



Tarihi bir caminin ahşap tavan elemanlarında malzeme analizi: ağaç türü, böcek hasarı ve higroskopik davranış

Elif Topaloğlu^{1*}, Murat Öztürk², Derya Ustaömer³, Mesut Yalçın⁴

ÖZ: Bu çalışmada, Trabzon ilinin Akçaabat ilçesinde bulunan tarihi Demirtaş-Derecik-Karaman Merkez Camisine ait atık eski ahşap tavan elemanlarının odun türü, biyolojik tahribatı ve higroskopik özellikleri araştırılmıştır. Eski (özgün) örnekler ve yeni (kontrol) örnekler olmak üzere iki örnek grubu oluşturulmuştur. Yapılan mikroskopik analizler sonucunda eski ahşap tavan elemanlarının Doğu ladini (*Picea orientalis* L.) türüne ait olduğu belirlenmiştir. Eski örneklerin diri odun kısmında tahribata yol açan böcek türünün *Anobium punctatum* olduğu tespit edilmiş ve ergin böceklerle ait özellikler belirlenmiştir. Eski ve yeni ahşap tavan örneklerinin teğet, radyal ve boyuna yöndeki genişleme oranları ilgili standartlara göre belirlenmiş olup eski ahşap tavan örneklerinin bahsi geçen üç yöndeki genişleme oranları yeni örneklerle kıyasla daha düşük bulunmuştur. Higroskopik davranışı anlamak için gerçekleştirilen iki haftalık suda bekletme süresi boyunca eski ve yeni örneklerin higroskopik davranışlarının genel olarak benzerlik gösterdiği gözlemlenmiştir. Çalışmanın sonuçları, tarihi yapıların korunması açısından kullanılacak odun türünün doğru belirlenmesinin ve malzemenin higroskopik davranışının dikkate alınmasının önemini vurgulamaktadır.

Anahtar kelimeler: Ahşap tavan, odun anatomisi, böcek hasarı, higroskopik davranış

Material analysis of wooden ceiling elements of a historical mosque: wood species, insect damage, and hygroscopic behaviour

ABSTRACT: In this study, the wood specie, biological degradation, and hygroscopic properties of waste old wooden ceiling elements from the historic Demirtaş-Derecik-Karaman Central Mosque in the Akçaabat district of Trabzon province were investigated. Two sample groups were created: old (original) and new (control) samples. Microscopic analyses determined that the old wooden ceiling elements belonged to the species Oriental spruce (*Picea orientalis* L.). The insect species that caused damage to the sapwood of the old samples was identified as *Anobium punctatum*, and the characteristics of the adult insects were determined. The swelling rates of the old and new wooden ceiling samples in the tangential, radial, and longitudinal directions were determined according to relevant standards, and the swelling rates of the old wooden ceiling samples in these three directions were found to be lower than those of the new samples. During a two-week water immersion period to understand hygroscopic behaviour, the hygroscopic behaviour of the old and new samples was generally observed to be similar. The results of the study emphasize the importance of correctly determining the wood specie to be used and taking into account the hygroscopic behaviour of the material in terms of conserving historical buildings.

Keywords: Wooden ceiling, wood anatomy, insect damage, hygroscopic behaviour

Makale tarihçesi: Geliş:06.08.2025, Düzeltme: 24.09.2025, Kabul:08.10.2025, Yayınlanma:26.11.2025, * elif.topaloglu@giresun.edu.tr

¹Giresun Üniversitesi, Giresun Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Giresun/Türkiye

²Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Trabzon/Türkiye

³Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon/Türkiye

⁴Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Düzce/Türkiye

Atıf: Topaloğlu, E., Öztürk, M., Ustaömer, D. ve Yalçın, M., (2025). Tarihi bir caminin ahşap tavan elemanlarında malzeme analizi: Ağaç türü, böcek hasarı ve higroskopik davranış, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 8 (2), 281-294, DOI: [10.33725/mamad.1759709](https://doi.org/10.33725/mamad.1759709)

1. Giriş

Tarihi yapılar, inşa edildikleri döneme ait mimari unsurları, mühendislik bilgilerini, kullanılan yapı malzemelerini ve kültürel özellikleri günümüze taşıyan kalıcı kültürel miraslardır. Anadolu coğrafyasında, Osmanlı ve Selçuklu dönemlerinden günümüze ulaşan pek çok tarihi cami bulunmaktadır. Bu camiler, taş ve ahşap yapı teknikleriyle inşa edilmiş olup yüzyıllardır ayakta kalmayı başarmış önemli örneklerdir (Özodabaş, 2023). Karadeniz Bölgesi'nde sıkça karşılaşılan camilerde, hem dış cephelerde hem de iç mekânın taşıyıcı ve süsleyici unsurlarında ahşap malzeme yoğun bir şekilde tercih edilmiştir (Aydın, 2017). Ahşap malzeme, bu bölgenin kırsal camilerinde, dış duvar yapısı dışında; genellikle mahfil katı, tavan, döşeme, çatı, kapı ve pencere kanatları gibi çeşitli mimari unsurlarda; dikme ve kiriş gibi taşıyıcı elemanlarla birlikte iç mekânda yer alan mihrap, minber ve vaaz kürsüsü gibi öğelerde kullanılmıştır (Zorlu, 2017).

Araştırma konusu olan Demirtaş-Derecik-Karaman Merkez Cami Trabzon ilinin Akçaabat İlçesi, Derecik Beldesi, Karaman Mahallesi'nde bulunmakta olup Sera Deresi Vadisi'nin güneyinde dere yatağının doğusunda yer almaktadır. Cami üzerinde inşa tarihini gösteren bir kitabe bulunmamakla birlikte mimari özellikleri açısından 20. yüzyıla tarihlendirilmektedir (Kazaz, 2016; Sarı, 2021). Şekil 1'de görüldüğü üzere caminin tavanı gizli kubbeli ahşap tavanlıdır (Kazaz, 2016).



Şekil 1. Demirtaş-Derecik-Karaman Merkez Cami ahşap tavanı

Anadolu'da çok eski dönemlerden bu yana tercih edilen ahşap tavanlar, ekonomik açıdan oldukça uygun bir örtü çözümüdür. Genellikle kare ya da kareye yakın dikdörtgen planlı mekânlarda tercih edilen ahşap tavan sistemi, zaman zaman dairesel alanlarda da kullanılmıştır. Ahşap tavan, mekânı taşıyıcılarla bölmeden örtme olanağı sunarak özellikle geniş açıklıklarda işlevsel bir çözüm sağlamaktadır (Korkmaz, 2016). Ahşap malzeme; doğal

yapısı, estetik çeşitliliği, kolay şekillendirilebilir ve sürdürülebilir oluşu, ses ve ısı yalıtımındaki etkinliği, paslanmaya karşı dayanıklılığı ve bağlantı parçalarıyla yüksek dayanım göstermesi gibi sebeplerle geçmişten günümüze çatı dahil yapı iskeletlerinin çeşitli bölümlerinde yaygın şekilde kullanılmıştır (Bozkurt, 2013; Güler ve Tor, 2023). Nem ve aşınmaya karşı dirençli, farklı renk ve desen özelliklerine sahip ağaç cinsleri, iç mekanlarda yatay yüzeylerde kullanılacak ahşap malzemeler olarak tercih edilmektedir. Ayrıca bu ağaç cinsleri, farklı şekillerde birleştirilebilir ve çeşitli desenlerde döşenebilir (Hanedar, 2021). Geleneksel Türk mimarisinde gerek iğne yapraklı gerekse yapraklı ağaç türlerinin yapıların farklı yerlerinde kullanıldığı bilinmektedir. Tayla (2007) tarafından hazırlanan “Geleneksel Türk Mimarisinde Yapı Sistem ve Elemanları I” adlı eserde özellikle iğne yapraklı ağaçlardan Sarıçamın geleneksel ev yapımının her bölümünde geniş bir şekilde kullanıldığı, Doğu ladininin özellikle dekorasyon ve iç doğrama yapımında kullanıldığı, Gökarnın iç doğrama, ahşap tavan ve döşeme gibi yapı elemanlarında kullanıldığı; yapraklı ağaçlardan özellikle Cevizin geleneksel evlerde çift katlı ve geçme küçük parçacıklardan yapılan tavanlarda ve çıtalarla yapılan boyasız tavanlarda kullanıldığı belirtilmektedir. Ahşap yapılarda özellikle taban ve tavan döşemeleri, giriş, lambri, kapı ve merdiven gibi yapı elemanları, mobilya ve sepet gibi eşyalar; cami, müze ve kiliselerdeki ahşap sanat eserleri ve müzik aletleri, ahşabı bir gıda maddesi olarak kullanan böcekler tarafından önemli derecede tahrip edilmektedir. Mobilya böcekleri (*Anobium punctatum*), ev teke böcekleri (*Hylotrupes bajulus*), parke böcekleri (*Lyctus spp*) ve ölüm saati böcekleri (*Xestobium rufovillosum*) en fazla rastlanan böceklerdir (Kartal, 2016).

Ahşap malzeme, bulunduğu bölgenin iklimsel koşullarına bağlı olarak çevresindeki hava sıcaklığı ve bağıl nemdeki günlük ya da mevsimsel değişimlerden etkilenmektedir. Bu durum da ahşabın içindeki nem oranının değişmesine yol açmaktadır. Ahşap, pek çok doğal malzeme gibi bulunduğu ortamın koşullarına bağlı olarak zamanla çeşitli bozulmalara maruz kalabilmektedir. Sıcaklık ve bağıl nem gibi iç ortam şartları ahşabın hizmet ömrünü etkileyen faktörler arasında yer almaktadır (Kartal ve ark., 2024). Ortamın higro-termal koşulları değiştiğinde ahşap yeni bir denge rutubet içeriğine ulaşma eğilimindedir. Suyu emer veya desorbe eder. Bu higroskopik davranış, malzemenin yapısında iç gerilimlere, deformasyonlara, ahşap desteklerin çatlamasına ve boyalı katmanlarda bozulmalara yol açabilmektedir. Zira bu durumlar, muhtemelen ahşap eserlerin korunmasındaki sorunların ana kaynağıdır (Allegretti ve Raffaelli, 2007). Literatürde yaşlanmış ahşabın higroskopik davranışlarına ilişkin bilgiler oldukça sınırlıdır. Kohara ve Okamoto (1955), yaşları 240 ile 1300 yıl arasında değişen iki eski Japon odun türünde higroskopisitede bir azalma olduğunu tespit etmişlerdir. Esteban ve ark., (2006), 205 yıllık yaşlanmış sarıçam odununa ait sorpsiyon eğrilerinin yeni oduna göre daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Gereke ve ark., (2011), doğal olarak yaşlanmış ve günümüz odun örneklerinden oluşan üç ağaç türünün rutubet davranışını araştırdıkları çalışmalarında yaşlanmanın ahşabın nem tepkisi ve boyutsal değişimi üzerinde belirgin bir etkisi olmadığı sonucuna varmışlardır. Topaloğlu (2023), çalışmasında sarıçamdan imal edilmiş eski pencere denizliklerinden alınan örnekler üzerinde gerçekleştirdiği su alma deneyi sonucunda, 2. saatten 312. saate kadar genel olarak su alma oranının zamanla arttığını, ancak 120. saatte bu artışın gerçekleşmediğini belirlemiştir.

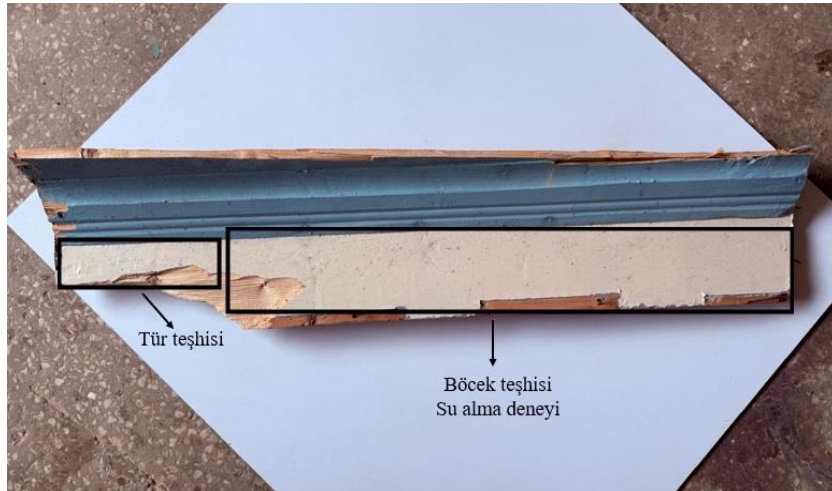
Ahşabın doğal yapısı, estetik görüntüsü, ısı ve ses yalıtımı gibi fonksiyonel özellikleri cami iç mekanlarını farklılaştıran önemli unsurlardır. Fakat zamanla çevresel faktörlerin etkisi ve kullanım koşulları nedeniyle ahşap malzemenin bozulması kaçınılmaz olmaktadır. Geleneksel yapı malzemelerinin malzeme özellikleri açısından değerlendirilmesi ve uygun malzeme seçimi restorasyon sürecinin sağlıklı bir şekilde yürütülmesi için büyük öneme sahiptir. Bu

çalışmanın amacı; cami iç mekânında kullanılan ahşap tavan elemanlarının odun türü teşhisini yaparak bu elemanların su ile ilişkisi ve böcek kaynaklı biyolojik bozulma durumlarını değerlendirerek caminin sürdürülebilir restorasyonuna katkı sağlayacak bilimsel veriler elde etmektir.

2. Materyal ve Metot

2.1 Materyal

Araştırma kapsamında kullanılan materyaller, Demirtaş-Derecik-Karaman Merkez Caminin restorasyona hazırlık aşamasında sökülen ve yeniden kullanım için uygun olmayan atık özgün ahşap tavan elemanlarıdır (Şekil 2). Çıplak gözle yapılan gözlemler sonucunda ahşap tavan elemanları üzerinde yağlı boya tabakasının olduğu, diri odunda böcek deliklerinin bulunduğu, çatlak ve çürüme gibi bozulmaların olmadığı görülmüştür. Çalışma kapsamında; eski örnekler (yağlı boyalı-rijinal) ve yeni örnekler (kontrol örneği) olmak üzere iki test grubu oluşturulmuştur. Yeni örnekler, eski örneklerle karşılaştırma yapmak amacıyla Trabzon'dan temin edilen Doğu ladini örnekleridir. Şekil 2'de özgün ahşap tavan elemanı üzerinde odun türü teşhisi, böcek zararının tespiti ve su alma deneyi için yapılan kesim planı belirtilmiştir.



Şekil 2. Özgün ahşap tavan elemanı ve kesim planı

2.2 Metot

2.2.1 Odun anatomisi ve tür teşhisi

KTÜ Orman Fakültesi, Odun Anatomisi Laboratuvarına ulaştırılan ahşap numunelerin zarar görmemiş kısımlarından $1 \times 1 \times 1$ cm boyutlarında kübik örnekler hazırlanmıştır. Örneklerdeki hava boşluklarının giderilmesi ve yumuşatılması, kesit alma sırasında hücre yapısının zarar görmemesi amacıyla bu parçalar saf su içerisinde dibe çökene kadar kaynatılmıştır. Ardından, her örnek, hacimce eşit oranlarda hazırlanmış alkol, gliserin ve saf su karışımı içerisinde muhafaza edilmiştir. Bu çözeltiye biyolojik bozulmaların önüne geçmek amacıyla uygun miktarda fenik asit eklenmiştir (Merev, 1998; Gerçek, 2011).

Kesit almaya uygun hale getirilen örneklerden, Reichert model kızaklı mikrotom kullanılarak yaklaşık 15-20 mikrometre kalınlığında enine (transversal), boyuna ışımsal (radyal) ve boyuna teğetsel (tanjansiyel) yönlerde mikroskobik kesitler hazırlanmıştır. Kesitler, yapısal pigmentlerin uzaklaştırılması amacıyla 5-10 dakika boyunca sodyum

hipoklorit çözeltisinde bekletilmiş ve ardından saf su ile durulanmıştır. Boyama öncesinde ortam pH'sinin nötrlenmesi için kesitlere 1-2 damla asetik asit uygulanmış, 1-2 dakika bekletildikten sonra tekrar saf su ile yıkanmıştır. Bu ön işlemlerin ardından kesitler, %0.5 oranında hazırlanmış %50'lik safranin çözeltisinde 5 dakika süreyle boyanmıştır. Fazla boyanın uzaklaştırılması amacıyla kesitler sırasıyla %70 ve %99'luk etanol serilerinden geçirilmiştir. Son aşamada, standart kalıcı preparat hazırlama protokolü izlenerek kesitler gliserin-jelatin ortamına alınmış ve mikroskopik incelemeye uygun daimi preparatlar elde edilmiştir (Ives, 2001).

Hazırlanan daimi preparatlara ait mikroskopik görüntüler, Olympus BX50 model araştırma mikroskobuna entegre dijital kamera aracılığıyla kaydedilmiş ve görsel analiz işlemleri BAB Bs200ProPlus Görüntü İşleme ve Analiz Yazılımı (Bab, 2000) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tür teşhisinde, IAWA Committee tarafından oluşturulan mikroskopik odun özelliklerine ilişkin standart tanımlamalar esas alınmış (Richter ve ark., 2004) ve Türkiye'de doğal olarak yayılış gösteren Gymnospermae taksonlarına ait odun atlası kullanılarak anatomik karşılaştırmalar yapılmıştır (Gerçek, 2011).

2.2.2 Böcek zararının tespiti

Eski ahşap tavan elemanlarından alınan örneklerde böcek zararı oldukça şiddetli olup tahribatın hangi böcek türünden kaynaklandığının tespiti amacıyla tür teşhisi yapılmak üzere ahşap örnekler, Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Odun Koruma Laboratuvarında Prof. Dr. Mesut Yalçın tarafından incelenmiştir. Bu amaçla böcek çıkış deliklerinin fazla olduğu ahşap elemanlardan örnekler alınmıştır. Laboratuvar ortamında Soif marka stereo mikroskobu yardımı ile örneklerdeki çıkış delikleri; şekli, büyüklüğü (çapı) ve dağılımı incelenmiştir. Örnekler parçalanarak böcek yeniği tozlardaki dışkıların; rengi, şekli, dokusu ve büyüklüğü incelenmiştir. Ayrıca döküntüler içerisinde ergin böcek araştırması yapıp elde edilen ergin böceklerin vücut yapıları, büyüklüğü, rengi vb. incelenmiştir. Elde edilen veriler teşhis anahtarlarında değerlendirilerek tür teşhisi yapılmıştır (Borror ve ark., 1989; Çanakçıoğlu ve Mol, 1998; Kaygın, 2007; Noldt ve Noldt, 2013; Elgharabawy ve Abied, 2019).

2.2.3 Genişleme anizotropisi ve su alma oranı

Su alma oranını belirlemek için $20 \times 20 \times 30$ mm (kalınlık $\times$ genişlik $\times$ uzunluk) boyutlarında kesilerek hazırlanan deney örnekleri 20 ± 2 °C sıcaklık ve $\%65 \pm 5$ bağıl nem koşullarında iklimlendirme odasında hava kurusu hale gelinceye kadar bekletilmiştir. Hava kurusu haldeki örnekler, kurutma etüvünde 103 ± 2 °C sıcaklıkta tam kuru ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Her bir grup için 30 adet test örneği kullanılmıştır. Tam kuru hale getirilmiş test örnekleri saf su ile doldurulmuş beher içerisine yerleştirilmiştir. Test örnekleri sırasıyla her 24 saatte bir beherden çıkarılmış ve yüzeylerindeki fazla su alınarak uzaklaştırılmıştır. Sudan çıkarılan örneklerin ağırlıkları ve boyutları ölçüldükten sonra tekrar suyu yenilenmiş beher içerisine yerleştirilmiştir. Bu işlem toplam 14 gün boyunca sürdürülmüştür. Her su değişimi sonrasında su alma oranı (SAO) Eşitlik 1 ve örnek boyutlarındaki değişimler yıllık halkalara teğet yönde (t), yıllık halkalara radyal yönde (r) ve lifler boyunca (l) olmak üzere ISO 13061-15 (2017) standardı esas alınarak hesaplanmıştır.

$$SAO = [(A_2 - A_1) / A_1] \times 100 \quad (1)$$

$$SAO = \text{Su alma oranı (\%)}$$

$$A_2 = \text{Suda bekletilen örneğin ağırlığı (g)}$$

$$A_1 = \text{Örneğin tam kuru ağırlığı (g)}$$

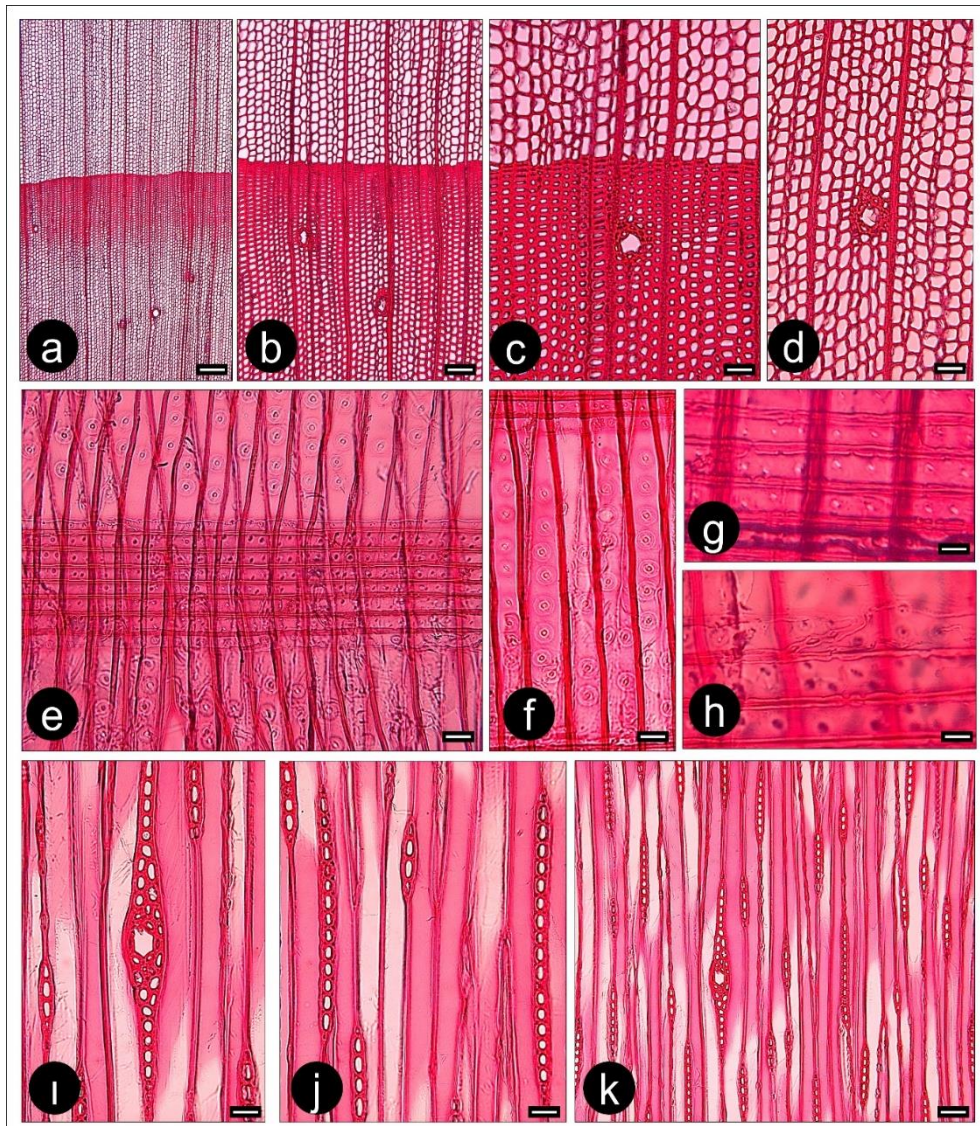
2.2.4 İstatistik hesaplarının yapılması

İstatistik hesaplamaları SPSS Statistics 27 programı kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen verilere ait aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri belirlenmiştir. Eski ve yeni örnek grupları arasında anlamlı farklar olup olmadığını belirlemek için Independent-Samples T testi uygulanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1 Odun anatomisi özellikleri

Mikroskobik incelemeler sonucunda, tarihi caminin tavanındaki eski ahşap elemanlarının Doğu ladini (*Picea orientalis* L.) türüne ait olduğu belirlenmiştir. Şekil 3'te Doğu ladini (*Picea orientalis* L.) türüne ait mikro fotoğraflar gösterilmiştir.



Şekil 3. Doğu ladini (*Picea orientalis* L.) odununun enine (a, b, c, d), radyal (e, f, g, h) ve teğet (i, j, k) kesitlerine ait mikro fotoğraflar. Ölçek çubuğu a=250 μ m; b=100 μ m; c,d,k=50 μ m; e, f, i, j=25 μ m; g,h=10 μ m

Doğu ladini odununun yıllık halka sınırları belirgin olup ilkbahar odunundan yaz odununa geçiş yavaştır (Şekil 3a-b). İlkbahar odunu traheidleri ince çeperli ve geniş lümenlidir (Şekil 3d). Yaz odunu traheidleri ise kalın çeperlidir ve daha küçük çaplara sahiptir (Şekil 3d). Boyuna reçine kanalları genellikle yaz odunu içerisinde yer almakta olup reçine kanalını çevreleyen 5-10 arasında değişen sayıdaki epitel hücreler kalın çeperlidir (Şekil 3b-c). İlkbahar odunu traheidleri radyal çeperlerinde çoğunlukla tek sıralı geçitler görülmekle birlikte çok geniş traheidlerde nadiren iki sıralı geçitler de gözlemlenmiştir (Şekil 3e-f).

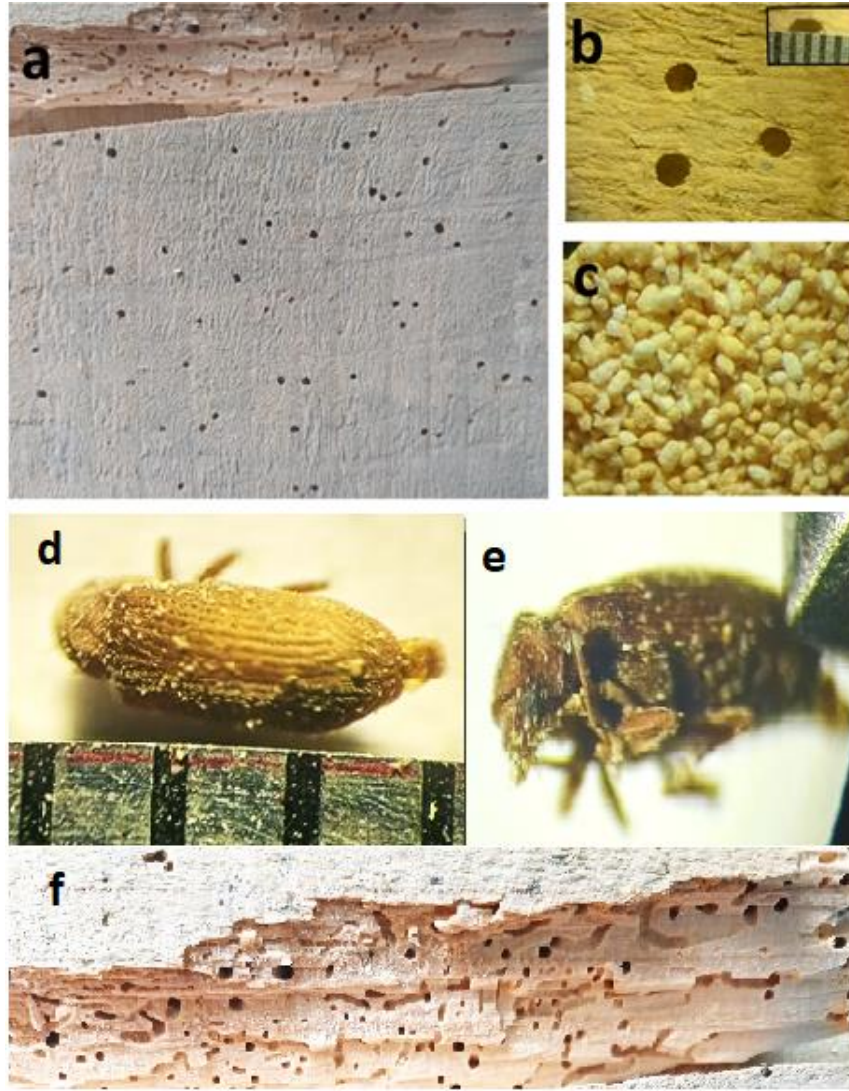
Öz ışınları genellikle tek sıralı dizilim gösterir. Özışınlarının maksimal yüksekliği yaklaşık 29 hücreye kadar ulaşmaktadır. Reçine kanalı içeren öz ışınlarının orta bölümlerinde hücre dizilimi sık olup yapıları heterojen karakterdedir. Reçine kanalını çevreleyen 5-10 arasında değişen sayıdaki epitel hücreler bulunmaktadır (Şekil 3i-j-k) (Sudo, 1968). Bu öz ışınlarının alt ve üst sınırlarında bir ya da iki sıralı enine traheid yer almakta olup bu traheidlerin çeperleri çoğunlukla ince, bazen de düzgün ya da dalgalı görünümde olabilir (Şekil 3e-h). Öz ışını paransim hücreleri ile boyuna traheidlerin karşılaşma yerlerinde 1-5 adet piceoid tipte geçit bulunmaktadır (Şekil 3g).

Doğu ladini, Türkiye ve Kafkasya’da genel olarak yayılış göstermekle birlikte Türkiye’de Ordu, Giresun, Trabzon, Rize ve Artvin’in dağlık kesimlerinde doğal olarak yayılış yapmaktadır. Doğal yayılış ortamında en fazla 60 m. boy yapabilen herdem yeşil ağaçlardır (Akkemik, 2020). Yapı malzemesi olarak, kapı ve pencere doğramalarında, gemi direği ve maden direği yapımında, yonga ve lif levha endüstrisinde, müzik aletleri yapımında kullanılmaktadır (Bozkurt ve Erdin, 2011). Doğu ladini ormanlarının Doğu Karadeniz Bölgesi’nde bol bulunur olması; odununun düzgün lifli, yumuşak ve orta ağırlıkta olması; ağırlığına göre yüksek direnç özellikleri göstermesi ve ahşap işçiliği açısından kolay işlenebilir özellikte olması bu türün geleneksel Doğu Karadeniz mimarisinde tercih edilmesinin temel nedenleri arasında yer almaktadır.

3.2 Böcek zararı

Eski tavan örneklerinde biyolojik tahribata sebep olan böcek türünün teşhisine ait fotoğraflar Şekil 4’te belirtilmiştir. Böcek zararı görmüş ahşap eleman örnekleri ön incelemede, kabuksuz yumuşak ağaç türü olup rutubet oranı %20’nin altında olduğu tespit edilmiştir. Odun örnekleri yüzeysel incelendiğinde, ergin böcek çıkış deliklerinin dairesel ve delik çaplarının yaklaşık 1-1.5 mm çapında olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4a-b). Odun örnekleri parçalanıp ergin, larva veya böcek dışkısı taraması yapılmıştır. Böcek dışkılarının, açık renkli, silindirik ve topak şeklinde olduğu ve dışkı boyunun yaklaşık 0.5 mm boyutunda olduğu belirlenmiştir (Şekil 4c). Ayrıca galerilerde ölü olarak tespit edilen ergin böceklerin ~3 mm boyunda, silindirik, protonumun kaidesinin elitradan biraz geniş, prothoraks koyu bir şekilde baştan itibaren sarımsı tüylerle örtülü olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4d). Antenler toplam vücut uzunluğunun yaklaşık üçte biri uzunluğundadır ve üç terminal segmentten oluşup hafifçe yassı olduğu tespit edilmiştir. Tüm bu inceleme ve teşhis anahtarları yardımıyla değerlendirmeler neticesinde ahşap yapı elemanında zarar yapan böcek türünün; Insecta sınıfı, Anobiidae familyası, Coleoptera takımı, Anobium cinsine ait *Anobium punctatum* türü olduğu tespit edilmiştir. *Anobium punctatum* Dünyada geniş bir yayılış alanına sahip olup Avrupa, Asya ve Kuzey Amerika’nın ılıman bölgelerinde yerli tür olarak bulunur. Sonradan Güney Afrika, Avustralya’da yayılış göstermiştir. Türkiye’de de geniş yayılış alanına sahip olup başta, İstanbul, Ankara, Doğu Karadeniz ve Doğu Anadolu Bölgesi’nde yayılış göstermektedir. Daha çok yumuşak ağaç türlerini tercih eden bu tür, iğne yapraklı türlerde diri odunu tercih ederken yapraklı türlerde öz odununu tercih etmektedir.

Uygun koşullar altında en şiddetli tahribat yaptığı türlerin başında, çam, ladin ve dişbudak gelmektedir (Kaygın, 2007).



Şekil 4. Deformasyona sebep olan böcek türünün teşhisi

a) Böcek tahribatına uğramış ahşap numune örneği, **b)** Ergin böcek çıkış deliği (Ölçekteki iki çizgi arası 1/2mm'dir), **c)** Böcek dışkısı, **d-e)** Ergin böcek ve farklı açıdan görünümü (Ölçekteki iki çizgi arası 1 mm'dir), **f)** Larva tünelleri

3.3 Genişleme anizotropisi ve su alma oranı

Higroskopik malzemeler için önemli özelliklerden olan nem alma (sorpsiyon) davranışı, söz konusu malzemelerden üretilen elemanların kullanım süresince boyutsal stabilitesini ve o malzemenin birçok kullanım alanı için uygunluğunu belirler (Noack ve ark., 1973). Bu nedenle bir ahşap elemanın rutubete maruz kaldığı kullanım yerlerinde malzemenin boyutsal kararlılığının dikkate alınması önemlidir. Boyutsal kararlılık bakımından ahşap malzeme anizotropik bir malzemedir. Yıllık halkalara teğet yönde, yıllık halkalara radyal yönde ve lifler boyunca daralır ya da genişler (Glass ve Zelinka, 2021). Eski ve yeni örneklerin genişleme yüzdelere ait tanımlayıcı istatistiksel bilgiler Çizelge 1'de belirtilmiştir.

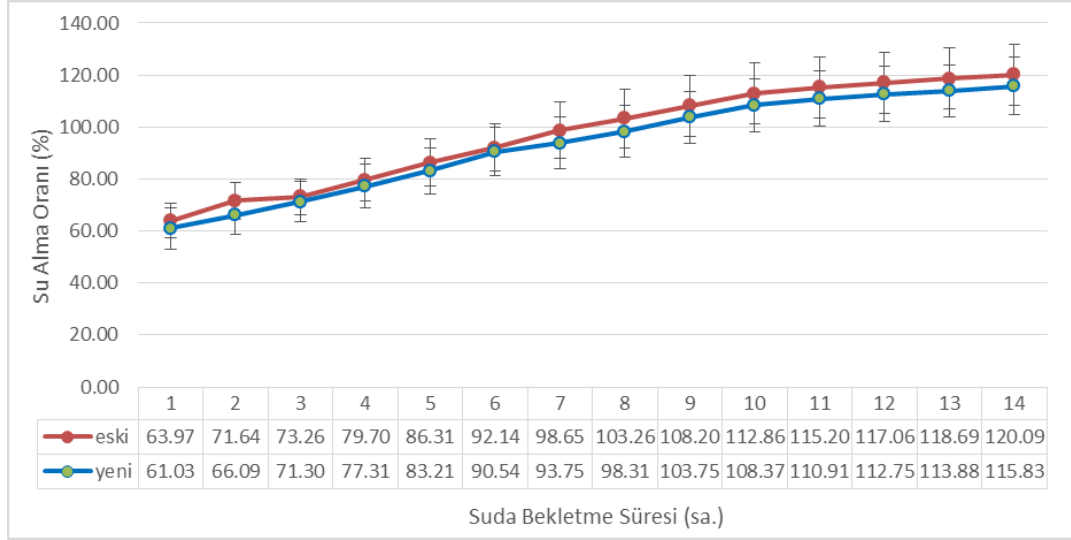
Çizelge 1. Eski ve yeni örneklerin genişleme yüzdesine ait tanımlayıcı istatistiksel bilgiler

Genişleme yüzdesi (%)			Sig. (2-tailed)
t	Eski	7.80 (0.94)*	0.030**
	Yeni	8.48 (0.80)	
r	Eski	4.22 (0.59)	0.001**
	Yeni	5.83 (0.76)	
l	Eski	0.33 (0.03)	0.001**
	Yeni	0.57 (0.04)	

* Standart sapma parantez içerisinde gösterilmiştir. ** $p \leq 0.05$ (p: önem düzeyi)

Çizelge 1’de görüldüğü üzere yeni örneklerin teğet yöndeki genişleme yüzdesi %8.48, radyal yöndeki genişleme yüzdesi %5.83 ve boyuna yöndeki genişleme yüzdesi ise %0.57 olarak belirlenmiştir. Ahşap kültürel miras objeleri ile ilgili sorunların birçoğunun ahşabın şişmesi ve daralmasından kaynaklandığı düşünüldüğünde yaşlanmış ahşabın nem alma davranışına ait bilgiler de önemlidir. Kranitz ve ark., (2016) tarafından yapılan derleme çalışmasında literatürde yaşlanmış ahşabın şişme davranışı konusunda az ve birbiriyle tutarsız kaynaklar bulunduğu belirtilmektedir. Literatürde belirtilen değerlere bakıldığında odunun daralma yüzdelere ait verilerin genişleme yüzdelere ait verilerden oldukça fazla olduğu belirlenmiş olup Aydın ve Çolak (2011), *Picea orientalis* L. odununun teğet yönde genişleme yüzdesini %8.64, radyal yönde genişleme yüzdesini ise %5.41 olarak belirlemişlerdir. Can ve ark., (2012), Türkiye’nin Doğu Karadeniz Bölgesi’nden almış oldukları *Picea orientalis* odununun teğet yöndeki genişleme yüzdesini %6.59 olarak tespit etmişlerdir. Independent-Samples T testi sonucuna göre eski ve yeni örneklerin teğet, radyal ve boyuna yöndeki genişleme yüzdeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu ve yaşlanmış tavan örneklerinin her üç yöndeki genişleme yüzdelerinin yeni örneklerin değerlerinden daha düşük olduğu belirlenmiştir. Yaşlı ahşabın azalan higroskopikliği, yaşlanma sürecinde meydana gelen en önemli kimyasal değişim olan hemiselülozların parçalanmasıyla açıklanmaktadır (Obataya, 2017). Ayrıca eski örneklerde arız olan *Anobium punctatum* böceğinin selülozu degrade edebilen enzimler üretme kapasitesine sahip olmaları (Erdin, 2009) eski odun örneklerinin teğet ve radyal yöndeki genişlemesinin yeni örneklerle kıyasla azalmasını sağlamış olabilir.

Ahşap higroskopiktir, yani hücre duvarı polimerlerindeki hidroksil grupları çevredeki nemle hidrojen bağı kurma eğilimindedir. Su, hücre duvarına eklendikçe ahşap hacmi neredeyse eklenen su hacmiyle orantılı olarak artar. Ahşabın şişmesi, hücre duvarı lif doygunluk noktasına ulaşıncaya kadar devam eder. Bu noktadan sonra alınan su, boşluklarda (lümenlerde) serbest su olarak kalır ve artık ahşabın şişmesine katkı sağlamaz (Rowell, 2013). Dolayısıyla bu çalışmada hem eski hem yeni örnekler, örnek rutubeti lif doygunluk noktasına (~%30) ulaşıncaya kadar su alıp şişme olayı gerçekleşmiş ve boyutlarında artış olmuştur. Lif doygunluk noktasından sonra su alma eylemi devam etmiş (Şekil 5) ancak örnek boyutlarında bir değişiklik olmamıştır. Eski ve yeni örneklerin suda bekletme sürelerine göre su alma oranları (%) Şekil 5’te gösterilmiştir. Buna göre iki haftalık suda bekletme sürecinde 24 saatte bir yapılan ölçümler sonucunda 24. saatten 336. saate kadar su alma oranları eski örnekler için %63.97-120.09 ve yeni örnekler için %61.03-115.83 olarak bulunmuştur. Her iki örnek grubu için suda bekletme süresi arttıkça su alma oranlarının arttığı tespit edilmiştir.



Şekil 5. Eski ve yeni örneklerin suda bekletme sürelerine göre su alma oranları

Su alma oranına ait Independent-Samples T testi sonuçları Çizelge 2’de belirtilmiştir.

Çizelge 2. Suda bekletme süresine göre SAO’ya ait Independent-Samples T testi sonuçları

Suda bekletme süresi (sa.)	Sig. (2-tailed)
24	0.24
48	0.03*
72	0.43
96	0.40
120	0.32
144	0.62
168	0.18
192	0.11
216	0.06
240	0.10
264	0.18
288	0.18
312	0.20
336	0.22

* $p \leq 0.05$ (p: önem düzeyi)

Independent-Samples T testi sonucuna göre eski ve yeni örneklerin 48. sa. hariç olmak üzere su alma oranları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı ($p \geq 0.05$) belirlenmiştir. Eski örnekler, 48 sa. suda bekletme süresinden sonra farklı bir higroskopik davranış göstererek yeni örneklerden daha fazla su almıştır. Bu saatten sonra suda bekletme süresi arttıkça yeni örnekler eski örneklerin aldığı su miktarına yakın oranlarda su almış olmasına rağmen istatistiksel olarak bu iki örnek grubu arasında farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Esteban ve ark., (2005), higroskopik yaşlanmayla tanımlanan higroskopisite kaybının yaşlı odunun hücre duvarındaki polar grupların su buharını bağlama yetisini kaybetmesiyle birlikte nem alma kapasitesinin azalması olarak açıklamaktadır. Ayrıca elde edilen bu sonuç, eski örnekler arız olarak odun dokusunu tahrip eden *Anobium punctatum* böceklerinin uçma delikleri açarak odunun permeabilitesini artırmasıyla ilişkili olabilir (Erdin, 2009).

4. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada, tarihi bir caminin eski ahşap tavan elemanlarının odun türü teşhisi, biyolojik tahribatı ve higroskopik özellikleri araştırılmış olup aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Yapılan mikroskobik analizler sonucunda, eski ahşap tavan elemanlarının Doğu ladini (*Picea orientalis* L.) türüne ait olduğu belirlenmiştir.
- Eski ahşap tavan elemanlarının diri odunu üzerinde tahribat yapan böcek türünün *Anobium punctatum* olduğu tespit edilmiştir.
- Eski tavan örneklerinin teğet, radyal ve boyuna yöndeki genişleme yüzdeleri yeni örneklerin genişleme yüzdelerinden daha küçüktür.
- İki haftalık suda bekletme süresince eski ve yeni örnekler genel olarak birbirine benzer bir higroskopik davranış göstermiştir.
- Demirtaş-Derecik-Karaman Merkez Caminin restorasyon çalışmaları kapsamında, tarihi özgünlüğün korunması açısından yeni ahşap tavan malzemesi seçiminde Doğu ladini türünün kullanılması ve yeni ahşap malzemenin fiziksel özellikleri dikkate alınarak iç mekanlarda kullanımında gerekli rutubet derecesine kadar kurutulması önerilmektedir. Ayrıca mevcut ahşap elemanlarda böcek aktivitesinin devam ettiğinin tespit edilmesi durumunda uygun tekniklerle mücadele yöntemleri uygulanmalıdır.

Teşekkür

Yazarlar, örnek temini ve saha çalışmaları sürecinde sağladığı destek ve yardımlar için Trabzon Derelik Karaman Mahallesi Muhtarlığına teşekkür ederler.

Yazar Katkıları

Elif Topaloğlu: Kavramsallaştırma, Metodolojinin belirlenmesi, Araştırmanın yapılması, Analizlerin yapılması, Veri iyileştirme, Kaynaklar, Denetleme, Doğrulama, Görselleştirme, Makale Taslak oluşturma, Makale Yazma, inceleme ve düzenleme. **Murat Öztürk:** Kavramsallaştırma, Metodolojinin belirlenmesi, Analizlerin yapılması, Kaynaklar, Doğrulama, Görselleştirme. **Derya Ustaömer:** Kavramsallaştırma, Metodolojinin belirlenmesi, Denetleme. **Mesut Yalçın:** Metodolojinin belirlenmesi, Analizlerin yapılması, Kaynaklar, Görselleştirme.

Finansal destek beyanı

Finansal destek alınmamıştır.

Çıkar çatışması

Yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynaklar

- Akkemik, Ü., (2020). *Türkiye'nin bütün ağaçları ve çalıları*, Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları, s. 161-212.
- Allegretti, O., and Raffaelli, F., (2007). External resistance to water vapour transfer of varnishes on wood, *Proceedings of the wood science and for conservation of culture heritage*, Florencia; Uzielli, L., Ed., 93-99.
- Aydın, H., (2017). *Geleneksel Anadolu cami mimarisinde ahşabın yapısal kullanımı*, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bursa, Türkiye.
- Aydın, İ., and Çolak, S., (2011). The changes in some physical and mechanical properties of steamed Spruce (*Picea orientalis* L.) wood, *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 4(1), 63-67.

- Bab, (2000). Bs200Pro Image System Software ISO 9001:2000
- Borror, D. J., Triplehorn, C. A., and Johnson, N. F., (1989). *An introduction to study of insects*, Bull. Entomol. Res., 81, p. 875, DOI: [10.1017/S0007485300051361](https://doi.org/10.1017/S0007485300051361)
- Bozkurt, A. Y., ve Erdin, N., (2011). *Ağaç teknolojisi*, İstanbul Üniversitesi Yayın No: 5029, Orman Fakültesi Yayın No: 445, İstanbul.
- Bozkurt, S. G., (2013). 19.yy da Osmanlı konut mimarisinde iç mekan kurgusunun Safranbolu evleri örneğinde irdelenmesi. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 62(2), 37-70, DOI: [10.17099/jffiu.38322](https://doi.org/10.17099/jffiu.38322)
- Can, A., Yildiz, S., and Yildiz, C. Ü., (2012). The effects of industrial-scale heat treatment and impregnation with boron compounds on water uptake and tangential swelling of some wood species, IRG/WP 12-40599, International Research Group on Wood Protection, 6-10 May 2012, Kuala Lumpur, Malaysia
- Çanakçıoğlu, H., ve Mol, T., (1998). *Orman entomolojisi (zararlı ve yararlı böcekler)*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ. Ü. Yayın No. 4063, O. F. Yayın No. 451, İstanbul.
- Elgharbawy, A. A., and Abied, M. K., (2019). A taxonomic review of Anobiinae and Dorcatominae (Ptinidae: Coleoptera) in Egypt, *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences. A. Entomology*, 12(5), 99-110. DOI: [10.21608/eajbsa.2019.55814](https://doi.org/10.21608/eajbsa.2019.55814)
- Erdin, N., (2009). *Ahşap konservasyonu*, İstanbul Üniversitesi Yayınları, No. 4840, Orman Fakültesi Yayınları, No. 492, İstanbul.
- Esteban, L. G., Gril, J., De Palacios, P. D. P., and Casasús, A. G., (2005). Reduction of wood hygroscopicity and associated dimensional response by repeated humidity cycles, *Annals of Forest Science*, 62(3), 275-284, DOI: [10.1051/forest:2005020](https://doi.org/10.1051/forest:2005020)
- Esteban, L.G., Fernández, F.G., Casasús, A.G., De palacios De Palacios, P., and Gril, J., (2006). Comparison of the hygroscopic behaviour of 205-year-old and recently cut juvenile wood from *Pinus sylvestris* L., *Annals of Forest Science*, 63(3), 309-317, DOI: [10.1051/forest:2006010](https://doi.org/10.1051/forest:2006010)
- Gerçek, Z., (2011). *Doğu Karadeniz bölgesindeki doğal Gymnospermae (Açık Tohumlular) taksonlarının odun atlası*, Trabzon, Türkiye: KTÜ Basımevi, ss. 1.
- Gereke, T., Anheuser, K., Lehmann, E., Kranitz, K., and Niemz, P., (2011). Moisture behaviour of recent and naturally aged wood, *Wood Research*, 56(1), 33-42.
- Glass, S., and Zelinka, S., (2021). *Moisture relations and physical properties of wood*, Chapter 4 in FPL-GTR-282, 4-1.
- Güler, İ. D., ve Tor, Ö., (2023). Kastamonu’da bulunan tarihi ahşap yapıların çatı sistemlerinin incelenmesi, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 6(1), 55-69. DOI: [10.33725/mamad.1289742](https://doi.org/10.33725/mamad.1289742)
- Hanedar, B., (2021). *İç mekânda ahşap malzeme kullanımı ve örnekler üzerinden incelenmesi*, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, Türkiye.
- ISO 13061-15, (2017) Physical and mechanical properties of wood-test methods for small clear wood specimens-Part 15: Determination of radial and tangential swelling, The International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

- Ives, E., (2001). *A guide to wood microtomy: Making quality microslides of wood sections*, Ipswich, United Kingdom.
- Kartal, S. N., (2016). Tarihi ahşap yapılarda biyotik/abiyotik bozunmalar ve koruma/bakım önlemleri, *Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi*, 16, 51-58.
- Kartal, S. N., Terzi, E., ve Köse, C., (2024). *Ahşabın korunması*, T. Akbulut (Ed.), Ahşap: Doğal ve yenilenebilir mühendislik malzemesi içinde (s. 154-185), İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Üniversite Yayınevi, ISBN: 978-605-7880-00-0
- Kaygın, A. T., (2007). *Endüstriyel odun zararlıları*, 1. Basım, Ankara, Türkiye: Nobel Yayın Dağıtım, 243.
- Kazaz, E., (2016). *Trabzon kırsal cami mimarisi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon, Türkiye.
- Kohara, J., and Okamoto, H., (1955). Studies of Japanese old timbers, *Scientific Reports of the Saikyo University*, 7(1), 9-20.
- Korkmaz, N., (2016). *Amasya camilerinde ahşap bindirme tavan*, Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Eskişehir, Türkiye.
- Kranitz, K., Sonderegger, W., Bues, C.T., and Niemz, P., (2016). Effects of aging on wood: a literature review, *Wood Science and Technology*, 50(1), 7-22, DOI: <https://doi.org/10.1007/s00226-015-0766-0>
- Merev, N., (1998). *Doğu Karadeniz bölgesindeki doğal Angiospermae taksonlarının odun anatomisi*, Trabzon, Türkiye: KTÜ Basımevi, ss. 9-12.
- Noack, D., Schwab, E., and Bartz, A., (1973). Characteristics for a judgment of the sorption and swelling behavior of wood, *Wood Science and Technology*, 7, 218-236, DOI: [10.1007/BF00355552](https://doi.org/10.1007/BF00355552)
- Noldt, U., and Noldt, G., (2013). Manual on wood-destroying insects and their monitoring, 32 Federal Research Institute for Rural Areas, Forestry and Fisheries Institute of Wood Technology and Wood Biology (HTB), Hamburg.
- Obataya, E., (2017). Effects of natural and artificial ageing on the physical and acoustic properties of wood in musical instruments, *Journal of Cultural Heritage*, 27, S63-S69, DOI: [10.1016/j.culher.2016.02.011](https://doi.org/10.1016/j.culher.2016.02.011)
- Özodabaş, A., (2023). Anadolu'daki tarihi camiler ve Söğüt Çelebi Sultan Mehmet Cami, *Journal of Humanities and Tourism Research*, 13(1), 1-20.
- Richter, H. G., Grosser, D., Heinz, I., and Gasson, P. E., (Eds.), (2004). IAWA list of microscopic features for softwood identification, *IAWA journal*, 25(1), 1-70, DOI: [10.1163/22941932-90000349](https://doi.org/10.1163/22941932-90000349)
- Rowell, R. M., (2013). *Moisture properties*. In: Rowell RM (ed) Handbook of wood chemistry and wood composites, 2nd edn. CRC Press, Boca Raton, pp 75-97.
- Sarı, Y., (2021). *Trabzon ve ilçelerinde camiler*, On Dokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Doktora Tezi, Samsun, Türkiye.
- Sudo, S., (1968). Anatomical studies on the wood of species of *Picea*, with some considerations on their geographical distribution and taxonomy, *Tokyo Bulletin of the Government Forest Experiment Station*, 215, 39-130.

- Tayla, H., (2007). *Geleneksel Türk mimarisinde yapı sistem ve elemanları I*, 1. baskı, TAÇ Vakfı, İstanbul.
- Topaloglu, E., (2023). Effect of natural aging on selected properties of wooden facade elements made of scots pine and chestnut, *Maderas. Ciencia y tecnología*, 25, 1-12. DOI: [10.4067/s0718-221x2023000100418](https://doi.org/10.4067/s0718-221x2023000100418)
- Zorlu, T., (2017). Karadeniz Bölgesi'nde ahşap camiler: Trabzon Örneği, *Mimarlık* 395, Mayıs-Haziran.