

SERİ

B

CİLT

58

SAYI

2

2008

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ
DERGİSİ



Budakların Odunun Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Üzerine Etkileri

Nusret As^{1*}, Türker Dünder¹ ve Ümit Büyüksarı¹

¹ İ.Ü.Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Anabilim Dalı

Tel: 0 212 226 1100-25361, Fax: 0 212 226 11 13, e-mail: nusretas@istanbul.edu.tr

Kısa Özet

Bu çalışmada, budaklılığın odunun fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine etkileri ile ilgili yapılmış bulunan bir dizi çalışma gözden geçirilerek, elde edilen bulgular sistematik bir şekilde özetlenmiştir. Budakların fiziksel ve mekanik özelliklere etkisi genel olarak üç faktöre bağlanır; budakların çevresinden geçen liflerin yönünün gövde boyuna ekseninden ayrılması, budak odununun kendi liflerinin gövde odununun liflerine dik ya da belirli bir açıda bulunması ve kuruma sonucunda budak odununun fazla miktarda daralarak çatlaması. İncelenen çalışmalarda genel olarak budak oranının artması ile odunun yoğunluğu, makaslama direnci ve sertliğinin arttığı, çalışma (daralma ve genişleme) eğilmede elastikiyet modülü, eğilme direnci, basınç direnci ve dinamik eğilme direncinin ise azaldığı ifade edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Budak, odun, fiziksel ve mekanik özellikler

Effects of Knots on the Physical and Mechanical Properties of Wood

Abstract

In this paper, the effects of knots on physical and mechanical properties of wood systematically were summarized. In general, effects of knots on physical and mechanical properties of wood depend on three factors; deviation of wood fibers surrounding the knots from longitudinal axis, fibers of knots which are perpendicular or a definite angle to wood fibers and cracking due to extreme

Yayın Komisyonuna Sunulduğu Tarih: 24.04.2007

Yayına Kabul Edildiği Tarih : 16.07.2007

shrinkage of the knot woods during drying. Results of studies expressed that density, shear strength and hardness of wood specimens increased as knot area in the cross sections increased. But, sorption (shrinkage and swelling), modulus of elasticity in bending, bending strength, compression strength and impact bending decreased.

Keywords: Knots, wood, physical and mechanical properties

1. Giriş

Budak, dal odununun gövde içerisinde kalan uzantısı olup yapısal özelliği normal gövde ve kök odunundan farklılık göstermektedir. Ağacın asimilasyon organları olan yaprakları taşıyan dalların bulunma zorunluluğu nedeniyle budak oluşumundan kaçınmak mümkün değildir. Dalların oluşturduğu taç yapısının büyüklüğü ve dolayısıyla dal sayısının fazla ya da az olmasına göre ağaç, belirli oranda budağa sahip olacaktır. Taç yapısı küçük olanlarda budak oranı azalırken tersi durumda artış gösterecektir. Budak oranı, büyüklükleri ve şekli üzerine ağacın cinsi, irsel özellikleri, yetişme ortamı, silvikültürel uygulamalar, yaşı, mevkii, denizden yükseklik gibi faktörler etkili olmaktadır (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Yaşayan (yapraklı) dalların gövdenin zamanla yaptığı artım sonucu gövde içine gömülmesi sonucu sağlam (kaynamış) budaklar, kuru (yapraksız) dalların ise gövde içine gömülmesi ile düşen budaklar oluşur. Sağlam budakta, yıllık halkalar gövde halkaları ile irtibatlıdır. Düşen budakta ise böyle bir durum söz konusu değildir (Bozkurt ve Erdin, 1997).

Meşçere kapalılığının oluşması ile alt kısımlarda kalan dallar ışık azlığı, yeterli asimilasyon yapamama ve beslenememe gibi nedenlerle zamanla kurumakta, mantar tahribatına uğramakta, çürümekte ve kendi ağırlığı, rüzgar, kar gibi yüklere dayanamayıp kırılmaktadır. Geniş yapraklı ağaçlarda bu şekildeki dallar bütün olarak düşmekte ve gövdeden koptukları yerlerde çıkıntı bırakmamaktadırlar. Dolayısı ile gövde içinde gömülü olarak kalan dal parçası çevresindeki gövde odunu ile kaynamış olarak bulunduğu sağlam budak oluşmaktadır. İğne yapraklı ağaçlarda ise durum böyle değildir. Çürüyen dallar uçtan itibaren birbirini takip eden kısa parçalar halinde düşmekte ve gövde odunu ile birleştiği yerde kısa ya da uzun bir dal çıkıntısı bırakmaktadır. Gövdenin yaptığı artımla zaman içerisinde bu dal çıkıntısını içine alması ile düşen (kaynamamış) budak oluşmaktadır. Böylece geniş yapraklı ağaçlarda kaynamış budaklar meydana gelirken, ibreliler de ise kaynamış budaklar ile birlikte düşen budaklar da meydana gelmektedir (Berkel, 1970).

Budaklar şekillerine göre daire, oval ve kanat tiplerine ayrılmaktadır. Burada budağın biçiminden ziyade kerestenin biçme şekli etkili olmaktadır. Ayrıca budaklar büyüklüklerine göre kuş gözü (5 mm çapa kadar), küçük (6-15 mm), orta (16-25 mm), büyük (26-40 mm) ve çok büyük (40 mm'den fazla çapta) şeklinde gruplandırılmaktadır (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Budaklar, gerek estetik ve gerekse teknolojik yönden odun özelliklerini olumsuz yönde etkilediği için doğal bir kusur olarak kabul edilmekte ve birçok kullanım yerinde arzu edilmemektedir. Budak odunu gövde odununa göre daha yoğun ve daha reçineli olup reaksiyon odunu içermekte ve daha çok çalışmaktadır. Bulunduğu kerestenin direnç özelliklerini budağın bulunduğu yer, budak cinsi, büyüklüğü ve 1 m uzunluktaki miktarına göre önemli ölçüde azaltabilmektedir. Bu direnç azalmasında, ayrıca yükleme cinsi, süresi ve yönü de etkili olmaktadır. Budakların direnç değerlerini olumsuz yönde etkilemesinin nedenleri şunlardır (Bozkurt ve Göker, 1987; Gurfinkel, 1973).

- Budakların çevresinden geçen liflerin yönü gövde boyuna ekseninden ayrılır.
- Budak odununun kendi lifleri gövde odununun liflerine dik ya da belirli açıda bulunmaktadır.

- Kuruma sonucunda fazla miktarda daralan budak odunu genelde çatlatır.

Oluşan lif açısına (gövdede ya da budak odununda) ve çatlağa bağlı olarak direnç değerleri azalma gösterir. Ayrıca odunun çalışması, işlenmesi, kurutulması, tutkallanması, yapışma direnci ve yüzey işlemleri gibi teknolojik özellikler de olumsuz yönde etkilenmektedir.

Çürüklükten sonra en önemli kusur olarak kabul edilen budak gövdenin özellikle üst kısımlarında dallanma nedeniyle daha çok oranda bulunurken alt kısımlarında dalların düşmesi (doğal budanma) ve çap artımı nedeniyle daha az bulunabilmektedir. Uygun budama ile bu oran daha da azaltılabilir. Dolayısı ile gövdenin alt kısımlarında ağacın genç yaşta sahip olduğu dallanma nedeniyle oluşan ve iç kısımlarda kalan budaklar görülebilir. Serbest büyümüş ağaçlarda gövdenin alt kısımlarında daha fazla ve dışa vuran budaklar görülür. Dolayısı ile gövdeden alınan kereste kalitesi düşer.

2. Budakların Odunun Fiziksel Özelliklerine Etkisi

2.1. Yoğunluk üzerine etkisi

Budağı oluşturan dallar, genelde reaksiyon odunu içermektedir. İğne yapraklı ağaçlarda dalların alt tarafındaki basınç odunu geniş yapraklı ağaçlarda ise dalların üst tarafında bulunan çekme odunu yoğunluğu artırıcı etki yapmaktadır. Genel bir ortalama değer olarak dal odunu (dolayısı ile budak) gövde odununa nazaran geniş yapraklı ağaçlarda % 6, iğne yapraklı ağaçlarda % 25 oranında daha ağır (yoğun) bulunmaktadır. Budakların artması yoğunluğu arttırmaktadır.

Graf (1938) çam türlerinde yaptığı bir incelemede budaksız örneklerde 0.50 g/cm^3 olan yoğunluk değerinin az budaklı örneklerde 0.53 g/cm^3 'e, çok budaklı örneklerde ise 0.57 g/cm^3 'e yükseldiğini bildirmektedir.

As ve ark. (2006) Sarıçam odununda budakların odunun teknolojik özelliklerine etkisini inceledikleri bir çalışmada, deney örnekleri içerdikleri budak oranlarına göre sınıflandırılmış ve % 0-25 için % 34, % 25-50 için % 62, %50-75 için % 78 ve %75-100 için % 94'lük bir yoğunluk artışının olduğunu belirtmişlerdir. Gupta ve ark. (2004) Douglas göknarında budaklı ve budaksız makaslama örneklerinde yoğunluk değişimlerini incelemiştir. Budaksız örneklerde 0.43 gr/cm^3 olan yoğunluğun budaklı

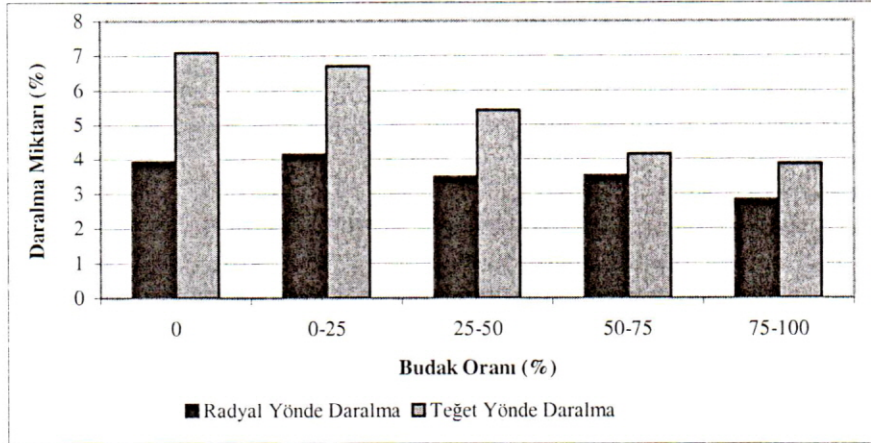
örneklerde 0.50 gr/cm^3 'e yükseldiği tespit edilmiştir. Budak yüzdesi arttıkça örnek içindeki budak hacmi de artış göstermekte hacim sabit kalırken ağırlık yükselmektedir. Ağırlık/Hacim şeklinde ifade edilen yoğunluk değeri de buna bağlı olarak artış göstermektedir.

Budak içeren odundaki yoğunluk artışı yalnızca budağın kendisinden kaynaklanmamaktadır. Dallar, ayrıca belirli bir mesafeye kadar temasta bulunduğu gövde odununun da yoğunluğunu arttırmaktadır (Berkel, 1970). Örneğin orta kalınlıktaki Ladin ağacı dalları 5 cm uzaklığa kadar gövde odunu ağırlığını arttırmaktadır (Wandt, 1937).

2.2. Daralma ve genişleme üzerine etkisi

Odunun yoğunluğu arttıkça genel olarak hacmen daralma ve genişleme miktarları da artmaktadır (Bozkurt ve Göker, 1987). Dal odununun yoğunluğu gövde odunundan fazla olduğu için budağın çalışma değerleri de normal odundan yüksektir. Ayrıca içinde bulunduğu gövde odununun da çalışma özelliklerini değiştirmektedir. Çünkü budağın etrafındaki gövde odunu lifleri, ağaç boyuna ekseninden sapmakta ve buna bağlı olarak çalışma değerleri de değişmektedir.

As ve ark. (2006), sarıçam odununda değişik budak bulunma oranlarına göre ağaç malzemedeki radyal ve teğet daralma değerlerinde meydana gelen değişimleri araştırmış ve elde ettikleri sonuçlar Şekil 1'de verilmiştir. Radyal ve teğet yöndeki daralma değerlerinde, budak yüzdesi arttıkça genelde bir azalma eğilimi görülmektedir. Özellikle, teğet yönde meydana gelen azalmanın, radyal yöne nazaran çok daha belirgin olduğu ve malzemedeki budak oranı arttıkça radyal ve teğet yöndeki daralma değerlerinin birbirine yaklaştıkları tespit edilmiştir. Bu değişime sebep olarak budak etrafında yer alan liflerin ağaç gövde boyuna ekseninden sapması gösterilmektedir. Düşük budak yüzdelere sahip örneklerde bu lif sapması daha küçük miktarlardayken, büyük çapta budaklara sahip olanlarda lif sapması da büyük olmaktadır. Budak etrafında lifler radyal ve teğet yönlerde (veya ikisinin arası) sapma gösterebilmektedirler. Bilindiği gibi en düşük daralma (veya genişleme) liflere paralel doğrultuda (gövde boyuna eksenini) meydana gelmektedir. En fazla çalışma yıllık halkalara göre teğet yönde oluşmakta onu radyal yöndeki çalışma izlemektedir. Budak çapı arttıkça liflerdeki sapma artmakta ve örnek içinde lifler belirli bir açı altında radyal ve teğet yönlerde uzanmaya başlamaktadır. Lifler uzanış doğrultuları yönünde daha az çalıştıkları için örneğin radyal ve teğet yöndeki çalışma değerleri düşme göstermektedir. Bunun sonucunda daha yüksek olan teğet yöndeki çalışma değerleri daha fazla düşme göstermektedir.



Şekil 1. Değişik budak sınıfları için radyal ve teğet daralma değerlerinin değişimi

3. Budakların Odunun Mekanik Özelliklerine Etkisi

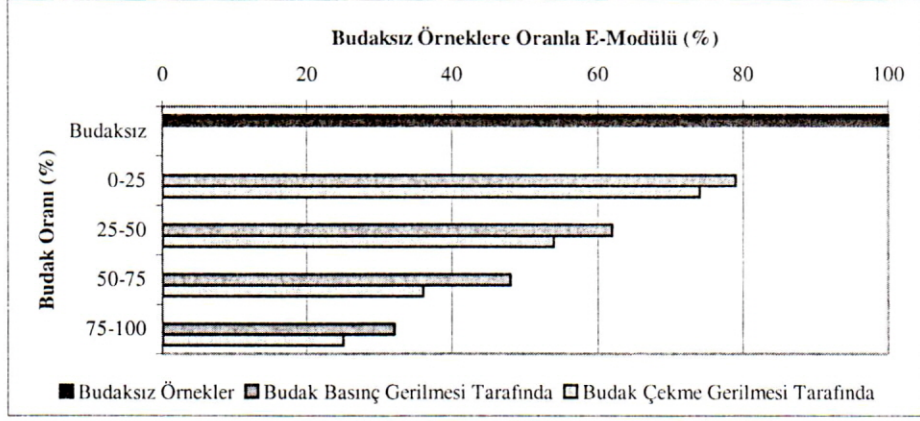
3.1. Eğilmeye elastikiyet modülüne etkisi

Budaklı malzemede yoğunluk değerinde artış görülmeyle birlikte bu yoğunluk artışı direnç değerlerine ve elastikiyet özelliklerine olumlu bir katkı sağlamamaktadır. Normal odunda yoğunluk arttıkça mekanik özellikler de iyileşme göstermektedir (Kollmann ve Cote, 1968). Budaklı örneklerde ise yoğunluğun artmasına rağmen odunun eğilmeye elastikiyet modülünün azaldığı bir çok araştırmacı tarafından tespit edilmiştir. Eğilmeye elastiklik modülü değeri, yapılan birkaç çalışmada aşağıdaki gibi değişim göstermiştir (Bozkurt ve Göker, 1987).

Kusursuz-Hava kuru (% 12)	
Çam odunu	16180 N/mm ²
Basınç tarafında bir budaklı	15020 N/mm ²
Kusursuz Dişbudak odununda	11360 N/mm ²
Çekme tarafında bir budaklı	10760 N/mm ²
Basınç tarafında bir budaklı	10070 N/mm ²
Kusursuz Teak (<i>Tectona grandis</i>) odununda	13500 N/mm ²
Bir budaklı odun	8330 N/mm ²

As ve ark. (2006) sarıçam odununda değişik budak yüzdelerinde eğilmeye elastikiyet modülü değerlerinde budaksız örneklere oranla elde edilen elastikiyet modülü değerlerini, budağın basınç ve çekme tarafında bulunmasına göre Şekil 2'deki gibi göstermişlerdir. Şekil 2'den de anlaşılacağı üzere sarıçam odununda budak oranının artmasıyla elastikiyet modülü neredeyse doğrusal bir şekilde azalmaktadır. Elastikiyet

modülünde budağın çekme tarafında bulunması durumunda meydana gelen azalma, basınç tarafında bulunması durumunda meydana gelen azalmaya göre daha fazladır. Örneğin; %25-50 oranında budak içeren örneklerde budaksız örneklere oranla meydana gelen elastikiyet modülü azalma oranı budağın basınç gerilmesi tarafında bulunması durumunda %38 iken, çekme gerilmesi tarafında bulunması durumunda %46 olarak tespit edilmiştir.

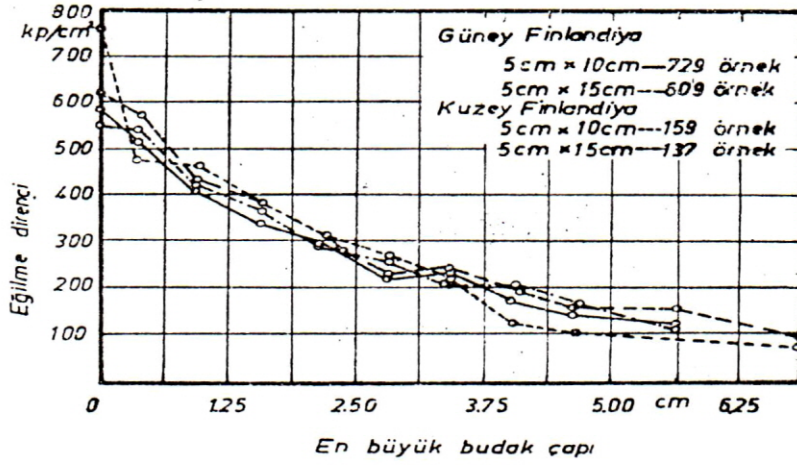


Şekil 2. Değişik budak oranları için eğilmede elastiklik modülündeki azalma oranları

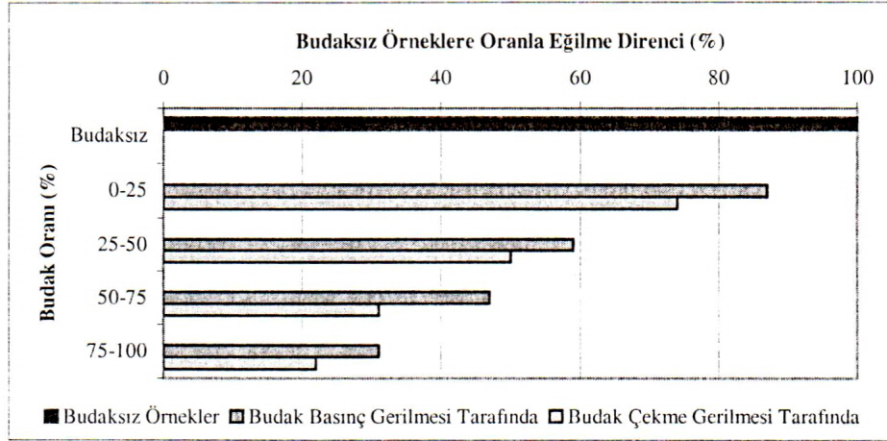
Grant ve ark. (1984) budakların boyutları arttıkça elastikiyet modülünün azaldığını ancak budağın yerinin elastikiyet modülünü etkilemediğini belirtmektedirler. Xu (2002) budakların eğilmede elastikiyet modülü üzerine negatif bir etkiye sahip olduğunu ifade etmektedir. Aynı şekilde Rajput ve ark.(1980) da artan budak boyutunun elastikiyet modülünü azalttığını bulmuşlardır.

3.2. Eğilme direncine etkisi

Eğilme direncinde budak çapı (dolayısıyla budak oranı) arttıkça eğilme direncinin azaldığı Finlandiya Sarıçamı odununda yapılan bir araştırma ile ortaya konulmuştur. Buna ait bir grafik Şekil 3'de verilmiştir (Kollmann ve Cote, 1968). Şekilden de anlaşılacağı üzere budak çapının 1.25 cm olması durumunda eğilme direnci yaklaşık % 33, 2.5 cm olması halinde % 50, 3.75 cm olması durumunda ise % 66 azalma göstermektedir. Bu oranlar As ve ark. (2006) tarafından Türkiye sarıçamında yapılan çalışmada tespit edilen direnç kaybı oranlarıyla büyük bir benzerlik göstermektedir. Bu çalışmada, budağın basınç gerilmesi tarafında bulunması durumunda % 25-50 budak sınıfında (budaklı kesit çapı 1-2 cm arasında) direnç kaybı % 35.6, % 50-75 budak sınıfında (budaklı kesit çapı 2-3 cm arasında) direnç kaybı % 50.3, % 75-100 budak sınıfında (budaklı kesit çapı 3-4 cm arasında) direnç kaybı % 66.4 olarak bildirilmektedir (Şekil 4).



Şekil 3. Finlandiya orijinli sarıçam kirişlerinde budak çapı-eğilme direnci ilişkisi



Şekil 4. Değişik budak sınıfları için eğilme direnci değerlerinin değişimi

As ve ark. (2006) Sarıçam odununda eğilme direnci değerlerinde, budağın basınç ve çekme tarafında olmasına göre sırasıyla budaklılık oranı % 0-25 için % 14.8 ve % 24.5, % 25-50 için % 35.6 ve %45.8, % 50-75 için % 50.3 ve %62.3, %75-100 için % 66.4 ve %75.5 oranında azalma tespit etmişlerdir. Buna göre budak oranı arttıkça eğilme direnci azalmakta ve bu azalma budağın çekme gerilmesi tarafında olması durumunda, basınç gerilmesi tarafında bulunmasına kıyasla daha fazla olmaktadır.

Rajput ve ark.(1980) ve Grant ve ark. (1984) benzer şekilde budak boyutlarının artmasıyla eğilme direncinin azaldığını bildirmektedir.

3.3. Çekme direncine etkisi

Budaklar en fazla çekme direncini etkilemektedir (Phillips ve ark., 1981; Takeda ve Hashizume, 1999). Liflere paralel yönde çekme direnci ile ilgili olarak çam türlerinde yapılan bir denemede budaklı ve budaksız numunelerden elde edilen değerler Tablo 1’de verilmiştir (Graf, 1938). Az budaklı örneklerde bile direnç değerinin yarı yarıya azaldığı görülmektedir.

Tablo 1. Budakların çekme direncine etkisi

Çam	Yoğunluk g/cm ³	Çekme direnci N/mm ²	Azalma Yüzdesi
Kusursuz (Budaksız)	0.50	78	-
Az budaklı	0.53	38.4	51
Çok budaklı	0.57	11.9	85

Grant ve ark. (1984) liflere paralel çekme direncinin kenar budakları içeren kerestelerde merkezinde budak içeren kerestelere göre daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Pellicane ve ark. (1987) budakların parmak uçlu birleştirme ile birleştirilmiş kerestelerin paralel çekme direncini olumsuz etkilediğini belirtmektedirler.

Liflere dik yönde çekme direncinde ise Rajput ve ark.(1980) budaklı örneklerin budaksız örneklerden daha yüksek direnç gösterdiklerini bildirmektedir.

Budak oranı arttıkça aynı zamanda budak etrafında yer alan gövde odunu liflerindeki sapma miktarı da artmakta ve liflere paralel yönde yapılan çekme yüklemesine karşılık budak etrafındaki liflerin sapmasıyla liflere belirli bir açıda yükleme söz konusu olmaktadır. Böylece direnç değerleri düşme göstermektedir. Ancak liflere dik yönde çekme yüklemesi yapılması durumunda budak etrafındaki liflerde oluşan sapmadan dolayı bu sefer lifler, çekme doğrultusuna belirli bir açı ile uzanacak ve buna bağlı olarak dik çekme direncinde artış dahi olabilecektir.

3.4. Basınç direncine etkisi

Basınç direnci üzerine budakların olumsuz etkisi çekme direncine olan etki kadar büyük değildir. Ancak budak oranı arttıkça basınç direnci değerinde meydana gelen azalma çoğalmaktadır. Çam ve ladin cinsi yapı kerestesinde budak çapının basınç direncine olan etkisi Tablo 2’de verilmiştir (Bozkurt ve Göker, 1987).

Tablo 2. Budak çapının basınç direncine etkisi

Cins	Yoğunluk (g/cm ³)	Rutubet (%)	Budak çapı (cm)	Basınç direnci (N/mm ²)
Çam	0.48	>25	Budaksız	18.5
Çam	0.48	>25	2.2	11.3
Çam	0.56	>25	3.3	10.5
Çam	0.60	>25	5.0	9.5
Ladin	0.43	14	Budaksız	35.4
Ladin	0.40	14	1.4	29.2
Ladin	0.42	14	2.9	26.3

Graf (1938)'e göre Çam cinsi ağaç malzemede basınç direncindeki azalma miktarları Tablo 3'te verilmektedir.

Tablo 3. Budakların basınç direncine etkisi

Çam	Yoğunluk g/cm ³	Basınç direnci N/mm ²	Azalma yüzdesi
Budaksız	0.50	40.3	-
Az budaklı	0.53	36.1	10
Çok budaklı	0.57	31.4	22

Basınç direncindeki azalma çekme direncindeki kadar çok değildir. Aynı cins (çam) ve aynı miktarda budağa sahip örneklerde çekme direnci % 51 ve % 85 oranında azalırken liflere paralel basınç direnci % 10 ve % 22 oranında azalmaktadır.

As ve ark. (2006) tarafından sarıçamda yapılan bir araştırmada değişik oranlarda budak içeren %12 rutubeteki örneklerde basınç direnci değerleri ve meydana gelen direnç kayıpları Tablo 4'te verilmiştir.

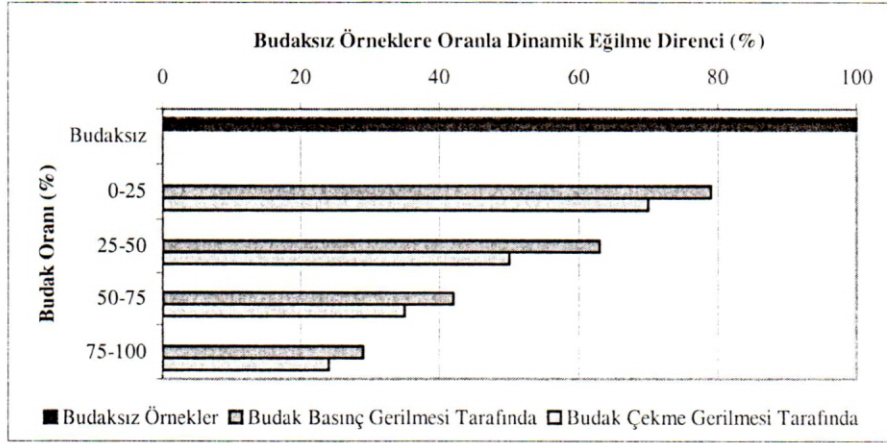
Tablo 4. Sarıçamda budakların basınç direncine etkisi

Budak Oranı	Hava Kuru Yoğunluk g/cm ³	Basınç direnci N/mm ²	Azalma Yüzdesi
Budaksız	0.49	39.7	-
%0-25	0.65	31.5	21
%25-50	0.79	29.6	26
%50-75	0.86	30.2	24
%75-100	0.94	33.7	15

Basınç direncindeki en fazla azalma budak oranının %25-50 arasında olması durumunda elde edilmiştir. En düşük azalma oranı ise %75-100 oranında budak içeren örneklerde bulunmuştur. Budakların normal odundan daha yoğun olmaları sebebiyle yüksek oranda budak içeren örneklerde basınç direncindeki azalma oranının daha düşük olarak gerçekleştiği sonucuna varılmıştır (As ve ark., 2006).

3.5. Dinamik eğilme direncine etkisi

Budak oranının artmasıyla dinamik eğilme direnci değerlerinde de azalma meydana gelmektedir. Sarıçam odununda çeşitli budak sınıfları için budağın çekme ya da basınç tarafında bulunmasına göre dinamik eğilme direncinde meydana gelen azalmalar Şekil 5'de gösterilmiştir (As ve ark., 2006).



Şekil 5. Değişik budak sınıfları için dinamik eğilme direnci değerlerinin değişimi

Budak oranı arttıkça dinamik eğilme direnci azalmakta ve budağın çekme gerilmesi tarafında olması durumunda azalma oranı artmaktadır.

3.6. Makaslama direncine etkisi

Budaklı örneklerde makaslama direncinin budaksız örneklerden daha yüksek olduğu belirtilmektedir (Rajput ve ark., 1980; Gupta ve ark., 2004). Chui (1991) ahşap kirişlerde ortalama makaslama direncinin budaklı örneklerde daha yüksek olduğunu, ancak, budaklı örneklerin sadece %45'inin makaslama değerinin eşleştirilmiş örneklerden daha yüksek olduğunu belirtmiştir. Değişik ağaç türlerinde budakların makaslama direncine etkisi Tablo 5'de gösterilmiştir.

Tablo 5. Budakların makaslama direncine etkisi

Türler	Budaklar Makaslama Düzlemine Paralel		Budaklar Makaslama Düzlemine Dik		Literatür
	Budaksız	Budaklı	Budaksız	Budaklı	
Kail (<i>Pinus wallichiana</i>)	7.47	7.61	6.50	6.99	Rajput ve ark., 1980
Deodar (<i>Cedrus deodara</i>)	4.86	8.36	6.99	8.66	Rajput ve ark., 1980
Douglas fir	8.29	9.12	8.69	9.08	Gupta ve ark., 2004

Budakların makaslama direncine etkisi ağaç türüne bağlı olarak değişmektedir (Gupta ve ark., 2004).

3.7. Sertlik değerine etkisi

Odunun teknolojik özellikleri içerisinde yer alan sertlik değeri de direnç değerlerinde olduğu gibi yoğunluk arttıkça yükselmektedir. Budakta yoğunluk yüksek olduğu için sertlik değeri yükselmektedir. Xu (2002) budaklı odunun budaksız oduna göre daha sert olduğunu ifade etmektedir. Budak belirli bir mesafeye kadar gövde odunu yoğunluğunu artırdığından budak etrafında yer alan odun dokusunda da sertlik değeri nispeten yüksek bulunmaktadır. Sertlik, gövde odununda normal değerlerine dönmektedir. Bu durum As ve ark. (2006) tarafından sarıçam örneklerinde yapılan deneyler ile ortaya konulmuştur. Normal odun dokusunda 25.8 N/mm^2 olarak tespit edilen radyal sertlik değeri budak etrafında lif sapması olan bölgede 39.2 N/mm^2 'ye ve budakta ise 87.6 N/mm^2 ye yükselmiştir. Aynı değerler teğet yüzeyde sırasıyla 26.5 N/mm^2 , 40.2 N/mm^2 ve 81.9 N/mm^2 olarak tespit edilmiştir.

Budağın sertlik değerini arttırması, bu teknolojik özelliğin önem kazandığı kullanım yerleri için bir avantaj olarak görülebilse bile; budağın odunun işlenme özelliklerini olumsuz etkilemesi, çalışma değerlerinin farklı yönlerde değişiklik göstermesine neden olması, mekanik özelliklerini olumsuz etkilemesi ve estetik yönden de kusur sayılması gibi birçok sakıncalı etkilerinden dolayı odun içerisinde yer alması arzu edilmemektedir.

4. Sonuç ve Öneriler

Budaklar, ağaç malzemenin kalitesini ve kullanım olanaklarını sınırlayan önemli bir doğal büyüme kusurudur. Budakların sayısının ve büyüklüğünün artması ile odunun kalite değeri azalır. Direnç ve diğer teknolojik özellikleri olumsuz etkilediği için kullanım sırasında dikkate alınması gerekmektedir. Özellikle ağaç malzemenin yapısal kullanımında yüksek direnç isteyen taşıyıcı elemanlarda bulunması durumunda etki

derecesinin önceden bilinmesi bir zorunluluk haline gelmektedir. Çünkü budak içeren bir malzemenin direnç özellikleri ve dolayısı ile yük taşıma kabiliyeti önemli oranda azalma gösterebilmektedir. Ayrıca diğer kullanım alanları için de benzer etkiler ve görünüş kusurları söz konusudur.

Budakların ağaç malzemenin direncine etkisi; budakların büyüklüğü ve bulunduğu yere göre değişmektedir. Budaklar ağaç malzemenin yoğunluğu, makaslama direnci ve sertliğini arttırmasına karşın çekme direnci, basınç direnci, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü ve dinamik eğilme direnci değerlerini azaltmaktadır. Düşen budakların odunun direnç değerlerini sağlam budaklardan daha fazla azalttığı bilinen bir gerçektir. Budaklar mekanik özelliklerden en çok çekme direncini, daha sonra sırasıyla eğilme direnci, liflere paralel basınç direnci ve elastikiyet modülünü etkilemektedir (Phillips ve ark., 1981; Takeda ve Hashizume, 1999). Ayrıca, budaklar odunun işlenmesini, yapıştırılmasını, kurutulmasını ve yüzey işlemlerini etkilemektedir.

Bazı silvikültürel tedbirlerle bir ölçüde budaklılığı kontrol altına almak mümkündür. Dikim sırasında bırakılan boşluk ve daha sonra meşçereye yapılan müdahaleler (aralama kesimleri) ağaçtaki dallanmayı dolayısıyla odundaki budak miktarını etkileyen uygulamalardır. Budama ise budaklıktan kaynaklanan kalite kayıplarını azaltmak için en etkili yöntemdir. Budama, düşmekte geciken ya da kısmen düşerek gövdede fazla çıkıntı bırakan kuru dalların ve belli ölçüde yaş dalların bir kesici alet yardımı ile alınması işlemidir. Doğal dal budanması uzun bir süre gerektirmekte ve bu süre zarfında önemli miktarda dal parçası gövde içerisinde gömülü kalmaktadır. Özellikle iğne yapraklı ağaçlarda bu durum en kötü budak tipi olan düşen budakların oluşumuna sebebiyet vermektedir. Budama işlemi ile doğal dal budanması beklenmeden kuru dal budaması yapılarak bu önemli kalite problemi minimize edilebilir. Bunun yanında yaş dal budaması da odun kalitesine önemli bir katkı sağlayacaktır. Bu durum odun hammaddesi kaynakları giderek azalan dünyamız için kaliteli odun hammaddesi ihtiyacına belli ölçüde cevap verebilir ve uygun bir planlama ve teknolojik donanımlar ile maliyet problemi de aşılabılır.

Türk Standartları Enstitüsü (TSE) keresteleri görünüş özelliklerine ve dolayısıyla budak miktarına ve cinsine göre çeşitli kalite sınıflarına ayırmaya yönelik esasları belirlemiş durumdadır. Ancak bu sınıflandırmada ortaya konulan esasların dayandırıldığı bilimsel araştırmalar fazla değildir. Görsel sınıflandırma ağaç malzemedeki belli bir kalite sınıfı için müsaade edilebilir kusurların ve dolayısıyla budakların, kerestelerin mekanik özelliklerini ne şekilde etkilediği konusunda bir bilgi sunmamaktadır. Ayrıca ağaç malzemedeki emniyet gerilme katsayılarının belirlendiği İnşaat Teknik Şartnamelerinde verilen değerler de büyük oranda tecrübi değerlere dayandırılmaktadır. Bu gerçekler ışığında özellikle pratikte kullanıldığı şekilde büyük boyutlu örnekler üzerinde uygun standart yöntemler kullanılarak direnç değerleri tespit edilmeli ve taşıyıcı amaçlı kullanılan yapı kerestelerinin sınıflandırılması mutlaka mekanik özelliklerine göre yapılmalıdır. Bu değişik kalite sınıfları için hangi miktarlarda kusurlara ve dolayısıyla budaklara izin verilebileceğine mekanik özelliklerdeki değişimler ışığında karar verilmelidir. Bu alandaki çalışmaların artırılmasına ihtiyaç bulunmaktadır.

Kaynaklar

- As, N., Y. Göker, T. Dündar, 2006. Effect of knots on the physical and mechanical properties of scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Wood Research* 51(3):51-58.
- Berkel, A., 1970. Ağaç Malzeme Teknolojisi. İ.Ü. Yayın No: 1448, O. F. Yayın No: 117, İstanbul.
- Bozkurt, A.Y., Y. Göker, 1987. Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi. İ.Ü. Yayın No: 3445, O.F. Yayın No: 388, İstanbul.
- Bozkurt, A.Y., N. Erdin, 1997. Ağaç Teknolojisi, İ.Ü. Yayın No: 3998, O.F. Yayın No: 445, İstanbul.
- Bozkurt, A.Y., N. Erdin, 2000. Odun Anatomisi. İ.Ü. Yayın No: 4263, O.F. Yayın No: 466, İstanbul.
- Chui, Y.H., 1991. Simultaneous evaluation of bending and shear moduli of wood and the influence of knots on these parameters. *Wood Sci. and Tech.* 25:125-134.
- Graff, O., 1938. Dauerversuche mit Holzverbindungen. Mitt. Fachaussch. Holzfragen beim VD. H.22.
- Grant, D.J., A. Anton, P. Lind, 1984. Bending strength, stiffness and stress-grade of structural *pinus radiata*: Effect of knots and timber density. *New Zealand J. of Forestry Sci.* 14(3):331-348.
- Gupta, R., C. Basta, S.M. Kent, 2004. Effect of knots on longitudinal shear strength of douglas-fir using shear blocks. *Forest Prod. J.* 54 (11):77-83.
- Gurfinkel, G., 1973. Wood Engineering. Southern Forest Products Association, New Orleans.
- Kollmann, F.F.P., W.A. Cote, 1968. Principles of Wood Science and Technology, I. Solid Wood. Springer Verlag, Berlin.
- Pellicane, P.J., K.S. Mcmillan, R.J. Ticky, 1987. Effects of knots near the fingers of finger-jointed dimension lumber. *Forest Prod. J.* 37(5):13-16.
- Phillips, G.E., J. Bodig, J.R. Goodman, 1981. Flow-grain analogy. *Wood Sci.* 14:55-64.
- Rajput, S.S., V.K. Gupta, R.C. Lohani, 1980. A study of effect of knot on the strength of timber. *Journal of the Indian Academy of Wood Sci.* 11(1):8-15.
- Takeda, T., T. Hashizume, 1999. Differences of tensile strength distribution between mechanically high-grade and low-grade japanese larch lumber II: Effect of knots on tensile strength distribution. *Journal of Wood Sci.* 45(3):207-212.
- Xu, P., 2002. Estimating the influence of knots on the local longitudinal stiffness in radiata pine structural timber. *Wood Science and Technology* 36: 501–509
- Wandt, R., 1937. Mitt. Forstwirtschaft, Fortwiss, 8.