

Okalıptüs, Kayın ve Kavak Soyma Kaplamaları ile Üretilen Tabakalı Kaplama Kerestelerin (TKK) Bazı Fiziksel Özellikleri

Bekir Cihad BAL, İbrahim BEKTAŞ

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği, Kahramanmaraş

Eser Bilgisi:

Araştırma makalesi

Sorumlu yazar: Bekir Cihad BAL, e-mail: bcbal@hotmail.com

ÖZET

Bu çalışmada, okalıptüs, kayın ve kavak soyma kaplamaları ile üre-formaldehit, melamin-üre-formaldehit ve fenol-formaldehit tutkalları kullanılarak tabakalı kaplama kereste üretilmiştir. Hava kurusu yoğunluk, denge rutubeti, kalınlığına şişme ve su alma miktarları belirlenmiştir. Elde edilen bulgular varyans analizi ile istatistiksel olarak incelenmiştir. Sonuçlar, tutkal türünün denge rutubeti miktarını etkilediğini ve fenol-formaldehit ile yapıştırılan levhaların en yüksek, melamin-üre-formaldehit ile yapıştırılan levhaların en düşük denge rutubeti miktarına sahip olduğunu göstermiştir. Ayrıca, ağaç türünün, tutkal türünün ve suda bekletme süresinin kalınlığına şişme ve su alma üzerine önemli derecede etkili olduğunu göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Okalıptüs, kayın, kavak, tabakalı kaplama kereste, fiziksel özellikler

Some physical properties of laminated veneer lumbers (LVLs) produced from rotary-peeled veneers of eucalyptus, beech, and poplar

Article Info:

Research article

Corresponding author: Bekir Cihad BAL, e-mail: bcbal@hotmail.com

ABSTRACT

In this study, laminated veneer lumbers were produced with rotary peeled veneers from eucalyptus, beech and poplar using urea-formaldehyde, melamine-urea-formaldehyde and phenol-formaldehyde adhesives. Air-dried density, equilibrium moisture content, thickness swelling, and water absorption were determined. The obtained data were evaluated with variance analysis. Results showed that adhesives type influenced equilibrium moisture content, and equilibrium moisture content of LVLs bonded with phenol-formaldehyde was the highest, and that of LVLs bonded with melamine-urea-formaldehyde was the lowest. In addition, results showed that tree species, adhesive type, and soaking time were effective significantly on the thickness swelling and water absorption.

Keywords: Eucalyptus, beech, poplar, laminated veneer lumber, physical properties

GİRİŞ

Masif ağaç malzemenin budaklar, büyüme gerilmeleri, anizotropik ve higroskopik yapıda olması, mantarlar ve böcekler tarafından tahrip edilebilmesi gibi olumsuz

özellikleri bulunmaktadır (Bozkurt ve Erdin, 1997). Bu istenmeyen özelliklerini çeşitli yöntemlerle bertaraf edip farklı alanlarda kullanabilmek amacıyla odun esaslı kompozit malzemeler üretilmektedir.

Odun esaslı kompozit malzemeler; levha ürünleri, yapısal kompozitler, mekanik olarak lamine edilmiş elemanlar, kalıplanmış ürünler, odun-odun dışı ürün kompozitleri şeklinde sınıflandırılmıştır (Güller, 2001; Youngquish, 1999; Berglund ve Rowell, 2005). Bu sınıflandırmada, LVL (Laminated Veneer Lumber-Tabakalı Kaplama Kereste) yapısal kompozitler arasında yer almaktadır. Bu çalışmada, bu noktadan sonra orijinal adına sadık kalınarak LVL olarak kullanılmıştır.

LVL son yıllarda özellikle Amerika, Kanada ve bazı Avrupa ülkelerinde ahşap yapılar da fazlaca kullanılmaktadır (Anonim, 2009). “MICRO=LAM”, “kertowood”, “lamineer” (Laufenberg, 1983) ve “ultralam” (Anonim, 2012a) olarak farklı ticari isimler altında üretilmektedir. Kertowood, üretici firma tarafından günümüzde kerto-S, kerto-Q ve kerto-T isimlerinde üç farklı formda üretilmektedir (Anonim, 2012b).

LVL'nin masif ağaç malzemeye göre; görsel kusurlarından arındırılması, daha iyi fiziksel özelliklere sahip olması ve mekanik özelliklerinin aynı türü temsil eden masif ağaç malzemeye göre daha yüksek olması gibi birçok üstün özellikleri olduğu bildirilmiştir (Neuvonen ve ark. 1998; Bao ve ark. 2001; Burdurlu ve ark. 2007; Shukla ve Kamdem, 2009).

LVL'nin ilk olarak “Micro=Lam” adı ile Amerikalı, ünlü mimar ve mucit Arthur Troutner tarafından geliştirildiği, 1971 yılında kendi ekibi ile sürekli tutkallama yapan makineyi ve sürekli presi geliştirdiği, endüstriyel olarak ilk LVL'nin bu preste 8,8 cm kalınlık, 120 cm genişlik ve 24 m uzunlukta üretildiği (Reich, 1990) ve genel olarak 2.5 ile 3.2 mm kalınlıktaki soyma kaplamalar ile 2.4 m ile 18.3 m boyunda ve fenol formaldehit tutkalı kullanılarak üretildiği (Moody ve ark. 1999), ve kontrplağın aksine kaplama levhalarının

birbirlerine paralel yapıştırıldığı bildirilmiştir (Berglund ve Rowell 2005). Bu açıklamalara göre kaplama esaslı lamine bir malzemenin LVL olarak adlandırılabilmesi için; soyma kaplamalardan üretilmesi ve kaplama kalınlığının 2.5 ile 3.2 mm kalınlıklar arasında olması gerekmektedir.

LVL üretiminde genel olarak düşük ve orta yoğunluğa sahip odunlar kullanılmaktadır. Geniş yapraklı ağaçlardan *Populus tremuloides*, *Populus balsmifera*, *Liriodendron tulipifera*, *Acacia mangium*, *Gmelina arborea*, *Albizia falcata* ve bazı okaliptüs türleri LVL üretiminde kullanılmakta veya kullanılabilirliği araştırılmaktadır (Ozarska 1999). İğne yapraklı ağaç türlerinden *Pseudotsuga menziesi*, *Picea sitchensis*, *Tsuga heterophylla* ve Southern pines kullanılmaktadır (Moody ve ark. 1999; Berglund ve Rowell 2005).

Türkiye’de genel olarak kontrplak üretiminde yerli ağaç türlerinden en fazla kavak, kayın ve çam türleri kullanılmaktadır. Birçok yabancı menşeli ağaç türü de değerlendirilmektedir (Çolakoğlu, 1996). Egzotik ağaçlardan okaliptüsün odun esaslı levha ürünlerinin üretiminde kullanılabileceği belirtilmiştir (Çolak ve ark. 2003; Kurt ve ark. 2008). *Eucalyptus camaldulensis*’in kontrplak ve LVL üretiminde kullanımı üzerine denemeler yapılmıştır (Şahin 1998; Salih 1998). *Eucalyptus grandis* kaplamalarından üretilen LVL’nin eğilme özellikleri Bal ve Bektaş (2012) tarafından çalışılmış ve olumlu sonuçlar bildirilmiştir. Fakat bir ağaç türünün odun esaslı lamine malzemelerin üretiminde kullanılabilirliğini belirlemek için fiziksel ve mekanik özellikleri ve hammadde maliyeti de dâhil olmak üzere farklı birçok özelliğinin de bilinmesi gerekir. Bu noktadan hareketle, bu çalışmada;

- Okalıptüs kaplamalarından üretilen LVL'nin bazı fiziksel özellikleri kayın ve kavak kaplamalarından üretilenlerle karşılaştırmalı olarak çalışılmıştır.
- Endüstriyel olarak fazlaca kullanılan formaldehit esaslı ÜF, MÜF ve FF tutkallarının, üretilen levhaların fiziksel özellikleri üzerine etkileri karşılaştırmalı olarak çalışılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

LVL'lerin elde edilmesinde, okalıptüs (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden), doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) ve melez kavak (*Populus x euramericana* I-214) odunlarından elde edilmiş soyma kaplamalar ve üre-formaldehit (ÜF), melamin-üre-formaldehit (MÜF) ve fenol-formaldehit (FF) tutkalları kullanılmıştır. Okalıptüs tomrukları Tarsus-Karabucak'tan, kayın ve kavak tomrukları Karabük-Yenice'den elde edilmiş ve özel bir kontrplak fabrikasında 3 mm kalınlıkta soyma kaplamalar üretilmiştir. Soyma işlemi kavakta ağaç kesildikten bir gün sonra, okalıptüste 3 gün sonra yapılmıştır. Kayın tomrukları yaklaşık 40 saat ve okalıptüs tomrukları yaklaşık 15 saat buharlanmıştır. Soyma makinesinin hızı kayın ve kavak kaplamalarda 25-30 m/dk, okalıptüslerde ise 15-20 m/dk olarak ayarlanmıştır. Elde edilen kaplamalar aynı fabrikada rulo taşıyıcı, iki katlı kurutucuda kurutulmuştur. Kullanılan tutkallar özel bir tutkal üreticisinden temin edilmiştir. Kullanılan tutkalların üretici firma tarafından verilen katı madde miktarları, viskoziteleri (Cps 20°C'de) ve pH değerleri sırasıyla; ÜF tutkalında %55, 260, 8.4, MÜF tutkalında %55, 460, 9.2 ve FF tutkalında %47, 480, 12'dir.

Tutkal kaplama levhalarının sadece bir yüzüne 200 g/m² olacak şekilde sürülmüştür. ÜF ve MÜF tutkalları

hazırlanırken sertleştirici olarak %15'lik amonyum sülfat ((NH₄)₂SO₄) çözeltisi kullanılmıştır. FF tutkalına katkı veya dolgu maddesi katılmamıştır. Tutkal karışımları ÜF tutkalında; tutkal 100 birim, buğday unu 30 birim ve sertleştirici 10 birim olarak ve MÜF tutkalında aynı sırayla 100 birim, 15 birim ve 10 birim olarak ayarlanmıştır (birimler ağırlık olarak alınmıştır). LVL levhaları 7 tabakalı olarak laboratuvar tipi elektrik ısıtmalı bir hidrolik preste üretilmiştir. Pres basıncı kayın ve okalıptüs LVL üretiminde 1.18 N/mm² ve kavak LVL üretiminde 0.8 N/mm² olarak ayarlanmıştır. Pres süresi her üç tutkal türü içinde preslenen malzemenin her mm'si için 1 dakika ve ilaveten 3 dakika olmak üzere toplam 24 dk olarak ayarlanmıştır (kondüsyonlama işleminden sonra ortalama LVL kalınlığı okalıptüste 20.4 mm, kavak LVL'de 20.1 mm ve kayın LVL'de 20.3 mm olarak ölçülmüştür. Pres sıcaklığı ÜF ve MÜF tutkalı ile üretilen levhalarda 110, FF tutkalı ile üretilen levhalarda 140°C olarak ayarlanmıştır. Presleme işleminden sonra levhalar 1 hafta üst üste konup bekletilmiştir. Levha kenarlarından 3-5 cm'lik kısımlar kesilip atılmış ve sonra test örnekleri kalan kısımlardan hazırlanmıştır.

Yöntem

Hava kurusu yoğunluğun (D₁₂) belirlenmesinde TS EN 323, denge rutubeti miktarının (DRM) belirlenmesinde TS EN 322, kalınlığına şişme (KŞ) ve su alma (SA) miktarının belirlenmesinde TS EN 317'de belirtilen esaslara uyulmuş ve hesaplamalar Formül 1, 2, 3 ve 4 kullanılarak belirlenmiştir. D₁₂, DRM, KŞ ve SA deney parçaları LVL kalınlığında ve 50±1 mm genişlik ve kalınlığa sahip kare şeklinde kesilmiştir.

DRM'nin belirlenmesinde her grup için 10 test örneği, D₁₂, KŞ ve SA'nın belirlenmesinde her grup için 20 deneme

örneği hazırlanmıştır. DRM örnekleri önce $103 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklıkta laboratuvar tipi bir kurutma dolabında tam kuru hale getirilmiştir. Tam kuru ağırlıkları ve ölçüleri alınmış hemen sonra klima dolabına yerleştirilmiştir. Klima dolabında 20°C 'de ve %65 bağıl nemde kondisyonlanmıştır. Kondisyonlama sürerken ağırlık artışları takip edilmiştir. İlk 9 ölçüm 48 saatte bir, sonraki 3 ölçüm 168 saatte bir yapılmıştır. Son iki ölçümden sonra (768 ve 936 saat) test örneklerinin değişmez ağırlığa ulaştığı kabul edilerek test sonlandırılmıştır.

D_{12} , KŞ ve SA örnekleri ise önce klima dolabında 20°C 'de ve %65 bağıl nemde kondisyonlanmıştır. Kondisyonlama tamamlanınca ölçüleri alınmış ve bu verilerle D_{12} hesaplanmıştır. Sonra aynı örnekler suya daldırılmıştır. Örnekler sudan çıkarıldıktan sonra yüzey suyu hafifçe silinmiş, kalınlığı ve ağırlığı alınmıştır. Daha sonra tekrar suya daldırılmıştır. Bu şekilde ilk daldırmadan 2, 24, 168 ve 336 saat sonra dört defa ölçüm yapılmıştır. KŞ ve SA testleri genelde 2 ve 24 saatlik sürelerde yapılmaktadır. Ancak farklı tutkal ve ağaç türlerinden üretilen LVL levhalarının uzun süreler sonundaki davranışını inceleyebilmek için 168 ve 336 saatlik sürelerde de ölçümler yapılmıştır. Ağırlık ölçümleri 0.01 gr hassasiyetteki analitik terazi ile ve kalınlık ölçümleri 0.01 mm hassasiyetteki dijital kumpasla yapılmıştır.

Elde edilen bulguların SPSS programında istatistik analizleri yapılmıştır. Ağaç türü ve tutkal türünün D_{12} üzerine etkisi iki-yönlü varyans analizi ile (Two-way ANOVA) belirlenmiştir. Süre, ağaç türü ve tutkal türünün KŞ ve SA üzerine etkisi üç-yönlü varyans analizi (Three-way ANOVA) ile ve bu faktörlere ait grupların ortalamaları arasındaki farklar Tukey HSD (Tukey Honestly Significant Difference) çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir.

$$D_{12} = \frac{W_{12}}{V_{12}} \quad (\text{kg/m}^3) \quad (1)$$

Burada D_{12} : Hava kurusu yoğunluk (kg/m^3), W_{12} : deney parçasının hava kurusu haldeki ağırlığı (kg), V_{12} : deney parçasının hava kurusu haldeki hacmidir (m^3)

$$\text{DRM} = \frac{W_{12} - W_0}{W_0} \quad (\%) \quad (2)$$

Burada DRM: Denge rutubeti miktarı (%), W_0 : deney parçasının tam kuru haldeki ağırlığı (g), W_{12} : deney parçasının hava kurusu haldeki ağırlığıdır (g),

$$\text{KŞ} = \frac{k_2 - k_1}{k_1} \times 100 \quad (\%) \quad (3)$$

Burada KŞ: kalınlığına şişme miktarı (%), k_1 : deney parçasının suya daldırmadan önceki kalınlığı (mm), k_2 : deney parçasının suya daldırmadan sonraki kalınlığıdır (mm).

$$\text{SA} = \frac{a_2 - a_1}{a_1} \times 100 \quad (\%) \quad (4)$$

Burada SA: su alma miktarı (%), a_1 : deney parçasının suya daldırmadan önceki ağırlığı (g), a_2 : deney parçasının suya daldırmadan sonraki ağırlığıdır (g).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Hava kurusu yoğunluk miktarlarına ait elde edilen bulgular tablo 1'de verilmiştir. Ağaç türü ve tutkal türünün yoğunluk üzerine etkisine ilişkin iki yönlü varyans analizi sonuçları tablo 2'de verilmiştir. Bu bulgular incelendiğinde ağaç türünün yoğunluk üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu ($P < 0.001$) fakat tutkal türünün etkisinin önemsiz olduğu ($P > 0.05$) görülmektedir. Tukey çoklu ayırım testi sonuçları tablo 3'de verilmiştir. Bu

sonuçlara göre en düşük yoğunluk ağaç türüne göre kavakta en yüksek kayında ölçülmüştür. Tutkal türlerine göre yoğunluklar arasında fark belirlenmemiştir. Lamine malzemelerin yoğunluğunun, kaplamanın elde edildiği masif ağaç malzemeye göre daha yüksek olduğu ve

bunun temel sebebinin tutkal miktarının, tutkala katılan dolgu ve katkı maddelerinin ve özellikle pres basıncının olduğu yapılan birçok araştırmada belirtilmiştir (Bao ve ark, 2001; Wang ve Dai, 2005; Burdurlu ve ark, 2007; Çolak ve ark, 2007; Kurt, 2010).

Tablo 1. Hava kurusu yoğunluk miktarlarına ait bulgular

Hava kurusu yoğunluk miktarları (kg/m ³) (n:20)								
Kavak			Kayın			Okaliptüs		
ÜF	MÜF	FF	ÜF	MÜF	FF	ÜF	MÜF	FF
434	440	436	659	673	664	637	613	622
(18)	(17)	(13)	(19)	(14)	(13)	(32)	(23)	(28)

Parantez içindeki değerler standart sapmayı göstermektedir.

Tablo 2. Ağaç türü ve tutkal türünün yoğunluk üzerine etkisine ilişkin varyans analizi

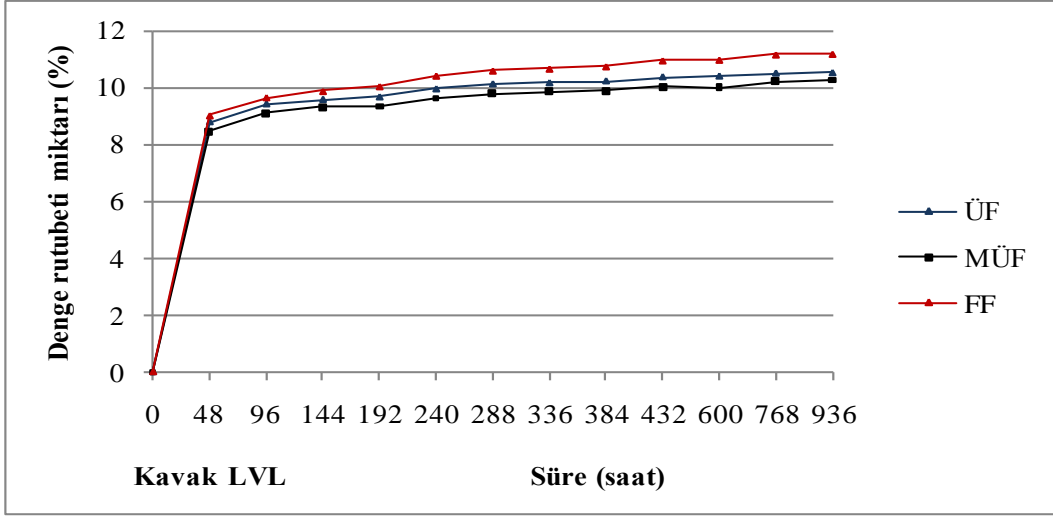
Varyans kaynağı	Kareler toplamı	SD	Kareler ortalaması	F	Önem seviyesi
AT	1777699	2	888849	2105	0.000
TT	247	2	123	0	0.747
AT * TT	8040	4	2010	5	0.001

Tablo 3. Ağaç türü ve tutkal türünün yoğunluk üzerine etkisine ait Tukey testi sonuçları

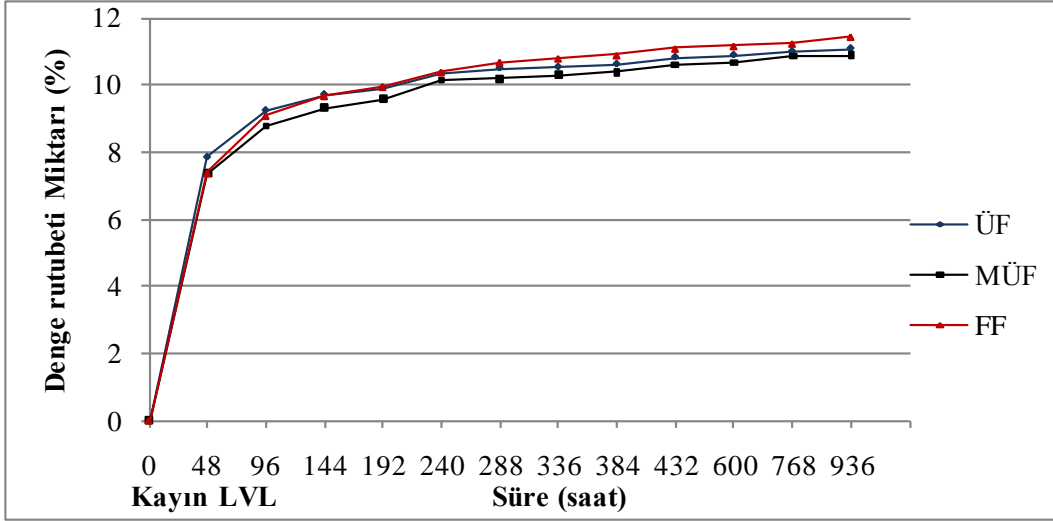
Ağaç türü	n	Gruplar	Tutkal türü	n	Gruplar
Kavak	60	437 a	FF	60	574 a
Okaliptüs	60	624 b	MÜF	60	575 a
Kayın	60	665 c	ÜF	60	577 a

Şekil 1, 2 ve 3'te farklı ağaç türleri ve tutkallarla üretilmiş olan LVL'de denge rutubetinin süre ile ilişkisi verilmiştir. Bu grafiklere göre ilk 48 saat sonunda yapılan birinci ölçümde tüm grupların %7-9 aralığında rutubet aldığı ve 936 saat sonunda aldığı toplam rutubetin büyük bir kısmını ilk 48 saatte aldığı görülmektedir. İlk 48 saatte kavak LVL'lerin diğerlerine göre daha yüksek rutubet miktarına ulaştığı ve FF ile üretilen LVL'lerin rutubet

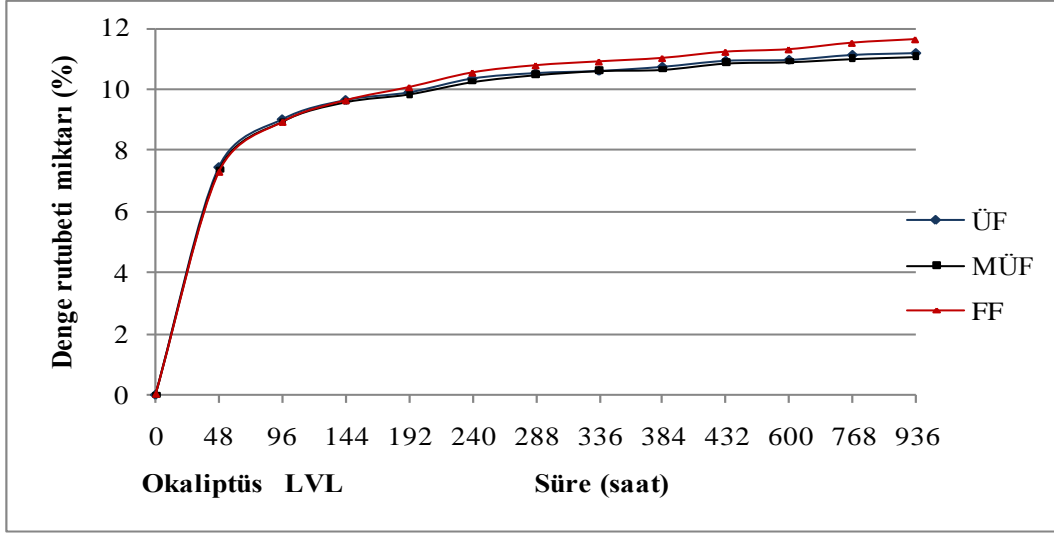
yüzdelerinin yaklaşık olarak tüm ölçümlerde en yüksek, MÜF ile üretilen LVL'lerin rutubet yüzdelerinin ise en düşük olduğu görülmektedir. FF tutkalı ile üretilen lamine malzemelerin denge rutubetinin diğer tutkallara göre daha yüksek olduğu Özen (1981) tarafından da belirlenmiştir. Dunky (2003) FF ile üretilen levhaların yüksek alkali içeriklerinden dolayı denge rutubetlerinin yüksek olduğunu bildirmiştir.



Şekil 1 Kavak LVL'de tutkal türlerine göre denge rutubeti ile süre arasındaki ilişki



Şekil 2 Kayın LVL'de tutkal türlerine göre denge rutubeti ile süre arasındaki ilişki



Şekil 3 Okalıptüs LVL’de tutkal türlerine göre denge rutubeti ile süre arasındaki ilişki

Okalıptüs, kayın ve kavak LVL test örnekleri üzerinde 2, 24, 168 ve 336 saatlik süreler sonunda ölçülen KŞ ve SA miktarlarına ait bulgular tablo 4’te verilmiştir. Tablo incelendiğinde okalıptüs ve kayın kaplamalarıyla üretilen LVL test örneklerinin birbirine yakın ve kavak LVL’lerden daha yüksek KŞ daha düşük SA miktarları verdiği görülmektedir. 336 saat sonunda yapılan son ölçümlere göre: en yüksek KŞ miktarı %5.42 ile kayın kaplamaları ve FF kullanılarak üretilen LVL’de en düşük ise %2.88 ile kavak kaplamaları ve MÜF kullanılan LVL’de ölçülmüştür. En yüksek SA miktarı %146 ile kavak kaplamaları ve FF kullanılan LVL’de, en düşük ise %59.8 ile Kayın kaplamaları kullanılan MÜF ile üretilmiş LVL’de ölçülmüştür.

Ağaç türü, tutkal türü ve sürenin SA ve KŞ üzerine etkisine ilişkin üç yönlü varyans analizi sonuçları tablo 5’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre tüm varyans kaynaklarının etkileri ileri seviyede önemli ($P < 0.001$) bulunmuştur. Yapılan bu çalışmada ağaç türünün ve sürenin KŞ ve SA yüzdeleri üzerine etkili olacağı bekleniyordu. Yoğunluk miktarlarının yakın olması sebebiyle okalıptüs ile kayının birbirlerine yakın sonuçlar vereceği tahmin ediliyordu. Ancak, tutkal türlerinin tüm ölçümlerde farklılık göstereceği beklenmiyordu. Bu farklılıkların yoğunluktan kaynaklanabileceği düşünülebilir. Ancak tutkal grupları arasında yoğunluk farklılıklarının olmadığı önceki bölümde tablo 5’te iki-yönlü varyans analizi ile ve tablo 6’da Tukey çoklu ayırım testi ile gösterilmiştir.

Tablo 4. Kalınlığına şişme ve su alma miktarları

	KŞ (%)				SA (%)			
	2 (s)	24 (s)	168 (s)	336 (s)	2 (s)	24 (s)	168 (s)	336 (s)
Okaliptüs								
ÜF	0.98 (0.18)	3.53 (0.42)	4.43 (0.44)	4.63 (0.48)	10.7 (1.18)	32.7 (3.67)	54.1 (4.24)	74.6 (5.57)
MÜF	0.60 (0.11)	2.67 (0.35)	4.21 (0.43)	4.33 (0.46)	6.8 (0.68)	24.2 (3.15)	50.7 (5.40)	73.8 (6.76)
FF	1.19 (0.24)	4.24 (0.64)	5.11 (0.60)	5.15 (0.66)	11.5 (2.29)	42.8 (5.27)	73.3 (5.59)	92.5 (5.85)
Kayın								
ÜF	0.91 (0.15)	3.47 (0.38)	4.65 (0.53)	5.12 (0.57)	15.6 (1.96)	41.4 (4.36)	52.0 (2.90)	75.3 (3.36)
MÜF	0.84 (0.16)	3.22 (0.26)	4.30 (0.36)	4.43 (0.36)	15.2 (3.74)	38.4 (5.70)	49.5 (3.39)	59.8 (2.73)
FF	1.13 (0.12)	3.82 (0.26)	5.08 (0.34)	5.42 (0.41)	16.9 (1.42)	44.6 (3.14)	54.9 (1.54)	79.3 (1.92)
Kavak								
ÜF	1.50 (0.35)	2.56 (0.22)	2.86 (0.49)	3.09 (0.41)	33.9 (2.95)	79.1 (3.90)	109.8 (5.74)	144.0 (7.31)
MÜF	1.16 (0.33)	2.52 (0.34)	2.79 (0.26)	2.88 (0.30)	32.6 (5.35)	77.0 (4.42)	109.5 (5.32)	130.6 (7.66)
FF	1.61 (0.22)	2.69 (0.30)	2.97 (0.29)	3.18 (0.34)	35.1 (3.16)	85.7 (4.78)	118.4 (4.04)	146.1 (5.30)

Standart sapmalar parantez içinde gösterilmiştir.

Elde edilen sonuçlar bu konuda yapılan önceki çalışmalarla benzerlik göstermektedir. Özen (1981) tarafından yapılan bir çalışmada kayın ve kızılğaç kaplamaları ile ÜF ve FF tutkalları kullanılarak üretilen kontrplaklar üzerinde KŞ ve SA testlerinde benzer sonuçlar elde edilmiştir. Schneider'e (1973) atfen Özen (1981) tarafından, sertleşmiş ÜF tutkalının denge rutubetinin, 20°C'de ve %58 bağıl nem şartlarında, %11.0 iken sertleşmiş FF tutkalının %38.6 olduğu, bu nedenle FF ile yapıştırılmış ağaç malzemelerin su alma miktarlarının ÜF ile yapıştırılmış olanlarından daha yüksek olduğu bildirilmiştir.

Shukla ve Kamdem (2009) tarafından Amerikan lale ağacı (*Liriodendron tulipifera*) kaplamalarından PVAc, ÜF, MÜF ve MF tutkalları kullanılarak üretilen LVL'nin KŞ ve SA miktarları 2 ve 24 saat sürelerde araştırılmış ve ÜF ile üretilen levhaların diğerlerine göre daha fazla KŞ ve SA yüzdelerine sahip olduğu belirlenmiştir. Uysal ve Kurt (2005) tarafından yapılan çalışmada su buharına maruz bırakılan LVL levhalarında FF ile üretilenlerin ÜF ile üretilenlerden daha fazla su buharı aldıkları ve daha fazla kalınlığına şişme yaptıkları belirlenmiştir. Benzer sonuçlar Uysal (2005) tarafından da belirlenmiştir.

Tablo 5. Ağaç türü, tutkal türü ve sürenin su alma ve kalınlığına şişme üzerine etkisine ilişkin üç yönlü varyans analizi sonuçları

	Varyans Kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	Önem seviyesi
Su Alma	AT ¹	344441.8	2	172220.9	8905.0	0.000
	TT ²	14925.5	2	7462.7	385.9	0.000
	SR ³	591810.4	3	197270.1	10200.2	0.000
	AT * TT	2323.9	4	581.0	30.0	0.000
	AT * SR	50370.2	6	8395.0	434.1	0.000
	TT * SR	4010.0	6	668.3	34.6	0.000
	AT * TT * SR	2592.6	12	216.1	11.2	0.000
Kalınlığına Şişme	AT	129.7	2	64.9	439.5	0.000
	TT	63.8	2	31.9	216.1	0.000
	SR	1150.0	3	383.3	2597.2	0.000
	AT * TT	4.0	4	1.0	6.8	0.000
	AT * SR	122.0	6	20.3	137.8	0.000
	TT * SR	4.3	6	0.7	4.8	0.000
	AT * TT * SR	6.3	12	0.5	3.6	0.000

¹AT: Ağaç türü, ²TT: tutkal türü, ³SR: süre

Benzer bir çalışma olarak Meriç (2009) tarafından 3 mm kalınlıktaki kavak kaplamaları ile FF kullanılarak üretilen LVL'nin 2 ve 24 saat süreler sonunda ölçülen KŞ yüzdeleri sırayla %3.92 ve %5.28. Bu çalışmada pres basıncı 0.98 ile 1.18 N/mm² aralığında ayarlandığı için KŞ yüzdeleri yüksek ölçüldüğü düşünülmektedir. Şahin (1998) tarafından 20 saat buharlanan okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis*) tomruklarından elde edilen 1.6 mm kalınlıktaki kaplamalarla ve ÜF ile üretilmiş olan 3 tabakalı kontrplakların 2 ve 24 saat sonunda ölçülen KŞ yüzdeleri sırayla %3.4 ve %6.1 ve SA yüzdeleri %11.8 ve %29.9 olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada ise levha kalınlığı düşük olduğu (4.8 mm) için KŞ miktarlarının yüksek ölçüldüğü düşünülmektedir. Bu konuda Özen (1981) tarafından yapılan çalışmada tabaka sayısı arttığında KŞ ve SA yüzdelerinin azaldığı bunun sebebinin suyla temas eden tabakaların sayısının toplam tabaka sayısına oranının azalması olduğunu belirtmiştir.

Literatürdeki bu bilgiler yanında, FF ile üretilen kontrplaklardaki KŞ ve SA miktarlarının diğerlerine oranla daha yüksek ölçülmesinin bir diğer nedeninin, FF ile yapılan üretimlerde pres sıcaklığının ÜF ve MÜF ile yapılanlara göre 30-40°C daha yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bunun sonucunda pres çıkışında FF ile üretilen levhaların rutubet içerikleri daha düşük olmaktadır. Bu konuda Youngquish (1999) tarafından preslemeden sonra FF ile üretilen levhaların boyutsal kararlılığının daha düşük olduğu bildirilmiştir.

Kalınlığına şişme ve su alma miktarları grup ortalamalarına ait Tukey çoklu ayırım testi sonuçları tablo 6'da verilmiştir. Tablo incelendiğinde süre, tutkal türü ve ağaç türü faktörlerine ait tüm grupların birbirlerinden farklılık gösterdiği, sadece ağaç türlerinin su alma miktarları bakımından okaliptüs ve kayın arasında istatistiksel olarak fark olmadığı görülmektedir.

Tablo 6. Süre, tutkal türü ve ağaç türü faktörlerine göre LVL'de kalınlığına şişme ve su alma miktarları Tukey çoklu ayırım testi sonuçları

Süre			Tutkal Türü			Ağaç Türü					
Gruplar	N	KŞ	SA	Gruplar	N	KŞ	SA	Gruplar	N	KŞ	SA
2	180	1.1 a	19.8 a	MÜF	240	2.8 a	55.6 a	Kavak	240	2.6 a	91.8 b
24	180	3.2 b	51.7 b	ÜF	240	3.1 b	60.2 b	Okalıptüs	240	3.4 b	45.6 a
168	180	4.0 c	74.6 c	FF	240	3.5 c	66.7 c	Kayın	240	3.5 c	45.2 a
336	180	4.3 d	97.3 d								

SONUÇLAR

Okalıptüs, kayın ve kavak soyma kaplamaları ile ve ÜF, MÜF ve FF tutkalları kullanılarak üretilen LVL levhalarının hava kurusu yoğunluk, denge rutubeti miktarı, kalınlığına şişme ve su alma miktarları karşılaştırmalı olarak çalışılmıştır. Elde edilen bulgular doğrultusunda şu sonuçlara ulaşılmıştır;

- Okalıptüsün hızlı gelişen, kayının yavaş gelişen bir tür olduğu göz önünde bulundurulursa, hava kurusu yoğunluk miktarları bakımından okalıptüs ve kayın kaplamaları ile üretilen LVL'lerin benzer sonuçlar vermesi önemlidir.
- Denge rutubeti miktarları üzerine kullanılan tutkal türü etkilidir ve FF ile üretilen levhalarda en yüksek, MÜF ile üretilen levhalarda en düşük oluşmaktadır.
- Kalınlığına şişme ve su alma yüzdeleri tutkal türüne göre FF ile üretilen levhalar en yüksek MÜF ile üretilen levhalar en düşük, ağaç türüne göre kalınlığına şişme kayında en yüksek kavakta en düşük, su alma ise kayın ile okalıptüste benzerdir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Kahramanmaraş Sütçü İmam üniversitesi "Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi" tarafından 2009/3-2D numaralı proje kapsamında

desteklenmiştir. Bu destekten dolayı KSÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine teşekkür ediyoruz.

KAYNAKLAR

- Anonim (2009) Forest Products Annual Market Review, Food and Agriculture Organization of the United Nations, P:139-143 Geneva-Switzerland.
- Anonim (2012a) Steico, products, laminated veneer lumber-ultralam, <http://www.steico.com/en/products/engineered-wood-products/steicoultralam.html>, (erişim:22.08.2012).
- Anonim (2012b) Kerto for advanced structural engineering, <http://www.metsawood.com/products/kerto/Pages/Default.aspx> (erişim: 14.08.2012).
- Bal BC, Bektaş İ (2012) The effects of wood species, load direction, and adhesives on bending properties of laminated veneer lumber, Bioresources 7 (3): 3104-3112.
- Bao F, Fu F, Choong T, HSE C (2001) Contribution factor of wood properties of three poplar clones to strength of laminated veneer lumber, Wood and Fiber Science, 33 (3):345-352.
- Berlung L, Rowell RM, (2005) Wood Composites, Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites, CRC press.
- Bozkurt Y, Erdin N, (1997) Ağaç Teknolojisi Ders Kitabı, İ.Ü. Orman Fakültesi, Yayın no: 445, S: 1, İstanbul.
- Burdurlu E, Kılıç M, İlce AC, Uzunkavak O (2007) The effects of ply organization and loading direction on bending strength and modulus of elasticity in laminated veneer lumber (LVL) obtained from beech (*Fagus orientalis* L.) and Lombardy poplar (*Populus nigra* L.), Construction and Building Materials 21: 1720-1725.

- Çolak S, Aydın İ, Çolakoğlu, G (2003) Okalıptüs ağacının farklı yüksekliklerinden alınan tomruklardan üretilmiş kontrplakların bazı mekanik özellikleri, DOA dergisi, Sayı:9, 2003, Tarsus
- Çolak S, Çolakoğlu G, Aydın İ (2007) Effects of logs steaming, veneer drying and aging on the mechanical properties of laminated veneer lumber (LVL), Building And Environment 42: 93-98
- Çolakoğlu G (1996) Tabakalı Ağaç Malzeme Teknolojisi Ders Notları (Yayınlanmamış) KTÜ, Orman Fakültesi, Trabzon.
- Dunky M (2003) Adhesives in the wood industry, Handbook of adhesive technology, second edition, Marcel Dekker, New York.
- Güller B (2001) Odun kompozitleri, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi 2 (A): 135-160.
- Kurt R, Mengeloğlu F, Çavuş V (2008) Okalıptüs odununun kullanımında yeni alanlar, I. Ulusal Okalıptüs Sempozyumu Bildiriler Kitabı, S:84.
- Kurt R (2010) Suitability of three hybrid poplar clones for laminated veneer lumber manufacturing using melamine urea formaldehyde adhesive, Bioresources, 5(3), 1868-1878.
- Laufenberg TL (1983) Parallel-laminated veneer: processing and performance research review, Forest Product Journal. 33(9): 21-28.
- Meriç H (2009) Üç farklı melez kavak klonlarından fenol formaldehit tutkalı kullanılarak üretilmiş tabakalanmış kaplama kerestelerin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, KSÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Moody RC, Hernandez R, Liu JY (1999) Glued structural members, Wood handbook, Wood as Engineering Material. FPL,GTR, 113, P:2-3, Madison.
- Neuvonen E, Salminen M, Heiskanen J (1998) Laminated Veneer Lumber, Wood Based Panels Technology, Reports/LVL, Department of Forest Products Marketing.
- Ozarska B (1999) A review of the utilization of hardwoods for LVL, Wood Science and Technology 33: 341-351.
- Özen R (1981) Çeşitli faktörlerin kontrplağın fiziksel ve mekanik özelliklerine yaptığı etkilere ilişkin araştırmalar, KTÜ, Orman Fakültesi Yayınları, Fakülte yayın No:120 enstitüsü, Ankara.
- Reich J (1990) Poetic engineering and invention: Arthur Troutner, architect, and the development of engineered lumber, California Polytechnic State Un., San Luis Obispo.
- Salih E (1998) Okalıptüs odunundan üretilen lamine edilmiş tabakalı malzemelerin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine tutkal türü ve tomruk buharlama süresinin etkileri, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Schneider A (1973) Über das sorptionsverhalten von phenol-und harnstoffharz verleimten holzspanplatten. Holz als Roh-und Werkstoff Bd. 31 (1973): 425-429.
- Shukla SR, Kamdem PD (2009) Properties of laboratory made yellow poplar (*Liriodendron Tulipifera*) laminated veneer lumber: effect of the adhesives, Eur. Journal. Wood Product 67: 397-405.
- Şahin A (1998) Okalıptüs odunundan üretilen kontrplakların bazı teknolojik özellikleri üzerine tomruk buharlama süresinin etkisi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Uysal B, Kurt Ş (2005) Dimensional stability of laminated veneer lumbers manufactured By using different adhesives after the steam test, G.U. Journal of Science 18 (4): 681-691.
- Uysal B, (2005) Bonding strength and dimensional stability of laminated veneer lumbers manufactured by using different adhesives after the steam test, International Journal of Adhesion & Adhesives 25 (2005): 395-403
- Youngquist JA (1999) Wood-based Composites and Panel Products, Wood handbook, Wood as Engineering Material. FPL,GTR, 113, P:1-30, Madison.
- Wang BJ, Dai C (2005) Hot-pressing stress graded aspen veneer for laminated veneer lumber (LVL), Holzforschung, 59: 10-17.
- TS EN 317 (1999) Yonga Levhalar ve Lif Levhalar-Su İçerisine Daldırma İşleminde Sonra Kalınlığına Şişme Tayini, Türk standartları enstitüsü, Ankara.
- TS EN 322 (1999) Ahşap Esaslı Levhalar-Rutubet Miktarının Tayini, Türk standartları enstitüsü, Ankara.
- TS EN 323 (1999) Ahşap esaslı levhalar-Birim hacim ağırlığının tayini, Türk standartları