

COMPARISON OF SOME TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF (5 LAYERS) WOOD LAMINATIONS CENTERED WITH POPLAR

Hakan KESKİN

Gazi Üniversitesi, Endüstriyel Sanatlar Eğitimi Fakültesi, End. Teknoloji Eğt. Bölümü, Endüstriyel
Malzeme Anabilim Dalı, Ankara/TÜRKİYE, e-mail: khakan@gazi.edu.tr

Musa ATAR

Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitimi Fakültesi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü, Mobilya Anabilim
Dalı, Ankara/TÜRKİYE

ABSTRACT

This study was conducted to determine some technological properties of the laminated wood materials; beech (*Fagus orientalis* Lipsky), oak (*Quercus petraea* Liebl.), maple (*Acer platanoides* L.), elm (*Ulmus glabra* Hud.), walnut (*Juglans nigra* L.) and ash wood (*Fraxinus excelsior* Lipsky), made up with the poplar wood (*Populus nigra* Lipsky) which was used in the middle layer of the lamination forms. For this aim, the laminated wood materials were prepared in the form of five layers from beech, oak, maple, elm, walnut, ash and poplar woods, glued by Desmodur-VTKA adhesive. Thereafter each sample was tested for observation of density (TS 2472), bending strengths (TS 2474), modulus of elasticity in bending (TS 2478), compression strengths (TS 2595), bursting (ASTM D 143). According to the experimental findings, it has been found that the highest density value in ash-poplar combination ($0,552\text{g cm}^{-3}$) and the lowest in walnut-poplar combination ($0,498\text{g cm}^{-3}$), the highest bending strength in ash-poplar combination ($97,77\text{N mm}^{-2}$) and lowest in walnut-poplar combination ($86,63\text{N mm}^{-2}$), the highest the modulus of elasticity and compression strength on beech-poplar combination; modulus of elasticity $9157,47\text{N mm}^{-2}$, compression strength ($61,64\text{N mm}^{-2}$) and lowest values on walnut-poplar combination; modulus of elasticity $8281,19\text{N mm}^{-2}$, compression strength $50,10\text{N mm}^{-2}$, the highest bursting strength in beech-poplar combination ($0,586\text{N mm}^{-2}$) and the lowest value in walnut-poplar ($0,481\text{N mm}^{-2}$). Accordingly, the technological properties of walnut-poplar combination were found to be lower than other combinations. As the highest values were observed in beech-poplar and ash-poplar combinations beech-poplar and ash-poplar laminations could be suggested for usage that requires the higher properties

Key Words: Technological properties, lamination, wood materials, D-VTKA adhesive

ORTA KATMANLARDA KAVAK KULLANILMIŞ (5 Katlı) FARKLI AĞAÇ MALZEME LAMİNASYONLARININ BAZI TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

ÖZET

Bu çalışma, orta katmanlarında kavak (*Populus nigra* L.) kullanılmış kayın (*Fagus orientalis* L.), meşe (*Quercus petraea* Liebl.), akçaağaç (*Acer platanoides* L.), karaağaç (*Ulmus glabra* Hud.), ceviz (*Juglans nigra* L.) ve dişbudak (*Fraxinus excelsior* L.) laminasyon düzenlemelerinin bazı teknolojik özelliklerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla kavak, kayın, meşe, akçaağaç, karaağaç, ceviz ve dişbudak kaplamalarından Desmodur-VTKA ile 5 katmanlı olarak hazırlanan lamine ağaç malzemelerde TS 2472, TS 2474, TS 2478, TS 2595, ASTM D 143 esaslarına göre, hava kuruşu yoğunluk, eğilme direnci, eğilmede elastiklik modülü, basınç ve yarıma direnci değerleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; hava kuruşu yoğunluk en yüksek dişbudakta ($0,552\text{ g/cm}^3$), en düşük cevizde ($0,498\text{ g/cm}^3$), eğilme direnci en yüksek dişbudakta ($97,77\text{ N/mm}^2$), en düşük cevizde ($86,63\text{ N/mm}^2$), eğilmede elastikiyet modülü en yüksek kayında ($9157,47\text{ N/mm}^2$),

en düşük cevizde (8281,19 N/mm²), basınç direnci en yüksek kayında (61,64 N/mm²), en düşük cevizde (50,10 N/mm²), yarılma direnci en yüksek kayında (0,586 N/mm²), en düşük cevizde (0,481 N/mm²) gerçekleşmiştir. Buna göre ceviz-kavak kombinasyonu teknolojik özellikler bakımından diğerlerinden daha düşük bulunmuştur. En yüksek değerler kayın-kavak ve dişbudak-kavak kombinasyonlarında elde edildiği için teknolojik özelliklerin yüksek olması istenen kullanım alanlarında kayın-kavak ve dişbudak-kayın laminasyonlarının kullanılması önerilebilir

Anahtar Kelimeler : Teknolojik özellikler, laminasyon, ağaç malzeme, D-VTKA tutkalı

1. GİRİŞ

Ağaçları endüstrisinde her geçen gün daha yaygın kullanım alanı bulan lamine ağaç malzeme, TS EN 386'ya (1) göre; ahşap kaplamaların özellikle lifleri birbirine paralel olarak yapıştırılmasıyla elde edilen yapı elemanı olarak tanımlanmaktadır. Lamine elemanı oluşturan katlar arasındaki rutubet farkı TS EN 386 ve DIN 68140'a (2) göre % 4'ü aşmamalıdır. Aksi halde, farklı çalışma şartları sonucu oluşan gerilmeler liflere dik yöndeki çekme direncini aşarak çatlamalara sebep olabilir.

Lamine masif ağaç malzemelerde biçim değişmelerinin oluşmaması için lamine katların düzenlenmesinde, yıllık halkaların konumuna dikkat etmek gerekmektedir. Bunun sebebi ağaç malzemenin yıllık halkalara teğet ve radyal yönlere farklı çalışmasıdır. Bilindiği gibi, ağaç türlerine göre daralma miktarları, yıllık halkalara teğet yönde % 3,5-15, radyal yönde % 2,4-11, liflere paralel yönde % 0,1-0,9 arasında değişir (3).

Laminasyon işleminde kullanılan odunun yapısı, yüzey pürüzlülüğü, pres basıncı, presleme süresi ve kullanılan tutkalın teknik özellikleri odunun yapışma mukavemeti üzerine etkili olmaktadır. Farklı ağaç türlerinin aynı anda preslenmesi halinde pres basıncı yumuşak oduna göre belirlenir. Dilik (4) tarafından yapılan araştırma sonuçlarına göre, pres basınçlarının yumuşak ağaçlarda 0,6-1 N/mm², sert ağaçlarda ise 0,2-1,6 N/mm² arasında olması gerektiğini göstermiştir.

Düzgün yüzeyli parçaların yapıştırılmasında yeterli basınç uygulandığında, tutkalın bir yüzeyden diğer yüzeye transferi yeknesak olmakta ve yapışma direnci en iyi sonuç vermektedir. Kusursuz yüzeylerin birleştirilmesinde 0,7 N/mm² basınç uygulandığında, yapışma direnci en yüksek değere ulaşmaktadır (5).

2 ve 4 mm kalınlığındaki Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) kaplamalarından Poliüretan tutkalı ile lamine edilen ağaç malzemelerin direnç değerlerinin, PVAc tutkalı ile lamine edilenlerden daha yüksek olduğunu bildirmiştir (6).

5 mm kalınlığındaki sedir (*Cedrus libani* A. Rich), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), kayın (*Fagus orientalis* L.) ve meşe (*Quercus petraea* L.) kaplamalarından, PVAc-D4 tutkalı ile 4 katmanlı olarak lamine edilmiş ağaç malzemelerin teknolojik özelliklerinin, bu ağaç türlerini temsil eden masif ağaç malzemelere göre daha üstün oldukları belirlenmiştir (7).

4 mm kalınlığındaki karaçam (*Pinus nigra* var. P.) kaplamalardan, Ure-formaldehid (*Poliüre-8755*) tutkalı ile 5 katmanlı olarak lamine edilmiş karaçam ağaç

1. INTRODUCTION

The laminated wood material can be defined as a structural member that was made of wood fabricated from laminations of timber glued parallel to the longitudinal axis (1). The moisture content should be uniform between laminations. According to TS EN 386 and DIN 68140 (2), the moisture content of adjacent laminations should not vary by more than 4 %. This limit is essential to avoid the development of internal stresses.

To prevent dimensional changes during in use, the effects of lay-up geometry, including growth ring orientation and pith location should be considered. Wood's shrinkage values differ in accordance with the direction. The shrinkage values are 3.5-15% in tangential, 2.4-11 % in radial and 0.9-1 % in longitudinal direction (3).

There are some of the import factors, affecting strength of the bonding strength of wood, in the production of laminated wood. The factors include structure of wood, technical properties of adhesive, pres pressure and roughness of surface. According to Dilik (4), the press pressure should be 0.6-1 N mm⁻² softwoods and 0.2-1.6 Nmm⁻² in hardwoods in the lamination process.

The effects of physical and mechanical properties of wood, pressing time, amount and adhesive properties on the bending strength were proved. The pressure time and amount depend on the type of wood. The pressure method should provide a uniform pressure. When the pressure of press value is selected 0.7 N mm⁻², bonding strength can reach the best outcome (5).

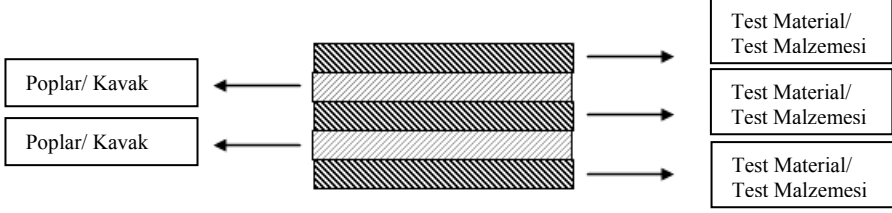
Strength values of the beech wood (*Fagus orientalis* Lipsky) materials laminated with Polyurethane adhesive, thickness of veneer 2 and 4 mm, have more superior values than the beech wood materials laminated with PVA (Polyvinyl asetat) (6).

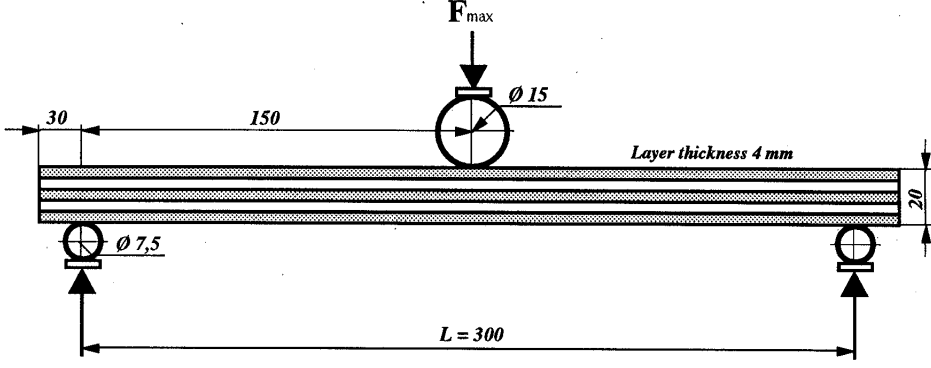
Technological properties of the cedar wood (*Cedrus libani* A. Rich), Scots pine wood (*Pinus sylvestris* Lipsky), beech wood (*Fagus orientalis* Lipsky) and oak wood (*Quercus petraea* Liebl.) laminated with PVAc-D₄ adhesive as four layers have more superior values than the solid wood materials which were representing their kinds (7).

Wood materials of the black pine wood (*Pinus nigra* var. Pallasiana) veneer (thickness is 4 mm), laminated with Urea-formaldehyde (*Polyüre-8755*) adhesive as five layers. It can be used as the furniture and building materials (8).

Laminated Veneer Lumber (LVL) has more superior

<p>malzemelerin mobilyaların mukavemet gerektiren iskelet elemanlarında ve yapı elemanı olarak kullanılması önerilmiştir (8).</p> <p>Masif ağaç malzemeye göre estetik, ekonomik ve teknik özellikleri bakımından daha üstün olan lamine ağaç malzemelerin LVL mobilya üretiminde özellikle dolap, masa, sandalye, raf ve döşemeli mobilyaların mukavemet gerektiren iskelet elemanlarında tercih edilmesi gerektiği bildirilmiştir (9). Ayrıca bu malzemeler, yapı elemanı olarak kolon ve kirişlerde kullanılmaktadır (10).</p> <p>4 mm kalınlığındaki Doğu kayını (<i>Fagus orientalis</i> L.) ve kavak (<i>Populus nigra</i> Lipsky) kaplamalardan, PVAc-D₄ tipi tutkal ile beş katmanlı (3 kat kayın, 2 kat kavak) olarak hazırlanan lamine masif ağaç malzemelerin hava kurusu yoğunluğu 0.571 g/cm³, eğilme direnci 98.66 N/mm², elastiklik modülü 9020.24N/mm², basınç direnci 54.49 N/mm², makaslama direnci 9.11 N/mm², yarıлма direnci 0.540 N/mm² olarak bulunmuş ve bu sonuçlara göre; kayın ve kavak kombinasyonu ile üretilmiş lamine ağaç malzemelerin mobilya malzemesi olarak kullanılması önerilmiştir (11).</p> <p>Bu çalışma ile orta katmanlarında kavak kullanılması koşulu ile, 4 mm kalınlığındaki kayın, meşe, akçaağaç, karaağaç, ceviz ve dişbudak kaplamalarından Desmodur-VTKA tutkalı ile 5 katmanlı oluşturulan lamine ağaç malzemelerin bazı teknolojik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçların teknolojik uygulamalara ne gibi yansımalarının olabileceği tartışılmış ve bazı kullanım alanları için önerilerde bulunulmuştur.</p>	<p>values, technological properties, more aesthetic and more economic than solid woods. It can be used production of furniture, cupboard, desk, chair, table etc. (9). As well, it can be used building materials, column and beams (10).</p> <p>Laminated Beech-poplar combination wood materials were prepared in the form of five layers, thickness of veneer is 4 mm, from beech (<i>Fagus orientalis</i> Lipsky) and poplar wood (<i>Populus nigra</i> L.) glued by PVAc-D₄ (Polyvinylasetate) adhesive. Consequently, the air-dry density of 0.571g cm⁻³, bending strength of 98.66 N mm⁻², modulus of the elasticity of 9020.24N mm⁻², compression strength of 54.49 N mm⁻², shear strength of 9.11 N mm⁻² were found. Accordingly, laminated beech-poplar wood combination could be proposed to use as furniture materials (11).</p> <p>This study was conducted to determine the effects of poplar (<i>Populus nigra</i> L.) usage in the middle layer on some technological properties of various lamination forms by beech (<i>Fagus orientalis</i> Lipsky), oak (<i>Quercus petraea</i> Liebl.), maple (<i>Acer platanoides</i> Lipsky), elm (<i>Ulmus glabra</i> Hud.), walnut (<i>Juglans nigra</i> L.) and ash (<i>Fraxinus excelsior</i> Lipsky). For this aim, the lamination was designed in the five layers, glued by Desmodur-VTKA adhesive. As well, it was aimed to ascertain and determine the best of using places by some of the technological properties of laminated wood materials.</p>
<p>2. MATERYAL VE METOD</p> <p>2.1.1. Ağaç Malzeme</p> <p>Ülkemiz ağaççşleri endüstrisinde yaygın olarak kullanılması nedeniyle kavak (<i>Populus nigra</i> L.), Doğu kayını (<i>Fagus orientalis</i> L.), meşe (<i>Quercus petraea</i> Liebl.), akçaağaç (<i>Acer platanoides</i> L.), karaağaç (<i>Ulmus glabra</i> Hud.), ceviz (<i>Juglans nigra</i> L.) ve dişbudak (<i>Fraxinus excelsior</i> L.) odunları deney materyali olarak seçilmiştir. Ağaç malzemeler, Ankara'daki kereste işletmelerinden tamamen tesadüfi metotla temin edilmiş ve seçiminde kerestenin kusursuz olmasına, liflerinin düzgün, ardaksız, reaksiyon odunu bulunmayan, mantar ve böcek zararlarına uğramamış olmasına özen gösterilmiştir.</p> <p>Masif ağaç malzemelerden 70x780 mm ölçülerinde kesilen 4 mm kalınlıktaki kaplamalar istiflendikten sonra, iklimlendirme odasında 20 ±2 °C sıcaklık ve % 65 ±5 bağıl nem şartlarında % 12 rutubete ulaşınca kadar bekletilmişlerdir.</p> <p>2.1.2. Tutkal</p> <p>Araştırmada, yapıştırıcı olarak Desmodur-VTKA (Polisan) tipi tutkalı kullanılmıştır. Desmodur-VTKA tutkalı çözücü içermeyen, tek komponentli poliüretan esaslı ve nem küremeli bir yapıştırıcıdır. Kullanılan tutkal, suya, rutubete ve soğuğa karşı dayanıklı olup, yoğunluğu 20 °C 1,11±0,02 g/cm³, 25 °C de viskozitesi 3300-4000 cps, pH derecesi 7, kullanım miktarı 150-200 g/m², uygulama şekli fırça yada silindri sürme makinesi,</p>	<p>2. MATERIALS AND METHODS</p> <p>2.1.1. Wood Material</p> <p>The lumber species were poplar (<i>Populus nigra</i> L.), beech (<i>Fagus orientalis</i> L.), oak (<i>Quercus petraea</i> Liebl.), maple (<i>Acer platanoides</i> L.), elm (<i>Ulmus glabra</i> Hud.), walnut (<i>Juglans nigra</i> L.) and ash (<i>Fraxinus excelsior</i> L.) that are being used widely in the forest products industry in TURKEY. The Lumbers were chosen randomly from timber merchants of Ankara - TURKEY. Special emphasis is given for the selection of the wood material Accordingly, non-deficient, proper, knotless, normally grown (without zone line, without reaction wood and without decay, insect mushroom damages) wood materials are selected.</p> <p>The dimensions of each veneer were 4x70x780 mm. They were conditioned in relative humidity of 65±5 % and 20±2 C⁰ temperature until they reached the equilibrium moisture content of 12 %.</p> <p>2.1.2. Adhesive</p> <p>This study, Desmodur-VTKA (Polisan) adhesive was used. it is also preferable for the assembly process in the furniture industry. It has one component, solvent free, polyurethane based adhesive. This adhesive is specially recommended for application in location subject to high-level humidity and it is foaming after the application. Technical properties of the adhesives; density is 1.1±0,02 g cm⁻³ 20 C⁰, viscosity is 3300-4000 cps 25 C⁰, pH is 7,</p>

<p>sertleşme süresi 20 °C sıcaklık ve %65 bağıl nemde 30 dakikadır. Yapıştırılacak yüzeyler temiz, tozsuz ve yağsız olmalı ve tutkalin sertleşme hızını arttırmak için kuru yüzeyler hafifçe nemlendirildikten sonra tutkal doğrudan doğruya emiciliği yüksek alana sürülmelidir (12).</p> <p>2.1.3. Deney örneklerinin hazırlanması</p> <p>Laminasyon işlemi, TS EN 386 esaslarına uyularak, hava kuru haldeki 4 mm kalınlığındaki kaplamalardan 20x70x780 mm boyutlarında ve ara katmanlarda kavak kullanılarak 5 katmanlı olarak üretilmiş olup örneğe ait kesit Şekil 1'de gösterilmiştir.</p>	<p>time of solidify 20 C° and 65 % relative humidity, it solidifies in 30 minutes, amount of adhesive applied to the surface 150-200 g m⁻². The bonding surfaces should be without oil and dust (12).</p> <p>2.1.3. Preparation of test samples</p> <p>Laminated samples were produced from air-dry veneers (thickness 4 mm) according to TS EN 386. The beech, oak, maple, elm, walnut and ash veneers were laminated with poplar veneer. The samples consisted of 5 layers and the overall dimensions of the samples were 780x70x20 mm (Figure 1).</p>
	
<p>Figure 1. Test sample (layer thickness is 4 mm) Şekil 1. Deney örneği (her bir lamel kalınlığı 4 mm dir.)</p>	
<p>Üretici firma önerileri dikkate alınarak tutkal çözeltisi, yüzeylerden sadece birisine fırça ile ve yaklaşık 180 gr/m² hesabıyla sürülmüştür. Tutkal çözeltisinin başlangıçtaki ağırlığı ile tutkallama işleminden sonraki ağırlığı tartılmış ve kullanılan tutkal miktarı (fırçada kalan miktar hesaba katılarak) tutkallanan toplam yüzeye bölünmüştür.</p> <p>Yapıştırma işleminde; yüzeyler tutkallanıp 5 dakika bekletildikten sonra 0,9 N/mm² pres basıncı ile 20 °C pres sıcaklığı altında 30 dakika preslenmiştir. Laminasyon işlemi, sıcak ve soğuk preslemeye uygun basınç göstergeli hidrolik kaplama presinde yapılmıştır. 20x70x780 mm ölçülerinde hazırlanmış lamine ağaç malzemelerin bir kenarları planya edildikten sonra yüksek devirli daire testere makinesinde ve standartlarda belirtilen ölçülerde toplam 360 adet deney örneği hazırlanmıştır.</p> <p>2.1.4. Deney metodu</p> <p>Hava kuru yoğunluk tayininde TS 2472 (13) esaslarına uyulmuştur. Buna göre; 20x30x30 mm ölçülerinde hazırlanan örnekler 20 ±2 °C sıcaklık ve % 65 ±5 bağıl nem şartlarında iklim odasında değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar bekletilmiştir. Bu durumda örneklerin elektronik terazide ağırlıkları, mikrometreli kumpasla boyutları belirlendikten sonra hacimleri hesaplanarak, hava kuru yoğunluklar (δ_{12});</p>	<p>The Adhesive spreading rate was approximately 180 g m⁻². The glue was spread to one surface only using a brush.</p> <p>The spreading rate was calculated by weighing each veneer before and after gluing. The glue line pressure ranged 0.9 N.mm⁻². Pres temperature was 20 C° and pres time was 30 minutes. Lamination process was done with hydraulic veneer press machine, appropriate process of hot and cold press. The test samples, dimensions of 20x70x780 mm were prepared the numbers of 360, according to TS and ASTM standards.</p> <p>2.1.4. Test methods</p> <p>Air-dry density was determined in accordance with TS 2472 (13). The test samples were prepared dimensions of 20x20x30 mm. They were conditioned in relative humidity of 65±5% and 20±2 C° temperature until they reached the equilibrium moisture content of 12 %. After, they were weighed by digital sensitive weighing and determined dimensions of them by digital sensitive by compass. Air-dry density values of the samples were calculated by the following equations.</p>
$\delta_{12} = \frac{M_{12}}{V_{12}} g / cm^3 \quad [1]$	
<p>eşitliğinden hesaplanmıştır.</p> <p>Eğilme direnci ve elastiklik modülü belirlenmesinde kullanılan örnekler TS EN 326 (14)'e göre hazırlanmıştır. TS 2474 (15)'e göre eğilme direnci, TS 2478 (16)'e göre eğilmede elastiklik modülü denemeleri yürütülmüştür</p>	<p>The test samples of bending strength and elasticity modulus in bending were prepared according to TS EN 326 standard (14). The experiments were done bending strength according to TS 2474 standard (15), modulus of elasticity in bending according to TS 2478 (16) standard (Figure 2). The test samples were prepared 20x20x360</p>

(Şekil 2). Bu standartlar dikkate alınarak her iki deney grubu için örnekler 20x20x360 mm boyutlarında hazırlanmıştır.	mm dimensions for each two them.
	
<p>Figure 2. Bending strength and modulus of elasticity in bending test Şekil 2. Eğilme direnci ve eğilmeye elastiklik modülü deney düzeneği</p>	
<p>Deneyler bilgisayar kontrollü 1000 kp kapasiteli Üniversal Test Makinesinde yapılmıştır. Kırılma anındaki maksimum kuvvet (F_{max}) için eğilme direnci (σ_e);</p>	<p>Tests were conducted using a computer controlled universal testing machine, 1000 kp capacity. Bending strength values of the samples were calculated by the following equations.</p>
$\sigma_e = \frac{3F_{max} \cdot L}{2bh^2} \quad (\text{N/mm}^2) \quad [2]$	
<p>eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada, L; dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm), b; örneğin genişliği (mm), h; örneğin kalınlığı (mm) dir.</p> <p>Elastiklik modülünün belirlenmesinde eğilme direncinde kullanılan deney örnekleri kullanılmıştır. Elastik deformasyon bölgesinde uygulanan kuvvet farkı (ΔF) için örnekteki eğilme miktarları farkı (Δf) yardımı ile elastiklik modülü (E),</p>	<p>Where, L is openness between two supports on the mechanism (mm), b is the sample wideness (mm), h is the sample thickness (mm).</p> <p>Bending test samples were used to determine values of electricity modulus in bending. Modulus of elasticity tests was conducted using a computer controlled universal testing machine. Modulus of elasticity values was calculated by the following equations.</p>
$E = \frac{\Delta F \cdot L^3}{4 \cdot b \cdot h^3 \cdot \Delta f} \quad (\text{N/mm}^2) \quad [3]$	
<p>eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada, ΔF; elastik deformasyon bölgesinde yüklemenin alt ve üst limitlerinin aritmetik ortalamaları arasındaki farka eşit kuvvet (N), L; dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm), Δf; net eğilme alanındaki sehim, yüklemenin alt ve üst limitlerinde ölçülen sehimlere ait sonuçların aritmetik ortalamaları arasındaki fark (mm), b; deney parçasının en kesit genişliği (mm), h; en kesit kalınlığı (mm) dir.</p> <p>Liflere ve tutkal hattına paralel basınç direnci deneylerinde TS 2595 (17) esaslarına uyulmuştur. Bu maksatla, 20x20x30 mm boyutlarında 72 adet deney örneği hazırlanmıştır. Deneylerden önce, kuvvetin uygulandığı enine kesit alanı (A) ölçülüp kırılma anındaki maksimum kuvvet (F_{max}) belirlenerek basınç dirençleri (σ_b);</p>	<p>Where, ΔF is the applied force per unit area (N), L; is openness between two supports on the mechanism (mm), Δf is strain, the amount the material yields (elongation per unit length) (mm), b is the sample wideness (mm) and h is the sample thickness (mm).</p> <p>Parallel to the fiber and glue line compression strength tests were conducted according to TS 2595 (17). For this purpose, test samples were prepared dimensions 20x20x30 mm and numbers 72 test samples. Compression strength test was conducted universal testing machine, capacity of 4000 kp. Compression strength values were calculated by the following equations.</p>

$\sigma_b = \frac{F_{\max}}{A} \text{ (N mm}^{-2}\text{)} \quad [4]$	
<p>eşitliğinden hesaplanmıştır.</p> <p>Liflere ve tutkal hattına dik yarılmaya deneyi ASTM D 143 (18) esaslarına göre yapılmıştır (Şekil 3).</p>	<p>Where, F_{\max} is maximum load, A is the samples wideness and thickness.</p> <p>Perpendicular to the fiber and glue line bursting strength tests were conducted according to ASTM D 143 (18), (Figüre 3).</p>
<p>Figure 3. Bursting strength test sample (size is mm) Şekil 3. Yarılmaya direnci deney örneği (ölçüler mm)</p>	
<p>Denemeler bilgisayar kontrollü 1000 kp kapasiteli Üniversal Test Makinesinde yapılmıştır. Kopma anında makine kadrından okunan maksimum kuvvet (F_{\max}) için çekme yarılmaya direnci (σ_c);</p>	<p>Bursting strength test was conducted universal testing machine, capacity of 1000 kp. The test values were calculated by the following equations.</p>
$\sigma_c = \frac{F_{\max}}{h.b} \text{ N/mm}^2 \quad [5]$	
<p>eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada, h; yapışma yüzeyi uzunluğu (mm), b; yapışma yüzeyi genişliği (mm) dir.</p> <p>2.1.5. Verilerin Değerlendirilmesi</p> <p>Lamine ağaç malzemelerin teknolojik özellikleri aralarındaki farkı belirlemek <i>Varyans Analizi</i> kullanılmıştır. Gruplar arasındaki farklılığın önemli çıkması halinde ($\alpha=0,05$) güven düzeyinde <i>Duncan Testi</i> ile karşılaştırılmıştır. Varyans analizi (ANOVA), aritmetik ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerlerin hesaplanmasında SPSS 10.1 for Windows programı kullanılmıştır.</p> <p>3. BULGULAR</p> <p>Orta katmanlarda kara kavak kullanılarak lamine edilmiş kayın, meşe, akçaağaç, karaağaç, ceviz ve dişbudak ağaç malzemelerin bazı teknolojik özelliklerine ait istatistiksel değerler Tablo 1’de ayrıntılı olarak verilmiştir. Tablo 1’e göre lamine edilmiş ağaç malzemelerin teknolojik özellikleri kendi orijinal değerlerinden daha düşük bulunmuştur. Bu durum ara katlarda kullanılan düşük yoğunluktaki kara kavak odunundan kaynaklanmış olabilir.</p>	<p>Where, F_{\max} is maximum load, h is glue surface tallness of the sample (mm), b is glue surface wideness of the sample (mm).</p> <p>2.1.5. Statistical Evaluation</p> <p>The Comparison of some technological properties of laminated beech, oak, maple, elm, walnut and ash wood samples which was centered with poplar, was dependent on the results of analyses using analyses of variance (ANOVA). When the difference between groups were found to be significant, Duncan Test was used to determine the difference between means at prescribed level of $\alpha=0.05$. Statistical values, which are ANOVA, Mean, Deviation of Standard, Varyans, Minimum, Maximum values were calculated by the SPSS 10.1 computer program.</p> <p>3. RESULTS</p> <p>Technological properties of laminated beech, oak, maple, elm, walnut and ash, which were used poplar in the middle layer on them and descriptive statistical values of tested technological properties of samples were given in Table 1. According to Table 1, Technological properties of laminated wood materials have lower values than the solid wood materials, which were representing their kinds. This the low values may result from poplar wood which has lower density value than beech, oak, maple, elm, walnut and ash wood density values.</p>

Table 1. Descriptive statistical values of technological properties
Tablo 1. Lamine ağaç malzemelerde bazı teknolojik özelliklere ait veriler

LAMINATED MATERIALS/ LAMİNE MALZEME	STATISTICAL VALUES/ İSTATİSTİK DEĞERLER	Air-Dry Density $g\ cm^{-3}$ / Hava K. Yoğunluk (g/cm^3)	Bending Strength ($\perp N\ mm^{-2}$) / Eğilme Direnci ($\perp N/mm^2$)	Modulus of Elasticity ($\perp N\ mm^{-2}$) / Elastiklik Modülü ($\perp N/mm^2$)	Compression Strength ($//N\ mm^{-2}$) / Basınç Direnci ($//N/mm^2$)	Bursting Strength ($\perp N\ mm^{-2}$) / Yarılma Direnci ($\perp N/mm^2$)
Beech/ Kayın	<i>x</i>	0,533	95,496	9157,479	61,640	0,586
	<i>Ss</i>	0,013	3,203	271,230	1,470	0,027
	<i>v</i>	0,00017	6,406	542,460	2,940	0,054
	<i>Min.</i>	0,519	90,470	8727,530	59,250	0,514
	<i>Mak.</i>	0,557	99,250	9613,620	63,660	0,620
	<i>N</i>	12	12	12	12	12
Oak / Meşe	<i>x</i>	0,521	91,345	8557,516	53,261	0,521
	<i>Ss</i>	0,017	1,711	352,965	2,144	0,039
	<i>v</i>	0,0340	3,422	705,0320	4,288	0,0780
	<i>Min.</i>	0489	88,490	7999,98	48,590	0,455
	<i>Mak.</i>	0,545	94,250	9193,69	56,680	0,592
	<i>N</i>	12	12	12	12	12
Mapple/ Akçağaç	<i>x</i>	0,518	88,124	8393,945	50,678	0,509
	<i>Ss</i>	0,014	4,222	285,825	0,962	0,032
	<i>v</i>	0,028	8,440	571,600	1,924	0,064
	<i>Min.</i>	0,499	80,540	7909,080	49,200	0,467
	<i>Mak.</i>	0,538	94,050	8893,630	52,370	0,597
	<i>N</i>	12	12	12	12	12
Elm/ Karağaç	<i>x</i>	0,537	90,095	8739,337	54,504	0,524
	<i>Ss</i>	0,015	2,713	246,662	1,715	0,021
	<i>v</i>	0,029	5,426	493,32	3,430	0,042
	<i>Min.</i>	0,519	82,440	8234,570	51,370	0,485
	<i>Mak.</i>	0,563	93,320	9024,290	56,810	0,563
	<i>N</i>	12	12	12	12	12
Walnut/ Ceviz	<i>x</i>	0,498	86,635	8281,192	50,105	0,481
	<i>Ss</i>	0,016	2,726	218,942	1,198	0,030
	<i>v</i>	0,032	5,452	437,88	2,396	0,060
	<i>Min.</i>	0,472	79,950	7864,030	47,670	0,426
	<i>Mak.</i>	0,518	90,270	8634,330	52,340	0,524
	<i>N</i>	12	12	12	12	12
Ash/ Dişbudak	<i>x</i>	0,552	97,775	8909,117	56,3533	0,555
	<i>Ss</i>	0,013	2,463	348,555	2,500	0,022
	<i>v</i>	0,026	4,926	697,1102	5,0000	0,0440
	<i>Min.</i>	0,525	93,830	8420,220	53,210	0,520
	<i>Mak.</i>	0,579	100,590	9422,660	60,620	0,591
	<i>N</i>	12	12	12	12	12

x : Aritmetik Ortalama, *Ss* : Standart Sapma, *v* : Varyans, *Min* : Minimum, *Mak* : Maksimum, *N* : Örnek Sayısı

Kara kavak ile lamine edilmiş ağaç malzemelerde; hava kurusu yoğunluk değeri ve liflere dik eğilme direnci değeri en yüksek dişbudakta, eğilmede elastikiyet modülü, basınç direnci, çekme direnci ise kayın ağaç malzemesinde elde edilmiştir. En düşük değerler ise ceviz-kavak laminasyonunda elde edilmiştir (Tablo 2,3,4).

Air-dry density and perpendicular to the fiber bending strength value of laminated ash with poplar wood were found the best value in the laminated wood materials. On the other hand, modulus of elasticity in bending, compression strength and bursting strength value of laminated beech were found the best value in them. However, the lowest values were found in the laminated walnut-poplar combination (Table 2,3,4).

Table 2. Sequences of laminated with poplar wood materials, according to technological properties values (from the highest value towards the lowest value sequence)**Table 2.** Kavak ile lamine edilmiş ağaç malzemelerin teknolojik değerlerine göre sıralanması (en yüksekte en aza göre)

Air-Dry Density / Hava K.Yoğunluk g cm ⁻³	Bending Strength / Eğilme Direnci (⊥N mm ⁻²)	Modulus of Elasticity / Elastiklik Modülü (⊥N mm ⁻²)	Compression Strength / Basınç Direnci (//N mm ⁻²)	Bursting Strength / Yarılma Direnci (⊥N mm ⁻²)
Ash / Dişbudak Elm / Karaağaç Beech / Kayın Oak / Meşe Maple / Akçaağaç Walnut / Ceviz	Ash / Dişbudak Beech / Kayın Oak / Meşe Elm / Karaağaç Maple / Akçaağaç Walnut / Ceviz	Beech / Kayın Ash / Dişbudak Elm / Karaağaç Oak / Meşe Maple / Akçaağaç Walnut / Ceviz	Beech / Kayın Ash / Dişbudak Elm / Karaağaç Oak / Meşe Maple / Akçaağaç Walnut / Ceviz	Beech / Kayın Ash / Dişbudak Elm / Karaağaç Oak / Meşe Maple / Akçaağaç Walnut / Ceviz

Doğu kayını, meşe, akçaağaç, karaağaç, ceviz ve dişbudak odunlarını kara kavak ile lamine etmenin bazı teknolojik özelliklerine etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları Tablo 3 verilmiştir.

The comparison between groups, laminated beech, oak, maple, elm, ash and walnut wood materials technological properties were dependent on the results of analyses using analyses of variance (ANOVA). Analyses results were given in the Table 3.

Table 3. The result of ANOVA**Table 3.** Kara kavak ile lamine etmenin bazı ağaçların teknolojik özelliklerine etkilerine ilişkin Varyans Analiz (ANOVA) Sonuçları

Air-Dry Density/Hava Kuruşu Yoğunluk g cm ⁻³	Source/ Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F	SIG*
	Between Groups/ Gruplar Arası	0,02123	5	0,004246	19,667	0,000
	Within Groups/ Grup İçi	0,01425	66	0,000215		
	Total/ Toplam	0,03548	71			
Bending Strength/ Eğilme Direnci (⊥N mm ⁻²)	Source/ Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F	SIG*
	Between Groups/ Gruplar Arası	1108,703	5	221,741	25,645	0,000
	Within Groups/ Grup İçi	570,673	66	8,647		
Total/ Toplam	1679,376	71				
Modulus of Elasticity/ Elastiklik Modülü (⊥N mm ⁻²)	Source/ Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F	SIG*
	Between Groups/ Gruplar Arası	6475453	5	1295090,60	15,233	0,000
	Within Groups/ Grup İçi	5611281	66	3		
Total/ Toplam	12086734	71	85019,406			
Compression Strength/ Basınç Direnci (//N mm ⁻²)	Source/ Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F	SIG*
	Between Groups/ Gruplar Arası	1294,474	5	258,895	72,208	0,000
	Within Groups/ Grup İçi	236,637	66	3,585		
Total/ Toplam	1531,111	71				
Bursting Strength/Çekme-yarılma direnci (⊥N mm ⁻²)	Source/ Varyans Kaynağı	KT	SD	KO	F	SIG*
	Between Groups/ Gruplar Arası	0,08020	5	0,01604	18,366	0,000
	Within Groups/ Grup İçi	0,05764	66	0,0008733		
Total/ Toplam	0,138	71				

Kara kavak ile laminasyonun, hava kuruşu yoğunluk, liflere ve tutkal hattına dik eğilme direnci, eğilmede elastiklik modülü, liflere ve tutkal hattına paralel basınç direnci, liflere ve tutkal hattına dik yarılma direncine etkileri bakımından ağaç türleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($\alpha = 0,05$). Farklılığın hangi gruplar arasında önemli olduğunu belirlemek amacıyla yapılan *Duncan Testi* sonuçları Tablo 4'te verilmiştir.

Differences between groups were found to be significant ($\alpha = 0,05$), concerning; the air-dry density, perpendicular to the fiber bending strength, modulus of elasticity in bending, parallel to the fiber and glue line compression strength, perpendicular to the fiber and glue line bursting strength. Duncan test was used to determine the difference between means at prescribed level of $\alpha = 0.05$. The Duncan test results were given in the Table 4.

Table 4. The Result of Duncan Test**Tablo 4.** Duncan Testi Sonuçları

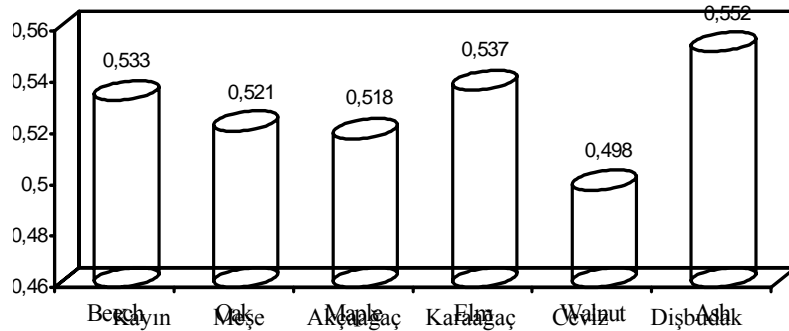
Wood Species / Ağaç Türü	N	Air-Dry Density /Hava Kurusu Yoğunluk ($g\ cm^{-3}$)		Bending Strength / Eğilme Direnci ($\perp N\ mm^{-2}$)		Modulus of Elasticity / Elastiklik Modülü ($\perp N\ mm^{-2}$)		Compression Strength / Basınç Direnci ($\parallel N\ mm^{-2}$)		Bursting Strength / Çekme-yar. Direnci ($\perp N\ mm^{-2}$)	
		x	HG	x	HG	x	HG	x	HG	x	HG
		Beech - Poplar / Kayın - Kavak	12	0,537	C	95,49	B	9157,47	A	61,64	A
Oak - Poplar / Meşe - Kavak	12	0,533	DE	91,34	C	8557,51	D	53,26	D	0,521	D
Maple - Poplar / Akçaağaç - Kavak	12	0,518	E	88,12	EF	8393,94	EF	50,67	EF	0,509	E
Elm - Poplar / Karaağaç - Kavak	12	0,521	BC	90,09	D	8739,33	C	54,50	C	0,524	CD
Walnut - Poplar / Ceviz - Kavak	12	0,498	F	86,63	F	8281,19	F	50,10	F	0,480	F
Ash - Poplar / Dişbudak - Kavak	12	0,552	A	97,77	A	8909,17	B	56,10	B	0,555	B

K: Kavak, HG : Homejenlik grubu

x : Mean, HG : Homogeneous groups, $\alpha = 0.05$, Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Kara kavak ile lamine edilmiş ağaç malzemelerde hava kurusu yoğunluk en yüksek dişbudak-kavak'ta ($0,552\ g/cm^3$), en düşük ceviz-kavak'ta ($0,498\ g/cm^3$), liflere dik yönde eğilme direnci en yüksek dişbudak-kavak'ta ($97,77\ N/mm^2$), en düşük ceviz-kavak'ta ($86,63\ N/mm^2$), eğilmede elastiklik modülü en yüksek Doğu kayını-kavak'ta ($9157,48\ N/mm^2$), en düşük ceviz-kavak'ta ($8281,19\ N/mm^2$), liflere paralel basınç direnci en yüksek kayın-kavak'ta ($61,64\ N/mm^2$), en düşük ceviz-kavak'ta ($50,10\ N/mm^2$), liflere ve tutkal hattına dik yarıma direnci en yüksek Doğu kayını-kavak'ta ($0,58\ N/mm^2$), en düşük ceviz-kavak'ta ($0,48\ N/mm^2$) bulunmuştur. Buna göre; hava kurusu yoğunluk, eğilmede elastiklik modülü, eğilme, basınç ve yarıma direnci bakımından en yüksek değerler Doğu kayını-kavak ve dişbudak-kavak'ta elde edilmiştir. Ağaç malzemelere göre elde edilen teknolojik değerler Şekil 4, 5, 6, 7, 8'de gösterilmiştir.

Laminated wood materials, with poplar wood, the highest air-dry density value at laminated ash-poplar ($0,552\ g\ cm^{-3}$), the lowest value at walnut-poplar ($0,498\ g\ cm^{-3}$) was found. Perpendicular to the fiber bending strength the highest values at ash-poplar ($97,77\ N\ mm^{-2}$), the lowest value at walnut-poplar ($86,63\ N\ mm^{-2}$) were found. Modulus of elasticity in bending the highest value at beech-poplar ($9157,48\ N\ mm^{-2}$), the lowest value at walnut-poplar ($8281,19\ N\ mm^{-2}$) was found. Parallel to the fiber compression strength the highest value at beech-poplar ($61,64\ N\ mm^{-2}$), the lowest value at walnut-poplar ($50,1\ N\ mm^{-2}$) was found. Perpendicular to the fiber and glue line bursting strength the highest value at beech-poplar ($0,58\ N\ mm^{-2}$), the lowest value at walnut-poplar ($0,48\ N\ mm^{-2}$) were found. According to the results, the highest values air-dry density, bending strength, modulus of elasticity in bending, compression strength and bursting strength at beech-poplar and ash-poplar combination were found. Technological values of laminated wood materials were given on the figure 4, 5, 6, 7 and 8.

**Figure 4.** Air-Dry Density ($g\ cm^{-3}$)**Şekil 4.** Hava Kurusu Yoğunluk (g/cm^3)

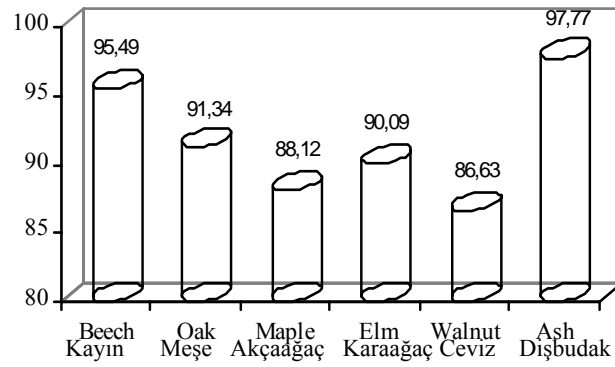


Figure 5. Bending Strength (N mm⁻²)
Şekil 5. Eğilme Direnci (N/mm²)

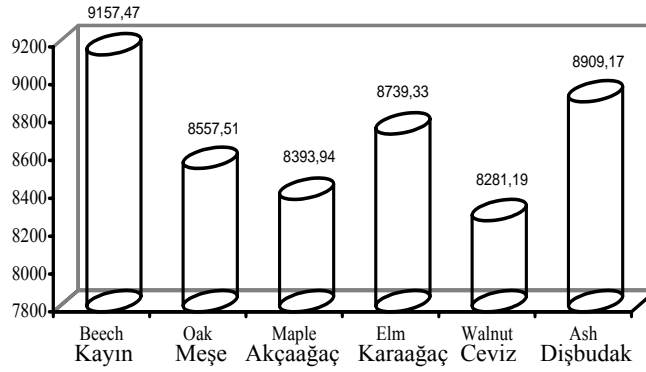


Figure 6. Modulus of Elasticity (N mm⁻²)
Şekil 6. Eğilmede Elastiklik Modülü (N/mm²)

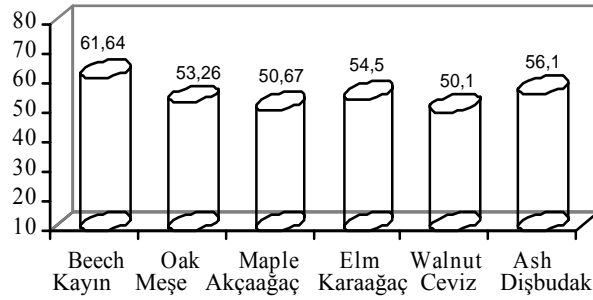


Figure 7. Compression Strength (N mm⁻²)
Şekil 7. Basınç Direnci (N/mm²)

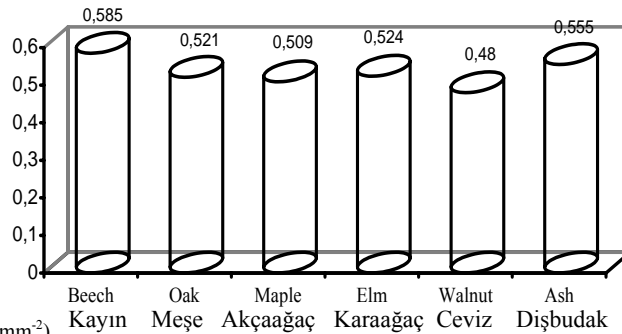


Figure 8. Bursting Strength (N mm⁻²)
Şekil 8. Yarıлма Direnci (N/mm²)

4. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Ülkemiz ormanlarında yaygın olarak bulunan kara kavak odununun farklı ağaç malzemeler ile elde edilen laminasyonun bazı teknolojik özelliklerine ait değerler kara kavak bakımından yüksek, diğer ağaçlarda ise kendi türlerine ait değerlerinden daha düşük bulunmuştur. Nitekim, kavak odununun yoğunluğu literatürde $0,390 \text{ g/cm}^3$ olarak bildirilmiştir (19). Kara kavak ile lamine edilmiş ağaç malzemelerin hava kurusu yoğunluk değerleri denemeye alınan masif ağaçların orjinal değerlerinden % 10-12 daha düşük bulunmuştur. Bu durum kara kavak odunu yoğunluğunun daha düşük olmasından ve lamine malzemeye katılım oranının yaklaşık % 40 olmasından kaynaklanabilir.

Kara kavak ile lamine edilmiş ağaç malzemelerde eğilme direnci en yüksek dişbudak ve Doğu kayında, en düşük ceviz ve akçaağaçta yaklaşık olarak eşit çıkmıştır. Buna göre, eğilme direncine maruz kalacak ve yüksek eğilme direnci istenilen kullanım alanlarında Doğu kayını ve dişbudak, estetik ve dekoratif amaçlı kullanım alanlarında ceviz ve akçaağaç odunlarından elde edilmiş kara kavak lamine malzemelerin kullanımı avantaj sağlayabilir. Nitekim, lamine katları farklı renkte olduğundan estetik bir görüntü de sağlanmıştır.

Elastikiyet modülü, yoğunluğu dişbudaktan düşük olmasına rağmen en yüksek Doğu kayınında bulunmuştur. Bu durum dişbudak odununun dağılık halkalı traheli Doğu kayın odununun dağılık traheli olmasından kaynaklanabilir. Bükerek veya eğerek biçimlen-dirilecek lamine ağaç malzemelerde Doğu kayını odunu kullanımı avantaj sağlayabilir.

Basınç ve yarıma direnci değeri en yüksek kara kavak ile lamine edilmiş Doğu kayınında, en düşük lamine cevizde elde edilmiştir. Buna göre basınç ve yarıma direncine maruz kalacak kullanım yerlerinde lamine Doğu kayını tercih edilebilir.

Ağaç malzemenin verimli kullanılabilmesi, kusurlarından arındırılması ve eğri formlu imalatlarda liflerin diyagonalılığı nedeniyle direnç özelliklerinin azalmaması için laminasyon tekniği kullanılması önerilebilir. Bununla birlikte küçük boyutlu ağaç malzemelerin kullanılmasından dolayı fire oranı önemli ölçüde azalmakta ve ürün maliyeti düşmektedir.

Ülkemizde erişilmesi kolay ve ucuz olan kavak gibi ağaç malzemeleri kullanarak, genelde tek bir malzemenin / türün kullanılmasıyla yüksek maliyetlerle elde edilen lamine masif ağaç malzemeleri daha ucuza üretmek, boyutsal stabiliteyi sağlayarak kullanım ömrünü uzatmak ekonomik açıdan önemli bir avantaj sağlayabilir.

4. DISCUSSIONS AND CONCLUSION

Technological properties values of laminated wood materials which was used poplar in the middle layer on them, were found higher than technological values of solid poplar wood material, but for the other woods, laminated beech, oak, maple, elm, ash and walnut were found lower values than the solid wood materials which were representing their kinds. As a matter of fact, the density value of poplar wood was given as a $0,390 \text{ g cm}^{-3}$ in literature (19). Air-dry density values of laminated wood materials which was used poplar in the middle layer on them, were found lower (10-12 %) than technological values of solid wood material which were representing their kinds. This situation may result from solid poplar wood have lower density value than the others and participation ratio to laminated wood materials approximately 40 %.

Bending strength values of laminated wood materials, used poplar in the middle layer on, were found the highest value at laminated ash-poplar and beech-poplar, in spite of the lowest value laminated walnut-poplar and maple-poplar. According to results, the laminated beech-poplar and ash-poplar, exposed to bending strength at places, can be used for structural and non-structural applications. The laminated maple-poplar and walnut-poplar may also offer excellent architectural effects and aesthetically pleasing interiors. As a matter of fact, it was obtained good architectural effects and aesthetically on laminated wood materials with poplar wood.

Modulus elasticity in bending value was found the highest at laminated ash, although its density was lower than the laminated beech-poplar. This situation may result from ash and beech wood materials' cellular structure. Laminated beech-poplar wood materials can be proposed in using places, exposed to bending strength.

Compression and bursting strength values was found the highest value at the laminated beech-poplar wood materials and the lowest values at the walnut-poplar wood materials. According to this, laminated beech-poplar wood materials can be proposed in using places, exposed to compression and bursting strength.

The lamination technique can be used to produce variety of shapes (curved, tapered and ribbed) of wood members to suit architectural and structural aims. Also, small trees can be used for this purpose and it is possible to eliminate strength reducing characteristics due to knots, shakes or drying, because the lamination need not be thick when seasoned before manufacturing. On the other hand, knots can be removed or repaired. The properties can be improved by using dried and small thickness of wood without degrades.

By using lamination method, raw materials will be used economically and reasonably; so the utilization of timber is improved. This is a very important concept for the future of Turkish Timber resources. Laminated materials will be used more for constructional purposes in the near future in Turkey. Using the lamination process could expand the utilization of poplar wood.

KAYNAKLAR/ REFERENCES

1. TS EN 386, “Yapıştırılmış Lamine Ahşap Performans Özellikleri ve Asgari Üretim Şartları”, **TSE**, Ankara (1999).
2. DIN 68140, “Finger Joints in Wood, Part 1: Finger Jointed Structural Timber”, **Deutsche Norm**, Berlin (1998).
3. Bozkurt, Y., Göker, Y., “Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi”, **İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını**, No: 3445, İstanbul (1987).
4. Dilik, T., “Lamine Ağaç Malzemeden Pencere Profili Üretimi ve Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi”, **İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, D. Tezi, İstanbul (1997).
5. Franklin Glue Comp., **Adhesive Trouble Shooting**, Colombus, USA (1989).
6. Şenay, A., “Lamine Edilmiş Doğu Kayınının (*Fagus orientalis* L.) Mekanik ve Fiziksel Özellikleri”, **İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Doktora Tezi, İstanbul (1996).
7. Keskin, H., “Lamine Masif Ağaç malzemelerin Teknolojik Özellikleri ve Ağaçışleri Endüstrisinde Kullanım İmkanları”, Doktora tezi, **G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara (2001).
8. Örs, Y., Keskin, H., “Lamine Edilmiş Masif Karaçam (*Pinus nigra* var. *Pallasiana*) Odununun Bazı Teknolojik Özellikleri ve Kullanım İmkanları”, **G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, Cilt : 15, No : 3, Ankara (2002).
9. Eckelman, C.A.,”Potential Uses of Laminated Veneer Lumber in Furniture, Department of Forestry and Natural Resources”, **Purdue University, Forest Products Society**, J. 43:19-24, West Lafayette, USA, (1993).
10. Döngel, N., “Laminasyonda Ağaç Türü, Tutkal Çeşidi ve Katman Sayısının Eğilme Direncine Etkileri”, **G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Y. Lisans Tezi, Ankara, (1999).
11. Keskin, H., Togay, A., “Doğu Kayını (*Fagus orientalis* L.) ve Kara Kavak (*Populus nigra* L.) Kombinasyonu ile Üretilmiş Lamine Ağaç Malzemelerin Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri”, **S.D.Ü. Orman Fakültesi Dergisi**, Seri: A, Sayı: 2, Sayfa: 101-114, Isparta, Aralık (2003).
12. Özen, R., Özçiftci, A., Uysal, B., “Emprenyeli Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Odunun-dan Üretilen Lamine Ağaç Malzemelerin Yanma Özellikleri”, **P.Ü. Mühendislik Bilimleri Dergisi**, cilt 7, sayı 1, Denizli (2001).
13. TS 2472, *Odununda Fiziksel ve Mekanik Deneyler, Hacim-yoğunluk Tayini*, **TSE**, Ankara (1972).
14. TS EN 326, *Ahşap Esaslı Levhalardan Numune Alınması*, **TSE**, Ankara (1997).
15. TS 2474, *Odunun Statik Eğilmede Dayanımının Tayini*, **TSE**, Ankara (1976).
16. TS 2478, *Odunun Statik Eğilmede Elastiklik Modülünün Tayini*, **TSE**, Ankara (1976).
17. TS 2595, *Odunun Liplere Paralel Doğrultuda Basınç Dayanımı Tayini*, **TSE**, Ankara (1977).
18. ASTM D 143, *Standard Test Method of Testing Small Clear Specimens of Timber*, **ASTM Standards**, W. Conshohocken, PA, USA (1993).
19. Bozkurt, Y., *Ağaç Teknolojisi*, **İ.Ü. Orman Fakültesi yayınları**, Yayın no:3403, İstanbul (1986).

Received/ Geliş Tarihi :19.12.2002 Accepted/Kabul Tarihi:29.12.2003