



## Kavak (*Populus L.*) Odunlarının Anatomik Özelliklerinin Anatomik Olmayan Faktörlere Bağlı Varyasyonları\*

Bedri Serdar<sup>1</sup>, Ziya Gerçek<sup>1</sup>

### Özet

Bu çalışmada, Türkiye’de doğal olarak yetişen bazı Kavak taksonlarının ekolojik odun anatomileri incelenmiştir. Odun örnekleri, farklı yer ve yükseltilerde yetişen ağaçlardan elde edilmiştir. Trahe teğetsel ve radyal çapları, 1 mm<sup>2</sup> deki trahe sayısı, trahe hücre uzunluğu, lif uzunluğu, lif genişliği, lif lümen genişliği, lif çeper kalınlığı, özışımı yüksekliği ve genişliği, 1 mm’de özışımı sayısı gibi kantitatif trahe özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca trahe teğetsel çapı, trahe hücre uzunluğu ve birim alanda trahe sayıları kullanılarak vulnerabilite ve mezomorfi oranları hesaplanmıştır. Anatomik olmayan özelliklerin (rakım, bitki boyu, bitki çapı ve yıllık halka sayısı) anatomik özellikler üzerine olan etkilerini ortaya koymak için korelasyon analizi yapılmıştır. Korelasyon analizine göre; trahe radyal ve teğetsel çapı, liflerin lümen genişliği, özışımı yükseklik ve genişlikleri hariç trahe hücre uzunluğu, birim alanda trahe sayısı, lif uzunluğu, lif genişliği, lif çeper kalınlığı, 1 mm’de özışımı sayısı, vulnerabilite ve mezomorfi oranları ile anatomik olmayan faktörler arasında anlamlı ilişkiler bulunmuştur.

*Anahtar Kelimeler:* Odun anatomisi, *Populus*, Ekoloji, Türkiye

### Variations of Wood Anatomical Features of Poplar (*Populus L.*) Depending on Non-Anatomical Factors

#### Abstract

Variations of wood anatomical of Poplar species, native in Turkey, were investigated. For this purpose, some wood samples of *Populus L.* species were taken from different localities and altitudes. We observed tangential and radial diameters of vessel element, lengths of vessel element, number of vessel element per mm<sup>2</sup>, fibres (their lengths, widths, thickness of cell walls, lumen diameters), rays (number in 1 mm, their heights and widths). Vulnerability and mesomorphy ratios were calculated. The effects of non anatomical factors such as altitude, plant height and diameter, number of growth rings on anatomical features were observed by the correlation analysis. According to correlation analysis, anatomical features, except for tangential and radial diameter of vessel, lumen diameter of fiber, height and width of rays are correlated with non anatomical factors.

*Keywords:* Wood anatomy, *Populus*, Ecology, Turkey

\* Doktora tezinden hazırlanmıştır.

<sup>1</sup> Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Botaniği Anabilim Dalı, 61080, Trabzon, TÜRKİYE, e-mail: bserdar@ktu.edu.tr

## 1. Giriş

Dünyada odun anatomisi çalışmalarının tarihi eski olmakla birlikte ekolojik odun anatomisi çalışmaları oldukça yenidir (Carlquist, 1966, 1975, 1977a, 1977b, 1980; Baas, 1973, 1976; Baas ve ark., 1983; Zhang ve ark., 1992; Noshiro ve ark., 1994; Lindorf 1994, 1997; Gerçek, 1984; Erşen, 1999; Merav ve Yavuz, 2000; Merav ve ark., 2000; Yaman, 2002; Serdar, 2003 ve Erşen Bak, 2006).

Ekolojik odun anatomisinde enlem, boylam veya yükseltiye bağlı olarak ksilolojik özelliklerde ortaya çıkabilecek trendler tür düzeyinde (intraspesifik) ve/veya cins ve familya düzeyinde (interspesifik) incelenmektedir (Noshiro ve Suzuki, 1995; Noshiro ve ark., 1995; Noshiro ve Baas, 2000). Ayrıca herhangi bir habitat veya floradaki tüm odunsu taksonlar da ekolojik odun anatomisi çalışmalarının kapsamına girmektedir. Bu bağlamda, vulnerabilite ve mezomorfi oranları ve bazı anatomik özellikler [(trahe teğetsel ve radyal çapları, trahe hücre uzunluğu, trahe gruplaşma oranı, birim alanda trahe sayısı, lif uzunluğu, lif genişliği, lif lümen genişliği ve lif çeper kalınlığı, özışını yüksekliği, özışını genişliği ve 1 mm'de özışını sayısı, yedek iletim elemanlarının varlığı (vasküler ve vasisentrik traheidler), spiral (helical) kalınlaşma, perforasyon tablasının tipi vb.)] yardımıyla taksonların buldukları habitata adaptasyonlarıyla ilgili olarak ekolojik durumlarını yansıtabilecek değerlendirmeler yapılabilmektedir (Baas ve Carlquist, 1985; Calquist ve Hoekman, 1985).

Bu değişkenlerden özellikle vulnerabilite ve mezomorfi oranları, taksonların ekolojik istekleri bakımından önemli bilgiler vermektedir.

Mezomorfi değeri; trahe hücre uzunluğu x trahe teğetsel çapı / 1 mm<sup>2</sup> de trahe sayısı ve vulnerabilite oranı; Trahe teğetsel çapı / 1 mm<sup>2</sup> de trahe sayısı parametrelerinden faydalanılarak hesaplanmaktadır. Trahe hücrelerinin uzunluğu, trahelerin teğetsel çapı ve birim alandaki sayısı türlere, rakıma ve vejetasyon tipine göre değişmektedir. Trahelerin çaplarından ve birim alandaki sayılarından faydalanarak bitkinin yetiştiği ortamda suyu nasıl kullandığı ortaya çıkarılmakta, familya içindeki mezomorfik ve kseromorfik taksonlar belirlenmektedir. Yüksek rakımlarda mezomorfi değeri ve vulnerabilite oranının düşük değerde bulunması orada yetişen taksonların deniz seviyesinde yetişenlerden daha kseromorfik olduğunu ortaya koyar. Trahe sayısının ve gruplaşma oranının artması, trahe çaplarının küçülmesi kseromorfinin bir belirteci olduğunu vurgulamaktadır (Wheeler ve Baas, 1991).

Mezomorfi değeri arttıkça odunsu bitkilerin su alma kapasiteleri artar. Bitkilerin su alma kapasitesi demek, su taşıyan elemanların boyutlarında artma demektir. Su taşıyan elemanların boyutları arttıkça birim alandaki sayıları azalır. Bu da mezomorfi değerini etkiler. Vulnerabilite oranı, odunda su iletiminin hassasiyetini ortaya koyan bir orandır (Tyree ve Speery, 1989), (Tyree ve Ewers, 1991; Carlquist, 1988). Zimmerman (1982, 1983)'a göre;

geniş trahe hücreleri su taşıma bakımından az dirençli olmasına rağmen dar çaplı olanlara göre trahelerde boşluk olması ve donmaya karşı daha hassastır. Ayrıca geniş ve uzun traheler su iletiminde çok etkili fakat bu trahelerin diğerlerine göre su kabarcığı oluşturması bakımından oldukça hassastır, yani vulnerable'dır (Tyree ve ark., 1994; Lo Gullo ve ark., 1995). Mezomorfi değerini etkileyen anatomik ve anatomik olmayan faktörler aynı doğrultuda vulnerabilite oranını da etkilemektedir. Bu oran büyüdükçe su alma kapasitesi artar fakat aynı zamanda su iletim emniyeti düşer. Yüksek rakımlarda bu oranın düşmesi su taşıma emniyetini artırmakta, düşük rakımlarda ise azaltmaktadır. Bu oranın rakımla ters yönde ilişki göstermesi yukarıdaki görüşü desteklemektedir.

Yükselti ile odun elemanlarının boyutları arasında bir ilişkinin olup olmadığını saptamak için yükselti kademeleri ile odun elemanlarının boyutları ve birim alandaki sayıları arasında korelasyon analizleri yapılmaktadır. Deniz seviyesinden yüksek rakımlara çıkıldıkça sıcaklık, yağış ve toprak özelliklerinin değiştiği bilinmektedir. Bu özellikler bitki boyutunu ve bitkiyi oluşturan hücre boyutlarını değiştirmektedir. Bugüne kadar yapılan bazı araştırmalarda yükseltiye bağlı olarak meydana gelebilecek değişimler ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Deniz seviyesinden yüksek rakımlara çıkıldıkça bitki boyu ve çapı (anatomik olmayan karakterler), trahe hücre uzunluğu, trahe radyal ve teğetsel çapı, lif uzunluğu, lif genişliği, lümen genişliği, özışını yüksekliği, özışını genişliği (anatomik karakterler) azalır, buna karşın birim alanda trahe sayısı ve özışını sayısı artar (Serdar, 2003).

Bu çalışmada Türkiye'de doğal olarak yetişen bazı kavak taksonlarının odunlarının interspesifik düzeyde göstermiş oldukları varyasyonlar ve anatomik olmayan özelliklerin (yükselti, bitki boyu, bitki çapı ve yıllık halka sayısı) kantitatif odun anatomisi özellikleri üzerine olan etkisini ortaya koymak amacıyla hazırlanmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Araştırma konusu Kavak taksonları *Populus alba* L., *Populus tremula* L., *Populus euphratica* Oliv., *Populus nigra* L. ve *Populus usbekistanica* subsp.*usbekistanica* cv."Afghanica" dır. Araziden yaklaşık 50 ve/veya 100 m aralıklarla toplanan odun materyalleri ve Çizelge 1'de belirtilmektedir. Odun örnekleri, ağaçların 1.30 m yüksekliğinden 5-10 cm kalınlığında tekerlekler şeklinde çıkarılarak, laboratuvara getirilmiştir. Laboratuvara getirilen örnekler üzerinde bilinen kesit alma, maserasyon ve preparasyon teknikleri uygulanmıştır (Ives, 2001; Normand, 1972). Anatomik özellikler için 25 adet ölçüm ve sayım yapılmıştır (Committee on Nomenclature, 1989). Yapılan anatomik ölçüm ve sayımlara bağlı olarak anatomik varyasyonları ortaya koymak için de korelasyon analizleri yapılmıştır. Bu analizler için SPSS paket programı kullanılmıştır.

**Çizelge 1.** Kavak taksonlarının toplandığı yerler, KATO numaraları (Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Herbariyumu)

TAKSONLAR	ÖRNEKLERİN TOPLANDIĞI YERLER	KATO	RAKIM
<i>Populus alba</i> L.	Samsun / Geleriç Özel Ormanı	15910	5
<i>Populus tremula</i> L.	Sinop / Abalı Köyü	15731	100
<i>Populus tremula</i> L.	Sinop / Şerefiye Köyü	15736	100
<i>Populus tremula</i> L.	Sinop / Şerefiye Köyü	15738	210
<i>Populus euphratica</i> Oliv.	Birecik / Fidanlık / Fırat Nehri Kenarı	15893	350
<i>Populus tremula</i> L.	Sinop / Kirazlık Köyü	15740	450
<i>Populus tremula</i> L.	Sinop / Kirazlık Köyü	15741	500
<i>Populus tremula</i> L.	Sinop / İnaltı Bölgesi	15745	600
<i>Populus tremula</i> L.	Sinop / Kuşlar Mevkii	15746	700
<i>Populus tremula</i> L.	Sinop / Çangal / Dereyayla Yolu	15757	700
<i>Populus nigra</i> L.	Sinop / Zayım Köyü / Kozluca Mah.	15775	920
<i>Populus tremula</i> L.	Sinop / Zayım Köyü / Kozluca Mah.	15776	950
<i>Populus tremula</i> L.	Sinop / Zayım Köyü / Kozluca Mah.	15777	1050
<i>Populus tremula</i> L.	Sinop / Çangal Mevkii	15749	1220
<i>Populus tremula</i> L.	Sinop / Çangal Mevkii	15748	1240
<i>Populus tremula</i> L.	Sinop / Zayım Köyü / Kozluca Mah.	15780	1250
<i>Populus tremula</i> L.	Sinop / Boyabat / Yörük Yaylası	15781	1300
<i>Populus tremula</i> L.	Hatay / Dört Yol / Küllü Köyü	15897	1460
<i>Populus nigra</i> L.	Kast / Ilgaz Dağı / Soğuksu Mevkii	15796	1550
<i>P. usbekist. subsp.usb.</i>	Bayburt	15825	1570
<i>P. usbekist. subsp.usb.</i>	Bayburt	15830	1570
<i>Populus tremula</i> L.	Kast / Ilgaz Dağı / Dibeyrek Vadisi	15815	1600
<i>Populus tremula</i> L.	Kast / Ilgaz Dağı / Milli Park	15793	1720
<i>Populus tremula</i> L.	Ardahan / Posof / Godyan Mevkii	15887	1760
<i>Populus tremula</i> L.	Ardahan / Posof / Çatalsular Mevkii	15866	1880
<i>Populus tremula</i> L.	Ardahan / Posof / Çatalsular Mevkii	15867	1880

### 3. Bulgular

Üzerinde anatomik incelemeleri gerçekleştirdiğimiz Kavak cinsine ait taksonların odunları dağınık ve/veya yarı halkalı trahelidir. Yıllık halkalar ya yaz odunu zonunun sonundaki radyal yönde yassılaştırmış kalın çeperli lifler ile ya da büyük çaplı ilkbahar odunu traheleri ile belirgindir.

Trahelerin enine kesitleri genellikle köşeli ve/veya düzdür. Trahe-trahe kenarlı geçitleri almaçlı (diyagonal) dizilmiştir. Trahe hücrelerinin perforasyon tablası basittir.

*Populus* odunlarında temel lif dokusu libriform liflerinden ibarettir. Lifler basit geçitlidir. Geçitler genellikle radyal çeperler üzerindedir. Liflerin lümenleri çoğu taksonda jelatin tabakası ile kaplıdır.

Özışınlarının genişliği çoğunlukla tek sıralıdır (üniseri). Bazen iki sıralı (biseri) özışınları da görülebilir. Özışınları tümüyle yatık özışını paranzim hücrelerinden oluşmaktadır (homoselüler, homojen TIP III). Trahe-özışını hücreleri arasında, familyanın genel özelliği, bal peteği şeklinde basit geçitler bulunur. Bu geçitler trahelerin yan çeperlerindeki geçitlerden daha büyüktür.

Boyuna paranzim (odun paranzimi) terminaldir. Terminal paranzim devamlı halka halinde değildir. Çalışılan tüm *Populus* taksonlarına ait anatomik veriler çizelge 2 ve 3'te verilmiştir. Anatomik özellikleri benzer olan bu taksonlar hücre boyutları bakımından birbirinden farklılık göstermektedir.

***Populus* cinsi (5 m – 1880 m) (interspesifik varyasyon)**

İnterspesik varyasyon amacıyla oluşturulan bu trendde 26 adet rakım kademesi vardır. Anatomik olmayan faktörlerin (rakım, bitki boyu, bitki çapı ve yıllık halka sayısı), anatomik özellikler üzerine etkilerini ve oluşan varyasyonları ortaya koymak amacıyla korelasyon analizleri yapılmıştır (Çizelge 4). Buna göre rakım, trahe uzunluğu ( $r=-0.43$ ), lif uzunluğu ( $r=-0.39$ ), vulnerabilite oranı ( $r=-0.43$ ) mezomorfi oranı ( $r=-0.47$ ) ile ters yönde ilişkili iken  $1 \text{ mm}^2$  de trahe sayısı ( $r=0.54$ ) ile pozitif yönde ilişki göstermektedir. Rakım, trahe radyal ve teğetsel çapları, lif boyutlarından uzunluk hariç hepsi ve özışını boyutları ile hiçbir anlamlı ilişki göstermemiştir. Bitki çapı, trahe uzunluğu ( $r=0.57$ ), lif uzunluğu ( $r=0.72$ ), lif genişliği ( $r=0.55$ ), lif çeper kalınlığı ( $r=0.65$ ) ve mezomorfi oranı ( $r=0.52$ ) ile aynı yönde kuvvetli ilişki vermektedir. Ancak birim alanda trahe sayısı, trahe radyal ve teğetsel çapları, lif lümen genişliği, özışını boyutları ve vulnerabilite oranı ile bitki çapı arasında anlamlı ilişki tespit edilememiştir. Bitki boyu ise; trahe hücre uzunluğu ( $r=0.58$ ), lif uzunluğu ( $r=0.70$ ), lif çeper kalınlığı ( $r=0.60$ ) ile pozitif yönde,  $1 \text{ mm}^2$  de özışını sayısı ile ( $r=-0.61$ ) negatif yönde kuvvetli ilişkiler göstermektedir. Bitki boyu arttıkça bu trend de birim alanda trahe sayısı, trahe radyal ve teğetsel çapları, lif genişliği, lümen genişliği, özışını yükseklik ve genişliği ile vulnerabilite ve mezomorfi oranları arasında herhangi bir ilişki tespit edilememiştir. Yıllık halka sayısı, birim alanda trahe sayısı ( $r=-0.41$ ) ile ters yönde, trahe hücre uzunluğu ( $r=0.51$ ), lif uzunluğu ( $r=0.56$ ), lif çeper kalınlığı ( $r=0.67$ ) ve mezomorfi oranı ( $r=0.47$ ) aynı yönde ilişki göstermektedir. Yıllık halka sayısının, trahe radyal ve teğetsel çapları, lif genişliği, lif lümen genişliği, özışınlarının boyutları ve vulnerabilite oranı üzerine herhangi bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Anatomik olmayan faktörlerin bu çalışmada trahe çapları üzerinde etkili olmadığı görülmektedir.

Çalışılan kavak taksonları, anatomik özelliklerinden yararlanılarak (trahe hücre uzunluğu, trahe teğetsel çapı ve birim alanda trahe sayısı) hesaplanan mezomorfi ve vulnerabilite oranlarına göre karşılaştırıldığında; en yüksek mezomorfi oranına *Populus alba*'nın, en düşük düşük mezomorfi oranına *Populus usbekistanica*'nin sahip olduğu görülmektedir. Vulnerabilite oranı bakımından *Populus euphratica*'nin en yüksek, *Populus usbekistanica*'nin ise en düşük değere sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2). Bu sonuçlara göre çalışılan taksonlar arasında en nemcil karaktere *Populus alba*'nın en kurakçıl karaktere ise *Populus usbekistanica*'nin sahip olduğu görülmektedir.

#### 4. Tartışma

Elde edilen sonuçlara göre, yükselti artıkça, odun elemanlarından trahe çapları küçülürken birim alandaki sayıları artmaktadır. Rakım artışı aynı trahe çapları üzerinde etkili olamayıp, trahe hücre uzunluğu, lif uzunluğu, vulnerabilite ve mezomorfi oranlarını ters yönde etkilemektedir. Birim alandaki trahe sayısını rakım ve yıllık halka sayısı etkilerken, bitki boyu ve bitki çapının bu özellik üzerine etkisi yoktur. Bitki boyu, trahe hücre uzunluğunu, lif uzunluğunu, lif çeper kalınlığını pozitif yönde etkilerken, 1 mm'de özisini sayısını ise ters yönde etkilemektedir. Bitki boyunun diğer anatomik özellikler üzerine etkisi tespit edilememiştir. Bitkinin çapı artarken, trahe hücre uzunluğu, lif uzunluğu, lif genişliği, lif çeper kalınlığı ve mezomorfi oranı kuvvetli bir şekilde artarken diğer anatomik özellikler değişim göstermemektedir. Diğer bir anatomik özellik olmayan yıllık halka sayısı artarken, trahe hücre uzunluğu, lif uzunluğu, lif genişliği, lif çeper kalınlığı ve mezomorfi oranı kuvvetli bir şekilde artarken, birim alandaki trahe sayısı azalmaktadır. Yıllık halka sayısındaki değişimin diğer anatomik özellikler üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Burada özellikle rakımın artmasına bağlı olarak birim alanda trahe sayılarının artması, trahe hücre uzunluğunun, lif uzunluğunun, vulnerabilite ve mezomorfi oranlarının azalması gibi benzer korelasyonlar (Erşen, 1999; Merev ve Yavuz, 2000; Serdar, 2003; Yaman ve Sarıbaş, 2004; Sarıbaş, 1989) gibi çalışmalarla da paralellik göstermektedir. Bitki boyu, bitki çapı ve yıllık halka sayısına bağlı olarak ortaya çıkan varyasyonlar da (Merev ve ark, 2000; Serdar, 2003) adlı çalışmalarla uyum göstermektedir. Bu çalışmada trahe çaplarında mikroskopik olarak ortaya çıkan farkların istatistiksel olarak kuvvetli olmayışına, bu kavak taksonların Türkiye'nin farklı bölgelerinden dolayısıyla farklı ekolojik ortamlardan alınması neden olmuş olabilir. Birim alandaki trahe sayılarının yükseltiye bağlı olarak artması özellikle bu odunların kullanım alanları üzerinde etkili olmaktadır. Trahe çapı, dolayısıyla birim alanda trahe sayısı odunun mekanik ve teknolojik özellikleri üzerinde önemli rol oynamaktadır (Kantay ve Kantay, 2001). Rakımın, özellikle bitkinin boyunu çapını değiştirirken aynı zamanda anatomik özellikler üzerine kuvvetli etkiler yapması ve buna bağlı olarak mezomorfi ve vulnerabilite oranlarını değiştirmesi taksonların ekolojik ortamlarına ve bitki içerisinde meydana gelen fizyolojik olaylara ışık tutmaktadır. Bilindiği gibi mezomorfi oranının düşük değerleri (<100) kseromorfik, yüksek değerleri ise mezomorfik odun özelliklerine işaret etmektedir. Şöyleki; rakım artarken mezomorfi ve vulnerabilite oranlarının düşmesi odun içerisinde birim alandaki trahe sayılarının arttığını ve trahe çaplarının küçüldüğünü göstermektedir. Bu durumda yüksek rakımlarda su oranının ya az olduğunu veya mevcut olan suyun bitki tarafından alınabilecek konumda olamayışını ifade etmektedir. Kavak taksonları bu özellik bakımından oldukça mezomorfik bir karakter göstermektedir. Ancak söz konusu taksonların

rakıma bağlı mezomorfik değerlerinin dūřmesi, onların buldukları ortam şartlarına adaptasyonu için daha kseromorfik özelliklere sahip olmaya zorlamaktadır (Serdar, 2003; Yaman ve Sarıbaş, 2004; Sarıbaş, 1989).

Vulnerabilite değerinin artması trahe çapının artmasına ve birim alanda trahe sayısının azalmasına bağlıdır. Yüksek rakımlarda bu oranın azalması dar çaplı trahelerin varlığını mümkün kılar. Çünkü geniş çaplı traheler su iletiminde aktif ancak donma tehlikesi ve hava kabarcığı ile tıkanma riskinden dolayı bitkide emniyetli bir su iletimini gerekleştirmeyebilir. O yüzden emniyetli su iletimi için trahelerin çaplarının rakım artışına bağlı olarak azalması gerekmektedir. Bu sonuç Zimmerman (1982;1983)'nin çalışmaları ile de paralellik göstermektedir.

Yüksek rakımlardaki ortam řartlarında bu mezomorfi ve vulnerabilite deęerlerinin belirgin olarak dūřmesi, ortamın gereęi olan kseromorfik kořullara uyumu saęlamaktadır.

**Çizelge 2.** Kavak odunlarının anatomik ve anatomik olmayan özelliklikleri (ortalama, minimum ve maksimum değerleri)

TAKSONLAR	KATO RAKIM	ÇAP	BOY	YHS	1/2mm2 IO	1/2mm2YO	RC	TC	THU	
<i>Populus alba</i>	15910	5	32,0	15	41	29,3 (24-34)	39,6 (33-50)	78,6 (48-108)	67,5 (41-90)	744,24 (499-907)
<i>Populus tremula</i>	15731	100	8,3	7	11	34,6 (27-42)	61,2 (52-73)	78,7 (43-124)	53,2 (29-72)	518,0 (230-645)
<i>Populus tremula</i>	15736	100	17,0	20	18	47,3 (39-57)	57,5 (50-63)	89,6 (67-129)	62,4 (48-105)	782,5 (615-999)
<i>Populus tremula</i>	15738	210	23,0	18	22	44,6 (38-50)	57,9 (44-68)	84,6 (62-110)	57,9 (43-82)	622,8 (407-876)
<i>Populus euphratica</i>	15893	350	13,0	7	12	22,8 (16-31)	43,2 (38-48)	115,0 (96-148)	75,2 (48-96)	631,8 (422-845)
<i>Populus tremula</i>	15740	450	24,5	30	46	45,0 (40-51)	44,7 (37-50)	83,5 (62-105)	67,5 (53-86)	848,4 (638-1015)
<i>Populus tremula</i>	15741	500	18,5	18	18	47,6 (32-67)	67,1 (52-84)	75,3 (53-100)	55,4 (38-67)	630,5 (384-792)
<i>Populus tremula</i>	15745	600	20,3	15	18	33,6 (29-38)	53,1 (46-62)	95,6 (62-124)	66,2 (48-91)	637,6 (484-876)
<i>Populus tremula</i>	15746	700	23,5	20	22	41,6 (32-47)	58,4 (47-68)	82,4 (48-120)	60,6 (48-86)	591,7 (499-884)
<i>Populus tremula</i>	15757	700	23,3	14	18	32,0 (27-39)	55,0 (45-70)	100,8 (82-120)	66,2 (48-82)	604,6 (346-815)
<i>Populus nigra</i>	15775	930	12,3	15	13	32,8 (27-36)	53,8 (45-60)	89,5 (67-110)	59,9 (48-82)	627,2 (422-807)
<i>Populus tremula</i>	15776	950	23,3	15	23	43,1 (36-52)	61,3 (49-73)	86,9 (62-100)	57,2 (38-67)	537,4 (307-692)
<i>Populus tremula</i>	15777	1050	26,8	20	34	40,1 (30-48)	55,8 (51-62)	113,1 (81-158)	72,1 (48-96)	770,5 (476-1115)
<i>Populus tremula</i>	15749	1220	22,5	30	62	34,4 (27-42)	46,2 (41-54)	90,8 (48-120)	61,2 (38-86)	612,7 (346-845)
<i>Populus tremula</i>	15748	1240	34,0	30	55	45,9 (37-52)	50,2 (43-60)	90,0 (67-124)	59,5 (48-82)	686,2 (438-876)
<i>Populus tremula</i>	15780	1250	11,8	10	25	35,9 (26-45)	51,6 (40-58)	95,8 (72-120)	64,9 (48-82)	599,1 (376-707)
<i>Populus tremula</i>	15781	1300	16,0		16	57,4 (44-76)	81,7 (66-104)	97,1 (67-124)	62,6 (43-86)	625,7 (415-753)
<i>Populus tremula</i>	15897	1460	36,0	20	56	32,9 (28-38)	38,2 (30-48)	101,2 (67-129)	67,3 (53-86)	777,0 (538-1076)
<i>Populus nigra</i>	15796	1550	21,3	10	15	46,1 (36-56)	58,0 (50-68)	119,4 (81-153)	68,9 (62-100)	537,0 (307-669)
<i>Populus usbekistanica</i>	15825	1570	21,0	13	14	51,8 (40-58)	58,9 (50-68)	106,5 (82-144)	73,7 (53-96)	561,0 (469-707)
<i>Populus usbekistanica</i>	15830	1570	11,8		7	51,1 (42-60)	79,9 (70-90)	88,5 (67-110)	58,3 (43-72)	488,7 (376-622)
<i>Populus tremula</i>	15815	1600	20,0	9	27	52,0 (46-68)	66,3 (50-83)	96,2 (77-115)	63,3 (48-82)	602,2 (377-754)
<i>Populus tremula</i>	15793	1720	12,0	7	15	60,2 (44-84)	92,7 (80-125)	90,8 (57-110)	58,6 (43-82)	556,1 (346-753)
<i>Populus tremula</i>	15887	1760	22,8	8	26	57,0 (52-64)	72,5 (54-90)	94,6 (67-115)	60,6 (48-77)	593,0 (384-745)
<i>Populus tremula</i>	15866	1880	16,3		25	62,7 (51-72)	74,2 (60-92)	86,0 (62-105)	58,5 (48-72)	608,7 (407-722)
<i>Populus tremula</i>	15867	1880	14,8		30	39,1 (33-48)	62,9 (49-85)	71,81 (43-86)	53,76 (34-67)	427,87 (223-507)



## Çizelge 2. nin devamı

TAKSONLAR	LLU	LİFGEN	LÜMGEN	LİFÇPK	ÖY	ÖÇ	MM ÖZİŞİNİ	VUL	MEZO
<i>Populus alba</i>	1264,0(999-1617)	29,4(22-37)	19,7(15-26)	4,8(3,7-5,6)	251,3(100-699)	13,3(11-17)	12,4(9-15)	0,9	729,0
<i>Populus tremula</i>	922,3(705-1117)	21,9(15-26)	13,9(6-20)	3,9(2,8-5,6)	215,8(120-316)	9,9(9-11)	13,0(10-15)	0,5	287,6
<i>Populus tremula</i>	1291,3(941-1617)	28,2(21-38)	18,5(13-26)	4,8(3,7-6,6)	409,1(312-576)	11,8(9-15)	9,3(7-11)	0,6	465,9
<i>Populus tremula</i>	1156,4(852-1529)	26,4(23-34)	18,2(11-26)	4,1(2,8-5,6)	255,1(168-360)	12,0(8-15)	10,3(8-12)	0,5	352,1
<i>Populus euphratica</i>	1176,4(823-1470)	23,1(19-34)	15,9(9-26)	3,5(2,8-4,6)	396,4(277-561)	18,2(15-23)	14,0(11-16)	1,1	719,5
<i>Populus tremula</i>	1528,1(1176-1999)	24,6(17-36)	13,4(8-24)	5,5(2,8-9,3)	319,8(240-412)	12,0(9-13)	8,7(6-11)	0,7	639,3
<i>Populus tremula</i>	1196,4(764-1588)	24,0(17-34)	12,9(7-19)	5,6(3,8-8,4)	295,2(177-398)	13,4(9-17)	11,0(9-13)	0,4	305,1
<i>Populus tremula</i>	1245,8(970-1588)	23,5(17-30)	14,7(9-23)	4,4(2,8-6,6)	335,2(220-456)	11,7(9-15)	10,6(8-12)	0,7	486,8
<i>Populus tremula</i>	1297,6(941-1735)	23,6(15-30)	11,5(8-21)	4,2(2,8-5,6)	322,1(216-446)	12,1(11-15)	12,0(10-15)	0,6	358,9
<i>Populus tremula</i>	1117,6(705-1441)	27,0(19-34)	17,7(11-23)	4,5(2,8-5,6)	289,7(322-360)	11,7(9-15)	11,5(10-15)	0,7	460,3
<i>Populus nigra</i>	1094,0(911-1382)	25,0(15-34)	16,2(9-21)	4,4(2,8-7,5)	237,6(230-538)	11,8(9-15)	10,8(8-13)	0,7	433,8
<i>Populus tremula</i>	1072,9(207-384)	23,3(17-33)	12,9(8-21)	5,2(3,7-7,5)	249,9(192-369)	9,8(7-13)	13,6(12-16)	0,5	294,4
<i>Populus tremula</i>	1343,5(1058-1941)	27,9(17-38)	17,4(8-28)	5,2(3,8-7,5)	400,4(307-499)	10,8(9-13)	11,6(10-15)	0,7	580,1
<i>Populus tremula</i>	1159,9(882-1470)	24,5(19-35)	14,5(9-22)	4,9(2,8-6,5)	264,2(161-361)	12,5(9-15)	10,4(8-12)	0,7	465,6
<i>Populus tremula</i>	1323,5(1058-1705)	24,5(19-32)	13,5(8-19)	5,4(2,8-7,5)	373,7(246-476)	11,1(9-13)	10,3(8-12)	0,6	424,7
<i>Populus tremula</i>	1082,3(735-1529)	22,7(17-36)	13,2(8-24)	4,8(2,8-6,6)	304,8(231-446)	12,0(9-15)	12,2(10-14)	0,7	444,0
<i>Populus tremula</i>	1094,0(823-1441)	25,7(23-38)	18,0(13-28)	3,8(2,8-5,6)	252,0(177-345)	11,1(9-15)	10,5(9-13)	0,4	281,4
<i>Populus tremula</i>	1478,2(1029-1823)	29,4(19-40)	16,5(11-24)	6,4(3,8-10,3)	309,5(192-432)	11,9(9-15)	12,4(10-15)	0,9	736,6
<i>Populus nigra</i>	1095,2(941-1352)	26,7(21-38)	19,1(13-28)	3,8(1,8-5,6)	265,1(201-384)	10,3(9-13)	12,4(10-14)	0,6	355,4
<i>Populus usbeckistanica</i>	1132,9(823-1764)	26,4(19-36)	18,9(15-26)	3,7(1,9-4,7)	252,8(192-340)	11,6(9-15)	11,4(9-14)	0,6	373,4
<i>Populus usbeckistanica</i>	914,0(705-1176)	26,1(17-39)	18,7(13-30)	3,7(1,9-5,6)	288,8(199-384)	10,2(9-13)	14,4(12-17)	0,4	217,0
<i>Populus tremula</i>	1049,8(698-1396)	27,3(21-38)	19,1(13-28)	4,0(2,8-6,6)	303,6(230-384)	12,0(9-19)	12,6(11-15)	0,5	322,6
<i>Populus tremula</i>	854,1(647-1117)	24,9(15-34)	16,9(9-24)	4,0(2,8-5,6)	300,4(225-388)	11,3(9-13)	11,2(10-13)	0,4	213,2
<i>Populus tremula</i>	1090,5(735-1411)	25,6(19-32)	15,5(9-21)	5,0(3,8-6,6)	332,8(238-438)	13,8(13-15)	12,4(10-15)	0,5	277,8
<i>Populus tremula</i>	1102,3(882-1323)	21,5(19-28)	14,5(11-19)	3,4(2,8-5,6)	320,8(230-446)	13,4(11-15)	10,6(8-13)	0,4	260,3
<i>Populus tremula</i>	832,9(647-1117)	21,1(15-30)	11,7(8-19)	4,1(2,8-5,6)	219,9(154-307)	13,8(11-17)	14,7(13-18)	0,5	225,5

**Kato:** K. T. Ü. Herbaryum Numarası, **Rakam:** Denizden yükseklik, **Çap:** Bitkinin çapı, **Boy:** Bitkinin boyu, **YHS:** Yıllık halka sayısı, **1/2 mm<sup>2</sup> IO:** 1/2 mm<sup>2</sup> de ilkbahar odunu trabe sayısı, **1/2 mm<sup>2</sup> YO:** 1/2 mm<sup>2</sup> de yaz odunu trabe sayısı, **RC:** Trabe radyal çapı, **TC:** Trabe teğet çapı, **THU:** Trabe hücre uzunluğu, **LLU:** Libriform lifi uzunluğu, **LİFGEN:** Lif genişliği, **LÜMGEN:** Lamen genişliği, **LİFÇPK:** Lif çeper kalınlığı, **ÖZİŞİNİ:** 1 mm'de özleşim sayısı, **ÖY:** Özleşim yüksekliği, **ÖÇ:** Özleşim genişliği, **VUL:** Vulnerabilite oranı, **MEZO:** Mezomorfi değeri

**Çizelge 3.** Kavak taksonlarının odunlarına ait anatomik özelliklerin genel ortalama değerleri

TAKSONLAR	1/2mm <sup>2</sup> IO	1/2mm <sup>2</sup> YO	1mm <sup>2</sup>	THU	TRÇ	TTC	LLU	LIFGEN	LÜMGEN	LİFÇPK	ÖZİŞİNİ	ÖY	ÖG	VUL	MEZO
<i>Populus usbekistanica</i>	51.5	69.5	120.9	524.9	97.5	66.0	1023.5	26.3	18.8	3.8	12.9	270.8	10.9	0.6	295.6
<i>Populus tremula</i>	44.4	60.4	104.8	631.7	90.3	61.5	1162.0	24.9	15.3	4.7	11.5	303.7	11.9	0.6	394.2
<i>Populus nigra</i>	39.5	55.9	95.4	582.1	104.4	64.4	1094.7	25.9	17.7	4.1	11.6	251.4	11.1	0.7	394.6
<i>Populus euphratica</i>	22.8	43.2	66.1	631.8	115.0	75.3	1176.4	23.1	16.0	3.6	14.0	396.5	18.2	1.1	719.6
<i>Populus alba</i>	29.3	39.6	68.9	744.2	78.6	67.5	1264.1	29.4	19.8	4.8	12.5	251.3	13.4	1.0	729.0
<b>Genel Ortalama</b>	<b>37.5</b>	<b>53.8</b>	<b>91.2</b>	<b>623.0</b>	<b>97.2</b>	<b>66.9</b>	<b>1144.1</b>	<b>25.9</b>	<b>17.5</b>	<b>4.2</b>	<b>12.5</b>	<b>294.7</b>	<b>13.1</b>	<b>0.8</b>	<b>506.6</b>

1/2 mm<sup>2</sup> IO: 1/2 mm<sup>2</sup> de ilkbahar odunu trache sayısı, 1/2 mm<sup>2</sup> YO: 1/2 mm<sup>2</sup> de yaz odunu trache sayısı, 1 mm<sup>2</sup>: 1 mm<sup>2</sup> de trache sayısı, THU: Trache hücre uzunluğu, TRÇ: Trache radyal çapı, TTC: Trache teğet çapı, LLU: Libriform lif uzunluğu, LIFGEN: Lif genişliği, LÜMGEN: Lümen genişliği, LİFÇPK: Lif çeper kalınlığı, ÖZİŞİNİ: 1 mm de özışın sayısı, ÖY: Özışın yüksekliği, ÖG: Özışın genişliği, VUL: Vulnerabilite oranı, MEZO: Mezomorfik değeri

Çizelge 4. Kavak cinsine ait interspesifik varyasyon (korelasyon analizi sonuçları)

	Rakım	Çap	Boy	Yhs	Mm2IO	Mm2YO	MM2	THU	TRC	TTC	LLU	LIFG	LUMG	LCPK	MMOI	OY	OG	VUL	MEZO
Rakım	1,00																		
Çap	-0,06	1,00																	
Boy	-0,19	0,0**	1,00																
Yhs	0,07	0,73**	0,74**	1,00															
Mm2IO	0,55**	-0,15	-0,10	-0,19	1,00														
Mm2YO	0,48*	-0,53**	-0,46*	-0,54**	0,80**	1,00													
MM2	0,54**	-0,38	-0,31	-0,41*	0,93**	0,96**	1,00												
THU	-0,44*	0,57**	0,58**	0,50**	-0,18	-0,53**	-0,39*	1,00											
TRC	0,22	0,11	-0,2	-0,1	-0,09	-0,15	-0,13	0,13	1,00										
TTC	-0,081	0,32	-0,01	0,8	-0,30	-0,48*	-0,42*	0,46*	0,78**	1,00									
LLU	-0,39*	0,72**	0,69**	0,6**	-0,26	-0,66**	-0,51**	0,89**	0,17	0,49**	1,00								
LIFG	-0,12	0,55**	0,15	0,19	-0,02	-0,20	-0,13	0,52**	0,36	0,45*	0,40*	1,00							
LUMG	-0,01	0,09	-0,25	-0,22	0,13	0,09	0,12	0,16	0,48*	0,44*	-0,03	0,78**	1,00						
LCPK	-0,17	0,65**	0,60**	0,7**	-0,23	-0,47*	-0,38	0,60**	-0,14	0,01	0,64**	0,30	-0,28	1,00					
MMOI	0,26	-0,22	-0,61**	-0,67	-0,23	0,09	-0,05	-	0,05	-0,08	-0,53**	-0,17	-0,05	-0,26	1,00				
OY	-0,12	0,22	0,23	0,14	0,01	-0,15	-0,08	0,55**	0,38	0,42*	0,51**	0,17	0,02	0,24	-0,26	1,00			
OG	-0,11	-0,07	-0,17	0,04	-0,27	-0,25	-0,27	0,09	0,04	0,26	0,08	-0,19	-0,13	-0,12	0,16	0,30	1,00		
VUL	-0,43*	0,37	0,15	0,33	-0,83**	-0,87**	-0,89**	0,47*	0,39*	0,71**	0,54**	0,27	0,12	0,25	0,08	0,25	0,44*	1,00	
MEZO	-0,47*	0,52**	0,34	0,47*	-0,68**	-0,85**	-0,81**	0,75**	0,32	0,70**	0,75**	0,43*	0,15	0,45*	-0,16	0,39	0,35	0,93**	1,0

**Rakım:** Denizden yükseklik, **Çap:** Bitkinin çapı, **Boy:** Bitkinin boyu, **Yhs:** Yıllık halka sayısı, **Mm2IO:** ½ mm<sup>2</sup>'de ilkbahar odunu trache sayısı, **Mm2YO:** ½ mm<sup>2</sup>'de Yaz odunu trache sayısı, **MM2:** 1 mm<sup>2</sup>'de trache sayısı, **THU:** Trache hücre uzunluğu, **TRC:** Trache teğet çapı, **TTC:** Trache teğet çapı, **LLU:** Libriform lifi, **LIFG:** Lif genişliği, **LUMG:** Lümen genişliği, **LCPK:** Lif çeper kalınlığı, **MMOI:** 1mm' de özışım sayısı, **OY:** Özışım yükseklığı, **OG:** Özışım genişliği, **VUL:** Vulnerability, **MEZO:** Mezomorphy

\*\* : 0,01

\* : 0,05

### Kaynaklar

- Baas, P. 1973. The wood anatomical range in *Ilex* (Aquifoliaceae) and its ecological and phylogenetic significance. *Blumea*, 21: 193-258.
- Baas, P. 1976. Some functional and adaptive aspects of vessel member morphology. *Leiden Bot. Ser.*, 3: 157-181.
- Baas, P and Carlquist, S. 1985. A comparison of the ecological wood anatomy of the floras of southern California and Israel. *IAWA Bulletin*, n.s., 6:349-353.
- Baas, P., Werker, E., and Fahn, A., 1983. Some ecological trends in vessel characters, *IAWA Bulletin* n.s., 4:141-159.
- Carlquist, S. 1966. Wood anatomy of Compositae: a summary, with comments on factors controlling wood evolution. *Aliso*, (2): 25-44.
- Carlquist, S. 1975. Ecological strategies of xylem evolution. University of California Press, Berkeley, , 259 p.
- Carlquist, S. 1977a. Ecological factors in wood evolution: a floristic approach. *Am. J. Bot.*, 64: 887-896.
- Carlquist, S. 1977b. Wood anatomy of Onagraceae: additional species and concepts. *Ann. Misso.Bot. Gard.*, 64: 627-637.
- Carlquist, S., 1980. Further concepts in ecological wood anatomy, with comments on recent work in wood anatomy and evolution. *Aliso*, 9: 499-553.
- Carlquist, S., and Hoekman, D. A. 1985. Ecological wood anatomy of the woody Southern Californian flora, *IAWA Bulletin*, n.s., 6:319-347.
- Carlquist, S., 1988. *Comparative Wood Anatomy*, Springer-Verlag LTD, London, , 436 p.
- Committee on Nomenclature. 1989. IAWA List of Microscopic Features for Hardwood Identification, *IAWA Bull.*, n.s., 10: 219-332.
- Erşen Bak, F. 2006. Türkiye’de Yetişen Oleaceae Familyası Taksonlarının Ekolojik Odun Anatomisi, K.T.Ü. Fen Bil. Enst. Doktora Tezi, (yayınlanmamıştır).
- Erşen, F. 1999. Artvin Yöresi Atilla Vadisi Florasındaki Bazı Odunsu Taksonların Odun Anatomilerinin Ekolojik Yönden İncelenmesi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon, s.126 (Yayınlanmamış).
- Gerçek, Z. 1984. Türkiye’de Yetiştirilen *Camellia sinensis* (L.) Kuntze’nin İç Morfolojik Özellikleri ve Farklı Yetiştirme Koşullarının Bu Özellikler Üzerine Etkisi (Doktora Tezi), K.Ü. Basımevi, Trabzon
- Ives, E. 2001. *A Guide to Wood Microtomy*, Sproughton, 114 p.
- Kantay, R. ve Kantay, N.M. 2001. Korunmaya muhtaç değerli bir ağaç türümüz: Dişbudak Yapraklı Kanatlı Ceviz (*Pterocarya fraxinifolia* (Lam.) Spach.). *Teknik Bülten*, Yıl 2, Sayı 3, T.C. Orman Bakanlığı, Ankara, s: 10-16.

- Lindorf, H. 1994. Eco-anatomical wood features of species from a very dry tropical forest. *IAWA J.*, 15: 361-376.
- Lindorf, H. 1997. Wood and leaf anatomy in *Sessea corymbiflora* from an ecological perspective. *IAWA J.*, 18: 157-168.
- Lo Gullo, M.A., S. Salleo, E.C. Piaceri ve R. Rosso. 1995. Relations Between Vulnerability to Xylem Embolism and Xylem Conduit, Dimensions in Young Trees of *Quercus cerris*, *Plant, Cell & Environ*, 18: 661-669.
- Merev, N. and Yavuz, H. 2000. Ecological wood anatomy of Turkish *Rhododendron L.* (*Ericaceae*). *Intraspecific Variation*, *Turkish Journal of Botany*, 24:227-237.
- Merev, N., B. Serdar, F. Erşen Bak ve T. Birtürk. 2000. Türkiye’de Doğal Olarak Yetişen Meşe (*Quercus L.*) Taksonlarının Odun Anatomilerinin Ekolojik Yönden İncelenmesi, K.T.Ü. Araştırma Fonu Projesi, Trabzon
- Normand, D. 1972. Manuel D’ Identification des Bois Commerciaux. Tom 1, Nogent Sur / Marne, 171 p.
- Noshiro, S., Joshi, L., and Suzuki, M., 1994. Ecological wood anatomy of *Alnus nepalensis* (*Betulaceae*) in East Nepal. *J. Plant Res.*, 107: 399-408.
- Noshiro, S., Suzuki, M., and Ohba, 1995. H. Ecological wood anatomy of Nepalese *Rhododendron* (*Ericaceae*). 1. *Interspecific variation*. *J. Plant Res.*, 108: 1-9.
- Noshiro, S. and Suzuki, 1995. M. Ecological wood anatomy of Nepalese *Rhododendron* (*Ericaceae*). 2. *Intraspecific variation*. *J. Plant Res.*, 108: 217- 233.
- Noshiro, S., and Baas, P. 2000. Latitudinal trends in wood anatomy within species and genera: case study in *Cornus s.l.* (*Cornaceae*). *Am. J. Bot.*, 87: 1495-1506.
- Sarıbaş, M. 1989. Türkiye’nin Euro-Siberien (Euxine) Bölgesinde Doğal Olarak Yetişen Kavakların Morfolojik (Dış Morfolojik, İç Morfolojik ve Palinolojik) Özellikleri Üzerine Araştırmalar, Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Teknik. Bülten. No.148, İzmit, s.152.
- Serdar, B. 2003. Türkiye’de doğal olarak yetişen *Salicaceae* familyası taksonlarının ekolojik odun anatomisi. KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 144 s.
- Tyree, M.T. ve J.S. Sperry. 1989. Vulnerability of Xylem to Cavitation and Embolism. *Ann.Rev.Pl.Physiol. Mol. Biol.* , 40: 19-38.
- Tyree, M.T. ve F.W. Ewers, 1991. 1The Hydraulic Architecture of Trees and Other Woody Plants, *Tansley Review No 34, New Phytol.*, 119: 345-360
- Tyree, M.T., S.D. Davis ve H. Cochard. 1994. Biophysical Perspective of Xylem Evolution: Is There A Trade-Off of Hydraulic Efficiency for Vulnerability to Dysfunction?, *IAWA Bull.*, n.s., Vol. 15 (4): 335-360.
- Wheeler, E.A. ve P. Baas, 1991. A Survey of the Fossil Record for Dicotyledonous Wood and Its Significance for Evolutionary and Ecological Wood Anatomy, *IAWA Bull.*, , n.s., Vol. 12 (3): 275-332.

- Yaman, B. 2002. Türkiye'nin Euro-Siberian (Euxine) Bölgesinde Doğal Olarak Yetişen Yabani Kiraz (*Cerasus avium* (L.) Moench)'ın Morfolojik, Anatomik ve Palinolojik Özellikleri. ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi, s.133 (yayınlanmamış).
- Yaman, B., Sarıbaş, M. 2004. Türkiye'nin Euxine Bölgesi'ndeki Doğal Kavak (*Populus L.*) Taksonlarında Yükseltiyle İlişkili olarak Trahe Hücre Boyutlarındaki Varyasyonlar. S.D.Ü. Orm. Fak. Dergisi, 111-123 .
- Zhang, S.Y., Baas, P. and Zandee, 1992. M. Wood structure of the Rosaceae in relation to ecology, habit and phenology. IAWA Bulletin, n.s. 13(3): 307-349.
- Zimmermann, M.H. 1982. Functional Xylem Anatomy of Angiosperms. In: New Perspectives in Wood Anatomy (ed. P. Baas): 59-70. Nijhoff / Junk Publishers, Dordrecht, Boston..
- Zimmermann, M.H. 1983. Xylem Structure and Ascent of Sap. Springer Series in Wood Science, Vol.1. Springer – Verlag, Berlin, Heidelberg, Newyork, Tokyo.