

Sarıkamış'ta Yetişen Sarıçam Odununun Fiziksel, Kimyasal ve Mekanik Özelliklerinin Diğer Çam Türleriyle Karşılaştırılması

Vedat Çavuş^{1,*}, Bekir Cihad Bal², Nasır Narlıoğlu³

¹İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Türkiye

²Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Malzeme Bölümü, Türkiye

³İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Türkiye

Makale Tarihi

Gönderim: 26.03.2025

Kabul: 08.08.2025

Yayın: 30.08.2025

Araştırma Makalesi



Öz – Türkiye'nin doğal ormanlarında beş farklı çam türü yetişmektedir. Bunlar; Kızılçam, Karaçam, Sarıçam, Fıstıkçamı ve Halep çamıdır. Sarıçam ağacının odunu, diğer çam türleri odunlarına göre daha dar yıllık halka, daha düzgün gövde, daha az odun kusuru bulundurması gibi nedenlerden dolayı birçok kullanım yeri için tercih edilmektedir. Ağaçların yetişme yeri, rakım, bakı, toprak özellikleri gibi etkenler odun özelliklerini etkilemektedir. Bu çalışmada, üstün odun özellikleri nedeniyle tercih edilen Sarıçam odununun bazı kimyasal (ekstraktif, hemiselüloz ve alfa selüloz), fiziksel (yoğunluk, teğet yönde genişleme radyal genişleme ve boyuna genişleme) ve mekanik özellikleri (eğilme direnci, elastikiyet modülü, vida tutma direnci, statik sertlik) araştırılmıştır. Kimyasal analiz sonuçlarına göre Sarıçam odununun %4,42 oranında ekstraktif madde, %27,72 oranında hemiselüloz ve %45,73 oranında alfa selüloz içerdiği tespit edilmiştir. Fiziksel özelliklerin belirlenmesi için yapılan testler sonunda; tam kuru yoğunluk 0,535 gr/cm³, teğet, radyal, boyuna ve hacimsel genişleme yüzdeleri sırasıyla %8,0-4,5-0,8-13,3, lif doygunluk noktası %25 ve su alma miktarı %71 olarak belirlenmiştir. Mekanik özelliklerden; eğilme direnci ortalama değerleri teğet yüzeyde 80,7 N/mm², radyal yüzeyde 88,8 N/mm² ve çapraz yönde (~45°) 85,4 N/mm² olarak en yüksek değer radyal yüzeyde elde edilirken en düşük değer teğet yüzeyde elde edilmiştir. Eğilmede elastikiyet modülü ortalama değerleri teğet yüzeyde 7525,5 N/mm², radyal yüzeyde 9030,6 N/mm² ve çapraz yönde (~45°) 8853,4 N/mm² olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler – Fiziksel özellikler, kimyasal özellikler, mekanik özellikler Sarıçam, Sarıkamış.

Comparative Analysis of the Physical, Chemical, and Mechanical Properties of Scots Pine Wood (*Pinus sylvestris*) Grown in Sarıkamış and Other Pine Species

¹İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Türkiye

²Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Malzeme Bölümü, Türkiye

³İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Türkiye

Article History

Received: 26.03.2025

Accepted: 08.08.2025

Published: 30.08.2025

Research Article

Abstract – Five different pine species naturally grow in Turkey's native forests: *Pinus brutia* (Turkish red pine), *Pinus nigra* (black pine), *Pinus sylvestris* (Scots pine), *Pinus pinea* (stone pine), and *Pinus halepensis* (Aleppo pine). Among them, Scots pine (*Pinus sylvestris*) is preferred for various applications due to its superior wood characteristics, such as narrower annual rings, straighter stems, and fewer wood defects compared to other pine species. Factors such as the tree's habitat, altitude, aspect, and soil properties significantly affect its wood properties. In this study, several chemical (extractives, hemicellulose, and alpha-cellulose), physical (density, tangential, radial, and longitudinal swelling), and mechanical (bending strength, modulus of elasticity, screw withdrawal resistance, and static hardness) properties of Scots pine wood, known for its advantageous technical qualities, were investigated. Chemical analysis revealed that the wood contains 4.42% extractive content, 27.72% hemicellulose, and 45.73% alpha-cellulose. According to physical tests, the oven-dry density was found to be 0.535 g/cm³; tangential, radial, longitudinal, and volumetric swelling ratios were 8.0%, 4.5%, 0.8%, and 13.3%, respectively. The fiber saturation point was determined to be 25%, and the water absorption capacity was 71%. Regarding mechanical properties, the average bending strength was recorded as 80.7 N/mm² on the tangential surface, 88.8 N/mm² on the radial surface, and 85.4 N/mm² at approximately 45° (diagonal direction). The highest value was observed on the radial surface, while the lowest occurred on the tangential surface. The average modulus of elasticity in bending was found to be 7525.5 N/mm² (tangential), 9030.6 N/mm² (radial), and 8853.4 N/mm² (diagonal direction).

Keywords – Chemical properties, mechanical Properties, physical properties, Sarıkamış, Scots pine.

¹  vedat.cavus@ikcu.edu.tr

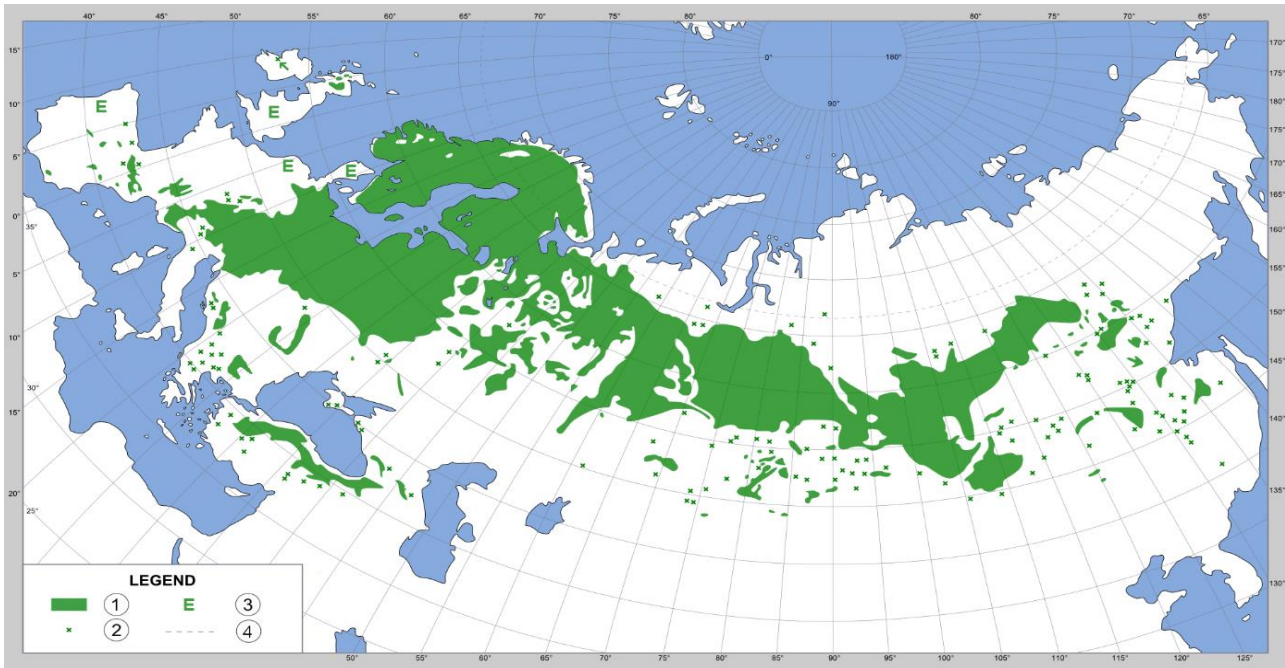
²  bcbal@hotmail.com

³  nasir.narlioglu@ikcu.edu.tr

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1. Giriş

Türkiyede Sarıçam (*P. sylvestris* L.), Karaçam (*P. nigra* Arnold.), Kızılçam (*P. brutia* Ten.), Fıstık Çamı (*P. pinea* L.), Halep Çamı (*P. halepensis* Mill.) doğal olarak yetişen çam türleridir (Yaltırık ve Efe, 2000). Sarıçam, Gymnospermae sınıfından, Pinaceae familyasının Pinus cinsinin bir türüdür. Mevcut çam türleri içerisinde coğrafi yayılımı en geniş tür olan Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Avrupa ve Asya'da takriben 3700 km eninde ve 14700 km uzunluğunda (37°-70° N ve 7°-137° E) çok geniş bir doğal yayılım alanına sahiptir. Adını gövde kabuğunun karakteristik tilki sarısı renginden alan önemli bir ağaç türüdür (Anonim; 1994; Turna, 2003). Sarıçam, soğuk iklim ve rüzgara dayanıklı bir tür olup bol güneşli ortamlarda iyi gelişir. Kumlu ve killi topraklarda yetişebilirken, nispi nemin düşük olduğu ve kuru topraklarda gelişimi sınırlıdır (Atalay, 2011). Kazık kök sistemi sayesinde fırtınalara karşı dayanıklıdır. Kuzey Avrupa, Kuzey Asya, İspanya ve Anadolu'da doğal olarak (Davis, 1965; Boratynski, 1991) ve Avrupa'dan getirilen fidanların dikilmesi sonucu Kuzey Amerika'daki bazı eyaletlerde de yetiştirilmektedir (Richardson, 1998). Sarıçam, Batı Avrupa'dan Doğu Sibirya'ya, Kafkas Dağları ve Anadolu'ya kadar geniş bir alanda yayılım gösterir (Gömürgen, 2010). Menzilin kuzeyinde deniz seviyesinden 1.000 metreye kadar yetişirken, güneyinde 1,200-2,600 metre yüksekliklerde dağ ağacı olarak bulunur (Farjon, 2010). Türkiye'de Sarıçam, Batı ve Doğu Karadeniz'in güneye bakan yamaçlarında, Doğu Anadolu Bölgesi'nde Sarıkamış'ta, Güney Marmara, Yozgat, Sivas, Kırşehir ve Kayseri Pınarbaşı'nda doğal olarak yetişmektedir (Yaltırık, 1993). Türkiye'de Sarıçamların kapladığı alan 757,426 hektar olup, toplam orman alanının %5,5'ini oluşturmaktadır (Anonim; 1994). Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ağacının Dünya ve Türkiye'deki dağılımı Şekil-1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ağacının Dünya ve Türkiye'deki dağılımı (URL-1)

Sarıçam, narin gövdeli, sivri tepeli ve ince dallı bir ağaçtır. Yetişkin olanları 40 metreye kadar boylanabilir (Farjon, 2010). İğne yaprakları ikili, mavi-yeşil, kıvrık ve sık dizilmiştir. Genellikle 4-5 cm uzunluğunda olan yaprakların uçları sivridir ve ortalama ömürleri 100 yıl civarındadır (Liu, 1999; Anşin, 2001). Kozalaklar mat gri-kahverengi, konik, kısa veya uzun saplıdır. Uçları aşağıya doğru yönelmiş olan kozalaklar, tek veya 2-3'lü gruplar halinde bulunur ve 3-7 cm uzunluğunda, 2-4 cm genişliğindedir (Mirov, 1967; Anşin, 2001). Tohumlar gri veya siyahımsı yumurta biçimindedir. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ağacının genel görünümü (Şekil 2-A) gövde (Şekil 2-B), sürgünleri (Şekil 2-C) ile yaprak ve kozalakları (Şekil 2-D) Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Sarıçam ağacının genel görünümü (A) gövde (B), sürgünleri (C) ile yaprak ve kozalakları (D).

Sarıçamda diri odun kısmı geniş olup sarımsı veya kırmızımsı beyaz renktedir. Öz odunun geçiş yerleri belirli olup, yıllık halka sınırları her üç kesitte de görülür düzeyde ve hafif dalgalı haldedir. Sarıçam odunu boyuna ve teğet kesitte parlak renklerde olmaktadır. Boyuna kesitte reçine kanalları liflere paralel oyuk çizgicikler oluşturmaktadır. Özışınları yönünden dar ve zengindir. Kaba lifli odunu reçine bakımından zengin, orta ağırlıkta ve yumuşaktır (Tetik, 1994).

Sarıçam odununun kaliteli, budaksız ve kolay işlenebilir olması nedeni ile oldukça geniş bir kullanım alanına sahiptir. Odunu parlak ve düzgün yüzeye sahip olup, cila, boya, tutkal uygulamalarını kolay kabul eder ve iyi çivi tutması nedeniyle yapı malzemesi, pencere, tavan, kapı ve taban kaplaması olmak üzere mobilya sektörü, oymacılık ve ambalaj sanayiinde kullanılır (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Mantarlara karşı dayanımı üstün olan Sarıçam odunu; maden direği, çit ve iskele kazığı yapımında kullanılmaktadır. Hafifliği ve iyi çivi tutması gibi özellikleri nedeniyle inşaat iskelesi olarak da Sarıçam odunundan yararlanılmaktadır (Bozkurt, 1971). Sarıçam odunu doğal dayanma süresinin uzun oluşu nedeniyle travers imalatında, inşaat yapımında yer döşeme malzemesi olarak, deniz araçları yapımı, ambalaj sanayi, köprü inşaatı, mobilya ve tarım, lif levha, yonga levha ve kontrplak gibi değişik alanlarda kullanılmaktadır (Bozkurt, 1971; Örs ve Keskin, 2001). Sarıçam zengin reçine içeriğine sahip bir ağaç türüdür. Aynı zamanda uzun ve düzgün gövdeye sahip olması, hafifliğine oranla yüksek basınç ve eğilme direnci göstermesi nedeniyle köprü ve inşaatlarda tercih edilmektedir. Ayrıca yonga ve lif levha üretiminin önemli bir hammaddesidir. Yaygın kullanım alanlarından biri de kağıt hamuru üretimidir. Odunu destile edilerek çeşitli kimyasal ürünler üretilmektedir (Toker, 1960; Öktem 1994).

Odun, doğal bir kompozit malzeme olarak anizotropik bir yapı sergiler. Bu durum odunun mekanik özelliklerinin lif yönüne bağlı olarak önemli ölçüde değişmesine neden olur. Vida tutma, eğilme direnci ve sertlik gibi özellikler, odunun anizotropik yapısından doğrudan etkilenir (Bal ve ark., 2018). Bu nedenle, odun kullanılarak yapılan tasarımlarda ve uygulamalarda odunun lif yönü dikkate alınmalıdır. Lif yönünün doğru bir şekilde değerlendirilmesi, odunun mekanik performansının optimize edilmesine ve yapısal güvenliğin sağlanmasına yardımcı olur. Farklı ağaç türleri ve yetiştirme koşulları odunun mekanik özelliklerini etkiler (Malaga-Toboła, ve ark., 2019). Odunun anizotropik yapısının tam olarak anlaşılması için ona etki eden kuvvetlere lif yönlerine dikkat edilerek radyal, teğet, boyuna veya hem radyal hem de teğet olacak şekilde her ikisine de etki edecek açılar ile eğilme direncinin ölçülmesi gereklidir (Borůvka ve ark., 2020). Ağaç malzemenin yük altında mekanik tepkisi yıllık halkalara bağlı olarak önemli ölçüde değişir (Özellikle, yıllık halkalara çapraz yönde ($\sim 45^\circ$) etki eden kuvvetlerin hem radyal hem de teğet yüzeydeki etkilerini bir arada görmemizi ve odunun yıllık halkalara farklı açılardaki kırılma davranışlarını anlamamıza yardımcı olur. Bu bilgiler, ahşap malzemelerin daha etkin ve güvenli kullanılması için oldukça önemlidir. Bir endüstri hammaddesi olan ağaç malzemenin kimyasal, fiziksel ve mekanik özelliklerinin bilinmesi oldukça önem taşımaktadır (Ansell, 2011; Miksic ve ark., 2013).

Bu çalışmada, Sarıkamış'ta yetişen yerli çam türlerimizden Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odununun kimyasal, fiziksel ve mekanik özelliklerinin ve bu özelliklerin ahşap malzemenin kesit yüzeylerine göre nasıl değişkenlik gösterdiğinin belirlenmesi ve çalışma sonunda elde edilen verilerin literatüre katkı sağlaması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Bu çalışmada, Sarıkamış yöresinden elde edilen Sarıçam (*Pinus Sylvestires* L.) ağaç türü materyal olarak kullanılmıştır. Deneme materyali, taze halde kesilmiş tomruklardan elde edilmiştir. İlk önce tomruğun kök kısmından 50 cm yukarısı belirlenmiş ve buradan sonra TS ISO 3129 (2021) standardı esas alınarak deney örneklerinin kesilmesi için tomruk alınmıştır. Alınan tomruğun geometrik merkezine dikkat edilerek öz kısmı çıkarılmıştır. Öz kısmı çıkarılan odunlar 30 mm kalınlığında kaba kesimleri yapılmış ve oda şartlarında çapraz istiflenerek kurumaya bırakılmıştır. Kuruması tamamlanan sarıçam kerestelerinin test numunesi haline getirilmesinde yıllık halkaların her iki yüzeye paralel ve komşu yüzeylere dik olacak şekilde olmalarına dikkat edilmiştir. Tüm aşamalarda test numunelerinin budaksız, çatlaksız, lifleri düzgün, odun kusuru barındırmayan ve renk farkı olmayan, reaksiyon odunu bulunmayan, mantar ve böcek zararına uğramamış, diri odun kısımlarından alınmasına dikkat edilmiştir. Test numunelerinin tüm kaba kesimleri şerit testere makinesinde yapılmıştır. Şerit testerede kesilen keresteler ilk önce planya makinesinde yüz ve cumbaları düzeltilmiş daha sonra kalınlık makinesinde 21 mm kalınlığa getirilmiş ve bu işlemden sonra daire testere makinesinde kesilerek 21×21×360 mm ölçülerine getirilmiştir. Test numunelerinin hassas ölçüye sahip olmaları için kalibre kontak zımpara makinesinde sırasıyla kalınlık ve genişlikleri zımparalanarak 20×20×360 mm ölçülerine getirilmiştir.

2.2. Metot

Deneylere başlamadan önce odun numunelerinin 20±2°C sıcaklık %65±5 nisbi rutubete ayarlı iklimlendirme kabini içinde değişmez ağırlığa gelene kadar bekletilerek ve ara ara ölçümleri yapılarak % 12 denge rutubetine gelmeleri sağlanmıştır. Kimyasal özelliklerin belirlenmesi için küçük parçalara ayrılan odunlar, daha sonra laboratuvar tipi bir öğütücü yardımıyla toz haline getirilmiştir. Ardından, elde edilen odun tozlar bir sarsak elekte elenerek, 60-80 mesh (250-177 µm) arası parçacık aralığındaki odun tozları kimyasal analizler için kullanılmıştır. Odundaki ekstraktiflerin belirlenmesi için hacimce 4-1-1 oranında toluen, aseton ve etanol kullanılarak soxhlet ekstraksiyonu yapılmıştır. Ayrıca, kimyasal analizlerden holoselüloz tayini için klorit yöntemi (Wise, 1962), alfaselüloz tayini için TAPPI T (2009) 203 cm-99 standartları kullanılmıştır.

Fiziksel özelliklerin belirlenmesi için 2x2x3 cm ölçülerinde 20 adet deney 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 hacimsel genişleme TS ISO 13061-16 (2021)'e göre belirlenmiştir. Genişleme yüzdeleri belirleyebilmek için, test örnekleri öncelikle etüvde kurutularak tam kuru hale getirilmiş, bu haldeki ölçüleri ve ağırlığı tespit edilmiş ve sonra suya daldırılmıştır. Suda 10 gün bekletilmiş ve sonra ölçüleri tekrar alınmıştır. Bu ölçüler ile genişleme yüzdeleri ve su alma yüzdesi belirlenmiştir. Lif doygunluk noktası (LDN) ise aşağıdaki Formül 1'e göre belirlenmiştir.

$$LDN = \frac{\alpha_v}{D_0} \times 100 (\%) \quad (\text{Denklem 1})$$

Burada;

α_v : hacimsel genişleme miktarı,

Do: tam kuru yoğunluk (gr/cm³) değeridir.

Eğilme direnci, Janka sertlik ve vida tutma kapasitesi testleri ölçümleri, elektromekanik prensiple çalışan 10 kN kapasiteli test cihazında yapılmıştır. Eğilme direnci (Şekil 3-A) TS-ISO-13061-3 (2021)'e, eğilmede elastikiyet modülü TS-ISO-13061-4 (2021)'e göre ve vida tutma (Şekil 3-B) kapasitesi TS- EN-13446

(2002)'e göre ve Janka sertlik (Şekil 3-C) değeri TS ISO 13061-12 (2021) standartlarında belirtilen esaslara uygun olarak yapılmıştır. Bu testler için kullanılan örneklerinin görüntüleri Şekil 3'te verilmiştir. Eğilme direnci test örnekleri 2x2x36 cm ölçülerinde, statik sertlik ve vida tutma test örnekleri 2x5x5 cm (kalınlık, genişlik, uzunluk) ölçülerinde hazırlanmıştır. Eğilme direnci (σ_{ED}) deney örneklerinin yerleştirildiği mesnetler arasındaki mesafe 30 cm olarak ayarlanmış ve aşağıdaki denklem (2) kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır.

$$\sigma_{ED} = \frac{3.P_{\max}.L}{2.b.h^2} \quad (N/mm^2) \quad (\text{Denklem 2})$$

Burada,

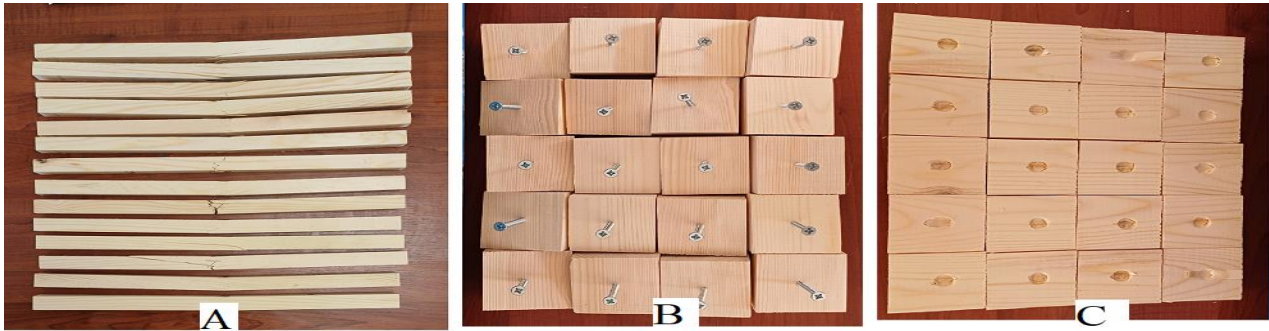
$P_{\max}$ = test örneklerine kırılma sırasında uygulanan en yüksek yük (N)

L = mesnetler arasındaki mesafe (mm)

b = test örneğinin genişliği (mm)

h = test örneğinin kalınlığı (mm)

Eğilme direnci testinde kuvvet radyal yüzey, teğet yüzey ve çapraz yönde ($\sim 45^\circ$) olarak 3 farklı yönde uygulanmıştır ve 3 grubun test sonuçları ayrı ayrı çizelgelerde verilmiştir.



Şekil 3. Eğilme direnci testi uygulanmış bazı örnekler (A), vida tutma testi uygulanmış örnekler (B), sertlik testi uygulanmış örnekler (C).

Deney örneklerinden elde edilen veriler kullanılarak, varyans analizi yapılmıştır. Daha sonra minimum, maksimum, standart sapma ve aritmetik ortalama değerleri hesaplanarak karşılaştırmalar yapılmış ve Sarıkamış'ta yetişen Sarıçam odununa ait test numunelerinin bazı kimyasal, mekanik ve fiziksel özellikleri belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Sarıkamış'ta yetişen Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odununun kimyasal analizleri sonrasında elde edilen veriler Tablo 1'de gösterilmiştir. Tablo 1'de görüldüğü gibi Sarıçam odunu %4,42 oranında ekstraktif madde içermektedir. Çam türlerinde bulunan ekstraktif maddeler daha çok alkol-benzen gibi organik çözücülerde çözünen reçinelerdir. Ekstraktif maddeler hem hücre çeperinde hem de hücre lümeninde bulunan ve organik çözücülerde çözünen bileşiklerdir. Genellikle ağaçlarda patojen saldırıları önlemek ya da yavaşlatmak için sentezlendikleri tahmin edilmektedir. Ağaçlardaki ekstraktif madde oranları; ağacın yetiştiği bölgeye bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir (Erdin ve Bozkurt 2013).

Tablo 1 Sarıkamış'ta Yetişen Sarıçamın Kimyasal özelliklere ait veriler

İstatistik değerler	Ekstraktif (%)	Holoselüloz (%)	Hemiselüloz (%)	Alfa selüloz (%)
$\bar{x}$	4,42	73,45	27,72	45,73
ss	0,57	1,06	0,86	0,77

Bu çalışmada Sarıkamış'ta yetişen Sarıçam odununun karbonhidrat bileşimlerinin tespiti için yapılan kimyasal analizler sonunda; holoselüloz oranı %73,45, hemiselüloz ve alfa selüloz oranları ise sırasıyla %27,72 ve %45,73 olarak belirlenmiştir. Bir çalışmada Sarıçam odununun %74,3 oranında holoselüloz ve %52,2 oranında selüloz içerdiği bildirilmiştir (Fengel ve Wegener, 1984). Başka bir çalışmada ise Sarıçam'ın alkol-benzen çözünürlüğü %3,71 olarak hesaplanmıştır (Serin ve ark., 2003). Hafizoğlu ve Usta (2005), Sarıçam'ın selüloz oranını; öz odunda %52,8, diri odunda %56,5, alfa selüloz oranını; öz odunda %45,2, diri odunda %50 olarak bulmuşlardır. Ayrıca, alkol-benzen çözünürlüğü değerlerini öz ve diri odunda sırasıyla %4,7 ve %2,5 olarak belirlemişlerdir.

Ülkemizde yetişen diğer çam türleri ile yapılan çalışmalarda ise bazı çam odunlarının kimyasal bileşimlerine ait sonuçlar şu şekilde özetlenmiştir; Karaçam odunu %72,15 oranında holoselüloz, %57,91 oranında selüloz içermektedir. Buna ek olarak, Karaçam odunu alkol-benzende %6,07 oranında çözünmektedir (Serin ve ark., 2003). Hafizoğlu ve Usta (2005), Karaçamın selüloz oranını öz odunda %55,7, diri odunda %57,9, alfa selüloz oranını öz odunda %46,8, diri odunda %47,6 bulmuşlardır. Ayrıca, alkol-benzen çözünürlüğü değerlerini öz ve diri odun için sırasıyla %6,1 ve %4,9 olarak tespit etmişlerdir. Kızılçam odunu %65 oranında holoselüloz içermekte ve eterde %4,59–5,46 arasında, alkol-benzende ise %5,04–9,27 arasında çözünmektedir (Erten ve Önal, 2001). Hafizoğlu ve Usta (2005), Kızılçamın selüloz oranını öz odunda %52,6, diri odunda %57,9, alfa selüloz oranını öz odunda %45,2, diri odunda %50,2 olarak bulmuşlardır. Ayrıca, alkol-benzen çözünürlüğü değerlerini sırasıyla öz odun ve diri odun için sırasıyla %7,6 ve %5,7 olarak sonucuna varmışlardır.

Sarıkamış'ta Yetişen Sarıçam (*Pinus Sylvestres* L.) odununun fiziksel özelliklerine (tam kuru yoğunluk, teğet, radyal, boyuna ve hacimsel genişleme, LDN ve su alma miktarı) ait elde edilen değerler Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2 Sarıkamış'ta Yetişen Sarıçamın Fiziksel özelliklere ait veriler

İstatistik değerler	TKY (gr/cm ³)	TG (%)	RG (%)	BG (%)	HG (%)	LDN (%)	SA (%)
$\bar{x}$	0,535	8,0	4,5	0,8	13,3	25,0	71,0
ss	70	1,8	2,1	0,4	3,5	5,9	12,7

TKY: Tam kuru yoğunluk; **TG:** Teğet yönde genişleme; **RG:** Radyal genişleme; **BG:** Boyuna genişleme; **HG:** Hacimsel genişleme; **LDN:** Lif doygunluk noktası; **SA:** Suda bekletme süresi sonunda ölçülen su alma miktarı.

Tablo 2 incelendiğinde, tam kuru yoğunluk 0,535 gr/cm³, teğet, radyal, boyuna ve hacimsel genişleme yüzdeleri sırasıyla %8,0; %4,5; %0,8; %13,3, LDN %25 ve suda bekletme süresi sonunda ölçülen su alma miktarı %71 olarak bulunmuştur. Bu anlamda elde edilen veriler literatür ile uyumludur. Sarıçam odunu üzerine yapılan önceki araştırmalarda hava kurusu yoğunluk değeri 0,526 gr/cm³, tam kuru yoğunluk değeri ortalama 0,496 gr/cm³ olarak olduğu görülmüştür (Toker, 1960). Aynı odun türü ile yapılan bir başka araştırmada ise Batı Karadeniz bölgesi sarıçamlarında tam kuru yoğunluk değerinin ortalama 0,496 g/cm³ olduğu bulunmuştur. Hava kurusu yoğunluk ise ortalama 0,526 g/cm³ olarak hesaplanmıştır (Öktem 1994). Bir başka kaynakta sarıçamın tam kuru yoğunluğu 0,490 g/cm³, hava kurusu yoğunluğu da 0,520 g/cm³ olarak verilmiştir (Bozkurt ve Erdin, 2000). Diğer çam türleri ile yapılan çalışmalarda kızılçam odunu özgül ağırlığı tam kuru halde 0,53 gr/cm³, hava kurusu halde (%12 rutubette) 0,57 gr/cm³ (Erten ve Önal, 1987; Bozkurt ve Erdin, 1995), 0,50 gr/cm³, hava kurusu özgül ağırlıklarını 0,54 gr/cm³ ve hacim yoğunluk değeri 0,44 gr/cm³ olarak bulunmuştur (Öktem ve ark., 1993). Karaçam odunu hava kurusu yoğunluğu değerleri; 0,508 gr/cm³ (Bal ve Ayata, 2020); 0,567 gr/cm³ (Doğan, 2018); 0,531 gr/cm³ (Doruk ve ark., 2010) olarak elde edilmiştir. Fıstık Çamı (*Pinus pinea*), odunu hava kurusu yoğunluğu değerleri; 0,50 gr/cm³ (Erten ve Sözen, 1994) 0,52 gr/cm³

(As ve ark., 2001). Tam kuru yoğunluk değerleri; 0,48 gr/cm³ (Erten ve Sözen, 1994); 0,47 gr/cm³ (As ve ark., 2001). Hacim-yoğunluk değeri; 0,47 gr/cm³ (Erten ve Sözen, 1994) olarak bulunmuştur. Toker (1960), tarafından yapılan bir çalışmada, sarıçamın bazı fiziksel ve mekanik özellikleri araştırılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre; eğilme direnci minimum 516 kg/cm², ortalama 649 kg/cm², maksimum 919 kg/cm², daralma miktarı; radyal yönde %4,3 ve teğet yönde %8,3, ortalama 0,426 gr/m³, maksimum 0,726 gr/m³ olarak tespit edilmiştir. Ek olarak hava kurusu yoğunluk değeri minimum 0,366 kg/cm², ortalama 0,526 kg/cm², maksimum 0,853 gr/cm³, tam kuru yoğunluk değeri minimum 0,336 kg/cm², ortalama 0,496 kg/cm², maksimum 0,823 gr/cm³ olarak bulunmuştur. Batı Karadeniz bölgesinde yetişen sarıçamlarında tam kuru yoğunluk 0,336-0,823 gr/cm³ arasında olduğu; ortalama 0,496 g/cm³ olduğu sonucuna varılmıştır. Hava kurusu yoğunluk 0,526 g/cm³ olarak tespit edilmiştir (Öktem 1994). Başka bir çalışmada Türkiye’de yetişen sarıçamların hava kurusu yoğunluk değeri ortalama 0,482 g/cm³ olarak bulunmuştur (Toker, 1960). Hacim yoğunluk değeri 0,289-0,752 gr/cm³ ve ortalama 0,421 gr/cm³ olarak belirlenmiştir. Başka bir çalışmada ise sarıçamın hava kurusu yoğunluğu da 0,52 g/cm³ tam kuru yoğunluğu 0,49 g/cm³, olarak verilmektedir (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odunu teğet yönde genişlemesi %8,0, radyal genişlemesi %4,5, boyuna genişlemesi %0,8 ve hacimsel genişlemesi %13,3, lif doygunluk noktası %25 ve 10 gün sonunda su alma miktarı %71 olarak bulunmuştur. Sarıçam üzerine yapılan başka çalışmalarda bu odun türünün daralma miktarı; radyal yönde %4,3 ve teğet yönde %8,3 olarak elde edilmiştir (Toker, 1960). Batı Karadeniz bölgesi sarıçamlarında LDN tam kuru halde hacimsel daralma %12,7, teğet yönde daralama %8,3, radyal yönde daralma %4,3, liflere paralel (boyuna) yönde daralama %0,3 ve olarak sonucunu vermiştir. Genişleme değerleri ise, tam kuru halden LDN’ye kadar radyal yönde %4,4, teğet yönde %9,1, liflere paralel yönde %0,3 ve hacimsel %14,6 olarak bulunmuştur. Yine aynı çalışmada LDN %29,8 olarak hesaplanmıştır (Öktem 1994). Bu değerler başka bir çam türü olan Kızılcım odunu üzerine yapılan başka çalışmalarda diri odunun %79–126 arasında rutubet içerdiği bulunmuştur (Erten ve Önal, 1987; Bozkurt ve Erdin, 1995). Daralma yüzdeleri, hacimsel daralma yüzdesi %12,2, radyal yönde %4,9, boyuna yönde %0,5, teğet yönde %6,8 olduğu bulunmuştur (Erten ve Önal, 1987). Kızılcım odunu deney numunelerinin, hacimsel daralma miktarı %10,2, hacimsel şişme %12,6, olarak bulunmuştur (Öktem ve ark., 1993). Karaçam odunu ile yapılan bir çalışmada ise; hacimsel genişleme %14,23, teğet yönde genişleme %7,19, radyal yönde genişleme %6,57, teğet yönde daralma %7,12, radyal yönde daralma %5,69, hacimsel daralma %12,40 olarak tespit edilmiştir (Kardaş, 2014). Fıstık Çamı (*Pinus pinea*) odunu teğet yöndeki daralması %3,9, radyal yöndeki daralması %6,2, hacimsel daralması %9,4, teğet yöndeki genişlemesi %3,9, radyal yöndeki genişlemesi %6,3, hacimsel genişlemesi %9,4 olarak elde edilmiştir (Erten ve Sözen, 1994). Halep çamı (*Pinus halepensis* Mill.) odunu fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi için yapılan bir çalışmada; Adana, İzmir ve Muğla illerinden temin edilen deney örneklerinin teğet yöndeki daralması %6,5 (Adana), %7,5 (İzmir), %7,8 (Muğla), radyal yöndeki daralması %4,3 (Adana), %4,8 (İzmir), %5,3 (Muğla), teğet yöndeki genişlemesi %7,2 (Adana), %9,4 (İzmir), %9,3 (Muğla), radyal yöndeki genişlemesi %5,0 (Adana), %5,5 (İzmir), %5,8 (Muğla), hacimsel genişlemesi %12,8 (Adana), %15,6 (İzmir), %15,5 (Muğla) olarak elde edilmiştir (Erten ve Sözen, 1996).

Sarıkamış’ta Yetişen Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odununun bazı mekanik özelliklerine (eğilme direnci, elastikiyet modülü, sertlik ve vida tutma) değerleri Tablo 3’te gösterilmiştir.

Tablo 3 Sarıkamış’ta Yetişen Sarıçamın Mekanik özelliklerine ait veriler (N/mm²)

	Eğilme direnci	Elastikiyet modülü	Eğilme direnci	Elastikiyet modülü	Eğilme direnci	Elastikiyet modülü	Sertlik	Vida tutma kapasitesi
	Teğet yüzeyde		Radyal Yüzeyde		Çapraz yüzeyde (~45°)			
$\bar{x}$	80,7	7525,5	88,8	9030,6	85,4	8853,4	22,8	27,0
ss	12,1	1955,3	14,3	2207,0	13,9	1894,0	1,9	1,7

Tablo 3 incelendiğinde eğilme direnci ortalama değerleri teğet yüzeyde 80,7 N/mm², radyal yüzeyde 88,8 N/mm² ve çapraz yüzeyde (~45°) 85,4 N/mm² olarak vermiştir. En yüksek değer radyal yönde elde edilirken, en düşük değer teğet yüzeyde elde edilmiştir. Eğilmede elastikiyet modülü ortalama değerleri teğet yüzeyde 7525,5 N/mm², radyal yüzeyde 9030,6 N/mm² ve çapraz yüzeyde (~45°) 8853,4 N/mm² olarak tespit edilmiştir. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü ortalama değerlerinde en yüksek değer radyal yüzeyde elde edilirken en düşük değer teğet yüzeyde elde edilmiştir. Özellikle çapraz yüzeyde (~45°) odun liflerine etki eden kuvvetlerin hem radyal hem de teğet yönünde uygulanan kuvvete karşı direnç verdiği sonucuna düşünülmüştür. Eğilme direnci ve elastikiyet modülü ortalama değerleri arasında farklar olsa da, Tablo 4’de verilen ANOVA testi sonucunda, hem eğilme direnci ve hem de elastikiyet modülü grupları arasındaki farkların istatistiksel olarak önemsiz (NS) olduğu tespit edilmiştir. Literatürde çam türlerinin eğilmede elastikiyet modülü ve eğilme dirençlerine çapraz yönde (~45°) kuvvet uygulanması ile ilgili az sayıda çalışma olduğu görülmüştür. Örs ve Keskin’e (2001, s 90) göre, kuvvetin tesir yönü ile yıllık halkaların gidiş yönü arasındaki açı 90° iken (teğet yüzeyde) en yüksek, 45° iken (çapraz yüzeyde) en küçüktür. Ancak, elde ettiğimiz verilere göre bu genellemeden farklı sonuçlar vermiştir. Bu farklılıkların sebebi odunun ağaç gövdesinden alındığı yere göre fiziksel, kimyasal ve lif özelliklerinin farklı olması (Kollmann ve Côté, 1968; Bozkurt ve Erdin 1997; Örs ve Keskin 2001; Bal ve Bektaş 2012) ve bu farklılıkların hem fiziksel hem de mekanik özellikleri etkilemesidir (Kollmann, ve Côté, 1968; Örs ve Keskin 2001; Bal ve Bektaş 2018).

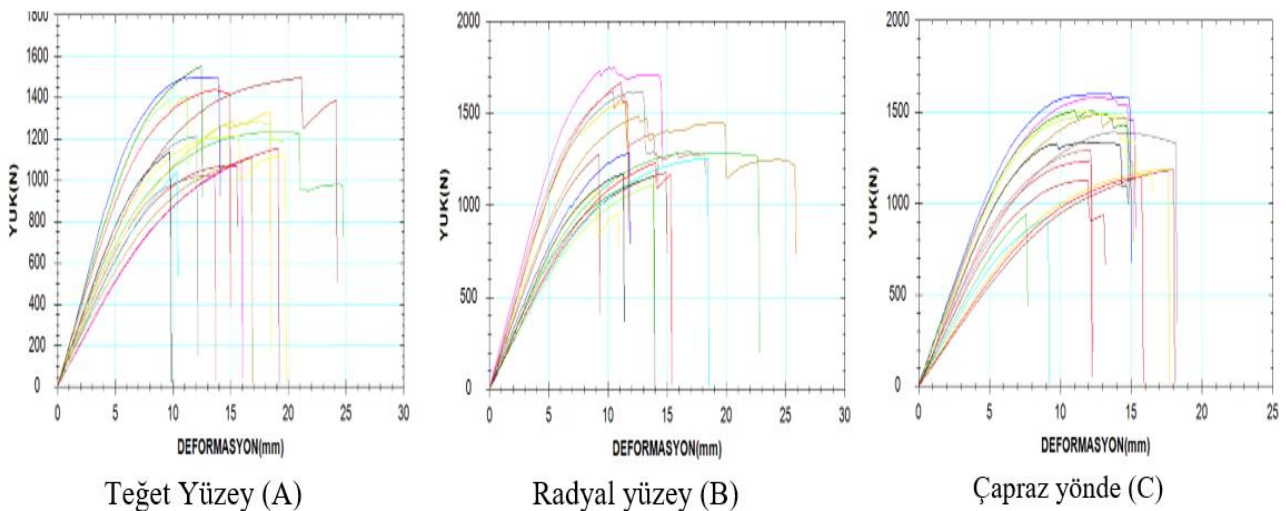
Tablo 4

Eğilme direnci ve Elastikiyet Modülüne ait ANOVA testi sonuçları

Eğilme Direnci	Kareler toplamı	SD	Ortalama kareler	F	Sig.
Gruplar arası	534.774	2	267.387	1.475	0.240 (NS)
Gruplar içi	8157.856	45	181.286		
Toplam	8692.630	47			

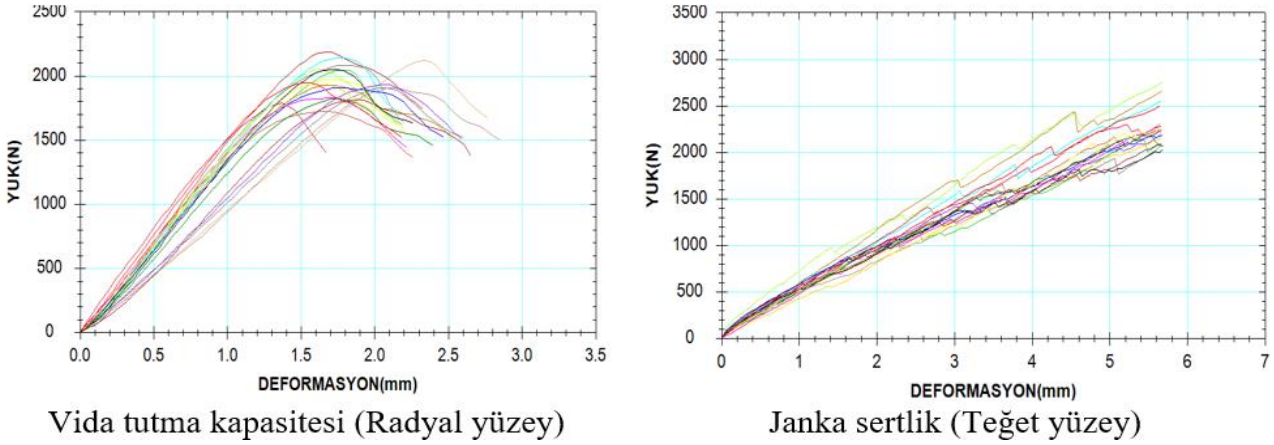
Elastikiyet Modülü	Kareler toplamı	SD	Ortalama kareler	F	Sig.
Gruplar arası	21652589.625	2	10826294.813	2.645	0.082 (NS)
Gruplar içi	184217929.688	45	4093731.771		
Toplam	205870519.313	47			

Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odununun eğilme direnci esnasında elde edilen; sırasıyla teğet yüzeyde (Şekil 4-A), radyal yüzeyde (Şekil 4-B), çapraz yönde (Şekil 4-C) yük-deformasyon grafikleri Şekil-4’te gösterilmiştir.



Şekil 4. Eğilme direnci testinde teğet, radyal ve çapraz yönde yük-deformasyon grafiği.

Sarıçam (*Pinus Sylvestris* L.) odununa ait radyal yüzeyde vida tutma kapasitesi ortalama değeri 22,8 N/mm² ve teğet yüzeyde Janka sertlik değeri ortalama değeri 27 N/mm² olarak bulunmuştur. Sarıçam (*Pinus Sylvestris* L.) odununa ait radyal yüzeyde vida tutma kapasitesi (Şekil 5-A) ve teğet yüzeyde Janka sertlik (Şekil 5-B) testlerinden elde edilen yük-deformasyon grafikleri Şekil- 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5. Sarıçam (*Pinus Sylvestris* L.) odununa ait radyal yüzeyde vida tutma kapasitesi (Şekil 5-A) ve teğet yüzeyde Janka sertlik (Şekil 5-B) testlerine ait yük-deformasyon grafikleri.

Literatürde ülkemizde yetişen diğer çam türleri ile ilgili yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Batı Karadeniz bölgesinde yetişen sarıçamlarında, %15 rutubette liflere paralel basınç direnci ortalama 37,9 N/mm² Statik kalite değeri 7,1 eğilme direnci ortalama 64,9 N/mm², eğilmede elastikiyet modülü ortalama 10200 N/mm², liflere dik yönde çekme direnci ortalama 2,1 N/mm², dinamik eğilme (şok) direnci ortalama 5,5 J/cm², son olarak Brinell sertlik değeri de liflere paralel yönde ortalama 2,36 kp/mm², liflere dik yönde ise ortalama 0,77 kp/mm² olarak elde edilmiştir (Öktem 1994). Türkiye’de yetişen sarıçamlarında yapılan bir başka araştırmada %12 rutubetteki eğilme direnci 62,9 N/mm², liflere paralel basınç direnci 37,3 N/mm², liflere paralel makaslama direnci 2,5 N/mm², eğilmede elastikiyet modülü 6732,5 N/mm², olarak bulunmuştur (Toker, 1960). Kızılcık odununun; liflere dik basınç direnci 20 kg/cm², liflere paralel basınç direnci 447 kg/cm², liflere dik çekme direnci 19,6 kg/cm², Brinell sertlik değeri 0,77 kg/cm², teğet yarılmaya direnci 5,7 kg/cm² radyal yarılmaya direnci 5,1 kg/cm²’dir. (Erten ve Önal, 1987). Kızılcık odununun liflere paralel basınç direnci 398,3 kp/cm², liflere paralel çekme direnci 467 kp/cm², liflere paralel yönde makaslama direnci 73 kp/cm², liflere dik Janka sertlik değeri 253 kp/cm², liflere paralel Janka sertlik değeri 367 kp/cm², statik kalite değeri 7,43 olarak tespit edilmiştir (Öktem ve ark., 1993). Başka bir çalışmada ise Sarıçam odununun ortalama yoğunluğu 0,421 gr/cm³, eğilme direnci 80 N/mm², elastikiyet modülü 11000 N/mm² olarak belirtilmiştir (Bal, 2006). Fıstık çamı (*Pinus pinea*), odununun bazı mekanik ve fiziksel özelliklerinin belirlenmesi isimli çalışmada liflere paralel çekme direnci 39,91 N/mm², liflere paralel basınç direnci 30,89 N/mm², liflere paralel/dik makaslama direnci 5,98 N/mm², eğilme direnci 56,98 N/mm² olarak tespit edilmiştir (Erten ve Sözen, 1994). Başka bir çalışmada ise bu çam türünün Janka sertlik değeri; teğet kesitte 24,30 N/mm², enine kesitte 35,80 N/mm² olarak bulunmuştur (As ve ark., 2001). Halep çamı (*Pinus halepensis* Mill.) odununun fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi için yapılan bir çalışmada İzmir, Adana ve Muğla illerinden temin edilen deney örneklerinin liflere dik basma direnci (Adana) 57,79 N/mm² (İzmir) 79,21 N/mm² (Muğla) 44,24 N/mm², liflere paralel makaslama direnci (Adana) 7,30 N/mm² (İzmir) 6,88 N/mm² (Muğla) 7,47 N/mm², eğilme direnci (Adana) 86,33 N/mm² (İzmir) 80,02 N/mm² (Muğla) 87,40 N/mm² olarak tespit edilmiştir. Bunlara ek olarak; liflere paralel (Enine Kesit) Janka sertlik değeri (Adana) 43,46 N/mm² (İzmir) 49,76 N/mm² (Muğla) 57,74 N/mm² olarak tespit edilmiştir (Erten ve Sözen, 1996). Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) odununun fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi için yapılan bazı çalışmalarda eğilme direnci 118,70 N/mm² (Bal ve Ayata, 2020); 112 N/mm² (Gündüz ve Aydemir, 2009); 94 N/mm² (Genç, 2013); 75 N/mm² (Bal, 2014) olarak ve eğilmede elastikiyet modülü ise 97,89 N/mm² (Bal ve Ayata, 2020); 8616 N/mm² (Doğan, 2018); 2321 N/mm² (Genç, 2013); 6800 N/mm² (Bal, 2014) olarak elde edilmiştir.

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odununun kimyasal özellikleri (ekstraktif, holoselüloz, hemiselüloz ve alfa selüloz), fiziksel özellikleri (tam kuru yoğunluk, teğet radyal, boyuna ve hacimsel genişleme, lif doygunluk noktası ve su alma miktarı) ve mekanik özellikleri (yönlere bağlı eğilmede elastikiyet modülü, eğilme direnci, vida tutma direnci, statik sertlik) araştırılmıştır. Yapılan analizler ve testler sonunda elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır:

- Kimyasal analizler sonrasında elde edilen verilere göre Sarıçam odununun ekstraktif madde, holoselüloz, hemiselüloz ve alfa selüloz oranları sırasıyla %4,42, %73,45, %27,72 ve %45,73 olarak elde edilmiştir. Elde edilen sonuçların önceki çalışmalarda verilen sonuçlarla uyumlu olduğu görülmüştür.
- Fiziksel özelliklerden tam kuru yoğunluk 0,535 gr/cm³, teğet yönde genişleme %8,0, radyal yönde genişleme %4,5 ve boyuna yönde genişleme %0,8, hacimsel genişleme %13,3, LDN %25 ve su alma miktarı olarak %71 ortalama değerleri elde edilmiştir.
- Mekanik özelliklerden eğilme direnci ortalama değerleri; teğet yönde 80,7 N/mm², radyal yönde 88,8 N/mm² ve çapraz yönde (~45°) 85,4 N/mm²; eğilmede elastikiyet modülü ortalama değerleri teğet yönde 7525,5 N/mm², radyal yönde 9030,6 N/mm² ve çapraz yönde (~45°) 8853,4 N/mm² olarak bulunmuştur.
- Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü en yüksek ortalama değer radyal yönde elde edilirken en düşük değer teğet yüzeyde elde edilmiştir. Özellikle çapraz yönde (~45°) odun liflerine etki eden kuvvetlerin hem radyal hem de teğet yönünde uygulanan kuvvete karşı direnç verdiği sonucuna varılmıştır.

Yapılan deney sonuçlarından elde edilen verilere ışığında; Sarıçam odununun hem fiziksel hem de mekanik özellikleri değerlendirildiğinde, orta yoğunluklu, elastikiyeti yüksek ve işlenebilirliği iyi bir tür olarak yapı elemanları, iç mekân donatıları ve mobilya üretiminde güvenle kullanılabilir. Bu kullanım sırasında özellikle lif yönlerine bağlı olarak ortaya çıkan mekanik farklılıklar dikkate alınmalı; taşıyıcı ya da yarı-taşıyıcı elemanlarda radyal yönde kesilmiş odunların tercih edilmesi yapısal performansı artırabilir. Çapraz (~45°) yüklemelere maruz kalacak yapılarda ise, dengeli mukavemet sunan kesitlerin kullanılması önerilebilir. Bu çalışma, Sarıçam odununun küçük ve kusursuz numuneleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Endüstriyel kullanım bağlamında, düğüm içeren ve büyük ebatlı örnekler üzerinde de benzer testlerin uygulanması, türün gerçek kullanım koşullarındaki performansına ilişkin daha kapsamlı değerlendirmeler yapılmasına katkı sağlayacaktır.

Teşekkür

Bu çalışmada kullanılan Sarıçam (*Pinus Sylvestres* L.) ağaç malzemenin temin edilmesinde yardımlarını esirgemeyen Sarıkamış Orman İşletme Müdürlüğü'nden Şener Arifoğulları Beyefendiye teşekkür ederiz.

Yazar katkıları

Vedat çavuş: Çalışma konusunun belirlenmesi, deneme materyalinin elde edilmesi, laboratuvar deneme planının hazırlanması, makalenin yazılması, makalenin yayınlanması, Bekir Cihad Bal: Laboratuvar çalışmasının yapılması, test sonuçlarının hesaplanması, makalenin yazılması, Nasır Narlıoğlu: kimyasal özelliklerin belirlenmesi, makalenin yazılması.

Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Kaynaklar

- Anonim. (1994). *Sarıçam el kitabı dizisi: 7. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Muhtelif Yayınlar Serisi: 67*, Ankara.
- Ansell, M. P. (2011). Wood—a 45th anniversary review of JMS papers. Part 1: The wood cell wall and mechanical properties. *Journal of Materials Science*, 46(23), 7357–7368. <https://doi.org/10.1007/s10853-011-5728-8>
- Anşın, R. (2001). *Tohumlu bitkiler: Gymnospermae (Açık tohumlular)* (Cilt I, 3. Baskı). K.T.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, Trabzon.
- As, N., Koç, H., Doğu, D., Atik, C., Aksu, B., Erdinler, S. (2001). Türkiye’de yetişen endüstriyel öneme sahip ağaçların anatomik, fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 51(1), 71–88.
- Atalay, İ. (2011). Türkiye vejetasyonu. *Ege Coğrafya Dergisi*, 20(1), 1–32.
- Bal, B. C. (2006). *Amonyaklı bakır quat (ACQ) emprenye tuzu ile emprenye edilen sarıçam (Pinus sylvestris L.) odununun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin araştırılması* (Yüksek lisans tezi). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Bal, B.C., Bektaş, İ. (2012). The physical properties of heartwood and sapwood of Eucalyptus grandis, *Pro Ligno*, 8 (4):35-43.
- Bal, B. C. (2014). Some physical and mechanical properties of thermally modified juvenile and mature black pine wood. *European Journal of Wood and Wood Products*, 72, 61–66. <https://doi.org/10.1007/s00107-013-0753-9>
- Bal, B. C., & Bektaş, İ. (2018). Odunun yoğunluğu ile mekanik özellikleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Mobilya Ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 1(2), 51-61. <https://doi.org/10.33725/mamad.467353>
- Bal, B. C., Ayata, Ü., Çavuş, V., & Efe, F. T. (2018). Ceviz, maun, kestane ve ıhlamur odunlarında vida tutma kapasitesinin belirlenmesi. 5. *Uluslararası Multidisipliner Çalışmaları Kongresi Bildiri Tam Metin Kitabı* (pp. 383–396). 2–3 Kasım, Antalya, Türkiye.
- 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. <https://doi.org/10.18182/tjf.795698>
- Boratynski, A. (1991). Range of natural distribution. In M. Giertych, C. Matyas (Eds.), *Genetics of Scots pine (Developments in Plant Genetics and Breeding*, pp. 19–30). Elsevier.
- Borůvka, V., Novák, D., Šedivka, P. (2020). Comparison and analysis of radial and tangential bending of softwood and hardwood at static and dynamic loading. *Forests*, 11(8), 896. <https://doi.org/10.3390/f11080896>
- Bozkurt, A. Y. (1971). *Bazı ağaç türleri odunlarının tanımı, teknolojik özellikleri ve kullanım yerleri*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları No: 177.
- Bozkurt, A. Y., Erdin, N. (1995). *Odun anatomisi (İğne yapraklı odunlarda tanıma özellikleri)*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları No: 6/3907.
- Bozkurt, A. Y., ve Erdin, N., (1997). Ağaç Malzeme Bilgisi, İstanbul Üniversitesi Yayınları.
- Bozkurt, A. Y., Erdin, N. (2000). *Odun anatomisi*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, O.F. Yayın No: 466. ISBN: 975-404-592-5.
- Davis, P. H. (1965). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands* (Vol. 1). Edinburgh University Press.
- Doğan, B. (2018). *Boraks ve borik asit ile emprenye edilmiş ve ısı işlem görmüş karaçam odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri* (Yüksek lisans tezi). Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
- Doruk, Ş., Altınok, M., Perçin, O. (2010). Isıl işlemin ağaç malzemenin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14(3), 262–270.
- Erdin, N., Bozkurt, A. Y. (2013). *Odun anatomisi*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.

- Erten, P., Önal, S. (1987). *Kızılçam odununun özellikleri, korunması, reçine üretimi ve kullanım yerleri*. Orman Araştırma Enstitüsü Yayınları, El Kitapları Dizisi I, Ankara.
- Erten, A.P., Sözen, M.R., 1997. Fıstık Çamı *Pinus Pinea L.*, Camiyanı Karaçamı *Pinus Nigra Arnold* Ve Çınar Yapraklı Akçağaç *Acer Platanoides L.* Odununun Bazı Fiziksel Ve Mekaniksel Özelliklerinin Belirlenmesi, İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi No. 266, Ankara.
- Erten, P., Sözen, M. R. (1996). *Halep çamı (Pinus halepensis Mill.) odunun fiziksel ve mekaniksel özelliklerinin belirlenmesi* (Doğu Karadeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Teknik Bülten Serisi No: 268, s. 1-40). Trabzon.
- Erten, P. ve Önal, S. (2001). *Kızılçam*. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, El Kitabı Dizisi:2, Muhtelif Yayınlar Serisi: 52. Ankara.
- Farjon, A. (2010). *A handbook of the world's conifers*. Boston, MA, USA: Brill Academic Publishers.
- Fengel, D., Wegener, G. (1984). *Wood: Chemistry, ultrastructure, reactions*. Berlin, Germany; New York, NY, USA: W. de Gruyter.
- Genç, A. (2013). *Afyonkarahisar Ömer-Gecek jeotermal kaynaklarında emprenye maddelerinin ve bu kaynaklarla işlem görmüş ahşabın bazı özelliklerinin incelenmesi* (Yüksek lisans tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Gömürgen, A. N. (2010). *Ağaçlandırma tekniği*. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları.
- Gündüz, G., Aydemir, D. (2009). The influence of mass loss on the mechanical properties of heat-treated black pine wood. *Wood Research*, 54(4), 33–42.
- Hafizoğlu, H., Usta, M. (2005). Chemical composition of coniferous wood species occurring in Turkey. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 63, 83–85.
- Kardaş, İ. (2014). *Kütahya-Simav yöresi jeotermal kaynaklarının emprenye maddeleri açısından incelenmesi ve bu kaynakların ahşabın bazı özellikleri üzerine etkilerinin araştırılması* (Yüksek lisans tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Kollmann, F. F. P., Côté, W. A., (1968). *Principles of Wood Science and Technology*. Springer-Verlag.
- Liu, J. (1999). *Pinus sylvestris L.* In Flora of China Editorial Committee (Eds.), *Flora of China*. Science Press (Beijing) & Missouri Botanical Garden Press (St. Louis).
- Malaga-Toboła, U., Łapka, M., Tabor, S., Niesłony, A., Findura, P. (2019). Influence of wood anisotropy on its mechanical properties in relation to the scale effect. *International Agrophysics*, 33(3), 337–345. <https://doi.org/10.31545/intagr/112688>
- Miksic, A., Myntti, M., & Koivisto, J. (2013). Effect of fatigue and annual rings' orientation on mechanical properties of wood under cross-grain uniaxial compression. *Wood Science and Technology*, 47(6), 1117–1133. <https://doi.org/10.1007/s00226-013-0562-4>
- Mirov, N. T. (1967). *The genus Pinus*. New York, USA: Ronald Press.
- Öktem, E., Sözen, M., Erten, A. P. (1993). Yatağan Yöresi mevcut çevre kirliliği şartlarında kızılçam odununun fiziksel ve mekaniksel özellikleri. *Uluslararası Kızılçam Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, (s. 636-647). Ankara: Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Yayın Dairesi Başkanlığı.
- Öktem, E. (1994). *Sarıçam odununun özellikleri ve kullanım yerleri*. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, El Kitabı Dizisi 7. ISBN: 975-7829-17-X.
- Örs, Y., Keskin, H. (2001). *Ağaç malzeme teknolojisi* (1. baskı). Gazi Kitabevi, Ankara.
- Richardson, D. M. (Ed.). (1998). *Ecology and biogeography of Pinus*. Cambridge University Press.
- Serin, Z., Gümüşkaya, E. ve Ondaral, S. (2003). A review of the chemical composition of different softwoods, hardwoods and annual plants. In *XXXI International Forest Students Symposium: Processing Book* (s. 349-359). İstanbul.
- TAPPI, T. (2009). 203 cm-99; Alpha, beta and gamma cellulose in pulp. *TAPPI Test Methods*, 1-5.
- Tetik, M. (1994). *Sarıçam- Sarıçamın Doğal Yayılışı*. El Kitabı Dizisi: 7 – Sarıçam (Editör: Nejat GİRAY), Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Muhtelif Yayınlar Serisi: 67 (285):31-38, Ankara

- Toker, R. (1960). *Batı Karadeniz sarıçamının teknik vasıfları ve kullanma yerleri hakkında araştırmalar* (Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi No. 10). Ankara.
- TS EN 13446. (2002). *Ahşap esaslı levhalar – Bağlayıcıların geri çıkma kapasitesinin tayini*. Türk Standardları Enstitüsü (TSE).
- TS ISO 13061-1. (2021). *Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri – Kusursuz küçük ahşap numunelerin deney yöntemleri – Bölüm 1: Fiziksel ve mekanik deneyler için nem muhtevasının belirlenmesi*. Türk Standardları Enstitüsü (TSE).
- TS ISO 13061-2. (2021). *Odunda, fiziksel ve mekanik deneyler için birim hacim ağırlığı tayini*. Türk Standardları Enstitüsü (TSE).
- TS ISO 13061-3. (2021). *Odunun statik eğilme dayanımının tayini*. Türk Standardları Enstitüsü (TSE).
- TS ISO 13061-4. (2021). *Odunun statik eğilmede elastiklik modülünün tayini*. Türk Standardları Enstitüsü (TSE).
- TS ISO 13061-12. (2021). *Odunda, fiziksel ve mekanik deneyler için statik sertliğin tayini*. Türk Standardları Enstitüsü (TSE).
- TS ISO 13061-15. (2021). *Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri – Küçük kusursuz odun numuneleri için deney yöntemleri* (TS ISO 13061-15:2021). Türk Standardları Enstitüsü (TSE), Ankara.
- TS ISO 13061-16. (2021). *Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri – Bölüm 16: Küçük kusursuz odun numuneleri için deney yöntemleri* (TS ISO 13061-16:2021). Türk Standardları Enstitüsü (TSE), Ankara.
- TS ISO 3129. (2021). *Odun – Küçük kusursuz odun numunelerinin mekanik ve fiziksel muayenesi için genel gerekler ve numune alma yöntemleri*. Türk Standardları Enstitüsü (TSE).
- Turna, İ. (2003). Variation of some morphological and electrophoretic characters of 11 populations of Scots pine in Turkey. *Israel Journal of Plant Sciences*, 51(3), 223–230. <https://doi.org/10.1560/M4RX-QBGM-JVYQ-74B8>
- URL-1.SarıçamPinus sylvestris range-01- Sarıçam (bitki) - Vikipedi Son Erişim Tarihi:24/02/2025.
- Yaltırık, F. (1993). *Dendroloji ders kitabı I: Gymnospermae (Açık tohumlular)*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları No: 3443.
- Yaltırık, F., Efe, A. (2000). *Dendroloji ders kitabı: Gymnospermae-Angiospermae (Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü öğrencileri için)*. İstanbul Üniversitesi Yayın No: 4265. ISBN: 975-404-594-1.
- Wise, E. L., Karl, H. L. (1962). *Cellulose and hemicellulose in pulp and paper science and technology: Pulp* (Vol. 1). McGraw-Hill.