

Yapısal Amaçlı Ağaç Malzemede Mühendislik Sorunları ve Çözüm Önerileri

Hızır Volkan Görgün ¹

Öner Ünsal ²

Türker Dünder ³

Konu Başlık No: 1, 2 Çatı ve Cephe Sistemleri ve Bileşenleri
Çatı ve Cephe Sistemlerinin Performansları

ÖZET

Tamamen doğal bir malzeme olan ahşap, yapısal amaçlı kullanımında gerekli önlemler alınmadığı takdirde bazı sorunlarla karşılaşılabilir. Ancak bu sorunların büyük bir kısmı, malzemenin bilinçsiz kullanımından kaynaklanmaktadır. Örneğin kullanım yeri nemine kadar kurutulmadığı veya kurutulmadığı zaman, böcek ve mantar gibi unsurlarla direnci azalmaktadır. Anizotropik ve heterojen yapısına dikkat edilmediği zaman da çeşitli deformasyonlar oluşacaktır. Ancak Ülkemizde de yapılabilen özel kurutma teknikleri, ahşap modifikasyon teknikleri, tahribatsız değerlendirme yöntemleri gibi teknik yöntemler ile birlikte, alınabilecek basit tasarım önlemleriyle olumsuz özelliklerin birçoğu, kullanım öncesi ve sırasında giderilebilmektedir.

ANAHTAR KELİMELER

Yapısal Ahşap, Ahşabın Modifikasyonu, Tahribatsız Değerlendirme Yöntemleri, Ahşap Kurutma.

ABSTRACT

Wood is a natural material. If it is built without necessary precautions for structural use, some problems can occur. But lots of these problems arise from unconscious use. For example, when wood isn't (or can't) dried to end use moisture, material strength will decrease due to beetle and fungi attacks. If builders don't pay attention of anisotropic and heterogen material properties, some deflections can be occur. However there are many easy precautions such as special drying methods (which can be realised in Turkey), wood modification techniques, non-destructive evaluation techniques. And also design related to scientific rights can be useful. As a result of them, many problems are troubleshooted at before and during use.

KEYWORDS

Structural wood, Wood Modification, Non-destructive Evaluation Methods, Wood drying.

¹ Hızır Volkan Görgün, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Odun Mekaniği ve Teknolojisi A.D., Bahçeköy, Sarıyer, İstanbul, T:02123382400, F: 02123382424, volkan.gorgun@istanbul.edu.tr

² Öner Ünsal, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Odun Mekaniği ve Teknolojisi A.D., Bahçeköy, Sarıyer, İstanbul, T:02123382400, F: 02123382424, onsal@istanbul.edu.tr

³ Türker Dünder, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Odun Mekaniği ve Teknolojisi A.D., Bahçeköy, Sarıyer, İstanbul, T:02123382400, F: 02123382424, dunder@istanbul.edu.tr

1. GİRİŞ

Ahşap (ağaç malzeme) sahip olduğu olumlu özelliklerden dolayı, insanoğlunun vazgeçilmez bir malzemesi olmuş, "beşikten mezara" kadar hayatın her alanında kendine yer edinmiştir. Bununla birlikte teknolojinin gelişmesiyle artan ürün çeşitliliği, diğer malzemelerle olan rekabetini arttırmıştır. Doğal yaşam döngüsünün en önemli unsurlarından biri olan ormanlardan elde edilmesi de, kullanımında ekolojik anlamda soru işaretleri doğurmaya başlamıştır. Yanma, çürüme, heterojen yapı gibi bazı (azaltılabilir) olumsuz özellikleri sebebiyle de tercih edilmemeye başlanmıştır. Ahşap, yer döşemesi, kapı, pencere, mobilya, dış cephe kaplamaları, yük taşıyıcı gibi unsurlarda da tercih edildiğinden, bu azalış doğal olarak yapı sektörüne de yansımıştır. Tüm bunlara rağmen diğer malzemelere oranla sahip olduğu sayısız olumlu özelliklerle birlikte, olumsuz özelliklerinin mühendislik çözümleriyle ve geliştirilen çeşitli yöntemlerle büyük oranda azaltılabilmesi sebebiyle kullanımının tekrar artması beklenmektedir. Ancak bu artış sadece ahşap konusunda yapılan bilimsel çalışmalar, geliştirilen tekniklerle birlikte değil, bu malzemenin değerinin tüm topluma kazandırılmasıyla ve malzemenin bilinçli olarak kullanılmasıyla mümkün olacaktır.

1.1. Ahşabın Bazı Olumlu ve Olumsuz Özellikleri

Ahşap, ağacın kabuk altındaki kısmından elde edilen, tamamen doğal ve sürdürülebilir bir malzemedir. Dünya üzerinde ticareti yapılan ve birçok ihtiyaca cevap verebilecek özelliklerde 400'ü aşkın ağaç türünden elde edilmektedir [1]. Tamamen doğal bir malzeme olması sebebiyle üretiminde, kullanımında ve atıklarının geri dönüşümünde, doğaya en az zarar veren malzemelerden biridir ve tüm bu süreçte harcanan enerji değerleri diğer malzemelere oranla çok daha düşüktür. Tadilatı esnasında fazla kir oluşmamakta, ucuz ve kolay bir şekilde istenen onarım ve değişiklikler yapılabilmektedir. Sökülebilmekte ve belli bir zayıfla yeniden kullanılabilir [2]. Boşluklu yapısı, yoğunluğunun daha düşük olmasına sebep olmasına karşın, ses ve ısı yalıtım özelliklerini iyileştirmektedir. Düşük yoğunluğu taşınmasında, işlenmesinde kolaylık sağladığı gibi, yapının zayıf temeller üzerinde kurulabilmesine olanak verir. Düşük yoğunlukta olmasına karşın, yoğunluğuna göre direnç oranı, diğer malzemelerden çok daha yüksektir (Çekme direnci için ahşap: 1666 > çelik: 641) [3]. Lifli yapısının kırılmadan önce haber verme özelliği (cazlama) nedeniyle [4], maden galerileri gibi riskli bölgelerde taşıyıcı eleman olarak tercih edilebilmektedir. Ayrıca deprem sırasında uzun lifli kırılmalar gerçekleştiğinden, "yaşam üçgeni" oluşturma olasılığı çok daha yüksektir.

Ahşabın sayılan tüm bu olumlu özelliklerine karşın, etkileri büyük oranda azaltılabilir olumsuz özellikleri de bulunmaktadır. Örneğin ahşap çürüyebilen veya böcek saldırılarına uğrayabilen bir malzemedir. Bu etkilere maruz kalan ahşap büyük oranda mekanik dayanımını kaybetmekte ve yük taşıyıcı olarak kullanıldığı yerlerde büyük sorunlara yol açmaktadır. Ancak emprenye, ısıl işlem gibi çeşitli modifikasyon yöntemleriyle büyük oranda bu olumsuz özelliklerin de önüne geçilebilmektedir. Ayrıca çürüyebilme özelliği, doğaya tekrar geri dönebildiğinin bir göstergesidir.

Sıcaklığa bağlı boyutsal stabilitesi yüksek olmasına karşın, rutubet alışverişine bağlı olarak daha kolay boyutsal değişim (çalışma) gösterir. Ayrıca çalışma miktarları ve diğer fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikler, yıllık halkalara teğet, dik (radyal) veya boyuna yönde (lif yönünde) olmasına göre de değişmektedir. Ancak malzemenin boyutsal kararlılığı tasarım esaslı önlemler, malzemenin kurutulması, çeşitli modifikasyon yöntemleriyle de arttırılabilmektedir.

Yanabilen bir malzeme olan ahşap, diğer malzemelere göre daha düşük sıcaklıklarda tutuşabilir. Bununla birlikte yanmayı geciktirici emprenye maddeleri gibi bazı çözüm teknikleri bulunduğu gibi, bu tekniklerin uygulanmadığı ahşap ürünlerde bile, malzemenin boşluklu yapısı ve yanmanın ilk safhalarında (özellikle büyük boyutlu) dış kısımda oluşan kömürleşme, sıcaklığın iç kısımlara doğru ilerlemesini ve yanmasını da geciktirmektedir. Böylece uzun bir süre mukavemetini koruyarak, içinde yaşayan bireylere çıkma ve/veya yıkılmadan söndürülebilme imkanı vermektedir (Resim 1).



Resim 1. Dış tabakalarda kömürleşme (Sol), Ahşabın eriyen metal kirişleri taşıması (Sağ)

2. AHŞABIN YAPISAL AMAÇLI KULLANIMINDA YAŞANAN BAZI SORUNLAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Ahşabın yapısal amaçlı kullanımında bazı sorunlar yaşanmaktadır. Bu sorunlar genel olarak ahşabın anatomik yapısından, rutubetten ve bilinçsiz kullanımdan kaynaklansa da, alınabilecek bazı basit önlemlerle bunların önüne geçilebilmektedir.

2.1. Anatomik Yapı İle İlgili Yaşanan Bazı Sorunlar

Ağaç malzeme, türler arasındaki farklılıklarla birlikte, gövde içindeki anatomik yapı kaynaklı farklılıklar da, aynı ağaçtan alınan iki malzemenin bile özelliklerinin farklı olmasına sebep olmaktadır. Örneğin ilkbahar odunu - yaz odunu, öz odun - diri odun ayrımı vb. her ağaçta oluşan unsurların katılım oranlarının değişmesi, önemli derecede malzemenin fiziksel ve mekanik özelliklerini etkilemektedir. Bununla birlikte her masif ahşap üründe bulunmayan ve malzemenin birçok özelliğini olumsuz yönde değiştirdiği için "kusur" olarak tabir edilen oluşumlar da bulunmaktadır. Dal odununun gövde içinde kalan kısmı olan budaklar, liflerin ağaç eksenine paralel gitmemesiyle oluşan lif kıvrıklığı vb. kusurlar, özellikle mekanik özellikleri büyük oranda etkilemektedir. Ancak yapı gibi karmaşık bir strüktürde, "kusurlu" malzemeler de değerlendirilebilmektedir.

Anatomik yapı ve buna bağlı oluşumlara göre malzemenin değerlendirilmemesi, büyük sorunlara yol açmaktadır. Örneğin budakların düşer-kaynar olması, bölgesel lif kıvrıklığına yol açması sebebiyle genellikle zayıf bölge oluşturması nedeniyle dikkat edilmelidir (Resim 2).



Resim 2. İki budak arası çizgi kırılma ve düşer budak örnekleri (Üst)

Kusurlar ve diğer anatomik özelliklerin, malzeme özelliklerini geniş bir varyasyona çekmesi nedeniyle, değerlendirmeler sınıflandırmalara göre yapılmaktadır ve birçok kullanım yerinde en iyi kalite sınıfında bile, bazı özellikler belirli sınırlar arasında kalmak koşuluyla kabul edilebilmektedir (Örn. TS 1265 Standardı [5]). Ayrıca yapının birçok yerinde en iyi kalite sınıfında olmayan malzemeler de değerlendirilebilmektedir. Önemli olan malzemenin kullanım yerinde maruz kalacağı koşullara direnç göstermesidir (kolonun basınca, kirişin eğilmeye direnç göstermesi gerektiği gibi). Örneğin Arap Yarımadası'nda yer alan ülkeler masif ahşaptan dış cephe kaplaması tercih etmektedir. Amaç güneş kırıcı özelliği olması, bina ile kaplama arasında oluşan hava akımının binada yalıtım sağlaması ve oluşan

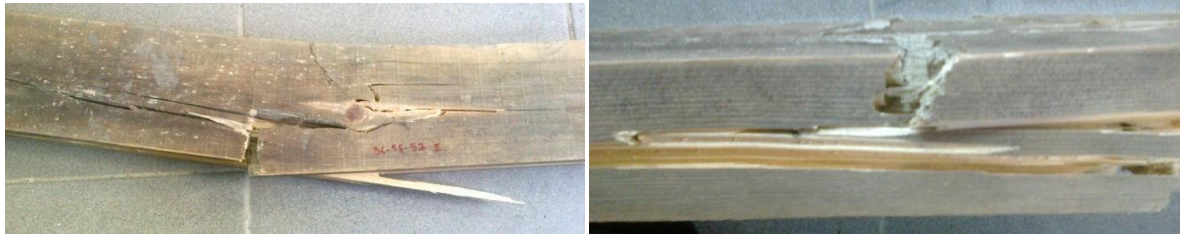
kum fırtınalarına karşı binanın korunmasıdır. Bu tarz bir kullanım yeri, yüzey aşınması dışında yüksek fiziksel ve mekanik özellikler talep etmeyeceğinden, estetik özelliklere de bağlı kalarak 1. sınıf yerine daha düşük sınıflarda malzeme tercih edilebilmektedir.

Ahşabın rutubete bağlı çalışma değerleri de, anatomik yapıya göre farklılık göstermektedir. Yapısındaki serbest OH⁻ grupları nedeniyle "havadan nem kapabildiği" için daralır, genişlemektedir (çalışmaktadır). Malzemede herhangi bir kusur olmamasına karşın, yıllık halkaların durumuna göre "çalışmaya" bağlı olarak şekil kusurları oluşabilmektedir. Resim 3'te, bir ağaç gövdesinden alınan malzemelerin daralmaya bağlı olarak oluşan şekil değişimleri [6] ve bunun uygulamadaki yansımaları görülmektedir.



Resim 3. Yıllık halka durumlarına göre daralmada şekil değişikliği (Sol) ve örnekleri (Orta & Sağ)

Ahşap kimyasal yapısından dolayı mutlaka bünyesinde rutubet barındırmaktadır. Ancak kullanım yerine göre barındırdığı rutubet miktarı mutlaka belirli oranda kalması gerekmektedir, yoksa şekil değişikliği, çürüme gibi sorunlarla karşılaşılabilir. Dikili halde %100-200 arasında olan ağaç malzemenin rutubeti, biçildikten hemen sonra %60-80'e düşebilmektedir. Rutubet istekleri %20'nin üzerinde olan böcek ve mantarların malzeme direncinin önemli ölçüde azaltması (Resim 4), ısıtılan iç mekanlarda kullanılan ahşabın rutubetinin %10 civarında olması vb. gerektiği düşünülürse [7], biçildikten sonra mutlaka kurutulması gerektiği gerçeği ortaya çıkar. Ayrıca ortalama bir yoğunlukta (500kg/m³) bir ahşabın 1m³'ü %60'tan %10 rutubet miktarına kurutulduğunda 250kg su açığa çıkması da [8], nakliye konusunda da kurutmanın önemini göstermektedir.



Resim 4. Renklenmeye bağlı küt kırılma örneği [9] (Sol: Ön Görünüş, Sağ: Alttan Görünüş)

2.2. Ahşapta Rutubet Kontrolü ve Kurutma

Ahşabın rutubetinin belirli bir oranda tutulması, biyotik zararlara karşı alınabilecek en önemli önlemlerdendir. Örneğin İsveç İmparatorluğu kalyonlarından Vasa gemisi, 10 Ağustos 1628'de batmasına karşın günümüze kadar (yaklaşık 400 yıl) %90'ının üzerinde yapısal bütünlüğünü korumaktadır. Su altında (oksijensiz bir ortamda) kalması, çıkarıldıktan sonra kurutulması ve 18-20°C sıcaklık ve %55 bağıl nem oranında tutulması (ki bu değerlerde masif ahşap yaklaşık %10 rutubete sahip olur) ve modifikasyon yöntemlerinden Polietilen Glikol (PEG) ile muamele, ahşap kısımların mantar veya böcek taaruzundan uzak tutulmasını sağlamıştır [19].

Ancak ahşabın boyutu arttıkça, mevcut suyun uzaklaştırılması daha da güçleşmekte, permeabilite özellikleri düşmekte ve oluşan gerilim farklılıklarından kurumaya bağlı kusurlar oluşabilmektedir. Eskiden ve hatta bazı yerlerde hala kullanılan açık havada kurutma olarak da bilinen doğal kurutma yönteminin birçok dezavantajı bulunmaktadır. Günümüzde daha az maliyetli, daha kaliteli ve daha

ekonomik kurutmaların yapılabildiği teknik (fırın) kurutma yöntemleri geliştirilmiştir. Sıcak hava - su buharı karışımı, vakum, yoğunlaştırma vb. yöntemlerle birlikte, son yıllarda elektromanyetik dalga esaslı yöntemler de geliştirilmiştir. Etkinliklerinin arttırılabilmesi için diğer yöntemlerle de kombine edilmesiyle ilgili çalışmalar yapılmaktadır [20, 21, 22]. Bu kapsamda pres ilavesiyle birlikte geliştirilen "yüksek frekans-vakum" kombinasyonu (Resim 8) ile olumlu sonuçlar alınmıştır [23, 24, 25]. Ülkemizde de gerçekleştirilebilen [26] bu teknik ile hem kurutma süresi, kalitesi ve ekonomisi bakımından ciddi artıları bulunmaktadır. Anatomik yapısı nedeniyle güç kuruyan ağaç türlerinin kerestelerinin, yapı elemanları gibi büyük boyutlu kerestelerin kısa sürelerde, kusur içermeden kurutulabilmesi, temiz bir enerji kaynağı olan elektriğin kullanılması ve ekstra ısı merkezi yatırımına ihtiyaç duyulmaması, ahşabın içerisinden çıkan ve katkı maddesi barındırmayan suyun temizlik ürünleri sektöründe de değerlendirilebilmesi gibi olumlu özellikler, ekonomik ve ekolojik açıdan fayda sağlamaktadır.



Resim 8. Yüksek Frekans - Vakum Kombinasyonlu Kurutma Tekniği

2.3. Modifikasyon Yöntemleri

Odunun olumsuz özelliklerinin en aza indirgenmesi ve bunun yanı sıra olumlu özelliklerinin daha ileri derecelere yükseltilmesi amacına yönelik, fiziksel ve kimyasal yönden etkili olabilen "Odun Modifikasyonu Yöntemleri" bulunmaktadır. Fiziksel yönden, genellikle odun hücre çeper boşluklarının ve diğer kapılar boşlukların inorganik ve organik maddelerle doldurulması, kimyasal yönden ise hücre çeperi bileşenleri ile reaksiyon veren ve odunun kimyasal kompozisyonunu değiştiren yöntemlerdir [14]. Çeşitli koruyucu kimyasal maddelerle emprenye işlemi, en etkili modifikasyon işlemlerindedir ve ahşabın kullanım yerindeki risk durumuna göre çeşitlilik göstermektedir. Örneğin çürüme riskinin yüksek olduğu bölgelerde dış mekânda kullanılacak ağaç malzemenin basınçlı yöntemlerle emprenye edilmesi gerekir. Orta derecede çürüme riskinin söz konusu olduğu bölgelerde daldırma, batırma yöntemleri ile emprenye uygulanabilir. Çürüme riskinin düşük olduğu bölgelerde fırça ile sürme yöntemi yeterlidir [15].

Bir diğer modifikasyon yöntemi de, ısıl işlemdir (termal modifikasyon). Isıl işlem, hücre çeperinin polimer bileşiklerinin kimyasal kompozisyonunda kalıcı değişmelerle sonuçlanan fiziksel bir işlemdir. Metodun temel fikri kimyasal reaksiyonların hızlandığı yaklaşık 150°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ağaç malzemenin ısı ile muamele edilmesidir. Isıl işlem uygulaması ile artan potansiyel nitelikler; mantar ve böceklerle karşı biyolojik dayanıklılık, düşük denge rutubet içeriği, daralma ve genişlemedeki azalmaya bağlı olarak artan boyutsal stabilite, artan termal izalasyon kabiliyeti, boya adhezyonu, dış hava şartlarına dayanıklılıkta artma, dekoratif renk çeşitliliği ve kullanım süresi de uzamaktadır [17, 18].

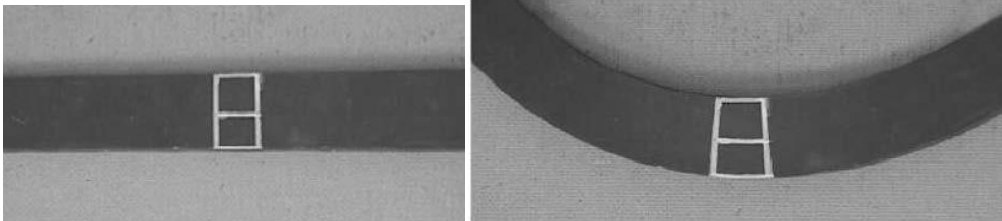


Resim 7. Isıl İşlem Görmüş ve Görmemiş Dişbudak, Kavak, Ladin, Huş Örnekleri [16]

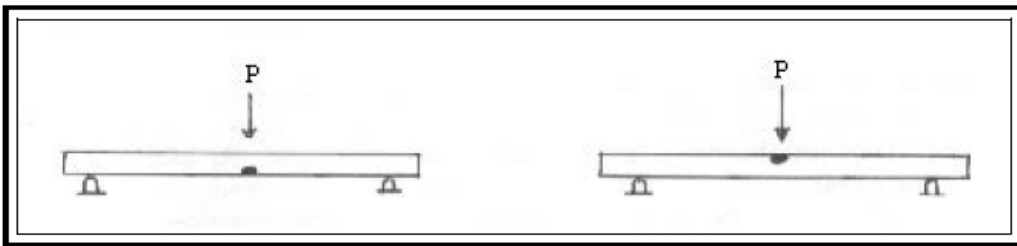
2.4. Tasarım Esaslı Önlemler

Ahşabın korunmasında alınacak en önemli tedbirlerden biri, tasarım esaslı yöntemlerdir. Genellikle amaç ahşap kısımların toprakla temasının kesilmesi ve rutubet kontrolünün yapılmasıdır. Rutubetin son kullanım yerinde yaklaşık %20 ve altında tutulması gibi bir kontrolün sağlanması, ahşap strüktürlerin ömrünü de uzatacaktır. Bu amaçla taşıyıcılardan ve yaşam alanından suyun uzaklaştırılması sağlayan eğimli ve uzun çatılar Japon mimarisinde tercih edilmektedir. Örneğin Dünya'nın en eski ahşap yapısının da 607 yılından beri Höryü-Ji tapınağında bulunan 5 katlı ve 32,45m. uzunluğundaki Pagoda yapısının da bu mimaride olması bunun bir göstergesidir [10]. Suyu uzaklaştıran tasarımlarla birlikte, kuruluşu koruyan havalandırma sistemlerine de rastlanılmaktadır. Günümüzde benzer tasarımlara, yurtdışındaki bazı inşa kataloglarında da rastlamak mümkündür ancak yeterli düzeyde yaygınlaşmamıştır [11]. Ülkemizde de çeşitli tasarım esaslı önlemlerin görülmesine karşın, günümüzde artan beton yapılaşma nedeniyle en iyi örnekleri, 12. yy.'dan itibaren inşa edilen camilerin de günümüze kadar ulaşmasıyla görülmektedir [12].

Alınan tasarım esaslı önlemler tabii ki sadece rutubet ile ilgili sorunlara değil, ahşabın tüm olumsuz olarak nitelendirilebilecek özellikleri için bulunmaktadır. Örneğin ağaç malzemedeki kusurlardan en çok etkilenen mekanik direnç, çekme direnci olduğu için [3], çekmeye çalışan kısımlarda kusur olmaması dikkat edilmektedir. Yapı elemanlarından eğilmeye çalışan kirişlerde üst (yükün uygulandığı) kısım basınca, alt kısım ise çekmeye çalışmaktadır (Resim 5). Bu yüzden kiriş olarak kullanılacak kerestelerde eğer budaktan kaçınılmıyorsa, kusurların basınç bölgesinde olmasıyla ilgili konstrüktif tedbirler alınmaktadır (Resim 6).



Resim 5. Kirişte Oluşan Gerilimler [13]



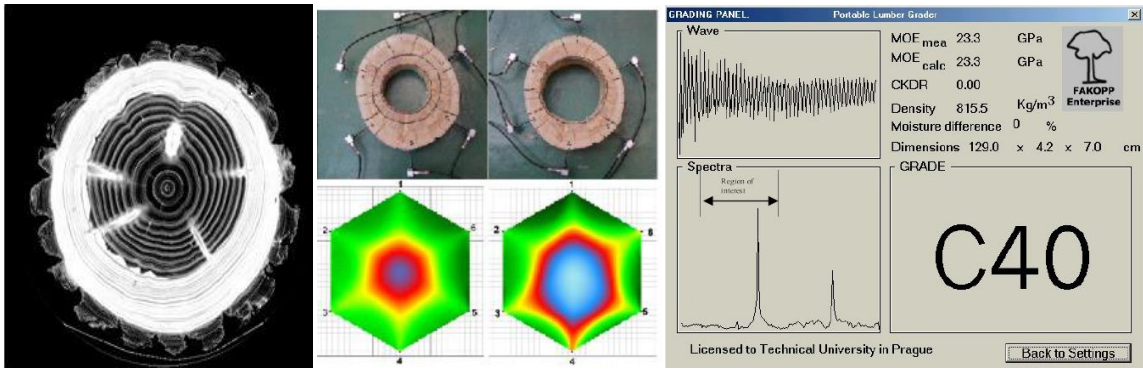
Resim 6. Kusura Karşı Konstrüktif Tedbirler [2]

Normalde masif halde edilen ahşabın, kereste veya kaplamalarının lifleri birbirine dik veya paralel olarak birleştirilmesiyle elde edilen laminasyon ürünleri, boyutsal stabilite ve mekanik dirençlerle ilgili

sorunları nispeten azalmıştır. Daha ufak parçaların da (lif ve yonga) birleştirilmesiyle elde edilen yonga levha (sunta) ve lif levha (MDF vb.) ile, masif ahşaba oranla daha homojen ve izotrop malzemeler de üretilmektedir. Son yıllarda odun-plastik kompozitleri, CLT gibi, özellikleri daha da iyileştirilmiş ahşap ve ahşap esaslı malzemeler de geliştirilmektedir. Ayrıca bu tür tekniklerle, masife oranla daha düşük kalitedeki hammaddeler değerlendirilmeye başlanmıştır. Bunun sonucunda daha az ağaç tüketilerek daha fazla ürün üretilebilmesine olanak sağlandığı için, ormanlara olan baskı da nispeten azaltılmıştır. Malzeme özelinde mevcut olan bu geniş ürün yelpazesi, daha fazla kullanım amacına cevap verilmesine olanak sağlamış, yapı gibi karmaşık strüktürlerin birçok yerinde ve hatta tamamında kullanılabilmesine olanak tanımaktadır.

2.5. Tahribatsız Değerlendirme Yöntemleri

Normalde bir ağaç malzemenin direnci kırılarak, yani dayanabileceği maksimum kuvvete kadar yüklenerek belirlenmekte, ancak kırılan bir malzeme tekrar kullanılamamaktadır. Özellikle kiriş, kolon gibi kullanımına devam edilen parçaların değerlendirilmesine bu yöntem imkan vermemektedir. Bununla birlikte masif ahşabın sınıflandırılmasıyla ilgili yapılan çalışmalar, büyük oranda görünüş özelliklerine ve yüzeylerde bulunan doğal yapıya ve kusurlara göre değerlendirmeler yapılmaktadır. Örneğin standartlarda kalite düşürücü bir etki olarak budak çapı esas alınmaktadır. Aslında dalın gövde içinde kalan kısmı olan budak, 3 boyutlu olduğu için 2 boyutlu yapılan ölçümler çok sağlıklı olmamaktadır. Bu gibi yaşanan sıkıntılar sebebiyle, "Tahribatsız Değerlendirme Yöntemleri" (TDY) ahşap için de kullanılmaya başlanmıştır. Son kullanım yeri özelliklerini değiştirmeyecek nitelikte tahribat verilerek, malzemenin fiziksel, mekanik, teknolojik özelliklerinin belirlenmesi olarak tanımlanan TDY [27], sağladığı birçok avantaj sebebiyle kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır; dikili ağaçlarda ve ahşap ürünlerin iç yapısı ve direnci hakkında bilgi vermesi, ölçümlerin tekrarlanabilir olması, laboratuvar şartlarına ihtiyaç duyulmadan, kullanım yerinde ölçüme olanak vermesi, malzemenin kullanım yerinde zamana bağlı değişimlerin etkisinin belirlenebilmesi, her bir malzemenin özelliklerinin ayrı ayrı elde edilebilmesi vb. (Resim 9).



Resim 9. Çeşitli Tahribatsız Değerlendirme Yöntemleri

TDY çeşitli temel prensiplere dayanmasına karşın, malzeme değerlendirmede ucuz, etkin, hızlı ve pratik çözümler getirebildiği için, akustik esaslı ölçümler daha çok yaygınlaşmıştır. Bu prensip ile yüksek doğrulukta; liflere paralel yönde direnç, liflere dik yönde ise kusur tespiti yapılmaktadır. Bu sayede yapı sektöründe kullanılmaya oldukça elverişlidir. Örneğin restorasyon işlemlerinde, bütün yapının yerinde değerlendirilmesine, yapıda hangi parçanın hangi bölgesinin değiştirilmesi gerektiğine karar vermede çok etkin bir rol oynamaktadır. Daha az maliyetli ve daha etkin restorasyonlar sebebiyle Dünya'da kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır [28, 29 vb.].

3. SONUÇ VE TARTIŞMA

Üretiminde ve kullanımında yapılan bazı hatalar ve teknolojinin gelişimiyle artan ürün çeşitliliği nedeniyle, ahşabın kullanım oranı azalmıştır. Ancak sahip olduğu birçok olumlu özellik nedeniyle kullanılmaya devam etmektedir. Bu olumlu özelliklerden yararlanılabilmek için bazı önlemler alınması gereklidir:

- Ahşap, sadece masif halde 400'ü aşkın türden elde edilebildiği gibi, çeşitli modifikasyon yöntemleriyle malzemenin olumsuz özellikleri büyük oranda azaltılabilmektedir. Ayrıca çeşitli üretim teknikleriyle birlikte birçok ihtiyaca cevap veren ürün çeşitliliği artırılmıştır. Farklı kullanım yerleri için uygun ahşap tipi seçilmelidir.

- Anizotrop ve heterojen bir malzeme olmasına karşın, anatomik yapısına uygun şekilde kullanıldığı takdirde verim alınabilmektedir.

- Ahşap mutlaka rutubet içeren bir malzemedir. Sırf rutubetle kaynaklı sorunlardan dolayı bile yapı sektöründen uzaklaşmıştır. Rutubetle ilgili sorun yaşanmaması için, kullanım yerine göre ve uygun teknikle kurutma yapılan ahşap ürünlerle çalışılmalıdır. Kullanım süresince ortam rutubetinin yükselmemesine veya rutubeti yüksek yerlerde (suyla temas eden banyo, mutfak gibi) kullanılacaksa tedbirleri alınmalıdır. Ayrıca doğal olarak dayanıklı türlerin seçilmesi ve rutubetlenmeyi önleyici konstrüktif tedbirlerin alınması uygulanabilecek önemli tedbirlerdendir [30]. Tekneler ve geçmişleri yüzyıllarla ifade edilen cami gibi tarihi ahşap yapılar, özellikle rutubet kontrolüyle malzemenin uzun ömürlü olabileceğine dair güzel örneklerdir.

- Geliştirilen Tahribatsız Değerlendirme Yöntemleri'yle, malzemelerin kullanım yeri performansları değerlendirilebilir ve özellikle yapılarda yerinde muayene edilebilmektedir. Geleneksel test tekniklerinin yetersiz kaldığı yerlerde değerlendirilmesi önerilmektedir.

- En önemlisi ahşabın bir mühendislik malzemesi olmasının farkındalığı ve yeterli bilgi birikimi olmayan kişilerin elinde kullanılmaması gerekmektedir. Ancak bilinçli kullanılmadığı ve gerekli özen gösterilmediği takdirde, olumsuz özellikleri ön plana çıkabilmektedir. Örneğin son kullanım yerinde olması gereken rutubete kadar kurutulmayan ahşabın yaşayacağı boyut ve şekil değişimi, son kullanıcı tarafından olumsuz olarak algılanmasına sebep olacaktır. Fiziksel, mekanik ve teknolojik özelliklerinin başta yıllık halka yönlerinde olmak üzere, birçok faktöre göre değişmesi de eklenince, bilinçsiz kullanım sonucunda kötü sonuçlarla karşılaşılabilir. Bu amaçla ahşabın yeterli eğitim almış kişiler tarafından kullanılması gereklidir. Marangozhanelerdeki "usta-çırak" hiyerarşisi ile malzeme davranışının öğrenilmesi, yetersiz kalabilmekte, malzemeyi en çok kullanan mimar ve mühendislerinin de aldıkları eğitimler arasında ahşaba çok az yer verilmesi de, ya hiç kullanılmamasına yada teknik doğrulardan uzak bir şekilde kullanılmasına yol açmaktadır.

4. KAYNAKLAR

[1] Bozkurt, A. Y., & Erdin, N. (1998). Ticarete önemli yabancı ağaçlar.

[2] As, N., 2007, Ahşabın Yapıda Kullanımı Lisans Ders Notu Ders Notu (Yayınlanmamış), Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.

[3] Bozkurt, A.Y., Göker, Y., 1996, Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, O.F. Yayın No. 436, ISBN 975-404-420-1.

[4] Kurtoğlu, A., 2000. Ağaç Malzeme Yüzey İşlemleri I. Cilt, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yayın No: 3878, İstanbul, 398 s.

- [5] TS 1265, 2012, Kereste - İğne yapraklı ağaç keresteleri - Yapılarda kullanım için, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.
- [6] Peck, E.C., 1947, Shrinkage of wood, USDA Forest Service, FPL Report No. R1650.
- [7] Kantay, R., 1993, Kereste Kurutma ve Buharlama, Ormancılık Eğitim ve Kültür Vakfı YayınNo: 6.
- [8] Forest Products Laboratory, 2010, Wood Handbook, Centennial Edition., U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Madison, WI.
- [9] Görgün, H.V., 2013, Ahşap Kirişlerde Eğilme Direnci Ve Elastikiyet Modülünün Tahribatsız Ve Tahribatlı Test Yöntemleri İle Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [10] Hōryū-ji Temple, <https://en.wikipedia.org/wiki/H%C5%8Dry%C5%AB-ji>, Vikipedi, Erişim Tarihi: 11.01.2016
- [11] APA – The Engineered Wood Association, <http://www.apawood.org/apa-overview> [Ziyaret Tarihi: 11.1.2016]
- [12] Bayhan, A. A. (2005). Ordu/İkizce'den Bir Ahşap Cami: Laleli (Eski) Camii/A Wooden Mosque From Ordu/İkizce: Laleli (Old) Mosque. *Güzel Sanatlar Enstitüsü Dergisi*, (14).
- [13] Alakır, Y., 2010, İki Malzemeli Kirişlerin Dayanımlarının ve Şekil Değişimlerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi.
- [14] Yıldız, S., (2002). Isıl İşlem Uygulanan Doğu Kayını ve Doğu Ladini Odunlarının Fiziksel, Mekanik, Teknolojik ve Kimyasal Özellikleri, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [15] Göker R., M., 1994. Dış Cephe Kaplamalarında Ağaç Malzemenin Kullanım Olanakları Üzerine İncelemeler, Yüksek Lisans Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.,
- [16] Leitch, M. ve Shahi, C., 2009, Thermowood: Hardwood processing of Black Ash (*Fraxinus nigra*) With High Temperature Kilns, ISCHP 2nd International Scientific Conference, September 28-29, Paris, FRANCE.
- [17] Akkılıç, H., Kaymakçı, A., Ünsal, Ö., 2014, Isıl İşlem Uygulanmış Ahşap Malzemenin Dış Cephe Kaplaması Olarak Değerlendirilme Potansiyeli, 7. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu 3– 4 Nisan 2014, Yıldız Teknik Üniversitesi, Beşiktaş, İstanbul.
- [18] NovaThermoWood®: Finnish Thermowood Association, 2003, Thermowood handbook.
- [19] Vasa (Gemi), [https://tr.wikipedia.org/wiki/Vasa_\(gemi\)](https://tr.wikipedia.org/wiki/Vasa_(gemi)), Vikipedi, Erişim Tarihi: 29.12.2015
- [20] Smith, W.B.; Canham; H.O.; Harris, J.; Neuhauser, E.F.; Smith, A. 1996. Economic analysis of producing red oak dimension squares with a radio-frequency vacuum dry kiln. *Forest Prod. J.* 46(3): 30-34
- [21] Leiker, M.; Adamska, M.A. 2004. Energy efficiency and drying rates during vacuum microwave drying of wood. *Holz als Roh- und Werkstoff* 62: 203-208.
- [22] Resch, H. (2006). High-frequency electric current for drying of wood-historical perspectives. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 8(2), 67-82.
- [23] Ünsal Ö., Güler C., Mollamehmetoğlu G., "Ahşap Kurutmada Yüksek Frekans-Vakum Teknolojisi", Orman Mühendisleri Odası, cilt.1, ss.1-1, 2013

*8. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu 2 - 3 Haziran 2016
Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fındıklı - İstanbul*

- [24] Ünsal Ö., "Drying Performances Of Industrial High Frequency And Microwave Driers In Drying Of Some Hardwoods", PTF BPI 2014 - The 3rd International Conference on Processing Technologies for the Forest and Bio-based Products Industries , Salzburg, AVUSTURYA, 24-26 Eylül 2014
- [25] Ünsal, Ö., Güler, C., Dilek, B., Görgün, H.V., 2014, "Çevre Dostu Kereste Kurutma Teknolojileri:Yüksek Frekans ve Mikrodalga", II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, ISPARTA, TÜRKİYE, 22-24 Ekim 2014.
- [26] Recep Sivrikaya Orman Ürünleri, King Dryer Web Sitesi, <http://kingdryer.com/> Erişim Tarihi: 10.01.2016
- [27] Pellerin, R.F., Ross, R.J., 2002, Nondestructive Evaluation of Wood, Forest Products Society Publication, Madiosun, USA, 1-892529-26-2.
- [28] Iniguez, G., Arriaga, F., Esteban, M.,Bobadilla, I., 2006, Non-destructive methods for the quality control of structural Tali timber, Engineered Wood Products Association, http://www.ewpa.com/Archive/2006/aug/Paper_047.pdf [Ziyaret Tarihi: 28 Kasım 2012]
- [29] Hoyle, R.J., Pellerin, R.F., 1978, Stress Wave Inspection of a Wood Structure, Proceedings of the Fourth Nondestructive Testing of Wood Symposium, Washington State University, Pullman. WA.
- [30] Koca, G., As, N., Arıoğlu, N., 2013, Ahşap Dış Cephe Kaplama Elemanları, 7.Ulusal Çatı&Cephe Sempozyumu 3-4 Nisan 2014, Yıldız Teknik Üniversitesi, Beşiktaş, İstanbul.