

# TÜRKİYE'DEKİ BAZI ODUNSU ANGIOSPERMAE TAKSONLARININ LİF MORFOLOJİLERİ

Çetin ALKAN, Hüdaverdi EROĞLU, Barbaros YAMAN  
ZKÜ Bartın Orman Fakültesi, BARTIN

## ÖZET

*Populus tremula* L., *Populus nigra* L., *Salix alba* L., *Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Quercus petraea* (Mattuschka) Lieb., *Castanea sativa* Mill., *Carpinus betulus* L., *Fraxinus excelsior* L., *Acer campestre* L., *Juglans regia* L. ve *Platanus orientalis* L. odunlarının lif morfolojisi bu çalışmanın konusunu oluşturmaktadır. İncelenen türlerin lif boyutlarının birbirlerine oranlanması ile bulunan verilere (Keçeleşme Oranı, Elastiklik Katsayısı, Rijidite Katsayısı, Mühlsteph Oranı, Runkel Oranı, "F" Faktörü) dayanılarak kağıtçılık açısından bir değerlendirme yapılması amaçlanmıştır. Çalışılan türler arasında gerek elastiklik katsayısı gerekse Runkel ve Mühlsteph oranları kağıt yapımı (özellikle yazı kağıdı) için en uygun lifli ağaçların *Salix alba*, *Populus nigra* ve *Acer campestre* olduğunu göstermiştir. Runkel oranı 1'den küçük, Elastiklik katsayısı 50-75 arasında olan *Populus tremula*, *Quercus robur*, *Castanea sativa* ve *Juglans regia* da liflerinden yararlanılabilecek türler arasında bulunmaktadır. Bu konuda *Fagus orientalis*, *Quercus petraea* ve *Platanus orientalis* ise en olumsuz özelliklere sahip türlerdir. Ancak *Fagus orientalis* gibi kalın çeperli liflere sahip türler yüksek rijidite vereceğinden oluklu mukavva ve karton yapımına daha uygundur.

**Anahtar Kelimeler:** Lif Morfolojisi, *Angiospermae*, Türkiye

## FIBER MORPHOLOGY OF SOME NATURAL ANGIOSPERMAE TAXA IN TURKEY

### ABSTRACT

In this study; the fiber morphology of *Populus tremula* L., *Populus nigra* L., *Salix alba* L., *Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus robur* L., *Quercus petraea* (Mattuschka) Lieb., *Castanea sativa* Mill., *Carpinus betulus* L., *Fraxinus excelsior* L., *Acer campestre* L., *Juglans regia* L. and *Platanus orientalis* L. naturally growing in Turkey were investigated. An evaluation on their fiber properties was made based on the felting power, elasticity coefficient, rigidity coefficient, Mühlsteph's proportion, Runkel's proportion and Factor F. The felting power, elasticity coefficient, Runkel's and Mühlsteph's proportion show that *Salix alba*, *Populus nigra* and *Acer campestre* have the most suitable fibers for paper pulp (especially writing paper). *Populus tremula*, *Quercus robur*, *Castanea sativa* and *Juglans regia* (Runkel's proportion <1 and elasticity coefficient between 50 and 75) have the suitable fibers for this, too. *Fagus orientalis*, *Quercus petraea* and *Platanus orientalis* show the most negative characters for paper pulp in terms of the relations amongs their fiber dimensions. But, the species such as *Fagus orientalis*, the fibers of which are thick-walled, are more suitable for cardboard because of having high rigidity.

**Keywords:** Fiber Morphology, *Angiospermae*, Turkey

## 1. GİRİŞ

Uygarlığın gelişim sürecinde çok önemli işlevler üstlenmiş olan kağıt; çok çeşitli kullanım alanlarıyla çağdaş dünyanın en çok tükettiği endüstriyel ürünler arasında ilk sıralarda yer almakta ve üretim - tüketim miktarlarıyla ülkelerin gelişmişlik düzeylerinin önemli göstergelerinden birisini oluşturmaktadır. Türkiye'nin yıllık kağıt üretimi 1,6 milyon ton iken, tüketimi 2,8 milyon ton olarak gerçekleşmektedir (IGEME, 2004).

Kağıt üretimi ile ilgili olarak hammadde temininde selüloz ve kağıt için uygun lif morfolojisine sahip yerli odunsu türlerin kullanılması ilk akla gelen çözüm olmakla birlikte, bu olanakların yetersiz ve sınırlı olduğu durumlarda kağıt hamuru dışalımı ve/veya geniş plantasyonları kurulmuş hızlı gelişen yabancı (egzotik) türlerden hammadde kaynağı olarak yararlanılmaktadır. Ayrıca, pamuk, buğday, arpa, yulaf, pirinç gibi tahıllar ve bagasse budama artıkları gibi "sekonder selülozik artıklar" bu talebi karşılamak için değerlendirilmektedir. Bir başka söyleyişle, lif morfolojisi bakımından (lif boyutları ve bu boyutlara dayanılarak hesaplanan oranlar) selüloz ve kağıt üretimine uygun olan değişik bitkisel kaynaklar hammadde temininde kullanılmaktadır. Ancak bu konudaki tercihler ülkelerin orman varlığına ve ekonomik durumuna bağlı olarak değişebilmektedir (Yaman ve Gencer, 2005).

Türkiye, odunsu tür çeşitliliği bakımından oldukça zengin bir ülkedir. Yaltrık (1981); Türkiye florası içerisinde yaklaşık 700'ün üzerinde doğal odunsu bitkinin yer aldığını ifade etmektedir. Söz konusu odunsu türler arasında yer alan *Populus tremula*, *Populus nigra*, *Salix alba*, *Fagus orientalis*, *Quercus robur*, *Quercus petraea*, *Castanea sativa*, *Carpinus betulus*, *Fraxinus excelsior*, *Acer campestre*, *Juglans regia* ve *Platanus orientalis* odunlarının lif morfolojisi bu çalışmanın konusunu oluşturmaktadır. Belirtilen türlerin lif boyutlarının birbirlerine oranlanması ile bulunan bazı verilere (Keçeleşme Oranı, Elastiklik Katsayısı, Rijidite Katsayısı, Mühlsteph Oranı, Runkel Oranı, "F" Faktörü) dayanılarak, bu türlerin selüloz ve kağıt endüstrisinde kullanılabilirlikleri üzerine bir değerlendirme yapılması amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

*Populus tremula*, *Populus nigra*, *Salix alba*, *Fagus orientalis*, *Quercus robur*, *Quercus petraea*, *Castanea sativa*, *Carpinus betulus*, *Fraxinus excelsior*, *Acer campestre*, *Juglans regia* ve *Platanus orientalis* gövde odunları çalışmamızın materyalini oluşturmuştur. Maserasyon için kullanılan kibrit çöpü büyüklüğündeki odun parçaları gövdenin son iki yıllık halkasından çıkartılmıştır. Araştırma materyallerine ilişkin bilgiler Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Lif Morfolojileri İncelenen Türlerle İlişkin Bilgiler

Ağaç Türü	Bölge	Çap <sub>1,30</sub> (cm)	Rakım (m)
<i>Populus tremula</i>	Kıklareli-Demirköy	20	450
<i>Populus nigra</i>	Kıklareli-Doğanca Köyü	25	25
<i>Salix alba</i>	Kıklareli-Doğanca Köyü	25	25
<i>Fagus orientalis</i>	Kıklareli-Demirköy	20	450
<i>Quercus robur</i>	Bartın-Karaköy	60	40
<i>Quercus petraea</i>	Bartın-Ağdacı Köyü	35	80
<i>Castanea sativa</i>	Bartın	35	40
<i>Carpinus betulus</i>	Kıklareli-Demirköy	15	450
<i>Fraxinus excelsior</i>	Kıklareli-Demirköy	30	450
<i>Acer campestre</i>	Kıklareli-Demirköy	40	450
<i>Juglans regia</i>	Bartın-Ağdacı Köyü	30	60
<i>Platanus orientalis</i>	Bartın	150	40

Lifleri serbest hale getirmek (maserasyon) amacıyla Spearin-Isenberg (Sodyum Klorit ve Asetik Asit) yöntemi uygulanmıştır (Tank, 1968). Serbest hale getirilen lifler iğne ucu ile bir damla gliserin içerisinde lam-lamel

arasına alınarak geçici olarak hazırlanmış ve liflere ilişkin inceleme ve ölçümler bu geçici preparatlar üzerinde gerçekleştirilmiştir. Lif boyutları; Olympus marka ışık mikroskopunda oküler mikrometresi ve amaca uygun objektif kullanılarak lif uzunluğu için x100, lif ve lümen genişliği için ise x400 büyütme yapılarak saptanmıştır. Ortalama lif uzunluğu (L)'nin belirlenmesi için 100, lif genişliği (D) ve lümen çapı (d) için 50'şer ölçüm yapılmıştır. Lif çeper kalınlığı (W) ise  $(D-d) / 2$  eşitliğinden yararlanılarak hesaplanmıştır. Ayrıca her tür için trahe hücre uzunlukları da ölçülmüştür.

Herhangi bir bitkisel materyalin kağıt üretimi için uygunluğunun belirlenmesinde lif boyutları ve bu boyutlara dayanarak hesaplanan oranlar (boyutlar arası ilişki) son derece önemlidir. Elde edilecek kağıt özelliklerini etkileyen lif boyutları ve bu boyutlar arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesinde aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır (Bozkurt, 1971; Göksel, 1986; Tank ve ark., 1990).

Keçeleşme Oranı	= Lif Uzunluğu (L) / Lif Genişliği (D)
Elastiklik Katsayısı	= Lümen Genişliği (d) x 100 / Lif Genişliği (D)
Rijidite Katsayısı	= Lif Çeper Kalınlığı (W) x 100 / Lif Genişliği (D)
Mühlstep Oranı	= Lif Çeper Alanı ( $D^2-d^2$ ) x 100 / Lif Enine Kesit Alanı ( $D^2$ )
Runkel Oranı	= 2 x Lif Çeper Kalınlığı (W) / Lümen Genişliği (d)
"F" Faktörü	= Lif Uzunluğu (L) x 100 / Lif Çeper Kalınlığı (W)

### 3. BULGULAR

**Populus tremula** : Lif dokusu sadece libriform liflerinden ibarettir. Liflerin çeperlerinde yarık şeklinde basit geçitler bulunur. Ortalama değerler olarak lif uzunluğu 1076.10  $\mu\text{m}$ , lif genişliği 26.87  $\mu\text{m}$ , lif lümen çapı 14.75  $\mu\text{m}$  ve lif çeper kalınlığı 6.06  $\mu\text{m}$ 'dir. Trahe hücre uzunluğu ise 674.66  $\mu\text{m}$  olarak bulunmuştur.

**Populus nigra** : Esas dokuda bulunan lifler libriform lifleridir. Liflerin çeperlerinde basit geçitler bulunur. Ortalama değerler olarak lif uzunluğu 1248.75  $\mu\text{m}$ , lif genişliği 27.17  $\mu\text{m}$ , lif lümen çapı 17.70  $\mu\text{m}$  ve lif çeper kalınlığı 4.98  $\mu\text{m}$ 'dir. Trahe hücre uzunluğu ise 715.50  $\mu\text{m}$  olarak bulunmuştur.

**Salix alba** : Lif dokusu sadece libriform liflerinden ibarettir. Liflerin radyal çeperlerinde basit geçitler bulunur, teğet çeperlerde geçitlere rastlanmaz. Ortalama değerler olarak lif uzunluğu 1193.80  $\mu\text{m}$ , lif genişliği 24.10  $\mu\text{m}$ , lif lümen çapı 16.10  $\mu\text{m}$  ve lif çeper kalınlığı 4.00  $\mu\text{m}$ 'dir. Trahe hücre uzunluğu ise 666.50  $\mu\text{m}$  olarak bulunmuştur.

**Fagus orientalis** : Odunda perforasyonu bulunmayan elemanlar olarak libriform lifleri, traheid lifleri ve vasisentrik traheidler vardır. Traheid liflerinin radyal ve teğet çeperlerinde bol miktarda kenarlı geçitler bulunur. Libriform liflerinin çeperlerinde ise çok az sayıda basit geçit vardır. Lif boyutları traheid lifi ve libriform lifi ayırımı yapılmadan ölçülmüştür. Ortalama değerler olarak lif uzunluğu 1084.25  $\mu\text{m}$ , lif genişliği 19.50  $\mu\text{m}$ , lif lümen çapı 4.75  $\mu\text{m}$  ve lif çeper kalınlığı 7.37  $\mu\text{m}$ 'dir. Trahe hücre uzunluğu ise 653.50  $\mu\text{m}$  olarak bulunmuştur.

**Quercus robur** : Perforasyonu bulunmayan traheal elemanlar libriform lifleri, traheid lifleri ve vasisentrik traheidlerdir. Lif boyutları libriform lifi ve traheid lifi ayırımı yapılmadan ölçülmüştür. Ortalama değerler olarak lif uzunluğu 1092.15  $\mu\text{m}$ , lif genişliği 20.17  $\mu\text{m}$ , lif lümen çapı 10.55  $\mu\text{m}$  ve lif çeper kalınlığı 4.81  $\mu\text{m}$ 'dir. Trahe hücre uzunluğu ise 526.16  $\mu\text{m}$  olarak bulunmuştur.

**Quercus petraea** : Lif dokusunda libriform lifleri, traheid lifleri ve vasisentrik traheidler bulunur. Libriform liflerinin radyal çeperlerinde basit geçitler son derece azdır, teğet çeperlerde ise hemen hemen hiç geçit bulunmaz. Bu liflerin çeperleri çok kalındır. Traheid liflerinin çeperlerinde kenarlı geçitler vardır. Kenarlı geçitler genellikle tek sıra halinde yer alır, şekilleri daireseldir ve hem radyal hem de teğet çeperde bulunurlar. Lif boyutları libriform lifi ve traheid lifi ayırımı yapılmadan belirlenmiştir. Ortalama lif uzunluğu 1126.20  $\mu\text{m}$ , lif genişliği 20.65  $\mu\text{m}$ , lif lümen çapı 7.20  $\mu\text{m}$  ve lif çeper kalınlığı 6.72  $\mu\text{m}$ 'dir. Trahe hücre uzunluğu ise 504.00  $\mu\text{m}$  olarak tespit edilmiştir.

**Castanea sativa** : Perforasyonu bulunmayan traheal elemanlar olarak odunda libriform lifleri, traheid lifleri ve vasisentrik traheidler vardır. Libriform liflerinin basit geçitleri sadece radyal çeperlerde dir. Traheid liflerinin kenarlı geçitleri genellikle daire şeklindedir ve geçitlerin çeper üzerindeki dizilişi muntazam değildir. Libriform ve traheid lifi ayırımı yapılmadan boyutlar ölçülmüştür. Ortalama lif uzunluğu 1061.40 µm, lif genişliği 21.15 µm, lif lümen çapı 11.60 µm ve lif çeper kalınlığı 4.77 µm'dir. Trahe hücre uzunluğu ise 550.83 µm olarak tespit edilmiştir.

**Carpinus betulus** : Temel lif dokusu libriform liflerinden ibarettir. Bunlarda basit geçitler sadece radyal çeperler üzerindedir. Odunda vasküler ve vasisentrik traheidlere de rastlanabilmektedir. Traheidlerin kenarlı geçitleri hem radyal hem de teğet çeperlerde bulunur. Libriform liflerinin uzunluğu 1232.85 µm, lif genişliği 20.22 µm, lif lümen çapı 9.20 µm ve lif çeper kalınlığı 5.51 µm'dir. Trahe hücre uzunluğu ise 766.00 µm olarak tespit edilmiştir.

**Fraxinus excelsior** : Temel lif dokusunu libriform lifleri oluşturur. Libriform liflerinin çeperlerinde yarık şeklinde basit geçitler vardır. Lifler uzunluk bakımından iki ayrı sınıfta yer alır (çift boyutlu). Lif uzunluğundaki çift boyutluluk dikkate alınmadan ölçümler yapılmıştır. Lif uzunluğu ortalama 1073.00 µm, lif genişliği 21.20 µm, lif lümen çapı 10.37 µm ve lif çeper kalınlığı 5.41 µm'dir. Trahe hücre uzunluğu ise 339.50 µm olarak tespit edilmiştir.

**Acer campestre** : Lif dokusu çoğunlukla libriform liflerinden oluşmuştur. Lif uzunluğu 730.45 µm, lif genişliği 21.17 µm, lif lümen çapı 13.45 µm ve lif çeper kalınlığı 3.86 µm'dir. Trahe hücre uzunluğu ise 343.16 µm olarak tespit edilmiştir.

**Juglans regia** : Lif dokusu traheid lifleri ve libriform liflerinden oluşur. Traheid lifleri libriform liflerine kıyasla odunda çok daha fazla miktardadır. Kenarlı geçitler traheid liflerinin sadece radyal çeperlerinde bulunur. Libriform liflerinin uçları küt, çeperleri çok kalın ve basit geçitlidir. Lif uzunluğu 1457.70 µm, lif genişliği 22.82 µm, lif lümen çapı 13.22 µm ve lif çeper kalınlığı 4.80 µm'dir. Trahe hücre uzunluğu ise 450.50 µm olarak tespit edilmiştir.

**Platanus orientalis** : Lif dokusu çoğunlukla traheid liflerinden oluşur. Libriform liflerine nadiren rastlanır. Traheid liflerinin kenarlı geçitleri oldukça bol, şekilleri daireseldir. Lif uzunluğu 1472.55 µm, lif genişliği 27.72 µm, lif lümen çapı 9.95 µm ve lif çeper kalınlığı 8.88 µm'dir. Trahe hücre uzunluğu ise 776.16 µm olarak tespit edilmiştir.

Lif morfolojileri incelenen türlerin lif boyutları ve bu boyutlara dayanılarak hesaplanan oranlar Tablo 2 ve 3'de topluca gösterilmiştir.

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Lif uzunluğunun kağıdın yırtılma direncine etkisinin çok büyük olduğu, liflerin boyu arttıkça yan yana gelen iki lif arasındaki yapışma yüzeyinin artması ile yırtılma direncinin de arttığı ifade edilmektedir (Dadswell ve Watson, 1962). Elde edilen verilere göre incelenen türler arasında lif uzunluğu en fazla (1472.55 µm) olan tür *Platanus orientalis*, en kısa (730.45 µm) olan tür ise *Acer campestre*'dir. Lif uzunluğunun geçmişte kağıt özelliklerini etkileyen en önemli faktör olduğu düşünülmele birlikte, daha sonra yapılan araştırmalar özellikle lif uzunluğunun lif genişliğine oranının (keçeleşme) sadece lif uzunluğunun dikkate alınmasından daha etkili olduğunu ortaya koymuştur (Panshin ve Zeeuw, 1970). Bu oran (Keçeleşme Oranı) fiziksel direnç özelliklerinden yırtılma direnci hakkında fikir vermektedir (Göksel, 1986; Bostancı, 1987). Lif morfolojilerini incelediğimiz türlerin tamamında keçeleşme oranı 70'in altında bir değere sahiptir. Bostancı (1987); keçeleşme oranı 70'in altında bulunan lifsel hammaddelerin kağıtçılık yönünden değersiz oldukları hakkında bir görüş bulursa da, keçeleşme oranı 70'den düşük yapraklı ağaç odunu liflerinden elde edilen kağıt hamurlarının fiziksel niteliklerinin iyi oluşu, bu oranın kağıdın çeşitli fiziksel nitelikleri ile sistematik bir ilişki göstermediğini, sadece kağıdın yırtılma direnci ile bağlantılı olduğunu ifade etmiştir. İncelenen türler arasında keçeleşme oranı en yüksek *Carpinus betulus* (60.97), en düşük ise *Acer campestre*'dir (34.50). Buna göre; *Carpinus betulus* yırtılma direnci nispeten yüksek, *Acer campestre* ise yırtılma direnci düşük kağıt verecektir.

Lümen genişliğinin lif genişliğine oranlanması ile hesaplanan Elastiklik Katsayısı (Istas Katsayısı) ile çekme direnci (tensile strength) arasında pozitif bir ilişki bulunduğu, Istas katsayısı yükseldikçe çekme direncinin de arttığı belirtilmiştir (Yılmaz, 1971; Göksel, 1986). İncelenen türler arasında elastiklik katsayısı 75'in üzerinde olan ağaç türü bulunmamaktadır. Bilindiği gibi bu katsayının 75'in üzerinde olduğu türler "çok elastik lifler"e sahiptir. Böyle lifler ince çeperli ve geniş lümenli olduklarından bunlardan elde edilen kağıtlarda çekme direnci yüksek olmaktadır. *Populus tremula*, *Populus nigra*, *Salix alba*, *Quercus robur*, *Castanea sativa*, *Acer campestre* ve *Juglans regia*'da liflerin elastiklik katsayısı 50-75 arasında bulunmaktadır. Bu gruba giren liflerin çeper ve lümenleri orta değerlere sahip oldukları için bunlar "elastik lifler" olarak nitelendirilmektedir. Böyle lifler yarı çökme göstermekte ve iyi yüzey teması ve lifler arası bağlantı temin edilmektedir. İncelenen türlerden *Quercus petraea*, *Carpinus betulus*, *Fraxinus excelsior* ve *Platanus orientalis*'de liflerin elastiklik katsayısı 30-50 arasında, *Fagus orientalis*'de ise 30'un altında bir değere sahiptir. Bilindiği üzere elastiklik katsayısı 30-50 arasında bulunan lifler kalın çeperli-dar lümenli olup bunlarda çok az yassılaşıma (çökme) gerçekleşir, yüzey teması azdır ve lifler arası bağlantı düşüktür. Elastiklik katsayısının 30'dan küçük olduğu lifler ise çok kalın çeperli ve yok denecek kadar dar lümenlidir. Bu tür liflerde ise lifler arası yüzey teması ve bağlantı sağlanması oldukça güçtür. Böylece; *Quercus petraea*, *Carpinus betulus*, *Fraxinus excelsior* ve *Platanus orientalis* liflerinden elde edilecek kağıtlarda çekme direncinin düşük olacağı, *Fagus orientalis*'in ise bu açıdan incelenen türler içerisinde en olumsuz özelliklere sahip olduğu söylenebilir.

Runkel sınıflamasına göre (Bozkurt, 1971; Akkayan, 1983; Göksel, 1986); *Fagus orientalis*, *Quercus petraea*, *Carpinus betulus*, *Fraxinus excelsior* ve *Platanus orientalis*'de 2W/d oranı 1'den büyük çıkmakta ve böyle lifler (kalın çeperli lifler) "kağıt yapımına en az uygun lifler" olarak değerlendirilmektedir. Bu oranın 1'e eşit olması durumunda "kağıt yapımına uygun lifler", 1'in altında olması durumunda ise lifler ince çeperli olduğu için "kağıt yapımına en uygun lifler" sözkonusudur. *Populus tremula*, *Populus nigra*, *Salix alba*, *Quercus robur*, *Castanea sativa*, *Acer campestre* ve *Juglans regia* Runkel oranı 1'den küçük olan türlerdir.

Rijidite katsayısının yüksek olması kağıdın fiziksel direnç özelliklerini olumsuz etkilemekte (bu katsayının yüksek olması çeperlerin fazla kalın olmasının bir sonucudur) ve katılık katsayısı yüksek olan liflerde lifler arası bağlantı yeterince kurulamamaktadır (Akkayan, 1983; Göksel, 1986). Yapılan araştırmalara göre rijidite katsayısı yırtılma faktörü üzerine pozitif, katlanma mukavemeti üzerine negatif etki yapmaktadır (Bozkurt, 1971). *Populus tremula*, *Populus nigra*, *Salix alba*, *Quercus robur*, *Castanea sativa*, *Acer campestre* ve *Juglans regia*'da Rijidite Katsayısı 23 değerinin altındadır (Söz konusu türler 1'den küçük Runkel oranına sahiptir). Bu türlerden özellikle *Populus nigra*, *Salix alba* ve *Acer campestre*'de düşük Rijidite oranları ortaya çıkmıştır. Bu üç tür için hesaplanan rijidite değerleri, Thank ve ark. (1990)'nın ibrelili türlerden *Pinus radiata* (18,80), *Pinus maritima* (16,60) ve *Pinus brutia* (19,08) traheidleri için hesapladığı rijidite katsayısına yakın değerlerdir. İncelenen diğer türlerin (*Fagus orientalis*, *Quercus petraea*, *Carpinus betulus*, *Fraxinus excelsior* ve *Platanus orientalis*) lifleri yüksek rijidite değerlerine sahiptir. Aynı zamanda bu türler 1'den büyük Runkel oranına sahip olan türlerdir.

Mühlsteph oranınının saptanmasıyla lif genişliğine oranla en ince çeperli liflerin avantajlı durumunu ortaya koymak, liflerin yassılaşıma yeteneklerini ve dolayısıyla kağıt ağırlığına etkisini ortaya çıkarmak amaçlanmaktadır (Bozkurt, 1971). Çalışılan türler arasında Mühlsteph oranı en yüksek olan üç tür sırasıyla *Fagus orientalis* (94.06), *Quercus petraea* (87.84) ve *Platanus orientalis*'tir (87.11). Mühlsteph oranının en yüksek olduğu türlerde liflerin elastiklik katsayısı en düşük, Runkel oranı ise 1'in üzerinde en yüksek değerlere sahiptir. Mühlsteph oranının en düşük olduğu üç tür ise *Salix alba* (55.37), *Populus nigra* (57.56) ve *Acer campestre*'dir (59.63). Bu üç türde Runkel oranı 1'in altında en düşük değerleri, Elastiklik katsayısı ise yüksek değerleri göstermektedir. Gerek elastiklik katsayısı gerekse Runkel ve Mühlsteph oranları kağıt yapımı için en uygun lifli ağaçların *Salix alba*, *Populus nigra* ve *Acer campestre* olduğunu göstermiştir. Runkel oranı 1'den küçük, elastiklik katsayısı 50-75 arasında olan *Populus tremula*, *Quercus robur*, *Castanea sativa* ve *Juglans regia* da liflerinden yararlanılabilecek türler arasında bulunmaktadır. Bu konuda *Fagus orientalis*, *Quercus petraea* ve *Platanus orientalis*'in ise bu açıdan en olumsuz özelliklere sahip türler olduğu ortaya çıkmaktadır. Genel olarak, yapraklı ağaçların lif uzunluğu 7-15 mm arasında değişmekte olup kısa lifler düzgün yüzey oluşturduğundan yazı kağıdı ve MDF yapımı için uygun liflerdir. Nispeten uzun lifli türlerden ve özellikle çeper kalınlığı fazla olanlardan yırtılma direnci oldukça yüksek kağıtlar elde edilebilir. Kayın gibi kalın çeperli lifler ise yüksek rijidite vereceğinden oluklu mukavva ve karton yapımına daha uygundur.

Tablo 2. Lif Boyutları

Ağaç Türü	Lif Uzunluğu		Lif Genişliği		Lif Lümen Çapı		Lif Çeper Kalınlığı		Trahe Hücre Uzunluğu	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
<i>Populus tremula</i>	1076.10	231.41	26.87	4.72	14.75	4.52	6.06	1.58	674.66	97.21
<i>Populus nigra</i>	1248.75	198.81	27.17	4.37	17.70	4.52	4.98	0.85	715.50	130.47
<i>Salix alba</i>	1193.80	156.12	24.10	4.89	16.10	4.13	4.00	0.88	666.50	112.90
<i>Fagus orientalis</i>	1084.25	246.55	19.50	2.83	4.75	2.43	7.37	1.23	653.50	137.04
<i>Quercus robur</i>	1092.15	221.77	20.17	3.07	10.55	4.27	4.81	1.28	526.16	95.58
<i>Quercus petraea</i>	1126.20	247.79	20.65	2.91	7.20	4.01	6.72	1.58	504.00	77.81
<i>Castanea sativa</i>	1061.40	171.68	21.15	3.40	11.60	2.85	4.77	0.90	550.83	112.18
<i>Carpinus betulus</i>	1232.85	256.16	20.22	3.01	9.20	2.31	5.51	0.88	766.00	128.96
<i>Fraxinus excelsior</i>	1073.00	185.41	21.20	3.34	10.37	3.46	5.41	0.75	339.50	41.28
<i>Acer campestre</i>	730.45	78.21	21.17	3.32	13.45	3.17	3.86	0.88	343.16	51.48
<i>Juglans regia</i>	1457.70	223.98	22.82	3.70	13.22	3.11	4.80	0.74	450.50	83.69
<i>Platanus orientalis</i>	1472.55	338.76	27.72	4.40	9.95	4.04	8.88	1.98	776.16	188.65

Tablo 3. Lif Boyutları Arasındaki Oranlar

Ağaç Türü	Keçeleşme Oranı	Elastiklik Katsayısı	Rijidite Katsayısı	Mühlsteph Oranı	Runkel Oranı	“F” Faktörü
<i>Populus tremula</i>	40.04	54.89	22.55	69.86	0.82	177.50
<i>Populus nigra</i>	45.96	65.14	18.32	57.56	0.56	250.75
<i>Salix alba</i>	49.53	66.80	16.59	55.37	0.49	298.45
<i>Fagus orientalis</i>	55.60	24.35	37.79	94.06	3.10	147.11
<i>Quercus robur</i>	54.14	52.30	23.84	72,64	0.91	227.05
<i>Quercus petraea</i>	54.53	34.86	32.54	87,84	1.86	167.58
<i>Castanea sativa</i>	50.18	54.84	22.55	69,91	0.82	222.51
<i>Carpinus betulus</i>	60.97	45.49	27.25	79.29	1.19	223.74
<i>Fraxinus excelsior</i>	50.61	48.91	25.51	76.07	1.04	198.33
<i>Acer campestre</i>	34.50	63.53	18.23	59.63	0.57	189.23
<i>Juglans regia</i>	63.87	57.93	21.03	66,43	0.72	303.68
<i>Platanus orientalis</i>	53.12	35.89	32.03	87,11	1.78	165.82

**KAYNAKLAR**

- Akkayan, S.C. 1983. Sarıçam (*P. sylvestris* L.), Kızılcım (*P. brutia* Ten) ile Dođu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky), Kavak (*P. euroamericana* c.v. I-214), Okalıptus (*E. camaldulensis* Dehnh.) Odunlarından Elde edilen Selüloz Karışımları, Özellikleri ve Kağıt Üretiminde Kullanılabilme Olanakları Üzerinde Araştırmalar, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, 33 (1), 104-132.
- Bostancı, Ş. 1987. Kağıt Hamuru Üretimi ve Ağartma Teknolojisi, K.T.Ü Yay.No.114, O.F.Yay.No.13, Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi, Trabzon.
- Bozkurt, Y. 1971. Dođu Ladini (*Picea orientalis* Link. et Carr.) ile Toros Karaçamı *Pinus nigra* var. *caramanica* (Loud.) Rehd.)'dan Birer Ağaçra Lif Morfolojisi Üzerine Denemeler, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, 21 (1), 70-93.
- Dadswell, H.E. and Watson, A.J. 1962. Influence of the Morphology of Wood Pulp Fibers on Paper Properties, In: Bloam, F., ed. Formation and Structure of Paper. Vol. 2 pp. 537-564, Technical Section of the British Paper and Board Markers Association, London.
- Göksel, E. 1986. Pamuk Saplarının Selüloz ve Kağıt Endüstrisinde Kullanım Olanakları Üzerine Araştırmalar, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi Seri A, 36 (1), 38-54.
- IGEME 2004. Türkiye'nin Kağıt-Karton Sanayii ve Dünya Ticareti, T.C. Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı İhracat Geliştirme Etüd Merkezi (Arge-Info inceleme), Ankara.
- Merev, N. 1988 Odun Anatomisi (Dođu Karadeniz Bölgesindeki Doğal Angiospermae Taksonlarının Odun Anatomisi), Cilt I-A, K.T.Ü Orman Fak. Gen Yay No.189, Fakülte Yay. No.27, Trabzon.
- Panshin, A.J. and Zeeuw, C. 1970. Textbook of Wood Technology, M.C. Graw-Hill Book Company, London.
- Tank, T. 1968. Odun ve Lif Özelliğinin Tespitinde Küçük Örneklerin Değerlendirilmesi, Seri B, 18 (1), 182-198.
- Tank, T., Göksel, E., Cengiz, M. ve Gürboy, B. 1990. Hızlı Gelişen Bazı İğne Yapraklı Ağaç Türlerinin Lif ve Kağıt Teknolojisi Yönünden İncelenmesi, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, 40 (1), 40-50.
- Yalıtık, F. 1981. Dendroloji-1: Orman ve Parklarımızdaki Bazı Yapraklı Ağaç ve Çalılıarın Kışın Tanınması, İ.Ü Yay. No. 2842, O.F. Yay. No. 299, İstanbul.
- Yaman, B. ve Gencer, A. 2005. Trabzon Koşullarında Yetiştirilen Kiwi Bitkisi (*Actinidia deliciosa* (A. Chev.) C. F. Liang & A. R. Ferguson)'nın Lif Morfolojisi, S.D.Ü Orman Fak. Dergisi (yayınlanmak üzere kabul edildi).