

## DOĞU LÂDİNİ (*Picea orientalis*) DE BRINELL SERTLİK DENEMELERİ

Yazan

Prof. Dr. Adnan BERKEL

(İ. Ü. Orman Fakültesi Orman Mahsüllerini Değerlendirme  
Enstitüsü çalışmalarından)

### GİRİŞ

Ormanlarımızın önemli bir Ağaç türü olan Doğu Lâdini (*Picea orientalis*) de Brinell Sertlik denemelerinin ele alınması, kullanım yerleri geniş ve çeşitli olan bu yerli Ağaç hakkındaki teknolojik bilgilerimizin artırılması amacıyla dayanmaktadır<sup>1</sup>.

Sertlik, Ağaçın çeşitli aletlerle mekanik bir şekilde işlenmesi esnasında mühim olan bir özelliktir. Keza, aşındırıcı kuvvetlere karşı da Sertlik derecesinin tesiri büyüktür. Bu araştırmanın diğer bir maksadı da Doğu Lâdini'ni Sertlik bakımından Avrupa Lâdini (*Picea exelsa*) ile mukayese etmektir.

Yerli Ağaç türlerimizde, fazla sayıda numunelerle ve sistemli bir şekilde Sertlik denemeleri ilk defa olarak bu Ağaçta yapılmış bulunmaktadır.

Biyolojik Ağaç teknolojisi araştırmalarında, aynı zamanda muayyen bir teknolojik özelliğin diğer faktörlerle münasebetini tesbit etmek yolu güdülmekte olduğundan, Doğu Lâdini'nde Brinell Sertlik ile Yıllık halka genişliği ve Özgül ağırlık arasındaki ilgi'de incelenmiştir.

## DOĞU LÂDİNİ (*PICEA ORIENTALIS*) DE BRINELL SERTLİK DENEMELERİ

### A. ARAŞTIRMA MATERYALİ

Doğu Lâdini'nde Brinell Sertlik araştırmalarının yapılması için lüzumlu numunelerin elde edilmesi bakımından, Trabzon'un Meryem Ana Ormanlarından orta vâsıfta dört deneme ağacı alınmıştır. Bu ağaçların seçilmesinde ekstrem hallerden

<sup>1</sup> Doğu Lâdini (*Picea orientalis*) in diğer teknolojik özellikleri ve kullanım yerleri hakkında etraflı bilgi İ. Erastan'ın "Doğu Lâdini (*Picea orientalis* Link ve Carr) in teknik vasıfları ve kullanma yerleri hakkında araştırmalar, 1947" adlı eserinde mevcuttur.

kaçınılmış ve her bakımdan normal vasıflı gövdelerin alınmasına dikkat edilmiştir. Deneme ağaçları ormanda dikili vaziyette iken, Kuzey yönler bir Grif yardımı ile, kabuk üzerinde belirtilmiş ve kesimi müteakip her Ağaç gövdesinde, Kaideden uca doğru muayyen yüksekliklerden 10 Sm. kalınlığında tekerlekler elde edilerek, bu tekerlekler üzerine Ağaç numarası, Tekerlek numarası, ve gövdeden alındığı yükseklik yazılmış ve Kuzey Yönü işaretlenmiştir.

Araştırma materyalinin Ormandan Enstitüye naklinden sonra laboratuvarında, deneme Ağaçlarından alınan tekerleklerden her birisi ortasından iki eşit kısma bölünerek 5 Sm kalınlığında iki tekerlek elde edilmiştir. Her iki tekerlek üzerinde, Özden geçmek ve Kuzey, Güney, Doğu ve Batı Yönlerinde uzanmak üzere şerit halinde numuneler kesilmiştir. Bu numune şeritleri uzun müddet havadar bir şekilde istif edilerek kurumaya terk edilmiş ve hava hurusu haline gelmelerini müteakip, tekerleğin birinci yarısından elde edilen ve dört muhtelif yönden kesilmiş olan numuneler üzerinde, enine kesitlerden tesir ettirmek üzere liflere paralel yönde Brinell Sertlik denemeleri, tekerleğin ikinci yarısından ve yine dört muhtelif yönden çıkartılan şerit halindeki numuneler üzerinde ise, radial kesitten tesir ettirmek üzere, liflere dik yönde sertlik denemeleri yapılmıştır.

### B. ARAŞTIRMA METODU

Sertlik, bir cismin içerisine girmeğe çalışan diğer yabancı bir cismin nüfuzuna karşı koyma şeklinde tarif edilmektedir.

Ağaçlarda Sertlik denemeleri için çeşitli metodlar mevcuttur<sup>1</sup>.

Bu muntelif metodlardan pratikte en fazla yer almış olan G. Janka ve J. A. Brinell — E. Mörath metodlarıdır.

Janka metodu daha ziyade Birleşik Amerika Devletlerinde, Kanada ve İngilterede Ağaç teknolojisi araştırmalarında kullanılmakta olup, bu metod da çapı 11,284 mm olan çelik bir küre, enine kesiti iyice düzletilmiş olan bir ağaç numunesi içerisine, liflere paralel yönde olmak üzere ve tam yarısı odun içerisine gömülünceye kadar tazyik edilmekte ve yapılan basınç miktarı okunmaktadır. Çelik Kürenin Ağaç içerisinden meydana getirdiği çukurun yüzeyi 1 Sm<sup>2</sup> olduğundan, tesbit edilen basınç miktarı Kg/sm<sup>2</sup> olarak Sertlik kıymetini vermektedir.

Çapı büyükçe olan çelik kürenin derin olarak (yarı çapına kadar) odun içerisine girmesi esnasında meydana gelen surtücü kuvvetlerin tesiri ve basınç esnasında ağaçta görülen yarıma tesiri gibi Janka metoduna karşı ileri sürülen mahzurlar üzerine E. Mörath,<sup>2</sup> esasen sanıbi tarafından 1900 yılında 25 Ağaç türüne tatbik edilmiş olan ve asien madenler için düşünülmüş bulunan Brinell Sertlik tayıni metodunu 153 muntelif Ağaç türünde kullanmış ve 10 mm çapında olan çelik küreyi normal Ağaçlarda 50 Kg, çok sert Ağaçlarda 100 Kg, çok yumuşak Ağaçlarda 10 Kg. lık bir basınçla numune içerisine tazyik etmiştir. Bu metodda en yüksek

<sup>1</sup> Ağaç malzemedeki Sertlik deneme metodlarından bazıları çelik bir iğne, bazıları çelik bir küre, diğer bazıları ise çelik bir silindir kullanılmaktadırlar. Bugüne kadar Ağaçlarda Sertlik tecrübeleri için M. Büsgen (1904), G. Janka (1906), R. Baumann 1922, M. V. Schwarz — K. Bues (1929), J. A. Brinell — E. Mörath (1932), E. Gaber (1935), Pevzoff (1935), Hoeffgen (1937/38), Chalais — Meudon (1942), Mayer — Wegelin (1950) tarafından olmak üzere muhtelif metodlar ileri sürülmüştür.

<sup>2</sup> Mörath, E.: Studien über die hygroskopischen Eigenschaften und die Haerte der Hölzer. Hannover, 1932.

basınca, gittikçe arttırılmak suretile 15 saniyede ulaşılmakta, bu basınç 30 saniye tesir ettirilmekte ve tekrar 15 saniye zarfında tedricen sıfıra indirilmektedir.

Doğu Lâdininde yapılan Sertlik denemelerinde Brinell - Mörath metodu kullanılmış, yukarıda zikredildiği gibi orta Sertlikteki Ağaçlar için tavsiye olunan 50 Kg.lık basınç tatbik edilmiştir.

Yukarıda tarif edildiği veçhile, Deneme Ağaçlarından alınmış olan tekerleklerin birinci yarısında, dört muhtelif yönden elde edilmiş olan ve yüzeyleri iyice düzeltilmiş bulunan şerit şeklindeki nümunelerin enine kesitlerinden, muayyen aralıklarla, liflere paralel yönde, çelik küre ile basınç yapılmış, tekerleğin ikinci yarısından aynı şekilde elde olunan nümunelerde ise, radial kesitlerden liflere dik yönde denemelerde bulunulmuştur. Çelik Kürenin ağaç nümuneleri içerisinde açtığı çukurların sınırlarının keskin olmasını ve çaplarının sıhhatli bir şekilde ölçülebilmesini temin için, makinede basınç esnasında çelik küre ile nümune arasına bir karbon kâğıdı konmuş ve böylece meydana gelen çukur sathının siyah renk alması sağlanmıştır.

Brinell Sertlik kıymetlerinin tâyininde aşağıdaki formülden faydalanılmıştır :

$$H_B = \frac{2P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})} = \text{Kg/mm}^2$$

$$H_B = \text{Brinell Sertlik}$$

$$P = \text{Basınç miktarı} = (50 \text{ Kg}).$$

$$D = \text{Brinell Çelik Küresi çapı} (10 \text{ mm}).$$

$$d = \text{Kürenin Ağaç nümunedeki açtığı çukur çapı}.$$

Formülde (d) harfile gösterilen, Kürenin basınç tesirile nümunedeki açtığı çukur çapı, milimetrenin onda birine kadar sıhhatli okuyabilecek taksimatı havi Brinell Büyültücü yardımı ile okunmuştur.

Denemelerde nümunelerin havi olduğu rutubet derecesi Sertlik üzerine tesir ettiğinden, su miktarları kurutma metodu ile tesbit edilmiş ve % 10,0 — % 10,6 arasında bulunduğu görülmüştür. Bu rutubet derecesinde her nümune için hesaplanan Sertlik kıymetlerinin % 12 rutubet derecesindeki Brinell Sertlik kıymetlerine tahvili, Birleşik Amerika Orman Mahsulleri Lâboratuvarı (US Forest Products Laboratory) nin, higroskopik sınırlar içerisinde cari olmak üzere, tecrübelerle tesbit ettiği, rutubetin % 1 artması ile liflere paralel yönde Sertlik miktarının % 4, liflere dik yönde Sertlik miktarının ise % 2,5 azalması esasına dayanılarak yapılmıştır.

### C. HAVA KURUSU HALİNDE, LİFLERE PARALEL VE DİK YÖNLEŞTE BRİNELL SERTLİK DERECELERİ VE VARYASYONLARI

Doğu Lâdininde liflere paralel yönde sertlik denemeleri için 385 ve liflere dik yönde sertlik tâyini için ise 374 nümunedeki ölçmeler yapılmış ve yukarıda açıklanan araştırma metodunda gösterilen esaslar dahilinde her nümune için Sertlik kıymetleri hesaplanmış ve % 12 rutubet derecesinde hava kurusu Brinell Sertlik değerleri bulunmuştur. Bu kıymetlere göre, araştırmalar neticesinde elde edilen liflere paralel ve dik yönlerde minimal, ortalama ve maksimal Brinell Sertlik değerleri aşağıda gösterilmiştir :

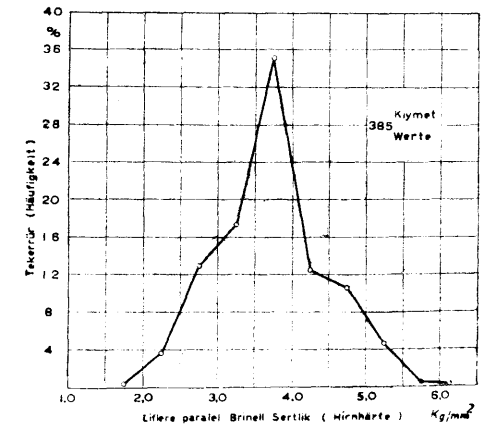
Liflere Paralel Yönde Hava Kurusu Brinell Sertlik		
Kg/mm <sup>2</sup> (U = % 12)		
Minimal	Ortalama	Maksimal
1,77	3,70	6,37

Liflere Dik Yönde Hava Kurusu Brinell Sertlik		
Kg/mm <sup>2</sup> (U = % 12)		
Minimal	Ortalama	Maksimal
0,76	1,41	2,57

Doğu Lâdini (*Picea orientalis*) de denemelerle bulunan liflere paralel yönde ortalama, hava kurusu Sertlik değeri olan 3,70 Kg/mm<sup>2</sup> ve liflere dik yönde, ortalama hava kurusu Sertlik değeri olan 1,41 Kg/mm<sup>2</sup> Kollmann<sup>1</sup> in eserinde Avrupa Lâdini (*Picea exelsa*) için verilen Sertlik kıymetleri ile mukayese edildiği takdirde (*Picea orientalis*) in (*Picea exelsa*) ya nazaran, gerek liflere paralel ve gerekse liflere dik yönde nisbeten daha sert olduğu sonucuna varılmaktadır. Gerçekten (*Picea exelsa*) da liflere paralel yönde ortalama hava kurusu Brinell Sertlik 3,2 Kg/mm<sup>2</sup>, liflere dik yönde, ortalama hava kurusu Brinell Sertlik ise 1,2 Kg/mm<sup>2</sup> dir.

Doğu Lâdininde minimal ve maksimal Sertlik sınırları arasında muhtelif Sertlik derecelerinin dağılışı ve iştirâk oranlarını tesbit etmek maksadıyla, hava kurusu halinde Brinell Sertlik varyasyon eğrisi çizilmiştir. Bu grafiğin çizilmesinde liflere paralel yönde Brinell Sertlik için 385, liflere dik yönde Sertlik için 374 nümunedeki denemelerle bulunan kıymetlerden faydalanılmıştır.

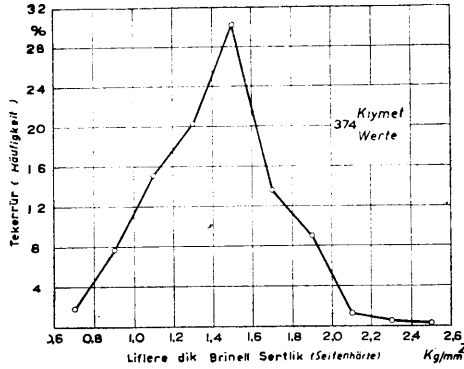
Liflere paralel Brinell Sertlik varyasyon eğrisinin çizilmesinde, evvelâ 0,50 Kg/mm<sup>2</sup> lik hava kurusu Brinell Sertlik sınıfları teşkil edilerek 385 nümune sertlik derecesine göre bu sınıflara dağıtılmıştır. Bundan sonra her sınıfa giren nümune sayısı toplanarak, elde edilen toplam, ayrı, ayrı genel nümune sayısına nisbet edilmek suretile her gurupdaki nümune sayısının genel nümune sayısındaki iştirâk oranı tesbit edilmiştir. Şekil 1 de görüldüğü gibi, Sertlik kıymetleri apsisi eksen ve iştirâk oranları veya tekerlür yüzdeleri ordine eksen üzerinde gösterilmek üzere, her sınıfın genel nümune sayısındaki iştirâk oranları noktalanarak belirtilmiş ve bu noktalar birleştirilerek Varyasyon grafiği elde edilmiştir.



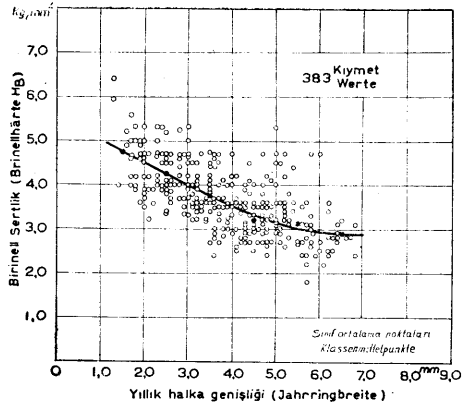
SEKİL 1. Doğu Lâdini (*Picea orientalis*) in liflere paralel yönde Brinell Sertlik varyasyon grafiği.

Abb. 1. Häufigkeitsverteilung der Brinell — Hirnhärte vom orientalischen Fichtenholz (*Picea orientalis*)

<sup>1</sup> Kollmann, E.: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe, 1951.



ŞEKİL 2. Doğu Lâdini (*Picea orientalis*) in liflere dik yönde Brinell Sertlik varyasyon grafiği. Abb. 2. Häufigkeitsverteilung der Brinell — Seitenhärte vom orientalischen Fichtenholz (*Picea orientalis*).



ŞEKİL 3. Doğu Lâdini (*Picea orientalis*) de Brinell Sertlik ile yıllık halka genişliği arasındaki münasebet. Abb. 3. Zusammenhang Zwischen Brinell — Hirnhärte und Jahrringbreite bei der orientalischen Fichte (*Picea orientalis*).

kiymetlere göre Şekil 3 de görülen dağılış ve teşkil edilen yıllık halka genişliği sınıflarına ait ortalama Sertlik kıymetleri yardımı ile çizilen eğri elde edilmiştir. Bu grafikte dar yıllık halkalardan geniş yıllık halkalara doğru gidildikçe Brinell Sertlik kıymetlerinin azaldığı görülmektedir. Böylece, dar yıllık halkalar sert, geniş yıllık halkalar ise yumuşak oduna delâlet etmektedir.

Aşağıda ortalama yıllık halka genişliklerine isabet eden ortalama Brinell Sertlik değerleri gösterilmiş bulunmaktadır.

Bu grafikte en fazla tekerrür eden Brinell Sertlik kıymeti % 37,1 iştirâk oranı ile, 3.75 Kg/mm<sup>2</sup> olup, ortalama kıymet olan 3.70 Kg/mm<sup>2</sup> ye çok yakın bulunmaktadır. Grafik seyri itibarile oldukça simetrik bir durum göstermektedir. Büyük kıymetlere doğru daha tedrici bir alçalma göze çarpmaktadır.

Şekil 2 de görülen, liflere dik yönde, hava kurusu Brinell Sertlik Varyasyon eğrisinin çizilmesinde de aynı esaslara riayet edilmiş ve denemelerle elde edilen 374 kıymet, 0,20 Kg/mm<sup>2</sup> lik Sertlik sınıfları alınmak suretile ait oldukları sınıflara dağıtılmıştır. Her sınıfın genel nümune veya kıymet sayısındaki iştirâk oranlarına göre, liflere dik yönde Brinell Sertlik Varyasyonu elde edilmiştir. Bu grafikte en fazla tekerrür eden kıymet 1,50 Kg/mm<sup>2</sup> olup, iştirâk oranı % 30,2 dir. Genel ortalama kıymet olan 1,41 Kg/mm<sup>2</sup> ye oldukça yakın bulunmaktadır. Grafik seyri bakımından oldukça simetrik olup, en yüksek kıymetlere doğru daha yavaş bir alçalma göstermektedir.

#### D. BRİNELL SERTLİK İLE YILLIK HALKA GENİŞLİĞİ ARASINDAKİ MÜNASEBET

Doğu Lâdininde Yıllık halka genişliği ile hava kurusu, liflere paralel Brinell Sertlik arasındaki ilgiyi tesbit etmek üzere 383 adet nümune Brinell Sertlik ve aynı zamanda ortalama yıllık halka genişliği tesbit edilmiş ve

Ortalama Yıllık halka Genişliği mm	Ortalama Brinell Sertlik Kg/mm <sup>2</sup>
1,5	4,75
2,5	4,23
3,5	3,75
4,5	3,36
5,5	3,15
6,5	2,93

#### E. BRİNELL SERTLİK İLE ÖZGÜL AĞIRLIK ARASINDAKİ MÜNASEBET

Doğu Lâdini (*Picea orientalis*) de Brinell Sertlik ile Özgül ağırlık arasındaki ilgiyi tesbit etmek üzere, muntazam küp halinde 150 adet nümune alınmış ve bu nümuneler evvelâ 100-105 ısı derecesinde tam kuru hale getirildikten sonra, Özgül ağırlıkları tesbit edilmiş ve tam kuru halde, liflere paralel yönde Brinell Sertlik değerleri bulunmuştur. 0,025 g/sm<sup>3</sup> lük Özgül ağırlık sınıfları teşkil edilerek, bulunan Sertlik kıymetleri Özgül ağırlıklarına göre sınıflara dağıtılmış ve her Özgül ağırlık sınıfı için ortalama Brinell Sertlik kıymetleri bulunmuştur. Buna göre, apsis eksenini üzerinde tam kuru halde Brinell Sertlik gösterilmek suretile Şekil 4 de görülen grafik çizilmiştir. Bu grafikte tam kuru Özgül ağırlığın artması ile liflere paralel yönde Brinell Sertlik değerinde oranlı olarak arttığı ve böylece grafiğin düz bir hat halinde seyrettiği görülmektedir.

#### Deneme sonuçlarının özeti

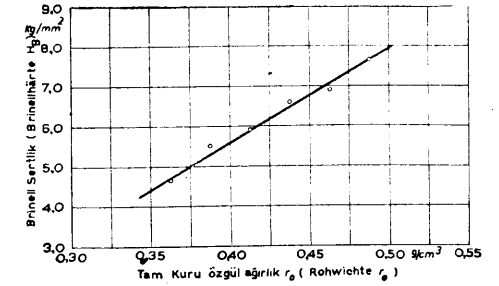
Doğu Lâdini (*Picea orientalis*) de yapılmış olan Brinell Sertlik denemelerinden elde edilen sonuçların özeti aşağıda sırası ile bildirilmiştir :

1 — 385 nümune üzerinde yapılan denemeler neticesinde tesbit edilen, liflere paralel yönde, hava kurusu (yani % 12 rutubette) ortalama Brinell Sertlik 3,70 Kg/mm<sup>2</sup> dir. Maksimal kıymet olarak 6,37 Kg/mm<sup>2</sup> ve minimal kıymet olarak ise 1,77 Kg/mm<sup>2</sup> bulunmuştur.

2 — 374 nümune üzerinde yapılan denemeler sonunda, liflere dik yönde, hava kurusu ortalama Brinell Sertlik kıymeti olarak 1,41 Kg/mm<sup>2</sup> tesbit olunmuştur. Liflere dik yönde maksimal Brinell Sertlik 2,57 Kg/mm<sup>2</sup>, minimal Brinell Sertlik 0,76 Kg/mm<sup>2</sup> dir. Bu yönde en fazla tekerrür eden kıymet 1,50 Kg/mm<sup>2</sup> dir.

3 — Brinell Sertlik ile yıllık halka genişliği arasındaki münasebetin araştırılması neticesinde, dar yıllık halkalardan geniş yıllık halkalara gidildikçe Brinell Sertlik değerinin muntazam bir şekilde azaldığı ve böylece dar yıllık halkaların sert, geniş yıllık halkaların ise yumuşak oduna delâlet ettiği sonucuna varılmıştır.

4 — Brinell Sertlik ile Özgül ağırlık arasındaki münasebet incelenmiş ve tam kuru Özgül ağırlığın artması ile liflere paralel yönde Brinell Sertlik değerinde oranlı olarak arttığı tesbit olunmuştur.



ŞEKİL 4. Doğu Lâdini (*Picea orientalis*) de liflere paralel Brinell sertlik ile tam kuru Özgül Ağırlık arasındaki münasebet. Abb. 4. Zusammenhang zwischen Rohwichte und Brinell — Hirnhärte bei dem orientalischen Fichtenholz

## UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE BRINELL — HÄRTE DES ORIENTALISCHEN FICHTENHOLZES, (*Picea orientalis*).

Von

Prof. Dr. Adnan BERKEL

(Mitteilung aus dem Institut für Forstbenutzung der forstwissenschaftlichen Fakultät Istanbul)

### ZUSAMMENFASSUNG

#### Untersuchungsmaterial

Für die Untersuchungen über die Härte des orientalischen Fichtenholzes, (*Picea orientalis*), wurden vier Probestämme aus dem Forstbezirk Meryem Ana des staatlichen Forstbetriebs Trabzon genommen. Diese Stämme zeigten in jeder Hinsicht mittlere Beschaffenheit und normale Eigenschaften. Nach der Fällung wurden aus jedem Stamm, von bestimmten Höhen, astfreie Stammscheiben von 10 cm Dicke entnommen. Die Scheiben wurden im Institut nochmal in zwei Scheiben von 5 cm Dicke gesägt. Der einen Scheibe wurden in den Nord-, Süd-, Ost- und Westrichtungen Serien von Proben entnommen. Diese Proben wurden zur Bestimmung der Brinell - Hirnhärte verwendet. Der anderen Scheibenhälfte wurden wieder aus den selben vier Richtungen Serien von Proben entnommen, welche zur Bestimmung der Brinell - Seitenhärte verwendet wurden.

#### Untersuchungsmethode

Die Untersuchungen wurden nach der Brinell - Mörath Methode durchgeführt. Es wurden 385 Kugeleindrücke auf der Hirnfläche und 374 Kugel - eindrücke auf der Spiegelfläche durchgeführt. Ausserdem wurden 150 Proben für die Feststellung der Abhängigkeit der Brinell - Hirnhärte von der Rohwichte verwendet. Die Höchstlast (50 Kg) wurde innerhalb 15 sec erreicht, dann 30 sec gehalten und hierauf innerhalb 15 sec wieder abgesenkt. Der Durchmesser der entstandenen Kugelklotte wurde mit der Brinelllupe gemessen. Während der Untersuchung wurde mittels Darrverfahren die Feuchtigkeit der Proben bestimmt, welche zwischen 10 % und 10,6 % schwankte. Die gefundenen Brinell - Härtewerte wurden auf die Brinell - Härte bei 12 % Feuchtigkeit umgerechnet. Nach U. S. Forest Products Laboratory

wurden je 1 % Zunahme der Feuchtigkeit (im hygroskopischen Bereich) mit 4 % Abnahme der Härte parallel zur Faser, 2,5 % Abnahme der Härte senkrecht zur Faser gerechnet.

#### Untersuchungsergebnisse

1 — Auf Grund 385 Kugeleindrücke auf die Hirn- und 374 Kugeleindrücke auf die Radialflächen wurden für das orientalische Fichtenholz (*Picea orientalis*) die folgenden Mittel - und Grenzwerte der Hirn - und Seitenhärte ermittelt:

Brinell — Hirnhärte $H_B$		
(bei 12 % Feuchtigkeit)		
Minimal Kg/mm <sup>2</sup>	Durchschnittlich Kg/mm <sup>2</sup>	Maximal Kg/mm <sup>2</sup>
1,77	3,70	6,37

Brinell — Seitenhärte $H_B$		
(bei 12 % Feuchtigkeit)		
Minimal Kg/mm <sup>2</sup>	Durchschnittlich Kg/mm <sup>2</sup>	Maximal Kg/mm <sup>2</sup>
0,76	1,41	2,57

Es ergaben sich im Bild 1 und 2 gezeigten Häufigkeitskurven, welche einen ziemlich symetrischen Verlauf haben.

2 — Es wurden weiter Untersuchungen über die Abhängigkeit der Brinell - Hirnhärte von der Jahrringbreite durchgeführt. Auf Grund 383 Werte die im Bild 3 ersichtlichen Kurve gezeichnet. Nach dieser Kurve nimmt die Brinell - Hirnhärte mit zunehmender Jahrringbreite ab.

Im Mittel einzelner Stufen von Jahrringbreitenklassen errechnete sich folgender Zusammenhang zwischen Jahrringbreite und Hirnhärte:

Mittlere Jahrringbreite mm	Mittlere Brinell - Hirnhärte Kg/mm <sup>2</sup>
1,5	4,75
2,5	4,23
3,5	3,75
4,5	3,36
5,5	3,15
6,5	2,92

— Wie im Bild 4 zu ersehen ist, auf Grund 150 Kugeleindrücke im Darrzustand eine lineare Abhängigkeit der Hirnhärte von der Rohwichte festgestellt.