

LAMİNE ULUDAĞ GÖKNARI (*Abies Bornmülleriana* Lipsky) ODUNUNUN BAZI FİZİKSEL ve MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Hakan KESKİN*

ÖZET

Bu çalışma, lamine edilmiş masif Uludağ göknarı odununun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Bu maksatla göknar (*Abies Bornmülleriana* Lipsky) odunundan PVAc-D₄ tutkalı ile beş katmanlı olarak hazırlanan lamine masif ağaç malzemeler kullanılmıştır. Hazırlanan deney örneklerinde; yoğunluk TS 2472, daralma miktarı TS 4083, eğilme direnci ve eğilmede elastiklik modülü TS 2474 ve TS 2478, basınç direnci TS 2595, makaslama direnci, ASTM D 3110 esaslarına uyularak belirlenmiştir. Sonuç olarak, lamine edilmiş göknarda hava kurusu yoğunluk 0,456 g/cm³, hacimsel daralma % 12,33, eğilme direnci 76,84 N/mm², eğilmede elastiklik modülü 8559,62 N/mm², basınç direnci 40,35 N/mm², makaslama direnci 4,79 N/mm² olarak bulunmuştur. Deneyler sonunda; lamine edilmiş Uludağ göknarı ağaç malzemenin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin bu ağaç türünü temsil eden masif ağaç malzemeye göre daha üstün olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler : Laminasyon, Uludağ göknarı odunu, PVAc-D₄ tutkalı

PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF LAMINATED ULUDAG FIR WOOD MATERIALS

ABSTRACT

In this study, it is aimed to ascertain and determine some of the physical and mechanical properties of laminated Uludağ fir (*Abies Bornmülleriana*) wood materials. For this purpose, the laminated wood materials were prepared in the form of five layers from Uludağ fir wood materials which have been glued by using PVAc-D₄ adhesive. The density TS 2472, shrinkage amount TS 4083, bending strengths and modulus of elasticity TS 2474 and TS 2478, compression strengths TS 2595, shear strengths ASTM D 3110 were determined on the samples prepared. At the end of the experiments, it has been found out that the physical and mechanical properties of the laminated Uludağ fir wood materials. The density 0,456 g/cm³, in volume shrinkage amount 12,33 %, bending strengths 76,84 N/mm², modulus of the elasticity in bending 8559,62 N/mm², compression strengths 40,34 N/mm², shear strengths 4,79 N/mm². At the end of the experiments, it has been proven that the physical and mechanical properties of the laminated Uludağ fir wood materials have more superior values than the solid wood materials which were representing their kinds.

Key words : Lamination, Uludağ fir wood, PVAc-D₄ adhesive

* Dr. Gazi Üniversitesi , Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi, Endüstriyel Teknoloji Eğitimi Bölümü, Ankara

1.GİRİŞ

Ağaçları endüstrisinde her geçen gün daha yaygın kullanım alanı bulan lamine ağaç malzeme, ahşap kaplamaların özellikle lifleri birbirine paralel olarak yapıştırılmasıyla elde edilen yapı elemanı olarak tanımlanmaktadır (TS EN 386, 1999).

Masif ağaç malzemenin büyük boyutlu ve kavisli elemanlarda tek parça olarak kullanılması, gerek ekonomik ve gerekse teknik açıdan elverişli değildir. Büyük boyutlu taşıyıcı elemanların üretiminde, tek parça masif ağaç malzeme kullanılması imkanları sınırlıdır. Çünkü, ağaç malzemede bulunan budak, çatlak, spiral liflilik vb. kusurların tamamen giderilmesi mümkün görülmemektedir. Kavisli elemanların üretiminde masif ağaç malzemenin tek parça olarak kullanılması fire oranını artırdığından ekonomik değildir. Ayrıca, eğri forma göre kesilen ağaç malzemede diyagonal liflilik oluşacağından direncini olumsuz etkiler. Bu sakıncaların giderilmesi için laminasyon tekniği kullanılmaktadır. Böylece büyük boyutlu ağaç malzemelerden yüksek kalitede ve istenilen formda lamine masif ağaç malzeme üretilebilmektedir. Laminasyon tekniği ağaç malzemenin kusurlarından arındırılarak kullanılmasına imkan sağlamakta ve üretilen malzemenin kalite özellikleri masif ağaç malzemenin iyi olmaktadır (Keskin, 2001). Sağlam parçalardan elde edilen lamine ağaç malzeme, kusur-suz olması yanında lamine katlarda farklı kalınlık ve renkte ağaç malzemelerden oluşturulduğundan estetik görüntüm sağlar (Örs ve Keskin, 2001).

Lamine edilmiş ağaç malzemelerin biçim değişimleri oluşmaması için lamine katların düzenlenmesinde, yıllık halkaların konumuna dikkat etmek gerekmektedir. Bunun sebebi ağaç malzemenin yıllık halkalara teğet ve radyal yönlerde farklı çalışmasıdır. 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 (Bozkurt ve Göker, 1987).

Lamine elemanı oluşturan katlar arasındaki rutubet farkı TS EN 386 ve DIN 68140'a göre % 4'ü aşmamalıdır. Aksi halde, farklı çalışma şartları sonucu oluşan gerilmeler liflere dik yöndeki çekme direncini aşarak çatlamlara sebep olabilir (Keskin, 2001).

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. Pres basınçları yumuşak ağaçlarda 0,6-1 N/mm², sert ağaçlarda ise 0,2-1,6 N/mm² arasında olmalıdır (Dilik, 1997). 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 (Franklin Glue Comp., 1989).

2 ve 4 mm kalınlığındaki Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) kaplamalarından Poliüretan tutkalı ile lamine edilen ağaç malzemelerin direnç değerlerinin, PVAc tutkalı ile lamine edilenlerden daha yüksek olduğunu bildirmiştir (Şenay, 1996).

Okaliptus (*Eucalyptus camaldulensis*) odunundan üre-formaldehid tutkalı ile üretilen lamine ağaç malzemelerin teknolojik özellikleri, PVAc tutkalı ile üretilenlere göre daha yüksek bulunmuştur (Eren, 1998).

Kama dişli birleşmeli masif ağaç malzemelerden soğuk suda bekletilen PVAc tutkalı örneklerin yapışma direnci kabul edilebilir minimum değerlerin altında, üre-formaldehid ve fenol-formaldehid tutkalı üretilenlerin ise standartlarda belirtilen değerlere göre kabul edilebilir olduğu bildirilmiştir (Örs, 1987).

5 mm kalınlığındaki Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) ve sapsız 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 olduklarını bildirmiştir (Keskin, 2001).

Çam, göknar, kayın, meşe ve akçaağaç odunlarının PVAc ve epoksi tutkalı ile yapıştırılması ile elde edilen ağaç malzemede tutkal çeşidinin yapışma direncine etkisinin, lifler yönünde çekme, basınç ve yarıma direncinde önemli olduğunu bildirmiştir (Demetçi, 1991).

Masif ağaç malzemeye göre, estetik, ekonomik ve teknolojik özellikleri bakımından daha üstün olan lamine ağaç malzemelerin LVL (*Laminated Veneer Lumber*) mobilya üretiminde özellikle mukavemet gerektiren iskelet elemanlarında tercih edilmesi önerilmiştir (Eckelman, 1993).

Bu çalışmada, Uludağ göknarı (*Abies Bornmülleriana*) odunundan PVAc-D₄ tutkalı ile 5 katmanlı olarak üretilen lamine masif ağaç malzemenin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1.1. Ağaç Malzeme

Deney örneklerinin hazırlanmasında kullanılan masif ağaç malzeme Ankara'daki kereste işletmelerinden tamamen tesadüfi metotla temin edilmiştir. Ağaç malzemenin seçiminde kerestenin kusursuz olmasına, liflerinin düzgün, budaksız, ardaksız, sağlıklı, normal büyüme göstermiş, reaksiyon odunu bulunmayan, mantar ve böcek zararlarına uğramamış olmasına özen gösterilmiştir. Masif ağaç malzemelerden 70x780 mm ölçülerinde kesilen 4 mm kalınlıktaki kaplamalar istiflendikten sonra havalandırılan ve direkt güneş ışığı almayan ortamda 20 ±2 °C sıcaklık ve % 65 ±5 bağıl nem şartlarında % 12 rutubete ulaşınca kadar bekletilmişlerdir.

2.1.2. Tutkal

Yapıştırıcı olarak, Kleiberit firmasının PVAc-D₄ tutkalı kullanılmıştır. Üretici firma tarafından tutkalın teknik özellikleri; yoğunluğu ~1,12 g/cm³, viskozitesi (20 °C) 13000±2000 mPas, pH değeri ~3, jelleşme zamanı 6-10 dakika, tebeşirleşme noktası +5 °C,

donma direnci -30 °C, sertleştirici oranı %5 (*Turbo-Hardener 303,5*), kullanım miktarı 180-200g/m², uygulama şekli fırça yada silindirli sürme makinesi, depolama süresi ~12 ay, presleme süresi; 20 °C'de 15 dakika, 50 °C'de 5 dakika, 80 °C'de 2 dakika olarak verilmiştir. Karışım toksik etkisi olan izosiyanat içerdiği için insan sağlığına olumsuz etki yapmaktadır. Temas halinde eller hemen su ile yıkanmalıdır (Keskin, 2001).

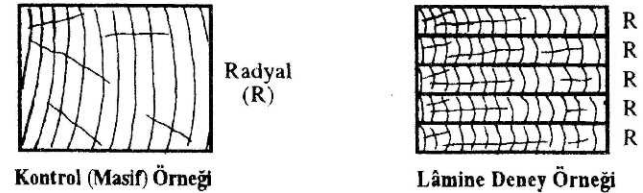
2.1.3. Deney Örneklerinin Hazırlanması

Lamine ağaç malzeme TS EN 386 esaslarına uyularak, hava kurusu haldeki 4 mm kalınlığındaki kaplamalardan 20x70x780 mm boyutlarında ve 5 katmanlı olarak üretilmiştir.

Üretici firma önerileri dikkate alınarak gerçekleştirilen işlemde tutkal, yüzeylerden sadece birisine fırça ile ve ~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.

Yapıştırma işleminde, yüzeyler tutkallanıp ~6 dakika bekletildikten sonra pres basıncı 0,6 N/mm², pres sıcaklığı 20 °C, presleme süresi 25 dakika olmak üzere preslenmiştir. Laminasyon işlemi, sıcak ve soğuk preslemeye uygun basınç göstergeli hidrolik kaplama presinde yapılmıştır.

20x70x780 mm boyutlarında lamine edilmiş göknar masif ağaç malzemenin bir kenarları planya edilerek, yüksek devirli daire testere makinesinde ve standartlarda belirtilen ölçülerde 100 adet deney örneği ve 50 adet kontrol örneği olmak üzere toplam 150 örnek hazırlanmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Kontrol ve lamine edilmiş deney örneklerinin makte görünüşleri

2.1.4. Deney Metodu

Hava kurusu yoğunluk tayininde TS 2471 (1976) esaslarına uyularak 20x30x30 mm ölçülerinde hazırlanan örnekler TS 2472 (1972) esaslarına göre; 20±2 °C sıcaklık ve %65±5 bağıl nem şartlarında değişmez ağırlığa ulaşınca kadar bekletilmiştir. Bu durumda ±0,01g duyarlıklı analitik terazide tartılıp (M₁₂), ±0,01mm duyarlıklı dijital kumpasla boyutları belirlendikten sonra hacimleri (V₁₂), hesaplanarak hava kurusu yoğunluklar (δ₁₂);

$$\delta_{12} = \frac{M_{12}}{V_{12}} \text{ g/cm}^3$$

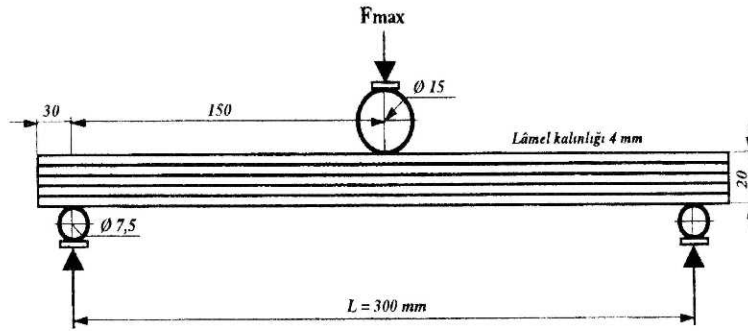
eşitliğinden hesaplanmıştır.

Daralma miktarının belirlenmesinde TS 4083 (1983) esaslarına uyularak 20x30x65 mm ölçülerinde 20 adet deney ve 10 adet kontrol örneği hazırlanmıştır. Bu maksatla 20 °C sıcaklıktaki temiz ve dinlendirilmiş su içerisinde 24 saat bekletilerek doymun hale getirilen örneklerin karşılıklı iki kesitinde işaretlenen noktalar arasındaki mesafe ±0,01 mm duyarlıklı dijital kumpasla ölçülmüştür. Daha sonra aynı örnekler, 103±2°C sıcaklıktaki kurutma dolabında ağırlığı değişmez hale gelinceye kadar kurutulduktan sonra içerisinde P₂O₅ bulunan desikatörde soğumaya bırakılmış ve bu durumda ilk ölçüm yerlerinden tekrar ölçüm yapılarak daralma yüzdeleri (β);

$$\beta = \frac{R_o - K_o}{R_o} \times 100$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada R_o; rutubetli ölçü, K_o; kuru ölçü'dür.

Liflere ve tutkal hattına dik eğilme direnci ve eğilmeye elastiklik modülü belirlenmesinde TS EN 326 (1997) esaslarına göre; 20x20x360 mm boyutlarında 20 adet deney örneği 10 adet kontrol örneği hazırlanmıştır. Deneylerde TS 2474 (1976) ve TS 2478 (1976) esaslarına uyulmuştur (Şekil 2).



Şekil 2. Eğilme direnci ve eğilmeye elastiklik modülü deneyi

Deneyler bilgisayar kontrollü 1000kp kapasiteli Üniversal Deneme Makinesinde yapılmıştır. Kırılma anındaki maksimum kuvvet (F_{max}) için eğilme direnci (σ_e);

$$\sigma_e = \frac{3F_{\max} L}{2bh^2} \text{ N/mm}^2$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada L; dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm), b; örneğin genişliği (mm), h; örneğin kalınlığı (mm) dir.

Deney sonrası örneklerin rutubetleri (r) TS 2471 esaslarına göre belirlenerek %12 den sapma gösteren örneklerin hava kurusu rutubetteki eğilme direnci değerleri σ_{e12} = σ_e[1+0,04(r-12)] N/mm² eşitliğinden hesaplanmıştır.

Elastiklik modülünün belirlenmesinde eğilme direncinde kullanılan deney örnekleri kullanılmıştır. Elastik deformasyon bölgesinde uygulanan kuvvet farkı (ΔF) için örnek-teki eğilme miktarları farkı (Δf) yardımı ile elastiklik modülü (E),

$$E = \frac{\Delta F \cdot L^3}{4 \cdot b \cdot h^3 \cdot \Delta f} \text{ N/mm}^2$$

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 enkesit genişliği (mm)

h : Deney parçasının enkesit kalınlığı (mm)

Rutubetleri (r) % 12'den farklı olan örneklerin % 12 rutubetteki elastiklik modülleri, E₁₂=E[1+0,02(r-12)] N/mm² formülü ile hesaplanmıştır.

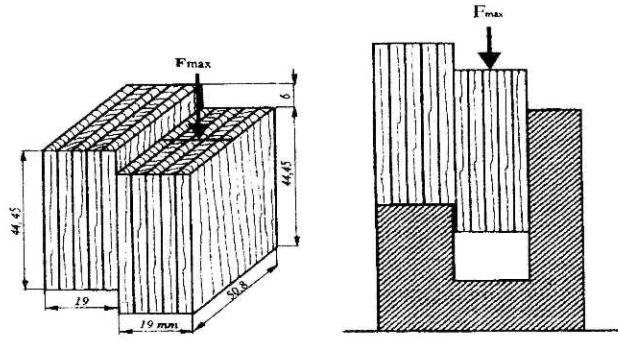
Liflere ve tutkal hattına paralel basınç direnci deneylerinde TS 2595 (1977) esaslarına uyulmuştur. Bu maksatla, 20x20x30 mm boyutlarında 20 adet deney ve 10 adet kontrol örneği olmak üzere 30 adet deney örneği hazırlanmıştır. Deneylerden önce, kuvvetin uygulandığı enine kesit alanı (A) ölçülüp, kırılma anındaki maksimum kuvvet (F_{max}) belirlenerek basınç dirençleri (σ_m);

$$\sigma_b = \frac{F_{\max}}{A} \text{ N/mm}^2$$

eşitliğinden hesaplanmıştır.

Deney sonrası örneklerin rutubetleri (r), TS 2471'e göre belirlenerek % 12'den sapma gösteren örneklerin %12 rutubetteki basınç direnci değerleri (σ_{b12}); σ_{b12}=σ_b[1+0,05(r-12)] N/mm² eşitliğinden hesaplanmıştır.

Liflere ve tutkal hattına paralel makaslama direnci deneyinde ASTM D 3110 (1988) esaslarına uyulmuştur (Şekil 3).



Şekil 3. Liflere ve tutkal hattına paralel makaslama direnci deneyi

Deneylerden önce kuvvetin uygulanacağı ve makaslama etkisine maruz kalacak alanların boyutları $\pm 0,01$ mm duyarlıklı dijital kumpasla ölçülmüştür. Kırılma anındaki maksimum kuvvet (F_{max}) yardımı ile makaslama dirençleri (σ_m):

$$\sigma_m = \frac{F_{max}}{b.l} N/mm^2$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada b; makaslama yüzeyi genişliği (mm), l; makaslama yüzeyi uzunluğu (mm) dur.

Deney sonrası örneklerin rutubetleri (r) belirlenerek %12'den sapma gösteren örneklerin %12 rutubetteki makaslama direnci değerleri (σ_{m12}); $\sigma_{m12} = \sigma_m [1 + 0,03(r-12)]$ N/mm^2 eşitliğinden hesaplanmıştır.

2.1.5. Verilerin Değerlendirilmesi

Lamine edilmiş ağaç malzemenin özellikleri ile masif ağaç malzemenin özellikleri arasındaki fark T testi ile belirlenmiştir. T testi, aritmetik ortalama, standart sapma, varyans, minimum ve maksimum değerlerin hesaplanmasında SPSS 10.1 for Windows programı kullanılmıştır.

T testinde gruplar arasındaki farklılığın güven düzeyleri 0,05 hata olasılığı için bir yıldız (*) ile belirtilmiştir. Farklılığın önemsiz çıkması durumunda ise NS (*Nonsignificant*) yazılmıştır.

3. BULGULAR

Lamine edilmiş ağaç malzeme ve masif ağaç malzemelerin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 1'de bunlara ilişkin T testi sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Lamine edilmiş Uludağ göknarı'nın bazı teknolojik özellikleri

| Fiziksel ve Mekanik Özellikler | Kontrol | Lamine | Değişim (%) | |
|--|-----------|---------|-------------|-------|
| Hava kurusu yoğunluk (g/cm^3) | 0,438 | 0,456 | 3,73 | |
| Daralma Miktarı (%) | β_g | 4,60 | 4,31 | -6,43 |
| | β_k | 8,20 | 7,74 | -5,61 |
| | β_l | 0,30 | 0,29 | -3,34 |
| | β_v | 13,11 | 12,33 | -5,94 |
| Eğilme direnci ($\perp N/mm^2$) | 74,73 | 76,84 | 2,74 | |
| Elastiklik modülü ($\perp N/mm^2$) | 8370,09 | 8559,62 | 2,20 | |
| Basınç direnci ($\parallel N/mm^2$) | 38,22 | 40,35 | 5,25 | |
| Makaslama direnci ($\parallel N/mm^2$) | 4,52 | 4,79 | 5,64 | |

β_g : genişlikçe daralma, β_k : kalınlıkça daralma, β_l : uzunlukça daralma, β_v : hacimce daralma

Tablo 2. Lamine ağaç malzeme (L) ve masif ağaç malzemelerin (M = Kontrol) belirlenen özellikleri arasındaki farka ilişkin T testi sonuçları

| DENEY TÜRÜ | | x | S | v (s^2) | min | mak | N | S_D | T |
|-----------------------------------|-------------|---------|---------|-------------|-------|-------|----|-------|--------|
| Hava Kurusu Yoğunluk (g/cm^3) | Lamine | 0,456 | 0,0107 | 0,00012 | 0,435 | 0,574 | 20 | 28 | 4,319* |
| | Masif | 0,438 | 0,0104 | 0,00011 | 0,422 | 0,552 | 10 | | |
| Daralma Miktarı (%) | β_g L | 4,31 | 0,3765 | 0,14177 | 3,52 | 4,96 | 20 | 28 | - |
| | β_g M | 4,60 | 0,2884 | 0,08321 | 4,09 | 4,95 | 10 | | |
| | β_k L | 7,74 | 0,4612 | 0,2127 | 6,89 | 8,52 | 20 | | |
| | β_k M | 8,20 | 0,3748 | 0,11404 | 7,80 | 8,85 | 10 | | |
| | β_l L | 0,29 | 0,0637 | 0,00405 | 0,22 | 0,42 | 20 | | |
| | β_l M | 0,30 | 0,0787 | 0,00620 | 0,22 | 0,46 | 10 | | |
| β_v L | 12,33 | 0,6047 | 0,36566 | 10,85 | 13,03 | 20 | 28 | - | |
| | β_v M | 13,11 | 0,5645 | 0,31866 | 11,95 | 13,22 | | | 10 |
| Eğilme Direnci N/mm^2 | Lamine | 76,84 | 2,1500 | 4,62274 | 72,25 | 81,22 | 20 | 28 | 2,025* |
| | Masif | 74,73 | 3,5660 | 12,7165 | 70,02 | 80,84 | 10 | | |
| E-Modülü (N/mm^2) | Lamine | 8559,62 | 199,25 | 39700,9 | 8225 | 9028 | 20 | 28 | 2,160* |
| | Masif | 8370,09 | 275,40 | 75848,1 | 8065 | 8831 | 10 | | |
| Basınç Direnci N/mm^2 | Lamine | 40,35 | 2,0342 | 4,13811 | 35,81 | 43,57 | 20 | 28 | 2,611* |
| | Masif | 38,22 | 2,2355 | 4,99773 | 34,67 | 40,67 | 10 | | |
| Makaslama Direnci N/mm^2 | Lamine | 4,49 | 0,2556 | 0,06535 | 4,46 | 5,19 | 20 | 28 | 2,990* |
| | Masif | 4,52 | 0,1817 | 0,03302 | 4,34 | 4,96 | 10 | | |

* $P < 0,05$ x: aritmetik ortalama, v: varyans, s: standart sapma, N: örnek sayısı, S_D : serbestlik derecesi

Hava kurusu yoğunluk, elastiklik modülü, eğilme, basınç ve makaslama dirençleri arasındaki fark, lamine ağaç malzemelerde daha büyük (daralma miktarları için daha küçük) olmak üzere, 0,05 hata payı ile önemli çıkmıştır. Liflere paralel yöndeki daralma miktarları arasındaki fark ise, önemsiz çıkmıştır.

4. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Lamine edilmiş Uludağ göknarı'nın fiziksel ve mekanik özellikleri masif ağaç mal-zemeye göre; hava kurusu yoğunluk değerinde % 3,73, hacimsel daralma miktarında % -5,94, liflere ve tutkal hattına dik eğilme direncinde % 2,74, eğilmede elastiklik modülü değerinde % 2,20, liflere ve tutkal hattına paralel basınç direncinde % 5,25, liflere ve tutkal hattına paralel makaslama direncinde ise % 5,64 oranında daha yüksek çıkmıştır.

Literatürde, masif Uludağ göknarı odununun hava kurusu yoğunluğu $0,400 \text{ g/cm}^3$, hacimsel daralma miktarı %13,00, liflere paralel basınç direnci $37,4 \text{ N/mm}^2$, liflere dik eğilme direnci 73 N/mm^2 , eğilmede elastiklik modülü 8300 N/mm^2 , liflere paralel makaslama direnci $4,6 \text{ N/mm}^2$ olarak verilmiştir (Bozkurt, 1986). Kontrol (masif) ve lamine göknar odunlarının belirtilen özellikleri arasındaki farkın nedeni, laminasyonda kullanılan yapıştırıcının düzgün lifli lamel-ler arasında odunun kohezyon kuvvetini artırıcı etki yapmasından kaynaklanabilir.

Lamine edilmiş Uludağ göknarı ağaç malzemelerin kendi türünü temsil eden masif ağaç malzemelere göre, yoğunlukları daha yüksek olmasına rağmen daha az çalışma göstermişlerdir. Bunun nedeni laminasyonda kullanılan yapıştırıcının yüzeydeki hücre boşluklarını doldurarak odunun daralmasını engellemesinden kaynaklanabilir.

PVAc-D₄ tutkalı ile lamine edilmiş masif göknar ağaç malzemenin belirlenen özellik-lerine göre; ahşap evlerin iç taşıyıcı elemanlarında, merdiven, tavan ve yer döşemelerinde, pervaz ve lambri üretiminde, mobilyaların mukavemet gerektiren iskelet elemanlarında, dekoratif amaçlı iç mekanlarda, makine ve teçhizat gibi ağır yüklerin ambalajlanmasında kullanılabilir.

Ağaç malzemenin rasyonel kullanımı için olduğu kadar, masif ağaç malzemeye göre daha sağlam, kusursuz, estetik ve stabil bir malzeme elde edilmesi amacıyla, ülkemizde lamine masif ağaç malzemenin daha yaygın kullanılması konusunda çok yönlü araştırmalar yapılmasına gereksinim duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

ASTM D 3110 (1988), Adhesive Used in Nonstructural Glued Lumber Product, ASTM Standards, West Conshohocken, PA, USA.

Bozkurt, Y. (1986), Ağaç Teknolojisi, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını, No: 3403, İstanbul.

Bozkurt, Y., Göker, Y. (1987), Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını, No: 3445, İstanbul.

Demetçi, E. Y. (1991), Önemli Bazı Ağaç Türlerinin PVAc ve Epoksi Tutkalları ile Yapışma Özellikleri Üzerine Araştırmalar, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.

Dilik, T. (1997), Lamine Ağaç Malzemedden Pencere Profili Üretimi ve Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi, İ.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.

DIN 68140 (1998), Finger Joints in Wood, Part 1: Finger Jointed Structural Timber, Deutsche Norm, Berlin.

Eckelman, C.A. (1993), Potential Uses of Laminated Veneer Lumber in Furniture, Department of Forestry and Natural Resources, Purdue University, Forest Products Society, J. 43 (4) : 19-24, W.F., USA.

Eren, S. (1998), Okaliptus (*Eucalyptus camaldulensis*) Odunundan Üretilen Lamine Ağaç Malzemelerin Mekanik ve Fiziksel Özellikleri Üzerine Tutkal Türü ve Tomruk Buharlama Süresinin Etkileri, K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon

Franklin Glue Comp. (1989), Adhesive Trouble Shooting, Columbus, USA.

Keskin, H., (2001), Lamine Edilmiş Sarıçam, Toros Sediri, Doğu Kayını ve Sapsız Meşe Odunlarının Teknolojik Özellikleri ve Ağaç İşleri Endüstrisinde Kullanım İmkanları, Doktora tezi, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Şenay, A. (1996), Lamine Edilmiş Doğu Kayınının (*Fagus orientalis* Lipsky) Mekanik ve Fiziksel Özellikleri, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.

TS EN 386 (1999), Yapıştırılmış Lamine Ahşap Performans Özellikleri ve Asgari Üretim Şartları, TSE, Ankara.

TS 2471 (1976), Odunda Mekanik ve Fiziksel Deneyler İçin Rutubet Miktarı Tayini, TSE, Ankara.

TS 2472 (1972), Odunda Fiziksel ve Mekanik Deneyler için Birim Hacim Ağırlığı Tayini, TSE, Ankara.

TS 4083 (1983), Odunda Teğet ve Radyal Doğrultuda Daralmanın Tayini, TSE, Ankara

TS EN 326 (1997), Ahşap Esaslı Levhalardan Numune Alınması, TSE, Ankara.

TS 2474 (1976), Odunun Statik Eğilmede Dayanımının Tayini, TSE, Ankara.

TS 2478 (1976), Odunun Statik Eğilmede Elastiklik Modülünün Tayini, TSE, Ankara.

TS 2595 (1977), Odunun Liflere Paralel Doğrultuda Basınç Dayanımı Tayini, TSE, Ankara.

Öis, Y., Keskin H. (2001), Ağaç Malzeme Bilgisi, Gazi Üniversitesi yayın no: 2000/352, Atlas yayıncılık no: 2, İstanbul.

Örs, Y. (1987), Kama Dişli Birleşmeli Masif Ağaç Malzemedeki Mekanik Özellikler, K. T. Ü., yayın no 11, Trabzon.