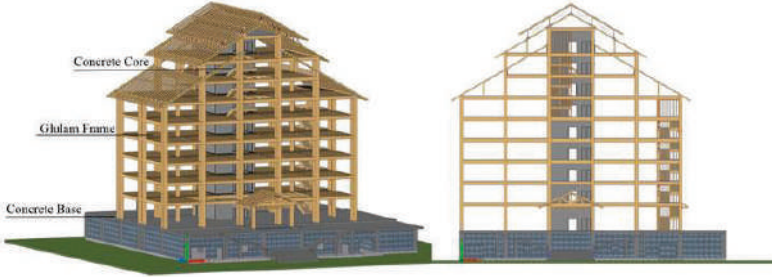
İnce katlanmış kabuk sistemleri, farklı geometrik modellere sahip, hafif ve yüksek dayanımlı yapılar oluşturmak için kullanılabilir. Ahşap malzemenin katlanmış geometrisi, deprem kuvvetlerine karşı hem rijitlik ve dayanım hem de estetik görünüş sağlar (Şekil 8.11). Mimari açıdan farklı görüntüler sunan bu tür ahşap yapıların çok geniş açıklıklar geçebildiği ve çok hafif kesitlerle çözüm üretilebildiği bilinmektedir.



Şekil 8.11. Kabuk sistemli bina örneği [8]

3.2.5. Hibrit (Perde Çekirdekli) Ahşap Binalar

Hibrit sistemler, ahşap taşıyıcı elemanların çekirdek yapı ile birlikte inşa edilmesiyle elde edilir. Çekirdek betonarme ya da çelik perdelerden oluşabilir. Hibrit yapıda ahşap çerçevelerin döşemeleri bu çekirdek yapıya bağlanır. Bu sayede büyük çoğunluğu ahşap malzemeden oluşan hem çok katlı yapı inşası mümkün olabilir hem de depreme daha dayanıklı hale getirilebilirler (Şekil 8.12). Rijit ve kesme kapasitesi yüksek çekirdekler yatayda etki eden kuvvetli rüzgar ve deprem kuvvetlerini üstlerine alarak zemine aktarırlar; düşey yükler ise ahşap kolonlara bırakılır. Hibrit sistemlerle yatay deplasman kriterleri ve dayanım kriterleri daha kolay sağlandığı için en yüksek ahşap binalarda genellikle betonarme çekirdek bulunmaktadır.



Şekil 8.12. Hibrit ahşap bina örneği [11]

4. Tasarım Kriterleri

Ahşap yapılar, kullanım ömrü boyunca hem güvenliği hem de kendilerinden beklenen konfor koşullarını eksiksiz bir şekilde sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Bu tür yapılar, inşaat sürecinde ve kullanım aşamasında maruz kalabilecekleri tüm olası yüklerle karşı yeterli dayanımı gösterebilmelidir. Bu dayanımın sağlanabilmesi için ahşap yapı elemanlarının enkesit boyutları, uzunlukları, bina yüksekliği ve yapı türü gibi temel tasarım parametreleri, iklim koşulları ve yapının kullanım amacı göz önünde bulundurularak dikkatlice belirlenmelidir. Tasarım sürecinde yalnızca taşıma kapasitesi değil, aynı zamanda kullanım konforunu etkileyen kullanılabilirlik sınır durumu gibi önemli kriterler de değerlendirilmelidir. Bu kriterler arasında nem kontrolü, ısı ve ses yalıtımı, yangın dayanımı gibi hayati unsurlar yer alır. Tasarımın bu çok yönlü gereksinimleri karşılaması, yapının uzun vadede hem fonksiyonel hem de güvenli bir kullanım sunmasını sağlar. Bu nedenle, ahşap yapıların tasarımı, teknik, çevresel ve kullanıcı odaklı kriterlerin dengeli bir şekilde ele alındığı tıfız bir mühendislik sürecini gerektirir.

Tasarımda yapı - zemin etkileşimi hem yatay hem düşey yükler için etkili bir temel tasarımı da gerektirir. Geleneksel olarak ahşap yapıların temelleri taş duvarlarla oluşturulabildiği gibi günümüzde betonarme olarak yapılmaktadır. Son zamanlarda hafif tek katlı ya da az katlı ahşap bina temellerinde vida tipi ankrajların (dış implantı gibi) pratik bir şekilde kullanıldığı da görülmektedir. Genellikle ahşap bina ile temel arasında bir boşluk bırakılır ya da bodrum kat betonarme olarak yapılır, ahşabın zeminle teması engellenir. Köy evlerinde ya da dağ kamp evlerinde, zeminde açılan çukur içine yerleştirilen dikmelerin etrafı beton ile kaplanarak tabandan ve yanlardan ahşap elemanın topraktan yalıtılması şeklinde bir uygulama da bulunmaktadır. Çoğunlukla ilk katın pencere alt kotuna kadar ya da ilk katın tümüyle betonarme yapıldığı, üst katların bu yapı üzerine inşa edildiği yatayda hibrit sistem yapılar görülmektedir. Tasarımda elemanların uzun süre kullanımı esas olduğu için sadece dayanım değil aynı zamanda dış etkenlere maruz kalan ahşabın çeşitli etkenlerden (mantar, böcek, güneş ışınları, su, tuz, donma-çözülme vb) korunması için farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bunlardan en sık görülenleri emprenye uygulaması ve ahşabın boyanması şeklindedir.

Tasarımda dikkat edilmesi gereken birkaç diğer unsur ise, uzun vadede sünme etkisi ile artacak deformasyonların tasarım aşamasında değerlendirmeye alınmasıdır. Artan deformasyonlar kullanılabilirlik sınırını etkileyeceği gibi, aşırı sünme etkisi altında elemanın dayanımı da düşerek güvenli yük taşıma kriteri de sağlanmayabilir. Uzun zaman içinde deformasyonların artmasındaki önemli iki etken, yüklerin uygulanma süreleri (kendi ağırlığı

sürekli etki ediyor ama rüzgar ve kar yüklerinin daha kısa süre aralıkları var gibi) ve ortamın nem miktarındaki değişimlerdir. Nem oranının düşük ya da yüksek olması az bir fark yaratırken, nem oranının sürekli artıp azalması ahşap için daha çok istenmeyen bir durumdur. Özellikle çok yağış alan bölgelerde ve dış ortamda (yağmur ve kar etkilerine açık) ahşap elemanların tasarımında çok daha güvenli yöntemlerin izlenmesi şarttır.

4.1. Kuvvetler ve Dayanım Sınır Koşulu

Bir yapıya kalıcı yükler, hareketli yükler, kar yükü, rüzgâr yükü, sıcaklık etkileri ve zemin etkileri (göreceli oturma) gibi değişken yükler etki etmektedir. Türkiye’de inşa edilen tüm yapı türleri için karakteristik yük değerleri TS 498, deprem yükleri için ise Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) esas alınmaktadır. Bu standartlar kapsamında, farklı yük hesaplamaları ve esasları tanımlanmıştır. Yük kombinasyonları, eleman ve bağlantı tasarımı esasları ise farklı yönetmeliklerce detaylı olarak tanımlanmıştır. Ayrıca, yalnızca dayanım durumu için değil, aynı zamanda kullanılabilirlik sınır durumları için de ilgili yük kombinasyonuna göre hesaplamalar yapılmalıdır (kullanılabilirlik durumu kontrolü statik deplasman ve dinamik titreşimler için ayrı ayrı yapılır).

4.1.1. Deprem Kuvvetleri

Türkiye, Yeni Zelanda, Japonya, Şili (Ring or Fire - Ateş Çemberi), en ünlü fay hatlarından biri olan San Andreas fayını barındıran (Kaliforniya) ABD gibi ülkeler yüksek deprem riski olan ülkelerdir. Bu yüzden bu bölgelerde yapı tasarımı yapılırken dikkate alınması gereken en önemli kuvvetlerin başında deprem kuvvetleri gelmektedir. Deprem etkisiyle yapıda oluşan ivmeler, yapı kütleleriyle etkileşime girerek yapıda büyük yüklemelere, sonuç olarak kalıcı deformasyonlara ya da kısmi-tam yıkıma yol açabilir. Eğer yapı betonarme bir döşemeden oluşuyorsa, kütlelerinin yüksek olması nedeniyle deprem sırasında yapıda oluşacak kuvvetler daha büyük olacaktır. Buna karşın, ahşap yapı elemanları kullanılarak oluşturulan yapılarda, sistemin daha hafif olması (daha az kütleyle sahip olması) nedeniyle deprem kuvvetleri daha az olur ve yapı daha az zorlanır. Ahşabın dayanım seviyesi beton basınç dayanımını karşılar seviyede olup donatısız halde çekme ve eğilim dayanımları betona göre çok yüksektir fakat kabaca beşte bir kütleyle sahiptir.

Ahşap yapı sistemlerinde, yapısal elemanların boyutları ve dayanımı deprem yüklerini karşılayacak seviyede olsa bile, bağlantı elemanlarının yetersiz dayanım göstermesi veya yönetmeliklerde belirtilen esaslara uygun bir şekilde tasarlanıp inşa edilmemesi durumunda, ahşap yapılarda ciddi hasar ve kayıplar meydana gelebilir. Bu nedenle, yalnızca yapısal ahşap elemanların (kolon giriş taşıyıcı duvar, döşeme, balkon vb) değil, aynı zamanda bağlantı elemanlarının da tüm yüklerle ve deprem etkilerine uygun şekilde tasarlanması büyük önem taşımaktadır.

4.1.2. Diğer Kuvvetler (Rüzgar, Kar, Hareketli Yük, vb)

Ahşap yapılar için deprem kuvvetleri kadar rüzgar kuvvetleri de kritik bir öneme sahiptir. Deprem etkilerine karşı yapının hafif olması avantaj sağlarken, bu durum rüzgar yükleri için bir dezavantaja dönüşebilir. Bu nedenle, ahşap yapıların tasarımında kullanılan elemanların,

rüzgar kuvvetlerinin oluşturduğu yükler açısından da kritik olup olmadığı mutlaka kontrol edilmelidir.

4.2. Kullanılabilirlik Sınır Durumuna Göre Tasarım

Yapıların tasarımında dikkate alınması gereken diğer bir kriter ise kullanılabilirlik sınır durumudur. Kullanılabilirlik sınır durumu, yapı üzerinde servis yüklerinin ya da kullanım sırasında meydana gelebilecek nem etkisiyle ya da etkiyen yükler altında aşırı deformasyon, sehim, sünme veya titreşim gibi kullanım konforunu olumsuz etkileyebilecek durumlara yol açmasını ifade eder. Bu sınır durumunun dikkate alınmaması ile tasarlanan bir binada sınır değerlerin aşılması durumunda yapının kullanım konforu azımsanmayacak derecede düşmektedir. Aşırı sallanan bir döşeme, ısı kaybı yaşanan bir daire, ses, nem ve su yalıtımının uygun yapılmaması gibi durumlarda yeterli konfor seviyesi sağlanamayabilir. Yönetmeliğimize göre (TABY) tüm kriterlerin kontrol edilmesi ve sağlanması gereklidir.

4.2.1. Deplasmanlar

Döşeme ya da balkon gibi konsol elemanlarda yük uygulandıktan hemen sonra ve yük uygulandıktan yıllar sonra yavaş yavaş gerçekleşecek deplasmanların yönetmelikte verilen L/400, L/300 gibi sınır koşulları ile karşılaştırılarak değerlendirme yapılmaktadır. Ani ve uzun süre içinde gerçekleşen sünme dahil deplasmanların, yönetmelikte tanımlanan sınır değerlerinden daha düşük olması gereklidir. Benzer şekilde katlar arası ötelemeler de sınırlanmıştır.

4.2.2. Titreşimler

Döşemelerde titreşim problemi güçlü fakat esnek malzeme olan ahşap için bazı durumlarda sorunlar yaratabilmektedir. Bu sebeple, döşemenin ilk titreşim frekansının 8 Hz'den büyük olması ve döşemenin 1 N.s çarpma etkisi altındaki ilk hızının ve esnekliğinin belirli tanımlanan sınırlardan daha büyük olmaması gereklidir. Bunun için TABY bölüm 5.4 Titreşim bölümü ile uyumlu döşemeler tasarlanması gerekir. Döşemenin yeterli dayanıma sahip olması yeterli değildir, aynı zamanda kullanım konforu açısından çok esnek ve fazla titreşim hissi oluşturacak özellikte de olmaması gereklidir.

4.3. Diğer (Yangın, Su, Ses, Isı)

Yönetmelik (TABY) Bölüm 6 Yangın ve Bölüm 7 Yalıtım ile ilgili konuları detaylı olarak açıklamaktadır. Yangına karşı 30 dakika, 60 dakika gibi kriterler bulunmaktadır. Yangında taşıyıcı elemanların, öngörülen bu minimum süreler boyunca binanın çökmeden ayakta kalması için yeterli süre dayanmalıdır. Bu süre zarfında itfaiye gelerek söndürme işlemini gerçekleştireceği ve hasar gören bölümlerin tamir edilebileceği düşünülmektedir. Ahşap yanıcı bir malzeme olmasına rağmen, çelik gibi yüksek sıcaklıkta hemen göçme yaşanmaz (bkznz ikiz kuleler). Ahşap elemanlar dıştan içe doğru yavaş yavaş yanarlar; bu sırada oluşan kor tabakası ile oksijenin iç bölgeye geçmesi yavaşlar. Örneğin bir kamp ateşinde kalınca çaplı bir odun bütün gece yanıp sabah yarı yanmış olarak bulunabilir. Betonarme elemanlarda döşemede çekme donatısının ısınarak 500 °C dereceyi geçmesi döşemenin

kiriflerin aşırı sehim yapması ve bazen göçmesiyle sonuçlanır. Kolonlarda donatının aşırı ısınması, eksenel yük taşıma ve eğilme momenti taşıma kapasitesini önemli seviyede düşürür. Standart bir yangında, dakikalar içinde oda içi sıcaklık 1000 °C dereceye ulaşır geçebilir. Özellikle dış yüzeyde bulunan metal bağlantı elemanlarının yangında kötü performans göstereceği unutulmamalıdır ve gerekli koruma önlemleri alınmalıdır. Hem ahşap hem çelik için bor tabanlı yanmazlık uygulaması ve intumesan şişen yangına karşı koruyucu boyalar bulunmaktadır. Ahşap elemanlarda kesit kaybı yavaş gerçekleşir ve kesit binanın ağırlığını taşımaya devam eder. Su, nem, ses, ısı yalıtımı ile ilgili esaslar da detaylı olarak Yönetmelik (TABY) Bölüm 7’de verilmektedir. Binanın içini nemden korumak için tek yönlü su ve nem bariyerlerinin çatı ve dış duvarlarda kullanılması gerekir.

SONUÇLAR

Ahşap, tarih boyunca yapı malzemesi olarak kullanılmış, özellikle hafifliği ve yüksek dayanımı, hızlı inşaat özelliği ile deprem bölgelerinde önemli bir avantaj sağlamıştır. Modern mühendislik teknikleri ve yenilikçi malzeme üretim yöntemleri sayesinde, ahşap yapılar hem düşük katlı hem de çok katlı binalar için sürdürülebilir ve çevre dostu bir alternatif sunmaktadır. Türkiye’de geleneksel yapı teknikleri ve modern ahşap tasarım kriterleri arasında bir köprü kurmak, deprem dayanımı yüksek, ekonomik ve çevre dostu yapılar inşa etmek için kritik bir rol oynamaktadır.

Deprem dayanımı açısından, ahşap yapılarda kütlelerin düşük olması, deprem kuvvetlerinin minimum seviyede oluşmasını sağlar. Ancak, bağlantı elemanlarının doğru tasarımı ve uygun detaylandırma, yapısal performansın belirleyici unsurlarıdır. Ahşap yapıların esnekliği ve enerji yutma kapasitesi, deprem sırasında elastik sınırlar içinde kalmasını sağlar; bu da hasar riskini azaltır. Türkiye Ahşap Bina Yönetmeliği (TABY) ve TBDY 2018 gibi güncel yönetmelikler, bu yapıların tasarımında yol gösterici olmaktadır. Ahşap malzemenin ısı, ses ve nem yalıtımı gibi ek avantajları, enerji verimli binaların tasarımında büyük bir potansiyel sunar. Aynı zamanda, ahşabın yangına karşı davranışı, yanarken dış tabakasında bir kor tabakası oluşturarak iç kısımları koruması gibi özellikleriyle dikkat çekmektedir. Sürdürülebilir bir malzeme olarak, karbon ayak izinin azaltılması ve geri dönüşürülebilirlik açısından da ahşap, inşaat sektörü için çevre dostu bir seçenektir.

Sonuç olarak, Türkiye’nin deprem riskine ve çevresel sorunlara karşı mücadele sürecinde mühendislik hizmeti almış ahşap yapılar, gerek geleneksel gerekse modern tekniklerle önemli bir çözüm yolu sunmaktadır. Gelecekte, yenilikçi hibrit sistemler, çapraz lamine ahşap (CLT) ve diğer mühendislik ürünü elemanların kullanımıyla, daha yüksek ve dayanıklı yapılar inşa edilmesi mümkün olacaktır. Ahşap yapıların tasarımında, dayanım, kullanılabilirlik ve estetik unsurların bir arada ele alınması, bu yapıların inşaat sektöründeki payını artırarak daha sürdürülebilir bir geleceğe katkıda bulunacaktır.

KAYNAKÇA

- [1] <https://www.tmmob.org.tr/icerik/6-subat-2023-depremi-degerlendirmesi-kamuoyu-ile-paylasildi> [19.12.2024].
- [2] <https://www.ogm.gov.tr/tr/haberler/yapisal-ahsap-projesi> [19.12.2024].
- [3] <https://www.youtube.com/watch?v=ooyfa9PVSd8> [19.12.2024].

- [4] Köylü, A. (2008). Geleneksel Yapıların Yatay Yükler Etkisinde İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir.
- [5] Aktas, Y. D. (2011). Evaluation of Seismic Resistance of Traditional Ottoman Timber Frame Houses. Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- [6] <https://x.com/yasayankoy/status/1394943800133537799/photo/1> [20.12.2024].
- [7] <https://www.ahsap.org.tr/ahsap-yapi-sistemleri> [20.12.2024].
- [8] <https://www.ogm.gov.tr/tr/haber-sitesi/PublishingImages/tr/haberler/ahsap-kullanimin-yayginlastirilmasi-calistayi>.
- [9] Zhou, Q., Gong, M., Chui, Y. H., & Mohammad, M. (2014). Measurement of rolling shear modulus and strength of cross laminated timber fabricated with black spruce. *Construction and Building Materials*, 64, 379–386. DOI: 0.1016/j.conbuildmat.2014.04.039
- [10] Franzoni, L., Lebéé, A., Forêt, G., & Lyon, F. (2015). Advanced modelling for design helping of heterogeneous CLT panels in bending. In International Network on Timber Engineering Research (INTER): Volume 48, August 2015, Sibenik, Croatia. Sibenik, Croatia: INTER.
- [11] Zhang, X., Xuan, L., Huang, W., Yuan, L., & Li, P. (2022). Structural Design and Analysis for a Timber-Concrete Hybrid Building. *Frontiers in Materials*, 9, 844398. DOI: 10.3389/fmats.2022.844398

YAZAR ÖZGEÇMİŞİ

Ahmet Türer, Prof.

ODTÜ, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

aturer@metu.edu.tr

Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde profesör olarak görev yapmaktadır. Yapısal sağlık izleme, tarihi yapıların analizi ve değerlendirilmesi, ahşap yapılar, forensik, köprüler, çelik yapılar gibi alanlarda uzmanlaşmıştır. Türkiye'nin ilk ahşap bina yönetmeliğini hazırlayan ekibin başkanı olarak görev almıştır. Ayrıca, ahşap yapıların deprem güvenliğini artırmaya yönelik yenilikçi modern yöntemler üzerinde çalışmalar yürütmektedir.

Rabia İzol, Dr.

ODTÜ, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

izolrabia1@gmail.com

Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde doktora sonrası araştırmacı olarak görev yapmaktadır. Yiğma yapılar ve tarihi yapıların analizi ve ahşap yapılar gibi alanlarda çalışmaktadır. Türkiye'nin ilk ahşap bina yönetmeliğini hazırlayan ekipte görev almıştır. Aynı zamanda, ahşap yapıların deprem dayanımına yönelik yenilikçi yöntemler üzerinde çalışmalar yürütmektedir.

9. Bölüm

AHŞAP YAPILARIN TAHRİBATSIZ YÖNTEMLERLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Büşra AYDOĞAN SELÇUK^{a*}, Engin Derya GEZER^b

^a Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi-Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği, Türkiye,
ORCID: 0000-0002-1893-7884

^b Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi-Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği, Trabzon, Türkiye
ORCID: 0000-0001-9657-7290

* busraaydoganselcuk@gmail.com

SUMMARY

Like all other materials, wood loses its performance over time due to various factors. These losses can be limited to the surface of the wood material, or they can affect the entire material and lead to significant changes in its resistance properties. Destructive testing is the most effective method of assessing the condition of the material in a structure. However, in some cases, e.g. protected wooden structures, it is not possible to take samples from the elements of the existing structure for destructive testing. Therefore, it is necessary to determine the extent, intensity and severity of possible deterioration of the wood material in structures whose condition is to be determined using non-destructive testing techniques. These techniques allow the detection of defects in load-bearing wooden system without damaging the structure and at the same time determine the mechanical properties of the materials. This chapter deals with the application of non-destructive testing techniques to wood-based materials. In addition, this chapter discusses the evaluation of timber structures using non-destructive test, areas of application, advantages and limitations of the methods. The correct interpretation of the data obtained with these methods is important for the protection of wooden structures with cultural and historical heritage, for decision, making during restoration and for the restoration process.

Keyword: *Nondestructive testing techniques, wooden structures, mechanical properties, historical heritage.*

Giriş

Ağaç malzeme, yaşamın birçok alanında kullanım olanağı bulduğu gibi insanlığın barınma ihtiyacına cevap verdiği günlerden bu yana önemli bir yapı malzemesi de olmuştur. Bununla birlikte kolay erişilebilirliği, işlenebilirliği, yenilenebilirliği, yüksek mukavemeti ve nispeten düşük özgül ağırlığı gibi özellikleri, inşaatlarda yapı malzemesi olarak tercih edilmesini sağlamıştır. Ancak teknolojinin gelişmesi, beraberinde yapı malzemelerindeki ürün çeşitliliğini de etkilemiştir. Bu durum ağaç malzemenin diğer türdeki malzemelerle olan rekabetini artırmıştır. Diğer yapı malzemeleriyle kıyaslandığında doğayla tamamen uyumlu, sağlıklı ve geri dönüşümü kolay, doğru kullanıldığında ve olumsuz özelliklerinin önüne geçildiğinde ise kullanım yerindeki ömrü uzatılabilen, sürdürülebilir bir malzemedir. Ağaç malzeme, doğası gereği fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikler taşır. Ancak, bu özellikler çeşitli dış faktörlerin, özellikle biyolojik bozunmanın etkisiyle değişime uğrayabilir. Bu durum, hem dış etkilere karşı gösterdiği davranışı hem de bu davranışa bağlı olarak yapılacak değerlendirmeleri, diğer yapı malzemelerine kıyasla daha karmaşık hale getirmektedir. Ahşap yapıların uzun yıllar boyunca ayakta kalabilmesi, malzemenin korunmasını ve düzenli bakımını gerektirmektedir. Tarihi ahşap yapılarda ise malzemenin özgül dokusunun korunması önem taşımaktadır. Yapısal elemanların bozunması neticesinde, malzemenin yük taşıma kapasitesi etkilenmektedir. Bu durumda bozunan elemanların değiştirilmesi tarihi ve kültürel öneme sahip yapılar için kabul edilebilir bir seçenek olmayabilir ve yapının işlevselliğini sürdürmesi için yeniden tasarlanmasını gerektirebilir. Bu yapıların kullanım süreleri göz önünde bulundurulduğunda maruz kaldığı faktörlerin etkilerini belirlemek, çok değişkenli bir değerlendirme gerektirmektedir. Bu anlamda, ahşap bir yapıdaki malzemenin durumunu değerlendirmenin yollarından biri tahribatlı testlerdir ancak çoğu durumda mevcut bir yapının ahşap yapı elemanlarından numune almak mümkün olmamaktadır. Bu sebeple tahribatsız testler, ahşap yapıların fiziksel ve mekanik özelliklerini yerinde değerlendirmek amacıyla başvurulan yöntemlerin başında gelmektedir [1].

"Nondestructive testing" ya da "Nondestructive evaluation" olarak adlandırılan tahribatsız yöntemlerin isimleri için bu ifadelerin yetersiz olup tam karşılığı olmadığını, malzemenin test edilmesi ve verilerin değerlendirilmesini de içeren bir sürecin tahribatsız değerlendirme olarak adlandırılmasını savunan görüşler bulunmaktadır [2]. Tahribatsız testler genellikle tahribatsız ve tahribatlı parametreler arasındaki korelasyonlara dayanmaktadır [3]. Hem kalitatif sonuçları (olası tahribatin boyutu, yapısal sorunlar, vb.) hem de kantitatif sonuçları (yoğunluk, mukavemet, elastikiyet modülü) tahribatsız olarak elde etmek için, ahşap yapı elemanlarından alınan numuneler üzerinde, tahribatlı testlerle birlikte tahribatsız testlerin yapılması gerekmektedir. Bu sayede tahribatsız test sonuçlarından elde edilen verilerle, tahribatlı testlerden elde edilen sonuçlarının korelasyonu ahşap yapıların statik mukavemet analizlerinde detaylı veriler elde edilmesini sağlayabilmektedir. Verilerin doğru yorumlanması, ahşap yapıların en az müdahale ile özgül değerinin korunmasını ve en uygun koruma yöntemine karar verilmesini kolaylaştırmaktadır.

Fidler [4], tarihi binaların analizinde tahribatsız teknolojinin kullanım alanlarını şu şekilde özetlemiştir; toplam yapısal performansın değerlendirilmesi, bina kabuğunun (bir yapının dış çevresini oluşturan elemanları (duvarlar, çatı, zemin, pencereler, kapılar vb.) değerlendirilmesi, rutubet içeriği, mukavemet, sertlik gibi bireysel yapı malzemelerinin özelliklerinin analizi, gizli mimari detayların ve küçük yapı elemanlarının tespiti, inşa edilmiş formun kronolojisinin analizi tahribatsız değerlendirme yöntemleri kullanılarak en iyi şekilde inceleme imkanı sunmaktadır.

Birçok tahribatsız test yöntemi, ağaç malzemenin hem değerlendirme hem de sınıflandırma sürecini kolaylaştırmaktadır. Böylece malzemenin durum tespiti önemli değişiklikler olmadan yapılmaktadır. Bu yöntemler genellikle hızlı, güvenilir ve çoğunlukla ekonomik olmaktadır [5]. Ahşap yapı elemanlarının sağlamlığını veya yük taşıma kapasitesinin yerinde tahmin

edilebilmesi amacıyla çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Ahşap yapının malzeme açısından değerlendirilmesinde kullanılan tahribatsız testler mekanik, akustik, elektromanyetik ve nükleer yöntemler olmak üzere dört başlık (Tablo 9.1) altında değerlendirilmektedir [2, 5].

Tablo 9.1. Tahribatsız muayene yöntemleri ve sınıflandırılması [5]

Teknikler	Temel Fiziksel İlişkiler	Ölçülebilir Özellikler
Mekanik Teknikler	Delme direnci Sertlik, Penetrasyon	Yoğunluk Mantar ve böcek tahribatının belirlenmesi
Akustik Teknikler	Stres-Dalga Ultrasonik Akustik emisyon Vibrasyon	Elastik sabitler (E, G) Mikro çatlaklar Kusur tespiti Tutkallı yapıştırma kusurları
Elektromanyetik Teknikler	Termografi Elektriksel direnç Dielektrik özellikler	Yüzeye yakın yerdeki yapışma kusurları, Rutubet ölçümü Mantar tahribatının tespiti Rutubet
Nükleer Teknikler	Gözlemlenen ışık IR/NIR radyasyonu X-ray Nötron radyasyonu	Renk çeşitliliği ölçümü Renk, Yaş, Görüntü uyumu Nem, Kimyasal analiz Rutubet ölçümü, Yoğunluk

Bu bölümde tahribatsız test tekniklerinin ağaç malzemeler üzerindeki kullanımlarıyla ilgili bilgiler verilmiştir. Ayrıca, tahribatsız testlerle ahşap yapıların değerlendirilmesi ve yöntemlerin uygulama alanları, avantajları ve kısıtları bu bölümde ele alınmıştır.

1. Tahribatsız Test Yöntemleri

1.1. Görsel Değerlendirme

Görsel değerlendirme, tahribatın yerinin belirlenmesi ve malzeme hakkında ön bilgi edinmek amacıyla kullanılan en temel yöntemler arasında gelmektedir. Sadece malzemedeki bozunmaları değil aynı zamanda bütüncül bir bakış açısıyla bozunmaya neden olan unsurları da tespit etmeyi sağlamaktadır. Ayrıca malzeme üzerinde yapılması gereken daha detaylı ve ileri teknikler belirlenebilmektedir. Mevcut veya olası bozunma belirtileri için ağaç malzemenin gözlemlenerek, daha ileri değerlendirme gerektiren alanlarının not edilmesini gerektirmektedir. Bununla birlikte bundan sonraki detaylı incelemeler için referans niteliği taşıması açısından yapının yakın çevresi ile birlikte yapılacak olan gözlemleri de içermektedir.

Bu yöntem, ahşap yapıların sorunlarına ilişkin tarihsel veri sağlanmasında etkilidir. Ahşap yapılarda gözle görülür tahribatın olduğu kısımların görsel anlamda incelenmesi kolay olmakla birlikte, bu durum genellikle böyle olmamaktadır. Çoğu durumda malzemenin tamamı veya önemli bir kısmı kaplama altında gizlenmiş olabilmekte ve yapı elemanının durum tespiti için görsel değerlendirme yetersiz kalabilmektedir. Bu anlamda yapı elemanlarının onarılması, güçlendirilmesi veya değiştirilmesine karar vermenin güçlüğü ortaya çıkmaktadır. Malzeme yüzeyinde orta veya ileri düzeyde oluşan rutubet ve mekanik kaynaklı tahribatın veya bozunmuş elemanlar tespit edilebilmektedir. Çeşitli nedenlerle sonradan meydana gelebilecek mantar çürüklüğü, böcek delikleri, boşluklar, çatlaklar, renk değişikliği, şekil değişikliği vb. deformasyonlar gözlemlenmektedir [6]. Ancak erken evre veya malzeme içindeki çürümenin tespit edilmesinde bu yöntem tek başına yetersiz

kaldığından diğer tahribatsız testlerin nerede uygulanacağına karar verilmesinde yardımcı bir yöntem olarak tercihen kullanılmaktadır. Şekil 9.1.'de ahşap yapılardan elde edilen görseller üzerinde hasar tespitleri yapılmıştır. Böcek ve çürüklük mantarlarının tahribatı ve dış ortam koşullarına maruz kalmadan kaynaklı yüzeyde oluşan renk değişimi ve erozyonu ahşap yapı elemanlarının çoğunda gözlenmiştir.



Şekil 9.1. Tarihi ahşap yapılara ait hasar ve kusurlar (a) Ağaç malzemenin taşıyıcı bağlantı yerlerinde çürüme ve böcek yenikleri (b) Ahşap dikmede derin çatlaklar ve böcek tahribatı (c) Taşıyıcı kirişte mantar çürüklüğü ve böcek tahribatı (d) Ahşap dikmede çürüme, böcek tahribatı ve renk değişimi (e) Kirişte böcek tahribatı ve pencere doğramasında renk değişimi (f) Çatı taşıyıcılarında rutubet almaya bağlı oluşan çürüklük ve kusurlar [7]

Görsel incelemelerin sağlıklı yapılabilmesi bazı koşullara dikkat edilmesini gerektirmektedir. Durum tespiti sırasında ahşap yapı, üzerinde ve altında yürümek için güvenli olmalı, gerekirse desteklenmelidir. Ahşap yapı elemanlarına erişilebilir olmalı; yüzeyi, toz, kir vb. unsurlardan arınmış ve temiz olmalı, gerekirse fırça, vakum veya hava uygulanarak yüzey pürüzü giderilmelidir. Ahşap yüzeylerin görüleceği yönde ve yoğunlukta aydınlatma olmalıdır. İnceleme yönteminin belirlenmesinde ahşap yapı elemanına ulaşılabilirlik sağlanmalıdır. Eğer yapı elemanının yüzeyi görülemiyorsa (sıva, boya vb. üst örtü mevcutsa) yapı elemanını görüntülemeyi sağlayan tekniklerin (endoskopi vb.) kullanımı tercih edilmelidir. Bununla birlikte yapıda düzenli görsel değerlendirmenin mümkün olmadığı tüm bölümler, özellikle de incelemenin mutlaka gerekli olduğu yapı elemanlarında iç kusur ve hasar tespiti yapılamadığından, birleşim noktaları ve gerilmeye maruz olan kısımları diğer tahribatsız test yöntemlerinden faydalanmayı gerektirmektedir [8].

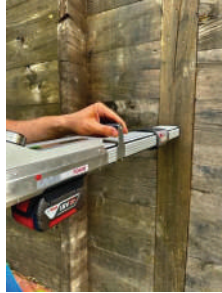
1.2. Mekanik Tahribatsız Teknikler

1.2.1. Delme Direnci (Rezistograf) Yöntemi

1980'lerin sonlarında ticari anlamda geliştirilen delme direnci yöntemi, ilk olarak ağaçların yıllık halkalarını ve mevcut kusurları tespit etmek amacıyla ağaç bakım uzmanları tarafından kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Rinn [9], çalışmalarının sonucunda rezistograf cihazının bilimsel ve pratik uygulamalarda ağaç malzemelerin değerlendirilmesi için güvenilir bir araç olduğunu belirtmiştir. Bununla birlikte eski ahşap yapıların yenilenmeden veya yeniden inşası planlanmadan önce tavan kirişleri, mertekler ve ahşap birleşim yerlerinin incelenmesinin gerekliliğini ortaya koymuştur.

Bu teknoloji günümüzde ahşap kirişler, kolonlar, direkler ve kazıklardaki çürümeyi, boşlukları ve böcek galerilerini tanımlamak ve ölçmek amacıyla kullanılmaktadır. Ağaç malzeme dışardan sağlam görünse dahi iç kısmındaki çürüklüğün varlığı ya da çürüklük zonunun boyutu bilinmemektedir. Bu yöntem tahribatlı bölgeleri/yerel kusurları ve tahribat ve kusurların boyutlarını ve aynı zamanda yoğunluk değişimlerini tespit etmektedir.

En sık tercih edilen tahribatsız test yöntemlerinden biri olup ağaç malzemeye 1,5 ila 3,0 mm'lik bir mikro matkapla nüfuz eden delme cihazıyla (rezistograf) uygulanan bir yöntemdir [10]. Bu yöntem, iğneye benzeyen matkap milinin odunda ilerlemek suretiyle malzemeyi delmesiyle gerçekleşmektedir. Bu ilerlemeyi gerçekleştirmek için motorun ihtiyaç duyduğu enerjisi düzenli olarak kaydeden özel ekipman beraberinde kullanılmaktadır [11]. Ekipmanın amacı, ahşap yapı elemanlarında düşük yoğunluğa sahip, çürüme veya bozulmaya işaret eden alanları belirlemektir. Penetrasyon derinliğinin doğruluğunu sağlamak için delme işleminin yüzeye dik olarak yapılması önem taşımaktadır. Açılan delik, ahşap elemanlar üzerinde yapısal etki taşımadığından önemsenmemektedir. Bu nedenle tahribatsız yöntemler arasında yer almaktadır. Şekil 9.2'de verilerin sahada incelenmesine ve daha sonra bu verilerin bilgisayar kullanılarak işlenmesi sağlayan IML firmasına ait elektronik ekranlı ticari bir rezistograf cihazı görülmektedir.



Şekil 9.2. IML-Resi pd (power drill)-400 cihazı [7]

IML firması tarafından geliştirilen rezistograf cihazı ölçüm çıktıları, yatay koordinatları (x eksen) penetrasyon derinliğini, dikey koordinatları (y eksen) delme esnasında ağaç malzeme iç kısmındaki yoğunluk değişimini gösteren bir grafik vermektedir. Matkap mili ilerledikçe, farklı yoğunluklarda arayüzlerle karşılaşmaktadır. Rezistograf mili bir boşluk veya çürümüş bölgeyle karşılaşsa, güç girişi azalmakta, malzemedeki tahribat, delme direnci grafiğinde görülebilmektedir [12]. Karşılaşılan direnç değiştikçe artan veya azalan bir genlikle sonuçlanmasına neden olmaktadır [13]. Bu nedenle genlik oldukça hassas olup sadece budaklar veya çatlakları değil aynı zamanda yıllık halkaların dağılımının grafiksel

görünümünü de sağlamaktadır [14]. Genlik seviyesine bağlı olarak, farklı yoğunlukları nedeniyle genç ve ergin odun arasında ayırım yapmak bile mümkün olabilmektedir [10]. Ahşap yapıların, yenilenmesi ve güçlendirilmesi için yapılan çalışmalarda rezistograf verileri araştırmacılara teşhiste kolaylık sağlamaktadır [15, 16]. Bazı çalışmalar delme direnci ile ağaç malzemenin yoğunluğu arasında güçlü bir korelasyon olduğunu göstermiştir. Birçok araştırmacı da rezistograf cihazı kullanarak farklı amaçlarla kullanılan ağaç malzemelerin iç kısımlarındaki tahribat ve kusurları tespit etmişlerdir [17, 18, 19, 20, 21].



Şekil 9.3. Ahşap yapıların taşıyıcı elemanlarına delme (Rezistograf) cihazıyla yapılan incelemelere ait bazı grafikler [7]

Şekil 9.3'teki rezistograf profillerinde ahşap yapıların taşıyıcı elemanlarına delme cihazıyla (Rezistograf) yapılan incelemelerden elde edilen grafikler verilmiştir. Grafikte yüksek pikler, yüksek dirence (yoğunluğa), düşüşler ve düşük pikler ise düşük dirence (yoğunluğa) karşılık gelmektedir. (a)'da incelenen ahşap girişin iç kısmında sağlam kısımların yanı sıra sarıyla belirtilen alanlarda çatlak ve çürümenin olduğu ve buna bağlı direnç kayıplarının meydana geldiğini, (b)'de sarıyla belirtilen alan malzeme içindeki çürümeyi ya da tahribat kaynaklı oluşan boşluğu, kalan kısımlar ise tahribata ilişkin yüksek direnç kayıplarının olduğuna işaret etmektedir. Bu teknikle ilgili temel sınırlama, tüm ahşap elemanları taramak için uygun olmaması, ancak delme yolu içinde kalan noktasal ölçüm bilgilerini temsil etmesidir. Cihazın pim ucunun aşınması yöntemin uygulanma süresini etkilemektedir. Ölçümü yapılan malzemede özellikle tarihi yapılarda yerinde kullanıldığında, yöntemin yarı tahribatlı olması ve istenmeyen delikler bırakması cihazın kısıtları arasında yer almaktadır.

1.2.2. Vida Tutma Direnci Yöntemi

Bu yaklaşım, ağaç malzemenin vida tutma direnci ve diğer yapısal özelliklerini değerlendirmek amacıyla geliştirilmiş yöntemlerden biridir. Talbot [22], ağaç malzeme yüzeyine dik bir açıyla vida yerleştirilmesi ve vidayı çekmek amacıyla gereken kuvvetin

ölçülmesi prensibi üzerine çalışan nicel bir test geliştirmiştir. Ağaç malzemenin yoğunluğunun, vida tutma direnciyle ilişkili olması sebebiyle bu test yöntemi malzemenin yoğunluk tahmininde yol gösterici olabilmektedir. Fakopp firması tarafından geliştirilen vida tutma direnci test cihazına (Şekil 9.4) ait 4 mm çapında ve 18 mm uzunluğundaki özel tasarlanan vidalar ağaç malzeme yüzeyine dik olacak şekilde vida üzerindeki işaretli kısma kadar çakıldıktan sonra monte edilen vida, ağaç malzemenin yavaş bir şekilde (0,2-0,4 mm/sn) çıkarılmaktadır. O esnada cihaz tarafından kaydedilen maksimum yük, vida tutma direnci değerini vermektedir.



Şekil 9.4. Vida tutma direnci ölçüm aparatı [7]

Ağaç malzemenin yoğunluğu dışında, aynı zamanda, mukavemeti ve bağlantı elemanlarını tutma kabiliyeti dahil olmak üzere mekanik özellikleri hakkında doğru bilgilere ulaşılabilmekte [23] ancak malzemede diri - öz odun, reçine varlığı vida tutma esnasında elde edilen sonucun güvenilirliğini etkileyebilmektedir.

Bu yöntem vida tutma ile eğilme direnci, vida tutma direnci ile yoğunluk ve vida tutma direnci ile makaslama modülü arasındaki korelasyona dayanmaktadır. Talbot [22], vida tutma direnci ile direnç değerleri arasındaki korelatif ilişkiyi belirlemek amacıyla çürüklük mantarlarına maruz kalan ahşap kiriş kullanmıştır. Ahşap kirişin eğilme direncini test etmeden önce, vida tutma direncini belirlemiştir. Daha sonra eğilme direncine ve karşılık gelen vida tutma direnci değerlerini karşılaştırmıştır. Vida tutma direnci ile direnç değerleri arasında bir ilişki olduğunu ortaya koyan sonuçlar elde etmiştir. Daha sonra Talbot bu testin sonuçlarını, stres dalga tahribatsız test yönteminden sağladığı değerleri kullanarak yorumlamıştır.

Winandy ve diğerleri [24] yangın geciktirici kimyasallarla emprenye edilmiş ve daha sonra yüksek sıcaklıklara maruz bırakılmış büyük bir kontrplak numunesi örneği üzerinde testler gerçekleştirmişlerdir. Her bir numunenin statik eğilme testlerinden önce vida tutma dirençleri belirlenmiştir. Daha sonra vida tutma direnci ile statik eğilme direnci arasında korelatif ilişkiler olduğu tespit edilmiştir. Son değerlendirmeler ise diğer araştırmacılar ve ticari şirketler tarafından tamamlanmıştır [25, 26]. Bu değerlendirme yöntemi özellikle ahşap yapı malzemelerinin yerinde değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Test cihazında kullanılan vida, ağaç malzemede sadece 2,7 mm çapında bir delik meydana getirmektedir. Açılan deliğin çok küçük olmasından malzemenin direnç özelliklerine herhangi bir olumsuz etki yapmadığı, cihazı geliştiren firma tarafından beyan edilmiştir.

Bu teknikle ilgili temel sorun, tüm malzemeyi taramak için uygun olmaması, ancak yalnızca delme yolu içinde kalan noktasal ölçüm bilgilerini temsil etmesidir. Vida tutma test cihazı ağaç malzemede birden fazla konuma uygulanmalı ve malzemenin özelliklerinin tahmin edilmesi için ortalama bir değer kullanılması gerekmektedir [27]. Tek başına kullanıldığında iç kusurları tespit edilmesinde güvenilir sonuçlar elde edilebilmesi birkaç ölçüm yapmayı gerektirmektedir. Bir diğer sınırlama, özellikle tarihi ahşap yapılarda kullanıldığında, yöntemin yarı tahribatlı olması ve istenmeyen delikler bırakmasıdır.

1.2.3. Pilodyn

Pilodyn yöntemi; pim penetrasyon derinliği, yoğunluğu veya bazı durumlarda yüzey sertliği ve yoğunluğuna bağlı olarak malzemenin tahribat derecesini test etmek amacıyla kullanılmaktadır [28]. Dinamik bir kuvvetle (kalibre edilmiş bir yay sayesinde) malzemenin içine sürülen çelik bir pim bulunmaktadır. Tahribatsız bir yöntemdir çünkü malzemenin penetrasyon direncine bağlı olarak sadece 2,5 mm çapında ve 5 ila 20 mm arasında değişken derinliğe sahip küçük bir delik açmaktadır. Ağaç malzemeye yapısal hasar vermemektedir (Şekil 9.5). Çok sayıda çalışma, Pilodyn test cihazının ahşap yoğunluğunu değerlendirmek ve malzeme yüzeyindeki hasar ve tahribatın tespit edilmesinde yararlı olduğunu göstermiştir [29, 30]. Görlacher [29], standart boyutlardaki bir pimin penetrasyon derinliği ile ağaç malzemenin yoğunluğu arasında ilişkiyi değerlendirmiştir. Korelasyon katsayısının ölçüm sayısı ve malzemenin türüne bağlı olduğunu 0,74 ile 0,92 arasında değişim gösterdiğini tespit etmiştir. Ölçüm sonuçlarının ağaç malzemenin rutubetinden etkilenebileceğini bu sebeple rutubet içeriğinin %12'ye göre ayarlanması gerektiğini bildirmiştir. Pilodyn ile elde edilen değerlerin ağaç malzemenin anizotropisine (heterojen yapı), yoğunluğuna, yaz odunu oranına, mevcut kusurlarına ve operatöre bağlı değiştiği bildirilmiştir [31].

Pilodyn cihazında kullanımı basit olmasına karşılık tekrarlanan ölçüm denemelerinin sonucunda pim ucunun aşınması ve noktasal ölçüm bilgisi vermesi kısıtlarıdır.



Şekil 9.5. Pilodyn aparatı [32]

1.3. Akustik Tahribatsız Teknikler

Akustik yöntemler olarak da bilinen dalga ve titreşim tabanlı yöntemler, stres dalgalarının (yani elastik dalgalar veya ses stres dalgaları) yapısal elemanlar boyunca yayılmasına dayanmaktadır. Uzun süredir odun ve odun esaslı malzemelerin karakterizasyonunda, yani tahribatın başlangıcını (örneğin akustik emisyonları analiz ederek), yüzey kusurlarını (örneğin ultrasonik yöntemlerle bağlı ahşap elemanlarda çatlak ve delaminasyonların tespiti), mekanik ve fiziksel özelliklerini tespit etmek ve bunlar ile stres dağılımı özellikleri arasındaki

deneySEL İlişkileri tahmin etmek için kullanılmaktadır (örneğin, dalga hızına dayalı olarak statik elastikiyet modülünün tahmini).

1.3.1. Akustik Emisyon Yöntemi

Bu yöntemin çalışma prensibi statik, dinamik, çok değişkenli ve mekanik olmayan bir yükün etkisinden kaynaklanan yüksek frekanslı elastik dalgaların yayılmasına dayanmaktadır [33, 34]. Akustik emisyonlar tarafından üretilen sinyallerin analizine dayanan tahribatsız yöntemler, özellikle ahşap yapısal elemanların içindeki çatlak ve kusurların belirlenmesi ve yerinin tespit edilmesinde kullanılmaktadır [35, 36]. Bununla birlikte ahşap yapılar üzerinde de uygulanmaktadır. Ağaç malzeme söz konusu olduğunda, elastik dalgaların hızı lif yönüne bağlı değişkenlik göstermektedir. Ağaç malzemedeki ortalama dalga hızları lifler yönünde 4000-5000 m/s, radyal yönde 1500-2000 m/s ve teğet yönde ise 1000-1500 m/s'dir. Dalga hızı değeri radyal ve teğet yönde, lifler yönden daha büyük olmaktadır [37]. Bu nedenle, elastik özellikler lif yönünde, radyal ve teğet yönlerde farklılık gösterir; bu durum, ölçüm yapılan yönün değerlendirilmesinde dikkate alınmalıdır.

Sensörlerin sayısına ve özelliklerine ve olası akustik emisyon kaynağına olan mesafelerine bağlı olarak, algılama hacmi tüm numuneyi kapsayabilmektedir. Farklı sensörler tarafından varış zamanını ölçerek akustik emisyonun kaynağını bulmak mümkün olabilmektedir. İlgili sinyalleri arka plan gürültüsünden ayırt edebilmekte ve önceki ve sonraki ölçümlerle karşılaştırmaya uygun veriler üretebilmektedir. Akustik emisyonlar genellikle yüksek frekanslar (50 kHz'in üzerinde) sergilediğinden, genellikle piezoelektrik sensörler kullanılmaktadır. Veri depolama ve sinyal analizi için sinyal işlemcileri ve bir bilgisayara ihtiyaç duyulmaktadır [36, 38]. Bu yöntem, ağaç malzemenin bozunma sürecinin erken fark edilmesini sağlayarak yeterli ve hızlı önlem alınmasını mümkün kılmaktadır. Diğer taraftan Akustik Emisyon sinyallerinin arka plan gürültüsünden ayırt edilmesindeki zorluk nedeniyle yapısal boyutlu malzemedeki sınırlı uygulanmaktadır. Yöntemin pratikteki kullanım zorluğu dezavantaj kabul edilmektedir.

1.3.2. Ultrasonik yöntemler

Ağaç malzemenin yoğunluk, rutubet içeriği ve iç kusurlarını değerlendirmek amacıyla yüksek frekanslı ses dalgalarının iletilmesini içeren başka bir tahribatsız test yöntemidir. Ağaç malzemelerin yapısal bütünlüğü ve kalitesinin teşhisinde kullanılmaktadır [39]. Ağır olarak metal, beton ve yığılma malzemelerde kullanılmaktadır [40]. Bununla birlikte, ahşap yapıların değerlendirilmesinde de önemli bir rol oynamaktadır. Ağaç malzeme söz konusu olduğunda, elastik dalgaların hızı lif yönüne bağlı değişkenlik göstermektedir. Ultrasonik ölçümler genellikle tomografik haritalar oluşturmak için de kullanılmaktadır.

Ekipman kullanım kolaylığı sağlamaktadır. Diğer taraftan iletim için iki karşıt tarafa erişimin olması ve homojen olmayan malzemelerin ölçüm sonuçlarını yorumlama güçlüğü kısıt oluşturmaktadır. Ayrıca, ultrasonik yöntemlerde, dalgaların malzemeye nüfuz etmesi daha kolay olduğundan, en fazla 3 ila 5 mm pürüzlülüğe sahip pürüzsüz bir yüzey gerektirmektedir.

1.3.3. Stres dalga yöntemi

Darbe sonucu oluşan stres-dalga yayılım hızının ölçümüne dayanmaktadır. Genel olarak, başta malzeme içinde stres ile oluşturulan akustik dalga geçiş süresinin ve malzeme içinde ilerleyen bu akustik dalganın vibrasyon frekansının ölçülmesi prensibiyle çalışmaktadır [36].

Stres dalga ölçüm cihazı, ses dalgasının malzeme içerisinde yayılım süresini belirlemek için başlangıç ve bitiş olmak üzere iki adet piezoelektrik elektrot ve bir adet zaman ölçüm cihazından oluşmaktadır. Öncelikle çivi şeklinde sivri uçları bulunan iki elektrot, ağaç malzemenin yüzeylerine 45 derecelik açıyla birbirine bakacak şekilde çakılmaktadır. Ardından başlangıç elektrotuna çekiçle hafifçe vurularak oluşturulan stres dalgasının bitiş elektrotuna ulaşması için geçen süre, zaman ölçerden mikro saniye olarak okunmaktadır (Şekil 9.6). Stres dalgaları sert ve yüksek yoğunluğa sahip ağaç malzemede hızlı ilerlerken, çürümüş, tahribata uğramış, düşük yoğunluğa sahip ağaç malzemelerde ise yavaş ilerlemektedir. Bu nedenle bir stres dalgasının ağaç malzemede sabit bir mesafe kat etmesi için geçen süre ölçülmek suretiyle, stres dalgası hızı belirlenmekte bu sayede ağaç malzemenin iç kısımlarında tahribat ve/veya çürüklük olup olmadığı tespiti yapılabilmektedir. Bu hız odunun sertliği, yoğunluğu ve mukavemeti ile ilişkili olup mekanik özellikleri hakkında bilgi sağlamaktadır [39].

Elde edilen (V) stres dalgası hızı ve (σ) yoğunluk değerleri yardımıyla, Denklem - 1'e göre ağaç malzeme numunelerinin elastikiyet modülleri hesaplanabilmektedir.

$$MOE_{dinamik} = V^2 \times \sigma \quad (MPa)$$

$$MOE_{dinamik}: \text{Dinamik elastikiyet modülü} \quad (1)$$

V: Stres (Gerilme) dalgası hızı m/s

σ : Yoğunluk kg/m³

Wang ve Simpson [41], yaptıkları çalışmada ağaç malzemedeki tahribatı incelemek üzere malzemeyi stres dalga hızı testine tabi tutmuştur. Stres dalga hızı ve elde edilen elastikiyet modülü değerlerinin birbirleriyle sıkı bir ilişki içerisinde olduğunu belirtmiştir.

Ağaç malzeme homojen ve tamamen dolu bir malzeme olmadığından, akustik tahribatsız yöntemlerle elde edilen değerler lif yönünün doğrultusuna göre değişkenlik göstermektedir. Akustik dalga lif yönüne paralel iletiildiğinde iletim yolunda önemli bir sapma olmamaktadır. Bu sebeple iletim hızlı bir şekilde olmaktadır. Lif yönünde dik iletiildiğinde akustik dalga yönünü değiştirmekte, lümenlerin boşluklu yapısı geçiş süresini uzatmaktadır. Ağaç malzemenin liflere paralel ve dik yönlerdeki akustik dalga hızı farklılık gösterdiği gibi elastikiyet modülleri de farklılık göstermektedir [42]. Bu sebeple alınan numunelerin yönlerinin dikkate alınması sonuçların tutarlılığı bakımından hesaba katılmalıdır. Bu sayede tahribatsız ölçüm alınmasına, hızlı ve verimli bir değerlendirme yapılmasına olanak tanınmaktadır.



Şekil 9.6. Fakopp firmasına ait stres dalga ölçüm cihazı [7]

Ağaç malzemenin içinde bulunan kusurlar malzemenin özelliklerini olumsuz etkilemekte aynı zamanda sesin yayılma hızına da etki etmektedir. Bu duruma bağlı olarak hızın yayılması değişkenlik göstermekte, kaydedilen yayılma hızı ile sertlik ve yoğunluk arasında bir ilişki oluşturmaktadır [43, 44]. Stres dalga yöntemiyle tarihi ahşap yapılar üzerinde yapılmış çalışmalar bulunmaktadır [45, 46, 47]. Ağaç malzemelerin kapsamlı değerlendirilmesini sağlamak için stres dalgası analizi ile diğer yöntemler birlikte kullanılması gerekmektedir. Bu yöntemler arasında ultrasonik test, elektrik direnci ölçümleri, tomografi teknikleri de yer almaktadır. Her yöntem kendine özgü avantajlar sağlamakta tarihi odunun özellikleri ve kusurları hakkında bilgi edinilmesini kolaylaştırmaktadır.

1.3.4. Sylvatest-4 cihazı

İsviçre'den CBS-CBT şirketi tarafından üretilen Sylvatest 4 ağaç malzemenin fiziksel ve mekanik özelliklerini, tahribatsız bir şekilde değerlendirebilen taşınabilir akustik-ultrasonik tekniğe göre çalışan bir cihazdır.

Sylvatest 4 kablosuz olup Bluetooth ile çalışmaktadır. Transdüserler (dönüştürücü) akıllı telefona veya el bilgisayarına yüklenerek uygulama (Sylvius) tarafından yönetilmektedir. Test edilen ağaç malzemenin lif boyunca belirlenen bir bölümünde bir alıcı ve bir verici olmak üzere iki transdüser arasındaki akustik-ultrasonik bir dalganın uçuş süresini ölçmektedir. Birbirine bakarak veya açılı olarak konumlanan transdüserlerde ölçüm yapılabilmektedir. Kare (kirişler gibi) veya yuvarlak (tomruk, direkler gibi)kesitili ağaç malzemelerin direnç özellikleri belirlenebilir [48]. Ölçümü yapılan ahşap kolon veya kirişlerin, mekanik direnç (elastikiyet modülü ve eğilme direnci) değerleri otomatik olarak cihazın yazılımı sayesinde hesaplanıp anında ekrana düşmektedir. Şekil 9.7'de Sylvatest 4 ultrasonik test cihazıyla ölçümü yapılan ahşap kirişin EN338 standardına göre cihazın belirttiği direnç sınıfının (D70) grafiği verilmektedir.



Şekil 9.7. Ultrasonik test yöntemi için kullanılan Sylvatest 4 cihazı yazılım sonuçları

1.3.5. Vibrasyon yöntemi

Bir malzemenin veya bir yapının fiziksel durumunun ve dinamik elastikiyet modülünün hesaplanmasında sıklıkla kullanılmaktadır [43]. Bu yöntemi göstermek için, hafif bir yaya ve iç sürtünme gücüne tutturulmuş kütlelin titreşimi ile odunun titreşim davranışı arasında bir eşitleme çizilebilmektedir [49]. Vibrasyon halindeki bir numuneden elde edilen dalga spektrumundan "Hızlı Fourier Dönüşümü"nü (Fast Fourier Transform) kullanılması fikri ilk kez Sobue [50] tarafından ortaya atılmıştır. Sobue, bu yöntemi kullanarak hem küçük ve kusursuz

örneklerde hem de yapısal boyutlardaki örneklerde güçlü korelasyon katsayıları elde etmiştir. Bucur [43] vibrasyon yöntemlerinde, akustik (stres) dalgası oluşturacak bir etmen kullanılmasına karşın ölçülen parametrenin, malzemenin doğal frekansı olduğunu belirtmektedir. Vibrasyon yöntemi ahşap dikme ve kirişlerdeki tahribatları algılamak ve yerini tespit etmek, yapısal kerestelerde dinamik elastikiyet modüllerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır [51].

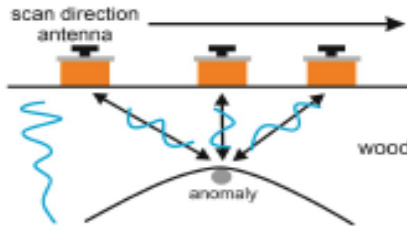
Yapının dinamik özelliklerinde değişikliklere neden olabilecek hasarın yerini tespit etmek için gereken sensör sayısının yüksek olması ve ortam uyanımlarına dayalı olarak ilgili verilerin çıkarılmasındaki zorluklar yöntemin kısıtları arasında yer almaktadır. Green ve McDonald [52] vibrasyon tekniğiyle yaptıkları bir çalışmada dinamik elastikiyet modülü ile statik elastikiyet modülü, eğilme direnci, çekme direnci, basınç direnci arasındaki korelasyon katsayılarını (R^2) sırasıyla 0,85 - 0,92 - 0,42 - 0,54 - 0,60 - 0,70 olarak hesaplamıştır.

Yin ve diğerleri [53] vibrasyon yönteminin, ağaç malzemenin eğilme ve basınç direnci özelliklerinin tahmininde kullanılabilir olduğunu bildirmiştir. Çalışmaları sonucunda statik elastikiyet modülü ile dinamik elastikiyet modülü korelasyon katsayısı (R^2) 0,76 dinamik elastikiyet modülü ve basınç direnci değeri arasındaki korelasyon katsayısının (R^2) 0,65 olduğunu tespit etmişlerdir. Vibrasyon yöntemiyle elde edilen elastikiyet modülü ile statik eğilme direnci değeri arasındaki korelasyon katsayısının ($R^2=0,438$) ise elde ettiği diğer sonuçlardan daha düşük olduğunu tespit etmiştir.

1.4. Elektromanyetik Tahribatsız Teknikler

1.4.1 Ground- Penetration Radar (GPR)

Elektromanyetik özelliklere dayanan tahribatsız yöntemlerden biri ground penetration radar (GPR) yöntemidir. Elektromanyetik yöntemler öncelikle bir taraftan erişilebilen yapısal ahşap elemanın kalınlığını belirlemek mevcut kusurları tanımlamak ve bulmak için kullanılmaktadır. Ayrıca erişilemeyen yerlerdeki bozulmayı tespit edebilme ve ölçebilme özellikleri taşımaktadır [3]. GPR yöntemi, incelenen ortama elektromanyetik dalgalar yaymaktadır. Radarın nüfuz derinliği, dalganın sinyal frekansı ve ortamın elektromanyetik özellikleri tarafından belirlenmektedir [54]. Bir çift gönderici ve alıcı anten, bir elektromanyetik darbe üretici ve bir veri toplama sisteminden oluşmaktadır [55]. Ölçümler sırasında GPR ağaç malzemenin test edilen yüzeyi boyunca hareket ettirilir ve her bir pozisyon için tek bir GPR rotası ölçülür (Şekil 9.8). GPR yönteminde kullanılan temel görüntüleme, ekogram veya radargram olarak da bilinen ve B-taraması olarak adlandırılan, uzaysal ve zamansal bir düzlem oluşturan, uzayda birbirini izleyen noktalarda kaydedilen zaman sinyallerinden oluşan GPR haritası oluşturmaktadır.



Şekil 9.8. GPR yöntemi uygulanarak yapılan araştırmaların şeması [79]

Elektromanyetik dalgaların ağaç malzemede yayılması rutubete, sıcaklığa, yoğunluğa ve ağaç türüne göre değişmektedir. Ağaç malzemedeki rutubet varlığı malzemenin elektriksel özelliklerini etkilemektedir [56, 57]. Tek taraflı erişim ve pürüzlü yüzeylere uygulanabilmesi gibi yerinde kullanım için çeşitli olumlu özelliklere sahiptir. GPR'ın ağaç malzemede kullanım dezavantajı, küçük boyutlu kusurların tespit edilme zorluğundan kaynaklanmaktadır. Ayrıca, ölçüm yapılan malzemenin kalınlığı bilinmiyorsa, penetrasyon derinliği çok düşük olabileceğinden frekansının ayarlanması gerekmektedir [58].

1.4.2. Termografi

Termografi, test edilen elemanın yüzeyindeki sıcaklık dağılımının ölçülmesini içeren bir yöntemdir. Bu yöntemle 3-5 µm (SWIR - kısa dalga termal görüntüleme) veya 8-12 µm (LWIR - uzun dalga termal görüntüleme) aralığındaki kızılötesi radyasyon algılanmaktadır. Termografik tekniklerde, değeri 0-1 aralığında değişen ve test edilen yüzeyin radyasyon yayma özelliği bazı durumlardan etkilenmektedir. Bu durumda yapıldığı malzemenin türünü, yüzeyin durumunu (pürüzlülük), ve termal görüntüleme ekipmanının çalıştığı radyasyonun dalga boyu dikkate alınarak test edilen malzemenin yayma kabiliyetini bilmek gerekmektedir. Yayma katsayısı ne kadar yüksek olursa, test edilen malzeme o kadar fazla enerji yaymakta ve termal görüntü o kadar kontrastlı olmaktadır. Ahşap yapı elemanları söz konusu olduğunda, termografi ağaç malzeme yoğunluğunu test etmek [59] ve aynı zamanda malzeme boşluklarını ve kusurlarını tespit etmek için kullanılmaktadır [60].

Termografi kullanılarak yapılan bir değerlendirme malzemenin yüzeyi ve yüzeye yakınlığı 10 cm kadar olan alanla sınırlıdır. Bu nedenle, çürüklük ve rutubet tespiti/haritalaması ve homojen olmayan durumların veya kusurların tespiti yalnızca bir malzemenin dış kısmı için geçerli olmakta, iç durumu hakkında güvenli sonuç elde edilmemektedir [58]. Ayrıca, güneşten gelen radyasyon enerjisinin yanı sıra elde edilen verileri etkiledikleri için rüzgar ve tozdan da kaçınılması bu hususta önem taşımaktadır.

1.4.3. Elektriksel Direnç Yöntemi

Ağaç malzemedeki biyolojik bozulma, malzemenin yüksek rutubet içeriği ile alakalı olabileceğinden, rutubetin bilinmesi, malzemenin durumu hakkında daha fazla tahminde bulunulmasına olanak sağlamak ve değerlendirilmesini kolaylaştırmaktadır [61]. Elektrik direncine dayalı tahribatsız yöntemlerin ağaç malzemelerin özelliklerinin değerlendirilmesinde etkili olduğunu gösteren çalışmalar yapılmıştır [62]. Ağacın türü bilinmiyorsa, alınan ölçümler ilgili türün kalibrasyon eğrileri kullanılarak, türe göre ayarlanması gerekmektedir [63], tür bilinmiyorsa, okumaların yaklaşık bir değerinin alınması gerekmektedir [61].

Direnç yöntemiyle ölçümde uçları iletken olmayan iki elektrot ağaç malzemenin içine darbe ile geçirilmekte ve iki uç arasındaki elektrik direnci ölçülmektedir (Şekil 9.9). Ölçümler elektrot tipine ve elektrotlar ile ahşap arasındaki temasla doğrudan ilişkilidir. Uzun süreli ölçümlerde, elektrot etrafındaki ağaç malzemenin şişmesi ve büzülmesi mikro çatlaklara yol açabilmekte ve bu da suyun elektrot boyunca kılcal aralıklardan girişine izin verebilmektedir. Bu nedenle elektrotların lif yönüyle aynı hizada olmamasına dikkat edilmesi gerekmektedir [64]. Elektrik direnci ağaç türlerine, suda çözünen tuzların veya diğer elektrolitik maddelerin varlığından etkilenmektedir (örneğin koruyucu veya yangın geciktirici işlemlerden kaynaklanan). Elektrik direnci eğrilerinin (ölçülen elektrik direnci ile nem içeriği arasındaki ilişki) buna göre ayarlanması ve elektrik direnci yönteminin her bir ağaç türü için kalibre edilmesi gerekmektedir.



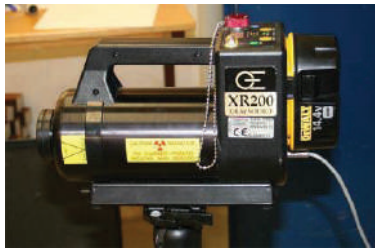
Şekil 9.9. İki elektrot arasındaki elektriksel dirençle rutubet ölçüm aparatı [7]

İletkenlik/elektriksel direnç yönteminin uygulanması basit bir yöntem olmakla birlikte çoğu ahşap yapı için rutubet %7 ila 30 ve sıcaklık aralığının 5 ila 60 °C arasında olması beklenmektedir [58]. Ağaç malzemenin elektrik direnci sıcaklıktan önemli ölçüde etkilendiğinden sıcaklık arttıkça azalma eğilimindedir. Bu sebeple sıcaklığın elektrik direnci ölçümleriyle eş zamanlı olarak ölçülmesi gerekmektedir. İletkenlik/elektrik direnci yönteminin dezavantajı, lokal bir ölçüm sağladığından rutubet değişimini doğru bir şekilde belirlemek ve rutubet tepe noktalarını tespit etmek için birçok sensöre ihtiyaç duyulmaktadır.

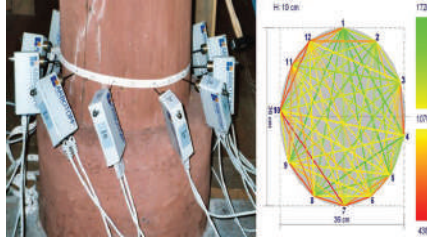
1.5. Nükleer Tahribatsız Teknikler

1.5.1. X-Ray ve Tomografi Yöntemi

Endüstriyel röntgen adı verilen bu yöntem (X-Ray), ağaç malzemelerdeki kusur ve tahribatları tespit etmek amacıyla malzemeye kısa dalga boyu elektromanyetik radyasyon uygulanması işlemine dayanmaktadır [65]. X ışınları daha yavaş ve uzun süreli, gama ışınları daha hızlı ve radyoaktif elementin türüne bağlı olarak kısa süreli bir yöntem olup radyoaktif tehlike riski taşımaktadır. Radyasyon yoğunluğundaki değişim, kalınlık ve malzemenin yapısı hakkında yorum yapmamızı sağlamaktadır [66]. Ağaç malzemenin yoğunluğunun belirlenmesinde X-ray yöntemi ile yoğunluğu etkileyen kusurlar ise X-ray absorpsiyon değişimi ile belirlenmektedir (Şekil 9.10). Bu yöntemin maliyetli olması orman endüstri alanında kullanımını zorlaştırmaktadır [5]. Bilgisayarlı tomografi taraması gibi tomografi teknikleri (Şekil 9.11), tarihi ağaç malzemedeki kusur ve tahribatların üç boyutlu olarak görüntülenmesine olanak sağlamaktadır [67].



Şekil 9.10. X-ray cihazı [68]



Şekil 9.11. Ağaç malzemenin tomografisi için sensör zinciri (sol), ağaç malzemenin 2D-tomogramı (sağ) [69]

X-ışını taramasının temel kısıtı, malzemenin radyasyon ışınları tarafından yalnızca bir yönde nüfuz etmesi nedeniyle üretilen görüntülerin iki boyutlu olmasıdır [70]. Bu nedenle, bozunma, çürüme ve iç kusurların tespitine ilişkin tahminleri zorlaştırabilmektedir [58]. Bu kısıtlardan kaçınmak için, yandan ve yukarıdan görüntüler gerekli olmakta, bu durum yerinde zor veya imkansız olabilir, çünkü her iki tarafa veya hatta karşı taraflara erişim olmayabilir [14]. Gelişen teknoloji ile modern radyografi ekipmanı çok daha güvenli hale gelmesine ve daha az enerji gerektirmesine rağmen, radyasyonla çalışırken, özellikle nüfuz etmesi için yüksek enerji gerektiren kalın malzemelerin dikkate alınması gerekmektedir [70].

4. Ahşap Yapıların Tahribatsız Test Cihazlarıyla Değerlendirilmesi

Tarihi ahşap yapıların tahribatsız teknikler kullanılarak karakterize edilmesi ve değerlendirilmesi, mimari mirasın korunmasını ileri mühendislik metodolojileriyle birleştiren kritik bir araştırma alanıdır. Tarihi binalardaki ahşap bileşenlerin durumunu, bütünlüğünü ve mekanik özelliklerini değerlendirmek için tahribatsız teknikler uygulanarak yapılan bazı çalışmalardan elde edilen bulgulara ilişkin önemli hususlar bu başlık altında vurgulanmıştır.

Ceraldi ve diğerleri [71], tarihi ahşap yapıların mekanik özelliklerinin tespit edilmesinde delme direnci (rezistograf) yöntemini kullanmış ve bu yöntemin alanda giderek artan popülaritesine dikkat çekmiştir. Kasal ve Anthony [72], tarihi yapılar için vuru yaparak, yapılarındaki ahşap elemanların durumunu ve mekanik özelliklerini değerlendirmek için kullanılan tahribatsız ve yarı tahribatlı tekniklerdeki gelişmelere değinmiştir. Feio ve diğerleri [73], ultrason ve rezistograf gibi çeşitli tahribatsız teknikleri kullanarak tarihi ahşap yapılar da yaygın kullanımı olan kestanenin mekanik davranışını irdelemiştir. Hem yeni biçilmiş hem de eski yapılarındaki ağaç malzemeyi değerlendirme yeteneği, tarihi malzemelerin ortaya çıkardığı zorlukları ele almada tahribatsız testlerin çok yönlülüğünün altı çizilmiştir. Bu çalışmalarda uygulanan yöntemlerin tarihi binaların yapısal bütünlüğünü değerlendirmek için gerekli olan ağaç malzeme özelliklerinin etkili bir şekilde tahmin edilebileceğini göstermişlerdir. Morales-Conde ve diğerleri [74] tarihi binalardaki ahşap çatıların incelenmesinde termografi ve ultrason gibi çeşitli tahribatsız tekniklerin birlikte kullanılmış olup etkilerine değinmiştir. Krause ve diğerleri [75], yapısal ahşabı değerlendirilmesinde elastik dalga ve ultrasonik tekniklerin kullanımının, durum değerlendirmesi için umut verici bir yaklaşım olduğunu belirtmiştir. Elde ettikleri bulgular, bu yöntemlerin ağaç malzemelerin iç kısımlarındaki kusurları tespit edebileceğini ve ahşap yapı malzemelerinin yapısal dayanımı hakkında kapsamlı bilgi sağlayabileceğini göstermiştir. Klapáček ve Melzerová [76] tarihi yapıların güvenliğini ve bütünlüğünü korumak için gerekli olan ahşap kirşlerin hızlı ve doğru bir şekilde değerlendirilmesinin önemini vurgulamıştır. Tahribatsız testlerin orijinal malzemeler üzerindeki etkiyi en aza indirdiği ve güvenilir değerlendirmeler yapma imkanı verdiğini

bildirmiştir. Jaskowska-Lemańska ve Przesmycka [77] farklı rutubet içeriklerine sahip ahşap yapıların değerlendirilmesinde yarı tahribatlı ve tahribatsız testlerin önemini vurgulamıştır. Yaptıkları çalışmada, çevresel faktörlerin göz önünde bulundurulmasının etkili koruma stratejileri geliştirmek için kaçınılmaz olduğunu ortaya koymuşlardır. Nowak ve diğerleri [78], görsel değerlendirmeler yaparak ağaç malzemelerin iç kısımlarındaki hasarları veya malzeme kusurlarını tespit etmede tahribatsız yöntemlerin önemini vurgulamıştır. Ağaç malzemenin fiziksel ve mekanik parametrelerinin kapsamlı bir şekilde anlaşılmasını sağlamak için hem tahribatsız hem de tahribatlı testleri içeren bir yaklaşım sunmuştur. De Matteis ve diğerleri [79], Napoli'deki Croce di Lucca Kilisesi üzerine yaptıkları vaka çalışmasında, malzeme parametrelerini etkili bir şekilde tahmin etmek için tahribatsız teknikleri nasıl kullanılabileceğini ve böylece kültürel mimari mirasın korunmasına nasıl katkı sağlayacağını bildirmiştir. Zielińska ve Rucka [80] tarafından tanımlanan ultrasonik görüntüleme yöntemiyle, tarihi binalardaki ahşap kirşlerin durumu tespit edilmiş bu sayede ahşap yapıların bütünlüğü bozulmadan ağaç malzemedeki mevcut kusurların detaylı analizleri yapılabilmektedir. López ve diğerleri [81] La Casa del Corregidor üzerine yaptığı vaka çalışmasında tarihi ahşap yapıların teşhis ve değerlendirilmesinde tahribatsız teknikleri uygulamıştır. Bu tekniklerin kombinasyonunu kullanarak, binanın bütünlüğünü tehlikeye atmadan bozunma ve yapısal sorunları nasıl etkili bir şekilde belirleyebileceğini göstermiştir.

SONUÇLAR

Tahribatsız test yöntemleri ve yapısal ahşap elemanlar için tahribatsız testlerdeki önemli gelişmeler, bu teknolojilerin uygulanmasına olan ilginin artmasına yol açmıştır. Çok çeşitli tahribatsız test yöntemleri geliştirilmiş ve ağaç malzemeye, yapısal ahşap elemanlara uygulanmıştır. Bu bölümde, ahşap yapıların mekanik ve fiziksel özelliklerinin değerlendirilmesinde en yaygın kullanılan tahribatsız test yöntemleri ele alınmıştır. Tahribatsız testlerde tek bir parametre genellikle malzemenin durumunu tanımlamada yetersiz kalabilir, bu nedenle birkaç test yönteminin kombinasyonu etkili bir çözüm yolu olabilir. Uygun ölçüm yönteminin seçimi ve güvenilir sonuçlar elde etmek için her bir yöntemin uygulama alanı ve kısıtları bilinmelidir. Tahribatsız muayene tekniklerinin birbirlerine göre mutlak bir üstünlüğü bulunmamaktadır. Bu tekniklerin pratik uygulamalarda hala bazı dezavantajları mevcuttur.

Tahribatsız tekniklerin sürekli gelişim göstermesi ahşap yapıların veya yapı elemanlarının restorasyonunda, mekanik özelliklerinden kaynaklı önemli parametreler hakkında birçok değerli bilgi edinilmesine katkı sağlayacaktır. Malzeme seçimi ve onarımı sonrası koruma süresi de dahil olmak üzere ağaç malzemedeki tahribat ve kusurlar için onarım çözümleri geliştirilmesinde yol gösterici olacaktır. Ağaç malzemenin mekanik performansının anlaşılmasıyla, tarihi ahşap yapıların koruma, restorasyon ve bakım stratejilerine ilişkin doğru kararlar alınabilecektir.

TEŞEKKÜR VE BİLGİ NOTU

Bu kitap bölümünde yer alan bazı bilgiler, FBA-2019-8102 hibe numaralı Bilimsel Araştırma Projesinden (BAP) üretilmiştir.

KAYNAKÇA

- [1] De Giorgi, L., Leucci, G., & Melica, D. (2018). Integrated geophysical and mechanical study on the wooden structures of the ceiling of the Church of Beata Vergine Maria Assunta in Cielo. *ACTA IMEKO*, 7(3), 111-116.

- [2] Bucur, V. (2003). *Nondestructive characterization and imaging of wood*. Springer Science & Business Media.
- [3] Bodig, J. (2001). The process of NDE research for wood and wood composites. *The e-journal of nondestructive testing*, 6(3).
- [4] Fidler, J. (1980). Non-destructive surveying techniques for the analysis of historic buildings. *Transactions of the Association for Studies in the Conservation of Historic Buildings*, 5, 3-10.
- [5] Niemz, P. (2007). *Methods of non – destructive wood testing*. Institute for Building Materials (Wood Physics), ETH Zurich, 7-8.
- [6] Falk, R. H., Patton-Mallory, M., & McDonald, K. A. (1989). *Nondestructive testing of wood products and structures: state-of-the-art and research needs*. *Nondestructive Testing and Evaluation for Manufacturing and Construction*; doe Reis, HLM, Ed, 137-147.
- [7] Aydoğ an Selç uk, B. (2024). Rize-Fırtına Vadisinde Tarihi Ahş ap Yapıların Restorasyonunda Ö znel Dokuları Korumak Amacıyla Ağ aç Malzemedeki Tahribat ve Kusurların Belirlenmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- [8] Ross, R. (2016). 'Visual Inspection', in White, R.H. & Ross, R. (ed.) *Wood and Timber Condition Assessment Manual*. Wisconsin: USDA, pp.1-4.
- [9] Rinn, F. (1994, March). One minute pole inspection with resistograph micro drillings. In *Proceedings of the International Conference wood poles & piles* (pp. 12-18).
- [10] Nowak, T. P., Jasień ko, J., & Hamrol-Bielecka, K. (2016). In situ assessment of structural timber using the resistance drilling method-Evaluation of usefulness. *Construction and Building Materials*, 102, 403-415.
- [11] Hasenstab, A.G.M. (2006). *Integritätsprüfung von Holz mit dem zerstörungsfreienUltraschallechoverfahren*. Bundesanstalt für Materialforschung und-prüfung (BAM).
- [12] Rinn, F., Schweingruber, F. H., & Schär, E. (1996). Resistograph and X-ray density charts of wood. Comparative evaluation of drill resistance profiles and X-ray density charts of different wood species.
- [13] Riggio, M., Sandak, J., Sandak, A., Pauliny, D. & Babiń ski, L. (2014). Analysis and prediction of selected mechanical/dynamic properties of wood after short and long-term waterlogging. *Construction and Building Materials*, 68, 444-454.
- [14] Löwenmark, S. (2009). *On-site assessment of timber structures*. Gothenborg, Sweden: Department of Civil and Environmental Engineering Chalmers University of Technology.
- [15] Ross, R., Pellerin, R., Volny, N., Salsig, W. & Falk, R. (1999). *Inspection of timber bridges using stress wave timing non-destructive evaluation tools – A guide for use and interpretation*. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-114. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory: 15 pp.
- [16] Feio, A. O., Machado, J. S., & Lourenço, P. B. (2005). Compressive behavior and NDT correlations for chestnut wood (*Castanea sativa* Mill.). In *Proceedings of the 4th International Seminar on Structural Analysis of Historical Constructions* (pp. 369-375).
- [17] Isik, F., & Li, B. (2003). Rapid assessment of wood density of live trees using the Resistograph for selection in tree improvement programs. *Canadian Journal of Forest Research*, 33(12), 2426-2435.
- [18] Rinn, F. (2012). Basics of micro-resistance drilling for timber inspection, *Holztechnologie* 53 (3) 24–29.

- [19] Gezer, E. D., Temiz, A., & Yüksek, T. (2015). Inspection of wooden poles in electrical power distribution networks in Artvin, Turkey. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2015(1), 659818.
- [20] Gezer, E. D., & Selçuk, B. A. (2020). Determination Of Damage And Defects In Historical Wooden Structures Using Nondestructive Test Devices. *Sigma Journal Of Engineering And Natural Sciences*, 11(2), 127-134.
- [21] Gao, S., Wang, X., Wiemann, M. C., Brashaw, B. K., Ross, R. J., & Wang, L. (2017). A critical analysis of methods for rapid and nondestructive determination of wood density in standing trees. *Annals of Forest Science*, 74, 1-13.
- [22] Talbot, J. (1982). Unpublished research. Pullman, WA: Wood Materials and Engineering Laboratory, Washington State University; Beranek, L. (2004). *Concert Halls and Opera Houses: Music, Acoustics, and Architecture*. Springer. New York.
- [23] Leng, W., Hunt, J. F., & Tajvidi, M. (2017). Screw and nail withdrawal strength and water soak properties of wet-formed cellulose nanofibrils bonded particleboard. *BioResources*, 12(4), 7692-7710.
- [24] Winandy, J. E. (1998). Predicting bending strength of fire-retardant-treated plywood from screw-withdrawal tests (Vol. 568). US Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory.
- [25] Cai, Z., Hunt, M. O., Ross, R. J., & Soltis, L. A. (2003). Screw withdrawal: a means to evaluate densities of in-situ wood members. In *Proceedings of the 13th International Symposium on Nondestructive Testing of Wood: August 19-21, 2002, University of California, Berkeley Campus California, USA*. Madison, WI: Forest Products Society, 2003: Pages 277-281.
- [26] https://fakopp.com/docs/products/withdrawal/withdrawal_guide.pdf [20.04.2021]
- [27] Tannert, T., Anthony, R. W., Kasal, B., Kloiber, M., Piazza, M., Riggio, M., ... & Yamaguchi, N. (2014). In situ assessment of structural timber using semi-destructive techniques. *Materials and structures*, 47, 767-785.
- [28] Hoffmeyer, P. (1978). The pilodyn instrument as a non-destructive tester of the shock resistance of wood.
- [29] Görlacher, R. (1987). Zerstörungsfreie Prüfung von Holz: Ein „in situ“-Verfahren zur Bestimmung der Rohdichte. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 45(7), 273-278.
- [30] Lourenço, P., Feio A. & Machado J S. (2007). "Chestnut Wood in Compression Perpendicular to the Grain: Non-Destructive Correlations for Test Results in New and Old Wood." *Construction and Building Materials*, Vol.21 No 8 (2007) 1617-1627.
- [31] Bonamini, G. (1995). Restoring timber structures-Inspection and evaluation. *Timber Engineering, STEP*, 2, D3.
- [32] Zhao, K., Ge, Z., Huo, L., Gao, Y., Zhou, Y., & Yao, Z. (2024). Application progress and prospect of defect detection technology for timber structure members. *Russian Journal of Nondestructive Testing*, 60(4), 455-469.
- [33] Ansell, M. P. (1982). Acoustic emission from softwoods in tension. *Wood science and technology*, 16, 35-57.
- [34] Diakhate, M., Bastidas-Arteaga, E., Pitti, R. M., & Schoefs, F. (2017). Cluster analysis of acoustic emission activity within wood material: Towards a real-time monitoring of crack tip propagation. *Engineering Fracture Mechanics*, 180, 254-267..

- [35] Wadley, H.N.G. (1986). Acoustic Emission: Nature's Ultrasound, in: Review of Progress in Quantitative Nondestructive Evaluation, Springer Science+ Business Media, LLC, Virginia, USA. pp. 271–293. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-7763-8_29.
- [36] Bucur, V. (2006). Acoustics of Wood, 2nd ed., Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- [37] Kawamoto, S. (2002). Acoustic emission and acousto-ultrasonic techniques for wood and wood-based composites: a review.
- [38] Rescalvo, F. J., Valverde-Palacios, I., Suarez, E., Roldan, A., & Gallego, A. (2018). Monitoring of carbon fiber-reinforced old timber beams via strain and multiresonant acoustic emission sensors. *Sensors*, 18(4), 1224.
- [39] Del Menezzi, C. H. S., Amorim, M. R., Costa, M. A., & Garcez, L. R. (2014). Evaluation of thermally modified wood by means of stress wave and ultrasound nondestructive methods. *Materials Science*, 20(1), 61–66.
- [40] Zielińska, M., & Rucka, M. (2020). Detection of debonding in reinforced concrete beams using ultrasonic transmission tomography and hybrid ray tracing technique. *Construction and Building Materials*, 262, 120104.
- [41] Wang, X., & Simpson, W. T. (2006). Using acoustic analysis to presort warp-prone ponderosa pine 2 by 4s before kiln-drying. *Wood and fiber science*, 206–214.
- [42] Tsoumis, G. (1991). Science and technology of wood: Structure, properties, utilization.
- [43] Bucur, V. (1995, November). Wood acoustic characterization by ultrasound. In 1995 IEEE Ultrasonics Symposium. Proceedings. An International Symposium (Vol. 1, pp. 615–623). IEEE.
- [44] Kabir, M. F., Schmoldt, D. L., & Schafer, M. E. (2002). Time domain ultrasonic signal characterization for defects in thin unsurfaced hardwood lumber. *Wood and fiber science*, 165–182.
- [45] Tanasoiu, V., Miclea, C., & Tanasoiu, C. (2002). Nondestructive testing techniques and piezoelectric ultrasonics transducers for wood and built in wooden structures. *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials*, 4(4), 949–957.
- [46] Kandemir-Yucel, A., Tavukcuoglu, A. Y. Ş. E., & Caner-Saltik, E. N. (2007). In situ assessment of structural timber elements of a historic building by infrared thermography and ultrasonic velocity. *Infrared Physics & Technology*, 49(3), 243–248.
- [47] Divos, F., Sismandy, F., & Takats, P. (2011). Evaluation of historical wooden structures using nondestructive methods. In Proceedings of the international conference on structural health assessment of timber structures (SHATIS), Lisbon.
- [48] <https://cbs-cbt.com/en/technology/Sylvatest-4-5-112-5> [01.12.2024].
- [49] Ross, R. J. (1994). Nondestructive testing for assessing wood members in structures: A review.
- [50] Sobue, N. (1986). Measurement of Young's modulus by the transient longitudinal vibration of wooden beams using a FFT spectrum analyser. *Mokuzai Gakkaishi*, 32(9): 744–747.
- [51] Brancheriau, L., Baillères, H., & Lanvin, J. D. (2002). A new grading process for structural timber based on partial least squares method using acoustic vibrations spectra. Forest Products Society.
- [52] Green, D. W., & McDonald, K. A. (1993). Investigation of the mechanical properties of red oak 2 by 4's. *Wood and fiber science*, 35–45.
- [53] Yin, Y., Lu, J., Ren, H., Ni, C. & Lum, C. (2006). Assessment of bending tensile and compressive strength of structural timber. In: 9th World Conference in Timber Engineering.

- [54] Annan, A. P. (2009). Electromagnetic principles of ground penetrating radar. *Ground penetrating radar: theory and applications*, 1(1), 3-41.
- [55] Kasal, B., & Tannert, T. (Eds.). (2011). *In situ assessment of structural timber* (Vol. 7). Springer Science & Business Media.
- [56] Reçi, H., Sbartai, Z. M., Pajewski, L., & Marciniak, M. (2016, April). Moisture evaluation of wood material using GPR with WARR method-cost action TU1208. In *EGU general assembly conference abstracts* (Vol. 18).
- [57] Redman, J. D., Hans, G., & Diamanti, N. (2016). Impact of wood sample shape and size on moisture content measurement using a GPR-based sensor. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 9(1), 221-227.
- [58] Riggio, M. (2013). *On site assessment of timber structures - Application of NDT/SDT techniques*. National Research Council of Italy.
- [59] López, G., Basterra, L. A., & Acuña, L. (2018). Infrared thermography for wood density estimation. *Infrared Physics & Technology*, 89, 242-246.
- [60] Pitarma, R., Crisóstomo, J., & Pereira, L. (2019). Detection of wood damages using infrared thermography. *Procedia Computer Science*, 155, 480-486.
- [61] Riggio, M., Sandak, J., Sandak, A., Pauliny, D., & Babiński, L. (2014). Analysis and prediction of selected mechanical/dynamic properties of wood after short and long-term waterlogging. *Construction and Building Materials*, 68, 444-454.
- [62] Gao, S., Yue, X., & Wang, L. (2019). Effect of the degree of decay on the electrical resistance of wood degraded by brown-rot fungi. *Canadian Journal of Forest Research*, 49(2), 145-153.
- [63] Lehmann, F., Dill-Langer, G., Hörsting, k., Krüger, M., Große, C., & Frenzl, R. (2010). Non-destructive and minimally invasive testing of wooden bridges (Zerstörungsfreie und minimalinvasive Prüfung von Holzbrücken). German Society for Non-Destructive Testing (Deutsche Gesellschaft für zerstörungsfreie Prüfverfahren; DGZfP).
- [64] Brischke, C., Rapp, A. O., & Bayerbach, R. (2008). Measurement system for long-term recording of wood moisture content with internal conductively glued electrodes. *Building and Environment*, 43(10), 1566-1574.
- [65] Bucur, V., Garros, S., Navarete, A., de Troya, M.T., Guyonnet, R. (1996). Kinetics of Wood Degradation by Fungi with X-ray microdensitometric technique. *Proceeding of the 10th International Symposium on Nondestructive Testing of Wood*, Lausanne, Switzerland; Press Polytechniques et Universitaires Romanes, 209-215.
- [66] Niemz, P., Wagner, M., Theis, K. (1983). Status and possibilities of the application of acoustic emission analysis in wood research. *Holztechnologie*, 24(2): 91- 95.
- [67] Martínez-Sala, R., Rodríguez-Abad, I., Barra, R. D., & Capuz-Lladró, R. (2013). Assessment of the dielectric anisotropy in timber using the nondestructive GPR technique. *Construction and Building Materials*, 38, 903-911.
- [68] Nowak, T. O. M. A. S. Z., Hamrol-Bielecka, K. A. T. A. R. Z. Y. N. A., & Jasienko, J. (2015). Non-destructive testing of wood—correlation of ultrasonic and stress wave test results in glued laminated timber members. *Annals of Warsaw University of Life Sciences-SGGW. Forestry and Wood Technology*, 92.
- [69] Dackermann, U., Crews, K., Kasal, B., Li, J., Riggio, M., Rinn, F. & Tannert, T. (2014). In situ assessment of structural timber using stress-wave measurements. *Materials and structures*, 47, 787-803.
- [70] Tannert, T. (2010). Drill resistance. *Assessment of timber structures*. COST E, 55, 72-74.

- [71] Ceraldi, C., Mormone, V., & Russo Ermolli, E. (2001). Resistographic inspection of ancient timber structures for the evaluation of mechanical characteristics. *Materials and structures*, 34, 59-64.
- [72] Kasal, B., & Anthony, R. W. (2004). Advances in in situ evaluation of timber structures. *Progress in Structural Engineering and Materials*, 6(2), 94-103.
- [73] Feio, A. O., Lourenço, P. B., & Machado, J. S. (2007). Non-destructive evaluation of the mechanical behavior of chestnut wood in tension and compression parallel to grain. *International Journal of Architectural Heritage*, 1(3), 272-292.
- [74] Morales-Conde, M. J., Rodríguez-Liñán, C., & Rubio de Hita, P. (2013). Application of non-destructive techniques in the inspection of the wooden roof of historic buildings: A case study. *Advanced Materials Research*, 778, 233-242.
- [75] Krause, M., Dackermann, U., & Li, J. (2015). Elastic wave modes for the assessment of structural timber: ultrasonic echo for building elements and guided waves for pole and pile structures. *Journal of Civil Structural Health Monitoring*, 5, 221-249.
- [76] Klapálek, P., & Melzerová, L. (2015). Methods of non-destructive assessment of timber. *Applied Mechanics and Materials*, 732, 369-372.
- [77] Jaskowska-Lemańska, J., Watach, D., & Górka-Stańczyk, M. (2023). Correction Factors for Sclerometric Test Results in the Technical Assessment of Timber Structural Elements under Diverse Conditions. *Materials*, 16(24), 7582.
- [78] Nowak, T., Patalas, F., & Karolak, A. (2021). Estimating mechanical properties of wood in existing structures—selected aspects. *Materials*, 14(8), 1941.
- [79] De Matteis, G., Ricci, L., Chisari, C., Mandara, A., & Panico, S. (2022). Structural Assessment of Historical Timber Roof Trusses: The Case of the Croce di Lucca Church in Naples. In *Protection of Historical Constructions: Proceedings of PROHITECH 2021* 4 (pp. 1111-1125). Springer International Publishing.
- [80] Zielińska, M., & Rucka, M. (2021). Using the ultrasonic tomography method to study the condition of wooden beams from historical building. In *12th international conference on structural analysis of historical constructions (SAHC)*. <https://doi.org/10.23967/sahc>.
- [81] López, G., Vallelado-Cordobes, P., Gomez-Royuela, J. L., & Basterra, L. A. (2023). Diagnosis and assessment of a historic timber structure in La Casa del Corregidor, using non-destructive techniques. *Case Studies in Construction Materials*, 19, e02311.

YAZAR ÖZGEÇMİŞİ

Büşra AYDOĞAN SELÇUK, Dr.

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi – Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği, Trabzon, Türkiye

busraaydoganselcuk@gmail.com

Dr. Büşra AYDOĞAN SELÇUK, 21 Ağustos 1985 tarihinde Trabzon'da doğdu. 2008 yılında İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 2012 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı Orman Biyolojisi ve Odun Koruma Teknolojisi Bilim Dalında yüksek lisans eğitimini tamamladı. 2010-2011 akademik yılında Erasmus bursuyla Avusturya Viyana Bodenkültür Üniversitesi'nde öğrenim gördü. 2012-2013 akademik yılında başladığı doktora öğrenimi süresince çeşitli konularda akademik çalışmalar yapmıştır. 2015-2021 yılları arasında ÇAYKUR'da çalışmıştır. Evli ve bir çocuk annesi olan SELÇUK, iyi derecede İngilizce bilmektedir.

Engin Derya GEZER, Prof.Dr.

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi-Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği, Trabzon, Türkiye

engin_gezer@yahoo.com

Dr. Engin Derya GEZER, 03.03.1972 tarihinde Erbaa'da doğdu. 1992 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümünden Bölüm ikincisi olarak mezun oldu. 1994-1996 yılları arasında Texas A&M Üniversitesinde yüksek lisansını başarıyla tamamladı. 1997-1999 yılları arasında Oregon State Üniversitesi'nden aldığı araştırma bursuyla Doktora öğrenimini sürdürdü. 2003 yılında KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı bünyesinde Doktora çalışmalarını tamamladı. 2005-2006 yıllarında 6 ay süreyle TÜBİTAK Yurtdışı araştırma bursuyla University of Toronto da bilimsel araştırmalarda bulundu. 2013 yılında 4 ay süreyle YÖK Yurtdışı araştırma bursuyla Beijing Forestry University, Pekin'de bilimsel araştırmalarda bulundu. Halen KTÜ Orman Endüstri Mühendisliği Bölümünde Profesör kadrosunda görevini sürdürmekte olup, iyi derecede İngilizce bilmektedir. Evli ve bir çocuğu bulunmaktadır.

10. Bölüm

AHŞAP YAPILARDA ENERJİ VERİMLİ YALITIM UYGULAMALARI

Ayça AKKAN ÇAVDAR^a, Esra LAKOT ALEMDAĞ^{b*}

^a Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Müh. Ve Mim. Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Rize, Türkiye, 0000-0002-3333-8943

^b Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Müh. Ve Mim. Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Rize, Türkiye, 0000-0003-0959-2068

* esra.lakotalemdag@erdogan.edu.tr

SUMMARY

The rapid increase in urbanization and the depletion of energy resources necessitate energy-saving measures in the building sector. Although wood, as a sustainable material, has low thermal conductivity, it requires supplementary materials for effective insulation. This study evaluates insulation techniques and materials used in wooden buildings, focusing on energy efficiency. Through a literature review and case studies, the study examines the role of moisture management, vapor permeability, and thermal insulation in timber structures. Moisture control is crucial for the durability and health of wood, while proper insulation ensures indoor comfort by reducing energy losses. The study emphasizes that both structural durability and energy savings can be achieved by using insulation materials with high water and vapor permeability. The findings highlight that optimal energy performance depends on selecting appropriate materials and insulation techniques based on climate conditions. This research aims to contribute to the development of sustainable, environmentally friendly insulation solutions in the building sector and provides guidance for designing energy-efficient, durable wooden structures. It is expected to serve as a valuable resource for professionals and researchers seeking to enhance the energy efficiency and environmental performance of wooden buildings.

Keywords: *Wooden buildings, energy efficiency, insulation application.*

Giriş

Kentleşmenin hızla artmasıyla enerji tüketimi de yükselmekte ve sınırlı enerji kaynakları nedeniyle enerji tasarrufu kritik hale gelmektedir [1]. Yapılı çevre de, toplam enerji kullanımı ve sera gazı emisyonlarının önemli bir bölümünü oluşturarak küresel enerji tüketiminde kritik bir rol oynamaktadır. Birleşmiş Milletler Çevre Programı'na (UNEP) göre, binalar dünyadaki enerji tüketiminin yaklaşık %40'ından sorumludur ve küresel sera gazı emisyonlarının yaklaşık %33'üne katkıda bulunmaktadır [2]. Araştırmalar, ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme (HVAC) sistemlerinin binalardaki toplam enerji kullanımının yaklaşık %65'ini oluşturduğunu göstermekte ve bu sistemlere olan bağımlılığı en aza indiren enerji verimli tasarımlara duyulan ihtiyacı vurgulamaktadır [3]. Yalıtım uygulamaları, yapılarda enerji verimliliğini ve termal konforu artırmak; çevresel etkiyi azaltmak için etkili yöntemlerden biridir. Genel olarak enerji verimliliği, ses, nem ve yangın yalıtımı gibi çevresel faktörlere karşı koruma sağlamaktadır. Bina yalıtımının başarılı olabilmesi için; malzeme seçimi, malzemenin kalınlığı ve fiziksel çevreye karşı sağladığı özellikler önem taşımaktadır.

Bina yönetmeliklerine ve enerji verimliliği standartlarına uymak, yalıtım sistemlerinin gerekli performans kriterlerini karşılamasını sağlamak için önemlidir. Birçok bölgede yönetmelikler, enerji tasarrufunu artırmak için minimum yalıtım kalınlıklarını ve malzeme özelliklerini belirlemektedir [4, 5]. Yalıtımın faydaları ve tasarruf miktarı halka daha iyi anlatılmalı ve teşvik edilmelidir [1]. Isı yalıtımının aksine ülkemizde ses, yangın ve su yalıtımları için yeterli standartlar bulunmamaktadır. 2024 yılında yürürlüğe giren Ahşap Binaların Tasarım, Hesap Ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik'in genel olarak taşıyıcı ahşap yapı elemanlarının güvenli tasarımı için oluşturulduğu görülmektedir. Yönetmelikte ısı, su, nem ve gürültü etkileri için düzenlemeler bulunsa da detaylı bilgi bulunmamaktadır [6]. Yalıtımın doğru uygulanabilmesi için eğitim kurumlarının, sektörün ve uzmanların konuya daha fazla önem vermesi gerekmektedir. Yalıtım bilincinin oluşturulması, kalifiye eleman yetiştirilmesi ve üniversitelerin bu alanda daha fazla sorumluluk alması şarttır. Enerji tasarrufu, ülkemizin kaynaklarını koruma ve ekonomik gelişim için hayati önem taşımaktadır [7].

Isı yalıtımı, iç ve dış ortamlar arasındaki ısı transferini azaltarak iç mekan konforunu korumakta ve enerji tüketimini en aza indirmektedir [8]. Bu durum, enerji tasarrufu sağlamanın yanı sıra zararlı gaz emisyonlarını azaltarak küresel ısınma ve iklim değişikliğiyle mücadelede önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca, yapıları terleme, küflenme ve korozyona karşı koruyarak sağlıklı ve konforlu bir yaşam ortamı sunmaktadır [1]. Nem kontrolü ise ısı yalıtımından sonra gelen en kritik faktörlerden biri olarak öne çıkmaktadır. Yalıtım malzemeleri, termal direnç sağlamanın yanı sıra nem birikimini önlemeli ve buhar bariyerleri kullanılarak bina zarflarında küf ve yapısal hasar oluşumunu engellemektedir [9]. Nem, yalıtım performansını düşürerek enerji tüketimini artırmakta ve lifli yalıtımlar ile açık hücreli köpüklerin termal direncini olumsuz etkilemektedir [10]. Ahşap yapı malzemelerinin mantar ve çürümeye karşı direnci, nem performansına bağlıdır. Hidrofobik katkıları (parafin, bitüm) ve ısı işlemler, malzemenin su emme ve salma hızını önemli ölçüde etkilerken, katkı bulunmadığında gözeneklilik ve üretim süreci belirleyici olmaktadır [11]. Nem kontrolünde, binaya nem girişini en aza indirmek ve mevcut nemi bina zarfından uzaklaştırmak önemlidir. İnşaat sırasında oluşabilecek nemin drene edilmesi ve havalandırma sağlanması da önem taşımaktadır. Su girişini kontrol altına almak için pencere, kapı ve drenaj elemanlarının yalıtımı iyi yapılmalı, hava sızıntıları engellenmeli ve buhar difüzyonu kontrol altına alınmalıdır. Nem kontrolü, hem sıcak hem de soğuk iklimler için kritik bir sorundur [10].

Termal ve nem kontrolü özelliklerine ek olarak, ahşap bina tasarımında ses ve yangın yalıtımı da önemlidir. Ses yalıtımı binaların akustik konforunu artırmak için önem taşımaktadır. Etkili ses yalıtım malzemeleri, dış kaynaklardan gelen gürültü kirliliğini önleyerek daha konforlu bir iç mekan ortamına katkıda bulunmaktadır. Örneğin, mineral yün ve özel akustik paneller gibi malzemeler, konutlarda ve ticari binalarda ses yalıtımını iyileştirmek için sıklıkla kullanılmaktadır [12]. Yangın yalıtımı ise, özellikle bina güvenliği açısından çok önemlidir.

Yangının yayılma hızını en aza indirmek ve bina genel güvenliğini artırmak için binaların yangına dayanıklılık standartlarını karşılamaları gerekmektedir [13].

Ahşap binalarda ısı yalıtımı, ısı transferini azaltarak ve ısıtma-soğutma enerjisi ihtiyaçlarını düşürerek enerji verimliliğini artırmaktadır. Bu da zaman içinde konutlarda enerji tüketiminin ve maliyetin azalmasına katkı sağlamaktadır [8]. Isı yalıtımı aynı zamanda nem kontrolü de sağlayabilmekte, bina yapısal bütünlüğünün ve iç hava kalitesinin bozulmasını önlemektedir [14]. Ahşap yapılarıdaki ısı kayıpları, genellikle duvardan çatıya veya zemine bağlantılar gibi malzeme birleşim noktalarındaki ısı köprülerinden kaynaklanmaktadır. Bu bağlantılar, ısı kaçışına yol açarak termal verimliliği azaltmaktadır. Özellikle yanlış malzeme kullanımı ve kiriş-duvar birleşimleri, yaz ve kış aylarında ısı kaybını artırmaktadır [15, 16]. Ahşap yapılar genellikle beton veya tuğla gibi malzemelerden daha iyi yalıtım özelliklerine sahiptir ve bu durum enerji gereksinimlerini ahşap olmayan binalara kıyasla %15-16 oranında azaltabilmektedir [17]. Ancak, ısı kaybını etkili bir şekilde önlemek ve iç mekan konfor koşullarını optimum seviyede tutabilmek için yine de yeterli yalıtıma ihtiyaç duyulmaktadır. Akıllı buhar bariyerleri, hem nem yönetimini iyileştirerek termal performansı artırmak hem de enerji verimliliğini korurken yalıtım kalınlığını azaltmak için etkili bir çözümdür [18]. Isı yalıtımı, kışın ısı kaybını azaltmakta; yazın ise ısı kazanımını sınırlayarak istikrarlı bir iç mekan ikliminin korunmasına yardımcı olmaktadır. Binalar küresel enerjinin büyük bir kısmını tükettiğinden, bu durum sürdürülebilirlik için önemli görülmektedir [19]. Ahşap binalarda ısı yalıtımı için kullanılan malzemeler, geleneksel seçeneklerden yenilikçi çözümlere kadar geniş bir yelpazede çeşitlilik göstermektedir [20]. Literatürde yalıtım malzemeleri için oluşturulan sınıflandırmalardan biri malzemeleri; geleneksel, sürdürülebilir ve son teknoloji malzemeler olmak üzere üç şekilde kategorize etmiştir. Geleneksel malzeme inorganik (Lifli; Hücresel) ve organik (Lifli; Hücresel); sürdürülebilir malzemeler biyo-yalıtım (Tarımsal atık; Yün) ve geri dönüştürülmüş; son teknoloji malzemeler ise kapalı hücreli köpük, aerjel, şeffaf, vakumlanmış, yansıtıcı çok folyolu, nano yalıtım malzemeleri olarak sınıflandırılmaktadır (Tablo 10.1) [21].

Tablo 10.1. Ahşap binalarda kullanılan ısı yalıtım malzemeleri ve örnekleri [22–34]

Mineral yünü (Geleneksel, inorganik lifli)	Köpük cam (Geleneksel, inorganik hücresel)	Hindistan cevizi yonga levha (Sürdürülebilir, biyo- yalıtım, tarım atığı)	Koyun yünü (Sürdürülebilir, biyo- yalıtım, haycansal yün)	Cam lifli levha (Sürdürülebilir, geri dönüştürülmüş)
Selüloz (Geleneksel, organik hücresel)	Polistiren köpük (Geleneksel, organik hücresel)	Poliüretan köpük (Son teknoloji, kapalı hücre köpük)	Vakum İzolasyon Panel (Son teknoloji, vakumlu)	Nanogözenekli Yalıtım (Son teknoloji, nano)

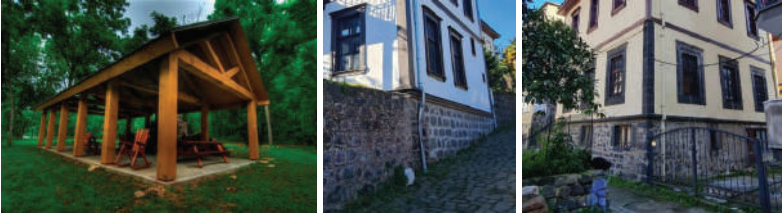
Bu çalışma, ahşap yapıların sürdürülebilirlik ve enerji verimliliği potansiyelini incelemeyi amaçlamaktadır. Özel olarak, ahşap malzemelerin termal performansını geliştirmek için kullanılan yalıtım tekniklerinin değerlendirilmesi hedeflenmektedir. Literatür taramaları, simülasyon çalışmaları ve vaka incelemeleri ile desteklenen çalışma, hem geleneksel hem

de endüstriyel ahşap yapı sistemlerine odaklanarak, yalıtım uygulamalarının ahşap yapıların enerji verimliliği ve çevresel etkilerini nasıl optimize edebileceğini vurgulamaktadır.

1. Geleneksel Ahşap Yapılarda Yalıtım

Geleneksel mimari doku, öncelikle iklimsel parametrelerden ve topografyanın şekillendirdiği fiziksel çevreden etkilenmektedir. Geleneksel yapılar; kültürel yaklaşımlar, malzeme seçimleri ve inşaat yöntemleri aracılığıyla iklim farklılıklarını yansıtmaktadır. Yağış, rüzgar, güneş ve nem gibi iklim faktörlerine yönelik geliştirilen çözümler, iklimin geleneksel konut tasarımını nasıl etkilediğini göstermektedir [35]. Geleneksel yapılar aynı zamanda yerel malzeme kullanımı, basit yöntemlerin uygulanması ve pasif enerji sistemlerini içermesi nedeni ile de sürdürülebilir mimari içerisinde yer almaktadır [36]. Ahşap malzeme de kırsalda kullanılan geleneksel ve sürdürülebilir yapı malzemeleri arasındadır. Doğası gereği higroskopiktir, yani ortamdaki nemi emebilir ve serbest bırakabilir. Bu nedenle de geleneksel kırsal mimaride genellikle çürüme ve böcek hasarına daha az eğilimli olan sedir ve selvi gibi nemle ilgili sorunlara karşı doğal dirençleriyle bilinen belirli ahşap türlerini kullanılmaktadır [37]. Geleneksel ahşap mimari, nemi etkin bir şekilde yöneten tasarım özellikleri de içermektedir. Yükseltilmiş temeller ve uzatılmış çatı saçakları, ahşap yapıları doğrudan yağmur ve zemin nemine maruz kalmaktan koruyan tasarım detaylarına örnek olarak verilebilir [38].

Farklı iklim bölgelerinde ahşap yapı temel sistemleri ve suya karşı alınan önlemler de farklılık göstermektedir. Kuzey bölgelerinde taş, beton veya beton bloklardan oluşturulmuş bodrum kata sahip hafif çerçevesiz ahşap yapıların tercih edildiği; güney ve batı bölgelerde ise bodrumsuz olan ahşap duvarların beton bir plak ile yükseltildiği görülmektedir (Şekil 10.1). İşlem görmüş ahşap malzemeler bodrum katlarda kullanılabilir, ancak taş veya çakıl üzerine yerleştirilmesi gerekmektedir. Ahşap yapılarda temellerin dışı nem bariyeriyle korunmalı ve drenaj için taş ve çakıl dolgusu kullanılmalıdır. Eski ahşap evlerde duvar kaplaması olarak tahtalar; yeni yapılarda ise kontrplak ve OSB gibi panel ürünler kullanılarak yalıtım sağlanmaktadır [10].



Şekil 10.1. Beton plak üzerinde yükseltilmiş ahşap kirişler [39], taş duvar ve taş bodrum kat üzerinde yükselen ahşap geleneksel yapılar (Ayça Akkan Çavdar arşivi)

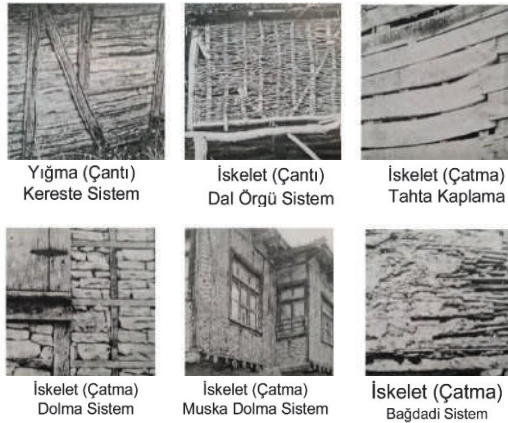
Geleneksel ahşap yapılar aynı zamanda; araziye yerleşim ve yönlenmeleri, biçimleri ve hacimleri, yapı kabuğu ve malzeme özellikleri nedeniyle enerji korunumu da sağlamaktadır [40]. Yığma veya çerçeve geleneksel ahşap yapım tekniği ile yapılan yapılarda ise, yapı kabuğu için enerji korunumu sağlama amacı ile alınan önlemler arasında; duvarların kaplama malzemeleri ile kaplanması, sıvanması, duvar içerisinde yalıtım için hava boşluğu bırakılması ve işlem görmüş yalıtım malzemelerinin kullanılması örnek olarak verilebilir [41]. Ahşap yığma duvarlarda ise duvarların 8-24 cm arasında bir kalınlığa sahip olması ısı yalıtımı açısından yeterli görülmektedir [42]. Kuzeyinde kozalaklı ağaçların bulunduğu Finlandiya'da ahşap kütük duvarlar düzgün derzlenmiş bir biçimde ve sıkı bir şekilde kenetlenerek birleştirildiği; 19. Yüzyılda ise bu duvarların iç yüzeylerinin kaplama kağıdı ile kapatıldığı, dış

yüzeylerinde ise ziftlenmiş kartonların veya cephe kaplamalarının kullanıldığı görülmektedir. Kütüklerin yüksek ısı depolama kapasitesi, belirli iklimlerde diğer yapı türlerine göre daha yüksek enerji verimliliği sağlayabilmektedir. Kütükler, uygun koşullarda "termal piller" gibi davranarak, gün boyunca ısıyı depolayıp, gece boyunca yavaşça serbest bırakmaktadır. Özellikle Kanada gibi, gün içindeki sıcaklık dalgalanmalarının belirgin olduğu bölgelerde, bu termal kütle özelliği sıcaklık değişimlerini doğal olarak dengelemeye katkı sağlamaktadır (Şekil 10.2) [43, 44].



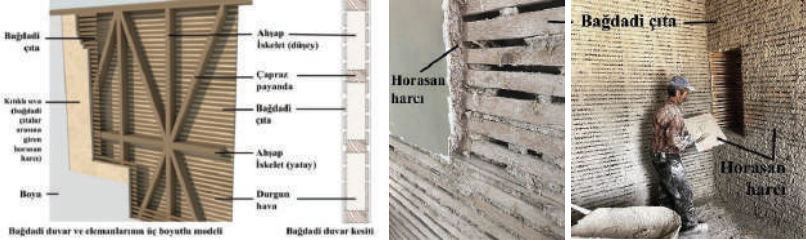
Şekil 10.2. Termal piller olarak adlandırılan kütüklerden yapılmış evler ve duvar kesiti [43, 44]

Ülkemizde kullanılan ahşap yapım sistemleri ise genel olarak; yığma, iskeletli (çatki) ve kagir olmak üzere üç sisteme ayrılmaktadır [45]. Yığma sistemlerde ahşap doğrudan duvar düzeneğini oluşturan tek eleman iken, iskelet sistemde çerçeve olarak yerleştirilen ahşap sistemin boşluklarının farklı malzemeler ile doldurulduğu ve bir seviyeye kadar yalıtım sağlanabildiği görülmektedir. Türkiye'de özellikle Karadeniz ve İç Anadolu Bölgelerinde, ahşap yapılarda dolgu duvar olarak adlandırılan "hımış" gibi geleneksel duvar teknikleri kullanılmaktadır. Bu teknik, ahşap karkas duvar sistemi oluşturulduktan sonra çevrede bulunan malzemelerin duvar boşluklarına doldurulması esasına dayanır. Bu yöntemle, araziye yakın yerlerden temin edilen malzemeler kullanılarak yapıların duvarları tamamlanır. Hımış yapıda, taş ve kerpiç ile ısı kaybı azaltılmaktadır. Ahşap karkas içerisine yerleştirilen dolgu malzemeleriyle inşa edilen hımış duvarlar, ayrıca hava boşluğu oluşturarak ısı ve ses yalıtımı da sağlamaktadır. Bu yapı türü, aynı zamanda deprem güvenliğini de artırmaktadır [41]. Şekil 10.3'te geleneksel ahşap duvar tiplerine verilen örnekler görülmektedir.



Şekil 10.3. Türkiye'deki geleneksel ahşap yapım sistemleri ve duvar tipleri [46, 47]

Hımış duvar tekniğine benzeyen, iskelet sisteme ait diğer bir örnek de "bağdadî" sistemdir. İç ve dış yüzeyi hava sızdırmaz bir şekilde kapatılmış ve özel bir sıva ile sıvanmış içinde hava hapsedilmiş bu duvar sisteminde; kerpiç, ahşap veya taş gibi dolgu malzemeleri de ek yalıtım için kullanılabilir (Şekil 10.4) [48]. Bağdadî sistem içerisindeki dikmelerin birleştirme yöntemlerine bağlı olarak taş dolgu sistemleri göz dolma ve muska dolma olmak üzere iki şekilde incelenebilir [49].



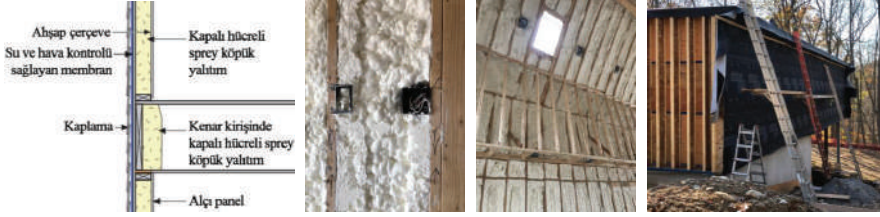
Şekil 10.4. Türkiye'deki geleneksel ahşap yapı sistemleri ve duvar tipleri [47]

Türkiye'deki geleneksel ahşap yapıların sıvandığı Bağdadî sistemine benzer olarak Kore'de duvarlar için yalıtım sağlamak amacıyla kullanılan ahşap panellerin çamur ile sıvandığı görülmektedir [50]. Geleneksel tekniklerde saman balyası gibi organik malzemelerin veya kerpiç, taş veya ahşap gibi malzemelerin yalıtım amacı ile dolgu malzemesi olarak da tercih edilmektedir [51]. Şekil 10.5'te Türkiye'den, Güney Kore'den ve İngiltere'den "dal örgü" tekniği ile inşa edilmiş yalıtımlı geleneksel duvar örnekleri verilmiştir. Türkiye'de "Bağdadî", Kore'de "Oeyeokki" ve İngiltere'de ise "Wattle and daub" adı verilen bu duvar tekniğinin dünya genelinde yaygın ve yöreye özgü olarak inşa edildiğı söylenbilir. Graham [52], 18. yüzyıla kadar İngiltere'de var olan bu yöntemin zanaatın giderek azalan örneklerinden olduğunu belirtmiş ve korunmasının önemini vurgulamıştır.



Şekil 10.5. Dal örgü tekniği ile inşa edilmiş duvarlar (Türkiye, Güney Kore ve İngiltere) [47, 52, 53]

Günümüz ahşap yapılarında genellikle işlem görmüş ahşap malzemeler ve çerçeve sistem duvar boşluklarında taş yünü, cam yünü, EPS, PUR gibi endüstriyel yalıtım malzemeleri kullanılmaktadır. Hava sızdırmazlık ve ısı kaybını önlemedeki etkinliği nedeniyle ise, sprej poliüretan köpük (SPF) sıklıkla tercih edilmektedir [54]. Bu yalıtım uygulaması aynı zamanda ahşap çerçeve içerisinde kullanıldığında duvar bütünlüğünü sağlar ve yapısal destek görevi de görür [55]. Şekil 10.6'da ahşap çerçeve bir binanın ısı yalıtımı için sprej köpük malzeme ile boşluklarının doldurulduğu ve membran ile kapatıldığı görülmektedir.



Şekil 10.6. Sprey köpük yalıtım ile boşlukları doldurulan ahşap çerçeve duvar detayı [56]

Ahşap çerçeve sistemi kapatmak için kullanılan malzemeler arasında en çok tercih edileni yönlendirilmiş şerit levha (OSB) olarak görülmektedir [57]. Ayrıca etkili bir termal performans gösterebilen kontraplaklar, ses ve yangın yalıtımı sağlayabilen alçı paneller de aynı işlevle yaygın olarak kullanılmaktadır [58, 59]. Bu geleneksel levha malzemelere ek olarak çekirdeğinde bir yalıtım katmanı bulunduran Yapısal Yalıtımlı Paneller (SIPs) de kaplama malzemesi olarak kullanılmaktadır [57]. Şekil 10.7’de geleneksel ahşap çerçeve sistemi, kapatılmış hali ve duvar düzeneğinin detay ve malzeme bilgisi verilmiştir. Isı yalıtımı için ahşap çerçeve sistem boşluklarına doldurulan mineral yün yalıtımın yanı sıra, ısı köprüleri için sürekli bir EPS yalıtım katmanı ve çatıda da yalıtım olarak SIPs tercih edilmiştir [60].



Şekil 10.7. Geleneksel ahşap çerçeve yapım sistemi ve yalıtımlı duvar detayı [60]

Ahşap, yenilenebilir ve karbon tutma özellikleriyle sürdürülebilir bir yapı malzemesidir. Yüksek enerji verimliliğine sahip pasif evlerde ahşap kullanımı, gömülü enerjiyi azaltarak ve sürdürülebilir malzemeleri teşvik ederek karbon ayak izini düşürmeye katkı sağlamaktadır [61–63]. Örneğin, ahşap çerçeve yapım sistemine sahip bir pasif ev tasarımında ekonomik olması nedeni ile yerel malzemelerin kullanıldığı ve enerji performansının geliştirildiği görülmektedir. Bu yapıda prefabrik ahşap kirişlerin tercih edildiği ve çatıda yalıtım malzemesi olarak ise selüloz kullanıldığı dikkat çekmektedir. Duvar çerçevesinin çift katmanlı olarak oluşturulmasının yanı sıra iyi bir yalıtım için de yüksek yoğunluklu bir fiberglass keçe seçilmiştir. Yapının beton temel duvarları ise EPS malzeme ile içten ve dıştan yalıtılmıştır (Şekil 10.8).

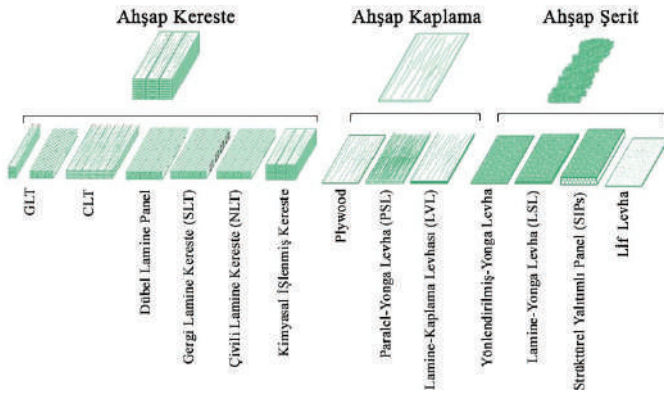


Şekil 10.8. Çift çerçeve duvar sistemi detayı (pasif ev) [64]

2. Endüstriyel Ahşap Yapılarda Yalıtım

Endüstriyel ahşap yapılar, tasarım, inşaat yöntemleri, malzeme özellikleri ve uygulamalar açısından geleneksel ahşap yapılara göre farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklar, ahşabı çağdaş yapı taleplerini karşılayabilen modern bir yapı malzemesine dönüştüren teknoloji ve mühendislik uygulamalarındaki gelişmelerden kaynaklanmaktadır.

Endüstriyel ahşap yapılar, çapraz lamine kereste (CLT), yapıştırılmış lamine kereste (glulam) ve lamine kaplama kereste (LVL) gibi mühendislik ahşap ürünleri kullanılarak tasarlanmaktadır. Bu malzemeler, eğilme ve boyutsal değişikliklere daha duyarlı olan geleneksel masif keresteye kıyasla daha fazla güç, stabilite ve dayanıklılık içermektedir [65]. Endüstriyel ahşap üretimi, hasat edilen ağaçların yuvarlak odun olarak adlandırılan kereste haline getirilmesi ve bu kerestelerin kabuk ve kusurların giderilmesi için fabrikaya gönderilmesi ile başlamaktadır. Bu keresteler tahta veya kalaslara dönüştürülmek üzere yalnızca %50'si işlenebilirken, geri kalan toz, talaş ve lifler de yan ürün olarak değerlendirilmektedir. Bu yan ürünlerden biyokütle yakıtı elde etmek ve daha ekonomik ahşap paneller üretmek de mümkündür [66, 67]. Şekil 10.9'da ahşaptan elde edilen kereste, kaplama ve şeritler ile üretilmiş endüstriyel (mühendislik) ahşap panel ve levha ürünler görülmektedir.

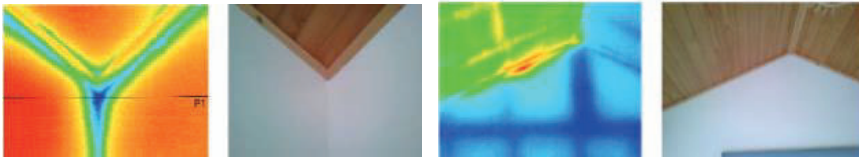


Şekil 10.9. Mühendislik ahşabı üretim süreci (yeniden düzenlenmiştir) [67]

Endüstriyel ahşap ürünler, termal modifikasyon gibi işlemlerle güçlendirilebilir. Bu işlem, ahşabın boyutsal stabilitesini ve biyolojik dayanıklılığını artırır. Isıl işlem sırasında kimyasal ve anatomik değişiklikler meydana gelir, bu da ahşabın sertliğini artırırken, nem emme oranını düşürür ve mantara karşı direncini yükseltir. Bu süreç, ahşabın basınç dayanımını artırarak boyutsal kararlılığını da sağlar. [68]. Endüstriyel ahşap ürünler genellikle %6 ve %19 nem oranına sahiptirler. Kapatılmış (bitirilmiş) bir ahşap prefabrikte panelin su emme oranı çok düşüktür ve performans olarak en iyi üründür. Kapatılmamış ahşap çerçeve prefabrikte paneller ise birleşim noktalarına göre suya karşı dayanıklı veya dayanıksız olabilmektedir. Glulam ve CLT, prefabrikte elemanlardan sonra gelmekte ve suya karşı orta derecede dayanıklılık göstermektedir. PSL, LSL, OSB ve LVL elemanlar yüksek emici özelliğe sahip olarak suya karşı dayanıksızdır. Tüm elemanlar için birleşim noktalarının iyi yalıtılmış olması iyi performans sağlanabilmesi açısından önem taşımaktadır [69]. Ahşap ürünler aynı zamanda yüzeylerine sürülen tabakalar ile de farklı kriterlere karşı güçlendirilebilir. Ahşap malzeme, kaplama veya boya gibi bu ürünler ile hava koşullarına ve bozulmaya karşı fiziksel olarak bir direnç kazanabilir ve dış ortamda da kullanılmaya uygun hale getirilebilir (BRE, 2007). Emprenye işlemi ise, ahşabın hücre duvarına kimyasal yayılması ile gerçekleşir ve malzemenin kimyasında bir değişikliğe neden olmamaktadır. Pasif bir yöntem olan emprenye ile malzeme özelliklerinde iyileşme ve kerestenin geçirgenliği azalarak suya ve mantar gibi problemlere karşı direnç sağlanmaktadır. Aynı zamanda mekanik özelliklerin güçlendirilmesi için de kullanılır [68, 70]. Güçlendirilmiş GLT kirişler üzerine yapılan bir çalışmada, lif ile güçlendirilen kirişlerin kesitlerinin azaldığı ve bununla birlikte %20 ila %40 arasında bir ahşap tasarrufu sağlandığı görülmüştür. Bu tasarruf maliyete %25 oranla yansımıştır [71].

CLT, GLT gibi taşıyıcı endüstriyel ahşap elemanlar ile oluşturulan ahşap yapılarda elemanların taşıyıcılığının yanı sıra nasıl birleştirilecekleri de önemli bir konudur. Bu doğrultuda farklı elemanları birleştirecek bağlantı elemanlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu elemanlar genellikle metal esaslı olarak tercih edilse de, ahşap veya plastik gibi malzemeler de tercih edilebilmektedir. Isı köprüleri de ahşap yapılarda genellikle farklı yapısal elemanlarının bir araya geldiği noktalarda meydana gelmektedir.

Duvar ve çatı elemanlarında kullanılan ısı yalıtım elemanlarının sürekliliği ısı köprülerini önlemek için önemlidir. Özellikle zemin seviyesindeki yapılarda, duvar ve zemin bağlantılarının uygun şekilde yalıtılmadığı durumlarda ısı kaçışları yaşanmaktadır. Ahşabın; beton veya çelik gibi malzemelere göre ısı iletkenliği daha düşük görülsede, bir yalıtım malzemesi ile kıyaslandığında daha fazla ısı transferi sağlamaktadır. Bu doğrultuda ahşap yapıların ısı yalıtımı da önem kazanmaktadır [72, 73]. GLT kiriş ve kolonlar ile üretilmiş bir binanın termal performansı üzerine yapılan bir çalışmada özellikle metal ankraj elemanları ile birleştirilen GLT elemanların birleşim noktalarında ısı köprülerinin daha fazla olduğu tespit edilmiş ve bu alanların uygun malzemeler ile sarılması gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca doğal bir malzeme olan ahşabın farklılaşan lif dokusundan kaynaklı olarak ahşap üzerindeki kusurların da termal köprülere neden olduğu görülmüştür. Bu doğrultuda daha az yüzey kusuruna sahip malzemeyi seçmek de önem taşımaktadır (Şekil 10.10) [74].



Şekil 10.10. GLT kiriş-kolon-çatı birleşiminde görülen ısı köprüleri [74]

Isı yalıtımı ekolojik bina tasarımında enerji verimliliği sağlanabilmesi açısından önemli bir yere sahiptir. RDH Building Science (2018)'in yayınladığı "Cladding Attachment Solutions for Exterior-Insulated Commercial Walls" kataloğunda ahşap binalarda cephe kaplama sistemlerine göre yapılacak dış duvar ısı yalıtım türleri dört kategoride verilmiştir: Kaplama altı çitaları ile uzun vidalar, klips ve ray sistemi, yatay bağlama kirişi ve dikey bağlama kirişi (Tablo 10.2). Kaplama altı çitaları ve uzun vidalar, hafif-orta ağırlıklı kaplamalarda ısı yalıtımı sağlamak için kullanılır. Klips ve ray sistemi, sert veya yarı sert yalıtımları kolayca ahşap sisteme monte edilir. Dikey bağlama kirişi, sert yalıtımlarda tercih edilir; ancak metal kirişler yalıtım performansını düşürebilir. Yatay bağlama kirişi, sert veya yarı sert yalıtımlarda kullanılır ve birleşim noktalarının düzgün bir şekilde dolgu ile kapatılması gerekmektedir. Metal olmayan kirişler, dış yalıtımın performansını artırmak için kullanılabilir [75].

Tablo 10.2. Ahşap dış duvarlarda uygulanan yalıtımlı kaplama sistemlerinin maliyet, ısı verimlilik ve montaj zorluğu durumu [75]

	Kaplama altı çita ve uzun vidalar	Klips ve ray sistemi	Dikey bağlama kirişi	Yatay bağlama kirişi
Maliyet	\$	\$\$-\$\$\$	\$\$	\$\$
Isı Verimliliği	%75-95	%40-95	%20-40	%30-50
Montaj Zorluğu	●●●	●●●	●●●	●●●

Endüstriyel ahşap yapılar farklı yapım sistemleri ve endüstriyel ahşap çeşitleri ile tasarlanabilmektedir. Bu kitap bölümü kapsamında verilecek örnekler ve yalıtım incelemeleri aşağıdaki endüstriyel ahşap yapım sistemleri veya malzemelerine göre verilecektir:

- Ahşap Çerçeve Yapılar ve Yalıtım Uygulamaları:** Kırsalda kullanılan yapım tekniğinin günümüz yapılarında endüstriyel ahşap malzemeler kullanılarak uygulanmasıdır.
- Ahşap Prefabrike Cephe Panelleri ve Yalıtım Uygulamaları:** Masif, sandviç veya çerçeve tasarım kurgusuna sahip olabilen ve fabrika ortamında üretilen endüstriyel ürünlerdir.
- CLT, GLT ve LVL vb. Endüstriyel Masif Elemanlar ve Yalıtım Uygulamaları:** Ahşap kereste malzemeye göre dayanıklılığı artırılmış ve yapı elemanı olarak kullanılan ahşap ürünlerdir.

2.1. Ahşap Çerçeve Yapılar ve Yalıtım Uygulamaları

Ahşap çerçeve yapılar; yapım sistemi gereği duvar iç boşluklarında ve yüzeyinde yalıtım uygulamasına olanak sağladığı için avantajlıdır. Cam elyafı, mineral elyafı, selüloz ve sprey köpükler, endüstriyel ahşap malzemeler ile yapılan duvar boşluklarının doldurulması için en yaygın kullanılan yalıtım malzemeleridir. Dış duvarlara uygulanan sert köpük paneller gibi yalıtım levhaları da aynı zamanda yapısal destek sağlamaktadır. Mevcut yapıların yalıtımı,

gevşek dolgu malzemeleriyle yapılabilir, ancak kurulum sırasında duvar boşluklarının tamamen doldurulmasına dikkat edilmelidir. Ayrıca, bina zarının hava akışını en aza indirecek şekilde inşa edilmesi, yalıtımın performansını artırmakta aynı zamanda nem birikimini de önlemektedir [10].

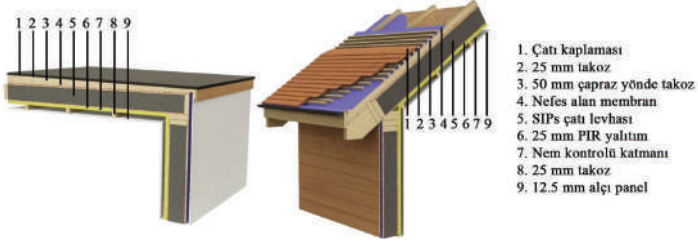
2.2. Ahşap Prefabrike Cephe Panelleri ve Yalıtım Uygulamaları

Ahşap prefabrike cephe panelleri geleneksel yapım sistemi olan masif ve çerçeve tasarım kurgusuna sahip olabileceği gibi endüstriyel bir ürün olan sandviç panel olarak da kurgulanabilir. Fabrika ortamında endüstriyel üretim sürecinden geçerek üretilen bu paneller, tasarım kurgusu çerçeve olsa dahi endüstriyel ahşap ürün olarak değerlendirilebilir. Çerçeve panel bünyesinde bulunan boşluklar avantaj olarak kullanılabilir. Isı yalıtım malzemeleri ile doldurulmanın yanı sıra farklı cihazların ve sistemlerin entegre edilmesine de açıktır [76]. Tablo 10.11'de geleneksel çerçeve sistem ile oluşturulmuş prefabrike panelin yanı sıra, farklı sistemler (güneş paneli, ısı pompası vb.) entegre edilmiş prefabrike cephe paneli (PCP) örnekleri de verilmiştir.

Tablo 10.11. Farklı sistemler entegre edilmiş prefabrike cephe panelleri (PCP) [77–81]

Pasif güneş paneli entegre edilmiş PCP	Mikro ısı pompası ve tesisatını içeren PCP
 <ol style="list-style-type: none"> 1. 0,6 cm tavlanmış güvenlik camı 2. 2,9 cm arka havalandırma 3. 3 cm güneş tarağı 4. 1,9 cm MDF 5. 1,5 OS 6. 12 cm ahşap çerçeve 7. 1,9 OSB 	 <ol style="list-style-type: none"> 1. 2 cm boyanmış ahşap kaplama 2. 6 cm çitalar 3. 6 cm ahşap esaslı rüzgâr bariyeri 4. 6x30 cm Glulam çitalar arası selüloz yün yalıtım ve tesisat 5. 1,5 cm OSB (Nem bariyeri) 6. Ahşap çita
 	 

Ahşap esaslı sandviç paneller ise, ahşap levhalar arasında bulundurdıkları yalıtım malzemesi sayesinde özellikle nemli bölgelerden kaynaklı sorunlar için bir çözüm niteliğinde olabilmektedir. SİPs ısı yalıtımı ve nem bariyeri görevi görmesinin yanı sıra aynı zamanda akustik performans açısından da avantajlıdır ve yük taşıma özelliğinden dolayı taşıyıcı bir elemandır [82]. Gömülü ve operasyonel enerji üzerine yapılan bir çalışma da görülmüştür ki, PUR yalıtım malzemesi bulunduran SİPs, EPS yalıtım malzemesi bulunduran SİPs'e göre daha enerji verimli olmasına rağmen EPS'li SİPs duvarlar karbon salınımı açısından daha avantajlıdır [83]. Bunun yanı sıra, XPS, GPS, honeycomb, taş yünü ve cam yünü gibi yalıtım malzemelerinin kullanımı da SİPs için yaygındır [76]. Şekil 10.12'de örnek SİPs çatı ve duvar birleşim detayları ve yalıtım özellikleri verilmiştir. Yalıtımlı çatının U-değeri 0,15 W/m²K olarak belirlenmiş ve yalıtımlı panel duvarların yanı sıra 25 mm kalınlığında sürekli bir ısı yalıtım katmanı ile de desteklendiği görülmüştür [84]. Nefes alan membran kullanımı özellikle ahşabın görevini uzun zaman yerine getirebilmesi için önemlidir. Ahşabın bünyesindeki nemi uzaklaştırması oluşacak problemlerin önüne geçmektedir. Bunun yanı sıra SİPs diğer ahşap malzemeler gibi neme karşı korunmalıdır.

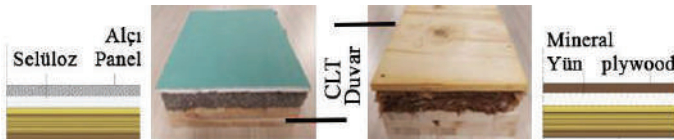


Şekil 10.12. SİPs çatı katmanları ve yalıtım detayları [84]

2.3. CLT, GLT ve LVL vb. Endüstriyel Masif Elemanlar ve Yalıtım Uygulamaları

CLT olarak üretilmiş duvar ve döşemeler genellikle 6 ve 30 cm arasında bir kalınlıkta tercih edilmekte ve 16,50 m uzunluğa kadar üretilmektedir [85]. CLT tek başına bir binanın döşeme ve duvar elemanlarını oluşturabilirken; çelik veya GLT kolonlar ile de hibrit bir yapı oluşturabilmektedir [86]. Hem CLT hem de GLT (Glulam) yangın esnasında doğal kömürleşme katmanı oluşturması sayesinde dayanımını korumaktadır. Aynı zamanda su ve nem performansları da işlem görmüş ahşaplar olmaları nedeni ile doğal ahşaba göre daha yüksektir. Ancak iki tür ahşabın da katmanlı yapıları ve bu katman birleşimleri nedeni ile neme ve yangına karşı ek malzemeler yardımı ile korunmaları daha güvenli olacaktır [87]. Polietilen ve buhar geçirmeyen su geçirmez bariyer malzemelerin CLT'nin kuruma hızını azalttığı görülmektedir. Bu durum azalan kurutma kapasitesi nedeni ile zararlı etkiye sahiptir [88]. Selüloz yalıtım ise, mineral yün yalıtıma göre higrotermal performans açısından daha güvenlidir. Selüloz dış yalıtım ve rüzgar bariyeri arasındaki bağıllı nemi %90 oranında tutarken; mineral yün %95 oranında tutmaktadır. Bu nedenle su buharı geçiğren yalıtım seçiminde selülozun tercih edilmesinin daha uygun olacağı söylenebilir [89].

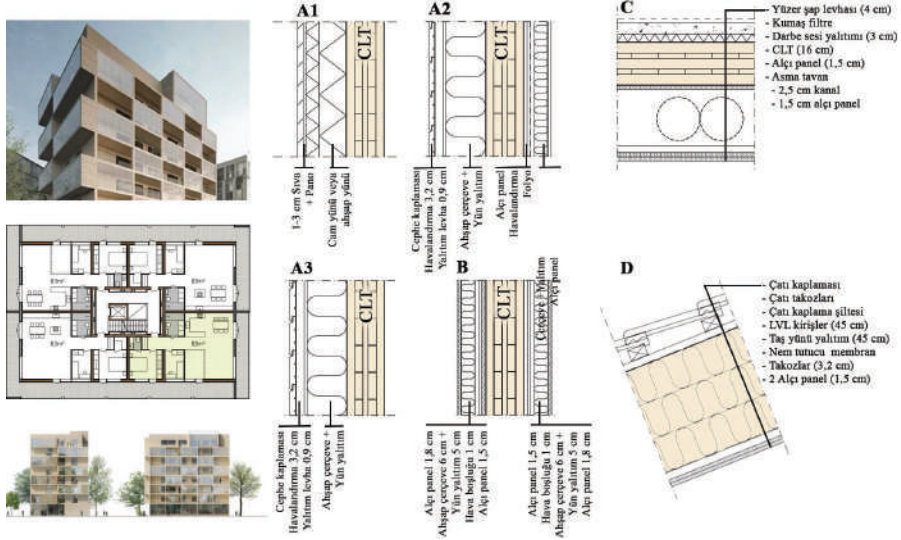
Doğu Karadeniz Bölgesi Trabzon kenti için tek katlı bir konut binası üzerinde yapılan simülasyon çalışmasında, referans binada kullanılan CLT dış duvar elemanlarda XPS, EPS, koyun yünü, taş yünü, cam yünü, selüloz ve kenevir yünü ısı yalıtım malzemelerinin sağladığı enerji verimliliği hesaplanmıştır. Soğutma ve ısıtma yüklerinin dikkate alınarak yapıldığı çalışmada, XPS yalıtımı düşük enerji verimliliği sağlarken, en yüksek enerji verimliliğinin koyun yünü yalıtım ile elde edildiği görülmüştür. U-değerlerinde ise XPS en az çıkarken, kenevir yünü yalıtım en yüksek değeri vermiştir. Bunun yanı sıra 16 cm kalınlıkta kullanılan bir CLT duvarın tek başına da Trabzon kenti için gerekli U-değerini sağlayabildiği fakat ekonomik olmadığı vurgulanmıştır [90, 91] (Şekil 10.13).



Şekil 10.13. Selüloz-alçı panel ve mineral yün-plywood kullanılarak yalıtılmış CLT duvar örnekleri [90]

Stora Enso'nun ahşap bina sistemini ve sistem elemanlarını tanıtmak için tasarladığı örnek çok katlı bir konut projesinde, LVL (döşeme) ve CLT (duvar) yapı elemanları kullanılmıştır. Hem akustik performansı iyileştirmek hem de ısı yalıtımını sağlayabilmek adına farklı CLT duvar

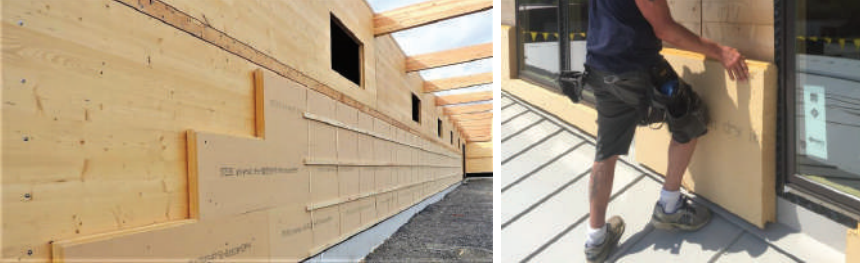
konularına ait beş farklı yalıtımlı duvar tasarımı gerçekleştirilmiştir. 14 cm kalınlığında seçilen CLT dış duvar elemanları için 12-18 cm arasında cam yünü, ahşap lifli veya mineral yünü ısı yalıtım malzemesi tercih edilmiştir. Duvarların U-değerleri ise duvarın katmanlaşma durumuna göre 0.158 ve 0.235 W/m²K arasında olabilmekte; alçı panel ve yalıtım malzemesi ile yangına karşı güçlendirilmeyen duvarların yangın dayanımının D-s2, d0, güçlendirilenlerin ise A2-s1,d0 yangın dayanımı sınıfına kadar çıkabildiği görülmektedir [92]. Şekil 10. 14'de bu yapıya ait üç dış duvar, bir taşıyıcı iç duvar, bir çatı ve bir döşeme detayı kesit örneği verilmiştir.



Şekil 10.14. 8 katlı konut yapısının dış duvar (A1-2-3), iç duvar (B), döşeme (C) ve çatı (D) detayı [92]

Endüstriyel ahşap yapı elemanları ile oluşturulan yeni yapı sistemlerinde, mineral ve cam yünü gibi geleneksel ısı yalıtım malzemelerinin yanı sıra, koyun yünü veya ahşap yünü gibi doğal malzemeler de kullanılmaktadır. Sürdürülebilir yapı tasarımı için mühendislik ahşabının düşük karbon emisyonlu ısı yalıtım malzemeleriyle desteklenmesi daha ekolojik bir çözüm sunar. Yapı dış kabuğundaki ısı yalıtım malzemeleri, strüktür hacminin %80'ini oluşturduğundan, yaşam döngüsü analizi çevresel etkiyi önemli ölçüde etkileyen bu malzemeleri öne çıkarmaktadır. Ahşap lifi, saman ve koyun yünü gibi doğal malzemeler ise düşük çevresel etkiye sahiptir [93]. Ayrıca ahşap lifli yalıtım kullanmak yalıtım arkasında yağışma olma riskini de azaltmaktadır [94]. Şekil 10.15'de New York'ta yapılan bir binada ahşap lifli ısı yalıtımı kullanılarak ısı yalıtım performansı iyileştirilmiş CLT duvar örneği görülmektedir.

Yalıtım malzemelerinin kullanılacakları yere ve konuma göre seçilmesi gerekmektedir. Tasarımcının malzemelerin mukavemetine, suya dayanımına, nem geçirgenliğine, maliyetine ve hatta karbon emisyonuna bakarak tercih yapmaları özellikle yapı sürekliliği ve çevresel sürdürülebilirlik açısından önemlidir.



Şekil 10.15. CLT binaya eklenen ahşap lifli ısı yalıtımı [95]

SONUÇLAR

Ahşap, düşük çevresel etkiye sahip sürdürülebilir bir malzemedir. Enerji tasarruflu binalarda kullanımı sadece gömülü enerjiyi azaltmakla kalmamakta; aynı zamanda termal performansı da artırarak daha düşük bir karbon ayak izi sağlamaktadır. Bu durum, ahşabı çevreye duyarlı tasarım için cazip bir seçenek haline getirmektedir. Ahşap yapı sistemleri ve yalıtım malzemelerinin seçimi iklimsel bölgelere göre değişmektedir. Doğru yalıtım ve tasarım detayları, ahşabı enerji verimliliği yüksek bir yapı malzemesine dönüştürmesi nedeni ile önem taşımaktadır.

Geleneksel ahşap yapı teknikleri; yerel malzeme kullanımını ve pasif tasarım stratejilerini desteklemekte; CLT, GLT ve LVL gibi endüstriyel ahşap ürünler ise dayanıklılığı, stabiliteyi ve performansı artırarak kültürel mirasın korunması ve çağdaş mimari taleplerin karşılanması arasında bir sinerji yaratmaktadır. Ahşabın yapısal eleman ve yalıtım malzemesi olarak iki büyük potansiyeli olduğu; doğru tasarım ve malzeme seçimi ile, estetik ve çevresel faydalarından yararlanılarak enerji tasarrufu sağlanabileceği görülmektedir. Ahşap malzemeye ek olarak yapılan yalıtım ise, enerji tüketimini azaltmada ve çevresel etkileri en aza indirmede önemli bir role sahiptir. Selüloz, mineral yün veya fiberglas gibi uygun yalıtım malzemelerinin seçilmesi ve yalıtım sürekliliğinin sağlanması, ahşap yapılarda enerji verimliliğini ve dayanıklılığı artırmak için önemlidir. Yalıtım uygulamalarının ahşap yapılar için de oldukça önemli olduğu; fakat Türkiye'de ahşap binalarda ısı, akustik ve nem koruması için yalıtım standartlarının yetersiz kaldığı görülmektedir. Yeni yönetmelikler yapısal güvenliği ele almayı amaçlasa da, ayrıntılı kılavuzların eksik olduğu dikkat çekmektedir. Etkili yalıtım uygulamalarının sağlanması için sektörde ve akademiye farkındalık yaratmak gerekmektedir.

Sonuç olarak, ahşap yapılar sürdürülebilir mimari ve enerji verimliliği için önemli bir potansiyele sahiptir. Bu potansiyeli tam olarak kullanmak için malzeme seçimi, tasarım entegrasyonu ve düzenleyici çerçeveye sahip yönetmelikleri kapsayan bütüncül bir yaklaşım hayati önem taşımaktadır. Bu tür çabalar, ahşabın geleneksel köklerine saygı gösterirken, modern inşaat sektöründe daha geniş bir şekilde kullanılmasını teşvik edebilir.

KAYNAKÇA

- [1] Bektaş, V., Çerçevik, A. E., & Kandemir, S. Y. (2017). Binalarda Isı Yalıtımının Önemi ve Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığının Yalıtıma Etkisi. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 4(1), 36-42.

- [2] Chau, C. K., Leung, T. M., & Ng, W. Y. (2015). A review on Life Cycle Assessment, Life Cycle Energy Assessment and Life Cycle Carbon Emissions Assessment on buildings. *Applied Energy*, 143, 395–413. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.01.023>
- [3] Baizhan, L., Runming, Y., & Croome, D. J. (1995). Air-conditioning in China. *Building Research & Information*, 23(6), 309–316. <https://doi.org/10.1080/09613219508727483>
- [4] Nindartin, A., Moon, H.-W., Park, S.-J., Lee, K.-T., Im, J.-B., & Kim, J.-H. (2022). Influencing of the Building Energy Policies upon the Efficiency of Energy Consumption: The Case of Courthouse Buildings in South Korea. *Energies*, 15(18), 6679. <https://doi.org/10.3390/en15186679>
- [5] TS825. (2008). Thermal insulation requirements for buildings.
- [6] ÇŞB. (2024). Ahşap Binaların Tasarım, Hesap Ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik. Ankara: Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı.
- [7] Kozak, M., & Kozak, Ş. (2015). Su ve Isı Yalıtımının Yapılarda Emniyet ve Ekonomi Açısından Önemi. *SDU Teknik Bilimler Dergisi*, 5(1), 38–47.
- [8] Jeong, Y. S. (2014). Experimental Study on the Thermal Conductivity of Thermal Insulation Materials Used in Residential Buildings. *Advanced Materials Research*, 1025–1026, 535–538. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.1025-1026.535>
- [9] Klößeiko, P., Arumägi, E., & Kalamees, T. (2015). Hygrothermal performance of internally insulated brick wall in cold climate: A case study in a historical school building. *Journal of Building Physics*, 38(5), 444–464. <https://doi.org/10.1177/1744259114532609>
- [10] Wacker, J. P. (2021). Chapter 17: Use of wood in buildings and bridges. In *Wood handbook—wood as an engineering material* (p. 13). Report FPL-GTR-282, Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory.
- [11] De Ligne, L., Van Acker, J., Baetens, J. M., Omar, S., De Baets, B., Thygesen, L. G., ... Thybring, E. E. (2022). Moisture Dynamics of Wood-Based Panels and Wood Fibre Insulation Materials. *Frontiers in Plant Science*, 13, 951175–951175. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.951175>
- [12] Shahedan, N. F., Abdullah, M. M. A. B., Mahmed, N., Kusbiantoro, A., Binhussain, M., & Zailan, S. N. (2017). Review on thermal insulation performance in various type of concrete (p. 020046). <https://doi.org/10.1063/1.4981868>
- [13] Al-Tamimi, N. (2021). An Optimum Thermal Insulation Type and Thickness for Residential Buildings in Three Different Climatic Regions of Saudi Arabia. *Civil Engineering and Architecture*, 9(2), 317–327. <https://doi.org/10.13189/cea.2021.090205>
- [14] Fu, H., Ding, Y., Li, M., Cao, Y., Xie, W., & Wang, Z. (2021). Research and simulation analysis of thermal performance and hygrothermal behavior of timber-framed walls with different external thermal insulation layer: Cork board and anticorrosive pine plate. *Journal of Building Physics*, 45(2), 180–208. <https://doi.org/10.1177/1744259120936720>
- [15] Zhao, M., Künzel, H. M., & Mehra, S.-R. (2023). Design hygrothermally functional wooden insulation systems: A parametric study for mixed climate. *Journal of Building Physics*, 46(4), 474–509. <https://doi.org/10.1177/17442591221142506>
- [16] Kim, S., Yu, S., Seo, J., & Kim, S. (2013). Thermal Performance of Wooden Building Envelope by Thermal Conductivity of Structural Members. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, 41(6), 515–527. <https://doi.org/10.5658/WOOD.2013.41.6.515>
- [17] Basicò, T., Enea, D., La Gennusa, M., & Sorrentino, G. (2018). Experimental Study on the Performance of Timber Frame Wall Panels in Mediterranean Construction. *Advanced Materials Research*, 1145, 146–153. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.1145.146>

- [18] Tomren, J. H., Andenæs, E., Geving, S., & Kvande, T. (2023). Water Vapour Resistance of Ceiling Paints—Implications for the Use of Smart Vapour Barriers in Compact Wooden Roofs. *Buildings*, 13(9), 2185. <https://doi.org/10.3390/buildings13092185>
- [19] Heeren, N., Mutel, C. L., Steubing, B., Ostermeyer, Y., Wallbaum, H., & Hellweg, S. (2015). Environmental Impact of Buildings—What Matters? *Environmental Science & Technology*, 49(16), 9832–9841. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b01735>
- [20] Park, J.-M., Kim, D.-H., & Suh, D.-J. (2012). Recent Research Trends for Green Building Thermal Insulation Materials. *Clean Technology*, 18(1), 14–21. <https://doi.org/10.7464/kscet.2012.18.1.014>
- [21] Kumar, D., Alam, M., Zou, P. X. W., Sanjayan, J. G., & Memon, R. A. (2020). Comparative analysis of building insulation material properties and performance. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 131, 110038. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110038>
- [22] Final Materials. (2024). Nanoporous insulation. Retrieved from <https://www.final-materials.com/gb/432-nanoporous-insulation>
- [23] Super Foil. (2024). Multifoil Insulation With Vapour Control. Retrieved from <https://www.superfoil.co.uk/products/multifoil-insulation/>
- [24] Vaku Isotherm. (2024). Vacuum Insulation in the building sector - Efficient and Ecologic. Retrieved from <https://www.vaku-isotherm.de/en/industries/building-applications>
- [25] SINHAI. (2024). Manufacturer for polycarbonate multi wall. Retrieved from <https://www.xhplasticsheet.com/manufacturer-for-polycarbonate-multi-wall-sinhai-transparent-insulation-honeycomb-polycarbonate-hollow-sheet-sinhai-product/>
- [26] Proctor Group. (2024). How Could Your Retrofit Project Benefit from Aerogel Insulation? Retrieved from <https://proctorgroup.com/articles/how-could-your-retrofit-project-benefit-from-aerogel-insulation>
- [27] REenergizeCO. (2024). What Is Closed Cell Spray Foam? Retrieved from <https://reenergizeco.com/closed-cell-spray-foam/>
- [28] Biffelt. (2021). Is Fiberglass Insulation Safe for Your Company? Retrieved from <https://www.biffelt.com/resources/is-fiberglass-insulation-safe/>
- [29] Sheep Wool Insulation. (2024). Sheepwool Insulation Premium Rolls. Retrieved from <https://www.sheepwoolinsulation.com/product/premium-roll/>
- [30] Coco Coir Global. (2024). Application Of Coco Coir In Construction Materials Production. Retrieved from <https://cococoirglobal.com/page/construction-materials-production/>
- [31] Insulation Go. (2024). External Wall Insulation Systems - EWI Easily cut with a sharp knife to any size and shape. Retrieved from <https://insulationgo.co.uk/20mm-white-eps-expanded-polystyrene-external-wall-insulation-system-board-poly-ewi-eps70/>
- [32] Valley Insulation. (2023). What You Should Do if Your Cellulose Insulation Gets Wet. Retrieved from <https://valleyinsulationllc.com/what-you-should-do-if-your-cellulose-insulation-gets-wet/>
- [33] Bauhandwerk. (2018). Sockeldämmung aus Schaumglas ermöglicht vollmineralisches WDVS. Retrieved from https://www.bauhandwerk.de/artikel/bhw_2018-05_Sockeldaemmung_aus_Schaumglas_ermoeeglicht_vollmineralisches_WDVS-3155996.html
- [34] Insulation Go. (2024). Decoding The Enigma: Is An Air Gap Necessary For Mineral Wool Insulation? Retrieved from <https://insulationgo.co.uk/blog/does-mineral-wool-need-air-gap/>

- [35] Faiz Büyükcım, S., & İsmailoğlu, S. (2022). Chapter V: Traces of climate in traditional Erzurum houses. In H. Kozlu (Ed.), *Architectural Heritage and Conservation Practices* (pp. 115–134). Lyon: Livre de Lyon.
- [36] Lakot Alemdağ, E., Al Şensoy, S., & İsmailoğlu, S. (2022). Kültürel Mirasın Srdrlebilirliği: Rize Kafdağı Konak Oteli rneği. *Art-e Sanat Dergisi*, 15(30), 1570–1601. <https://doi.org/10.21602/sduarte.1182998>
- [37] Teodorescu, I. (2018). Experimental Campaign and Analysis on Double-Shear Wooden Connections. *Mathematical Modelling in Civil Engineering*, 14(3), 1–10. <https://doi.org/10.2478/mmce-2018-0007>
- [38] Huang, Z., & Qin, L. (2023). The Culture of Residential Buildings Promotes the Construction of Beautiful Countryside: Taking Dong Ethnic Wooden Structure Buildings as an Example. *Frontiers in Educational Research*, 6(22), 127–132. <https://doi.org/10.25236/FER.2023.062223>
- [39] Timber Frame. (2024). Types of Timber Frame Foundations: A Comprehensive Guide. Retrieved from <https://timberframehq.com/timber-framing-101/timber-frame-foundations/>
- [40] Yüksek, İ., & Tlay Esin. (2009). Kırklareli Geleneksel Konut rneklerinin Enerji Etkinliğinin Değerlendirilmesi. In IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Sempozyum Bildirisi (pp. 797–807).
- [41] AŞanlı, M. (2021). Geleneksel yapı teknikleri: doğal ve ekolojik yapı rehberi (Vol. 33). Yeni İnsan Yayınevi.
- [42] Güngör, İ. H. (1961). *Ahşap*, Cilt I-II. İstanbul: elkt Matbaası.
- [43] Lehtonen, J., Ilgın, H. E., & Karjalainen, M. (2022). Log Construction Practices and Future Outlook: Perspectives of Finnish Experts. *Forests*, 13(10), 1741. <https://doi.org/10.3390/f13101741>
- [44] Peters, J. S. (2023). Finnish Wooden Towns: Urban Design in Wood. In *World Conference on Timber Engineering*. Portland, OR USA.
- [45] Sümerkan, M. R. (1990). Biçimlendiren etkenler aÇısından Doğu Karadeniz kırsal kesiminde geleneksel evlerin yapı zellikleri, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- [46] Tuna, C. (2008). Orta Karadeniz bölgesi sahil kesiminde geleneksel mimari. İstanbul: Arkeoloji ve Sanat Yayınları.
- [47] Lakot Alemdağ, E., Şahin, B., & Akkan, A. (2023). Geleneksel Konutların Restorasyon Sürecinde Enerji Etkin İyileştirilmesi: Trabzon Evi rneği. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 13(1), 202–222. <https://doi.org/10.31466/kfbd.1229963>
- [48] Şenol, P., & Akan, A. E. (2011). Kırsal yaşam/kırsal konut: bir yaşam biçimi olarak geleneksel kırsal konut retiminde Kızılık Köyü rneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 2011(24), 143–160.
- [49] Sümerkan, M. R. (1993). Doğu Karadeniz Köy Evlerinde Yapı Malzeme ve Konstrüksiyonların Dağılımı. In 5. Uluslararası Yapı-Yaşam Kongresi, Mimarlar Odası Bursa Şubesi. Bursa.
- [50] Cho, I.-S. (2010). An Overview of Korean wooden architecture. In S. Sungwoo & S. Jang-Yeol (Eds.), *Proceedings of the International Conference on Sustainable Building Asia SB10 SEOUL* (pp. 141–150). South Korea: Big Apple Communications.
- [51] KafesŐiođlu, R. (1955). Kuzeybatı Anadolu'da Ahşap Ev Yapıları. İstanbul: İTÜ Mimarlık Fakültesi, Pulhan Matbaası.
- [52] Graham, T. (2008). Wattle and Daub. In M. Forsyth (Ed.), *Materials & Skills for Historic Building Conservation* (pp. 178–190). Blackwell Publishing.

- [53] Lee, S. H., & Jang, H. D. (2019). A Study on the Method of Oeyekki and Joongkit in Earth Wall of Government Constructions in the period of Chosun Dynasty. *Journal of Architectural History*, 28(4), 27–36. <https://doi.org/10.7738/JAH.2019.28.4.027>
- [54] Khazabi, M., Gu, R., & Sain, M. (2011). Fiber reinforced soy-based polyurethane spray foam insulation. Part 1: Cell morphologies. *BioResources*, 6(4), 3757–3774. <https://doi.org/10.15376/biores.6.4.3757-3774>
- [55] Szymczak-Graczyk, A. (2020). Numerical Analysis of the Impact of Thermal Spray Insulation Solutions on Floor Loading. *Applied Sciences*, 10(3), 1016. <https://doi.org/10.3390/app10031016>
- [56] Building America Solution Center. (2022). Spray Foam Insulation for Cavities of Existing Exterior Walls. Retrieved from <https://basc.pnnl.gov/resource-guides/spray-foam-insulation-cavities-existing-exterior-walls#edit-group-training>
- [57] Thongcharoen, N., Khongtong, S., Srivaro, S., Wisadsatorn, S., Chub-uppakarn, T., & Chaowana, P. (2021). Development of Structural Insulated Panels Made from Wood-Composite Boards and Natural Rubber Foam. *Polymers*, 13(15), 2497. <https://doi.org/10.3390/polym13152497>
- [58] Birinci, A. U., Area, M. C., Demir, A., & Ozturk, H. (2022). Comparison of thermal performances of plywood shear walls produced with different thermal insulation materials. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 24. <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2022000100446>
- [59] Davy, J. L., Phillips, T. J., & Pearse, J. R. (2015). The damping of gypsum plaster board wooden stud cavity walls. *Applied Acoustics*, 88, 52–56. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2014.08.006>
- [60] Patriquin Architects. (2018). From Design to Construction: How Slate School Was Built. Retrieved from <https://www.patriquinarchitects.com/from-design-to-construction-how-slate-school-was-built/>
- [61] Stephan, A., Crawford, R. H., & de Myttenaere, K. (2013). A comprehensive assessment of the life cycle energy demand of passive houses. *Applied Energy*, 112, 23–34. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.05.076>
- [62] Sun, Y. (2023). Passive house: a practice of low carbon and sustainable development in china. *Applied and Computational Engineering*, 3(1), 122–127. <https://doi.org/10.54254/2755-2721/3/20230371>
- [63] Mirhosseini, H., Li, J., Lulo, L. D., & Freihaut, J. D. (2024). Quantifying the Enhanced Performance of Multifamily Residential Passive House over Conventional Buildings in Terms of Energy Use. *Buildings*, 14(6), 1866. <https://doi.org/10.3390/buildings14061866>
- [64] Jacques, K. (2024). Fine Home Building: Cost-Effective Passive Houses. Retrieved from <https://www.finehomebuilding.com/project-guides/energy-retrofit/cost-effective-passive-houses>
- [65] Harte, A. M. (2017). Mass timber – the emergence of a modern construction material. *Journal of Structural Integrity and Maintenance*, 2(3), 121–132. <https://doi.org/10.1080/24705314.2017.1354156>
- [66] Lindberg, J. P., & Tana, J. (2012). Best Available Techniques (BAT) in solid biomass fuel processing, handling, storage and production of pellets from biomass. Nordic Council of Ministers.
- [67] Ramage, M. H., Burrige, H., Busse-Wicher, M., Fereday, G., Reynolds, T., Shah, D. U., ... Scherman, O. (2017). The wood from the trees: The use of timber in construction. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 333–359. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.107>

- [68] Hillis, W. E., & Rozsa, A. N. (1985). High temperature and chemical effects on wood stability * Part 2. The effect of heat on the softening of radiata pine. *Wood Science and Technology*, 19, 57–66.
- [69] Wang, J. (2015). On-site moisture management of wood construction. *FPLInnovation: Pointe-Claire, QC, Canad*, 1–28. Retrieved from <http://cwc.ca/wp-content/uploads/2016/01/Site-Moisture-Protection-Materials-for-Durability-website-V2.pdf>
- [70] Hill, C. A. (2007). Hill, C. A. (2007). *Wood modification: chemical, thermal and other processes*. John Wiley & Sons.
- [71] De Vecchi, A., Colajanni, S., Deletis, R., Catanese, A., & Iudicello. (2008). Reinforced glulam: An innovative building technology. *International Journal for Housing Science and Its Applications*, 32(3), 207.
- [72] Brzyski, P., Grudzińska, M., & Majerek, D. (2019). Analysis of the Occurrence of Thermal Bridges in Several Variants of Connections of the Wall and the Ground Floor in Construction Technology with the Use of a Hemp–Lime Composite. *Materials*, 12(15), 2392. <https://doi.org/10.3390/ma12152392>
- [73] Grudzińska, M., Patyna, K., Jabłoński, W., & Brzyski, P. (2024). Thermal Transmittance in Roof–Wall Structural Junction Areas Insulated with a Hemp–Lime Mixture. *Energies*, 17(2), 316. <https://doi.org/10.3390/en17020316>
- [74] Gu, X., Huang, Y., Ali, M., & Wang, Z. (2024). Study on air tightness and thermal comfort of high-rise Glulam structure buildings. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 1–13. <https://doi.org/10.1080/13467581.2024.2308596>
- [75] RDH Building Science Inc. (2018). *RDH Building Science Inc (Vol. V4)*.
- [76] Akkan, A., & Vural, N. (2022). Thermal, Sound and Fire Performance Properties of Prefabricated Facade Panels with Massive, Sandwich and Frame Design Concepts. *Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi (MBUD)*, 7(1), 464–481. <https://doi.org/10.30785/mbud.1071851>
- [77] TG 20482. (2024). Skado Medis Construction elements. Retrieved from <https://test.sintefcertification.no/Product/Download/11057>
- [78] Forestal Maderero. (2019). Noruega construye el edificio de madera más alto del mundo. Retrieved from <https://www.forestalmaderero.com/articulos/item/noruega-construira-el-edificio-de-madera-mas-alto-del-mundo.html>
- [79] iNSPiRe. (2016). Development of Systemic packages for deep energy renovation of residential and tertiary buildings including envelope and Systems. Retrieved from https://renovation-hub.eu/wp-content/uploads/resources/WP9_D9.13_20160930_P21_Guidebook%20for%20the%20Implementation%20of%20the%20Systemic%20Packages.pdf
- [80] Höfler, K., & Aschauer, J. (2010). IEA: Ecbs-Annex 50 Prefab Systems For Low Energy/ High Comfort Building Renewal. AEE – Institute for Sustainable Technologies. Retrieved from https://c2e2.unepccc.org/kms_object/prefabricated-systems-for-low-energy-renovation-of-residential-buildings-building-renovation-case-studies-iea-ecbs-annex-50/
- [81] GAP Solution GmbH. (2024). Solarwabenfassade. Retrieved from <https://www.aee-intec.at/0uploads/dateien/764.pdf>
- [82] Vural, N., Vural, S., Engin, N., & Reşat Sümerkan, M. (2007). Eastern Black Sea Region—A sample of modular design in the vernacular architecture. *Building and Environment*, 42(7), 2746–2761. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.07.017>

- [83] Akkan Çavdar, A., & Vural, N. (2024). Analysis of the Embodied And Operational Energy of Wood-Based Prefabricated Panels Produced with Different Design Concepts According to Vernacular. *Journal of Polytechnic*, 27(4), 1492–1503. <https://doi.org/10.2339/politeknik.1239942>
- [84] Future SIPs. (2024). Future SIPs Building Regulations Compliant Wall System, https://www.futuresips.co.uk/app/uploads/2022/09/Future-SIPs_Wall-Roof-Standard-Construction-Details.pdf.
- [85] Şanlı, E., & Vural, N. (2021). Çapraz Lamine Ahşap (CLT) Yapı Malzemesinin Strüktürel Açidan Değerlendirilmesi. *Yapı Dergisi*, 467, 50–57.
- [86] Tonyalı, Z., Lakot Alemdağ, E., & Tandoğan Kibar, G. (2024). Evaluation of Seismic Response of the Cross-Laminated Timber (CLT) Multi-Storey Residential Building Under the February 6, 2023, Kahramanmaraş Earthquakes. *Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi (MBUD)*, 41–63. <https://doi.org/10.30785/mbud.1338909>
- [87] Şanlı, E., & Vural, N. (2021). Çapraz Lamine Ahşabın ve Tutkallı Lamine Ahşabın Üretim, Strüktürel, Teknik ve Performans Özellikleri Açısından İrdelenmesi. In 5.Ulusal Yapı Kongresi Ve Sergisi, Yapı Sektöründe Çok Yönlü Kalkınma: Eğitim-Araştırma-Uygulama (EAU) (pp. 1–14). Ankara, Türkiye, 9 - 11 Eylül 2021.
- [88] McClung, R., Ge, H., Straube, J., & Wang, J. (2014). Hygrothermal performance of cross-laminated timber wall assemblies with built-in moisture: field measurements and simulations. *Building and Environment*, 71, 95–110. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.09.008>
- [89] Kukk, V., Kaljula, L., Kers, J., & Kalamees, T. (2022). Designing highly insulated cross-laminated timber external walls in terms of hygrothermal performance: Field measurements and simulations. *Building and Environment*, 212, 108805. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.108805>
- [90] Artun, H., & Lakot Alemdağ, E. (2023). The Effect Of Cross-Laminated Timber (Clt) Material On Building Heating-Cooling Loads In A Temperate Humid Climate Zone. *Gazi University Journal of Science Part B: Art Humanities Design and Planning*, 11(1), 47–60.
- [91] Lakot Alemdağ, E., Tandoğan, G., & Artun, H. (2021). Energy Efficiency In Cross Laminated Timber (Clt) Buildings. In Murat DAL (Ed.), *Architectural Sciences and Technology* (pp. 247–267). France: Livre de Lyon.
- [92] Stora Enso. (2016). *Building Systems by Stora Enso: Residential multi-storey buildings design manual*. Retrieved from <https://www.storaenso.com/-/media/documents/download-center/documents/product-brochures/wood-products/residential-multistorey-buildings--design-manualfinal-20160620version-14en.pdf>
- [93] Mitterpach, J., Igaz, R., & Štefko, J. (2019). Environmental evaluation of alternative woodbased external wall assembly. *ACTA Facultatis Xylogiae Zvolen*, 61(2), 133–149. <https://doi.org/10.17423/afx.2020.62.1.12>
- [94] de Serres-Lafontaine, C., Blanchet, P., Charron, S., Delem, L., & Wastfiels, L. (2024). Bio-based innovations in cross-laminated timber (CLT) envelopes: A hygrothermal and life cycle analysis (LCA) study. *Building and Environment*, 256, 111499. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111499>
- [95] Avila, M. (2017). Update on the First Complete Cross Laminated Timber Building in NY State. Retrieved from <https://newenergyworks.com/blog/update-on-the-first-complete-cross-laminated-timber-building-in-ny-state>

YAZAR ÖZGEÇMİŞİ

Ayça AKKAN ÇAVDAR, Araştırma Görevlisi

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Müh. Ve Mim. Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Rize, Türkiye

ayca.akkan@erdogan.edu.tr

1994 yılında Trabzon'da doğmuştur. 2016 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi'nde mimarlık eğitimini tamamladı ve 2020 yılında yüksek mimar ünvanını almıştır. 2020 yılında doktora çalışmasına başlamıştır. 2019 yılında Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi'nde araştırma görevlisi olarak başladığı akademik kariyerine halen devam etmektedir. Yapı elemanları, ahşap yapı malzemeleri, prefabrik yapılar, fiziksel çevre kontrolü ve sayısal tasarım konularında çalışmakta olup ulusal ve uluslararası çalışmaları bulunmaktadır.

Esra LAKOT ALEMDAĞ, Doçent Doktor

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Müh. Ve Mim. Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Rize, Türkiye

esra.lakotalemdag@erdogan.edu.tr

1982 yılında Trabzon'da doğmuştur. 2004 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi'nde mimarlık eğitimini tamamlamıştır. Yüksek mimar derecesini 2007; doktor ünvanını ise 2013 yılında aynı üniversitede almıştır. 2005-2013 yılları arasında araştırma görevlisi olarak Karadeniz Teknik Üniversitesi Mimarlık Bölümü'nde, 2014-2019 yılları arasında Dr. Öğr. Üyesi olarak Avrasya Üniversitesi Mimarlık Bölümü'nde görev yapmış olup 2019 yılından beri Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Mimarlık Bölümü'nde akademik kariyerine devam etmektedir. Lakot Alemdağ'ın sürdürülebilir mimarlık, enerji etkin tasarım ve fiziksel çevre kontrolü konularında ulusal ve uluslararası çalışmaları bulunmaktadır.

11. Bölüm

AHŞAP MALZEMELERİN AKUSTİK ÖZELLİKLERİ

Mustafa Selmani MUSLU

*Konya Teknik Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojileri Bölümü, Konya-Türkiye,
0000-0003-2971-4333*

** msmuslu@ktun.edu.tr*

SUMMARY

The use of wooden materials in different areas of architectural design is closely related to the natural properties of wood. From an acoustic perspective, wooden materials are known to exhibit properties distinct from many other materials used in architectural design. Particularly considering their acoustic advantages, key features such as sound absorption capabilities and low sound propagation speeds stand out. It is also known that forests, as part of our natural resources, absorb sounds in nature, creating a balance.

Research indicates that natural wood materials provide high sound transmission loss and ensure balanced sound distribution. Wooden materials offer numerous significant advantages in the areas where they are used, not limited to acoustic benefits. These include easy availability, creating a warm ambiance in spaces, ease of repair, and maintenance. Perforated and grooved acoustic wooden panels, diffuser panels, and heraklith boards are examples of wooden materials used for sound insulation. They are employed in various ways to achieve sound insulation in architectural design. As a result, sound insulation is ensured in spaces, reducing noise pollution and providing a comfortable environment for users. Based on the findings, it is recommended that both traditional natural wood materials and industrial wood composites should be preferred over other artificial acoustic materials used in the construction sector.

Keyword: *Wood materials, acoustic properties, building design.*

GİRİŞ

Ahşap malzeme yüzyıllardır kullanılan ve halen de kullanılmaya devam eden, bunun yanında sürekli olarak yaşayabilen bir malzemedir. Özelliklerinden dolayı birçok sektörde çoğunlukla tercih edilmekte ve kullanılmaktadır. İnşaat sektöründen, iç mimariye, gemi imalatından müzik aletlerinin yapımına kadar farklı farklı alanlarda kullanılabilir. Ahşap malzeme özellikle iç dekorasyonda önemli bir yapı malzemesi olup, birçok farklı özelliğinin yanında akustik özellikleri bakımından çok farklı alanlarda kullanılabilir. Ahşabın akustik açısından sese karşı olan davranışı, kullanım yerindeki değerlendirme açısından önemlidir. Ahşap malzeme içerisinde sesin hem yayılması hem de emilimi gerçekleşmektedir. Bu bakımdan ahşap malzeme yüzeyine gelen ses dalgaları ile itreşime girdiği içi; ses yumuşama eğilimi göstererek rahatsızlık seviyesi azalmaktadır.

Özellikle iç mekan tasarımında önemli bir kullanım alanına sahip olan ahşap malzeme ham halde kullanılabilir gibi farklı özelliklerinden dolayı endüstriyel olarak tercih edilmektedir. Bu bakımdan düşünüldüğünde geleneksel ahşap malzemenin kullanımından kaynaklı hatalar endüstriyel ahşap malzeme kullanımı ile giderilebilmekte ve bazı avantajlar sağlamaktadır.

Gelişen teknoloji ile birlikte mekanlarda ses, gürültü ve buna bağlı olarak akustik konfor düşünüldüğünde farklı malzemeler kullanılarak daha kullanılabilir ortamlar oluşturulmaktadır. Yapılan çalışmalar sayesinde akustik konusu önemli bir sorun olmaktan çıkmış ve ses ile gürültünün azaltılabilmesi için farklı malzemeler geliştirilmiştir. Yapılan çalışmalarla birlikte ahşap malzemenin ses ve gürültü azaltımında önemli derecede etkisi olduğu gözlemlenebilmektedir.

Uyanık (1995), basit inşaat malzemeleri ile B400 empedans tüp yöntemiyle yapmış olduğu çalışmalarda kontraplak, kadifeli kontraplak malzemelerinin yanında alüminyum, piberglas, cam yünü gibi birçok inşaat malzemesinin ses yutum katsayılarının ölçümlerini yapmış ve bu malzemelerin kendi aralarında karşılaştırmalarını yapmıştır [1].

Ersoy (2001), çay üretimi esnasında ortaya çıkan ve endüstriyel bir atık olarak kabul edilen çay yaprağı liflerinden elde edilen kompozit malzeme ile birçok sektörde kullanılan keçe malzemeyle karşılaştırmış, sonuç olarak çay atıklarından elde edilen kompozit malzemenin keçe malzemeye göre daha iyi akustik özelliğe sahip olduğunu belirtmiştir [2].

Yang ve arkadaşları (2003), pirinç çubuklardan elde edilen malzeme ile odun kıymıkları ve üre-formaldehiti birleştirerek kompozit bir malzeme ederek, bu malzemenin ses yutum özelliklerini, piyasada yoğun olarak bulunan, yonga levha, kontraplak, ve lif levha ile karşılaştırmıştır. Karşılaştırma sonucunda elde edilen bu malzemenin diğer malzemelerden daha iyi bir akustik özellik gösterdiğini belirlemişlerdir [3].

Nor ve arkadaşları (2004), hindistan cevizikabuğu liflerinden malzeme elde ederek bu malzemenin ses özelliklerini incelemişlerdir. Akustik emilim katsayılarını hesaplamak için WinFLAG programı kullanılarak bilgisayar simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Simülasyonlar, çok katmanlı hindistan cevizi lifleri ve hava boşluklarının akustik emilim katsayısını arttırabileceğini göstermiştir. Tüm simülasyon sonuçlarına göre, dağınık ses dalgası gelişimi temel alan bir duruma dayandırılmıştır. [4].

Muslu (2013), yapmış olduğu çalışmada geleneksel ahşap malzemeleri su bazlı verniklerle kaplamış, bu malzemelerin bazı endüstriyel ahşap malzemelerin ses geçiş kayıpları hakkında ölçümler yapmış ve elde ettiği sonuçlarda ahşap malzemeninde iç mekanlarda akustik konforun sağlanmasında önemli bir malzeme olarak kullanılabileceğini belirtmiştir [5].

Son olarak Çiftçi (2024), yapmış olduğu çalışmada ahşap malzemeden elde edilen yongalar ile pomzayı farklı yüzdelerde karıştırarak ahşap endüstriyel bir kompozit levha üretmiş ve bu malzemede sesin yayılım hızını ve ses rezisdansını matematiksel olarak hesaplamıştır[6].

Yapılan çalışmalar ve gelinen noktalar göz önünde tutulduğunda ahşap malzeme hem mekanlarda kullanımı hem inşaat sektöründe kullanımı, tamir, bakım ve onarımının kolay olabilmesi nedeniyle akustik konforun sağlanmasında önemli bir malzeme olarak tercih edilmektedir.

1. Akustik, Ses ve Gürültü

1.1. Akustik

Akustik, anlam bakımından sesin bilimi olarak tanımlanmaktadır. Bu dal "ses" ile ilgilenmektedir. Tarihte asırlar öncesinden Vitruvius, sesin yayılmasında hava dalgalarının etkisi olduğunu belirtmiş ve tiyatro alanlarında akustik hakkında çalışmış, ayrıca ses seviyesini yükseltebilmek için kullanılan vazolar inşa etmiştir. Bu zamanda yapılan çalışmaların çoğu günümüze kadar ulaşmış ve hala kullanılmaktadır[5].

Akustik, bütün bakış açılarıyla ses davranışının incelenmesidir. Fakat ses aynı zamanda tabiatın öznel bir elemanıdır [7]. Akustik fizik, mühendislik, psikoloji, konuşma, odyoloji, müzik, mimarlık gibi birçok akademik disiplini kapsayan geniş bir alan haline gelmiştir. Akustiğin dalları arasında mimari akustik, fiziksel akustik, müziksel akustik, şok ve titreşim vb yer almaktadır [8].

Akustik bilimi kendi içerisinde biyolojik akustik, su altı akustiği, konuşma akustiği, müziksel akustik, elektro akustik gibi olmak üzere on farklı türe ayrılmaktadır [9].

Akustik, antik Yunandan gelir ve işitilebilir anlamındadır. Temel malzemesini esnek maddelerin bulunduğu bir ortam ve bu ortamda dış etkiler tarafından kendisine enerji yüklenmiş tanecikler oluşturur. Tanecikler ve esnekliği olmayan bir ortamda akustik ile sesi işitme ve bunun sonuçlarından bahsedilemez. Taneciklerin hareketi ortamdaki değişimler, içerisinde bulunduğumuz uzay-mekan ile yaşamsal bağımızın kurulmasına yönelik bir dizi kurala bağlıdır[10].

1.2. Ses

Ses, elastik bir ortamda cisimlerin oluşturduğu titreşim değişimlerine kulağın vermiş olduğu tepkidir. Ses bulunduğu ortamda dalgalar halinde yayılır. Havadaki dalga hareketi, su yüzeyine düşen bir taşın suda oluşturacağı dalga etkisiyle aynı biçimdedir [11].

Ses bulunduğu ortam içerisinde titreşimlerden oluşan fiziksel bir hareket olarak yayılır. Sesin oluşabilmesi için bir kaynak ve esnek olan bir ortam gereklidir. Ses öznel ve nesnel açıdan iki farklı şekilde tanımlanabilmektedir [11].

Ses nesnel bir kavramdır; ölçülebilir ve varlığı kişiye bağlı olarak değişmez. İstenmeyen bir ses olarak ifade edilen sesler ise öznel bir kavram olarak nitelendirilir [12].

Rahatsız eden ya da etki ettiği kişiye bir anlam ifade etmeyen sesler gürültü olarak nitelendirilebilir. Şahısların müzik olarak duyduğu bir ses, başka birisi açısından gürültü olarak tanımlanabilmektedir. Bu sebeple gürültünün kişiye göre (subjektif) bir tarafının olduğu söylenebilir[13].

İnsanın işitme sisteminin tepki verdiği ses yoğunluk aralığı ve frekans aralığı oldukça dikkat çekicidir. Kulağımıza acı veren sesler ile en zayıf sesler arasındaki duyabildiğimiz seslerin sayısı 1012'den fazladır. Frekans olarak ise duyabildiğimiz en yüksek ve en düşük frekanslar arasındaki oran nerdeyse 103'tür [8].

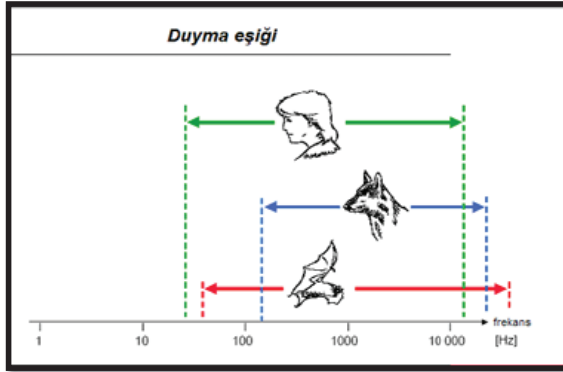
1.2.1.Sesin Frekansı

Birim zamanda (bir saniyede) basınç dalgalanmalarının uğramış olduğu değişim ya da dönüş sayısı frekans olarak tanımlanmaktadır. Farklı bir yaklaşımla frekans, basınç dalgalanmalarının kendisini yineleme hızı olarak tanımlanır. Frekansı yüksek olan sesler sürekli rahatsız eden, düşük olan sesler ise sinonim ya da bas olarak tanımlanmaktadır. Ses dalgasında frekans (f), dalganın periyodunun (T) tersine eşit olup,

$$f=1/T$$

eşitliği ile gösterilir. Frekans birim zamanda tamamlanan dalganın dönüş ya da periyot sayısı olarak tanımlanır ve birimi Hertz (Hz) olarak ifade edilir [13].

İnsan kulağının algılayabildiği basınç farklılaşmalarının frekansları, 20 Hz ile 20000 Hz arasında bulunmaktadır. Bu aralık insanın işitme aralığı olarak ifade edilir. Bu verilen değerler ortalama değerler olup yaş, cinsiyet, ortam koşulları gibi durumlara göre değişiklik gösterebilmektedir [13]. Buna duyma eşiği adı verilir. İnsan kulağı 20-20000 Hz arasında duyabilirken bir köpek 25000 Hz kadar sesleri duyabilir.



Şekil 11.1. Duyma eşiği [14]

1.2.2. Ses Ölçme Birimi “Desibel (dB)”

Havanın titreşen molekülleri yada bunların neden olduğu ufak basınç değişimleri insanın kulak zarını titreştirir. Hissedilen ses logaritmik büyüklüktedir. Bu büyüklük ses basıncı olarak ifade edilir ve birim olarak desibel (dB) ile gösterilir [15].

En sakin ortamlarda bile yaklaşık 20 dB civarında gürültü oluşmaktadır. Günlük konuşmada 40~50 dB, cadde ve sokak gibi kalabalık ortamlarda ise 60~80 dB civarında gürültü oluşabilmektedir. 90~100 dB arası çok yüksek, 110~120 dB ise işitme duyusunu acıfatacaktır.

derecede etki gösterir. 130~140 dB de ise kulaklarda ciddi yaralanmalar olabilir. Yönetmeliklerde mekânlarda aşılmaması gereken gürültü düzeyleri dB cinsinden verilmiştir [16].

1.2.3.Sesin Yayılma Hızı

Sesin sesin yayılma hızı, birim zamanda katettiği mesafedir [17]. Ses elastik ortamlarda, ortamın özelliğine bağlı olarak belli hızda yayılır. Sesin yayılma hızı ile ses dalgasının frekansı birbirinden bağımsızdır. Sesin yayılma hızı ortamın elastik özelliklerine ve malzemenin yoğunluğuna bağlı olarak değişiklik gösterir [13]. Sesin yayılma hızı (m/sn), çeşitli ortamlarda molekül düzenlerinin farklı olmasından kaynaklı, malzemenin elastiklik modülüne (kg/cm^2) ve birim ağırlığına (gr/cm^3) bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca ortamın sıcaklığı da sesin yayılma hızı üzerinde etkili olmaktadır [18].

Ses dalgalarının ahşap malzeme içerisinde yayılma hızı ağacın türüne, odunun yapısına (liflerin yönüne, yıllık halka yapısına ve hava boşluğu oranına), rutubet miktarına, sıcaklığına, özgül ağırlığa ve ses dalgalarının frekans değerlerine göre değişebilmektedir. Ses dalgaları ahşap malzemeler içerisinde liflere paralel yönde liflere dik yöne göre daha hızlı yayılmaktadır [17]. Ahşap malzemede rutubet miktarı yükseldikçe ve ağacın yapısı sıradan olmaktan çıkarak düzensizleştikçe sesin yayılma hızı azalmaktadır. Ahşap malzemenin en büyük avantajı kütlelerinin az olmasının karşın bünyesinde sesin yayılma hızının yüksek bulunuşudur. Tablo 11.1.'de bazı ağaç türlerine ait ses yayılma hızları verilmiştir [17].

Tablo 11.1. Bazı Ahşap malzeme türlerine ait ses yayılma hızı [17]

Ahşap Malzeme Türü	Ses Yayılma Hızı (m/sn)
Çam	4760
Kayın	4890
Kök nar	4634
Meşe	4304

Ses dalgaları, katı maddelerde sıvı ve gaz maddelere göre daha hızlıdır [19]. Sesin havadaki hızı, havanın sıcaklığına ve nem oranına bağlı olarak küçük değişiklikler gösterebilmektedir. Sesin havadaki hızı yaklaşık 332 m/s dir. Ses, sıcak havada soğuk havaya nazaran daha hızlı yayılır. Bazı ortamlardaki sesin yayılma, hızı Tablo 11.2 de verilmiştir [16].

Tablo 11.2. Bazı Ortamlarda Sesin Yayılma Hızı [16]

Ortam	Sesin Yayılma Hızı (0 °C de)
Su	1.450 m/sn
Beton	4.000 m/sn
Çelik	5.000 m/sn
Hava	332 m/sn
Ahşap	3.828 m/sn
Demir	5.103 m/sn
Taş	5.971 m/sn

1.2.4. Ses Yutma Katsayısı

Sesin geçisi ya da iletimi olarak ifade edilen fiziksel olay sesin frekansı ve malzeme özelliklerine doğrudan bağlıdır. Engelin diğer yüzeyine geçen ses enerjisinin engelin ön yüzeyine düşen ses enerjisine oranı, ses yutma katsayısı (T) olarak ifade edilmektedir. Uygulamalarda kullanılan inşaat malzemeleri düşünüldüğünde ses yutma katsayısının değeri oldukça küçük olup 0,01 ile 0,00001 arasındadır [13]. Bir malzemenin ses yutma katsayısı; kalınlığı, malzemenin gözenekli olup olmadığı ile sesin frekansına bağlı olarak değişmektedir [12].

1.3. Gürültü

Yaşamımızda, doğada oluşan seslerin varlığı insanların kendilerini iyi hissedebilmeleri için önemlidir. Müzik, doğadaki sesler vb. yaşantılarımız için vazgeçilmez unsurdur [11]. Gürültü istenmeyen, hoşla gitmeyen ve rahatsızlık veren sesler olarak ifade edilmektedir. Fiziksel olarak nesnel olsa da; bilişsel açıdan öznel bir kavramdır ve kişiden kişiye değişebilir [10]. Gürültüden kaynaklı insan sağlığı ve verimliliği olumsuz etkilenmektedir. Kalabalık insan gruplarının bulunduğu özellikle kapalı mekanlarda sesin şiddetine bağlı olarak sürekli bir uğultu mevcuttur. Özellikle mekanı çevreleyen yüzeylerin sert ve pürüzsüz malzemelerle (cam, sıva vb.) ile kaplı olmasından seslerin yansımaları kaynaklanan uğultular seslerin iyi anlaşılmasını engeller. Bu ve bunun gibi mekanlarda mutlaka akustik önlemler alınmalı ve gürültü seviyeleri düşürülmelidir. Günlük hayatta karşılaşılan seviyeler 60-145 dB (desibel) arasındadır [7].

Yüksek seviyedeki sesler beğenilse ve hatta bazıları tarafından gürültü olarak kabul edilmese bile insanların psikolojik ve fizyolojik sağlığı açısından denetim altında tutulmalıdır. Diğer çevre kirliliği faktörlerinden farklı olan gürültü, havada yayılır fakat havayı kirlilemez ve kokmaz. İnsan sağlığı üzerindeki etkileri genelde yavaş yavaş ortaya çıkar ve kalıcıdır. Nüfusun artması, teknoloji, ulaşım, kentleşme, yapılarıdaki eksik uygulamalar, denetim yetersizliği gibi sebepler gürültünün nedenlerinden sayılabilir. Gürültü çeşitlerine bakıldığında açık alan gürültüleri (ulaşım, endüstri, yapım-şantiye, insan etkinlikleri ve eğlence) ile yapı içi (konuşma, ev araçları, müzik, darbe, büro içi sesler) gürültüleri olmak üzere gruplandırılabilir [10].

İnsanın beden ve ruh sağlığına olumsuz etkileri olduğu bilinen gürültünün; kan basıncının yükselmesi, depresyon ve mide ülseri gibi başlıca olumsuz sonuçları vardır. Bunun yanında korku, saldırganlık ve yaratıcı uğraşları engellemesi gibi etkileri de sayılabilir. Gürültü fiziksel zararlardan çok psikolojik etkilerle ön plana çıkar. En fazla zarar ise uzun zaman gürültü etkisinde kalındığında duyma yeteneğinin kayba uğramasıdır [15].

Gürültünün insan sağlığı üzerinde;

- Sinir ve ruh sağlığının bozulması,
- Kalp ritminin artması,
- Kasların gerginleşmesi,
- Nefes daralması,
- Tansiyon sorunları,
- Cilt renginin bozulması,
- Yorgunluk, baş ağrısı ve dikkat azalması gibi olumsuz özellikleri vardır [7].

2. Ahşap Malzemeler

Ahşap malzeme ilk çağlardan itibaren kullanım alanı sayısı giderek artan ve insan yaşamına hizmetini sürdüren bir üründür. Günümüzde yaklaşık onbinden fazla kullanım alanı olduğu düşünülmektedir. Dünyada 120 000'den fazla bitki çeşidi mevcuttur ve mantarlar, yosunlar, eğreltiler ve tohumlu bitkiler olmak üzere dört ana sınıfa ayrılmaktadır [20].

Ahşap, biyolojik olarak yenilenebilir bir maddedir ve çok karmaşık yapısı ve kullanım çeşitliliği nedeniyle çok etkileyici bir malzemedir. Ahşap, "açık tohumlular ve iki çenekli kapalı tohumlular olarak bilinen bitki gruplarına ait ağaçların gövdelerinin, dallarının ve köklerinin büyük bölümünü oluşturan sert, lifli doku" olarak tanımlanmaktadır. Ahşap, ağaçların canlı organizmaları tarafından üretilen biyolojik bir kompozit olarak düşünülebilir [21].

Ahşap malzeme olarak doğal bir kaynak olmasının yanında çevre dostu, yenilenebilirliği, estetik unsurları bünyesinde bulundurması, tekrardan kullanılabilen sürdürülebilir bir malzeme olması ve bunun yanında doğada atık oluşturmayan mühendislik harikası olan bir malzemedir. Bunlara ek olarak hafifliğine rağmen dayanıklılığının yüksek oluşu, hammadesinin kolay bulunabilmesi ve kolay işlenerek şekillendirilebilmesi en büyük avantajlarındandır [22].

Geleneksel yapı malzemelerinden olan ahşap sahip olduğu özellikler nedeniyle her zaman kullanılan malzemeler arasında yer almıştır. Ahşap malzeme yaşam döngüsü süresince hiç bir olumsuz etkiye sebep olmamaktadır [23].

Diğer yapı malzemelerine nazaran ahşap malzemenin üstün özellikleri olduğu gibi farklı özellikleri de bulunmaktadır. Anizotrop özelliklerinden dolayı her ahşap türünün farklı yoğunluk özelliklerinden kaynaklanan fiziksel, mekanik, kimyasal ve teknolojik özelliklerinin yanında çürümeye karşı çok dayanıklı olmaması gibi istenmeyen özellikleri de bulunmaktadır [24].

Ahşap malzeme, yapı malzemesi olarak düşünüldüğünde bir tasarım ögesi olmasının yanında, doğadan direk olarak elde edilebilirken, çok rahatlıkla işlenebilmekte, mekanlarda sıcak ve karakteristik algı oluşturarak kullanıldığı alanlara değer kazandıran ve kullanım değeri yüksek bir malzemedir. Ahşap malzeme, akustik değeri olan, iletken olmayan, renkleri, kokusu ve dokusuyla diğer malzemelerden ayrılan, ayrıca kullanıldığı alana zengin estetik kazandıran, maddi anlamda kaliteyi arttırmasıyla psikolojik etkileri olan, zamanla farklı türleri ortaya çıkmış olsa dahi daima özünü korumuş ve hiç bir zaman değerini kaybetmemiş bir malzemedir. Tüm bunların ortaya konmasıyla değerli bir malzemedir. Ahşap tek başına kullanılmakla beraber, yapının donanım elemanı, yüzey kaplaması ile mobilya ve aksesuar olabilmekte ve tüm ihtiyaçları karşılamaktadır. Bu özellikleri ile diğer malzemelerin üzerinde çok sayıda faydası bulunmaktadır [25].

Yapıların imalatında kullanılan ahşap malzemeler, karakteristik özelliklerine dokunulmadan elde edilen geleneksel ahşap malzeme ile karakteristik özellikleri geliştirilerek kullanım amacına uygun farklı boyut ve özelliklerde üretilerek kullanılan endüstriyel ahşap malzemeler olan üzere iki farklı şekilde kullanılmaktadır [26].

2.1. Geleneksel Ahşap (Doğal Ahşap) Malzemeler

Ağacın kesildikten sonra kurutma ve biçme işlemleri dışında herhangi bir işlem yapılmadan elde edilen malzemeye doğal ahşap (masif ahşap) malzeme denir. Bu malzeme mobilya, müzik aleti, iç dekorasyon ve yapı sektörü ile ahşap esaslı kompozit malzeme üretimi ile kağıt sektöründe kullanılır [22].

Doğal ahşap (masif) malzemenin yalıtım özelliğine sahip olması, uzun süre dayanımı, tamir edilebilir, direnci yüksek, canlı ve sıcak olmasının yanında, kullanılan mekana kattığı değer ve birleşim detaylarının uygulanmasıyla maddi ve manevi değer kazandırır. Doğal yaşamdan elde edilen ağaç kokusu, dokusu ve tekstür özellikleriyle çeşitli türlerde yaşamını sürdürmektedir. Özellikle masif ahşaplar mobilya, aksesuar ve kaplama malzemesi olarak kullanılırken tekstür özellikleri nedeniyle yurt dışından ithal edilerek iç mekanlarda kullanılmaktadır [25]. Doğada doğal ağaç malzeme iki farklı ağaç türünden elde edilmektedir. Bunlar; iğne yapraklı ağaçlar ve yapraklı ağaçlardır.

2.1.1. İğne Yapraklı Ağaçlar

İğne yağraklı ağaç türleri hücresel yapı itibarıyla daha basit bir yapıya sahiptir. Ve hücre sayılarının sınırlı olması nedeniyle türleri arasında belirli bir ayırım yapmak zordur [27]. İğne yapraklı ağaçların odunu esas itibarıyla trek-heidlerden oluşmaktadır. Odun dokusu içerisinde bunların iştirak oranları % 90-95 civarındadır [17]. Gökmar, ladin, sarı çam, kızılçam, melez ve sedir ağaçları iğne yapraklı ağaçlara örnek olarak verilebilir [28].

2.1.2. Yapraklı Ağaçlar

Yapraklı ağaç türleri iğne yapraklı ağaçlara göre daha karmaşık hücre yapısına sahiptirler. Bu farklılıklar açıkça ayırt edilebilecek özelliklerdir. Bu ayırmada traheler, lifler ve öz ışınlarına dikkat edilir [27]. Bu ağaçlarda lifler ve trehelerin katılım oranı % 40-60 civarındadır [17]. Akçaağaç, çınar, meşe, ceviz, kayın, huş, ıhlamur, karaağaç ve kestane yapraklı ağaçlara örnek olarak gösterilebilir [28].

2.2. Endüstriyel Ahşap (Yapay Ahşap) Malzemeler

Ahşap malzemelerin kullanım alanlarını geliştirmek ve gelişen teknoloji ile birlikte ahşap malzemeleri istenilen şekil ve ebatlarda üretimi sağlanarak malzemenin direncini artırmak vasıtasıyla yapay ahşap malzeme üretimi gerçekleştirilmiştir [22].

Mobilya, giriş, kolon, duvar, çatı, sütun, kapı ve pencere gibi birçok yerde yapay ahşap malzemeler kullanılmaktadır. Özelliklerde yapılarda taşıyıcı olarak kullanılacak malzemeler laminasyon tekniği kullanılarak istenilen form, şekil ve uzunlukta bir bütün halinde üretilebilmektedir. Bu yöntem aynı yada farklı türde ağaçların birden fazla tabakalarının tutkallanarak elde edilen malzemelerdir. Yöntemde taşıyıcı olarak kullanılacak ahşap malzemeler büyük mesafeli açıklıklarda kullanılmak için üretilmektedir. Bu amaçla yapılarda doğal ahşap malzemelerde çözüm bulunamayan süreçler yapay ahşap malzemeler ile devam ettirilebilmektedir. Teknolojinin gelmiş olduğu süreç sayesinde üretilen apay ahşap malzemeler bağlantı elemanlar sayesinde yüksek ve çok katlı yapılabilmektedir [22].

Endüstriyel ahşap (yapay ahşap) malzeme 4 ana başlık altında sınıflandırması yapıldığında;

Kaplama Levhalar

- Kontrplak
- Kontrtabla
- Kaplama

Tabakalı Kereste (LVL) Parçacıklı ve Lif Levhalar

- Orta Yoğunluklu Lif Levha (MDF)
- Yüksek Yoğunluklu Lif Levha (HDF)
- İzolasyon Lif Levhalar
- Yonga Levha (PB)
- Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB)
- Etiket Yongalı Levha
- Şerit Yongalı Levha
- Çimento Yonga Levha

Ahşap Plastik Kompozitler (WPC) Yapısal Ahşap Kompozitler

- Paralel Şerit Kereste (PSL)
- Tutkallı Tabakalı Kereste (GLULAM)
- Tabakalı Şerit Kereste (LSL) şeklinde sınıflandırılır [29].

3. Ahşap Malzemenin Akustik Özellikleri

Ahşap malzemenin akustik özellikleri bir başka ifadeyle sese karşı olan davranışı ve kullanım alanlarının değerlendirilmesi açısından önemlidir. Ahşap malzeme bünyesinde sesin hem yayılma olayı hem de emilmesi oluşurken, ahşabın hücre yapısının özelliğine göre hem yayılma hem de emilme diğer katı, sıvı ve gaz halindeki maddelerden farklı olarak gerçekleşmektedir. Ahşap malzemenin içerisinde sesin yayılması ve emilmesi diğer malzemelere göre daha önemli bulunmakta ve bu sebeple müzik aletleri yapımı ile konser ve tiyatro salonlarında akustik bakımdan önemli olmakta ve yoğun olarak kullanılmaktadır [17].

Akustik hesaplamaları yapılarak inşa edilen binalar, sesin yapı elemanları aracılığıyla iletim kaybının kontrolü, bir alan içinde sesin emilmesi ve gürültü kaynaklarının sessiz alanlardan ayrılması ile karakterize edilir. Geleneksel ahşap veya bazı endüstriyel esaslı ahşap malzemeler, bir odadaki ses basıncı seviyesini veya yankılanma süresini azaltmak için gelen sesin önemli bir miktarını emme yetenekleri nedeniyle akustik malzemeler olarak düşünülebilir. Ahşap malzemeler duvarlara ve tavan yüzeylerine veya zemin platformlarına uygulanır ve zaman zaman oda hacminde kullanılır [21].

Ahşap malzemenin ofislerde, endüstriyel binalarda, evlerde vb. konuşma ve müzik dinleme için kullanımı, oda alanının performans gereksinimlerine bağlıdır. Kullanılan malzemelerle, gelen dalgayı emecek, yansıtacak veya iletecek muhafaza yüzeylerini seçerek önceden belirlenmiş bazı akustik tasarım hedeflerine ulaşmanın mümkün olduğu bilinmektedir. Bu hedefe ne kadar iyi ulaşılabileceği, tasarımcının malzeme seçimi ve kullanımı konusundaki bilgi ve becerisine bağlı olacaktır [21].

İşitilebilir spektrum üzerindeki ses emilimi ve ses yansıtma verimliliği, malzemenin iç yapısı, yüzey işlemi, montaj türü, geometri vb. ile güçlü bir şekilde ilişkilidir. Örneğin, kontrplak ve yonga levha duyulabilir spektrumun düşük frekanslı bölgesinde (<500 Hz) ses emilimi

sağlarken, gözenekli yapay malzemeler orta ve yüksek frekanslarda (2.000-4.000 Hz) oldukça etkili emicilerdir [21].

3.1. Ahşap Malzemede Sesin Yayılma Hızı

Yayıma ses dalgalarının yüzeyden rastgele dağılımı ile oluşur [11]. Sesin yayılma hızı direkt olarak elastiklik ve yoğunluk modülüyle ilişkilidir. Kabaca ahşap türlerinden bağımsızdır, ancak damar yönüne göre değişir. Ahşabın enine elastikiyet modülü, uzunlamasına değerinin yalnızca 1/20 ila 1/10'u arasındadır; sonuç olarak, sesin damar boyunca hızı, uzunlamasına değerinin yalnızca yaklaşık %20 ila %30'udur. Genel olarak, ahşaptaki ses hızı, sıcaklık veya nem içeriğindeki artışla ve bu değişkenlerin elastikiyet modülü ve yoğunluk üzerindeki etkisiyle orantılı olarak azalır. Titreşimin frekansı ve genişliğindeki artışla hafifçe azalır [30].

Ses yayılma hızı sesin bir saniyede katettiği yola denir. Ses esnek olan maddelerde gaz ve sıvılara göre daha hızlı yayılır. Sesin ahşap malzeme içerisinde yayılma hızı; ağaç türüne, odun yapısına (liflerin yönü, yıllık halka, hava boşluğu oranı), rutubet miktarına, ısı derecesine, özgül ağırlığına ve frekansa göre değişir. Ses yayılma hızı "C" harfi ile gösterilir ve birimi m/sn olarak ifade edilir.

Katı bir cisim içerisinde sesin yayılma hızı:

$$C = \sqrt{E/\rho} \text{ m/sn ile hesaplanır.}$$

Burada "E" ahşap malzemede liflere dik veya paralel yönde elastikiyet modülünü (kg/cm^2), "p" ise yoğunluğu (kg/dm^3) ifade etmektedir [17].

Ahşap malzemede ses yayılma hızı rutubet miktarı arttıkça, ağacın yapısı düzensiz bir hal aldıkça azalmaktadır. Ahşap malzemenin akustik açısından en önemli özelliği hafifliğine rağmen içerisinde ses yayılma hızının yüksek oluşudur [17]. Bazı geleneksel ahşap malzeme ve diğer yapı malzeme türlerine ait ses yayılma hızı Tablo 11.3. te verilmiştir.

Tablo 11.3. Bazı geleneksel ahşap malzemeler ile diğer yapı malzemelerine ait ses yayılma hızı [17]

Ağaç Türü	Ses yayılma Hızı "V" (m/sn)		Malzeme Türü	V (m/sn)
	Liflere paralel	Liflere Dik		
Gök nar	4890	1033	Alüminyum	5104
Ladin	4790	1072	Demir	5000
Çam	4760	932	Çelik	4981
Kayın	4638	1420	Bakır	3900
Meşe	4304	1193	Kurşun	1320
Akçaağaç	3826	1194	Beton	3700
İhlamur	3700	680	Tuğla	2325

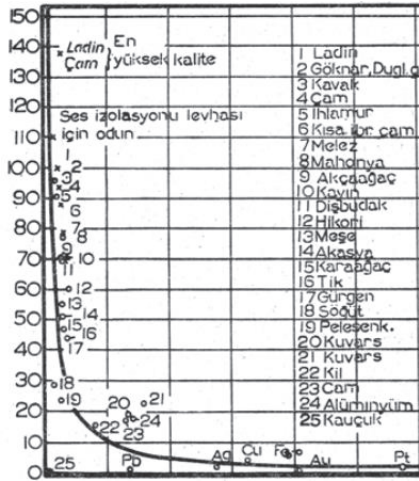
3.2. Ahşap Malzemede Ses Rezistansı

Ses dalga rezistansı bir cismin yoğunluğu ile dalga hızının çarpımı şeklinde ifade edilir ve sesin yayılmasında ve özellikle iki cisim arasındaki sınırdan (ahşap-hava) yansımada belirleyici bir rol oynar. Formül;

$w = p \cdot v$

ifade edilir. Burada "w" ses rezistansı, p; yoğunluk, v; dalga hızı olmaktadır [31].

Ahşap malzemenin yoğunluğunun düşük olmasına karşın ses dalgalarını çok hızlı iletliği için ses rezistansı düşüktür. Fakat buna rağmen ses radyasyonu yüksek bir malzemedir. Ses radyasyonu bir materyalin ses hızının yoğunluğuna bağlı olarak değişir ve doğru orantılıdır. Çalgı aletleri yapımında kullanılacak ahşap malzemede ses radyasyonu ile ses sönümlenmesinin fazla fakat iç sürtünme ile ses sönümlenmesinin (boğulmasının) az olması beklenir. Böylece ağaç malzemenin akustik üstünlüğü ortaya çıkmış olur. Şekil 11.2'de farklı ahşap malzeme türleri ve diğer bazı malzemeler için ses dalga rezistansı ve ses radyasyonu değişimleri [31].



Şekil 11.2. Farklı Ahşap malzeme türleri ve bazı diğer malzemelerin ses dalga rezistansı ve ses radyasyonu değişimleri [32].

3.3. Ahşap Malzemede Ses Geçiş Kaybı

Bir malzemenin ses geçirmez özelliği genellikle akustik bir fiziksel terim olan TL değeri, yani ses iletim kaybı katsayısı (dB) ile değerlendirilir. Bu nedenle, bir ses yalıtım laboratuvarında değerlendirilen ses geçirmezlik etkisi, TL değeri daha büyük olduğunda daha dikkat çekici olacaktır [33].

dB biriminde iletim kaybı katsayısı (TL), aşağıdaki denklemden [34] hesaplanabilir :

$$TL = -20 \log t_p$$

Burada "-" yönü belirtir; t_p ses basıncı iletim katsayısıdır.

Ahşap bir malzemenin ses geçiş kaybı ahşabın yapı özelliklerine, yoğunluğuna, yüzey düzgünlüğü ile yüzeyin pürüzlü olup olmadığına, rutubet miktarı, kalınlık, ısı derecesi ve frekansına bağlı olarak değişmektedir. Ahşap malzemenin iç yapısı düzensiz hale döndükçe, özgül ağırlığı arttıkça, yüzey pürüzlülüğü, rutubet miktarı ve ısı derecesi arttıkça ahşap

malzemede ses geçiş kaybı artar [17]. Malzemelerin iyi bir ses yalıtım özelliği olması için ses yutma katsayısının küçük; ses geçiş kaybının büyük olması istenir. Ses iletim kaybı, orta frekans bölgesinde frekansa ve engelin yüzey yoğunluğuna (birim alanın kütlesine) bağlı olarak değişir. Buna kütle kanunu adı verilir.

Ses iletim kaybı için;

$TL = 20 \log f + 20 \log w - 47$ dB yaklaşık bağlantısı geçerlidir.

Burada; f = frekans (Hz) w = duvarın yüzey yoğunluğu (kg/m^2) [12].

Aşağıda ülkemizde iç dekorasyonda ve mimari yapılarda yoğun olarak kullanılan bazı geleneksel ahşap malzemelerin farklı frekans değerlerindeki ses geçiş kayıpları verilmiştir (Tablo 11.4) [5].

Tablo 11.4. Bazı Geleneksel Ahşap Malzemelerin Farklı Frekans Değerlerindeki Ses Geçiş Kayıpları [5]

Frekans (Hz)	Ses Geçiş Kaybı (TL) (Desibel)			
	Sapsız Meşe	Doğu Kayın	Göknar	Sarıçam
160	33,32	27,78	30,54	22,42
200	33,68	28,52	31,08	23,15
250	34,63	29,54	31,63	24,29
315	35,62	30,44	32,79	25,57
400	36,47	33,25	33,56	26,95
500	48,83	48,66	44,46	42,94
630	49,79	48,59	44,58	42,91
800	52,45	51,87	46,27	42,05
1000	55,71	52,31	49,39	55,03
1250	53,85	52,3	50,56	55,71
1600	73,07	69,74	66,48	73,04
2000	77,36	72,91	70,35	75,61
2500	79,65	77,49	73,2	80,5
3150	82,54	79,13	75,87	82,33
4000	80,79	76,16	72,68	79,18
5000	76,36	71,7	67,8	73,41

Diğer tabloda ise endüstriyel ahşap malzemelere ait farklı frekans değerlerindeki ses geçiş kayıpları verilmiştir (Tablo 11.5) [5].

Tablo 11.5. Bazı Endüstriyel Ahşap Malzemelerin Farklı Frekans Değerlerindeki Ses Geçiş Kayıpları

Frekans (Hz)	Ses Geçiş Kaybı (TL) (Desibel)				
	Yonga Levha	Yongalam	Liflevha	Liflam	Kontraplak
160	45,27	35,68	41,03	49,69	46,46

200	46,63	36,06	41,25	54,91	46,95
250	47,46	36,76	41,85	54,75	47,27
315	50,04	37,50	42,62	55,10	48,64
400	55,78	38,55	43,01	54,54	48,81
500	55,78	42,03	50,02	42,46	56,90
630	55,77	42,39	49,19	42,22	55,26
800	56,85	44,42	49,41	43,58	56,51
1000	60,96	48,84	55,01	47,10	59,77
1250	61,48	55,21	54,10	47,97	59,36
1600	71,53	59,44	65,69	48,35	70,67
2000	74,02	65,41	69,99	48,76	75,03
2500	78,33	68,58	71,47	47,82	74,69
3150	80,77	72,50	72,88	49,58	76,71
4000	79,61	71,09	70,49	46,20	73,12
5000	75,37	67,91	66,53	41,94	69,20

3.4. Ahşap Malzemede Ses Yutma Katsayısı

Bir malzemenin ses yutma kabiliyeti ses yutma katsayısı (α) ile ölçülür. Bu katsayı emilen ses enerjisinin, çarpan toplam ses enerjisine oranıdır. Emilen ses enerjisi malzeme içerisinde sürtünme nedeniyle ısı enerjisine dönüşür. Bu sayısal bir ifadedir ve 0-1 arasındadır. Ses yutma katsayısı 1 olan malzeme açık olan bir pencereye benzetilmektedir [32]. Ahşap malzemelerin lifleri ve ahşap yünü gibi malzemelerden yapılan akustik levhalarda ses yutma katsayısı değerleri normal ahşap malzemelere göre daha yüksektir. Ses bilimi bakımından en önemli faktör malzemenin yüzey şekli ve yüzey alanının büyüklüğüdür. Pürüzlü, yumuşak veya kaba yüzeylere sahip malzemelerin ses yutma katsayısı daha yüksek bulunmaktadır.

Ses emilimi ile frekans doğrudan ilişkilidir. Genel olarak frekans değeri arttıkça ses emilimi de artmaktadır. Yine ses emiliminin artması malzeme kalınlığına bağlıdır [31]. Bir malzemenin ses yutma katsayısını hesaplayabilmek için iki farklı yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan birinde ölçümler özel yankısız odalarda yapılır. Bu yöntem büyük panellerin ölçümünde kullanılır. Diğer yöntem ise küçük malzeme örneklerinin ses yutma katsayılarını belirlemede kullanılan empedans tüp yöntemidir [12].

3.5. Ahşap Malzemede Ses İzolasyonu

Ahşap malzemelerden oluşturulan binalar, üst düzey yapısal ve çevresel özellikleri ayrıca düşük maliyetleri nedeniyle birçok ülkede sürdürülebilir yapıların ihtiyacını karşılamaktadır. Bu özellikleri ile doğru ve yerinde bir tasarım ile genel bakımı dikkate alındığında; ahşap yapılar uzun zaman boyunca kullanılabilir bir ömre sahip olabilirler.

3.5.1. Ses Yalıtımı İçin Kullanılan Ahşap Türleri

Ses yalıtımı söz konusu olduğunda tüm ahşap türleri birbirine eşit değillerdir. Bazı ahşapları, diğer ahşaplardan ayıran özellikleri nedeniyle akustik amaç için daha uygundur. Ses yalıtımı için kullanılabilir ahşap türleri dört farklı gruba ayrılmaktadır.

a) Sert ağaçlar

Meşe, akçaağaç ve kiraz gibi sert yapraklı ağaçlar, yoğunlukları ve ağırlıkları nedeniyle ses yalıtımı için mükemmel seçim olarak düşünülebilirler. Bu yoğunluğu fazla olan ağaçlar, ses dalgalarını engelleme ve yansıtma mükemmel sonuçlar vermekte ve bu özellikleri sayesinde onlar duvar paneli, döşeme ve kapı yapımı gibi alanlarda kullanılabilirler [35].

b) Kütle Kereste

Çapraz lamine kereste (CLT) ve yapıştırılmış lamine kereste (glulam) gibi kütle kerestesi, sağlamlığı, dayanıklılığı ve sürdürülebilirliği nedeniyle inşaat sektöründe yoğunlukla kullanılmaktadır. Bu işlenmiş ahşap ürünler, sesin engellemesine katkıda bulunarak, yoğunlukları ve kalınlıkları nedeniyle ses yalıtımı için kullanışlı durumda yer almaktadırlar [35].

c) Kontrplak

Soyma kaplama yöntemiyle elde edilen ince ahşap levhaların birbirine 90 derecelik dik açıyla yapıştırılmasıyla elde edilen katmanlı bir ahşap malzeme olan kontrplak, özellikle yalıtım veya alçıpan gibi diğer malzemelerle birleştirildiğinde etkili bir ses yalıtım malzemesi olarak kullanılmaktadır. Katmanlı yapısı sayesinde ses dalgalarını dağıtmaya ve yutmaya yardımcı olmaktadır [35].

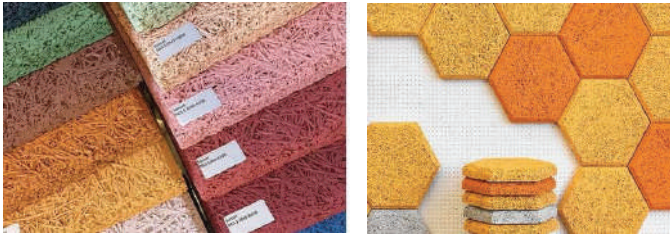
d) Yonga levha

Sert ağaçlar veya masif kereste kadar etkili olmasa da, yonga levha ses yalıtımı için uygun maliyetli bir seçenek olarak düşünülebilir. Yoğun bileşimi ve ağırlığı ile özellikle diğer ses yalıtım malzemeleriyle birlikte kullanıldığında ses iletimini engellemek için uygun bir malzeme haline geldiği düşünülmektedir [35].

3.5.2. Ahşap Esaslı Ses Yalıtım Malzemeleri

a) Akustik Heraklit Panel

Ahşap rende talaşı (yünü) ile çimento'nun özel metotlarla levha haline getirilmesiyle oluşan ses izolasyon malzemesidir. Çimento, ağaç liflerinin tabii elastikiyet özelliğini muhafaza eder ve levhalara süresiz dayanıklılık sağlar. [36].



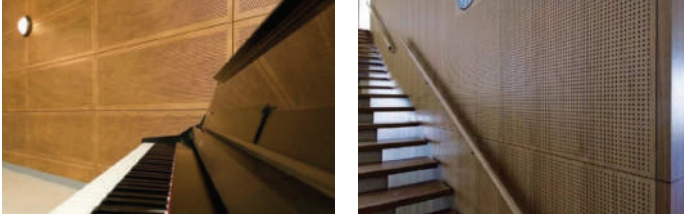
Şekil 11.3. Ahşap akustik paneller [36]

Bu paneller, mevcut ortamın akustik performansını artırarak istenmeyen yankıları önler, hem de doğal ahşap dokusuyla dekoratif bir unsur olarak mekanlara şıklık katarlar. Akustik ahşap panel, genellikle ofisler, sinema ve konferans salonları, restoranlar, müzik odaları ve evlerde

ses yalıtımı için tercih edilmektedir. Ürün, yüksek kaliteli ahşap malzeme kullanılması nedeniyle uzun ömürlüdür ve çeşitli renk ve desen seçenekleri ile mekanın dekorasyonuna uyum sağlar. Akustik ahşap paneller, gürültüden kaynaklanan rahatsızlıkları azaltarak daha sessiz ve konforlu bir ortam sunarlar [37].

b) Delikli Akustik Ahşap Panel

Delikli akustik ahşap paneller, dekoratif ve ses yalıtımı sağlayan özellikleri ile modern iç mekan tasarımları için vazgeçilmez bir bileşendir. Bu paneller, yapıları gereği ses dalgalarını emerek yankı ve gürültü problemlerini azaltırken aynı zamanda dekoratif kullanışlılık sunarlar. Delikli akustik ahşap paneller, restoranlar, ofisler ve mağazalar gibi birçok ticari işletmenin alanlarında da sıklıkla kullanılmaktadır. Farklı boyutlarda ve delik seçenekleri ile mekanlar üzerinde istenen tasarımsal etkiyi yaratmak mümkündür. Ahşap panel seçenekleri arasında delikli olanlar, modern ve çağdaş bir tasarım sunarak mekanın mimarisine etkili bir şekilde katkıda bulunurlar [37].



Şekil 11.4. Delikli Akustik Ahşap Panel [36]

c) Derzli Akustik Ahşap Panel

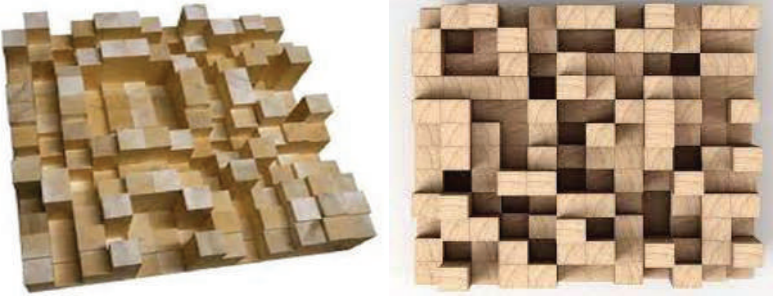
Derzli akustik ahşap paneller, birçok farklı mekanda akustik ses yalıtımı sağlamak için kullanılan bir yalıtım malzemesidir. Paneller, özellikle yüksek tavanlı alanlar için de idealdir ve sesleri emerek yankıyı azaltırlar. Derzli akustik ahşap paneller özellikle konser salonları, tiyatro, toplantı odaları ve ofis alanları gibi yoğun sesle uğraşılan mekanlarda tercih edilmektedir. Ahşap malzemenin avantajı, doğal ve sıcak bir görünüm sunması ve çeşitli renk alternatifinin olmasıdır. Paneller üzerindeki derzler, üst düzey bir yüzey görünümü sağlar ve panellerin montajı oldukça kolaydır. Bu paneller, ses yalıtımında etkili olmalarının yanında kullanıldıkları mekanlara estetik bir değer de katarlar [37].



Şekil 11.5. Derzli Akustik Ahşap Panel [36]

e) Akustik Ahşap Difüzör Panel

Akustik difüzör panellerin ses yutma katsayısı oldukça yüksektir. Panel, yüzeyine çarpan ses dalgalarının geri parçalanarak dağılmasını sağlar bu sayede, yüksek kaliteli ses yayılımı sağlayarak, ses üzerinde kontrol sahibi olmanıza yardımcı olur. Bu nedenle küçük mekanlarda uygulanması popüler bir üründür. Difüzör akustik ahşap paneller, duvarlarda dekoratif görünüm oluşturmak ile birlikte oldukça estetik ve şık bir görünüm sağlarlar. Dekoratif olarak da tercih edilebilir. Tamamen doğal ahşap yapıya sahiptir. Özel ahşaptan imal edilir ve istenilen renge boyanarak renk alternatifi sağlanabilir [37].



Şekil 11.6. Akustik Ahşap Difüzör Panel [38]

3.5.3. Ses Yalıtımı İçin Kullanılabilecek Teknikler

Ses yalıtımı için kullanılan çok farklı teknikler ve uygulamalar vardır. Bu teknikler, duvarların, tavanların ve zeminlerin yalıtılması, ses sızıntısının azaltılarak en aza indirmesi için ekstra önlemlerin alınması ve mekanların genel yapısal bütünlüğünün korunması gibi çeşitli yöntemleri içerir. Mekanlardaki akustik düzenlemeler ile bu tekniklerin ve uygulamaların bir kombinasyon içerisinde olması ile ve mekanların ses yalıtımı için elverişli hale gelir [39].

Mekanlarda ses yalıtımı için kullanılacak olan ürünler ve materyaller, ses akustiği ve yalıtımını optimize ederler. Bu ürünlerin başında ahşap akustik paneller, ses yutucu malzemeler ve akustik köpükler gelir. Bu ürünler sesin yutulmasını sağlayarak salonun akustik performansını iyileştirir. Bu sayede ses izolasyonu sağlayan yapı malzemeleri ve ses yalıtımlı kapı ve pencere çözümleri ile mekanlarda dışarıdan gelen gürültünün engellenmesine yardımcı olunur.

Bu ürünler ve materyaller, mekanın ses akustiği ve yalıtımını optimal seviyeye getirerek kullanıcılara daha etkili ve keyifli bir ortam sunar. Bunlara ek olarak özel yalıtımlı kapı ve pencere sistemleri de kullanılmaktadır. Bu malzemelere dışarıdan gelecek sesleri absorbe ederek içeri girmesini engelleyebilmektedir. Tüm bunlara ek olarak yapılarda ses yalıtımını artırmak için mineral yünü izolasyonu, ses izolasyonu sağlayan malzemeler ile yüzey zemin sistemleri gibi farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bunlar sayesinde yapı içerisinde ses yalıtımı için farklı çözümler sunulabilmektedir [39].

Gelinen noktada ses yalıtımı için ahşap malzeme kullanmanın en önemli avantajlarından biri de sürdürülebilirliği ve çevre dostu olmasıdır. Ahşap malzeme yenilenebilir bir kaynaktır ve birçok ahşap ürün, ilgili bir şekilde yönetilen ormanlardan elde edilmektedir. Bu sayede ahşap malzemeler ses yalıtımı projeleri için çevre bilincine sahip bir seçim haline gelmektedir. Ahşap malzeme, bir mekanın genel ambiyansına ve akustik konforuna katkıda bulunabilen

sıcak ve doğal bir etki sunar. Sentetik ses yalıtım malzemelerinin aksine, ahşap, gürültü seviyelerini etkili bir şekilde azaltırken rahat ve davetkar bir atmosfer oluşturabilir [35].

Gelinen noktada teknolojik ilerlemeler ve mühendislik sayesinde doğal ahşap ürünler ile endüstriyel ahşap ürünlerin üretimiyle birçok sınır aşılmıştır. Ayrıca ahşap sertifikasyon sistemleri ile malzeme özelliklerinin güvenilirliği artırılmış ve bu nedenle ahşap malzemeler önemli yapısal, termal, akustik ve çevre özellikleri ayrıca son olarak estetik ve biçimsel özellikleri sayesinde yoğun olarak kullanılmaktadır [40].

SONUÇLAR

Günümüzün teknolojisi ile birlikte ahşap malzeme birçok alanda yoğun olarak kullanılmaktadır. Özellikle yapı sektörüne olan faydaları göz önünde tutulduğunda ahşap malzemenin sağladığı faydalar sağlamlaştırmakla bitmez. Gelinen noktada ahşap malzeme hem geleneksel olarak hem de endüstriyel olarak kullanılmaktadır. Geleneksel olarak kullanılan ahşap malzemelerde asıl sorun doğal kaynağımız olan ormanların korunabilmesidir. Buna karşın geleneksel ahşap malzeme kullanıldığı her alanda kullanım kolaylığı, işlenebilirliği, tamir bakım ve onarımının kolay olması sebebiyle iç dekorasyonda ve yapı sektöründe kullanılmaktadır. Orman kayıplarını azaltabilmek amacıyla yapılan teknolojik faaliyetler sayesinde yeni birçok endüstriyel ahşap malzeme ortaya çıkmaktadır. Bu malzemelerde hem iç dekorasyonda bunun yanında çoğunlukla yapı sektöründe taşıyıcı vb. şekillerde kullanılmaktadır. Ses konusuna gelindiğinde ise ahşap malzeme başta müzik aletlerinin yapımı olmak üzere ses yalıtımı için bölme elemanı olarak da kullanılmaktadır. Ahşap malzemenin sese karşı olan davranışı hakkında yapılan araştırmalarda önemli sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre hem geleneksel hem de endüstriyel ahşap malzemenin sesi tutması, yankıyı belli derecede engellemesi önemlidir. Diğer akustik malzemelere göre ahşap malzemenin dekotarif oluşu, insanın dinlendirici renkleri ve desenleri bünyesinde bulundurması, birçok malzemeye göre doğal bir ürün olması, sıcak olması gibi nedenler düşünüldüğünde yapı tasarımlarında yapay akustik malzemeler yerine ahşap esaslı malzemelerin kullanılması daha doğru olacaktır. İlerleyen süreçlerde artan teknoloji ile birlikte daha farklı ahşap malzeme tasarımları mutlaka yapılacaktır. Bu tasarımlar, ilerleyen zamanlarda akustik alanında çok daha fazla kullanım alanına sahip olacaktır.

TEŞEKKÜR VE BİLGİ NOTU

Kitabın oluşturulması konusunda iletişime geçerek kitaba katkıda bulunmamı isteyen değerli Editörümüz Doç. Dr. Esra LAKOT ALEMDAĞ hocamıza ve kitabın diğer bölümlerinin yazılmasında katkıda bulunan hocalarımıza teşekkürlerimi sunuyorum.

KAYNAKÇA

- [1] Uyanık, E. (1995). Measurement and Evaluation of Acoustic Properties Domestic Building Materials. Master of Science Thesis. The Middle East Technical University The Graduate School of Natural and Applied Sciences. Ankara.
- [2] Ersoy, S. (2001). Endüstriyel Çay-Yaprak-Fiber Atıklarının Ses Yutum Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- [3] Yang H.S., Kim D.J., Kim H.J. (2003). Rice Straw–Wood Particle Composite For Sound Absorbing Wooden Construction Materials. Bioresource Technology. 86. 117–121 [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(02\)00163-3](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00163-3)

- [4] Nor, M.J.M., Jamaluddin N., Tamiri, F.M. (2004) A Preliminary Study Of Sound Absorption Using Multi-Layer Coconut Coir Fibers. *Electronic Journal Technical Acoustics*. <http://www.ejta.org>. 3.
- [5] Muslu, M.S. (2013). Ahşap Esaslı Duvar Kaplama Malzemelerinin Ses Geçiş Kayıplarının Belirlenmesi. Doktora Tezi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Ana Bilim Dalı. Ankara.
- [6] Çiftçi, E. (2024). Ahşap Esaslı Yonga İle Ponza Karışımından Kompozit Malzeme Üretimi Ve Performans Özelliklerinin İncelenmesi. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ağaççileri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı. Muğla.
- [7] Oymael, S. (2016). Yapı Malzemesi ve Yapı Fiziği İlişkisi. Birsen Yayınevi. 117-131. İstanbul. ISBN:978-975-511-630-3
- [8] Rossing, T. D. (2013). *Springer Handbook of Acoustics*. Springer Dordrecht Heidelberg London. New York. 2nd edition. USA. ISBN: 978-1-4934-0754-0. DOI: 10,1007/978-1-4939-0755-7
- [9] Mikayılova, M. (2021). Akustik Hakkında Temel Kavramlar- Sesin Tanımı ve Fiziksel Özellikleri. Yapı Donatımı ve Akustik Ders Notları. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, İç Mimarlık Bölümü. Samsun.
- [10] Durmaz, S. (2020). Temel Bina Akustiği. Cinius Yayınları. Birinci Baskı. Kasım, 2020. ISBN: 978-625-7255-95-0
- [11] Demirkale, S. Y. (2007). Çevre ve Yapı Akustiği. Mimarlar ve Mühendisler İçin El Kitabı. Birsen Yayınevi. İstanbul. ISBN: 978-975-511-472-9
- [12] Özgüven N. (2008). Gürültü Kontrolü- Endüstriyel ve Çevresel Gürültü. Genişletilmiş 2. Basım. Türk Akustik Derneği Teknik Yayınları. Ankara. ISBN: 978-605-89991-0-7
- [13] Çalışkan M. (2004). Çalışma Yaşamında Gürültü ve İşçinin Korunması. Türk Tabipler Birliği Yayınları. 17-44. Ankara. ISBN 975-6984-65-1
- [14] Altınmakas, S., Şahan, K. (2007). Akustik Empedans Tüpü Deneyinin Otomasyonu ve Simülasyonu. Bitirme Projesi. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü. 8-11. İzmir.
- [15] Babalık, F., (2003). İş Yeri Gürültü ve Sağlık Olasılığı. II. İş Sağlığı ve İş Güvenliği Kongresi. 2-3 Mayıs. Adana.
- [16] Sirel, Ş., (2000). Yapı Fiziği Uzmanlık Enstitüsü; "Yapı Akustiğinde 30 Terim 30 Tanım" . Kitapçık No:9. İlk Baskı. İstanbul. <https://www.sazisirel.com/booklets/booklet-09.pdf>.
- [17] Berkel, A., (1970). Ağaç Malzeme Teknolojisi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları. İ.Ü. Yayın No: 1448. İstanbul.
- [18] Kurra, Ş. İ. (1984). *Matematicheskie Traktaty (Mathematical treatises)*. Nauchnoe nasledstvo. cilt 8. Nauka Akademisi, Moskova, Rusya.
- [19] Şahin, E. (2013). Gürültü Kontrol Yöntemleri-Bir Uygulama. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 18(4). <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/76226>.
- [20] Örs, Y., Keskin, H., (2001). Ağaç Malzeme Bilgisi. 1. Cilt. sf: 159-163. Ankara. ISBN: 975-6574-01-1.
- [21] Bucur, V. (2017). *The Acoustics of Wood*. CRC press. Institut National de la Recherche Agronomique Centre de Recherches Forestières Nancy, France. ISBN 13: 978-1-138-50647-3
- [22] Çolak, M., & Değirmençtepe, S. (2020). İç Ve Dış Mekanlarda Ahşap Malzemelerin Mobilya Ve Yapı Malzemesi Olarak Kullanımı. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 9(Özel Sayı), 190-199. <https://doi.org/10.46810/tdfd.789277>.

- [23] Aydın, Ö., & Lakot Alemdağ, E. (2014). Karadeniz Geleneksel Mimarisinde Sürdürülebilir Malzemeler; Ahşap Ve Taş. *Journal of International Social Research*, 7(35). <https://www.researchgate.net/publication/369816446>
- [24] Çalışkan, Ö., Meriç, E., & Yüncüler, M. (2019). Ahşap Ve Ahşap Yapıların Dünü, Bugünü Ve Yarını. *Bilecik Şeyh Edebalı Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(1), 109-118. DOI: 10.35193/bseufbd.531012
- [25] Hanedar, B. (2021). *İç Mekânda Ahşap Malzeme Kullanımı ve Örnekler Üzerinden İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
- [26] Kartal, B. (2015). *Yapılarda Ahşap Kullanımı Ve Çağdaş Yapı Teknolojisinde Ahşap Kullanımı*. Yüksek Lisans tezi. Haliç Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [27] Ergün, H. (2019). Yapraklı Ve İğne Yapraklı Ağaçlarda Homojen Öz İşinlerin Morfolojik İşlemlerle Belirlenmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 7(1), 52-59. DOI: 10.21923/jesd.463819.
- [28] Bozkurt, Y., & Erdin, N. (1989). Odunsu Lifter Ve Tanımı. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*. 39(4), 1-16.
- [29] Er, A. (2012). Kompozit Yapı Malzemelerinin Performans Özelliklerinin Ve Mimarlıkta Kullanım Olanaklarının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi Fen Bilimleri Enstitüsü, Dokuz Eylül Üniversitesi.
- [30] Wood Handbook, (1999) Wood Handbook: Wood As An Engineering Material. General Technical Report 113. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, Wisconsin, USA.
- [31] Dündar, T. (2024). Ahşap: Doğal ve Yenilenebilir Mühendislik Malzemesi. İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Üniversite Yayınevi Seri No: 70, Bölüm:3. DOI: 10.5152/5700
- [32] Bozkurt, A.Y., Göker, Y., (1987). Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi Ders Kitabı, İstanbul Üniversitesi Yayınları. İ.Ü. Yayın No. 3445, O.F. Yayın No. 388. ISBN 975-404-010-9
- [33] Zhou, R., Crocker, M. J., (2010). Sound Transmission Loss of Foam-Filled Honeycomb Sandwich Panels Using Statistical Energy Analysis and Theoretical and Measured Dynamic Properties. *Journal of Sound and Vibration*, 329, 673–686. <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2009.10.002>
- [34] ASTM E 1050-98-Standard Test Method for Impedance and Absorption of Acoustical materials using a Tube,Two Microphones and a Digital Frequency Analysis System.(1998)
- [35] <https://bbfloorsindia.com/blog/wood-for-soundproofing/> [18.12.2024]
- [36] <https://www.aksaakustik.com/ahsap-pan/> [18.12.2024]
- [37] <https://tasarimakustik.com/urun/akustik-ahsap-panel/> [18.12.2024]
- [38] <https://trendakustik.com/akustik-ahsap-paneller/> [18.12.2024]
- [39] https://akustikperdeler.com/tyatro-salonu-ses-akustigi-ve-yalitimi-icin-tercih-edilebilecek-urunler-nelerdir/?srsltid=AfmBOopcmoWqN_QlMSzmSiKyH3GFm-4dZ20E3indh8Yr_84cLHIK0um5 [18.12.2024]
- [40] Asdrubali, F., Ferracuti, B., Lombardi, L., Guattari, C., Evangelisti, L., & Grazieschi, G. (2017). A Review Of Structural, Thermo-Physical, Acoustical, And Environmental Properties Of Wooden Materials For Building Applications. *Building and Environment*, 114, 307-332. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.12.033>

YAZAR ÖZGEÇMİŞİ

Mustafa Selmani MUSLU, Öğr. Gör. Dr.

Konya Teknik Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu,

Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojileri Bölümü, Selçuklu, Konya, Türkiye

Mail: msmuslu@ktun.edu.tr

1980 yılında Isparta'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimi burada tamamladıktan sonra 2002 yılında Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Mobilya ve Dekorasyon Öğretmenliği Bölümünden mezun oldu. 2005 yılında Yüksek Lisans Eğitimini, 2013 yılında ise Doktora eğitimini Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi ABD'da tamamladı. 2002-2006 yılları arasında aynı bölümde Dekorasyon Eğitimi Ana Bilim Dalında Araştırma görevlisi olarak görev yaptı. 2006 yılında Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler MYO'na Öğretim Görevlisi olarak atandı. Halen aynı okulda yeni adıyla Konya Teknik Üniversitesi Teknik Bilimler MYO, Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojileri Bölümünde görev yapmaktadır. Evli ve iki çocuk babasıdır.

12. Bölüm

ÇOK KATLI AHŞAP YAPILARDA YANGIN DAYANIMI

Selen KALKIŞIM^a, Nilhan VURAL^{b*}

^a Türkiye Elektrik İletim A.Ş. 14.Bölge Müdürlüğü Trabzon, Türkiye, 0009-0002-1511-7853

^b Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık, Mimarlık, Trabzon, Türkiye, 0000-0001-9248-6594

* nvural@ktu.edu.tr

SUMMARY

Thanks to technological developments that allow the production of wood as a composite material, wood has begun to be preferred as a structural material in multi-storey buildings. However, as the height of the structure and the number of storey increase, the precautions to be taken against fire also change. The aim of this study is to reveal the fire precautions taken in multi-storey wooden structures and to draw attention to the fact that wood can also be used as a structural material in high-rise buildings by exemplifying the highest wooden structures built in recent years. For this purpose, six buildings were analyzed in the study in terms of structural fire precautions, and design-oriented precautions were excluded. As a result of the study, it was concluded that CLT and GLT structural elements were mostly used in the structural design of multi-storey wooden buildings, the dimensions of these elements were larger than their carrying capacity considering the carbonization layer against a possible fire, they were encapsulated with fire-resistant panels when necessary, they were protected with fire-retardant coatings and paints, the sprinkler system was used compulsorily due to the increase in the number of storey,

Keyword: Multi-storey wooden buildings, fire, industrial wood, clt, glt

Giriş

Yapı malzemesi türü ne olursa olsun yangın, tüm binalar ve inşaat alanları için bir tehlikedir. Beton, çelik ve ahşap malzemeden inşa edilmiş yapılarda meydana gelebilecek yangınlarda dikkat edilmesi gereken en önemli durum, yangın anında kullanıcılar ve yangına ilk müdahale edecek ekipler için ölüm veya yaralanma olasılığını azaltacak güvenli binalar tasarlamak ve bu binaları yönetmeliklere uygun şekilde inşa etmektir [1].

Yangın güvenliği performans gereklilikleri; çok katlı yapıların tasarımından, planlanmasından, detaylandırılmasından, inşasına ve kullanımına kadar olan süreçte önemli bir rol oynamaktadır. Bu durum, ana strüktür malzemesi ne olursa olsun, dünyanın her yerinde geçerlidir [2] ve aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

1. Yangının gelişmesini ve dumanın yayılmasını önlemek,
2. İnsanların ve hayvanların kurtarılmasını sağlamak,
3. Etkili kurtarma ve yangın söndürme önlemlerini kolaylaştırmak.

Bu performans gereklilikleri tüm binalar tarafından eşit şekilde karşılanmalı ve bir dizi parametre dikkate alınmalıdır. Pek çok ülke, binalar ve teknik donanım standartları için sürekli olarak zorunlu yangın önleme kurallarını güncellemekte ve bunları ilgili bina yönetmeliklerinde açıklamaktadır. Ahşap; betonarme, kâgir veya çelik malzemeden farklı olarak yanıcı bir yapı malzemesidir. Bir ahşap yapı, kendi başına bir yangın riski oluşturmasa da yangın durumunda binanın yangın yüküne katkıda bulunabilir.

Ahşap malzemenin yanıcılığı, tarihsel süreç içerisinde kentlerde ortaya çıkan yangınlar nedeniyle can ve mal kayıplarının olması, ahşap yapıların yangın dayanımına yönelik devam eden bir güvensizliğe yol açmış ve ahşabın çok katlı yapılarda taşıyıcı malzeme olarak kullanımını sınırlandırmıştır [2].

Günümüzde teknolojinin verdiği olanaklar ile ahşabın kompozit bir malzeme olarak üretilmesi, bu malzeme ile çok katlı ahşap yapıların yapımına olanak vermiştir. Bu şekilde inşa edilen çok katlı ahşap yapılar, yenilenebilir bir yapı malzemesi olarak ahşabın kullanımından kaynaklanan sürdürülebilirlik avantajları nedeniyle de ön plana çıkmıştır [3].

Yapılarda kat sayısı arttıkça kullanıcı sayısının da artması, çok katlı ahşap yapılarda özel önlemler alınmasını gerektirmiştir. Ülkelerin yönetmeliklerine göre farklılık gösterebilen bu önlemler, hem tasarım hem de detaylandırma aşamasında özel gereklilikler doğrusunda planlanmalıdır. Yapılan bu çalışma, çok katlı ahşap yapılarda alınan yangın önlemlerini ortaya koymayı, örnekler üzerinden değerlendirmeyi ve ahşabın önlem alındığı takdirde çok katlı yapılarda da kullanılabileceğini göstermeyi amaçlamaktadır. Çalışmada altı adet örnek yapı incelenmiş ve yangın önlemleri bakımından analiz edilmiştir. Örnek yapı incelemeleri çok katlı ahşap yapıların yangın dayanımını yapısal açıdan ele almış, doğrudan tasarıma yönelik alınan önlemler kapsam dışı bırakılmıştır.

1. Çok Katlı Ahşap Yapılarda Yangından Korunma Yöntemleri

Çok katlı ahşap bir yapıda çıkabilecek olası yangına karşı alınması gereken yapısal önlemler, ülkelerin yangın yönetmeliklerinde kurallar ile belirtense ve bazı başlıklarda farklılık gösterse de temelde belli başlıklarda sıralanabilir, pasif veya aktif yangın önlemi olarak veya ikisinin bir kombinasyonu ile elde edilebilir [4].

1.1.Pasif Yangın Önlemleri

Pasif yangın önlemleri, projenin malzeme seçimi ve detaylandırma aşamasında belirlenmekte, ahşap yapı strüktürünün yangından etkilenmemesi için alınan önlemleri kapsamaktadır. Farklı ülkelerdeki yapı yönetmelikleri, ahşap strüktürün görünür yüzey alanını farklı şekillerde kısıtlayarak üç temel hedef ortaya koymaktadır [5]:

1. Öngörülen yangının sonuna doğru kömürleşen katmanın; yapısal ahşap elemanların veya bağlantıların çökmesine neden olmayacak boyutlarda tasarlanması esastır.
2. Yangının büyüme aşamasında ahşapta kömürleşme tabakasının olmaması amacıyla ahşap yüzeylerin yangına dayanımlı malzemeler ile kapsülленerek korunması gerekebilir.
3. Bir yangının başlangıç aşamasında alevin ahşap yüzeylerde yayılımını kontrol altına almak önemlidir. Bu durum, ahşap elemanın yangına dayanıklı bir malzeme ile kaplanmasını gerektirebilir.

Çok katlı ahşap yapılarda kullanılan pasif yangın önlemleri, bu çalışma kapsamında altı başlıkta ele alınmıştır [6]:

1. Kömürleşme tabakasına bağlı olarak taşıyıcı kesitin boyutlandırılması
2. Ahşap strüktürün kapsülленmesi
3. Hibrit strüktür tasarımı
4. Yangın geciktirici kaplama kullanımı
5. Yangın geciktirici boya kullanımı
6. Yangın durdurucu bariyer kullanımı

1.1.1. Kömürleşme Tabakasına Bağlı Olarak Taşıyıcı Kesitin Boyutlandırılması

Ahşap binalar için önemli bir tasarım hedefi, açıkta kalan veya korunan ahşabın yanmasını veya kömürleşmesini kontrol etmektir, çünkü bu durum yakıt yükünü artırabilir ve kesit kaybı nedeniyle yapısal ahşap elemanların yük kapasitesini azaltır [5].

Ahşap yapı elemanlarının yangındaki davranışı; yüzey ile kesit arasındaki ilişki ve çeşitli ahşap türlerinin yoğunluklarından büyük ölçüde etkilenir. Ahşabın yoğunluğu ne kadar fazlaysa, yanma oranı o kadar düşük olur, Yangına maruz kalan tarafta, sınırını oluşturduğu iç alanı da koruyan kömürleşmiş bir tabaka oluşur. Ayrıca, ahşabın termal iletkenlik katsayısının düşük olması, kömürleşmiş tabaka dışında kalan yanmamış alanın ısınmamasına ve yük taşıma işlevini sürdürmesine olanak verir. Bileşenlerin kalınlığını yapısal olarak gerekli boyutların ötesine çıkarmak, etkili bir ahşap yangın koruma kaplaması sağlayabilir [2] (Şekil 12.1).



Şekil 12.1. Yanmış bir ahşap strüktürde oluşan kömürleşme tabakası ve yangının ilerlemediği alanın görünümü [2]

1.1.2. Ahşap Strüktürün Kapsüllenmesi

Çok katlı ahşap yapıların strüktüründe kullanılan ahşap elemanların, yangına dayanıklı malzemeler ile kaplanması, ahşabın görünümünün iç mekânda algılanmasına engel olsa da yangın dayanımı açısından tercih edilen bir yöntemdir ve yanma sonrası kömürleşen ahşabın aşırı ek yakıt yükü haline gelmesini önlemek veya azaltmak amacıyla tercih edilebilmektedir.

Binalarda kat sayısının artması, hem yangın olasılığını hem de yangının sonuçları ile ilişkili riskleri artırmaktadır. Bu durum; bina ne kadar yüksekse, daha fazla yangın önlemi alınması gerektiğini ortaya koymakta ve çok daha fazla sayıda ahşap eleman, yangın koruyucu malzeme ile kaplanabilmektedir [5]. Yapısal ahşap elemanlar; alçı panel, çimentolu yonga levha veya yangından etkilenmeyen yalıtım malzemeleri (cam yünü, cam köpüğü, taş yünü vb.) ile kaplanabilir. Kaplama malzemelerinin yangın testleri ile performanslarının ölçülmesi gerekmektedir, çünkü malzemelerin yangın anında ahşap eleman ile bağlantı noktalarında ve ara yüzlerinde hasarlar oluşabilir [6,7] (Şekil 12.2).

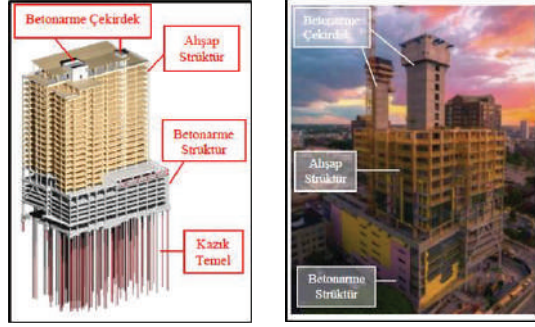


Şekil 12.2. Orijine yapısında CLT duvar ve döşeme panelinin kapsüllenmesi [8]

Yangın esnasında kapsüllenenek dış ortamla ilişkisi kesilen ahşap yapı elemanının yapısal performansının güvenli sonuç vermesi için gereken süre, tasarım stratejisi ve yerel yapı kodu gereklilikleri ile ilişkilidir. Ahşap elemanları koruyan malzemenin yangın süresi boyunca önemli bir hasara uğramaması ve yerinde kalacak şekilde tasarlanması gerekir [5].

1.1.3. Hibrit Strüktür Tasarımı

Çok katlı ahşap yapıların taşıyıcı strüktüründe ülke yönetmeliklerine de bağlı olarak belli bir kata kadar sadece ahşap kullanılabilir. Kat yüksekliği arttıkça taşıyıcılığın yanında betonarme ve çelik malzemenin kullanılması, ahşap strüktür ile inşa edilmiş bir yapının yangın performansını artırmak için alınmış bir önlemdir. Hibrit strüktür tasarımı ile elde edilen bu korunma yönteminde özellikle bina çekirdeklerinin ve zemin katın betonarmeden inşa edilmesi, döşemelerde betonun ahşap ile kompozit olarak kullanılması sık görülen uygulamalardandır [5]. Almanya gibi bazı ülkelerin yönetmeliklerinde de çok katlı yapıların taşıyıcı kurgusunda hibrit strüktürün kullanımı zorunlu tutulmuştur (Şekil 12.3).



Şekil 12.3. Ascent yapısı (25 kat, 86,6 m yükseklik) hibrit strüktürü [6]

1.1.4. Yangın Geciktirici Kaplama Kullanımı

Çok katlı ahşap yapılarda strüktürel kurgu içerisinde yer alan ahşap elemanları yangına karşı koruma yöntemlerinden biri de bu elemanlara yangın geciktirici kaplamaların uygulanmasıdır. Bu kaplamalar, özellikle açıkta kalan ahşap elemanların yüzeyine sürülerek uygulanmakta ve ahşabın doğal görünümünü engellemek adına şeffaf olanları tercih edilmektedir [6] (Şekil 12.4).



Şekil 12.4. Ahşap yüzeye yangın geciktirici kaplama uygulaması [9]

Ahşap malzemenin yapısına nüfuz eden yangın işlemlerinin aksine yangına dayanıklı kaplamalar, yangının yoğunluğuna daha kolay direnmesine yardımcı olmak ve yayılmasını yavaşlatmak için ahşap yüzeyine uygulanır. Ahşap için yangına dayanıklı kaplamaların çoğu, bir tür şişen boyadır ve ısıtıldığında veya alevlere maruz kaldığında yangının ısısına ve alevine karşı bir kömür bariyeri oluşturarak ahşabı yalıtan bir kimyasal köpüğe dönüşür. Bu, ahşabı yanmaktan korur [10].

1.1.5. Yangın Geciktirici Boya Kullanımı

Yangını geciktirici kaplamalar, ahşabın kendisini koruyan bir bariyer oluştururken; yangın geciktirici boyalar, yangının kendisini yavaşlatan kimyasallar içerir. Bu boyalar ahşabı korumak için değil, onu yakıttan mahrum bırakarak yangının yayılmasını yavaşlatmak için

tasarlanmıştır. Yangın geciktirici boyalar, ahşap için bir yangına dayanıklılık süreci değil, bir yangın koruma önlemidir [10].

1.1.6. Yangın Durdurucu Bariyer Kullanımı

Yangını durdurma amaçlı kullanılan bariyerler (yangın şeritleri, köpükler, alçı esaslı harçlar, silikon mastik vb.), ahşap taşıyıcı elemanların duvar, döşeme ve tavan birleşimlerinden, tesisatı yerleştirmek için açılan veya cephede bulunan boşluklardan yangının yayılmasını önlemeyi amaçlamaktadır [6,11,12] (Şekil 12.5).



Şekil 12.5. Origine yapısında yangın durdurucu macun uygulaması [6]

1.2. Aktif Yangın Önlemleri

Aktif yangın önlemleri, yangın anında bir kişi veya otomatik bir cihaz tarafından gerçekleştirilen bir yangın kontrol eylemi anlamına gelmektedir. Aktif yangın önleminin en etkili biçimi, o bölgedeki yüksek sıcaklıklar tarafından etkinleştirildiğinde bir başlık altındaki yerel bir alana su boşaltan otomatik yangın sprinkler (yağmurlama) sistemidir [5]. Sprinkler sistemleri, çok katlı ahşap yapılarda tercih edilen ve özellikle yükseklik arttıkça yönetmelikler tarafından zorunlu tutulan sistemlerdir. Bu sistemler, yangının büyüme esnasında söndürülmesi ve parlamaması amacına yöneliktir ve bina kullanıcılarının olası yangın sırasında binayı terk etmesi için yeterli zaman tanımaktadır [5]. Amerika'daki Ulusal Yangın Koruma Derneği (NFPA) kayıtlarına göre incelenen seksen binin üzerindeki yapıda çıkan yangınlarda sprinkler sistemlerin kullanıldığı ve %96.2'lik bir oranda yangınların söndürüldüğü görülmüştür [13] (Şekil 12.6).



Şekil 12.6. Mjøstårnet yapısında sprinkler sistemin konumu [6]

2. Yapı Örnekleri Analizi

Çalışma kapsamında kat sayısı 10'un üzerinde olan ve yapının ana strüktürel kurgusunda ahşap malzemenin kullanıldığı altı adet ahşap yapı; yapısal yangın önlemleri bağlamında analiz edilmiştir. Bu yapılar sırasıyla Mjostarnet, Hoho Wien, Haut, Brock Commons, Treet ve Hoas Tuuliniity yapılarıdır.

2.1. Mjostarnet

Norveç Brumunddal'da konumlanan Mjostårnet binası, 2019'da tamamlandığında dünyanın en yüksek ahşap binası olarak literatüre geçmiştir. Voll Arkitekter tarafından tasarlanan yapı 11.300 m² olup 18 katlıdır ve 85,4 m yüksekliğe sahiptir. Binanın ahşap strüktüründe GLT (kolon, kirişler ve diyagonaller); CLT panel (iç duvar, asansör duvarı, merdivenler, balkonlar), LVL panel (döşeme) kullanılmıştır [6,14] (Şekil 12.7).



Şekil 12.7. Mjostårnet yapısı inşa aşaması [15]

Yangın güvenliği, yapının tasarımının merkezinde yer almaktadır. Yangın danışmanlığı, Sweco Norge AS firması tarafından yapılmıştır. Ahşap strüktür ile inşa edilmiş yapı, uygulanan önlemler sayesinde geleneksel çelik ve beton strüktüre sahip bir binadan çok daha fazla yangına dayanıklı hale gelmiştir. Yapı strüktüründe kullanılan GLT elemanlar, olası bir yangında yük taşıma kabiliyetlerini koruyacak şekilde boyutlandırılmış ve birbirlerini etkilemeyecek şekilde konumlandırılmıştır. Mjostårnet'in yangına dayanacak şekilde tasarlanmasının yanında teknolojik olarak geliştirilmiş bir sprinkler sistemi de binanın iç ve dış ortamında uygulanarak yapıyı koruyan en önemli çözümlerden biri haline gelmiştir. Mjostårnet binasında yapıdaki taşıyıcı elemanlar arasındaki bağlantılarda kullanılan çelik malzemenin korunması yangın güvenliği açısından önemlidir. Bu nedenle GLT taşıyıcı elemanların birleşimlerinde kullanılan çelik bağlantılar, 150 santigrat derecede 20 kat genişleyen yangın şeritleri ile korunmuştur ve test edilmiştir (Şekil 12.8). Yapının cephesi, yangının yayılmasına karşı yangın geciktirici bir malzeme ile işlenmiştir [14].



Şekil 12.8. GLT taşıyıcı elemanların çelik bağlantılarının korunması ve test ortamı [16].

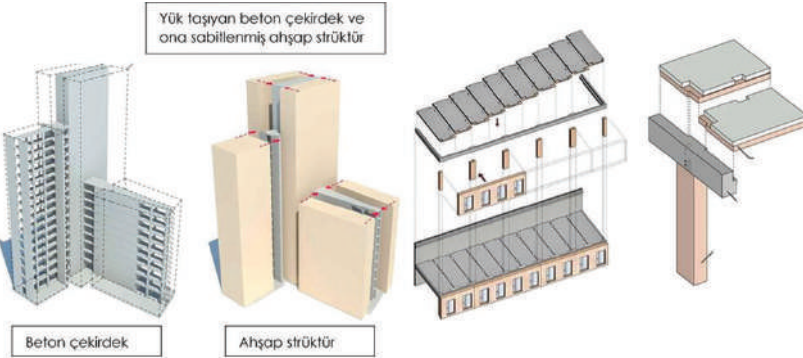
2.2. Hoho Wien

Hoho Wien (Holz Hochhaus Wien) yapısı, Avusturya Viyana'da 2019 yılında tamamlanmıştır ve 84 m yüksekliğe sahiptir. RLP Rüdiger Lainer ve Ortakları tarafından tasarlanan yapı, 25.000 m² brüt taban alanına sahiptir; 9,15 ve 24 katlı üç bloktan oluşmaktadır. Yapının kolonlarında GLT, döşemelerinde TCC (ahşap(CLT)-beton kompozit) panel kullanılmıştır. Daha iyi yapısal sağlamlık ve yangın güvenliği sağlayan bir betonarme çekirdeğin etrafına inşa edilmiştir. Çekirdek; asansör şaftlarını, merdivenleri ve teknolojik ekipmanı içermektedir. Ahşap-beton kompozit döşeme panelleri, beton çekirdeğe ankre edilmiştir ve GLT kolonlar tarafından desteklenmektedir [17] (Şekil 12.9).



Şekil 12.9. Hoho Wien yapısı ve strüktürel kurgu [18]

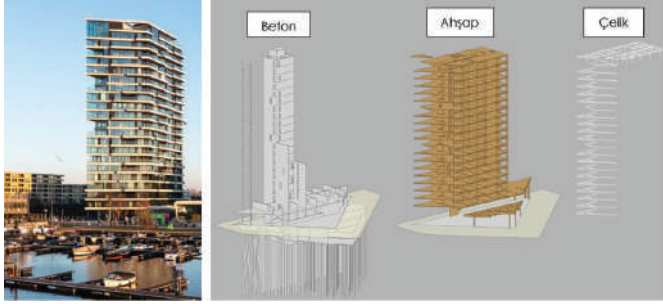
Yangın danışmanlığı Kunz Die Innovativen Brandschutzplaner Gmbh firması tarafından gerçekleştirilen yapının CLT panel ve beton malzemeden oluşan kompozit döşeme sistemi ve betonarme çekirdeği yapının hibrit strüktürünü oluşturmakta (Şekil 12.9) ve yangın dayanımını güçlendirmektedir. Ahşap taşıyıcıların boyutları, standartları karşılamaktadır. Düşey şaftta ahşap malzeme kullanılmamıştır. Yapının cephesi üçüncü kattan başlayarak yangına dayanıklı çimento esaslı bir panelle kaplanmış, tüm bu önlemlere ek olarak sprinkler sistemi ile yapı korunmuştur [17] (Şekil 12.10).



Şekil 12.10. Hoho Wien yapısında hibrit strüktür [18]

2.3.Haut

Hollanda'nın Amsterdam kentinde yer alan Haut binası; ahşap, beton ve çelik malzemeden hibrit sistem ile inşa edilmiş ve 2022 yılında tamamlanmıştır. 21 katlı olan bina, dünyanın en yüksek ahşap hibrit yapılarından biridir. 73 metre yüksekliğinde ve 14.500 m² net alana sahip yapının strüktüründe CLT duvar paneli, TCC (ahşap(CLT)-beton kompozit) panel döşeme sistemi ve çelik kirişler yer almaktadır. Bina çekirdeği betonarme olarak inşa edilmiştir ve sprinkler sistemi mevcuttur [6,19] (Şekil 12.11).



Şekil 12.11. Haut yapısı ve hibrit (beton, ahşap, çelik) strüktürü [20]

Yapının yangın danışmanlığını Arup firması üstlenmiştir. Hollanda yapı yönetmeliği bu yükseklikteki konut binalarında sprinkler korumasını zorunlu kılmasa da yangın güvenliği açısından tasarıma katkıda bulunmak için sprinkler sistem yapıya dahil edilmiştir. Ayrıca, açıkta kalan ahşabın hacmini azaltmak ve CLT duvar panellerini korumak için yangına dayanıklı paneller çift katman olarak yerleştirilmiştir [6,19] (Şekil 12.12 a).

Yangına dayanıklı duvar panelleri üzerinde Belçika'daki bir laboratuvarında yangın testi gerçekleştirilmiş, açıkta kalan CLT döşeme sisteminin kömürleşme oranını göstermek için de Viyana'da ek yangın testleri uygulanmıştır. Testler, CLT panellerinin zaman içinde ne ölçüde yandığının ve kullanılan yapıştırıcı türünün belirlenmesine yardımcı olmuştur. Yapıştırıcı seçimi, yangında CLT yapıştırıcı bağ hattının bozulma riskini (şözde kömürleşme delaminasyonu) azaltmak ve ahşabın kömürleşme oranını kontrol etmek için kritik öneme sahiptir. Aşırı kömürleşme, öngörülemeyen bir yangın sonucuna ve ek yangın yüküne neden olabilmektedir. Açıkta kalan ahşap tavanların yangın riskini yönetmek için performans dayalı bir yangın mühendisliği yaklaşımı benimsenmiştir[19] (Şekil 12.12 b).



Şekil 12.12 a. Haut yapısının açıkta kalan ve kaplanmış strüktürü (1.ve 2.şekil) [20]
b. Açıkta kalan ahşap tavanların korunması (3.şekil) [20]

2.4. Brock Commons

Kanada Vancouver'da 2017 yılında inşa edilen Brock Commons yapısı, Acton Ostry Architect tarafından tasarlanmıştır. British Columbia Üniversitesi'nin (UBC) kampüsünde bulunan, yurt ve eğitim işlevlerine sahip yapı 18 katlıdır, 54 m yüksekliğe sahip yenilikçi, ahşap hibrit bir binedir. Bina, beton bir taban ve iki beton merdiven çekirdeğinin üzerinde 17 katlı masif ahşap konstrüksiyondan oluşmaktadır. Döşeme yapısı, GLT kolonlar üzerinde desteklenen 5 katlı çapraz lamine ahşap (CLT) panellerden oluşmaktadır [1,5,6] (Şekil 12.13).

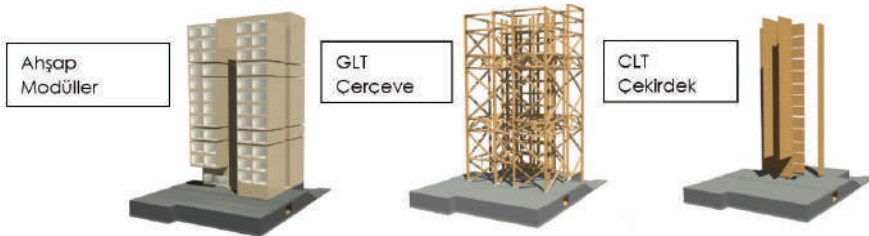


Şekil 12.13. Brock Commons yapısı ve hibrit strüktür kurgusu [1,21]

Yapının yangın danışmanlığını Stantec Ltd. firması üstlenmiştir. Bina tümüyle sprinkler sistem ile donatılmıştır. Zemin katı betonarme inşa edilen yapıda mekanik ve elektrik tesisatı bu katta bulunmaktadır. Ahşap yapısal elemanlar ve çelik bağlantıların çoğu, 2 saatlik yangına dayanıklılık derecesi elde etmek için üç kat 16 mm yangına dayanıklı alçı panel ile kapsüllenmiştir. Tek istisnası, on sekizinci kattaki salonda bulunan ve tamamen sprinkler ile donatılmış olan ahşap bölümdür. Sistemin kapasitesi, tüm sprinkler sistemi için yaklaşık 30 dakikalık su tedarikine olanak verir ve otomatik sprinkler sistemlerinin güvenilirliğini neredeyse %100'e çıkarır [1,5].

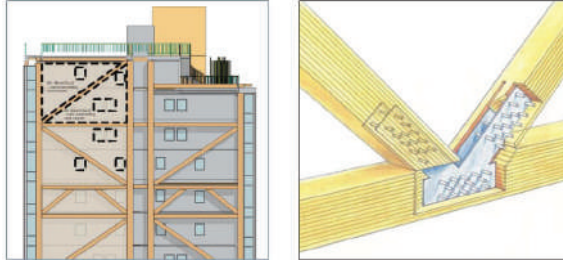
2.5. Treet

Norveç'in Bergen kentinde 2015 yılında yapımı tamamlanan Treet binası 14 katlıdır ve konut işlevine sahiptir. "Treet", Norveççe'de "Ağaç" anlamına gelmektedir. 49 m yüksekliğindeki yapıda ahşap modüller, dört kat boyunca tekrarlanmakta, her dört modülden bir betonarme döşeme ile tamamlanmaktadır. Kolon ve kirişlerde GLT, çekirdekte ise CLT panel kullanılmıştır [8, 22] (Şekil 12.14).



Şekil 12.14. Treet yapısında strüktürel kurgu [8]

Eurocode 5'e göre tasarlanan yapının yangın danışmanlığını Skansen Consult AS firması yapmıştır. Her kat arasında yangın güvenliği için önlem alınmıştır. Kaplama ile modül arasındaki boşluk yalıtılmıştır. Cephede EI 30 (30 dakika süresince alev, duman, zehirli gazlar, radyan ısı ve sıcaklığın geçişini engelleme) sınıfına giren camlar kullanılmıştır [8,22]. Bina, balkonlar dahil tamamen sprinkler sistem ile donatılmıştır. Tüm ana yapısal taşıyıcı elemanlar 90 dakika boyunca yangına dayanıklı olacak şekilde boyutlandırılmıştır. Tüm açıkta kalan ahşap elemanlar yangına dayanıklı olup yanıcı malzemeler içeren boşluklar yalıtımsız bırakılmamıştır. Tüm GLT elemanlar yangına dayanıklıdır. Kaçış yollarında açıkta bırakılan ahşap yüzeyler yangın geciktirici boya ile kaplanmıştır [8,22] (Şekil 12.15).



Şekil 12.15. Treet yapısının cephesinde yangın güvenliği sınıflandırması ve çelik bağlantıların kapatılması [8,22]

2.6.Hoas Tuuliniitty

2021 yılında Tuomas Saarinen & Jukka Turtiainen tarafından tasarlanan Hoas Tuuliniitty, Finlandiya'nın ikinci en yüksek ahşap apartmanı ve hacimsel modüllerden yapılmış dünyanın en yüksek ahşap konut binasıdır. 7584 m² alana sahiptir. Ahşap taşıyıcı elemanlar olarak duvarlarda CLT panel, kirişlerde LVL kullanılmıştır [23] (Şekil 12.16).



Şekil 12.16. Hoas Tuuliniitty yapısı [24, 25]

42 m yüksekliğindeki yapının yangın danışmanı, KK-Palokonsultti Oy'dur.13 katlı binanın yüksekliğinin standart boyutlandırma tablolarıyla tasarlanabilen binaların yüksekliğinin 1,5 katı olması, performansa dayalı yangın güvenliği tasarımı ve yangın simülasyonlarının kullanılmasını gerektirmiştir. Cephedeki yangın kontrolüne, kişisel güvenliğe ve yeterince düşük bir çökme olasılığına özellikle dikkat edilmiştir. Finlandiya Yapı Yönetmeliğine göre tasarlanan yapıda performansa dayalı yangın güvenliği tasarımı kullanılmış ve P1 yangın

sınıfına karşılık gelen yangın güvenliği seviyesine ulaşılmıştır. Bu seviye ulaşmak için, sprinkler sistemi kurulmuş (Şekil 12.17), yük taşıyan ahşap elemanlar daha büyük boyutlarda (R120) ve koruyucu kaplama uygulanarak kullanılmıştır. Arasına mineral yün yerleştirilen LVL kirişler, alçı panel ile kapatılmış, üzerine beton dökmüştür. Ayrıca zemin kat cephesi yanmaz malzeme kullanılarak inşa edilmiştir [23].



Şekil 12.17. Hoas Tuuliniity yapısında sprinkler sistemin konumu [6]

SONUÇLAR

Yapılan çalışmada çok katlı inşa edilen ahşap yapılar incelenmiş; ana strüktüründe ahşabın kullanıldığı yapılarda alınan yangın önlemleri pasif ve aktif yangın önlemleri olarak iki başlıkta sınıflandırılmıştır. Çalışmada yapısal önlemler ele alınmış, tasarıma ilişkin önlemler kapsam dışı bırakılmıştır. Çalışmaya yönelik çok fazla yapı incelense de kapsam dahilinde altı adet 10 katın üzerindeki yapı, yangın önlemleri bağlamında incelenerek analiz edilmiş ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

Çok katlı ahşap yapılarda kat sayısı yükseldikçe alınan yangın önlemleri de buna bağlı olarak farklılaşmakta ve ülke yönetmeliklerinde yer alan kurallar ile bazı önlemler zorunlu hale getirilmektedir. Çok katlı ahşap yapının strüktürel kurgusu, yapım sistemine göre değişmekle birlikte bu kurguda GLT (Glued Laminated Timber-tutkallı tabakalı ahşap) kolon ve kirişler,diyaagonaller, CLT (Cross Laminated Timber-Çapraz Lamine Ahşap) döşeme ve duvar panelleri, TCC (Timber Concrete Composite-Ahşap-Beton Kompozit)döşeme panelleri, uygulamada sıklıkla rastlanılan endüstriyel ahşap yapı elemanlarıdır.

Çok katlı ahşap yapılarda uygulanan pasif yangın önlemleri altı başlıkta ele alınmıştır. Yapısal ahşap elemanların taşıyıcı kesiti, yangın anında oluşan kömürleşme tabakasının kalınlığı dikkate alınarak normalde taşıyıcılığın karşılandığı değerlerden daha fazla bir kesitte boyutlandırılmaktadır. Ahşap elemanların yangına dayanıklı alçıpanel gibi malzemeler ile kapsüllenmesi, döşeme ve duvar panellerinde sık görülen bir önlemdir. Ancak bu durumda ahşap eleman tamamen kaplanmaktadır. Ahşap taşıyıcı yüzeyin iç mekanda da görünmesi istendiğinde yangın geciktirici kaplamaların ve boyaın uygulanması tercih edilebilmekte, bazı durumlarda yapılarda tüm önlemler karma olarak kullanılmaktadır. Ahşap yapı yüksekliği belli sınırların üzerine çıktığında kaçış yolları olan çekirdekler betonarme olarak düzenlenmekte, hibrit strüktüre olanak veren bu kurgu, zemin katların betonarme yapılması, katlar arasında yangın yayılımının önlenmesi amacıyla döşemede ahşap ile betonun

kompozit kullanılması gibi önlemler ile pekiştirilmektedir. Bunun yanında ahşap strüktürün bağlantısında ve detaylandırmada kullanılan çelik malzeme, yangından etkilenmemesi için kapatılarak korunmaktadır. Ayrıca olası bir yangında yangının yayılımını önlemek için yangın durdurucu bariyerler, birleşim noktalarında, cephe boşluklarında uygulanmaktadır.

Çok katlı ahşap yapılarda uygulanan aktif yangın önlemlerinde en çok rastlanan önlem, sprinkler (yağmurlama) sistemlerin kullanımınıdır. Bu sistemler, kat yüksekliği belli bir seviyeyi geçtiğinde zorunlu hale getirilmiştir. Analiz kapsamında incelenen altı adet yapı da 10 katın üstündedir ve hepsinde sprinkler sistem mevcuttur. Analiz edilen yapılar, farklı ülkelerden buldukları ülkenin yapıldığı yıl en yüksek yapısı olarak literatüre geçmiş yapılarıdır. Hepsinde yangın danışmanı bulunmaktadır. Pasif ve aktif yangın önlemleri alınmıştır.

Ana strüktür kurgusunda ahşabın kullanıldığı çok katlı yapıların sayıca artmasının sonucu olarak hem bu konudaki önyargıların kırılması hem de sürdürülebilirliğe katkı sağlanması beklenmektedir. Gelecekte daha yüksek yapılar, ihtiyaca yönelik olarak kurgulanabilecektir.

BİLGİ NOTU

Yapılan bu çalışmada 2023 yılında KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalında Nilhan VURAL'ın danışmanlığında yürütülen ve Selen Kalkışım tarafından tamamlanan "Çok Katlı Ahşap Yapılarda Yangın Dayanımının İncelenmesi" adlı yüksek lisans tezinden ve 2023 yılında İstanbul'da gerçekleştirilen İTÜ Mimarlık ve Yangın Sempozyumu'nda Ayfer Dönmez Çavdar, Nilhan Vural ve Selen Kalkışım tarafından hazırlanan ve Selen Kalkışım tarafından sunulan "Ahşap Kompozit Malzemelerin Çok Katlı Yapılarda Kullanımının Yangın Güvenliği Açısından Analizi" adlı bildirdiden yararlanılmıştır.

KAYNAKÇA

- [1] Think Wood. <https://www.thinkwood.com/fire-resistance-wood-construction>
- [2] Kaufmann, H., Krötsch, S. & Winter, S. (2022). Manual of multistorey timber construction: Principles constructions examples, Detail.
- [3] The National Fire Protection Association (NFPA). <https://www.nfpa.org/education-and-research/research/fire-protection-research-foundation/projects-and-reports/fire-safety-challenges-of-tall-wood-buildings>
- [4] Brandt, K. (2014). Woodmagazine, 2. https://www.swedishwood.com/publications/wood-magazine/2014-2/fire_resistant_building/
- [5] Buchanan, A. & Östman, B. (2022). Fire safe use of wood in buildings. Global design guide. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003190318>.
- [6] Kalkışım, S. (2023). Çok katlı ahşap yapılarda yangın dayanımının incelenmesi, [Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi]. YÖK Tez Merkezi.
- [7] De Jong, R.L. (2017). Tall timber buildings. [Master dissertation, Eindhoven University of Technology]. ProQuest Dissertations and Theses Global.
- [8] Introducing brock commons: Looking up to the world's tallest contemporary wood building. Construction Canada. www.constructioncanada.net/introducing-brock-commons-looking-up-to-the-worlds-tallest-contemporary-wood-building/2.html
- [9] Translucent fire protection for wood buildings. Nord Treat. www.nordtreat.com/en/fire-retardants/nt-deco.html

- [10] Fire Retardants, Inc. <https://www.fireretardantsinc.com/advice/fireproofing-wood/>
- [11] UL solutions updates firestop system numbering scheme. UL Solutions. www.ul.com/news/ul-solutions-updates-firestop-system-numbering-scheme.html
- [12] Yangın Durdurucular. Eplusb Fire Protection. www.eplusb.com/tr/urunler?urun-gruplari=105&sektor=129&marka=0.html
- [13] Dönmez Çavdar, A., Vural, N., & Kalkışım, S. (2023, Mayıs 4-5). Ahşap kompozit malzemelerin çok katlı yapılarda kullanımının yangın güvenliği açısından analizi. [Sözlü bildiri]. İTÜ Mimarlık ve Yangın Sempozyumu, İstanbul, Türkiye.
- [14] Timber Media. <https://www.timbermedia.co.uk/ensuring-fire-safety-at-worlds-tallest-timber-building-mjostarnet/>
- [15] <https://www.metsagroup.com/metsawood/news-and-publications/references/mjosa-tower-building-higher-with-kerto/>
- [16] Metsa Wood. https://www.moelven.com/contentassets/45063567b84944dab52c6d890dceb38f/wc_e2023-mjostarnet.-the-worlds-tallest-timber-building.pdf
- [17] Haroshka, D., Sasikova, K. (2019). Design of a Sustainable High-Rise Building hoho / Twin City Tower, Architecture Papers of the Faculty of Architecture and Design STU, 3.
- [18] Info Build Energia. <https://www.infobuildenergia.it/progetti/hoho-il-grattacielo-in-legno-alto-ben-84-metri/>
- [19] Steenbakkens, P., Verheggen, B. & Vola, M. (2023). The Arup Journal, 1.
- [20] Arch Daily. https://www.archdaily.com/989552/haut-amsterdam-residential-building-team-v-architecture/6331871ca1533e1d6a167782-haut-amsterdam-residential-building-team-v-architecture-structure-diagram?next_project=no
- [21] The University of British Columbia. https://sustain.ubc.ca/sites/default/files/brock_commons_storyboards_0.pdf
- [22] Abrahamsen, R. B. (2013). Bergen im Holzbaufieber—der wohl erste 14 geschosser. 19. Internationales Holzbau-Forum. https://events.forum-holzbau.com/pdf/IHF_13_Abrahamsen.pdf
- [23] KK-Palokonsultti. <https://www.kk-palokonsultti.com/en/hoas-tuuliniitty-espoo/>
- [24] Hoas. <https://hoas.fi/en/housing/tuuliniitty-1/>
- [25] Puu Info. <https://puuinfo.fi/arkkitehtuuri/asuinkerrostalot/hoas-tuuliniitty/#gallery-67648c2ebf591-7>

YAZAR ÖZGEÇMİŞİ

Selen KALKIŞIM, Yüksek Mimar

Türkiye Elektrik İletim A.Ş. 14.Bölge Müdürlüğü Trabzon, Türkiye

selenkalkisim@gmail.com

18 Haziran 1994 tarihinde Trabzon'da doğdu. 2012 yılında Tevfik Serdar Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. 2018 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mimarlık bölümünde lisans eğitimini tamamladı. 2023 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim dalında tezli yüksek lisans programından mezun oldu. Halen Trabzon'da Türkiye Elektrik İletim A.Ş. 14.Bölge Müdürlüğü'nde mimar olarak görev yapmaktadır.

Nilhan VURAL, Prof. Dr.

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Trabzon, Türkiye

nvural@ktu.edu.tr

20 Kasım 1975 yılında Trabzon'da doğdu. 1992 yılında Trabzon Lisesi'nden mezun oldu. 1996 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mimarlık Bölümünde lisans eğitimini, 2000 yılında Fen Bilimleri Enstitüsünde yüksek lisans ve 2005 yılında doktora eğitimini tamamladı. Halen Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü Yapı Bilgisi Anabilim Dalında öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır. Mimari proje uygulamaları da bulunan Vural'ın uzmanlık alanları arasında endüstriyel ahşap malzemeler, ahşap prefabrike sistemler, nanoteknolojik malzemeler, biyomalzemeler, yapı elemanları tasarımı yer almaktadır. Sayısal fabrikasyon konusunda da farklı anabilim dalları ile ortak çalışmalar yürütmektedir.

13. Bölüm

ACİL DURUM BARINMA ÇÖZÜMLERİNDE BAMBUNUN KULLANIMI

Özlem AYDIN^{1*}, Didem BAYRAKTAR MARANGOZ²

^{1*} Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Trabzon, Türkiye, ORCID: 0000-0002-3666-3557

² Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Trabzon, Türkiye, ORCID: 0009-0008-6174-7956

*ozlem.aydin@ktu.edu.tr

SUMMARY

One of the most important needs in times of disaster is to reach quickly established, economical, sustainable, durable, safe, and comfortable shelter areas immediately. The fact that built environments are the most affected sector in disaster events makes shelter aid an inseparable part of humanitarian aid. To carry out the shelter action quickly, it is important to select materials that do not require much detail and workmanship, are suitable for construction, and have high durability in production with traditional construction methods. In this context, bamboo housing made with traditional construction methods has become a reference for the shelter needs of countries that have experienced major disasters such as floods and earthquakes in the world to meet urgent shelter needs.

In the study, the general characteristics of bamboo are mentioned, the traditional processes for the use of bamboo as a building material, and the construction stages of bamboo housing are explained. In addition, the study examined bamboo shelters built by countries for emergency sheltering after disasters. The material, design, and construction information of the shelters were provided, and the study was supported with visuals. Within the scope of the study, a new perspective was presented on the construction materials of post-disaster shelters and temporary housing, and the advantages of bamboo construction materials were presented. As a result, it was seen that bamboo offers low-cost, durable, and environmentally friendly solutions for emergency sheltering needs.

Keyword: *Bamboo, bamboo housing, emergency shelter, bamboo shelter.*

Giriş

"Yoksul adamın kerestesi", "Yeşil çelik", "Yeşil altın" ve "21. yüzyılın ahşabı" gibi çeşitli isimlerle ilişkilendirilen bambu, dünyanın tropikal ve alt tropikal bölgelerinde kullanılan en eski geleneksel yapı malzemelerinden biridir [Şekil 13.1]. Bu nedenle, özellikle yetiştiği bölgelerin kırsal alanlarda konut veya farklı inşaat biçimlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bambu bazlı ürünlerin yüksek sosyoekonomik faydaları sayesinde en önemli kereste dışı orman kaynaklarından biri olarak kabul edilmektedir [1,2].



Şekil 13.1. Bambu ormanı [3]

Tüm dünyada yaklaşık 1642'den fazla bambu türü kaydedilmiştir [4]. Yetiştirme alanları Doğu Asya'da, Rusya'daki Sakhalin'deki 50 ° N enleminden Kuzey Avustralya'ya ve batıda Hindistan ve Himalayalara kadar uzanır. Bambu yetiştirilen alanların yaklaşık %65'i Asya'da bulunmaktadır [5].

Bambular; yapısal ve diğer ekolojik farklılıklar bakımından genel olarak ikiye ayrılmaktadır;

1. Odunsu formda bulunanlar (Woody form): Bu bambu türü endüstriyel alanda kullanımı olan, bu amaçla yetiştirilen bambulardır.
2. Otsu formda olanlar (Herbaceous form): Bu grup otsu bitki olarak kabul edilir ve ağaç formuna gelemeyen sap şeklinde gövdelere sahip bambulardır [6], [Şekil 13.2].

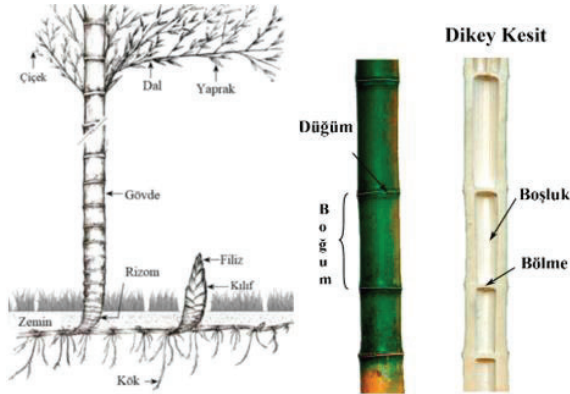


Şekil 13.2. Odunsu ve otsu bambular [7]

Bambu, hem işlenmemiş hem de işlenmiş olarak kullanılabilen yenilenebilir, geri dönüştürülebilir, gömülü enerjisi düşük, üstün mekanik özelliklere sahip, sürdürülebilir bir

malzemedir. Bu özelliklerinden dolayı bambu, dünyadaki en sürdürülebilir ve çevre dostu bitkilerden biri olarak kabul edilmektedir. Bambu, büyümek için çok az su, böcek ilacı veya gübreye ihtiyaç duyar. En hızlı büyüyen bitki türüdür ve yetişkin bir bambu 40-120 gün içinde 15-30 veya 40 metre yüksekliğine ulaşabilmektedir. Dünya, orman kaynaklarının hızla azalması ve ekolojik çevrenin ciddi şekilde bozulması sorunları ile karşı karşıyadır. Bu bağlamda bambu son yıllarda, sahip olduğu özellikleri ile ahşap ve benzer malzemelere alternatif malzeme olarak birçok alanda değer kazanmaya başlamıştır. Bambu üretimi ve kullanımı, Birleşmiş Milletlerin sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin çoğuyla ilgili olarak kabul edilmektedir [8]. Çevreci bir malzeme olan bambunun, karbon yakalama yeteneği diğer bitkilere kıyasla üç kat daha iyidir (3,73 metreküp CO₂) [9]. Bu nedenle bambunun, doğada büyük bir karbon emici olarak iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini azaltmada, insan ekosistemlerine uyum sağlamada ve onları iyileştirmede önemli bir rol oynadığı düşünülebilir [10]. Bambu ayrıca olağanüstü mekanik özelliklere de sahiptir. Örneğin, bambunun çekme dayanımı 370 MPa ve elastik modülü 20.000 MPa'dır; bu değerler bazı çelik, ahşap veya beton türleri için bildirilen değerlere benzer veya daha yüksektir [11].

Bambular, düzenli bir düğüm ve boğumlardan oluşan, parçalı ve bitkisel eksenlere yayılan bir sistemden meydana gelen çok yıllık bitkidir. Bambu bitkisinin ana bileşenleri arasında rizom, kök, gövde, dallar, yapraklar, çiçekler ve meyveler bulunmaktadır [Şekil 13.3]. Bambunun gövde büyümesi palmyeye benzer; toprakta bulunan rizomlar, topladıkları enerjiyi çaplarını artırmadan bambuların büyümesi için kullanmaktadır [12,13,14].



Şekil 13.3. Bambunun yapısı [15,16]

Bambunun fizyolojisi şöyle özetlenebilir; rizomlar, besinleri depolamak ve filizlere yeterli tomurcuk üretmek için sonbahar ve kış aylarında yeraltında büyür ve aynı zamanda en uygun yeraltı ağ sistemini oluşturur [Şekil 13.4]. Bitki ve diğer canlıların büyümesi için iklimin ve atmosferin zorlaştığı mevsimlerde bambunun gelişimi rizomlar tarafından durdurulur. Bu nedenle bambu, yaşam aktivitelerini yavaşlatmaya veya uyumaya karar verir. İlkbahar ve yaz aylarında bambular, filizlerin ve gövdenin kısa sürede büyümesiyle hızlı gelişim gösterir. Bu büyüme aşamasında bambu gövdesinin görevi, maksimum yüksekliğe en kısa sürede ulaşmaktır, böylece yapraklar fotosentez için yeterli güneş ve yağış elde etmek için maksimum alana sahip olabilir. Gövde, en yüksek noktasına ulaşmadan dallarını büyütmez. Bu süre zarfında, yeni büyüyen gövdeler sadece rizomlardan ve diğer eski gövdelerden

besin alır Yapraklar her zaman daha yüksek bir konuma sahiptir, böylece daha iyi güneşlenme elde edilir. Bambular yaşamları boyunca sadece bir kez çiçek açmaktadır. Farklı bambu türlerinin 20 ile 80 yıl arasında değişen çiçeklenme dönemleri vardır. Bambular genelde Aralık-Ocak aylarında çiçek açar ve sonuç olarak tohumlar Şubat-Nisan aylarında olgunlaşır. Bu süreçlerden sonra bambu ölür. Bunun sebebi; çiçeklerin ve meyvelerin, rizomlarda ve gövdede depolanan tüm enerji ve besinleri tüketmesi ve daha sonra ölümlerine neden olmasıdır [17].



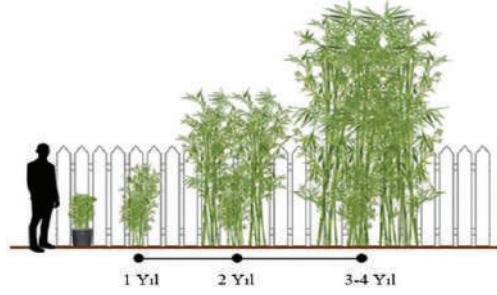
Şekil 13.4. Bambunun fizyolojisi [18, 19, 20, 21, 22, 23]

Bambu, tüm parçalarının kullanışlı olması ve çeşitli amaçlar için kullanılabilmesi nedeniyle çok yönlü bir odunsu kaynaktır. Bambu bitkisinin her parçası çeşitli ürünler yapmak için kullanılabilir. Odunsu bambu çeşitleri genellikle inşaatta kullanılır ve evler, tapınaklar, su depoları, yüksek yapılar ve iskeleler gibi geniş bir uygulama yelpazesine sahiptir. Bambu, çatıdan döşemeye, duvar iskeletinden kaplamaya kadar inşaatın hemen hemen her alanında kullanılabilir. Daha küçük bambu çeşitleri ile otsu bambular genellikle el sanatları, mobilya, gıda ve tarım endüstrilerinde kullanılmaktadır [Şekil 13.5], [24].



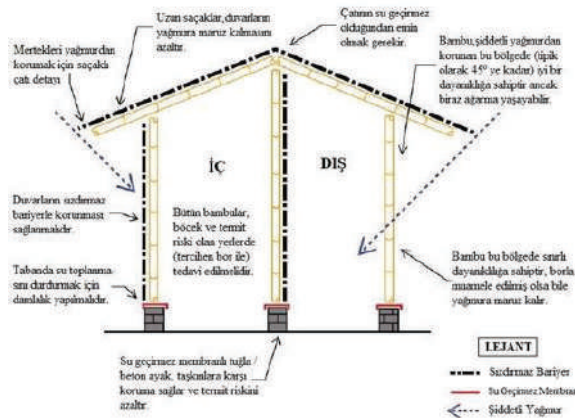
Şekil 13.5. Bambunun kullanım alanları [25, 26]

Bambunun sahip olduğu özelliklerden dolayı ahşaptan daha çevre dostu olduğu kabul edilmektedir. Yüksek fotosentez oranıyla, geleneksel sert ağaçlardan kat kat daha hızlı yenilenebilir ve hasat edildikten sonra yeniden dikimi gerektirmez. Ekildikten sonra her yıl yeni sürgünler verir. Genellikle üçüncü ve sonraki yıllarda hasat edilmektedir [27, 28] [Şekil 13.6].



Şekil 13.6. Bambunun büyüme hızı [29]

İşlenmeden kullanılan bambunun uzun ömürlü olmaması, birçok koruma gerektirmesi ve teknik özelliklerinin iyileştirilmesini gerekli kılmaktadır. Doğal bir ürün olmasından dolayı yüksek miktarda hemiselülozun, nişastanın ve nemin varlığı, onu mantarlar, termitler ve böcekler karşı oldukça hassas hale getirir. Kırsal alanlarda bambuya koruma işlemi yapılmamakta haliyle yapılar da kısa ömürlü olmakta ve bu da insanlarda bambunun dayanıklı bir inşaat malzemesi olmadığı düşüncesini oluşturmaktadır. Ancak bambuya yapılacak basit işlemlerle bambunun dayanıklılığı ve ömrü 25-30 yıl kadar uzayabilir [28]. Bambunun dayanımını artırmak ve zararlılara karşı korumak için iki farklı yöntem uygulanabilir. Geleneksel yöntem; bambunun yaygın olarak yetiştiği alanlarda yapısal dayanıklılığını artırmak için uygulanan basit, maliyeti düşük bir yöntemdir. Bu koruma işlemleri; süzme, dumanlama-ısıtma, kireçle yıkama ve doğal boyalarla veya vernikle boyama yöntemlerinden oluşmaktadır. Bu tür uygulamaların bambunun dayanımını artırmadaki etkisi daha azdır. Kimyasal yöntemlerde, bambuyu bozulmaya karşı korumak için kimyasal koruyucular kullanılır. Bu tür uygulamalar olumsuz koşullarda bile istenen korumayı sağlayan iyi yapılandırılmış yöntemlerdir. Bu yöntemde su kaynaklı, yağ bazlı, organik solvent bazlı ve doğal zehirli maddeler kullanılarak bambunun korunması sağlanır [30]. Bu koruma yöntemlerinin uygulanmasının yanında bambu yapıyı uzun yıllar korumak için izlenecek en etkili yol; bambuları kullanmadan önce gerekli koruma işlemlerini yapma, uygun tasarım ve detaylandırma [Şekil 13.7].



Şekil 13.7. Bambu yapılarını, çürümeye ve böcekler için detay önerileri [31]

2. Geleneksel Bambu Konut Yapımı

İnsanlar, hafif ama çok güçlü, deprem ve kasırga gibi kesme kuvvetlerine karşı son derece dayanıklı ve hasat edildikten sonra çok hızlı bir şekilde yeniden büyüdüğü için yüzyıllardır bambuyu bir yapı malzemesi olarak kullanmaktadır. Yenilenebilir bir yapı malzemesi olan bambuya ilgi de gün geçtikçe artmakta, bambu konutlar bir trend oluşturmaya başlamıştır. Bu bağlamda bambu, ucuz, yaygın olarak bulunabilen ve çevre dostu alternatif konut malzemeleri arasında yer almaktadır. Bambu konut yeni bir kavram değildir. Çoğunlukla gelişmekte olan ülkelerde birçok insanın bambu evlerde yaşadığı tahmin edilmektedir. Bambunun ekolojik ve ekonomik dinamikleri onu sürdürülebilir bir yapı malzemesi haline getirmiştir.

Bambu mimarisinin temel unsuru, dikme ve giriş sistemi, eski bir yöntem olan ahşap çerçeveleme tekniğinden ilham almaktadır. Geleneksel ahşap evlerde kullanılan zamana meydan okuyan yöntemlere çok benzeyen bu inşaat yaklaşımı aynı temel prensipleri kullanmaktadır [32]. Bambunun kullanıma hazırlanması için gereken işlemler; bambuların hasadı, korunması, depolanması, kurutulması ve işlenmesidir. Bu işlemlerde sırası ile aşağıdaki eylemler gerçekleştirilir:

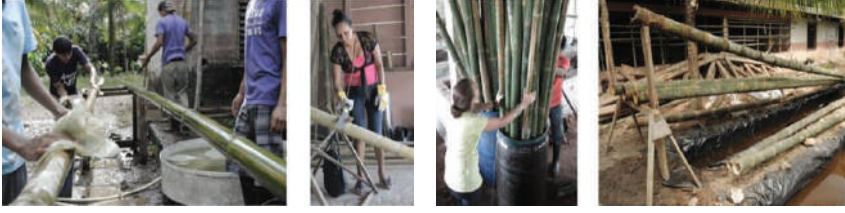
Bambuların Seçimi: Bambuların oldukça düzgün olanları seçilmelidir (3 metrede 1 cm'ye kadar bükülme düzgün olarak kabul edilebilir). Kolon ve çatı elemanları için kullanılacak bambunun en ince kısımları minimum 7-10 cm çapında olmalıdır [33]. Bambu boğumlar arasında düzdür, düğümde ise yönü biraz değişebilir. Bu nedenle, sıkı düğüm aralığına sahip bambu, düzensiz şekilli gövdeler oluşturabileceği için yapıda kullanımı zor olmaktadır. İdeal olarak, konutlarda 3- 4 farklı boyut veya türde bambu kullanılır. Genellikle kolonlar için daha büyük boyutlu elemanlar (15 cm ve üstü) kullanılırken, yapısal girişler ve kafes girişler için 8 cm veya 10 cm bambu kullanılabilir [34].

Bambuların Hasadı: Yağış olmayan bir zamanda, 3-5 yaşındaki bambular potansiyel mantar saldırısını azaltmak için zeminin üstündeki ikinci düğümün hemen üzerinden kesilmelidir. Kesiklerin olabildiğince temiz olmasını sağlanmalı ve haşere istilasını azaltmak için atık bambular temizlenmelidir. Bambu kümelerin daha fazla ışık alacağı şekilde hasat edilmeli (kümenin %33'ünden fazlası hasat edilmemelidir) ve yeni sürgünlerin büyümesi teşvik edilmelidir. Çok yaşlı ve çürümeye başlamış, hastalıklı, kırık veya aşırı bükülmüş olan bambular temizlenmelidir [34] [Şekil 13.8].



Şekil 13.8. Bambuların seçilmesi ve hasadı [35]

Bambuların Korunması: Bambu yapı malzemesinin; haşereler, hava şartları vs. diğer faktörlere karşı uzun yıllar ayakta kalabilmesi ve dayanıklılığı koruması için bazı koruma işlemleri yapılmalıdır. Bu koruma işlemlerine geçmeden önce bambular yıkanır ve biçimsel hataları düzeltilerek daha kusursuz hale getirilir. Bambunun en büyük dezavantajı, mantarlara, bakterilere ve termitlere karşı zayıf direncidir [36]. Koruyucu tedavi ve uygun kullanım sayesinde malzemenin ömrü uzatılmaktadır [Şekil 13.9].



Şekil 13.9. Bambuların korunma öncesi temizlenmesi [35]

Bambular geleneksel ve kimyasal koruma yöntemi olmak üzere iki farklı şekilde korunmaktadır. Geleneksel koruma yöntemleri, kimyasal koruma yöntemlerine göre daha ucuzdur, ancak daha az etkilidir. Bambunun yetiştirildiği ve kullanıldığı kırsal kesimlerde özel ekipman gerektirmeden kolaylıkla uygulanabilen eski koruma yöntemleridir [37]. Geleneksel koruma yöntemleri; süzme, dumanlama-ısıtma, kireçle yıkama ve doğal boyalarla veya vernikle boyama yöntemlerinden oluşur. Kimyasal koruma ise, bambuyu biyolojik bozulmaya ve renk bozulmasına karşı koruyan tekli bileşiklerden veya karışımlardan oluşmaktadır. Birkaç istisna dışında, kimyasal koruyucular toksiktir. Bu yöntemde su kaynaklı, yağ bazlı, organik solvent bazlı ve doğal zehirli maddeler, basınçlı yada basınçsız, kısa süreli ya da uzun süreli koruma sağlaması için kullanılmaktadır [30] [Şekil 13.10].



Şekil 13.10. Bambuların korunması [35]

Bambuların Depolanması ve Kurutulması: Bambuların mantar ve termit saldırılarını önlemek için, toprakla doğrudan teması kesilmelidir. Branda veya kalın plastik tabaka üzerine yerleştirilebilir. Hızlı nem değişikliklerinden, güneş, yağmur ve toprak neminden korunmalıdır. Havalandırmanın sürekli olması sağlanmalıdır [30]. Bambular dikey veya yatay olarak depolanabilmektedir.

Bambuları kurutmak için iki yöntem vardır. İlki, hava sirkülasyonunun iyi olduğu bir yerde yapılan havayla kurutma işlemidir. Bu işlem yaklaşık 6-12 hafta sürmektedir. İkincisi ise, fırında kurutma işlemidir. Bu işlem ise sadece 2-3 hafta sürmektedir. Fırında kurutma işleminden sadece bölünmüş bambular yararlanabilmektedir [12]. Kuruma süresi; ilk nem içeriği, bambunun duvar kalınlığı, çevresel nem, güneş radyasyonu miktarı, yağmurun olmaması veya varlığı, çevredeki havanın hızına bağlıdır [38] [Şekil 13.11].



Şekil 13.11. Bambuların depolanması ve kurutulması [35, 39]

Bambuların İşlenmesi: Bambular kullanım alanına göre istenilen ebat ya da şekil doğrultusunda geleneksel veya endüstriyel yöntemler kullanılarak işlenir. Geleneksel yöntemler el işçiliğine, bambu bitkisinin özel yapısına ve zanaatkarların tekniklerine dayanmaktadır. Endüstriyel yöntemler ise büyük hacimli bambu gövdelerinin, yarı mekanize ve tam mekanize işlenmesidir [Şekil 13.12].



Şekil 13.12. Geleneksel yöntemlerle işlenmiş bambular [40, 41]

Geleneksel bambu konut yetiştiği bölgelerde kırsal alanda günümüzde de varlığını sürdürmekte, geleneksel ve gelişmiş sistemlerle yeni konutlar yapılmaktadır. Ekonomik değeri yüksek görülen bambu ekolojik, fiziksel ve mekanik özellikleri ile yapı malzemeleri arasında önemli bir malzeme olmuştur. Bambu yapı malzemesi yukarıdaki işlemlerden geçirildikten sonra projelendirme aşamaları tamamlanır. Ardından zemin ile ilgili gerekli etüt çalışmalarını yapılır ve konutun yapım aşamasına başlanır;

Öncelikle bambu konutun yapılacağı bölgeye aplikasyon yapılarak yapının sınırları belirlenir. Sonrasında gerekli kazı işlemleri gerçekleştirilir. Yapıya yaklaşık 30-50 cm subasman seviyesi yapılarak, bambunun toprakla bağlantısı kesilir. Bunun sebebi bambuların böceklenme, çürüme gibi dış faktörlere uzun süre dayanımının istenmesidir. Temel, beton, taş ve tuğla malzemesinden yapılabilir [Şekil 13.13].



Şekil 13.13. Temel yapımı ve detayları [35]

Ardından bambu dikmeler ve döşemeyi oluşturan kirişler, belirli kesim teknikleri, birleşim detayları ve elemanları ile temele ankrāj edilir. Ardından gerekli görülen yerlere göğüslemeler ile güçlendirme yapılarak ve çatı konstrüksiyonu tamamlanarak yapının kaba inşaatı bitirilir [Şekil 13.14]. Son olarak kaba işleri biten yapının, kapı ve pencereleri takılır. Çatı, duvar ve döşemedeki kaplama işlemleri tamamlanır ve gerekli ince işleri bitirilir. Doğru bağlantı teknikleri, detayları ve koruma ile sağlam, uzun ömürlü ve rijit bir bambu konut oluşturulur [Şekil 13.15].



Şekil 13.14. Temel, dikme, kiriş ve çatıya ait bağlantı detayları [35]



Şekil 13.15. Bambu konutun oluşturulması [35]

2.1.Acil Barınma Konutunda Bambunun Kullanımı

Doğal afetler, savaşlar veya diğer kriz durumlarında insanlar acil barınma ihtiyacıyla karşı karşıya kalmaktadır. Bu tür olaylarda hızlı, sürdürülebilir ekonomik çözümler büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda bambu sahip olduğu özellikleri ile yenilikçi bir malzeme olarak acil barınak yapımında ön plana çıkmaktadır. Bu noktada bambuyu avantajlı duruma getiren sahip olduğu özellikler şunlardır;

- Bambu basit çerçeve sistemde yapı inşaatına uygun olup, diğer malzemelerle kolayca birleştirilebilir.
- Modüler tasarım anlayışı ile afet bölgelerinde taşınabilir, birleştirilebilir özelliği ile kolay yapı üretimi sağlar.
- Mekanik ve anatomik yapısı ile fiziksel çevre koşullarına karşı direnç gösterir.

Bu avantajları ile bambu afet bölgelerinde hızlı inşa edilen, insanların ihtiyaçlarına cevap verebilecek konutların yapımında kullanılan yapı malzemesi olarak değer kazanmaktadır. Birçok ülkede, bambu barınaklar afet sonrası iyileşme süreçlerinde başarıyla kullanılmaktadır. Örneğin, Asya'nın bazı bölgelerinde deprem ve sel sonrası bambudan yapılan geçici barınaklar hızlı bir şekilde hayata geçirilmiştir. Bu kapsamda çalışmada bambu malzemeden yapılmış acil barınma ihtiyacını karşılamak amacı ile tasarlanmış bambu afet konutları incelenmiştir [Tablo 13.1, 13.2, 13.3, 13.4].

Tablo 13.1. BB (Blooming Bamboo) evi [42, 43, 44, 45]

<p>Tasarım: H&P Architects Yıl: 2013 Yer: Vietnam</p>	<p>BB Home, Vietnam'ın şiddetli ve yağmurlu hava olaylarına karşı insanların barınma sorunlarına karşı çözüm olarak tasarlanmıştır.</p>
<p>Malzeme Yapı tamamen bambu kullanılarak inşa edilmiştir. Yerel olarak yetişen bambular, çevresel sürdürülebilirlik göz önüne alınarak seçilmiştir.</p>	
<p>Tasarım Yapının duvarları, binayı havalandırmak için dışa katlanabilmekte, ayrıca tavanın bölümleri, hava durumuna bağlı olarak açık veya tamamen kapalı olacak biçimde tasarlanmıştır. Yerel yapı, 25 gün kadar kısa bir sürede monte edilebilir ve çeşitli yerel iklimlere ve alanlara uyacak şekilde adapte edilebilir tasarlanmıştır.</p>	
<p>Yapım Yapı, çerçeve sisteminde bambu iskeleti ile oluşturulmuştur. Çerçeveler, bambunun doğal esnekliği sayesinde deprem ve rüzgara karşı dayanıklı hale getirilmiştir. Bambu taşıyıcı elemanlar, birleşim noktalarında çelik bağlantı elemanlarıyla güçlendirilmiştir. Blooming Bamboo Home'un duvarları, zemini ve çatısında sıkıştırılmış bambu kamışı ve bambu lif levhaları ile hindistancevizi yaprakları kullanılmıştır. Zemin, sele karşı yerden yükseltilmiştir</p>	

Tablo 13.2. Nepal'de deprem sonrası yapılan geçici barınaklar [46]

<p>Tasarım: Charles Lai, Takehiko Yıl: 2015 Yer: Nepal</p>	<p>2015 Nepal depremi sonrası birçok uluslararası kuruluş, bölgede bambu kullanarak geçici barınaklar inşa etmiş ve binlerce ailenin barınma ihtiyacını karşılamıştır.</p>
<p>Malzeme Bambu çerçeveler, çinko levhalar ve yerel dokuma malzemelerle kaplanarak hafif ancak sağlam yapılar oluşturulmuştur.</p>	
<p>Tasarım Hızlı bir şekilde monte edilip sökülebilen modüler tasarımlar üretilmiştir. Yağmur sularının etkisinden korunmak için yükseltilmiş döşeme ve çatıda metal ve su geçirmez malzeme kullanılmıştır. 18 m²'lik barınma birimleri 2-3 gün içinde inşa edilmiştir.</p>	
<p>Yapım Bambu çerçeve sistem ile yapının iskeleti oluşturulmuştur. Dış kabukta metal saç ve bambu şeritler kullanılmıştır.</p>	

Tablo 13.3. Ekvador'da deprem acil barınma konutu [47,48]

<p>Tasarım: Shigeru Ban Yıl: 2016 Yer: Ekvador</p>	<p>2016'da Ekvador'da meydana gelen depremden kurtulanların acil barınma ihtiyacını karşılamak için Shigeru Ban tarafından tasarlanmıştır.</p>
<p>Malzeme Yerel malzeme bambu ve saz kullanılmıştır.</p>	
<p>Tasarım Basit tekniklerle hızlı bir şekilde inşa edilebilen tasarım yerden yükseltilmiştir. 20 m²'lik barınma birimleri çok kısa sürede inşa edilmiştir.</p>	
<p>Yapım Yapının temeli plastik kasa ve kum torbalarından oluşturulmuştur. Yapısal bambu çerçeve sistem kurulmuş ve bambu şeritler ile duvarlar yapılmıştır. Çatı kaplaması sazdır.</p>	

Tablo 13.4. Pakistan'da deprem acil barınma konutu [49, 50]

<p>Tasarım: Yasmeen Lari Yıl: 2018 Yer: Pakistan</p>	<p>2018 yılından itibaren Pakistan'ın sel, deprem gibi felaketlerde acil barınma ihtiyacını karşılamak için tasarlanmış barınaklardır.</p>
<p>Malzeme Yerel malzeme bambu ve saz kullanılmıştır. Siva malzemesi toprak ve kireçtir.</p>	
<p>Tasarım Basit tekniklerle hızlı bir şekilde inşa edilebilen tasarım yerden yükseltilmiştir. 20 m²'lik barınma birimleri çok kısa sürede inşa edilmiştir.</p>	
<p>Yapım Yapının temeli plastik kasa ve kum torbalarından oluşturulmuştur. Yapısal bambu çerçeve sistem kurulmuş ve bambu şeritler ile duvarlar yapılmıştır. Çatı kaplaması sazdır.</p>	

SONUÇLAR

Bambu sahip olduğu özellikleri ile sürdürülebilir yapı malzemesi kapsamında geçmişte olduğu gibi günümüzde de değer kazanan bir malzemedir. Geleneksel yapım yöntemleri ile üretimde, çok detay ve işçilik gerektirmeyen, inşaat yapımına uygun ve dayanımı yüksek bir malzemedir. Özellikle acil konut ihtiyacının karşılanması amacıyla birçok projenin içinde yer almaya başlamıştır. Bu bağlamda bambu barınaklar, birçok ülkede afet sonrası iyileşme süreçlerinde kısa sürede binlerce aileye barınma imkanı sağlamıştır. Bambu acil barınma ihtiyaçlarına yönelik düşük maliyetli, dayanıklı ve çevre dostu çözümler sunarken, doğru planlama ve tasarımla, bu doğal malzeme kullanımı ile yalnızca geçici değil, uzun vadeli sürdürülebilir yapılar için de etkili bir kaynak olabilir.

KAYNAKÇA

- [1] APN, 2014. Bamboo: Green Construction Material in India. Retrieved from https://www.devalt.org/images/L2_ProjectPdfs/Resource_Efficiency_Publications_Catalogue_DA.pdf
- [2] Das, A., Sarkar, S., (2018). Importance of Bamboo in Building Construction, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), Volume: 05 Issue: 06.
- [3] Vogtländer, J., G., ve Van der Lugt, P., (2014). The Environmental Impact of Industrial Bamboo Products: Life-cycle Assessment and Carbon Sequestration. Design for Sustainability Program, Delft University of Technology, INBAR Technical Report No. 35.
- [4] Vorontsova, M., S., Clark, L., G, Dransfield, J., Govaerts, R. and Baker W.J., (2016). World Checklist of Bamboos and Rattans. Science Press, Beijing.

- [5] Paridah, M. T., (2013). *Bonding with Natural Fibres* (1st ed.). Serdang, Malaysia: Universiti Putra Malaysia Press.
- [6] Watanabe, M., (1986). A Proposal on The Life from of Bamboos and The Ecological Typification of Bamboo Forests, XVIII IUFRO (International Union of Forestry Research Organization) World Congress, Ljubljana, Yugoslavia, Bamboo Production and Utilization, 94-98.
- [7] <https://www.bambooland.com.au/growing-guides/planting-and-growing-bamboo/>
- [8] Van Dam, J. E., Elbersen, H. W., & Montaña, C. M. D. (2018). Bamboo production for industrial utilization. *Perennial grasses for bioenergy and bioproducts*, 175-216.
- [9] Emamverdian, A., Ding, Y., Ranaei, F. and Ahmad, Z. (2020) Application of Bamboo Plants in Nine Aspects. *The Scientific World Journal*, <https://doi.org/10.1155/2020/7284203>
- [10] Borowski, P. F., Patuk, I., & Bandala, E. R. (2022). Innovative Industrial Use of Bamboo as Key "Green" Material. *Sustainability*, 14(4), 1955. <https://doi.org/10.3390/su14041955>
- [11] Zhang H, Zhong J, Liu Z, Mai J, Liu H, Mai X (2021) Dyed bamboo composite materials with excellent anti-microbial corrosion. *Adv Compos Hybrid Mater* 4(2):294-305. <https://doi.org/10.1007/s42114-020-00196-8>
- [12] López, O., H., (2003). *Bamboo: The Gift of the Gods*, Oscar Hidalgo López, University of Minnesota, ABD.
- [13] http://www.completebamboo.com/bamboo_anatomy.html, Bamboo Biology -Morphology, Structure, and Anatomy. (05.09.2024)
- [14] Dunkelberg, K., (1985). *Bamboo as a Building Material*, Institute for Lightweight Structures, University of Stuttgart, Germany.
- [15] <http://www.bamboocraft.net/bamboo/showphoto.php?photo=2809&size=big>
- [16] Gangwar, T. ve Schillinger, D., 2019. Microimaging-Informed Continuum Micromechanics Accurately Predicts Macroscopic Stiffness and Strength Properties of Hierarchical Plant Culm Materials, *Mechanics of Materials*, 130.
- [17] Yu, X., 2007. *Bamboo: Structure and Culture*, Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Grades, der Universität Duisburg-Essen, Germany.
- [18] <http://www.bamboocraft.net/bamboo/showphoto.php?photo=2809&size=big>, Bamboo Flora & Fauna from Around the World.
- [19] <http://www.shweeashbamboo.com/Bamboo%20Care%20and%20Maintenance.htm>, Bamboo Care and Maintenance.
- [20] Bayraktar Marangoz, D., 2019. Fotoğraf Arşivi.
- [21] <https://www.alamy.com/green-bamboo-forest-bamboo-leavesimage257012011.html>
- [22] <https://en.yna.co.kr/view/PYH20200708034200315>, Bamboo Flowers.
- [23] <https://researchmatters.in/news/what%E2%80%99s-bamboo-fruit-researchersfind-out>, What's in a Bamboo Fruit? Researchers Find Out.
- [24] <https://www.humanitarianbamboo.com/>
- [25] <https://www.architectural-review.com/buildings/bamboo/building-with-bamboo-trans-himalayan-practices> (27.09.2024)

- [26] <https://www.thedesigsheppard.com/biophilic-design/how-to-use-biophilic-design-materials-in-your-interior-design-project> (26.09.2024).
- [27] Brady, S. ve Schmidt, U., (2007). Magical Bamboo. Woodcraft Magazine, Vol.3, Issue 15.
- [28] Nwoke, O. A., ve Ugwuishiwu, B .O., (2011). Local Bamboo And Earth Construction Potentials For Provision Of Affordable Structures In Nigeria. International Journal of Sustainable Construction Engineering & Technology, Vol 2, Issue 2.
- [29] <https://www.wilsonbrosgardens.com/propagation-of-bamboo-plants.html> (02.10.2024)
- [30] NMBA,TIFAC, DST, (2006). Preservation of Bamboo , Government of India, New Delhi.
- [31] Kaminski S., Lawrence A., Trujillo, D. ve King C., (2016). Structural Use of Bamboo. Part 2:Durability and Preservation, The Structural Engineer, 94,10,38-43.
- [32] <https://www.archdaily.com/1001680/how-to-build-with-bamboo-4-basic-structural-systems> (16.10.2024)
- [33] Krawczuk, K., (2013). Bamboo as Sustainable Material for Future Building Industry,7th Semester Bachelor Dissertation, Bachelor of Architectural Tecnology and Construction Management, KEA, Denmark.
- [34] Hodgkin D., (2009). Humanitarian Bamboo: A Manual on The Humanitarian Use of Bamboo in Indonesia, Humanitarian Benchmark Consulting, Indonesia.
- [35] <https://www.slideshare.net/MaxVerhoeven/bamboo-presentation-natuurlijk-bouwen-kun-jij-ook-16-juni-juan-carlos-gaviria-moreno-max-verhoeven> (26.10.2024)
- [36] De Vries, K. S., (2002). Bamboo Construction Technology for Housing in Bangladesh. M. Sc. Thesis in Technological Development Studies, Faculty of Technology Management, Eindhoven University of Technology, The Netherlands.
- [37] Ahmed, K., I., (2005). Handbook on Design and Construction of Housing for Flood-Prone Rural Areas of Bangladesh ,93, Asian Disaster Preparedness Center (ADPC), Bangladesh
- [38] <https://www.guadabamboo.com/blog/drying-bamboo-poles> (04.10.2024)
- [39] http://www.koolbamboo.com/bamboo_poles.html (04.10.2024)
- [40] <https://safarithatch.com/products-2/tropical-architectural-decorative-materials/flat-bamboo-slats/> [26.11.2024.]
- [41] <https://farangtofalang.wordpress.com/2013/04/23/building-with-bay/> (08.11.2024)
- [42] <https://www.homedsgn.com/2013/04/20/blooming-bamboo-by-hp-architects/>
- [43] <https://www.dezeen.com/2013/09/25/blooming-bamboo-house-by-h-and-p-architects/>
- [44] <https://www.archdaily.com/431271/bb-home-h-and-p-architects> (12.11.2024)
- [45] Bayraktar Marangoz, D., Sürdürülebilir Yapı Malzemesi ve Yapı Elemanı Olarak Bambunun Kullanımına Yönelik Bir Model Önerisi: Doğu Karadeniz Örneği, Yüksek Lisans, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2021.
- [46] https://www.archdaily.com/769890/temporary-shelter-in-nepal-charles-lai-plus-takehiko-suzuki?ad_medium=office_landing&ad_name=article (15.10.2024)
- [47] <https://shigerubanarchitects.com/works/disaster-relief/ecuador-paper-temporary-house/> (15.10.2024)
- [48] <https://worldarchitecture.org/architecture-news/cvzvf/shigeru-ban-to-present-his-first-australian-project-at-scaf-with-two-new-installations.html> (22.10.2024)

[49]<https://www.archdaily.com/1010265/yasmeen-lari-sets-out-to-build-one-million-flood-resistant-homes-in-pakistan-by-2024> (25.10.2024)

[50]<https://worldarchitecture.org/architecture-news/enmnp/lari-octagreen-intbau-pakistan-s-prefabricated-bamboo-shelters.html> (14.11.2024)

YAZAR ÖZGEÇMİŞİ

Özlem AYDIN, Doç. Dr.

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Trabzon, Türkiye

ozlem.aydin@ktu.edu.tr

Özlem Aydın, 2001 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümünü bitirmiştir. 2005-2011 yılları arasında aynı bölümde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmıştır. 2004 yılında Yüksek Mimar ve 2011 yılında Doktor ünvanını almıştır. 2011 yılında KTÜ Mimarlık Bölümü'ne Öğretim Görevlisi Doktor olarak atanmıştır. 2023 yılında Doçent ünvanını almıştır. Fiziksel çevre denetimi, termal konfor ve enerji etkin tasarım konularında çalışmaktadır. Çok sayıda bilimsel kongre ve sempozyuma katılan Aydın'ın çalışma alanı ile ilgili ulusal ve uluslararası yayınları bulunmaktadır.

Didem BAYRAKTAR MARANGOZ, Doktora Öğrencisi

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Trabzon, Türkiye

archdidem94@gmail.com

Didem Bayraktar Marangoz, 2016 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümünü dereceyle bitirmiştir. 2017-2021 yılları arasında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mimarlık Anabilim dalı, Yapı Bilgisi Bilim dalında Yüksek Lisansını tamamlamıştır. 2022 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mimarlık Anabilim dalı, Yapı Bilgisi Bilim dalında Doktora eğitimine başlamıştır. Yapı malzemeleri, yapım teknikleri sürdürülebilirlik ve enerji verimliliği konularında çalışmaktadır.

14. Bölüm

DOĞU KARADENİZ BÖLGESİ KIRSAL MİMARİSİNDE AHŞAP MALZEME KULLANIMI

Selda AL ŞENSOY

^a Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Trabzon, Türkiye, 0000-0001-8459-7032

seldaal@ktu.edu.tr

SUMMARY

The relationship between architecture and materials determines many aspects of a structure, from its design and durability to its aesthetics and functionality. As a natural and renewable material, timber has held a significant place in architecture throughout history. With its lightweight, workability, and eco-friendly properties, timber has been a frequently preferred construction material, especially in rural areas. Its adaptability to various climatic conditions and aesthetic potential makes it functionally and visually valuable. The Eastern Black Sea region, with its geographical features and climatic conditions, provides an ideal setting for the use of timber. The abundance of forested areas in the region has facilitated easy access to timber for the local population, making it a fundamental element of vernacular architecture. Timber is extensively used in these structures as a primary structural component and in decorative details. In the vernacular architecture of the Eastern Black Sea region, timber is not only a functional element but also a cultural expression. In harmony with the region's rich vegetation, this material reflects the sustainability and integration with nature that characterize rural life. In this context, timber has been an indispensable part of the past and present of vernacular architecture in the Eastern Black Sea. This study examines the use of timber in vernacular architecture in the Eastern Black Sea region, supplemented by visual examples, under three main categories: structural elements, furniture, and ornamentation.

Keyword: Vernacular architecture, East Black Sea Region, timber material, culture.

Giriş

Estetik, fonksiyon ve teknoloji gibi faktörlerin bir araya geldiği mimarlık çok boyutlu ve oldukça karmaşık bir disiplindir. İlk başta tasarımcının zihinsel kurgusunda oluşmaya başlayan mimari ürünler, sonrasında çok çeşitli araçlarla tasarım sürecinden geçip gerçek bir ortamda malzeme ile hayat bularak fiziksel bir yapıya dönüşmektedir. Mimarlık ve malzeme ilişkisi, mimari tasarımın temel taşlarından biridir. Mimaride, estetik, işlevsellik ve çevresel faktörler vb. birçok unsuru dikkate alarak yapılar tasarlanırken, kullanılan malzemeler bu faktörlerin gerçekleştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Malzeme seçimi, tasarımların başarılı bir şekilde hayata geçirilmesinde ve kullanım sonrası süreçte çok kritik bir rol oynamaktadır. Doğru malzeme tercihi mimarların tasarımlarında iyi sonuç elde etmesine yardımcı olmaktadır. Malzemenin sahip olduğu genel özelliklerinin, sunduğu kullanım olasılıklarının, birey üzerinde yaratacağı psikolojik ve fiziksel etkilerinin iyi analiz edilip bilinmesi kullanıcının mekana olan aidiyet duygusuna, yaşam kalitesine ve çalışma performansına katkı sağlayacaktır.

Mimarlığın ana konusu olan mekanın oluşumunda ve tasvir edilmesinde; renk, doku, form, koku vb. birçok faktör önemli rol oynamaktadır. Fakat bu unsurlardan en etkili olan malzemedir [1]. Mimarının ayrılmaz bir parçası olan malzeme yapıya istenilen formu vermekte büyük rol oynamaktadır. Genellikle tasarımın konseptini veya temasını yansıtmak amacıyla seçilen malzemeler diğer taraftan dayanıklılık ve görsel kalite konusunda önemli görev üstlenmektedir [2]. Fiziksel bir eleman olmanın ötesinde malzeme, algılara da hitap etmekte, kullanıcıda farklı duysal izlenimler yaratabilmektedir [1]. Böylelikle malzeme, Vitruvius'un *venustas* (güzellik) ve *firmitas* (yapı) kavramlarıyla mimariye anlam ve estetik değer katmaktadır [2]. Diğer tasarımcılar gibi mimarlar da tasarım kararlarında kullanıcıların farklı duysal tepkilerini dikkate almalıdır. Bu durum özellikle malzeme tercihinde önem arz etmektedir [3]. Holl (19994)'e göre bir yemeğin lezzetinde kullanılan malzemelerin aroması ne kadar önemliyse mimari mekanın algılanmasında da seçilen malzemeler o kadar etkilidir. Bu bağlamda malzemenin mimariyi var eden, onun ayrılmaz bir parçası olduğunu söylemek mümkündür [4].

Uygun yapı malzemesinin seçiminde kalite ve nicelik büyük önem taşımaktadır. Strüktürel özellik ve yapısal davranışın yanı sıra, belirli malzemelerin sahip olduğu görsel etki yapılı çevrenin karakterinin oluşumuna katkı sağlar. Tasarımın uygulanacağı yer de malzeme seçiminde yardımcı olabilmektedir. Tasarım felsefesine uygun malzeme tercihi ile üretilen mimari ürünler sıradan bir yeri kutsal bir ortama dönüştürme gücüne sahiptir [2]. Yapının dokusunu ve maddi özünü oluşturan malzemeler, mimarlıkta bir atmosfer yaratır. Doğru malzeme kombinasyonları, mekânlarda arzu edilen ambiyansı oluşturmada önemli bir görev üstlenmektedir. Mimarlar, belirli bir duysal yanıt amaçladıklarında kullanılacak malzemelerin bu hedefe hizmet etmesini sağlamalıdır. Farrelly (2017)'ye göre tasarımcıların önceden inşa edilmiş yapılara veya malzemelerin tarihsel süreç boyunca nasıl kullanıldığına dair bilgiye sahip olması, malzeme sektöründeki gelişmeleri yakından takip etmesi malzemenin etkili bir şekilde kullanmalarına katkı sağlayacaktır [5]. Yapı malzemesi bazen tasarım felsefesinin yansıtılmasında, bazen ise tasarımdaki bir anlam veya işlevin kullanıcı tarafından algılanmasına yardımcı olabilmektedir. Tasarımcının malzeme seçimi kullanıcının bina içindeki yönelmesine destekleyici bir faktördür [6].

Malzeme mimaride çok boyutlu bir role sahiptir. Bir yapının görünümünü ve estetik değerini belirleyen en önemli unsurlardan biri olan malzeme, dokuları ve renkleri ile mimari tasarımlarda kullanıcılar üzerinde farklı duygular yaratarak yapıların karakterini oluşturabilir. Ahşap gibi sıcak malzemeler, kullanıcıda rahatlama ve sıcaklık hissi yaratırken, beton soğuk ve endüstriyel bir atmosfer oluşturabilmektedir. Her malzeme, belirli işlevleri yerine getirme potansiyeline sahiptir. Örneğin, çelik yüksek dayanıklılık sunarken, cam ışık geçirgenliği ile mekanların aydınlatılmasını sağlar. Malzeme, bir yapının güvenliğini ve dayanıklılığını doğrudan etkileyebilmektedir. Doğru malzeme seçimi, yapının uzun ömürlü olmasını ve farklı

iklim koşullarına dayanabilmesini desteklemektedir. Ayrıca, mimaride kullanılan malzemeler yapıların çevreleriyle olan ilişkilerini de etkilemektedir. Doğal malzemeler çevreyle uyumlu bir bütünlük sağlarken, yapay malzemeler ise bazen soğuk ve yabancı bir his verebilmektedir. Sonuç olarak, malzeme, mimarinin merkezinde yer alır ve mimarların tasarım süreçlerinde dikkate alınması gereken en önemli faktörlerden biridir. Malzeme seçiminde, tasarımcı estetik ve işlevsellik arasında bir denge kurabilmelidir.

Geçmiş çok eskilere uzanan malzeme ve mimarlık ilişkisinin ilk görüldüğü yerin, yapımı yaklaşık M. Ö. 12.000'lere dayanan Göbeklitepe olduğunu günümüzdeki bulgulara dayanarak söylemek yanlış olmayacaktır. Göbeklitepe, Mısır Piramitleri ve Stonehenge gibi tarihin çok eski zamanlarında inşa edilmiş bu eserlerin taş malzeme ile hayat bulması ve günümüze kadar gelebilmesi mimari-malzeme ilişkisinin önemini sergilemektedir. Yukarıdaki örneklerde olduğu gibi ilk insanlar malzemeyi doğadaki haliyle, olduğu gibi kullanmışlar, fakat zamanla toplumların gelişmesi, ihtiyaçların değişmesi, artması, bilim alanındaki ilerlemeler ve benzer nedenlerden dolayı malzemeler de zaman içerisinde evrim geçirerek günümüzde yüksek teknoloji ürünlerine dönüşmektedir. Her ne kadar teknolojik gelişmeler sonucu inşaa sektörü için hızlı üretilen, uzun ömürlü, dayanıklı vb. özelliklere sahip malzemelerin kullanımı yaygın olsa da doğal yapı malzemeler yerini tarihin her döneminde korumaktadır. Toprak, kil, kum, taş, ahşap, saman, kerpiç, bambu yaygın kullanılan doğal malzemelerdir. Bu malzemelerin her biri kullanım alanına göre üstün özellikler sergilemektedir, fakat bunlar arasından ahşap sahip olduğu hem fiziksel özellikler hem de kullanıcı üzerinde yarattığı olumlu psikolojik etkileri ile diğerlerinden farklı bir konuma sahiptir. Çok eski bir doğal yapı malzeme türü olan ahşap tarih öncesi çağlardan günümüze, gelenekselden modern mimariye, kaveladan taşıyıcı elemana çok geniş bir kullanım alanına sahiptir. Teknolojik gelişmelerin az olduğu eski zamanlarda ahşap, inşa sektörünün birçok probleminde çözüm sunan, bu nedenle de çok tercih edilen bir malzemedir. Önemli bir mimari kültür mirasına sahip ülkemizin yedi bölgesinde de ahşap, geleneksel mimaride çok sık rastlanan bir malzeme olmuştur. Özellikle bol yağışlardan beslenen gür ormanlara sahip Doğu Karadeniz Bölgesi'nin kırsal mimarisinde ahşap, taş ile kullanılan temel yapı malzemelerindedir. Buradan yola çıkarak çalışma kapsamında kitabın da ana konusu olan 'ahşabın' kullanım alanlarının Doğu Karadeniz Bölgesi kırsal mimarisi bağlamında ele alınıp, örnekler üzerinden irdelenmesi amaçlanmıştır.

1. Yapı Malzemesi Olarak Ahşap

Yüzyıllardır mimarlıkta önemli bir konuma sahip olan ahşap tarih boyunca yapıların temel bileşenlerinden biri olmuştur. İlk insan yerleşimlerinden günümüze kadar, ahşap hem yapı malzemesi hem de sıcak bir yaşam alanı sağlamak için kullanılmıştır. Günümüzde ise çevre bilincinin artmasıyla birlikte ahşap, modern mimaride yeniden değer kazanmıştır. Belirli tasarımlarda ahşap, estetik bir tercih olmasının yanı sıra çevresel etkileri minimize eden sürdürülebilir bir seçenek olarak ön plana çıkmaktadır.

Marc-Antoine Laugier, 1753'te yayımladığı *Essai sur l'Architecture* eserinde, "ilkel barınağın" mimarinin temel yanıtı olduğunu belirtmiştir. Bu tanımın mimarlıkta ilk kuram olup olmadığı tartışmalı olsa da, ahşap her zaman en temel inşaat malzemesi olarak kullanılmıştır. İnsanlar, binlerce yıldır basit aletlerle ahşabı kesip şekillendirerek, türüne ve kalitesine bağlı olarak çeşitli mimari ve sanatsal yapılar geliştirmişlerdir. Ahşabın çeşitliliği ve güzelliği, hem işleme becerisine hem de elde edildiği yer ve türüne bağlıdır [7].

Bir yapının iskeletinden duvar kaplamalarına kadar her aşamada kullanılabilir ve üretim sürecinde minimum fire veren, estetik açıdan zengin olan ahşap, türüne göre çeşitlilik sunar ve zamanla doğal bir güzellik kazanır. Kuşlama, cilalama, renklendirme gibi farklı bitim teknikleri sayesinde geniş bir kullanım esnekliği sağlar. Ahşap mimarisi genellikle doğal

kaynakları bol olan ülkelerle ilişkilendirilse de, sürdürülebilir ve çevre dostu yapı anlayışının artmasıyla dünya genelinde yaygınlaşmaktadır. Ahşap kullanımı, geleceğin akıllı ve ekolojik evlerinin temelini oluşturmaktadır [5].

Ağaçların gövde ve dallarından elde edilen sert ama aynı zamanda lifli, doğa kaynaklı ve sürdürülebilir bir malzeme olan ahşap insanoğlunun kullandığı en eski yapı malzemelerindendir. Diğer taraftan da teknolojik gelişmeler sonucu en modern malzemelerden biri haline gelmiştir. Dünya genelinde en sık rastlanan ve çeşitli kullanım alanlarına sahip ahşap, çay kaşığından sandalyeye, gemiden köprü yapımına çok farklı ölçeklerde kullanılmakta, mimaride de fazla tercih edilmektedir [8]. Ahşap, yangına dayanıklı olması, avantajlı yapısal özellikleri nedeniyle yapı malzemesi olarak yaygın kullanılmaktadır.

İnsan faaliyetleri kaynaklı iklim değişikliği ve artan nüfus, günümüzde dünyanın karşı karşıya olduğu iki büyük sorundur. Bu sorunlar, 21. yüzyılda hem yapı sektörü hem de kentler düzeyinde sürdürülebilirlik üzerine çalışmaların hız kazanmasına neden olmuştur. Nüfusun artması, kentlerdeki alan yetersizliğini gün yüzüne çıkarmış ve bunun sonucunda yapılaşmanın dikey yönde büyümesine yol açmıştır. Bununla birlikte, teknolojik ilerlemeler sayesinde, dikey yapılaşmalarda da sürdürülebilir ve yenilikçi çözümler uygulanabilir hale gelmiştir [9]. Bu yeni tasarım yaklaşımları, çevresel etkisi düşük ya da orta düzeyde olan yapı malzemelerinin önemine dikkat çekerek, ahşap gibi yenilenebilir malzemelerin kullanımının yaygınlaşmasını sağlamıştır [10]. Sürdürülebilir bir yapı malzemesi olarak ahşaptan imal edilmiş yapısal elemanlar söküldüğünde yeniden kullanılabilir veya geri dönüştürülebilir. Eski binalardan sökülen ahşaplar, başka yapılarda, donatılarda, çeşitli ölçekteki aksesuarlarda yeniden değerlendirilerek doğanın korunmasına, malzemenin sürdürülebilirliğine katkı sağlamaktadır. Diğer taraftan ahşap esaslı malzeme üretiminde yeni teknolojilerin ortaya çıkışı, ahşabı yüksek teknoloji ürününe dönüştürmekte, bu nedenle de günümüzde mimarların tasarımlarında ahşabı her zamankinden daha sık kullandığı gözlemlenmektedir. Teknolojik ilerlemelerle ahşaba ilişkin kısıtlamalar aşıldıkça ahşap malzeme çelik ve betonla rekabet etmeye başlamıştır. Günümüzdeki yeni ahşap esaslı ürünlerin tasarım özellikleri, ahşap yapıların her zamankinden daha yüksek, daha geniş açıklıklı ve daha çeşitli formlara sahip olmasına olanak tanımaktadır [11, 12]. Ahşap, yüksek mekanik özellikleri ve hafifliği sayesinde ayrıcalıklı yerini sağlamlaştırmaktadır. Geliştirilmiş ahşap malzemeler yüksek basınç ve çekme mukavemetine sahip olması nedeniyle günümüzde her zamankinden daha yüksek binaların inşa edilmesini mümkün kılmaktadır. Bugün dünyanın birçok yerinde bu tür çok katlı ahşap yapılara rastlanmaktadır. Şu anda bu ahşap yapıların en yüksekleri Kanada'nın Vancouver kentindeki 18 katlı ve 53 metre yüksekliğindeki British Columbia Üniversitesi binasıdır [11].

Hafif bir malzeme olmasına karşın doğru kullanıldığında uzun ömüre ve dayanıklılığa sahip ahşap, türüne bağlı olarak dış mekânlarda kullanıldığında bile uzun süre yapısal bütünlüğünü koruyabilir. Diğer taraftan esnek bir yapıya sahip olması deprem gibi yatay yüklere karşı da dayanıklı olmasını sağlar [13, 14]. İnşaat sürecinde yapım süresi, projenin maliyetini, kaynak kullanımını ve yatırımın geri dönüş hızını doğrudan etkileyen bir faktördür. Daha kısa sürede tamamlanan projeler, hem yatırımcılara hem de müteahhitlere maliyet avantajı ve yapıların daha hızlı kullanımına açılmasını sağlar. İnşaat sürecinin uzunluğu, iş gücü maliyetini ve projedeki riskleri de artırabilir; bu nedenle zamanın etkin yönetimi açısından hafif malzemeli, kolay kurulumlu, prefabrik elemanlar inşa sektöründe önemli bir yere sahiptir. Bu bağlamda üretim süreçleri kısa ve basit olan, kurulumunda özel alet ve makinalar gerektirmeyen ahşap yapılar, tasarıma esneklik, depreme dayanıklılık ve kolay detay çözümleri sunması nedeniyle son zamanlarda oldukça fazla tercih edilmektedir. Hafif yapısı sayesinde ahşabın beton ve çeliğe kıyasla montajı kolaydır; iskele ve büyük ekipmanlar olmadan hızlı bir şekilde monte edilebilir. Kuru yapım yöntemi sayesinde her mevsim inşa edilebilir ve hata riski düşüktür [13, 15]. Ahşap, doğal güzelliği ve sıcaklığı ile mimaride estetik bir değer sunar. Doğal desenleri,

dokusu ve renk tonları, ahşabı hem modern hem de geleneksel yapılarda cazip bir malzeme haline getirir. Ayrıca ahşabın kolayca işlenebilmesi, kesilmesi, şekillendirilmesi ve birleştirilmesi konusunda tasarımcılara çeşitli yaratıcı formlar oluşturmalarında kolaylık sağlamaktadır.

İyi bir ısı yalıtım malzemesi olan ahşap, düşük ısı iletkenliği sayesinde iç mekanın sıcaklığını düzenler ve enerji verimliliğini artırır. Ahşap yapı elemanları, iç mekanların yazın serin, kışın ise sıcak kalmasına katkı sağlar. Ahşap, sadece ısı değil aynı zamanda elektrik ve titreşim yalıtımı konusunda da etkilidir. Elektriksel yalıtkanlığı sayesinde güvenli bir malzeme olarak kabul edilir ve titreşimleri emme yeteneği sayesinde mekanlarda daha stabil bir ortam sağlar. Ayrıca, ahşap, akustik performans açısından da avantajlı bir malzemedir. Ahşap, sesin yankılanmasını azaltır ve mekanların daha sessiz ve akustik açıdan dengeli olmasını sağlar. [16, 17, 18]. Bu özellik, ahşap malzemenin tiyatro salonları, konser salonları ve toplantı odaları gibi mekanlarda tercih edilmesine neden olmaktadır.

Ahşabın yapısal özelliklerinin yanında kullanıcının fiziksel ve ruhsal sağlığı üzerinde de oldukça önemli etkileri bulunmaktadır. Ahşap, doğal bir nem dengeleyici özelliğe sahiptir, bu da özellikle kuru veya çok nemli ortamlarda sağlıklı bir iç mekan iklimi yaratmaya yardımcı olabilir. Ayrıca ahşap yüzeylerin antibakteriyel özelliklere sahip olduğu da bazı araştırmalarla desteklenmektedir. Bu bağlamda, ahşap kullanımı, hava kalitesini iyileştirebilir ve nem dengesini sağlamaya yardımcı olabilir [10, 19]. Araştırmalar, doğal malzemelerin, özellikle de ahşabın, insanların stres seviyelerini düşürdüğünü göstermektedir. Ahşap kullanılan mekanlarda insanlar kendilerini daha sakin hisseder, kalp atış hızı ve kan basıncı gibi fizyolojik stres belirtilerinde azalma gözlemlenir [20, 21]. Ahşap, doğal dokusu, rengi ve dokusuyla mekanlara sıcaklık katan bir malzemedir. Soğuk ve sert yüzeylere kıyasla ahşap, kullanıcıya daha sıcak ve rahat bir his verir. Bu doğal malzeme, insanların kendilerini daha huzurlu ve güvende hissetmelerine yardımcı olur [22].

Doğal malzeme kullanımı, insan sağlığı ve yaşam kalitesine katkıda bulunarak, mimarların daha sağlıklı ve insan odaklı tasarımlar ortaya çıkarmalarını sağlar. Ahşap, estetikten dayanıklılığa, çevre dostu olmasından işlenebilirliğe kadar birçok özelliği ile yapı sektöründe değerli bir malzemedir. Hem geleneksel hem de modern mimaride yaygın olarak kullanılan ahşap, kullanıcıya doğal ve sıcak bir yaşam alanı sunarken, sürdürülebilir bir geleceğin de önemli bir parçasıdır.

2. Doğu Karadeniz Bölgesi Kırsal Mimarisi

Tarih boyunca birçok medeniyete ev sahipliği yapan Doğu Karadeniz Bölgesi, bu toplumların yüzyıllardır süregelen bilgi birikimlerinin ve eşsiz doğası ile uyumlu yaşam tarzının yansıması olarak Türkiye'nin en özgün ve dikkat çekici kırsal mimari dokularından birine sahiptir. Bölgenin kırsal mimarisi, yalnızca yöre insanının temel gereksinimleri karşılayan yapılar bütünü değil, aynı zamanda bölgenin doğal, kültürel ve tarihsel özelliklerini yansıtan bir kimliktir.

Doğu Karadeniz Bölgesi kırsal mimarisinin şekillenmesinde doğal çevre koşulları (örneğin topoğrafya, iklim, bitki örtüsü ve yönlenme), kullanılan yapı malzemeleri (geleneksel, teknolojik ve yerel malzemeler ile bu malzemelere dayalı yapı elemanları ve sistemler), ekonomik faktörler (üretim yöntemleri ve yapı teknolojisi) ile sosyo-kültürel yapı (gelenekler, yaşam tarzı, din, sosyal çevre ve tarihi bağlar) belirleyici bir etkiye sahiptir [23-26]. Bölgede genellikle bir vadi çevresinde yaşayan insanların, bitişik vadilerdeki topluluklarla neredeyse hiç etkileşimde bulunmaması, bu vadilerin adeta "kapalı kültür havzaları" olarak tanımlanmasına yol açmaktadır. Bu kapalı yapı, dış dünyadan gelen yeni malzeme, teknoloji ve fikirlerin köylere ulaşmasını büyük ölçüde engellemiştir. Özellikle denize dik ve sarp dağların oluşturduğu zorlu topoğrafya, kültürel iletişimi minimum düzeye indirerek

modern yapı malzemeleri ve tekniklerin öğrenilmesini zorlaştırmıştır. Yol yapımına ancak 1970'li yıllarda başlanabilmiş olması, bu izolasyonu daha da pekiştirmiştir [23, 27].

Doğu Karadeniz'in yoğun yağışlı ve nemli iklimi, yapı malzemesi seçiminde belirleyici bir etken olmuştur. Ahşap ve taş, bu koşullara uygunluğu nedeniyle bölgenin en çok tercih edilen malzemesidir. Nemli koşullar, kerpiç yapımını engellerken, tuğla nadiren kullanılmış, kiremit ise daha çok Rize ve Artvin çevresindeki köylerde görülmüştür. Dolma duvar tekniğiyle yapılan taş dolgulu, ahşap strüktürlü duvarlar bölgenin karakteristik özelliklerindedir. Ahşap ve taş genellikle birlikte kullanılsa da bazı yapılar yalnızca ahşap ya da taştan inşa edilmektedir. Kullanılan malzemeler arasında ahşap, taş, kireç, kil ve kum öne çıkmaktadır [28, 29].

Doğu Karadeniz'in bol su kaynakları ve gür ormanları, bölgenin kırsal mimarisinde ahşabın temel yapı malzemesi olarak kullanılmasını sağlamıştır. Kolay temin edilebilir ve işlenebilir olan ahşap, dayanıklılığı ve estetik özellikleriyle yapıların karakteristik unsurlarından biri haline gelmiştir. Neme ve suya karşı dayanıklı, kurtlanmaya dirençli ve kolay tutuşmayan özellikleriyle kestane ağacı, bölgenin en çok tercih edilen ahşap türlerinden biridir. Ancak ekonomik açıdan pahalı olması ve zamanla kararması kullanımını sınırlandırmıştır. Bunun yanı sıra ardıç, ladin, karaağaç, çam ve ceviz gibi ağaç türleri de yapı ve mobilya yapımında kullanılır. Çam, iç kesimlerde bol bulunması nedeniyle yaygındır; ceviz ise mobilya ve dolap yapımında tercih edilir [25, 29]. Ahşap, sabit donatılar, yapıların taşıyıcı dikme ve kirişleri, dolgu malzemeleri, iç bölme duvarları, iç kaplamalar, kapılar, pencereler, merdivenler ve çatılar dahil pek çok ögesinde kullanılmaktadır [23, 31]. Geçmişte tamamen geçme tekniğiyle yapılan ahşap yapılar, zamanla çivili yöntemlerin de kullanılmasıyla daha dayanıklı hale getirilmiştir. Ahşap malzeme yalnızca yapılarda değil, köprülerde, teknelerde, iç mimaride ve el sanatlarında da kendine yer bulmuştur [32].

Doğu Karadeniz kırsal mimarisinde ahşabın kullanımı, sadece mimari bir tercih değil, aynı zamanda çevresel bir gerekliliktir. Yerel malzemelerin kullanımı, yapıların çevreye uyumlu olmasını sağlamaktadır. Ahşabın doğal yalıtım özellikleri, enerji verimliliği açısından avantaj sunarken, malzemenin doğadan kolayca temin edilmesi sürdürülebilir bir inşaat sürecine olanak tanımaktadır. Ahşabın tekrar kullanılabilir ve kolay işlenebilir yapısı, atık miktarını azaltmakta ve kaynakların verimli kullanılmasını sağlamaktadır. Ayrıca, ahşap yapılar, kullanım ömürleri boyunca karbon depolama özelliği sayesinde çevresel etkileri olumlu yöndedir.

2.1. Doğu Karadeniz Kırsal Mimarisi: Yapı Türleri ve Özellikleri

Doğu Karadeniz kırsal mimarisi, bölgenin coğrafi, iklimsel ve kültürel özelliklerine göre şekillenmiş, işlevsellik ile estetiği bir arada sunan bir mimari geleneği yansıtır. Bu mimarinin yapı türleri, bölgedeki yaşam biçiminin ihtiyaçlarını karşılamak üzere çeşitlenmiştir. Konutlar, ahırılar, serenderler, fırınlar, samanlıklar (merek), değirmenler, köprüler, köy camileri ve yayla evleri gibi farklı işlevlere sahip yapı türleri, bölgenin mimari dokusunu oluşturmaktadır. Bu yapıların günümüze kadar ulaşan zenginliği, ahşabın geleneksel kullanımındaki işçilik ve işlevselliğin bir kanıtıdır. Ahşap, yapı türlerine göre farklı biçimlerde ve işlevlerde kullanılarak bu coğrafyaya özgü bir mimari kimlik oluşturmaktadır. Çalışmanın kapsamının ahşabın yapı malzemesi olarak bölgedeki kullanımının irdelenmesi olduğu dikkate alındığında ahşap malzeme kullanılan yapılara kısaca değinilmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir. Bu bağlamda aşağıda ahşap kullanımını içeren yapılara ilişkin açıklamalara yer verilmiştir.

Konut: Doğu Karadeniz kırsal mimarisinin en temel yapı türü olan evler, kullanıcılarının yaşam tarzına, sosyo-ekonomik durumuna ve çevresel koşullara uyum sağlayarak sade ve işlevsel

bir yapıya sahiptir. Çoğunlukla eğimli bir arazi üzerinde yer alan iki katlı bu evlerin üst katı yaşam alanı, alt katı ise genellikle taş malzemeyle inşa edilen depo veya ahır olarak kullanılır. Yaşama katındaki aşhane (mutfak), yemek pişirme, yeme-içme, oturma ve yıkanma gibi pek çok fonksiyona hizmet eden ana mekandır. Genelde penceresiz veya küçük pencereci olan bu mekan, dağ tarafına konumlandırılarak iklimsel koşullardan korunması amaçlanmıştır (Şekil 14.1).



Şekil 14.1. Doğu Karadeniz kırsal mimarisi konut örneği

Yatak odaları, vadi manzarasına bakan cephede bulunur ve mahremiyet ile kullanılabilirlik esas alınarak planlanır. Tuvaletler genelde evin dışında veya dışarıya bitişik tasarlanmıştır. Sürekli hareket halinde olan bölge halkının yaşamı, gündüz ve gece eylemleri ağırlıklı olarak zemin katta sürdürülmek üzere düzenlenmiştir. Doğa ile uyumlu, gösterişten uzak ve topoğrafyanın zorlu koşullarına karşın yöre halkının uzun yıllık deneyimlerine dayalı rasyonel çözümleri içeren bu yapıların mimarisi, insan ve çevre arasındaki uyumun somut bir örneğidir.

Serender: Bölgenin kırsal mimarisinde depolama amacıyla kullanılan, bölgenin coğrafi ve iklimsel zorluklarına uyum sağlamak için geliştirilmiş önemli yapı türlerindedir. Yerden dikmelerle yükseltilmiş olan bu yapılar, nemden koruma ve havalandırma sağlayarak yiyeceklerin uzun süre saklanmasını mümkün kılmaktadır. Kapalı ambar kısmı mısır, fasulye, meyve kuruları, patates, soğan, fındık ve turşu gibi gıda maddelerinin depolandığı ana alan iken, altındaki açık alan çok amaçlı kullanılabilir; odun depolamak, hayvan yemi kurutmak ya da gölgede dinlenmek gibi işlevler görür (Şekil 14.2).



Şekil 14.2. Doğu Karadeniz kırsal mimarisi serender örneği

Serenderlerin planları kare veya dikdörtgendir. Direk sayısına göre küçük (4 direkli), orta (6-8 direkli) ve büyük (10-12 direkli) serenderler olarak sınıflandırılır. Çardak düzenlemelerine göre de ön, tek taraflı, iki taraflı veya dört taraflı çardaklı türleri vardır. Çardak büyüklüğü, işlev ve ailenin ekonomik durumu ile ilişkilidir. Serenderler genelde evin yakınına inşa edilir ve yapımında kestane, ardıç ve ceviz gibi dayanıklı ahşaplar kullanılır. Taş zemin üzerine oturtulan dikmeler nemden korunmak için taş bloklarla desteklenir [33].

Konstrüksiyonda ahşap yığma ve karkas teknikleri kullanılır. Çivi yerine geçme sistemlerin yaygın olması, yapıların sökülüp yeniden inşa edilmesini kolaylaştırır. Sadece kilit ve menteşe gibi detaylarda dövme çiviler kullanılır. İnce işçiliği ve işlevselliği ile serenderler, hem mimari hem de kültürel açıdan Doğu Karadeniz'in karakteristik bir ögesi olarak öne çıkmaktadır.

Ahır: Doğu Karadeniz bölgesi kırsal, yerel halk için hayvancılığın önemli bir geçim kaynağı oluşturduğu yerlerdir. Bu nedenle, neredeyse her evin çevresinde hayvanların barınma ihtiyaçlarını karşılamak için inşa edilmiş ahırlar mevcuttur. Ahırlar, yörenin coğrafi özelliklerine bağlı olarak farklı konumlarda bulunabilmektedir. Örneğin, bazı yerlerde ahır, evin yaşam katının hemen altında konumlanır. Bu düzenleme, hayvanlardan gelen sıcaklığın üst kattaki yaşam alanını ısıtmasını sağlar. Bazı bölgelerde ise evden ayrı bir şekilde inşa edilerek samanlığın alt katında yer almaktadır. Bu durum, hem hayvanların bakımı açısından pratik bir çözüm sağlamakta hem de yerel mimari ile çevresel koşullara uygunluk açısından önemli bir rol oynamaktadır (Şekil 14.3).



Şekil 14.3. Doğu Karadeniz kırsal mimarisi konut altı ahır örneği

Fırın: Mevsimlere bağlı olarak elde edilen gıda maddelerinin kış boyunca bozulmadan saklanabilmesi için çeşitli işlemler yapılmaktadır. Buzdolabı veya derin dondurucu gibi teknolojik araçların bulunmadığı dönemlerde, besinlerin kurutularak saklanması yaygın bir yöntemdir. Özellikle yağışlı ve nemli bölgelerde güneş altında kurutma mümkün olmadığından, evlerin yakınında kesme taşlardan yapılmış fırınlar inşa edilmiştir. Bu fırınlar; mısır, fasulye, elma, armut, kabak gibi yiyeceklerin kurutulmasında ve çeşitli etkinliklerde ekme pişirmek için kullanılmaktadır (Şekil 14.4). Fırın yapımı için, yaklaşık 3x3 metre boyutlarında bir alan kesme taşlarla çevrilir ve içine moloz taş yerleştirilerek başlanır. İç kısmı düzgün kesme taşlarla kaplanarak bir kubbe formu oluşturulur. Fırının duvarları örülürken ön kısmında fırın ağızı olarak adlandırılan kemer biçiminde bir boşluk bırakılır. Fırın yakıldığında ağız kısmı ahşap bir kapak ile kapatılır. Fırının dış kısmı tamamlandığında, iç ve dış duvar arasında oluşan boşluk çamurla doldurularak yalıtım sağlanır. Fırın üstü genellikle toprak, sac veya başka malzemelerle kaplanır. Bazı fırınlarda baca boşluğu da bulunarak, hava sirkülasyonu sağlanır [28].



Şekil 14.4. Doğu Karadeniz kırsal mimarisi fırın örneği

Samanlık (Merek): Kırsal alanlarda hayvan yemlerini saklamak için kullanılan ikincil yapılardır. Hayvancılığın bölge ekonomisinde önemli bir yere sahip olması nedeniyle samanlıklar da kırsal mimaride yaygın olarak görülmektedir. Ahşap malzemeden yapılmaları ve kuru ot gibi kolay alev alabilir içerik barındırmaları nedeniyle konutlardan genellikle 20-30 metre uzağa inşa edilir. Arazinin eğimine göre yüksekliği değişen taş temeller üzerine oturtulan merekler, boyut ve kat sayıları açısından kullanım amacına göre çeşitlilik gösterir. Konut çevresindekiler genelde iki katlı olup, alt kat depolama, üst kat ise açık ve kapalı alanlardan oluşur. Kapalı bölüm kuru hayvan yemlerinin depolama alanıyken, dışa açık bölümde yaş otlar kurutulur. Çayır ve tarlalarda inşa edilen merekler ise depolanacak ürün miktarına bağlı olarak bir veya iki katlıdır [34, 35] (Şekil 14.5).



Şekil 14.5. Doğu Karadeniz kırsal mimarisi samanlık örneği

Değirmen: Bölgenin su kaynaklarının bolluğu, su değirmenlerinin yaygın olmasını sağlamıştır. Genellikle dere kenarlarına inşa edilen bu değirmenler, suyun gücünü kullanarak mısır, buğday gibi tahılları öğütmek için tasarlanmıştır. Ahşap ve taş malzemelerden yapılan bu yapılar, genellikle basit ve işlevsel bir tasarıma sahiptir (Şekil 14.6).



Şekil 14.6. Doğu Karadeniz kırsal mimarisi su değirmeni örneği

Akarsu vadilerindeki eğimli araziye, su çarkını döndürecek yeterli su düşüşünü sağlamak amacıyla yerel ustalarca yığma teknikle yapılan bu binaların taban alanı yaklaşık 3 m² civarındadır. İki kısımdan oluşan su değirmenlerinin alt katta taş bir temel üzerine kurulu su çarkı, üst katta ise taş veya ahşap malzemeden yapılan üretim bölümü bulunmaktadır. Üst örtüde geleneksel olarak kiremit kırma çatılar kullanılmaktadır [36]. Geleneksel su değirmenleri, kırsal yaşamda yalnızca tahıl öğütmede kullanılan bir araç değil, aynı zamanda köylülerin bir araya gelip sosyalleştiği önemli mekanlardı. Modern un fabrikalarının yaygınlaşmasıyla işlevlerini büyük ölçüde yitirmiş olsalar da, pek çok köyde kültürel miras niteliğinde görülerek restore edilip, turizme kazandırılmıştır.

Köprü: Doğu Karadeniz Bölgesi'nde köprüler, bölgenin ulaşımını düzenleyen ve yerleşimler arasındaki bağlantıyı sağlayan, yörenin coğrafyasına ve kültürel mirasına özgü önemli kırsal yapılar olarak öne çıkmaktadır. Engbeli topografya ve bol yağış, ulaşımı zorlaştırarak köprü ihtiyacını artırmıştır. Köprü yapımında bölgenin temel malzemeleri olan ahşap ve taş kullanılmış, böylece ahşap ve taş köprüler olmak üzere iki ana yapı türü ortaya çıkmıştır. Araştırmalara göre, bölgede çoğunlukla iki ayaklı, tek boşluklu taş kemer köprüler yaygındır. İklim koşullarına karşı daha dayanıksız olan ahşap köprülerin büyük kısmı yıkılmış, bu nedenle günümüzde daha az örneği bulunmaktadır. Buna karşın taş köprüler, dayanıklılıkları nedeniyle bölgede daha fazla sayıda varlığını sürdürmektedir [37, 38]. Çoğunlukla yaya geçişine yönelik inşa edilen bu köprüler, bölgedeki yerleşimler arasında ulaşımı kolaylaştırırken, tarım ve hayvancılık faaliyetlerini destekleyen önemli bir altyapı unsuru olmuştur. Bu köprüler yalnızca işlevsel değil, aynı zamanda estetik açıdan da dikkat çekicidir. Bölgenin mimari dokusuyla uyumlu olan köprüler, ahşap ve taş işçiliğinin zarif örneklerini sergilemektedir (Şekil 14.7).



Şekil 14.7. Doğu Karadeniz kırsal mimarisi ahşap köprü örneği [39]

Camii: Dini ibadetler için kullanılan toplumsal yapılar olarak öne çıkan köy camileri, bölgenin tarihi ve kültürel mirasının önemli örneklerindedir. Bazıları tamamen ahşap yığma tekniğiyle yapılmışken, bazıları da kâgır dış duvarlara sahiptir. Ahşap hem taşıyıcı sistemde, hem kapı pencere, merdiven vb. mimari öğelerde hem de mihrap, minber, vaiz kürsüsü gibi iç mekân elemanlarında kullanılmıştır. Ahşap destekli camiler 13. yüzyıldan başlayarak 20. yüzyılın başlarına kadar inşa edilmiştir. Arazi koşulları nedeniyle genelde küçük boyutlu ve tek katlı olan camiler, köylerdeki dağınık yerleşim düzeni içinde halkın toplanma merkezi olarak önemli bir rol oynamıştır. Camiler, aynı zamanda köy halkını cuma ve bayram namazlarında bir araya getiren, sosyal ve ekonomik ilişkilerin merkezi olan yapılar olarak işlev görmektedir [40, 41] (Şekil 14.8). Ahşap camilerin en belirgin özelliklerinden biri, yapımında kullanılan çantı tekniğidir. Bu teknik, ahşap elemanların bir araya getirilmesiyle oluşturulan bir yapı sistemidir. Çantı camiler, genellikle dikdörtgen planlı olup, ahşap kolonlar ve kirişlerle desteklenmektedir [41, 42].



Şekil 14.8. Doğu Karadeniz kırsal mimarisi ahşap cami örneği

Yayla evi: Doğu Karadeniz yaşam kültüründe yaylacılık faaliyetlerinin önemli bir yer vardır. Geçmişte nerdeyse her haneden birkaç kişinin veya tamamının büyükbaş hayvanlarıyla yaz aylarında köyden yaylaya bir şenlik havasında gerçekleştirdiği göçler günümüzde değişen yaşam koşullarıyla farklı bir boyuta evrilsen de yaylacılık faaliyetleri yine de devam etmektedir. Bu yayla kültürü, kırsal mimaride de kendine özgü bir yapı türü olan yayla evlerini beraberinde getirmiştir. Yaz aylarında yöre insanının hayvancılık ve tarım faaliyetlerini gerçekleştiren serin bir yaşam için kullandığı yayla evleri, geçici konaklama alanlarıdır. Yayla evleri genellikle taş temel üzerine inşa edilen, ana yaşama bölümü ahşap olan, küçük ve sade yapılardır. Çevreden toplanan taş ve ahşap malzeme kullanılarak yapılan bu meskenler yaz aylarında kullanılırken kış aylarında ise genellikle boş kalmaktadır (Şekil 14.9).



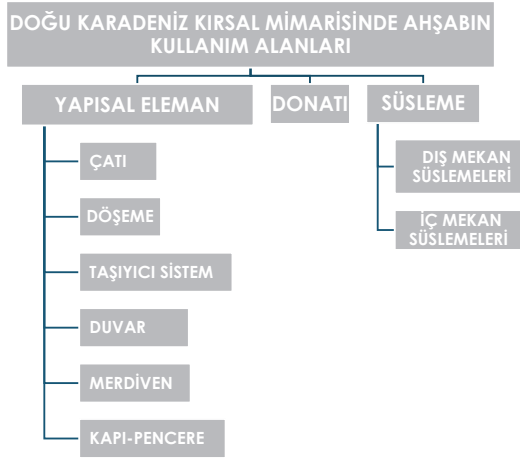
Şekil 14.9. Doğu Karadeniz kırsal mimarisi yayla evi örneği [43]

Doğu Karadeniz kırsal mimarisi, farklı yapı türleriyle bölge insanının yaşam ihtiyaçlarını karşılamakla kalmayıp, kültürel ve estetik bir değer de sunmaktadır. Bu yapıların çevreye uyumlu tasarımı ve dayanıklılığı, hem geleneksel bilgi birikimini hem de doğaya saygıyı yansıtmaktadır. Her biri ayrı bir işlevi yerine getiren bu yapılar, Doğu Karadeniz'in zengin mimari mirasının en önemli parçalarını oluşturmaktadır.

3. Bölgenin Kırsal Mimarisinde Ahşap Kullanımı

Doğu Karadeniz Bölgesi'nin eğimli ve dağlık arazisi, inşaat için doğal kaynakları en verimli şekilde kullanma gerekliliğini doğurmuştur. Bu bağlamda ahşabın hem yerel olarak temin

edilmesi hem de inşaatı ve taşınması nispeten pratik bir malzeme olması nedeniyle bölgenin kırsallarında yapı inşaatında oldukça yoğun kullanıldığı görülmektedir. Farrelly (2017)'ye göre ahşap ve ahşap ürünleri, pek çok alanda farklı amaçlarla kullanılabilir: bir yapının iskeletinin inşasından zemin ve duvar kaplamalarına, çatı yapımından merdivenler veya pencere çerçeveleri gibi işlevsel unsurların üretimine kadar geniş bir uygulama alanına sahiptir [5]. Bu kapsamda bölgenin kırsal mimarisi incelendiğinde ahşabın kullanım alanlarının genel olarak yapısal eleman, donatı ve süsleme gibi üç ana başlık altında gruplanabileceği sonucuna varılmıştır (Şekil 14.10). Çalışmanın bu bölümünde ise yukarıdaki sınıflama bağlamında örnekler eşliğindeki açıklamalara yer verilmiştir.



Şekil 14.10. Doğu Karadeniz kırsal mimarisinde ahşabın kullanımı alanları

3.1. Yapısal Eleman

Ahşap malzemenin bölgenin kırsal mimarisinde yapı elemanı olarak kullanıldığı alanlar altı başlık altında incelenmiştir. Bunlar; çatı, döşeme, taşıyıcı sistem, duvar, merdiven ve kapı-penceredir. Aşağıda bu elemanların ahşap malzeme ile ilişkisi örneklerle sunulmuştur.

Çatı: Doğu Karadeniz Bölgesi'nin geleneksel mimarisinde çatı sistemleri, iklim koşulları, yerel malzeme kullanımı ve yapısal gereksinimler doğrultusunda şekillenmiştir. Bu çatı sistemleri, hem estetik hem de işlevsellik açısından önemli özellikler taşımaktadır. Doğu Karadeniz'in yüksek yağış miktarları çatılardaki suyun hızlı bir şekilde tahliye edilmesini gerektirmektedir. Bu nedenle, çatıların genellikle eğimli ve suyu kolayca akıtabilecek şekilde tasarlandığı görülmektedir [44]. Ahşap bina yüzeyinin korunması ve yağmur sularının temelden uzaklaştırılması için çatı saçakları alabildiğine geniş tutulmuştur. Saçak genişlikleri yöreden yöreye değişebilmektedir [28]. Bölgedeki kırsal yapıların çatılarının konstrüksiyonu tamamen ahşaptan inşa edilmiştir. Özgüner (1970) çatı konstrüksiyonunu şu şekilde tarif etmektedir; "Duvarlar üst bağlama ile çepeçevre sarıldıktan sonra makas direkleri oturtulur ve makas ağaçları ile enlemesine bağlanır. Ortadaki makas direkleri üstleri omuz başı, kenardakiler ise kar bastı ile boylamasına birbirine bağlanır ve mertekler yerleştirilir." [32]. Bu bağlamda bölgede konuttan köprüye farklı yapı türlerinin çatılarının taşıyıcı sisteminde ahşap malzemenin benzer şekilde kullanıldığı görülmektedir. Konut ve caminin iç mekanlarında

genellikle çatının altında yine ahşaptan yapılmış bir döşeme veya tavan kapması yer aldığından ahşap taşıyıcı sistem detaylarının kısıtlı bir parçası çatının saçak kısımlarında görülmektedir. Bazı örneklerde de saçaklar ahşap malzeme ile kaplanmıştır (Şekil 14.11). Çatılarda kullanılan örtü malzemeleri ise kiremit veya ahşaptan olmaktadır [44]. Çatılarda ahşap kirişlerin üzerine genellikle ince tahtalar veya yöreye özgü "hartama" adı verilen ahşap kaplamalar döşenerek su geçirmez bir yüzey oluşturulmuştur. Modern dönemlerde ise bu kaplamaların üzerine sac levhalar veya kiremitler yerleştirilerek ahşabın korunması sağlanmaktadır. Fırın, köprü gibi diğer yapı türlerinin çatılarında ise ahşap konstrüksiyon net bir şekilde kendini göstermektedir. Ahşap köprülerde dikmeler üzerine oturtulan çatı, yapıyı olumsuz hava koşullarından korurken köprüye evlere özgün bir karakter katmaktadır. Özetlemek gerekirse ahşap, çatıda alt konstrüksiyon ve üst örtü malzemesi olarak kullanılmaktadır.



Şekil 14.11. İç ve dış ortamda çatıdaki ahşap detayları, 4;[45]

Döşeme: Bölgedeki yapıların bodrum kat döşemeleri taş malzeme veya sıkıştırılmış topraktan, üst kat döşemeleri ise ahşaptan yapılmıştır. Ahşap döşemeler, dairesel ya da dikdörtgen kesitli kirişler üzerine, 2.5-4 cm kalınlığında ve 1.5-2.5 cm genişliğinde tahtalar yerleştirilerek inşa edilir. Döşenecek alanın büyüklüğüne bağlı olarak kirişlerin yönü değişiklik göstermekle birlikte genellikle kısa kenara paralel konumlandırılmıştır. Serenderlerde ince fındık ya da komar dallarından örülmüş başka bir döşeme türüne rastlanır. Boşluklu bir yapıya sahip bu döşeme, iç mekanın havalanmasına ve üzerindeki mısırların dövuüldüğünde tanelerinin alt kısma düşmesine yardımcı olmaktadır [25, 29] (Şekil 14.12).



Şekil 14.12. Konut ve serenderden döşeme örnekleri

Taşıyıcı Sistem: Doğu Karadeniz kırsal mimarisinde düşey ve yatay taşıyıcı sistem genellikle ahşap çatma/iskelet/karkas yapım tekniklerinde kendini göstermektedir. Bu sistemde, yapı yükünü zemine ileten taşıyıcı elemanlar ahşap kolon (dikme), kiriş ve çapraz bağlantılardan oluşmaktadır. Yapının ahşap çatkılı ana gövdesi genellikle temel ya da depo/ahır olarak kullanılan yığma taş duvar üzerine inşa edilmektedir. Taş duvarın üzerine "taban kirişi" olarak adlandırılan ve köşeleri kurt boğazi tekniğiyle birleştirilen geniş ve kalın ahşap kirişler yerleştirilir [28]. Ahşap iskeletli yapım sisteminde taşıyıcı elemanlar duvar yapım tekniğine göre farklı özellikler göstermektedir, bu nedenle bu kısım duvarlar bölümünde daha detaylı ele alınmıştır. Ayrıca camilerin iç ve dış mekanlarında ahşap kolon ve kirişler mahfillin, son cemaat yerinin üst örtüsünün taşıyıcısı olarak da görev yapmaktadır (Şekil 14.13).



Şekil 14.13. Ahşap taşıyıcı sisteminden örnekler

Ahşap taşıyıcı elemanların en net görüldüğü yapı türlerinden biri de serenderlerdir. Ahşap karkas ve ahşap yığma tekniklerinin bir arada kullanıldığı serenderlerde, zeminde yer alan yastık taşlarının üzerine, köşeleri yarım geçme yöntemiyle birleştirilen taban ağaçları (seren) yerleştirilir. Tüm dikmeler taban ağaçlarına geçme tekniğiyle sabitlenir. Dikmelerin üst kısımlarına, 40-60 cm çapında ve 8-20 cm yüksekliğinde konik biçimli ahşap tekerler monte edilir. Tekerlerin üzerine, 10x15 veya 15x20 cm kesitinde olan ve direk başlığı olarak adlandırılan ana kirişler yerleştirilir. Bu kirişlerin üzerine yarım geçme yöntemiyle yerleştirilen kirişlemeler eklenir. Kirişlemeler konsol oluşturacak şekilde uzatılarak ambar bölümünün genişletilmesi sağlanır [46]. Serender direkleri, tabanda daha kalınken, tekerleklerin bulunduğu üst kısımda inceler. Köşelere çapraz olarak yerleştirilen ve "yanlama" (dirsek/çalman) adı verilen kalaslar, yapıya iki taraftan destek sağlar. Bu yöntem, dört köşede de uygulandığı için yapı yüksek bir dayanıklılık kazanır [47] (Şekil 14.14).



Şekil 14.14. Serender ve konstrüksiyon detayları

Duvar: Bölgedeki dış duvar yapım teknikleri yapının biçimini ve görsel karakterini belirleyen bir unsurdur. Taş, ahşap veya iki malzemenin birlikte kullanıldığı Doğu Karadeniz'in geleneksel dış duvar yapım teknikleri üç gruba ayrılır: ahşap yığma, taş yığma ve ahşap çatma/iskelet/karkas sistemler. İç duvarlar genellikle ahşaptan yapılır ve dış cephede kullanılan ahşap dolma sistemi iç mekanda da uygulanır. Bu bağlamda ahşabın yer aldığı duvar yapım tekniklerinin genel özelliklerine aşağıda değinilmiştir.

Ahşap yığma tekniği, köylerde ve yüksek rakımlı alanlardaki basit konut ve yardımcı yapılar için kullanılır. 2-5 cm kalınlığındaki tahtalar veya küfükler, köşelerde kurt boğazı geçme yöntemiyle birleştirilerek taşıyıcı duvarlar oluşturulur. Başka taşıyıcı eleman kullanılmaz, yük ahşap elemanlar aracılığıyla zemine iletilir. Kapı ve pencere boşlukları taşıyıcılığı zayıflattığı için bu alanlarda dikey destekler eklenir. Tüm duvarların birlikte örülmesi nedeniyle yapım süreci zordur ve bu yöntem büyük, çok mekanlı evlerde tercih edilmez [28] (Şekil 14.15).



Şekil 14.15. Ahşap yığma yapım teknikli duvarlara sahip yapı örnekleri [43]

Ahşap iskeletli (çatma/karkas) duvar yapım sistemi; ahşap dolma, göz dolma ve muskali dolma olmak üzere üç farklı yöntemle uygulanabilir. Aynı yapıda, bazen birden fazla dolma türünün bir arada kullanıldığı da görülmektedir. Ahşap dolma duvarlarda taşıyıcı dikmeler arasındaki dolgu malzemesi ahşaptır ve bölgelere göre 2,5-6 cm kalınlık, 25-35 cm aralığında değişen genişliktedir. Uzunluğu en az oda boyutunda olup, gerekirse giriş dikmelerle daha geniş alanlar kapatılabilir. Kıyı yerleşmelerinde yaygın olan göz dolma tekniği, ahşap ve taşın bir arada kullanıldığı bir duvar yapım yöntemidir. Ahşap dolma sisteminin yerine, büyük ağaçların azalmasıyla taş dolgu kullanılmaya başlanmıştır. Duvar yüzeyi 17-20 cm arayla önce 5x10 cm'lik düşey ahşap elemanlarla bölünür. Ortaya çıkan dikey boşluklarda 15-22 cm arayla yerleştirilen yatay ahşap parçalarla kare veya dikdörtgen bölmeler (gözler) oluşturur. Gözler, düzgün dere taşlarıyla doldurulup kireç harçla sıvanır. İç kısımlarda bağdadı siva veya ahşap kaplama yapılır. Pencere boyutları göz ölçütlerine göre belirlenirken, havalandırma gereken alanlarda bazı gözler boş bırakılır. Muskali dolma tekniği, 15-25 cm aralıklarla yerleştirilen 10x10 cm ahşap dikmeler arasına yaklaşık 60 derece açıyla konulan 5x5 cm ahşap parçalarla üçgen boşluklar (musk) oluşturur. Metal bağlayıcılar kullanılarak detay işlemler hızlandırılır, ancak bu sistemde sökülüp takılma özelliği yoktur. Pencere boşlukları daha esnek bir modülle ayarlanır ve dikdörtgen formdadır. Boşluklar, kırma taşlarla doldurulup kireç harcıyla tamamlanır. Ahşap ve muskali doku cephede estetik bir etki yaratır. Bu teknik, yapım sürecini hızlandıran bir yöntem olarak değerlendirilir [23, 32, 48, 49] (Şekil 14.16).



Şekil 14.16. Ahşap iskelet yapım teknikli duvarlara sahip yapı örnekleri

Merdiven: Katlar ve farklı kotlar arasındaki düşey sirkülasyon merdivenlerle sağlanır. Bölgede dış mekandaki farklı kotlar arasında yer alan merdivenler taş malzemeden inşa edilirken iç mekandaki merdivenler ahşap konstrüksiyona sahiptir. Bu iç mekandaki merdivenler genellikle döner yapıda olmakla birlikte, sahanlıklı iki kollu ya da tek kollu tasarımlar şeklinde de görülebilir [25] (Şekil 14.17).



Şekil 14.17. Ahşap merdiven örnekleri, 1; [50], 2,3;[51]

Kapı-Pencere: Geleneksel Karadeniz evlerinin giriş kapıları, özel mimari detaylara sahip olup genellikle çift kanatlıdır. Ana giriş kapıları 120-140 cm genişliğinde, bahçe kapıları ise tek kanatlı ve 80-90 cm genişliğindedir. Kapılar genellikle ahşaptan yapılırlar ve çoğunlukla aynalıdır. En çok özenilen kapı, ön cephedeki ana giriş kapısıdır ve üzerinde alınlık gibi dekoratif pencereler bulunur. Bu kapılar, arkalarındaki mimarinin niteliği hakkında ipucu verir. Karadeniz'in farklı bölgelerinde, sade veya bezemeli kapı tasarımları ve çeşitli kapı kolları (bronz döküm, demir tokmaklar) görülmektedir. Kapı üstü pencereler, kapıların algısını güçlendirir ve süsleme açısından zenginleştirir [25]. İç kapılar da dış kapılar gibi ahşaptan yapılmış olup genellikle çivi kullanılmadan, ahşap parçalarının birbirine kenetlenmesi ile inşa edilmiştir. Bu yöntem, kapının dayanıklılığını artırmaktadır. Tek ya da çift kanattan oluşan iç kapılar işlevsel özelliklerinin yanında bazı örneklerde görülen süsleme detaylarıyla da dikkat çekici bina öğeleridir (Şekil 14.18).



Şekil 14.18. İç ve vedış mekandan kapı örnekleri

Bölgedeki geleneksel evlerde pencereler genellikle dikdörtgen şeklinde olup, düşey sürme ya da kanatlıdır. Zemin kat pencereleri güvenlik amacıyla demir parmaklıklı yapılırken, bodrum katlarda ise dikkat çeken "frenk penceresi" adı verilen küçük havalandırma pencereleri bulunur [25]. Ahşap malzeme, cephede belli bir ritmik düzen oluşturan pencerelerin doğramalarında ve güvenlik amaçlı takılan kepenklerinde kullanılmıştır. Dış hava koşullarından dolayı bu öğelerin renklerinde oluşan kararma ise yaşanmışlığın, geçmişin izlerini taşımaktadır (Şekil 14.19).



Şekil 14.19. Ahşap pencere doğrama ve kepenk örnekleri

3.2. Donatı

Geleneksel Türk evlerinde odalara özgü iç mekân donatıları, mekâna entegre edilmiş veya mekânın bir parçası olarak tasarlanmış sabit mobilyalardan oluşur [52]. Doğu Karadeniz geleneksel mimarisi de mekânın çok yönlü kullanımını sağlayan işlevsel ve yerleşik donatıları içermektedir. Ahşaptan yapılan bu donatılar; yükükler, dolaplar, kapaklı ya da açık nişler, mutfak terekleri, sedirler, sekiler ve tavan altı raflarından oluşmaktadır. Odaların bir ya da iki duvarında yer alan gömme yükük ve dolaplar, depolama işlevinin yanı sıra bazı bölümleriyle gusülhane olarak da kullanılmaktadır. Sedirler, pencere önüne yerleştirilen, oturma ve yatma amaçlı kullanılan minderli sabit mobilyalarken, sekiler zemin alanının bir kısmının yerden yükseltilmesiyle oluşturulan oturma alanlarıdır. Pencere ve kapıların üstünden başlayarak tavana yakın bir seviyede, eşyaların konulması için odanın etrafını saran donatıya ise tavan altı rafı denilmektedir. Geleneksel evlerde, sedirler ve gömme dolaplar gibi sabit donatılar

sayesinde odalar, oturma, yatma, yeme-içme, yıkanma gibi farklı işlevleri bir arada gerçekleştirebilecek şekilde düzenlenmiştir (Şekil 14.20). Konutun dışında değirmenlerde (tahıl teknesi), camilerde (mihrap, minber, vaiz kürsüsü vb.), serenderlerde (dolap, raf) de ahşap donatılar yer almaktadır.



Şekil 14.20. Ahşap donatı örnekleri, 3; [50]

3.3. Süsleme

Doğu Karadeniz kırsal mimarisindeki ahşap iç ve dış mekan süslemeleri, yerel kültür, doğal çevre ve geleneksel işçilikle yoğrulmuş bir sanattır. Bölge mimarisinde ahşap süsleme, yörenin kültürel ve tarihi mirasını yansıtan önemli bir unsurdur. Ahşap, bu bölgede hem yapı malzemesi olarak hem de estetik bir ifade biçimi olarak kullanılmaktadır. Ahşap süslemeler, geleneksel motif ve desenlerle zenginleştirilmiştir. Bu motifler, bitkisel ve geometrik şekillerden oluşmakta ve bölgenin kültürel mirasını yansıtmaktadır. Bitkisel motiflerde; hayat ağacı, vazoda çiçek, lale en sık görülen motiflerken, geometrik çalışmalarda üçgen, baklava deseni, yıldız, çarkifelek gibi formlara rastlanmaktadır. Bu tür süslemeler, yapının estetik değerini artırmakta ve ziyaretçilerin dikkatini çekmektedir. Doğu Karadeniz'deki ahşap süslemeler, özellikle cami, ev ve serender gibi yapılar üzerinde kendini göstermektedir. Süslemeler bu yapı türleri bağlamında dış mekan ve iç mekan süslemeleri olarak iki başlık altında incelenmiştir.

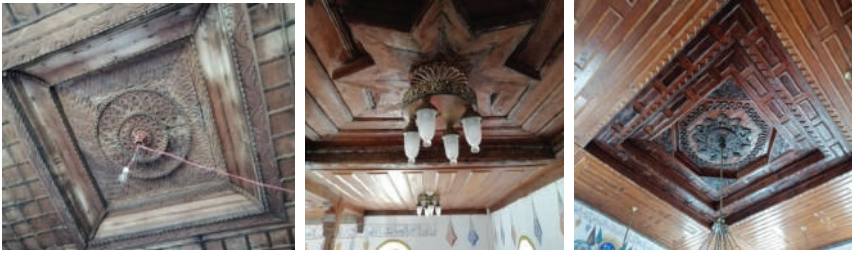
Dış Mekan Süslemeleri: Ahşap kirşlerde, kapı ve pencere kenarlarındaki çerçevelerde, açık sofa ve merdiven korkuluklarında, çatı kenarlarındaki kornişlerde, havalandırma pencerelerinde, kapılarda oyma-kabartma, kesme, yontma, birleştirme-çakma veya torna tekniği ile yapılmış bordür, pano vb. süslemeler oldukça yaygındır. Dış cephelerdeki süslemeler, yapının karakteristik özelliklerini vurgulamakta ve bölgenin kültürel kimliğini yansıtmaktadır (Şekil 14.21).



Şekil 14.21. Dış mekan süsleme detaylarından örnekler

İç Mekan Süslemeleri: Dış mekanda kullanılan süsleme tekniklerine ilaveten boyama yöntemini de içeren iç mekan süslemeleri tavan kaplamalarında, kapılarda, donatılarda, merdiven ve mahfil korkuluklarında belirgin bir şekilde görülmektedir.

Doğu Karadeniz'in geleneksel evlerinde tavanlar genellikle sade ve basit bir yapıya sahiptir. Odaların özelliklerine göre tavan kaplamaları değişkenlik göstermektedir. Bazı odaların tavanlarında ahşap hatlıların üzerine ince tahtalar yerleştirilirken bazı odalarda ise binili veya tek sıra çitallı ahşap tavan uygulamaları görülmektedir [53]. Ancak, denize yakın bölgelerde veya varlıklı ailelerin evlerinde bezemeli tavanlara rastlanabilir. Özellikle Sürmene, Fındıklı ve Çamlıhemşin'deki konaklar, boyalı ve vernikli bitkisel, geometrik veya farklı konulardaki süslemeleriyle dikkat çeker. Bazı evlerde ahşap kirişlerin açıkta bırakıldığı ters tavanlar, yalın ve net bir tasarım anlayışı sunar. Ayrıca, bölgeye özgü bir başka tavan türü olan tekne tavan ile yalnızca ortasında süs bulunan "tavan göbeği" tasarımlarına da rastlanır [25]. Konutlardakine benzer bir tavan tasarımı camilerde de görülmekle beraber genel olarak bu dini yapılarda tavanlar ortada kare içinde yer alan daire veya sekizgen göbek kısımlarına sahiptir. Bu tür tavanlar ahşap oyma-kabartma veya boyama tekniği ile bitkisel ve geometrik formlarla bezenmektedir [54] (Şekil 14.22).



Şekil 14.22. Camilerden ahşap tavan örnekleri

İç kapılar açıldıkları mekanın niteliğine göre bazen oldukça gösterişli bazen de yalın hatlara sahip olabilmektedir. Süslemeli kapılarda genellikle stilize edilmiş hayat ağacı, çiçek bezemeleri veya geometrik desenler bulunmaktadır. Konuttaki iç mekanın sabit donatılarında, camideki mihrap, minber, vaaz kürsüsü, mahfil köşkü üzerlerinde bölge ustalarının maharetli ellerinden çıkmış ahşabın sanata dönüştüğü çalışmalara sıkça rastlanmaktadır. Merdiven, mahfil gibi öğelerin kenarlarında genellikle torna tekniği ile yapılmış korkuluklar bulunmaktadır (Şekil 14.23).



Şekil 14.23. İç mekandan süsleme detayları

Kırsal mimarideki süslemeler halkın inançlarını, sanatsal zevklerini ve doğaya olan bağlılıklarını ifade eder. Bu unsurlar, yalnızca birer yapı detayı değil, aynı zamanda bölgenin kültürel kimliğini temsil eden önemli öğelerdir. Bu nedenle, Doğu Karadeniz kırsal mimarisi, bölge halkının belleğini ve kültürel sürekliliğini koruyan bir araçtır.

SONUÇLAR

Ahşap ve mimarlık arasındaki ilişki, tarihsel kökleri olan dinamik bir etkileşimdir. Ahşap, geçmişten günümüze mimarlara hem estetik hem de işlevsel olanaklar sunmuş, çağdaş dönemde ise sürdürülebilirlik ile birleşerek yeni bir boyut kazanmıştır. Doğal, sıcak ve esnek bir malzeme olan ahşap, mimarların yaratıcı tasarımlarını gerçekleştirmelerine yardımcı olmaktadır. Bu bağlamda, ahşap, sadece bir malzeme değil, aynı zamanda mimari tasarımın ruhunu yansıtan bir unsurdur. Ahşap, mimarlıkta hem geleneksel hem de modern uygulamalar için önemli bir malzemedir. Bu nedenlerle, ahşap hem geçmişte hem de gelecekte mimari tasarımlarda temel bir rol oynamaya devam edecektir.

Doğu Karadeniz kırsal mimarisi, coğrafyanın zorluklarını avantaja çeviren, doğayla uyumlu ve estetik bir mimari anlayışın ürünüdür. Bölgenin doğal kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı, geleneksel yapım teknikleri ve fonksiyonelliği bir araya getirerek, insan ve doğa arasındaki uyumu en iyi şekilde yansıtır. Bu mimaride ahşap malzeme, bölgenin doğal, kültürel ve ekonomik koşullarına uygun bir çözüm olarak temelden çatı kaplamasına kadar gerek taşıyıcı, gerek kaplama elemanı, gerekse görsel amaçlı olarak yüzyıllardır çeşitli şekillerde kullanılmış olduğu görülmektedir. Ahşabın sunduğu bu çok yönlü kullanım olanakları, Doğu Karadeniz kırsal mimarisini benzersiz kılan en önemli faktörlerden biridir. Ahşabın dayanıklılığı, kolay işlenebilirliği ve estetik özellikleri, onu bölgedeki yapıların vazgeçilmez bir unsuru haline getirmiş, hemen her yapı türünde kendine yer bulmuştur. Ekolojik ve sürdürülebilir özellikleri, modern yapı tasarımında da örnek alınabilecek niteliktedir.

Bölge mimarisi çevreyle uyum içinde bir yaşam tarzını temsil ederken, aynı zamanda Doğu Karadeniz'in zorlu coğrafi koşullarında sürdürülebilir bir yaşam modelinin nasıl geliştirildiğini de gözler önüne sermektedir. Bu bağlamda, bu mimari yalnızca bir yapı tarzı değil, bölgenin ruhunu, tarihini ve kültürünü yansıtan bir yaşam biçimidir. Bu yapı dokusunun korunması, bölgenin kimliğinin ve kültürel zenginliklerinin yaşatılması açısından hayati öneme sahiptir. Doğa ile uyumlu tasarımı, estetik değerleri ve sosyal anlamlarıyla, Doğu Karadeniz kırsal mimarisi, bölge için hem geçmişten bir miras hem de geleceğe bırakılacak bir emanettir. Günümüzde, modern yapılaşma ve göç gibi faktörler, Doğu Karadeniz kırsal mimarisini tehdit etmektedir. Geleneksel yapıların yerini betonarme binaların alması, bölgenin kimliğini ve doğa ile uyumlu yaşam biçimini tehlikeye atmaktadır. Bu nedenle, kırsal mimarinin korunması ve gelecek nesillere aktarılması büyük önem taşımaktadır. Koruma çalışmaları, yalnızca yapıları değil, aynı zamanda bu yapılarda kullanılan geleneksel teknikleri ve işçiliği de kapsamalıdır. Eğitim programları, restorasyon projeleri ve turizm faaliyetleri, bu kültürel mirasın korunmasında etkili araçlardır. Ayrıca, yerel halkın mimarinin korunması sürecine dâhil edilmesi, bu mirasa sahip çıkılmasını kolaylaştıracaktır.

KAYNAKÇA

- [1] Erçetin, A., & Erdemir, Z. (2021). The importance of the material in the space specific. *Journal of Interior Design and Academy*, 1(1), 49-64. <https://doi.org/10.53463/inda.2021vol1iss1pp49-64>.
- [2] Mishra, S. P., & Das, A. (2014). Building material: significance and impact on architecture, *ARCHITECTURE-Time Space & People*.

- [3] Wastiels, L., Schifferstein, H., Wouters, I., & Heylighen, A. (2013). Touching materials visually: About the dominance of vision in building material assessment. *International Journal of Design*, 7(2), 31-41.
- [4] Holl, S. (1994). *Questions of Perception: Phenomenology of architecture*. In S. Holl, J. Pallasmaa, & A. Pérez-Gómez (Eds.), *Questions of perception*. a+u Publishing. Tokyo, Japan.
- [5] Farrelly, L. (2017). *Mimarlıkta Yapım+Malzeme*, Çev. Derya Nüket Özer. İkinci Basım. Literatür Yayınları. İstanbul.
- [6] Soliman, O. A. (2013). Perception of building materials in architecture. *Journal of Engineering and Applied Science*, 60(6), 1-23.
- [7] Gagg, R. (2013). *İç Mimarlıkta Doku ve Malzeme*, Çev. Cansu Uçar. Literatür Yayınları. İstanbul.
- [8] Al Şensoy, S., & Yetim, E. (2023). Eğitim yapılarında ahşap malzeme kullanımı. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*. 19(1), 207-238. <https://doi.org/10.58816/duzceod.1162584>
- [9] Beceren Öztürk, R. (2022). Geçmişten Günümüze Ahşap ve Ahşap Yapılar. *Mimarlıkta Malzeme*, editör: Murat Dal. Lvre d Lyon, ss.261-290, Lyon, Fransa.
- [10] Nyrud, A. Q., & Bringslimark, T. (2009). Is interior wood use psychologically beneficial? a review of psychological responses toward wood. *Wood and Fiber Science*, 42(2), 202-218.
- [11] Żmijewki, T., & Wojtowicz-Jankowska, D. (2017). Timber-Material of the future-Examples of small wooden architectural structures. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 245, (8), 082019, 10.1088/1757-899X/245/8/082019
- [12] Güzel, N. & Yesügey, S. C., (2015).Yapı teknolojisi ve malzeme çapraz lamine ahşap (CLT) malzeme ile çok katlı ahşap yapılar. *Mimarlık*, 382, 60-65.
- [13] Stantec & Fast + Epp, (2018). *Wood Use in British Columbia Schools*. Forestry Innovation Investment, British Colombia.
- [14] Çelik, M. (2013). Ahşap Malzemenin İç Mekân Ve Mobilya Tasarımında Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi. Haliç Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [15] Avlar, E. (2000). Ahşabın yapı üretimindeki yeri. *Villa Dekorasyon Dergisi*, 5 (18), 68-71.
- [16] Aloisio, A., Pasca, D. P., De Santis, Y., Hillberger, T., Giordano, P. F., Rosso, M. M. & Bedon, C. (2023). Vibration issues in timber structures: A state-of-the-art review. *Journal of Building Engineering*, 76, 107098. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.107098>
- [17] Caniato, M., Marzi, A., da Silva, S. M., & Gasparella, A. (2021). A review of the thermal and acoustic properties of materials for timber building construction. *Journal of Building Engineering*, 43, 103066. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103066>
- [18] Caniato, M., Bettarello, F., Ferluga, A., Marsich, L., Schmid, C., & Fausti, P. (2017). Acoustic of lightweight timber buildings: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, 585-596. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.110>
- [19] Nyrud, A.Q., Bringslimark, T. & Englund, F. (2011). Wood use in a hospital environment: VOC emissions and air quality. *European Journal of Wood and Wood Products*, 70, 541-543.
- [20] Augustin, S., & Fell, D. (2015). Wood as a restorative material in healthcare environments. FPIInnovations, Erişim adresi <https://www.bcfii.ca/system/files/reports/public/woodrestorative-material-healthcareenvironments.pdf>. [21.01.2022].
- [21] Barista, D. (2010). Back to nature: Can wood construction create healthier, more productive learning environments? Erişim adresi <https://www.bdcnetwork.com/back-nature-canwood-construction-create-healthier-more-productive-learning-environments>. [26.09.2024].

- [22] Lowe, G. (2020). Wood, well-being and performance: the human and organizational benefits of wood buildings, Erişim adresi: <https://www.naturallywood.com/resource/wood-well-being-and-performance-the-human-and-organizational-benefits-of-wood-buildings/>. [30 Mart, 2022].
- [23] Sümerkan, M. R. (1990). Biçimlendiren Etkenler Açısından Doğu Karadeniz Kırsal Kesiminde Geleneksel Evlerin Yapı Özellikleri, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- [24] Erüzün, C. & Sözen, M. (1996). *Anadolu'da Ev ve İnsan*. Emlak Bankası Yayınları. İstanbul.
- [25] Başkan, S. (2008). Geleneksel Doğu Karadeniz evleri. *Erdem Dergisi*, (52), 41-90.
- [26] Lakot Alemdağ, E., Al Şensoy, S., & İsmailoğlu, S. (2022). Kültürel mirasın sürdürülebilirliği: Rize Kafdağı Konak Oteli örneği. *Art-E Sanat Dergisi*, 15(30), 1570-1601. <https://doi.org/10.21602/sduarte.1182998>
- [27] Sümerkan, M. R. (1991). Doğu Karadeniz'de Kırsal Kesim Geleneksel Ev Plan Tiplerinin Yöresel Dağılımı, *Türk Halk Mimarisi Sempozyumu Bildirileri*, Kültür Bakanlığı Halk Kültürünü Araştırma Dairesi Yayınları 148, Ankara.
- [28] Al Şensoy, S. (2022). Bir Kültür Mirası Olarak Doğu Karadeniz Kırsal Mimarisi. *Doğu Karadeniz'de Toplum ve Kültür II*, M. Yavuz Alptekin, Editör. Astana Yayınları, Ankara, ss.15-49.
- [29] Sağsöz, A., Elmali Şen, D., Candaş Kahya, N., Midilli Sarı, R. & Özgen, S. (2008). Doğu Karadeniz Bölgesi Doğal Sitleri ve Vernaküler Mimarisi, TMMOB Mimarlar Odası, Sürekli Mesleki Gelişim Merkezi (SMGM) Seminerleri Ders Notu.
- [30] Güler, K. (2012). Doğu Karadeniz Kırsal Mimarisi Örneklerinden Rize- Fındıklı Aydınoğlu Evi Restorasyon Projesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [31] Özen, H. (2019). Rize Halk Mimarisi Malzeme ve Yapım Teknikleri, Haşim Karpuz (Der.), *Geleneksel Rize Mimarisi Üzerine Araştırmalar* içinde (ss. 61-77). Revak Yayınları. İstanbul.
- [32] Özgüner, O. (1970). *Köyde Mimari Doğu Karadeniz*. ODTÜ Mimarlık Fakültesi Yayınları. No:13. Ankara.
- [33] Lakot Alemdağ, E., Al Şensoy, S., Tavşan, F., Günaydin, M., Genç, A. F., Yılmaz, Z., & Altunışık, A. C. (2023). Timber vernacular structures: 'Serender' Turkish storage buildings in Eastern Black Sea Region. *Journal of Architectural Conservation*, 29(3), 193-213. <https://doi.org/10.1080/13556207.2023.2179730>
- [34] Demir, N. (2006). *Ordu Yöresi Tarihinin Kaynakları IX: Efsaneler, Masallar, Maniler ve Etnografik Malzemeler*. Türk Tarih Kurumu Yayınları. Ankara.
- [35] Salman, Y. & Arifoğlu, E. (2015). Doğu Karadeniz kırsal yerleşmelerinde yöresel mimarinin özellikleri; Artvin Şavşat Balıklı Köyü örneği. *Uluslararası Karadeniz Havzası Halk Bilimi Araştırmaları Dergisi*, 1 (3), 30-71.
- [36] Çorapçioğlu, G., & Binan, D. U. (2017). Su değirmenlerine yönelik bir belgeleme ve koruma yöntemi. *Megaron*, Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi e-dergisi, 2(2), 228-248. [10.5505/megaron.2017.49389](https://doi.org/10.5505/megaron.2017.49389).
- [37] Akbaş, G. (2023). Vernaküler Mimarinin Yer ve Teknik Kavramları Üzerinden Okunması: Doğu Karadeniz Bölgesi Yapılı Kırsal Çevresi Örneği, Doktora tezi, Çankaya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [38] Sözen, M. (2001). *Türklerde Ev Kültürü*, Doğan Kitapçılık, İstanbul.
- [39] <http://karadeniz.gov.tr/hapsiyas-koprusu-kiremitli-kopru/?amp=evet#galeri> Hapsiyaş Köprüsü (Kiremitli Köprü). [10.12.2014].

- [40] Zorlu, T. (2017). Karadeniz Bölgesi'nde ahşap camiler: Trabzon örneği. *Mimarlık Dergisi* 395, 46-52.
- [41] Bayhan, A. (2014). Ordu / Perşembe'den iki ahşap çanti camii örneği. *Türkiye Bilimler Akademisi Kültür Envanteri Dergisi*, (12), 99-107.
- [42] Nefes, E. (2019). Samsun/Yakakent'te çanti tekniğinde inşa edilen geleneksel köy camileri. *Journal of International Social Research*, 12(68), 595-605. <https://doi.org/10.17719/jisr.2019.3851>
- [43] Pınar, E. (2018). Doğu Karadeniz kırsal mimarisinde taşıyıcı sistem detaylarının irdelenmesi. *Asia Minor Studies*, 6(AGP Sempozyum Özel Sayısı1), 60-74. <https://doi.org/10.17067/asm.429534>
- [44] Ayan, S. (2021). Kişisel Fotoğraf Arşivi.
- [45] Aydın, Ö. (2024). Kişisel Fotoğraf Arşivi.
- [46] AL Şensoy, S. & Kukoğlu, S. (2020). Doğu Karadeniz kırsal mimari örneği serenderlerin ekoloji ve sürdürülebilirlik bağlamında incelenmesi. *İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi*, 10 (21), 25-44. <https://doi.org/10.16950/ijjad.734769>
- [47] Demir, N. (2004). Trabzon ve yöresinde serenderler. *Erdem Atatürk Kültür Merkezi Dergisi*, 14 (41), 99-118.
- [48] Eruzun, C. (2019). Ahşabın Kimlik Bulduğu Rize Geleneksel Mimarisi, Haşim Karpuz (Der.), *Geleneksel Rize Mimarisi Üzerine Araştırmalar içinde* (ss. 23-37). Revak Yayınları. İstanbul.
- [49] Aydın, Ö. & Lakot Alemdağ, E. (2014). Karadeniz geleneksel mimarisinde sürdürülebilir malzemeler; ahşap ve taş. *The Journal of International Social Research*, 7 (35), 394-404.
- [50] Yetim, E. (2024). Kişisel Fotoğraf Arşivi.
- [51] Karadeniz, İ. (2022). Kırsal Konutlarda Günümüz Kullanıcı Gereksinmelerinin Karşılmasına Yönelik Müdahalelerin Tespiti ve Öneriler Geliştirilmesi: Çamlıhemşin Konaklar Mahallesi Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- [52] Arat, Y. (2012). İç mekân donatılarının geleneksel Türk evi üzerinden okunması: Konya evleri örneği. *Türk-İslâm Medeniyeti Akademik Araştırmalar Dergisi*, 7, 125137.
- [53] Ataman, M. & Konakoğlu, Z. (2022). Sabit donatıların geleneksel konutlardaki plan tipolojisi üzerinden örneklenmesi: Mehmet Şehirli Evi. *Kocaeli Üniversitesi Mimarlık ve Yaşam Dergisi*, 7(1), 163 - 178, <https://doi.org/10.26835/my.1035374>
- [54] Karpuz, H. (2019). Rize Köy Camilerinde Mimari Süsleme, Haşim Karpuz (Der.), *Geleneksel Rize Mimarisi Üzerine Araştırmalar içinde* (ss. 39-58). Revak Yayınları. İstanbul.

Not: Aksi belirtilmedikçe görseller yazara aittir.

YAZAR ÖZGEÇMİŞİ**Selda AL ŞENSOY, Doç. Dr.****Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Trabzon, Türkiye****seldaal@ktu.edu.tr**

Al Şensoy, 2004 yılında öğrenime başladığı Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'nden 2008 yılında derece ile mezun oldu. 2014 yılında "Eğitim Yapılarının Fiziksel Konfor Koşullarının Öğrenci Başarısına Etkisi" başlıklı doktora tezini tamamlayarak Doktor ünvanını aldı. 2009-2014 yılları arasında KTÜ Mimarlık Bölümü Bina Bilgisi Anabilim dalında Araştırma Görevlisi, 2011-2012 yılları arasında YÖK tarafından verilen Yurt Dışı Araştırma Bursu ile Delft Teknik Üniversitesi'nde 1 yıl misafir araştırmacı, 2016-2019 yılları arasında Avrasya Üniversitesi Mimarlık Bölümünde Yardımcı Doçent olarak çalıştı. Mart 2019 tarihinde Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Güzel Sanatlar Tasarım ve Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümüne Dr. Öğr. Üyesi olarak atandı. 2020 yılında Doçent ünvanını almaya hak kazandı. Mayıs 2023 tarihinden itibaren KTÜ Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Bina Bilgisi Anabilim Dalında akademik çalışmalarını sürdürmektedir. Eğitim Yapıları, Vernaküler Mimari, Temel Tasarım, Çocuk ve Mimarlık, Morfolojik Analiz konularında çalışmaları, ulusal ve uluslararası yayınları bulunan Al Şensoy birçok idari görevde yer almıştır.

15. Bölüm

KIZILCAHAMAM KIRSAL KONUT MİMARİSİNDE AHŞABA YÖNELİK KONSTRÜKSİYON ÇÖZÜMLERİ

Özlem SAĞIROĞLU DEMİRCİ^a, Mazlum KALAK^b, Betül ZOBİ^c, Ayşegül SONDAŞ^d, Minel Ahu KARA ALAŞALVAR^e, Ebru Melis ÖZDEMİR^f, Feyza HALI KABATAŞ^g

^a Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Ankara, Türkiye, ORCID 0000-0001-6708-3208

^b Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, ORCID 0000-0003-0516-4218

^c Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, ORCID 0000-0001-5963-7370

^d Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, ORCID 0000-0002-3242-4225

^e Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, ORCID 0000-0003-1138-1446

^f Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, ORCID 0000-0002-4882-7520

^g Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Ankara, Türkiye, ORCID 0000-0002-3589-2884

* osagioglu@gazi.edu.tr

SUMMARY

Kızılcahamam district is located on the Bolu border north of Ankara province. It shows a different transition climate characteristic than the continental climate due to the presence of forests. The presence of dense trees has also affected the use of wood in building production; wood has been used extensively in both monumental and civil architectural heritage. Rural architecture, except for the basic foundation, is formed entirely by using wood as filler and/or carrier, and it stands out with its qualified wooden details containing architectural elements designed according to the need.

Within the scope of this study, civil architecture works with rich details built with wooden stacking and wooden frame system in the villages of Kızılcahamam district; settlement features, topography, climate and sustainable solutions offered for materials, relations with other complementary structures, plan structure, technical solutions, and details were examined, classified and evaluated through examples, and presented with visual and vectorial explanation tables.

Keywords: Rural architectural heritage, traditional settlement, village, wooden architecture.

GİRİŞ

Kızılcahamam , Ankara'ya bağlı 1711.87 km²'lik yüz ölçümüne sahip olup, şehir merkezine 90 km uzaklıktadır. Karadeniz bölgesine yakın olması ve içinde Kurtboğazi, Eğrekkaya, Akyar barajları yanı sıra geniş ormanlık alanlarını barındırması sebebi ile ilçede Batı Karadeniz iklimi özellikleri görülmektedir.

İklim özelliklerinin çok yönlü olması, önemli geçitlerin, su kaynaklarının ve ormanlık alanlarının bulunması bölgede yerleşimin ilk çağlara kadar uzanmasını sağlamıştır. Bölge, prehistorik yerleşim alanları arasında olup, yapılan kazılarda Paleolitik dönemlere ait aletler ile kalkolitik ve neolitik döneme ait kalıntılarda bulunmaktadır. Sırasıyla Hititler, Frigler, Lidyalılar, Persler, galatlar, Romalılar ve Bizans'ın hâkimiyetinde kalmış bölgede bu medeniyetlerden kalan çok sayıda kültür varlığı halen mevcuttur. Bunun yanı sıra Kral yolunun bir kolunun bu bölgeden geçmesi bölgenin ticari faaliyetler yoluyla çok katmanlı kültürel bir birikime sahip olduğunu göstermektedir. Başköy kalesi, Akdoğan köyü kazıları, Saray Köyünde bulunan Roma dönemi harabeleri, Mahkeme Ağacın kilisesi, Sey Hamamı kilisesi, Mağara Ağacın mağaraları gibi bilinen varlıklar yanı sıra henüz araştırması tamamlanmamış alanlar da mevcuttur. Osmanlı döneminde Yabanabat adıyla bilinen Pazar kasabasındaki yerleşkesi sonrasında Kızılcahamamlar bölgesine taşınarak günümüzdeki adını almıştır. Çok sayıda termal hamamı, kültürel birimi ve çok katmanlı tarihi mirasa sahip bu ilçe 1955 yılı sonrası göç vermeye başlamış ve nüfusu azalmıştır [1].

Alanda yapılan çalışma 2022-2024 yılları arasını kapsayacak şekilde , Gazi Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümünde yazarlar tarafından yürütülen Arch4211 Architectural Surveying and Restoration (Lisans), Arch3222 Urban Design(Lisans) ve Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde Prof.Dr. Özlem Sağıroğlu Demirci tarafından yürütülen M5112 Kırsal Mimari Miras ve Korunması dersleri kapsamında gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışma 9 köyü kapsayacak şekilde farklı zaman dilimlerinde gerçekleştirilmiştir. Bu köyler, Eğerlidereköy, Eğerlibaşköy, Belpınar, Kavakönü, Hıdırlar, Eğerlikuzören, Yukarı Kise, Beşkonak ve Yukarı Çanlı olup, arazi çalışmasının akabinde veriler bir araya getirilerek değerlendirilmiştir. Bu kitap bölümü kapsamında sadece konut yapıları değerlendirilmiş olup; müştemilatları oluşturan ahır, ağıl, samanlık ve kümes gibi yapılar konut kapsamında olmadıkları sürece çalışma harici tutulmuştur.

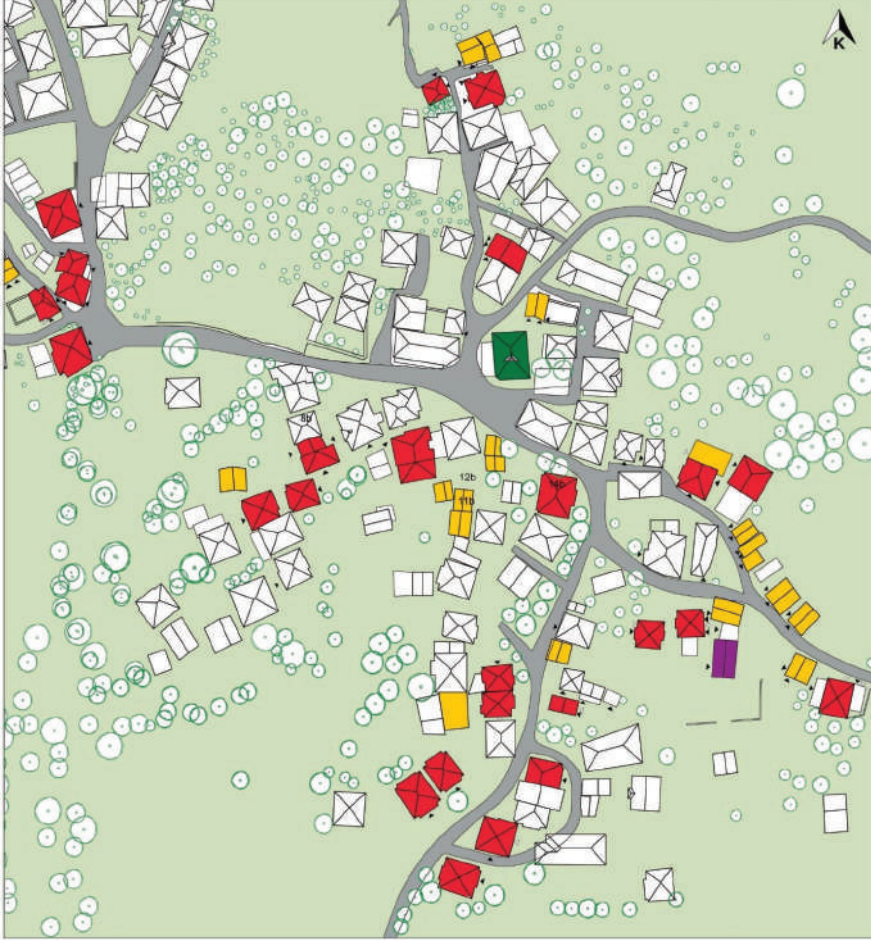
1. Kızılcahamam Kırsal konutlarının Özellikleri

Günümüzde belgeleme yapılan köylerdeki konutların büyük bir kısmı mevsimlik olarak kullanılmakta veya hiç kullanılmamaktadır. Ancak köylerde yerleşim halen daha mevcut olup, az sayıdaki konut sahibi özgün konutta ikamet etmeye devam etmektedir. Ancak köylerde karşılaşılan en büyük problemlerden birini de konfor koşullarını sağlayamadığı konutunun parseli içine özgün konuta bitişik veya yakın bir konumda betonarme yeni konut inşa etmiş olan kullanıcılar oluşturmaktadır. Bu durum kırsal özgün doku yanı sıra kullanım dışı kalmaları sebebi ile özgün konutlara da olumsuz etkisi bulunmaktadır. Özgün olmayan konutlar haricinde köylerde bitişik nizam konut yapılaşması görülmemektedir. Ancak müştemilatların konutlara bitişik olduğu örnekler ile sonradan eklenen mekanlar sebebi ile bitişik nizam görüntüsünde olan konutlar mevcuttur.

Konutlara bahçeden veya yoldan giriş alınmıştır. Bahçeden girilen yapılarda, genellikle konut parselin merkezine yakın, ortasında yer almaktadır. Yoldan giriş alan yapılar ise, parselin yol ile ilişkilenen kenarına konumlandırılmış olup yola sınır oluşturmaktadırlar. Parselde yapı dışında kalan alanlar ise genellikle bahçe olarak değerlendirilmiştir.

Kırsal yaşantının vazgeçilmez öğeleri olan müştemilatlar da genellikle konuta bitişik veya yakın konumlandırılmıştır. Parsel içinde tespit edilen odunluk, depo veya kümesler belirli bir

yer veya yönde olmamakla birlikte; genellikle konutla görsel ilişki içindedirler (Şekil 15.1). Samanlıkların bir kısmı ise, üst kottan direkt erişim gerektirmeleri sebebi ile parsel dışında eğimi yüksek yamaçlara yerleştirilmişlerdir. Bu sebeple köylerde birden fazlasının aynı yamaçta yan yana konumlandığı görülebilmektedir. Arazi içinde uygun bir eğimin olması durumunda ise samanlıklar da parsel içinde konumlandırılmıştır.



Şekil 15.1. Egeridere köyünde geleneksel konut (kırmızı) ve samanlıkların (sarı) ilişkisi (çizim: Furkan Ankan, Hüseyin Burak Karasakal)

Köylerde mülkiyet sınırları genellikle bahçe duvarı ile çevrilmiştir (Şekil 15.2). 3 tip özgün bahçe duvarından en sık karşılaşılan yığma moloz taş bahçe duvarlarıdır. Ortalama 70-80

cm genişliğinde, 6-7 sıra taş dizisini geçmeyen bu duvarlarda, kaba olarak düzeltilmiş moloz taşlar çamur harçla veya harçsız olarak kullanılmış olup, hatıl ve harpuşa görülmemektedir.

Alanda karşılaşılan bir diğer örneği ise sadece ahşap dikmeler kullanılan bahçe duvarları oluşturmaktadır. Bu örnekler düşeyde 120-150 cm aralıklarla yerleştirilen ahşap dikmelere, 6-7 sıra yatay ahşapların çivi ile çakılmasıyla oluşturulmuştur. Üçüncü tip duvar örneği ise, zeminde yığma taş duvar ve bunun devamında ahşap elemanların birlikte kullanıldığı örnekler olup 2 farklı tipte tasarlanmışlardır. Bunlardan ilki zeminde yığma taş duvar üzerine; düşeyde 120-150 cm aralıklarla yerleştirilen ahşap dikmelere 6-7 sıra yatay ahşapların çivi ile çakılmasıyla oluşturulmuş, diğesinde ise taş duvar üzerine; 70-80 cm yüksekliğindeki ahşap dikmeler yan yana getirilerek, yatayda alttan ve üstten ahşaplarla sabitlenmiştir. Alanda tespiti yapılan özgün bu duvarlar dışında; günümüzde ahşap ara dikme elemanların niteliksiz metal çit malzemeyle kullanıldığı örnekler de görülmektedir. Bahçe kapıları ise bahçe duvarının devamı niteliğinde, ahşap malzemeden tek veya çift kanatlı; tek katmanlı olarak tasarlanmıştır. Bahçe kapılarında kullanılan ahşaplar 2-3 cm kalınlığında olup, eni ve boyu ihtiyaca uygun olarak değişmektedir. Ana giriş kapıları genellikle ahşapların boşluksuz bir biçimde bir araya getirilmesi ile oluşmuş olmasına rağmen, tali girişler için ahşaplar çit benzeri boşluklu bir tasarımla kullanılmıştır. Arkalarından çapraz veya yatay kuşaklarla çatılan bu kapıların üzerinde nadiren saçak bulunmakta, süsleme bulunmamaktadır.

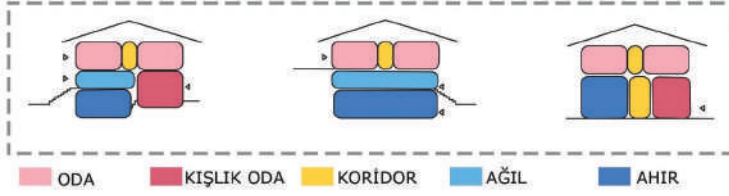


Şekil 15.2. Kızılcahamam ilçesi kırsal konutlarında bahçe duvarı ve kapısı örnekleri

1.1. Konutlarda Mekan Organizasyonu

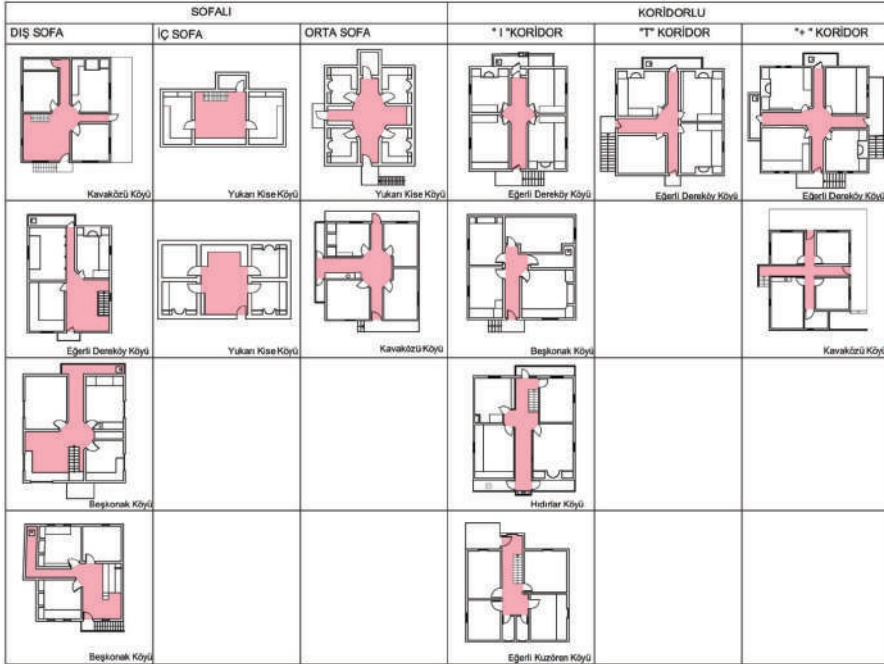
Konutlar genellikle iki veya ara katları sebebi ile 3 katlı yapılmışlardır. Hayvan yaşamı ve depolamaya ayrılan zemin katların girişi genellikle yaşam katından bağımsız tasarlanmış, ancak bu katta da sirkülasyon alanı bırakılmışsa üst katlarla ilişkilendirilmiştir. Sadece ahır olarak kullanılan zemin katlarda giriş tek bir çift veya tek kanatlı kapı ile sağlanırken; mekan içinde kışık oda bulunan örneklerde farklı giriş kapıları tasarlanmıştır. Bu giriş kapılarının topoğrafya elverdiği sürece genellikle cephe ortasında yanyana kurgulandığı tespit edilmiştir. Ahırlar, içinde ahşap yemlik çözümlerini barındıran zemini sıkıştırılmış toprak olarak bırakılmış mekamlardır. İhtiyaca yönelik olarak tek bir mekan şeklinde bırakılan örnekler olduğu gibi, üst katların izdüşümü bağlamında mekamlara bölünen örnekler de mevcuttur. Konut yapılarının zemin katlarında yığma taş kullanımı tercih edildiğinden pencere ve benzeri açıklık görülmemekte olup; az sayıdaki örnekte havalandırma amaçlı çok küçük açıklıkların bırakıldığı tespit edilmiştir.

Bölgede yapılan incelemede, yüzyıllardır küçükbaş hayvancılığın da yapılması sebebi ile ihtiyaçtan ağıl ve kümes amaçlı tasarlanmış ara kat kullanımının yaygın olduğu tespit edilmiştir. Üretime yönelik mekamları barındıran bir zemin kat ile ailenin hayatını sürdürdüğü yaşam katı arasındaki bu katın yüksekliği 70-100 cm aralığında ölçülmüştür. Girişi ayrı olan bu kata hayvanların çıkabilmesi için özel merdiven çözümleri üretilmiştir. Bu katlarda yığma taş duvarların bir kısmının ya da tamamının devam ettirildiği örnekler mevcuttur. Genellikle ahırlarda olduğu gibi açıklık bırakılmayan bu katların zemininde ahşap döşemenin üzerine 3-5 cm kalınlıkta eklenmiş, saman toprak karışımından oluşan bir tabaka görülmektedir.



Şekil 15.3. Konutlarda katlar / mekanlar arası ilişkiler

Kızılcahamam konutlarında yaşam katına giriş için yapının dışındaki merdiven kullanılabilirdiği gibi az sayıdaki örnekte yapı içinden de bu kata çıkış sağlandığı görülmektedir. Alanda yapılan incelemede genellikle merdivenin yapı cephe düzleminden , cepheye birleşik olarak tasarlanmış olduğu; gerektiği sürece cephe konstrüksiyonunu da kullandığı görülmüştür. Genellikle iki ucundaki açılı taşıyıcılara kertilme veya atlarındaki takozla sabitlenmek sureti ile oturtulan basamakların kullanıldığı bu merdivenlerin; bir kısmında ilk bir kaç basamak taş olarak tasarlanmıştır. Yapıya giriş için genellikle merdivenin sahanlığı kullanılmaktadır. Bu sahanlık, kimi zaman bir balkon gibi büyük; kimi zaman ise sadece tek kişinin durabileceği kadar küçüktür. Az sayıdaki örnekte ise sahanlık yapılmadan son basamağa açılan kapı ile yapıya giriş sağlanmıştır.



Şekil 15.4. Ortak mekanlara göre (sofa / koridor) plan tipolojisi

Kızılcahamam kırsal konutlarının plan şemalarına bakıldığında ortak mekanlar sofa ve koridorlara göre iki farklı plan tipolojisi olduğu tespit edilmiştir. (Şekilx4). Sofalı konutlar göreceli olarak koridorlu konutlardan az sayıda bulunmaktadır. İnceleme yapılan örneklerde dış sofalı konutların iç ve orta sofalı konutlardan fazla sayıda bulunduğu; bu sofanın kimi yapılar da mutfığa çevrilerek kullanıldığı; buzdolabı çamaşır makinesi gibi elektrikli eşyanın da burada muhafaza edildiği görülmüştür. Ancak bu konutların kurgusu, koridorlu konutlarla fazlası ile benzer olup; koridorlu şemadan girişin bulunduğu kısımda bir odanın çıkarılması ile elde edilmişlerdir. Odanın olmaması sebebi ile oluşan boşluk ise sofa amaçlı kullanılmıştır. Özgün şeması bu şekilde olan konutlar bulunduğu gibi zaman içinde odanın birinin iptal edilmesi ile bu plan şemasına ulaşan konutların da bulunduğu; zemindeki kirişlemeler ve taşıyıcı kurgusundan anlaşılabilir. Bu tip konutlarda sofa bulunmasına rağmen odaların tamamı veya bir kısmının çevresinde yine koridor kurgulandığı görülmektedir.

Alanda en yoğun karşılaşılan plan kurgusuna sahip konutlar koridorlu tip olarak tabir edilen, odaların etrafındaki koridordan girişe ve helaya ulaşımın sağlandığı plan şemasına sahip konutlardır. Bu tipe dair alanyazınında Sümerkan (1989) ve Akbaş ve Özcan (2018)'in hayatlı veya koridorlu ev tipi olarak bu tipe benzer olmayan ancak koridor barındıran konutlardan Trabzon ve Rize kırsal bölgelerinde bulunduğunu belgeledikleri [2,3] ; bu konutlara Sümerkan'ın hayatlı ev adını verdiği; Demirer'in (2021) ise Bolu ili Seben ilçesi Güneyce Köyü için çok benzer örnekleri tespit ettiği ve merdiven bağlantısına göre farklılaşan koridorlu tip olarak belgelediği [4] ; Yalçınar(2022)'in İspir için koridorlu konutları tespit ettiği [6] görülmüştür. Bu konut planında koridor giriş ve hela arasında, oda kapılarına da ulaşacak şekilde koordine edilmiş "I", "L", "+" ve "T" şekillerinde düzenlenmiştir. Bu düzenleme sonunda koridor, küllük adı verilen ve ahırta ortak kullanılan bölüme atıkların yönlendirildiği lavaboya açılmakta; sonrasında ise hela bulunmaktadır.

Yaşam katındaki odalar, sedir ocak, gusülhane ve yükleri bulunan, çekirdek aile için düzenlenmiş mekanlar olup; bağımsız birimlerdir. Odalarda Ocak, küllük ve gusülhane bir bütün olarak düşünülmüştür. Merkezde ocak olacak şekilde ocağın sağına ve soluna konumlandırılan gusülhane ve küllük olarak kullanılan dolaplar ahşaptır. Bu duvarda boşluk bırakılmamış, küllük ve gusülhane dolabının tümü ile duvarı kaplaması sağlanmıştır. Bu kısımdaki derinlik küllükte 40-50 cm, gusülhanede ise daha derin olmak kaydı ile (60-80 cm) ölçülmüştür. Gusülhanenin bulunduğu zemin ve duvarda kireç bazlı harç kullanılarak suya karşı önlemler alınmaya çalışıldığı gözlemlenmiştir. Merkezde bulunan ocaklar da kireç harç ile sıvalıdır. Yarım daire veya dikdörtgene yakın kesitli olan ocaklar 100 m eninde 100-150 cm yüksekliğinde olabilmektedir. Ocaklar duvardan küllük ve gusülhanelere göre 20-40 cm arası odaya doğru çıkma yapmaktaki olup kapaksızdır. Ocak üstlerinde 30 cm çıkma yapan ahşap raf bulunmaktadır. Bazı konutlarda ısınma amaçlı kurulan sobalar için bacaya açılmış delikler de mevcuttur.

Genellikle odanın pencereye sahip duvarında boydan boya duvar dibinde tasarlanan sedir, Bazı konutlarda L formunda iki duvar boyunca devam etmiştir. yaklaşık 30-50 cm yüksekliğinde olan sedirler; ahşaptır. Odalarda bulunan raflar odanın üst sınırında, kapı ve pencere üst kotunda (sergen) olabileceği gibi mutfak olarak kullanılan mekanlarda (terek) veya küllüklerin yanlarında 3-5 sıra halinde olabilmektedir. Raf enleri konulacak eşyanın ebadına göre değişim göstermektedir. Alan çalışmasında dolap içerisinde yer alan raf örneklerinin yanı sıra tek sıra veya 3-4 sıra halinde açıkta bulunan raf örnekleri de tespit edilmiştir. Ocak üstlerinde tek sıra olarak 15-20 cm eninde ahşap raf kullanımı ise sıklıkla görülmüştür.



Şekil 15.5. Konut iç fotoğrafları

2. Konstrüksiyona Yönelik Çözümler

Alanda yapılan incelemede taş ve ahşabın bölgede yerleşim yerinin yakın çevresinde bol bulunan ve kolay ulaşılabilir olmaları sebebi ile oldukça fazla kullanıldığı tespit edilmiş; bazı örneklerde bu malzemelerin bir arada veya tekil olarak yığılarak konstrüksiyon çözümlendiği genelde ise karma olarak tek yapı özelinde yığma ve karkas sistemlerin bir arada bulunduğu görülmüştür.

2.1. Yığma Yapı Çözümleri

Alanda yapılan çalışmalar, tümü ile tek bir yapım sistemine sahip konut yapısının olmadığını; çok ender örneklerin ise müstemilatlar olduğunu göstermiştir. Ahşabın yığma olarak kullanımı da kat boyunca, ihtiyaç duyulan bölüm boyunca veya bir iki duvarda temel sonrasında tümüyle olmak üzere çeşitlenmektedir. Yığma ahşap yapılarda ahşabın zeminle ilişki kurmadığı, temelin su basmanı şeklinde belirli bir yüksekliğe kadar devam ettirilip, bu yükseklikten sonrasında üstüste yerleştirilen yatay ahşap kütüklerle yapının devamının sağlandığı tespit edilmiştir. Yığma taş duvarın bitirildiği kot ise arazinin eğimi ile ilişkili olup, ahşabın zemin nemi ile ilişkisinin kesilebilmesi açısından gerekli yüksekliğe kadar taş duvarın yükseltildiği görülmektedir. Yığma taş duvarın üzerine alt ve yan yüzeyleri düzeltilmiş ve duvar üzerinden yuvarlanması engellenmiş olan ilk kütük yerleştirilmiş, sonrasında bu kütüklerin üzerine diğerleri yatırılarak işlem tamamlanmıştır. Kütükler köşelerde 1/3 oranında kertilerek diğer yonden gelen kütükler ile sabitlenmesi sağlanmıştır. Karaboğaz geçme adı verilen bu sistem, tüm Anadolu'da görülmektedir. Sistemde kullanılan kütükler, kesilen ağaçların kabuklarının çıkarılması ile elde edilmiş olup, taş duvar üzerine sabitlenen ilk kütük hariç olmak kaydı ile herhangi bir işlem görmemiştir. Çapları 10-15 cm arasında değişmektedir. Kütüklerin uçlarının birbiri ile aynı boyda olması için çok düzgün olmamak kaydı ile kesildiği görülmektedir. Yaşam katında gerektiği yerlerde bu duvarın üzerinde gelişigüzel olmak kaydı ile birkaç santimetrelilik boşluk açılarak, hava girişi çıkışının sağlandığı örnekler mevcuttur. Yapının içinde hangi mekana karşılık geldiği bilinmediği için bu boşluklar yorumlanamamış; ancak yaşam katındaki tuvaletin karşısındaki koridora denk gelmiş olabileceği ve bu mekanın havalandırması amacı ile bırakılmış olabilecekleri plan tipolojisi bağlamında ihtiyat kaydı ile düşünülmüştür.

Yapıların çatıları da ahşap oturtma çatı olup, yaklaşık 70 cm kadar saçak çıkmıştır. Üstü örtü kaplaması günümüzde genellikle marsilya tipi kiremittir.



Şekil 15.6. Yiğma bölümleri olan konutlardan örnekler

Alanda tamamı ile yiğma taş konstrüksiyonla yapılmış bir konut yapısı tespit edilmemiş olup, bir katının, bir veya birkaç duvarının yiğma taşla yapıldığı örnekler oldukça fazladır. Bu örnekler diğer başlıklar altında ele alındığı için burada ayrıca anlatılmamıştır. Ancak yiğma taş bölümlerle ilgili iki farklı kurgu tespit edilmiş olup, yapı yüksekliği ile ilişkilidir. Bunlardan ilkinde hiçbir şekilde düzeltilmemiş moloz taşlar çamur harçla birlikte duvar örnekte kullanılmakta olup, bu duvarların çok kısa olması ve üstünde çatı haricinde bir başka ağırlık olmamasına özen gösterilmiştir. Bu duvarlarda taşlar arasında ciddi boşluklar kalmakta, problemli alanlar oluşmaktadır. İkinci kurguyla ise, yüksek katlı yapıların zemin katındaki taş yiğma bölümlerde karşılaşılmış olup, buradaki taşların tümü ile kesme, kısmi olarak kesme ve ince yonu, birbirine göre düzeltilmiş kaba yonu moloz taşlar olmak üzere müdahale gördüğü, köşelerde ve cephenin kırıldığı noktalarda taşların büyütüldüğü ve bu kısımların güçlendirildiği görülmektedir.

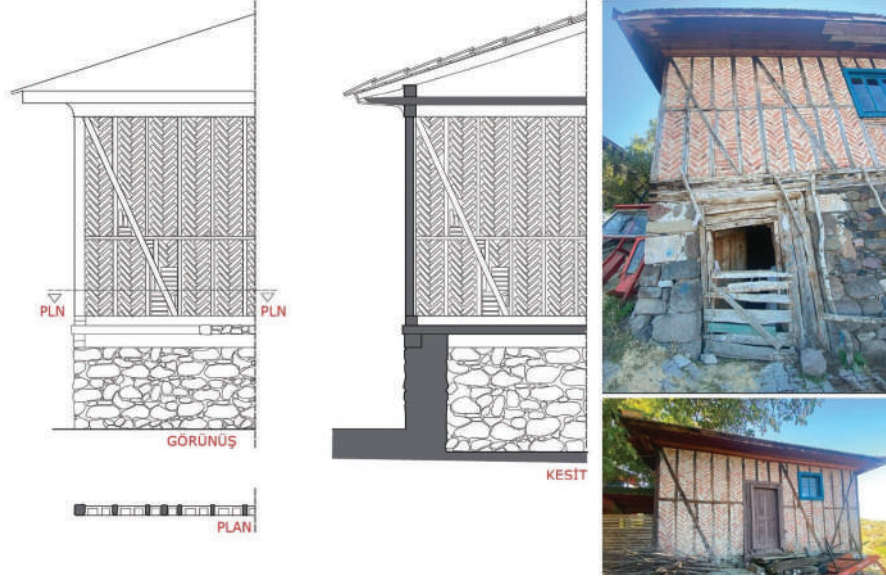
2.2. Karkas Yapı Çözümleri

Alanda az sayıdaki yiğma ahşap ve taşla yapılmış konut ve müstemilat yapısı hariç olmak kaydı ile karkas sistemin kullanılmadığı örnek yoktur. Karkas sistemli yapılarda temel her zaman taş yiğma olarak en azından su basman seviyesine çıkarılmış olup, genellikle 45-50 cm kalınlığında çözülmüştür. Burada kullanılan taşlar yakın çevreden elde edilen dere taşı olmayan keskin kenar ve köşeli taşlardır. Taşların arasında çamur harç mevcut olup, nadir yapıda bu kısımda ahşap hatlı kullanımı tespit edilmiştir. Ayrıca taşların arasındaki boşluklara zaman zaman müdahale edildiği, çivileme tekniği ile çakıl taşlarıyla doldurulduğu görülmektedir. Karkas sistemli yapılar bu çalışma kapsamında dolgu malzemesine göre başlıklar altında değerlendirilmiştir.

2.2.1. Ahşap Karkas Sistemli Tuğla Dolgulu Yapılar

Alanda yapılan çalışmada en az kullanılan dolgu malzemesinin tuğla olduğu görülmüştür. Az sayıdaki geç dönem örneğinde tespit edilen bu dolgularda kullanılan tuğlalar dolu harman tuğlası olup 19x9cm boyunda 4-5 cm kalınlığında ölçülmüştür. Aralarında kireç esaslı harç kullanılan bu tuğlalar, genellikle balıksırtı örgü tekniği ile birbirine bakacak şekilde 45 derecelik açı ile yerleştirilmiştir. Bu tip karkas sistemde kullanılan dikme ve kirişlemeler, kesilip işlenerek düzğün yüzeyli hale getirilmiş ve kullanılmıştır. 8-12 cm aralığında farklılaşan bu sistemde dikmeler yastık ahşabına bindirilmiş olup, birbirine 90derece açı yapacak şekilde çift katlı döşeme konstrüksiyonu ile yüklerinin taş duvara iletimi sağlanmıştır.

Duvarlarda genel olarak köşelerde bulunan payanda alt ve üst yastık kirişine bindirilmiş; gerek görüldüğünde köşe haricinde de tekrarlanmıştır.



Şekil 15.7. Eğirdereköy köy konağı

2.2.2. Ahşap Karkas Sistemli Ahşap Dolgulu Yapılar

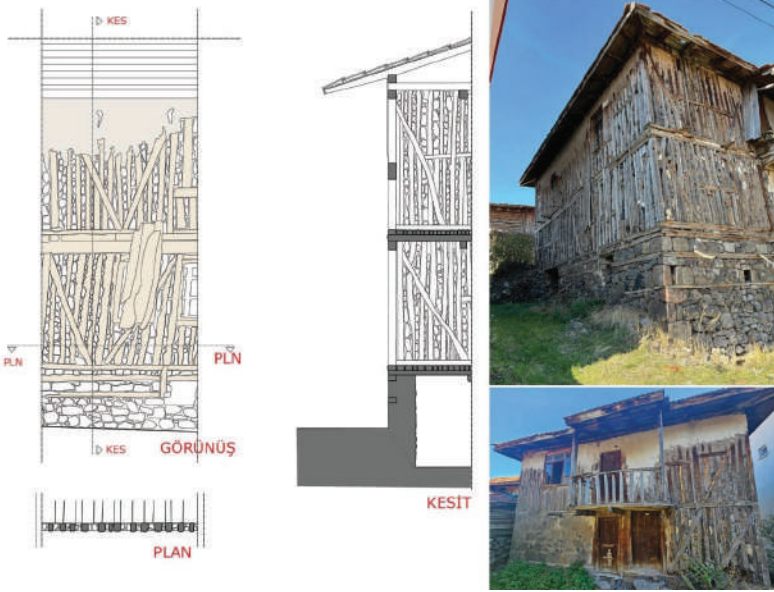
Kızılcahamam kırsal mimarisinde ahşap en yoğun kullanılan malzeme olarak karşımıza çıkmaktadır. Alanda en yoğun görülen sistemin ahşap karkas sistem olması ve bu sistemle yapılan konutlarda karkas sistem taşıyıcılarının çok sayıda bitişik veya yakın kurgulanması ahşap yoğunluğunun fazla olmasını sağlamakta olsa da , alanda çok az sayıda yapıda dolgu malzemesi olarak ahşabın kullanıldığı görülmüştür. Ahşap karkas yapılarda ahşabın dolgu malzemesi olarak kullanımının örnekleri bir samanlık ile birkaç konut yapısı ile sınırlıdır. Samanlık yapısındaki kullanımında (Şekil 15.8.a) ana dikmelerin arasında kalan boşluk payanda ile sağlamlaştırıldıktan sonra kalan boşluklar yatay ahşap kütükler ile kapatılmıştır. Bu kütüklerin aşağı düşmesinin önlenmesi amacı ile sonradan duvarın üzerine çivi yardımı ile farklı istikametlerde ince kütükler çakılmıştır. Bu kütükler haricinde ahşapları bir arada tutan bir önleme rastlanmamış, herhangi bir çalma boğaz uygulaması yapılmamıştır. Konutlardaki kullanımı ise birkaç yapıda tespit edilmiş bir uygulamadır.

Bu uygulamada da oldukça boşluklu kurgulanmış dikmelerin arasına konumlandırılmış payanda ile zemindeki yastık kirişi arasındaki kalan bölümde yatay olarak dolgu amaçlı kullanılmış ahşaplar bulunmaktadır. Ancak bu konutlarda sözkonusu payandanın üstündeki boşlukta da dikine kullanılmış dolgu ahşapları görülmektedir. Oldukça estetik bir uygulama olması süsleme amaçlı yapıldığını düşündürmektedir.



Şekil 15.8. Ahşap karkas sistem arası ahşap dolgu örnekleri

2.2.3. Ahşap Karkas Sistemli Taş Dolgulu Yapılar



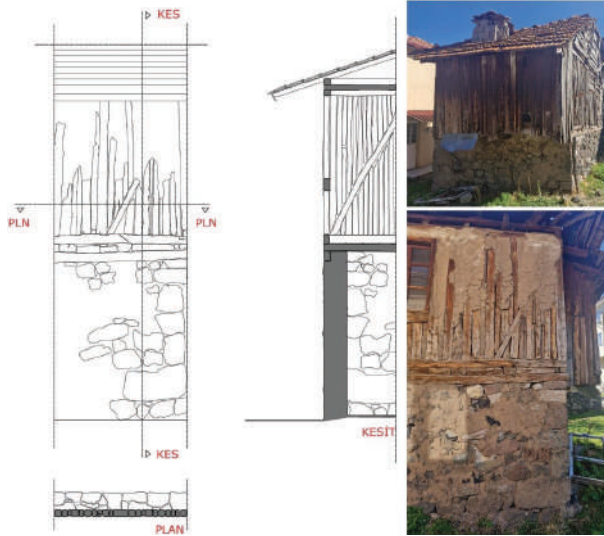
Şekil 15.9. Ahşap karkas sistem arası taş dolgu sistem detayı ve örnekleri

Alanda en yoğun kullanılan karkas sistem arası dolgu türü taş olarak tespit edilmiştir. Bu örneklerde kullanılan taşların bir kısmı moloz taş olup kireç veya çamur harcı ile karkas sistem arasına doldurulmuştur. Ancak örneklerin büyük bir bölümünde kullanılan taşların kenarlarının keskin olmayıp yuvarlanmış olması dere taşı olduklarını düşündürmektedir. Bu tip karkas sistemde ahşap dikmeler arasındaki boşluk ahşabın kendi kalınlığı olan 10-15 cm olarak tasarlanmıştır. Bu konstrüksiyona tamamı ile veya kısmi olarak sahip olan yapıların tümünde zemin kat moloz taş yığma olarak tasarlanmış, yaşam katı için taş malzeme dolgu amaçlı kullanılmıştır. Genellikle çift katlı döşeme konstrüksiyonu üzerindeki yastık kirişi üzerine basan dikmelerin arasına doldurulan taşlar da bu boyutlara benzer boyutlarda seçilmiş, araya sıkışarak sabitlenmeleri sağlanmıştır. Bu tip konstrüksiyonda, diğer ahşap karkas

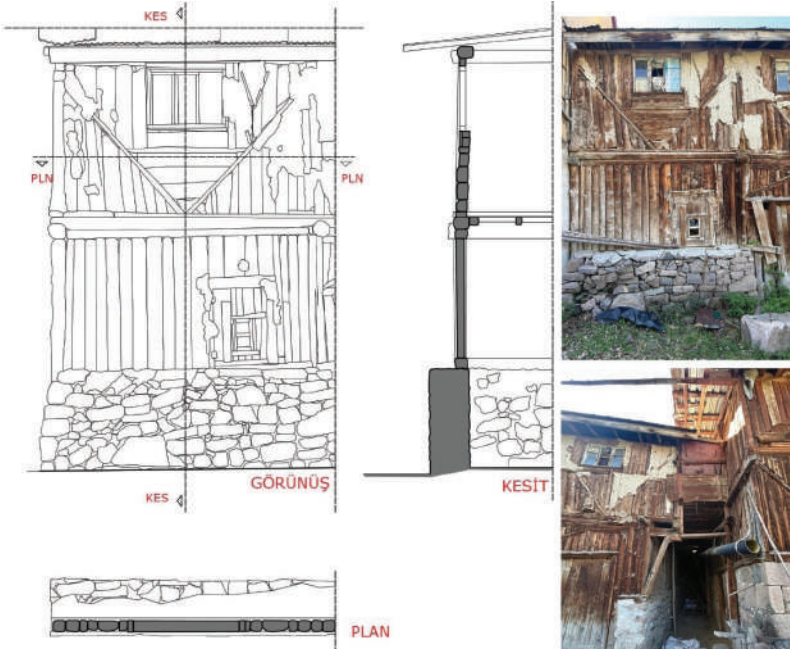
yapılarda olduğu gibi, köşe dikmeler 20 cm civarı kalınlıkta tutularak köşelerin daha rijit olması sağlanmış, ayrıca yine köşeleri güçlendirebilmek amacı ile payandalar tasarlanmıştır. Bu payandalar da köşedeki dikmelerin üst yastık kirişine birleştiği noktadan itibaren zemindeki yastık kirişine kadar kesintisiz olarak tasarlanmış; dikme ve kirişler üzerinden kaymaması için bu noktalarda kertme yapılmıştır. Bu tip konstrüksiyonda ayrıca dikkati çeken bir unsur da, kütük kullanımının çok nadir tercih edilmesi, taşıyıcılar için kare veya dikdörtgen kesitli ahşapların kullanılmasıdır. Konstrüksiyonun üzerinde çamur harç bulunmakta ve yapıyı atmosfer koşullarından korumaktadır. Bu tip ahşap karkas sistemli yapılarda da çatı oturtma olup kiremitle kaplanmıştır.

2.3. Tümü İle Taşıyıcı Özellikteki Ahşap Dikmelerle Oluşturulan Konstrüksiyonlar

Arazi çalışması yapılan Kızılcahamam köylerinin tümünde oldukça fazla sayıda kısmi veya tüm bir katı kapsayacak şekilde tespit edilen bu konstrüksiyonda herhangi bir dolgu malzemesi kullanılmamış; taşıyıcı sistemi oluşturan dikmeler kesintisiz ve aralıksız bir biçimde yastık kirişi ile üst başlık kirişi arasında kesintisiz bulunacak ve kirişlere basacak şekilde koordine edilmiştir. Bu tip konstrüksiyonda farklı kesit ve kalınlıkta dikmelerin bir arada kullanıldığı görülmektedir. Farklı boyutta ve geometrik kesitte kullanım kararının; hem cephede farklı yükseklikte yüzey elde edilerek çamur harcın artırılması hem de yakın çevreden bulunabilen en kolay malzemenin kullanımı olduğu düşünülmektedir. Örneklerin bazılarında kare veya dikdörtgen kesitli olarak tercih edilen bu dikmeler (Şekil 15.10) bazılarında ise kabukları alınmış ve başka bir müdahale görmemiş kütüklerle inşa edilmiştir (Şekil 15.11). Bu konstrüksiyona sahip yapılarda da zemin katta genellikle yağma taş kullanımı mevcut olup, ahşap dikmeli bu tip konstrüksiyon üst katlarda tercih edilmiştir. Bazı örneklerde ise taş yağma bölümü su basmanı olarak belirli bir yüksekliğe kadar devam etmektedir. Bu konstrüksiyon , benzer görünmesine rağmen ahşap karkas arası ahşap dolgu olarak gösterilen sistemden ve yağma ahşap konstrüksiyonlardan , tüm parçaların ayrı ayrı taşıyıcılık özelliği olması sebebi ile ayrılmaktadır. Bu sebeple farklı bir başlık altında değerlendirilmesi doğru bulunmuştur.



Şekil 15.10. Tümü ile taşıyıcı özellikteki kare ve dikdörtgen kesitli ahşap dikmelerle oluşturulan konstrüksiyon sistem detay ve örnekleri (Eğerlidereköy)



Şekil 15.11. Tümü ile taşıyıcı özellikteki daire kesitli ahşap kütüklerin dikme olarak kullanıldığı konstrüksiyon sistem detay ve örnekleri (Eğerlikuzören köyü)

DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Kızılcahamam kırsal mimari mirası, geçiş bölgesi iklim özellikleri ve topoğrafya ile de ilişkili olarak farklı yapı malzemelerinin kullanımı ile hem Ankara ili özelinde hem de iç anadolu bölgesi bağlamında özelleşmektedir. Buradaki yapılar, tamamı ile işlevsel anlamda ihtiyaca binaen tasarlanmış ve geliştirilmiş; nesiller boyunca da tecrübelerle en basit , ekonomik ve verimli kaynak kullanımı ile mükemmel halini almıştır. Bu kapsamda kendine özel çözümleri de barındıran konutlar diğer kırsal yapılardan farklılaşmakta, bölgeye özelleşmektedir. Bu kapsamda özellikle kendi özel merdiveni ile küçük baş hayvanlara ayrılmış olan konut içi ara kat, konutun zemin katı haricinde hayvan yaşamına özelleşen bir çözüm olması bağlamında değerlidir. Bunun haricinde, cumhuriyetten sonraki dönemlerde daha yoğun inşa edilen koridorlu konutların değerli örneklerini daha erken dönemlerden itibaren barındırıyor olması; ailelerin birbiri ile ilişkisini koridor vasıtası ile kesiyor olmasının birden fazla çekirdek aileyi barındırıyor olması, plan kurgusu bağlamında değerlidir. Konstrüksiyon bağlamında da Anadolu'da sık görülmemeyen karkas sistem çözümlerini barındırmak kapsamında özelleşmektedir. Özellikle 10-15 cm borakılan ve içi taşla doldurulan boşluğun sağına ve soluna taşıyıcı dikmelerin getirildiği ahşap karkas sistem ise, bu dikmelerin sürekli ve birbirine yapışık olarak yanyana getirildiği sistem, alana özel ve nadirdir. Odunluk ve samanlıklardan oluşan ancak özellikle samanlık bağlamında nitelikli örnekleri bulunan müştemilatlar da halen daha alanda mevcut olmaları bağlamında değerlidir.

Çalışma kapsamında yapılan gözlemler, alanda nüfus yoğunluğunun azaldığını, pek çok konutun boş halde kaderine bırakılmış olduğunu göstermiştir. Alan sürekli olarak öncelikle Ankara olmak üzere büyük kentlere göç vermekte; bu kapsamda kaderine terk edilen geleneksel konut stoğu; barındırdığı nitelikli çözümler belgelenmeden yok olmaktadır. Alana yerli halkın geri getirilmesi; koruma kullanma dengesinin yeniden kurulmasına ve dolayısı ile yapıların en azından bir kısmının korunmasına vesile olacağından önemlidir. Bu konuda STK idareler ve üniversitelerin ortak projeler üretmesi ve gerekli adımları atması gerekli ve değerlidir.

TEŞEKKÜR VE BİLGİ NOTU

Bu belgeleme ve arazi çalışmaları; 2021 ve 2024 yılları arasında Lisans düzeyindeki "M4211 Architectural Surveying and Restoration" ile lisansüstü düzeyindeki "M5112 Kırsal Mimari Miras Ve Korunması" dersleri kapsamında yazarlar tarafından gerçekleştirilmiştir. 2024-2025 Bahar Yarıyılında Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde açılan "M5112 Kırsal Mimari Miras Ve Korunması" dersini alan ve bu derste bölgeye yönelik koruma ve kalkınma olanaklarını değerlendiren lisansüstü öğrencilerimizden Elif Selin İnak, Beyza Nur Uzun, Nurbanu Çevik, Fatma Üneş, Furkan Arıkan, Dafne Yaman, Meliha Nur Karabulut ve Hüseyin Burak Karasakal' a çizim ve fotoğraflardaki yardımları için teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

- [1] Alankuş, B. Ç., & Sağıroğlu, Ö. Ankara İli Kızılcahamam İlçesi Başören Köyünde Bulunan Altıntaş Kırsal Konutunun Restorasyon Önerisi. *Tübvav Bilim Dergisi*, 11(1), 19-38
- [2] Sümerkan, M. R. 1989. Gelenekselden Betonarmeye Trabzon Kırsal Mimarlığı, *Mimarlık Dergisi*, 234(2): 82-86.
- [3] Akbaş, G., & Özcan, Z. (2018). Yapım Tekniği Farklılıklarının Mekâna Yansımaları: Uzungöl ve Taşkiran Örneği, *ATA Planlama ve Tasarım Dergisi*, 2:2, 47-58.
- [4] E. Demirel, E. & Sağıroğlu Ö. (2019) "Documentation Of The Rural Construction Techniques Of Güneyce village In Seben District Of Bolu," *International Civil Engineering And Architecture Conference 2019* , Trabzon, Turkey, pp.662-675.
- [5] Demirel, E. İ. (2017). Geleneksel Rize İkizdere evlerinin plan tipolojisi açısından incelenmesi, *Yayınlanmamış yüksek lisans tezi*, İstanbul Aydın Üniversitesi FBE, İstanbul
- [6] Yalçın, Y. G. (2022). İspir Sırakonaklar yerleşimi kırsal mimarisinin incelenmesi ve kırsal turizm açısından değerlendirilmesi. *Yayınlanmamış yüksek lisans tezi*, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

YAZAR ÖZGEÇMİŞİ

Özlem SAĞIROĞLU DEMİRCİ, Prof.Dr.

Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Ankara, Türkiye.

osagioglu@gazi.edu.tr

Lisans eğitimini Karadeniz Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesinde, Lisansüstü eğitimini ise Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde 2011 yılında tamamladı. 2004 yılında araştırma görevlisi olarak Gazi Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık bölümünde başladığı akademik kariyerine, 2017 yılında doçent, 2022 yılında ise profesör ünvanını alarak halen devam etmektedir. Kırsal mimari miras, Koruma yenileme ve Restorasyon, Geleneksel yapılm Teknikleri konularında ağırlıklı olarak çalışmalarını sürdüren yazarın yurt içi ve yurtdışında çeşitli proje ve uygulamaları da bulunmaktadır.

Mazlum KALAK, Arş. Gör.

Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

mazlum.klk@gmail.com

Lisans eğitimini Mersin Üniversitesi Mimarlık Fakültesi'nde, Yüksek lisans eğitimini Anadolu Üniversitesi'nde tamamladı. Halen Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık ABD, koruma, yenileme ve restorasyon Bilim dalında Doktora eğitimine devam etmektedir. Gazi Üniversitesi Mimarlık Bölümünde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır. Çakışık alanlarda koruma ile Sit alanlarının bütüncül korunması konularında ağırlıklı olarak çalışmalarını sürdürmektedir.

Betül ZOBİ, Arş. Gör.

Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

betulzobi@gazi.edu.tr

Lisans eğitimini Erciyes Üniversitesi Mimarlık Fakültesi'nde 2014 yılında, Yüksek lisans eğitimini Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünden 2019 yılında mezun olarak tamamladı. Halen Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık ABD, koruma, yenileme ve restorasyon Bilim dalında Doktora eğitimine devam etmektedir. Gazi Üniversitesi Mimarlık Bölümünde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır. Kültürel rotalar ve Anadolu Selçuklu dönem yapılarının korunması konularında çalışmalarını sürdürmektedir.

Ayşegül SONDAŞ, Arş. Gör.

Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

aysegulsondas@gazi.edu.tr

Eskişehir Anadolu Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi'nden 2012 yılında mezun olmuştur. Yüksek Lisans eğitimini 2019 yılında Gazi Üniversitesi'nde tamamlamıştır. Halen Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü doktora programına devam etmekte ve Mimarlık bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır. Başlıca araştırma alanları kırsal mimari miras, koruma ve restorasyon, koruma ve restorasyon eğitimidir.

Minel Ahu Kara Alaşalvar, Arş.Gör. Dr.

Gazi Üniversitesi , Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık ABD.

minelahukara@gmail.com

İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Bölümü'nden 2014 yılında mezun oldu. Ardından İstanbul Teknik Üniversitesi'nde Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisinde başladığı yüksek lisans eğitimini, 2017 yılında "Ahşap yapı elemanlarının tahribatsız hasar tespit yöntemleriyle incelenmesi" teziyle tamamladı. Yüksek lisans sürecinin ardından, 2018 yılında başladığı doktora eğitimini ise "Experimental studies on traditional wooden historical architecture in case of conservation and restoration" isimli tezi ile Gazi Üniversitesi Architecture Anabilimdalında tamamlayarak, doktor ünvanı aldı. İstanbul Teknik Üniversitesi, Harran Üniversitesi (2017-2018) ve Gazi Üniversitelerinde (2018-2024) araştırma görevlisi olarak görev yaptı. Tarihi ahşap yapıların korunması, onarılması ve restorasyonu üzerine akademik çalışmalarına devam etmektedir.

Ebru Melis ÖZDEMİR, Arş.Gör.

Gazi Üniversitesi , Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık ABD

ebrumelisozdemir@gazi.edu.tr

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mimarlık Bölümü'nden 2015 yılında mezun olmuştur. 2020 yılında Amasya Üniversitesi Restorasyon Ana Bilim Dalı'nda araştırma görevlisi olarak göreve başlamıştır. 2019 yılında başladığı yüksek lisans eğitimini 2023 yılında "Amasya İli Gümüşhacıköy İlçesi Konut Mimarisinin Somut ve Soyut Kültürel Miras Kapsamında Mimari ve Yapıcılık Geleneği Açısından Belgelenmesi" adlı tez çalışması ile tamamlamıştır. Halen Gazi Üniversitesi Mimarlık Ana Bilim Dalı'nda doktora eğitimine devam etmektedir.

Feyza HALI KABATAŞ, Arş. Gör.

Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Ankara, Türkiye

feyzahali@gazi.edu.tr

Gazi Üniversitesi Mimarlık Bölümü'nden fakülte birincisi olarak 2018 yılında mezun olmuştur. Yüksek lisans eğitimini 2021 yılında Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde tamamlamıştır. Akademik kariyerine, 2020 yılında Gazi Üniversitesi Mimarlık Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak; eğitimine ise 2021 yılında doktora programı ile Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde başlamıştır. Aynı üniversitede doktora çalışmalarına koruma, yenileme ve restorasyon bilim dalında devam etmektedir. Kırsal mimari mirasın korunması, geleneksel yapıım teknikleri konularında akademik çalışmalarını sürdürmektedir.

16. Bölüm

KIZILCAHAMAM KIRSAL MİMARİSİNDE ÜRETİME YÖNELİK MEKANLAR; AHŞAP MÜŞTEMİLATLAR

Özlem SAĞIROĞLU DEMİRCİ^{a*}, Mazlum KALAK^b, Betül ZOBİ^c, Ayşegül SONDAŞ^d

^a Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Ankara, Türkiye, ORCID 0000-0001-6708-3208

^b Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, ORCID 0000-0003-0516-4218

^c Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, ORCID 0000-0001-5963-7370

^d Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, ORCID 0000-0002-3242-4225

* osagirolu@gazi.edu.tr

SUMMARY

Although Ankara is generally located in a continental climate region with dry summers, Kızılcahamam and Çamlıdere districts, located on the Bolu provincial border to the north of the city center, have dense forests due to their location in a rainy transition region. For this reason, the most commonly used material in these regions has been wood since the past. The architectural concept in the region has developed according to the needs of the people by including traditional architectural details with wood materials. The ground floors of the houses were built as stone or wooden masonry. Wooden frames or wooden masonry were preferred on the upper floors of the houses; combined solutions that are not seen very often in other regions were introduced. Outbuildings were also designed as integral parts of the houses in the production process. These structures continued their existence as a part of the house or separately from the house.

This study covers detached outbuildings that are located inside or outside the house. In the research, it was determined that there were mixed-construction haylofts, woodsheds, and animal shelters built entirely of wood in the region. Animal spaces can cover an entire house floor or be designed separately. The research conducted within the scope of this study includes the detailed presentation of the material and construction features of the outbuildings as well as their spatial features and plan organizations.

Keywords: Rural Heritage, outbuildings, traditional construction techniques, traditional building solutions, vernacular architecture.

GİRİŞ

Kırsal mimari mirasa olan ilgi ancak son yıllarda arttığından, bu alanlara ve yapılara yönelik koruma veya belgeleme çalışmaları çok yakın zamanda yapılmaya başlanmıştır. Özellikle anadolu gibi, verimli topraklara sahip olan ve bu sebeple de sürekli yerleşime konu olan bölgeler bünyesinde çok farklı medeniyetlerin izlerini barındırmakta, uzun süre yerleşime konu olması sebebi ile gelenekten ve yaşanmışlıktan gelen efektif çözümleri barındıran yapı çözümlerine sahip olmaktadır. Bununla birlikte çok farklı ve fazla sayıda nedenle kırsal alanlarda yaşayan kişi sayısı azalmakta, nüfus yaşlanmakta ve üretime yönelik hareket azalmaktadır. Tüm bunlar sebebi ile bu ilginç ve akılcı çözümleri barındıran yapı ve dokular köhneme ve yıkılma sürecine girmekte; yok olmaktadır.

Orta Anadolu bölgesinde bulunan Ankara ili ve Kızılcahamam ilçesi de doğal zenginlikleri, yeraltı ve yerüstü kaynakları, verimli arazileri ve iklim özellikleri ile kırsal mimari mirasın ünük ve nitelikli eserlerini bünyesinde barındıran önemli bölgelerden biridir. Tarih öncesi ve tarihi devirler kapsamında çok zengin bir kültürel mirasa sahip olan bölge topoğrafik özellikleri sebebi ile oldukça yoğun bir orman varlığına da sahiptir. Geçmiş bölgesinde kalması, batı karadeniz iklim özelliklerine benzeyen bir iklime sahip olmasını sağlamıştır. Yerel halk yüzyıllardır bu özelliği ile ilişkili verimli arazilerinin de etkisi ile oldukça yoğun bir şekilde tarım ve hayvancılıkla geçinmiştir. Üretim dinamiklerinin gerektirdiği mekânsal çözümler de konut içinde ve dışında gerektiği şekilde ve konumda yerleştirilerek yaşam döngüsünde yerlerini bulmuştur.

1. Kızılcahamam Kırsal Bölgelerinde görülen müstemilat türleri ve Özellikleri

Bu çalışma kapsamında 9 adet köyde tespit ve belgeleme yapılarak detay ve fotoğraf alımları gerçekleştirilmiştir. Alanda yapılan çalışmada, günümüzde kullanımları kısıtlı olarak devam etse de müstemilat ve konut bölümü olarak samanlık, odunluk, kümes, ahır ve ağılların varlığı tespit edilebilmiştir. Bu birimler yapı içinde, yapıya bitişik olarak veya yapıdan ayrı olarak bulunabilmektedir.

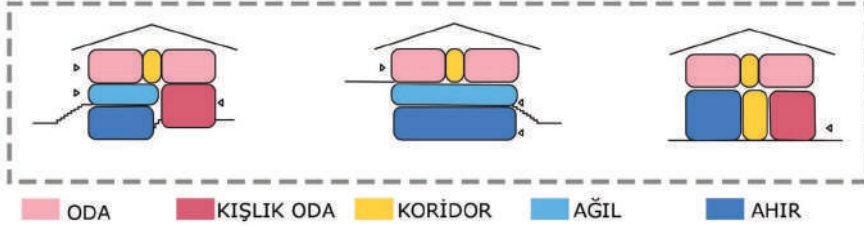
1.1. Ağıl, Ahır ve Kümesler

Kızılcahamam ilçesi, ciddi orman varlığı ve engebeli topoğrafyası sebebi ile küçükbaş hayvancılığın tercih edildiği ve büyükbaş hayvancılıkla birlikte yapıldığı bölgelerden biridir. Ancak zaman içinde kırsal yerleşimlerin göç vermesi, ekonomik getiri ve nüfusun yaşlanması gibi sebeplerle azalmıştır. Nitelikli konutlarda geçmişte hayvancılıkla ilgili ihtiyaç duyulan mekan ve elemanların örneklerine az sayıda rastlansa da oldukça az sayıda kalan örnek köhneme sürecinde bulunmaktadır.

Alanda yapılan çalışmada, hayvancılıkla ilgili üretim mekanları kapsamında kümesler, ağıllar ve ahırlar tespit edilmiştir. Ancak bu mekanların tümü konut içinde tespit edilmiş olup, konuttan ayrı örneğine çalışma kapsamında rastlanmamıştır. Kızılcahamam konutları, en üst katın insan yaşamına özelleştiği ancak diğer tüm kat ve mekanların çoğunlukla hayvan yaşamı bağlamında ayrıldığı bir plan organizasyonuna sahiptirler. Alanda yapılan incelemede kat hiyerarşisi bağlamında farklı 3 kurgu tespit edilmiştir.

Bunlardan ilkinde zemin kat ahır, ara kat ise ağıl olarak tasarlanmış olup ağıl özel merdivenle zeminden hayvanların girişine olanak sağlamaktadır. Ahırın girişi de genellikle ağılla aynı taraftan olup, yaşam katına giriş için farklı kot ve yön kullanılmaktadır. Diğer iki örnek şemadan ilkinde ise alt katta ahır ve kışık kat bulunmakta olup ağıl yoktur. Bu örneğin bir

diğer benzer versiyonunda ise ahırın yüksekliği azaltılarak daha düşük koda yerleştirilmiş ve ağıla yer açılmıştır (şekil 16.1).



şekil 16.1. Kızılcahamam kırsal konutlarında mekanların yerleşim şeması

Bölgede ağıllar özel olarak konutta yaşam katının altına gelen koda özel bir kat yüksekliği ile yerleştirilmişlerdir. Bu katın tamamı ağıl olarak tasarlanmış olabileceği gibi bir kısmının ağıl olarak kullanıldığı bir kısmının ise alf kottaki kişlik kata devredilmiş olduğu örnekler de mevcuttur. Ağılların girişi zeminden başlamak üzere ara kata kadar devam eden ve hayvanlara özgü düzenlenmiş bir rampa- merdivenle yapılmaktadır. Bu girişi için tasarlanan rampa merdivenler iki farklı şekilde oyma (kertme) yöntemi ile yapılanlar ve yapılmayanlar olmak üzere özelleşmektedir.

Rampa merdivenler, ağılların bulunduğu her yapı için tasarlanmış olup, günümüzde çok az sayıda örneği kalan özgün ve nitelikli çözümlerden birini oluşturmaları bağlamında özeldirler. Zemin ile ara katta bulunan ağıl arasındaki sirkülasyonu sağlamak amacı ile genellikle kaba yonu kütük veya prizma haline getirilmiş ahşapların yanyana getirilmesi ile oluşturulmuşlardır. Rampa merdivenlerin eğimi, ihtiyaca yönelik olarak tasarlanmış olup, genellikle 30-45 derecelik açı içinde katları bağladıkları görölmektedir. 20-30 cm'de bir kertilerek küçükbaş hayvanların ayağının basabileceği düz bir yüzey oluşturulan kütükler, birbirine boşluksuz bir biçimde yaklaştırılarak sabitlenmişlerdir. Alanda yapılan çalışmada kertilerek oluşturulan 3 farklı örnek tespit edilmiş olup (şekil 16.2 a,c,d) bu örneklerin oluşturdukları kesitler birbirinden farklıdır.



şekil 16.2. Kızılcahamam köylerinde tespit edilen rampa merdiven örnekleri

Alanda tespit edilen ve kertilerek imal edilmeyen yegane örnek (Şekil xb) dikdörtgen kesitli ahşapların üzerinden eğimde kaymayı önleyecek şekilde 5-6 cm eninde ve 3-4 cm kalınlığında ahşapların çivi yardımı ile sabitlenmesi ile oluşturulmuştur (Şekil 16.2.b). Rampa merdivenlerin zemine direkt oturtulduğu veya bir kaya-taş üzerinde açılan oyuğa sabitlenerek oturtulduğu örnekler mevcuttur. Alandaki örneklerden birinde ise merdivene ulaşım için ayrıca bir taş merdiven çözümü mevcut olup, bu 3 basamaklı taş merdivenin sahanlığından hem rampa merdivene hem de yaşam katına çıkan merdivene ulaşım verilmiştir. Bu elemanların, gerekli görüldüğü takdirde güçlendirmek amacı ile dikmelerle sabitlendikleri, bu dikmelerin de genellikle konstrüksiyonun en narin olduğu orta noktasında merkez veya kenara sabitlendikleri tespit edilmiştir. Rampa merdivenlerin bitişi ise, ara kat döşeme kirişlerinin duvar üzerinden dışarı doğru uzatılması ile mümkün olmuştur. Üst yüzeyinden kertilerek hayvanların toynaklarının kaymaması için elverişli hale getirilen kütük ve ahşaplar, sadece bu kısımda altlarından kertilme sureti ile bu kirişe sabitlenmiş, çivi ile de sağlamlaştırılmışlardır. Bu merdiven kapı ile sonlandığı takdirde herhangi bir ek konstrüksiyona ihtiyaç duyulmamıştır. Ancak kapı ile rampa merdiven arasında mesafe olduğu durumlarda ise döşeme kirişlerinin dışarı uzatılmasına gerektiği kadarı ile devam edilerek bir açık çıkma- hayvan patikası oluşturulmuştur. Kirişlerin üzerinde hayvanların rahat yürüebilmesi için ahşap kaplama tahtaları ile düzgün yüzey oluşturulmuştur. Bu patikanın kenarları açık bırakılmamış, hayvanların düşmemesi için derme çatma şekilde korkulukla kapatılmıştır.

Ağılların kapıları, ağıllı olarak kullanılan ara katın yüksekliğiyle de ilişkili olarak 60-80 cm arasında değişmektedir. Alandaki örneklerin tümü çatma kapı şeklinde tasarlanmış olup, hayvanların dışarı çıkmasının önlenmesi amacı ile 4-5 cm gibi oldukça kalın ahşaplardan imal edilmişleridir. Yanyana getirilen farklı endeki ahşaplar arkalarından yatay veya çapraz şekilde dikdörtgen kesitli ahşap parçalarla sabitlenmiş olup, metal menteşe ile kapı kasasına tutturulmuştur. Oldukça basit , ahşap sürgülerle dışarıdan kapatılmakta ve açılmaktadırlar. Halen kullanılan örneklerde güvenlik amacı ile metal zincirli kilit veya sürgülerin de kapıya entegre edildiği görülmektedir.



Şekil 16.3. Eğirdere köyünde tespit edilen ağıllı ve kümes kapıları (a-d), ara katı (ağıllı) bulunan konut planı örneği

Ağıl katının / bölümünün duvarlarında herhangi bir kaplama sıva veya boyaya rastlanmamıştır. Tavandaki kirişlerin altı açık olup, yaşam katının kaplama tahtaları görülebilmektedir. Zeminde ise döşeme kirişlerinin üzerinde kaplama tahtaları mevcut olup, onun da üzerinde saman ve toprak karışımı ile bir harcın sıvanmış olduğu görülmektedir. Bu harcın katın tümüne yaklaşık 5 cm kalınlığında serilme sebebinin hayvanların dışkılarının alt katta bulunan ahır ve kışık odalara istem dışı akmasının engellenmesi olduğu düşünülmektedir (Şekil 16.3.d).

Kat içinde bölme amaçlı yapılmış, üst katın taşıyıcılarını oluşturan dikmelerin arasına kurgulanmış duvarlar mevcuttur. Bu duvarlar daire veya dikdörtgen kesitli ahşap dikmelerin katlar arasına sıkıştırılması ile veya dikmelerin arasına çivi yardımı ile yatay olarak sabitlenmesi ile oluşturulabilmektedir. Ancak tümünde ortak olarak, bu duvarların hava geçirmesinin önemsendiği bu sebeple ahşapların boşluklu olarak yanyana getirildiği tespit edilmiştir.

Kızılcahamam köylerinde beslenen hayvanlardan biri de tavuk gibi kanatlı hayvanlar olup, onların da konut içinde ayrılan kısımda yaşamı sağlanmıştır. Tavuklara ayrılan kısım ağıl katında olabileceği gibi, ağılı olmayan veya bu katın müsait olmadığı konutlarda ahır katındadır. Özellikle yapılmış bir düzenleme olmamasına rağmen, kapısı veya girişinin ayrı tutulmasına özen gösterildiği tespit edilmiştir. Landa tespit edilen örneklerden birinde (Şekil 16.3.) ağıl girişinden farklı olarak yaşam katına çıkan merdivenin sahanlığından daha küçük bir kapı ile tavuklara giriş verildiği tespit edilmiştir. Bu kapı 30 x 40 cm ölçülerinde olup, daha çok bir dolap kapısı özelliği göstermektedir (Şekil 16.3.a). Dikdörtgen kesitli ahşapların bir araya getirilmesi ve arkalarından yatay bir ahşap elemanla sabitlenmeleri ile yapılmış olan bu kapıda basit bir sürgü sistemi mevcuttur. Alanda farklı bir konutta ise, ahır katında ikamet eden tavuklar için kapıda bir düzenleme yapıldığı görülmüştür. Bu düzenlemede kapının alt bölümünde dışarıdan müdahale ile kapatılıp açılacak bir boşluk tasarlandığı, bu boşluğun sürgülü olarak buraya sabitlenebilen bir ahşap elemanla gerektiğinden kapatılıp açılabilirdiği görülmüştür (Şekil 16.3.c).

Alanda tespit edilen ahırlar, tümü ile konutun zemin katında tasarlanmıştır. Genellikle cephenin merkezinden giriş alan bu mekanların kapıları çatma kapı olarak düzenlenmiştir. Bu kapılar dikdörtgen kesitli eni değişken 5-7 cm kalınlığında ahşapların arkalarından yatay veya çapraz bir ahşap ile sabitlenmesi ile oluşturulmuştur. Basit bir tutamak ve sürgü sistemi mevcut olan bu kapılar mekana direkt açılmaktadır. Ahırlar, zemin katın genellikle tümünü, az sayıdaki örnekte ise bir kısmını kaplayacak şekilde yerleştirilmiştir. Ahırlarda, hayvanlar için ahşap yemlikler düzenlendiği, bu yemlikler haricinde yavruları ayırmak ve/veya tarım aletlerini depolamak gibi ihtiyaçlar için dikmelerin arasının yatay veya dikey ahşap elemanlarla kapatılarak mekan bölümlendiği görülmektedir. Ahırlar için çok küçük (yaklaşık 30x30 cm) mazgal pencereleri açılmış, havalandırma bu pencereler aracılığı ile sağlanmıştır.

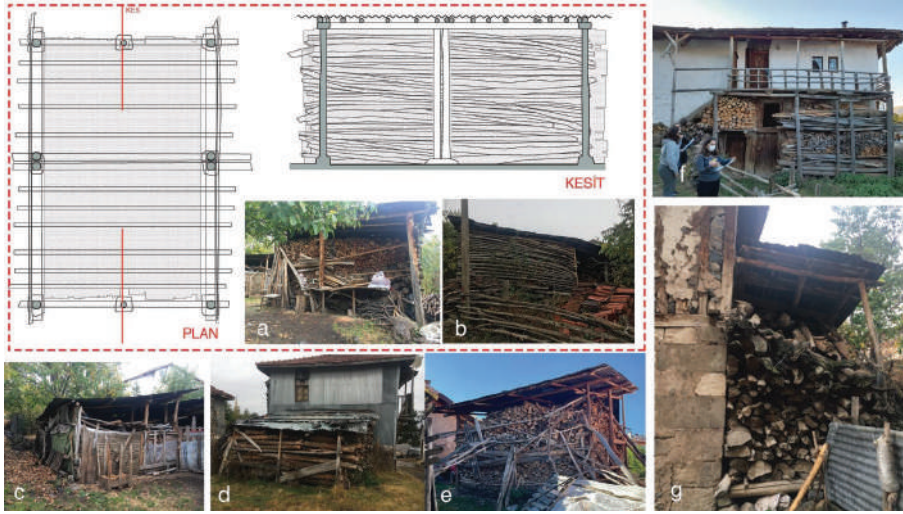
1.2. Odunluklar

Alanda yapılan incelemede, içinde yaşamın süregeldiği her konutun, kışık yakacak olarak odun kullandığı tespit edilmiştir. Bu odunlar yaz veya kış döneminde tedarik edildikçe odunluklarda istiflenmektedir.

Odunluklar, eğer parsel içinde yeterli alan bulunuyor ise hem konuta hem de kamyon ile yanaşarak istiflemeye uygun olacak bir alanda kurulmuşlardır. Oldukça basit konstrüksiyona sahip bu yapılar için herhangi bir estetik kaygı gözetilmemiştir. Odunlukların yapılmasındaki amaç, odunların atmosferik etmenler bağlamında yağmur ve kardan; dolayısı ile ıslanmaktan korunması olduğundan odunlukların üstleri kapalı, ancak rüzgarın odunlara ulaşmasının sağlanması istediğinden kenarları açık tasarlanmışlardır. Kabuklarından temizlenmiş tomrukların dikme olarak kullanıldığı bu konstrüksiyonlarda, bu tomrukların

zeminle ilişkisini kesmek için toprağa değil, büyükçe bir taş a oturtuldukları görülmektedir. Genellikle bu dikmelerin üzerine onları bağlayacak şekilde yine daire kesitli kalınca dallardan giriş yapılmakta, bu girişlerin üzerine ise daha ince dallardan ters yönde çatı konstrüksiyonunu oluşturan girişler sabitlenmektedir. Sundurma çatı olarak tasarlanan üst örtü için günümüzde trapez levha tercih edildiği görülmektedir. Ancak alanda özgün bir çatı kaplaması örneğine rastlanmamıştır. Bazı örneklerde, bu konstrüksiyonun altına istiflenen tomrukların yuvarlanma veya kaymasının önlenmesi için dikmelerin arasının dışarıdan kalınca ağaç dalları veya ince tomruklarla güçlendirildiği görülmektedir. Ahşapların birleştirilmesinde kertme veya benzeri nitelikli bir uygulama yoktur. Çivi ile yatay ve dikey elemanların birbirine sabitlendikleri görülmektedir.

Parselin müstakil odunluk için yeterli olmadığı, veya topografya vb gibi durumlar sebebi ile tercih edilmediği durumlarda, odunluklar yapının bir duvarına yapı eki şeklinde de tasarlanabilmektedir. (Şekil 16.4.d,g) Bu tip örneklerde müstakil olan odunluklarla aynı yapım sistemi ve mekan kararı kullanılmış; dikmelerin bir sırası yerine yapının bir duvarından faydalanılmıştır.



Şekil 16.4. Eğrilidere köyünde tespit edilen odunluklar

Alanda, odunların istiflenmesi amacı ile yapının bir bölümünde cephe üzerine eklenen bir konstrüksiyonla merdiven altı, açık çıkma altı gibi bölümlerin odunluk olarak işlevlendirilmesi örneklerine de rastlanmaktadır. Bu tip uygulamalarda, üst örtü amaçlı kullanılan açık çıkma veya merdiven altı gibi mimari elemanların alt kısmına istiflenen odunların devrilmesini, kaymasını veya yuvarlanmasını önleyici şekilde dikmeler ve girişlemeler inşa edilmekte; buradan kapı gibi giriş alınma durumu olduğunda ise kapı üzerinde istiflemenin devam edebilmesi için ahşap raflar yapılmakta ve ahşap karkas sistemle taşınması sağlanmaktadır. (Şekil 16.4.f).

1.3. Samanlıklar

Alanda yapılan incelemede, hayvancılığın da yoğun olarak yapıldığı bölgede, kışlık hayvan yemi olarak kullanılmak üzere saman depolandığı; bu samanın da bu işlev için özel olarak tasarlanmış müştemilatlarda yapıldığı görülmüştür. Samanlıkların konumu topoğrafya ile ilişkilendirilmeleri sebebi ile değişmektedir. Samanın üst kottan yapı içine depolanabilmesi için üst kottan erişim gerektiren bu yapıları eğimli arazi üzerine oturtulmuşlardır. Bu sebeple, eğer parsel içinde uygun eğimde bir bölüm var ise; genellikle parsel içine konumlandırılmış olan bu yapılar; eğer parsel içinde eğimli bir bölüm yoksa, yerleşim içindeki uygun bir yamaçta konumlandırılarak değerlendirilmiştir. Topoğrafyanın belirli kesimlerde uygun olması sebebi ile köy içindeki eğimli araziye sahip bölümlerde genellikle bir arada tespit edilmişlerdir.

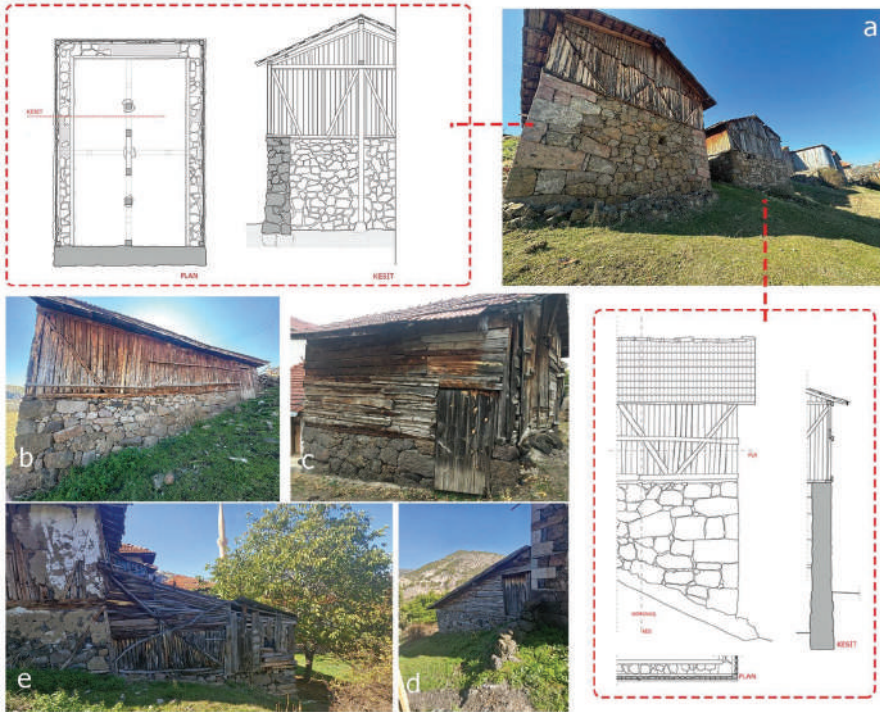
Kızılcahamam'daki samanlıklar farklı konstrüksiyonlu birkaç örnek haricinde aynı malzeme ve yapım tekniği ile inşa edilerek günümüze kadar ulaşmış durumdadır. Aykırı örnek haricinde tespit edilen yapılarda karma yapım sistemi kapsamında ahşap ve moloz taş kullanılmıştır. Moloz taş örgü, 40-50 cm kalınlığında yakın çevreden elde edilmiş taşların kabaca düzeltilmesi ile oluşturulmuştur. Örgüde iç ve dış cidarda büyük taşların kullanıldığı, bu taşların ortasında duvarın merkezinde ise çamur harçla birlikte daha küçük taşların dolgu amaçlı kullanıldığı görülmektedir (Şekil 16.5.a). Zemine yakın bölgelerle birlikte köşelerde ise daha büyük taşlar tercih edilmiş, yapının narin bölgelerinde önlem alınmıştır. Moloz taş yığma duvarın yüksekliği, samanların içeri atılacağı üst kottaki girişe göre koordine edilmiştir. Bu giriş için su basmanı oluşturacak seviyede bitirilen duvarla birlikte, üst kottan gelecek su baskınlarına da önlem alınmıştır. Bazı örneklerde, eğimin çok olması sebebi ile moloz taş duvarın aşırı yükselmesinin istenmediği; bu sebeple toprak altında kalan bölümler için mutlaka moloz taş duvarın devam ettirildiği, ancak açıkta kalan kısımlarda moloz taş duvarın daha aşağı kotlarda bitirilerek ahşap duvar yapımına geçildiği görülmüştür.



Şekil 16.5. Samanlıkların konstrüksiyon detayları

Moloz taş yığma duvarın bitiminde, üzerine boylu boyunca yerleştirilen ahşaplar yastık görevinde olup, geniş kenarları duvar üzerine gelecek şekilde serilmişlerdir. Boyutları değişmekle birlikte 8x12 ve 10x 15 cm ölçülerinde olan bu yastık ahşapları, mümkün olduğu sürece tek parça olarak serilmişlerdir. Ancak tek parça koordine edilemediği durumlarda çivi ile birbirlerine sabitlenen parçalardan yararlanılmıştır. Yastıklar köşe birleşimlerinde birbirine genellikle çivi ile sabitlenmişler (Şekil 16.5.b) , büyük ölçekli samanlık örneklerinde bu parçalar birbirlerine ½ oranında kertme yapılmak sureti ile bindirilmiş, sonrasında çivi ile sabitlenmiştir (Şekil 16.5.g).

Yastıkların üzerine inşa edilen ahşap konstrüksiyon, tümü taşıyıcı özellikle kalın ahşap dikmelerin yanyana boşluksuz olarak dizilmesi ile oluşturulmuştur. Bu dikmeler aralarında çok az boşluk kalacak şekilde köşe dikme üst kotundan yastık kirişine ve yastık kirişinden diğer dikme üst kotuna gidecek şekilde koordine edilen göğüslemeler (yanlama-payanda) tarafından kesilmiştir. Göğüslemeler de aynı ahşap dikmeler gibi taşıyıcı özelliği olan kalın ahşap prizmalar şeklinde olup hem üst hem de alt kısımda dikme ve yastık kirişinin kertilmesi ile yerleştirilmiş, çivi ile sağlamlaştırılmıştır. Seçilerek alınan ölçüler, bu dikmelerin kare dikdörtgen, daire veya geometrik olmayan kesitli olabileceğini göstermektedir. Boyutları ise 5-6 cm den başlamak üzere 15 cm'e kadar farklılaşan bir skalada ölçülmüş olup, elde olan malzemenin kullanıldığını düşündürmüştür.



Şekil 16.6. Samanlık örnekleri ve çizimleri

Dikmelerin üstünde tüm yapıyı çepeçevre dolaşan ve dikmelerin tümünü bağlayan bir ahşap kirişleme mevcut olup, bu kiriş aynı zamanda yastık aşığı görevini de üstlenmiştir. Alanda yapılan tespitlerde yapının büyüklüğüne istinaden çatının duvarlar tarafından taşındığı ancak büyük ölçekli örneklerde yapı içine indirilen dikme veya dikmeler ile çatı makaslarının taşındığı görülmüştür. Çatıyı taşıyan dikmeler daire ve dikdörtgen kesitli olup, çapı/kenarı 15-20 cm aralığında değişmektedir. Yapı içine indirilen dikmelerin direkt toprağa oturtulmadığı, büyük ölçekli yekpare bir taş üzerine oturtularak zemin neminin kesilmesinin sağlandığı görülmüştür. Örneklerde zemine yönelik bir müdahaleye rastlanmamış, sıkıştırılmış toprak olarak bırakıldığı görülmüştür.

Çatılar duvarlar üzerinde taşınan oturtma çatı olup, beşik çatı şeklindedir. Yapıya üst kottan ulaşım sağlandığı hallerde, samanları içeri atabilmek amacı ile açılmış kapılar genellikle alın duvarlarının olduğu kesimlerde tespit edilmiştir. Bu kottan açılmış olan kapılar alın duvarının elverdiği ölçülerde acak genellikle kare biçimli olup, çatma kapı şeklinde tasarlanmıştır. Eğimin bu kısma ulaşmaya elvermediği durumlarda ise samanın içeri aktarımı üst kottan çıkmış olan normal ölçülerdeki kapılar ile sağlanmaktadır. Bu kapıların boyutları ise yine eğimin elvermesine göre 130-180 cm arasında değişir ölçülerde tespit edilmiştir. Çatma kapı şeklinde olan bu kapılar ahşap olup, basit tutamak ve sürgüler ile koordine edilmiştir.



Şekil 16.7. Yiğma ahşap konstrüksiyonlu samanlık örneği

Alanda tespit edilen ve farklı olan birkaç örnek, yiğma ahşap konstrüksiyon ile temel haricinde moloz taş olmadan inşa edilmiş samanlıklardır. Köşe noktalarında 1/3 oranında kertilerek birbirine oturtulan kaba yonu ahşap kütüklerin yiğılması ile tamamlanan bu yapılarda temel haricinde taş kullanımı görülmemektedir. Üst örtüsü beşik çatı olarak tasarlanan bu yapılar, damlalık aşığı olarak kullanılan kütüklere kadar yiğma olarak yükseltildikten sonra, bu kütükler üzerinde oturtma çatı yapılarak tamamlanmıştır. Alın duvarlarında ise ahşap dikmeler üzerine çivi yardımı ile sabitlenmiş kaplama tahtaları kullanılarak kaplama yapılmış, bu kısımlar böylece kapatılmıştır. Alın duvarlarının bulunduğu bölgede ayrıca bir çift açılır kapak (kapı gibi) bulunmakta, samanın doldurulması ve boşaltılması işlemi için kullanılmaktadır. Yapının ayrıca zemin kotunda iki kapısı daha bulunmakta olup alın duvarındaki kapakların izdüşümünde konumlandırılmışlardır.

SONUÇLAR

Alanda yapılan çalışma, gelenekten ve yaşanmışlıktan gelen akılcı çözümleri barındıran çeşitli müştemilat örneklerinin belgelenerek sunumunu içermektedir. Ancak bu belgeleme sırasında alanda yaşanan en büyük problemlerden birini terk edilmiş olan konutlar ve müştemilatlar oluşturmuştur. Bu aynı zamanda oldukça üzücü bir durum olan, içinde yaşanmayan yapıların korunamayıp yok olması durumunu da beraberinde getirmektedir. Pek çok yapının köhneme sürecinde olduğu, belirli bölümlerinin veya tamamının

kullanılmadığı – terk edildiği yapılardaki problemler büyüyerek yapının kısmi ve sonunda tümü ile yıkım sürecine girmesine sebep olmaktadır.

Alanda yapılan çalışmada, Anadolu'da çok fazla benzeri olmayan ara katta küçük baş hayvanların barınmasının sağlandığı özgün örneklerin belgelenmesi mümkün olmuş, çok az sayıda kalmış olan ve küçük baş hayvanların bu kısma geçmesi için tasarlanmış bulunan rampa merdivenler belgelenmiştir. Ancak alanda tespit edilen ara katı bulunan örneklerin hiç birinde bu katta hayvan bulunmamakta; biri hariç konut kısmı da kullanılmamaktadır. Günümüzde terk edilen konutların küçük bir kısmında kalan bu mekanın, bu çalışma ile literatüre kazandırılmış olması, bizim için mutluluk vericidir. Bununla birlikte samanlıkların da genel olarak depo amaçlı kullanım şeklinin değiştiği – dönüştüğü tespit edilmiştir. Bu dönüşümün yapılara bir zararı olmamasına rağmen; üretim dinamiklerinin dönüşümünün yapılara genel etkisi bağlamında endişe vericidir. Kırsal alanlara koruma bağlamında gereken ilginin gösterilmesi; bualanlardaki akılcı çözümler bağlamında pek çok bilginin yok olmadan geri kazanımını sağlayacağından gereklidir.

TEŞEKKÜR VE BİLGİ NOTU

Bu belgeleme ve arazi çalışmaları; 2021 ve 2024 yılları arasında Lisans düzeyindeki "M4211 Architectural Surveying and Restoration" ile lisansüstü düzeyindeki "M5112 Kırsal Mimari Miras Ve Korunması" dersleri kapsamında yazarlar tarafından gerçekleştirilmiştir. Dersler kapsamında teslim ettikleri fotoğraflarından faydalandığımız öğrencilerimize teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

- [1] Alankuş, B. Ç., Sağıroğlu, Ö. (2018). Ankara İli Kızılcahamam İlçesi Başören Köyünde Bulunan Altıntaş Kırsal Konutunun Restorasyon Önerisi. TÜBAV Bilim Dergisi, 11(1), 19-38.
- [2] Balkoca, Ö., Sağıroğlu Demirci, Ö., Güngör, C. (2023). Kırsal Üretimde Yardımcı Mekânlar: Tahlil Ambarları. Online Journal Of Art And Design, 11(1), 264-279.
- [3] Sondaş, A., Sağıroğlu Demirci, Ö. (2022). Kırsal mimarinin yok olma riski altındaki ortak mekanlar: Çamaşırhaneler. GRID-Mimarlık Planlama ve Tasarım Dergisi, 5(2), 250-275.

YAZAR ÖZGEÇMİŞİ

Özlem SAĞIROĞLU DEMİRCİ, Prof.Dr.

Gazi Üniversitesi, mimarlık fakültesi, mimarlık Bölümü, Ankara, Türkiye.

osagirolu@gazi.edu.tr

Lisans eğitimini Karadeniz Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesinde, Lisansüstü eğitimini ise Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde 2011 yılında tamamladı. 2004 yılında araştırma görevlisi olarak Gazi Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık bölümünde başladığı akademik kariyerine, 2017 yılında doçent, 2022 yılında ise profesör ünvanını alarak halen devam etmektedir. Kırsal mimari miras, Koruma yenileme ve Restorasyon, Geleneksel yapılm Teknikleri konularında ağırlıklı olarak çalışmalarını sürdüren yazarın yurt içi ve yurtdışında çeşitli proje ve uygulamaları da bulunmaktadır.

Mazlum KALAK, Arş. Gör.

Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

mazlum.klk@gmail.com

Lisans eğitimini Mersin Üniversitesi Mimarlık Fakültesi'nde, Yüksek lisans eğitimini Anadolu üniversitesinde tamamladı. Halen Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık ABD, koruma, yenileme ve restorasyon Bilim dalında Doktora eğitimine devam etmektedir. Gazi Üniversitesi Mimarlık Bölümünde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır. Çakışık alanlarda koruma ile Sit alanlarının bütüncül korunması konularında ağırlıklı olarak çalışmalarını sürdürmektedir.

Betül ZOBİ, Arş. Gör.

Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

betulzobi@gazi.edu.tr

Lisans eğitimini Erciyes Üniversitesi Mimarlık Fakültesi'nde 2014 yılında, Yüksek lisans eğitimini Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünden 2019 yılında mezun olarak tamamladı. Halen Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık ABD, koruma, yenileme ve restorasyon Bilim dalında Doktora eğitimine devam etmektedir. Gazi Üniversitesi Mimarlık Bölümünde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır. Kültürel rotalar ve Anadolu Selçuklu dönem yapılarının korunması konularında çalışmaları bulunmaktadır.

Ayşegül SONDAŞ, Arş. Gör.

Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

aysegulsondas@gazi.edu.tr

Eskişehir Anadolu Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi'nden 2012 yılında mezun olmuştur. Yüksek Lisans eğitimini 2019 yılında Gazi Üniversitesi'nde tamamlamıştır. Halen Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü doktora programına devam etmekte ve Mimarlık bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır. Başlıca araştırma alanları kırsal mimari miras, koruma ve restorasyon, koruma ve restorasyon eğitimidir.

17. Bölüm

ART NOUVEAU MİMARİ ÜSLUBUNDA AHŞAP MALZEMENİN KULLANIM BİÇİMLERİ: OSMANLI-AVRUPA KARŞILAŞTIRMASI

Aysun AYDIN SANCAROĞLU^{a*}

^{a*}Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Trabzon, Türkiye, 0000-0002-5020-6870

mimaraysun@gmail.com

SUMMARY

The movement, which is known in the literature of art history as "Art Nouveau", means "New Art" in French, started with architecture, and dominated all branches of art, showed its influence in the Ottoman geography, especially in European countries, in the late 19th century and the first half of the 20th century. Art Nouveau first entered the Ottoman Empire through imported daily use items and then through foreign architects. The movement, which began to appear in Istanbul with different appearances, first in masonry and then in wooden structures, began to be called "Ottoman Art Nouveau". The Industrial Revolution, which showed its influence in every field, caused significant changes and developments in the field of architectural knowledge in theoretical and practical terms. Developments in the fields of materials and construction techniques in particular caused the reshaping of architecture. Traditional materials such as stone, brick and wood began to be processed and applied in a more rational way. In time, new materials such as cast iron, glass and cement were added to these. In this context, this study will seek to answer the question of how the Art Nouveau movement, which was influential in architectural practices in both Europe and the Ottoman geography at the end of the 19th century, was constructed in two different geographies and how the traditional material wood was used in Art Nouveau architecture in two different geographies during this construction process.

Keyword: *Art Nouveau movement, 19th Century Ottoman Art Nouveau movement, wood material.*

GİRİŞ

18. yüzyıl sonu 19. yüzyıl başında İngiltere'de ortaya çıkan ve tüm dünyada etkisini gösteren Endüstri Devrimi'yle beraber teknoloji hızla gelişmiş, köyden kente göçler başlamış, el üretimi işçilikten makine üretimine geçilmiş ve teknolojinin ortaya çıkardığı kavramlar kullanılmaya başlanmıştır. Tüm dünyada ve tüm alanlarda büyük bir çığır açan Endüstri Devrimi mimarlık alanında da büyük değişimlere sebep olmuştur. Yeni buluşların yaşandığı bu dönemde, dökme demir-cam gibi yeni malzemeler mimarlık pratiğine dâhil olmuştur. Tüm dünyayı etkisi altına alacak olan bu yeni üretim sistemi yeni bir ekonomik ortam da meydana getirmiştir. Endüstri Devrimi ile beraber topraktan hızla kopmuş gerçekleştirilmiş, işçi sınıfı ve burjuva sınıfı gibi yeni toplum sınıflarının ortaya çıkmasıyla yeni bir toplum modeli oluşmuştur. Demir yollarındaki gelişme ile birlikte endüstri hızla yayılmış, endüstriyel kurumlar artmıştır. Yoğun yeni yapılaşma ve göçe maruz kalan kentler bu durumdan olumsuz yönde etkilenmişlerdir. Düzensiz kentleşmeler meydana gelmiştir. Meydana gelen bu düzensizlik Avrupa'da mimarının yeniden yapılanmasına sebep olmuştur. Dini yapı mimarlığından uzaklaşmıştır. Sivil mimari gelişmiş fabrika kapalı pazar, tren garı, kamu binaları, katlı konut türleri gibi büyük boyutlu yeni yapı türleri ve yeni plan tipolojileri ortaya çıkmıştır.

Avrupa'da 19. yüzyıl sanatında bir üslup birliğinden söz etmek güçtür. Buna karşın, çeşitli akımlar bazen çatışır, bazen de kaynaşır halde ortaya çıkmaktadır. Bu akımlar içinde Neoklasizm başta gelmektedir. 18. yüzyılın ikinci yarısında Pompei'de yapılan kazılar sonucunda, Avrupa sanatçıları gözlerini Antik Sanat'a çevirmiş, bu ilgi 18. yüzyıl sonu ve 19. yüzyılda klasik eserlerin yeniden yorumlandığı canlandırmacı üslupları ortaya çıkarmıştır.

Endüstri Devrimi'nin getirdiği kullanım kolaylığı, fabrikasyonun artması, tek tipleşme ve seri üretime geçilmesi toplumda huzursuzluğa neden olmuştur. Mimari alanın öncülerinden olan John Ruskin, Philip Webb, William Morris, Walter Crane ve Charles Robert Ashbee toplumda yaşanan olumsuzlukları gidermek üzere çalışmalar yapmışlardır. Toplumdaki huzurun arka planda kalan zanaatkarlığın tekrar ön plana çıkarılarak sağlanacağına inanmışlardır. Bu düşünceler doğrultusunda yapılan çalışmalar Arts And Crafts ve Art Nouveau üsluplarının ortaya çıkmasına öncülük etmiştir. Ortaya çıkan bu üsluplar Endüstri Devrimi'ne tepki niteliğinde olmuştur. Morris endüstrileşmeyle beraber makineleşmenin süreçteki ruhu ve zevki öldürdüğünü savunmuştur. Sanatın toplumdaki ayrı bir şekilde düşünülmeceğini savunmuş ve sanat ve zanaatkarların toplumun bir parçası olduğunu dile getirmiştir. Morris'e göre sanat yapıtı toplumun her kesiminin anlayabileceği şekilde yalın ve anlaşılır olmalıydı. Morrisin bu düşünceleri Arts And Crafts ve Art Nouveau akımlarının temel düşünce prensiplerini oluşturmuştur [1].

1. Art Nouveau Akımı'nın Doğuşu

Avrupa'da 19. yüzyılda siyasal, sosyal ve kültürel anlamda meydana gelen gelişmelerin toplumun tüm katmanlarına nüfuz etmesi ve yaygınlaşması, dolayısıyla da değişimi başlatan unsurları, tek bir maddede açıklamak mümkün değildir. Ancak bu çok yönlü değişimin en önemli basamaklarının Sanayi Devrimi ile Fransız Devrimi olduğu rahatlıkla söylenebilir. Sanayi devrimi 1780'lerde İngiltere'de başlamış, 18. Yüzyıl başından itibaren de bütün Avrupa'ya yayılmıştır. "Bugün çok çalışıp yarını düşünmeyi" öğütleyen Protestan Reformasyon'u, 17. yüzyıl Aydınlanma düşünürleri tarafından geliştirilen bilimsel yöntem ve rasyonel düşünme prensipleri Sanayi Devrimi'nin düşünsel alt yapısını oluşturmuştur [2].

19. yüzyılda İngiltere ve Fransa'da yaşanan iki büyük devrim sırasında başlayan dönüşümler kısa zamanda Avrupa ülkeleri için de geçerli olmuş ve yeni bir toplumsal yapı ortaya çıkmıştır.

Toplumsal yapının değişmesi, sanatçının bu yapı ile kurduğu ilişkileri de değiştirmiştir. Bu dönemde, sanatçıyı ve üretimlerini etkileyen en önemli etkenin burjuva sınıfının sanat beğenisi olmuştur. 19. yüzyılda, Sanayi Devrimi ile yaşanan bilimsel ve teknik gelişmeler de sanatsal açıdan önemli sonuçlar doğurmuştur. Örneğin, fotoğrafın icadı, elektrikli basım işlemi vb. yenilikler, resim gibi sanatsal değer taşıyan üretimlerin daha düşük maliyetle çoğaltılmasına ve sanat için bir kitle pazarının oluşmasına neden olmuştur. Ancak, sanatsal üretimlerin makinalar ile çok sayıda üretilmeleri dönemin el sanatlarında bir değer kaybı yaşanmasına yol açmıştır. Bu duruma tepkinin ilk verildiği yer olan İngiltere'de başlayan Sanat ve El Sanatları Hareketi'nin ideolojisi birçok sanat disiplini etkilemiş ve Art Nouveau Akımı'nın zeminini hazırlamıştır [2].

Art Nouveau Akımı'nın düşünsel kökenleri tek bir kaynağa dayanmaz. 19. yüzyılın başlarında, Fransız İhtilali ve Sanayi Devrimi'nin getirdiği yeni düşünceler ve ardından ortaya çıkan ideolojik akımlar, geleneksel siyasi yapının yıkılmasına, modern hukuk sisteminin oluşmasına ve yeni bir Avrupa anlayışının doğmasına yol açmıştır. Siyasi ve ekonomik alandaki demokratikleşme çabaları, düşünürlerin ve sanatçıların eserlerini ve yaşamlarını derinden etkilemiştir. Art Nouveau Hareketi, 19. yüzyılın sonlarında ortaya çıkan ve 20. yüzyılın başlarına dek etkili olan önemli bir sanat akımıdır. Bu akım, doğadan esinlenen organik ve asimetrik formları, çiçek ve bitki motiflerini ön plana çıkararak sanat, mimari, iç mekân tasarımı, mobilya ve mücevher gibi birçok sanat dalında kendini göstermiştir. Art Nouveau'nun önde gelen isimleri arasında yer alan Hector Guimard, Alphonse Mucha ve Gustav Klimt, akımın gelişimine ve yayılmasına önemli katkılarda bulunmuşlardır. Bu sanat akımının özgün estetik anlayışı ve yaratıcılığı, yalnızca sanat dünyasını değil, dönemin toplumsal ve kültürel yapısını da derinden etkilemiştir.

Art Nouveau'nun ortaya çıkmasında etkili olan tarihsel arka plan, özellikle 19. yüzyıl sanat ortamı ile sanayi devrimi ve bununla birlikte gelen teknolojik ilerlemelerin etkileri olarak açıklanabilir. 19. yüzyıl, sanatçıların romantizm, realizm ve sembolizm gibi çeşitli akımların izlerini taşıdığı ve bu akımlardan etkilendiği bir dönemdir. Bu dönemde sanat, doğayla olan uyumunu ve aynı zamanda duygusal ifadeyi ön plana çıkararak insanların ruh haline ve toplumsal sorunlarını eğilmeye çalışmıştır. Sanayi devriminin ortaya çıkmasını getirdiği etkilerle birlikte, teknolojik ilerlemelerin yoğun bir şekilde yaşandığı ve endüstriyel üretimin arttığı bir ortamda sanatçılar, doğanın organik formlarına doğru bir geri dönüş yapma ihtiyacı hissetmişlerdir. Bu geri dönüş, endüstriyel ürünlerin makineleşmiş ve değişmez formlarına karşı bir tepki olarak gelişmiş ve böylece Art Nouveau, bu duygusal ve estetik tutumun bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Sanatçılar, doğanın zarafetini ve akışkanlığını yansıtarak, insan ruhunu ve doğayı bir araya getiren bir anlayışı benimsemişlerdir. Bu çerçevede Art Nouveau, sadece bir sanat akımı değil, aynı zamanda dönemin sosyal ve kültürel dinamiklerine de dair derin bir ifadedir. 19. yüzyılın ortalarından itibaren etkili olan akım, mimarlık ve süsleme sanatında önemli bir üretim alanı sağlamıştır. Geleneksel sanata karşı çıkan Art Nouveau hareketi, yumuşak ve kıvrımlı çizgiler kullanarak endüstriye bağlı bir tarzda ürünler ortaya koymuştur. Özellikle Japonya ve Çin'de akımın farklı örnekleri görülmüştür. Mimari anlamda etkili olan akım Almanya'da 1896 yılında basılan bir gazetede "Jugendstil", İtalya'da "Liberstil", İngiltere'de "Style Liberty" ve Amerika'da "Modern Style" olarak adlandırılmıştır.

John Ruskin ve William Morris'in manifestolarından hareketle Endüstri Devrimi'ne tepki amacıyla, sosyal bir hareket sonucu ortaya çıkarak sanat akımı halini alan Art Nouveau, ilk olarak 1890-1910 yılları arasında Belçika'da görülmüştür. Kelime karşılığı 'Yeni Sanat' anlamına gelen Art Nouveau, XIX. yüzyılın son çeyreğinde ortaya çıkmış ve XX. yüzyılın

başlarına kadar devam etmiştir. Üslup, ilk ortaya çıktığı zamanlarda, süsleme, bezeme, oymacılık gibi dekoratif amaçlı ve uygulanan desenlerin tamamlayıcısı olarak kullanılmıştır. İlk olarak Belçika'da ortaya çıkmasının sebebi, Belçika'nın, Endüstri Devrimi'ne en çabuk adapte olan ve devrimin etkilerinin en hızlı görüldüğü ülke olmasından kaynaklanabilir [3].

1.1. Art Nouveau Akımı'nın Özellikleri

Art Nouveau yumuşak kıvrak çizgilerin yoğun olduğu süslemeyi on plana çıkarır. Özellikle bitkisel süsleme ön plandadır. Bitkisel süsleme insan ruhunu okşayan narin ve kibar tarzı ile bu anlayışa daha yakındır. Bu yüzden geometrik süslemenin sert ve ölçülü anlayışını burada pek göremeyiz. Dönemin en önemli ressamların eserlerinde bu etkiler görülür. Örneğin, Van Gogh, Seurat, Gauguin ve Vallotton, Lautrec gibi sanatçıların birçok eserlerinde kıvrımlı çizgilere sıklıkla yer verilmiştir. Ayrıca kenar çizgilerini belirtecek şekilde bahsedilen tarzın belirgin izleri görülür. Art Nouveau süs eşyalarında çok belirgindir. Örneğin mobilya mağazalarında, mücevherlerde, cam eşyasında sıklıkla kullanıldı. Gotik sanatının ciddi ve ağır görünümü etkisini yeni bir stille sürdürdü. Art Nouveau demir ve cam süsleyici malzeme olarak sıklıkla kullanılmıştır. Demirin yapı malzemesi olarak kullanılması mimari için önemli bir devrim hareketi olmuştur. Demir örneğin; metro girişlerinde, yapıların değişik bölümlerinde, günlük yaşamın araç ve gereçlerinde hem fonksiyonel hem de süs olarak kullanılmıştır [4].

Art Nouveau Akımı'nın özellikleri arasında doğadan ilham alma önemli bir yer tutar ve bu ilham, sanatçıların eserlerini biçimlendiren temel unsurlardan biridir. Sanatçılar, bitkilerden, hayvanlardan ve doğadaki diğer unsurlardan ilham alarak, doğanın kendine has güzelliklerinden faydalanarak eserlerini oluşturmuşlardır. 19. yüzyılın sonlarına doğru endüstriyel ve teknolojik gelişmelerin etkisiyle doğal formlara duyulan özlem, sanat alanında kendini göstermiştir. Bu dönemde sanatçılar, çevrelerindeki doğal güzellikleri gözlemleyerek, onların şekil ve yapılarından ilham almışlardır. Bitkiler, hayvanlar ve diğer doğal unsurlar, sanat eserlerinin temelini oluşturmuş ve sanatçılar bu unsurlardan ilham alarak eserlerini ortaya koymuşlardır. Doğanın zarafeti ve karmaşık detayları, resimlerden mimariye kadar birçok alanda etkisini hissettirmiştir. Aynı zamanda, bu tarzda çalışan sanatçılar, doğayı yüceltirken, endüstriyel dünyanın soğukluğuna karşı bir tepki geliştirmişlerdir. Bu şekilde Art Nouveau, hem estetik hem de duygu açısından zengin bir sanat anlayışını temsil etmiştir [5].

Bu akımın bir diğer belirgin özelliği ise organik ve asimetrik formların öne çıkarılmasıdır. Sanat eserlerindeki formlar, genellikle doğadaki akışkan ve organik yapıları yansıtmak amacıyla geometrik düzenlilikten uzak, asimetrik bir yapıya sahiptir ve bu durum sanatın doğallığını arttırmaktadır. Ayrıca, çiçek ve bitki motifleri de Art Nouveau sanatının vazgeçilmez unsurları arasında yer almaktadır. Bu motifler, süslemelerde ve desenlerde sıkça kullanılarak doğanın güzelliklerini sanatsal eserler aracılığıyla yansıtmış ve farklı formlarla birleştirilerek sanata yeni bir boyut kazandırmıştır. Sanatçılar, bu tarzın etkisi altında, doğanın renklerini ve dokularını eserlerine entegre etmişlerdir [6]. Art Nouveau akımına pek çok tasarım okulu ve sanatçı yeni form arayışlarıyla katkıda bulunmuştur. Dönemin tasarım anlayışında sınırlayıcı kurallar bulunmamaktadır. Her öge eskiye öykünülmeden yeni baştan düşünülerek yaratılmıştır. Tasarım anlayışında sembolizmin öneminin yanı sıra soyut kavramların da ifade edilmesine önem verildiği görülmektedir. Bu dönemde yoğun olarak kullanılan biçimler aşağıdaki gibidir (Şekil 17.1, 17.2, 17.3):

- Yumuşak kıvrımlı çizgiler
- Bitkisel motifler
- Çiçekler veya çiçeksiz biçimler

- Dalgın bakışlı, ince yapılı genç kadın figürleri
- Doğadan esinli dinamik formlar
- Uçuşan saç ve tüyler
- Stilize edilmiş kavimsli, asimetrik ve kıvrımlı desenler



Şekil 17.1 Art Nouveau çiçek desenleri [7]



Şekil 17.2 Art Nouveau doğa hayvan desenleri [7]



Şekil 17.3. Art Nouveau uçuşan kıvrımlı çizgiler [7]

Art Nouveau döneminde yoğun kullanılan çiçekli ve dalgalı hatların oluşturduğu biçimler, dönemin ilk evresinin yaygın üslubudur. İlk zamanlar İngiltere'de görülmüş, zamanla Avrupa'da geniş bir alana yayılmış ve özellikle Belçika ve Fransa'da bilinen en önemli eserler verilmiştir. Bu evrede, endüstrinin sunduğu yeni üretim biçimleri reddedilmiş ve geleneksel üretim yöntemleri benimsenmiştir [8]. 19. yüzyılın canlandırmacı üsluplarına kıyasla, basitliği ve sadeliği savunan Art Nouveau'da kullanılan motifler doğadan esinlenir. Üslubun, en belirgin özellikleri olan; organik çizgiler, yaprak ve çiçek şekilleri mimaride, süslemelerde ve etki ettiği diğer alanlarda görülmektedir.

1.1.1 Avrupa Coğrafyasında Art Nouveau Akımı

Art Nouveau 19.yy sonuna doğru Avrupa'da farklı ülkelere yayılmaya başlamış ve temelinde aynı manifestoyu ilke olarak benimsemiş olsa da her ülkede uygulama şekli, kullanılan malzemeleri ve ismi ile farklılık göstermiştir.

Belçika'da, ilk ortaya çıktığı ismiyle, Art Nouveau olarak yaygınlaşan üslup, Fransa'da 'Style Nouille' ya da 'Style Guimard', Almanya'da 'Jugendstil', Avusturya'da 'Sezession', İtalya'da 'Stile Liberty' ve İspanya'da 'Modernismo' isimleriyle anılmıştır. İskoçya'da ise Charles Rennie Mackintosh'un öncülüğünde, geometrik desenlere uyarlanmış haliyle kullanılmış ve 'Mackintosh Style' olarak isimlendirilmiştir [3]. Üslup; İngiltere'de kendini en çok uygulamalı sanatlarda, iki boyutlu tekstil ya da duvar kâğıdı gibi alanlarda göstermiştir. En önemli örnekleri İngiltere'de verilme de başlangıç noktası sayılan bu ülkede Art Nouveau, Arts and Crafts hareketinin gölgesinde kalmıştır [9]. Art Nouveau'nun Avrupa'daki yükselişi 1890'larda Brüksel'de mimar Victor Horta ve Horta'nın 'Hotel Tassel' (Şekil 17.4) binası sayesinde olduğu kabul edilir.



Şekil 17.4 Otel Tassel [7]

Bina, Art Nouveau akımının ilk örneklerinden biri olarak mimarlık tarihindeki önemli dönüm noktalarından biridir. Hôtel Tassel, doğadan esinlenen organik formlar, dalgalı çizgiler ve bitkisel motiflerle bezeli detaylara sahiptir. Yapıda süsleme ve strüktür uyum içinde bir araya

getirilmiştir. Mimar Horta, iç mekânda da aynı tarzı sürdürmüŖ; merdiven korkulukları, mobilyalar ve duvar süslemelerinde ince demir işçiliği ve kıvrımlı hatlar kullanmıştır (Ŗekil 17.5).



Ŗekil 17.5. Hotel Tassel iç mekan [7]

Renkli vitraylar, dekoratif seramikler ve ferforje detaylar dikkati çekmektedir. Yapıda demir, cam ve seramik gibi dönemin sanayi devrimi sonrası popülerleşen malzemeleri estetik amaçlarla kullanmıştır. Özellikle demir malzemenin yapısal ve süsleyici olarak kullanımı binanın yenilikçi karakterini vurgulamaktadır (Ŗekil 17.6).



Ŗekil 17.6. Süs elemanı demir malzeme [7]

Yapının önemi Art Nouveau Akımı'nın mimaride somut bir örneğini olarak Avrupa'daki diğer mimarları etkilemiş olmasıdır [10]. Belçika'da Art Nouveau'nun daha geniş yankılara ulaşması, 1897'deki Brüksel Uluslararası Fuarı'nda sergilenen Gustave Serruier-Bovy'nin tasarladığı mobilyalar (Ŗekil 17.7) ve Paul Hankar'ın kendisi için tasarladığı, Maison Hankar yapısıyla olmuştur [12].



Ŗekil 17.7 Gustave Serruier-Bovy [11]

Fransa 'da Mimar Hector Guimard Art Nouveau Akımı'nın en önemli temsilcilerinden birisi olarak kabul edilir. Guimard, mimarlığın ve endüstriyel sanatın birlikte uyum içerisinde var olacağını savunmuş, Art Nouveau'daki bütüncül sanat ilkesini desteklemiş ve yapılarının iç dekorasyonu ve mobilya tasarımlarıyla kendisi ilgilenmiştir [13]. Guimard, 1900-1913 yılları arasında Paris metro girişleri için yaptığı, dökme demirden ve camdan oluşan tasarımlar, ulaştığı popülerlik nedeniyle Art Nouveau'nun Fransa'da Métro Style ya da Guimard Style olarak da anılmasına sebep olmuştur (Şekil 17.8). Alman mimarisi üzerinde Art Nouveau Akımı'nın 20. yüzyılın başlarında fazlaca etkisi olmuştur. Akımın Almanya'daki en önemli temsilcisi Henry Van de Velde'dir. Henry Van de Velde'nin öne çıkan işleri, sanat galerisi L'Art Nouveau için yaptığı iç mekân ve mobilya tasarımlarıdır (Şekil 17.9) [1].



Şekil 17.8. Paris metro girişi [7]



Şekil 17.9. Henry Van de Velde mobilya tasarımları [14]

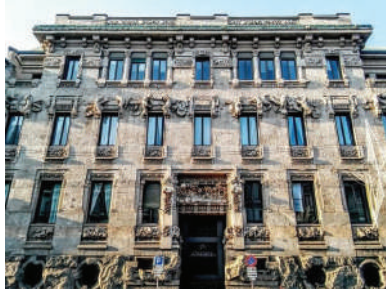
Art Nouveau Akımı'nın önemli örnekleri Avusturya'da da görülmektedir. Üslubun önde gelen temsilcilerinden olan Avusturyalı Mimar Otto Wagner tarafından tasarlanan 1898'de Viyana'da yapılmış olan Majolikahaus'dur (Şekil 17.10).



Şekil 17.10. Majolica House [15]

Wagner, bu binanın tasarımında çoğu apartmandaki gelenekselleşmiş süsleme ve mimari çözümleri uygulamamıştır. Apartman yapılarında alt kattan üst kata çıktıkça değeri artan dairelerin cephelerinde bu durumu yansıtmayarak binanın cephesinin tamamında aynı pencereleri kullanmıştır. Diğer bir yenilik ise, Art Nouveau'nun dekoratif süslemeli kadın başı figürlü büyük madalyonları ve çiçek desenlerini kullanmasıdır [16].

Art Nouveau mimarisinin İtalya'da tanınmasının en büyük etkenlerinden olan 1890 ve 1902 Uluslararası Torino Fuarı'ndaki pavyonlarıyla ön plana çıkan mimar, İkinci Abdülhamid döneminde Osmanlı İmparatorluğu'nda 1893-1909 yılları arasında padişah tahttan indirilene kadar 16 yıl saray mimarlığı da yapmış olan Raimondo Tommaso D'Aronco'dur [1]. İtalya'da Art Nouveau adına ön plana çıkan bir diğer şehir Milano'dur ve temsilcisi, ünü Milano sınırlarını aşmış, mimar Giuseppe Sommaruga'dır. 1901 yılında yapılan Palazzo Castiglione (Şekil 17.11), bir yıl sonra gerçekleşen Torino Fuarı'ndaki pavyonlarla birlikte yapılmıştır.



Şekil 17.11. Palazzo Castiglione [17]

Art Nouveau Akımı, zengin motifleriyle tüm Avrupa'ya yayılarak geniş bir çeşitlilik sunmuştur. Art Nouveau Avrupa sınırları içerisinde doğmuş olmasına rağmen, akım içerisinde yer alan Batı dünyasının aşinalık kazandığı birtakım öğelerin yanı sıra farklı öğelerin varlığı da oldukça dikkat çekmiştir. Özellikle ortaya çıkan ürünlerde mistik bir havanın oluşması, ilkel dokunuşların yer alması dikkat çeken unsurların başında gelmektedir. Bezeme elemanlarının egzotik bir yöne doğru evrilmesi Avrupa'nın Uzak Doğu'yla hem ticari hem de diplomatik ilişkilerle gelişen etkileşimi neticesinde gerçekleşmiştir. Özellikle 1850'lerden sonra Japonya'nın ticari olarak sınırlarını aşip uluslararası düzeyde faaliyet göstermesiyle tekstil, seramik ve yelpazelerin baskı eserlerinde görülmeye başlamıştır. 1867 yılında Paris'te düzenlenen Dünya Fuarı sonrasında Batı dışı sanat öğeleri geniş kitlelere ulaşmıştır. 19. yüzyılda adından sıkça bahsettiren Japon sanatı Avrupa'da yankı bulmuştur. Bu sanatı temsilen "Japonizm" adında bir terim ortaya çıkmıştır [18]. Japon kültürünün dayandığı doğayla iç içe olma hali, hayatla barışık bir duruş, her şeyi ilgiyle kucaklama gibi değerlerin, akımın özünde var olan doğayla uyum fikriyle örtüşmesi Avrupa'nın bir üslup arayışı içinde olduğu o dönemlerde pek çok sanatçının Japonizm'e yönelmesine zemin hazırlamıştır. Japonizm'de sık görülen bir sanat olan tahta oymacılık baskı sanatı Vincent Van Gogh, Alfons Mucha, Claude Monet, Edgar Degas, Victor Horta gibi bilinen isimler için bir esin kaynağı olmuştur [19]. Büyük yankılar uyandıran ve birçok ülkede tasarım alanında çığır açan Art Nouveau, 1920'lere doğru, tasarımların el işçiliği gerektirmesi yüzünden fazla vakit alması ve maliyetinin yüksek olması nedeniyle yavaş yavaş popülerliğini yitirmeye başlamıştır.

El işçiliğine dayanan bu üretim yöntemi sonunda üretim maliyetleri artmış, ürünler üst düzeyden kişilere hitap eden pahalı ürünler olarak halk içinde yaygınlaşma imkânı bulmayan bir stil olarak kalmıştır.

1.1.2 Osmanlı Coğrafyasında Art Nouveau Akımı

Art Nouveau Akımı'nın Osmanlı Coğrafyasına girişi, 18. Yüzyılda siyasi ve askeri ölçekte başlayan, 19. Yy da ise gündelik hayatı etkileyen batılılaşma dönemi ile olmuştur. 19. Yüzyıl Osmanlısı özellikle İstanbul kentleşme ve yapılaşmanın yoğun olduğu bir dönemde girmiştir. Akımın Osmanlı coğrafyasına girişi Avrupa'daki düşünsel altyapıyla ortaklık göstermemekle birlikte, dönemin siyasal ve kültürel faaliyetleriyle ilgilidir. Zira Art Nouveau Akımı endüstri devrimi sonrası üretim biçimlerinin değişimi ile ilişkilidir. Oysa Osmanlı coğrafyasında Avrupa coğrafyasının geçirdiği endüstriyel gelişim izlenmemektedir. Başka bir deyişle akım batıdan ithal edilmiştir.

Batı için belirli bir felsefenin ve sosyal ortamın ürünü olarak ortaya çıkan bu yeni akım, Osmanlı'da eş zamanlı yaşanmasına karşın aynı dinamizm içinde gelişim göstermez. 19. yüzyılın son çeyreğinde Avrupa ülkelerinin görece bir politik istikrara ve refaha kavuştuğu yıllarda ortaya çıkan Art Nouveau öncelikle sanayileşmiş, yeni üretim biçimini geliştirip sahiplenmiş ülkelerde "Yeni"yi arama" amacıyla ortaya çıkar ve benimsenir. Osmanlı'da ise "Yeni"yi aramaktan öte Batı'yı takip etme, Batılı gibi olma çabalarının sonucunda moda olanın uygulanması ile başlar. Her ne kadar Tarz-ı Cedid olarak Osmanlı Türkçesi'ne çevrilerek tam karşılığı verilmiş olsa da Avrupa'da var olan düşünsel ortam içerisinde gelişim göstermez. Ancak dönem içinde üslubun uygulama alanlarıyla özgün örneklerini verir. Art Nouveau Akımı Avrupa'da dönemin teknoloji ve üretim biçimleri ile ilişkisi, Osmanlı coğrafyasında yeterli sanayi altyapısı olmaması neticesinde, geleneksel malzemeye dönüş Art Nouveau'ya yeni bir boyut katmış ve hatta sadece Osmanlı topraklarında var olan eşsiz eserler bırakmasına sebep olmuştur. "İstanbul Art Nouveau'su" veya "Osmanlı Art Nouveau'su" adı verilen bu üslup, özellikle 19.yy sonu ve 20.yüzyıl başında İstanbul'da yapılmış yapılarda belirli karakteristik özelliklerle kendini hissettirmiştir.

Art Nouveau, 19. yüzyılın son on yılında Osmanlı İmparatorluğu'na ilk olarak günlük kullanım eşyaları ile girmiştir. II. Abdülhamid'e ithaf ve hediye edilmiş 1898 tarihli "Der Moderne Stil" isimli bir albüm olduğu bilinmektedir. İstanbul'da bilinen ilk Art Nouveau yapı II. Abdülhamid'in terzisi Jean Botter için İtalyan Mimar Raimondo D'Aronco tarafından tasarlanan Botter Apartmanı'dır (Şekil 17.12)[2].



Şekil 17.12. Botter apartmanı [20]

İstanbul'da görülen başlıca Art Nouveau yapıların mimarı, Sultan II. Abdülhamid'in Saray Baş Mimarı Raimondo D'Aronco'dur. Bu dönemde İstanbul'da İmparatorluk yapılarında, anıtsal yapılarda, konutlarda dönemin zevkini yansıtan, Art Nouveau bezemeler bulunmaktadır.

Başta İtalyan mimar Raimondo D'Aronco'nun tasarımları olmak üzere özellikle başkent İstanbul'un çehresi değişmeye başlar. D'Aronco'nun Osmanlı İslam sanatından etkilenerek inşa ettiği yapılar İstanbul Art Nouveau' sunun özgün eserleri arasında yer alır. Mimari uygulamalar aynı yıllar içerisinde kullanım eşyalarında da yansımaları bulur, üsluba ait çok sayıda mobilya satın alınırken, imparatorluk fabrikalarında da özgün, kullanıma yönelik eserler üretilir. Henüz mobilyada ithal edilenden imal edilme aşamasına yeni yeni geçilmiştir. İstanbul'daki mağazalardan satın alınan eserlerin hem bu yeni üslubun benimsenmesinde hem de mobilya üretiminde büyük payı olmuştur [21]. Dönemin en önemli Art Nouveau örnekleri arasında Art Nouveau'yu İstanbul'a getiren Raimondo D'Aronco'nun Beyoğlu'nda Botter Apartmanı, Serencebey Şeyh Zafir Türbesi (Şekil 17.13), Kitaplık ve Çeşmesi, Karaköy'de bugün yerinde olmayan mescit, Kuruçeşme'de bugün yıkılmış olan Nazime Sultan Yalısı, Tarabya'da İtalyan sefareti, Aziziye karakolu bulunmaktadır.



Şekil 17.13. Şeyh Zafir Türbesi [22]

Aziziye Karakolu, İstanbul depremi sonrası D'Aronco'nun restore ettiği yapılardandır. Cephesindeki bezemeler nedeniyle halk arasında Süslü Karakol olarak adlandırılmıştır [23]. Ayrıca, İstanbul'daki Art Nouveau yapıların en başta gelen örneklerini arasında, Vloro Han, Ahmet Ratıp Paşa Köşkü, Eski Mısır Konsolosluğu, Mısır Apartmanı, Faik Bey ve Bekir Bey Yalısı, Çubuklu Hıdiv Kasrı yapıları vardır (Şekil 17.14)



Şekil 17.14. Ahmet Ratıp Paşa Köşkü [24], Hıdiv Kasrı [25]

Osmanlı Art Nouveau'su genellikle yabancı mimarlar tarafından şekillendirildiğinden, eserlerde mimarların yetiştiği ve bulunduğu yerlerin mimari disiplini, yerel yapım teknikleri ve yabancı üslupların bütünüleşmesi ile oluşan özgün tasarımlar görülmektedir [26]. Afife Batur, 1900 veya kesin tarihi bilinmeyenler de dikkate alınarak 1898'lerde başlayan İstanbul'daki Art Nouveau mimarlığı uygulamalarının, 1. Dünya Savaşı ile kesintiye uğrayan başlıca iki periyodu olduğunu belirtmektedir; bunlardan ilki 1900-1915, ikinci dönemi ise 1922-1930 yılları arası olarak belirtir. Art Nouveau'nun anıtsal uygulamaların gerçekleştirildiği ilk döneminde genellikle kâğıt yapım yöntemlerinin kullanıldığı bilinmektedir. Geleneksel yapım teknikleri ve tuğla gibi geleneksel malzemelerin yanında çelik strüktür ve cam yüzeyli uygulamaların da yapıldığı bilinmektedir. En çok görülen uygulama, düzgün kesilip işlenmiş taşla kaplı tuğla duvar ve volta tekniğinde çalışılmış putrelli döşemedir. İkinci dönemin anonim ürünleri, geleneksel yapım teknikleri ve malzemeleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çelik üretimi mevcut olmadığından, ithal edilmesi gereken ve Art Nouveau mimarisinin dayandığı demir-çelik olanaklarından yararlanmak, tek tük çok önemli yapımlar dışında mümkün olmamıştır. İkinci dönemin uygulamalarında genel olarak yükseltilmiş kâğıt bir bodrum kat ile tuğla üzerine ahşap kaplı beden duvarları görülmektedir [27].

Avrupa'daki örneklerde büyük açıklıkları geçmek için kullanılan demir ve çelik İstanbul'da yer almamıştır. Demirin, cumbaları taşıyan desteklerde sınırlı olarak ve duvar içine gizlenerek kullanıldığı görülmüştür. Duvar strüktürünü sağlamlaştırmak için demir ve çelikten çift T kirişlerin taban inşaatlarında kullanıldığı bilinmektedir. Strüktürel sınırlılığa karşın, demir kullanımı, dekoratif amaçla balkon parapetleri, pencere kafesleri ve kapı süslemelerinde sıklıkla kullanılmıştır. Demir kullanımı, cephelerin yanı sıra iç mekânda özellikle merdiven korkuluklarında kullanılmıştır [27]. Art Nouveau iç mekânlarının önemli bir malzemesi olan cam, Beyoğlu'nda sınırlı olarak vitray ve kapı üstlerinde, bazen de pencerelerde renkli cam veya yapıştırma cam olarak yer almıştır. Bezemelerin de ahşaptan olduğu bilinmektedir. Özellikle iç mekân ve donatılarda ahşap malzeme kullanıldığı, İstanbul Art Nouveau'sunun hem Viyana kökenli geometrik tutum hem de İtalyan Stile Floreale kökenli naturalistik ve bitkisel tutum olmak üzere iki ana üslubu olduğunu söylemek mümkündür [27].

2. Art Nouveau Akımında Ahşap Malzeme Kullanımı

19. yüzyılın sonu ve 20. yüzyılın başında ortaya çıkan Art Nouveau akımı, endüstriyelleşmenin getirdiği mekanik sıradanlığa bir tepki olarak doğan ve doğadan esinlenen estetik bir hareket olarak tanımlanabilir. Mimari, iç mekân tasarımı, mobilya ve dekorasyon alanlarında kendini gösteren bu akım, organik formların, kıvrımlı hatların ve bitkisel motiflerin hâkim olduğu çok yönlü bir sanatsal anlayışı benimsemiştir. Ahşap, Art Nouveau'nun bu estetik anlayışını en iyi ifade eden malzemelerden biridir. Doğal yapısı, işlenebilirliği ve organik dokusuyla, Art Nouveau tasarımlarında sıklıkla kullanılan malzemelerden biri olmuştur.

Endüstri devrimi ile bilim ve teknolojinin gelişmesi sürecinde ortaya çıkan sanayi ve teknoloji alanında gelişmeler, geleneksel malzemelerin yeni üretim yöntemlerine ve yeni malzemeler keşfedilmesine sebep olmuştur. Bu durum mimarlık pratiği için yeni bir dönemin kapısını aralamıştır. Teknoloji kavramı, tarihin boyunca malzeme konusunda etkin rol oynadığı gibi bu dönemde de yeni yapım tekniklerinin ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır. Endüstri devrimi ile beton, çelik ve cam gibi yeni yapı malzemeleri kullanılmaya başlanmıştır. Ahşap alanında ise kontrplak yeni bir malzeme olarak bu dönemde ortaya çıkmıştır.

Çelik ve betonarme mimaride yapı malzemesi olarak kullanım imkânı bulurken, çelik ve beton ile geçilen geniş açıklıklar cam paneller ile kapatılmıştır. Endüstrileşmenin sağladığı makine yöntemleriyle demiri bükme yöntemleri geliştirilmiş ve yapıların cephe tasarımında, merdiven korkuluklarında sıklıkla kullanılmıştır. Ahşabın yapı malzemesi olarak kullanılması bu dönem için kısıtlı kalmıştır. Ahşap, çoğunlukla mobilya tasarımlarında, küpeşterelerde, kapı ve pencere kasalarında, duvar ve tavan bezemelerinde kullanılmıştır [28]. Endüstri Devrimi'nin teknolojik imkânlarının getirmiş olduğu yeni malzemeler Art Nouveau Akımında daha çok yapısal teknikte kullanılmış, iç mekân ve mobilya yapımında en yoğun kullanılan malzeme ahşap olmuştur. Bu konuda tercih edilebilirliği etkileyen en önemli unsurlar; iç mekân yaşam alanlarında kullanılmaya uygun, sıcak ve doğal bir malzeme olması ve doğası gereği sahip olduğu renk ve doku değerlerinin iç mekân tasarımına estetik katkıda bulunmasından kaynaklanmaktadır. Aynı zamanda kolay işlenebilen bir malzeme olmasından dolayı bu dönemin yaygın biçimsel özelliklerinin mobilya, tavan, bölücü ve duvarlar gibi alanlarda uygulanabilirliği açısından esnek çözümler sunmaktadır.

19. yüzyıl Avrupa mobilya tasarımında görülen başlıca teknolojik yenilikler arasında ahşap büküm mobilyaların önemi büyüktür. Michael Thonet 1830'lu yıllardan itibaren ahşap büküm mobilya imalatına dair denemeler yapmaya başlamıştır. Thonet, alışlagelmiş ahşap oyma ve birleştirme tekniklerini kullanmadan ahşabı şekillendirmek için buharlı preslerde masif ahşap çubukları biçimlendirerek bu parçaları mobilyanın bacağı, arkalıği, hatta genel strüktürü olarak kullanmıştır [29]. Thonet'in çoğunlukla kayın ağacı kullanarak oluşturduğu bükülmüş ahşap mobilyaları gerek üretim tekniği bakımından gerekse de biçimsel olarak dönemin diğer mobilyalarına göre oldukça farklıdır. Süslemelerden arınmış, çizgisel yalınlığa sahip bu mobilyalar sadeliği ile ilgi çekmiş ve zarif kıvrımları sayesinde dönemin mimari stili içerisinde kendisine yer edinmiştir.

2.1 Ahşap Malzemenin Avrupa ve Osmanlı Art Nouveau Akımlarında Kullanılması

Art Nouveau Akımında ahşap malzeme mekân ile bütünleşmek amacıyla tasarlanmaktaydı. Mobilya yüzeylerinde yer alan dekoratif unsurlar yer, duvar ve tavanda tekrarlanırdı. Perde, halı ve döşemelik kumaşlar da bu uyumu devam ettirmek üzere dokunurdu. Diğer yandan bu mobilyalar içinde buldukları mekânları bölümlere ayırmak amacı ile de kullanılırdı. Birçok mobilya farklı fonksiyonları yerine getirmek üzere karmaşık bir yapıda tasarlanırdı. Bu akımda işlevsellik ve mekân bütünlüğü en az sanatsal ifade kadar önemliydi [30]. Mackintosh'un Helensburgh'ta bulunan Hill House için 1904 yılında tasarladığı sandalye önemli bir örnek teşkil etmektedir (Şekil 17.15) [31].



Şekil 17.15. Mackintosh Hill House Mobilya [32]

Sanayi Devriminin getirdiği yeni malzeme olanakları Avrupa Art Nouveau Akımında ahşap, sıklıkla iç mekân tasarımında, mobilyalarda, kapı ve pencere çerçevelerinde ve süslemelerde kullanılmıştır. Ahşap kullanımını öne çıkaran belli başlı özellikler şunlardır:

- Organik Formlar ve Akışkan Çizgiler:

Ahşap, doğal yapısı sayesinde kıvrımlı, dalgalı hatları özgürce oluşturmak için ideal bir malzemedir. Mobilya tasarımlarında ve mimari detaylarda bu organik formlar dikkat çeker.

- Doğal Desenler:

Ahşapın doğal damarları, Art Nouveau'nun doğadan ilham alan tasarım anlayışıyla uyumludur. Bu damarlar, bazen ek bir süsleme ihtiyacı duymadan estetik bir görünüm sağlar.

- Süsleme ve Oymacılık:

Art Nouveau'da ahşap oymaları, detaycılık ve zarafetle dikkat çeker. Çiçek motifleri, yaprak desenleri, sarmaşıklar ve hayvan figürleri gibi motifler ahşap yüzeylere oyularak uygulanır.

- Zanaatkârlığın Vurgusu:

Ahşap işlemeciliği, endüstriyel üretime karşı bir tepki olarak el işçiliğini ve zanaatkârlığı öne çıkarır. Her bir parça, benzersiz bir sanat eseri niteliği taşır (Şekil 17.16).



Şekil 17.16. Art Nouveau ahşap donatılar [33]

Art Nouveau Akımının Osmanlı Coğrafyasındaki uygulamalarında ise ahşabın, yapı malzemesi olarak özellikle de cephede kullanıldığı örnekler görülmektedir (Şekil 17.17).



Şekil 17.17. Osmanlı Art Nouveau ahşap cepheler [34]

Cepheler ahşap konutların dönem özelliklerini yansıtan en belirgin öğeleri içerir. Bu döneme ait ahşap konutların cepheleri yatay sıralanmış ahşap kaplama tahtalarıyla kaplıdır. Bu durum yukarıda tartışılan akımın batılılaşma düşüncesi ile ithal edilmesi olarak yorumlanabilmektedir. Bir başka deyişle sanayi devrimi ile yeni yapı malzemeleri üretebilen Avrupa Art Nouveau Akımında adı gibi yeni olanı kullanabilirken, yapı malzemesi teknolojisini üretemeyen Osmanlı Coğrafyası Art Nouveau Akımını biçimsel olarak uygulamıştır. Art Nouveau'nun doğadan esinlenen formları ahşap oymalar için ideal olmasının yanı sıra, bu yeni akım ile 19. Yüzyıl sonunda Osmanlı Coğrafyasında çok sayıda ahşap yapının iç mekânı biçimlenmiş ve İstanbul Art Nouveau'sunun en karakteristik özelliği ahşap mimari olmuştur.

19. yüzyıl Osmanlı Coğrafyasında konut yapımında Art Nouveau üslubunun kullanılması yaygınlaşmıştır. Genellikle geleneksel yapım tekniği ve malzeme ile inşa edilmiş yapılardaki balkonun sayısı ile boyutu da artarak balkonda kullanılan süsleme öğeleri dikkat çekmeye başlamış ve bu yapılar İstanbul'da geniş bir alana yayılmıştır (Şekil 17.18).



Şekil 17.18. Art Nouveau ahşap balkonlar [34]

Bu dönemde söz konusu yapılar genellikle iki ile dört katlı inşa edilmiş ve bezeme öğeleri ahşaptan tasarlanmıştır. Bu döneme ait yapılar geleneksel Türk Evi'nin yalın cephe tasarımını, Art Nouveau üslubundan alıntılar ile süslenmiştir Art Nouveau'nun zengin motif dünyası ahşap mimarlık bezemelerini etkilemiştir. Söz konusu üslupta tasarlanmış yapıların zaman geçtikçe ahşap üzerine gelişmesi ile Osmanlı Coğrafyasındaki Art Nouveau üslubu ile Avrupa Coğrafyasındaki Art Nouveau üslubu farklı bir şekilde yerleşmeye başlamıştır (Şekil 17.19)[34].



Şekil 17.19. Osmanlı Art Nouveau ahşap yapı cepheleri [35]

SONUÇLAR

19. yüzyılın ortalarından itibaren etkili olan Art Nouveau akımı, mimarlık ve süsleme sanatında önemli bir üretim alanı sağlamıştır. Geleneksel sanata karşı çıkan akım, yumuşak ve kıvrımlı çizgiler kullanarak endüstriye bağlı bir tarzda ürünler ortaya koymuştur. Endüstri Devrimi'ne tepki amacıyla, sosyal bir hareket sonucu ortaya çıkarak sanat akımı halini alan Art Nouveau, ilk olarak 1890-1910 yılları arasında Belçika'da görülmüştür. Kelime karşılığı 'Yeni Sanat' anlamına gelen Art Nouveau, XIX. yüzyılın son çeyreğinde ortaya çıkmış ve XX. yüzyılın başlarına kadar devam etmiştir.

Art Nouveau Akımı'nın özellikleri arasında doğadan ilham alma önemli bir yer tutar ve bu ilham, sanatçıların eserlerini biçimlendiren temel unsurlardan biri olmuştur. Sanatçılar, bitkilerden, hayvanlardan ve doğadaki diğer unsurlardan ilham alarak, doğanın kendine has güzelliklerinden faydalanarak eserlerini oluşturmuşlardır. Bu akımın bir diğer belirgin özelliği ise organik ve asimetrik formların öne çıkarılması olmuştur. Sanat eserlerindeki formlar, genellikle doğadaki akışkan ve organik yapıları yansıtmak amacıyla geometrik düzenlilikten uzak, asimetrik bir yapıya sahiptir ve bu durum sanatın doğallığını arttırmıştır. Ayrıca, çiçek ve bitki motifleri de Art Nouveau sanatının vazgeçilmez unsurları arasında yer almıştır. Bu motifler, süslemelerde ve desenlerde sıkça kullanılarak doğanın güzelliklerini sanatsal eserler aracılığıyla yansıtmıştır. Art Nouveau Akımı ile doğadan esinlenerek üretilen formlarda demir, cam ve seramik gibi dönemin sanayi devrimi sonrası popülerleşen malzemeleri kullanmıştır.

19. yüzyılda batılılaşma hareketleri ile Avrupa coğrafyası ile kültürel ilişkilerini bütünleştiren Osmanlı coğrafyasında da Art Nouveau Akımı etkin bir biçimde uygulanmıştır. Sanayi devrimi sonrası Avrupa coğrafyası ile kurulan demiryolu ağları kültürel akışkanlığı artırmıştır. Avrupa coğrafyasında birçok ülkede farklı isimlerle anılan Art Nouveau akımı Osmanlı coğrafyasında da kendi yerel dilini bulmuş ve Osmanlı ya da İstanbul Art Nouveau 'su olarak adlandırılmıştır.

Art Nouveau akımının doğadan öykünen biçimlerinin ön planda olmasını sağlayan dönemin malzeme kullanımıdır. Sanayi devrimi sonrası demirin ve camın etkin bir biçimde üretilip işlenebilmesi Art Nouveau akımının yayılmasında ve uygulanmasında son derece etkili olmuştur. Teknolojik gelişmelerden etkilenip yeni biçimlerinin kullanıldığı diğer önemli bir malzeme de ahşap olmuştur. Ancak Avrupa coğrafyasında ahşap malzeme daha çok iç mekân yapı elemanı ve dekorasyon ürünü olarak kullanılmıştır. Osmanlı coğrafyasında uygulanan ve yerelleşen Art Nouveau akımında ise, üslubun batıdan ithal edilmesi düşünsel ve toplumsal kurgusunun yapılamaması sebebi ile yeni teknolojik malzemeler yapı elemanı olarak kullanılamamıştır. Özellikle demir malzeme bezeme ögesi olarak ancak kendine yer bulabilmiştir. Buna karşılık ahşap malzeme ise özellikle üst gelir grubu konutlarında köşk kasır ve yalılarda cephe kaplaması, pencere, balkon, saçak gibi yapı elemanlarında kullanılmıştır.

Bu bağlamda 19. Yüzyıl dünya mimarlık tarihinde önemli bir yeri olan Art Nouveau akımında kullanılan ahşap malzemenin Avrupa ve Osmanlı coğrafyasında kullanımının karşılaştırıldığı bu çalışmada, üslubun coğrafya ile olan ilişkisinin malzeme kullanım biçimini de etkilediği açıkça görülmektedir. Dönem teknolojisini üretmeyen ithal eden Osmanlı, dönemin en önemli sanat akımı olan Art Nouveau'yu kendi coğrafi ve kültürel gerçekliği içerisinde yeniden üretmiş ve akımın uygulamasında önemli bir malzeme olan ahşabı Avrupa'dan farklı olarak kendi biçiminde kullanmıştır.

KAYNAKÇA

- [1] Yağmur Şimşek, (2019), Endüstri Devrimi Sonrası Ortaya Çıkan Üsluplar ve Valensiya Modernizmosu'nun Bu bağlamda İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [2] Nihal Turan, (2017), Art Nouveau Akımının Seramik ve Cam Sanatına Yansımaları, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, Eskişehir.
- [3] Hasol, D. (1993). Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü. İstanbul: YEM Yayınları.
- [4] Ayaydın A. (2015), Art Nouveau Akımına 21.Yüzyıl Perspektifinden Bir Bakış, DOI: 10.7816/ulakbilge-03-06-03, ulakbilge, 2015, Cilt 3, Sayı 6, Volume 3, Issue 6.
- [5] Özkan, Z. (2020). Modern tipografide Bauhaus dönemi ve yeni tipografi. selcuk.edu.tr.
- [6] Brabazon, T. & Redhead, S. (2013). The British Bauhaus? Jp Hully and an Unwritten History Of British Modernism, Online Journal Of Art And Design, Volume 1, Issue 4 (<http://ojad.emu.edu.tr/articles/14/144.pdf>, 6.11.2015).
- [7] https://en.wikipedia.org/wiki/Art_Nouveau#/media/.
- [8] Sağocak, A. M. (2003). Tasarım Tarihi Endüstri Ürün Tasarımında 250 Yıl., Vipaş yayınları, Bursa.
- [9] Ayşe Ayça Ortaer (2021) İzmir Mimarisinde Art Nouveau, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- [10] Collette Q. et al. (2010), Victor Horta 's Iron Architecture: a Structural Analysis, In: Advanced Materials Research, Vol. 133-34, Trans Tech Publication, pp. 373-78.
- [11] <https://nl.pinterest.com/pin/48251854755999940/>.
- [12] Hardy, W. (1997). A Guide to Art Nouveau Style. Grange Books LTD.
- [13] Graham, L. (1970). Hector Guimard. New York: The Museum of Modern Art.
- [14] https://aboutartnouveau.wordpress.com/2013/04/02/henry-van-de-velde-1863-1957/vandevelde_salonfurniture/.
- [15] https://en.wikipedia.org/wiki/Linke_Wienzeile_Buildings#/media/
- [16] Değirmenci, E., & Kara Pilehvarian, N. (2018). 19. yüzyılda Viyana ve Otto Wagner. GRID - Architecture Planning and Design Journal, 1(2), 109-138. <https://doi.org/10.37246/grid.420636>.
- [17] [https://en.wikipedia.org/wiki/Palazzo_Castiglioni_\(Milan\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Palazzo_Castiglioni_(Milan))
- [18] Şahin, H. (2015). "Japonizmin Empresyonist Sanat Akımı Üzerine Etkileri", İdil Sanat ve Dil Dergisi, Sayı 18, s.81-109
- [19] <https://yapidergisi.com/art-nouveau-akimi/> [20.12.2024]
- [20] <https://artdogistanbul.com/botter-apartmani-kapilarini-aciyor/>
- [21] Batur, A. (2005). Avrupa'dan İstanbul'a Yeni Sanat 1890-1930, İstanbul: Mimarlar Odası.
- [22] https://tr.wikipedia.org/wiki/Raimondo_D%27Aronco#/media/
- [23] Tezgah, S., (2017), Tezyinatta İstanbul Art Nouveausu, Fatih Sultan Mehmet Üniversitesi, Güzel sanatlar Enstitüsü, YI tezi , İstanbul.

- [24] <https://www.gzt.com/arkitekt/mimar-kemaleddinden-art-nouveau-tarzinin-essiz-ornegi-camlica-kiz-lisesi-3549821>
- [25] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4f/H%C4%B1div_Kasr%C4%B1.jpg
- [26] Batur A. (1995), "Art Nouveau Mimarılığı ve İstanbul,Yapı, S.161, İstanbul, s:44-63.
- [27] Yenigün, S. (2011), İstanbul'da Art Nouveau Stilinde İnşa Edilmiş Yapıların Ortak İç Mekânlarının İncelenmesi: Beyoğlu Örneği, Yüksek Lisans Tezi, MSGSÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [28] Kurtuluş, M. (2021). Endüstri Devrimi Sonrası Mimari Akımlarda Malzeme ve Teknoloji Kullanımlarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, MSGSÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [29] Arıburun, E. (2012). 19. Yüzyıl Osmanlı Saray Mobilyaları: Batılılaşma Etkisi Ve Biçimsel Açıdan Yemek Kültüründeki Değişim Süreci, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [30] Boyla, O. (2012). Mobilya Tarihi. Eronus Books. İstanbul.
- [31] Çiftci, S. K., & Demirarslan, D. (2021). 20. Yüzyılda Mobilya Tasarımı Akımlarına Genel Bir Bakış. Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi, 20(79), 1607-1627.
- [32] <https://www.nts.org.uk/visit/places/the-hill-house/mackintosh-and-the-hill-house>
- [33] https://en.wikipedia.org/wiki/Art_Nouveau_furniture#/media/
- [34] <https://www.gzt.com/arkitekt/art-nouveau-nun-istanbulda-ahsap-uzerine-yerellesmesi-3769602>
- [35] <https://perapalace.com/osmanli-saray-mimari-ve-art-nouveau-ustadi-raimondo-daronconun-hayati-ve-eserleri/>

YAZAR ÖZGEÇMİŞİ

Aysun AYDIN SANCAROğLU, DR.

Karadeniz Teknik Üniversitesi, mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü, Trabzon, Türkiye

mimaraysun@gmail.com

Yazar 2001 yılında KTÜ Mimarlık Bölümünden Lisans derecesini, 2004 yılında YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Tarihi ve Kuramı Lisansüstü programında master derecesini ve 2011 yılında aynı programda doktora derecesini almıştır. Çalışma alanları geç dönem Osmanlı ve erken dönem cumhuriyet dönemi mimarlıkları, ideoloji iktidar ve mimarlık ilişkisidir. Halen KTÜ Mimarlık bölümünde Mimarlık Tarihi AB Dalında Dr. Öğr. Üyesi olarak çalışmakta olup lisans ve lisansüstü kademelerinde dersler vermektedir.

18. Bölüm

AHŞABIN İÇ MEKÂN YÜZEYLERİNDE VE DONATILARDA KULLANIMI

*Semiha İSMAİLOĞLU**

^a Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü, Rize, Türkiye, 0000-0002-1006-6279

* semiha.ismailoglu@erdogan.edu.tr

SUMMARY

Wood is increasingly emerging as a material that offers aesthetic and psychological benefits in interior design. Because wood may produce cozy ambiances, its utilization improves customer pleasure in a range of settings, including homes and businesses. The unique properties of wood also affect the lighting ambiance; wood cladding has been shown to improve natural light quality and increase energy efficiency. The sensory properties of wood play an important role in shaping psychological and physiological responses. While the textural and visual properties of wood evoke positive emotional responses, its natural origins provide a sense of peace and connection to nature. This suggests that environments containing wood have the potential to provide healing experiences, especially in places such as hospitals and educational institutions. Wood is becoming increasingly popular in modern interior design, not just for its aesthetic value, but also for its sustainability and health benefits. The integration of wood into design practices is seen as a way to enhance user well-being and promote environmental responsibility, contributing to the efforts of architects and designers to create inviting and sustainable spaces.

Keyword: *Interior, wood, role of wood, wooden furniture, wooden space.*

Giriş

Ahşap doğaldır ve zamanı liflerinde yaşatır; zamanı tutar, hapseder, kullancısına da "zamana hâkim olma hissi"ni verir.

Jean Baudrillard, 2011

İç mekân tasarımında malzeme seçim süreci, genellikle ilk tasarım fikirlerinin geliştirilmesiyle eş zamanlı olarak başlamaktadır. Bu aşamada tasarımcının bilgi birikimi, deneyimi ve farklı malzeme türlerine olan hâkimiyeti, mekânın hem görsel hem de işlevsel bütünlüğünü sağlamak açısından kritik bir öneme sahiptir. Malzemenin fiziksel, estetik ve fonksiyonel özelliklerinin doğru analiz edilmesi, mekân tasarımının kalite ve sürdürülebilirlik açısından uygun bir şekilde tamamlanmasına katkı sunmaktadır. Bu nedenle, tasarım sürecinde malzeme seçiminin bilinçli bir yaklaşımla ele alınması gerekmektedir. Teknik açıdan bakıldığında, bir malzemenin fiziksel çevre kontrol sistemleriyle uyumlu çalışabilmesi, uygulama yöntemleri, sunduğu imkânlar ve getirdiği sınırlamalar gibi pek çok faktör göz önünde bulundurulur. Malzemeler, sadece teknik özellikleri değil, aynı zamanda iç mekân atmosferini şekillendirme potansiyelleriyle de ön plana çıkmaktadır. Malzemenin dokusu, rengi, ışığı yansıtma şekli ve mekâna kattığı duyuşsal özellikler, iç mekânın karakterini belirleyen kritik unsurlardandır.

Ahşap, erişimi rahat, hafif ve dayanıklı bir malzemedir. Ayrıca işlenmesi de kolaydır ve en eski yapı malzemelerinden birisidir [1]. Ahşap, geçmişte sadece konut inşaatlarında değil, köprü ve anıtsal binalarda da kullanılan çok kullanışlı ve doğal bir yapı malzemesidir. Ahşap, tercih edildiği coğrafi bölge ve çevresel faktörlere bağlı olarak sürdürülebilir bir kaynak olarak değerlendirilen, inşaat sektöründe uzun yıllardır yaygın biçimde kullanılan bir malzemedir. Diğer yapı malzemelerine göre birçok üstünlüğü vardır. Metal, alüminyum ve beton gibi malzemelere rağmen, ahşap görünüm ve yalıtım açısından tercih edilmeye devam etmekte; yumuşak yapısı nedeniyle mobilya üretiminde de kullanılmaktadır. Hem mobilya tasarımında hem de yapı elemanı ve taşıyıcı sistemlerde çeşitli fonksiyonlar üstlenerek estetik, sağlamlık ve çevresel sürdürülebilirlik gibi farklı avantajlar sunmaktadır.

Geri dönüşüme uygun malzemelerin başında gelen ahşap, doğal, yenilenebilir ve ekonomik olması nedeniyle iç mekân tasarımlarında sıklıkla tercih edilmektedir. Ayrıca düşük karbon emisyonu sağlamakta ve karbon depolama kapasitesine sahiptir [2, 3, 4, 5]. Ahşap, farklı uygulama teknikleriyle çeşitli yüzeylerde ve bitimlerde kullanılabilir. Ayrıca kumlanabilir, cilalanabilir, perdelanabilir, renklendirilebilir, verniklenebilir ve boyanabilir [6]. Ahşap, birçok avantajına rağmen, çevresel koşullara bağlı olarak çeşitli yapısal bozulmalara maruz kalabilen bir malzemedir. Dış mekânda yoğun güneş ışığı, yağmur, nem, sıcaklık değişimleri ve rüzgâr gibi faktörler, ahşapta çatlama, eğilme, çürüme ve renk solması gibi deformasyonlara yol açabilir. İç mekânda ise nem seviyesindeki dalgalanmalar, ahşabın büzülme veya genişleme gibi boyutsal değişikliklere neden olabilir. Ayrıca, biyolojik zararlılar ahşap yüzeylerinde yapısal hasara yol açabilir [3].

Ahşap, biyolojik olarak tahrip olma riski taşıyıcı ve bitkisel ve hayvansal zararlılara karşı hassastır. Bunun yanında, yanıcı bir malzeme olması nedeniyle yangın güvenliği açısından dezavantajlıdır. Rutubet alışverişine bağlı olarak boyut değiştirme, deformasyon ve çarpılma gibi sorunlar ortaya çıkabilir. Zamanla meydana gelen renk değişiklikleri de estetik açıdan olumsuz değerlendirilebilir. Yapısal kusurlar, örneğin budaklar ve çatlaklar, ahşabın mekanik dayanımını ve stabilitesini azaltarak uzun vadede performansını olumsuz etkileyebilir. Tüm bu olumsuzluklara rağmen, ahşabın uygun şekilde korunması ve yüzey işlemlerinin doğru uygulanması, malzemenin ömrünü ve işlevselliğini artırmada kritik bir öneme sahiptir [7, 8].

Ahşap kullanımı, iç mekânda rahatlık ve sıcaklık hissi yaratır, bu da bireylerin zihinsel olarak daha konforlu ve huzurlu hissetmelerine yardımcı olur. Yapılan çalışmalar, ahşap yüzeylerin uyarma etkisiyle görsel olarak insanlarda fizyolojik ve psikolojik rahatlama sağladığını

göstermiştir. Nyrod ve arkadaşları, ahşap gibi doğal malzeme kullanımının, özellikle konforun önemli olduğu hastaneler gibi yapılarda kullanıcı tercihini önemli ölçüde etkilediğini vurgulamaktadır [9]. Shen ve arkadaşları, ahşap gibi doğal malzemelerin kullanıldığı ofis ortamlarının bilişsel performansı artırabileceğini göstererek, ahşabın iç mekânlarda daha iyi odaklanmayı sağladığını ve üretkenliği kolaylaştırabileceğini öne sürmüştür [10]. Ahşabın optimum konfor koşullarını destekleyen ve albeniyi sahip bir malzeme olarak algılanması, kullanıcıların genel yaşam kalitesini artırabilir ve onu hem konut hem de ticari alanlar için arzu edilen bir seçim haline getirebilir [11]. Bu, iç mekânlarda ahşap kullanım derecesinin görsel psikolojik tepkileri önemli ölçüde etkilediğini ve orta düzeyde ahşap kaplamanın doğallık ve rahatlama hissini teşvik etmede özellikle etkili olduğunu bulan Li ve arkadaşlarının çalışmasını desteklenmektedir [12]. Bu tür bulgular, zihinsel olarak rahatlatıcı mekânların tasarımını teşvik etmek için ahşabi iç mekân tasarımına dahil etmenin önemini vurgulamaktadır. Ahşabın sahip olduğu dokusu, sıcaklığı ve doğal görünümü, insanlarda rahatlık ve güvenlik hissi uyandırmaktadır. Ahşap, metal gibi diğer malzemelere kıyasla yıl boyunca sabit bir sıcaklık sağlamaktadır [13, 14, 15].

Mekân tasarımında, malzeme ve ürün seçimi işlevsellik ve sürdürülebilirlik açısından kritik öneme sahiptir. Sürdürülebilir mekânlar oluşturulurken, havalandırma ve yapı özelliklerinin yanı sıra, çevre dostu ve sağlıklı uygun malzemelerin kullanımı da göz önünde bulundurulmalıdır [4]. Araştırmalar, ahşabın sentetik malzemelere kıyasla uçucu organik bileşik (VOC) emisyonlarını azaltarak iç mekân hava kalitesini olumlu yönde etkileyebileceğini göstermiştir [16]. Ahşabın doğal yalıtım özellikleri, nemi emme ve dengeleme yeteneği, iç mekânda daha sağlıklı bir hava kalitesi oluşturarak bir binanın genel enerji verimliliğine ve konforuna katkı sağlar [17, 18]. Ayrıca, meşe gibi belirli ahşap türlerinin antibakteriyel özelliğe sahip olması hastane kaynaklı oluşabilecek enfeksiyon riskini azaltmayı sağlar (Şekil 18.1) [19].



Şekil 18.1. Ahşabın özellikleri (OpenAI DALL-E tarafından üretilmiştir, araştırmacı tarafından düzenlenmiştir)

Ahşap malzemenin kullanım biçimleri, tarihsel süreç içerisinde farklı dönemlere ve kültürlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Ahşap özellikle Osmanlı Dönemi konut mimarisinde ve geleneksel Türk mimarisinde yapı malzemesi olarak önemli bir yer tutmuş ve bu dönemlerde

ağşap kullanımına dayalı bir mimari gelenek oluşmuştur [1, 20]. Geleneksel ağşap malzemelerin çeşitli işlemlerle özelliklerinin geliştirilmesi ve teknoloji yardımıyla ağşap bazı yeni malzemelerin üretilmesi, yenilikçi ürünlerin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Ayrıca, ağşap işleme ve birime teknolojilerindeki gelişmeler, ağşap yüzeylerin dayanıklılığını ve performansını artırmıştır. Akriklik poliüretan kaplamaların kullanımı, estetik niteliklerini korurken ağşabı çevresel bozulmadan koruyabilmesi bu gelişmelerden biridir [21]. Bu tür yenilikler, ağşabın iç mekân için pratik bir seçim olmasını sağlayarak estetiğe işlevsellikle birleştirmektedir.

İç mekânın "giydirilmesi," tavadan zemine, kolonlardan duvarlara ve mobilyalara kadar tüm yüzeylerin bütüncül bir tasarım anlayışıyla kaplanmasını ifade etmektedir. Bu yaklaşım, mekânda estetik, işlevsellik ve kullanıcı deneyimini bir araya getiren tasarım stratejilerinin temelini oluşturur. Gelişen endüstriyel üretim teknolojileri, farklı malzemelerin daha hızlı ve hassas bir şekilde işlenmesine olanak tanıyarak iç mekân kaplamalarının hem estetik hem de performans açısından çeşitlenmesini sağlamıştır. Bu bağlamda kitap bölümünde, ağşabın günümüzdeki iç mekânda duvar, döşeme, tavan yüzeylerinde ve mobilyalarda kullanımına yönelik bilgilere yer verilmiştir.

1. Duvar Yüzeylerinde Ağşap Malzeme

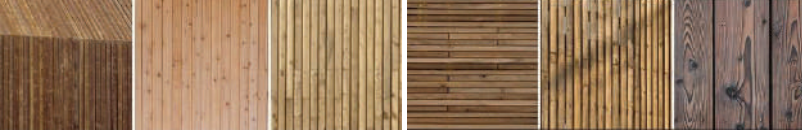
Ağşabın görsel açıdan estetik olması, duvar yüzeylerinde kullanımını etkileyen önemli bir faktördür. Araştırmalar, ağşabın genellikle sıcaklık ve konfor hisleriyle ilişkilendirilen yaşam ortamlarının olumlu hisler oluşmasına katkıda bulunduğunu göstermektedir. Duvar yüzeylerinde modern ağşap tasarımlar, mekânların rahatlığını artırarak, duygusal tepkilerde iyileşmeye ve kan basıncının düşmesi gibi fizyolojik açıdan olumlu yönde etkilere neden olmaktadır [22]. Ayrıca, ağşabın doğal dokusu, organik malzemelere yönelik kullanıcı tercihleriyle uyumlu görsel olarak ilgi çekici yüzeyler yaratır [23]. Ağşabın duvar yüzeylerine entegre edilmesi yalnızca estetik bir görüntü katmakla kalmaz, aynı zamanda modern mimaride giderek daha fazla değer verilen doğayla bağlantı duygusunu da teşvik eder. Ayrıca ısı, ses ve nem yalıtımı amacıyla da duvar yüzeylerinde kullanılır (Şekil 18.2).



Şekil 18.2. Duvar yüzeyinde ağşap kaplama uygulanan mekânlardan örnekler [24-28]

Ağşap veya ağşap kaplama duvar panelleri, mekânları ayıran ya da mekânları oluşturan dikey yüzeyler olarak kullanılır. Bu yüzeyler; raflar, üniteler, bölücü paneller (separatörler), yükler, dolaplar veya farklı amaçlara hizmet eden duvar elemanları olarak çeşitli işlevlere hizmet edebilir. Ağşap ve ağşap esaslı kompozit duvar yüzeyleri, kolay işlenebilirliği ve tasarımda sunduğu çeşitlilik sayesinde, farklı birleşim teknikleri, cilalama, oyma veya farklı el işçilikleriyle iç mekânın estetik ve fonksiyonel yönünü güçlendiren bir malzeme imkanı sunar. Duvar yüzeylerinde lambri uygulamaları, estetik bir görünüm elde etmenin yanı sıra ses, ısı ve

nem yalıtımı sağlamak amacıyla da tercih edilir. Bu kaplamaların uygulanmasında, yüzeydeki bozuklukları gidermek, kaplama elemanlarını desteklemek ve kaplama arkasının havalanmasını sağlamak için uygulama detayları yer alır (Şekil 18.3) [29].



Şekil 18.3. Duvar yüzeylerinde kullanılan ahşap plaka çeşitleri [30]

Kullanıcının duvar yüzeylerinde malzeme olarak ahşabı seçmesinde, malzemenin çok yönlülüğü, çevre dostu olması gibi birden fazla faktör bulunur [23]. Ahşabın farklı formlar verilerek kullanılabilmesi ve bitirilebilmesi, görsel istekleri karşılmasını sağlar. Ahşabı duvar yüzeyleri için tercih edilen bir seçim haline getirir. Ahşabın mukavemeti ve dayanıklılığı da dahil olmak üzere mekanik özellikleri, yapısal uygulamalar için kritik öneme sahiptir.

Bina tasarımlarında enerji verimliliği için ahşabın kullanılmasında mekanik özelliklerinin olumlu etkisini bulunmaktadır [31]. Mimaride mekânların aydınlatılmasında farklı ahşap yüzeylerin kullanımı gün ışığı kalitesini ve enerji verimliliğini artırır [32]. Ahşap işlemedeki yenilikler, şeffaf ahşap kompozitlerin geliştirilmesi gibi, modern mimarideki uygulamalarını daha da genişletmektedir [33]. Bu uyartılabilirlik, ahşabı konutlardan ticari alanlara kadar çeşitli iç mekân uygulamaları için ideal bir malzeme haline getirir.

2. Döşemede Ahşap Malzeme

Ahşap döşemeler geleneksel Türk evi dönemlerinde tomruklar üzerinde kaba tahtalar ile oluşturulurdu. Zaman içerisinde yaşanan gelişmeler ile ahşap döşeme de konfor koşullarına bağlı olarak değişim geçirdi [29]. Ahşap döşeme kaplamaları, işlenmiş ahşap ve masif ahşap olarak ikiye ayrılır. Masif ahşap döşeme, tek bir kereste parçasından yapılmış tahtalardan oluşurken; işlenmiş ahşap döşeme, genellikle daha ucuz ahşap veya kompozit malzemelerden yapılmış bir çekirdeğin üstünde yüksek kaliteli sert ağaç kaplama bulunan birden fazla ahşap katmanından inşa edilir. İşlenmiş ahşap döşeme, dayanıklılığı ve neme karşı direnci nedeniyle daha fazla tercih edilir [34]. Ahşap döşeme uygulamaları, tesviye edilmiş beton veya ahşap ızgara zemin üzerine uygulanır. Doğal görünümü, sağlık, ısı ve ses yalıtımı avantajlarıyla tercih edilirken ıslak hacimlerde döşeme malzemesi olarak kullanımından kaçınılır.

Çalışmalar, ahşap döşemelerin laminant veya seramik gibi diğer döşeme malzemelerine oranla daha konforlu ve estetik olarak iyi algılandığını göstermiştir [35, 36]. Ahşap döşemenin bakımı kolay ve uzun ömürlü olması ekonomik açıdan tercih edilir olması sağlamaktadır [36]. Ahşap döşeme üretimi genellikle ekolojik dengeyi korumaya yardımcı olan sertifikalı ormanlardan kaynak sağlamak gibi sürdürülebilir uygulamaları içerir [38]. Ahşap plastik kompozitlerin (WPC) kullanımı da yenilikçi bir çözüm olarak ortaya çıkmış, ahşabın estetik çekiciliğini plastiklerin dayanıklılığıyla birleştirerek döşeme malzemelerinin sürdürülebilirliğini artırmıştır [39].

2.1. İşlenmiş Ahşap Malzeme

Parkeler, ahşap esaslı zemin kaplama malzemeleri olup, doğal ve estetik bir görünüm sunar. Ahşap malzemelerin iç mekânlarda kullanımı, mekânın algısında önemli bir rol oynar. Ahşap, dokusu, rengi ve yapısal özellikleriyle mekâna sıcaklık, doğallık ve huzur verir [40]. Ahşap parkelerin, mekânın atmosferini olumlu yönde etkileyerek, kullanıcılar üzerinde dinlendirici ve güven verici bir etki bıraktığı bilinmektedir. Doğal ahşap malzemelerin renk ve doku farklılıkları, kullanıldığı ortama estetik bir bakış açısı katar [3].

Parkeler, güneş ışınlarına uzun süre maruz kaldığında renk değişiklikleri ve yüzey bozulmaları yaşanır. Bu nedenle ahşap parkelerin dayanıklılığını artırmak için yüzey kaplamaları yapılır ve doğal yaşlanmaya karşı önlemler alınır. Ahşap malzemenin foto-oksidasyonu sonucunda zamanla sararma ve koyulaşma meydana gelebilir [3]. Ahşap parkelerin dayanıklılığı ve kullanım ömrü, doğru bakım ve koruma yöntemleriyle uzatılabilir (Şekil 18.4).

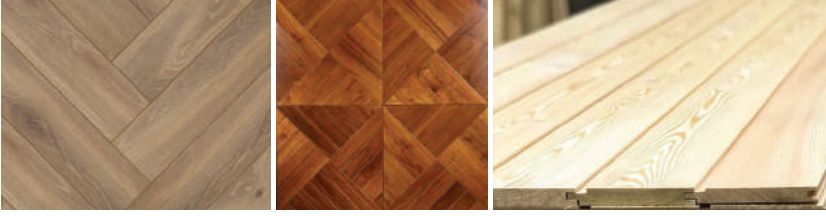


Şekil 18.4. İşlenmiş ahşap parke desenlerine örnekler [41]

Son dönemlerde laminant parke kullanımı masiflere göre artış göstermiştir. Laminant parkenin tercih edilmesinin başlıca nedenleri arasında hem bakım gerektirmemesi hem de uygulamasının kolay olması yer alır. Kayın ve meşeden üretilir, cila tutma, estetik görünüm ve aşınmaya dayanıklılığıyla tercih edilir. Laminant parkelerde 3-6 cm genişlikte büyük boyutlarda üretilen levhalar istenilen 20-40 cm gibi boyutlarda kesilir. Ahşap döşemelerde, 2,5-3 cm kalınlığında kirişlere çakılarak kör döşeme yapılır. Parkeler, başsız çivilerle kınış yerlerinden çakılarak çiviler gizlenir. Farklı desenlerde döşenen parkelerin duvar birleşim yerlerine süpürgelik çakılır ve çakma işlemi bitince üst yüzey işlemleri yapılır [42].

2.2. Masif Ahşap Malzeme

Masif parke, genel olarak balık sırtı şeklinde yönde ve doğrultuda döşenir. İki lamel arasında liflerin birbirine dik olacak şekilde uygulanmasıyla oluşan parkelere mozaik parke denir. Kare ve dikdörtgen elemanların birleşimiyle oluşan parkelere de tabla parke denir. Rabıta parke döşeme de meşe, çam ve kesteneden elde edilen ahşapların uzunlamasına kesilmesiyle elde edilen tahtalardan oluşur (Şekil 18.5) [29, 42].



Şekil 18.5. Sırasıyla Masif, Mozaik ve Rabita parke desenleri [43-45]

Eksenleri 40-80 cm aralıklarla olan ahşap kirişler üzerine, 20-25 mm kalınlıkta ve 80-120 mm genişlikte tahtalar çakılır. Tahtalar aşınmaya dayanıklı, budaksız ve renk farkı az olmalıdır. Uzun tahtalar tercih edilmemeli veya sık ızgara yapılmalıdır, aksi taktirde ses yapabilir. Kaplama tahtaları kınışlı, pahlı veya zıvanalı olup başsız çivilerle çakılır. Tahta kaplamaların ömrü, parke kaplamalara göre daha kısadır.

3. Tavan Yüzeyinde Ahşap Malzeme

Ahşap kaplama tavanlar, mekânları daha ilgi çekici hale getirir. Ayrıca tavan kaplamalarında doğal görünümü nedeniyle ahşap tercih edilir. Düz, bombeli, köşeli şekillerle ve geometrik formlarla tavanlarda farklı biçimlerde tasarımlar tercih edilir. Mekânın formu ve konsepti göz önüne alınarak çok farklı görseller ortaya çıkarılabilir (Şekil 18.6).



Şekil 18.6. Farklı desenlere sahip ahşap tavan tasarımları [46-48]

Farklı ahşap türleri ve yüzey kaplamaları ile tasarlanabilen akustik paneller hem görsel hem de işlevsel açıdan mekânın genel tasarımına uyum sağlayabilir [49]. Ahşap tavanlar, ses dalgalarını emme kapasitesine sahip olup hem yankı ve gürültü seviyelerini azaltır hem de akustik konforu artırır. Araştırmalar, ahşap panellerin ses emme kapasitelerinin, diğer malzemelere göre daha yüksek olduğunu göstermektedir [50]. Akustik ahşap panel kaplamalar iç mekân tasarımda farklı yapı tiplerinde görülür [51, 52]. Özellikle konser salonları, tiyatrolar, sınıf ortamları ve toplantı odaları gibi sesin önemli olduğu mekanlarda büyük bir avantaj sağlar [53, 54]. Ahşap tavanların tasarımında, ses emici özelliklerin artırılması için özel yapısal düzenlemeler yapılabilir (Şekil 18.7).



Şekil 18.7. Akustik ahşap panel uygulaması ve bir uygulama detayı [55, 56]

4. Donatıda Ahşap Malzeme

Donatı denildiğinde, genellikle akla ilk olarak ahşaptan üretilmiş bir ürün gelmektedir. Bu algının temelinde, ahşabın, geçmişten bugüne kadar donatı üretiminde en yaygın kullanılan malzeme olmasının temelinde, sahip olduğu avantajlar yatmaktadır. Ahşap, doğadan elde edilen organik esaslı bir malzeme olup, estetik ve doğal dokusuyla kullanıcılar arasında popülerliğini korumaktadır. Konut iç mekân mobilyalarında büyük bir kullanım alanına sahip olan ahşap hem işlevsel hem de estetik unsurların bir araya getirildiği tasarımlarda sıkça tercih edilmektedir. Doğal sıcaklığı, işlenebilirliği ve farklı türleriyle tasarım esnekliği sunması, onu iç mekân tasarımında vazgeçilmez bir bileşen haline getirmiştir [57]. Ahşabın estetik çok yönlülüğü, mobilya alanında çok çeşitli tasarım olanaklarına da imkân tanır. Rustikten modern stillere kadar ahşap, çeşitli mimari tarzlara uyacak şekilde uyarlanabilir ve bu da onu tasarımcılar ve mimarlar arasında popüler bir seçim haline getirir [22, 35]. Ahşabın dokunsal nitelikleri, görsel çekiciliğiyle birleştiğinde, iç mekânlarda sıklıkla aranan bir sıcaklık ve konfor hissine katkıda bulunur. Ahşap mobilyaların estetik özellikleri, genellikle rahatlık ve huzur hissi uyandıran eğrisel tasarım unsurlarından etkilenir. Bu tür yumuşak hatlar, işlevselliği vurgulayan ancak sıcak bir his vermeyen sert ve köşeli tasarımlarla belirgin bir zıtlık oluşturur [58]. Bu estetik esneklik, ahşabı çeşitli renk ve dokularda bitirme yeteneği ile daha da artırılır ve bu projenin özel ihtiyaçlarını karşılayan özelleştirmeye olanak tanır.

Mobilya tasarımında sıklıkla kullanılan ahşaplar meşe, gürgen ve karaağaçtır [42]. Muntazım ağacı üzerine yapılan çalışmalar, onun elverişli anatomik ve fiziksel-mekanik özelliklerini ortaya koyarak yüksek kaliteli mobilya üretimi için aranan bir malzeme haline getirmiştir [58]. Ahşabın iç mekân malzemesi olarak, özellikle mobilya tasarımında kullanımı söz konusu olduğunda, yüzey görünümü ve renk stabilitesi büyük önem taşır [3]. İç mekân uygulamalarında ahşap, mobilya ve parke kaplamaları gibi alanlarda öncelikli olarak tercih edilmektedir [60]. Mobilya ve yapı elemanlarının üretiminde kullanılan ahşap malzemeler ise doğal masif ahşap ile MDF, kontrplak, OSB, yonga levha gibi ahşap bazlı endüstriyel malzemeler ve ahşap kompozit malzemeler şeklinde sınıflandırılabilir [8]. Bu farklı malzeme türleri, ahşabın estetik, dayanıklılık ve işlevsellik açısından iç mekân tasarımına uyarlanmasında geniş bir seçenek yelpazesi sunmaktadır.

Ahşap, işlenmesi ve şekil verilmesi kolay bir malzeme olduğundan mobilya yapımında sıkça tercih edilir. Ahşap mobilyaların bakım ve onarımı kolaydır; temizliği de uygun yöntemlerle yapılabilir. İnsanlara dinlenme olanağı sağlayan oturma birimlerinin tasarımında kullanılan birincil malzemeler arasındadır. Sandalye üretiminde uzun bir geçmişe sahip olan ahşap yapım teknikleri günümüzde de geçerliliğini korumaktadır. Sandalyelerin dayanıklılığı için hem malzeme seçimi hem de birleşim teknikleri son derece önemlidir [42]. Tüketici tercihleri giderek daha fazla çevre dostu seçeneklere yöneldikçe, ahşap mobilya endüstrisi sürdürülebilir uygulamaları ve malzemeleri vurgulayarak yanıt vermektedir. Sandalyeler ve

koltuklar gibi ahşap oturma alanlarının tasarımında ergonomik ilkelere bağlı kalınması, kullanıcı konforunu artırmak ve kas-iskelet sistemi bozukluklarını önlemek için önemlidir. Araştırmalar, ahşap sandalyelerin ergonomik değerlendirmelerinin, özellikle uzun süreli oturma yaygın olduğu ortamlarda kullanıcı memnuniyetini ve sağlık sonuçlarını önemli ölçüde iyileştirebileceğini göstermektedir (Şekil 18.8) [61, 62].



Şekil 18.8. Farklı dönemlere ait ahşap sandalyeler [63-67]

Ahşap masa, sehpa ve dolap gibi mobilyalar farklı amaçla kullanılan iç mekânlarda kendine yer bulmaktadır. Bu mobilyalar hem estetik hem de işlevsellik açısından önemli bir rol oynamaktadır. Bu anlamda kullanıcının ihtiyaçlarına göre tasarlanması gerekmektedir. Ayrıca, mobilyaların ahşaptan üretilmiş olması dayanıklılığı ve uzun ömürlü kullanım için önemli bir faktördür [68]. Ahşap masalar ve dolaplar, evlerde iç mekânda sıcak bir atmosfer yaratmak için sıkça tercih edilir. Özellikle oturma odası ve yemek odası gibi sosyal alanlarda, ahşap mobilyalar estetik ve işlevselliği bir araya getirir [69]. Ofislerde ise ahşap ofis masaları ve dolaplar, profesyonel bir ortamda sıcaklık ve samimiyet hissi yaratır. Ahşap mobilyaların akustik özellikleri, ofis ortamında gürültüyü azaltarak çalışanların verimliliğini artırabilir [70]. Restoranlar ve kafeler gibi ticari mekanlarda da ahşap mobilyalar hem estetik hem de dayanıklılık açısından tercih edilmektedir. Ahşap masalar, mekânın karakterini yansıtırken, kullanıcı deneyimini de olumlu yönde etkiler (Şekil 18.9) [71].



Şekil 18.9. Farklı dönemlere ait ahşap masa ve sehpa [72-75]

5. Sirkülasyonda Ahşap Malzeme

Merdivenler, iki kat arasında geçiş sağlama işlevinin ötesinde, mimari bir unsur olarak mekânın genel estetiğine de katkıda bulunur. Ahşap merdivenler, iç mekân tasarımında estetik, işlevsellik ve sürdürülebilirlik açısından önemli bir role sahiptir. Ahşap merdiven denilebilmesi için riht ve basamak taşıyıcılarının da ahşap olması gerekir. Farklı ahşap türleri, renkler ve dokular, merdivenlerin mekânın genel tasarımıyla uyum içinde olmasını sağlar.

Fakat, yangına karşı düşük dirençli olduğu için kamusal ve resmi alanlarda ana sirkülasyon elemanının taşıyıcı kısmının ahşap olması yasaktır. Merdivenler biçimlerine göre düz kolları, L formu, U formu ve dönel olarak gruplandırılır [42, 76-81]. Düz merdivenler, basit yapılarıyla hem konutlarda hem de ticari alanlarda yaygın olarak tercih edilir. Bu merdivenlerde basamakların yüksekliği ve derinliği, kullanıcı konforu için kritik öneme sahiptir. Ayrıca, estetik zenginlik için dekoratif korkuluklar veya entegre aydınlatma gibi unsurlar eklenebilir [82]. Dönel merdivenler, sınırlı alanlarda yer tasarrufu sağlamak ve görsel bir odak noktası oluşturmak için idealdir. Estetik açıdan çekici olan bu tasarımlar, genellikle küçük dairelerde veya dar alanlarda kullanılır. Güvenliğin sağlanması için basamak genişliği ve fırtabzan tasarımı dikkatle ele alınmalıdır [79, 82, 83].

L şeklinde ve U şeklinde merdivenlerde hem konut hem de ticari binalarda yaygındır. Bu tasarımlar, merdivenlerde bir dönüş içerir ve bu, merdivenlerin genel ayak izini azaltmaya yardımcı olurken alana daha dinamik bir görsel öğe sağlar. L şeklinde merdivenler genellikle bir inişle birbirine bağlanan iki düz bölümden oluşurken, U şeklinde merdivenler daha belirgin bir dönüşe sahiptir ve daha önemli bir iniş alanı yaratır. Bu tür merdivenler, katlar arasında daha kolay hareket etmeyi sağlarken daha büyük evlerde veya kamu binalarında tercih edilir [78, 83]. Katlanabilir merdivenler, depolama alanları veya çatı katları gibi ulaşılması zor alanlar için pratik bir çözümdür. Kullanılmadığında kapatılabilir yapıları sayesinde yer tasarrufu sağlarlar. Güvenli kullanım için kaymaz yüzeyler ve sağlam bağlantılar gibi özelliklerle donatılmaları gereklidir. Ahşap merdivenler, mekânın akustik özelliklerini iyileştirme konusunda da etkili olabilir. Ahşap, doğal bir ses emici malzeme olarak gürültü seviyelerini azaltır ve daha konforlu bir ortam sağlar. Bu özellik, özellikle ofisler ve sosyal alanlar gibi yoğun kullanılan mekânlarda önemlidir (Şekil 18.10) [77, 83, 84].



Şekil 18.10. Düz, dönel, L formunda, U formunda ve katlanır ahşap merdiven (OpenAI DALL-E tarafından üretilmiştir, araştırmacı tarafından düzenlenmiştir)

Alışlagelmiş merdiven formlarının yanı sıra farklı formlarda merdiven tasarımları mekânda dikkat çekici bir unsur olarak göze çarpmaktadır. Dalgali formdaki ahşap merdiven tasarımı, dinamik bir mekânsal deneyim sunarak geleneksel merdiven algısını dönüştürmektedir. Organik ve akışkan hatlarla şekillenen bu tip tasarımlar, mekânda hem işlevsel bir eleman hem de heykelsi bir sanat eseri olarak yer alır. Ayrıca kullanıcıların mekâna etkileşimini arttırmaktadır (Şekil 18.11).

Çok işlevli ahşap merdiven tasarımları, iç mekân organizasyonunda hem estetik hem de fonksiyonel değer sunarak kullanıcı deneyimini zenginleştirmektedir. Merdiven basamaklarının alt kısmının depolama alanı olarak değerlendirilmesi, özellikle küçük hacimli mekânlarda alandan maksimum düzeyde faydalanmayı mümkün kılmaktadır. Bunun yanı sıra, kenar yüzeylerin kitaplık veya raf gibi ek fonksiyonlar üstlenmesi, iç mekânda esneklik

kavramını vurgulamakta ve merdivenin yalnızca bir geçiş elemanı olmaktan çıkıp yaşam alanının aktif bir bileşeni haline gelmesini sağlamaktadır. Ahşap malzemenin doğal dokusu, sıcaklığı ve akustik özellikleri, bu tasarımları hem kullanıcı dostu hem de çevreyle uyumlu bir seçenek olarak öne çıkarır. Ayrıca, bu tür tasarımlar, sürdürülebilir tasarım ilkeleri çerçevesinde malzeme tasarrufu ve çok amaçlı kullanım açısından örnek niteliğindedir. Özellikle modern ve minimal mimari yaklaşımlar içerisinde, bu tür tasarımlar hem işlevsellik hem de estetik bakımdan mimari mekânlara değer katmaktadır.



Şekil 18.11. Farklı formlarda tasarlanan ahşap merdivenler [85-88]

SONUÇLAR

Ahşap, mekanların hem işlevselliğini hem de estetiğini artıran çok yönlü ve zamansız bir malzeme olarak hizmet ederek iç mekân tasarımında önemli bir rol oynar. Damar desenleri ve dokularıyla karakterize edilen doğal yapısı, iç mekânlara sıcaklık ve karakter katarak onu çeşitli uygulamalar için tercih edilen bir seçim haline getirir. Döşeme ve duvar panellerinden mobilyalara ve dekoratif vurgulara kadar, ahşabın uyulanabilirliği, tasarımcıların kullanıcılarla yankı uyandıran tutarlı ve davetkar ortamlar yaratmasına olanak sağlar. Ahşap doku yüzeyi sayesinde bir mekânın görsel algısına katkıda bulunmakla kalmaz, aynı zamanda çağdaş tasarımda giderek daha fazla değer verilen doğayla ilişki olmaya teşvik eder.

Mobilya alanında, ahşap dayanıklılığı ve gücü nedeniyle özellikle önemlidir. Ahşap masalar, sandalyeler, dolaplar ve raf üniteleri hem işlevsellik hem de iç mekânlarda odak noktası görevi görür. Ahşap mobilya yaratmada kullanılan işçilik, genellikle bir odaya özgünlük ve miras duygusu katabilen geleneksel teknikleri vurgular. Ayrıca, ahşabın çok yönlülüğü, rustik çiftlik evi tasarımlarından şık modern estetiğe kadar çok çeşitli stillere olanak tanır ve ahşap mobilyaların çeşitli tasarım temalarını ve kişisel tercihleri tamamlayabilmesini sağlar.

Farklı formlarda tasarlanan ahşap merdivenler, işlevselliği estetikle buluşturan, mekânın kimliğini ve kullanıcı deneyimini dönüştüren önemli tasarım unsurlarıdır. Ahşabın doğal sıcaklığı ve sürdürülebilir yapısı, çağdaş tasarım yaklaşımlarında ön plana çıkmasını sağlarken, farklı geometrik formlar, her mekâna özgün bir karakter kazandırır. Ayrıca, merdiven altlarının etkin şekilde değerlendirilmesi, bu tasarımları daha işlevsel hale getirir. Depolama alanı, okuma köşesi, çalışma alanı veya sanatsal bir sergileme bölgesi olarak kullanılabilen merdiven altları, mekânın hem estetik hem de pratik yönlerini güçlendirir. Merdivenlerin yalnızca bir geçiş elemanı değil, aynı zamanda bir tasarım ve kullanım çözümü olarak görülmesi, mimarlık ve iç mekân tasarımında yeni yaratıcı imkanlar sunmaktadır.

Ahşabın akustik özellikleri, iç mekân tasarımında arzu edilirliliğini daha da artırır. Ahşap yüzeyler sesi emebilir, gürültü seviyelerini azaltabilir ve daha dingin bir ortam yaratabilir. Bu,

aşırı gürültünün konfor ve üretkenliği azaltabileceği ofisler, restoranlar ve evler gibi alanlarda özellikle önemlidir. Tasarımcılar, ahşap mobilya ve panelleri stratejik olarak birleştirerek, bir alandaki sesi etkili bir şekilde yönetebilir ve daha hoş ve işlevsel bir atmosfere katkıda bulunabilir. Ahşabın estetik çekiciliğiyle birleşen bu akustik fayda, onu hem konut hem de ticari uygulamalar için ideal bir seçim haline getirir.

Sürdürülebilirlik, ahşabın iç mekân tasarımındaki rolünün bir diğer kritik yönüdür. Tüketiciler daha çevre bilincine sahip hale geldikçe, sürdürülebilir malzemelere olan talep artmıştır. Sorumlu bir şekilde yönetilen ormanlardan elde edilen ahşap, iç mekân tasarım projelerinin çevresel etkisini önemli ölçüde azaltabilen yenilenebilir bir kaynaktır. Geri kazanılmış ahşap ve sertifikalı sürdürülebilir kereste kullanımı yalnızca çevre dostu uygulamaları desteklemekle kalmaz, aynı zamanda bir mekâna karakter ve tarih katar. İç mekân tasarımı gelişmeye devam ettikçe, ahşabın entegrasyonu muhtemelen daha da belirgin hale gelecektir. Teknoloji ve tasarım tekniklerindeki ilerlemeler, doğal güzelliğini korurken dayanıklılığını ve işlevselliğini artırarak ahşabın yeni uygulamalarına olanak tanır. Ahşabın mobilya tasarımındaki potansiyelinin devam eden keşfi, akustik ve sürdürülebilir faydalarıyla birleştğinde, önümüzdeki yıllarda iç mekân tasarımının temel taşı olmaya devam etmesini sağlayacaktır. Sonuç olarak, ahşap yalnızca estetik nitelikleriyle değil, aynı zamanda bir refah duygusu ve doğal dünyayla bağlantı kurarak mekanları zenginleştirmekte ve onu iç mekân tasarımı alanında vazgeçilmez bir malzeme haline getirmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] Arslan Dinçay, D. (2018). İç mekân tasarımında malzeme ve mekânda anlam ilişkisi. *Yapı Dergisi*, (440), 52-59.
- [2] Gui, Q. L., Su, F., Hu, R. B., & Liu, X. Y. (2012). Innovative Use of Wood Materials in Modern Home Design. *Applied Mechanics and Materials*, 204, 4156-4160.
- [3] Özkan, U., & Dizman Tomak, E. (2022). İç ortam kullanım yerlerinde güneş ışınlarının ahşabın özelliklerine etkisi. *Ormançılık Araştırma Dergisi*, 9(Özel Sayı), 299-309.
- [4] Sezgin, S., & Sever, İ. A. (2022). Geri Dönüşümü Yapılan Ahşap Kullanımının Ekoloji ve İç Mekân Bağlamındaki Etkileri ve Kullanım Alanları. *Tasarım Mimarlık ve Mühendislik Dergisi*, 2(3), 229-237.
- [5] Kılınçarslan, Ş., & Türker, Y. Ş. (2020). Ahşap malzemelerin FRP ile güçlendirilmesinin sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi. *Teknik Bilimler Dergisi*, 10(1), 23-30.
- [6] Farrelly, L. (2012). *Mimarlıkta Yapım Malzeme*. Literatür Yayınları, İstanbul.
- [7] Kurtoğlu, A., Sofuoğlu, S.D. (2013). Mobilya ve ağaç işlerinde kullanılan ahşap malzemeler 1: Ağaç malzemelerin seçimi, işlenmesi, mobilya ve yapı elemanlarının üretiminde kullanılmaları, mobilya üretiminde kullanılan ağaç kökenli malzemeler. *Mobilya Dekorasyon*, 22 (118), 62-78.
- [8] Çolak, M., & Değirmen-tepe, S. (2020). İç ve Dış Mekanlarda Ahşap Malzemelerin Mobilya ve Yapı Malzemesi Olarak Kullanımı. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 9(Özel Sayı), 190-199. <https://doi.org/10.46810/tdfd.789277>
- [9] Nyrod, A., Bringslimark, T., & Bysheim, K. (2013). Benefits from wood interior in a hospital room: a preference study. *Architectural Science Review*, 57(2), 125-131. <https://doi.org/10.1080/00038628.2013.816933>
- [10] Shen, J., Zhang, X., & Lian, Z. (2019). Impact of wooden versus nonwooden interior designs on office workers' cognitive performance. *Perceptual and Motor Skills*, 127(1), 36-51. <https://doi.org/10.1177/0031512519876395>

- [11] Harju, C. and Lahntinen, K. (2022). Consumers' consciousness for sustainable consumption and their perceptions of wooden building product quality. *Forest Products Journal*, 72(3), 155-169. <https://doi.org/10.13073/fpj-d-22-00014>
- [12] Li, J., Wu, J., Lam, F., Zhang, C., Kang, J., & Xu, H. (2021). Effect of the degree of wood use on the visual psychological response of wooden indoor spaces. *Wood Science and Technology*, 55(5), 1485-1508. <https://doi.org/10.1007/s00226-021-01320-7>
- [13] Kelz, C., Grote, V., & Moser, M. (2011). Interior wood use in classrooms reduces pupils' stress levels. In *Proceedings of the 9th Biennial Conference on Environmental Psychology, Eindhoven, The Netherlands* (pp. 26-28).
- [14] Mamić, D., & Domljan, D. (2023). Positive Aspects of Using Solid Wood in Interiors on Human Wellbeing: A Review. *Drvna industrija*, 74(3), 379-391.
- [15] Sakuragawa, S., Miyazaki, Y., Kaneko, T., & Makita, T. (2005). Influence of wood wall panels on physiological and psychological responses. *Journal of Wood Science*, 51, 136-140.
- [16] Nyrud, A., Bringslimark, T., & Englund, F. (2011). Wood use in a hospital environment: voc emissions and air quality. *European Journal of Wood and Wood Products*, 70(4), 541-543. <https://doi.org/10.1007/s00107-011-0578-3>
- [17] Hameury, S., & Lundstrom, T. (2004). Contribution of indoor exposed massive wood to a good indoor climate: in situ measurement campaign. *Energy and buildings*, 36(3), 281-292.
- [18] Yadav, R., & Kumar, J. (2021). Engineered wood products as a sustainable construction material: A review. *Eng. Wood Prod. Constr*, 10.
- [19] Pailhoriès, H., Munir, M., Aviat, F., Fédérighi, M., Belloncle, C., & Eveillard, M. (2016). Oak in hospitals, the worst enemy of staphylococcus aureus?. *Infection Control and Hospital Epidemiology*, 38(3), 382-384. <https://doi.org/10.1017/ice.2016.304>
- [20] Alemdağ, E. L., Al Şensoy, S., & İsmailoğlu, S. (2022). Kulturel Mirasın Surdurulebilirliği: Rize Kafdağı Konak Otelı rneği. *Art-e Sanat Dergisi*, 15(30), 1570-1601.
- [21] Saha, S., Kocaepe, D., Boluk, Y., & Pichette, A. (2011). Enhancing exterior durability of jack pine by photo-stabilization of acrylic polyurethane coating using bark extract. part 1: effect of uv on color change and atr-ft-ir analysis. *Progress in Organic Coatings*, 70(4), 376-382. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2010.09.034>
- [22] Lahntinen, K., Harju, C., & Toppinen, A. (2019). Consumers' perceptions on the properties of wood affecting their willingness to live in and prejudices against houses made of timber. *Wood Material Science and Engineering*, 14(5), 325-331. <https://doi.org/10.1080/17480272.2019.1615548>
- [23] Dharanidharan, K. (2023). Exploring household wood preferences among consumers in coimbatore. *Asian Journal of Agricultural Extension Economics & Sociology*, 41(10), 196-203. <https://doi.org/10.9734/ajaees/2023/v41i102159>
- [24] İstanbul Aħşap Tasarım. (2024). Aħşap Duvar Kaplama, Erişim adresi: <https://I24.im/foaBAW>
- [25] İstanbul Aħşap Tasarım. (2024). Aħşap Duvar Kaplama, Erişim adresi: <https://I24.im/lxkO7o>
- [26] İstanbul Aħşap Tasarım. (2024). Aħşap Duvar Kaplama, Erişim adresi: <https://I24.im/R3xVbN>
- [27] İstanbul Aħşap Tasarım. (2024). Aħşap Duvar Kaplama, Erişim adresi: <https://I24.im/V0iCiQT>
- [28] Speedy Decor. (2024). Panel Tasarım, Erişim adresi: <https://I24.im/YyMBel>
- [29] Berkin, G. (2021). *Mimarlıkta Malzeme ve Detay*, YEM Yayın, İstanbul.

- [30] Yapı Kataloğu. (2024). Erişim adresi: <https://I24.im/biGt>
- [31] Mi, R., Chen, C., Keplinger, T., Pei, Y., He, S., Liu, D., ... & Hu, L. (2020). Scalable aesthetic transparent wood for energy efficient buildings. *Nature Communications*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-020-17513-w>
- [32] Jafarian, H., Demers, C., Blanchet, P., & Laundry, V. (2017). Effects of interior wood finishes on the lighting ambiance and materiality of architectural spaces. *Indoor and Built Environment*, 27(6), 786-804. <https://doi.org/10.1177/1420326x17690911>
- [33] Dias, P., Alves, J., Fagg, D., Reis, M., & Gil, M. (2012). Development of semitransparent wood-polymer composites. *Journal of Vinyl and Additive Technology*, 18(2), 95-104. <https://doi.org/10.1002/vnl.20295>
- [34] Wang, H. (2023). Deformation rate of engineered wood flooring with response surface methodology and adaptive network-based fuzzy inference system. *Plos One*, 18(10), e0292815. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0292815>
- [35] Jiménez, P., Dunkl, A., Eibel, K., Denk, E., Grote, V., Kelz, C., ... & Moser, M. (2016). Wood or laminate?—psychological research of customer expectations. *Forests*, 7(11), 275. <https://doi.org/10.3390/f7110275>
- [36] Yılmaz, H., Yıldırım, K., & Hidayetoglu, M. L. (2022). The effect of carrier system materials used in an Olympic swimming pool on the perceptual evaluations of respondents. *Facilities*, 40(9/10), 675-695.
- [37] Delgado, A., Pereira, C., De Brito, J., & Silvestre, J. D. (2018). Defect characterization, diagnosis and repair of wood flooring based on a field survey. *Materiales de construcción*, 68(329), e149-e149.
- [38] Tan, Q., Imamura, K., Nagasaka, K., & Inoue, M. (2022). Marketing Strategies for Certified Wood Flooring in China: The Gap in Manufacturers' and Developers' Perceived Benefits. *BioProducts Business*, 19-31.
- [39]. Özğan, A. O., & Özdemir, F. (2023). Investigation of mechanical properties of plastic composites produced using wood and eggshell. *Journal of Composite Materials*, 57(30), 4709-4717.
- [40] Yıldız, B., & Seçkin, N. P. (2019). Mimaride malzemelerin algısal farklılıklarının değerlendirilmesi. *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1(2), 6-14.
- [41] Seamless Parquet Textures Patterns. (2024). Erişim adresi: <https://I24.im/j47T8x>
- [42] Berkin, G. (2020). *İç Mimarlıkta Malzeme ve Detay*, YEM Yayın, İstanbul.
- [43] Amazon. (2024). Erişim adresi: <https://I24.im/2Mg8o>
- [44] Alicdn. (2024). Erişim adresi: <https://I24.im/50GfY2>
- [45] Kent Ahşap. (2024). Erişim adresi: <https://I24.im/iNML>
- [46] İstanbul Ahşap Tasarım. (2024). Erişim adresi: <https://I24.im/QvBg>
- [47] Tekno Foam. (2024). Erişim adresi: <https://I24.im/zYDn>
- [48] İstanbul Ahşap Tasarım. (2024). Erişim adresi: <https://I24.im/q2Ea>
- [49] Kılıç, O. (2017). Kafe İç Mekân Tasarımında Ahşap Kompozit Malzemelerin Kullanımının İrdelenmesi. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 16(63), 1270-1281.
- [50] Al Şensoy, S., & Yetim, E. (2023). Eğitim Yapılarında Ahşap Malzeme Kullanımı. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 19(1), 207-238.

- [51] Chojnacki, B., Schynol, K., Halek, M., & Muniak, A. (2023). Sustainable perforated acoustic wooden panels designed using third-degree-of-freedom bezier curves with broadband sound absorption coefficients. *Materials*, 16(18), 6089. <https://doi.org/10.3390/ma16186089>
- [52] Masuda, T., Takano, K., Hiyama, K., & Osada, T. (2023). Development of sustainable plant-based sound-absorbing boards to reduce noise in interior spaces. *Sustainability*, 15(21), 15230. <https://doi.org/10.3390/su152115230>
- [53] Gündüz, L. and Kalkan, Ş. O. (2023). Elyaf takviyeli çimentolu levhaların derzli-delikli akustik panel olarak kullanımında perforasyon özelliklerinin etkisi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 11(2), 1075-1093. <https://doi.org/10.29130/dubited.1076395>
- [54] Hoover, K. A. (2019). West hollywood library—more than just another pretty space. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 145(3_Supplement), 1696-1696. <https://doi.org/10.1121/1.5101217>
- [55] İndart. (2024). Sakarya OSB. Erişim adresi: <https://I24.im/9dKQ>
- [56] Ses İzolasyon Malzemeleri. (2024). Ahşap Panel Tavan Kaplama, Erişim adresi: <https://I24.im/IJudS>
- [57] Üst, S. (2015). Konutlarda iç mekân ile mobilya etkileşimi bağlamında mobilyaya dair özelliklerin incelenmesi. *Sanat ve Tasarım Dergisi*, 1(15), 103-118.
- [58]. Bahasuan, H. H., & Kodrat, D. S. (2021). Customer Preference of Attributes of Skema Wooden Chair Furniture. *KnE Social Sciences*, 68-81. <https://doi.org/10.18502/kss.v5i5.8799>
- [59] Savero, A., Wahyudi, I., Rahayu, I., Yuniarti, A., & Ishiguri, F. (2020). Investigating the anatomical and physical-mechanical properties of the 8-year-old superior teakwood planted in muna island, indonesia. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, 48(5), 618-630. <https://doi.org/10.5658/wood.2020.48.5.618>
- [60] Hayoz, P., Peter, W., Rogez, D. 2003. A new innovative stabilization method for the protection of natural wood. *Progress in organic coatings*, 48(2-4), 297-309.
- [61] Arora, S. (2024). Ergonomic evaluation of static, revolving, and wooden chairs using cornell's seating evaluation v21 in professionals with prolonged sitting: a cross-sectional study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. <https://doi.org/10.7860/jcdr/2024/65715.19086>
- [62] Saptiansyah, R. (2023). Proposed workstation design in laboratory for musculoskeletal disorder complaints. *The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*, 12(3), 382-390. <https://doi.org/10.20473/ijosh.v12i3.2023.382-390>
- [63] Roys Ahşap. (2024). Masif Ham Osmanlı Sandalye, Erişim adresi: <https://I24.im/418M>
- [64] Roys Ahşap. (2024). Klasik Lukens Sandalye, Erişim adresi: <https://I24.im/uCsvQ>
- [65] İKEA. (2024). Pinntorp, Erişim adresi: <https://I24.im/DEoelSQ>
- [66] Roys Ahşap. (2024). Tokyo Sandalye, Erişim adresi: <https://I24.im/G4213B>
- [67] Roys Ahşap. (2024). Hasırlı Luna Kolsuz Sandalye, Erişim adresi: <https://I24.im/UnzAZQ>
- [68] Alapietti, T., Mikkola, R., Pasanen, P., & Salonen, H. (2020). The influence of wooden interior materials on indoor environment: a review. *European Journal of Wood and Wood Products*, 78(4), 617-634. <https://doi.org/10.1007/s00107-020-01532-x>
- [69] Fan, D. B., Qin, T. F., & Chu, F. X. (2011). A new interior plywood adhesive based on oil-tea cake. *Advanced Materials Research*, 194-196, 2183-2186. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.194-196.2183>

- [70] Gminski, R., Marutzky, R., Kevekordes, S., Fuhrmann, F., Bürger, W., Hauschke, D., ... & Mersch-Sundermann, V. (2010). Chemosensory irritations and pulmonary effects of acute exposure to emissions from oriented strand board. *Human & Experimental Toxicology*, 30(9), 1204-1221. <https://doi.org/10.1177/0960327110388537>
- [71] Özyurt, H., & Özdemir, F. (2022). Laminated wood composite design with improved acoustic properties. *BioResources*, 17(1), 460-468. <https://doi.org/10.15376/biores.17.1.460-468>
- [72] Palmiye Koçak. (2024). Ahşap Torna Ayaklı Ahşap Masifpan Tablalı, Erişim adresi: <https://I24.im/Nr5q>
- [73] Usta 74 Store. (2024). Yuva Masa. Erişim adresi: <https://I24.im/6TC4>
- [74] PNG Tree. (2024). A Table with Glass Top and Wooden Base. Erişim adresi: <https://I24.im/ixZo0Y>
- [75] Speedy Dekor. (2024). Habitat Jericho Round Coffee Table. Erişim adresi: <https://I24.im/LGxqe>
- [76] San, A. (2019). *Merdivenler: düşey sirkülasyon araçları*. 11. Baskı, YEM Yayınları, İstanbul.
- [77] Öymen Gür, Ş., & Karadayı, A. (2023). Arkitektöniğin Önemli Bir Elemanı Olarak Merdivenler II. *Yapı*, (484), 24-29.
- [78] Erten, E. (1992). *Yapı Elemanları I-II*, Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi, Trabzon.
- [79] Canbulat, T. (2018). *İç Mimarlıkta Teknik Resim*. Remzi Kitabevi, İstanbul.
- [80] Ataoğlu, N. C. (2024). Mimari Akımlar ve Anlamsal Boyutuyla Merdiven. *Online Journal of Art and Design*, 12(4), 208-228.
- [81] Aksu, Ö. V. (2014). Kentsel dış mekânlarda merdiven tasarımlarının Trabzon Kenti örneğinde irdelenmesi. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 14(1), 79-92.
- [82] Ching, F. D., & Adams, C. (2001). *Çizimlerle Bina Yapım Rehberi*. Çev. Tuğçe Selin Tağmat. Yapı Yayın, İstanbul.
- [83] Neufert, E. (2012). *Yapı Tasarım Bilgisi*. 4.Türkçe Baskı, Beta Basım Yayım, İstanbul.
- [84] Erbil, Y. (2019). Konut Merdivenlerinin Kullanıcı Memnuniyeti Açısından İncelenmesi. *Online Journal of Art and Design*, 7(4), 104-112.
- [85] KCR Ray Dolap. (2024). Maun Ahşap Merdivenleri, Erişim adresi: <https://shorturl.at/SMWsk>
- [86] İstanbul Ahşap Tasarım. (2024). Ahşap Merdiven, Erişim adresi: <https://shorturl.at/hmLAa>
- [87] Architecture & Design. (2024). Unique Staircase, Erişim adresi: <https://shorturl.at/48PAb>
- [88] Dekorasyon. (2024). Farklı merdiven tasarımları, Erişim adresi: <https://shorturl.at/v2P3u>

YAZAR ÖZGEÇMİŞİ

Semiha İSMAİLOĞLU, Doç. Dr.

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü, Rize, Türkiye.

semiha.ismailoglu@erdogan.edu.tr

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'nde öğretim üyesi olarak çalışmaktadır. 2013 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, İç Mimarlık Bölümü'nden mezun olmuş, 2016 yılında aynı üniversitenin İç Mimarlık programında Yüksek Lisans eğitimini tamamlamıştır. Doktora derecesini Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalı programında 2021 yılında "Jean Baudrillard'da Mekân Gerçekliği" başlıklı tezi ile almıştır. Mimarlık tarihi, kuram ve kavram, cinsiyet, eğitim ve sosyokültürel sürdürülebilirlik alanlarında akademik çalışmalarına devam etmektedir.

19. Bölüm

AHŞAP MEKANLARIN İNSANLARDA STRES VE KAYGI ÜZERİNE ETKİSİ

Abdullah Uğur BİRİNCİ^{a*}, Hasan ÖZTÜRK^b, Cenk DEMİRKİR^c

^a Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye,

ORCID: 0000-0003-3273-3615

^b Karadeniz Teknik Üniversitesi, Arsin Meslek Yüksekokulu, Ormanlık Bölümü, Trabzon, Türkiye,

ORCID: 0000-0002-5422-7556

^c Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye,

ORCID: 0000-0003-2503-8470

* ugurbirinci@ktu.edu.tr

SUMMARY

In recent years, people have been spending most of their time in closed indoor spaces. Indoor spaces are one of the important elements of individual life. Excessive time spent indoors affects people both physically and psychologically. In addition, due to the Covid-19 outbreak that has occurred in the world in recent years, the time people spend indoors has increased considerably, and people have been confined to their homes with the curfews. It has been observed that the time spent indoors has psychological effects on individuals and can cause excessive stress and anxiety. For this reason, interior designs should be arranged in a way that supports people's emotional and mental health. Among the materials used in interior design, wood stands out as a very functional material that attracts attention with its contribution to mental and emotional healing, beyond its aesthetic value. Some studies indicate that wood, a natural material, is beneficial to human health. This study mentions studies on the effects of wooden spaces on people's stress and anxiety. As a result of the study, it was concluded that the use of wood in interior spaces positively affects people's health and reduces stress and anxiety levels.

Keyword: Wood, indoor design, stress, anxiety.

Giriş

İnsanın yaşamında ve kültürünün gelişme sürecinde ahşap malzeme uzun ve mükemmel bir tarihe sahiptir. Ahşap malzeme yüzlerce yıldır binaların çeşitli kısımlarında taşıyıcı elemanlar, dış cephe kaplamaları, döşeme ve çatı malzemeleri olarak, endüstriyel konstrüksiyonlarda köprüler, traversler, iskeleler gibi pek çok alanda kullanılmıştır. Ahşap malzemenin yüzlerce yıllık kullanım süresine göre göreceli olarak yakın geçmişte, yapı endüstrisine alternatif olarak çelik, alüminyum, beton gibi malzemeler girmiş ve birçok alanda başarıyla kullanılmaya başlanmışlardır. Bunun sonucunda tüketicilerin ellerinde seçim yapabilecekleri geniş bir yapı malzemesi çeşitliliği oluşmuştur [1, 2].

Geçmişte tüketicilerin yapı malzemesi seçimini genel olarak malzemenin uygunluğu, fiyatı, temin edilebilme kolaylığı ve görünüşü etkilemekteydi. Fakat günümüzde yapı malzemelerinin çevre üzerindeki etkileri de sorgulanmaya başlanmıştır. Bir ürünü seçerken yukarıda sıralanan kriterlerin yanı sıra, global ısınma, enerji tüketimi, kirlilik, atık problemi ve insan sağlığı gibi konularla malzeme ilişkisini kurmak, çevre dostu ürünleri tanımak ve kullanmak istemektedirler [1, 3, 4]. Bu sebeple diğer yapı malzemelerine göre çevreye duyarlı doğal malzeme olan ahşap öne çıkmaktadır.

Ahşap malzemenin yapılarda başlıca tercih edilme sebepleri; hafifliği, farklı iklim şartlarına dayanıklılığı, yangın direnci, böcek tahribatı ve çürümeye karşı korunabilirliği, yeniden inşa edilebilir olması, proje değişikliğinin basitçe yapılabilmesi, enerji dostu ve depreme dayanıklılığı, çelik, beton, taş ve kerpiç gibi çeşitli malzemeler ile birlikte kullanılabilmesi, ahşap malzemenin ekolojik tasarım kriterleri ile uyum içinde olması şeklinde sıralanabilmektedir [5, 6, 7].

İnşaatta düşük karbon ayak izi, yenilenebilir ve sürdürülebilir ahşap ürünlerin kullanımının artırılmasına çalışılmaktadır. Bunun nedeni kısmen iklim değişikliği konusundaki endişelerdir. Küresel sera gazı (GHG) emisyonlarının yaklaşık %13'ü bina ve altyapı inşaatı malzemelerinden kaynaklanmaktadır [8]. Beton ve çelik gibi geleneksel malzemeler üretim sırasında büyük miktarlarda CO₂'den sorumluyken, ağaçlar doğal olarak atmosferden CO₂ emmektedir [9]. Bu nedenle, binalarda masif ahşap ürünler kullanıldığında bünyesinde tutulan karbon kullanım ömürleri boyunca depolanmaktadır. Yapılarda beton ve çeliğin yerine masif kerestenin kullanılması, emisyonları büyük ölçüde azaltacaktır [10].

Prof. Alex de Rijke tarafından yapılan "Ahşabın Diğer Malzemelerden Daha İyi Olmasının 21 Nedeni" adlı seminerde ahşabın diğer malzemelere göre üstünlüklerini aşağıdaki gibi belirtmiştir [11];

1. Ahşap yapımında kullanılmak üzere ağaç yetiştirmek yalnızca karbondioksiti değil, her türlü diğer partikül kirliliğini de emer. Ayrıca ağaçlar büyürken oksijen üretirler. Eğer hasat edilen her bir ağaç yerine üç ağaç dikip, ağaçlarla birlikte yaşarsak, daha sağlıklı bir çevremiz olur.
2. Tasarlanmış ahşap konstrüksiyonun hızı, beton veya çeliğe kıyasla daha hızlıdır.
3. Tasarlanmış ahşap yapı, prefabrikasyon fabrikalarında elde edilebilen sayısal kontrol ve doğruluk nedeniyle daha hassastır.
4. Fabrikada daha yüksek bir kalite kontrol standardı elde edilebilir ve hava şartlarında hasar riski yoktur.
5. Kütle keresteler daha hafiftir - betonun ağırlığının yaklaşık beşte biri, yani daha az temel gerekir - bu da beton ihtiyacını azaltır ve maliyetleri düşürür.

6. Yerinde depolamaya daha az ihtiyaç vardır ve bina bileşenleri tam zamanında düz paketler olarak taşındığından nakliye basitleştirilmiştir.
7. CLT sürekliliği bir yapıdır.
8. CLT ile yapı bütünsel olarak desteklenir ve bütünsel olarak güçlüdür - sağlamdır, bir çerçeveye, eklemlere veya desteklere dayanmaz.
9. Kereste kuru ve temiz olup toksik değildir, bu da daha güvenli ve daha temiz bir saha çalışması sağlar.
10. İnşaatı basit olup uzman personele ihtiyaç duyulmaz.
11. Kendin yap dostudur - bina sakinleri, alçı levhanın arkasındaki ahşap dikmeyi aramak, bir resim asmak veya bir raf monte etmek için betonu delmek yerine duvarın herhangi bir yerine her şeyi sabitleyebilir.
12. Hizmetler, fabrikada önceden kesilmiş penetrasyonlarla kolayca entegre edilebilir.
13. Esneklik - bina sakinleri veya sahipleri istedikleri zaman binanın iç mekanıyla ilgili fikirlerini değiştirebilirler, örneğin ek kapılar veya pencereler keserek ortaya çıkartılabilir.
14. Yapı son kattır, iç mekanlar alçıpan veya boyaya ihtiyaç duymaz, bu da zamanı, maliyeti ve malzemeleri azaltır.
15. Dayanıklı, güçlü ve onarılabilir (Betonun tamiri çok zordur).
16. Sıcaktır - ahşabın kendi termal özellikleri vardır, bu nedenle çok sıcak veya soğuk bir bina elde etmek için daha az yalıtıma ihtiyaç duyulur.
17. Kereste ilginçtir - betondan farklı olarak insanların ilgisini çeken ve ilgilendiği dokunsal ve sofistike bir yüzeye sahiptir.
18. Kereste, yaşamak ve inşa etmek için güvenli ve sağlıklıdır. Ayrıca aydınlatma tesisatçıların delmesi, sadece talaş ve odun kokusu yayması gibi işler için toksik değildir.
19. Ahşabın kendine özgü rengi vardır ve farklı efektler için kolayca boyanabilir veya doğal tonlarında kullanılabilir.
20. Örneğin çelik braketlerin bağlanması veya hibrit yapılar inşa edilmesi gibi kolay bağlantılar nedeniyle diğer malzemelerle yüksek düzeyde uyumluluğa sahiptir.
21. Çelik veya betondan çok daha estetik [11].

Doğal ortamların insanlara restorasyon sağladığı ve insanlar doğal ortamların daha onarıcı olduğunu bilmekte bu yüzdende doğal ortamları tercih etmekte olduğu belirtilmektedir. [12].

Yapılan bir çalışmada, doğal unsurlar bir iç ortama taşınmış, iç ortamdaki iş performansı ve stres seviyeleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma sonunda iç ortama doğal unsurlar eklendiğinde, katılımcıların daha üretken olduğu ve daha az stresli olduğu sonucuna varılmıştır [13]. Yapılan başka bir çalışmada ise iç mekânlara bitkilerin eklenmesinin fiziksel rahatsızlıklar üzerine etkisi araştırılmış, iç mekânda bitkilerin bulunduğu ortamdaki deneklerin, bitkisiz bir ortamdaki deneklerden daha fazla ağrıyı tolere edebildikleri tespit edilmiştir [14]. Bir diğer çalışmada ise bitkilerin iş performansı üzerindeki etkisi araştırılmış, deney sonunda bitkilerin varlığının yaratıcı görevlerdeki performansı artırdığı sonucuna varılmıştır [15]. Bu çalışmalara bakıldığında iç mekânlarda doğal unsurların kullanılması önemlidir.

İnsanlar son yıllarda zamanlarının büyük bir kısmını iç mekanlarda (ev, iş okul) geçirmektedir. Son zamanlarda ortaya çıkan Covid 19 salgını gibi etkenler nedeniyle insanların iç mekanlarda geçirdikleri vakit iyice artmıştır. Bu vaktin insanları psikolojik olarak etkilediği ve insanların aşırı derecede stresli ve kaygılı olduğu gözlenmektedir. Yapılan bazı çalışmalarda doğal bir malzeme olan ahşabın, insan sağlığına faydalı olduğu belirtilmektedir. Bu düşünceyle yola çıkarak çalışmada ahşap mekanların insanların üzerlerine stres ve kaygıları üzerine etkisi hakkında son yıllarda yapılan çalışmalardan bahsedilmektedir.

1. İç Mekanlarda Ahşap Kullanımının Sağlığa Faydaları Üzerine Yapılan Araştırmalar

Sağlıklı bina tasarımına olan farkındalığın artmasıyla birlikte, kullanıcıların sağlığı ile yapı malzemeleri arasındaki ilişki araştırılmaya başlanmıştır [16,17,18]. Bu sebeple birçok araştırmacı tarafından iç mekanlarda ahşabın kullanımını üzerine çalışmalar yürütülmüştür. Bu kısımda yapılan çalışmaların materyal ve metod kısımları incelenmiştir.

Rice vd. [19] tarafından yapılan "Ahşap Ürünler Görünüm ve Psikolojik Sağlık" çalışmada, insanların iç mekan uygulamalarında kullanılan ahşap algılarını haritalayarak bu olguyu daha iyi anlamaya çalışmışlardır. Bu çalışmanın amacı, ahşap ürünlerin ne tür ortamlar yaratabileceğini belirlemek ve bu tür ürünlerin kullanımının insanların duygusal durumları üzerinde olumlu bir etkiye sahip olup olmayacağını ölçmeye çalışmaktır. Bu çalışmada, 119 kişiden oluşan bir örnekleme üç metodoloji kullanılmıştır;

- q-sort deney;
- Kişisel görüşmeler ve
- Bireysel uygulanan anketler

Tüm araştırma denekleri görüşmeleri ve bireysel uygulanan anketleri tamamlarken, çalışma yerine gelen her üç kişiden de q-sort deneyini tamamlamaları istenmiştir (40 kişilik bir örneklem büyüklüğü için). Bu çalışmanın örnek çerçevesi, Greater Vancouver, British Columbia bölgesinde yaşayan 20 yaşın üzerinde ve telefonla ulaşılabilen tüm bireylerden oluşmaktadır. Denekler ile rastgele numara çevirme yoluyla iletişime geçilmiştir. Bu araştırmanın q-sort deney kısmı için, deneklere her biri bir oturma odası resmini içeren 25 numaralı karttan oluşan bir deste verilmiştir. Tüm fotoğraflar güncel ev ve tasarım dergilerinden alınmıştır. Görüntülerin seçimi iki kısıtlamaya dayanmaktadır. İlk olarak, bu araştırmanın amaçlarına ulaşmak için çeşitli döşeme, mobilya ve duvar kaplama malzemeleri temsil edilmiştir. İkinci olarak, varyasyonu sınırlandırmak için resimler arasında bazı aksesuarlar sabit tutulmuştur. Çalışmanın kişisel görüşmeler bölümünde, deneklere sistematik olarak q-sort analizinden üç oturma odası resminden biri verilmiş ve her birinin yarattığı ortamlar ve bunlarla ilgili beğendikleri / beğenmedikleri şeyler hakkında görüşmeler yapılmıştır. Üç resim, çalışmanın bu bölümünün bu farklılıkları araştırmak amacıyla odaları döşemek için kullanılan malzemeler ve genel estetiği açısından büyük farklılıklar göstermiştir. Denekler, üç resimden sadece biri kullanılarak görüşüldüğünden, fotoğraflar sırayla döndürülmüş ve birbirini izleyen her konuya kendinden önceki veya sonraki kişiden farklı bir şekilde gösterilmiştir. Her bir görüntü 40 farklı kişiye gösterilerek uygulanmıştır.

Nyrud vd. [20] tarafından yapılan "Hastane Odasında Ahşap İç Mekanın Sağlığa Faydaları" adlı çalışmada, hastanelerde doğa unsurlarının olası yararlı etkileri üzerinde çalışmışlardır. Çalışmanın temel amacı, ahşap, doğa resimleri ve doğaya pencere manzaraları gibi doğa unsurlarının Norveçli hastanede tedavi gören hastalar için sağlık açısından faydaları olup olmadığını incelemektir. Çalışmada ilk olarak bir hastanedeki çalışanlar arasından uzman bir grup kullanılarak hasta odalarında ahşap tercihleri üzerine bir araştırma yapılmıştır. Norveç hastanesinin bir bölümünde 437 çalışana isimsiz bir e-posta anketi gönderilmiş, 102 çalışan

bu anketi tamamlamıştır. Ankete katılan çalışanları, hemşire (% 56,9), hekim (% 13,7), idari işçi (% 11,8), yardımcı hemşire (% 8,8), sekreter (% 7,8) ve teknisyen (% 1) oluşturmaktadır. Ayrıca toplam altı hasta anketi tamamlamıştır. Ahşap kullanılmamış hasta odasından, tamamen ahşap olan hasta odasına uzanan bir süreklilik üzerinde farklı derecelerde ahşaba sahip bir hasta odasının veri ile işlenmiş 10 resmi kullanılmıştır (Şekil 19.1, 19.2 ve 19.3). Ahşap olmayan oda, normal bir hasta odasını temsil etmektedir.



Şekil 19.1. Ahşap olmayan standart hasta odası [20]



Şekil 19.2. Tamamen ahşap olan hasta odası [20]



Şekil 19.3. Orta seviye ahşap kullanılan hasta odası [20]

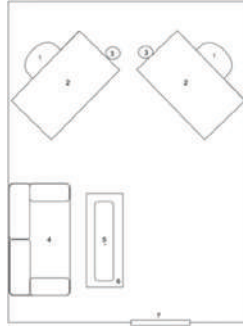
E-postalarda, tüm resimler rastgele gösterilecek şekilde ayarlanmıştır. Yani anketi cevaplayan çalışanlara resimler farklı sırayla gösterilmiştir. 1'den 7'ye kadar bir ölçekte, katılımcılardan resimleri odayı tanımlayan on iki sıfat üzerinden derecelendirmeleri istenmiştir. Bu sıfatlar 'Hoş, Güzel, Sıkıcı, Saf Tarz, Havadar, Baskın, Pahalı, Modern, Sıradan, Doğal, Sakinleştirici ve Güvenli' olarak sınıflandırılmıştır.

Demattè vd. [21] tarafından yapılan "Ahşap-insan etkileşiminin psikolojik boyutuna yeni bakış açıları" çalışmada, günlük yaşam deneyimini yansıtan koşullarda, ahşabın insanlar üzerinde yarattığı olumlu psikolojik etkilerin daha da derinleştirilmesi amaçlanmıştır. Buna göre, gerçek boyutta iki farklı iç mekan ortamı üretilmiş ve bunların katılımcıların ruh hali ve

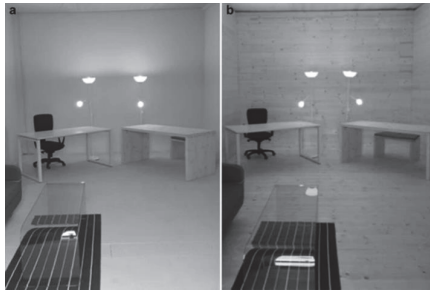
çok boyutlu algısı üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında şu testler yapılmıştır:

1. Ahşap bir odada bulunmanın ruh hali ve duygular üzerinde olumlu bir etkisi olup olmadığı,
2. İnsanların doğayla olan kişisel bağlarının derecesi (yani biyofili), ahşap bir odanın doğallığını veya hoşluğunu algılama biçimleriyle ilişkilendirilmesi,
3. İç mekan ortamlarının çok boyutlu bir duyusal değerlendirmesinin kapsamı ile ilişkilendirilmesi ve işitme ve koku alma dahil bunların algılanma biçimini zenginleştirilmesi.

Çalışma Padova Üniversitesi'nde 102 üye (öğrenciler, akademik ve idari personel dahil; ort. Yaş 37.34 yıl, yaş aralıkları 20-77 yıl, 55 kadın) üzerinde gerçekleştirilmiştir. 622 cm × 442 cm × 350 cm boyutlarında betonarme bir oda (Şekil 19.5), sandalyeli iki yazı masası, bir kanepenin, bir sehpa, iki ayaklı lamba ve bir halı ile döşenmiştir. Bir tarafa yerleştirilmiş bir pencere bulunmaktadır. Daha sonra iki deneysel ortam "alçı" ve "ahşap" oda (sırasıyla Şekil X.6a, b) oluşturulmuştur. Birincisi, son zamanlarda taze doğal bej rengine boyanmış sıvalı duvarlarla odanın orijinal yapısında ve boyutunda bırakılmasıyla elde edilmiş, ikincisi ise zemini ve duvarları Norveç ladin (*Picea abies* L., Karst) ve Gümüş köknar (*Abies alba* Mill.) ahşap levhalarla kaplayarak elde edilmiştir. Her iki ortamda da tüm mobilyalar konumları aynı olarak tasarlanmıştır.



Şekil 19.5. Test Odası: (1) Sandalye; (2) Masa; (3) Yer Lambası; (4) Kanepenin; (5) Sehpa; (6) Halı; (7) Pencere [21]



Şekil 19.6. Test odalarının fotoğrafları: a) Alçı; b) Ahşap oda [21]

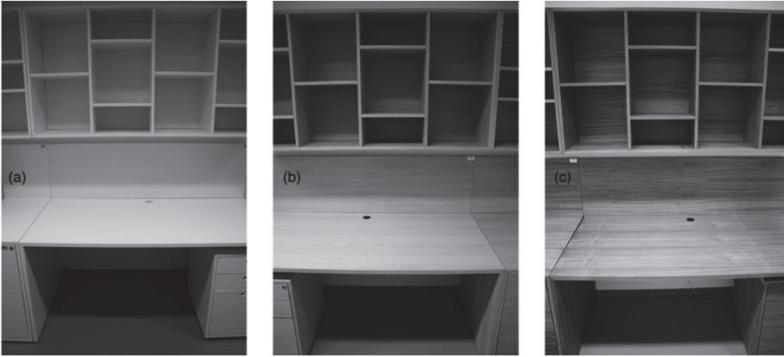
Burnard vd. [17] tarafından yapılan, "Ahşap mobilyalı ofis benzeri ortamlarda insan stres tepkileri" adlı çalışmada bina müdahalelerinin stres tepkileri ve iyileşme üzerindeki etkinliğini ölçmek ve ofis ortamlarında ahşap kullanarak stres tepkisini ve geri kazanım etkilerini daha iyi anlamak için deneysel bir prosedür tasarlamak ve test etmek amaçlanmıştır. Çalışmada Spesifik hedefler şunlardır:

1. Ofis benzeri ortamlarda göze batmayan bir stres ölçüsü olarak tükrük kortizolü kullanarak stres ve stres iyileşmesini test etmek için bir deney tasarlamak,
2. Cevabı daha iyi anlamak için farklı senaryolarda stres göstergelerini değerlendirerek, ofislerde ahşap mobilya kullanmanın, kontrol ortamlarına (ahşapsız ofisler) kıyasla stres tepkilerini iyileştirip iyileştiremeyeceğini belirlemek.

Çalışma insan deneklerin kişisel bilgilerine ek olarak test edilmesini ve biyolojik örneklerin toplanmasını içermektedir. Test ortamları, Slovenya, Izola'da aynı binada bulunan iki bitişik ofis (A ve B) olarak tasarlanmıştır. Ofisler, yaklaşık 2,5 m × 2,5 m boyutlarında iki eşit büyüklükte bölüme ayrılmış ve sonuçta toplam dört test bölümü elde edilmiştir. Bölünmüş her ofisteki test ortamları, genişliği, hava koşulları ve günün test saatindeki farklılıkların etkisini azaltmak için ofisteki dış pencereleri kapatan doğal tonlu perdelerle izole edilmiştir. Her ofisteki iki test ayarı, beyaz mobilyalı ve görünür ahşap yüzeyi olmayan bir kontrol ortamı ve ahşap mobilyalı bir ahşap ortam olarak tasarlanmıştır. Test ortamları şunlardır:

1. Bölünmüş ofis A: Meşe mobilya (Ofis A: Meşe).
2. Bölünmüş ofis A: Kontrol mobilyası (Ofis A: Kontrol).
3. Bölünmüş ofis B: Ceviz mobilya (Ofis B: Ceviz).
4. Bölünmüş ofis B: Kontrol mobilyası (Ofis B: Kontrol).

Bölünmüş ofislerin her bir bölümündeki mobilyalar, yüzey malzemesi dışında aynı olup, bir çalışma masası, masanın üzerinde kitaplık, masanın hemen yanında masa yüksekliğinde dosya dolabı ve masanın altına sığan bir dizi çekmeceyi içermektedir (Şekil 19.4).



Şekil 19.4. Ofis benzeri deneysel ortamlarda kullanılan mobilyalar. (a) Kontrol mobilyaları, (b) meşe mobilyalar, (c) ceviz mobilyalar [17]

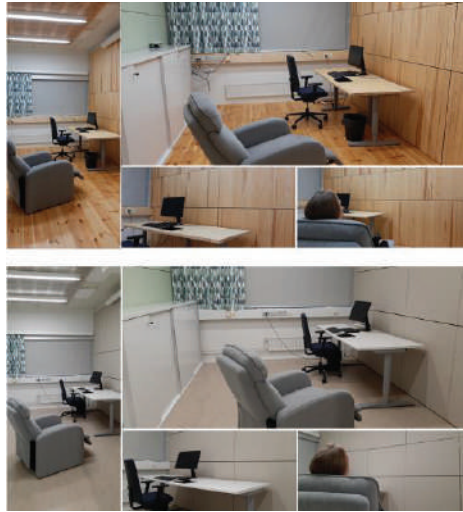
Ojala vd., [22] tarafından yapılan "Ahşap ofis odasının insan sağlığı üzerindeki psikolojik ve fizyolojik etkileri: Rastgele kontrollü bir denemeden elde edilen sonuçlar" adlı çalışmada, yeterli örneklem büyüklüğüne sahip çok yönlü psikolojik ve fizyolojik ölçümlerle gerçek ofis ortamlarında iç mekan yüzey ahşap malzemesinin insan duyguları, otonom sinir sistemi (OSS) aktivitesi ve bilişsel görevler ve dinlenme süreleri sırasında dikkat kapasitesi üzerindeki etkisini değerlendirilmektedir. Çalışma kapsamında, insanlar "daha az psikolojik ve fizyolojik stres ve gelişmiş iyileşme mi yaşıyor" ve "ahşap bir odada kontrol odasından daha mı iyi performans gösteriyor?" şeklindeki iki soruya yoğunlaşmıştır. Buradan yola çıkarak şu hipotezler oluşturulmuştur;

H1. Ahşap bir odaya maruz kalmanın kontrol odasına kıyasla stres ve kaygı giderici etkileri vardır. İnsanların ahşap odada bir dinlenme periyodundan sonra daha fazla iyileşme, daha fazla enerji, daha olumlu ve daha az olumsuz duygu ve daha az kaygı deneyimlemesi beklenmektedir.

H2. İnsanlar ahşap odada bir dinlenme periyodundan sonra sürekli dikkat gerektiren bir görevde daha iyi performans gösterir (daha hızlılar ve daha az hata yapıyorlar).

H3. Parasempatik sinir sistemi (PNS), ahşap odada dinlenme periyodu sırasında daha aktif ve sempatik sinir sistemi (SNS) daha az aktiftir.

Çalışmada deney odaları, Tampere Üniversitesi'nin çeşitli bölümlerine, devlet araştırma ofislerine ve özel şirketlere ev sahipliği yapan Hervanta kampüs alanına kurulmuştur. Ahşap ve kontrol ofis odaları yan yana konumlandırılmıştır. Her iki 17 m²lik deney odası da uyumlu varlıklar olarak tasarlanmıştır ve zeminin malzemelerindeki farkın yanı sıra bir duvar, tavan ve bir masa tablası diğer açılardan aynıdır. Ahşap odada, yüzey malzemesinin %50'si çam ağacıdır. Odalar deneyin başlamasından 18 ay önce yenilenmiştir ve boya veya vernik kokusu bulunmamaktadır.



Şekil 19.7. Deneyde kullanılan ahşap (yukarıda) ve kontrol (aşağıda) odaları [20]

Çalışmadaki katılımcılar sağlıklı tam zamanlı öğrenciler ve iş yeri kampüste olan işçilerdir. Çalışmaya 31'i kadın olmak üzere toplam 61 gönüllü katılmıştır. Yaş ortalamaları 24 olup katılımcıların %84'ü öğrencidir.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu kısımda iç mekânlarda ahşabın kullanımını üzerine yapılan çalışmaların sonucu ve tartışma kısımları incelenmiştir.

Rice vd. [19] tarafından yapılan çalışmanın sonuçları incelendiğinde, döşeme, kapılar, yemek odası mobilyaları, mutfak dolapları ve yatak odası mobilyaları gibi iç mekân uygulamalarında ahşabın kullanımının sadece uygun olmakla kalmayıp, genellikle çeşitli nedenlerle tercih edildiğini doğrulamaktadır. Bu durumun, özellikle dünya çapında yeni konut, konut dışı inşaat ve onarım ve yeniden modelleme için genel olarak sağlam piyasa görünümünün ışığında, değerli ahşap ürünleri üreticileri için olumlu olduğu belirtilmiştir [17]. Bu çalışma aynı zamanda belki de bitkiler gibi ağaç ürünlerinin görünüşünün, insanlarda doğal malzemeler kullanarak doğayı iç ortamlarında kopyalamak için doğuştan gelen bir isteği yerine getirdiğini göstermektedir. Bireyler, doğal ve insan yapımı malzemelere temelde farklı şekillerde yanıt veriyor gibi görünmekte, genellikle ilkin tercih etmektedir [24, 25]. Şaşırtıcı olmayan bir şekilde, bu çalışmada ahşap ürünler ve ahşap odalar için ortaya çıkan en önemli tanımlayıcılardan biri, bunun "doğal" olmasıdır ve bitki, odun ihtiyacı, katılımcıların yaşamak ya da vakit geçirmek isteyeceği bir oda oluşturmak için ilk en gereksinim arasında belirtilmiştir. Q-sort deneyi de bu iddiayı destekleyecek veriler sağlamıştır. En yüksek puan alan iki oda tamamen ahşap ağırlıklıdır, çok az yapay malzeme içermekte ve doğa manzaralı geniş pencerelere sahiptir; diğer beş oda ise doğal bir şeyden yoksun olarak nitelendirilmiştir. Rice vd. [19] tarafından yapılan "Ahşap Ürünler Görünüm ve Psikolojik Sağlık" adlı çalışmada ise insanların ahşabın sağlıklı ortamlar yarattığına dair doğuştan bir anlayışa sahip oldukları ve ahşap odaların genellikle olumlu bir şekilde "sıcak", "rahat" olduğu kabul edilmektedir. Kesin bir belirleme yapmak için daha fazla deneysel araştırma gerekli olsa da, bu çalışmadaki tüm kanıtlar, görünüşte odun ürünlerinin kullanımıyla oluşturulan ahşap ortamların insanların duygusal durumları ve psikolojik sağlığı üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. En azından, sağlıklı barınma konusundaki düşüncelerin ve çerçevemizin psikolojik sağlığı da içerecek şekilde genişletilebileceği yönünde bir durum bulunmaktadır. Ahşap, estetik ve yapısal özelliklerin ötesinde ve muhtemelen hayal gücümüzün ötesinde faydalar sağlayan olağanüstü bir malzemedir. Bu çalışma, bu malzemeye farklı bir açıdan bakmanın ve insanların yaşamaları için rahatlatıcı, sağlıklı ortamlar yaratma yeteneğine odaklanma zamanının geldiğini göstermiştir. Pazarlama açısından promosyonlarda ahşabın sıcak, rahat ve dinlendirici alanlar yaratarak psikolojik refahı artırma potansiyeli dahil olmak üzere tüm pozitif özelliklerine odaklanılmalıdır. Ortalama tüketicinin sağlıklı ev konseptine ilişkin farkındalığı ivme kazandıkça bu özellikler dikkat çekici olacaktır.

Nyrud vd. [20] tarafından yapılan çalışmanın sonuçları incelendiğinde, en çok tercih edilen orta ahşap seviyesine sahip oda olduğunu görülmüştür (Şekil 3). Çalışanlar için bu oda, "Bu hasta odasının içini seviyorum" tercih maddesinde, ayrıca "İç mekân hasta odası için çok uygun" ve "Bu odada çalışmak istiyorum" maddesinde en yüksek puanı almıştır. Bu oda aynı zamanda en keyifli, doğal, sakinleştirici ve güvenli olarak görülmüş ve en az Sıkıcı oda olarak derecelendirilmiştir. Çalışanlardan elde edilen sonuçlarda, tamamen ahşap ve ahşap kullanılmayan odalar en az ve ikinci en az tercih edilen odalar olduğu belirtilmiştir. En az tercih edilen ikinci oda, ahşap içermeyen normal hastane odasıdır (Şekil 1). En az tercih edilen oda tamamen ahşap olan odadır (Şekil 2) ve bu oda hem çalışanlar hem de hastalar için en düşük puanı almıştır. Tüm ahşap odalar aynı zamanda en az hoş, güzel, modern, sıradan, doğal, sakinleştirici ve güvenli olarak derecelendirilmiştir. Nyrud vd. [20] tarafından

yapılan "Hastane Odasında Ahşap İç Mekanın Sağlığa Faydaları" adlı çalışmada, hastanelerdeki doğal unsurların olası sağlık yararlarını araştıran daha büyük bir çalışmanın bazı ön sonuçları olarak sunulmuştur. Ana sonuçlar;

- Hastane çalışanları orta derecede ahşap olan hasta odalarını tercih etmektedir.
- Ahşap içermeyen geleneksel hasta odaları ikinci en az tercih edilen odadır.
- Tüm duvarları, zemini, tavanı ve mobilyaları ahşap olan hasta odası en az tercih edilen odadır.
- Hasta odalarında tercih edilen odun derecesinde bir sınırlama vardır.
- Hasta çalışanlarının aynı tercihlere sahip olduğuna dair bazı göstergeler vardır, ancak bunu istatistiksel olarak değerlendirmek için henüz yeterli veri yoktur.

Tercihlerin araştırılması önemlidir çünkü insanların neyi tercih ettiklerine dair bazı bilgiler verebilir. Tercihler duygusal tepkiler olduğundan, olası psikolojik veya sağlıkla ilgili sonuçlar hakkında da bazı göstergeler verebilir. Yine de hastaneler, bir dizi farklı işlevi yerine getirmesi gereken son derece karmaşık binalardır. Doğa unsurlarını uygulamak, hastanelerin fiziksel özelliklerini geliştirmenin birçok yolundan sadece biridir. Bu konuyla ilgili araştırma, planlamacılara ve diğer çevre tasarımcılarına, hem hastanelerde hem de diğer inşa edilmiş ortamlarda sağlığı ve refahı geliştirebilecek yapıları çevrenin özelliklerini etkileme konusunda yardımcı olma potansiyeline sahiptir. Artan kentleşmeyle birlikte insanlar günlük yaşamlarında doğaya daha az erişmektedirler. Ek olarak, batı toplumlarındaki insanlar zamanlarının %80-90'ını kapalı alanlarda geçirmektedirler [26]. Bu nedenle, doğal içeriklerin özelliklerini yapıları çevreye entegre etmek, insanların doğaya daha büyük ölçüde erişimini sağlayabilmektedir.

Burnard vd. [17] tarafından yapılan çalışmanın sonuçları incelendiğinde, belirli koşullar altında, inşa edilmiş iç mekan ortamında ahşap kullanımının gelişmiş stres tepkilerine yol açabileceğini göstermiştir. Örneğin, tükürük kortizol seviyelerinin gösterdiği stres tepkileri, meşe mobilyaların bulunduğu test ortamında (Ofis A: Meşe), karşılık gelen kontrol ortamındakinden (Ofis A: Kontrol) daha düşük olduğu belirtilmiştir. Strese karşı azalan tepki, herhangi bir stresli durum için küçük bir etkiye sahiptir, ancak zamanla, stres yanıtlarında küçük bir azalma bile, iyileştirilmiş zihinsel ve fiziksel sağlık sonuçlarına katkıda bulunabilmekte ve bu da daha iyi sosyal sonuçlara yol açmaktadır [27]. Burnard vd. [17] tarafından yapılan, "Ahşap mobilyalı ofis benzeri ortamlarda insan stres tepkileri" adlı çalışmadaki bulguların, ahşap ve bina sakinlerinin stres seviyeleri arasındaki ilişkiyi inceleyen önceki çalışmalara benzer olduğu tespit edilmiş, ancak daha sağlam bir deneysel tasarımdan türetilmiştir. Bazı sonuçların, stres göstergesi olarak tükürük kortizolünü kullanan diğer müdahale çalışmalarıyla karşılaştırılabilir olduğu vurgulanmıştır. Çalışma yalnızca 61 denek ile orta ölçekli bir araştırma ortamına rağmen, sonuçlar, ahşap mobilyayı ofis çalışanlarının stresle başa çıkmalarına yardımcı olmak için pasif bir çevresel müdahale olarak kullanmanın mümkün olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, ahşap mobilya seçerken, diğer hususların yanı sıra görsel özelliklerin ve iç ortamın diğer unsurları ile nasıl etkileşimde bulduklarının (örneğin aydınlatma) dikkate alınması önemlidir. Bu deneyde kullanılan meşe mobilyaların rengi gözle görülür derecede açıktır ve her odada aynı aydınlatma seviyeleri olmasına rağmen ceviz mobilyalı ofisten fark edilir derecede daha parlak bir ortam oluşturulmuştur. Deneysel tasarım bu çalışmada genel olarak etkili olsa da, onu tekrarlayan gelecekteki çalışmalar deneysel prosedürde iki ayarlamayı dikkate almalıdır. İlk olarak, daha büyük bir işleme derecesinin gözlemlenebilmesi için süre en az 90 dakikaya uzatılmalıdır. İkinci olarak, en yüksek stres ve stres geri kazanımının daha ayrıntılı olarak gözlemlenmesine izin vermek için test süresinin sonraki kısmında (örneğin stres olayından 25 dakika sonra başlayarak) tükürük numuneleri daha sık toplanmalıdır.

Demattè vd. [21] tarafından yapılan çalışmanın temel amacı, ahşapla kaplı gerçek boyutlu bir iç mekan ortamının nasıl algılandığını ve insanların ruh halini ve duygularını olumlu yönde etkileyip etkilemediğini araştırmaktır. Önceki araştırmalardan farklı olarak, büyük bir gönüllü boyutu dahil edilmiştir ve ortamların algısal değerlendirilmesi, işitme ve koku alma gibi duyuları içerecek şekilde genişletilmiştir. Tahmin edildiği gibi, SDq ve PANAS'tan elde edilen veriler bu fikri güçlü bir şekilde desteklemiş ve ahşap bir ortamın, alçıdan daha rahat ve katılımcılarda olumlu duygular uyandırabildiğini sonucuna varılmıştır. İlginç bir şekilde, bu tür etkilerin büyüklüğü, görüş dışındaki hemen hemen bütün katılımcıların ahşap odadaki olumlu duyguları, doğal unsurların insan refahı üzerindeki olumlu etkisiyle tutarlı görünmektedir. Önceki araştırmalar, doğal unsurların (örneğin, iç mekan bitkilerinin) yalnızca görünümünün, gözlemcide algılanan stres seviyelerini düşürebileceği vurgulamıştır [28]. Tüm duyu modaliteler için katılımcıların biyofilik derecesi tarafından biraz değiştirilmiştir. Demattè vd. [21] tarafından yapılan "Ahşap-insan etkileşiminin psikolojik boyutuna yeni bakış açıları" adlı çalışmanın amacı, yoğun günlük yaşam koşullarında ahşabın insanlar üzerinde yarattığı konfor anlayışını derinleştirmektir. Yazarların bilgisine göre, bu, insanların ruh hali ve duygularının multimodal bir bakış açısı benimseyen iki farklı gerçek boyutlu kapalı ortamda ilk kez değerlendirilmesidir. Ana sonuç, ahşap bir ortamın alçıdan daha rahat olarak algılandığını ve katılımcılarda daha yüksek derecede olumlu duygular uyandırabildiğini göstermiştir. Dahası, iç mekan ortamının değerlendirilmesindeki multimodal perspektif, ahşap odanın diğerine göre daha boğuk, kokulu ve parfümlü olduğunu karar verildiğini ortaya çıkarmaya izin vermiştir. Özellikle, katılımcıların biyofilik derecesinin bu tür etkilerin büyüklüğünü değiştirdiği de gözlemlenmiştir. Bu son yönler (biyofilik derecesi ve çoklu duyu değerlendirme yöntemleri), insanların yaşadıkları veya çalıştıkları kapalı ortamları nasıl algıladıklarını araştırırken çok önemli görünmektedir.

Ojala vd., [22] tarafından yapılan çalışmanın sonuçları incelendiğinde, hissedilen kaygının, kontrol odasıyla karşılaştırıldığında dinlenme periyodundan sonra ahşap odada açıkça azaldığı ve bu durumda H1 hipotezini doğruladığı belirlenmiştir. Katılımcılar deney boyunca ahşap odada daha az olumsuz duygu yaşamış ve restorasyon, enerji ve olumlu etki duyguların ahşap odada, özellikle deneyin başlangıcından daha yüksek seviyede olduğu belirtilmiştir. Bu sonuçlar orijinal çalışmanın hipotezini genişletmekte ve ahşabın anında olumlu etkisi olan bir malzeme olduğunu göstermektedir. İyileşme periyodundan sonra ahşap odadaki iyileştirilmiş tepki süresi ve doğrulukla ilgili olarak (SART ölçümleri), H2 hipotezi, ahşap odada daha az hata yapıldığına dair bir göstergeyle yalnızca kısmen desteklenmiştir. Ancak, bu değişiklik küçüktür ve iki oda arasında tepki süresi veya diğer SART ölçümlerinde hiçbir fark yoktur. Toplu düzeyde, H2 hipotezinin doğru olma olasılığı çok düşüktür. Çalışmada, SART sırasında ANS aktivitesinde odalar arasında hiçbir fark yoktur. Açıkça, ahşap odalarda dikkat performansının iyileştirilmesi potansiyeli bulunduğu belirtilmiştir. Çalışma sonucunda, PNS'nin dinlenme periyodunda ahşap odada kontrol odasına göre daha aktif ve SNS'nin daha az aktif olduğu görülmüş ve H3 hipotezini desteklememiştir. Hipotezin aksine, ortalama SNS aktivitesi, deneyin başlangıcında ve dinlenme periyodu sırasında ve sonrasında ahşap odada biraz daha yüksek bir seviye göstermiştir ve bu da ahşap odada daha yüksek bir uyanıklık seviyesini göstermiştir. Buna göre, deri iletkenliği ölçümleri (mm), kontrol odasından daha yüksek fizyolojik uyarılmanın ahşap odada dinlenmenin son 5 dakikasında olduğunu göstermiştir.

Son yıllarda insanlar ortalama zamanının %90'ını ev ve işyeri gibi birçok iç mekanda geçirmektedir. İç mekanda geçirilen bu zamanın insanlar üzerinde psikolojik ve fizyolojik etkileri bulunmaktadır. Buradan yola çıkarak bu çalışmada ahşap mekanların, insanların stres ve kaygısı üzerindeki etkileri üzerine yapılan çalışmalar incelenmiştir. Yapılan araştırmalara bakıldığında ahşabın iç mekamlarda kullanımının estetik ve fonksiyonel faydalarının yanı sıra, insan sağlığı üzerinde de pek çok olumlu etkiye sahip olduğu görülmüştür. Doğal bir malzeme olarak ahşap, mekana sıcaklık ve huzur katar, stresin azalmasını ve ruhsal rahatlığı sağlamaktadır. Ayrıca ahşap, havadaki nem dengesini

düzenleyerek ortamın daha sağlıklı olmasına katkıda bulunur. Ahşabın doğal yapısı, havadaki zararlı maddeler ve uyarılar emerek iç mekanın hava sıcaklığını artırır. Bu özellikler, iç mekânlarda sağlıklı bir yaşam alanı yaratılmasına yardımcı olur. Sonuç olarak, ahşap kullanımı hem fiziksel hem de psikolojik açıdan sağlığınıza katkı sağlayarak yaşam kalitesini yükseltir.

KAYNAKÇA

- [1] Erdin, N. (2003). Ağaç malzeme kullanımı ve çevreye etkisi. İnterteks İnşaat 2003 Fuarı Ahşap Seminerleri.
- [2] Yaman F.Z., (2007). Geleneksel ahşap Yapılarda Kullanılan Ahşap Yapı Elemanlarının Uzun Dönem Performansı-Giresun Zeytinlik Mahallesi'nde Örnek Yapı İncelemesi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, Turkey.
- [3] Tufan, M. Z., & Özel, C. (2012). Sürdürülebilirlik kavramı ve yapı malzemeleri için sürdürülebilirlik kriterleri. Uluslararası sürdürülebilir mühendislik ve teknoloji dergisi, 2(1), 6-13.
- [4] Çüçen, A., & Solak, A. (2023). Sürdürülebilir Yapı Malzemeleri Üzerine Bir Araştırma. Teknik Bilimler Dergisi, 13(1), 1-8.
- [5] Bostancıoğlu, E. & Düzgün Birer, E. (2004). Ekoloji ve Ahşap-Türkiye'de Ahşap Malzemenin Geleceği. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 9, 2.
- [6] Bozkurt, Ö., (2011). Geleneksel Tekirdağ Evlerinde Kullanılmış Meşe Ahşabının Mekanik Özellikleri ve Kimyasalla Koruma Uygulamalarının Mekanik Özellikler Üzerine Etkisi. *Politeknik Dergisi*, 14(2), 115- 119.
- [7] Çalışkan, Ö., Meriç, E., & Yüncüler, M. (2019). Ahşap ve ahşap yapıların dünü, bugünü ve yarını. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(1), 109-118.
- [8] Hamilton, J., Kennard, D. H., Rapf, O., Kockat, D. J., Zuhair, D. S., Toth, D. Z., ... & Milne, C. (2022). United Nations Environment Programme (2022), 2022 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector. Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector (Nairobi).
- [9] Harte, A. M. (2017). Mass timber—the emergence of a modern construction material. *Journal of Structural Integrity and Maintenance*, 2(3), 121-132.
- [10] Ibn-Mohammed, T., Greenough, R., Taylor, S., Ozawa-Meida, L., & Acquaye, A. (2013). Operational vs. embodied emissions in buildings—A review of current trends. *Energy and Buildings*, 66, 232-245.
- [11] <https://www.woodsolutions.com.au/blog/21-reasons-why-wood-better-prof-alex-de-rijke> (04.12.2024)
- [12] Kaplan, R. & Kaplan, S. (1989). *The experience of nature: A psychological perspective*. Cambridge University Press.
- [13] Lohr, V.I., Pearson-Mims, C.H., & Goodwin, G.K. (1996). Interior plants may improve worker productivity and reduce stress in a windowless environment. *Journal of Environmental Horticulture*, 14, 2, 97-100.
- [14] Lohr, V.I. & Pearson-Mims, C.H. (2000). Physical Discomfort May Be Reduced in the Presence of Interior Plants. *Horttechnology*, 10, 1, 53-58.
- [15] Shibata, S., & N. Suzuki. (2002). Effects of foliage plant on task performance and mood. *Journal of Environmental Psychology*, 22, 265-272.

- [16] Andreassi, J. L. (2010). *Psychophysiology: Human behavior and physiological response*. Psychology press.
- [17] Burnard, M. D., & Kutnar, A. (2020). Human stress responses in office-like environments with wood furniture. *Building Research & Information*, 48, 3, 316-330.
- [18] Li, J., Wu, J., Lam, F., Zhang, C., Kang, J., & Xu, H. (2021). Effect of the degree of wood use on the visual psychological response of wooden indoor spaces. *Wood Science and Technology*, 55, 1485-1508.
- [19] Rice, J., Kozak, R. A., Meitner, M. J., & Cohen, D. H. (2006). Appearance wood products and psychological well-being. *Wood and Fiber Science*, 644-659.
- [20] Nyrud, A., Bysheim, K., & Bringslimark, T. (2010). Health benefits from wood interior in a hospital room. In *Proceedings of the International Convention of Society of Wood Science and Technology and Unife*
- [21] Demattè, M. L., Zucco, G. M., Roncato, S., Gatto, P., Paulon, E., Cavalli, R., & Zanetti, M. (2018). New insights into the psychological dimension of wood-human interaction. *European Journal of Wood and Wood Products*, 76, 4, 1093-1100
- [22] Ojala, A., Kostensalo, J., Viik, J., Matilainen, H., Wik, I., Virtanen, L., & Muilu-Mäkelä, R. (2023). Psychological and physiological effects of a wooden office room on human well-being: Results from a randomized controlled trial. *Journal of Environmental Psychology*, 89, 102059.
- [23] Taylor, R. E. (2002). *Wood Markets: The Solid Wood Products Outlook-2002 to 2006*. Vancouver, British Columbia, Canada: RE Taylor & Associates, Ltd.
- [24] Ulrich, R. S. (1984). The psychological benefits of plants. *Garden*, 8(6), 16-21.
- [25] Ulrich, R. S. (1986). Human responses to vegetation and landscapes. *Landscape and urban planning*, 13, 29-44.
- [26] Evans, G.W. (2003). The built environment and mental health. *Journal of Urban Health*, 80, 4, 536-555.
- [27] McEwen, B. S. (1998). Protective and damaging effects of stress mediators. *New England journal of medicine*, 338(3), 171-179.
- [28] Burnard, M. D., & Kutnar, A. (2015). Wood and human stress in the built indoor environment: a review. *Wood science and technology*, 49, 969-986.

YAZAR ÖZGEÇMİŞİ

Abdullah Uğur BİRİNCİ, Araştırma Görevlisi

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye

ugurbirinci@ktu.edu.tr

1989 yılında Trabzon'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Trabzon'da tamamladı. 2007 yılında Ordu Üniversitesi İnşaat Bölümünü kazandı ve 2010 yılında mezun oldu. 2010 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü'nü kazandı ve 2015 yılında mezun oldu. 2015 yılında, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. 2018 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü'ne Araştırma Görevlisi olarak atandı. Hala görevine devam etmekte olan Abdullah Uğur BİRİNCİ, orta derecede İngilizce bilmektedir.

Hasan ÖZTÜRK, Doç. Dr.

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Arsin Meslek Yüksekokulu, Ormanlık Bölümü, Trabzon, Türkiye

hasanozturk@ktu.edu.tr

1986 yılında Trabzon'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Trabzon'da tamamladı. 2005 yılında İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü'nü kazandı ve 2009 yılında mezun oldu. Aynı yıl içinde Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. 2012 yılında yüksek lisans öğrenimini tamamladı ve aynı yıl Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda doktora öğrenimine başladı. Ekim 2012'de KTÜ Of Teknoloji Fakültesi Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü'ne Öğretim Görevlisi olarak atandı. Temmuz 2014'de KTÜ Arsin Meslek Yüksekokulu Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojileri Bölümü Mobilya ve Dekorasyon Programı'nda görevlendirilmiştir. Hasan ÖZTÜRK, 2022 yılında Dr. Öğr. Üyesi 2024 yılında ise Doç. Dr. ünvanını almıştır. Aynı zaman 2024 yılında Arsin Meslek Yüksekokuluna Müdür olarak atanmıştır.

Cenk DEMİRKİR, Prof. Dr.

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye

cenk@ktu.edu.tr

1981 yılında Trabzon'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Trabzon'da tamamladı. 1999 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü'nü kazandı. 2003 yılında bölüm ikincisi olarak mezun oldu. Aynı yıl içinde K.T.Ü. Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. 2006 yılında yüksek lisans öğrenimini tamamladı ve aynı yıl Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda doktora öğrenimine başladı. Kasım 2005'de KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü'ne Araştırma Görevlisi olarak atandı. 25 Ekim 2010 ve 28 Ocak 2011 tarihleri aralığında Yükseköğretim Kurulu Bursu ile Kanada'nın Vancouver Eyaletinde bulunan FPInnovations Ahşap Ürünler Araştırma Enstitüsü'nde görevlendirildi. 2013 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği bölümünde Dr. Öğr. Üyesi ünvanı, 2015 yılında Doç.Dr. ünvanı ve 2019 yılında Prof. Dr. ünvanı almıştır.

20. Bölüm

AÇIK ALANLARDA AHŞAP MALZEME KULLANIMI

Buket ÖZDEMİR IŞIK^{a*}, Sabiha KAYA^b

^a Trabzon Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Rekreasyon Bölümü, Trabzon, Türkiye, 0000-0003-1617-8084

^b Trabzon Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Rekreasyon Bölümü, Trabzon, Türkiye, 0000-0002-0883-4486

* ozdemirbuket@trabzon.edu.tr

SUMMARY

Wood is a natural material that is widely used in open space designs with its natural aesthetic values, environmental sustainability features and workability. It has an important place in various outdoor arrangements such as parks, garden furniture, walkways, pergolas and playgrounds. Among the reasons why wood is preferred are that its natural texture creates an aesthetic integrity by harmonising with the environment, it is a renewable resource and contributes to environmental sustainability with its low carbon footprint.

While the lightness of the material offers portability and easy installation, the ability to increase its durability with surface treatment techniques is also among its important advantages. However, attention should also be paid to the disadvantages of wood material in outdoor conditions. In case of exposure to environmental factors such as moisture and UV rays, problems such as decay, discolouration and deformation may occur. These risks can increase maintenance costs if appropriate protection and maintenance methods are not applied.

In conclusion, while wood is an indispensable material in open space designs thanks to its environmentally friendly properties and aesthetic appeal, regular maintenance and protection strategies should be applied for long-lasting use. The study details the functional, aesthetic and sustainable aspects of using wood in open space designs, provides information about its advantages and disadvantages, and maintenance and protection strategies.

Keyword: Wood texture, wood material, wood furniture, open space furniture.

GİRİŞ

Ahşap, tarihin her döneminde insan yaşamında vazgeçilmez bir yapı malzemesi olmuştur. Antik çağlardan günümüze kadar barınma, ısınma, alet yapımı gibi pek çok farklı alanlarda kullanılan ahşap, modern dönemde estetik ve işlevsellik arayışlarıyla birlikte peyzaj tasarımlarında da önem kazanmıştır. Fiziksel, mekanik ve estetik özellikleriyle dikkat çeken ahşap malzeme, peyzaj düzenlemelerinde hem doğal hem de yapısal donatı elemanlarının üretiminde tercih edilen bir seçenektir. Özellikle çevre dostu yapısı, geri dönüştürülebilirliği ve estetik uyumu, ahşabı sürdürülebilir peyzaj uygulamalarında önemli bir bileşen haline getirmiştir. Ahşap malzemenin açık alanlarda kullanımı beş ana özellik temelinde incelenebilir. Bunlar, estetik ve doğa ile uyumluluk, geri dönüşüm ve sürdürülebilirlik, işlenebilirlik ve hafiflik, diğer malzemelerle uyum, koruma ve dayanıklılık olarak sıralanabilmektedir. Ahşabın doğal renk, doku ve form çeşitliliği, onu doğa ile uyumlu bir seçenek haline getirirken, modern peyzaj tasarımında estetik açıdan çekici ve işlevsel çözümler sunmaktadır. Bu bağlamda, ahşap; pergola, gazebo, oturma grupları, çöp kutular, aydınlatma direkleri vb. donatı elemanlarında sıkça tercih edilmektedir [1]. Ahşap malzemenin geri dönüştürülebilirliği ve sürdürülebilir bir kaynak olması, onun çevreye duyarlı peyzaj projelerinde kullanılmasını sağlamaktadır. Doğal bir malzeme olması nedeniyle, enerji ihtiyacının düşük olması ve kullanım sonunda biyolojik olarak parçalanabilir yapısı, ahşap malzemenin çevresel etkilerini azaltan unsurlar arasına sokmaktadır. Ayrıca ahşap, çevre dostu bir alternatif olarak beton, demir, çelik gibi yapı malzemelerinin yerini alabilecek nitelikte bir malzemedir [2]. Hafifliği ve kolay işlenebilirliği sayesinde tasarımcılara esneklik sunarak, ihtiyaçlara göre kolayca şekillendirilebilmesi ve montajının hızlı bir şekilde yapılabilmesi, peyzaj alanlarında geniş bir uygulama yelpazesine sahip olmasını sağlamaktadır. Özellikle yerel ve egzotik ağaç türlerinden elde edilen ahşap malzemeler, farklı iklim koşullarına uyum sağlayabilecek şekilde işlenmektedir [3]. Bunun yanı sıra, ahşap, diğer yapı malzemeleriyle uyum içinde kullanılabilirerek farklı tasarım kombinasyonları ile estetiğini arttırabilir. Ahşabın peyzaj alanlarındaki kullanımı, sadece avantajlarıyla sınırlı değildir; malzemenin dayanıklılığı ve uzun ömürlü olması için koruma işlemleri de büyük önem taşımaktadır. Emprenye, kurutma ve ısı işlem gibi yöntemler, ahşabın böceklenme, çürüme ve nem gibi doğal etkenlere karşı dayanıklılığını artırır. Bu işlemler, ahşap malzemenin uzun ömürlü ve düşük bakım maliyetli bir seçenek haline gelmesini sağlar [4]. Ahşabın doğru tür seçimi, uygun koruma yöntemlerinin uygulanması ve yeterli bilgi birikimine sahip tasarımcılar tarafından kullanımı, ahşabın peyzaj uygulamalarındaki başarısını arttıran temel unsurlardır. Bu nedenle, ahşap malzemenin doğru kullanımı ve avantajlarının optimize edilmesi için tasarımcılar, üreticiler ve uygulayıcılar arasında iş birliği ve bilgi paylaşımı kritik bir öneme sahiptir.

1. Ahşap Malzemenin Açık Alanlarda Kullanımı

Ahşap malzeme, açık alanlarında yaygın olarak kullanılan bir yapı malzemesi olup, fiziksel, mekanik ve estetik özellikleri ile dikkat çekmektedir. Ayrıca doğal bir malzeme olarak estetik ve ekolojik faydalar sunar. Özellikle, ahşap malzeme, doğal habitatlara korunmasına ve biyoçeşitliliğin artırılmasına katkıda bulunur. Ağaçlı yarı doğal habitatlar, tarımsal peyzajlarda yaban arısı çeşitliliğini destekleyerek, bitki-polen etkileşimlerini teşvik eder ve bu da tarım ürünlerinin verimliliğini artırır [5]. Başka bir peyzaj alanında su yönetimi ve ekosistem dinamikleri üzerinde de olumlu etkilere sahiptir. Büyük ahşap parçalarının yeniden değerlendirilmesi, nehirlerin hidrolik yapısını olumlu yönde etkileyerek su akışını düzenler ve su kalitesini artırır [6]. Bu tür uygulamalar, su ekosistemlerinin sağlığını korumak ve iyileştirmek için önemlidir. Ahşap malzeme, ayrıca, çeşitli türlerin yaşam alanlarını zenginleştirerek, biyoçeşitliliği artırır. Ahşap özellikleri, kuşlar ve böcekler gibi çeşitli organizmaların farklı

habitatlarda daha fazla çeşitlilik göstermesine olanak tanır [7], aynı zamanda, ekosistemlerin sürdürülebilir yönetimi açısından da önem taşır. Ölü ahşap miktarının artırılması, saproksilik organizmaların çeşitliliğini destekler ve bu türlerin korunmasına yardımcı olur [8]. Bu tür uygulamalar, doğal habitatların korunması ve ekosistemlerin sağlıklı bir şekilde işleyişinin sürdürülmesi açısından kritik öneme sahiptir. Ayrıca, ahşap malzeme, peyzaj tasarımında estetik bir unsur olarak da kullanılarak, insanların doğayla etkileşimlerini artırır ve bu alanların sosyal değerini yükseltir [9]. Ahşabın bu alanlardaki kullanımı, onun çeşitli avantajlarıyla doğrudan ilişkilidir. Bu bağlamda, ahşap malzemenin; estetik ve doğa ile uyumluluk, geri dönüşüm ve sürdürülebilirlik, işlenebilirlik ve hafiflik, diğer malzemelerle uyum, koruma ve dayanıklılık olmak üzere beş ana özelliği daha çok öne çıkmaktadır.

Estetik ve Doğa ile Uyumluluk: Ahşap, doğal bir malzeme olarak, renk, doku ve form çeşitliliği sayesinde peyzaj tasarımında estetik bir görünüm sunar. Ahşap malzemelerin doğal dokuları ve renkleri, çevre ile uyumlu bir bütünlük oluşturur ve bu da peyzaj alanlarında tercih edilmesinin başlıca nedenlerinden biridir [10]. Ahşap malzemelerin doğayla olan bu uyumu, çevresel estetik anlayışını destekler [11].

Geri Dönüşüm ve Sürdürülebilirlik: Ahşap, geri dönüştürülebilir bir malzeme olması nedeniyle çevre dostudur. Ahşap malzemelerin sürdürülebilirliği hem ekonomik açıdan hem de ekolojik açıdan önemli bir avantaj sağlar. Geri dönüşüm süreçleri, ahşap malzemelerin yeniden kullanılmasını ve böylece doğal kaynakların korunmasını sağlar [12]. Ahşap malzemelerin doğal yöntemlerle biyolojik olarak parçalanabilir olması, çevresel tehdit etkilerini azaltır [13].

İşlenebilirlik ve Hafiflik: Ahşap, hafif yapısı ve kolay işlenebilirliği sayesinde taşınması ve şekillendirilmesi kolay bir malzemedir. Bu özellik, ahşabın çeşitli peyzaj uygulamalarında kullanılmasını kolaylaştırır. Ahşap malzemeler, çeşitli formlara ve boyutlara kolayca dönüştürülebilir, bu da peyzaj tasarımında esneklik sağlar [14]. Ahşap malzemelerin işlenebilirliği, onları çeşitli yapı ve dekorasyon projeleri için ideal hale getirir [15].

Diğer Malzemelerle Uyum: Ahşap, beton, demir, çelik ve cam gibi diğer yapı malzemeleriyle birlikte kullanılabilir. Bu özellik, ahşabın çok yönlü bir malzeme olmasını sağlar ve farklı malzeme kombinasyonları ile estetik ve işlevsel tasarımlar oluşturulmasına olanak tanır [16]. Ahşap ve diğer malzemelerin bir arada kullanımı, yapıların dayanıklılığını ve estetiğini artırabilir [17].

Koruma ve Dayanıklılık: Ahşap malzemelerin dayanıklılığı, empenye, kurutma ve ısı işlem gibi işlemlerle artırılabilir. Bu işlemler, ahşabın çeşitli çevresel etkilere karşı direncini artırarak, uzun süreli kullanım sağlar [18]. Bu tür işlemler, ahşabın böcek ve mantar gibi zararlılara karşı direncini artırır [19].

2. Ahşap Malzemenin Açık Alanlarındaki Kullanım Amaçları

Ahşap malzeme, peyzaj alanlarında estetik, işlevsel ve sürdürülebilir özellikleri nedeniyle çok yönlü kullanım alanlarına sahiptir. Doğal dokusunun doğa ile uyumu, işlenebilirliği ve çevresel faydaları, onu peyzaj projelerinde tercih edilen bir malzeme haline getirmiştir. Bu kapsamda, ahşap malzemenin peyzaj alanlarında farklı kullanım amaçları vardır. Bunlar;

Dekoratif Kullanım: Ahşabın farklı renk, doku ve formda olması, estetik açıdan peyzaj alanlarında kullanım değerini arttırmaktadır. Doğal görünümü sayesinde çevresiyle uyum içinde bir tasarım unsuru olarak kullanılabilir. Özellikle pergola, gazebo, çit ve duvar kaplama gibi dekoratif elemanların üretiminde sıkça tercih edilmektedir [1].

Dinlenme ve Sosyal Alanların Oluşturulması: Ahşap, banklar, piknik masaları ve oturma grupları gibi sosyal ve dinlenme alanlarının tasarımında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu elemanlar, kullanıcıların doğal bir ortamda keyifli vakit geçirmesine olanak tanır [3].

Fonksiyonel ve Yapısal Elemanlar: Zemin döşemeleri, köprüler ve sınır elemanları gibi işlevsel elemanların yapımında ahşap, dayanıklılığı ve işlenebilirliği sayesinde önemli bir malzemedir. Bu tür uygulamalar hem estetik hem de yapısal gereksinimleri karşılar [4].

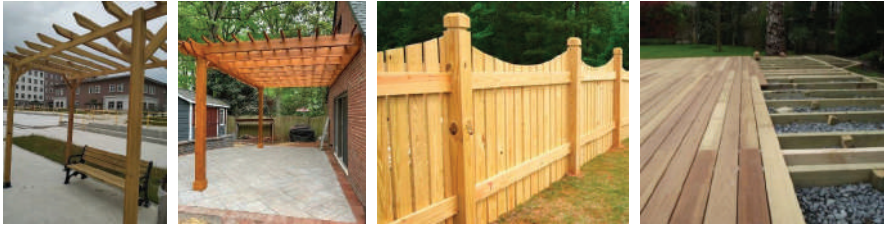
Çocuk Oyun Alanları: Ahşap, doğal ve güvenli bir malzeme olması nedeniyle çocuk oyun alanlarında sıklıkla kullanılmaktadır. Ahşap salıncaklar, tırmanma elemanları ve oyun kuleleri gibi ürünler hem görsel çekicilik hem de güvenlik açısından avantaj sağlar [20].

Çevre Dostu ve Sürdürülebilir Çözümler: Geri dönüştürülebilir yapısı ve düşük karbon ayak izi sayesinde ahşap, çevre dostu peyzaj projelerinin vazgeçilmez bir parçasıdır. Özellikle sürdürülebilir tasarımlarda tercih edilen bu malzeme, enerji tüketimini azaltarak doğaya katkıda bulunur [2].

3. Açık Alanlarındaki Ahşap Yapı ve Donatı Elemanları

Ahşap malzeme, peyzaj alanlarında farklı işlevsel, estetik ve yapısal ihtiyaçlara cevap verebilecek şekilde kullanılmaktadır. Doğal yapısı, çevre ile uyumu ve işlenebilirliği ahşabı donatı elemanlarının üretiminde tercih edilen bir malzeme olarak öne çıkarmaktadır. Ahşap malzemenin peyzaj alanlarındaki kullanım alanları üç ana başlık altında incelenmektedir.

Yapı Elemanları: Ahşap, açık alanlardaki yapısal elemanların inşasında sıklıkla tercih edilen bir malzemedir. Pergola, gazebo, çit ve zemin döşemesi, ahşabın işlenebilirliği, doğa ile uyumlu estetiği sayesinde daha çok tercih edilmesini sağlar (Şekil 20.1). Ahşap, kesme, şekillendirme ve montaj işlemleri açısından oldukça esnek bir malzeme olup, bu özellikleri sayesinde mimari tasarımlarda geniş bir uygulama yelpazesine olanak tanır [21]. Özellikle pergola ve gazebo gibi açık alan yapılarında, ahşabın hafifliği ve işlenebilirliği, tasarımcıların yaratıcılığını artırmakta ve projelerin daha hızlı bir şekilde hayata geçirilmesini sağlamaktadır [22]. Doğal dokusu ve sıcak renk tonları ile açık alanlarda estetik bir görünüm sunmaktadır. Ahşap yapılar, çevresel estetiği destekleyerek, doğal peyzajlarla bütünleşir [23]. Pergola ve çitler gibi yapılar, ahşabın estetik özellikleri sayesinde hem işlevsel hem de görsel açıdan peyzaj tasarımlarının daha estetik hale getirir [24] (Şekil 20.1).



Şekil 20.1. Açık alanlarda kullanılan ahşap yapı elemanı örnekleri [25, 26, 27, 28]

Ahşap malzemelerin dayanıklılığı, çeşitli koruma yöntemleri ile artırılabilir. Emprenye, kurutma ve ısıtma işlemi gibi teknikler, ahşabın çevresel etkilere karşı direncini artırarak, uzun ömürlü

yapılar oluşturulmasına olanak tanır [29]. Özellikle açık alanlarda maruz kalınan hava koşulları, ahşap yapılar için önemli bir dayanıklılık faktörüdür. Bu nedenle, ahşap elemanların uygun şekilde korunması, yapının uzun ömürlü olmasını sağlar [30]. Çeşitli yapı elemanları ile kombinlenerek estetik ve işlevsel tasarımlar oluşturulmasına olanak tanır [31]. Ahşap çitler, beton temellerle birleştirildiğinde hem dayanıklılık hem de estetik açıdan zengin bir görünüm elde edilebilir [32]. Ahşap yapılar, doğal kaynakların korunmasına katkı sağlarken, aynı zamanda çevresel etkileri de azaltır [33]. Ahşap malzemelerin kullanımı, sürdürülebilir inşaat uygulamalarının bir parçası olarak değerlendirilmektedir [24].

Donatı Elemanları: Parklar ve rekreasyon alanlarında kullanılan banklar, çöp kutuları, aydınlatma direkleri ve çocuk oyun alanı ekipmanları gibi donatı elemanları, ahşabın dayanıklılığı ve doğal görünümü nedeniyle yaygın olarak ahşaptan üretilir (Şekil 20.2). Donatı elemanları, gerek kentsel gerekse yapısal bağlamda farklı işlevsel ve estetik roller üstlenmektedir. Bu elemanların yerleşim düzeni ve ergonomik planlaması, mekân tasarımında temel unsurlardan biridir [38]. Kırsal alanlarda donatı elemanları işlevselliği ön planda tutan, minimalist ve kırsal karakterini yansıtan unsurlar olarak öne çıkmaktadır [39].



Şekil 20.2. Açık alanlarda kullanının ahşap donatı elemanı örnekleri [34, 35, 36, 37]

Daha minimal mekanlarda akıllı ve işlevsel donatı elemanları, tasarruflu ve pratik bir yaşam alanı oluşturulmasını sağlamakta, bu da mekânsal etkinlik ve ekonomik avantajlar sunmaktadır [40]. Kentsel alanlarda, donatı elemanlarının tasarımı ve işlevselliği, kullanıcıların bireysel ve toplumsal yaşamını kolaylaştırırken, aynı zamanda estetik değerler kazandırmaktadır. Bu elemanlar, kentin kimliğini ve kentsel yaşam kalitesini artırıcı peyzaj öğeleri olarak önemli bir rol oynamaktadır [41, 42]. Kentsel bir mekan olan kampüs alanlarında tasarlanan donatı elemanlarının çağdaş, çok işlevli, estetik ve sürdürülebilir özelliklere sahip olması gerekmektedir. Bu elemanların, tüm kullanıcıların ihtiyaçlarını karşılayacak nitelikte tasarlanmasına dikkat edilmelidir [43]. Donatı elemanlarının tasarım sürecinde ergonomik ve sürdürülebilir kriterlerin dikkate alınması, sosyal hayatın kullanıcı odaklı bir şekilde desteklenmesi açısından kritik öneme sahiptir. Kentsel parklar ve diğer açık-yeşil alanlardaki donatı elemanlarının, fiziksel ve psikolojik faydalar sağlarken tüm kullanıcıların farklı ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde tasarlanması gerekmektedir [44]. Donatılar daha çok oturma ve dinlenme amaçlı kullanılıyor olsa bile, sosyal açıdan sohbet etme, kaynaşma noktalarını da oluşturmaktadır [45]. Tasarımın, doğal çevre ile uyum sağlayarak sürdürülebilirliği desteklemesi önemlidir [46].

Ahşabın diğer yapı malzemeleriyle birlikte kullanımı önemlidir. Betonarme yapılar açısından donatı elemanlarının tasarımında malzeme özelliklerinin ve çevresel koşulların dikkate alınması gerekmektedir [47, 48]. Betonarme yapıların farklı kullanım alanlarında, donatı malzemelerinin performansını olumsuz etkilemesi [49], ahşap malzeme ile kullanımlarında donatının uzun ömürlü olması açısından düşünülerek planlanması gerektiğini ortaya

çıkarmaktadır. Deprem sonrası kentsel açık-yeşil alanların planlanmasında, mekan kullanımı, donatı elemanları ve malzeme seçimi önemli bir planlama kriteridir ve bu tür alanların, kriz anlarında destekleyici nitelikte olması gerekliliği vurgulanmıştır [50]. Ahşap donatı elemanlarının planlanırken kullanıcı ihtiyaçlarına göre tasarlanması ve tasarım sürecinde kullanıcı geri bildirimlerinin dikkate alınması gerekmektedir [51]. Kentsel donatı elemanları, buldukları alanı tanımlayan özellikleriyle, bireylerin ve toplumun kentsel yaşamını kolaylaştırmaktadır. Aynı zamanda, insanlar arasında iletişimi destekleyerek bulunduğu alanlara işlevsel ve estetik değerler kazandırmaktadır [41]. Bu elemanların kullanıcı ihtiyaçlarına uygun bir şekilde hizmet sunabilmesi için, kentsel açık alanların tasarımında ergonomi biliminin rehberliği büyük önem taşımaktadır. Donatı elemanları ile açık alanların ergonomik ölçütler doğrultusunda kullanıcılarla uyumlu bir şekilde tasarlanması gerekmektedir [52]. Böylece bu elemanlar, çevreyle bütünleşerek kentin kimliğini oluşturan önemli araçlar arasında yer almaktadır [42].

Kentsel açık-yeşil alan sistemleri mekânsal bağlantı açısından değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. İnsanların çevreyle en fazla temas edebileceği bitki örtüsü ve yapısal olmayan alanlara erişimi sağlayan bu sistemler, hem bireysel hareketi hem de çevresel farkındalığı teşvik etmektedir [53]. Kentsel donatı elemanlarının ve açık alan sistemlerinin tasarımında ergonomi, estetik, işlevsellik ve kullanıcı beklentilerini karşılayacak bütünsel bir yaklaşım benimsenmesi, yalnızca bireysel ve toplumsal yaşamı kolaylaştırmakla kalmayacak, aynı zamanda kentlerin kimliğini güçlendiren bir çevresel değer yaratılmasına imkan tanıyacaktır.

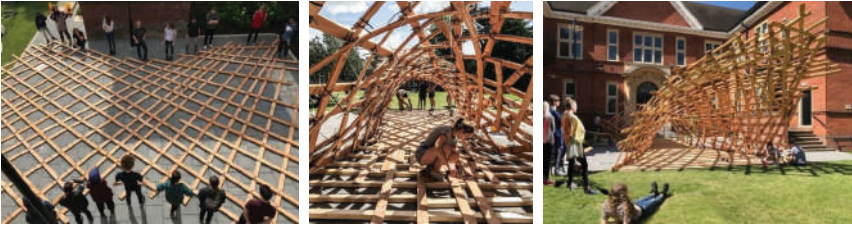
Bilgilendirme ve Reklam Panoları: Ahşap, açık alanlarda işaret levhaları, bilgi panoları ve reklam tabelaları gibi bilgilendirme amaçlı elemanların yapımında kullanılır. Doğal görünümü sayesinde çevresiyle bütünleşen bu panolar, ahşabın işlenebilirliği sayesinde farklı tasarım stillerine uyulanabilir. Bilgilendirme panoları, kentsel alanlarda kullanıcıların yönlendirilmesi, bilgilendirilmesi ve iletişim kurulması amacıyla kullanılan temel donatı elemanlarıdır. Bu panolar, kullanıcıların ihtiyaç duydukları bilgilere ulaşmalarını sağlayarak, çevreyle etkileşimlerini kolaylaştırmaktadır. Özellikle müze, arkeolojik alanlar ve toplu taşıma sistemlerinde, bilgilendirme panolarının rolü büyük önem taşımaktadır (Şekil 20.3). Bir müze veya arkeolojik alan içerisindeki bilgilendirme panoları, ziyaretçilerin mekânda daha bilinçli bir şekilde hareket etmelerini sağlamakla kalmaz, aynı zamanda ziyaret deneyimlerini zenginleştirerek, onların mekânı daha iyi anlamalarına yardımcı olur [54]. Ayrıca, otobüs duraklarındaki bilgilendirme panoları, yolcuların ulaşım seçenekleri ve varış zamanları hakkında bilgi edinmelerine olanak tanır ve bu da toplu taşıma sistemlerinin verimliliği ve kullanıcı memnuniyeti açısından kritik bir işlevi yerine getirmektedir [55].



Şekil 20.3. Açık alanlarda kullanılan ahşap bilgilendirme ve reklam pano örnekleri [56, 57, 58]

Reklam panoları, genellikle estetik ve fonksiyonel açıdan dikkatlice planlanmış öğeler olup, görsel çekicilik ve mesajın etkinliği açısından önem taşımaktadır. Ancak, bu panoların aşırı kullanımı ve uygun olmayan şekilde yerleştirilmesi, kentsel alanlarda görsel kirliliğe neden olabilmektedir. Bu durum, kentsel peyzajın doğal dokusunu bozarak, şehirlerin estetik değerlerine zarar verebilecektir. Özellikle estetik açıdan, reklam panolarının tasarımı ve yerleştirilme biçimi, kentsel görsellik ve çevre kalitesi üzerinde belirleyici bir etki yapabilmektedir [59]. Bu açıdan ahşap yapı malzemeleri ile tasarlanan işaret ve reklam panolarında kent dokusuyla uyum ve kent estetiği düşünülmalıdır.

Geçici ve Kalıcı Strüktürler: Ahşap hem geçici hem de kalıcı yapılar için ideal bir malzemedir. Geçici strüktürlerde hafifliği ve montaj kolaylığı ön plana çıkarken, kalıcı yapılar için ise dayanıklılığı artırmak adına empenye gibi işlemler uygulanır. Geçici ve kalıcı yapılar, inşaat alanında farklı işlevlere hizmet eden iki temel yapı türüdür. Bu yapılar, kullanım süreleri, dayanıklılıkları ve inşa süreçlerindeki özelliklerine göre sınıflandırılır. Geçici yapılar, kısa süreli kullanım için tasarlanmış, genellikle daha az dayanıklı ve esnek yapılardır. Bu yapılar, acil durumlarda, geçici etkinliklerde veya zaman içinde dönüşebilir amaçlarla kullanılır [60]. Özellikle afet durumlarında, geçici yapılar, barınma sorunu olan bireyler için acil barınma sağlar ve bu, onları hayati bir rol üstlenmeye teşkil eder [61]. Bu tür yapılar, hızlı montaj ve sökülebilmeleri açısından inşa edilir ve genellikle sürdürülebilir malzemeler, modüler bileşenler gibi yenilikçi tasarımlar için kullanılırlar (Şekil 20.4).



Şekil 20.4. Açık alanlarda kullanımın ahşap geçici ve kalıcı strüktürler örnekleri [62]

Geçici yapılar, çevre dostu ve geri dönüştürülebilir malzemelerle yapılabilmekte olup, bu özellikleriyle doğal kaynakların korunmasına katkı sağlar [63]. Bu yapıların kolay dönüştürülebilir olmaları, sergiler, festivaller veya acil durum barınakları gibi kısa süreli kullanım gerektiren alanlarda daha çok tercih edilmesini arttırır [64]. Bununla birlikte, kalıcı yapılar, uzun süreli kullanım amacıyla tasarlanmış, yüksek dayanıklılığa sahip yapılar olup çevresel faktörlere dayanabilecek şekilde inşa edilir. Bu yapılar, toplumların uzun süreli ihtiyaçlarını karşılamak için gerekli olup genellikle hastaneler, okullar, köprüler gibi kritik altyapı projelerini kapsar. Kalıcı yapılar, dayanıklılık ve güvenlik sağlamanın yanı sıra, yapısal bütünlükleri ve estetik tasarımlarıyla uzun süreli istikrar sunar [65]. Geçici ve kalıcı yapılar, genellikle birbirleriyle entegre bir şekilde çalışır. Özellikle afet sonrası iyileşme süreçlerinde, geçici yapılar kalıcı yapıların inşası sırasında gerekli olan destekleri sağlar. Bununla birlikte, kalıcı yapılar, zamanla büyüyor ve yerleşim yerlerini barındıran yapılar olarak, uzun vadeli işlevsellik ve güvenlik sağlar [61].

Geçici yapılar, acil ihtiyaçlar için esnek çözümler sunarken, kalıcı yapılar uzun vadeli işlevsellik ve güvenlik sunar. Esneklikleri sayesinde hızla monte edilebilir ve farklı koşullara uyarlanabilirler [65]. Geçici ve kalıcı yapılar arasındaki farklar, her iki yapının kullanım

amacına ve inşa sürecine olan farklı yaklaşımlarını gözler önüne serer. Geçici yapılar, maliyet etkin, hızlı çözümler sunarken, kalıcı yapılar uzun vadeli istikrarı ve güvenliği temsil eder. Bu iki yapı türü, inşaat alanında farklı ihtiyaçları karşılamak için kritik öneme sahiptir ve birbirleriyle uyumlu bir şekilde çalışabilirler. Bu bağlamda, her iki yapı türünün de uygun malzeme seçimi ve tasarım anlayışı, kullanım amacına ve çevresel koşullara göre belirlenmelidir. Geçici yapılar, daha hafif, modüler ve sürdürülebilir malzemelerle inşa edilirken, kalıcı yapılar sağlamlık ve dayanıklılık açısından genellikle daha ağır ve uzun ömürlü malzemelerle inşa edilir. Her iki tür de inşaat sürecinde önemli olup, birbiriyle entegrasyonları, işlevsel ve yapısal uyumluluğu sağlamak için dikkatli bir şekilde planlama yapılmalıdır.

4. Açık Alanlarda Kullanılan Ahşap Türleri

Açık alanlarda kullanılan başlıca ahşap donatılar; masa, sandalye, bank, oturma ünitesi, dolap, pencere ve kapı gibi mobilya ve yapı elemanları olarak sıralanabilmektedir. Açık alan fitness aletleri de ahşap malzemeden üretilebilmekte olup, dayanıklılık açısından ahşabın bu alandaki kullanımını sınırlı olmaktadır [66]. Ahşap donatılar, doğa ile iç içe olan alanlarda, özellikle açık alan rekreasyonu ve hobi bahçelerinde yaygın olarak tercih edilmektedir [51]. Ahşabın doğal görünümü ve sıcak dokusu, açık alanlarda tercih edilmesinin başlıca nedenleri arasında yer almaktadır [67]. Ahşap donatılar kullanılırken, malzemenin fiziksel ve mekanik özellikleri, dayanıklılığı, işlenebilirliği ve sürdürülebilirliği gibi önemli kriterler göz önünde bulundurulmalıdır [68;69]. Ayrıca, ahşabın antimikrobiyal ve hidrofilik özellikleri de kullanım alanına bağlı olarak önemli bir rol oynamaktadır [70]. Alanlarda ahşap donatılar tasarlanırken, kullanıcıların algısal değerlendirmeleri de dikkate alınmalıdır [67].

Farklı ahşap türlerinin biyolojik dayanıklılık, fiziksel özellikler ve mikrobiyal direnci üzerinde belirleyici etkileri bulunmaktadır. Sert ağaçlar, genellikle yumuşak ağaçlara kıyasla daha yüksek yoğunluk ve daha az gözeneklilik gibi avantajlar sunar. Bu özellikler, yapıştırıcı sistemlerin ahşap yüzeyine nüfuzunu etkileyebilir [71]. Yerli (şarıçam, karaçam, meşe, kestane, gürgen, kayın) ve egzotik (teak (tik), iroko, sapelli, bambu) bitki türleri ahşap yapı ve donatı elemanlarının yapımında kullanılmaktadır. Çam, meşe ve karaçam ahşapları, mikrobiyal direnci ve dayanıklılığı nedeniyle dış mekan kullanımı için önerilmektedir [72; 73]. Kayın ahşapları ise ek koruyucu işlemler gerektirmektedir [74; 75]. Kestane ve gürgen gibi ahşap türlerinin dış mekanda uygunlukları açısından daha fazla koruyucu işleme tabii tutulması gerekmektedir. Açık alan projelerinde ahşap türü seçiminde biyolojik dayanıklılık, kaplama uyumu ve estetik özellikler bir arada değerlendirilmelidir.

Meşe: Meşe (*Quercus petraea* ve *Quercus robur*) genellikle daha yüksek doğal dayanıklılığın gerekli olduğu köprü, pergola, balkon ve bahçe mobilyası yapımı gibi dış mekan uygulamaları için kullanılır. Meşenin hava koşullarına ve çürümeye karşı direncinin yanı sıra çekici görünümü, onu dış mekan kullanımı için uygun bir seçim haline getirmektedir [76]. Çam ve meşe ahşapları, higroskopik özellikleri ve ahşap ekstraktiflerinin etkileri sayesinde plastik malzemelere göre daha üstün hijyenik performans sergilemektedir [72]. Meşe ahşapları, ekstraktif maddelerinin biyolojik hasara karşı direnç sağlayan özellikleri ile dikkat çekmektedir. Ancak meşe, karmaşık morfolojik yapısı ve geniş damar yapıları nedeniyle uygulanan kaplamaların dayanıklılığında sorunlar yaratabilmektedir [73]. Meşe ağacının emprenye edilmesi, suyun ve mantarların ahşaba girmesini engeller. Bu işlem, ahşabın çürümeye, böcekler ve nem karşısında dayanıklılığını artırır. Meşe ağacı emprenye işlemiyle dış mekan koşullarında uzun ömürlü hale getirilir [77]. Isıl işlemin uygulanması, meşe ağacının dış mekanlarda daha dayanıklı hale gelmesini sağlamaktadır. Isıl işlem meşe ağacının su emme oranını azaltarak, çürümeye karşı direncini artırmaktadır [78].

Kayın: Kayın ağacı (*Fagus sylvatica*), sağlam ve estetik açıdan güzel görünümü ahşap türüdür. Dış mekan uygulamalarında kullanılabilir ancak doğal özellikleri göz önünde bulundurularak uygun işlemlerle dayanıklılığı artırılmalıdır. Açık beyaz-gri-sarı diri odunu ve kırmızı-kahverengi sahte öz odunu ile ayırt edilir [79;80]. Mobilya, inşaat, ahşap sanat eserleri ve alet yapımı gibi çok çeşitli alanlarda kullanılabilen bu ahşap türü, çok yönlü bir malzemedir [74]. Ancak, kayın ahşapları mantar ve böceklerle karşı hassastır, bu da dış mekan uygulamalarında ek koruma işlemleri gerektirir [75].

Karaçam: Karaçam (*Pinus nigra*), dış mekan uygulamalarında dayanıklılık ve performans açısından oldukça çekici bir malzemedir. Karaçamın özellikle açık hava koşullarına uygun olması nedeniyle çocuk oyun parklarında ve bahçe donatı elemanlarında yaygın olarak kullanımını arttırmaktadır [81]. Karaçam yüksek yoğunluğu nedeniyle sağlamdır [82]. Renk ve doku çeşitliliği dekoratif kullanım için idealdir [83]. Çürümeye ve UV ışınlarına karşı doğal haliyle dirençsizdir. Uygulamalarda koruyucu işlemler gerektirmektedir [84].

Sarıçam: Sarıçamın (*Pinus silvestris*) dış cephe kaplaması, çitler ve pergolalar gibi peyzaj mimaris elemanlarında yaygın kullanılmaktadır [85]. Sarıçam, doğal haliyle mantar, böcek ve çevresel etkilerden kaynaklanan bozulmalara karşı orta düzeyde dayanıklıdır. Ancak, dış mekanlarda uzun ömürlü olması için çeşitli koruyucu işlemler gereklidir. Açık hava koşullarında kullanımı üzerine yapılan çalışmada, ahşabın doğal dayanıklılığının artırılması için emprenye ve yüzey kaplama işlemlerinin etkili olduğu belirtilmiştir [86]. Sarıçam ısı işlemle stabilitesini ve dayanıklılığının artırmaktadır. Isıl işlem, ahşabın hem çürümeye hem de su emme özelliklerini azaltır ve yüzeyde daha koyu bir renk oluşumunu sağlar [87]. Kolay erişilebilir ve uygun maliyetlidir [88]. Kırmızımsı kahverengiye değişen tonu dekoratif bir etki sunar [86]. Hafif yapısı sayesinde montaj ve işlenmesi kolaydır [87]. Düzenli olarak koruyucu işlemler yapılmazsa ahşabın yapısındaki bozulma hızlanır [89].

Kestane: Kestane ağacı (*Castanea sativa*) dayanıklılığı, çürümeye karşı direnci ve çekici görünümü ile bilinmektedir [90, 91] Geleneksel olarak mobilya, tekne, yat ve gemi inşaatlarında [92;93] pürüzsüz ve dolgun gövdesi ile de dekoratif amaçlarla kullanılmaktadır [94]. Kestane ağacının dayanıklılığı ve çok yönlü bir malzeme olmasına rağmen maliyet ve deformasyon açısından iç mekanlarda daha çok tercih edilir.

Teak: Teak ağacı, (*Tectona grandis*) bilimsel adıyla bilinen ve mobilya yapımında çok önemli bir yere sahip olan değerli bir tropik ağaç türüdür. Teak ahşabı dayanıklılığı, gücü, zararlılara ve çevresel faktörlere karşı direnci ile bilinir ve bu da onu yüksek kaliteli mobilya ve dış mekan uygulamaları için tercih edilen bir seçenek haline getirmektedir [95, 96]. Dayanıklılığı, estetik çekiciliği ve çok yönlülüğü ile tropikal kereste pazarında önemli bir ahşap türüdür. Başarılı bir şekilde yetiştirilmesi ve yönetilmesi, ekonomik ve ekolojik faydalarının sürdürülmesi için gereklidir.

Iroko: Iroko ağacı (*Milicia excelsa*), dış mekan donatılarında sıklıkla kullanılan bir ağaç türüdür. Bu ağacın tercih edilmesinin başlıca nedenleri, dış etkenlere karşı gösterdiği dayanıklılık özellikleridir. Iroko ağacının mekanik özellikleri, onun dış mekan kullanımındaki tercih edilirliğinin temel nedenidir. Yapılan çalışmalar, iroko ağacının yüksek dayanım ve sertlik değerlerine sahip olduğunu göstermektedir [97, 98]. Ayrıca, iroko ağacının lif yönündeki çekme ve eğilme dayanımı da oldukça yüksektir [99]. Bu özellikler, iroko ağacından üretilen dış mekan donatılarının uzun ömürlü olmasını sağlamaktadır. Iroko ağacı, yağmur, güneş ışığı, rüzgar ve diğer çevresel faktörlere karşı oldukça dayanıklıdır [100, 101]. Ağacın doğal yağları ve ekstraktif bileşenleri, onu nem, UV ışınları ve diğer dış etkilere karşı korumaktadır. Bu özellikler, iroko ağacından üretilen dış mekan donatılarının uzun süre kullanılabilmesini sağlamaktadır.

Sapelli: Sapelli ağacı (Entandrophragma cylindricum), dış mekan donatılarında sıklıkla tercih edilen bir diğer ağaçtır. Hava koşullarına ve çürümeye karşı direncin önemli olduğu inşaat ve mobilyalarda sıklıkla kullanılan dayanıklı ve sağlam bir sert ağaç olarak kabul edilmektedir [102]. Sapelli ağacının özellikleri, onun dış mekan kullanımındaki tercih edilirliğinin temel nedenidir. Sapelli ağacından üretilen dış mekan donatılarının uzun ömürlü olması bu özelliklerine dayanır.

Bambu: Bambu ağacının (Bambusoideae), dış mekan inşaat ve güçlendirme elemanları için sürdürülebilir ve çevre dostu bir malzeme olarak kullanılabilirliği giderek artmaktadır. Bambunun yüksek mukavemet/ağırlık oranı, boyutsal kararlılığı ve hava koşullarına ve çürümeye karşı direnci, onu geleneksel inşaat malzemelerine uygun bir alternatif haline getirmektedir [103;104;105;106]. Dış mekan uygulamalarında bambunun dayanıklılığını ve performansını daha da artırmak için bambu scrimber gibi tasarlanmış bambu ürünleri geliştirilmiştir [107;108]. Bambunun dış mekan performansını artırmak için ısıtma işlemi, koruyucu maddelerle (örn. parafin, tung yağı) emprenye etme ve kompozit malzemelerin geliştirilmesi dahil olmak üzere çeşitli stratejileri geliştirilmiştir. Bu işlemler ve modifikasyonlar, bambunun çatlamaya, hava koşullarına ve biyolojik bozulmaya karşı direncini artırmaya yardımcı olarak dış mekan kullanımı için daha uygun hale getirebilmektedir [109, 110, 107, 108, 111].

5. Açık Alanlarda Ahşap Malzeme Kullanımının Avantaj Ve Dezavantajları

Ahşap malzemenin dış mekanlarda kullanımının önemi, doğal estetik özellikleri, çevresel uyumu ve sürdürülebilir bir malzeme olmasıyla ilişkilidir. Doğal rengi, kokusu ve desen özellikleriyle dış mekanlarda görsel açıdan çekici bir malzeme olarak öne çıkmaktadır. Özellikle kent parkları, çocuk oyun alanları, meydanlar gibi açık alanlarda kullanılan ahşap, doğal görünümün sağlanmasında kritik bir rol oynar [112, 113]. Ahşap, kendini yenileyebilen orman kaynaklarından elde edilen bir malzeme olarak çevre dostu bir seçenektir. Ayrıca, kullanım ömrünün uzatılabilmesi için emprenye, boya ve cila gibi işlemler uygulanarak çevresel etkisi minimize edilebilir [2, 114]. Metal malzemeler, zamanla korozyona uğrayarak estetik kayıplara yol açarken, plastik malzemeler güneş ışığına maruz kaldıklarında kırılma eğilimine girmektedir. Ahşap, uygun koruyucu işlemlerle uzun yıllar boyunca açık hava koşullarına dayanabilir [66]. Ayrıca, ahşap malzeme, sürdürülebilir yapı malzemeleri arasında yer almakta ve çevresel etkileri minimum düzeyde tutmaktadır. Sürdürülebilirlik açısından, ahşap malzemenin yaşam döngüsü boyunca enerji tüketimi düşük olup, işlenmesi ve bakımı sırasında çevreye zarar vermemektedir [24]. Bu bağlamda, ahşap malzeme, hem yapısal hem de estetik açıdan çeşitli alanlarda kullanılabilir. Eğitim yapılarında ahşap malzeme kullanımı, hem öğrencilerin öğrenme deneyimlerini olumlu yönde etkilemekte hem de yapının estetik değerini artırmaktadır [23]. Açık alanlarda ahşap malzeme kullanımı, aynı zamanda sosyal etkileşimleri ve toplumsal yaşamı da desteklemektedir. Kentsel açık alanlar, insanların bir araya gelerek sosyal etkileşimde bulunmalarını sağlamakta ve bu alanların estetik düzenlemeleri, kullanıcıların bu alanları tercih etme oranını artırmaktadır [53]. Ahşap yapılar, doğal bir estetik sunarak, kullanıcıların bu alanlarda daha fazla vakit geçirmelerini teşvik etmektedir. Parklar ve bahçelerde kullanılan ahşap pavyonlar, hem dinlenme alanı sağlamakta hem de sosyal etkinlikler için uygun mekanlar oluşturmaktadır [65].

SONUÇLAR

Uzun ömürlü ve sürdürülebilir projelerde malzeme seçimi ve koruma yöntemleri, proje başarısında kritik bir rol oynamaktadır. Açık alan düzenlemelerinde ahşap malzemenin kullanımı, çevresel sürdürülebilirlik, estetik değerlerin korunması ve sosyal etkileşimin teşvik

edilmesi açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Doğal ve estetik bir yapı malzemesi olan ahşap, açık alanların mekânsal kalitesini artırmakta ve kullanıcıların bu alanları daha etkin bir şekilde değerlendirmesine olanak sağlamaktadır. Bu bağlamda, açık alan tasarımlarında ahşap malzemenin tercih edilmesi, hem çevresel hem de sosyal sürdürülebilirlik açısından büyük bir öneme sahiptir. Ahşap, uygun türlerin seçilmesi ve doğru yüzey işlemlerinin uygulanması durumunda dış mekân koşullarına karşı yüksek dayanıklılık göstermekte ve çevre dostu bir alternatif olarak kullanımını teşvik etmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] Karadağ, A. A., Sevim Korkut, D., Korkut, S., Köylü, G. P., & Akıncı Kesim, G. (2017). Use of wooden materials in the landscape applications in Turkey. *Inönü University Journal of Art and Design*, 7(15), 1-17.
- [2] Bozkurt, A. Y., & Erdin, N. (1997). Ağaç Teknolojisi Ders Kitabı. İ.Ü. Yayın No: 3998, Orman Fakültesi Yayın No: 445, İstanbul, Türkiye.
- [3] Uzun, G. (1996). Peyzaj Konstrüksiyonunda Yapı Materyalleri. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Adana, Türkiye.
- [4] Bozkurt, A. Y., & Göker, Y. (1988). Tabakalı Ağaç Malzeme Teknolojisi. İ.Ü. Yayın No: 3401, Orman Fakültesi Yayın No: 378, İstanbul, Türkiye.
- [5] Rivers-Moore, J., Andrieu, É., Vialatte, A., & Ouin, A. (2020). Wooded semi-natural habitats complement permanent grasslands in supporting wild bee diversity in agricultural landscapes. *Insects*, 11(11), 812.
- [6] Matheson, A., Thoms, M., Southwell, M., & Reid, M. (2017). Does reintroducing large wood influence the hydraulic landscape of a lowland river at multiple discharges?. *Ecohydrology*, 10(6).
- [7] Hall, M., Nimmo, D. G., & Bennett, A. F. (2022). Birds and insects respond differently to combinations of semi-natural features in farm landscapes. *Journal of Applied Ecology*, 59(10), 2654-2665.
- [8] Roth, N., Doerfler, I., Bässler, C., Blaschke, M., Bußler, H., Goßner, M., Heideroth, A., Thorn, S., Wolfgang, W. W. & Müller, J. (2018). Decadal effects of landscape-wide enrichment of dead wood on saproxylic organisms in beech forests of different historic management intensity. *Diversity and Distributions*, 25(3), 430-441.
- [9] Garrido, P., Edenius, L., Mikusiński, G., Skarin, A., Jansson, A., & Thulin, C. (2020). Experimental rewilding may restore abandoned wood-pastures if policy allows. *Ambio*, 50(1), 101-112.
- [10] Krutasov, B. V., Ylesin, M. A., Mashin, N. A., & Dubrov, D. V. (2018). Hydrophobic modifiers for restoration of old wooden buildings in western siberia. *Key Engineering Materials*, 771, 43-48.
- [11] Yu, Z., Qin, B., Ma, Z., Gao, Y., Guan, Q., Yang, H. & Yu, S. (2020). Emerging bioinspired artificial woods. *Advanced Materials*, 33(28).
- [12] González-García, S. (2014). Life cycle assessment (lca) of wood-based building materials. *Eco-Efficient Construction and Building Materials*, 311-337.
- [13] Kutnik, M., Suttie, E., & Brischke, C. (2014). European standards on durability and performance of wood and wood-based products – trends and challenges. *Wood Material Science & Engineering*, 9(3), 122-133.
- [14] Mubarok, M., Millitz, H., Dumarçay, S., & Gérardin, P. (2020). Beech wood modification based on in situ esterification with sorbitol and citric acid. *Wood Science and Technology*, 54(3), 479-502.
- [15] Ramesh, M., Rajeshkumar, L., Sasikala, G., Balaji, D., Saravanakumar, A., Bhuvaneshwari, V. & Bhoopathi, R. (2022). A critical review on wood-based polymer composites: processing, properties, and prospects. *Polymers*, 14(3), 589.

- [16] Salman, S., Thevenon, M. F., Pétrissans, A., Dumarçay, S., Candelier, K., & Gérardin, P. (2017). Improvement of the durability of heat-treated wood against termites. *Maderas. Ciencia Y Tecnología*, (ahead).
- [17] Lee, C. L., Chin, K. L., Khoo, P. S., Hafizuddin, M. S., & H'ng, P. S. (2022). Production and potential application of pyroligneous acids from rubberwood and oil palm trunk as wood preservatives through vacuum-pressure impregnation treatment. *Polymers*, 14(18), 3863.
- [18] Salhi, N., Fidah, A., Rahouti, M., Ismaili, M. R., Kabouchi, B., & Famiri, A. (2020). Preservative effect of tetraclinis articulata and cedrus atlantica wood extractives against fungal decay. *Madera Y Bosques*, 26(3).
- [19] Rodrigues, A. M., Amusant, N., Beauchêne, J., Éparvier, V., Leménager, N., Baudassé, C., Espindola, L.S. & Stien, D. (2011). The termiticidal activity of sextonia rubra (mez) van der werff (lauraceae) extract and its active constituent rubrynolide. *Pest Management Science*, 67(11), 1420-3.
- [20] Şahin, H., & Ay, N. (2003). Bahçe mobilyaları için uygun ahşap malzeme. *Laminart, Mobilya&Dekorasyon&Sanat&Tasarım Dergisi*, 50-56.
- [21] Acehan, A. Ö., Mercimek, Ö., & Ghoroubi, R. (2021). Experimental investigation of the effects of mechanical anchor number and layout shape on bond stress-slip displacement behavior at timber joints. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 1-12.
- [22] Biçer, Ö. P. ve Şahin, N. (2020). Geleneksel ahşap yapım sistemlerinin uygulamalar üzerinden incelenmesi. *Kocaeli Üniversitesi Mimarlık ve Yaşam Dergisi*, 5 (2), 577-602.
- [23] Şensoy, S. A. and Yetim, E. (2023). Use of wood material in education buildings. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 19(1), 207-238.
- [24] Kılınçarslan, Ş. and Türker, Y. Ş. (2020). Ahşap malzemelerin frp ile güçlendirilmesinin sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi. *Teknik Bilimler Dergisi*, 10(1), 23-30.
- [25] <https://www.vanahsap.com/pergole>
- [26] <https://shedtr.com/ahsap-pergola-3408/>
- [27] <https://www.yildizpark.net/ahsap-cit-02>
- [28] <https://www.parke-deck.com/?pnun=107&pt=BAH%C3%87E+DECK>
- [29] Usta, İ. (2021). Evaluation of pore filling in wood material with conditional probability in the context of dimensional stability. *Türkiye Mesleki ve Sosyal Bilimler Dergisi*, (7), 74-81.
- [30] Akyürek, M. E. ve Girgin, Z. C. (2023). Eğilme-etkin yapıların tasarımı ve uygun masif ahşap tipinin seçimi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 38(4), 2421-2434.
- [31] Çavuş, M. ve Arslan, M. (2023). Tarihi yapılarda üst örtülerin çelik malzeme ile tamamlanmasının yapısal açıdan incelenmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 11(3), 1563-1573.
- [32] Okuyucu, D. (2020). Tek katlı betonarme bir yapı üzerinde operasyonel modal analiz uygulaması. *DÜMF Mühendislik Dergisi*, 11(3), 1407-1419.
- [33] Gürsoy, Ö. K. ve Esener, E. (2019). Malzeme modellerinin sac metal sonlu elemanlar analizi tahmin performansına etkisinin değerlendirilmesi. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(1), 1-11.
- [34] <https://blockclubchicago.org/2022/07/08/a-new-playground-is-coming-to-west-ridges-indian-boundary-park-to-replace-iconic-but-crumbling-wooden-castle/>
- [35] <https://tr.pinterest.com/pin/68187381854566273/>
- [36] <https://tr.pinterest.com/pin/550987335680674546/>

- [37] <https://www.architonic.com/it/product/urbidermis-area-60-urban-pathway-lights/20228714>
- [38] Saka, A., & Kahraman, A. (2020). Trabzon-Akçaabat Orta Mahalle'de yer alan geleneksel Türk evlerine ait pencerelerin incelenmesi. Konya Sanat, 1.
- [39] Bayraktar, E. (2022). Traditional rural architectural houses in Sinop Ayancık Yenikonak (Otmanlı) Village. *Karadeniz Araştırmaları Enstitüsü Dergisi*, 14(55), 1-15.
- [40] Belentepe, E., & Kariptaş, F. (2019). Mikro konutların iç mekan tasarımlarının incelenmesi. Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 2(2), 1-10.
- [41] Yuca, F. (2022). Evaluation of urban furniture from the aspect of landscape architecture: Case of Sultanahmet Square. *Kent Akademisi*, 15(1), 1-15.
- [42] Kuter, N., & Kaya, L. G. (2019). Evaluation of urban furniture from the aspect of landscape architecture: Case of Çankırı. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 21(2), 401-412.
- [43] Konakoğlu, B. (2019). Disiplinlerarası atölye çalışması kapsamında sürdürülebilir donatı tasarım süreci. *Journal of International Social Research*, 12(66), 1-10.
- [44] Sağlık, A., Sağlık, E., & Kelkit, A. (2021). Investigation of Çanakkale Public Garden in terms of design principles for everyone. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 23(2), 935-509.
- [45] Özdemir Işık, B., Öztürk Nohut, D., & Lakot Alemdağ, E. (2016). Trabzon Meydan Düzenlemesinin Kullanıcı Talepleri Bakımından Değerlendirilmesi. *İnönü Üniversitesi Sanat Ve Tasarım Dergisi*, 6(14), 1-12.
- [46] Aksu, V. (2015). Korunan doğal rekreasyon alanlarında donatı elemanlarının tasarımları: Altındere Vadisi Millî Parkı örneği. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 15(2), 283-292.
- [47] Çelik, M. (2023). Farklı gerilme miktarlarının donatı çeliğinin korozyonuna etkisi. İnşaat ve Çevre Araştırmaları Sempozyumu, 1-10.
- [48] Yüksel, A. N., & Sakcalı, M. S. (2018). Performance evaluation of a building exposed to corrosion from ground floor. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi - B Teorik Bilimler*, 6(2), 489-580.
- [49] Kılıç, M. (2018). Numerical investigation of different opening corner rebar configurations in RC chimneys subjected to lateral loads. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 24(6), 1122-1130.
- [50] Taşcıoğlu, A. (2023). An examination of the possibilities of green space utilization after the earthquake in the Kilis urban protected area. *Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi*, 8(1), 1-15.
- [51] Yeler, S., Yüksel, A. N., & Var, M. (2022). Determining wooden equipment needs and creating a sample model in hobby gardens design: The case of Van Yüzüncü Yıl University. *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 4(1), 1-10.
- [52] Akin, Ö., & Demir, M. (2021). Karamürsel İlçesi (Kocaeli) Kıyı Bandı Rekreasyonel Alanlarında Kentsel Donatı Elemanlarının Ergonomi Kriterleri Yönünden Değerlendirilmesi. *Journal of Architectural Sciences and Applications*, 6(1), 268-287. <https://doi.org/10.30785/mbud.902860>
- [53] Tonyaloğlu, E. (2019). Peyzaj strüktür analizi ve potansiyel kentsel açık-yeşil alan güzergahları. *Çomü Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7(1), 99-107.
- [54] Keskin, Y., & Zeren, M. (2018). Arkeolojik alanlarda bir sunum yöntemi olarak "arkeoparklar". *Mimarlık Bilimleri Ve Uygulamaları Dergisi (Mbud)*, 3(2), 110-124. <https://doi.org/10.30785/mbud.439805>
- [55] Yıldırım, M., & Ergün, B. (2020). Ankara için alternatif bir otobüs durağı tasarım önerisi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C Tasarım Ve Teknoloji*, 8(2), 383-393. <https://doi.org/10.29109/gujsc.693523>
- [56] <https://www.etsy.com/listing/1512844785/signaletique-exterieur-en-bois-sur>
- [57] <https://tr.pinterest.com/nunlacquer/sign/>

- [58] <https://www.blackboxav.co.uk/project/oversized-utr-panel-llancaiach-fawr-manor/>
- [59] Toros, S. (2021). Visual pollution in Ankara: An analysis on advertising signboards. *Türkiye İletişim Araştırmaları Dergisi*, (38), 242-260. <https://doi.org/10.17829/turcom.934456>
- [60] Yılmaz, R. C., & Kocamaz, D. (2019). Yıkıcı Deprem Sonrasında Erken Rehabilitatif Müdahaleler İle Sakatlık Önenebilir: Kahramanmaraş-Pazarcık Depremi Sonrası Rehabilitasyon Çalışanlarına Mektup. *Turkish Journal of Family Medicine and Primary Care*, 17(1), 1-5.
- [61] Hariyanto, A. D. (2024). The construction of temporary and permanent housing after the Semeru eruption as a new strategy for post-disaster reconstruction. *ARTEKS: Jurnal Teknik Arsitektur*, 9(2), 217-230.
- [62] <https://www.invisiblestudio.org/tag/timber-gridshell/>
- [63] Souder, C. (2014). *Temporary structure design*. John Wiley & Sons. Published: Canada
- [64] Nappi, M. M. L., & Souza, J. C. (2017). Temporary shelters: An architectural look at user-environment relationships. *Arquitetura Revista*, 13(2), 112-120.
- [65] Kuzulugil, A. C., Aytatlı, B., & Yıldız, N. D. (2020). Açık-yeşil alanlarda bir mimari yapıt: pavilion yapılar. *İnönü Üniversitesi Sanat Ve Tasarım Dergisi*, 10(22), 22-43.
- [66] Hingorani, R., & Tanner, P. (2020). Risk-informed requirements for design and assessment of structures under temporary use. *Risk Analysis*, 40(1), 68-82.
- [67] Kayahan, K. (2016). Investigation of production possibilities of open area fitness equipment from wooden materials. *International Journal of Science Culture and Sport*, 4(17), 319-319.
- [68] Ergün, B., Yıldırım, K., & Hidayetoğlu, M. L. (2023). Açık ofislerin duvar ve donatı elemanlarında kullanılan renklerin kullanıcıların algısal değerlendirmeleri üzerindeki etkileri. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 38(4), 2465-2476. <https://doi.org/10.17341/gazimimfd.1113543>
- [69] Kayakıran, S., & Kışalı, E. (2019). Dünden bugüne tuftaklı tabakalı ahşap yapı elemanlarının incelenmesi ve yapılarda taşıyıcı olarak kullanılması üzerine öneriler. *Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi (MBUD)*, 4(0), 34-50. <https://doi.org/10.30785/mbud.450537>
- [70] Çalışkan, Ö., Meriç, E., & Yüncüler, M. (2019). Ahşap ve ahşap yapıların dünü, bugünü ve yarını. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(1), 109-118. <https://doi.org/10.35193/bseufbd.531012>
- [71] Zor, M., & Şen, F. (2023). Investigation of antimicrobial and surface properties of different wood coatings based on quarterized carboxymethyl cellulose. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 25(2), 247-254.
- [72] Puttmann, S., Burian, B., Müller, L., & Müller, M. (2023). Impact of different polyethylene glycol wood treatments on the adhesive properties of beech wood. *International Wood Products Journal*, 14(1), 34-41.
- [73] Hedge, A. (2015). Survival of *escherichia coli*, *pseudomona aeruginosa*, *staphylococcus aureus* on wood and plastic surfaces. *Journal of Microbial & Biochemical Technology*, 07(04).
- [74] Panek, M., Oberhofnerová, E., Zeidler, A., & Šedivka, P. (2017). Efficacy of hydrophobic coatings in protecting oak wood surfaces during accelerated weathering. *Coatings*, 7(10), 172.
- [75] Pang, S., Liang, Y., Tao, W., Liu, Y., Huan, S., & Qin, H. (2019). Effect of the strain rate and fiber direction on the dynamic mechanical properties of beech wood. *Forests*, 10(10), 881.
- [76] Dong, H., Hasanagić, R., Fathi, L., Bahmani, M., Kržišnik, D., Keržič, E. & Humar, M. (2023). Selected mechanical and physical properties of thermally modified wood after field exposure tests. *Forests*, 14(5), 1006.
- [77] Oberhofnerová, E., Šimůnková, K., Dvořák, O., Štěřbová, I., Hızıroğlu, S., Šedivka, P. & Pánek, M. (2019). Comparison of exterior coatings applied to oak wood as a function of natural and artificial weathering exposure. *Coatings*, 9(12), 864.

- [78] Çolak, A., & Korkut, S. (2011). Emprenye işlemleri ile meşe ağacının dış mekan dayanıklılığının artırılması. *Biyolojik Koruma Dergisi*, 8(3), 112-119.
- [79] Büyüktaş, İ., & Yıldız, S. (2017). Isıl işlemin meşe ağacının fiziksel ve mekanik özellikleri üzerindeki etkisi. *Orman Ürünleri Bilimi ve Teknolojisi Dergisi*, 13(2), 56-63.
- [80] Dzurenda, L. (2023). Natural variability of the color of beech wood in the color space cie $L^*a^*b^*$. *Forests*, 14(6), 1103.
- [81] Dudiak, M., Dzurenda, L., & Kučerová, V. (2022). Effect of sunlight on the change in color of unsteamed and steamed beech wood with water steam. *Polymers*, 14(9), 1697.
- [82] Aydın, İ., & Korkut, D. S. (2009). Karaçamın dış mekan donatılarında kullanım potansiyeli. *Peyzaj ve Çevre Dergisi*, 6(2), 55-63.
- [83] Kol, H. S., & Altun, T. (2012). Karaçamın emprenye işlemleriyle dayanıklılığının artırılması. *Ahşap Koruma Teknolojisi Dergisi*, 7(3), 112-121.
- [84] Yıldız, S., & Gündüz, G. (2004). Karaçamın mekanik özelliklerinin dış mekan uygulamaları açısından değerlendirilmesi. *Orman Ürünleri Araştırma Dergisi*, 9(2), 45-52.
- [85] Kartal, S. N., & Green, F. (2003). Doğal yağlarla işlenmiş karaçamın dayanıklılığı. *Biyolojik Ahşap Koruma Dergisi*, 12(4), 215-223.
- [86] Korkut, D. S., & Budakçı, M. (2010). Isıl işlem uygulanmış sarıçamın dış mekan peyzaj elemanlarında kullanım potansiyeli. *Peyzaj Mimarlığı Dergisi*, 5(1), 25-34.
- [87] Yıldız, U. C., & Yıldız, S. (2011). Sarıçamın doğal dayanıklılığını artırmak için emprenye işlemlerinin değerlendirilmesi. *Ahşap Koruma ve Teknoloji Dergisi*, 6(3), 89-96.
- [88] Korkut, S., & Aydın, İ. (2015). Sarıçamın ısı ile işleme modifikasyonu: Stabilite ve dayanıklılık üzerine etkiler. *Orman Ürünleri Araştırma Dergisi*, 9(2), 67-74.
- [89] Kol, H. S., & Sütçü, N. (2013). Sarıçam ahşabında emprenye işlemlerinin etkisi: Su bazlı ve solvent bazlı maddelerin karşılaştırılması. *Ahşap ve Çevre Dergisi*, 7(4), 98-110.
- [90] Güleç, T., & Aslan, A. (2020). Sarıçam ahşabının UV dayanımı: Yüzey koruma yöntemlerinin etkisi. *Yapı Bilimleri Araştırma Dergisi*, 12(1), 45-57.
- [91] Buonincontri, M. P., Saracino, A., & Pasquale, G. D. (2015). The transition of chestnut (*castanea sativa* miller) from timber to fruit tree: cultural and economic inferences in the italian peninsula. *The Holocene*, 25(7), 1111-1123.
- [92] Pelosi, C., Rubino, G., Capobianco, G., Lanteri, L., Agresti, G., Bonifazi, G., Serranti, S., Picchio, R., & Monaco, A. L. (2021). A multi-technique approach to evaluate the surface properties of heat-treated chestnut wood finished with a water-based coating. *Coatings*, 11(6), 706.
- [93] Keleş, S. Ö., Ünal, S., Akan, S., & Karadeniz, M. (2024). Chestnut blight (*cryphonectria parasitica* (murr.) barr) disease incidence and its effect on the morphological and anatomical features of *castanea sativa* trees. *Forest Pathology*, 54(1).
- [94] Uyanık, E. G., Kulaç, Ş., & Beyazyüz, F. (2022). Effect of grafting method and time on grafting success in anatolian chestnut (*castanea sativa* mill.). *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 10(10), 1972-1981.
- [95] Cantürk, U., Çobanoğlu, H., Beyazyüz, F., & Koç, İ. (2023). Investigation of leaf gas exchange parameters of several chestnut population seedlings at the end of the growing season. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 11(10), 1839-1846.
- [96] Yasodha, R., Vasudeva, R., Balakrishnan, S., Sakthi, A., Nicodemus, A., Nagarajan, B., Rajashekar, B., Bachpai, V. K. W., Pillai, C., & Dev, S. (2018). Draft genome of a high value tropical timber tree, teak (*tectona grandis* l. f.): insights into ssr diversity, phylogeny and conservation. *Dna Research*, 25(4), 409-419.

- [97] Santos, M. (2023). The effect of age on the evolution of the stem profile and heartwood proportion of teak clonal trees in the Brazilian Amazon. *Forests*, 14(10), 1962.
- [98] Corigliano, P., Crupi, V., Guglielmino, E., Maugeri, N., & Marinò, A. (2017). Experimental and theoretical analyses of iroko wood laminates. *Composites Part B: Engineering*, 112, 251-264.
- [99] Basboga, İ. H. (2023). Polypropylene-based composites reinforced with waste tropic wood flours: determination of accelerated weathering resistance, tribological, and thermal properties. *BioResources*, 18(4), 7251-7294.
- [100] Zikeli, F., Vinciguerra, V., D'Annibale, A., Capitani, D., Romagnoli, M., & Mugnozza, G. S. (2019). Preparation of lignin nanoparticles from wood waste for wood surface treatment. *Nanomaterials*, 9(2), 281.
- [101] Ouinsavi, C. and Sokpon, N. (2010). Morphological variation and ecological structure of iroko (*Milicia excelsawelw. c.c. berg*) populations across different biogeographical zones in Benin. *International Journal of Forestry Research*, 2010, 1-10.
- [102] Kačíková, D., Kubovský, I., Gaff, M., & Kačík, F. (2021). Changes of meranti, padak, and merbau wood lignin during the thermowood process. *Polymers*, 13(7), 993.
- [103] Ulay, İ. (2023). Investigation of color parameters in pine, limba, sapele, iroko, oak, and beech wood species exposed to outdoor conditions in Van city, Turkey. *BioResources*, 18(3), 5325-5333.
- [104] Escamilla, E. Z., Habert, G., & Peuportier, B. (2018). Industrial or traditional bamboo construction? Comparative life cycle assessment (LCA) of bamboo-based buildings. *Sustainability*, 10(9), 3096.
- [105] Nurdiah, M., Hery, F., & Arham, A. (2023). Bamboo gridshell: From the material to the structure. In *Proceedings of the International Conference on Innovative Structural Engineering* (pp. 85-93).
- [106] Xing, X., Li, H., & Zhang, W. (2018). Engineered bamboo's further application: An empirical study in China. *MATEC Web of Conferences*, 206, 02005.
- [107] Skuratov, I., Ivanova, A., & Krotova, N. (2021). Bamboo as a unique ecological building material of the XXI century: Bamboo description, bamboo physical and mechanical properties studies. *Materials Science Forum*, 1043, 149-154.
- [108] Qin, J., Liu, X., Wang, J., & Li, X. (2022). Durability evaluation of outdoor scrimbers fabricated from superheated steam-treated bamboo fibrous mats. *Polymers*, 15(1), 214.
- [109] Yuan, Y., Yang, X., Zhao, H., & Liu, X. (2020). Effects of one-step hot oil treatment on the physical, mechanical, and surface properties of bamboo scrimber. *Molecules*, 25(19), 4488.
- [110] Rao, J., Ren, H., & Zhang, Y. (2019). Combination of polyethylene glycol impregnation and paraffin heat treatment to protect round bamboo from cracking. *Royal Society Open Science*, 6(1), 190105.
- [111] Tang, Y., Li, Y., & Liu, J. (2019). Research on the physico-mechanical properties of Moso bamboo with thermal treatment in tung oil and its influencing factors. *Materials*, 12(4), 599.
- [112] Ren, X. (2024). Enhancing crack and mold resistance of bamboo by in situ construction of shape memory epoxy/poly(furfuryl alcohol) bioresin. *ACS Applied Polymer Materials*. Advance online publication.
- [113] Cristoforo, R. J. (1976). *Wood Projects for the Garden*. Ortho Books, Chevron Chemical Company, San Francisco, CA, USA.
- [114] Winterbottom, D. M. (2000). *Wood in the Landscape: A Practical Guide to Specification and Design*. John Wiley & Sons, NY.
- [115] Uzun, G. (1998). *Yapı Materyalleri*. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları.

YAZAR ÖZGEÇMİŞİ

Buket ÖZDEMİR IŞIK, Prof. Dr

Trabzon Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Rekreasyon Bölümü, Trabzon, Türkiye

ozdemirbuket@trabzon.edu.tr

Buket Özdemir Işık, Karadeniz Teknik Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü mezunudur. 2008 yılında yüksek lisansını, 2014 yılında doktorasını tamamlamıştır. Akademik kariyerine 2006 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi'nde araştırma görevlisi olarak başlamış, Avrasya Üniversitesi'nde doktor öğretim üyesi olarak devam etmiştir. 2020 yılında Trabzon Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi'nde doçent olarak göreve başlamıştır. 2024 yılında profesör ünvanını alarak Trabzon Üniversitesinde görevine devam etmektedir.

Sabiha KAYA, Arş. Gör.

Trabzon Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Rekreasyon Bölümü, Trabzon, TürkiyeE-mail adresi

sabihakaya@trabzon.edu.tr

Sabiha KAYA, Karadeniz Teknik Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliği Bölümü'nden 2015 yılında mezun olmuştur. 2020 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans programını tamamlamıştır. 2019 yılında Trabzon Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Rekreasyon Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak çalışmaya başlamış ve 2024 yılında Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı Doktora programından mezun olmuştur. Yazar, araştırma görevlisi doktor olarak çalışmalarını sürdürmektedir. Öncelikli çalışma alanları, doğa sporları ve açık alan rekreasyonudur.

21. Bölüm

AHŞAP YAPI VE YAPIM SİSTEMLERİ İLE İLGİLİ ARAŞTIRMA EĞİMLERİ

Özlem AYDIN

^a Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Trabzon, Türkiye, ORCID: 0000-0002-3666-3557

* ozlem.aydin@ktu.edu.tr

SUMMARY

Wood, a sustainable and ecological material, was an important construction material in the past. However, as more robust structures were built with the production of concrete and steel, wood lost this importance. With the development of material science and technology, wood was structurally strengthened and began to take its place among the construction materials of the 21st century. In this context, industrial wood gained importance in the construction sector.

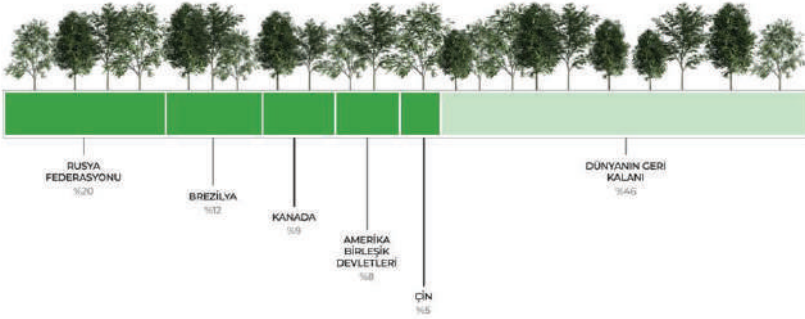
This study aimed to understand the place and importance of wooden construction and construction systems in the literature and to determine research trends and themes in this field. In the study, bibliometric evaluation and content analysis of scientific articles on wooden construction and wooden construction systems in the Web of Science (WoS) database between 2000-2024 in the fields of architecture, civil engineering, and building construction technology were conducted. R-based "bibliometrix" software was used for the analyses, and the "biblioshiny" extension was used to visualize the outputs. In the study, the current status of research on wooden construction/construction systems was analyzed, and the understanding of the knowledge network in this field and the emphasis on future research trends were made. The results of the bibliometric analysis revealed the importance of timber construction systems in sustainability and innovative construction technologies.

Keywords: Wood, wood structures, wood construction systems, bibliometric analysis.

Giriş

Ahşap, yenilenebilir tek yapı malzemesi olarak yüzyıllardır insanoğlunun barınma ihtiyacında başvurduğu temel yapı elemanı olmuştur. Ahşap, canlı bir yapının meydana getirdiği, lifli, homojen ve anizotropik yapıya sahip, organik esaslı bir malzemedir. Son yıllarda sürdürülebilir yapı malzemeleri içinde önemli bir yer tutmaya başlamıştır. Günümüz mimarisinde nostaljik bir malzemeden çok endüstriyel işlemlerle birlikte çağdaş bir malzeme özelliği kazanmıştır.

Bugün, en yaygın karasal ekosistem alanına sahip ormanlar, dünya çapındaki tüm kara alanlarının yaklaşık %30'unu oluşturmaktadır [1]. Küresel ormanların yarısından fazlası (%54) yalnızca Rusya, Çin, Brezilya, Kanada, Amerika'da bulunmaktadır (Şekil 21.1) [2]. Sürdürülebilir orman yönetimi sayesinde, tüketim artırılsa bile ormanlık alanların azalmasının önüne geçilebilir. Bu da hem ekolojik dengeyi korumak hem de çevresel sorunları önlemek için etkili bir yöntemdir. Bu bağlamda, global bir bilinç oluşturulması ve orman kaynaklarının dikkatli yönetimi teşvik edilmelidir [3]. Yüzyıllar boyunca ahşap en önemli yapı kaynağı olmuştur. On sekizinci yüzyılın sonuna kadar, tüm yapıların %80'inden fazlası ahşap yapılarıdır [4]. Ahşap yapı sistemlerinin geliştirilmesi ve yapılarda taşıyıcı olarak kullanılması ise 1900'lü yılların başıdır [5]. Ahşap, mimari için büyüleyici bir yapı malzemesidir. Zengin bir tarihi bünyesinde barındırır ve güçlü bir kültürel geçmişe sahiptir. Son yıllarda gelişen teknoloji, tasarım araçları ve üretim olanakları ile ahşap günümüz ekolojik malzemeleri arasında yer almaktadır. Hem yaşadığımız hızlı teknolojik gelişmeler hem de mimarinin karşı karşıya olduğu ciddi çevresel zorluklar ışığında, ahşap artık sahip olduğu geleneksel yapısından çok endüstriyel bir yapı malzemesi olarak kabul edilmektedir.



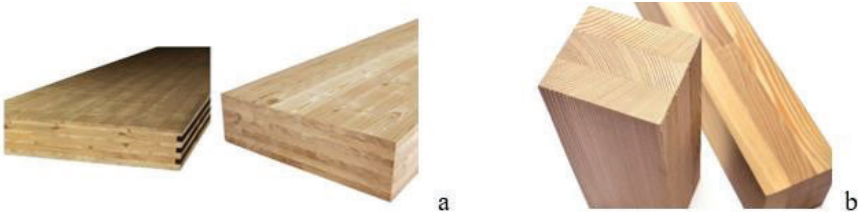
Şekil 21.1. En fazla ormanlık alan sahip ülkeler [2]

Ahşap, sürdürülebilir ve çevre dostu bir yapı malzemesi olarak hem geçmişte hem de günümüzde önemli bir yere sahiptir. Geçmişte kullanılmış olan ahşap yapı elemanları, çoğu zaman hiçbir koruyucu işlem görmemiş olmasına rağmen günümüzde dayanıklılığını koruyabilmektedir. Ahşap olumlu olan bu özellikleriyle, geleneksel mimarilerde temel bir yapı malzemesi olarak yerini almıştır (Şekil 21.2). Ancak, dayanıklılığını artırmak için doğru kullanım, uygun koruma yöntemleri ve tasarım kararları gereklidir. Bu özellikleri sayesinde ahşap, gelecekte de ekolojik mimarinin önemli bir unsuru olmaya devam edecektir. Ahşap yapıların ayakta kalabilmesi için doğru malzeme kullanımı, malzemeyi nem koşullarından korumak, yeterli kesit alanına sahip taşıyıcı malzeme kullanmak önemlidir [6]. Gelişen teknoloji ve malzeme bilimi ile ahşap bu bağlamda ahşap mimarisinde önemli yeniliklerle yeniden kendini göstermeye başlamıştır [7].



Şekil 21.2. Geleneksel ahşap konutlar [8,9,10]

Doğal ahşap malzemelerin strüktürel ve performans açısından sınırlı kullanım yöntemleri bulunmaktadır. Bu durum, daha dayanıklı ve yüksek performanslı ahşap esaslı malzemelerin geliştirilmesini teşvik etmiştir. Günümüzde kullanım alanı genişlemiş olan endüstriyel ahşap yapı malzemelerinden en çok kullanılanlar çapraz lamine ahşap ve tutkallı lamine ahşaptır. Çapraz lamine ahşap (Cross Laminated Timber-CLT), prefabrike üretilmiş ahşap bir paneldir. CLT, 1970-1980 yıllarında geliştirilmeye başlanmış ve 1998 yılında yapı alanında kullanılmaya başlanmıştır [11]. Tutkallı lamine ahşap (GLT), masif ahşap tabakalarının basınç altında çeşitli tutkallar kullanılarak yapıştırılmasıyla üretilir [12]. 1940'lardan sonra bu malzeme, yapılarda kullanılmaya başlarken, 1980'li yıllardan sonra gelişen malzeme teknolojisi ile tutkallı lamine ahşap malzemenin performansı artırılmış ve büyük açıklıklarda kullanılmaya başlanmıştır (Şekil 21.3). Ahşap endüstriyel malzemeler yapılarda taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan yapı elemanları olarak kullanılmaktadır.



Şekil 21.3. Yapısal ahşap malzeme (a. Çapraz lamine ahşap, b. Tutkallı lamine ahşap)

Avrupa'da yaygın olarak kullanılan lamine ahşap sistemler son yıllarda dünyada ilgi görmeye başlamıştır. Ahşap malzemenin dayanımı, görünümü, işlenebilirliği ve sürdürülebilirliği ahşap yapı sektörünü geliştirmektedir (Şekil 4). Ahşabın olağüstü ekolojik özelliğinden biri de ürünün işlenmesinde daha az enerji gerektirmesidir. Örneğin ahşap bir panel, çelikten üretimine göre 500 kat daha az enerji gerektirmektedir [13]. Bina yapım sistemleri içinde özellikle İsveç, Norveç, Finlandiya, Kanada ve ABD'nin kuzey eyaletleri ile Japonya, Yeni Zelanda ve Avustralya'da ahşap yapılar 21. yy'ın yapıları olarak ön plana çıkmaktadır [3]. Deprem riski altında bulunan Kanada'da konutların ve eğitim binalarının %90'ı, Japonya'da %42'si ve ABD'nin deprem kuşağında yer alan bölgelerinde ise konutların %92'si ahşap taşıyıcılı yapılarıdır [14, 17].



Şekil 21.4. Endüstriyel ahşap yapılar [16,17]

Ahşap yapı malzemesinin dünyada yaygın olarak kullanılmasına rağmen ülkemizde kullanımı diğer yapı sistemleri ile karşılaştırıldığında çok düşük düzeyde kalmıştır. Türkiye'de ahşap iskeletli yapım tekniği, 17. yüzyıldan itibaren uygulanmış ve 20. yüzyılın ilk çeyreğine kadar yaygınlığını sürdürmüştür. 1940'lı yıllardan sonra, yapı sektöründe çimento, taş ve çelik malzemelerin tercih edilmesiyle ahşap kullanımında belirgin bir düşüş yaşanmıştır. Günümüzde ahşap, kırsal alanlarda sınırlı bir şekilde kullanılmaya devam etmektedir [18]. Ahşap Anadolu'da %65-75 arasındaki bir oranla en çok kullanılan yapı malzemesi niteliğindedir [19]. Geleneksel Türk evleri, ahşap malzemenin yoğun kullanımıyla karakterize edilir. Ahşap, %65-75 oranında geleneksel yapı malzemesi olarak Türk Evi'nde hem taşıyıcı iskeleti hem de estetik süsleme detayları için kullanılmıştır [20]. Ahşabın Türk evine kazandırdığı bu özellikleri ile bu konut tipolojisini dünyaca tanınır kılarken birçok araştırmancının da konusu olmuştur [21] (Şekil 21.5).



Şekil 21.5. Geleneksel Türk evi [22, 23]

Gelişen teknoloji ve malzeme bilimi ile 2000 yılından sonra ahşap yapım sistemlerinin yapılarda çok çeşitli uygulamaları yapılmaktadır. Son yıllarda ahşap çerçeve sistemler, çaprazlı çerçeve ve CLT panellerden oluşan taşıyıcı elemanların kullanımı artmıştır. Çalışma bu bağlamda ahşap yapı ve yapım sistemlerinin uygulamalarının literatürdeki yeri ve önemini, yapılan çalışmaların hangi alanlarda yoğunlaştığını tespit etmek için yapılmıştır.

YÖNTEM

Yapılan bu çalışmada literatürde yer alan ahşap yapı ve yapım sistemleri ile ilgili bilimsel yayınların bilgi yapısını anlamak için bibliyometrik analiz yapılmıştır. Ülkelerin gelişmişlik düzeylerinin yanı sıra coğrafi konumları ile sürdürülebilirlik konularına gösterdikleri ilginin

araştırma problemi kapsamında önemli olduğu düşünülmektedir. Bu kapsamda yapılan bibliyometrik analizde ahşap malzemenin yapılarda kullanımını değerlendirmek için aşağıdaki sorular irdelenmiştir.

- Dünyada ahşap yapı ve yapım sistemleri ile ilgili bilimsel yayınların eğilimi nedir?
- Mevcut yayınlardan hangi bilgiler ortaya çıkıyor?
- İlgili literatürde hangi ülkeler en çok yayın ve etki değerine sahiptir?
- Ahşap yapı ve yapım sistemleri ile bağlantılı temalar nelerdir ve bu temaların zaman içinde nasıl gelişmiştir?

Bu soruları yanıtlamak için, ahşap yapı ve yapım sistemlerinin araştırmasında mevcut bilgi ağını anlamak ve bu alandaki araştırmanın gelecekteki yönünü vurgulamak için bibliyometrik yöntemleri kullanarak mevcut literatür gözden geçirilmiştir.

Çalışmada ahşap yapı ve yapım sistemleri temel değişken olarak belirlenmiş, bina ve yapım alanındaki en ilişkili kategorilerden inşaat mühendisliği, bina yapım teknolojisi ve mimarlık alanlarındaki bibliyografik bilgiler analiz edilmiştir. Analiz için 2000-2024 yılları arasında Web of Science (WoS) verileri alınmıştır. Örnek verileri analiz etmek için, "bibliometrix" adlı yakın zamanda geliştirilmiş bir R stüdyo programı ile çıktılarını görselleştirmek için "biblioshiny" uzantısı kullanılmıştır [24]. 1990 yılına kadar uzanan güçlü bir dergi ağına ve yüksek bir etki oranına sahip olan Web of Science [25], ilgili literatürün bu veri tabanından seçilmesinde de etkili olmuştur.

BULGULAR

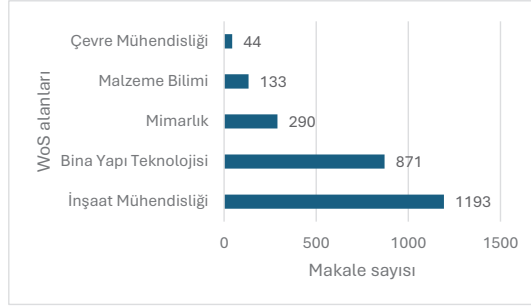
Mevcut çalışmada, 2000-2024 yılları arasında Web of Science veri tabanında ahşap yapılar/yapım sistemleri ile ilgili alanlarda yapılan literatürdeki 1519 makale analiz edilmiştir. Toplamda 3764 yazarın katkı verdiği çalışmalarda 4898 anahtar kelime ile ilgili bu alandaki konuların çerçevesi belirlenmiştir. 175 yazar yapılar/yapım sistemleri ile ilgili tek yazarlı çalışmalar ortaya koymuşlardır. Çalışmaların %19,62'si uluslararası çok yazarlı olup, yayın başına yazar işbirliği indeksi 3.38'dir. Makalelerin yıllık üretim oranı % 20,73 olup, makale başına ortalama atıf sayısı 11,18'dir (Şekil 21.6).



Şekil 21.6. Analiz genel bilgisi

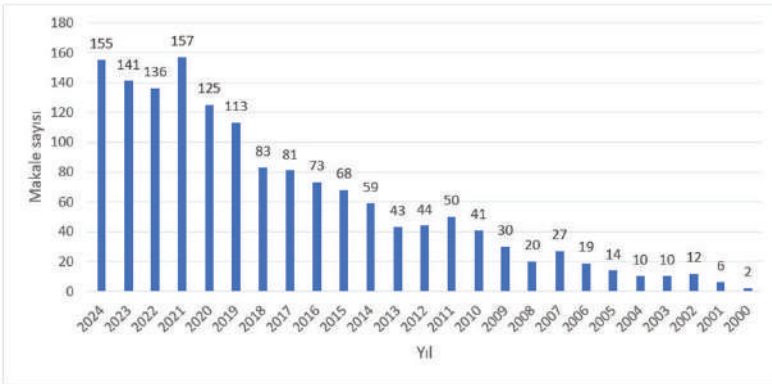
Ahşap yapı/yapım sistemleri ile ilgili WoS kategorisindeki ilk beş alanda yapılan yayınlarda, inşaat mühendisliği %78,5 ilk sırada, bina yapım teknolojisi % 57,3 ile ikinci sırada, mimarlık %19 ile üçüncü sırada yer almaktadır (Şekil 21.7). Bu çalışma alanlarındaki yayınların

yoğunluğunu, ahşabın yapı elemanı olarak inşaat ve mimarlık alanında geçmişten günümüze değer gören bir malzeme olması belirlemektedir.



Şekil 21.7. WoS kategorilerindeki makale sayıları

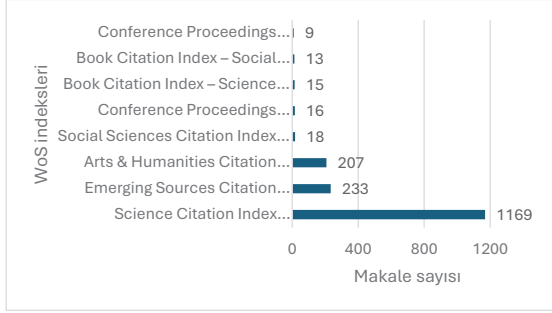
Yapılan çalışmada 2000-2024 yılları arasında ilgili literatür alanında ahşapı konu alan makale sayısında hafif dalgalanma görülsede her zaman bir artış eğiliminde olduğu görülmektedir (Şekil 21.8). Bu artış eğiliminde en önemli etken, sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda ülkelerin ulusal ahşap eylem planları ve endüstriyel ahşap ürünlerinin teşvik edilmesi olmuştur. Özellikle müstakil konutlarda ahşap kullanımını teşvik eden yasa ve yönetmeliklerin bazı ülkelerin (Kanada, Almanya, Birleşik Krallık, Japonya, İsviçre) politikaları arasında olması [26] ilgili literatür alanındaki yayınların üretiminde de etkili olmuştur.



Şekil 21.8. Yıllara göre makale sayıları

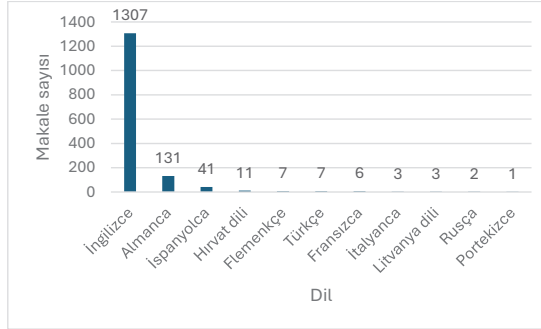
İlgili literatür incelendiğinde WoS indexleri arasında en çok Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED) alanında yapılan yayınlar %76,9 ile ilk sırada yer almaktadır. Bu yüksek oranın dışında kalan diğer indekslerden Emerging Sources Citation Index (ESCI) %15,3 oranı ile ikinci ve Arts & Humanities Citation Index (A&HCI) %13,6 oranı ile üçüncü sırada yer

almaktadır (Şekil 21.9). Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED) alanında yapılan çalışmalar çoğunlukla mühendislik konularını kapsayan çalışmalardır. Bu bağlamda ilgili literatürün özellikle WoS alanları ile ilişkilendirildiğinde yapılan çalışmalarını desteklediği görülmektedir.



Şekil 21.9. WoS indekslerinde yayınlanan makale sayısı

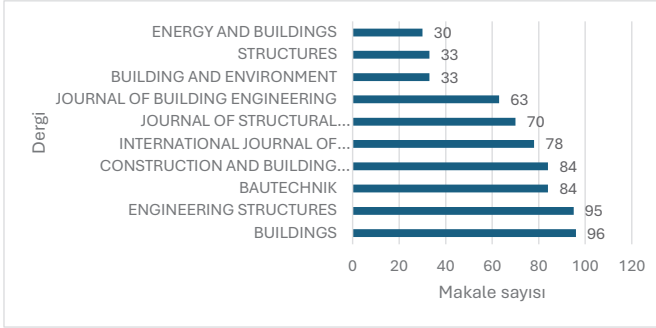
İlgili literatürdeki çalışmaların yazım dilinin %86,4 ile İngilizce olduğu tespit edilmiştir. İkinci sırada %8,6 ile Almanca, üçüncü sırada %2,6 ile İspanyolca yazım dili yer almaktadır. Türkçe dilinde yapılan yayınların oranı ise %0,4'tür (Şekil 21.10). Genel olarak İngilizce ortak literatür dili olarak en çok tercih edilen dil olmuştur. Konu ile ilgili çalışmaların yayınlandığı WoS kapsamındaki dergilerin yazı dilinin öncelikli olarak İngilizce olması da bu tablonun ortaya çıkmasında etkili olmuştur.



Şekil 21.10. Makalelerin yazım dili

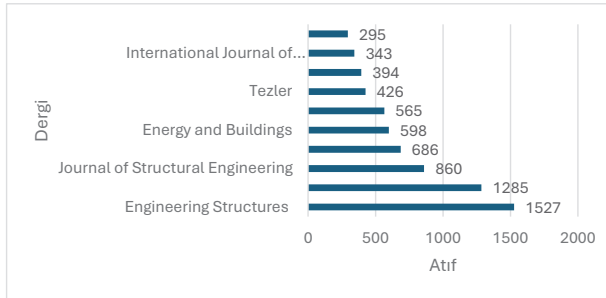
Ahşap yapı/yapım sistemleri ile ilgili alanda analizi yapılan çalışmaların yayınlandığı dergilerin toplam sayısı 207'dir. Buna göre yapılan analiz döneminde toplam yayınların %43,8'i (1519 makaleden 666'sı) ilk on dergide yayınlanmıştır. Bu dergi listesi içinde en ilişkili ilk on dergiden Buildings %6,3 yayın oranı ilk sırada yer almaktadır. Dergi özellikle, inşaat malzemeleri ve teknoloji alanında araştırma geliştirme çalışmalarına destek vermektedir. Bu kapsamda konu ile ilgili yayınlar derginin amacına ve içeriğine uygun, nitelikli yayınlar olarak değerlendirilmektedir. Engineering Structures %6 ile ikinci sırada, Bautechnik dergisi

%5,5 yayın oranı ile üçüncü sırada yer almaktadır (Şekil 21.11). Engineering Structures, yapısal mühendislik ve mekanik alanında yapılan bilimsel ve teknik makaleleri yayınlayan uluslararası bir dergi olup, tüm mühendislik ve yapısal malzeme sınıflarını yapılarda ve yapı bileşenlerine entegre eden çalışmalar ile performans değerlendirmelerini hedef alan araştırma makaleleri yayınlamaktadır. Bautechnik dergisi de inşaat ve yapı mühendisliği alanında ahşap yapıları konu alan çalışmaların yayınlamaktadır. İlgili literatür alanında makalelerin özellikle yapısal mühendislik ve inşaat mühendisliği alanında faaliyet gösteren dergilerde yayımlandığı görülmektedir.



Şekil 21.11. İlgili literatüre en çok katkı veren dergiler

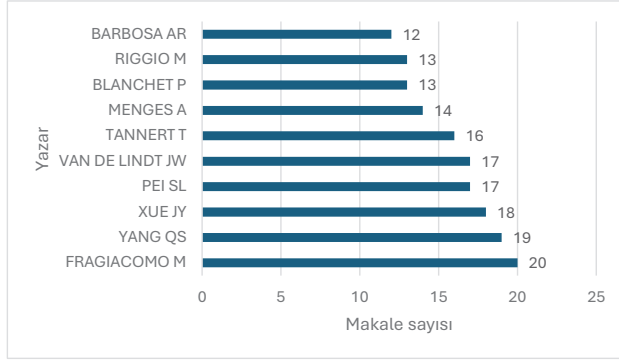
Şekil 21.12'de gösterildiği gibi çoğu yerel atıflı kaynağa dayalı dergi, yayın kalitesi göz önüne alındığında Engineering Structures (1527), Construction and Building Materials (1285) ve Journal of Structural Engineering (860) en etkili üç kaynaktır. Bu dergiler ahşap yapı/yapım sistemleri ile ilgili yayın kabul eden temel dergilerdir. Bu durum, temel dergiler arasında güçlü atıf ilişkilerinin sürdürüldüğünü göstermektedir. Bu bağlamda ilgili literatürün en çok yer aldığı WoS araştırma alanlarına göre; inşaat mühendisliği, bina yapım teknolojisi ve mimarlık alanlarında yapılan çalışmalar bu ilk üç derginin kapsamı ile örtüşmektedir. Bu alanlardaki çalışmalarda makalelerin özellikle birbirlerine atıfta bulunmaları dergilerin görünürlüğünü artırmaktadır.



Şekil 21.12. En çok yerel atıf alan kaynaklar

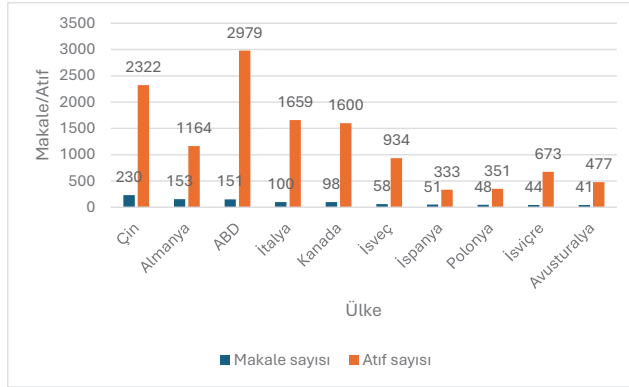
Toplamda 3764 yazarın katkı verdiği alanda en üretken 10 yazar ve ekibinin toplam makale sayısı 159'dur. Bu da seçilen toplam araştırmaların %10,5'ini oluşturmaktadır. Şekil 21.13'te,

Yang QS., toplam 20 yayın ile en fazla bağlantıya sahip yazardır. Ortak çalışmalar içinde 19 yayına sahip Yang QS., ikinci ve 18 yayına sahip Xue JY., üçüncü en çok yayın yapan yazarlardır.



Şekil 21.13. En çok yayın yapan yazarlar

Ahşap yapı/yapım sistemleri ile ilgili yayın yapan ülkelerin analizi yapıldığında ilk on ülke sıralamasında Çin 230 makale ile toplam yayınların %15'ini oluşturmaktadır. Sıralamada Almanya %10 oranla ikinci, ABD %9,9 oranla üçüncü sırada yer almaktadır. ABD makale sıralamasında üçüncü sırada yer alırken atıf sıralamasında en çok atıf alan ülkedir. Bununla birlikte İtalya ve Kanada'nın yayın sayısı Çin ve ABD'ye oranla daha düşük olsa da atıf oranı yüksektir. Bu durum, ülkelerin yayınlarının nitelikli olduğunu ve küresel çapta ilgili literatürde değer gördüğü sonucu ortaya çıkarmaktadır (Şekil 21.14).



Şekil 21.14. Ülkelerin yayın/atıf oranları

Küresel ölçekte en çok atıf alan ilk on makale ve yazarların analizi Tablo 21.1'de yer almaktadır. İlgili literatürde toplam atıfı en fazla olan yazar Ceccotti A, Earthquake

Engineering & Structural Dynamics dergisinde 2013 yılında yayınlanan "3D shaking table test on a seven-storey full-scale cross-laminated timber building" başlıklı makalesi toplamda 280 atıf almıştır. Ellingwood BR., (2004) "Wind Load Statistics for Probability-Based Structural Design" makalesi 260 atıf ile ikinci, Nouri Y.'nin (2010) "Experimental Investigation of Tsunami Impact on Free Standing Structures" makalesi 171 toplam atıf ile üçüncü sırada yer almıştır.

Makalelerin yıllık atıf oranları arasında Ceccotti A.'nin makalesi 23,33 oranla ilk sırada yer alırken, Hildebrandt J.'nin, Sustainable Cities and Society dergisinde 2017 yılında yayınlanan "The contribution of wood-based construction materials for leveraging a low carbon building sector in europe" başlıklı çalışması ile 12,38 atıf oranı ile ikinci sıradadır. Bu makaleler içinde ahşap yapı/yapım sistemlerinin dayanımına yönelik yapılan çalışmalar ile ahşap yapıların kullanımının değerlendirilmesi çalışma alanları arasında en önemlileridir. Bununla birlikte ahşap malzemenin diğer malzemelerle kompozit kullanımı, deprem davranışı, ekolojik özelliklerini değerlendiren çalışmalarda konu kapsamında ele alınmıştır.

Tablo 21.1. Küresel ölçekte en çok atıf alan ilk on makale

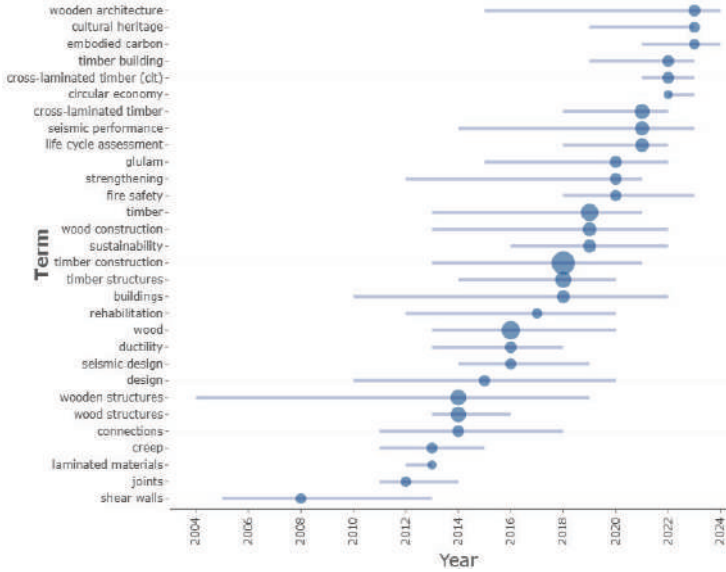
Makale Bilgisi	DOI	Toplam Atıf	Yıllık Atıf Oranı	Toplam Atıf oranı
CECCOTTI A., 2013, EARTHQ ENG STRUCT D	10.1002/eqe.2309	280	23,33	10,97
ELLINGWOOD BR, 2004, J STRUCT ENG-ASCE	10.1061/(ASCE)0733-9445(2004)130:12(1921)	260	12,38	4,63
NOURI Y., 2010, COAST ENG J	10.1142/S0578563410002117	171	11,40	7,13
HILDEBRANDT J, 2017, SUSTAIN CITIES SOC	10.1016/j.scs.2017.06.013	151	18,88	11,00
ROBERTSON AB, 2012, BUILDINGS	10.3390/buildings2030245	142	10,92	9,85
FRAGIACOMO M, 2011, ENG STRUCT	10.1016/j.engstruct.2011.05.020	142	10,14	6,24
ROŠOWSKY DV, 2002, J STRUCT ENG-ASCE-a	10.1061/(ASCE)0733-9445(2002)128:1(32)	134	5,83	3,47
KIM Y.J, 2010, ENG STRUCT	10.1016/j.engstruct.2010.06.011	128	8,53	5,34
SIMONSON C.J, 2002, INDOOR AIR	10.1034/j.1600-0668.2002.01128.x	124	5,39	3,21
GERILLA GP, 2007, BUILD ENVIRON	10.1016/j.buildenv.2006.07.021	123	6,83	8,12

İlgili literatürde yazar anahtar kelimeler analiz edildiğinde ilk on anahtar kelime arasında "ahşap yapılar" %3,3 oran ile en çok kullanılan anahtar kelime olmuştur. "Ahşap yapı inşaatı" ve "ahşap" %3 oran ile en çok kullanılan kelimeler arasında yer almıştır. Bu kapsamda özellikle araştırma alanı olarak seçilen ahşap yapı/yapım sistemleri ile en ilişkili anahtar kelimeler bu çerçevede yer almaktadır. Bu anahtar kelimeler ile "çapraz lamine ahşap", "sismik performans" kelimeleri ahşabın yapısal dayanımını irdeleyen çalışmaların çerçevesini belirlerken "yaşam döngüsü maliyeti" ve "sürdürülebilirlik" kelimeleri de sürdürülebilir malzeme olarak ahşap yapıların sahip olduğu avantajları konu alan çalışmaların içeriğini belirleyen kelimeler olmuştur (Şekil 21.15).



Şekil 21.15. Yazar anahtar kelimeleri

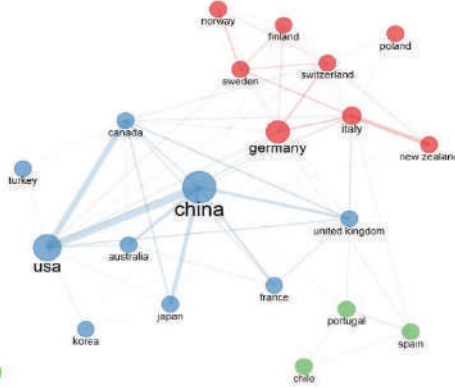
Anahtar kelimelerin yıllara göre analizi yapıldığında, "ahşap yapı/yapılar" 2014 yılında en çok kullanılan kelime grubu olurken, "ahşap yapım" kelime grubu 2018 yılında öne çıkmıştır. "Çapraz lamine ahşap", "sismik performans" ve yaşam döngüsü maliyeti" anahtar kelimeleri 2021 yılında yazarların çalışmalarını ifade eden kelimeler olmuştur (Şekil 21.16).



Şekil 21.16. Anahtar kelimelerin tematik gelişimi

İlgili literatürde yazar ağına baktığımızda yazarların uluslararası yazar işbirliği içinde çalışmalarını yaptığı görülmüştür. İlk yirmi ülke içinde en fazla yayını yapan Çin'in Amerika, Japonya, Kanada İngiltere ve Fransa ile güçlü bağa sahiptir. Türkiye'nin Amerika ve Kanada

ile ortak çalışmalar yaptığı görülmektedir. Avrupa kıtasında Almanya en fazla yayın yapan ülkeler arasında İsveç, İtalya ve Finlandiya ile ortak yazar ağına bağlıdır (Şekil 21.17).



Şekil 21.17. Yazar işbirliği ağı

SONUÇLAR

Ahşap, enerji verimliliği ve sürdürülebilirliği ile 21. yüzyılın yapı malzemesi olarak öne çıkmaktadır. Özellikle lamine ahşap sistemlerin kullanımı, dayanıklılığı ve ekolojik faydaları sayesinde hızla yaygınlaşmaktadır. Deprem bölgelerinde sağladığı güvenlik avantajı da ahşap yapıların tercih edilmesinde etkili bir faktördür.

Bu çalışmada, ahşap yapı/yapım sistemleri alanında akademik araştırma çerçevesindeki yayınların, kurumsal iş birliğinin, araştırma temellerinin ve evrimsel yörüngelerinin özellikleri analiz edilmiştir. İlgili literatürdeki akademik çalışmalar ortak bir analiz çerçevesinde değerlendirilmiş bu konudaki eğilimlerinde şu sonuçlar ortaya çıkmıştır;

- Çalışmada WoS veri tabanında 2000-2024 yılları arasında yayınlanan makalelerin bibliyometrik yöntem kullanılarak verilerine ulaşılmıştır. Buna göre 2018 yılından itibaren yayınlanan makale sayısı giderek artmış ve bu alanda en çok yayın üreten ülke Çin, Almanya ve Amerika olmuştur. Ülkelerin ilgili literatürdeki atıf değeri sıralamasında Amerika en çok atıf alan ülke olmuştur. Ülkenin alanda ürettiği yayınların nitelikli olması etki değerini artırmıştır.
- Ahşap yapı/yapım sistemleri ile ilişkili yayınları yayınlayan dergiler Buildings ve Engineering Structures dergisidir. Dergilerin malzeme ve yapısal mühendislik alanında konu ile ilgili yayınlara yer verdiği görülmektedir. Engineering Structures dergisi aynı zamanda yayınların referans listesinde de en çok atıf alan dergi olmuştur. İlgili literatürde bu alanda yayın yapan pek çok nitelikli dergi de bu alandaki yayınlara yer vermektedir.
- Konu kapsamında ilgili literatüre en fazla atıf olarak katkı sağlayan yazar Ceccotti A, olmuştur. Yazarın, Earthquake Engineering & Structural Dynamics dergisinde 2013 yılında yayınlanan "3D shaking table test on a seven-storey full-scale cross-laminated timber building" başlıklı makalesi yıllık atıf oranı 23.3'tür.
- Ülkelerin yazar anahtar kelimeleri arasında "ahşap yapılar", "ahşap yapı" ve "ahşap" 2000'lerden günümüze konunun ana başlığını açıkça ifade eden kelimeler olarak

kendini göstermektedir. Araştırma alanı çerçevesinde "çapraz lamine ahşap", ve "sismik performans" kelimeleri de 2021 yılından itibaren araştırmanın çerçevesinin endüstriyel üretim ve yapısal dayanıklılık alanında yoğunlaştığını göstermektedir.

- İlgili literatürde ülkelerin farklı ülkelerle işbirliği içinde bu alana katkı verdikleri görülmüştür. Bu işbirliği içinde en çok yayın yapan Çin'in ortak çalışmalar yaptığı ülkeler içinde Amerika ile ortak yayınları daha fazladır. En çok yayın yapan ülkelerden biri olan Almanya'da özellikle Avrupa ülkeleri ile işbirliği içinde yayınlar üretmiştir.

Ahşap yapı ve yapım sistemleri üzerine yapılan akademik çalışmaların ana teması özellikle endüstriyel üretim ve yapısal performans analizleri oluşturmaktadır. Bu alan bilimsel ve endüstriyel yenilikler açısından geniş bir potansiyele sahiptir.

KAYNAKLAR

- [1] Wegener, G. & Zimmer, B., (2003). Bauen mit Holz ist zukunftsfähiges Bauen. In Holzbau Atlas (pp. 47-49). München: Birkhäuser. <https://doi.org/10.11129/detail.9783034614580.47>
- [2] FAO, (2020). Global Forest Resources Assessment 2020. <https://www.fao.org/interactive/forest-resources-assessment/2020/en/>
- [3] Ferguson, I.S., (1996). Environmental properties of timber, Forest & Wood Products Research & Development Corp., Bond University.
- [4] Rabold, A., Cheret, P., Schwaner, K., & Seidel, A., (2013). Schallschutz im Holzbau. In Urbaner Holzbau—Chancen und Potentiale für die Stadt. Dom Publishers.
- [5] Çalışkan, Ö., Meriç, E., Yüncüler, M., (2019). Ahşap ve Ahşap Yapıların Dünü, Bugünü ve Yarını Past. BŞEÜ Fen Bilimleri Dergisi 6 (1), 109-118.
- [6] Bozkurt, Ö., (2011). Geleneksel Tekirdağ Evlerinde Kullanılmış Meşe Ahşabının Mekanik Özellikleri ve Kimyasalla Koruma Uygulamalarının Mekanik Özellikler Üzerine Etkisi. Politeknik Dergisi, 14(2), 115119.
- [7] Bajno, D., Grzybowska, A., & Bednarz, Ł. (2021). Old and Modern Wooden Buildings in the Context of Sustainable Development. Energies, 14(18), 5975. <https://doi.org/10.3390/en14185975>
- [8] <https://www.house-design-coffee.com/japan-houses.html> [25.09.2024]
- [9] <https://terramudurnu.com/en/mudurnu-mansions-traditional-mudurnu-houses/> [25.09.2024]
- [10] https://en.wikipedia.org/wiki/Log_house [28.09.2024]
- [11] Şanlı, E., Vural, N., (2022). Çapraz lamine ahşap (clt) yapı malzemesinin strüktürel açıdan değerlendirilmesi, Yapı Dergisi, Sayı 467, 50-57.
- [12] Kayakıran, S., Kışalılı, E., (2019). Dünden Bugüne Tutkallı Tabakalı Ahşap Yapı Elemanların İncelenmesi ve Yapılarda Taşıyıcı Olarak Kullanılması Üzerine Öneriler. Journal of Architectural Sciences and Applications, 4(1), 34-50. <https://doi.org/10.30785/mbud.450537>
- [13] Gordon, J.E., (2003). Structures: or Why Things Don't Fall Down (2nd edn). New York: Da Capo Press.
- [14] Akça, C., Akarca, H., Erdoğan, E., & Demirel, A. (2013-2014). Yapı Ahşabı ve Ahşap Yapı Sektörü. Ulusal Ahşap Birliği, <http://www.ahsap.org/assets/pdfDocs/etkinlik-2/Ahsap-Yapi-Sektor-Raporu-2.pdf>.
- [15] Türk Yapı Sektörü Raporu, 2014, Yapı Endüstri Merkezi, İstanbul.

- [16] <https://www.ekoyapidergisi.org/dunyanin-ilk-gercek-ahsap-gokdelenlerinden-biri> [08.10.2024]
- [17] <https://www.ekoyapidergisi.org/avrupa-nin-ilk-ahsap-akademik-binası> [08.10.2024]
- [18] Aksoy, D., & Ahunbay, Z., (2005). Geleneksel Ahşap İskeletli Türk Konutu'nun Deprem Davranışları. İtü Dergisi, 4 (1), 47-58.
- [19] Çakır, S., (2000). Geleneksel Karadeniz Ahşap Konut Yapım Yönteminin Çağdaş Teknoloji Açısından Değerlendirilmesi. Doktora Tezi, Mimar Sinan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [20] İ.B.B. KUDEB Müdürlüğü, (2009). Ahşap Eğitim Atölyesi Geleneksel Ahsap Yapı Uygulamaları, İstanbul.
- [21] Karaman, Y. Ö., Zeren, T. M., (2010). Geleneksel Türk Konutunda Kullanılan ve Kagir Sistemi Destekleyen Ahşap Yapısal Elemanların Önemi ve Bozulma Nedenleri. DEÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi, 2 (12), 75-87.
- [22] <http://www.rize.gov.tr/tas-ve-ahsap-yapılar>[16.10.2024]
- [23] <http://www.bartın.gov.tr/bartın-ahsap-evleri> [16.10.2024]
- [24] Aria M., Cuccurullo C.,(2017). Bibliometrix: an R-tool for comprehensive science mapping analysis. Journal of Informetrics, 11(4): 959-975.
- [25] Chadegani, A., A., Salehi, H., Yunus, M., Farhadi, H., Fooladi, M., Farhadi, M., Ebrahim N., A. (2013). A Comparison between two main academic literature collections: web of science and scopus databases, Asian Social Science, 9(5).
- [26] Şişman, M.E. ve Balaban Ökten, B., (2023). Yapı sektöründe ahşap teşvik politikaları ve etkileri. bab Journal of FSMVU Faculty of Architecture and Design. 4 (özel sayı), s. 48-64.

YAZAR ÖZGEÇMİŞİ

Özlem AYDIN, Doç. Dr.

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Trabzon, Türkiye

ozlem.aydin@ktu.edu.tr

Özlem Aydın, 2001 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümünü bitirmiştir. 2005-2011 yılları arasında aynı bölümde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmıştır. 2004 yılında Yüksek Mimar ve 2011 yılında Doktor ünvanını almıştır. 2011 yılında KTÜ Mimarlık Bölümü'ne Öğretim Görevlisi Doktor olarak atanmıştır. 2023 yılında Doçent ünvanını almıştır. Fiziksel çevre denetimi, termal konfor ve enerji etkin tasarım konularında çalışmaktadır. Çok sayıda bilimsel kongre ve sempozyuma katılan Aydın'ın çalışma alanı ile ilgili ulusal ve uluslararası yayınları bulunmaktadır.

