



Doğu ladininin farklı gövde yüksekliklerinde bulunan geçit tiplerinin boyutları

Davut Bakır ¹, Ayşe Dilek Doğu ^{2*}

¹Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Biyolojisi ve Odun Koruma Teknolojisi Anabilim Dalı, Artvin, Türkiye

²İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Orman Biyolojisi ve Odun Koruma Teknolojisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 16/12/2024

Kabul Tarihi: 08/02/2025

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1602524>

*Corresponding author:

davut.bakir23@gmail.com

ÖZ

Araştırma Makalesi

Giriş ve hedefler Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yaygın bir tür olan ve orman endüstrisinde birçok alanda tercih edilen Doğu ladin (Picea orientalis L.) empenyesi güç ağaç türlerindendir. Güç empenye edilen odun türlerinde arzu edilen bir empenye madde alınımının gerçekleştirilebilmesi açısından odunda bulunan ve hücreler arası sıvı maddelerin akışını sağlayan geçitlerin boyutları çok önemlidir. Dolayısıyla, ağaç türlerinin yapısında bulunan farklı geçit

tiplerinin gövde içerisindeki boyutlarına ve boyutsal değişimlerine yönelik veriler elde etmeyi amaçlayan çalışmalara ihtiyaç vardır. Yapılan çalışma da bu ihtiyacı giderme amacı taşımaktadır.

Yöntemler Mevcut çalışmada, ağacın dip kısmından taç kısmına doğru farklı geçit tipleri ve onlara ait geçit açıklıklarındaki boyutsal değişimleri belirlemek amacıyla bir ışık mikroskobu vasıtasıyla ladin diri ve olgun odun kısımlarındaki kenarlı geçitlerin, piceoid tip karşılaşma yeri geçitlerinin ve enine traheid kenarlı geçitlerinin açıklıkları ve çap boyutlarına yönelik radyal ve teğet çap ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Bulgular Elde edilen sonuçlara göre, ladin diri odun yapısındaki kenarlı geçitler ile geçit açıklık boyutlarının ladin olgun odun yapısındakilere nazaran çok daha yüksek oldukları belirlenmiştir. Bununla beraber, ladin diri odun yapısındaki enine traheid kenarlı geçit açıklık boyutları ve piceoid tip karşılaşma yeri geçit açıklık boyutlarının ise olgun oduna nazaran daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bunun aksine, ladin olgun odun yapısındaki enine traheid kenarlı geçit çap boyutları ve piceoid tip karşılaşma yeri geçit çap boyutlarının da diri odundan daha büyük olduğu tespit edilmiştir.

Sonuçlar Doğu ladininde dipten taç kısmına doğru diri ve olgun odun yapısında bulunan tüm farklı tip geçit ve geçit açıklık boyutlarındaki değişimlerin belirli bir düzene ve gövde yüksekliğindeki değişime paralel seyretmediği, gövde boyunca homojen ve dağınık bir boyutsal dağılım gösterdikleri tespit edilmiştir. Bu yüzden de gövde yüksekliğiyle farklı tip geçit ve geçit açıklık boyutları arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Anahtar Kelimeler: Enine traheid kenarlı geçitleri, geçit boyutları, gövde yüksekliği, karşılaşma yeri geçitleri, kenarlı geçitler, *Picea orientalis* L.

The dimensions of pit types found at different stem heights of Oriental spruce

ABSTRACT

Background and aims Oriental spruce (*Picea orientalis* L.), a species widely distributed in Turkey's Eastern Black Sea Region and preferred in many areas of the forest industry, is one of the refractory wood species. For such refractory wood species, the dimensions of pits, which facilitate the flow of liquid substances between cells, are highly significant in achieving the desired preservative uptake. Therefore, the studies aimed at obtaining data on the sizes and dimensional variations of different pit types within the tree's stem structure are necessary. The current study aims to meet this need.

Methods In the present study, radial and tangential diameter measurements were carried out using a light microscope to determine the dimensional changes in various pit types and their pit apertures from the base to the crown of the tree. These measurements included the diameters of bordered pits in the longitudinal tracheids, piceoid type cross-field pits, and ray tracheid bordered pits and their pit apertures in sapwood and heartwood portions.

Results Based on the obtained results, it was determined that the sizes of bordered pits and their pit apertures in the sapwood were significantly higher than those in the heartwood. Additionally, the sizes of ray tracheid bordered pits' apertures and piceoid-type cross-field pits' apertures in the sapwood were found to be greater than those in the heartwood. Conversely, the diameters of ray tracheid bordered pits and piceoid-type cross-field pits in the heartwood were higher than those in the sapwood.

Conclusions It was observed that the dimensional changes of different pit types and their pit apertures from the base to the crown in both the sapwood and heartwood portions of Oriental spruce did not follow a consistent pattern or change in parallel with stem height. Instead, they exhibited a heterogeneous and scattered dimensional distribution along the stem. Therefore, no significant relationship was found between the tree stem height and sizes of different pit types and their pit apertures.

Key Words: Ray tracheid pits, pit dimensions, tree height, crossfield pits, bordered pits, *Picea orientalis* L.

Bu makaleye atf:

Bakır, D., Doğu, A.D., 2025. Doğu Ladininin farklı gövde yüksekliklerinde bulunan geçit tiplerinin boyutları. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 11(1), 50-59



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Giriş

Ağaç malzeme içerisindeki koruyucu maddelerin dağılımını ve fiksasyonunu anlayabilmek için bu maddelerin odun içerisindeki kitlesel akış yollarını anlamak önemlidir. Koruyucu maddelerin odun yapısındaki dağılımı ve nüfuz derinliği koruma performansının etkinliği üzerinde önemli rol oynamaktadır. Örneğin; emprenye çözeltisi ağaç malzeme içerisine yeterince nüfuz etse bile, odunun anatomik özelliklerinin koruyucu dağılımını etkilemesinden dolayı yeterli koruma sağlanamayabilmektedir (Matsunaga ve ark., 2004). İğne yapraklı ağaç odunlarında kenarlı geçitler hücre içi akışta birincil rolü oynarken, karşılaşma yeri geçitleri ve enine traheid (öz ışını traheidi) kenarlı geçitleri ise ikincil derecede önemlidirler (Wang ve DeGroot, 1996; Hansmann ve ark., 2002; Panigrahi ve ark., 2018). Avrupa ladini (*Picea abies* L. Karst) gibi iğne yapraklı ağaçlarda komşu traheidler arasındaki sıvı akışı kenarlı geçitler ile gerçekleşmektedir (Domec ve ark., 2006; Lehringer ve ark., 2010; Hacke ve ark., 2015; Losso ve ark., 2018). Diğer bir taraftan, koruyucu solüsyonların alınımı büyük ölçüde kenarlı geçitlerin sayısına ve boyutuna bağlıdır (Ahmed ve Chun, 2011). Bu yüzden son zamanlarda geçitlerden kolayca geçebileceği düşünülen mikronize edilmiş bakır formülasyonları da odun korumada kullanılmaya başlanmıştır. Mikronize partiküller, su veya yağda çözünmeyen bakır bileşenlerinin mekanik olarak öğütülmesiyle elde edilmektedir (McIntyre ve Freeman, 2009). Bu partiküllerin boyutları 0,001 ile 2,5 µm aralığındadır. Emprenye tuzlarının iri parçacıklı karakter yapısı ve boyutları, odun hücre çeperlerindeki nüfuz derinliğini ve odunun moleküler bileşenleriyle reaksiyonunu etkileyebilmektedir. Odunun hücrel yapısı içerisine partiküllerin dağılımının homojenliği ve nüfuz edebilme derecesi partikül boyutuyla ters ilişkilidir. Daha büyük partiküller hazırlamak daha kolay olsa da, 2,5 µm'den daha büyük olan partiküller traheidleri doldurabilir ve koruyucu madde alınımını engelleyebilmektedir. Eğer mikronize edilmiş koruyucuların partikül boyutu, boyuna traheid - öz ışını paranzim hücreleri arasındaki pencere tip karşılaşma yeri geçit çapı (tipik olarak 10 µm) ve kenarlı geçit zarlarının (margo) yapısında bulunan açıklıkların ya da boşluk çapından (0,4 ile 0,6 µm) daha küçük olursa mikronize edilmiş koruyucuların oduna tamamen nüfuz etmesi ve üniform bir dağılım göstermesi beklenmektedir (Freeman ve McIntyre, 2008; Kartal ve ark., 2009).

Farklı ağaç türleri üzerinde gerçekleştirilen anatomik çalışmalarda (Köksal ve Kılıç Pekgözlü, 2016) veya bitkinin hidrolik iletkenliği-verimliliği, bitkilerdeki hidrolik süreçlerin belirlenmesi ve odunun hidrolik özelliklerinin tespiti gibi çalışmalarda (Hacke ve ark., 2004; Domec ve ark., 2006; Burgess ve ark., 2006; Domec ve ark., 2008; Pittermann ve ark., 2010; Lazzarin ve ark., 2016; Losso ve ark., 2018) geçit çap ve geçit açıklık boyutlarının ölçülmesine yönelik yapılan incelemelerin genellikle sadece kenarlı geçitlerin çap ve açıklık boyutlarının teğet yönde tespitine yönelik oldukları dikkat çekmektedir. Örneğin; Losso ve ark. (2018) tarafından ağacın veya odunun hidroliği üzerinde anatomik parametrelerin (traheid hidrolik çapı, çeper takviye elemanı, geçit boyutları (geçit açıklığı, geçit zarı ve torus çapları)) ve ilgili fonksiyonel indekslerin (geçit aspirasyonu, margonun esnekliği) etkinliğinin tespiti amacıyla bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bahsedilen

çalışmada Avrupa ladini (*Picea abies* (L.) Karst.) ağacının ilkbahar odunu tabakası boyuna traheid hücre çeperleri üzerinde bulunan kenarlı geçit ve geçit açıklık boyutlarının teğet yönde ölçülmesi çalışmalarında ortalama kenarlı geçit çapları 17.83 µm olarak belirlenirken ortalama geçit açıklık çapları ise 4.84 µm olarak ölçülmüştür. Usta ve Hale (2006) yaptıkları çalışmada, iki farklı ladin türü olan Doğu ladini ve Sitka ladini (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) diri odun kısmından elde ettikleri taze ve fırın kurusu haldeki örneklerden yararlanarak geçit aspirasyonu, geçit boyutları ve permeabilite arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Yapılan incelemelerde Sitka ladini ve Doğu ladini arasında kenarlı geçitlerin yapısı ve boyutları değişkenlik göstermiştir. Ay ve Şahin (1998), Doğu ladini olgun ve diri odun kısımlarının iç morfolojik özellikleri bakımından karşılaştırıldığında, kenarlı geçit ve geçit açıklık çaplarının diri odun kısmında daha büyük olduğunu ifade etmişlerdir.

Şahin ve Ay (1999) yaptıkları çalışmada Doğu ladini odununda (diri ve olgun odun kısımları belirtilmemiş) mikroskopik özelliklerin gövde boyunca değişimlerini incelemişlerdir. Bu amaçla da kenarlı geçit çap ve geçit açıklık boyutlarının radyal ve teğet çap uzunluklarını tespit etmişlerdir. Ayrıca, bahsedilen çalışmada piceoid tip karşılaşma yeri geçit çap boyutlarına (piceoid tip karşılaşma yeri geçit açıklık boyutları ölçülmemiş) yönelik ölçümlerde gerçekleştirilmiştir. Gövde yüksekliğinin enine (teğet) ve boyuna yöndeki (radyal) geçit çap boyutları üzerine etkisinin belirlendiği çalışma sonuçlarına göre; gövde yüksekliği arttıkça kenarlı geçit çap boyutlarının küçüldüğü, en yüksek değere 2 m gövde yüksekliğinde, en düşük değere ise 12 m gövde yüksekliğinde rastlanıldığı ifade edilmiştir. Kenarlı geçit açıklık boyutlarında ve piceoid tip karşılaşma yeri geçit çapı boyutlarında ise gövde yüksekliğinin artmasıyla önemli bir değişimin olmadığı belirtilmiştir.

Yukarıda bahsedilen çalışmalarda genellikle sadece kenarlı geçitlere yönelik ölçümler yapıldığı görülmektedir. Oysa ki karşılaşma yeri geçitleri ve enine traheid kenarlı geçitleri odundaki hücre içi akışın sağlanmasında ve emprenye işlemlerindeki koruyucu madde alınımında ikincil derecede rol oynadıkları gibi bitkilerdeki suyun taşınımında, bitkilerde hidrolik direncin, embolilerin veya kavitasyonun oluşmasında da etkili bir role sahip olabilecekleri dikkate alınmalıdır (Qu ve ark., 2022; Song ve ark., 2022). Bu yüzden geçitlerin boyutlarıyla ilgili veya geçit boyutlarıyla ilişkilendirilen çeşitli çalışmalarda odunun anatomik yapısında bulunan tüm geçit tiplerinin çapları ve geçit açıklık boyutlarının tespitine yönelik tamamlayıcı çalışmalara ihtiyaç vardır. Yapılan literatür araştırmasına göre, Doğu ladini diri ve olgun odunu mikroyapısında dipten taç kısmına doğru farklı geçit tiplerinin çapları ve geçit açıklıklarının boyutsal değişimlerinin tespitine yönelik gerçekleştirilen herhangi bir çalışmaya rastlanılamamıştır. Bu çalışma, emprenyesi güç yerli ağaç türlerimizden biri olan Doğu ladini odunu üzerinde gerçekleştirilecek anatomik inceleme, emprenye çalışmaları ve ağaç hidroliği çalışmalarında farklı tip geçit ve geçit açıklık boyutlarının gövdenin dip kısmından taç kısmına doğru boyutsal değişimine yönelik önemli veriler sunacaktır. Bu çalışmayla, Doğu ladini diri ve olgun odun kısımlarının ilkbahar odunu tabakasında bulunan farklı geçit tiplerine ait çap ve geçit açıklık boyutlarının ağacın dip kısmından taç kısmına doğru boyutsal değişimleri ilk defa ortaya konulmuş olacaktır.

2. Materyal ve Metot

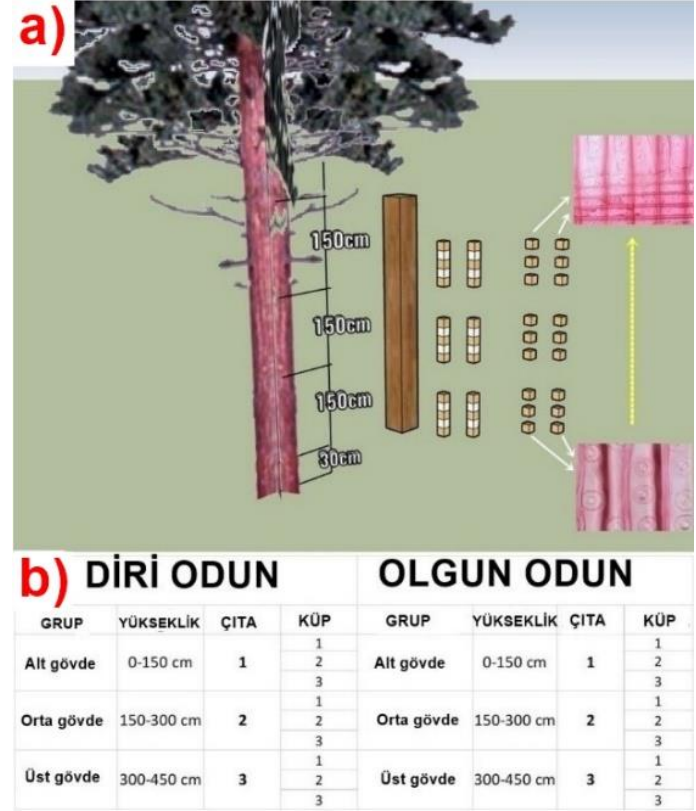
2.1 Odun örneklerinin hazırlanması

Çalışmada kullanılan ve herhangi bir kusur içermeyen ladin odun örnekleri Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Artvin ili sınırları içerisinde yer alan Kafkasör mevkiinde (ortalama yükseltisi 1505 m kuzey bakılı) yetişen 122 ± 5 yaşlarındaki bir adet Doğu ladini (*Picea orientalis* (L.) Link) ağaç gövdesinden elde edilmiştir. Doğu ladini kuzey yönü işaretlendikten sonra toprakla temas kısmından itibaren yani çalışmada kullanılmayacak olan yaklaşık 30 cm'lik kütük kısmı toprak içerisinde kalacak şekilde bir motorlu testere yardımıyla kesilerek devrilmiştir. Devrilen ağaç gövdesi üzerinde boyuna yapılan ölçümlere bağlı olarak dipten taç kısmına doğru 0-150 cm (alt gövde), 150-300 cm (orta gövde) ve 300-450 cm (üst gövde) olmak üzere üç yükseklik grubunun her birinden bir adet $10 \times 2 \times 2$ cm³ (uzunluk x genişlik x yükseklik) boyutunda örnek çıta kesilmiştir (Şekil 1). Tüm odun örnekleri (3 adet diri odun ve 3 adet olgun odun çıta örneği; Şekil 1), doğal değişkenliğin etkisini en aza indirmek amacıyla aynı yıllık halkalara denk gelecek şekilde liflere paralel yönde alınmıştır. Burada örneklerin kesimleri yıllık halkaların radyal ve teğet yönleri dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Doğu ladininde diri ve olgun odun ayırımı; tomruk enine kesiti üzerinde kabuktan öze doğru belirli aralıklarla odun yüzeyinden ölçüm yapabilen bir rutubet ölçer cihazı (GANN Hydromette HT 85 T) ile tespit edilen rutubet farkı esas alınarak ve yeni kesilmiş ladin gövde enine kesitlerinden elde edilen ince disklerin ışığa doğru tutularak saydamlık farkının belirlenmesi (Sandberg, 2009) neticesinde yapılmıştır.

2.2 Mikroskopik incelemeler

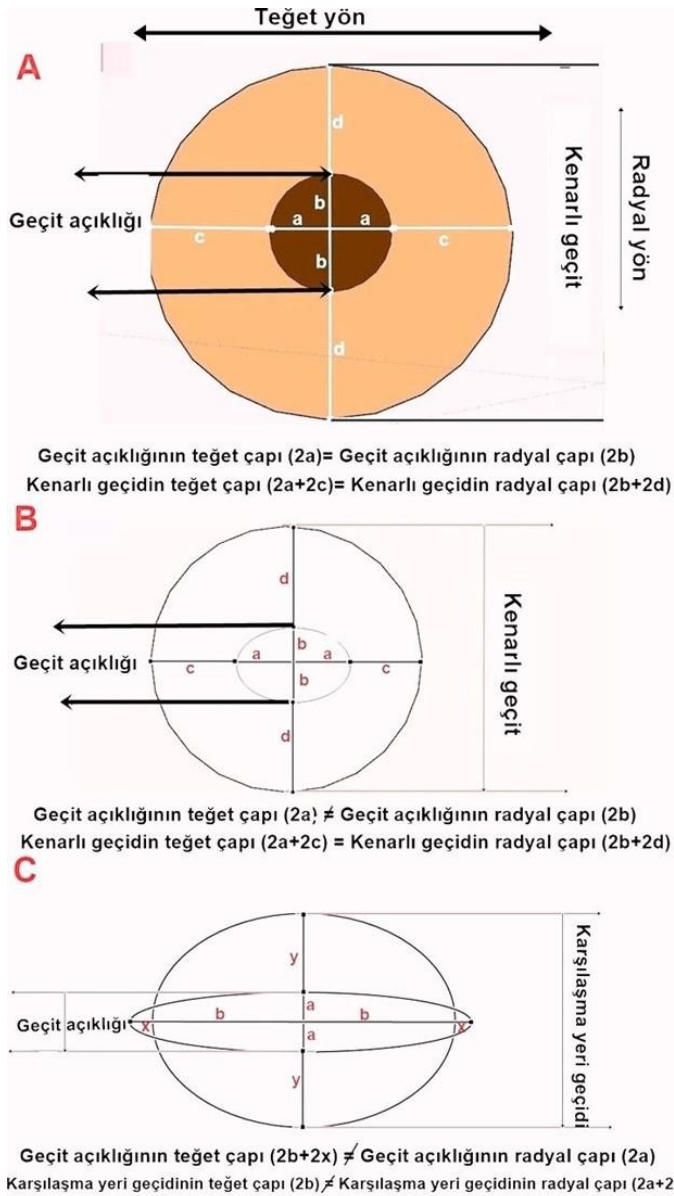
Ladin diri ve olgun odun kısımlarından ayrı ayrı elde edilen farklı gövde yüksekliklerine ait $10 \times 2 \times 2$ cm³ boyutlarındaki toplam 6 adet çitanın her birinden $2 \times 2 \times 2$ cm³ boyutlarında 3'er adet olmak üzere toplamda 18 adet küp elde edilmiştir (Şekil 1). Doğu ladininin dipten taç kısmına doğru 3 farklı yüksekliklerinden elde edilen test örneklerinin mikroyapısındaki farklı tip geçit çaplarının ve bu geçitlere ait açıklık boyutlarının gövde yüksekliğine bağlı olarak değişim gösterip göstermediğinin belirlenmesinde bir ışık mikroskobundan yararlanılmıştır. Mikroskopik incelemeler için yumuşatmak amacıyla oda sıcaklığında suda bekletilen küp şeklindeki test örneklerinden (diri ve olgun odun örnekleri) bir kızaklı mikrotom (SM 2010 R, Leica, Wetzlar, Almanya) yardımıyla 20 µm kalınlığında kesitler elde edilmiştir. Bu kesitler daha sonra %1 lik sulu safranin çözeltisi ile boyanarak ligninleşmiş hücre çeperlerinin (kırmızı) belirgin hale gelmesi sağlanmıştır (Wilcox, 1964). Standart daimi preparat hazırlama prosedürü uygulandıktan sonra mikroskopik kesitler Olympus BX51 ışık mikroskobu (Olympus, Tokyo, Japonya) kullanılarak incelenmiştir. Görüntüler dijital olarak elde edilmiştir. Radyal kesitte geçit çap ve açıklıklarının hem radyal hem de teğet yöndeki çapları x 100 objektifinde ANALYSIS FIVE ver. 5.0 (Endüstriyel mikroskoplar için görüntü analiz yazılımı, Olympus Corporation) ve mikroskoba monte edilerek uyarlanmış bir DP 71 Dijital Kamera (Olympus, Tokyo, Japonya) yardımıyla ölçülmüştür. Bu çalışma kapsamında,

ilkbahar odunu tabakasındaki boyuna traheidlerin radyal çeperlerindeki kenarlı geçit çapları ve geçit açıklık boyutları, ilkbahar odunu tabakasındaki piceoid tip karşılaşma yeri geçit çapları ve enine traheid kenarlı geçit çapları ile onlara ait geçit açıklık boyutları ölçülmüştür.



Şekil 1. Doğu ladini gövdesinden alınan odun örnekleri (a) ve örnek gruplarının (b) gösterimi

Ladinde gövde yüksekliğine bağlı olarak diri ve olgun odun kısımlarının ilkbahar odunu tabakasındaki bulunan farklı geçit tiplerinin çaplarındaki ve geçit açıklıklarındaki boyutsal değişiklikler, elde edilen mikroskopik kesitler üzerinde bir ışık mikroskobu ve görüntüleme cihazı yardımıyla alınan 720 adet mikrografa dayanarak dairesel veya elips şekilli farklı geçit tipleri ve onlara ait geçit açıklıkları dahil olmak üzere toplam 18.316 adet ölçüm yapılarak değerlendirilmiştir. Burada 1 mm² alan içerisinde bulunan farklı geçit tiplerinin, geçit açıklık ve geçit çap boyutları ölçülürken hem radyal (boyuna) hem de teğet (enine) çap ölçümleri (µm) ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir (Şekil 2). Ağaç gövdesinin dip kısmından taç kısmına doğru 3 farklı yükseklikten elde edilen veriler istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır.



Şekil 2. Kenarlı geçit (a), enine traheid kenarlı geçidi (b) ve piceoid tip karşılaşma yeri geçit çapları (c) ile bu farklı geçit tiplerine ait geçit açıklık boyutlarının teğet ve radyal çap uzunluklarının ölçülmesi

Çizelge 1. İlkbahar odunu tabakası boyuna traheid radyal çeperleri üzerinde bulunan kenarlı geçit çapları ile geçit açıklık boyutlarının farklı odun kısımlarına bağlı değişimi

Şekil	Odun kısmı	Geçit açıklığı		Geçit çapı
		İlkbahar odunu tabakası		İlkbahar odunu tabakası
		Teğet çap (µm)	Radyal çap (µm)	Teğet çap≅Radyal çap (µm)
Elips	Diri odun	6,67(0,06)a	4,67(0,06)c	18,38(0,10)a
	Olgun odun	4,69(0,06)c	5,46(0,09)b	17,12(0,10)b
Daire	Diri odun	4,80(0,03)a		18,91(0,04)a
	Olgun odun	4,39(0,03)b		17,36(0,04)b

Parantez içindeki değerler standart sapmalardır. Her sütunda aynı harfler Tukey testine göre örnekler arasında istatistiksel bir fark olmadığını göstermektedir ($p \leq 0,05$).

2.3 İstatistiksel analiz

İstatistiksel değerlendirmelerde, farklı ölçüm gruplarını karşılaştırmak amacıyla varyans analizi (ANOVA) kullanılmıştır. Tüm veriler, uygulamalar dahilinde incelenen özelliklerin ortalama değerleri arasında % 95 güven düzeyi esas alınarak elde edilmiştir. Bu kapsamda ölçümlerden elde edilen sayısal verilere dayanarak, bir ladin ağaç gövdesinin diri ve olgun odun kısımları esas alınarak dipten taç kısmına doğru 3 farklı gövde yükseklik grubu dikkate alınarak 1mm² 'lik bir alan içerisindeki kenarlı geçit, piceoid tip karşılaşma yeri geçidi ve enine traheid kenarlı geçit çapları ile bu farklı geçit tiplerine ait geçit açıklıklarının boyutsal değişimleri istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Gruplar arasında farklılıkların ortaya konulmasında Tukey testi, ortalamaların karşılaştırılmasında ise varyans analizi kullanılmıştır (JMP 5,0 (JMP, 2020)).

3. Bulgular ve Tartışma

3.1 Farklı odun kısımları dikkate alınarak yapılan tespitler

3.1.1 Kenarlı geçitler

Ladin diri ve olgun odun örneklerinin hazırlanan preparatlarının radyal kesitleri üzerinde yapılan incelemeler neticesinde boyuna traheid radyal çeperleri üzerinde bulunan tüm kenarlı geçitlerin genellikle dairesel şekilli oldukları görülmüştür. Bununla beraber bazı kenarlı geçit açıklıklarının ise dairesel şekilli oldukları, bazılarının da elips şeklinde oldukları gözlemlenmiştir. Bu yüzden dairesel şekilli kenarlı geçit ve geçit açıklıklarının radyal ve teğet çap uzunlukları birbirleriyle aynı olduklarından ayrı ayrı ölçümler yapılmamıştır (Çizelge 1). Fakat kenarlı geçit açıklıkları elips şeklinde olanların radyal ve teğet çap uzunlukları birbirlerinden farklı olduklarından ölçümler ayrı ayrı yapılarak yine Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1 incelendiğinde ladin diri ve olgun odun kısımlarında bulunan kenarlı geçit çapları ve geçit açıklık boyutları arasındaki fark önemli olup, dairesel kenarlı geçitler ile onların elips ve daire şekilli geçit açıklık boyutlarının diri odun kısmında olgun oduna göre çok daha büyük oldukları belirlenmiştir.

Ay ve Şahin (1998)'de Doğu ladini diri ve olgun odun kısımları üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmalarından elde ettikleri verilerle bu sonucu desteklemektedirler. Ay ve Şahin (1998) çalışmalarında, diri ve olgun odunda bulunan kenarlı geçitlerin çapları arasındaki farkın önemli olduğunu, kenarlı geçit çapının diri odunda (19,67 μm) olgun oduna (16,74 μm) nazaran daha büyük olduğunu tespit etmişlerdir. Aynı şekilde geçit açıklık çaplarının da diri odunda (5,70 μm) olgun odundan (5,07 μm) daha büyük olduğunu belirlemişlerdir. Elde edilen bu sonuçlar; ağacın ilerleyen yaşlarında diri odunun olgun oduna dönüşmesine bağlı olarak ilgili dönüşümün olgun odun kısmında bulunan kenarlı geçitlerin boyutlarında bir küçülmeye neden olabileceğini veya diri odun kısmındaki su iletkenliğinin diri odunun olgun oduna dönüşmesi esnasında azalmaya başlaması (Bamber, 1987; Sandberg, 2009) neticesinde kenarlı geçitlerde bir daralma-büzüşme etkisi gösteriyor olabileceğini akıllara getirmektedir.

Mevcut çalışmadan elde edilen sonuçlara benzer olarak Usta ve Hale (2006) Doğu ladininin sadece diri odun kısmının ilkbahar odunu tabakasında gerçekleştirdikleri çalışmalarında boyuna traheid kenarlı geçit çaplarını ortalama 17,5 μm , kenarlı geçit açıklık boyutlarını ise ortalama 7,3 μm olarak tespit etmişlerdir. Bahsedilen araştırmacıların çalışmalarında kenarlı geçit çap ve geçit açıklık boyutlarının gövde yüksekliğine bağlı değişimine yönelik bir tespitte bulunmadıkları, ölçümlemleri sadece ağaç gövdesinin göğüs yüksekliğinden (1,3 m) alınan yuvarlak bir diskten elde ettikleri diri odun örnekleri üzerinde gerçekleştirdikleri görülmektedir. Fakat, bazen dairesel bazen de elips şekilli olan kenarlı geçit açıklık boyutlarının belirlenmesinde bahsedilen bu gibi farklı geometrik şekillerin de dikkate alınmamasından dolayı bahsedilen çalışmadan elde edilen diri odun kenarlı geçit açıklık boyutlarıyla ilgili ölçüm sonuçlarının (7,3 μm) mevcut çalışmadan elde edilen diri odun ölçüm sonuçlarıyla (Elips: teğet: 6,67- radyal: 4,67 μm ; Dairesel: teğet $\approx$ radyal: 4,80 μm) kısmende olsa farklılık gösterdiği anlaşılmaktadır. Yine mevcut çalışmadan elde edilen kenarlı geçit çap boyutlarıyla (Çizelge 1), Doğu ladini odunu üzerinde gerçekleştirdikleri anatomik incelemeler neticesinde tespit ettikleri ortalama kenarlı geçit çap boyutlarının 19,5 μm olduğunu ifade eden Bozkurt ve ark. (1991) ile ortalama kenarlı geçit çap boyutlarının 17,95 ile 25,64 μm arasında olduğunu ifade eden Topçuoğlu (1985)'nin elde ettikleri ölçümlerin birbirlerine yakın değerler olduğu görülmektedir. Ayrıca, Losso ve ark. (2018) tarafından farklı bir ladin türü olan Avrupa ladini örnekleri üzerinde yapılan teğet yöndeki ölçüm çalışmalarında da benzer sonuçlar elde edilerek ortalama kenarlı geçit çapı 17,83 μm , ortalama geçit açıklık çapı ise 4,84 μm olarak ölçülmüştür.

Diğer bir taraftan, Ay ve Şahin (1998)'in de Doğu ladini odununda kenarlı geçit çap ve geçit açıklık boyutlarının gövde

yüksekliğine bağlı değişimine yönelik bir tespitte bulunmadıkları ve dipten itibaren 2 m yükseklikten kesilen 15 cm'lik disklerden elde edilen örneklerle ait mikroskobik kesitler üzerinde yapılan ölçümlerde diri odunda ortalama kenarlı geçit radyal çapının 17,82 μm , teğet çapının 5,70 μm , radyal kenarlı geçit açıklığının 5,36 μm ve teğet kenarlı geçit açıklığının 5,70 μm olduğunu belirlemişlerdir. Bununla beraber, Doğu ladini olgun odun kısmının ilkbahar odunu tabakasındaki boyuna traheidlerinin ortalama kenarlı geçit radyal çapı 15,24 μm , teğet çapı 16,74 μm , ortalama radyal kenarlı geçit açıklığı 5,01 μm , teğet kenarlı geçit açıklığı ise 5,07 μm olarak tespit etmişlerdir. Burada, Ay ve Şahin (1998)'in çalışmalarında bazen dairesel bazen de elips şekilli olan kenarlı geçit açıklık boyutlarının ölçümlemlerinde hem boyuna (radyal çap uzunluk) hem de enine (teğet çap uzunluk) ölçümler gerçekleştirdikleri yani ölçümlemlerde farklı geometrik şekilleri de dikkate aldıkları görülmüştür. Bahsedilen bu çalışmadan elde edilen sonuçların mevcut çalışmadan elde edilen sonuçlarla (Çizelge 1) çok daha uyumlu oldukları görülmektedir.

3.1.2 Piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri

Ladin diri ve olgun odun örneklerinden hazırlanan preparatların radyal kesitleri üzerinde yapılan incelemeler neticesinde tüm piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri ile geçit açıklıklarının sadece elips şekilli oldukları görülmüştür. Bu yüzden elips şekilli piceoid tip karşılaşma yeri geçit çapları ile onların elips şekilli geçit açıklıklarının radyal ve teğet çapları birbirlerinden farklı olduklarından ölçümler ayrı ayrı yapılarak verilmiştir (Çizelge 2).

Parantez içindeki değerler standart sapmalardır. Her sütunda aynı harfler Tukey testine göre örnekler arasında istatistiksel bir fark olmadığını göstermektedir ($p \leq 0,05$).

Çizelge 2 incelendiğinde diri ve olgun odun kısımlarında bulunan piceoid tip karşılaşma yeri geçit çapları ve geçit açıklık boyutlarının teğet çap uzunluk ölçümleri arasında fark olmasına rağmen radyal çap uzunluk ölçümleri arasında fark bulunamamıştır. Ladin diri odun mikroyapısındaki piceoid tip karşılaşma yeri geçit açıklık boyutlarına ait ortalama teğet çap uzunluk değerinin olgun oduna nazaran daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bunun aksine, ladin olgun odun mikroyapısındaki piceoid tip karşılaşma yeri geçit çap boyutlarına ait ortalama teğet çap uzunluk ölçümünün ise diri oduna nazaran daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Şahin ve Ay (1999), diri ve olgun odun kısımları ayırt edilmeksizin ladin odunu üzerinde yaptıkları çalışmalarında, piceoid tip karşılaşma yeri geçit çap boyutlarına ait ortalama teğet çap uzunluk ölçümünü 4,09 μm , ortalama radyal çap uzunluk ölçümünü ise 4,07 μm olarak belirlemişlerdir.

Çizelge 2. İlkbahar odunu tabakası piceoid tip karşılaşma yeri geçit çapları ile geçit açıklık boyutlarının farklı odun kısımlarına bağlı değişimi

Şekil	Odun kısmı	Geçit açıklığı		Geçit çapı	
		İlkbahar odunu tabakası		İlkbahar odunu tabakası	
		Teğet çap (μm)	Radyal çap (μm)	Teğet çap (μm)	Radyal çap (μm)
Elips	Diri odun	3,69(0,01)a	1,69(0,01)c	5,21(0,21)b	1,69(0,21)c
	Olgun odun	3,48(0,02)b	1,76(0,02)c	5,5(0,22)a	1,76(0,22)c

Elde edilen veriler dikkate alındığında ortalama teğet çap uzunluk ölçümlerinin (Diri odun: 5,21 μm ; Olgun odun: 5,50 μm) Şahin ve Ay (1999)'ın çalışmalarındaki ölçümler (4,09 μm) ile benzer olduğu, ortalama radyal çap uzunluk ölçümlerinin ise (Diri odun: 1,69 μm ; Olgun odun: 1,76 μm) Şahin ve Ay (1999)'ın çalışmalarındaki ölçümlerden (4,07 μm) çok daha düşük oldukları görülmüştür (Çizelge 2). Bozkurt ve ark. (1991)'nın ladin odunu üzerinde radyal veya teğet yönlerine yönelik ölçümlerin ayrı ayrı yapılmadığı görülen çalışmalarından elde ettikleri ortalama piceoid tip karşılaşma yeri geçit çap boyutlarına yönelik ölçüm sonuçları (6,73 ile 5,5 μm) ile piceoid tip karşılaşma yeri geçit açıklık boyutlarına

yönelik ölçüm sonuçlarının (1,91 μm) mevcut çalışmadan elde edilen sonuçlarla büyük oranda örtüştüğü görülmektedir.

3.1.3 Enine traheid kenarlı geçitleri

Ladin diri ve olgun odun örneklerinden hazırlanan preparatların radyal kesitleri üzerinde yapılan incelemeler neticesinde tüm enine traheid kenarlı geçitleri ile geçit açıklıklarının sadece dairesel şekilli oldukları görülmüştür. Bu yüzden radyal ve teğet çap uzunlukları birbirleriyle aynı olduklarından ayrı ayrı ölçülmemiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. İlkbahar odunu tabakası enine traheid kenarlı geçit çapları ile geçit açıklık boyutlarının farklı odun kısımlarına bağlı değişimi

Şekil	Odun kısmı	Geçit açıklığı	Geçit çapı
		İlkbahar odunu tabakası Teğet çap $\cong$ Radyal çap (μm)	İlkbahar odunu tabakası Teğet çap $\cong$ Radyal çap (μm)
Daire	Diri odun	1,82(0,01)a	6,61(0,03)b
	Olgun odun	1,74(0,01)b	7,15(0,02)a

Parantez içindeki değerler standart sapmalardır. Her sütunda aynı harfler Tukey testine göre örnekler arasında istatistiksel bir fark olmadığını göstermektedir ($p \leq 0,05$).

Çizelge 3 incelendiğinde hem diri hem de olgun odun kısımlarında bulunan enine traheid kenarlı geçit çaplarının geçit açıklık boyutlarına nazaran daha büyük oldukları anlaşılmaktadır. Diri odundaki enine traheid kenarlı geçit açıklık boyutlarının olgun oduna nazaran daha büyük olduğu belirlenmiştir. Bunun aksine, olgun odun kısmındaki enine traheid kenarlı geçit çap boyutlarının ise diri oduna nazaran daha büyük olduğu belirlenmiştir. Yapılan literatür araştırmasında mevcut çalışmadan elde edilen enine traheid kenarlı geçit çap ve geçit açıklık boyutlarının ölçümü neticesinde belirlenen değerlerin doğruluğunun kıyaslanabilmesine yönelik herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu yüzden kıyaslama yapılamamıştır.

Sonuç olarak; ilkbahar odunu tabakasındaki farklı geçit tiplerinin çapları ile onlara ait geçit açıklık boyutlarının farklı odun kısımlarına bağlı değişimine yönelik elde edilen sonuçlar dikkate alındığında kenarlı geçit çap ve açıklık boyutlarının diri odunda olgun oduna nazaran daha büyük olduğu görülmüştür. Piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri ve enine traheid kenarlı geçit çaplarının olgun odun kısmında diri oduna nazaran daha büyük olduğu, piceoid tip karşılaşma yeri geçit açıklık boyutları ile enine traheid kenarlı geçit açıklık boyutlarının ise diri odunda olgun oduna nazaran daha büyük olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçların (Çizelge 1, 2 ve 3) aynı zamanda ağaçlarda diri odun kısımlarının niçin öz odun veya olgun odun kısımlarına nazaran daha kolay emprenye edilebildiği (Côté, 1963; Wang ve DeGroot, 1996; Hansmann ve ark., 2002; Panigrahi ve ark., 2018) sorusunun cevaplarından birisi olma niteliğini taşıdığı da (özellikle kenarlı geçitlerin hücre içi akışta birincil derecede rol aldığı dikkate alınırsa) görülmektedir.

3.2 Ağaç gövde yüksekliği dikkate alınarak yapılan tespitler

3.2.1 Kenarlı geçitler

3.2.1.1 Kenarlı geçit çapları ile geçit açıklık boyutlarının gövde yüksekliğine bağlı olarak değişimi

Ladin diri ve olgun odun örneklerinden hazırlanan preparatların radyal kesitleri üzerinde yapılan incelemeler neticesinde boyuna traheid radyal çeperleri üzerinde bulunan tüm kenarlı geçitlerin çoğunlukla dairesel şekilli oldukları görülmüştür. Bununla beraber bazı kenarlı geçit açıklıklarının ise dairesel şekilli oldukları, bazılarının da elips şeklinde oldukları gözlenmiştir. Bu yüzden dairesel şekilli kenarlı geçit ve geçit açıklıklarının radyal ve teğet çap uzunlukları birbirleriyle hemen hemen aynı olduklarından ayrı ayrı ölçülmemiştir (Çizelge 4). Fakat kenarlı geçit açıklıkları elips şeklinde olanların radyal ve teğet çap uzunlukları birbirlerinden belirgin derecede farklı olduklarından ayrı ayrı ölçülerek Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 4 ve 5 incelendiğinde ladin diri ve olgun odun mikroyapısındaki dairesel kenarlı geçit çapları ile onların dairesel ve elips şekilli geçit açıklık boyutlarının gövde yüksekliğine bağlı olarak önemli bir değişiklik göstermediği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; dairesel şekilli kenarlı geçit çapları ile onların dairesel ve elips şekilli geçit açıklık boyutlarının dipten taca doğru bazen arttığı bazen ise azaldığı yani kenarlı geçit çap ve açıklıklarındaki boyutsal değişimlerin belirli bir düzene ve gövde yüksekliğindeki değişime paralel seyretmediği tespit edilmiştir. Şahin ve Ay (1999)'ın çalışmalarında Doğu ladin ağacının 2 m yükseklikten alınan gövde kısmında kenarlı geçitlerin radyal çapının 17,82 μm , teğet çapının 19,67 μm , 7 m yükseklikten alınan gövde kısmında kenarlı geçitlerin radyal çapının 17,83 μm , teğet çapının 19,52 μm ve 12 m yükseklikten alınan gövde kısmında kenarlı geçitlerin radyal çapının 17,19 μm , teğet çapının 18,90 μm olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4. Ladin diri ve olgun odununda ilkbahar odunu tabakasındaki dairesel kenarlı geçit çapları ile onların dairesel geçit açıklık boyutlarının dipten taca doğru değişimi

Odun kısmı	Gövde yüksekliği (cm)	Çıta	Küp	Geçit açıklığı (Dairesel) İlkbahar odunu tabakası		Kenarlı geçit çapı (Dairesel) İlkbahar odunu tabakası	
				Teğet çap $\cong$ Radyal çap (μ m)		Teğet çap $\cong$ Radyal çap (μ m)	
Diri Odun	Alt gövde (0-150)	1	1	5,16(0,09)ab		19,71(0,13)ab	
			2	4,83(0,08)bcd		18,68(0,12)cd	
			3	4,52(0,08)de		18,55(0,12)d	
	Orta gövde (150-300)	2	1	5,31(0,09)a		19,86(0,14)a	
			2	4,82(0,08)bcde		18,67(0,12)cd	
			3	4,47(0,08)de		18,49(0,13)d	
	Üst gövde (300-450)	3	1	4,68(0,09)cde		19,23(0,13)bc	
			2	5,01(0,08)abc		18,86(0,12)cd	
			3	4,46(0,08)e		18,50(0,12)d	
Olgun Odun	Alt gövde (0-150)	1	1	4,78(0,07)a		17,64(0,13)b	
			2	4,97(0,06)a		18,22(0,11)a	
			3	4,04(0,06)c		17,31(0,12)bc	
	Orta gövde (150-300)	2	1	4,77(0,07)a		17,28(0,14)bc	
			2	4,04(0,06)c		16,97(0,12)cd	
			3	4,35(0,07)b		16,51(0,12)d	
	Üst gövde (300-450)	3	1	4,08(0,07)bc		17,54(0,13)b	
			2	4,26(0,06)bc		17,30(0,11)bc	
			3	4,21(0,06)bc		17,39(0,12)bc	

Parantez içindeki değerler standart sapmalardır. Her sütunda aynı harfler Tukey testine göre örnekler arasında istatistiksel bir fark olmadığını göstermektedir ($p \leq 0,05$).

Çizelge 5. Ladin diri ve olgun odununda ilkbahar odunu tabakasındaki dairesel kenarlı geçit çapları ile onların elips şekilli geçit açıklık boyutlarının dipten taca doğru değişimi

Odun kısmı	Gövde yüksekliği (cm)	Çıta	Küp	Geçit açıklığı (Elips) İlkbahar odunu tabakası		Kenarlı geçit çapı (Dairesel) İlkbahar odunu tabakası	
				Teğet çap (μ m)		Teğet çap $\cong$ Radyal çap (μ m)	
Diri Odun	Alt gövde (0-150)	1	1	7,08(0,19)a	5,44(0,19)c	19,44(0,33)a	
			2	6,71(0,20)a	4,84(0,20)cd	18,81(0,36)ab	
			3	6,52(0,12)a	4,34(0,12)d	17,84(0,21)b	
	Orta gövde (150-300)	2	1	7,20(0,19)a	5,57(0,19)bc	19,66(0,35)a	
			2	6,71(0,20)a	4,84(0,20)cd	18,81(0,36)ab	
			3	6,53(0,12)a	4,34(0,12)d	17,84(0,21)b	
	Üst gövde (300-450)	3	1	7,00(0,19)a	5,36(0,19)c	19,36(0,33)a	
			2	6,53(0,20)ab	4,66(0,20)cd	18,63(0,36)ab	
			3	6,47(0,12)a	4,29(0,12)d	17,79(0,21)b	
Olgun Odun	Alt gövde (0-150)	1	1	5,06(0,23)cde	6,72(0,44)abc	17,13(0,37)abc	
			2	5,06(0,25)cde	7,83(0,32)a	18,80(0,41)a	
			3	4,18(0,14)ef	6,70(0,23)ab	16,91(0,24)bc	
	Orta gövde (150-300)	2	1	5,00(0,23)cde	5,98(0,23)bc	16,60(0,39)bc	
			2	4,43(0,25)def	4,96(0,25)cde	16,46(0,41)bc	
			3	4,95(0,14)d	3,71(0,22)f	16,60(0,24)c	
	Üst gövde (300-450)	3	1	4,42(0,23)def	5,78(0,35)bcd	17,44(0,37)abc	
			2	5,42(0,25)cd	5,00(0,25)cde	16,58(0,41)bc	
			3	4,50(0,14)def	4,51(0,26)def	17,76(0,24)ab	

Parantez içindeki değerler standart sapmalardır. Her sütunda aynı harfler Tukey testine göre örnekler arasında istatistiksel bir fark olmadığını göstermektedir ($p \leq 0,05$).

Burada gövde yüksekliği ile birlikte kenarlı geçitlerin boyutlarında azalma olduğunu ifade etmişlerdir. Bunun aksine, kenarlı geçit açıklık boyutlarının ise gövde yüksekliğine bağlı olarak dipten tepe kısmına doğru değişmediğini belirtmişlerdir. Diğer bir taraftan, Losso ve ark. (2018) tarafından Avrupa

ladininin farklı gövde yükseklikleri (5, 6, 8, 10, 20 ve 30 m) üzerinde gerçekleştirilen kenarlı geçit çapı, geçit açıklık çapı ve torus çapı ölçüm çalışmalarından elde edilen sonuçlarda yine bu değerlerin ağaç yüksekliği ile birlikte artan bir eğilim gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bunun aksine, Lazzarin ve ark.

(2016) dağ sekoyası (*Sequoiadendron giganteum* (Lindl.) J. Buchh.) üzerinde yaptıkları çalışmada, ağaç yüksekliğindeki artışa bağlı olarak geçit açıklık boyutunda bir azalma olduğunu belirlemişlerdir.

3.2.2 Piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri

3.2.2.1 Piceoid tip karşılaşma yeri geçit çapları ve geçit açıklık boyutlarının gövde yüksekliğine bağlı olarak değişimi

Ladin diri ve olgun odun örneklerinin hazırlanan preparatlarının radyal kesitleri üzerinde yapılan incelemeler neticesinde tüm piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri ile geçit açıklıklarının sadece elips şekilli oldukları görülmüştür. Bu yüzden elips şekilli piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri ve geçit açıklıklarının radyal ve teğet çap uzunlukları birbirlerinden belirgin derecede farklı olduklarından ayrı ayrı ölçülerek değerlendirilmiştir (Çizelge 6).

Çizelge 6 incelendiğinde ladin diri ve olgun odun mikroyapısındaki elips şekilli piceoid tip karşılaşma yeri geçit çapları ve geçit açıklık boyutlarının hem radyal hem de teğet çap

uzunluklarının gövde yüksekliğine bağlı olarak önemli bir değişiklik göstermediği, boyutların dipten taca doğru bazen arttığı bazen ise azaldığı yani belirli bir düzene ve gövde yüksekliğindeki değişime paralel seyretmediği tespit edilmiştir. Benzer şekilde Şahin ve Ay (1999)'da çalışmalarında piceoid tip karşılaşma yeri geçit çap boyutlarının gövde yüksekliğine bağlı olarak dipten taç kısmına doğru olan değişimlerinin önemli olmadığını tespit etmişlerdir.

3.2.3 Enine traheid kenarlı geçitleri

3.2.3.1 Enine traheid kenarlı geçit çapları ve geçit açıklık boyutlarının gövde yüksekliğine bağlı olarak değişimi

Ladin diri ve olgun odun örneklerinin radyal kesitleri üzerinde yapılan incelemeler neticesinde tüm enine traheid kenarlı geçitleri ile geçit açıklıklarının sadece dairesel şekilli oldukları görülmüştür. Bu yüzden dairesel şekilli enine traheid kenarlı geçitleri ve onların dairesel şekilli geçit açıklıklarının radyal ve teğet çap uzunlukları birbirleriyle aynı olduklarından ayrı ayrı ölçülmemiştir (Çizelge 7).

Çizelge 6. Ladin diri ve olgun odunun ilkbahar odunu tabakasındaki elips şekilli piceoid tip karşılaşma yeri geçit çapları ve geçit açıklık boyutlarının dipten taca doğru değişimi

Odun kısmı	Gövde yüksekliği (cm)	Çıta	Küp	Geçit açıklığı (Elips)		Piceoid tip karşılaşma yeri geçit çapı (Elips)	
				İlkbahar odunu tabakası		İlkbahar odunu tabakası	
				Teğet çap (µm)	Radyal çap (µm)	Teğet çap (µm)	Radyal çap (µm)
Diri Odun	Alt gövde (0-150)	1	1	3,29(0,04)b	1,65(0,04)c	4,70(0,05)b	1,65(0,05)c
			2	3,90(0,04)a	1,73(0,04)c	5,48(0,05)a	1,73(0,05)c
			3	3,87(0,04)a	1,70(0,04)c	5,45(0,05)a	1,70(0,05)c
	Orta gövde (150-300)	2	1	3,93(0,04)a	1,76(0,04)c	5,51(0,05)a	1,76(0,05)c
			2	3,24(0,04)b	1,60(0,04)c	4,65(0,05)b	1,60(0,05)c
			3	3,94(0,04)a	1,77(0,04)c	5,51(0,05)a	1,77(0,05)c
	Üst gövde (300-450)	3	1	3,25(0,04)b	1,61(0,04)c	4,66(0,05)b	1,61(0,05)c
			2	3,94(0,04)a	1,77(0,04)c	5,52(0,05)a	1,77(0,05)c
			3	3,82(0,04)a	1,65(0,04)c	5,40(0,05)a	1,65(0,05)c
Olgun Odun	Alt gövde (0-150)	1	1	3,73(0,04)ab	1,59(0,04)fg	5,26(0,05)c	1,59(0,05)efg
			2	3,81(0,05)a	1,69(0,05)ef	5,73(0,06)a	1,69(0,06)e
			3	3,54(0,04)bcd	1,46(0,04)fg	5,58(0,05)ab	1,46(0,05)efg
	Orta gövde (150-300)	2	1	3,47(0,04)d	1,39(0,04)g	5,51(0,05)abc	1,39(0,05)fg
			2	3,82(0,04)a	1,67(0,04)ef	5,35(0,05)bc	1,67(0,05)ef
			3	3,72(0,05)abc	1,60(0,05)fg	5,65(0,06)a	1,60(0,06)efg
	Üst gövde (300-450)	3	1	3,80(0,05)a	1,89(0,05)e	5,75(0,06)a	3,80(0,06)d
			2	3,47(0,04)cd	1,39(0,04)g	5,51(0,05)abc	1,39(0,05)g
			3	3,68(0,04)abcd	1,53(0,04)fg	5,24(0,05)c	1,53(0,05)efg

Parantez içindeki değerler standart sapmalardır. Her sütunda aynı harfler Tukey testine göre örnekler arasında istatistiksel bir fark olmadığını göstermektedir ($p \leq 0,05$).

Çizelge 7. Ladin diri ve olgun odununda ilkbahar odunu tabakasındaki enine traheid kenarlı geçit çapları ve geçit açıklık boyutlarının dipten taca doğru değişimi

Odun kısmı	Gövde yüksekliği (cm)	Çıta	Küp	Geçit açıklığı (Dairesel)	Enine traheid kenarlı geçit çapı (Dairesel)
				İlkbahar odunu tabakası Teğet çap≅Radyal çap (µm)	İlkbahar odunu tabakası Teğet çap≅Radyal çap (µm)
Diri Odun	Alt gövde (0-150)	1	1	1,90(0,03)ab	6,45(0,08)b
			2	1,67(0,04)d	7,05(0,09)a
			3	1,85(0,03)abc	6,40(0,08)b
	Orta gövde (150-300)	2	1	1,73(0,04)cd	7,11(0,09)a
			2	1,85(0,03)abc	6,40(0,08)b
			3	1,79(0,03)bcd	6,34(0,08)b
	Üst gövde (300-450)	3	1	1,97(0,03)a	6,53(0,08)b
			2	1,70(0,04)cd	7,06(0,09)a
			3	1,80(0,03)bcd	6,34(0,08)b
Olgun Odun	Alt gövde (0-150)	1	1	1,78(0,03)ab	7,22(0,07)ab
			2	1,66(0,04)b	7,15(0,08)ab
			3	1,72(0,03)ab	7,03(0,06)ab
	Orta gövde (150-300)	2	1	1,69(0,03)b	6,95(0,07)b
			2	1,86(0,03)a	7,30(0,07)a
			3	1,70(0,04)ab	7,19(0,08)ab
	Üst gövde (300-450)	3	1	1,75(0,04)ab	7,22(0,09)ab
			2	1,80(0,03)ab	7,15(0,06)ab
			3	1,70(0,03)b	7,14(0,07)ab

Parantez içindeki değerler standart sapmalardır. Her sütunda aynı harfler Tukey testine göre örnekler arasında istatistiksel bir fark olmadığını göstermektedir ($p \leq 0,05$).

Çizelge 7 incelendiğinde ladin diri ve olgun odun mikroyapısındaki dairesel şekilli enine traheid kenarlı geçit çapları ve geçit açıklık boyutlarının gövde yüksekliğine bağlı olarak yani dipten taca doğru önemli bir değişiklik göstermediği, boyutların dipten taca doğru bazen arttığı bazen ise azaldığı yani bu boyutsal değişimlerin belirli bir düzene ve gövde yüksekliğindeki değişime paralel seyretmediği tespit edilmiştir.

4. Sonuçlar

Doğu ladininin farklı gövde yüksekliklerinde bulunan geçit tiplerinin boyutlarının incelendiği bu çalışma sonucunda kenarlı geçit çap ve açıklık boyutlarının diri odunda, piceoid tip karşılaşma yeri geçitleri ile enine traheid kenarlı geçit çaplarının ise olgun odunda daha büyük olduğu tespit edilmiştir. Piceoid tip karşılaşma yeri geçit açıklık boyutları ile enine traheid kenarlı geçit açıklık boyutlarının da yine diri odunda daha büyük olduğu tespit edilmiştir.

Doğu ladininde dipten taç kısmına doğru diri ve olgun odun yapısında bulunan kenarlı geçit çapları ve geçit açıklık boyutları, piceoid tip karşılaşma yeri geçit çapları ve geçit açıklık boyutları ile enine traheid kenarlı geçit çapları ve geçit açıklık boyutlarındaki değişimlerin belirli bir düzene ve gövde yüksekliğindeki değişime paralel seyretmediği tespit edilmiştir. Bununla beraber odun anatomisi çalışmalarında mikroyapıdaki farklı geçit tipleri ve onların geçit açıklık boyutlarının ölçümlerine yönelik gerçekleştirilecek çalışmalarda geçit ve geçit açıklıklarının geometrik şekillerinin muhakkak dikkate alınması gerektiği anlaşılmıştır. Çünkü bu geometrik şekillere ait radyal ve teğet çap ölçümlerinin genellikle birbirlerine eşit

olmadıkları görülmüştür. Bu yüzden yapılan çalışmalarda ölçümlerin radyal yönde mi yoksa teğet yönde mi gerçekleştirildiği belirtilmelidir. Bu çalışma ile ulusal ve uluslararası literatüre yerli ağaç türlerimizden biri olan Doğu ladininin gövde boyunca diri ve olgun odun kısımlarının mikroyapısında bulunan farklı geçit tiplerinin çap boyutları ve bu farklı geçit tiplerine ait geçit açıklık boyutlarının ölçüm sonuçlarına yönelik veriler sunulmuştur. Bu veriler sayesinde, son yıllarda kullanımı artan özellikle mikronize boyutlardaki yeni nesil empenye maddelerinin Doğu ladini odununda hem liflere paralel hem de liflere dik yönde gerçekleşecek alının miktarlarının yorumlanması da daha kolay olacaktır.

Teşekkür

Bu çalışmada ‘‘Biyolojik Yöntemle Permeabilitesi İyileştirilen Odunun Bazı Özelliklerinin ve Bakır Dağılımının İncelenmesi’’ başlıklı doktora tezindeki bazı verilerden faydalanılmıştır. Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin 24880 numaralı projesi ile 1150934 numaralı TÜBİTAK projesi tarafından desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Ahmed, S.A., Chun, S.K., 2011. Permeability of *Tectona grandis* L. as affected by wood structure. Wood Science Technology, 45(3), 487-500.
- Ay, N., Şahin, H., 1998. Doğu ladini [*Picea orientalis* (L.) Link.] öz odun ve diri odununun iç morfolojik özelliklerinin

- incelenmesi. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 22, 203-207.
- Bamber, R. K., 1987. Sapwood and heartwood. Technical publication (Forestry Commission of New South Wales. Wood Technology and Forest Research Division); no. 2. ISBN 0 7240 2067 5 ISSN 0155-7548 ODC 811.5.
- Bozkurt, Y., Göker, Y., Erdin N., 1991. Belgrad ormanında suni olarak yetiştirilmiş Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link.)'nin bazı anatomik özellikleri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri A 41(2), 12-13.
- Burgess, S.O., Pittermann, J., Dawson, T.E., 2006. Hydraulic efficiency and safety of branch xylem increases with height in *Sequoia sempervirens* (D. Don) crowns. Plant Cell and Environment, 29(2), 229-239.
- Côté, W.A., J.R., 1963. Structural factors affecting the permeability of wood. Journal of Polymer Science, Part C No:2, 231-242.
- Domec, J. C., Lachenbruch, B., Meinzer, F.C., 2006. Bordered pit structure and function determine spatial patterns of air-seeding thresholds in xylem of douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*; Pinaceae) trees. American Journal of Botany, 93, 1588-1600.
- Domec, J. C., Lachenbruch, B., Meinzer, F.C., Woodruff, D. R., Warren, J. M., McCulloh, K. A., 2008. Maximum height in a conifer is associated with conflicting requirements for xylem design, The Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS), 105(33), 12069-12074.
- Freeman, H. M., McIntyre, C. R., 2008. A comprehensive review of copper-based wood preservatives with a focus on new micronized or dispersed copper systems. Forest products journal, 58(11), 6-27.
- Hacke, U.G., Sperry, J.S., Pittermann, J., 2004. Analysis of circular bordered pit function II. Gymnosperm tracheids with torus-margo pit membranes. American Journal of Botany, 91(3), 386-400.
- Hacke, U.G., Lachenbruch, B., Pittermann, J., Mayr, S., Domec, J.C., Schulte, P.J., 2015. The hydraulic architecture of conifers. In: Hacke UG (ed) Functional and ecological xylem anatomy. Springer International Publishing, New York, NY, pp 39-75.
- Hansmann, C., Gindl, W., Wimmer, R., Teischinger, A., 2002. Permeability of wood- A review. Wood Research-Drevársky Výskum, 47(4), 1-16.
- JMP Statistical Software, 2020. JMP 1989-2007: Version 5.0, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Kartal, S. N., Green III, F., Clausen, C. A., 2009. Do the unique properties of nanometals affect leachability or efficacy against fungi and termites?, International Biodeterioration & Biodegradation, 63, 490-495.
- Köksal, S. E., Kılıç Pekgözlü, A., 2016. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) ve Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Basınç Odununun Mikroskopik Yapısı. Ormancılık Dergisi, 12(1), 72-82.
- Lazzarin, M., Crivellaro, A., Williams, C. B., Dawson, T. E., Mozzi, G., Anfodillo, T., 2016. Tracheid and pit anatomy vary in tandem in a tall *Sequoiadendron giganteum* tree. Journal of International Association of Wood Anatomists (IAWA), 37(2), 172-185.
- Lehringer, C., Hillebrand, K., Richter, K., Arnold, M., Schwarze, F.W.M.R., Militz, H., 2010. Anatomy of bioincised Norway spruce wood. International Biodeterioration and Biodegradation, 64(5), 346-355.
- Losso, A., Anfodillo, T., Ganthaler, A., Kofler, W., Markl, Y., Nardini, A., Oberhuber, W., Purin, G., Mayr, S., 2018. Robustness of xylem properties in conifers: analyses of tracheid and pit dimensions along elevational transects. Tree Physiology, 38, 212-222.
- Matsunaga, H., Matsumura, J. and Oda, K., 2004. X-Ray microanalysis using thin sections of preservative – treated wood, relationship of wood anatomical features to the distribution of copper. IAWA Journal, Vol. 25 (1), 79-90.
- McIntyre, C.R., Freeman, M.H., 2009. Micronized copper. Proceedings American Wood Protection Association, 105: 114-127.
- Panigrahi, S., Kumar, S., Panda, S., Borkataki, S., 2018. Effect of permeability on primary processing of wood. Journal of Pharmacognosy Phytochemistry, 7(4), 2593-2598.
- Pittermann, J., Choat, B., Jansen, S., Stuart, S.A., Lynn, L., Dawson, T.E., 2010. The relationships between xylem safety and hydraulic efficiency in the Cupressaceae: the evolution of pit membrane form and function. Plant Physiology, 153, 1919-1931.
- Qu, W.; Yang, C.; Zhang, J.; Ma, Y.; Tian, X.; Zhao, S.; Yu, W., 2022. Hydraulic Function Analysis of Conifer Xylem Based on a Model Incorporating Tracheids, Bordered Pits, and Cross-Field Pits. Forests, 13(2), 171.
- Sandberg, K., 2009. *Norway spruce heartwood properties related to outdoor use*, Doctoral thesis, Lulea University of Technology, Skelleftea Division of Wood science and technology, ISSN: 1402-1544 ISBN 978-91-86233-60-0.
- Song, Y., Poorter, L., Horsting, A., Delzon, S., Sterck, F., 2022. Pit and tracheid anatomy explain hydraulic safety but not hydraulic efficiency of 28 conifer species. Journal of Experimental Botany, 73(3), 1033-1048.
- Şahin, H., Ay, N., 1999. Doğu ladini (*Picea orientalis* (L.) Link.) odununda gövde yüksekliğinin iç morfolojik özellikler üzerine etkisi. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, Ek sayı: 2, 23, 375-382.
- Topçuoğlu, M., 1985. Doğu ladini (*Picea orientalis* (L.) Carr.) odununun iç morfolojisi üzerine araştırmalar. Orman Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi No: 134, Ankara.
- Usta, İ., Hale, M.D., 2006. Comparison of the bordered pits of two species of spruce (*Pinaceae*) in a green and kiln-dried condition and their effects on fluid flow in the stem wood in relation to wood preservation. Forestry, 79(4), 467-475.
- Wang, J.Z., DeGroot, R., 1996. Treatability and durability of heartwood. National Conference on Wood Transportation Structures. Madison, WI, USA. pp. 252-260.
- Wilcox, W.W., 1964. Preparation of decayed wood for microscopical examination. Forest Products Laboratory, Forest Service U.S. Department of Agriculture, Madison, (WI), USA.