

FARKLI TUTKALLARLA LAMİNE EDİLMİŞ AHŞAP MALZEMELERİN MEKANİKSEL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Osman PERÇİN, Günay ÖZBAY, Mustafa ORDU

Dumlupınar Üniversitesi Simav Teknik eğitim Fakültesi Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü 43500, Kütahya,
osmanpercin@dumlupinar.edu.tr

Geliş Tarihi: 08.09.2008 Kabul Tarihi: 23.03.2009

ÖZET

Bu çalışmada ; Polivinil Asetat Tutkalı (PVAc), Poliüretan tutkalı (PU) ve D2 bazlı beyaz tutkalı ile 3 katmanlı lamine edilmiş sarıçam (Pinus Sylvestris) ve kayın (Fagus Silvatica) odunlarının bazı mekaniksel özellikleri araştırılmıştır. Deneyler, TS 2474 standartına göre eğilme deneyi, TS 2595 standartına göre liflere paralel basınç deneyi, DIN 53255 Standartına göre de yapışma deneyi uygulanmıştır.

Sonuç olarak; laminasyonda farklı tutkalların kullanımı, ahşap malzemenin bazı mekaniksel özellikleri üzerine etkisi açıkça görülmüştür. Ayrıca lamine edilmiş ahşap malzeme kendini temsil eden masif ahşap malzemeye göre mekanik özellikler bakımından daha üstün çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Polivinilasetat tutkalı, Poliüretan tutkalı, D2 tutkalı, laminasyon*

THE INVESTIGATION OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF WOODEN MATERIALS LAMINATED WITH VARIOUS GLUES

ABSTRACT

In this study, some mechanical features of Scotch pine (Pinus Sylvestris) and Beech woods(Fagus Silvatica) which are laminated by Polyvinyl Acetate (PVAc) glue, Polyurethane (Pu) glue and D2 based white glue are researched. Experiments which are practiced, are bending strenght experiment (according to TS 2474 standards), parallel pressure to fiber experiment (according to TS 2595 standards), and adhesion experiment (according to DIN 53255 standards).

As a result of the experiment, it is obviously revealed that the usage of different types of glue in lamination has an effect on some mechanical features of laminated wooden material. In addition, laminated wooden material is better than the massive wooden material of which represent it.

Keywords: *Polyvinylacetate glue, Polyurethane (Pu) glue, D2 glue, Lamination*

1. GİRİŞ

Ağaç işleri endüstrisindeki gelişmelere paralel olarak dünyadaki ve ülkemizdeki orman varlıkları azalmaktadır. Ağaç malzeme insan yaşamında önemli bir yere sahiptir. Ağaç malzemenin; kolay işlenmesi, ısı ve sese karşı yalıtıcı olması, hafif olmasına rağmen direncinin yüksek olması, kolay işlenmesi, diğer malzemelere göre estetik olması ve bunun gibi birçok özelliklerinden dolayı ağaç malzemeye duyulan ihtiyaç ve kullanım alanı her geçen gün artmaktadır [1].

Ahşap lamine elemanlar, iki ya da daha fazla katın tutkallanarak ve katların lif yönleri birbirine paralel ya da dik gelecek şekilde birleştirilmesi ile elde edilir. Eğer, üretilen ağaç lamine kavisli ise katların lif yönlerinin paralel

olarak uygulanması zorunluluğu vardır. Laminasyonda, farklı ağaç türü, değişken kat sayısı, farklı boyut, şekil ve kat kalınlıkları uygulanabilmektedir[2].

Lamine yönteminde, kısa boylu ve dar enli ağaç malzemeden daha uzun ve geniş ağaç malzeme üretilebilmektedir. Ayrıca, ağaç malzemenin kusurlarından arındırılarak (budak, çatlak, kurt yeniği, sulama vb) kullanılmasına imkân sağlamasından dolayı, üretilen ahşap ürünün kalite özellikleri daha iyi olmaktadır. Küçük boyutlu ağaç malzemenin kullanılmasından dolayı ağaç malzemedeki fire oranı azalmakta bu da mamül ürünün maliyeti üzerinde etkili olmaktadır.

Lamine elemanı oluşturan katlar arasındaki rutubet farkı Pr EN 386'ya göre % 4'ten, ANSI A 190,1'e göre % 5'ten fazla olmamalıdır. TS EN 386 [3] ve DIN 68140'a göre [4] ise % 4'ü aşmamalıdır. Aksi halde farklı çalışma şartları sonucu oluşan gerilmeler liflere dik yöndeki çekme direncini aşarak çatlamalara sebep olacaktır. Yine TS EN 386'ya göre laminasyon işleminin yapıldığı ortamın sıcaklığının en az 15°C, bağıl nemi ise % 40-70 arasında olmalıdır[5].

Laminasyon işlerinde kullanılan odunun yapısı, yüzey pürüzlülüğü, pres basıncı, presleme süresi ve kullanılan tutkalın teknik özellikleri odunun yapışma mukavemeti üzerinde etkilidir. Farklı ağaç türlerinin aynı anda preslenmesi halinde pres basıncı yumuşak oduna göre belirlenmesi gerektiği bildirilmiştir[6].

Keskin H., Atar M., Kurt R. (2003) yaptıkları çalışmada, lamine edilmiş sarıçam (Pinus Sylvestris) odununun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerini incelemişlerdir. Bu maksatla sarıçam (Pinus Sylvestris) odunundan polivinilasetat (PVAc-D4) tutkalı ile beş katmanlı olarak hazırlanan lamine edilmiş ağaç malzemeler kullanılmıştır. Hazırlanan deney örneklerinin; yoğunluk, çalışma miktarı, eğilme direnci, eğilmede elastiklik modülü, basınç direnci ve makaslama direnci araştırılmıştır. Sonuç olarak; lamine edilmiş sarıçam (Pinus Sylvestris) ağaç malzemenin fiziksel ve mekanik özelliklerinin, bu ağaç türünü temsil eden masif ağaç malzemeye göre daha üstün olduğu belirlenmiştir[7].

Öztürk R.B., Arıoğlu N.(2006) yaptıkları çalışmada, Türkiye'de yeni yeni tanınmaya başlayan, Avrupa ve Amerika'da çok uzun yıllardır yaygın olarak kullanılan lamine ahşap teknolojisinde kiriş üretiminin yapılabilirliğinin belirlenmesi esas amaçtır. Bu amaca ulaşabilmek için aşağıdaki yöntem izlenmiştir. Bu teknolojinin yaygın olarak kullanıldığı ülkelerdeki üretim incelenmiş ve kendini çabuk yenileyebilen kozalaklı çam türlerinin işlendiği görülmüştür. Bu belirlemeden sonra Türkiye'de yetişen kozalaklı çam türleri araştırılmış ve amaç doğrultusunda Sarıçam'ın (Pinus Sylvestris) ana materyal olarak kullanılmasının uygunluğuna karar verilerek, farklı tutkallarla kirişler üretilmiştir. Üretilen kirişlerin mekanik özelliklerinin değişimi deneysel olarak incelenmiştir. Sonuçlara bağlı olarak Türkiye'de üretiminin yapılıp yapılamayacağı ve uygulamaya yönelik öneriler sunulmuştur[8].

Güler C., Bektaş İ. (2000) yaptıkları çalışmada; Andırın yöresi Doğu kayını (Doğu Akdeniz) odununun elastiklik özellikleri tespit edilmiş ve bu özellikleri ile yoğunluk arasındaki ilişkinin ortaya konması amaçlanmıştır. Denemelerde, test materyali olarak, doğu kayınının doğal yetişme ortamlarından Andırın yöresinden alınan deneme ağaçları kullanılmıştır. Deneme ağaçlarından elde edilen örneklerde, eğilme direnci ve elastikiyet modülü belirlenmiştir. Yapılan testlerle elde edilen bulgulara istatistik analizlerin uygulanması ile doğu kayını odununda; eğilme direnci 1204 kg/cm², elastikiyet modülü 127500 kg/cm² olarak tespit edilmiştir. Direnç-yoğunluk ilişkisi regresyon analizi ile araştırılmış ve aralarında doğrusal artan kuvvetli bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir[9].

Şenay 1996 ; 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 [10]

Demetçi 1991; Çam, göknar, kayın, meşe ve akçağaç odunlarının PVAc ve epoksi tutkalı ile yapıştırılması ile elde edilen ağaç malzemedeki tutkal çeşidinin yapışma direncine etkisinin, lifler yönünde çekme, basınç ve yanılma direncinde önemli olduğu bildirilmiştir[11].

Keskin (2004), sapsız meşe ve sarıçam kombinasyonu ile üretilen lamine ağaç malzemelerin teknolojik özellikleri ve en uygun kullanım yerlerinin belirlenmesi amacı ile yaptığı çalışma sonucunda, meşe ve çam kombinasyonu ile üretilmiş lamine ağaç malzemelerin hava kurusu yoğunluğu 0.568 g/cm^3 , eğilme direnci 107.523 N/mm^2 , eğilmede elastiklik modülü 10656.998 N/mm^2 , basınç direnci 66.359 N/mm^2 , makaslama direnci 9.935 N/mm^2 olarak bulunmuştur. Ayrıca; meşe ve sarıçam kombinasyonu ile üretilmiş lamine ağaç malzemelerin mobilya ve yapı malzemesi olarak kullanılmasını da önermektedir [12].

Keskin ve Togay (2003), Doğu kayını ve Kara kavak kombinasyonu ile üretilmiş lamine ağaç malzemelerin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacı ile yaptıkları çalışmada PVAc-D4 tipi tutkal ile beş katmanlı olarak hazırlanan lamine masif ağaç malzemeler kullanmışlardır. Çalışma sonucunu da, Doğu kayını ve Kara kavak kombinasyonu ile üretilmiş lamine ağaç malzemelerin hava kurusu yoğunluğu 0.571 g/cm^3 , eğilme direnci 98.66 N/mm^2 , eğilmede elastiklik modülü 9020.24 N/mm^2 , basınç direnci 54.49 N/mm^2 , makaslama direnci 9.11 N/mm^2 , yarıma direnci 0.540 N/mm^2 olarak belirtmişlerdir. Ayrıca çalışma sonucunda Lamine edilmiş kavak odununun eğilme direncini $76,14 \text{ N/mm}^2$, masif kavak odunun eğilme direncini ise $73,32 \text{ N/mm}^2$, liflere paralel basınç direncini $38,30 \text{ N/mm}^2$, lamine edilmiş kavak odununda ise $40,68 \text{ N/mm}^2$ olarak tespit etmişlerdir[5].

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 [13].

Yapılan çalışmada Okaliptus (*Eucalyptus camaldulensis*) odunundan elde edilen lamine ahşap malzeme üzerinde tutkal türünün lamine ağaç malzemenin teknolojik özelliklerine etkisini incelemek için yapılan çalışmada üretilen formaldehid tutkalı kullanılarak üretilen lamine ağaç malzemelerin teknolojik özellikleri, PVAc tutkalı ile üretilen lamine ahşap malzemeye göre daha yüksek olduğu belirtilmiştir [14].

Bu çalışmada günümüz mobilya ve kereste endüstrisinde sıkça kullanılmakta olan Polivinil Asetat tutkalı (PVAc), Poliüretan tutkalı (PU) ve D2 bazlı beyaz tutkalları ile lamine edilmiş sarıçam (*Pinus Sylvestris*) ve kayın (*Fagus Silvatica*) odunlarının mekanik özellikleri araştırılmıştır. Standartlara uygun olarak kesilen sarıçam (*Pinus Sylvestris*) ve kayın (*Fagus Silvatica*) odunları Polivinil Asetat tutkalı, poliüretan tutkal ve D2 tutkalları ile üç katlı olarak lamine edilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

2.1.1. Ağaç malzeme

Bu çalışmada kullanılan Kayın (*Fagus Silvatica*) ve Sarıçam (*Pinus Sylvestris*) odunlarını, Kütahya ili Simav ilçesi Orman İşleri Müdürlüğü deposundan rasgele seçim (Randomly selected) yöntemi ile temin edilmiştir. Ağaç malzemenin seçiminde kusursuz olmasına, liflerin düzgün, budaksız, ardaksız, reaksiyon odunu göstermeyen, mantar ve böcek zararına uğramamış olmasına dikkat edilmiştir.

2.1.2. Polivinilasetat tutkalı (PVAc)

PVAc tutkalı, kullanılması sırasında kesici aletleri yıpratmaması, kokusuz ve yanmaz oluşu, soğuk olarak uygulanabilmesi, kolay sürülebilmesi, hızlıca sertleşmesi gibi avantajlı özellikleri yanında uygulandıktan sonra sıcaklık arttıkça yumuşama ile birlikte mekanik direnci azalan, $70 \text{ }^\circ\text{C}$ den sonra ise istenilen bağlayıcılığı gerektiği gibi sağlayamayan dezavantajlara da sahiptir. Birleştirme yapılacak malzemenin cinsi ve yüzey özelliklerine göre $150\text{--}200 \text{ gr/cm}^2$ tutkalın birleştirme yapılacak yüzeylerden birine uygulanması iyi bir yapışma için yeterli olmaktadır. PVAc tutkalı deney örneklerine uygulanırken TS 3891 de belirtilen esaslara uyulmuştur. Yapıştırıcı için. Yoğunluğu $1,1 \text{ gr/m}^3$, viskozitesi $160\text{--}200 \text{ cps}$, pH değeri 5, presleme süresi; soğuk tutkallamada $20 \text{ }^\circ\text{C}$ de 20 dakika, $80 \text{ }^\circ\text{C}$ de 2 dakika olarak verilmekte ve presleme ortamında soğuyuncaya kadar dinlendirilmesi önerilmektedir[15].

2.1.3. Poliüretan tutkalı (PU)

Poliüretan tutkalı çift bağlı alkolden ve uygun isosiyanattan üretilir, kohezyon ve adezyon kuvvetleri çok güçlüdür. Asitlere, yağlara, kaynar suya ve mikroorganizmalara karşı dayanıklı bir tutkal türüdür. Oda sıcaklığında (20°C) sertleşme süresi 60 dakikadır. Tutkal reaksiyonunu tamamladığında, hacminin yaklaşık yirmi katı oranında genleşmekte ve tutkal katında çekme olmamaktadır. Sıcaklık artışı, sertleşme süresini kısaltmaktadır[16].

2.1.4. D2 bazlı beyaz tutkal

Tek komponentli, havanın nemiyile sertleşen, poliüretan yapıştırıcıdır. Ahşap malzemelerin, lambriyerlerin, merdiven profillerinin, kapı kenar pervazlarının, formika vb malzemelerin birbirlerine ve beton gibi emici yüzeylere, metale yapıştırılmasında, koltuk iskeleti, koltuk, sandalye, masa yapımındaki nemli yapışma ortamında, Islak veya nemli ağaçların birbirine yapıştırılmasında kullanılır. Sert ağaçlarda, MDF, Sunta ve her türlü ağaçtan birinin diğerine ve kendi türünden herhangi bir malzemeye yapıştırılması amacı ile kullanılır[17]. Yüksek yapışma gücüne sahiptir. Hava şartlarına ve dona dayanıklıdır.

2.2 Metod

2.2.1 Deney örneklerinin hazırlanması

Lamine ahşap malzeme TS EN 386 esaslarına uyularak, hava kurusu halindeki 6,66 mm kalınlığında kaplamalardan net ölçülere getirilmeden önce 20 x 90 x 930 mm boyutlarında ve 3 katmanlı olarak üretilmiştir. Üretici firmanın önerileri dikkate alınarak tutkal, yüzeylerden sadece birine fırça ile 180-220 gr/cm² hesabı ile sürülmüştür. Tutkallama işlemi bittikten sonra Sarıçamda (Pinus Sylvestris) 0,7 N/mm², Kayın (Fagus Silvatica) ağacında ise 1,3 N/mm² olacak şekilde pres basıncı ayarlanarak pres sıcaklığı 20 °C ve pres süresi D2 bazlı beyaz tutkal ve PVAC tutkalı için 30 dakika, Poliüretan tutkalı için ise 60 dakika olacak şekilde ayarlanarak kurumaya bırakılmıştır. Kuruma işlemi bittikten sonra bu ağaç levhaların bir cumbaları planya edilerek yüksek devirli daire testere makinesinde standartlara uygun ölçüde deney numuneleri elde edilmiştir.

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 [18]. 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 [19].

2.2.2. Statik eğilme deneyi

Statik eğilme deneyleri TS 2474 [20] standartlarında belirlenen esaslara göre üniversal test cihazında yapılmıştır. 20 x 20 x 300 mm boyutlarındaki numuneler deney işleminden önce 20 °C ve % 65 bağıl neme sahip klimatize dolabında değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletilerek denge rutubetleri hava kurusu (%12) hale getirilmiştir.

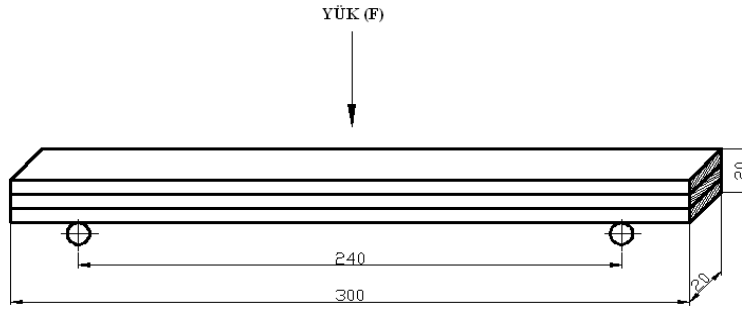
Deneyler bilgisayar kontrollü Üniversal Deneme makinesinde gerçekleştirilmiştir. Kırılma işlemi 1,5-2 dakika sonra olacak şekilde ayarlanmış ve kırılma anındaki maksimum kuvvet tespit edilmiş ve formül 1'den yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Statik eğilme direnci: } \sigma_e = \frac{3.P.L}{2.b.h^2} \quad [1]$$

Burada;

- σ_e : Eğilme direnci (N/mm²),
P : Kırılma anındaki max. kuvvet (N),
L : Dayanak noktası arasındaki açıklık (12xh) (mm)
b : Denei parçasının genişliği (mm),
h : Denei parçasının kalınlığı (mm) .

Şekil 1’de Eğilme deneyinde kullanılan numune şekli ve boyutları verilmiştir.



Şekil 1. Eğilme deneyi numunesinin şekli ve ölçüleri

2.2.3. Liflere paralel yönde yapışma deneyi yapışma deneyi

Liflere paralel yönde yapışma deneyleri DIN 53255 [21] sayılı standarda uygun olarak üniversal test cihazında yapılmıştır. 15 x 20 x 150 mm boyutlarında hazırlanan deneme örnekleri 20°C ve %65 bağıl nem şartlarında denge rutubetine ulaşmaya kadar klimatize edilip % 12 rutubete getirilmiştir. Numunenin en kesitine homojen ve numuneleri 1,5–2 dakika içinde çekecek şekilde sabit bir çekme hızı uygulanmıştır.

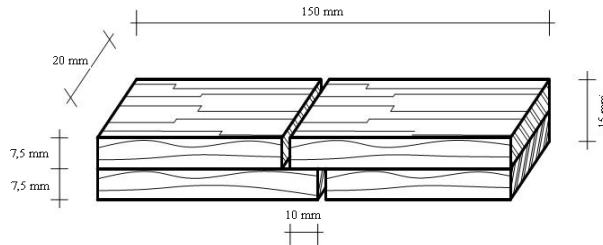
Yapışma direnci (σ)’nın hesaplamasında formül 2’den yararlanılmıştır.

$$\sigma = F / A = F / (b l) \quad [2]$$

Burada;

- σ = Yapışma Direnci (N/mm²),
F = Kopma anındaki kuvvet (N),
b = Yapışma yüzeyinin genişliği (mm),
l = Yapışma yüzeyinin uzunluğu (mm), dir.

Şekil 2’de yapışma deneyinde kullanılan numune şekli ve boyutları verilmiştir.



Şekil 2. Yapışma deneyi numunesinin şekli ve ölçüleri

2.2.4. Liflere paralel yönde basınç deneyi

Liflere paralel yönde basınç direnci denemeleri TS 2595 [22] sayılı standartlarda uygun olarak universal test cihazında yapılmıştır. 20x20x30 mm ebatlarında hazırlanmış olan deney numuneleri 20 °C ve %65 bağıl nem şartlarında denge rutubetine ulaşıncaya kadar klimatize edilerek % 12 rutubete getirilmiştir. Numunelerin en kesitine tam ortadan ve numuneleri 1.5-2 dakika içinde ezecek şekilde sabit bir yükleme hızı ayarlanmıştır. Kuvvet uygulaması, numune kırılıncaya kadar devam ettirilmiş ve kırılma anındaki maksimum kuvvet makinenin kadransından okunarak kaydedilmiştir.

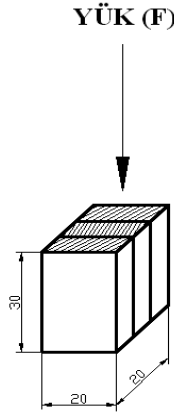
Kırılma anındaki kuvvet (F_{max}) ölçülerek liflere paralel basınç direnci ($\sigma_{B//}$) formül 3'ten yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$\sigma_{B//} = \frac{F_{max}}{a.b} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad [3]$$

Burada;

- $\sigma_{B//}$: Liflere paralel basınç direnci
- F_{max} : Kırılma anındaki kuvvet (N),
- a : Örnek enine kesit kenar uzunluğu (mm),
- b : Örnek enine kesit kenar uzunluğu (mm)

Şekil 3'te basınç deneyinde kullanılan numune şekli ve boyutları verilmiştir.



Şekil 3. Basınç deneyi numunesinin şekli ve ölçüleri

3. BULGULAR ve TARTIŞMALAR

3.1. Liflere Paralel Yönde Basınç Direncine Ait Bulgular

Polivinil asetat tutkalı, Poliüretan tutkalı, D2 tutkalı ile lamine edilmiş Kayın (*Fagus Sylvatica*) ve Sarıçam (*Pinus Sylvestris*) odunlarına ait deney numuneleri üzerinde liflere paralel yönde basınç deneyleri yapılmıştır. Bu deneye ait sayısal veriler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Sarıçam ve Kayın örneklerine ait basınç direnci değerleri

İstatistik Değerler	Sarıçam			Kayın		
	PVAc	PU	D2	PVAc	PU	D2
Min	33,05	35,16	33,02	40,68	40,07	39,05
Max	36,96	39,44	36,48	44,6	45,52	42,95
\bar{e}	35,48	37,26	35,15	42,02	42,56	41,34
δ_x	1,19	1,43	1,24	1,24	1,73	1,18
n	10	10	10	10	10	10

Min: Minimum değer, Max: Maksimum değer, \bar{e} : Ortalama, δ_x : Standart sapma, n: Numune sayısı

Liflere paralel yönde yapılan basınç direnci değerlerine ait Varyans analizi Tablo 2’te verilmiştir.

Tablo 2. Liflere paralel yönde yapılan basınç direncine ait varyans analiz tablosu

VAR. KAY.	SD	KAR.TOPL.	KAR. ORTAL.	F	P (%)
1.FAKTÖR	1	546,406	546,406	127,697**	0,00
2.FAKTÖR	2	29,206	14,603	10,131**	0,00
İNTERЕК.	2	4,669	2,334	1,620ns	0,206
HATA	54	109,516	2,028	-	-
GENEL	59	684,797	-	-	-

1.FAKTÖR: Ağaç Türü, 2.FAKTÖR: Tutkal Çeşidi

Bu sonuçlara göre, basınç direnci değerleri üzerine ağaç türü ve tutkal çeşidi farklılığı % 1 önem derecesinde etkili olmuştur. Ağaç türü ve tutkal çeşidi etkileşimi ise etkili olmamıştır (ns).

3.2. Liflere Dik Yündeki Eğilme Direncine Ait Bulgular

Polivinil asetat tutkalı, Poliüretan tutkalı, D2 tutkalı ile lamine edilmiş Kayın (*Fagus Sylvatica*) ve Sarıçam (*Pinus Sylvestris*) odunlarına ait deney numuneleri üzerinde liflere dik yönde eğilme deneyleri yapılmıştır. Bu deneye ait sayısal veriler Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3. Sarıçam ve Kayın örneklerine ait Eğilme direnci değerleri

İstatistik Değerler	Sarıçam			Kayın		
	PVAc	PU	D2	PVAc	PU	D2
Min	55,56	63	62,12	89,71	90,25	90,78
Max	59,79	67,85	64,4	92,3	93,44	94,59
\bar{e}	58,17	65,62	63,43	90,44	91,98	92,63
δ_x	1,08	1,5	0,79	1,084	1,04	1,16
n	10	10	10	10	10	10

Min: Minimum değer, Max: Maksimum değer, \bar{e} : Ortalama, δ_x : Standart sapma, n: Numune sayısı

Varyans analizi

Liflere dik yöndeki eğilme direncine değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4. Liflere dik yönde yapılan eğilme direncine ait varyans analiz tablosu

VAR. KAY	SD	KAR. TOPL.	KAR.ORTAL.	F	P (%)
1.FAKTÖR	1	12,858,827	12,858,827	7174,123**	0,000
2.FAKTÖR	2	231,219	115,609	84,531**	0,000
İNTERAK.	2	87,223	43,611	31,888**	0,000
HATA	54	76,919	1,424	-	-
GENEL	59	13,254,188	-	-	-

1.FAKTÖR: Ağaç Türü, 2.FAKTÖR: Tutkal Çeşidi

Bu sonuçlara göre, eğilme direnci değerleri üzerine ağaç türü ve tutkal çeşidi farklılığı ve ağaç türü- tutkal çeşidi etkileşimi % 1 önem derecesinde etkili olmuştur.

3.3. Liflere Paralel Yönde Yapışma Direncine Ait Bulgular

Polivinil asetat tutkalı, Poliüretan tutkalı, D2 tutkalı ile lamine edilmiş Kayın (*Fagus Silvatica*) ve Sarıçam (*Pinus Sylvestris*) odunlarına ait deney numuneleri üzerinde yapışma deneyleri yapılmıştır. Bu deneye ait sayısal veriler Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Sarıçam ve Kayın örneklerine ait yapışma direnci değerleri

İstatistik Değerler	Sarıçam			Kayın		
	PVAc	PU	D2	PVAc	PU	D2
Min	6,21	5,33	6,4	7,96	6,13	5,16
Max	7,69	7,46	5,15	5,09	8,84	7,88
\bar{e}	6,86	6,67	5,74	6,36	7,33	6,38
δ_x	0,37	0,59	0,34	0,92	1,00	0,83
n	10	10	10	10	10	10

Min: Minimum değer, Max: Maksimum değer, \bar{e} : Ortalama, δ_x : Standart sapma, n: Numune sayısı

Varyans analizi

Liflere paralel yöndeki yapışma direnci değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Liflere paralel yöndeki yapışma direnci değerlerine ait varyans analiz tablosu

VAR. KAY.	SD	KAR. TOPL.	KAR. ORTAL.	F	P (%)
1.FAKTÖR	1	1,312	1,312	1,491ns	0,225
2.FAKTÖR	2	8,847	4,423	7,874**	0,001
İNTERAK.	2	3,662	1,831	3,260*	0,045
HATA	54	31,190	0,578	-	-
GENEL	59	45,010	-	-	-

1.FAKTÖR: Ağaç Türü, 2. FAKTÖR: Tutkal Türü

Bu sonuçlara göre, yapışma direnci değerleri üzerinde ağaç türü önemli bulunmazken (ns), tutkal çeşidi farklılığı % 1 önem derecesinde, ağaç türü ve tutkal çeşidi arasındaki etkileşim ise %5 önem seviyesinde etkili olmuştur.

Eğilme, Basınç ve Yapışma direnci deneylerine ait sayısal verilerin varyans analizleri istatistiksel anlamda önemli çıkmıştır. Bu farklılığın önemli olduğunu belirlemek için bu deneylere ait sayısal verilere en küçük önemli fark testi (LSD) uygulanmıştır. Bunlara ait homojenlik grupları Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. Deneylere ait verilerin homojenlik test sonuçları

Sıra No	Eğilme Direnci Homojenlik Testi			Basınç Direnci Homojenlik Testi			Yapışma Direnci Homojenlik Testi		
	C.No	Ortalama	HG	C.No	Ortalama	HG	C.No	Ortalama	HG
1.PVAc Sarıçam	6	92,638	A	5	42,561	A	5	7,332	A
2.PU Sarıçam	5	91,989	A	4	42,129	A	1	6,763	A-B
3.D2 Sarıçam	4	90,444	B	6	41,347	A	2	6,675	A-B
4.PVAc Kayın	2	65,623	C	2	37,268	B	6	6,380	B-C
5.PU Kayın	3	63,435	D	1	35,485	C	4	6,360	B-C
6.D2 Kayın	1	58,176	E	3	35,150	C	3	5,747	C
	LSD: 1,070097			LSD: 1,277665			LSD: 0,6814172		

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Liflere paralel yönde basınç deneyi sonucunda en yüksek basınç direnci Poliüretan tutkalı ile lamine edilmiş kayın (*Fagus Silvatica*) odunlarında ($42,56 \text{ N/mm}^2$) çıkmıştır. En düşük basınç direnci ise D2 tutkalı ile lamine edilmiş sarıçam (*Pinus Sylvestris*) odunlarında ($35,15 \text{ N/mm}^2$) çıkmıştır. Ağaç türü açısından bakıldığında kayın (*Fagus Silvatica*) odununun en yüksek basınç direnci poliüretan tutkalında ($42,56 \text{ N/mm}^2$), en düşük basınç direnci ise D2 tutkalında ($41,34 \text{ N/mm}^2$) çıkmıştır. Sarıçam (*Pinus Sylvestris*) odununda ise en yüksek basınç direnci poliüretan tutkalında ($37,26 \text{ N/mm}^2$), en düşük basınç direnci D2 tutkalında ($35,15 \text{ N/mm}^2$) çıkmıştır.

Basınç değerleri arasındaki farklar ağaç türü ve tutkal çeşidi farklılığından dolayı istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. Burada kayın ağacının kendine özgü yapısının, sarıçam odununa göre farklılık göstermesinden kaynaklanabilir. Tutkal türleri kendi aralarında farklı özellikler gösterdiğinden aynı ağaç türünde bile basınç değerleri kendi aralarında farklı çıkmıştır.

Liflere dik yöndeki eğilme direnci deneyleri sonucunda en yüksek eğilme direnci D2 tutkalı ile lamine edilmiş kayın (*Fagus Silvatica*) odununda ($92,63 \text{ N/mm}^2$) çıkmıştır. En düşük eğilme direnci ise polivinil asetat (PVAc) tutkalı ile lamine edilmiş sarıçam (*Pinus Sylvestris*) odununda ($58,17 \text{ N/mm}^2$) çıkmıştır. Ağaç türü açısından bakıldığında kayın (*Fagus Silvatica*) odununun en yüksek eğilme direnci D2 tutkalında ($92,63 \text{ N/mm}^2$), en düşük eğilme direnci polivinil asetat (PVAc) tutkalında ($90,94 \text{ N/mm}^2$) çıkmıştır. Sarıçam (*Pinus Sylvestris*) odununda ise en yüksek eğilme direnci poliüretan tutkalında ($65,62 \text{ N/mm}^2$), en düşük eğilme direnci polivinil asetat (PVAc) tutkalında ($58,17 \text{ N/mm}^2$) çıkmıştır.

Eğilme dirençleri arasındaki farklar istatistiksel açıdan önemli çıkarken ağaç türlerini kendi aralarında değerlendirirsek PVAc ile lamine edilen Kayın odununa göre PU ile lamine edilen Kayın odunu % 1,7 oranında yüksek çıkmıştır. Bununla birlikte yine PVAc tutkalı ile lamine edilen Kayın odununa göre D2 bazlı tutkal ile lamine edilen Kayın odunu % 2,42 fazla çıkmıştır. PU ile lamine edilen Kayın odununa göre ise D2 bazlı tutkal ile lamine edilen Kayın odunu yaklaşık olarak % 1 oranında yüksek çıkmıştır. Sarıçam odunu bakımından PVAc ile lamine edilen Sarıçam odununa göre PU ile lamine edilen sarıçam odunu eğilme direncinde % 12 fazla, D2 bazlı tutkal ile lamine edilen Sarıçam odunu ise % 9 oranında fazla çıkmıştır. D2 bazlı tutkal ile lamine edilen Sarıçam odununa göre ise PU ile lamine edilen Sarıçam odunu %3,45 fazla çıkmıştır. Bu farklılıkların çıkması tutkal türünün yapışma özelliklerinden ve her farklı tutkal ile etkileşime giren ağaç malzeme kendi (kontrol) özelliklerinden farklı özellik göstermesinden kaynaklanabilir.

Yapılan yapışma direnci deneyleri sonucunda en yüksek yapışma direnci poliüretan tutkalı ile lamine edilmiş kayın (*Fagus Silvatica*) odununda ($7,33 \text{ N/mm}^2$), en düşük yapışma direnci ise D2 tutkalı ile lamine edilmiş sarıçam (*Pinus Sylvestris*) odununda ($5,74 \text{ N/mm}^2$) çıkmıştır. Ağaç türü açısından bakıldığında kayın (*Fagus Silvatica*) odununun en yüksek yapışma direnci poliüretan tutkalında ($7,33 \text{ N/mm}^2$), en düşük yapışma direnci ise Polivinil Asetat Tutkalında ($6,36 \text{ N/mm}^2$) çıkmıştır. Sarıçam (*Pinus Sylvestris*) odununda ise en yüksek

yapışma direnci polivinil asetat tutkalında ($6,86 \text{ N/mm}^2$), en düşük yapışma direnci D2 tutkalında ($5,74 \text{ N/mm}^2$) çıkmıştır.

Yapışma deneyi sonuçlarında, yapışma dirençleri bakımından ağaç türü önemsiz çıkarken tutkal çeşidi ve ağaç türü ile tutkal çeşidi etkileşimi istatistiksel açıdan önemli çıkmıştır. Yapışma dirençleri bakımından ağaç türünün farklılığı çok az etkili olmuş ancak bu önemli bulunmamıştır. Bunun nedeni Sarıçam ve Kayın odunlarının yapışma bakımından benzer özellikler göstermesinden ve yakın değerler vermesinden kaynaklanabilir.

Lamine edilmiş ahşap malzeme, kendini temsil eden masif ağaca göre mekanik yönden daha üstün nitelikler taşımaktadır. Bu nedenle ahşap malzemenin dayanımının istendiği, üzerine ağır yüklerin gelecek olduğu yerlerde masif odun yerine aynı odun türünün laminasyon işlemine tabi tutularak kullanılması önerilebilir. Yapılan bu çalışma sonucunda kayın (*Fagus Silvatica*) ağacı, sarıçam (*Pinus Sylvestris*) ağacına göre daha iyi sonuçlar vermektedir. Tutkal türü açısından bakıldığında ise poliüretan tutkalının diğer Polivinil asetat ve D2 esaslı beyaz tutkala göre daha olumlu sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Dolayısı ile dayanımın önemli olduğu yerlerde bu iki ağaç türünden biri kullanılacaksa kayın (*Fagus Silvatica*) ağacının poliüretan tutkalı ile lamine edilerek kullanılması önerilebilir.

KAYNAKÇA

- [1] Özalp,M., "Su İtici Ve Koruyucu Emprenye Maddeleri İle Muamele Edilmiş Çam Örneklerinin Su Soğutma Kulelerinde Kullanımı İle Fiziksel, Mekanik Ve Kimyasal Özelliklerinde Meydana Gelen Değişimin İncelenmesi", ZKÜ, F.B.E., Doktora Tezi, Bartın, 2003.
- [2] Şenay,A., "Ahşap Lamine Taşıyıcı Elemanların Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar", İÜ,F.B.E., Doktora Tezi,İstanbul, 1996.
- [3] TS EN 386, Yapıştırılmış Lamine Ahşap Performans Özellikleri ve Asgari Üretim Şartları, TSE, Ankara, 1999.
- [4] DIN 68140, Finger Joints in Wood, Part 1: Finger Jointed Structural Timber, Deutsche Norm, Berlin, 1998.
- [5] Keskin,H., Togay,A., "Doğu Kayını Ve Kara Kavak Kombinasyonu İle Üretilmiş Lamine Ağaç Malzemelerin Bazı Fiziksel Ve Mekanik Özellikleri",SDÜ, Orman Fakültesi Dergisi, Sayı: 2, ISSN:1302-7085, Sayfa:101-114, 2003.
- [6] Bobat,A., " Emprenyeli Ağaç Malzemenin Kapalı Maden Ocaklarında Ve Deniz İçinde Kullanımı Ve Dayanma Süresi",KTÜ, F.B.E, Doktora Tezi, Trabzon.(1994)
- [7] Keskin H., Atar M., Kurt R., "Lamine Edilmiş Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Odununun Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri" KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi 6(1) 2003 KSU J. Science and Engineering 6(1), 2003.
- [8] Öztürk R.B., Arıoğlu N., "Türk sarıçamından lamine ahşap kirişlerin mekanik özellikleri" ITÜ Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 34437, Taşkışla, Taksim, İstanbul, 2006.
- [9] Güler C., Bektaş İ. "Andırın Doğu Kayını (*Fagus orientalis* L.) Odununda Elastiklik Özellikler ile Yoğunluk Arasındaki İlişki KSÜ Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, 2000.
- [10] Şenay,A., "Ahşap Lamine Taşıyıcı Elemanların Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar", İÜ,F.B.E., Doktora Tezi,İstanbul, 1996.
- [11] Demetçi, E.Y., Önemli Bazı Ağaç Türlerinin PVAc ve Epoksi Tutkalları ile Yapışma Özellikleri Üzerine Araştırmalar. I.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, 1991.

- [12] Keskin,H., Sapsız Meşe (*quercus petraea* liebl.) Ve Sarıçam (*pinus sylvestris* lipsky) Kombinasyonu İle Üretilmiş Lamine Ağaç Malzemelerin Bazı Teknolojik Özellikleri Ve Kullanım İmkanları, G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, 17(4):121-131 (2004)ISSN 1303-9709, 2004.
- [13] Eckelman, C.A., Potential Uses of Laminated Veneer Lumber in Furniture. Forest Products Journal, 43 (4) : 19-24, 1993.
- [14] Eren, S., Okalıptus (*Eucalyptus camaldulensis*) Odunundan Üretilen Lamine Ağaç Malzemelerin Bazı Mekanik ve Fiziksel Özellikleri Üzerine Tutkal Türü ve Tomruk Buharlama Süresinin Etkileri. K.Ü. FBE Yüksek Lis. Tezi, Trabzon, 1998.
- [15] Altınok, M., “Sandalye Tasarımında Gerilme Analizine Göre Mukavemet Elemanlarının Boyutlandırılması”, Doktora Tezi, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1995.
- [16] Karaaslan,A., "Borla Modifiye Edilmiş Bazı Tutkalların Kestane Ağacının Yapışma Direncine Etkileri", D.P.Ü., F.B.E., Yüksek Lisans Tezi, Kütahya, 2004.
- [17] <http://www.adalarkimya.com/tr/urun.htm>., 2008.
- [18] Dilik, T., Lamine Ağaç Malzemedden Pencere Profili Üretimi ve Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. İ.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, 1997.
- [19] Franklin Glue Company, Adhesive Trouble Shooting. Colombus, 1989.
- [20] TS 2474, Odunun Statik Egilmede Dayanımının Tayini, TSE, Ankara, 1976.
- [21] DIN 53255. Testing of wood adhesives and glued wood joints; shear and delamination tests for determining the failing strength of plywood bonds (plywood and coreboard), Deutsches Institut Fur Normung E.V. (German National Standard), 1964.
- [22] TS 2595, Odunun Liflere Paralel Doğrultuda Basınç Dayanımı Tayini, TSE, Ankara, 1977.

