

Masif ve Lamine Ağaç Malzemelerin (LAM) Alyan Vida Tutma Mukavemeti

Hasan EFE¹, *Ali KASAL², Taner DİZEL³, Ali Rıza ARSLAN¹,
Haldun Ender ERDEM⁴

¹Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü, Teknikokullar, Ankara

²Muğla Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü, Kötekli, Muğla

³Pamukkale Üniversitesi, Denizli Meslek Yüksekokulu, Mobilya ve Dekorasyon Programı, Kınıklı, Denizli

⁴Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale Meslek Yüksekokulu, Mobilya ve Dekorasyon Programı, Kırıkkale, Ankara

*Sorumlu yazar: alikasal@mu.edu.tr

Geliş Tarihi: 02.02.2009

Özet

Bu çalışmada, farklı ağaç türlerinden hazırlanan, polivinilasetat (PVAc) ve üre-formaldehit (ÜF) tutkallarıyla yapıştırılmış lamine malzemelerin (LVL), liflere dik ve paralel doğrultudaki alyan vida tutma performansları, masif ağaç malzemelerle karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Deneysel örnekler, Türkiye Mobilya Endüstrisi'ndeki yaygın kullanımları nedeniyle Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve kavak (*Populus nigra*) odunlarından hazırlanmıştır. Deneysel örneklerde 5 mm çapında ve 70 mm boyunda alyan vida kullanılmıştır. 3 malzeme çeşidi, 3 ağaç türü, 2 lif doğrultusu ve her örnekten 10 adet olmak üzere toplam 180 adet örnek statik yük altında alyan vida çekme deneyine alınmıştır. Deneyler sonucunda, en yüksek alyan vida tutma mukavemeti, masif Doğu kayını malzemelerde liflere paralel yönde, en düşük ise masif kavak malzemesinde liflere dik yönde elde edilmiştir. Ayrıca, masif ağaç malzemeye göre teknik ve ekonomik yönlerden birçok avantajları olan lamine malzemeler, kendi ağaç türlerinin masif malzemelerine yakın performans değerleri göstermişlerdir. Buna göre, lamine malzemelerin, çerçeve (iskelet) mobilya üretiminde kullanıldığı taktirde, özellikle alyan vidalı birleştirme uygulamalarında mukavemet açısından problem çıkarmayacağı ifade edilebilir.

Anahtar Kelimeler: Vidalı birleştirmeler, Vida tutma mukavemeti, Lamine ağaç malzeme (LVL)

Allen Screw Withdrawal Strength of Solid Wood and Laminated Veneer Lumber (LVL)

Abstract

In this study, the allen screw holding performances in perpendicular to grain and parallel to grain of laminated veneer lumber (LVL) prepared of different wood species with polyvinylacetate (PVAc) and ure formaldehyde (UF) were investigated by comparing the identical solid wood materials. Specimens were prepared from beech (*Fagus orientalis* L.), scotch pine (*Pinus sylvestris* L.), and poplar (*Populus nigra*) woods which are commonly used in Turkish furniture industry. In the tests, allen screws which were in 5 mm diameter and 70 mm length were utilized. A total of 180 specimens that represented 3 material types, 3 wood species, 2 grain directions and 10 replications for each group were tested under static load for screw withdrawal tests. As a result of the tests, the highest allen screw holding strengths were obtained with solid beech in parallel to grain direction while the lowest results were obtained with solid poplar in perpendicular to grain. As a result of the study; it was concluded that the LVL which provides many technical and economical advantages over solid wood could be utilized as an alternative material in frame furniture, especially constructed with allen screwed joints.

Keywords: Dowel joints, Screw withdrawal strength, Laminated veneer lumber (LVL).

Giriş

Mobilya ve yapı endüstrisinde, ağaç malzemeye olan ihtiyacın artması orman ürünlerinin azalmasına neden olmaktadır. Bu durum üreticileri değişik malzemeler üretmeye, var olan kaynakları da en iyi şekilde kullanmaya yöneltmiştir. Ahşaba alternatif olarak üretilen gerek ahşap esaslı gerekse kompozit endüstriyel malzemelerin üretimi ve kullanımı her geçen gün artış

göstermektedir. Özellikle lamine ağaç malzeme, yapı endüstrisi ve mobilya üretimi gibi çeşitli kullanım alanlarında yaygın olarak tercih edilmeye başlanmıştır.

TS EN 386 (1999)'ya göre lamine ahşap; ahşap kaplamaların lifleri birbirine paralel olarak yapıştırılmasıyla elde edilen yapı elemanı olarak tanımlanmaktadır. Dayanıklı tutkallarla (üreformaldehit, melamin formaldehit, fenol formaldehit) yüzeysel

olarak yapıştırılmış kaplama ve kerestelerden üretilen malzemelerle daha büyük boyutlu ahşap malzemeler elde edilmekte, böylece masif haldeki odun malzemenin binalarda kullanımını sınırlayan bir takım sakıncalı yönleri giderilmiş olmaktadır (Kurtoğlu, 1997).

Önceleri, genellikle yapı endüstrisinde kullanım alanı bulunan lamine ağaç malzeme, günümüzde mobilya endüstrisinde de kullanılmaya başlanmıştır. Bunun nedenleri, masif malzemeye göre daha kusursuz ve büyük boyutlarda elde edilebilmesi ve yüksek direnç özellikleri gösteren bir yapı malzemesi olması olarak sıralanabilir.

Lamine ağaç malzemelerin, gerek yapı gerekse mobilya üretiminde kullanılması, bu malzemelerin ve bu malzemelerle oluşturulan sistemlerin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi gerektiği gerçeğini ortaya çıkarmaktadır. Mobilya mühendisliği yaklaşımıyla, bu malzemelerin ilk önce gerekli fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmeli, daha sonra bu malzemelerin bağlantı elemanlarıyla tutma mukavemetleri araştırılmalıdır. Özellikle, yapı ve mobilya elemanlarının birleştirilmesinde kullanılan çeşitli tiplerdeki vidaların, bu malzemeler ile tutma mukavemetlerinin belirlenmesi, bu malzemelerle oluşturulacak sistemlerin bütününe mukavemeti açısından önem taşımaktadır.

Endüstriyel alanda gelişmiş ülkelerde yapı malzemesi olarak fazlaca tercih edilen lamine ağaç malzemelerin, bu teknolojidenden gerektiği oranda yararlanamayan ülkemizde de göz önüne alınması ve kullanımının teşvik edilmesi gerekmektedir (Uysal ve Diğerleri, 2005).

Mobilya üretiminde malzeme ve konstrüksiyonun uygunluğu ancak üretim öncesinde yapılacak tutarlı bir tasarım ile sağlanabilir. Başarılı bir konstrüksiyon tasarımının teknik, estetik ve ekonomik açıdan yararlar sağlayacağı açıktır (Efe ve Demirci, 2001).

Mobilya tasarımında estetik tasarımın önemi kadar mühendislik tasarımı da önemli bir yer tutmaktadır. Ürün tasarımcısı, ürünün kullanımda olduğu sırada hangi tip ve büyüklükte yüklerin uygulanacağını bilmek

durumundadır. Birleştirmeler, kullanım esnasında taşınması beklenen muhtemel yükleri taşıyabilecek şekilde tasarlanmalıdır. Mobilya birleştirmelerini oluşturmak için birçok bağlantı ve bağlama teknikleri kullanılmaktadır. Uygun tasarımın gereği olarak, bağlantı elemanları ve birleştirme tekniklerinin kabul edilebilir tasarım gerilmeleri önceden bilinmelidir (Efe, 1994; Kasal, 2004).

Lamine edilmiş kızılğacın fiziksel ve mekanik özellikleri ile mobilya endüstrisinde kullanım olanaklarının araştırıldığı çalışmada, 2 ve 4 mm kalınlığındaki soyma kaplamalar PVAc ve poliüretan tutkallarıyla lamine edilmiştir. Sonuçta, PVAc tutkallı ve 2 mm kat kalınlığındaki malzemelerin liflere paralel makaslama direnci, liflere paralel basınç direnci, liflere dik eğilme direnci ve elastikiyet modülü deneylerinde yüksek değerler verdiği, poliüretan tutkallı 2 mm kat kalınlığındaki numunelerin ise vida ve çivi tutma dirençleri ile, liflere dik çekme-yarılma deneylerinde yüksek direnç gösterdiği bildirilmiştir (Kılıç, 1997). Lamine ağaç malzeme kama dişli boy birleştirmelerinin eğilme direncine etkilerinin araştırıldığı çalışmada, deney örneği olarak Doğu kayını ve sarıçam odunlarından D4 tutkallı ile elde edilen lamine malzemeler kullanılmıştır. Deney sonuçlarına göre, lamine ağaç malzemelerde eğilme direncinin, kontrol örneklerine göre Doğu kayınında %17, sarıçamda %20 azaldığı, eğilme direncinin de Doğu kayınında sarıçamdan daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Örs ve ark., 2001). Yonga levha, lif levha, kontratabla, suntu lam, werzalit gibi ahşap levhaların soket vida tutma kuvveti üzerinde, soket vida boyunun doğru, çapının ise ters orantılı etkisi olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, ön delik çap oranı ve vida dış adımı ile dış yüksekliğinin soket vida tutma kuvveti üzerinde etkili olduğu belirtilmiştir (Efe, 1992). Rajak ve Eckelman (1993)'a göre pilot delikler yalnızca vidaya klavuzluk yapma görevini değil aynı zamanda vidanın yüzeye dik yönde ve kolayca girmesini sağlama görevini de yapmaktadır. Buna ek olarak, uygun çapta pilot delik açıldığı takdirde, kompozit malzemelerin vida tutma kuvvetinin önemli derecede arttığını vurgulayıp, pilot delik çapının, vida dış dibi çapının % 80-85'i

olmasının mukavemet açısından uygun olduğunu belirtmişlerdir. Kontrplak ve yönlendirilmiş yonga levhanın (OSB) vida tutma mukavemetleri üzerinde; vida çapı, vida etkili boyu ve malzeme yoğunluğunun etkili olduğu belirtilmiştir (Erdil vd., 2002). 5 mm kalınlığındaki Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich), sarıçam (*Pinus sylvestris* Lipsky), Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) ve sapsız meşe (*Quercus petraea* Lipsky) kaplamalarından, PVAc-D4 tutkalı ile 4 katmanlı olarak lamine edilmiş ağaç malzemelerin teknolojik özellikleri, bu ağaç türlerini temsil eden masif ağaç malzemelerden daha üstün çıkmıştır (Keskin, 2001). Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky), sapsız meşe (*Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl.) ve sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odunlarından Kleberit 303, PVAc ve poliüretan tutkalları ile 3, 5 ve 7 katlı olarak hazırlanan lamine ağaç malzemelerde en yüksek eğilme direnci, PVAc tutkalı ile yapıştırılmış 5 katmanlı Doğu kayınında elde edilmiştir (Döngel, 1997). 3 mm kalınlıklarda kavak (*Populus nigra*) odunundan elde edilen kesme kaplamalar (B) ile Doğu kayını odunundan elde edilen soyma kaplamalar (A), “7A”, “7B”, “ABBBBA”, “ABABABA”, “AABBBAA” ve “AABABAA” simetrisinde, lifleri birbirine paralel ve 7 katmanlı olacak şekilde poliüretan (Desmodur-VTKA), üre formaldehit ve kleberit-303 tutkalları ile yapıştırılmış ve eğilme dirençleri araştırılmıştır. En yüksek eğilme direncinin sırası ile “ABBBBA” katman simetrisi ve soğuk uygulamalı laminasyonda Desmodur-VTKA, kleberit-303, sıcak uygulamalı laminasyonda ise üre formaldehit tutkalında olduğu bildirilmiştir (Altınok, 2002a). Çam türü lamine elemanlarda mekanik direnç özellikleri araştırılmış, daha çok ahşap ev imalatında yatay ve düşey taşıyıcı olarak kullanılan lamine ahşap elemanda eğilme ve basınç (burkulma) dirençleri belirlenmiştir. Bu amaçla deneylerde sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Rus çamı (*Pinus sibirica*), yapıştırıcı olarak Kleberit 305 tutkalı kullanılmıştır. Gerçek boyutlarda hazırlanan dört katmanlı numunelere DIN 52 185 esaslarına göre basınç yükü, altı katmanlı numunelere DIN 52 186 esaslarına göre eğilme yükü

uygulanmıştır. Denemeler sonunda, en yüksek eğilme ve basınç direncinin sarıçamda olduğu bildirilmiştir (Altınok, 2002b). Lamine katman teşekkülünün mekanik dirençlere etkilerinin belirlendiği çalışmada, değişik katman simetrisinden oluşan sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve kavak (*Populus nigra*) deney örneklerine eğilme ve çekme deneyleri uygulanmıştır. Deney sonuçlarında, lamine ahşabın eğilme ve yapışma direnci ile yoğunluğunun, sarıçam katmana bağlı olarak arttığı, lamine malzemenin eğilme direncinin yoğunluğa oranlandığında ise en uygun katman simetrisinin (A:sarıçam kaplama olmak üzere) “ABBBBA” simetrisi malzemelerde olduğu bildirilmiştir (Altınok, 2003).

Bu çalışmada, kullanıcılar için daha kaliteli yapısal sistemler ve mobilyalar tasarlanabilmesi adına, polivinilasetat ve üre formaldehit tutkalıyla lamine edilmiş, 11 katmandan oluşan, 2 mm katman kalınlığındaki farklı ağaç türlerinden hazırlanan lamine ve kontrol örneği masif ağaç malzemelerin liflere paralel ve liflere dik yönde aylan vida tutma mukavemetlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Sonuçta tasarımcı ve üreticiler için sayısal bir veri tabanı oluşturulacaktır.

Materyal ve Metot

Ağaç malzeme

Deneylerde, endüstrideki kullanım yoğunlukları nedeniyle Doğu kayını, sarıçam ve kavak malzemeler ile bunların lamine versiyonları seçilmiştir. Keresteler ve lamine yapımında kullanılacak papel kaplamalar, Ankara Mobilyacılar Sitesinden rasgele seçim yöntemiyle temin edilmiştir. Malzemelerin, lifleri düzgün, budaksız, ardaksız, normal büyüme göstermiş, mantar ve böcek zararlarına uğramamış I. sınıf kereste ve kaplamalar olmasına özen gösterilmiştir.

Masif malzemeler kaba ölçülerinde kesildikten sonra aralarına göknar latalar konmak suretiyle istiflenmiş ve direk gün ışığı görmeyen bir ortamda bir yıl süreyle kurumaya bırakılmıştır. Kaplamalar da aynı ortamda bir yıl süreyle bekletildikten sonra laminasyona hazır hale getirilmiştir.

Tutkal Polivinilasetat

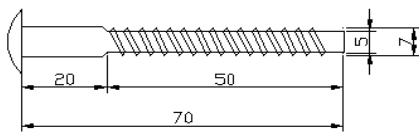
Bu çalışmada, laminasyon uygulamalarının yarısında polivinilasetat (PVAc) tutkalı kullanılmıştır. Beyaz tutkal olarak bilinen PVAc tutkalı bir polimerizasyon tutkalı olup, daha çok fiziksel bir yapışma sağlar. Emülsiyon durumundaki tutkalın ana maddesi vinil asetatdır. Bakteriyolojik etkilere dayanıklıdır. Küflenmez ve zehirsizdir. Kurumasını 1.5 – 2 saat arasında tamamlar. Yapıştırma işleminden en iyi sonucun alınabilmesi için, uygulamanın yapıldığı ortamın sıcaklığı 15°C üzerinde olmalıdır. Kullanılan tutkalın özellikleri TS 3891 (1982)'e göre yoğunluğu 1.1 gr/cm³, viskozitesi 160-200 cps, pH değeri 5, kül miktarı % 3 tür.

Üre formaldehit

Kullanılan üre formaldehit (ÜF) tutkalı düşük formaldehit içeren bir tutkaldır. Güçlü bağlar oluşturması ile tanınır. Ahşap kaplamaların çift veya çok katlı panellere, sunta, MDF gibi satırlara, sıcak veya yüksek frekans presleri vasıtası ile uygulanmasında kullanılır. Özel formülü dolayısı ile E1 sınıfı ürünler için uygundur. Görünümü beyaz toz şeklindedir. Üretici firma tarafından verilen özellikleri TS 12009 (1996)'a göre, viskozitesi 3000-5000 mPa.s. (20°C ve 20d/d çözeltisi için)'dir. Raf Ömrü (20°C) 6 aydır. Özgül ağırlığı 0.5±0.01g/cm³'dür. Donma Süresi (Çözelti İçin) 30 °C 280-320 dakika, 60 °C 9-11 dakika, 100 °C 48-52 saniyedir. Uygulama miktarı 150-200 gr/m²'dir. Çözeltinin ömrü 15 °C'de 8 saat, 20 °C'de 5 saat, 30 °C'de 3 saattir.

Alyan vida

Deneylerde, piyasada “alyan başlı vida” olarak anılan 70 mm boyundaki, 50 mm boy dişli vidalar kullanılmıştır. (Şekil 1). Kullanılan vidalar DIN 571 (2003)'de belirtilen özellikleri taşımaktadır.



Şekil 1. Deneylerde kullanılan alyan başlı vida (ölçüler mm'dir)

Deney örneklerinin hazırlanması

Lamine ağaç malzemeler, 2 mm kalınlığındaki papel kaplamalardan, 11 kat olmak üzere 22 mm kalınlığında hazırlanmıştır. Lamine malzemelerin hazırlanmasında, papel kaplamalar, lifleri uzunluk yönünde birbirine paralel olacak şekilde yapıştırılmış ve katlar arasındaki rutubet farkının % 5 den fazla olmamasına dikkat edilmiştir. Tutkal 150–200 ± 10 gr/m² hesabıyla sürülmüş, laminasyonun yapıldığı ortamın sıcaklığının 15 °C'nin altına düşmemesine özen gösterilmiştir. Pres basıncı, kavakta 0.8, sarıçamda 1 ve kayında 1.2 N/mm² olarak alınmış ve PVAc örnekler 2 saat süreyle oda sıcaklığında preslenmiş vaziyette bekletilmişlerdir. ÜF örnekler ise, 100°C'de 1mm/dak (22/2=11dak) olacak şekilde preslenmiştir. Hazırlanan deney örnekleri, tutkalın sertleşmesini tam olarak tamamlaması amacıyla, bir ay süreyle işlem yapılmadan bekletilmişlerdir (TSE EN 386, 1999).

Doğu kayını, sarıçam, kavak masif ve lamine deney örnekleri 75x75x22 mm ölçülerinde kesilerek, sıcaklığı 20 ± 2°C ve bağıl nemi %65 ± 3 olan iklimlendirme dolabında denge rutubetine ulaşmaya kadar bekletilmişlerdir. Daha sonra, örnekler uygulamadaki esaslar çerçevesinde liflere dik ve liflere paralel yönde 4 mm klavuz delikler (Rajak ve Eckelman, 2002) açılarak vidalama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Vida girme derinliği, liflere dik yöndeki örneklerde 15 mm, liflere paralel yöndeki örneklerde ise 37 mm olarak alınmıştır (Örs ve ark., 1998). Test rutubeti ölçümleri için TS 2471 (TS 2471, 1976)'deki esaslar dikkate alınmıştır. Deney örneklerinin hava kuruğu (r=%12) rutubetteki yoğunluk değerleri ise:

$$\delta_{12} = \delta_0(1+0,12)/(1+0,84x\delta_0x0,12) \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad (2.1)$$

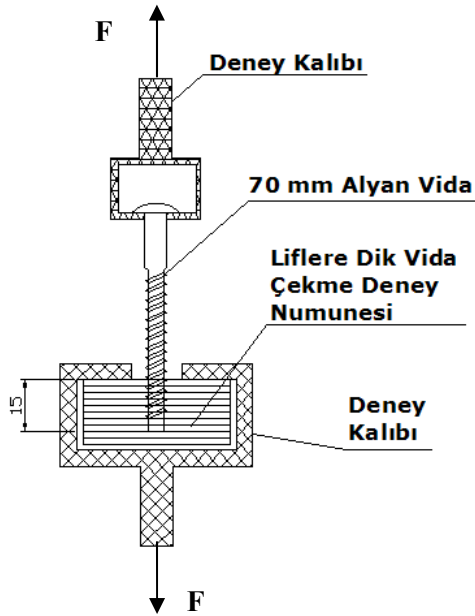
eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır (Tablo 1). Burada; δ_{12} ve δ_0 sırasıyla hava kuruğu ve tam kuru yoğunlukları ifade etmektedir (Örs ve Keskin, 2001).

Deneylerin yapılışı

Deneyler, 4 tonluk universal test cihazında, basınç kolunda 2 mm/dk hız

sağlanan statik yüklemelerle gerçekleştirilmiştir. Liflere dik ve liflere paralel yönlereki vida tutma mukavemeti deneyleri için ASTM – D 1037 (1998) ve ASTM – D 143'de (1993) belirtilen esaslara uyulmuştur. Vida başlarından vidanın tutulabilmesi amacıyla, metal yük uygulama kalıpları hazırlanarak denemeler gerçekleştirilmiştir.

Şekil 2 ve Şekil 3'de deneylerde kullanılan liflere dik ve liflere paralel alyan vida çekme deney örnekleri ve düzenekleri gösterilmiştir. Deneylerde, alyan vidanın çıkma anında, göstergedan okunan maksimum kuvvet değerleri, Newton (N) olarak kaydedilmiştir.

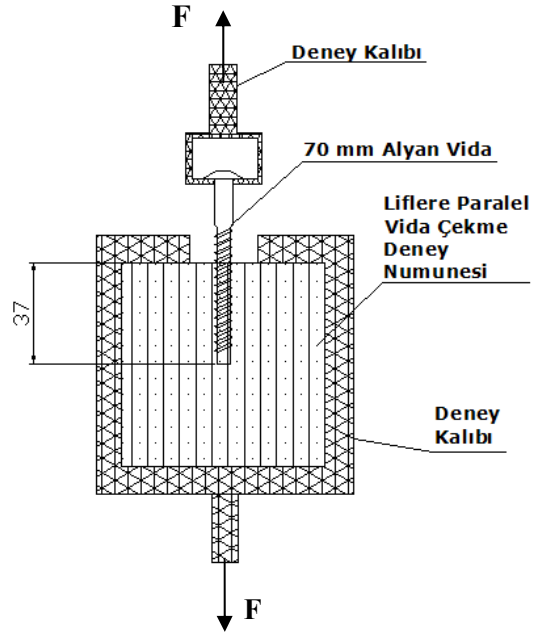


Şekil 2. Liflere dik alyan vida çekme deney düzeni

Verilerin değerlendirilmesi

Masif ve lamine malzemelerin liflere dik ve paralel alyan vida tutma mukavemetine, ağaç türü (D. Kayını, sarıçam, kavak) ve malzeme çeşidinin (masif, PVAc lamine, ÜF lamine) etkilerini belirlemek amacıyla hazırlanan 216 örnekten alınan verilerden, her grup için en üst ve en alt değerlerinin atılması suretiyle kalan 180 veri istatistiksel değerlendirmeye alınmıştır. Liflere paralel ve dik alyan vida tutma mukavemetinde, ağaç türü ve malzeme çeşidinin etkilerini

belirlemek amacıyla çoklu varyans analizleri yapılmış, varyans kaynakları ile bunların karşılıklı etkileşimlerinin ($\alpha = 0.05$) anlamlı çıkması halinde, farklılıkların hangi ağaç türü ve malzeme çeşidi için önemli olduğu en küçük önemli fark (LSD) testi ile belirlenmiştir.



Şekil 3. Liflere paralel alyan vida çekme deney düzeni

Bulgular ve Tartışma

Masif, PVAc ve ÜF lamine ağaç malzemeler için yapılan rutubet kontrolü, tam kuru yoğunluk ve rutubetli yoğunluk değerlerine ait ortalama değerler varyasyon katsayıları ile birlikte Tablo 1'de verilmiştir.

Liflere paralel vida tutma mukavemeti

Deneylerden elde edilen, liflere paralel vida tutma mukavemeti minimum, maksimum ve ortalama değerleri varyasyon katsayıları ile birlikte Tablo 2'de, varyans analizi sonuçları ise Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 1. Masif ve lamine malzemelerin rutubet ve yoğunluk değerleri

Malzeme Çeşidi	Test Rutubeti (%)	v (%)	Tam kuru yoğunluk (gr/cm ³)	v (%)	Test rutubeti yoğunluğu (gr/cm ³)	v (%)	Hava kuru yoğunluk (gr/cm ³)*
Masif D. Kayını	7.5	4.5	0.63	5.1	0.65	4.9	0.66
PVAc Lam. D. Kayını	7.1	4.3	0.65	2.7	0.66	2.8	0.68
ÜF Lam. D. Kayını	8.8	2.3	0.64	2.1	0.67	1.1	0.67
Masif Sarıçam	8.4	3.6	0.46	3.0	0.48	3.3	0.49
PVAc Lam. Sarıçam	8.1	8.9	0.54	2.9	0.56	2.9	0.57
ÜF Lam. Sarıçam	8.9	2.2	0.57	0.7	0.60	0.6	0.60
Masif Kavak	6.7	4.0	0.31	12.	0.33	6.7	0.34
PVAc Lam. Kavak	6.7	2.3	0.44	3.9	0.45	3.6	0.47
ÜF Lam. Kavak	8.0	5.2	0.54	7.6	0.56	8.0	0.57

v: Varyasyon katsayısı, *: Hava kuru yoğunluk değerleri için (2.1) eşitliğinden (23)'den yararlanılmıştır.

Tablo 2. Masif ve lamine ağaç malzemelerin liflere paralel vida tutma mukavemeti değerleri

Ağaç Türü	Malzeme Çeşidi	Liflere Paralel Vida Tutma Mukavemeti (N)			
		X _{min}	X _{max}	X _{ort}	v (%)
Doğu kayını	Masif	3982	6837	5563	16.92
	PVAc Lamine	2903	5424	3891	20.35
	ÜF Lamine	2982	4620	3728	16.59
Sarıçam	Masif	1687	2835	2243	16.26
	PVAc Lamine	1471	2609	1988	19.87
	ÜF Lamine	1353	2580	1871	22.84
Kavak	Masif	1648	2992	1386	15.86
	PVAc Lamine	1461	2992	2162	23.50
	ÜF Lamine	1412	2109	1779	13.02

X_{min}: En küçük değer, X_{max}: En büyük değer, X_{ort}: Ortalama değer

Tablo 3. Liflere paralel vida tutma mukavemeti değerleri için yapılan varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P< 0.05
Ağaç Türü	2	107979617.37	53989808.687	172.08	0.0000*
Malzeme Çeşidi	2	14414170.698	7207085.349	22.972	0.0000*
Ağaç Türü x Malz. Çeşidi	4	8809415.552	2202353.888	7.0198	0.0001*
Hata	81	25412387.587	313733.180	-	-
Toplam	89	156615591.211	-	-	-

*: Fark 0,05'e göre anlamlı

Bu sonuçlara göre; ağaç türü ve malzeme çeşidi ile bu faktörler arasındaki ikili etkileşimin, liflere paralel vida tutma mukavemeti değerlerine etkisi 0.05 yanılma olasılığı için anlamlı olarak bulunmuştur. Anlamlı bulunan ağaç türü faktörü için yapılan LSD testinin sonuçları Tablo 4'de verilmiştir.

Homojenlik gruplarında, (A) harfi en başarılı sonucu ifade etmekte ve harfler ilerledikçe başarısızlık artmaktadır. Ağaç türü faktörüne göre, liflere paralel vida çekme deneyinde en yüksek mukavemet Doğu kayınında, en düşük ise kavak ve sarıçamda elde edilmiştir. Doğu kayını

sarıçamdan % 116, kavaktan ise % 108 daha fazla kuvvet taşımıştır.

Tablo 4. Ağaç türü faktörüne göre ortalama liflere paralel vida tutma mukavemeti değerlerinin karşılaştırma sonuçları

Ağaç Türü	Liflere Paralel Vida Tutma Mukavemeti (N)	
	\bar{X}	HG
Doğu Kayını	4395	A
Sarıçam	2035	B
Kavak	2109	B

LSD $\pm 287.4N$, \bar{X} =Aritmetik ortalama, HG=Homojenlik grubu

Sarıçam malzemeler ile kavak malzemeler istatistiksel olarak aynı değeri vermişlerdir. Yoğunluğun artması, vida tutma mukavemetini artırıcı etki yapmış olabilir. Bunun nedeni, Doğu kayını odununun yoğunluğunun fazla olması ve bu sebeple birim alanda vidaya sarılarak tutunmaya katılan hücre miktarının diğer ağaç malzemelere oranla daha fazla olması olabilir. Malzeme çeşidi faktörü için yapılan LSD testinin sonuçları Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5. Malzeme çeşidi faktörüne göre ortalama liflere paralel vida tutma mukavemeti değerlerinin karşılaştırma sonuçları

Malzeme Çeşidi	Liflere Paralel Vida Tutma Mukavemeti (N)	
	\bar{X}	HG
Masif	3397	A
PVAc Lamine	2681	B
ÜF Lamine	2460	B

LSD ± 287.4 N

Malzeme çeşidi faktörüne göre, liflere paralel vida tutma deneyinde en yüksek mukavemet masif malzemelerde, en düşük ise PVAc lamine ve ÜF lamine ağaç malzemelerde elde edilmiştir. Masif malzeme PVAc lamine malzemedan % 27, ÜF lamine malzemedan ise % 38 daha fazla kuvvet taşımıştır. PVAc lamine malzemeler ile ÜF lamine malzemeler istatistiksel olarak aynı değeri vermişlerdir. Bunun nedeni olarak, yapışmadan kaynaklanan olumsuzluklar, katmanlar arasındaki tutkalın masif malzeme kadar direnç göstermediği ve lamine malzemeyi daha esnek fakat daha az dirençli hale getirmesi söylenebilir. Ağaç türü ve malzeme çeşidi ikili etkileşimi için yapılan LSD testinin sonuçları Tablo 6’da verilmiştir.

Ağaç türü ve malzeme çeşidi ikili etkileşimine göre, liflere paralel vida tutma deneyinde en yüksek mukavemet Doğu kayını ağaç malzemelerde, en düşük ise sarıçam ve kavak ÜF tutkallı lamine malzemelerde elde edilmiştir.

Lamine sarıçam ve kavakta, vida tutma mukavemetinde Doğu kayınına nazaran kontrol örneklerine daha yakın sonuçlar

alınmıştır. Bunun nedeni, sarıçam ve kavak odununda hücre boşluğunun fazla olması ve laminasyon işleminde yapıştırıcı maddenin hücrelere iyi nüfuz ederek kohezyon kuvvetini arttırmış olması olabilir.

Tablo 6. Ağaç türü ve malzeme çeşidi ikili etkileşimi için yapılan LSD testi sonuçları

Ağaç Türü	Malzeme Çeşidi	Liflere Paralel Vida Tutma Mukavemeti (N)	
		\bar{X}	HG
Doğu Kayını	Masif	5563	A
	PVAc Lamine	3892	B
	ÜF Lamine	3729	B
Sarıçam	Masif	2243	CD
	PVAc Lamine	1988	CD
	ÜF Lamine	1872	D
Kavak	Masif	2386	C
	PVAc Lamine	2162	CD
	ÜF Lamine	1779	D

LSD ± 497.7 N

Liflere dik vida tutma mukavemeti

Masif ve lamine ağaç malzemelerin liflere dik vida tutma mukavemeti değerleri ile varyans analizi sonuçları Tablo 7 ve Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 7. Masif ve lamine ağaç malzemelerin liflere dik vida tutma mukavemeti değerleri

Ağaç Türü	Malzeme Çeşidi	Liflere Dik Vida Tutma Mukavemeti (N)			
		X_{min}	X_{max}	X_{ort}	v (%)
Doğu kayını	Masif	2511	3423	3006	11.80
	PVAc Lamine	1893	2952	2400	13.19
	ÜF Lamine	2118	3472	2736	15.73
Sarıçam	Masif	1393	2069	1540	13.03
	PVAc Lamine	1285	1658	1446	9.06
	ÜF Lamine	1510	1648	1587	3.30
Kavak	Masif	981	1638	1189	18.53
	PVAc Lamine	1363	1706	1534	7.07
	ÜF Lamine	1363	1824	1673	9.70

Tablo 8. Liflere dik vida tutma mukavemeti değerleri için yapılan varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P<0.05
Ağaç Türü	2	29774187.73	14887093.8	239.680	0.0000*
Malzeme Çeşidi	2	637329.908	318664.954	5.1305	0.0080*
Ağaç Türü x Malz. Çeşidi	4	2550225.811	637556.453	10.2646	0.0000*
Hata	81	5031091.654	62112.243	-	-
Toplam	89	37992835.10	-	-	-

Bu sonuçlara göre; ağaç türü ve malzeme çeşidi ile bu faktörler arasındaki ikili etkileşimin liflere dik vida tutma mukavemeti değerlerine etkisi 0.05 yanılma olasılığı için anlamlı olarak bulunmuştur. Anlamlı bulunan ağaç türü faktörü için yapılan LSD testinin sonuçları Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9. Ağaç türü faktörüne göre ortalama liflere dik vida tutma mukavemeti değerlerinin karşılaştırma sonuçları

Ağaç Türü	Liflere Dik Vida Tutma Mukavemeti (N)	
	\bar{X}	HG
Doğu Kayını	2714	A
Sarıçam	1524	B
Kavak	1466	B

LSD ± 127.9 N

Ağaç türü faktörüne göre, liflere dik vida çekme deneyinde en yüksek mukavemet Doğu kayınında, en düşük ise kavak ve sarıçamda elde edilmiştir. Doğu kayını sarıçamdan % 78, kavaktan ise % 85 daha fazla kuvvet taşımıştır. Sarıçam malzemeler ile kavak malzemeler arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsizdir. Malzeme çeşidi faktörü için yapılan LSD testinin sonuçları Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10. Malzeme çeşidi faktörüne göre ortalama liflere dik vida tutma mukavemeti değerlerinin karşılaştırma sonuçları

Malzeme çeşidi	Liflere Dik Vida Tutma Mukavemeti (N)	
	\bar{X}	HG
Masif	1912	AB
PVAc Lamine	1794	B
ÜF Lamine	1999	A

LSD ± 127.9 N

Malzeme çeşidi faktörüne göre, liflere dik vida tutma deneyinde en yüksek

mukavemet ÜF lamine malzemelerde, en düşük ise PVAc lamine ağaç malzemelerde elde edilmiştir. ÜF lamine malzeme masif malzemeden % 4, PVAc lamine malzemeden ise % 11 daha fazla kuvvet taşımıştır. Bu sonuçlar, literatürdeki bir çalışmada bahsedilen, ÜF tutkalının PVAc tutkalına göre daha kırılğan ve gevrekli yapıda olmasına karşın, molekülleri arasındaki bağın daha kuvvetli olduğu ifadesi ile açıklanabilir (Tout, 2000). Ağaç türü ve malzeme çeşidi ikili etkileşimi için yapılan LSD testinin sonuçları Tablo 11'de verilmiştir.

Ağaç türü ve malzeme çeşidi ikili etkileşimine göre, liflere dik vida tutma deneyinde en yüksek mukavemet Doğu kayını masif malzemelerde, en düşük ise kavak masif malzemelerde elde edilmiştir. Doğu Kayını odununda masif malzeme PVAc ve ÜF lamine malzemeden daha yüksek değeri vermiş olmasına rağmen sarıçamda odununda ÜF lamine ile aynı, PVAc lamineden daha yüksek değer vermiş, kavakta ise iki lamine türünden de daha düşük değerler elde edilmiştir.

Tablo 11. Ağaç türü ve malzeme çeşidi ikili etkileşimi için yapılan LSD testi sonuçları

Ağaç Türü	Malzeme Çeşidi	Liflere Dik Vida Tutma Mukavemeti (N)	
		\bar{X}	HG
Doğu Kayını	Masif	3007	A
	PVAc Lamine	2400	C
	ÜF Lamine	2736	B
Sarıçam	Masif	1540	DE
	PVAc Lamine	1446	E
	ÜF Lamine	1587	DE
Kavak	Masif	1190	F
	PVAc Lamine	1534	DE
	ÜF Lamine	1673	D

LSD ± 497.7 N

Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, lamine edilmiş Doğu kayını, sarıçam ve kavak malzemelerin liflere

paralel ve liflere dik yöndeki alyan vida tutma mukavemeti değerleri aynı malzemelerin masifleri ile karşılaştırılarak belirlenmiştir.

Masif ve lamine ağaç malzemeler, liflere dik ve paralel doğrultudaki alyan vida tutma mukavemeti deneylerinde, grupları itibarıyla farklı mekanik davranış özellikleri göstermişlerdir. Çalışmanın sonucunda, laminasyon tekniğiyle üretilen, çerçeve tipi mobilyalarda, alyan vidalı birleştirme tekniğinin, masif mobilyalardaki kadar güvenli olarak uygulanabileceği, bu sayede daha ekonomik, üretimi kolay ve estetik mobilyalar yapılabileceği anlaşılmıştır. Bu bağlamda lamine tekniğiyle üretilen mobilyalarda, alyan vida tutma mukavemeti için gerekli veriler sağlanmış olup, hangi ağaç türlerinin kullanılabilir olduğu belirlenmiştir.

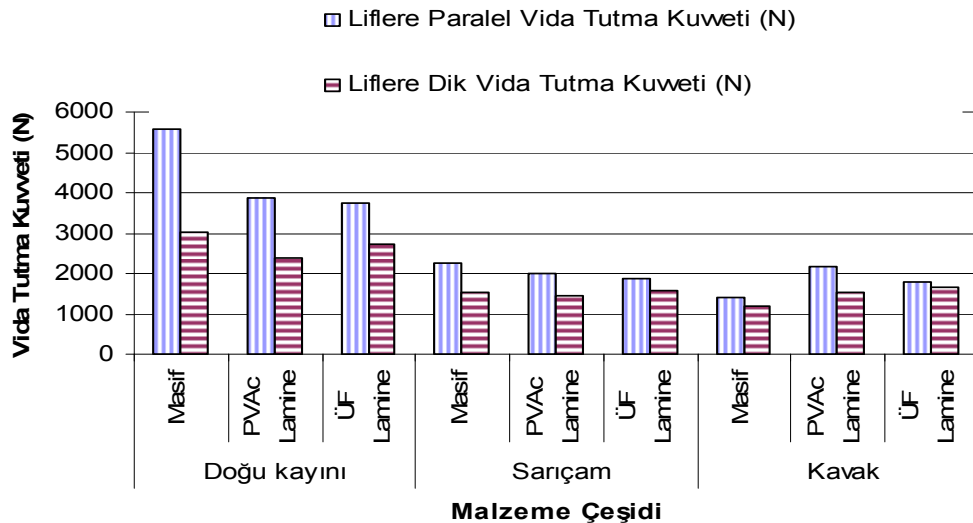
Doğu kayını masif ile lamine malzemeler arasındaki vida tutma mukavemeti farkları fazla olmakla birlikte lamine malzemelerin masif malzemelere oranla daha düşük değerler verdiği, sarıçam ve kavağın masif ve lamine malzemeleri arasındaki farklarının ise daha az ve lamine malzemelerin masif malzemelerden yüksek değerler verdiği gözlenmiştir. Buna göre, sarıçam ve kavak odununun lamine edilerek kullanılması

teknik ve ekonomik yönlerden yarar sağlayacaktır.

Liflere paralel ve dik yönde alyan vida tutma mukavemeti değerleri karşılaştırmalı olarak Şekil 4’de gösterilmiştir.

Buna göre, genel olarak liflere paralel yönde alyan vida tutma mukavemeti, liflere dik yöne göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Buna göre, alyan vidanın ağaç malzemeyle liflere paralel yöndeki vidalama kabiliyetinin liflere dik yöndeki vidalama kabiliyetinden daha iyi olduğu söylenebilir. Liflere paralel yönde vidalanan numunelerde vida lif boyunca liflere dolanarak tutunmakta, liflere dik yönde vidalanan numunelerde vidalamadan dolayı lifler arasında kopma meydana gelmekte ve lif demetleri birbirinden bağımsız hareket etmektedirler. Bu nedenle, liflere paralel yönlerde alyan vida daha iyi tutunmaktadır. Bu durumda, mobilyada mühendislik tasarımı yapılırken, lamine ağaç malzemelerin vidala yönlerinde bu hususa dikkat edilmesi mukavemet açısından yarar sağlayacaktır.

Ağaç türleri arasında liflere dik yönde en yüksek alyan vida tutma mukavemetini Doğu kayını malzemeler, en düşük mukavemeti ise sarıçam ve kavak malzemeler göstermiştir.



Şekil 4. Liflere paralel ve dik yönde alyan vida tutma mukavemeti sonuçları

Malzeme çeşidine göre liflere dik ve paralel yönde alyan vida tutma mukavemeti incelendiğinde, masif malzemeler lamine malzemelerden daha yüksek vida tutma mukavemeti göstermişlerdir. Özellikle kayın odununda masif malzemelerin daha mukavemetli olduğu gözlenmiştir. Sarıçamda genel itibariyle aynı değerleri vermiş olmalarına rağmen kavak odununda masif malzemeler lamine malzemelerden daha düşük değerler vermişlerdir. Bu nedenle özgül ağırlığı düşük olan ağaç malzemelerde lamine malzeme kullanımı mukavemet değerlerini arttırmakta ve kullanım açısından kolaylıklar sağlamaktadır. Lamine malzemelerin çerçeve tipi mobilyalarda alyan vidalı birleştirmelerde kullanılabilmesi ve masif ağaç malzeme kadar sağlam olacağı sonucunu göstermektedir.

Her iki vida çekme yönünü de Şekil 4'e göre tek tek incelemek gerekirse; liflere paralel yönde alyan vida tutma mukavemeti sonuçlarına göre, en yüksek değer Doğu Kayını odununda elde edilmiştir. Doğu Kayını odunu kendi grubu içerisinde ise en yüksek vida tutma mukavemetinin masif malzeme olduğu gözlenmiştir. Sarıçam ve kavak odunundan elde edilen değerler incelendiğinde genel olarak birbirine yakın sonuçlar verdiği, sarıçamda masifin, kavakta ise PVAc laminenin bir miktar daha fazla mukavemet taşıdığı belirlenmiştir. Sarıçam ve kavak odunlarında lamine malzemenin masif malzemeye alternatif olarak kullanılabilmesi söylenebilir. Her iki vida çekme yönünde de Doğu Kayını masifin yüksek değerler vermesi kayın ağaç malzemenin hücre yapısının daha sık ve az boşluklu olması sebebiyle laminelerin tutkallanmasında dezavantajlar getirmesinden kaynaklanıyor olabilir. Sarıçam ve kavak odunlarının hücre yapısına bakıldığında, daha boşluklu hücreye sahip olan bu ağaç türlerinin tutkallamada daha verimli olduğu ve lamine malzemelerin masiflerine oranla daha mukavemetli olduğu sonucuna varılabilir.

Şekil 4'teki liflere dik yönde alyan vida tutma mukavemeti sonuçlarına göre ise en yüksek değer yine Doğu Kayını odununda elde edilmiştir. Doğu Kayını odunu kendi grubu içinde ise en yüksek yük taşıma kuvvetinin masif malzeme olduğu

gözlenmiştir. Sarıçam ve kavak odunundan elde edilen değerler incelendiğinde genel olarak birbirine yakın sonuçlar verdiği, fakat sarıçam ve kavak odunundan elde edilen ÜF laminenin diğer malzemelerden bir miktar daha fazla mukavemet taşıdığı belirlenmiştir. Sarıçam ve kavak odunlarında her iki tutkal türünden de elde edilen lamine malzemenin masiflerine oranla alternatif olarak kullanılabilmesi söylenebilir.

Lamine malzemelerin kullanılacağı, alyan vidalı birleştirme ile birleştirilecek olan çerçeve mobilya elemanlarında, liflere her iki yöndeki çekme zorlama kuvvetlerine karşı birleştirmeyi daha dirençli hale getirmek için ekonomik hususlar da dikkate alınmak suretiyle Doğu Kayını lamine malzeme, sarıçam ve kavak lamine malzemeye tercih edilebilir.

Deney sonuçlarına göre, sarıçam ve kavak odunlarının lamine malzemeleri alyan vida tutma mukavemeti bakımından masif malzemeler kadar mukavemet göstermiş, özellikle çerçeve mobilya imalatında alyan vidalı birleştirmelerde lamine malzemelerin adı geçen ağaç türlerinde rahatlıkla kullanılabilmesi kanısına varılmıştır.

Bu çalışmanın sonuçlarına göre, Doğu kayınında lamine kullanımı yerine masif kullanımının tercih edilmesi önerilebilir. Fakat lamine ile yapılması gereken kavisli bir mobilya ise, sarıçam ve kavak yerine Doğu kayını laminenin kullanılması daha verimli ve mukavemetli olabilir. Bu konuda kesin yargılara varabilmek için çok yönlü araştırmaların yapılması gereklidir.

Diğer ağaç türlerine göre yüksek mukavemetli olan Doğu Kayını lamine malzemenin üretiminin, daha ekonomik ve düşük maliyetli olması bakımından, ara katmanlarda fiyatı daha uygun olan kavak ve sarıçam ağaç malzemelerin kullanılması masiflerine oranla mukavemeti arttıracığından önerilebilir. Ayrıca lamine katmanlarında farklı ağaç türlerinin uygulanması ağaç malzemenin renk farkından dolayı estetik açıdan mobilyaya güzel bir görünüm katmasına da neden olabilir.

Kaynakça

Altınok M. 2002. Lamine Ağaç Malzeme Katman Simetrisinin Eğilme Direncine Etkileri,

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt 15, No 2, 385-392.

Altınok M., Döngel N. 2002. Çam Türü Lamine Elemanlarda Mekanik Performans, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Cilt 15, No 1, 215-225.

Altınok M. 2003. Lamine Ahşapta Katman Teşekkülünün Mekanik Performansa Etkilerinin Belirlenmesi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Cilt 16, No:1, 217-224.

ASTM D 143. 1993. Standard Test Method of Testing Small Clear Specimens of Timber, ASTM Standards, W. Conshohocken, PA, USA.

ASTM D 1037 - 98. 1998. Standard Methods of evaluating the properties of wood-base fiber and particle panel materials. ASTM, West Conshohocken, PA, USA.

DIN 571. 2003. Hex head wood screws, steel, Maryland Metrics Fastener Catalog-Chapter E, Owings Mills, MD 21117, USA.

Döngel N. 1997. Lamine Ahşap Malzemede Ağaç Türü, Katman Sayısı ve Tutkal Çeşidinin Eğilme Direncine Etkileri, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

Efe H. 1992. "Mobilya Endüstrisinde Kullanılan Ahşap Levhaların Soket-Vida Tutma Yetenekleri", Yüksek Lisans Tezi, G. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 12-16, Ankara.

Efe H. 1994. Modern Mobilya Çerçeve Tasarımında Geleneksel ve alternatif Bağlantı Tekniklerinin Mekanik Davranış Özellikleri, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Efe H., Demirci S. 2001. Sarıçam ve Doğu Kayını Odunlarında Çeşitli Tutkalların Kavela Çekme Direncine Etkileri, *Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi*, G.Ü., Ankara, 9, (9), 1-13.

Erdil Y.Z., Zhang J.L., Eckelman C.A. 2002. Holding Strength of Screws In Plywood and Oriented Strandboard, *Forest Products Journal*, 52 (6): 55-62.

Kasal A. 2004. Masif Ve Odun Kompoziti Malzemelerden Üretilmiş Çerçeve Konstrüksiyonlu Koltukların Dayanım Özelliklerinin Araştırılması, Doktora Tezi, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Keskin, H. 2001. PVAc-D4 Tutkalı ile 4 Katmanlı Olarak Lamine Edilmiş Sarıçam, Toros Sediri, Doğu Kayını, Sapsız Meşe Odunlarının Teknolojik Özellikleri ve Ağaç İşleri Endüstrisinde Kullanım İmkanları, Doktora tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Kılıç Y. 1997. Lamine Edilmiş Kızılğaç'ın Fiziksel ve Mekanik Özellikleri ile Mobilya Endüstrisinde Kullanım Olanaklarının

Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, H.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, 46-60, Ankara.

Kurtoğlu A. 1997. Yapıştırılmış Lamine Ağaç Yapı Elemanları, Mobilya Dekorasyon Dergisi, Yıl 4, Sayı 21, 10-16.

Örs Y., Özen R., Doğanay S. 1998. Mobilya Üretiminde Kullanılan Ağaç Malzemelerin Vida Tutma Dirençleri", *Tr. J. of Agriculture and Forestry, TÜBİTAK*, (22): 29-34.

Örs Y., Atar M., Özçifçi, A. 2001. Lamine Ağaç Malzemede Kama Dişi Boy Birleştirmenin Eğilme Direncine Etkileri, *G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Ankara, 4 (2):531-539.

Örs Y., Keskin H. 2001. *Ağaç Malzeme Bilgisi*, Atlas Yayın Dağıtım Ltd. Şti., Yayın No 02, Ankara.

Rajak Z.,I.,B.,H.,A., Eckelman C.A. 1993. Edge and Face Withdrawal Strength of Large Screws In Particleboard and Medium Density Fiberboard", *Forest Product Journal*, 43 (4) : 25-30.

Tout R. 2000. A review of adhesives for furniture, *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 20 (4): 269-272.

TS 2471. 1976. Odunda Fiziksel ve Mekanik Deneyle İçin Rutubet Miktarının Tayini, T.S.E., Ankara.

TS 3891. 1982. Yapıştırıcılar-Polivinilasetat Esaslı Emülsiyon (Ahşap Malzeme İçin), (Tadil AMD1:1992-07), T.S.E., Ankara.

TS 12009, 1996. Reçineler-Üre Formaldehit, T.S.E., Ankara.

TS EN 386. 1999. Yapıştırılmış Lamine Ahşap Performans Özellikleri ve Asgari Üretim Şartları, TSE Standardı, Ankara, 1-4.

Uysal B., Özçifçi A., Kurt Ş., Yapıcı F. 2005. Lamine Malzemede Su Buharının Boyutsal Değişime Etkisi, Fırat Üniv., Fen ve Müh., Bil., Dergisi, 655-663, Elazığ.