

## Limon servi (*Cupressus Macrocarpa*) odununun seçili özelliklerinin belirlenmesi ve diğer bazı ağaç türü odunları ile karşılaştırılması

### Determination of selected properties of lemon cypress (*Cupressus macrocarpa*) wood and comparison with some other wood species

 Vedat ÇAVUŞ<sup>1</sup>,  Bekir Cihad BAL<sup>2</sup>,  Nasır NARLIOĞLU<sup>1</sup>

#### Özet

Bir ağacın odununun kullanım alanı belirlenirken; yüzey rengi ve dokusu gibi fiziksel özelliklerinin yanı sıra, kimyasal ve mekanik özellikleri gibi temel odun özelliklerinin de dikkate alınması gerekmektedir. Odun türleri, kullanım amacına göre seçilmektedir; taşıyıcı yapılarda mekanik dayanımı yüksek olan türler, iç dekorasyonda ise estetik görünümü ön planda olan türler tercih edilmektedir. Bu çalışmada, odun kokusu nedeniyle Limon servisi (*Cupressus Macrocarpa* Goldcrest) olarak adlandırılan ağaç türünün bazı fiziksel (yoğunluk, teğet genişleme, radyal genişleme ve boyuna genişleme), kimyasal (ekstraktif, hemiselüloz, holoselüloz ve alfaselüloz) ve mekanik özellikleri (eğilme direnci, elastikiyet modülü, vida tutma direnci ve statik sertlik) araştırılmıştır. Yapılan testler sonunda, fiziksel özelliklerden tam kuru yoğunluk 0,439 g/cm<sup>3</sup>, teğet yönde genişleme %6,1, radyal yönde genişleme %4,4 ve boyuna yönde genişleme %0,3, hacmen genişleme %10,8, lif doygunluk noktası %24,7 ve su alma miktarı %103 (suya daldırma sonrası) olarak elde edilmiştir. Eğilme direnci 61,3 N/mm<sup>2</sup>, eğilmede elastikiyet modülü 6189 N/mm<sup>2</sup>, ortalama değerleri elde edilmiştir. Teğet, radyal ve enine yüzeylerde statik sertlik ortalama değerleri sırasıyla 27,6, 25,7 ve 48,7 N/mm<sup>2</sup> ve vida tutma kapasitesi değerleri ise 20,7, 17,1 ve 15,1 N/mm<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir. Kimyasal analizler sonrasında odunun holoselüloz oranı %69,36, alfaselüloz oranı %41,61, hemiselüloz oranı %27,75 ve ekstratif madde oranı ise %3,41 olarak hesaplanmıştır. Testlerden elde edilen verilere göre; en yüksek vida tutma kapasitesi teğet yüzeyde, en yüksek statik sertlik değeri ise enine yüzeyde tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Limon servi, fiziksel özellikler, mekanik özellikler, kimyasal özellikler

#### Abstract

When deciding where to use the wood of a tree, attention should be paid to important wood properties such as surface color, texture, and smell, as well as physical, chemical, and mechanical properties. Those with high mechanical performance are preferred for load-bearing applications and those that give an aesthetically pleasing appearance are preferred for interior decoration. This study investigated some physical (density, tangential, radial, and longitudinal swelling), some chemical (extractive, hemicellulose, holocellulose, and alphacellulose) and mechanical properties (bending strength, modulus of elasticity, screw holding capacity, static hardness) of a wood species called Lemon cypress (*Cupressus macrocarpa Goldcrest*) due to its wood odor. As a result of the tests, average values of 439 kg/m<sup>3</sup> oven-dried density, 6,1% tangential swelling, 4,4% radial swelling and 0,3% longitudinal swelling, 10,8% volumetric swelling, 24,7% fiber saturation point and 103% water absorption (after water soaking) were obtained from physical properties. Bending resistance 61,3 2 N/mm<sup>2</sup>, modulus of elasticity 6189 N/mm<sup>2</sup>, average values were obtained. The average values of static hardness on the tangential, radial, and transverse surfaces were 27.6, 25.7, and 48.7, and screw holding capacity values were 20.7, 17.1, and 15.1 respectively. Chemical analysis showed that the holocellulose of the wood was 69.36%, alphacellulose was 41.61%, hemicellulose content was 27.75% and extractive matter content was 3.41%. Based on the data obtained from the tests, the highest screw-holding capacity was determined on the tangential surface and the static hardness value was determined in the transverse surface.

**Keywords:** Lemon cypress, physical properties, mechanical properties, chemical properties.

Geliş Tarihi: 19.02.2025, Düzeltme Tarihi: 30.05.2025, Kabul Tarihi: 03.06.2025

Adres: <sup>1</sup>İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Türkiye

<sup>2</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Malzeme Bölümü, Türkiye

E mail: vedat.cavus@ikcu.edu.tr

## 1. Giriş

Endüstriyel olmayan odun türleri, genellikle yerel ve küçük ölçekli kullanımlarda tercih edilir. Bu tür odunların fiziksel ve mekanik özelliklerinin bilinmesi, onların daha verimli ve etkili kullanılmasını sağlar. Bu sayede doğal kaynakların korunması, doğru kullanım alanlarının belirlenmesi, verimlilik, yanlış kullanımın önlenmesi, atıkların azaltılması ve odun türünün yapacak veya yakacak olarak kullanımının belirlenmesi gibi birçok fayda sağlayabilir. Özellikleri bilinen odunlar hem yerel hem de ülke ekonomisinde daha etkin bir şekilde değerlendirilebilir ve yeni ürünlerin geliştirilmesi için ilham kaynağı olabilir. Servigiller olarak bilinen Cupressaceae familyası yaklaşık 140 tür içermektedir. Cupressus cinsi 12 tür içerir ve Monterey servi olarak da bilinen *Cupressus macrocarpa* (*Hesperocyparis macrocarpa*) her iki yarımkürede de geniş yayılım gösterir (Bean, 1981). Tür adını Kaliforniya'da bulunan Monterey Yarımadası'ndan almaktadır (Hogan ve Frankis, 2009). *C. macrocarpa*'nın süs bitkisi olarak kullanılan birçok çeşidi vardır. Bunlardan biri, yaprakları ovuşturulduğunda limon kokusu veren ve halk arasında limoni servi olarak da bilinen *C. macrocarpa* cv. Goldcrest çeşididir (Sarı ve Karaşah, 2021; Öndeş ve Mert, 2023). Limoni servi süs bitkisi olup, çarpıcı renkleri nedeniyle bahçe düzenlemelerinde tercih edilen bir çeşittir (Cabrera ve ark., 2007). Uzun sıralar halinde dikildiğinde etkili bir rüzgar siperi veya çit görevi görebilir. Bu ağaç, dünya çapında tropikal ve ılıman bölgelerde yaygın dağılım gösterir (Cool, 2005; Thukral ve ark., 2014; Saad ve ark. 2017). Ancak İngiltere, Batı Avrupa, Yeni Zelanda ve Avustralya'da da yaygın olarak yetiştirilmektedir. Olgun Monterey servisi 20 ile 25 m yüksekliğe ulaşabilir. Monterey servisi en kullanışlı süs ağaçlarından biri olup tuza karşı toleransının fazla olması ve istenildiği gibi şekillendirilebildiği için deniz kenarı dikimleri için idealdir. İdeal koşullar altında, Monterey servisi sadece on yıl içinde 12 m boyunda olgun bir ağaç haline gelebilir. Bir çit oluşturmak için budanabilirken daha küçük çeşitler (Goldcrest gibi) saksılarda yetiştirilir.

*Cupressus macrocarpa*, uzun yıllar geleneksel olarak çeşitli rahatsızlıkların tedavisinde kullanılmıştır; örneğin kanamayı durdurma, ödem giderme, boğmaca ve romatizma (Thukral ve ark., 2014; Saad ve ark. 2017). Farnosötik özelliklerinin yanı sıra servi ağacının odunu da birçok amaç için kullanılmaktadır. Servi ağacı odunu bina dışı doğramacılıkta, dış cephe kaplamalarında ve tekne yapımında kullanılmaya uygun bir malzemedir. Günümüzde mobilya üretiminde kullanılmasına rağmen sertliğinin düşük olması bu kullanım özelliğini olumsuz etkilemektedir (Okino ve ark., 2010). Önceki yıllarda portatif ağaç biçme makinelerinin geliştirilmesiyle servi ağacı üretiminin arttığı ve çekici

görünümü nedeniyle bu ağaç odunun kapılarda, doğramalarda ve mutfaklarda yaygın olarak kullanıldığı belirtilmiştir (Clifton, 1990; Farjon 2005).

Şekil 1-A-B-C-D’de sürgünleri, kozalak, kabuk ve genel görünümü verilen limon servi ağacında gövde kabuğu esmer-kırmızı levhalar halinde çatlaklıdır. Sürgünleri 4 köşeli pul yaprakları koyu yeşil, uçları kütçe, sırtlarında belirgin olmayan uzun yağ bezeleri vardır. Kahve renkli kozalakları 25-30 mm çaplı, yuvarlak ve 8-12 puldan oluşur (Ermeýdan ve ark., 2011).

Dünyanın birçok yerinde servi odununun kullanım yerleri farklılık göstermektedir. Bu ağaç türünün odunu Kenya’da kereste olarak, Guatemala’da yakıt ve kereste kaynağı olarak Venezuela’da kağıt hamuru kaynağı olarak ve Brezilya’da ise panel endüstrisi ve kağıt hamuru için hammadde kaynağı olarak kullanılmaktadır (Esmeralda ve ark., 2010). Kerestesinin hafif, sarı-kahverengi renkte oluşu, ince düzgün dokusu ve parlaklığı nedeniyle sıklıkla kauri (*Agathis australis*) ile karşılaştırılır. Servi ağacının karakteristik bir kokusu vardır, orta ila düşük yoğunluklu olarak derecelendirilir ve dış doğramalarda, ısı levhalarında ve tekne yapımında kullanım için son derece uygundur (Haslett, 1986).



**Şekil 1.** Limon servi’nin sürgünleri (A), kozalakları (B), kabuğu (C) ve genel görünümü (D).

Bu çalışmada, literatürde hakkında oldukça az çalışma yapılan, Limon servi (*Cupressus Macrocarpa* Goldcrest) odununun bazı fiziksel (yoğunluk, teğet genişleme, radyal genişleme ve boyuna genişleme), kimyasal (ekstraktif madde, hemiselüloz, holoselüloz ve alfaselüloz) ve mekanik özellikleri (eğilme direnci, elastikiyet modülü, vida tutma direnci, statik sertlik değeri) araştırılmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Materyal

Bu çalışmada, Limon servisi (*Cupressus Macrocarpa* Goldcrest) olarak bilinen türün potansiyel kullanım alanlarını belirlemek, ticari değerini ve pazar potansiyelini değerlendirmek ve sürdürülebilir kaynak yönetimine katkı sağlamak amacıyla yürütülmüştür. Deneme materyali, İzmir ili Güzelbahçe ilçesinde bir marangoz atölyesinden temin edilmiştir. TS ISO 3129 (2021) standardı esas alınarak, limon servi tomruğundan test örnekleri titizlikle hazırlanmıştır. Kesim süreci, limon servi tomruğunun alt kısmından 400 mm yukarıdan başlanarak, geometrik merkezinin belirlenip ikiye kesilmesiyle başlanmış ve bu süreci takiben tomruğun öz kısmı çıkarılarak homojen bir malzeme elde edilmesi sağlanmıştır. Elde edilen odunlar, 25 mm kalınlığında kaba kesimlere tabi tutulduktan sonra, oda şartlarında 6 ay boyunca kurumaya bırakılarak denge rutubet miktarına (DRM) ulaşması sağlanmıştır. Test örneklerinin ölçülendirilmesinde, lif doğrultusu dikkate alınmıştır. Kesim işlemi sırasında, yıllık halkaların her iki yüzeye paralel ve komşu yüzeylere dik olacak şekilde olmasına özen gösterilerek, elde edilen malzemenin yapısal özellikleri korunmuştur. Test sonuçlarının güvenilirliği artırmak amacıyla tomruk kesim aşamasından, örneklerin son ölçülerine getirilmesine kadar olan süreçte; budaksız, çatlaksız, düzgün lifli, kusursuz, renk farkı olmayan, reaksiyon odunu bulunmayan, mantar ve böcek zararına uğramamış diri odun kısımlarından örnek alınmasına azami özen gösterilmiştir. Tüm kesim işlemleri, şerit testere makinesinde radyal yön dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Kaba kesimleri yapılan keresteler, ilk olarak planya makinesinde komşu iki kenarın 90° ve karşılıklı yüzeylerin birbirine paralel olması sağlanmış ve ardından kalınlık makinesinde 22 mm kalınlığa indirilmiştir. Daha sonra, daire testere makinesinde 22x22x360 mm boyutlarında kesilerek, istenilen ölçülere getirilmiştir. Son olarak, örneklerin hassasiyetini artırmak amacıyla, kalibre kontak zımpara makinesinde sırasıyla kalınlık, genişlik ve boyu 20x20x360 mm olacak şekilde zımparalanmıştır. Bu işlem, örneklerin yüzey pürüzlülüğünü azaltarak, daha düzgün ve ölçülü bir yapıya sahip olmalarını sağlamıştır. Test örneklerinin hazırlanmasında, yıllık halkaların kesit yüzeyine teğet olması göz önünde bulundurularak standartlara uygun örnekler elde edilmiştir.

## 2.2. Metot

Testlere başlamadan önce, mekanik özellikleri belirlemek için hazırlanan test örneklerinin denge rutubet miktarında olması için örnekler  $20 \pm 2$  °C sıcaklık ve  $\%65 \pm 5$  nisbi rutubet oranına sahip özel bir iklimlendirme kabininde bekletilmiştir. Bu koşullar altında, numunelerin nem içeriği kademeli olarak dengelenerek,  $\%12$  denge rutubet miktarına ulaşarak daha kararlı ve güvenilir sonuçlar vermesini sağlamıştır. Kimyasal özelliklerin belirlenmesi için odun küçük parçalara ayrılmış ve ardından laboratuvar tipi bir öğütücüde öğütülmüştür. Öğütülen odun unları sarsak elek kullanılarak elenmiş ve eleme işlemini takiben 60-80 mesh (250-177  $\mu$ m) arası parçacık boyutundaki odun unları kimyasal analizler için kullanılmıştır. Ekstraktif madde miktarının belirlenmesi için hacimce 4-1-1 oranında toluen, aseton ve etanol kullanılarak soxhleth ekstraksiyonu düzeneğinde ekstraksiyon işlemleri gerçekleştirilmiştir. Holoselüloz miktarı, klorit yöntemine (Wise, 1962) göre, alfaselüloz miktarı ise TAPPI T (2009) 203 cm-99 standardına göre belirlenmiştir. Fiziksel özelliklerin belirlenmesi için 20x20x30 mm ölçülerinde 20 adet test örneği hazırlanmıştır. Test örnekleri üzerinde, rutubet miktarı TS-ISO-13061-1 (2021)'e göre, tam kuru yoğunluk TS-ISO-13061-2 (2021)'e göre, radyal, teğet, boyuna genişleme TS-ISO-13061-15 (2021)'e ve hacmen genişleme TS ISO 13061-16 (2021)'e göre belirlenmiştir. Fiziksel özelliklerin belirlenmesi için hazırlanan test örnekleri, öncelikle etüvde tam kuru hale getirilmiş ve bu haldeki ölçüleri ve ağırlığı belirlenmiş bu verilerle tam kuru yoğunluğu hesaplanmıştır. Sonra bu test örnekleri suya daldırılmış ve 2 hafta bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda sudan çıkarılan test örneklerinin ağırlığı ve ölçüleri belirlenmiş bu verilerle genişleme yüzdeleri ve rutubet yüzdesi belirlenmiştir. Lif doygunluk noktası (LDN) ise aşağıdaki Formül 1'e göre belirlenmiştir.

$$LDN = \frac{\beta v}{D_o} (\%) \quad (1)$$

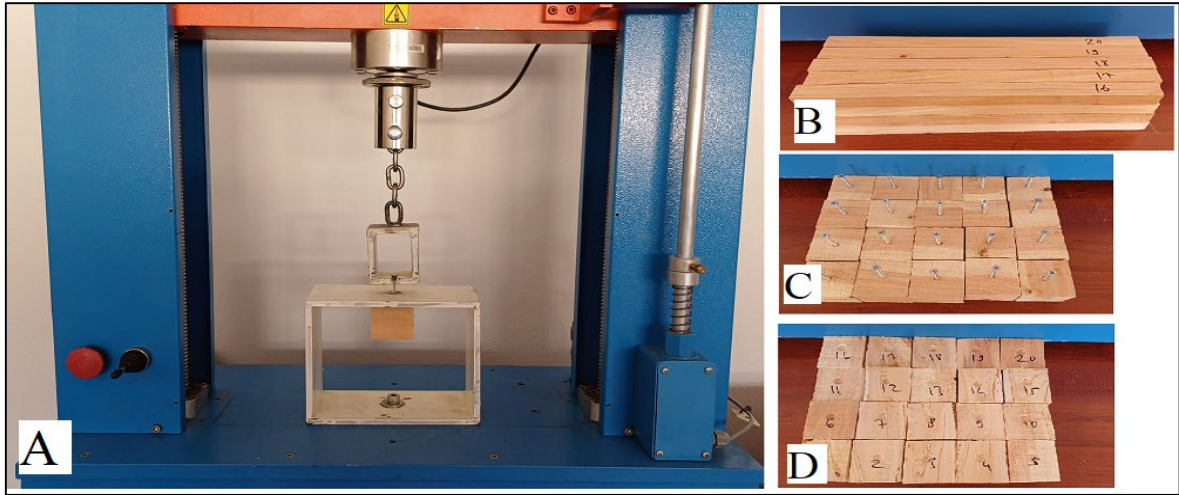
Burada;

$\beta v$ : hacmen genişleme miktarı,

$D_o$ : tam kuru yoğunluk değeri.

Eğilme direnci, Janka sertlik ve vida tutma kapasitesi testleri ölçümleri, elektro mekanik prensiple çalışan 10 kN kapasiteli test cihazında yapılmıştır (Şekil 2-A). Eğilme direnci (Şekil 2-B) TS-ISO-13061-3 (2021)'e, eğilmede elastikiyet modülü TS-ISO-13061-4 (2021)'e, janka sertlik (Şekil 2-D) değeri TS ISO 13061-12 (2021)'e göre ve vida tutma (Şekil 2-C) kapasitesi TS- EN-13446 (2002) standartlarında belirtilen esaslara uygun olarak

yapılmıştır. Bu testlerin yapıldığı test cihazının ve test örneklerinin görüntüleri Şekil 2’de verilmiştir. Eğilme direnci test örnekleri 20x20x360 mm ölçülerinde, statik sertlik test örnekleri 50x50x50 mm ölçülerinde hazırlanmıştır. Eğilme direncinde mesnetler arası mesafe 300 mm olarak ayarlanmıştır. Eğilme direnci testinde kuvvet radyal yüzeye (teğet yönde) uygulanmıştır. Vida tutma kapasitesinin belirlenmesi için 4 mm çapında ve 50 mm boyunda çinko vidalar kullanılmıştır. Vidaların montajı öncesinde, her bir örneklere sütunlu matkap yardımıyla 2,5 mm çapında ve 20 mm derinliğinde kılavuz delikler açılmış ve vidaların düzgün bir şekilde yerleştirilmesi sağlanmıştır. Vidalar, kılavuz deliklerine tam olarak delik boyu kadar vidalanmıştır. Statik sertlik direncinin belirlenmesi amacıyla test cihazının yükleme ucu hızı 5 mm/dk olarak ayarlanmış ve yarımküre şeklindeki ucun yarıçapına uygun olarak 5,64 mm’lik bir çukur oluşturulmuştur. Hem vida tutma kapasitesi hem de statik sertlik direnci deneyleri, odunun enine, teğet ve radyal yüzeylerinde gerçekleştirilmiştir. Bu sayede, odunun anizotropik yapısının bu özellikler üzerindeki etkisi ayrıntılı olarak incelenmiştir.



**Şekil 2.** Test cihazı (A), eğilme direnci test örnekleri (B), vida tutma testi (C), Janka sertlik testi test örnekleri (D).

Testler sonunda elde edilen deney verileri, istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Her bir özellik için minimum, maksimum, standart sapma ve aritmetik ortalama değerleri hesaplanarak, farklı yönlerdeki performans karşılaştırmaları yapılmıştır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Limon servi odununun bazı fiziksel özelliklerine ait değerler Çizelge 1’de gösterilmiştir. Tam kuru ortalama yoğunluk değeri  $0,439 \text{ g/cm}^3$  olarak belirlenmiştir. Teğet yönde ortalama genişleme değeri %6,1, radyal yönde ortalama genişleme değeri %4,4 ve boyuna yönde ortalama genişleme %0,3, hacmen ortalama genişleme değeri %10,8, ortalama lif doygunluk noktası %24,7 ve suya daldırma süresi sonunda elde edilen ortalama su alma yüzdesi %103 olarak hesaplanmıştır. Limon servisi (*Cupressus Macrocarpa* Goldcrest) odununun tam kuru yoğunluk değeri ( $D_0$ ) ortalama olarak  $0,439 \text{ g/cm}^3$  olarak belirlenmiştir. Bu değer, limon servisi odun özelliklerinin belirlenmesi ve diğer ağaç türleriyle karşılaştırılması açısından önemlidir. Literatür incelendiğinde, limon servisi odununun fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine yapılan çalışmaların oldukça sınırlı olduğu görülmektedir.

**Çizelge 1.** Fiziksel özelliklere ait veriler.

	TKY ( $\text{g/cm}^3$ )	TG (%)	RG (%)	BG (%)	HG (%)	LDN (%)	SA (%)
x	0,439	6,1	4,4	0,3	10,8	24,7	103,0
ss	19	1,3	0,9	0,1	1,5	3,4	7,8
min	0,415	4,0	2,7	0,1	8,6	17,7	92,7
mak	0,484	8,2	6,3	0,5	14,5	30,8	121,1

**TKY:** tam kuru yoğunluk; **TG:** teğet genişleme; **RG:** radyal genişleme; **BY:** boyuna yönde genişleme; **HG:** hacmen genişleme; **LDN:** Lif doygunluk noktası; **SA:** Su alma miktarı.

Farklı zamanlarda yapılan çalışmalarda, çeşitli ağaç türlerinin yoğunluk değerleri belirlenmiştir. Bu çalışmalarda elde edilen bazı yoğunluk değerleri şu şekildedir: Kavak  $0,37 \text{ gr/cm}^3$ , Karaçam  $0,43 \text{ gr/cm}^3$ , Kızılcım  $0,46 \text{ gr/cm}^3$ , Gökmar  $0,49 \text{ gr/cm}^3$ , Gümüşi ihlamur  $0,504 \text{ gr/cm}^3$ , Gülibrişim  $0,53 \text{ gr/cm}^3$ , Kayın  $0,60 \text{ gr/cm}^3$ , Ceviz  $0,78 \text{ gr/cm}^3$ , Kayısı  $0,788 \text{ g/cm}^3$ , Kurtbağrı  $0,79 \text{ gr/cm}^3$ , Söğüt  $0,46 \text{ gr/cm}^3$  (Örs ve Keskin, 2001; Tunçtaner ve ark., 2004; Bektaş ve ark., 2005; Korkut, 2011; Çavuş, 2019; Çavuş, 2020a; Çavuş, 2020b; Çavuş, 2020c; Çavuş, 2021; Kaya ve ark., 2024).

**Çizelge 2.** Kimyasal analiz verileri.

İstatistik değerler	Ekstraktif (%)	Holoselüloz (%)	Hemiselüloz (%)	Alfaselüloz (%)
x	3,41	69,36	27,75	41,61
ss	0,73	0,48	0,16	0,36



Limon servi odununun kimyasal analizleri sonrasında elde edilen veriler Çizelge 2’de gösterilmiştir. Limon servi odununun solvent ekstraksiyonu sonrasında ekstraktif madde miktarı %3,41 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, klorit yöntemine göre yapılan holoselüloz tayini sonrasında odunda bulunan yapısal karbonhidratların (selüloz ve hemiselüloz) toplam miktarı %69,36 olarak belirlenmiştir. Bunlara ek olarak, odunun alfaselüloz içeriğinin belirlenmesi amacıyla yapılan alfaselüloz tayini sonrasında limon servi odunun %41,61 oranında alfaselüloz içerdiği tespit edilmiştir. Odunların kimyasal bileşimleri ağaç türüne, yetiştirme yerine, mevsime ve birçok faktöre bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. İğne yapraklı ağaçların hemiselüloz oranları ağaç türlerine göre %20-32 arasında değişmektedir (Erdin ve Bozkurt, 2013). Servi ağacı türlerine ait odunların teknolojik karakterizasyonun yapıldığı bir çalışmada (Okino ve ark., 2010), servi odununun ortalama %4,1 oranında ekstraktif madde, %71,8 oranında holoselüloz ve %24,4 oranında hemiselüloz içerdiği bildirilmiştir. Başka bir çalışmada ise adi servi (*Cupressus sempervirens*) ağacı diri odununun %43,4 oranında, öz odunun %41,3 oranında alfaselüloz içerdiği belirtilmiştir. Bu çalışmada yapılan kimyasal analizler sonrasında elde edilen verilere göre limon servi odunun genel olarak literatürde verilen servi ağacı odunlarının kimyasal içeriklerine ait oranlar ile benzer oldukları görülmüştür.

Limon servi odununun bazı mekanik özelliklerine ait değerler Çizelge 3’te gösterilmiştir. Eğilme direnci ortalama değeri  $61,3 \text{ N/mm}^2$ , eğilmede elastikiyet modülü ortalama değeri  $6189 \text{ N/mm}^2$  olarak tespit edilmiştir. Teğet, radyal ve enine yüzeylerde statik sertlik ortalama değerleri sırasıyla  $27,6 \text{ N/mm}^2$ ,  $25,7 \text{ N/mm}^2$  ve  $48,7 \text{ N/mm}^2$ , vida tutma kapasitesi değerleri ise sırasıyla  $20,7 \text{ N/mm}^2$ ,  $17,1 \text{ N/mm}^2$  ve  $15,1 \text{ N/mm}^2$  olarak belirlenmiştir. En yüksek statik sertlik değeri enine yüzeyde elde edilirken en düşük değer ise radyal yüzeyden elde edilmiştir. En yüksek vida tutma kapasite değeri teğet yüzeyde elde edilirken en düşük değer ise enine yüzeyden elde edilmiştir.

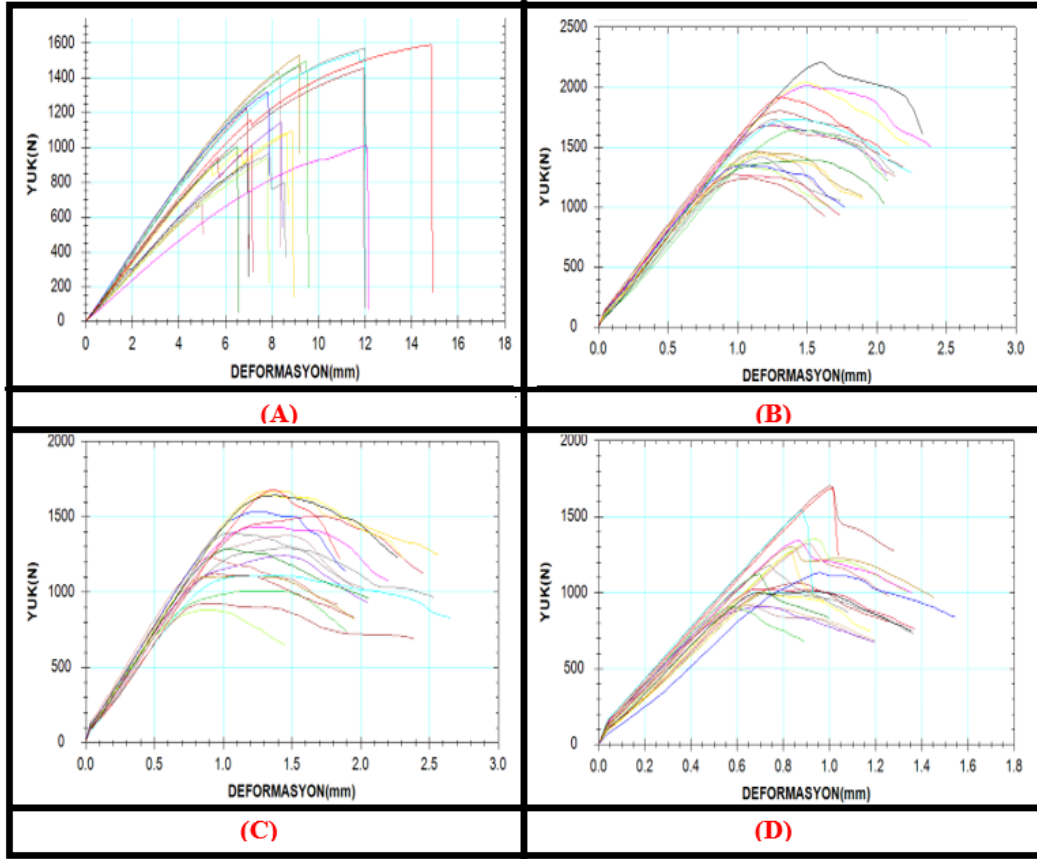
**Çizelge 3.** Mekanik özelliklere ait veriler.

İstatistik değerler	E.D. (N/mm <sup>2</sup> )	E.E.M. (N/mm <sup>2</sup> )	J.S. (N/mm <sup>2</sup> )			V.T.K (N/mm <sup>2</sup> )		
			TY	RY	EY	TY	RY	EY
x	61.3	6189	27.6	25.7	48.7	20.7	17.1	15.1
ss	11.0	765	3.8	3.0	2.8	3.4	3.3	3.2
min	45.5	5059	23.7	22.3	44.3	15.9	11.2	11.5
max	77.6	7299	35.8	31.4	52.8	28.2	21.6	21.7

**E.D:** Eğilme direnci; **E.E.M:** eğilmede elastikiyet modülü; **J.S:** Janka sertlik; **V.T.K:** vida tutma kapasitesi; **TY:** Teğet yüzey; **RY:** radyal yüzey; **EY:** enine yüzey.



Limon servi odununun eğilme direnci ortalama olarak  $61.3 \text{ N/mm}^2$  belirlenmiştir. Literatürde endüstriyel olan ve olmayan odun türleriyle yapılan eğilme direnci üzerine yapılan ve çalışmalarda: Gülibrişim  $63.70 \text{ N/mm}^2$  (Çavuş, 2019a); Kızılağaç  $75.98 \text{ N/mm}^2$  (Çalıova, 2011); Manolya  $85.56 \text{ N/mm}^2$  (Çavuş, 2019b); Yabani kiraz  $95.39 \text{ N/mm}^2$  (Aytin 2013); Kurtbağrı ağacı  $98.66 \text{ N/mm}^2$  (Çavuş, 2021); Dişbudak  $115.66 \text{ N/mm}^2$  (Alioğulları, 2010);  $\text{N/mm}^2$ ; Ihlamur  $83.26 \text{ N/mm}^2$  (Çavuş ve ark., 2022) tespit edilmiştir. Limon servi odununun eğilmede elastikiyet modülü değerleri  $6189 \text{ N/mm}^2$  olarak tespit edilmiştir. Literatürde eğilmede elastikiyet modülü üzerine yapılan ve endüstriyel olan ve olmayan türlerle yapılan çalışmalarda: Gülibrişim  $5029.00 \text{ N/mm}^2$  (Çavuş, 2019a); Kızılağaç  $7434.05 \text{ N/mm}^2$  (Çalıova, 2011); Manolya  $6375.66 \text{ N/mm}^2$  (Çavuş, 2019b); Yabani kiraz  $12793.80 \text{ N/mm}^2$  (Aytin 2013); Kurtbağrı ağacı  $6946.26 \text{ N/mm}^2$  (Çavuş, 2021); Ihlamur  $5206.02 \text{ N/mm}^2$  (Korkut, 2011); Dişbudak  $13651.00$  (Şahin, 2013); Kokar Ardiç  $6701.50 \text{ N/mm}^2$  (Çavuş, 2020); Ilgın  $7533.00 \text{ N/mm}^2$  (Mantanis ve Birbilis, 2010); Ihlamur  $8572,87 \text{ N/mm}^2$  (Çavuş ve ark., 2022) olarak belirlenmiştir. Limon servi odunun eğilme direnci esnasında elde edilen yük-deformasyon grafiği (Şekil 3-A) ile teğet (Şekil 3-B), radyal (Şekil 3-C) ve enine (Şekil 3-D) yüzeylerden elde edilen yük-deformasyon grafikleri Şekil- 3'te gösterilmiştir.



**Şekil 3.** Eğilme direnci (A), Vida Tutma Kapasitesi Testinde; teğet (B) radyal (C) ve enine (D) yüzeylerden elde edilen yük-deformasyon grafikleri.

Şekil 3-A incelendiğinde yük deformasyon grafiğinde yükün ani olarak düştüğü ve testin sonlandığı açıkça görülmektedir. Bu durum, eğilme yüklemesi altında kalan test örneğinin ani olarak kırıldığı bu nedenle de gevrek (kırılgan) özellikte bir malzeme olduğunun bir göstergesidir. Bazı ağaç türlerinde eğilme yükü altında kalan test örneği, test sonunda kademeli bir yük-deformasyon grafiği verir. Bu durum o ağaç türlerinin daha esnek (sünek) bir özelliğe sahip olduğunu gösterir (Bal ve Ayata 2020). Bir diğer anlatımla, elastiklik sınırı aşıldıktan kısa süre sonra kırılan malzemeler gevrek malzeme olarak tanımlanır (Örs ve Keskin 2001). Şekil 3-B, 3-C ve 3-D de vida tutma kapasitesi testinde teğet yüzeyde, radyal yüzeyde ve enine yüzeyde yapılan testlere ait yük-deformasyon eğrileri verilmiştir. Bu grafikler incelendiğinde birbirlerinden farklı olduğu, özellikle enine yüzeyde yapılan testte deformasyon miktarının diğer yüzeylere göre daha küçük olduğu ve kısa bir deformasyon sonunda vidanın yerinden çıktığı ve testin sonlandığı görülmektedir. Bu durum ise; masif ağaç malzemedeki enine yüzeylerde yapılan vidalı montajların diğer yüzeylere göre daha düşük bir performansa sahip olduğunun göstergesidir.

Limon servi odununun ortalama Janka sertlik değerleri (teğet, radyal ve enine) sırasıyla 27,6, 25,7 ve 48,7 N/mm<sup>2</sup>'dir. Teğet yüzeydeki ortalama Janka sertlik değeri radyal

yüzeyden daha yüksek tespit edilmesine rağmen en yüksek değer enine yüzeyde tespit edilmiştir. Limon servi odununun ortalama vida tutma kapasitesi (teğet, radyal ve enine yüzey) değerleri sırasıyla 20,7, 17,1 ve 15,1 N/mm<sup>2</sup>'dir. Teğet yüzeydeki ortalama vida tutma kapasitesi radyal yüzeyden ve enine yüzeyden daha yüksek; radyal yüzeydeki değer ise enine yüzeyden daha yüksek tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, Limon servi odununun farklı yönlerde farklı çivi tutma kapasitesine sahip olduğunu göstermektedir. Ağaç malzemenin anizotropik yapısı, mühendislik uygulamalarında dikkate alınması gereken önemli bir faktördür. Bu anizotropik yapı nedeniyle, ahşabın mekanik özellikleri, özellikle de vida tutma kapasitesi ve Janka sertlik değerleri, büyük ölçüde odun liflerinin yönüne bağlıdır. Literatürde yapılan çeşitli çalışmalar, ahşap kesit yönlerinin vida tutma kapasitesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir (Kılıç ve ark., 2007; Çağatay ve ark., 2012; Gaşparík vd., 2015; Çavuş ve Ayata, 2018). Bazı çalışmalarda, vida tutma kapasitesinin odun yoğunluğu ile ilişkili olduğu belirtilmiştir (Bal vd., 2013; Bal vd., 2016). Odun yoğunluğu arttıkça, genellikle vida tutma kapasitesinin de arttığı gözlemlenmektedir. Yapılan bir çalışmada kayısı odununun, çivi tutma kapasitesi teğet, radyal ve enine yüzeylerde sırasıyla 16,05, 21,07 ve 21,83 N/mm<sup>2</sup> olarak bulunmuştur (Ayata ve Bal, 2019). Bu çalışma, limon servi odununun özellikle mobilya ve benzeri uygulamalarda vida kullanımı, daha güçlü ve güvenilir bağlantılar sağlayabilir. Ancak, hangi tür bağlantı elemanının (çivi veya vida) kullanılacağına karar verirken, ahşabın türü, yoğunluğu, lif yönü ve uygulama alanı gibi faktörler dikkate alınmalıdır.

#### 4. Sonuçlar

Bu çalışmada, Limon servisi (*Cupressus Macrocarpa* Goldcrest) olarak adlandırılan ağaç türü odununun bazı fiziksel (yoğunluk, teğet genişleme radyal genişleme ve boyuna genişleme), kimyasal (ekstraktif madde, hemiselüloz, holoselüloz ve alfaselüloz) ve mekanik özellikleri (eğilme direnci, elastikiyet modülü, vida tutma direnci, statik sertlik) araştırılmıştır. Yapılan analizler ve testler sonunda aşağıdaki sonuçlar söylenebilir. Kimyasal analizler sonrasında elde edilen verilere göre ekstraktif madde, holoselüloz ve alfaselüloz oranlarının genel olarak iğne yapraklı ağaçlar için belirlenen sınır değerleri arasında olduğu ve literatürdeki çalışmalarda belirtilen sonuçlara yakın değerler sergilediği tespit edilmiştir. Test örneklerinden elde edilen veriler ışığında; vida tutma kapasitesi en yüksek teğet yüzeyde, statik sertlik değeri ise enine yönde tespit edilmiştir. Limon servi odununun vida tutma kapasitesi teğet kesit yüzeyde radyal ve enine yüzeylerine kıyasla daha yüksek vida tutma kapasitesine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu odunun vida

uygulamalarında teğet kesitin daha uygun bir seçenek olduğunu göstermektedir. Limon servi ağacının odununda yapılan sertlik testleri sonucunda, enine kesit yüzeyinin sertlik değerinin hem teğet hem de radyal kesit yüzeylerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu ağaç türünün ticari uygulanabilirliğini artırmak amacıyla, odunun biyolojik bozunmaya karşı doğal direnci ve kimyasal empenye sonrası dayanıklılığı, kuruma karakteristikleri (kuruma süresi ve kusur oluşumu dahil) ve çeşitli yüzey işlem/yapışma materyalleriyle performansı üzerine yapılacak detaylı araştırmalar yapılması gereklidir.

## Kaynaklar

- Alioğulları, S. (2010). “*Süleymaniye plantasyonlarında uygulanan dikim aralığının dar yapraklı dişbudak (Fraxinus angustifolia Vahl.) odununun bazı mekanik özelliklerine etkisi*”. Yüksek lisans tezi, Düzce Üniversitesi. Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ayata, Ü., & Bal, B. C. (2019). Kayısı (Prunus armeniaca L.) odununda çivi tutma direnci ve Janka sertlik değerinin belirlenmesi. In *Ziraat, orman ve su ürünleri alanında yeni ufuklar* (ss. 310-321). Gece Publishing.
- Aytin, A. (2013). “*Yabani kiraz (Cerasus avium (L.) Monench) odununun fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri üzerine yüksek sıcaklık uygulamasının etkisi*”. Doktora tezi, Düzce Üniversitesi. Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bal, B. C., Özdemir, F., & Altuntaş, E. (2013). Masif ağaç malzeme ve tabakalı kaplama kerestenin vida tutma direnci üzerine karşılaştırmalı bir çalışma. *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi*, 9(2), 14–22.
- Bal, B. C., & Ayata, Ü. (2020). Karaçam ve karakavak odunlarının bazı mekanik özellikleri üzerine karşılaştırmalı bir çalışma. *Turkish Journal of Forestry*, 21(4), 461–467.
- Bean, W. (1981). *Trees and shrubs hardy in Great Britain*. Murray.
- Bektaş, İ., Alma, H., & Fidan, S. (2005). Doğu çınarı (Platanus orientalis)'nın lambri yapımına uygunluğunun araştırılması (Proje No: 2003/1-5:17). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı.
- Cabrera, J., Martínez, F., & Granada, L. (2007). *Producción de Cedro Limón Cupressus macrocarpa Goldcrest en Morelos* (Folleto Técnico 29). Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, INIFAP.
- Çalıova, Z. (2011). *Kızılağaç ve doğu ladini odunlarının bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine ısıtma işleminin etkisi* Yüksek lisans tezi, Karabük Üniversitesi. Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Çağatay, K., Efe, H., Burdurlu, E., & Kesik, H. İ. (2012). Bazı ağaç malzemelerin vida tutma mukavemetlerinin belirlenmesi. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 12(2), 321–328.
- Cuban, L. (2001). *Oversold and underused: Computers in the classroom*. Harvard University Press.
- Çavuş, V. (2019a). İzmir'de yetişen gülibrişim (*Albizia julibrissin*) odununun bazı mekanik ve fiziksel özellikleri ile yüzey özelliklerinin belirlenmesi. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 20(4), 440–447. <https://doi.org/10.18182/tjf.611994>
- Çavuş, V. (2019b). Manolya (*Magnolia grandiflora* L.) odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri. In *MAS 10th International European Conference on Mathematics, Engineering, Natural & Medical Sciences* (ss. 44–52).
- Çavuş, V. (2020). Kokulu ardıç odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine bir araştırma. *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 1–9. <https://doi.org/10.33725/mamad.717060>
- Çavuş, V. (2020a). Kayısı ağacı (*Prunus armeniaca* L.) odununun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 22(2), 457–464. <https://doi.org/10.24011/barofd.729707>
- Çavuş, V. (2020b). Çitlembik (*Celtis australis* L.) odununun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi. In *1st International Hazar Scientific Research Conference* (ss. 912–927).
- Çavuş, V., & Ayata, Ü. (2018). Manolya ağacı, akçaağaç ve tespih ağacı odunlarında vida tutma direnci üzerine bir araştırma. *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 1(2), 94–102. <https://doi.org/10.33725/mamad.496615>
- Çavuş, V., Ersin, İ., & Bal, B. C. (2022). Ihlamur (*Tilia tomentosa*) odununun bazı teknolojik özelliklerinin belirlenmesi. *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 5(2), 120–130. <https://doi.org/10.33725/mamad.119034>
- Erdin, N., & Bozkurt, A. Y. (2013). *Odun anatomisi*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Ermeydan, M., Ermeydan, N., & Bekaroğlu, G. (2011). *Bahçivanlık el kitabının bitki bilgisi*. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Park Bahçe ve Yeşil Alanlar Daire Başkanlığı.
- Esmeralda, Y. A. O., Okino, M. R. D. S., Santana, M. A. E., Alves, M. V. D. S., Melo, J. E. D., Coradin, V. T. R., & Sousa, M. E. D. (2010). Technological characterization of *Cupressus* spp. wood. *Floresta e Ambiente*, 17(1), 1–11. <https://doi.org/10.4322/floram.2011.002>

- Farjon, A. (2005). *Monograph of Cupressaceae and Sciadopitys*. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Gašparík, M., Barčík, Š., Borůvka, V., & Holeček, T. (2015). Impact of thermal modification of spruce wood on screw direct withdrawal load resistance. *BioResources*, 10(1), 1790–1802.
- Haslett, A. N. (1986). *Australian blackwood (Acacia melanoxylon R. Br.): Properties and utilisation of exotic speciality timbers grown in New Zealand. Part 2* (New Zealand Forest Research Institute Bulletin No. 119). New Zealand Forest Research Institute.
- Hogan, C. M., & Frankis, M. P. (2009). Monterey cypress: *Cupressus macrocarpa*. GlobalTwitcher.com.
- Kaya, M., Bülbül, R., & Çavuş, V. (2024). Söğüt ağacının (*Salix alba* L.) öz ve diri odununun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi. *Turkish Journal of Forestry*, 25(3), 302–312. <https://doi.org/10.18182/tjf.1437947>
- Kılıç, M., Burdurlu, E., Usta, I., Berker, U. Ö., & Oduncu, P. (2007). Comparative analysis of the nail and screw withdrawal resistances of fir (*Abies* Mill.), cherry (*Prunus avium* L.), walnut (*Juglans regia* L.) and oak (*Quercus* L.) wood. *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi*, 2(2), 61–75.
- Korkut, S. (2011). Physical and mechanical properties and the use of lesser-known native Silver Lime (*Tilia argentea* Desf.) wood from Western Turkey. *African Journal of Biotechnology*, 10(76), 17458–17465.
- Mantanis, G. I., & Birbilis, D. (2010). Physical and mechanical properties of athel wood (*Tamarix aphylla*). *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2, 82–87.
- Okino, E. Y. A., Santana, M. A. E., Alves, M. V. D. S., Melo, J. E. D., Coradin, V. T. R., Souza, M. R. D., ... & Sousa, M. E. D. (2010). Technological characterization of *Cupressus* spp. wood. *Floresta e Ambiente*, 17(1), 1–11. <https://doi.org/10.4322/loram.2011.002>
- Örs, Y., & Keskin, H. (2001). *Ağaç malzeme bilgisi*. KOSGEB.
- Saad, A. M., Mohammed, M. M., Ghareeb, M. A., Ahmed, W. S., & Farid, M. A. (2017). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of the leaves of *Cupressus macrocarpa* Hartweg ex Gordon. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 7(9), 207–212. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2017.70928>

- Sarı, D., & Karaşah, B. (2021). Landscape Assessment of Plant Material Used in Campuses. *Multidisciplinary Perspectives in Educational and Social Sciences*, 253-280.
- Şahin, H. İ. (2013). “Isıl işlemin doğal ve plantasyon ormanlarında yetişen dişbudak (*Fraxinus angustifolia Vahl.*) odunlarının bazı teknolojik özelliklerine etkisi”. Doktora tezi, Düzce Üniversitesi. Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- TAPPI. (2009). *T 203 cm-99; Alpha, beta and gamma cellulose in pulp*. TAPPI Test Methods, 1–5.
- Thukral, S. K., Sumitra, S., & Surendra, K. S. (2014). Pharmacognostical standardization of leaves of *Cupressus macrocarpa* Hartweg ex Gordon. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 4, 71–74. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2014.40513>
- Tunçtaner, K., As, N., & Özden, Ö. (2004). Bazı kavak klonlarının büyüme performansları, odunlarının bazı teknolojik özellikleri ve kağıt üretimine uygunlukları üzerine araştırmalar (Çevre ve Orman Bakanlığı Yayın No: 212).
- Türk Standardları Enstitüsü. (2005). *TS EN 13446: Ahşap esaslı levhalar—Bağlayıcıların geri çıkma kapasitesinin tayini*. TSE.
- Türk Standardları Enstitüsü. (2021). *TS ISO 13061-1: Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri – Kusursuz küçük ahşap numunelerin deney yöntemleri – Bölüm 1: Fiziksel ve mekanik deneyler için nem muhtevasının belirlenmesi*. TSE.
- Türk Standardları Enstitüsü. (2021). *TS ISO 13061-2: Odunda fiziksel ve mekanik deneyler için birim hacim ağırlığı tayini*. TSE.
- Türk Standardları Enstitüsü. (2021). *TS ISO 13061-3: Odunun statik eğilme dayanımının tayini*. TSE.
- Türk Standardları Enstitüsü. (2021). *TS ISO 13061-4: Odunun statik eğilmede elastiklik modülünün tayini*. TSE.
- Türk Standardları Enstitüsü. (2021). *TS ISO 13061-12: Odunda fiziksel ve mekanik deneyler için statik sertliğin tayini*. TSE.
- Türk Standardları Enstitüsü. (2021). *TS ISO 13061-16: Odun: Fiziksel ve mekanik deneyler – Bölüm 16: Eğilme elastikiyet modülünün tayini*. TSE.
- Türk Standardları Enstitüsü. (2021). *TS ISO 3129: Odun – Küçük kusursuz odun numunelerinin mekanik ve fiziksel muayenesi için genel gerekler ve numune alma yöntemleri*. TSE.
- Wise, E. L., & Karl, H. L. (1962). Cellulose and hemicellulose. In *Pulp and paper science and technology* (Vol. 1). McGraw-Hil.