



---

**Makale / Research Paper**

---

**Odun Türünün Dinamik Eğilme Direnci Üzerine Etkisi**

**İbrahim BEKTAŞ<sup>1</sup>, Gamze GÜLTEKİN<sup>2</sup>, Ahmet TUTUŞ<sup>1</sup>, Ayşenur KILIÇ AK<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Orman Fakültesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, 46100, Kahramanmaraş/Türkiye.

<sup>2</sup>Orman Endüstri Yüksek Mühendisi.

<sup>1</sup>[ibtas@ksu.edu.tr](mailto:ibtas@ksu.edu.tr), <sup>2</sup>[gmgultekin@yahoo.com](mailto:gmgultekin@yahoo.com), <sup>3</sup>[atutus@ksu.edu.tr](mailto:atutus@ksu.edu.tr), <sup>4</sup>[akilic@ksu.edu.tr](mailto:akilic@ksu.edu.tr)

**Received/Geliş:** 09.01.2018

**Revised/Düzeltilme:** 08.02.2018

**Accepted/Kabul:** 13.02.2018

**Öz:** Ağaç malzemenin kullanım alanlarında diri odun ve öz odun oranları, farklı özellikleri nedeni ile dikkate alınması gereken odun elamanlarıdır. Bu çalışmada Doğu Akdeniz Yöresinden alınan Okaliptüs (*Eucalyptus grandis*) ve Kavak (*Populus usbekistanica*) odunlarında diri odun ve öz odunlarının dinamik eğilme direnci (DED) değerleri araştırılmıştır. İlgili standartlara uygun olarak diri ve öz odun kısımlarından ayrı ayrı hazırlanan örneklerde dinamik eğilme (şok) direnci testleri şok test cihazında yapılmıştır. Yapılan testlerde elde edilen verilerin analiz edilmesi ile okaliptüs ve kavak diri ve öz odunlarının DED değerlerinin  $p < 0.000$  önem düzeyinde anlamlı farklılıklar oluşturduğu görülmüştür. Yine okaliptüs ve kavak diri ve öz odunlarının ayrı ayrı ağaç türlerine bağlı olarak hesaplanan DED değerleri üzerinde ağaç türünün signifikant olarak etki ettiği belirlenmiştir. Aynı zamanda, dinamik kalite değerleri ( $I_D$ ) arasında da T-testi sonuçlarına göre signifikant farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Ağaç malzemedeki diri ve öz odun oranları kullanım yerine bağlı olarak dikkate alınsa da genel olarak öz odun oranı yüksek ağaç odunlarının daha değerli olduğu kabul edilmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Diri ve öz odun, okaliptüs, kavak, dinamik eğilme direnci, dinamik kalite değeri

---

**Effect of the Wood Species on Dynamic Bending Strength**

**Abstract:** The sapwood and heartwood ratios in the usage areas of wood materials are wood elements which must be taken into consideration due to different properties. In this study, dynamic bending strength values (DBS) of sapwood and heartwood of eucalyptus (*Eucalyptus grandis*) and poplar (*Populus usbekistanica*) woods taken from Eastern Mediterranean Region were investigated. Dynamic bending (impact) strength tests were carried out on the shock tester in specimens prepared separately from sap and heart wood parts according to the relevant standards. Analysis of the data obtained in the tests revealed that the DBS values of eucalyptus and poplar sap and heart woods were significantly different at  $p < 0.000$  significance level. Also, it was determined that wood specie effected significantly on DBS values calculated seperately depending on the wood species of eucalyptus and poplar sap and heart woods. At the same time, there was a significant difference between the dynamic quality values ( $I_D$ ) according to the T-test results. Although sap and heart wood ratios are considered to be depending on the usage areas in wood materials, it is generally accepted that woods with a high percentage of heart wood are more valuable.

**Keywords:** Sapwood and heartwood, eucalyptus, poplar, dynamic bending strength, dynamic quality value

*Bu makaleye atıf yapmak için*

Bektaş, İ., Gültekin, G., Tutuş, A., Kılıç Ak, A., "Odun Türünün Dinamik Eğilme Direnci Üzerine Etkisi" El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi 2018, 5(2); 576-581.

*How to cite this article*

Bektaş, İ., Gültekin, G., Tutuş, A., Kılıç Ak, A., "Effect of the Wood Species on Dynamic Bending Strength" El-Cezerî Journal of Science and Engineering, 2018, 5(2); 576-581.

## 1. Giriş

Asya servi kavağı, hem doğal olarak ormanlarımızda bulunan hem de kültür ağacı olarak yetiştirilen bir ağaç türüdür. Sanayide daha çok kültür türleri kullanılmaktadır. Kavak ağaçları hızlı gelişim gösterdikleri için tercih edilmektedir. Kavak odunu genellikle açık renkli ve iyi kereste veren bir türdür. Düşük yoğunluğuna rağmen kavak odunu orta derecede dayanıklı ahşap malzemedir. Bu tür, daha çok kibrit, kağıt ve selüloz sanayi dallarında çok aranan temel hammadde kaynaklarından biridir. Yapı işlerinde, mobilya sanayinde iskelet olarak, özellikle kaplama, kontrplak, lif levha, ambalaj malzemesi sanayisinde çok kullanılmaktadır. Çok çeşitli kullanılış yerlerinin olması, hızlı büyümesi, idare sürelerinin kısa olmasındandır [1,2].

Okalıptüs ağacı ise Türkiye’de ilk olarak Adana-Mersin demir yoluna dikilmek üzere 1885 yılında getirilmiştir [3]. Türkiye’de okalıptüs ile ilgili araştırmalar 1967’den beri Doğu Akdeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü ve 1992 yılından beri de KSÜ Orman Fakültesi tarafından sürdürülmektedir. Türkiye’de dikimi yapılan okalıptüs (*E. Camaldulensis* ve *E. grandis*) ormanları yaklaşık 20.000 ha’dır. Artan odun hammaddesi ihtiyacı ve hızlı büyümesinden dolayı, Dünya’nın birçok yöresinde farklı Okalıptüs türleri geniş alanlara dikilmeye devam etmektedir [4].

Literatürde yapılan bir çalışma da, Okalıptüs (*E.grandis*) odununun dinamik eğilme direncini  $0.544 \text{ kgm/cm}^2$ , tam kuru yoğunluk değerini  $0.482 \text{ gr/cm}^3$  ve dinamik kalite değeri bakımından yapılan değerlendirmede ise “iyi kalite” sınıfı odun grubunda olduğunu rapor edilmiştir [6]. Başka bir çalışmada ise, Titrek Kavak (*Populus tremula* L.) odununun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerini incelemiştir. Titrek kavağın hava kuru yoğunluğu  $0.52 \text{ g/cm}^3$ ,  $0.49 \text{ g/cm}^3$ , radyal yönde daralma miktarı %6.36, teğet yönde daralma miktarı %5.52, radyal yönde şişme miktarı %8.29, teğet yönde daralma miktarı %6.26, mekanik özelliklerden eğilme direnci  $906 \text{ kg/cm}^2$ , elastikiyet modülü  $102.45 \text{ kg/cm}^2$ , makaslama direnci  $89.4 \text{ kg/cm}^2$ , çekme direnci  $709 \text{ kg/cm}^2$ , basınç direnci  $562 \text{ kg/cm}^2$  ve janka sertlik değeri ise  $311 \text{ kg/cm}^2$  olduğunu tespit edilmiştir. [7].

Bir çok ağaç türünde gövde enine kesitinin yeknesak bir renkte olmadığı görülmektedir. Böyle gövdelerde özün etrafında koyu renkli bir kısım ve dışa doğru açık renkli bir tabaka bulunur. Ortadaki koyu renkli bölge öz odun, dış tarafta kalan açık renkli kısım ise diri odun olarak isimlendirilmektedir. Öz odun oluşumundan sonra, gövde ve dal odunları içerisinde özellikleri farklı iki bölge görülür. Bu bölgelerden diri odun, öz odunla kabuk arasında yer alan, yaşayan paranzim hücreleri içeren, iletim ve destek görevi gören açık renkli kısımdır. Öz odun ise, diri odunla öz arasında yer alan, fizyolojik olarak aktif olmayan, çoğunlukla daha koyu renkli, canlı paranzim hücrelerine sahip olmayan ve sadece destek görevi gören kısımdır [5]. Bu çalışma da, hızlı yetişen türlerden çok sayıda kullanım yeri olan okalıptüs ve kavak odunlarında dinamik eğilme direnci ve dinamik kalite değeri üzerine diri ve öz odun farklılığının etkisi araştırılmıştır.

## 2. Materyal ve yöntem

Bu çalışmada test materyali olarak TS 4176’ya [8] uygun olarak seçilen, Doğu Akdeniz Bölgesi’nde yetişen ağaç türlerimizden Asya servi kavağı (*Populus usbekistanica* “Afganica”) ve egzotik ağaç türlerinden Okalıptüs (*Eucalyptus grandis*) kullanılmıştır. Deneme ağaçlarından  $20 \times 20 \times 300 \text{ mm}$  boyutlarında hazırlanan dinamik eğilme direnci örnekleri  $\pm 5\%$  bağıl nem ve  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  sıcaklıkta bekletilerek hava kuru hale gelmelerini müteakip testler yapılmıştır.

### 2.1. Dinamik Eğilme (Şok) Direnci (DED)’nin Belirlenmesi

Dinamik eğilme direnci (DED) TS 2477 (1976)’ya [9] uygun olarak aşağıdaki formülle (1) hesaplanmıştır:

$$DED = \frac{A}{F} \quad (1)$$

Burada;  $\sigma_{DED}$ : Dinamik eğilme direnci (Nm/mm<sup>2</sup>), A: İş miktarı (N), F: Deney numunesinin en kesit alanı (mm<sup>2</sup>)'dir.

## 2.2. Dinamik Kalite Değeri ( $I_D$ )'nin Hesaplanması

Bu değer, dinamik eğilme direnci ile hava kurusu yoğunluk arasındaki ilişkiyi hesaplanmaktadır. Deneme ağaçlarının statik kalite değeri ( $I_D$ ) aşağıdaki formüle (2) göre hesaplanmıştır [10]:

$$I_D = \frac{DED}{(D_{12})^2} \quad (2)$$

Burada; DED: Dinamik eğilme direnci (Nm/mm<sup>2</sup>);  $D_{12}$ : Hava kurusu yoğunluk (g/cm<sup>3</sup>).

## 3. Bulgular ve tartışma

### 3.1. Dinamik Eğilme Direnci

Okalıptüs ve kavak odunu numuneleri dinamik eğilme dirençlerine ait yapılan diri odun ve öz odun ölçümleri ve istatistik analiz sonuçları Tablo 1-4'te verilmiştir.

Tablo 1. Okalıptüs odunu dinamik eğilme direnci verileri.

Okalıptüs	Numune sayısı	DED (Nm/mm <sup>2</sup> )	Standart sapma	Varyasyon katsayısı	T-Testi	
					t <sub>değeri</sub>	Önem düzeyi
Diri odun	34	8.6	1.65	19.29	12.781	p<0.000
Öz odun	32	4.2	0.99	23.44		

Tablo 1'e göre, okalıptüs odununda diri odun ile öz odun arasında dinamik eğilme direnci bakımından  $p<0.000$  düzeyinde signifikant bir fark olduğu görülmektedir. Diri odununda dinamik eğilme direnci değerinin öz odundan bariz olarak yüksek olmasının en önemli nedeni yoğunluktur. Yapılan bir çalışmada [11] okalıptüs odununun diri odunu yoğunluğunun öz odundan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Öte yandan, Okalıptüs (*E. camaldulensis*)'ün dinamik eğilme direncini 5.7 Nm/mm<sup>2</sup> [12] ve (*E. grandis*) 5.44 Nm/mm<sup>2</sup> olarak hesaplamıştır [6]. Bu değerlerin, mevcut çalışmada Tablo 1'de hesaplanan diri odun-öz odun ortalama değerleriyle (6.4 Nm/mm<sup>2</sup>) uyumlu olduğu görülmektedir.

Tablo 2. Kavak odunu dinamik eğilme direnci değerleri.

Kavak	Numune sayısı	DED (Nm/mm <sup>2</sup> )	Standart sapma	Varyasyon katsayısı	T-Testi	
					t <sub>değeri</sub>	Önem düzeyi
Diri odun	42	3.5	0.72	20.89	5.367	p<0.000
Öz odun	39	2.7	0.51	18.75		

Tablo 2'de bulguları sunulan diri ve öz odun arasındaki ilişkiyi ortaya koymak üzere Kavak odununda yapılan istatistik analiz sonuçları, okalıptüs ile benzerlik göstermiştir. Yani, diri odunun dinamik eğilme direnci değeri (3.5 Nm/mm<sup>2</sup>), öz odundan (2.7 Nm/mm<sup>2</sup>) daha yüksek olarak hesaplanmıştır. Ayrıca aralarındaki farklılığın istatistiki olarak anlamlı olduğu da Tablo 2'den görülmektedir. Diri odun ile öz odun arasındaki farklılıkların çoğunlukla -aynı rutubet derecesinde olmak kaydıyla- hücre çeper maddesi miktarı, ekstraktif maddelerin oranı ve ağaç yaşından kaynaklandığı belirtilmektedir [13]. Yapılan çalışmalarda, Kara kavak (*P.nigra*) odunu dinamik

eğilme (şok) direncinin  $4.9 \text{ Nm/mm}^2$  [14], Fırat kavağı (*P.euphratica*)'nın ise  $6.2 \text{ Nm/mm}^2$  [15] olduğu tespit edilmiştir. Tablo 2'deki verilerden hesaplanan ortalama (diri odun-öz odun) kavak odunu dinamik eğilme direnci değeri ( $3.1 \text{ Nm/mm}^2$ ) literatüre göre daha düşüktür. Burada lif özellikleri, yoğunluk farklılıkları ve özellikle ağaç yaşının etkili olduğu düşünülebilir.

Okalıptüs ve kavak diri odunlarında hesaplanan dinamik eğilme direnci değerleri Tablo 3'te karşılaştırılmıştır.

Tablo 3.Okalıptüs ve kavak diri odunlarına ait dinamik eğilme direnci değerleri.

Diri odun	Numune sayısı	DED (Nm /mm <sup>2</sup> )	Standart sapma	Varyasyon katsayısı	T-Testi	
					t <sub>değeri</sub>	Önem düzeyi
Okalıptüs	34	8.6	1.65	19.29	18.001	$p<0.000$
Kavak	42	3.5	0.72	20.89		

Tablo 3 incelendiğinde, okalıptüs diri odunu dinamik eğilme direnci ( $8.6 \text{ Nm/mm}^2$ ) ile kavak odunu diri odununa ait direnç değeri ( $3.5 \text{ Nm/mm}^2$ ) kıyaslandığında, aralarında önemli bir farkın ( $p<0.000$ ) olduğu görülmektedir. Ağaç materyalde, aynı rutubet derecelerinde direnç değerlerini etkileyen faktörler yoğunluk, yaz odunu katılım oranı, sıcaklık ve odun tektüründeki yapısal farklılıklardır [16]. Bu değerlendirme ışığında, okalıptüs ve kavak diri odunları dinamik eğilme dirençlerindeki farklılığın temel nedeninin yaz odunu katılım oranından kaynaklanan yoğunluk farklılığı olduğu söylenebilir. Literatürde, okalıptüsün tam kuru yoğunluğu ( $D_0$ )  $0.78 \text{ g/cm}^3$  [17] ve kavak odunu tam kuru yoğunluğunu  $0.49 \text{ g/cm}^3$  [7] olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.Okalıptüs ve kavak öz odunlarında dinamik eğilme direnci değerleri ve T-testi analiz sonuçları.

Öz odun	N umune sayısı	DED (Nm /mm <sup>2</sup> )	Sta ndart sapma	Varyasyon katsayısı	T-Testi	
					t değeri	Önem düzeyi
Okalıptüs	32	4.2	0.99	23.44	8.345	$p<0.000$
Kavak	39	2.7	0.51	18.74		

Okalıptüs ve kavak diri odunlarındaki değerlendirmelerin, öz odunları için de geçerli olduğu Tablo 4'teki sonuçlardan anlaşılmaktadır. Her iki türün öz odunları arasında da T-testi sonucunda  $p<0.000$  düzeyinde signifikant bir farklılık oluşmuştur. Bu farkın yoğunlukla % 100'e yakın bir oranla ( $DED_{okalıptüs}/DED_{kavak} \cong D_{okalıptüs}/D_{kavak} \cong 1.5$ ) doğrusal olduğu bu karşılaştırmadan açıkça görülmektedir. Ayrıca, okalıptüs öz odunu ekstraktif maddelerce kavaktan daha zengindir. Bu zenginliğin de DED üzerinde olumlu etkisinin olduğu söylenebilir.

### 3.2. Dinamik Kalite Değeri ( $I_D$ )

Ağaç malzemenin özellikle gevreklik ve esnekliği hakkında önemli ip uçları veren değerlendirme kriterlerinden biri olan dinamik kalite değerine ait diri odun ve öz odun için yapılan T-testi analiz sonuçları Tablo 5'te görülmektedir.

Tablo 5. Dinamik kalite değerlerine ait T-testi analiz sonuçları.

Ağaç türü	Odun türü	Numune sayısı	$I_D$	Standard sapma	Varyasyon katsayısı (%)	T-Testi	
						$t_{değeri}$	Önem düzeyi
Okalıptüs	DO	34	2.8	0.601	20.48	8.207	$p<0.000$
	ÖO	32	1.6	0.592	34.29		
Kavak	DO	42	2.7	0.586	21.15	8.866	$p<0.000$
	ÖO	39	1.1	0.643	57.56		

DO: Diri odun, ÖO: Öz odun,  $I_D$ : Dinamik kalite değeri.

Tablo 5'ten her iki ağaç türü diri odunlarda (2.8 ve 2.7) dinamik kalite değerlerinin öz odunlara (1.6 ve 1.1) göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Yine T-testi analiz sonuçlarına göre okalıptüs ve kavakta diri odun ve öz odunlarına ait dinamik kalite değerleri arasında ( $p<0.001$ ) düzeyinde istatistiki olarak anlamlı ayrılıklar oluşmuştur.

Orta sert ağaçlar (Okalıptüs) için  $I_D<1$  ise "düşük",  $1<I_D<2$  ise "orta",  $2<I_D$  ise "iyi" kalite özelliğine sahip ve yumuşak ağaçlar (Kavak) için  $I_D<1.5$  ise "düşük",  $1.5<I_D<2.5$  ise "orta",  $2.5<I_D$  ise "iyi" kalite özelliğine sahip olarak kabul edilir (Bozkurt ve Göker 1996). Bu tasniflere göre, okalıptüs ve kavak diri odunları "iyi", okalıptüs öz odunu "orta", kavak öz odunu ise "düşük" kaliteli odun özelliği göstermiştir.

## 4. Sonuçlar

Bu çalışma ile;

- ✓ Okalıptüs ve kavak diri odun ve öz odunların dinamik eğilme direnci değerleri arasında  $p<0.000$  düzeyinde anlamlı bir farklılığın varlığı T-testi (Tablo 1 - Tablo 2) ile ortaya konmuştur.
- ✓ Her iki ağaç türünün diri ve öz odunlarının da istatistiki olarak analizi ile aralarında belirgin bir ayrılığın olduğu (Tablo 3 - Tablo 4) tespit edilmiştir.
- ✓ Test ağaçlarının her ikisinde de, diri odun ile öz odunların dinamik kalite değerleri arasında istatistiki olarak signifikant bir fark oluşmuştur (Tablo 5).
- ✓ Bu sonuçlar, ağaç malzemenin kullanımı sırasında diri ve öz odunlar arasında oluşan bu farklılıkların dikkate alınmasının önemini göstermiştir.

## Kaynaklar

- [1] Öner N., Aslan S., "Titrek kavak (*P.tremula*) odunun teknolojik özellikleri ve kullanım yerleri", Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fak. Dergisi, 2002, Seri:A, Sayı:1:135-146.
- [2] Anonim, "Türkiye'de Kavakçılık, Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü", İzmit, (1994).
- [3] Adalı F., "Health Tree; Eucalyptus", Publications Directorship of Agriculture Ministry, Practical Books, No:3, İstanbul, (1944).

- [4] Githiomi J.K., Kariuki J.G., "Wood basic density of *E. grandis* from plantations in central rifts valley, Kenya: Variation with age, height level and between sapwood and heartwood", Journal of Tropical Forest Science, 2010, 22(3):281–286.
- [5] Bozkurt A.Y., Erdin N., "Ağaç Teknolojisi", İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul, (1997).
- [6] Bektaş İ., Alma M.H., Bal B.C., Ayata Ü., "Okaliptüs (*E.grandis*) odununun dinamik eğilme direncinin belirlenmesi ve bazı ağaç türleriyle karşılaştırılması", 1.Ulusal Okaliptüs Semp., Tarsus, 2008, 274-280.
- [7] Erten P., Önal S., Özer S., "Titrek kavak (*Populus tremula* L.) odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine araştırmalar", İç Anadolu Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Yayınları, 1995, No.79:51-74.
- [8] TS 4176, "Odunun fiziksel ve mekanik özelliklerinin tayini için homojen mescerelerden numune ağacı ve laboratuvar numunesi alınması", (1984).
- [9] TS 2477, "Odunun çarpmada eğilme dayanımının tayini", (1976).
- [10] Korkut S., Güller B., "Physical and mechanical properties of European Hophornbeam (*Ostrya carpinifolia* Scop.) wood". Bioresource Technology, 2008, 99(11): 4780-4785.
- [11] Gültekin G., "Bazı yapraklı ve iğne yapraklı ağaçların diri ve öz odunlarının kimyasal, anatomik, morfolojik, fiziksel ve mekanik özelliklerinin incelenmesi", Doktora tezi KSÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, (2014).
- [12] Awan A.R., Chughtai M.I., Ashraf M.Y., Mahmood K., Rizwan M., Akhtar M., Khan R. A., "Comparison for physico-mechanical properties of farm-grown *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. with conventional timbers", Pak. J. Bot., 2012, 44(6): 2067-2070.
- [13] Bozkurt A.Y., Göker Y., "Fiziksel ve mekanik ağaç teknolojisi". İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 3944, Fakülte Yayın No:436, İstanbul, (1996).
- [14] Odabaşı Y., Acar O., "Yapı malzemesi olarak kara kavak ağacının bazı özellikleri üzerine araştırmalar", Kavak ve Hızlı Yetişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Yıllık Bülten, 1975, No.10:320-327.
- [15] Acar O., "*Populus euphratica* Oliv. odununun anatomik ve teknolojik özellikleri", Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Yıllık Bülten, 1973, No.8:121-132.
- [16] Bektaş İ., "Kızılcım odununun teknolojik özellikleri ve yörelere göre değişimi", Doktora Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, (1997).
- [17] Loulidi I., Famir A., Chergui M., Elghorba M., "The physical and mechanical properties of eucalyptus hybrid (*E.camaldulensis* x *E.grandis*): comparison with its parental species", Int. J. of Engineering and Sci., 2012, 1: 01-07.