

Yapısal Ahşap - Rutubet İlişkisi

Hızır Volkan Görgün* ve Öner Ünsal**

* İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
İstanbul, Türkiye
ORCID: 0000-0002-2537-2105
volkan.gorgun@iuc.edu.tr

** İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
İstanbul, Türkiye
ORCID: 0000-0001-7562-6727
onsal@iuc.edu.tr

Derleme makalesi

Geliş: 01/09/2022

Son düzenleme sonrası geliş: 28/12/2022

Kabul: 29/12/2022

Yayımlanma: 31/01/2023

Öz

Yapısı nedeniyle bünyesinde rutubet bulunduran ağaç malzeme (ahşap), kullanım yerine bağlı olarak %19'dan %5'e kadar inen kuruluğa ihtiyaç gösterir. Çünkü kuruluk, mekanik dayanımdan stabiliteye, yüzey işlemlerinden doğal dayanıma kadar birçok avantajı beraberinde getirmekte ve bu avantajlar yapısal ahşapta çok daha öne çıkmaktadır. Ancak ahşap bir mühendislik malzemesi olduğundan, dikkat edilmesi gereken ilave hususlar da bulunmaktadır. Örneğin teknolojinin gelişmesiyle masif ahşapla birlikte geliştirilen CLT, Glulam gibi tabakalı malzemelerin fonksiyonel farklılıkları ve kullanım yerine bağlı nem istekleri bu hususlardan bazılarıdır. Zira ahşap esaslı malzemelerin yapıda iç mekân, yarı iç - yarı dış ve dış mekân kullanımına dayalı nem beklentileri farklıdır. Ayrıca, TS, EN, ISO, Eurocode 5 gibi standartlarda belirtilse de malzemeye yeterince hâkim olunmadığı takdirde, yapıda seçilecek ahşap ürün türü, kavramlar ve ölçülerde karışıklıklar yaşanabilmektedir. Bu sebeple ahşap yapı tasarımlarında, inşaat mühendisi ve mimarlarla orman endüstri mühendislerinin ortak çalışması gerektiği söylenebilir. Bunun dışında, oluşan sektörel boşlukta yer bulmuş terminoloji yanlışlarının da düzeltilmesi, bu noktada ahşap ürünlerin künyesi verilirken kalite sınıfı ve ebatlarıyla birlikte kuruluk derecesinin de ortaya konması elzemdir. Bu çalışmayla, dikkat çekilen tüm bu konulara açıklık getirilirken ahşabın sürdürülebilir kullanımının esas öznesi olan ahşap-rutubet ilişkilerine dair teknik doğrular vurgulanmıştır.

Anahtar kelimeler: Daralma, genişleme, masif ahşap, rutubet içeriği, sürdürülebilirlik

Structural Wood - Moisture Relation

Hızır Volkan Görgün* and Öner Ünsal**

* *Istanbul University-Cerrahpaşa*
Istanbul, Türkiye
ORCID: 0000-0002-2537-2105
volkan.gorgun@iuc.edu.tr

** *Istanbul University-Cerrahpaşa*
Istanbul, Türkiye
ORCID: 0000-0001-7562-6727
onsal@iuc.edu.tr

Review article

Received: 01/09/2022

Received in final revised form: 28/12/2022

Accepted: 29/12/2022

Published online: 31/01/2023

Abstract

Wood material, which contains moisture due to its structure, needs dryness from 19% to 5% depending on the place of use. Because dryness brings with it many advantages, from mechanical strength to stability, from surface treatments to natural strength, and these advantages are much more prominent in structural wood. However, there are additional requirements to consider since wood is an engineering material. For example, some of these issues include functional differences of layered materials such as CLT and GLULAM, which were developed together with solid wood with the development of technology, and moisture demands depending on the place of use. Because the moisture content expectations of wood-based materials are different based on indoor, semi-indoor, semi-outdoor, and outdoor use. In addition, although it is stated in standards such as TS, EN, ISO, and Eurocode 5, if the material is not sufficiently mastered, there may be confusion about the type of wood product, concepts, and dimensions to be selected in the building. For this reason, it can be said that forest industry engineers should work together with civil engineers and architects in wooden structure designs. Additionally, it is essential to correct the terminology mistakes that have taken place in the industry and to reveal the quality class and dimensions, as well as the degree of dryness, while giving the tag of wooden products at this point. In this study, while clarifying all these issues, the technical truths about the structural wood and moisture relations, which are the main subject of the sustainable use of wood in the building, are emphasized.

Keywords: Shrinkage, swelling, solid wood, moisture content, sustainability

1. GİRİŞ

Yapısal ahşapta rutubetin azaltılması, korunması ve kontrolü gibi işlemler, malzeme ve strüktür olarak iki ayrı başlıkta toplanabilir. Strüktürün daha karmaşık bir yapı olması nedeniyle, rutubetle ilgili dikkat edilmesi gereken hususlar ve alınması gereken önlemler malzemeye göre çok daha farklı karakterdedir. Strüktürde birim malzemeden çok, yapıya ait ana ve detaydaki bileşenlerin ele alındığı söylenebilir. Örneğin;

- Anadolu'daki tarihi ahşap camilerde görüldüğü üzere, yapıda hava akımı oluşturan tasarım önlemleri (Nazım, 2014),
- En eski ahşap yapılardan olan Horyu-Ji'de de (M.S. 7. yy) görüldüğü üzere, Japon tapınaklarında yağmur kaynaklı suyu ana yapıdan ve taşıyıcılardan uzak tutan uzun saçaklar (Satoshi, 2006),
- İsveç'teki tarihi Vasa gemisinin korunması için polietilen-glikol empenyesi ile birlikte, ortam sıcaklığının 18–20°C ve bağıl nemin %53'te tutulması (Wikipedia, 2021) gibi önlemler sıralanabilir.

Bitmiş yapı strüktürü dışında, strüktürü oluşturan birim malzemeden beklenen bazı görevler bulunmaktadır. Bu görevlerin yerine getirilebilmesi için, malzemenin üretim ve kullanım sürecinin teknik doğrularla ele alınması gerekmektedir. Çünkü birim malzemelerinin tüm detayları, bütün strüktüre doğrudan veya dolaylı olarak etki etmektedir. Örneğin metalin yüksek ısı iletkenliği, yangın sırasında yapı strüktürü formunun bozulmasına neden olabilmektedir. Ahşap da sahip olduğu anizotropik ve higroskopik içyapısı nedeniyle diğer yapı malzemelerinden farklı mühendislik detaylarına sahiptir. Bu çalışma kapsamında yapıda kullanılan ahşap için (yapısal ahşap) rutubetle ilgili dikkat edilmesi gereken hususlar, örneğin kullanım yeri rutubetindeki ölçü farklılığı, cihazlarla rutubet ölçümündeki teknik detaylar gibi bilgilere yer verilmiştir. Ayrıca yapısal ahşap endüstrisinde kabul görmüş ancak teknik açıdan doğru veya yeterli olmayan hava kuruşu, kurutulmuş ahşap, kuru ölçü gibi kavramlar da açıklanmıştır.

1.1. Ahşap - Rutubet İlişkisinde Temel Doğrular

Ahşap, yapısı nedeniyle bünyesinde rutubet bulunduran bir malzemedir. Dikili haldeyken, kuru ağırlığa oranla %200 ve daha fazla olabilen rutubet içeriği, tomruk ve yaş kereste halindeyken %60-70 seviyesine inmektedir. Ancak bu seviye son kullanım için yüksek olup, kullanım yerine bağlı olarak %5-19 arasında olması gerekmektedir (Çizelge 1). Kuruluk bu seviyede olmadığı takdirde çürüme, çalışma gibi sorunlar yaşanabileceği gibi, kuru olması durumunda birçok avantajı beraberinde getirmektedir. "Ağaç yaşken eğilir" atasözünde de belirtildiği gibi, ahşabın rutubeti arttıkça, malzemenin eğilmeye karşı koyma kabiliyeti azalır. Bu direnç azalmasının %1 rutubet artışına karşın %4'e kadar çıktığı söylenebilir (Bozkurt ve Göker, 1996). Yine kurulukla yapısal ahşapta çivi, vida tutma kabiliyeti artarken boya, cila gibi üst yüzey işlemlerinde rutubet azalışıyla daha iyi sonuçlar alınmaktadır. Mantar, böcek gibi biyolojik zararlılara karşı da en etkili ve basit yöntem kurutmadır. Ayrıca ahşap "histerez" davranışı sebebiyle, kurutulduktan sonra bulunduğu ortamdan rutubet alması daha da zorlaşmakta ve daha stabil kalmaktadır (Kantay, 1993).

Çizelge 1'deki kullanım yerine göre rutubet değerlerindeki değişim incelendiğinde, dış mekândan, ısıtılan iç mekân koşullarına geçişte, daha düşük kuruluk derecelerinin beklendiği görülmektedir. Bu değişim denge nemi kavramıyla açıklanabilir. Ortam sıcaklığı ve bağıl nemin bileşkesiyle oluşan denge nemi, ahşabın hava koşullarının sabit olduğu bir ortamda yeterli süre

bekletildiğinde sahip olacağı rutubettir. Örneğin ülkemizdeki birçok standartta belirtilen ve "hava kurusu" olarak tanımlanan denge nemi şartları, 20°C ve %65 bağıl nemde gerçekleşir ve bu şartlardaki masif ahşap %12 neme ulaşmaktadır. Avrupa ülkelerinde sıcaklığın düşük ve bağıl nemin yüksek olması nedeniyle bu değer %15'e kadar çıkabilmektedir. Bu durum "hava kurusu" kavramının coğrafi farklılıklara ve hatta malzemenin bulunduğu ortam şartlarına göre değiştiğini göstermektedir. Bu nedenle genel kullanım yeri değerlerinin referans oluşturacak şekilde kullanılması, uygulama için ise malzemenin kullanılacağı ortam şartları ölçülerek denge neminin belirlenmesi daha sağlıklı olacaktır. Örneğin Marmara Bölgesi kapsamında yapılan bir çalışmada (Görgün vd., 2020), enlem etkisi nispeten az olsa da il bazında bile farklı denge nemleri olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada ayrıca küresel ısınmanın etkileri nedeniyle, 1980 yılı öncesi ve sonrası sıcaklık ve bağıl nem değerlerinde bile değişiklik olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 1. Bazı kullanım yerleri için ahşapta bulunması gereken rutubet miktarları (Kantay, 1993: 4)

Kullanım Yeri	Rutubet Miktarı (%)	Kullanım Yeri	Rutubet Miktarı (%)
Emprenye edilecek direk, travers vb. malzeme	20	Soba ile ısıtılan yerler için mobilya	12-15
Karkas yapılar ve açıkta kullanılan ağaç malzeme	16-22	Kaloriferle devamlı ısıtılan yerler için mobilya	6-10
Fıçı tahtaları	17-20	Yer döşemeleri, parkeler	6-8
Taşıt araçları, uçaklar, gemi güverteleri	15-16	Radyo, televizyon, müzik seti yapımı	6-8
Spor aletleri, açıkta kullanılan aletler, bahçe mobilyası	12-16	Kaplama levha, kontrplak, yonga levha	6-8
Dış pencere doğramaları, kapılar	12-16	Lif Levha	5-7

1.2. Yapısal Ahşapta Rutubet

Yapısal ahşapta rutubet, diğer ahşap çeşitlerinde olduğu gibi kullanım yerinde maruz kalacağı şartlara göre değişmektedir. Örneğin olması gereken değerler iğne yapraklı yapı keresteleri için TS 1265'te (2012) enine kesit alanına bağlı olarak belirtilmektedir. Standartta enine kesit alanı 200 cm²'ye kadar olan kerestelerde ortalama rutubetin en çok %30, daha ebatlı kerestelerde ise en çok %35 olması durumu yarı kuru olarak tanımlansa da daha önce bahsedilen biyolojik zararlılara karşı %20 ve üstü nemin uygun olmayacağı söylenebilir. Kurulukla birlikte belirli bir seviyeye kadar direnç artışı görülse de uygulanabilirlik açısından yapısal ahşapta %12-20 arası nem uygun görülebilir. Uluslararası yapı standartlarından Eurocode 5'te (EN, 2004) ise, rutubete bağlı üç kullanım yeri sınıfı vardır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Eurocode 5'e göre rutubete bağlı servis sınıfları (EN, 2004: 22)

Servis Sınıfı	Tanım	İstenen Rutubet Miktarı (%)
1	Ortam sıcaklığı 20°C olmalıdır ve bağıl nem %65 ancak bir yılda birkaç haftayı geçmemelidir.	%12'yi geçmemelidir.
2	Ortam sıcaklığı 20°C olmalıdır ve bağıl nem %85 ancak bir yılda birkaç haftayı geçmemelidir.	%20'yi geçmemelidir.
3	Servis sınıfı 2'den daha nemli koşullar için geçerlidir.	-

Eurocode 5 (EN, 2004) standartında servis sınıflarının daha iyi tespit edilebilmesi için örnekler de verilmiştir. Örneğin soğuk çatıların 2., orta katlarda yer alan zeminlerin 1. servis sınıfında olduğu belirtilmiştir. Ayrıca servis sınıfı 3'ün, direkt suyla temaslı veya çok nemli koşullar için geçerli olduğu söylenebilir. Örneğin kapalı yüzme havuzu çatılarının iç kısımları da servis sınıfı 3 olarak değerlendirilebilmektedir. Çizelge 2'de görüleceği üzere servis sınıfı 3'te yüksek bağıl nem, sıvı teması gibi etmenlerle malzeme rutubeti, kritik seviye olan %20'nin üstüne çıkabilmektedir. Burada önemli nokta, bu seviyelere maruz kalma süresidir. Örneğin bir ahşap yapının inşası sırasında yağmur etkisi birkaç gün gibi kısa süreli olduğu takdirde bir sorun yaşanma ihtimali düşüktür. Ancak inşaatın devam ettirilebilmesi için, sıvı suyun uzaklaştırılması, geçici sundurmalarla yağmurdan korunması ve gerekirse ilave havalandırma ekipmanlarıyla birlikte yüzey rutubetinin azaltılması gerekebilir. Çünkü ahşap bünyesinde yer alan hücreler ve birbirleri arasındaki geçitlerden su transferi, geçit aspirasyonu gibi çeşitli sebeplerden dolayı hızlı ve kolay değildir. Yapısal ahşap gibi malzemenin enine kesit boyutları arttıkça, bu transfer daha da zorlaşmaktadır. Ayrıca zarar verecek mantar veya diğer biyolojik zararların gelişiminde gerekli olan ideal şartların oluşması için belirli bir süre geçmesi gerektiğinden, malzemede çürüme başlangıcı hemen gerçekleşmemektedir.

Eurocode 5 (EN, 2004) standartında servis sınıflarına göre (rutubete bağlı olarak) bağlayıcıların korozyona maruz kalmaması için hangi alaşımdan yapılmış olması gerektiği bilgisi yer almaktadır. Buna ek olarak, servis sınıfının dirence etkisi de düzeltme faktörleri (kmod) ile yüklenme süresiyle ilişkilendirilerek belirtilmiştir.

Çizelge 3. Eurocode 5'e göre rutubet ve yüklenme süresi dönüşüm faktörleri (EN, 2004: 27'den kısaltılmıştır)

Malzeme	Servis sınıfı	Yüklenme-süresi sınıfı				
		Devamlı	Uzun süreli	Orta süreli	Kısa Süreli	Anlık
Masif ahşap	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
GLULAM	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90

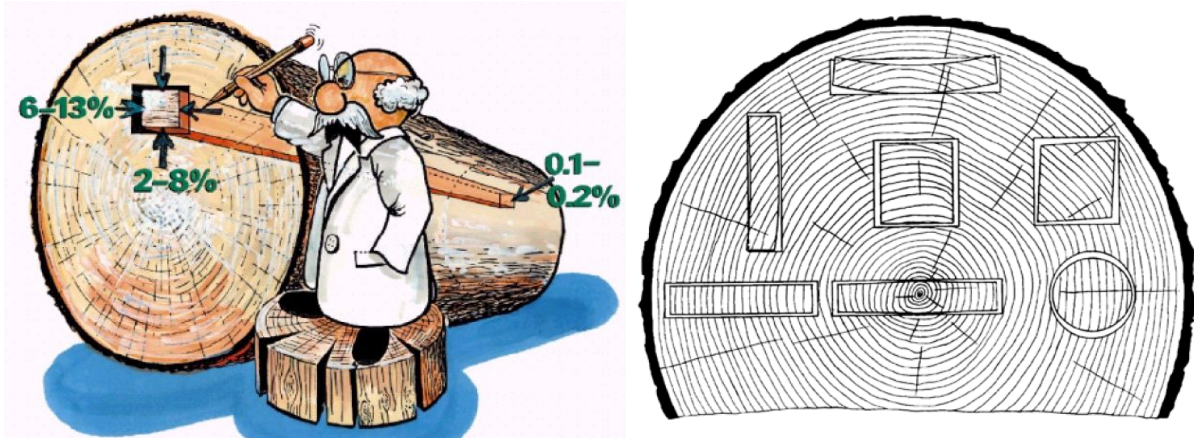
Çizelge 3'te görüldüğü üzere servis sınıfı ve yüklenme süresi arttıkça direnç azalmaktadır. Bunun tam tersi olarak servis sınıfının artmasıyla, oluşabilecek deformasyonların arttığı da standartta belirtilmiştir.

1.3. Ahşap - Rutubet İlişkisinde Boyut Faktörü

Yapısal ahşapta dikkat edilmesi gereken bir başka husus ise rutubete bağlı boyut değişimidir. Çünkü ahşabın boyutları, belirli bir seviyede rutubet alış-verişine bağlı olarak değişmektedir (çalışmaktadır). Bu durum, zaman zaman milimetre düzeyinde hassasiyet gerektiren yapıda önemli sorunlara yol açabilmektedir. Bu sorunun temelinde malzemenin yeteri kadar kurutulmamasıyla birlikte, "hava kurusu", "kurutulmuş ahşap" gibi kavramlardaki farklılıklar yatmaktadır. Her iki kavrama ait rutubet değerleri, dünya üzerinde bulunduğu yere, iç/dış mekân oluşuna, özellikle iç mekân iklimlendirme koşullarına, ulusal/uluslararası standartlara ve hatta yapısal ahşap üretimi yapan firmaların standartlarına göre

değişebilmektedir. Örneğin "hava kurusu" değeri dış mekânda %12-20 arasında değişirken iç mekânda %5-6'ya kadar düşebilmektedir. Diğer yandan, malzeme nemi kullanım yerinin talep ettiği nemden (ortam sıcaklık ve bağıl neminin işaret ettiği denge nemi değeri) daha yüksekse, rutubet kaybına bağlı olarak ahşap daralacaktır. Örneğin, özellikle ahşap yapılarda daha çok tercih edilen ve "5'e 10" ve "10'a 10" tabir edilen "5cm x 10cm" ve "10cm x 10cm" enine kesit ölçülerindeki yapısal ahşap, rutubeti %30 ve üzeri nemlerde yapıda kullanılırsa, zaman içinde ölçüleri %7-8'lere varan oranda azalabilir. Rutubet kaybına bağlı daralmalar olduğundan, yaş halde "5x10" ve "10x10" olarak faturalandırılan yapısal masif ahşap ürünlerin gerçek ölçüleri, %10 daha düşük boyutlara inerek satılabilmektedir. Ayrıca olması gerekenden fazla rutubetin, mekanik dirençleri önemli oranda düşürmesi de unutulmamalıdır. Bu iki etki nedeniyle yaş malzemelerin kullanıldığı inşaatların, sürdürülebilir olamayacağı da unutulmamalıdır.

Ayrıca ahşap anizotropik bir malzemedir, diğer bir deyişle yıllık halkalara teğet, dik (radyal) ve boyuna yönlerde farklı davranış göstermektedir. Boyuna çalışma oranı birçok kullanım yeri için ihmal edilebilecek kadar düşük düzeydeyken, teğet yönde çalışma oranı, radyal yöne göre iki kata kadar fazla olmaktadır (Şekil 1). Bu durum ahşap malzeme enine kesitlerinde oluklaşma, mainleşme gibi şekilsel bozuklukları da tetikleyebilmektedir (Şekil 1). Ancak bu durum masif ahşap için geçerlidir. GLULAM, LVL, CLT gibi tabakalı ahşap ürünlerle, yonga ve lif levha gibi ahşap esaslı kompozit malzemelerde genellikle rutubete bağlı çalışma daha az olup, daha üniform yapıdadır.



Şekil 1. Masif ahşapta çalışma oranları (solda) (Wimmer, 2002), Daralma anizotropisi (sağda) (Wiedenhoef ve Eberhardt, 2010: 4-7)

Masif ahşap boyutlarına göre tahta, kalas, lata, kadron, kiriş, azman gibi sınıflara ayrılabilir (TSE, 2012a) ve bu sınıflandırma genellikle enine kesit ölçülerine göre yapılmaktadır. Ahşapta enine kesit arttıkça başta mekanik etkilere, yanmaya karşı dayanımı vb. artsa da özellikle kurutulmasıyla ilgili zorlukları da beraberinde getirmektedir. Yapısal ahşap, diğer kullanım yerlerine göre daha ebatlı (5 cm x 10 cm ve üstü gibi) tercih edildiği için, çatlama, şekil değiştirme gibi kurutma riskleri artmaktadır. Ancak günümüzde bu riskleri azaltan teknikler de mevcuttur. Eskiden sıkça kullanılan doğal kurutma, yani ahşabın açık hava şartlarında bekletilmesi yöntemi, günümüzde hâlen tercih edilse de ekonomik ve koruyucu olduğu söylenemez. Çünkü bu tür yöntemlerde kurutma şartlarını belirleyen ortam şartlarının kontrol edilmesi sınırlı olduğundan, koruyucu kurutma yapmak oldukça zordur. Kapalı ve kontrollü fırın şartlarında yapılan teknik kurutma ile 1/10'a varan sürelerde, çok daha koruyucu kurutmalar yapılabilmektedir. Bu durum üreticiler açısından çok daha kısa sürede, çok daha yüksek kalitede ürün satılabilir anlamına gelebilmektedir. Teknik kurutmada en çok bilinen klasik (veya konvansiyonel) denilen teknik kurutma yöntemiyle birlikte, geliştirilen

kondenzasyonlu ve vakumlu kurutma teknolojileri de yaygın olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda ise yine kaliteyi korurken süreyi kısaltan, frekans esaslı (mikrodalga veya yüksek frekans) ısıtma yöntemleri yapısal ahşapta da denenmiş ve çok başarılı sonuçlar alınmıştır (Resch, 2006; Ünsal vd., 2014) (Şekil 2).



Şekil 2. Kondenzasyon (solda) (Nigos, 2023), vakum (ortada) (Hızır Volkan Görgün, 2017) ve yüksek frekansta elektrik akımıyla ısıtma esaslı (Ünsal vd., 2014: 3) kurutma fırınları (sağda)

Frekans esaslı yöntemlerde, klasik kurutmanın 1/10 hatta 1/15 sürelerde koruyucu kurutma aksiyonları yapılırken, klasik kurutmada kurutulma imkânı olmayan ve yapıda taşıyıcı olarak kullanılan azman karakterdeki masif ahşap kiriş ve kolonların yine çok kısa olarak belirtilebilen sürelerde kurutulması mümkün olabilmektedir.



Şekil 3. Tabakalı yapısal ahşap ürünler, sırasıyla: CLT, GLULAM, LVL (ANONİM a, tb1; ANONİM b, tb2; ANONİM c, tb3)

Bununla birlikte yapıda tek parça masif ahşap yerine CLT, GLULAM, LVL gibi tabakalı yapısal ahşap ürünler de tercih edilebilir (Şekil 3). Bu tip ürünlerde ince katmanların kurutulması daha kolay olmakta, tutkal, vida veya çivilerle sabitlenebildiği için daha az çalışabilmekte ve kusur oranı daha yüksek malzeme de tercih edilebilmektedir. Ayrıca tabakalı ahşabın ekolojik açıdan daha sürdürülebilir olduğu söylenebilir. Örneğin 30 cm x 30 cm enine kesitlerinde tek parça yapısal ahşabın temin edilmesi için, tomruk çapı hipotenüs olarak değerlendirildiğinde (Pisagor teoremine göre), en az 42,5 cm çapında bir gövde gerekirken, tabakalı ahşabın katmanları için daha dar çaplı tomruklar yeterli olabilmektedir.

1.4. Yapısal Ahşapta Rutubet Miktarının Tespiti

Uygulayıcıların, yapısal ahşapta kullanım yerine uygun rutubet beklentilerini tespit ettikten sonra, malzeme temin ederken rutubetini de doğru şekilde tespit etmesi gereklidir. Bunun için teknik doğrulara uygun bir şekilde ve uygun bir cihazla ölçüm yapılması yeterli olacaktır. Ahşapta rutubet miktarının tespit edilebilmesi için, ulusal ve uluslararası düzeyde geçerli olan TS EN 13183 1-3 (2012) serisi standartlar mevcuttur. 1 numaralı standartta örnek alınması malzemede tahribat verirken ölçüm süresi de günleri bulabilmektedir. Diğer standartlarda ise pratik kullanımlar için iki tip ölçüm cihazı kullanılmaktadır. Rutubet ölçer olarak bilinen bu cihazlarla saniyeler içerisinde yüksek doğrulukla sonuç alınabildiği için sıkça tercih edilmektedir. Ancak tüm ölçüm cihazlarında olduğu gibi, rutubet ölçerlerde de dikkat

edilmesi gereken hususlar vardır. Aksi takdirde cihazın ekranında okunan değer gerçeği yansıtmayacaktır. Cihaz tipleri direnç tipi (TSE, 2012c) ve dielektrik (kapasitans yöntemi) (TSE, 2012d) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Şekil 4).



Şekil 4. Dielektrik (kapasitans - temas) tip (solda) (Logica, 2023), (ortada ve sağda) Sırasıyla kısa (GANN, 2023a) ve uzun çivili (GANN, 2023b) direnç tipi rutubet ölçerler

Dielektrik tip rutubet ölçerler temas yoluyla ölçüm yaptığından malzeme tahrip olmamaktadır. Ancak doğrulukları daha düşük olup, üretici birçok firma %35 – 40 rutubete kadar ölçüm yapabilen cihazlar geliştirebilmektedir. Ölçebileceği malzeme kalınlığı sınırlı olduğu (bazı modellerde 4 cm gibi) ve etraftaki çivi, vida, kablo gibi elektriksel alanı etkileyen unsurlar verileri saptırdığı için ölçüm doğruluğu düşebilmektedir. Direnç tipi (çivili, çekiçli) rutubet ölçerler ise özellikle yapısal ahşap gibi ebatlı malzemelerin rutubetinin ölçümü için daha uygundur. Çünkü ilgili standartta belirtilen malzeme kalınlığının 1/3'ünde rutubet ölçümü, uygun çivi değişimiyle kolaylıkla yapılabilir. Ahşap içinde ulaşılan derinlikteki nem değerlerinin tespiti için ise, gövdesi yalıtılmış ve sadece uçları açık olan çivilerin kullanılması önerilebilir. Bununla birlikte rutubet ölçümünde doğruluk sadece doğru cihaz seçimiyle tamamlanamamaktadır. Ölçüm derinliğiyle birlikte lif doğrultusu, kusur veya emprenye vb. işlem durumu gibi malzemeyle ilgili faktörlerin de dikkate alınması gereklidir. Aksi takdirde cihazın gösterdiği her değer malzemenin rutubetini temsil etmeyecektir.

2. SONUÇLAR

Ahşap sahip olduğu olumlu özellikler nedeniyle birçok kullanım yerinde tercih edilmektedir. Önceki yüzyıllarda yapı malzemesi olarak daha sık tercih edilen ahşap, günümüzde ekoloji ve enerji faktörlerinin ön plana çıkmasıyla, yapı endüstrisinde de diğer malzemelerle tekrar yarışır hale gelmiştir. Her yapı malzemesinde olduğu gibi ahşabın üretiminde, kullanımında ve tüketiminde dikkat edilmesi gereken hususlar vardır. Bu hususlara dikkat edildiği takdirde sahip olduğu avantajları kullanıcıya sunabilmektedir. Bunların başında gelen rutubete hem bütün yapı strüktüründe hem de birim malzemedeki dikkat edildiği takdirde, uzun yıllar hizmet verebilen bir yapı malzemesidir. Bunun en önemli kanıtları da günümüze kadar ayakta kalan tarihi ahşap yapılar olarak gösterilebilir. Son dönemde geliştirilen ve yüksek katlı bina yapımına da imkân veren Glulam, CLT gibi lamine ahşap ürünlerin üretimi ve kullanımında da uzun ömür için yine en önemli şartın yeterli kuruluk miktarı olduğu söylenebilir. Ayrıca masif ahşabın dış etkilere maruz kaldığı koşullarda ömrünü uzatan emprenye, ısıtma işlemi (örneğin Thermowood (ANONİM d, 2003)) gibi tekniklerde, işlemlerin başarısı için öncesinde de kurutulması, rutubetin önemini bir kez daha göstermektedir.

Bu çalışmayla, yapısal ahşap için son derece önemli olan rutubet faktörüyle ilgili teknik doğruların aktarılması hedeflenmiştir. Böylece yapısal ahşabı kullanan mimar, mühendis veya diğer uygulayıcıların farkındalığı artırılarak, daha uzun ömürlü ve sürdürülebilir yapılar inşa edilmesinin sağlanması amaçlanmıştır. Bununla birlikte belirtilen faktörlere dikkat edilmesi için farklı disiplinlerde çalışan uzmanların bir arada ve eşgüdümlü çalışması gerektiği de unutulmamalıdır. Geçmişte bu iş birliğinin sağlanamaması neticesinde yaşanan sorunlardan dolayı, pencere doğramalarında (birçok avantajına rağmen) ahşap yerine, plastik esaslı malzemelerin daha çok tercih edildiği söylenebilir. Günümüzde yeniden yükselişte olan ahşap yapı endüstrisinde bu tür sorunların yaşanmamasının, ancak yetkin uygulayıcılarla (işçi, usta) birlikte, mimarlık, inşaat mühendisliği ve orman endüstri mühendisliği gibi disiplinlerin işbirliğiyle sağlanabileceği söylenebilir.

Bilgilendirme / Teşekkür

Bu çalışma 9-10 Mart 2022 tarihlerinde düzenlenen Uluslararası Gelenekten Geleceğe Konferansında yazarlar tarafından sunulan bir bildiri metninden, gelen eleştiriler doğrultusunda tekrar düzenlenmiş halidir.

Aksi belirtilmediği takdirde makalede kullanılan şekiller ve çizelgeler belirtilen yazarlar tarafından, belirtilen tarihte üretilmiştir.

Çıkar Çatışması Bildirimi ve Sorumluluk Bildirimi

Bu makalede araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur, olası bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Makalede belirtilen tüm görüş ve düşünceler yazarların sorumluluğundadır, bu konuda derginin sorumluluğu bulunmamaktadır.

Makalede yer alan görsellerin kullanımına dair yasal izinlerin alınması yazarların sorumluluğundadır, bu konuda derginin sorumluluğu bulunmamaktadır.

Yazar Katkı Bildirimi

Bu bildiriye, ana fikrin belirlenmesi, metnin oluşturulması, değerlendirilmesi, basıma hazırlık gibi tüm aşamalar yazarlar tarafından ortak bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKLAR

Kitap

ANONİM, 2003. *ThermoWood handbook*. 2. Baskı. Helsinki: Finnish ThermoWood Association.

BOZKURT, A. Y. ve GÖKER, Y., 1996. *Fiziksel ve mekanik ağaç teknolojisi*. 2. Baskı. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.

KANTAY, R., 1993. *Kereste kurutma ve buharlama*. İstanbul: Ormancılık Eğitim ve Kültür Vakfı.

WIMMER, R., 2002. *Wood quality: causes, methods, control*. Almanya: Springer-Verlag.

Kitapta bölüm

WIEDENHOEFT, A. ve EBERHARDT, T. L., 2010. Structure and function of wood. İçinde: R. J. ROSS ve J. R. ANDERSON, ed. *Wood handbook: wood as an engineering material*. Washington: USDA Forest Service, Forest Products Laboratory. s. 3-1,3-18.

Konferansta bildiri

GÖRGÜN H. V., ÜNSAL Ö., KANTAY, R. ve TORAMAN, M., 2020. Investigation of outdoor equilibrium moisture content changes in Marmara region– Turkey. İçinde: *VI. International Furniture Congress, 2-5 Kasım 2020, Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi. s.73-73.*

ÜNSAL, Ö., GÜLER, C. ve DİLEK, B. 2014. Drying performances of industrial high frequency and microwave driers in drying of some hardwoods. İçinde: *III. International Conference on Processing Technologies for the Forest and Bio-based Products Industries, 24-26 September 2014, Salzburg: Fachhochschule Salzburg, University of Applied Sciences. s.187-187.*

Dergide makale

NAZIM, K., 2014. Tarihi Beyşehir Eşrefoğlu Camii'nde geleneksel yapı malzemeleri ve onarım çalışmalarının değerlendirilmesi. *Artium. 2 (1), s. 58-69.*

RESCH, H., 2006. High-frequency electric current for drying of wood-historical perspectives. *Maderas. Ciencia y tecnología. 8 (2), s. 67-82.*

İnternet kaynağı

GANN, 2023a. *Compact, Hydromette* [çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://www.gann.de/en/products/handhelds/electronic-moisture-meters/compact-series/compact> [Erişim Tarihi 11 Ocak 2023].

GANN, 2023b. *M 18, Ram-In Electrode* [çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://www.gann.de/en/products/handhelds/accessories/probes-sensors/m-18> [Erişim Tarihi 11 Ocak 2023].

LOGICA, 2023. *On irregular surfaces, MoisTest 30, Moisture Meters* [çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://www.logica-hs.it/en/strumenti-di-misura> [Erişim Tarihi 11 Ocak 2023].

NIGOS, 2023. *Conventional Kilns, Wood Dryers* [çevrimiçi]. Erişim adresi: https://www.nigos.rs/conventional_wood_drying_kilns.html [Erişim Tarihi 11 Ocak 2023].

SATOSHI, Y., 2006. *The Tradition of Wooden Architecture in Japan* [çevrimiçi]. Erişim adresi: <http://www.nara.accu.or.jp/elearning/2006/tradition.pdf> [Erişim Tarihi 11 Ocak 2023].

WIKIPEDIA, 2021. *Vasa (ship)* [çevrimiçi]. Erişim adresi: [https://en.wikipedia.org/wiki/Vasa_\(ship\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Vasa_(ship)) [Erişim Tarihi 12 Ocak 2021].

Standart

European Standard [EN], 2004. *EN 1995-1-1:2004+A2 Eurocode 5: Design of timber structures; General: Common rules and rules for buildings*, EN.

Türk Standardları Enstitüsü [TSE], 2012a. *TS 1265 Kereste - İğne yapraklı ağaç keresteleri - Yapılarda kullanım için*. Ankara, TSE.

Türk Standardları Enstitüsü [TSE], 2012b. *TS EN 13183-1 Biçilmiş yapacak odun (kereste) parçasının rutubet muhtevası - bölüm 1: Fırın kurusu yöntemiyle tayin*. Ankara, TSE.

Türk Standardları Enstitüsü [TSE], 2012c. *TS EN 13183-2 Biçilmiş Yapacak Odun (Kereste) Parçasının Rutubet Muhtevası – Bölüm 2: Elektrikli Direnç Yöntemiyle Tahmin*. Ankara, TSE.

Türk Standardları Enstitüsü [TSE], 2012d. *TS EN 13183-3. Biçilmiş Yapacak Odun (Kereste) Parçasının Rutubet Muhtevası – Bölüm 3: Kapasite Metodu ile Tayin*. Ankara, TSE.

Arşiv belgeleri

ANONİM a, tb1. *CLT (Cross Laminated Timber)* [fotoğraf] Ahşap ve ahşap esaslı ürünler görsel arşivi, Hızır Volkan Görgün, İstanbul.

ANONİM b, tb2. *GLULAM (Glued Laminated Timber)* [fotoğraf] Ahşap ve ahşap esaslı ürünler görsel arşivi, Hızır Volkan Görgün, İstanbul.

ANONİM c, tb3. *LVL (Laminated Veneer Lumber)* [fotoğraf] Ahşap ve ahşap esaslı ürünler görsel arşivi, Hızır Volkan Görgün, İstanbul.

Biyografiler

Hızır Volkan GÖRGÜN

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans eğitimini tamamlamıştır. Aynı bölümde yer alan Odun Mekaniği ve Teknolojisi Anabilim Dalında Araştırma Görevlisi olarak atandıktan sonra, masif ahşap, ahşabın kurutulması, ısıtma işlem teknolojisi, ambalaj ve parke endüstrileri konusunda bilimsel çalışmalar yapmakta, aynı zamanda ilgili konularda çeşitli üniversite – sanayi iş birliklerinde yer almaktadır.

Öner ÜNSAL

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümünde 2011 yılından beri profesörlük görevini yürütmektedir. Ön lisans, lisans ve lisansüstü düzeyde kereste endüstrisi, kurutma ve buharlama tekniği, özel kurutma yöntemleri, ahşap levha üretimi, ağaç ambalaj endüstrisi, ısıtma işlem teknolojisi derslerini vermektedir. Derslerini verdiği konularda 80'in üzerinde bilimsel yayını bulunmakta, çeşitli kurumlarca desteklenen bilimsel ve endüstriyel 12 projeyi başarıyla tamamlamıştır.