

SERİ
SERIES
SERIE
SÉRIE

A

CİLT
VOLUME
BAND
TOME

43

SAYI
NUMBER
HEFT
FASCICULE

1

1993

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
ORMAN FAKÜLTESİ
D E R G İ S İ

REVIEW OF THE FACULTY OF FORESTRY,
UNIVERSITY OF ISTANBUL

ZEITSCHRIFT DER FORSTLICHEN FAKULTÄT
DER UNIVERSITÄT ISTANBUL

REVUE DE LA FACULTÉ FORESTIÈRE
DE L'UNIVERSITÉ D'ISTANBUL



BELGRAD ORMANI'NDA SUNİ OLARAK YETİŞTİRİLMİŞ DOĞU LÂDİNİ (*Picea orientalis* (L.) Link.)'nin FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Prof. Dr. Yılmaz BOZKURT¹⁾
Prof. Dr. Yener GÖKER¹⁾
Doç. Dr. Nurgün ERDİN¹⁾

Kısa Özet

Bu makalede; Belgrad Ormanı'nda dikimle yetiştirilen doğu ladin (*Picea orientalis* (L.) Link.)'nin fiziksel ve mekanik özellikleri incelenerek, doğal olarak yetişen doğu ladinin özellikleri ile karşılaştırılması amaçlanmıştır. Araştırma sonunda doğu ladininde; hava kurusu yoğunluk $D_{12} = 0.425 \text{ g/cm}^3$, daralma yüzdeleri $\beta_r = \% 3.4$, $\beta_t = \% 6.16$, $\beta_v = \% 10.22$, eğilme direnci $\delta_E = 51.6 \text{ N/mm}^2$, liflere paralel basınç direnci $\sigma_B = 28.2 \text{ N/mm}^2$, liflere paralel çekme direnci $\sigma_C = 53.5 \text{ N/mm}^2$, dinamik eğilme direnci $a = 2.98 \text{ J/cm}^2$, Brineli sertlik $B_S // = 2.75 \text{ N/mm}^2$, $B_S \perp = 14.8 \text{ N/mm}^2$ olarak bulunmuştur.

Ayrıca, hava kurusu yoğunluk ile yıllık halka genişliği, eğilme direnci, liflere paralel basınç direnci ve Brinell sertlik değerleri arasındaki ilişkiler regresyon analizi ile araştırılmış ve her özellik için istatistik değerler bulunarak F kontrolü yapılmıştır.

1) İ.Ü. Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyeleri

1. GİRİŞ

Picea orientalis (L.) Link. Ülkemizde kuzey-doğu Karadeniz Bölgesi'nde doğal olarak yetişmekte ve ormanlarımızın % 3.9'unu kapsamaktadır. Tomruk olarak 1991 yılı üretim miktarı 91.500 m³ olarak planlanmıştır. Çeşitli kullanım yerlerinde faydalanılan değerli bir odunu olması nedeniyle doğal yayılış alanı dışında Belgrad Ormanı'nda 1956 yılında dikimle yetiştirme çalışmaları yapılmıştır. Bu meşcerelerden 1985 yılında alınan örneklerde doğu lâdini odununun fiziksel ve mekanik özelliklerini tespit etmek üzere bu araştırma ele alınmıştır. Elde edilen sonuçlar, daha önce Eraslan (1947) tarafından yapılan doğal olarak yetişmiş doğu lâdin'inin fiziksel ve mekanik özellikleri değerleri ile karşılaştırılacaktır.

Bu çalışmada dikimle yetiştirilen doğu lâdini ağaçlarından alınan küçük, kusursuz odun örneklerinde; tam kuru yoğunluk, hava kuru yoğunluk, hacim ağırlık değeri, daralma yüzdeleri, eğilme, liflere paralel basınç, liflere paralel çekme, dinamik eğilme dirençleri ve Brinell sertlik değerleri bulunmuştur.

Aynı yetiştirme yerinden alınan doğu lâdini örneklerinde, daha önce yapılan bir çalışma ile pH değeri tespit edilerek, McNamara metodu ile su ekstraksiyonunda pH 6.05 olarak bulunmuştur (Bozkurt-Erdin 1986).

2. MATERYAL

Araştırma materyali için 1985 yılında İstanbul yakınındaki Bentler Bölgesi Kahve deresi Fidanlık Mevkii, 172 no'lu bölmedeki meşcereden 8 adet deneme ağacı alınmıştır. Seçilen 8 ağacın; normal gelişmiş, düzgün gövdeli, sağlam ve göğüs yüksekliğindeki kabuklu çaplarının 20 cm'den fazla olmasına özen gösterilmiştir. Deneme ağaçlarının yaşları 29, boyları 14-15 m, göğüs yüksekliğindeki çapları ise 21-23 cm'ler arasında bulunmaktadır. Kuzey-güney yönü işaretlenen ağaçlar toprak yüksekliğinden kesilerek bir tekerlek alındıktan sonra uç çapı 10 cm kalıncaya kadar her 4 m'de bir tekerlekler çıkarılmıştır. Bu tekerleklerden, İ.Ü. Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında kuzey-güney yönünde çıtalar hazırlanarak; yıllık halka genişliği, yoğunluk, hacim ağırlık değeri, daralma yüzdeleri ile özden çevreye doğru değişimleri incelenmiştir.

Ayrıca, her bir ağaçtan 2-4 m'ler arasından çıkarılan 2 m uzunluğundaki gövde kısımlarından eğilme, liflere paralel basınç, liflere paralel çekme, dinamik eğilme direnci ve sertlik örnekleri hazırlanarak direnç değerleri tespit edilmiştir.

3. METODLAR VE İSTATİSTİK DEĞERLENDİRME

Dikimle yetiştirilen doğu lâdininin fiziksel ve teknolojik özelliklerine ait değerlerin bulunmasında kullanılan metodlar aşağıda açıklanmıştır.

(1) Tam kuru yoğunluk (D_0 : g/cm^3), hava kuru yoğunluk (D_{12} : g/cm^3), hacim ağırlık değeri (R : Kg/m^3) denemelerinde TS 2472/1976 no'lu standard kullanılmış, örnek büyüklüğü 20x20x30 mm olarak alınmıştır.

(2) Radyal (β_r), teğet (β_t) ve hacmen daralma (β_v) yüzdeleri TS 2471/1976 no'lu standarda göre incelenmiş, örneklerin büyüklüğü 30x30x15 mm olarak hazırlanmıştır.

(3) Hava kuru eğilme direnci (σ_{E12} : N/mm^2) tespiti için TS 2474/1976 no'lu standarda göre ve 20x20x350 mm boyutundaki örnekler üzerinde çalışılmıştır.

(4) Hava kuru liflere paralel basınç direnci (σ_{E12} : N/mm^2) TS 2595/1977 no'lu standarda göre incelenmiş örnekler 40x40x60 mm boyutunda hazırlanmıştır.

(5) Hava kuru liflere paralel çekme direnci (σ_{E12} : N/mm^2) TS 2475/1976 no'lu standard esaslarına göre incelenmiştir. Örnekler 15x50x450 mm boyutundaki taslaklardan hazırlanmıştır.

(6) Hava kuru dinamik eğilme direnci (a : J/cm^2) TS 2477/1976 no'lu standard esaslarına göre 20x20x300 mm boyutundaki örneklerde incelenmiştir.

(7) Hava kuru liflere paralel Brinell sertlik ($BS//$: N/mm^2), radyal Brinell sertlik ($BS.L$: N/mm^2) TS 2479/1976 no'lu standarda göre 50x50x50 mm boyutundaki örneklerde incelenmiştir.

Yukarıda belirtilen standartlardaki metodlarla bulunan veriler istatistik yöntemlerle değerlendirilmiş, ortalama, minimum, maksimum, standart sapma, standart hata, varyasyon katsayısı, güven alt ve üst sınırları bulunmuş, varyans analizleri ile F testleri yapılmıştır.

Ayrıca hava kuru yoğunluk ile bazı teknolojik özellikler arasındaki ilişkinin regresyon denklemleri bulunmuş ve F testleri yapılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Yoğunluk ve Hacim Ağırlık Değeri

Yoğunluk denemeleri sonunda ortalama yıllık halka genişliği 6.45 mm, standart sapma 1.76 mm, ortalama tam kuru yoğunluk $0.401 g/cm^3$, standart sapma $0.046 g/cm^3$, varyasyon katsayısı % 11.5; ortalama hava kuru yoğunluk $0.425 g/cm^3$, standart sapma $0.045 g/cm^3$, varyasyon katsayısı % 10.6; ortalama hacim ağırlık değeri $358 kg/m^3$, standart sapma $39 kg/m^3$, varyasyon katsayısı % 11.1 olarak saptanmıştır. Yoğunluk değerlerine ait diğer istatistik bilgiler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1 : Doğu lâdininde yıllık halka genişliği, yoğunluk ve hacim ağırlık değeri istatistikleri¹⁾.**Table 1 :** Statistical values¹⁾ for the growth ring width, density and basic density²⁾ of oriental spruce.

Değişkenler Variables	\bar{X}	X_{\min}	X_{\max}	S	$S_{\bar{x}}$	V (%)	G_A	G_U	N
Yıllık halka ge- nişliği (mm) Growth ring width (mm)	6.45	2.47	13.13	1.76	0.167	27.22	6.12	6.78	110
Hava kurusu yo- ğunluk (g/cm^3) Air dry density (g/cm^3)	0.425	0.323	0.552	0.045	0.0043	10.55	0.417	0.434	110
Tam kuru yoğunluk (g/cm^3) (Oven dry density (g/cm^3))	0.401	0.315	0.520	0.046	0.0044	11.51	—	—	110
Hacim ağırlık değeri (kg/m^3) Basic density (kg/m^3)	358	283	504	39	3.9	11.12	351	366	105

1) Tablo 1'de ve diğer tablolarda; \bar{X} = Aritmetik ortalama, S = Standart sapma, $S_{\bar{x}}$ = Örnekleme hatası, V = Varyasyon katsayısı, G_A = Güven aralığı alt sınırı, G_U = Güven aralığı üst sınırı, N = Örnek sayısını göstermektedir.

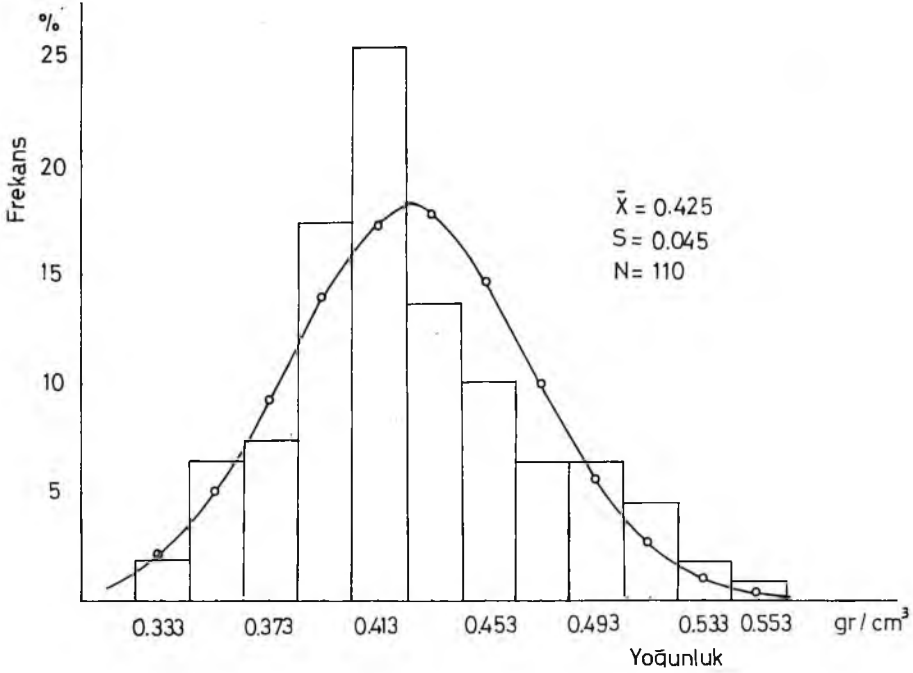
2) Basic density is based on weight when oven dry and volume when green.

Belgrad Ormanı'nda dikimle yetiştirilen doğu lâdininde hava kurusu yoğunluğa ait ağaçlar arası ve ağaçlar içi varyans analizi yapılarak örneklerin heterojenliği kontrol edilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2 : Hava kurusu varyans analizi.**Table 2 :** Air dry density analysis of variance.

Varyasyon kaynağı Source of variation	Serbestlik derecesi Df	Kareler toplamı Sum of squares Mean square	Kareler ortalaması Mean square	F
Ağaçlar arası	7	0.0476	0.00679	4.047 ⁺⁺⁺
Ağaçlar içi	102	0.1716	0.00168	
Genel	109	0.2192		

Tabloda görüldüğü gibi varyans analizi F değeri 4.047 olarak bulunmuştur. F-dağılımı tablolarında $P=0.001$ güven sınırı ve 7-200 serbestlik derecesi için verilen F değeri 3.65 olduğundan, denemede kullanılan örneklerin ağaçlar arasındaki hava kuru yoğunluk farkının % 99.9 seviyede önemli olduğu ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, hava kuru yoğunluğa ait varyasyon grafiği Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1 : Hava kuru yoğunluk varyasyon grafiği.

Fig. 1 : Frequency curve for the air dry density of oriental spruce.

Ülkemizde doğal olarak yetişen doğu ladinine ait ortalama yoğunluk, hacim ağırlık değerleri ve çeşitli ülkelerde yetişen *Picea abies*'e ait ortalama değerler, Belgrad Ormanı'nda dikimle yetiştirilen doğu ladinini değerleri ile karşılaştırmalı olarak Tablo 3'te açıklanmıştır.

Tablo 3 : Çeşitli lâdin türlerinde yoğunluk ve hacim ağırlık değeri.**Table 3 :** Values for density and basic density in spruces.

Lâdin Türü Species	D ₀ g/cm ³	D ₁₂ g/cm ³	R kg/m ³	Kaynak Source
<i>Picea orientalis</i> (Dikim-Türkiye)	0.401	0.425	358	—
<i>Picea orientalis</i> (Doğal-Türkiye)	0.406	0.436*	359	Eraslan-1947
<i>Picea abies</i> (Almanya)	0.430	0.470	378	Schimidt-Voght-1986
<i>Picea abies</i> (Doğal-Norveç)	—	—	354	Frimpong, Mensah-1987
<i>Picea sitchensis</i> (Dikim-Norveç)	—	—	325	Okstad-1987

(*) % 15 rutubette

Tablo incelendiğinde, hacim ağırlık değeri bakımından doğal yetişen ve dikimle yetiştirilen doğu lâdini değerleri arasında önemli bir fark olmadığı görülmektedir. Ancak, Almanya'da yapılan çalışmada bulunan hacim ağırlık değeri, Norveç'te yetişen Avrupa lâdininden daha yüksek bulunmuştur.

Belgrad Ormanı'nda yetiştirilen doğu lâdininde hava kuruğu yoğunluğunun, özden çevreye doğru ve gövde boyunca aşağıdan yukarıya doğru değişimi regresyon analizi ile incelenmiştir. Analiz sonunda elde edilen değerler Tablo 4'de, regresyon denklemi ise aşağıda verilmiştir.

$$Y = 567 - 2.27 x_1 - 25.7 x_2 + 0.0215 x_1^2 + 1.10 x_2^2$$

$$r = 0.72 \quad N = 111$$

Burada; x_1 = Relatif boy (%)

x_2 = Özden çevreye uzaklık (cm)

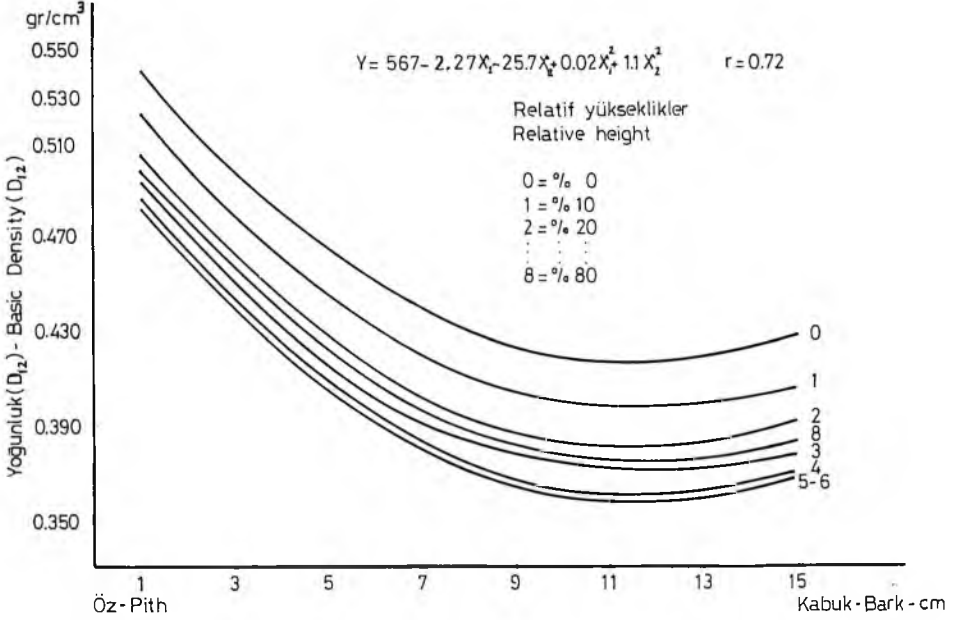
Y = Hava kuruğu yoğunluğu (kg/m³)'u

ifade etmektedir.

Tablo 4 : Doğu ladininde yoğunluğun özden-çevreye ve gövde boyunca değişimi (kg/m^3 olarak).**Table 4 :** The variations in the air dry density (kg/m^3) within the stems of oriental spruce from the pith to the bark and along the stem axis.

Relatif Boy %	Özden Uzaklık (cm)															Ortalama
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
0	542	520	499	481	466	452	441	431	424	420	417	417	418	422	428	451
10	522	499	479	461	445	432	420	411	404	399	396	396	398	402	408	431
20	505	483	463	445	429	415	404	395	388	383	380	380	382	386	392	415
30	494	471	451	433	417	403	392	383	376	371	368	368	370	374	380	403
40	486	464	443	425	409	396	384	375	368	363	361	360	362	366	372	395
50	483	460	440	422	406	393	381	372	365	360	358	357	359	363	369	392
60	484	461	441	423	407	394	382	373	366	361	359	358	360	364	370	393
70	489	467	446	428	413	399	388	378	371	367	364	364	365	369	375	398
80	499	476	456	438	422	409	397	388	381	376	374	373	375	379	385	408
Ortalama	500	477	457	439	423	410	398	389	382	377	375	374	376	380	386	409

Tablo 4'teki değerler incelendiğinde, gövdenin alt kısımlarında hava kuruğu yoğunluğunun daha yüksek olduğu, gövdenin % 50'sine kadar azaldıktan sonra, yoğunlukta tekrar artış olduğu görülmektedir. Özden çevreye doğru gidişte ise, yoğunluğun öze yakın kısımlarda yüksek olduğu, çevreye doğru düşme gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2 : Hava kuruğu yoğunluğunun özden çevreye doğru ve gövde boyunca değişimi.

Fig. 2 : Air dry density trend of variation within the tree as described by the multiple regression model.

Belgrad Ormanı'nda dikimle yetiştirilmiş doğu ladininden alınan yoğunluk örneklerinde, yıllık halka genişliği ile hava kuruğu yoğunluk arasındaki ilişki de araştırılmıştır. Şekil 3'te görüldüğü gibi yıllık halka genişledikçe yoğunluk azalmakta ve hiperbolik bir fonksiyon göstermektedir. Bu iki değişken arasındaki ilişkiyi veren eşitlik;

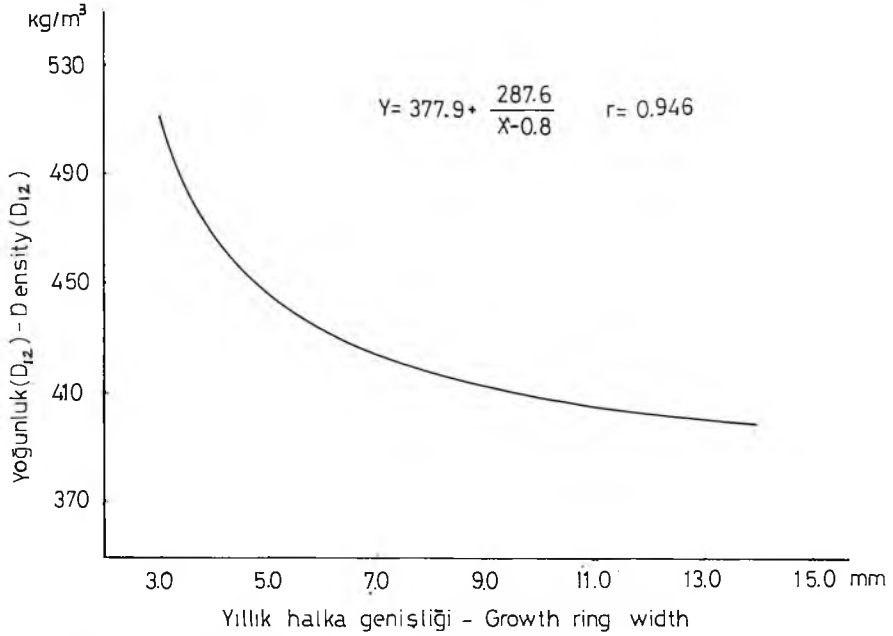
$$Y = 377.9 + \frac{287.6}{x - 0.8} \quad r = 0.946 \quad N = 110 \quad F = 455.04^{+++}$$

olarak bulunmuştur. Eşitlikte;

X = Yıllık halka genişliği (mm)

Y = Hava kuruğu yoğunluğu (kg/m³)

belirtmektedir.



Şekil 3 : Yıllık halka genişliği ile hava kuru yoğunluk arasındaki ilişki.

Fig. 3 : The relationship between air dry density and growth ring width.

4.2 Daralma Yüzdesi

Belgrad Ormanı'nda suni olarak yetiştirilmiş doğu ladininden hazırlanan örneklerde daralma yüzdeleri hesaplanmış; liflere paralel daralma ortalama % 0.12, standart sapma 0.04, radyal daralma ortalama % 3.4, standart sapma 0.35, teğet daralma ortalama % 6.16, standart sapma 0.82, hacmen daralma ortalama % 12.22, standart sapma 1.38 olarak bulunmuştur. Daralma yüzeylerine ait diğer istatistik bilgiler Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5: Doğu ladininde daralma miktarları (%).

Table 5: Shrinkage (%) in the different directions of oriental spruce wood.

Değişkenler Variables	\bar{X}	X_{\min}	X_{\max}	S	$S_{\bar{X}}$	V (%)	G_A	G_U	N
Liflere paralel daralma Longitudinal shrinkage	0.12	0.09	0.20	0.044	0.007	35.96	—	—	37
Radyal daralma Radial shrinkage	3.40	2.46	4.31	0.35	0.032	10.41	3.34	3.47	119
Teğet daralma Tangential shrinkage	6.16	4.23	8.57	0.82	0.075	13.24	6.01	6.31	117
Hacmen daralma Volume shrinkage	10.22	6.34	12.37	1.38	0.187	13.50	9.84	10.60	54

Eraslan (1947) tarafından yapılan ve doğal olarak yetişen doğu lâdininden alınan örneklerle ait daralma oranları ile Norveç'te doğal olarak yetişen *Picea abies* (L. Karst) ve dikimle yetiştirilen *Picea sitchensis* (Carr.)'te daralma değerleri karşılaştırılmaları olarak Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6: Çeşitli lâdin türlerinde daralma miktarları (%).

Table 6: Degree of shrinkage (%) in spruces.

Lâdin Türü Species	β_t	β_r	β_t	β_v	Kaynak Source
<i>Picea orientalis</i> (Dikim-Türkiye)	0.1	3.4	6.2	10.2	—
<i>Picea orientalis</i> (Doğal-Türkiye)	0.3	3.8	7.4	11.5	Eraslan-1947
<i>Picea abies</i> (Doğal-Norveç)	0.2	3.8	8.0	11.8	Okstad, Karstad-1985
<i>Picea sitchensis</i> (Dikim-Norveç)	0.2	4.1	7.8	11.8	Okstad-1987

Tabloda görüldüğü gibi, dikimle yetiştirilen doğu lâdininde daralma yüzdesi, doğal yetişen doğu lâdininden daha düşük bulunmuştur. Doğal doğu lâdini ile diğer lâdin türleri arasında daralma değerleri bakımından önemli bir farklılık yoktur.

4.3 Eğilme Direnci

Eğilme direnci tayininde kullanılan örneklerin rutubetleri kontrol edildiğinde, ortalama rutubet değeri % 9.52 olduğu görülmüş ve % 12 rutubetteki direnç değerlerini bulmak için

$$\sigma_{E12} = \sigma_M [1 + 0.04 (M - 12)]$$

eşitliğinden yararlanılmıştır. Bu işlem sonunda, hava kuruğu eğilme direnci 51.6 N/mm^2 , standart sapma 10.54 N/mm^2 , varyasyon katsayısı % 20.3 olarak bulunmuştur. Eğilme direnci ile ilgili diğer istatistik bilgileri Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7: Doğu ladininde daralma miktarları (%).**Table 7:** Shrinkage (%) in the different directions of oriental spruce wood.

Değişkenler Variables	\bar{X}	X_{\min}	X_{\max}	S	$S_{\bar{x}}$	V (%)	G_A	G_U	N
Eğilme direnci (N/mm^2) Static bending strenght (N/mm^2)	51.6	31.92	86.58	10.54	1.200	20.31	—	—	93
Hava kuru yoğunluk (g/cm^3) Air dry density (g/cm^3)	0.407	0.332	0.550	0.039	0.004	9.52	0.392	0.414	93
Rutubet miktarı (%) Moisture content (%)	9.52	8.32	10.62	0.346	0.036	3.63	9.45	9.59	94

Belgrad Ormanı'nda yetiştirilen doğu ladininden alınan 92 örnek üzerinde yapılan eğilme direnci denemeleri ile ilgili varyans analizi yapılarak, ağaçlar arası eğilme direnci değerleri arasında anlamlı bir fark bulunmadığı görülmüştür. Diğer bir deyişle örneklerin heterojen bir topluma ait olmadığı anlaşılmıştır (Tablo 8).

Tablo 8: Eğilme direnci varyans analizi.**Table 8:** Static bending strenght analysis of variance.

Varyasyon kaynağı Source of variation	Serbestlik derecesi Df	Kareler toplamı Sum of squares	Kareler ortalaması Mean square	F
Ağaçlar arası	6	160444	26740.67	2.08 (NS)
Ağaçlar içi	85	1092372	12851.44	
Genel	91	1252816		

Bazı ladin türleri için bulunan eğilme direnci değerleri, doğu ladinini değerleri ile karşılaştırılmalı olarak Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9: Çeşitli ladin türlerinde eğilme direnci değerleri (N/mm^2)**Table 9:** Values of static bending strenght (N/mm^2) in spruces.

Lâdin türü Species	Eğilme direnci Static bending strenght	Kaynak Source
<i>Picea orientalis</i> (Dikim-Türkiye)	51.6	—
<i>Picea orientalis</i> (Doğal-Türkiye)	69.0	Eraslan - 1947
<i>Picea abies</i> (Almanya)	76.4	Sachsse - 1984
<i>Picea abies</i> (Doğal-Norveç)	67.4	Okstad, Karstad-1985
<i>Picea sitchensis</i> (Dikim-Norveç)	67.5	Okstad - 1987
<i>Picea sitchensis</i> (Doğal-A.B.D.)	70.0	FPL - 1974

Tabloda görüldüğü üzere dikimle yetiştirilen doğu lâdininde eğilme direnci, doğal olarak yetişenden daha düşüktür. Bunun nedeni Belgrad Ormanı'nda yetiştirilen doğu lâdininde yıllık halka genişliğinin daha fazla olmasıdır. Diğer lâdin türlerinden, Orta Avrupa'da *Picea abies* ve Amerika'da *Picea sitchensis*'te daha yüksek eğilme dirençleri tespit edilmiştir.

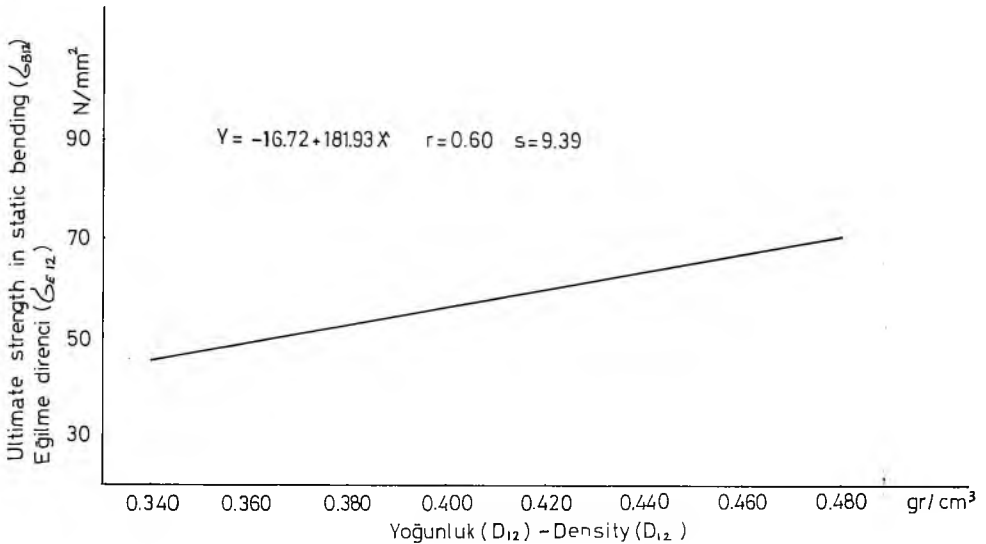
Eğilme direnci denemelerinde kullanılan örneklerin hava kuru yoğunlukları incelendiğinde, ortalama yoğunluk 0.407 g/cm^3 , standart sapma 0.039, varyasyon katsayısı % 9.5 olarak bulunmuştur. Yoğunlukla ilgili diğer istatistik değerler Tablo 7'de verilmiştir.

Hava kuru eğilme direnci ile hava kuru yoğunluğun regresyon analizinde, iki değişken arasında giderek artan doğrusal bir ilişki bulunduğu tespit edilmiş (Şekil 4) ve regresyon denklemi aşağıda verilmiştir.

$$Y = -16.72 + 181.93 D_{12}$$

$$r = 0.60 \quad S = 9.39 \quad N = 93 \quad F = 21.65^{+++}$$

Serbestlik derecesi 1-100 için F-dağılımı tablosunda $P = 0.001$ güven sınırında verilen F değeri 11.5 olduğundan ($21.65 > 11.5$), eğilme direnci ile hava kuru yoğunluk arasındaki ilişkinin sıfır olma ihtimali % 99.9 güvenlikle red edilmektedir. Böylece eğilme direnci ile hava kuru yoğunluğun ilişkisinin önemli düzeyde olduğu saptanmıştır.



Şekil 4 : Eğilme direnci ile yoğunluk arasındaki ilişki.

Fig. 4 : The relationship between static bending strenght and density.

4.4 Liflere Paralel Basınç Direnci

Hava kurusu liflere paralel basınç direncinin tespit edilmesinde kullanılan örneklerin rutubetleri kontrol edilmiştir. % 12 rutubetteki liflere paralel basınç direnci değerlerinin bulunması için;

$$\sigma_{B12} = \sigma_M [1 + 0.05 (M-12)]$$

eşitliğinden yararlanılmıştır. Liflere paralel ortalama basınç direnci 28.2 N/mm^2 , standart sapma 2.4 N/mm^2 , varyasyon katsayısı % 9.1 olarak saptanmıştır. Diğer istatistik değerler Tablo 10'da görülmektedir.

Tablo 10 : Doğu ladininde liflere paralel basınç direnci istatistik değerleri.
Table 10 : Statistical values for the compression strenght of oriental spruce wood.

Değişkenler Variables	\bar{X}	X_{\min}	X_{\max}	S	$S_{\bar{x}}$	V (%)	G_A	G_U	N
Liflere paralel basınç direnci (N/mm^2) Compression strenght parallel to grain (N/mm^2)	28.2	23.5	34.6	2.40	0.245	9.1	27.45	28.42	108
Hava kurusu yoğunluk (g/cm^3) Air dry density (g/cm^3)	0.437	0.346	0.548	0.038	0.0037	8.8	0.429	0.444	108

Dikimle yetiştirilen doğu ladininde, 8 ağaçta, 108 örnek üzerinde liflere paralel basınç direnci varyans analizi yapılarak Tablo 11'de hazırlanmıştır.

Tablo 11 : Liflere paralel basınç direnci varyans analizi.

Table 11 : Compression strenght parallel to grain analysis.

Varyasyon kaynağı Source of variation	Serbestlik derecesi Df	Kareler toplamı Sum of squares	Kareler ortalaması Mean square	F
Ağaçlar arası	7	19398	2771.143	5.57 ⁺⁺⁺
Ağaçlar içi	100	49711	497.11	
Genel	107	69109		

Varyans analizinde elde edilen F değeri 5.57, serbestlik derecesi 7-100 için F-tablosunda verilen 3.83 ($5.57 > 3.83$) ile karşılaştırıldığında, ağaçlar arası basınç direnci örneklerinin % 99.9 güvenirlikle heterojen bir toplumdandırıldığı anlaşılmaktadır.

Dikimle yetiştirilen doğu ladinini basınç direnci değerleri, doğal olarak yetişen doğu ladinini, Avrupa ladinini ve sitka ladinini değerleri ile karşılaştırılarak Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 12: Çeşitli ladin türlerinde liflere paralel basınç direnci ve hava kuruşu yoğunluk değerleri.

Table 12: values of compression strength parallel to grain and density in spruces.

Lâdin türü Species	Hava kuruşu Yoğunluk Air dry density g/cm ³	Liflere paralel basınç direnci Compression strength parallel to grain (N/mm ²)	Kaynak Source
<i>Picea orientalis</i> (Dikim-Türkiye)	0.437	28.2	—
<i>Picea orientalis</i> (Doğal-Türkiye)	0.436	36.6*	Eraslan-1947
<i>Picea abies</i> (Doğal-Norveç)	0.409	40.6	Okstad, Karstad - 1985
<i>Picea sitchensis</i> (Dikim-Norveç)	0.391	35.0	Okstad-1987
<i>Picea sitchensis</i> (Doğal-A.B.D.)	0.400	38.7	FPL-1974

* % 12 rutubete indirgenmiş değerdir.

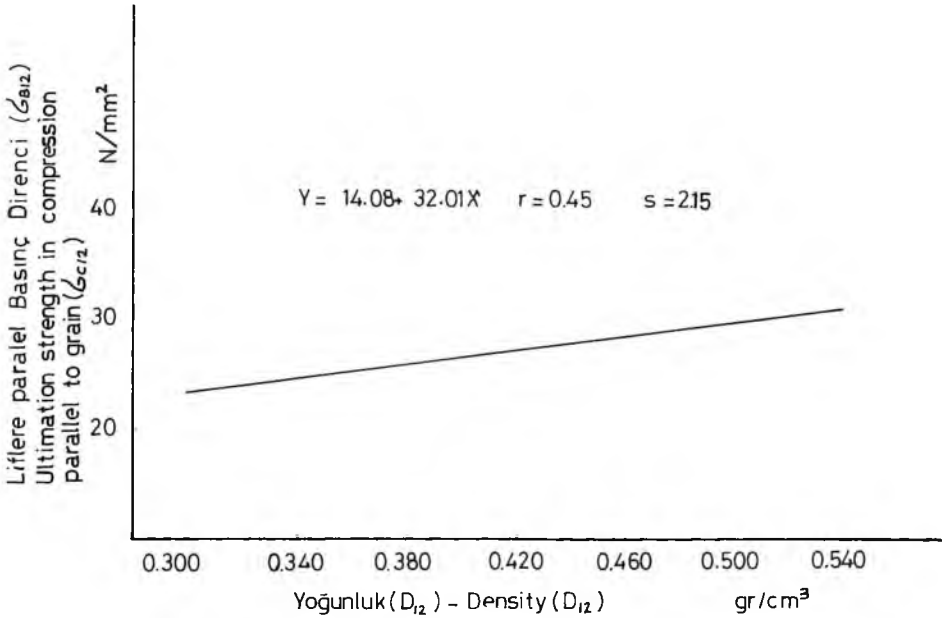
Tabloda görüldüğü gibi, Belgrad Ormanı'nda dikimle yetiştirilen doğu ladininde liflere paralel basınç direnci, doğal yetişen doğu ladininden daha düşüktür. Aynı durum sitka ladininde de tespit edilmektedir. Dikimle yetiştirilen sitka ladininde basınç direnci, doğal yetişen sitka ladininden daha düşüktür. Bu oluşumun nedenini dikimle yetiştirilen türlerde yıllık halkaların daha geniş olmasında aramak gerekmektedir.

Basınç direnci denemelerinde kullanılan örneklerin hava kuruşu yoğunlukları incelendiğinde, ortalama yoğunluk 0.437 g/cm³, standart sapma 0.038, varyasyon katsayısı % 8.8 olarak bulunmuştur (Tablo 10). Liflere paralel basınç direnci ile hava kuruşu arasındaki ilişki regresyon analizi ile araştırıldığında, iki değişken arasında giderek artan doğrusal bir ilişki bulunduğu saptanmıştır (Şekil 5) ve regresyon denklemi aşağıda verilmiştir.

$$Y = 14.079 + 32.0095 D_{12}$$

$$r = 0.45 \quad S = 2.15 \quad F = 24.88^{+++}$$

Serbestlik derecesi 1-100 için Tablo-F₁₀₀ = 11.5 (24.88 > 11.5) olduğundan, liflere paralel basınç direnci ile hava kuruşu yoğunluk arasındaki ilişkinin sıfır olma ihtimali % 99.9 güvenlikle red edilmektedir.



Şekil 5 : Liflere paralel basınç direnci ile yoğunluk arasındaki ilişki.

Fig. 5 : The relationship between compression strenght parallel to grain and density.

4.5 Liflere Paralel Çekme Direnci

Hava kuruşu liflere paralel çekme direncinin tespit edilmesinde kullanılan 39 örnekte rutubet tayini de yapılmıştır. % 12 rutubetteki liflere paralel çekme direnci değerlerinin bulunması için; $\sigma_{C12} = \sigma_M [1+0.03 (M-12)]$ eşitliği kullanılmıştır. Eşitliğe göre dikimle yetiştirilen doğu ladininin, hava kuruşu liflere paralel çekme direnci; ortalama 53.5 N/mm², minimum 22.4 N/mm², maksimum 121.2 N/mm² olarak bulunmuştur. Standart sapma 22.2, ortalamanın standart hatası 3.55, varyasyon katsayısı % 41.4, güven aralığı alt sınırı 46.32, üst sınırı 60.69 olarak hesaplanmıştır.

Doğal olarak yetişen *Picea abies*'te hava kurusu liflere paralel çekme direnci 88.2 N/mm^2 olarak verilmektedir (Sachsse-1984). Buna göre, *Picea abies*'te liflere paralel çekme direnci, dikimle yetiştirilen doğu lâdininden oldukça yüksek değerdedir.

4.6 Dinamik Eğilme Direnci

Hava kurusu dinamik eğilme direnci denemelerinden sonra, bu örnekler üzerinde rutubet tayini de yapılmıştır. Bulunan direnç değerinin, % 12 rutubet değerine çevrilmesinde;

$$\sigma_{DE12} = \sigma_M [1-0.05 (M-12)]$$

eşitliğinden yararlanılmıştır. 40 örnek üzerinde yapılan denemeler sonunda hava kurusu dinamik eğilme direnci ortalama 2.98 J/cm^2 , minimum 1.1 J/cm^2 , maksimum 5.5 J/cm^2 olarak bulunmuştur.

Standart sapma 1.09, standart hata 0.17, varyasyon katsayısı % 36.7 olarak hesaplanmıştır. Bulunan ortalama değer, diğer lâdin türleri ile karşılaştırılmalı olarak Tablo 13'te verilmiştir.

Tablo 13 : Çeşitli lâdin türlerinde dinamik eğilme direnci değerleri (J/cm^2).

Table 13 : Degree of impact bending strenght (J/cm^2).

Lâdin Türü Species	Dinamik eğilme direnci İmpact bending strenght	Kaynak Source
<i>Picea orientalis</i> (Dikim-Türkiye)	2.98	—
<i>Picea orientalis</i> (Doğal-Türkiye)	4.00	Eraslan - 1947
<i>Picea abies</i> (Almanya)	4.51	Sachsse - 1984
<i>Picea abies</i> (Doğal-Norveç)	2.98	Okstad, Karstad - 1985
<i>Picea sitchensis</i> (Dikim-Norveç)	3.06	Okstad - 1987

Tabloda görüldüğü üzere doğal olarak yetişen doğu lâdininde dinamik eğilme direnci, dikimle yetiştirilen doğu lâdininden önemli miktarda yüksek bulunmaktadır. Bunun nedeni dikimle yetiştirilen doğu lâdininde yıllık halkaların daha geniş olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca Avrupa lâdininde, dinamik eğilme direnci diğer türlerden daha yüksek bulunmaktadır.

4.7 Brinell Sertlik

Brinell sertlik denemelerinden sonra bu örnekler üzerinde rutubet tayini yapılarak, bulunan sertlik değerlerinin % 12 rutubet değerine çevrilmesinde, liflere paralel yönde;

$$BS_{12} // = BS_M [1+0.04 (M-12)]$$

Liflere dik yönde;

$$BS_{\perp} = BS_M [1+0.025 (M-12)]$$

eşitliklerinden yararlanılmıştır. Liflere paralel yönde hava kurusu sertlik değeri 27.5 N/mm^2 , standart sapma 8.59, varyasyon katsayısı % 31.39 olarak bulunmuştur.

Hava kurusu Brinell sertlik; radyal yönde ortalama 13.7 N/mm^2 standart sapma 2.43, varyasyon katsayısı % 18.1, teğet yönde ortalama 15.8 N/mm^2 , standart sapma 4.06, varyasyon katsayısı % 26.0 olarak bulunmuştur. Brinell sertlikle ilgili diğer istatistik bilgiler Tablo 14'te verilmiştir.

Tablo 14 : Üç farklı yönde Brinell sertlik değerleri.

Table 14 : Brinell hardness of different directions as istatistical measurements.

Brinell sertlik (N/mm^2) Brinell hardness (N/mm^2)	\bar{X}	X_{\min}	X_{\max}	S	$S_{\bar{X}}$	V (%)	G_A	G_U	N
Liflere paralel yönde Parallel to grain	27.5	10.4	53.4	8.59	0.99	31.39	25.0	28.9	73
Radyal yönde Radial direction	13.7	10.1	20.9	2.43	0.32	18.12	12.9	14.2	60
Teğet yönde Tangential direction	15.8	10.4	31.2	4.06	0.54	26.01	14.5	16.6	57
Rutubet miktar (%) Moisture content (%)	12.57	8.8	16.6	1.67	0.19	13.28	12.19	12.96	74
Yoğunluk (g/cm^3) Density (g/cm^3)	0.439	0.340	0.570	0.046	0.005	10.48	0.428	0.449	75

Ülkemizde doğal olarak yetişen doğu ladininde Brinell sertlik liflere paralel yönde 37 N/mm^2 , liflere dik yönde 14.1 N/mm^2 'dir (Berkel-1960). Orta Avrupa'da doğal yetişen *Picea abies*'te Brinell sertlik liflere paralel yönde 32 N/mm^2 , liflere dik yönde ise 12 N/mm^2 olarak verilmektedir (Schimidt-Voght 1986).

Brinell sertlik değerlerinin bulunmasında kullanılan örneklerde ortalama hava kurusu yoğunluk 0.439 g/cm^3 olarak bulunmuştur (Tablo 14). Hava kurusu yoğunluk ile örneklerin her üç yüzeyinde yapılan Brinell sertlik değerleri arasındaki ilişki regresyon analizi ile araştırılmış ve geliştirilmiş denklemler aşağıda verilmiştir.

Liflere paralel yönde;

$$Y = -7.67 + 77.01 D_{12}$$

$$r = 0.42 \quad N = 46 \quad S = 7.26 \quad F = 9.23^{++}$$

Eşitliğin doğrusallık kontrolünde, serbestlik derecesi 1-44 için Tablo-F değeri 7.25 (9.23 > 7.25) olduğundan, yoğunlukla liflere paralel sertlik arasında % 99 güvenle önemli bir ilişki bulunduğu anlaşılmaktadır.

Liflere dik radyal yönde;

$$Y = 8.77 + 10.66 D_{12}$$

$$r = 0.28 \quad N = 46 \quad S = 2.16 \quad F = 2.01 \text{ (NS)}$$

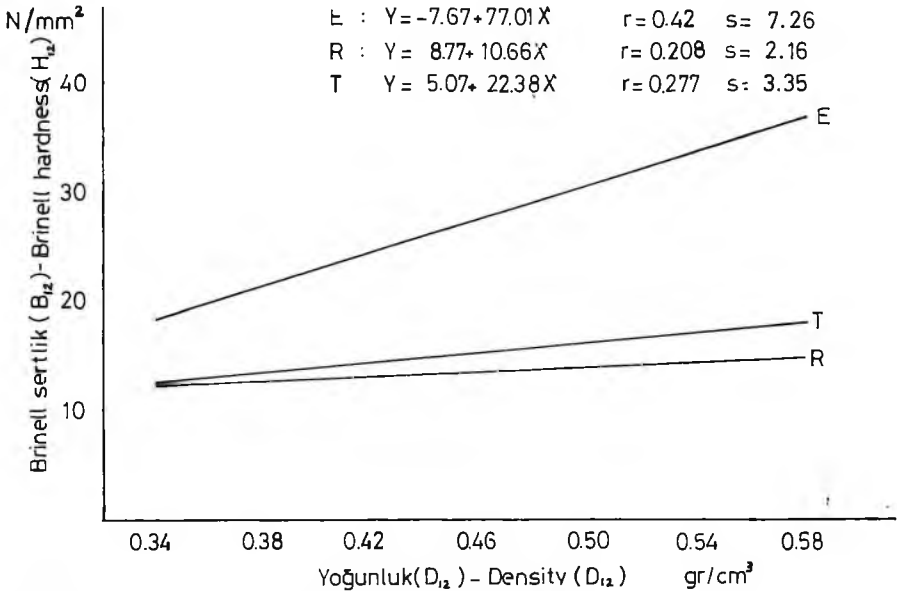
Eşitliğin doğrusallık kontrolünde, serbestlik derecesi 1-44 için Tablo-F değeri 4.06 (2.01 < 4.06) olduğundan, yoğunlukla radyal yönde Brinell sertlik arasındaki ilişkinin % 95 seviyede önemli olmadığı görülmüştür.

Liflere dik teğet yönde;

$$Y = 5.07 + 22.38 D_{12}$$

$$r = 0.277 \quad N = 46 \quad S = 3.35 \quad F = 3.66 \text{ (NS)}$$

Eşitliğin doğrusallık kontrolünde serbestlik derecesi 1-44 için Tablo-F değeri 4.06 (3.66 < 4.06) olduğundan eşitliğin % 95 seviyede güvenilir olmadığı anlaşılmıştır. Üç yöndeki sertlik değeri ile yoğunluk arasındaki ilişki Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6 : Brinell sertlik ile hava kuru yoğunluk arasındaki ilişki.

Fig. 6 : The relationship between Brinell hardness and density.

Grafikte görüldüğü gibi yoğunluk arttıkça her üç yönde Brinell sertlik artmaktadır.

5. SONUÇLAR

Araştırma materyali, 1985 yılında İstanbul yakınındaki Belgrad Ormanı Bentler Bölgesi Kahveresi Fidanlık mevki 172 no'lu bölmede dikimle yetiştirilmiş doğu ladinlerinden 8 adet olarak alınmıştır. Deneme ağaçlarının yaşı 29, boyları 14-15 m, göğüs yüksekliğindeki çapları ise 17-33 cm'ler arasındadır. Dikimle yetiştirilen doğu ladininden elde edilen malzemenin fiziksel ve mekanik özelliklerini incelemek üzere, bu ağaçlardan hazırlanan küçük, kusursuz örneklerde yoğunluk, hacim ağırlık değeri, daralma yüzdeleri, eğilme, liflere paralel çekme, basınç ve dinamik eğilme dirençleri ile Brinell sertlik değerleri incelenerek, sonuçlar aşağıda verilmiştir. Araştırmada kullanılan örneklerin ortalama yıllık halka genişliği 6.45 mm'dir.

(1) TS 2472/1976 no'lu standarda göre yapılan denemelerde;

Tam kuru yoğunluk (D_0) ortalama 0.401 g/cm^3 , minimum 0.315 g/cm^3 , maksimum 0.520 g/cm^3 , standart sapma 0.046, varyasyon katsayısı % 11.51,

Hava kuru yoğunluk (D_{12}) ortalama 0.425 g/cm^3 , minimum 0.323 g/cm^3 , maksimum 0.552 g/cm^3 , standart sapma 0.045, varyasyon katsayısı % 10.55,

Hacim ağırlık değeri (R) ortalama 0.358 g/cm^3 , minimum 0.283 g/cm^3 , maksimum 0.504 g/cm^3 , standart sapma 0.039, varyasyon katsayısı % 11.12,

(2) TS 2471/1976 no'lu standarda göre yapılan daralma denemelerinde;

Liflere paralel daralma (β_1) ortalama % 0.12, minimum % 0.09, maksimum % 0.20, standart sapma 0.044, varyasyon katsayısı % 35.96,

Radyal yönde daralma (β_r) ortalama % 3.4, minimum % 2.46, maksimum % 4.31, standart sapma 0.35, varyasyon katsayısı % 10.41,

Teğet yönde daralma (β_t) ortalama % 6.16, minimum % 4.23, maksimum % 8.57, standart sapma 0.82, varyasyon katsayısı % 13.24,

Hacmen daralma (β_v) ortalama % 10.22, minimum % 6.34, maksimum % 12.37, standart sapma 1.38, varyasyon katsayısı % 13.5 olarak tespit edilmiştir.

(3) TS 2474/1976 no'lu standarda göre yapılan eğilme direnci (σ_{E12}) denemelerinde; ortalama değer 51.6 N/mm^2 , minimum 31.92 N/mm^2 , maksimum 86.58 N/mm^2 , standart sapma 10.54, varyasyon katsayısı % 20.31 olarak bulunmuştur.

(4) TS 2595/1977 no'lu standarda göre yapılan liflere paralel basınç direnci (σ_{B12}) denemelerinde; ortalama 28.2 N/mm^2 , minimum 23.5 N/mm^2 , maksimum 34.6 N/mm^2 , standart sapma 2.4 varyasyon katsayısı % 9.1'dir.

(5) TS 2475/1976 no'lu standarda göre yapılan liflere paralel çekme direnci (σ_C) denemelerinde; ortalama değer 53.5 N/mm^2 , minimum 22.4 N/mm^2 , maksimum 121.2 N/mm^2 , standart sapma 22.2, varyasyon katsayısı % 41.4 olarak tespit edilmiştir.

(6) TS 2477/1976 no'lu standarda göre yapılan dinamik eğilme direnci (a) denemelerinde; ortalama dinamik eğilme direnci 2.98 J/cm^2 , minimum 1.1 J/cm^2 , maksimum 5.5 J/cm^2 , standart sapma 1.09, varyasyon katsayısı % 36.7'dir.

(7) TS 2479/1976 no'lu standarda göre yapılan Brinell sertlik denemelerinde;

Liflere paralel yönde Brinell sertlik (BS//) ortalama 27.5 N/mm^2 , minimum 10.4 N/mm^2 , maksimum 53.4 N/mm^2 , standart sapma 8.59, varyasyon katsayısı % 31.39,

Radyal yönde Brinell sertlik (BS⊥) ortalama 13.7 N/mm^2 , minimum 10.1 N/mm^2 , maksimum 20.9 N/mm^2 , standart sapma 2.43, varyasyon katsayısı % 18.12,

Teğet yönde Brinell sertlik ortalama 15.8 N/mm^2 , minimum 10.4 N/mm^2 , maksimum 31.2 N/mm^2 , standart sapma 4.06, varyasyon katsayısı % 26.01 olarak bulunmuştur.

Sonuç olarak hava kurusu yoğunluk ağaçta aşağıdan yukarıya doğru azalmakta, gövdenin % 50 yüksekliğinden sonra artış göstermektedir. Ayrıca, hava kurusu yoğunluğun özden çevreye doğru giderek azaldığı tespit edilmiştir. Yıllık halka ile yoğunluk arasındaki ilişki araştırılmış ve yıllık halka genişledikçe yoğunluğun azaldığı, hiperbolik bir fonksiyon gösterdiği anlaşılmıştır. Bunlardan başka Belgrad Ormanı'nda dikimle yetiştirilen doğu ladininde; yoğunluk değerleri, liflere paralel çekme, liflere paralel basınç ve Brinell sertlik değerlerinin, doğal olarak yetişen doğu ladininden daha küçük olduğu tespit edilmiştir.

**PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF
ORIENTAL SPRUCE (*Picea orientalis* (L.) Link.)
GROWN IN A PLANTATION SITE IN BELGRAD
FOREST NEAR ISTANBUL**

**Prof. Dr. Yılmaz BOZKURT
Prof. Dr. Yener GÖKER
Doç. Dr. Nurgün ERDİN**

Abstract

Wood from oriental spruce trees grown in a plantation site in Belgrad Forest, near Istanbul, was examined for its density based on dry volume and weight, density based on green volume and dry weight, shrinkage, modulus of rupture in static bending, compression parallel to grain, tension parallel to grain, toughness (shock-resisting ability), and Brinell hardness. The results were compared with the values given in the literature.

SUMMARY

Experimental material, 8 oriental spruce trees grown in a plantation site at Belgrad Forest near Istanbul, were harvested in 1985. They were 29 years old, 14 to 15 m in height; their bhd being 21 to 23 cm. The specimens were defect free. The average width of the growth rings were 6.45 mm. The results of the measurements on the physical and mechanical properties are given below.

- 1) Density according to the Turkish Standard (TS) 2472-1976:

Based on oven dry weight and volume (D_0) $0.401 \pm SD 0.046 \text{ g/cm}^3$ (min 0.315, max 0.520, CV 11.59 %).

Based on air dry weight and volume (D_{12}) $0.425 \pm SD 0.045 \text{ g/cm}^3$ (min 0.323, max 0.552, CV 10.55 %).

Based on oven dry weight and green volume (R) $0.358 \pm \text{SD } 0.039 \text{ g/cm}^3$ (min 0.283, max 0.504, CV 11.12 %).

- 2) Shrinkage according to the TS 2471-1976:
 - Longitudinal (β_l) $0.12 \pm \text{SD } 0.044 \%$ (min 0.09, max 0.20, CV 35.96 %).
 - Radial (β_r) $3.40 \pm \text{SD } 0.35 \%$ (min 2.46, max 4.31, CV 10.41 %).
 - Tangential (β_t) $6.16 \pm \text{SD } 0.82 \%$ (min 4.23, max 8.57, CV 13.24 %),
 - Volumetric (β_v) $10.22 \pm \text{SD } 1.38 \%$ (min 6.34, max 12.37, CV 13.5 %).
- 3) Modulus of rupture in static bending according to the TS 2474-1976: (σ_{E12}) $51.6 \text{ SD} \pm 10.54 \text{ N/mm}^2$ (min 31.92, max 86.58, CV 20.31 %).
- 4) Maximum crushing strength in compression parallel to grain according to the TS 2595-1977: (σ_{B12}) $28.2 \pm \text{SD } 2.40 \text{ N/mm}^2$ (min 23.5, max 34.6, CV 9.1 %).
- 5) Tension parallel to grain (δ_C) according to the TS 2475-1976: $53.5 \pm \text{SD } 22.2 \text{ N/mm}^2$ (min 22.4, max 121.2, CV 41.4 %).
- 6) Impactwork in shock resistance (a) according to the TS 2477-1976: $2.98 \pm \text{SD } 1.09 \text{ J/cm}^2$ (min 1.1, max 5.5, CV 36.7 %)
- 7) Brinell hardness according to the TS 2479-1976:
 - Parallel to grain $27.5 \pm \text{SD } 8.59 \text{ N/mm}^2$ (min 10.4, max 53.4, CV 31.39 %)
 - Radial $13.7 \pm \text{SD } 2.43 \text{ N/mm}^2$ (min 10.1, max 20.9, CV 18.12 %)
 - Tangential $15.8 \pm \text{SD } 4.06 \text{ N/mm}^2$ (Min 10.4, max 31.2, CV 26.01 %).

The results have also shown that (D_0) decreases up the tree until reaching 1/2 of the tree hight where it starts increasing. (D_0) decreases from the pith to the bark. An examination revealed that the widths of the growth rings were negatively correlated with the density, showing a hyperbolic function. The material examined gave in (D_{12}), in tension and in compression parallel to the grain, in Brinell hardness, values lower than those given in the oriental spruce grown in areas of its natural distribution.

KAYNAKLAR

- BERKEL, A., 1960. *Doğu Lâdininde Brinell Sertlik Denemeleri. İ. Ü. Or. Fak. Der., Seri A, Sayı 1, s. 16-21.*
- BOZKURT, Y., N. ERDİN, 1986. *Bazı Önemli Ağaç Türleri Odununda Asit Miktarının Saptanması. İ. Ü. Or. Fak. Der. A-36/2, s. 75-88.*
- ERASLAN, İ., 1947. *Doğu Lâdini (Picea orientalis Link ve Carr) nin Teknik Vasıfları ve Kullanım Yerleri Hakkında Araştırmalar. Or. Gen. Müd. Yay. Özel sayı 54.*
- FOREST PRODUCTS LABORATORY, 1974. *Wood Handbook Agriculture Handbook No. 72.*
- ISHENGOMA, R. C., L. NAGODA. 1987. *Strenght Properties of Small Clear Wood Specimens of Sitka spruce (Picea sitchensis Carr.). Norsk Institutt For Skogforskning, 40.6.*
- NAGODA, L., 1985. *Strykkeegenskaper hos gran (Picea abies (L.) Karst.) Fra Nord-Norge Malt Pa Trelast i Hele Dimensjoner. Norsk Institutt for Skogforskning, 38. 17.*
- OKSTAD, T., H. KARSTAD, 1985. *Mekaniske Egenskaper Hos Sma, Feilfrie Prover av Granvirke (Picea abies L. Karst.) Fra Nord-Norge, Nors Institutt for Skogforskning, 38. 18.*
- OSTAD, T., 1987. *Mekaniske Egenskaper hos sma Feilfrie Prover av Sitkagranvirke (Picea sitchensis (Bong.) Carr.). Norsk Institutt for Skogforskning, 40. 5.*
- ORMANCILIK ARAŞTIRMA ENSTİTÜSÜ. 1989. *Doğu Lâdini. Or. Ar. Enst. Yayınları el kitabı dizisi 5.*
- SACHSSE, H., 1984. *Einheimische Nutzhölzer. Pareys studentexte 44. Hamburg und Berlin.*
- SCHIMIDT-VOGT, H., 1986. *Die Fichte. Band IIII. Verlag Paul Parey. Hamburg.*