

**TİTREK KAVAK YONGALARINDAN ÜRETİLEN (LSL, LVL, PSL) LAMİNE  
AĞAÇ MALZEMELERİN DİRENÇ ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Hamdullah SİZÜÇEN**

**Karabük Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalında  
Bilim Uzmanlığı Tezi  
Olarak Hazırlanmıştır**

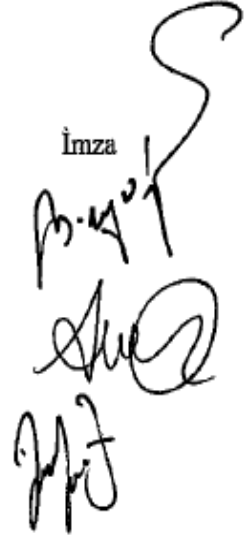
**KARABÜK  
Haziran 2008**

**KABUL :**

Hamdullah SİZÜÇEN tarafından hazırlanan “TİTREK KAVAK YONGALARINDAN ÜRETİLEN (LSL, LVL, PSL) LAMİNE AĞAÇ MALZEMELERİN DİRENÇ ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek, Karabük Üniversitesi (KBÜ), Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya Dekorasyon Anabilim Dalı’nda Bilim Uzmanlığı tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir. 19.06.2008

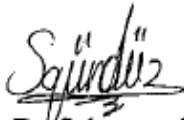
	Ünvanı, Adı Soyadı
Başkan:	Prof. Dr. Burhanettin UYSAL
Üye :	Doç. Dr. Ayhan ÖZÇİFÇİ
Üye :	Yrd. Doç. Dr. Sezayi YILMAZ

İmza



**ONAY :**


Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım. 19.06.2008

  
Doç. Dr. Süleyman GÜNDÜZ  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

*Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*

İmzası

Adı SOYADI

  
Hamdullah SİZÜÇEN



## ÖZET

**Bilim Uzmanlığı Tezi**

### **TİTREK KAVAK YONGALARINDAN ÜRETİLEN (LSL, LVL, PSL) LAMİNE AĞAÇ MALZEMELERİN DİRENÇ ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Hamdullah SİZÜÇEN**

**Karabük Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Mobilya Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı: Doç.Dr. Ayhan ÖZÇİFCİ**

**Haziran 2008, 81 Sayfa**

Bu çalışmada, titrek kavak (*Populus tremula L.*) yongalarından üretilen kompozitlerden lamine ağaç malzeme (Laminated Veneer Lumber: LVL), Paralel Strand Lumber (PSL) ve Laminated Strand Lumber (LSL) kerestelerinin fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu maksatla, kompozit kerestelere EN 310'a göre eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü, TS 2595'e göre liflere paralel yönde basınç direnci, TS 2477'ye göre dinamik eğilme (şok) direnci, ASTM D 1037'ye göre liflere paralel çekme, EN 319'a göre liflere dik çekme, ASTM D 1761'e göre vida tutma gücünün tayini, TS 2471'e göre rutubet tayini, TS 2472'e göre hacim yoğunluk belirleme testleri uygulanmıştır. Yapılan testler sonucunda en yüksek eğilme direnci LVL'de ( $64,51 \text{ N/mm}^2$ ), en düşük kontrol örneklerinde ( $58,26 \text{ N/mm}^2$ ), elastikiyet modülü en yüksek LSL'de ( $8022,48 \text{ N/mm}^2$ ), en düşük kontrol örneklerinde ( $7863,21 \text{ N/mm}^2$ ), liflere paralel basınç direnci en yüksek LVL'de ( $49,87 \text{ N/mm}^2$ ), en düşük kontrol örneklerinde ( $33,63 \text{ N/mm}^2$ ), dinamik eğilme (şok) direnci en yüksek PSL'de ( $0,50 \text{ kgm/cm}^2$ ), en düşük masif kontrol örneğinde ( $0,34 \text{ kgm/cm}^2$ ), liflere paralel çekme direnci değeri en yüksek LSL'de ( $26,04 \text{ N/mm}^2$ ), en düşük kontrol örneklerinde ( $25,87 \text{ N/mm}^2$ ), liflere dik çekme direnci en yüksek LVL'de ( $805,01 \text{ N/mm}^2$ ), en düşük

## ÖZET (devam ediyor)

kontrol örneklerinde ( $757,34 \text{ N/mm}^2$ ) bulunmuştur. Vida tutma kabiliyeti en yüksek LSL'de ( $8,44 \text{ N/mm}^2$ ), en düşük kontrol örneklerinde ( $7,01 \text{ N/mm}^2$ ), vida türüne göre en yüksek  $3,5 \times 30$ 'luk vidada ( $10,38 \text{ N/mm}^2$ ), en düşük  $17 \times 17$ 'lik vidada ( $5,59 \text{ N/mm}^2$ ) tespit edilmiştir. Yoğunluk değeri en yüksek LSL'de ( $0,50 \text{ g/cm}^3$ ), en düşük kontrol örneklerinde ( $0,34 \text{ g/cm}^3$ ), rutubet değeri en yüksek masif kontrol örneğinde (% 11,51), en düşük PSL'de (% 8,00) elde edilmiştir. Sonuç olarak; mobilya üretiminde ve inşaat sektöründe LVL'ye alternatif olarak PSL ve LSL'nin de kullanılması önerilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Lamine, Paralel Strand Lumber (PSL), Laminated Strand Lumber (LSL), Laminated Veneer Lumber (LVL), Eğilme direnci ve Elastikiyet modülü.

**Bilim kodu:** 626.28.01

## **ABSTRACT**

**Master Thesis**

### **DETERMINATION OF SOME STRENGTH PROPERTIES OF LAMINATED WOOD MATERIALS (LSL, LVL, PSL) PRODUCED FROM POPLAR STRANDS**

**Hamdullah SIZUCEN**

**Karabük University**

**Graduate School of Natural and Applied Sciences**

**Department of Furniture and Decoration Education**

**Thesis Advisor: Assoc. Prof. Dr. Ayhan OZCIFCI**

**June 2008, 81 Pages**

In this study, it has been aimed to determine the physical and mechanical properties of laminated wood material (Laminated Veneer Lumber: LVL), Paralel Strand Lumber (PSL) and Laminated Strand Lumber (LSL) timbers, produced from trembling poplar (*Populus tremula* L.) strands. For this purpose, modulus of rupture (MOR) and modulus of elasticity (MOE) according to EN 310, compression strength parallel to grain according to TS 2595, dynamic bending (shock) strength in accordance with TS 2477, pulling in parallel direction with fibers procedure of ASTM D 1037, pulling in vertical direction with fibers procedure of EN 319, screw holding power procedure of ASTM D 1761, humidity according to TS 2471, density according to 2472 of timbers have been determined. As a result of the tests, the highest MOR value was obtained in LVL (65,51 N/ mm<sup>2</sup>), the lowest in control samples (58,26 N/ mm<sup>2</sup>), the highest MOE in LSL (8022,48 N/ mm<sup>2</sup>), the lowest in control samples (7863,21N/ mm<sup>2</sup>), the highest compression strength parallel to grain in LVL (49,87 N/ mm<sup>2</sup>), the lowest in control samples (33,63 N/ mm<sup>2</sup>), the highest dynamic bending (shock) strength in PSL (0,50 kgm/cm<sup>2</sup>), the lowest in massive control samples (0,34 kgm/cm<sup>2</sup>), the highest tension strength in parallel direction with fibers in LSL (26,04 N/ mm<sup>2</sup>), the lowest in control

### **ABSTRACT (continue)**

samples (25,87 N/ mm<sup>2</sup>), the highest tension strength in vertical direction with fibers in LVL (805,01 N/ mm<sup>2</sup>), the lowest in control samples (757,34 N/ mm<sup>2</sup>). As for the screw holding capacity the highest value was observed in LSL (8,44 N/mm<sup>2</sup>), the lowest in control samples (7,01 N/ mm<sup>2</sup>), and procedure of the screw type, the highest value was observed in screw of 3,5x30 (10,38N/mm<sup>2</sup>), the lowest was observed in screw of 17x17 (5,59 N/mm<sup>2</sup>). The highest density was observed in LSL (0,50 g/cm<sup>3</sup>), the lowest in control samples (0,34 g/cm<sup>3</sup>), the highest humidity was observed in massive control samples (11,51%), the lowest in PSL (8,00 %). In conclusion; it is advised the usage PSL and LSL as an alternative to LVL in furniture production and building sector.

**Keywords:** Lamine, Parallel Strand Lumber (PSL), Laminated Strand Lumber (LSL), Laminated Veneer Lumber (LVL), Modulus of Rupture and Modules of Elasticity

**Science Code:** 626.28.01



## TEŞEKKÜR

**“Titrek Kavak Yongalarından Üretilen (LSL, LVL, PSL) Lamine Ağaç Malzemelerin Direnç Özelliklerinin Belirlenmesi”** konulu çalışmamda; çalışma konusunun belirlenmesi, çalışmanın yönlendirilmesi, sorunların giderilmesi ve çalışmanın sonuçlandırılmasında hiçbir yardım ve desteğini esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç.Dr. Ayhan ÖZÇİFÇİ’ ye, tezimi sonuçlandırmada gösterdikleri ilgi ve yardımlarından dolayı Sayın Öğr. Gör. Dr. Fatih YAPICI’ ya, kaynak taramamda ve kaynakları değerlendirmemde desteklerini esirgemeyen Araş. Gör. Sayın Suat ALTUN’ a, kompozit keresteleri üretmemiz için kaplamaları gönderen SETA Ağaç Sanayi yönetimi ve tüm çalışanlarına, kaynak çevirilerinde desteğini esirgemeyen Sayın Gülcan KAN’a ulaşım konusunda her türlü desteği sağlayan Sayın Osman MISTAK’ a, çalışmamın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen Sayın Dursun SEFEROĞLU, İbrahim BEDİR, Serdar AYAR ve Ramazan DAĞDELEN’e, bu çalışmanın bilim dünyasına kazandırılmasında maddi ve manevi desteğini esirgemeyen aileme teşekkür ederim.



## İÇİNDEKİLER

	<b><u>sayfa</u></b>
KABUL : .....	i
ÖZET .....	v
ABSTRACT .....	vii
TEŞEKKÜR .....	ix
İÇİNDEKİLER .....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	xv
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	xix
BÖLÜM 1 .....	1
GİRİŞ VE LİTERATÜR ÖZETİ .....	1
1.1 GİRİŞ .....	1
1.2 LİTERATÜR ÖZETİ .....	3
BÖLÜM 2 .....	7
GENEL BİLGİLER .....	7
2.1 ODUN KOMPOZİTLERİ .....	7
2.2 ODUN KOMPOZİTLERİNİN SINIFLANDIRILMASI .....	8
2.2.1 Levha Ürünleri .....	8
2.2.2 Mekanik Olarak Lamine Edilmiş Elemanlar .....	8
2.2.3 Yapısal Kompozitler .....	8
2.2.3.1 Yapısal Levha Ürünleri .....	8
2.2.3.2 Yapısal Kompozit Keresteler .....	9
2.3 YAPISAL KOMPOZİT KERESTELER (STRUCTURAL COMPOSITE LUMBER - SCL) .....	9
2.3.1 Oriented Strand Lumber (OSL) .....	9
2.3.2 Glued Laminated Timber (GLULAM) .....	10
2.3.3 Paralel Strand Lumber (PSL) .....	11

## İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<b><u>sayfa</u></b>
2.3.4 Laminated Strand Lumber (LSL).....	13
2.3.5 Laminated Veneer Lumber (LVL).....	15
2.3.5.1 LVL'nin Bazı Kullanım Yerleri.....	18
2.3.5.2 LVL Üretimi.....	19
2.4 LAMİNE AHŞAP TEKNOLOJİSİ.....	20
2.4.1 Avantajları.....	27
2.4.2 Dezavantajları.....	28
2.4.3 Laminasyonda Asgari Üretim Şartları.....	29
2.4.4 Laminasyonda Ağaç Malzemenin Seçimi.....	30
BÖLÜM 3 .....	33
MATERYAL VE METOD .....	33
3.1 DENEY MATERYALİ.....	33
3.1.1 Titrek Kavak (Populus tremula L.) Odununun Teknolojik Özellikleri ve Kullanım Yerleri.....	33
3.1.1.1 Doğal Yayılışı .....	33
3.1.1.2 Botanik Özellikleri .....	34
3.1.1.3 Titrek Kavak Odununun Anatomik Özellikleri.....	34
3.1.1.4 Titrek Kavak Odununun Kullanım Yerleri .....	37
3.1.2 Fenol formaldehit tutkalı.....	38
3.2 DENEY ÖRNEKLERİNİN HAZIRLANMASI .....	39
3.2.1. LVL (Laminated Veneer Lumber) Örneklerinin Hazırlanması .....	39
3.2.2. PSL (Paralel Strand Lumber) Örneklerinin Hazırlanması .....	40
3.2.3. LSL (Laminated Strand Lumber) Örneklerinin Hazırlanması .....	40
3.2.4 Deneylerin Yapılışı .....	42
3.2.4.1.Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü Deneyi .....	42
3.2.4.2 Liflere Paralel Yönde Basınç Direnci Deneyi.....	43
3.2.4.3 Dinamik Eğilme(Şok) Direnci Deneyi.....	44
3.2.4.4 Liflere Paralel Çekme Direnci Deneyi.....	45
3.2.4.5 Liflere Dik Çekme Direnci Deneyi .....	46
3.2.4.6 Vida Tutma Kabiliyeti Deneyi .....	47
3.2.4.7 Rutubet Tayini.....	48

## İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<b><u>sayfa</u></b>
3.2.4.8 Hacim Yoğunluk Değerinin Tayini.....	48
3.3 VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ .....	48
<b>BÖLÜM 4 .....</b>	<b>49</b>
<b>BULGULAR.....</b>	<b>49</b>
4.1 FİZİKSEL ÖZELLİKLERE İLİŞKİN BULGULAR .....	50
4.1.1 Yoğunluklar.....	50
4.1.2 Rutubetler.....	52
4.2 MEKANİK ÖZELLİKLERE İLİŞKİN BULGULAR.....	54
4.2.1 Eğilme Direnci Değerleri .....	54
4.2.3 Liflere Paralel Basınç Direnci Değerleri.....	58
4.2.4 Dinamik Eğilme (Şok) Direnci Değerleri .....	60
4.2.5 Liflere Paralel Çekme Direnci Değerleri .....	62
4.2.6 Liflere Dik Çekme Direnci Değerleri.....	64
4.2.7 Vida Tutma Değerleri.....	66
<b>BÖLÜM 5 .....</b>	<b>71</b>
<b>SONUÇLAR, TARTIŞMA VE ÖNERİLER.....</b>	<b>71</b>
5.1 SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	71
5.2.ÖNERİLER.....	73
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>75</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>81</b>



## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 OSL ile yapılmış yapı görünüşü.....	9
2.2 GLULAM ile yapılmış yapı görünüşü .....	10
2.3 PSL ile yapılmış yapı görünüşü verilmiştir.....	11
2.4 PSL Üretiminin Şematik Olarak Görünümü .....	12
2.5 LSL ile yapılmış yapı görünüşü .....	13
2.6 LSL Üretiminin Şematik Olarak Görünümü.....	14
2.7 LVL ile yapılmış yapı görünüşü.....	16
2.8 LVL Üretiminin Şematik Olarak Görünümü .....	17
2.9 Ahşap kompozit I-kiriş ve uygulama örneği .....	18
2.10 Lamine ahşap teknolojisi .....	20
2.11 Lamine ahşap sisteminin tarihsel gelişimi .....	21
2.12 Otto Hetzer'in bu dönemde yapmış olduğu uygulamalar .....	22
2.13 Otto Hetzer'in bu dönemde yapmış olduğu uygulamalar .....	23
2.14 Otto Hetzer'in bu dönemde yapmış olduğu uygulamalar .....	23
2.15 Otto Hetzer'in bu dönemde yapmış olduğu uygulamalar .....	24
2.16 Eagle River Köprüsü .....	25
2.17 Eagle River Köprüsü .....	25
2.18 Lamine Ahşap Teknolojisi Yapı Elemanları.....	26
3.1 LVL Görünüşü .....	40
3.2 PSL Görünüşü .....	41
3.3 LSL Görünüşü.....	41
3.4 Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü Deneyi .....	42
3.5 Liflere Paralel Yönde Basınç Direnci Deneyi.....	43
3.6 Dinamik Eğilme(Şok) Direnci Deneyi.....	44
3.7 Liflere Paralel Çekme Direnci Deneyi.....	45

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
3.8 Liflere Dik Çekme Direnci Deneyi .....	46
3.9 Vida Tutma Kabiliyeti Deneyi .....	47
4.1 Malzeme türünün yoğunluk değerine etkileri .....	51
4.2 Malzeme türünün rutubet değerine etkisinin değerleri .....	53
4.3 Malzeme türünün eğilme direncine etkisi .....	55
4.4 Malzeme türünün elastikiyet modülü değerine etkisinin değerleri .....	57
4.5 Malzeme türünün basınç direncine etkisinin değerleri .....	59
4.6 Malzeme türünün dinamik eğilme (şok) direncine etkisinin değerleri .....	61
4.7 Malzeme türünün paralel çekme direncine etkisinin değerleri .....	63
4.8 Malzeme türünün dik çekme direncine etkisinin değerleri .....	65
4.9 Malzeme türünün vida tutma kabiliyetine ilişkin grafik .....	69
4.10 Vida örneklerinin malzeme türüne tutunma kabiliyetine ilişkin grafik .....	69



## ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
3.1 Titrek Kavak Odununun Fiziksel ve Mekanik Özellikleri .....	36
4.1 Malzeme türü ve deney çeşidi ait deneme deseni.....	49
4.2 Ortalama yoğunluk değerleri.....	50
4.3 Malzeme türünün yoğunluk üzerine etkisine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları.....	50
4.4 Malzeme türünün yoğunluk etkisine ilişkin Duncan sonuçları .....	51
4.5 Ortalama Rutubet Değerleri .....	52
4.6 Malzeme türünün rutubet üzerine etkisine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları .....	52
4.7 Malzeme türünün rutubet etkisine ilişkin Duncan sonuçları.....	53
4.8 Ortalama Eğilme Direnci Değerleri .....	54
4.9 Malzeme türünün eğilme direnci üzerine etkisine ilişkin çoklu varyans analizi Sonuçları .....	54
4.10 Malzeme türünün eğilme direnci üzerine etkisine ilişkin Duncan sonuçları .....	55
4.11 Ortalama Elastikiyet Modülü Değerleri .....	56
4.12 Malzeme türünün elastikiyet modülü üzerine etkisine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları .....	56
4.13 Ortalama Basınç Değerleri .....	58
4.14 Malzeme türünün basınç üzerine etkisine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları .....	58
4.15 Malzeme türünün basınç üzerine etkisine ilişkin Duncan sonuçları .....	59
4.16 Ortalama Dinamik Eğilme (Şok) Değerleri .....	60
4.17 Malzeme türünün dinamik eğilme (şok) üzerine etkisine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları .....	60
4.18 Malzeme türünün dinamik eğilme (şok) üzerine etkisine ilişkin Duncan sonuçları .....	61
4.19 Ortalama Paralel Çekme Değerleri .....	62
4.20 Malzeme türünün paralel çekme üzerine etkisine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları .....	62

## ÇİZELGELER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
4.21 Ortalama Dik Çekme Değerleri.....	64
4.22 Malzeme türünün dik çekme üzerine etkisine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları...	64
4.23 Vida çeşitlerine ait bilgiler.....	66
4.24 Kılavuz delik ve vidalama derinliklerine ilişkin bilgiler.....	66
4.25 Ortalama Vida tutma Kabiliyeti Değerleri.....	67
4.26 Malzeme türünün vida tutma kabiliyeti etkisine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları.	67
4.27 Malzeme türünün vida tutma direncine etkisine ilişkin Duncan sonuçları .....	68

## **SİMGELER VE KISALTMALAR**

Bu çalışmada kullanılmış fakat tez metni içinde açıklanmamış olan bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamalar ile birlikte sunulmuştur.

### **SİMGELER**

mm	: milimetre
mm <sup>2</sup>	: milimetrekare
cm	: santimetre
cm <sup>2</sup>	: santimetrekare
cm <sup>3</sup>	: santimetreküp
°C	: santigrat derece
kg	: kilogram
m	: metre
F	: kuvvet
N	: Newton

### **KISALTMALAR**

TS	: Türk Standardı
TS EN	: Türk Standardı
ASTM	: American society for testing and materials
PSL	: Paralel Strand Lumber
LSL	: Laminated Strand Lumber
OSL	: Oriented Strand Lumber
LVL	: Laminated Veneer Lumber
GLULAM	: Glued Laminated Timber
SCL	: Structural Composite Lumber
SPSS	: Statistical Package for Social Sciences
LSD	: Least Small Degree



## BÖLÜM 1

### GİRİŞ VE LİTERATÜR ÖZETİ

#### 1.1 GİRİŞ

Ahşap, insanların çeşitli ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla ilk kullandıkları malzemelerden biri olmuştur. Kolay işlenmesi, sese ve ısıya karşı yalıtkanlığı, doğal yapısından kaynaklanan renk, tekstür ve estetik özellikleri nedeniyle ağaç malzemeye karşı talep her geçen gün artmaktadır. Bu talebin karşılanabilmesi için ormanların bilimsel esaslara uyularak işletilmesi ve kesilen ağaçların verimli kullanılması gerekmektedir.

Masif ağaç malzemenin büyük boyutlu kavisli elemanlarda tek parça olarak kullanılması, gerek ekonomik ve gerekse teknik açıdan elverişli değildir. Büyük boyutlu taşıyıcı elemanların üretiminde tek parça masif malzeme kullanılması imkânları sınırlıdır. Çünkü ağaç malzeme bulanan budak, çürük, çatlak, lif kıvrıklığı (spiral liflilik) vb. kusurların tamamen giderilmesi mümkün görülmemektedir. Kavisli elemanların üretiminde masif ağaç malzemenin tek parça olarak kullanılması fire oranını arttırdığından ekonomik değildir. Ayrıca eğri forma göre kesilen ağaç malzeme diyagonal liflilik oluşacağından direncini olumsuz etkiler (Kılıç 1997).

Ağaç malzemenin verimli kullanılabilmesi, kusurlarından arındırılması ve eğri formlu imalatlarda diyagonal liflilik oluşmaması için laminasyon tekniği kullanılmaktadır. Böylece küçük boyutlu ağaç malzemelerden yüksek kalitede ve istenilen formda lamine ağaç malzeme üretilebilmektedir. Laminasyon tekniği ağaç malzemenin kusurlarından arındırılarak kullanılmasına imkân sağlamakta ve üretilen malzemenin kalite özellikleri masif ağaç malzemedeki gibi olmaktadır.

Lamine ahşap, kesme, soyma ve biçme yöntemleriyle elde edilen ağaç levhalarının, aralarına yapıştırıcılar sürülerek düz ya da kalıp içerisinde sıcak veya soğuk preslenmesiyle elde

edilmektedir (TS. 11878 1995). Böylece ağaç malzeme israfı önlenmekte, tabaka düzenlemesiyle homojen, presleme ile istenilen biçimde bir yapı elemanı elde edilmektedir. Lamine ağaç malzemeler yardımıyla büyük açıklıklar kolonsuz ve güvenli bir şekilde geçilebilmektedir.

Lamine ağaç taşıyıcı elemanlar ilk defa 1893 yılında İsviçre’de kilise direklerinin yapımında kullanılmıştır. Birinci Dünya Savaşı sırasında bu teknikten uçak yapımında yararlanılmıştır (Keskin 2001).

Amerika Birleşik Devletleri’nde, ilk lamine ağaç taşıyıcı örneği inşaat sektöründe denenmiştir. Daha sonraları spor salonları, yüzme havuzları, okul, eğlence yerleri ve fabrika binalarının yapımında kullanılmıştır (Keskin 2001).

Laminasyon teknikleri İkinci Dünya Savaşı sırasında sentetik tutkalların geliştirilmesiyle yüksek direnç gerektiren köprü, kule ve liman inşaatı yapımında uygulama alanı bulmuş ve bu alanda hızlı bir gelişme göstermiştir. Polimer tutkallarının kullanılması ile dış hava şartlarına dayanıklı ve yüksek dirençli lamine masif ağaç malzeme üretmek mümkün olmuştur (Keskin 2001).

Laminasyon sisteminde kullanılan yapıştırıcılar, ağaç malzemedен sonra en önemli yapı elemanlarıdır. Tutkal kullanarak ve küçük boyutlu parçalara değişik birleştirme teknikleri uygulanarak büyük boyutlu ağaç malzeme elde edilmektedir. Yapıştırımda kullanılan tutkal, lamine elemanın kullanım alanında ve direnç özellikleri üzerinde etkili olmaktadır (Keskin 2001).

## 1.2 LİTERATÜR ÖZETİ

Uysal (2005), 2-6-12-24-48-96 saatlik periyotlarla su buharında bekletilen LVL'lerin boyutsal artışlar ağırlık bakımından D-VTKA ve PVAc tutkallı meşe lamine malzemede %2,36 ve liflere dik yönde genişlik bakımından üre formaldehit tutkalı kullanılarak kavak odunundan elde edilen lamine malzemede % 2,82 olarak bildirmişlerdir.

Keskin ve diğ. (2003), Sarıçamdan elde edilmiş LVL ve masif sarıçamın eğilme direncini sırasıyla 107,09 N/mm<sup>2</sup>, 104,21 N/mm<sup>2</sup> olarak, elastiklik modülünü sırasıyla 10354,87 N/mm<sup>2</sup>, 10070,14 N/mm<sup>2</sup> olarak, basınç direncini sırasıyla 58,59 N/mm<sup>2</sup>, 55,94 N/mm<sup>2</sup> olarak, makaslama direncini sırasıyla 8,47 N/mm<sup>2</sup>, 8,21 N/mm<sup>2</sup> olarak bildirmişlerdir.

Döngel (1999), lamine ağaç malzemede en yüksek eğilme direncinin PVAc tutkalı ile yapıştırılmış 5 katmanlı Dogu kayın'ında elde edildiğini, bunu sırasıyla azalarak desmodur-VTKA tutkalı ile yapıştırılmış 7 katmanlı sarıçam, klebit 303 tutkalı ile yapıştırılmış 7 katmanlı meşe, klebit 303 tutkalı ile yapıştırılmış 7 katmanlı doğu kayını, klebit 303 tutkalı ile yapıştırılmış 3 katmanlı sarıçam ve PVAc tutkalı ile yapıştırılmış 7 katmanlı meşenin izlediğini bildirmiştir.

Eren (1998), okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis*) kaplamalardan ÜF tutkalı ile üretilen lamine ağaç malzemenin teknolojik özelliklerinin, PVAc tutkalı ile üretilenlere göre daha üstün olduğunu bildirmiştir.

Dilik (1997), doğrama üretiminde yaygın olarak kullanılan kızılçam (*Pinus brutia* T.) ve sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odunlarından ÜF ve PVAc tutkalları kullanarak üretilen lamine pencere profillerinin bazı teknolojik özelliklerini belirlemiştir. Tutkal farklılığı, lamel kalınlığı ve yıllık halka düzenlemelerinin lamine ağaç malzemenin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde etkili olduğunu bildirmiştir.

Şenay (1996), 2 ve 4mm kalınlığındaki Dogu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) kaplamalardan PL (poliüretan) tutkalı ile lamine edilen ağaç malzemelerin direnç değerlerinin, PVAc tutkalı ile lamine edilenlerden daha yüksek olduğunu bildirmiştir.

Eckelman (1993), masif ağaç malzemeye göre, estetik, ekonomik ve teknolojik özellikleri bakımından daha üstün olan lamine ağaç malzemelerin (LVL) mobilya üretiminde özellikle dolap, masa, sandalye, raf ve döşemeli mobilyaların mukavemet gerektiren iskelet elemanlarında tercih edilmesi gerektiğini bildirmiştir.

Demetçi (1991), Sarıçam göknar, kayın, meşe ve Akçaağaç odunlarının PVAc ve epoksi tutkallı kullanılarak elde edilen ağaç malzemedeki tutkal çeşidinin yapışma direncine etkisinin, lifler yönünde çekme, basınç ve yarıma direncinde önemli olduğunu bildirmiştir.

Yaunguit Et Al. (1984), lamine ağaç malzemedeki farklı kat kalınlığı ve farklı kat genişliğinin eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü üzerinde etkili olmadığını belirlemiştir.

Marx ve Moody (1982), 4 kat olarak lamine ağaç malzemelerde lamine kat genişliğinin (15 – 20 cm) eğilme direnci üzerinde etkili olmadığını bildirmiştir.

Moody (1981), tek ve çift katlı sayılarda lamine edilmiş göknar ve Güney çamından elde edilen masif ağaç malzemelerin basınç dirençlerini çift katlılarda, tek katlılardan daha yüksek bulmuştur.

Kurtoğlu (1979), “Yapıştırılmış tabakalı ağaç malzemedeki rutubet değişimi nedeniyle gerilmelerin oluşumu” üzerine yaptığı çalışmada, yapıştırılmış taşıyıcı elemanın yüzeyindeki gerilmelerin yalnız sıcaklık ve bağıl nemden kaynaklanmadığını, aynı zamanda ağaç malzemenin eğilmede elastikiyet modülünün de etkili olduğu kuruma sonucunda oluşan çekme gerilmeleri en fazla olduğunda sıcaklık ve rutubete bağlı olarak yer değiştirdiğini, sıcaklık arttıkça veya bağıl nem azaldıkça liflere dik yöndeki en yüksek gerilmelerin o nispette geç olduğunu bildirmiştir.

Wolf ve Moody (1979), lamine katlarda bulunan budak sayısı, budak çapı ve iki budak arası mesafenin üretilen malzemenin mekanik özelliklerini etkilediğini, iki budak arası mesafenin en az 9 cm olması gerektiğini bildirmiştir.

Braun ve Moody (1977), lamine kat ile takviye edilen kirişlerin eğilme direncinin, lamine kat takviye edilmeyenlerden %10 daha fazla olduğunu, I. sınıf 3 mm. kaplama takviyeli kirişlerin



eğilme direncinin, II. ve III. sınıf 2,2 mm.'lik kaplama takviyelilerden %6 daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Strickler ve Pellerin (1971), Lamine kirişlerde uygulanan kama dişli birleştirmenin dayanımının belirlenmesi ile ilgili çalışmalarında, 7,2 m boyunda, 13 cm genişlikte ve 40 cm kalınlıkta kirişler kullanmışlardır. Lamine katların boy eklemesinde uygulanan kama dişli birleştirme kirişlerin yarısında 120 cm şaşırtmalı, diğer yarısında ise şaşırtmasız olarak düzenlenmiştir. Araştırma sonucunda, birbirine komşu katlarda kama dişli birleştirmesi şaşırtmalı olarak düzenlenen kirişlerin, şaşırtmasız kama dişli birleştirilen kirişlerden gerilmelere karşı daha yüksek dayanım gösterdiğini belirlemiştir.

Bu çalışmada, mobilya üretimi ve inşaat sektöründe kullanılan LVL, PSL ve LSL kompozit kerestelerin ilgili standartlara göre üretilerek kullanım imkanlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu nedenle üretilen kompozit kerestelerin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin test edilmesi hedeflenmiştir.



## BÖLÜM 2

### GENEL BİLGİLER

#### 2.1 ODUN KOMPOZİTLERİ

Odun kompozitleri terimi oldukça yeni bir terimdir. Orman ürünleri endüstrisinde küçük partiküllerin, liflerin ya da daha geniş parçaların yapıştırılmasıyla geliştirilmiş olan pek çok malzeme değişik isimlerle anılmaktadır. Farklı isimlerle anılan bu ürünlerin odun kompozitleri başlığı altında değerlendirilmesi son 15-20 yılı kapsamaktadır (Maloney,T.M. 1986). Genel olarak, kompozit terimi farklı iki ya da daha fazla materyalin değişik yapıştırıcılarla bir araya getirilerek oluşturulan malzemeleri ifade etmektedir (Mallick). Odun kompozitleri ise odunsu materyalin odunsu bir materyal ya da başka bir materyal ile yapıştırıcılar kullanılarak birleştirilmesiyle elde edilen malzemeleri ifade eder. Kompozitler yalnızca levha ürünlerini değil aynı zamanda kalıpla şekillendirilmiş ürünleri, odun ve diğer malzemelerin kombinasyonu ile oluşturulan ürünleri de ifade etmektedir. Bu ürünler lif levhadan lamine malzemelere kadar geniş bir dağılım gösterir (Forest Products Laboratory 1999).

Odun özellikleri türler arasında, aynı türe ait ağaçlar arasında ve aynı ağacın değişik kısımlarında farklılıklar gösterdiği için, masif odun özellikleri, prosesi kontrol edilerek özelliklerine müdahale edilebilen kompozit malzemelerin özelliklerinden farklıdır. Odun kökenli kompozitlerin özellikleri lif, yonga, kaplama vb. seviyesinde incelenir. Bu tür malzemelerin özellikleri üretim projesindeki işlemlere müdahale edilerek (bu elemanların kombinasyonları, kullanılan madde miktarı, işlem süreleri, tabakaların organizasyonu vb.) değiştirilebilir (Forest Products Laboratory 1999).

Kompozit malzemelerin mobilya endüstrisinde, inşaat sektöründe, iç ve dış mekânlarda çok geniş bir kullanım yelpazesi vardır. Bu ürünlerin özellikleri, hammadde odunun fiziksel şeklinde yapılan değişiklikler, levha yoğunluğu, kullanılan tutkalın cinsi ve miktarı, su ve

yangına karşı dayanımı artırmak, ayrıca çeşitli çevresel etkilere karşı dayanımı arttırmak amacıyla eklenen maddeler ile geliştirilebilmektedir. Günümüzde bazı kompozit malzemeler birlikte gruplandırılarak “Engineered Wood Products (EWP)” olarak adlandırılmaktadır. Örneğin, kontrplak, çeşitli yapı levhaları, lamine edilmiş ağaç malzeme, yongalevha, MDF gibi kompozitler son zamanlarda “engineered wood products” (sağlamlaştırılmış ahşap malzemesi) olarak adlandırılmaktadır (Güller 2001).

## **2.2 ODUN KOMPOZİTLERİNİN SINIFLANDIRILMASI**

Odun kompozitleri ile ilgili literatürde değişik sınıflandırmalar yapılmıştır. Bunlardan yararlanılarak odun kompozitleri aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır.

### **2.2.1 Levha Ürünleri**

Kontrplak, Kontrtabla, Yongalevha [Yongalevha (particleboard), Etiket yongalevha (waferboard), Şerit yongalı levha (flakeboard), OSB (oriented strand board)], Lif levha (MDF, HDF, İzolasyon levhası)

### **2.2.2 Mekanik Olarak Lamine Edilmiş Elemanlar**

Bu tür elemanlar iki grupta incelenir. Birincisi kalıplanmış ürünler (Molded Products), ikincisi odun ve odun dışı ürün kompozitleridir. Odun kompozitlerin üretiminde bağlayıcı olarak inorganik maddeler (Alçılı levhalar, magnezyum çimentolu levhalar, portland çimentolu levhalar), Odun lifi- termoplastik kompozitleri (Yüksek termoplastik içerikli kompozitler, düşük termoplastik içerikli kompozitler, dokunmamış tekstil tipi kompozitler) kullanılmaktadır (Güller 2001).

### **2.2.3 Yapısal Kompozitler**

#### **2.2.3.1 Yapısal Levha Ürünleri**

Yapısal kontrplaklar, yapısal flakeboardlar (waferboard, OSB), Ahşap I kirişler, COM-PLY keresteler.

### 2.2.3.2 Yapısal Kompozit Keresteler

PSL (Paralel Strand Lumber), LSL (Laminated Strand Lumber), OSL (Oriented Strand Lumber), LVL (Laminated Veneer Lumber), GLULAM (Glued Laminated Timber) (Güller 2001).

## 2.3 YAPISAL KOMPOZİT KERESTELER (STRUCTURAL COMPOSITE LUMBER - SCL)

SCL, ahşap elemanların suya dayanıklı yapıştırıcılarla kereste şeklinde birleştirilmesiyle oluşturulan ürünlere verilen genel addır. Hem iğne yapraklı hem de yapraklı ağaç odunlarından ticari olarak üretilmektedir. Kompozit kereste ürünlerinin en önemli avantajı küçük boyutlu ve düşük değerdeki ağaç malzemeden oldukça büyük boyutlu ve direnç değerleri yeterli ürünler elde edilebilmesidir. Bu ürünler yaklaşık 35 yıldır üretilmektedir. Türkiye’de bu ürünlerin üretimi yapılmamaktadır (URL 1- 2006).

### 2.3.1 Oriented Strand Lumber (OSL)

OSL diğer ürünlere nazaran daha yeni bir ürün olup halen geliştirilmektedir. OSL 300 mm uzunluktaki yongalardan üretilmektedir. Tüm yongalar aynı doğrultuda yönlendirilmekte ve ürünün her yerinde üniform bir yoğunluk sağlanacak şekilde ve nispeten kısa sürede preslenmektedir. Bu ürünün gelecekte yapısal kompozit keresteler piyasasındaki diğer ürünlere alternatif olacağı düşünülmektedir (Maloney 1996, Haygreen and Bowyer 1996). Şekil 2.1’de OSL ile yapılmış yapı görünüşü verilmiştir.



Şekil 2.1 OSL ile yapılmış yapı görünüşü (URL 2-2008)

### 2.3.2 Glued Laminated Timber (GLULAM)

Bugün glulam olarak bilinen malzeme ilk kez 1893 yılında İsviçre Basel’de bir oditoryumun inşaatında kullanılmıştır. Glulam masif kerestelerin büyük boyut oluşturmak için, uç uca yan yana ve üst üste eklenmesiyle üretilen bir yapı elemanıdır. Kavisli elemanlarda nominal 1 inç (2.54 cm) kalınlıktaki keresteler kullanılırken, az kavisli ya da düz elemanlar için nominal 2 inç (5.08 cm ~5 cm) kalınlıktaki keresteler kullanılmaktadır. Glulam, yatay, dikey ve eğimli elemanlar olarak dizayn edilerek meskenlerde ve diğer yapılarda yüksek yük taşıyıcı yapısal elemanlar olarak kullanılırlar. Bunu oluşturan katlardaki elamanların lif yönü birbirine paralel olarak düzenlenmesi daha yaygındır. Eğimli elemanlarda ise lif yönünün paralel olarak düzenlenmesi bir zorunluluktur. Bu konuyla ilgili son gelişmelerden biri de liflerin plastikle takviye edilmesidir. Bu yenilikle glulam elemanlarda enine kesitte daha fazla miktarda düşük kalitede ahşap eleman kullanarak yüksek dirençli ve sert bir eleman elde etmek mümkün olmuştur. (Haygreen and Bowyer 1996, TS 3842 1983, Göker 2000, Moslemi 1990). Şekil 2.2’de GLULAM ile yapılmış yapı görünüşü verilmiştir.



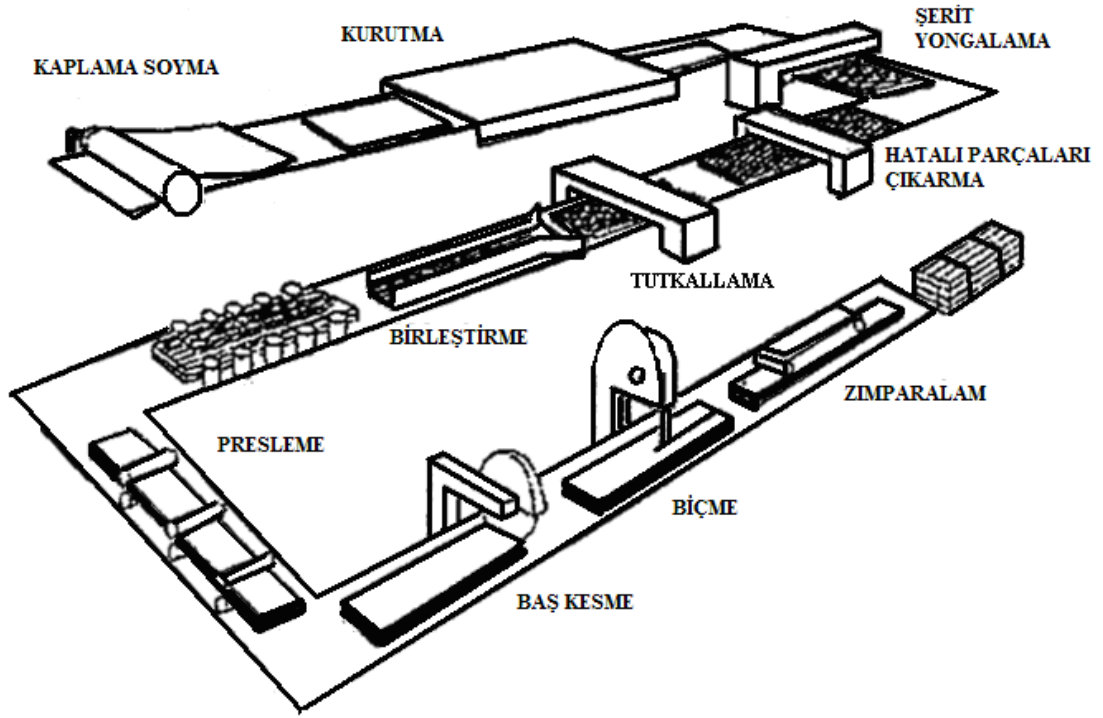
Şekil 2.2 GLULAM ile yapılmış yapı görünüşü (URL 3-2008).

### 2.3.3 Paralel Strand Lumber (PSL)

Ticarette Parallam olarak bilinmektedir. ABD’de iki, Kanada da bir fabrikada üretilmektedir. Kaplama parçalarının büyük boyutlu parçalar haline getirilerek birbirine paralel yapıştırılması ile ticari kereste boyutlarında üretilen bir bileşik (composit) malzemedir. Üretilen malzemenin maksimum enine kesit boyutları 280x485 mm kadar olup, boyu ise 20 m ye kadar uzamaktadır. LVL üretiminde olduğu gibi önce 3 mm kalınlıktaki soyma kaplamalar üretilir. Daha sonra sonsuz bant kaplama şeritler şeklinde kesilerek yaklaşık 20 mm genişlikte olacak şekilde yonga haline getirilmektedir. Kaplama şerit yongaların boyları ise en az 60 cm uzunluktadır. Genellikle dış ortamlara ve suya dayanıklı fenol formaldehit tutkalı gibi yapıştırıcılar kullanılmaktadır. Taslak mikrodalga enerjili fasılasız preslerde (Continuous pres) sıkıştırılmaktadır. Preslerde kullanılan özel ekipmanlar sayesinde şerit yongalar kusursuz bir şekilde yönlendirilmekte ve yayılmaktadır. Kuzey Amerika’da genellikle bazı iğne yapraklı ağaçlar ve lale ağacı tomruklarından üretilmektedir (Çolakoğlu 2005). Şekil 2.3’te PSL ile yapılmış yapı görünüşü verilmiştir. Şekil 2.4’te PSL üretiminin şematik olarak görünüşü verilmiştir.



Şekil 2.3. PSL ile yapılmış yapı görünüşü verilmiştir (URL 4-2008).



Şekil 2.4 PSL üretiminin şematik olarak görünümü (Çolakoğlu 2005).

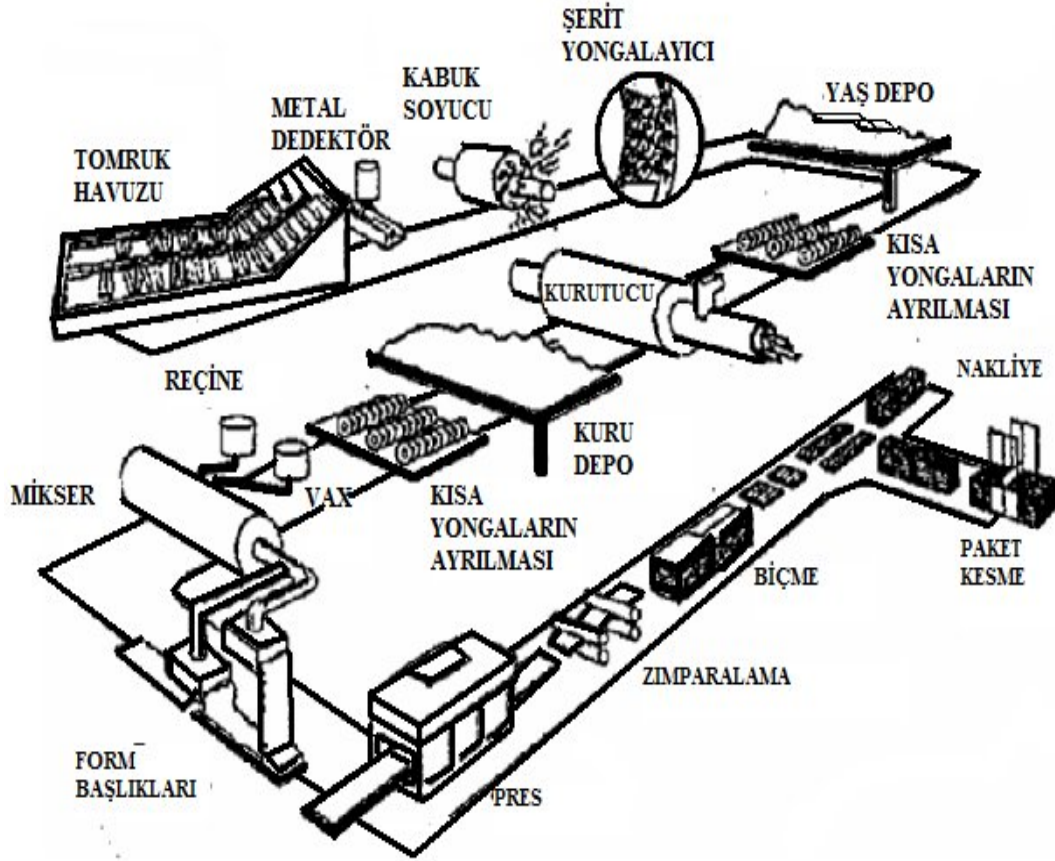


### 2.3.4 Laminated Strand Lumber (LSL)

LSL ticarete giren en son ahşap mühendislik malzemesidir. Görünüş olarak OSB ye benzer. Ancak daha uzun yongalardan üretilir. OSB üretim teknolojisinin biraz daha geliştirilmiş şekliyle üretilir. Üretiminde kullanılan şerit yongaların uzunluğu 300 mm kadardır. Yongaların kalınlığı ise 0,7 mm ile 1,2 mm kadardır. Uzun şerit yongalar bitmiş ürünün uzunluk yönüne paralel olarak dizilirler. Bu nedenle LSL'nin uzunluk yönündeki direnci yüksektir. LVL ve PSL'nin aksine, LSL üretiminde kullanılan tomrukların geniş çaplı ve silindirik olmasına gerek yoktur. Genelde hızlı gelişen kavak ve söğüt gibi ağaç tomrukları kullanılır. LSL üretim teknolojisinde belirleyici iki önemli özellik vardır. Bunlardan birincisi yapıştırıcı olarak polimer-difenilmetan-diisosiyanat tutkalı şerit yongaların üzerine püskürtülerek uygulanmaktadır. Bu teknolojiyle 2,5 m genişlikte, 14,5 m uzunlukta üretilen bloklar daha sonra biçilmektedir. LSL'nin birleştirme malzemeleri ile oluşturduğu mekanik birleşme direnci mükemmeldir. Boyutsal kararlılığı (özellikle kalınlıkça genişlemesi) LVL ve PSL kadar iyi değildir. Yatırım masrafları LVL ile karşılaştırıldığında LVL için kurulacak tesis için gerekli paranın iki katı kadardır. LSL' nin bir değişik tipide OSL (Oriented Strand Lumber) dir. Çoğu zaman her ikisinin aynı ürün olduğu da ifade edilir. Bu da odun şerit yongalarından üretilir. Şerit yongaların yönlendirilmesi OSB'ye benzerdir. OSB levha halinde üretilir. OSL ise kalın prizmalar şeklinde üretilerek kereste boyutlarına biçilir. Düşük değerli sert ağaç odunlarından üretilebilir. Kiriş ve direk olarak kullanılır. Masif haldeki keresteden daha yüksek dirence sahiptir (Çolakoğlu 2005). Şekil 2,5'te LSL ile yapılmış yapı görünüşü verilmiştir. Şekil 2,6'da ise LSL üretiminin şematik olarak görünüşü verilmiştir.



Şekil 2.5 LSL ile yapılmış yapı görünüşü (URL 4-2008).



Şekil 2.6 LSL üretiminin şematik olarak görünümü (Çolakoğlu 2005).

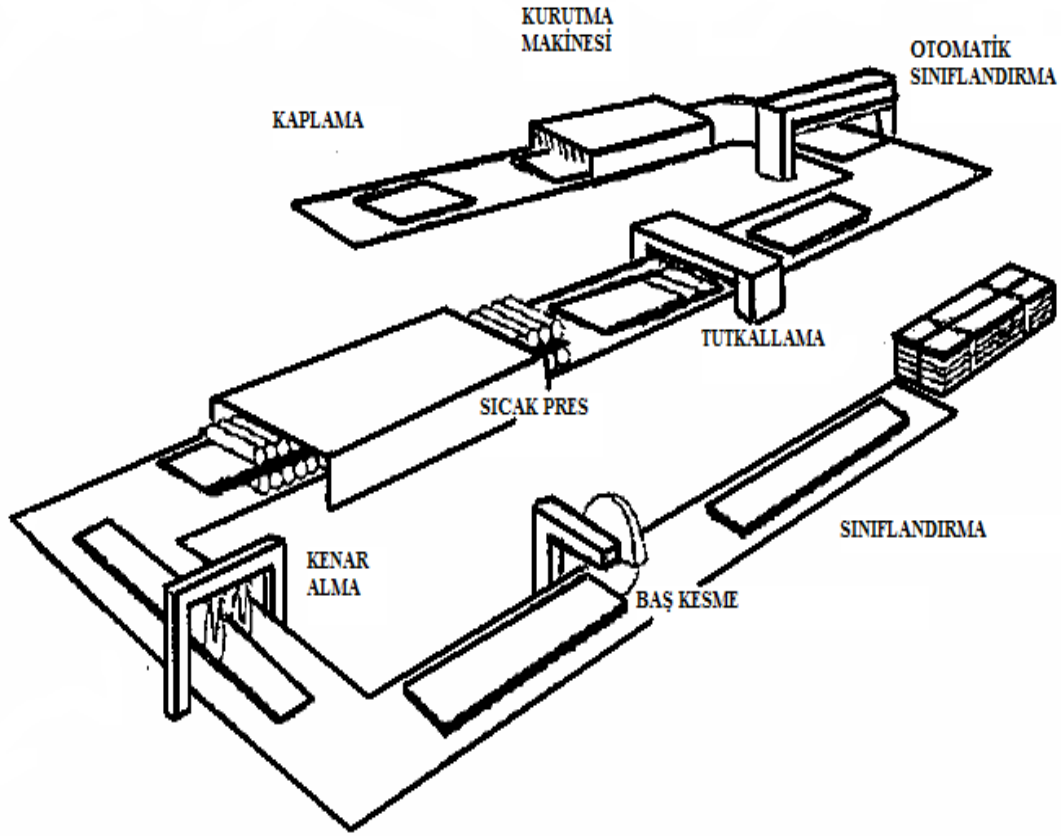
### 2.3.5 Laminated Veneer Lumber (LVL)

Bu malzeme piyasada lamine ahşap kaplama LVL (laminated veneer lumber) ya da micro-lam isimleriyle tanınmaktadır. ABD, Kanada, Avustralya, Yeni Zelanda, Finlandiya, İsveç, Japonya ve Endonezya da daha fazla olmak üzere birçok ülkede üretimi yapılmaktadır. Türkiye’de bazı kontrplak fabrikalarında bükme mobilya üretiminde kullanılmak üzere az miktarda üretilmektedir. Son yıllarda Avrupa’da üretim hacminin arttığı bildirilmektedir. Kuzey Amerika’da 1998 yılında 1997’ ye göre % 25 bir artışla üretim miktarı 1.3 milyon m<sup>3</sup> ulaşmıştır. Günümüzdeki üretim miktarlarının ise 2 milyon m<sup>3</sup> aşacağı ifade edilmiştir. Avrupa’daki üretim miktarı 2002 yılında yaklaşık 100000 m<sup>3</sup> kadar olmuştur. Avrupa’da en önemli iki fabrikadan biri Finlandiya’da, diğeri ise İsveç’te bulunmaktadır. 2002 yılı itibari ile Finlandiya’da inşa çalışmaları devam eden fabrikayla üretim miktarının artacağı tahmin edilmektedir (Çolakoğlu 2005).

Odun kaplamalar LVL’ yi oluştururken birbirine lif yönleri paralel olarak dizilirler. Yani LVL nin tabakalarını oluşturan her bir kaplamanın lif yönü üretimi tamamlanmış LVL’nin uzunluğuna paraleldir. Finlandiya’daki LVL fabrikasında bazı son kullanım amaçları için kaplamaların yaklaşık % 20’si kadarı diğerkaplamalara LVL üretilirken dik olarak yerleştirilir. Ancak kaplamaların paralel şekilde düzenlenmesi daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Bükme mobilya üretiminde kullanılacak LVL’lerde katların lif yönünün paralel düzenlenmesi gerekir. Kaplamaların kalınlıkları, 2,5 mm ile 6,4 mm arasında değişmektedir. Ancak genelde 3,0-3,2 mm kalınlıklar kullanılmaktadır. LVL kalınlıkları ise normalde 19-45 mm arasında olup, fakat istenirse 89 mm kalınlığa kadar üretilir. LVL 1800 mm genişliğe kadar üretilmektedir. Yeni kurulan Finlandiya’daki fabrikada ise üretilen LVL genişlikleri 2500 mm ye kadar artacaktır. Uzunlukları ise 24 m ye kadar olabilmektedir (Çolakoğlu 2005). Şekil 2.7’de LVL ile yapılmış yapı görünüşü, Şekil 2.8’de ise LVL üretiminin şematik olarak görünüşü verilmiştir.



Şekil 2.7 LVL ile yapılmış yapı görünüşü (URL 5- 2008).



Şekil 2.8 LVL üretiminin şematik olarak görünümü (Çolakoğlu 2005).

### 2.3.5.1 LVL'nin Bazı Kullanım Yerleri

Uygulama alanları kıtalar ve ülkelere göre değişmektedir. LVL'ler genelde yapısal ya da yapısal olmayan konstrüksiyon amaçları ile kullanılmaktadır. Ancak Türkiye'de bu tür kullanım alanı şimdilik yaygın değildir. Kuzey Amerika'da en genel uygulaması aşağıdaki resimde gösterilen prefabrik I-kirişlerin kenar malzemesi olarak değerlendirilmesidir. Bir kısmı da bina konstrüksiyonlarında direk olarak kullanılmaktadır. Çok az kısmı da yapı iskelesi kalası ve değişik formlarda beton kalıbı olarak üretilmektedir. Ayrıca bir fabrikada lamine kâğıtlarla kaplanmış şekliyle Clear Lam ticari adıyla üretilmektedir (Çolakoğlu 2005). Şekil 2.9'da Ahşap kompozit I-kirişi ve uygulama örneği gösterilmiştir.



Şekil 2.9 Ahşap kompozit I-kiriş ve uygulama örneği (URL 6- 2008).

Avrupa'da LVL'nin direk ve kiriş olarak kullanımı yaygındır. Finlandiya'da geniş I- kirişleri de üretilmektedir. Almanya'da çok büyük boyutlu mühendislik malzemeleri olarak yapılarda kullanılmaktadır. Ayrıca aynı ülkede onarım ve restorasyon çalışmalarında da değerlendirilmektedir. Orta Avrupa'da özellikle İsviçre'de çatıların kaplanmasında kullanılırken, Fransa'da ise kapı çerçevelerinde değerlendirilmektedir. ABD ve Avrupa'da bazı köprülerde LVL plakaları da kullanılmaktadır. Üretilen LVL az bir kısmı da mobilya endüstrisi ile kapı ve pencere çerçevelerinin üretiminde değerlendirilmektedir. Kamyon, gemi ve vagon döşemeleri için de üretilmektedir (URL 3-2008).

### 2.3.5.2 LVL Üretimi

Amerika'da Douglas ve Güney çamları LVL için hammadde olarak kullanılır. Avrupa'daki fabrikalar ise Norveç ladini ve çamı tercih etmektedirler. Bunları dışarıda muhtemel odun türleri olarak; sitka ladini, sahil çamı, radiata çamı, veymut çamı, rubber wood, okalıptus, kavak ve söğüt gösterilebilir. Üretimde bu odun türlerinden kombinasyonlarda yapılabilir. Kavis verilerek mobilyada kullanılması durumunda, bükülme özelliği iyi olan türler tercih edilmelidir. Türkiye'de ise mobilya üretiminde kullanılacak LVL'ler kayımdan üretilmektedir. Kaplamaların tasnifi ya da sınıflandırılması yoğunluk ve görünüş özelliklerine göre yapılmaktadır. Genelde düşük kalitedeki kaplamalar orta tabakada kullanılmaktadır. Direnç özelliğine göre genelde üç sınıfa ayrılmaktadır. Ayrıca dış tabakadaki kaplamaların görünüş ve renklerine göre sınıflara ayrılmaktadır. Yapıştırıcı olarak genelde fenol formaldehit kullanılmaktadır. Ancak kullanım yerlerine göre melamin formaldehit, melamin-üre formaldehit ve poliüretan tutkalları da yapıştırıcı olarak tercih edilebilir. Yapıştırıcının tatbik edilebilmesi kontrplak üretiminde kullanılan yöntemler yapılmaktadır. Silindirlerle süzme, perdeleme (akma) ya da püskürtme yöntemleri gibi. Katı haldeki tutkal miktarı LVL'nin ağırlığının % 6-7'si kadardır. İşletme şartlarına göre LVL üretiminde hem sabit hem de fasılasız-kesintisiz presler kullanılabilir. Kullanılacak tutkal türüne ve üretilecek panellerin kalınlığına göre presleme şartları değişiktir. LVL kalınlıkları çoğu zaman standart kontrplak kalınlıklarından fazla olması nedeni ile presleme süresini azaltmak için mikro dalga yöntemi ile ön ısıtma ya da yüksek frekanslı ısıtma işlemi uygulanabilir. Pres sıcaklığı 125-150°C arasında değişmektedir. LVL'nin yanma özellikleri masif kereste gibidir. Tutkalla yapıştırılmış olması yanmaya karşı koymasını engellemez. Ayrıca fenol formaldehit ile üretilmiş olanlarda tutkal hattı bağ direnci ısıdan etkilenmez. Yanmaya karşı korunmuş olarak sınıflandırılmış bir LVL taban veya tavan döşeme elamanı olarak performansı aynı maddelerle empenye edilmiş masif odun ve lamine kereste (glulam) gibidir (Çolakoğlu 2005).

## 2.4 LAMİNE AHŞAP TEKNOLOJİSİ

Yapıştırılmış lamine ahşap yapı elemanı, iki veya daha çok kerestenin, lifleri birbirine ve sonuçta elde edilecek elemanın uzunluk eksenine paralel gelecek şekilde, basınç altında yapıştırılmasıyla elde edilen bir ahşap yapı elemanıdır (TS 3842 1983, Lam 2001). Tabakaların tamamı aynı sınıf ve aynı türlerden veya türlerin kombinasyonlarından oluşmuş enine kesite sahip olan yapıştırılmış lamine kerestelere “homojen yapıştırılmış lamine kereste”, iç ve dış tabakaları farklı sınıflar ve türlerden oluşmuş lamine kerestelere “kombine yapıştırılmış lamine kereste”, adı verilmektedir (TS EN 1194 2002). Şekil 2.10’da lamine ahşap teknolojisi gösterilmektedir. Yapıştırılmış lamine ahşap yapı elemanı kompozit bir malzemedir. Kompozit yapı elemanlarının üretilmesinde dikkat edilecek en önemli özellik izotrop ve homojen olmasını sağlamaktır. Kompozit yapı elemanı hangi malzeme ile üretilirse üretilsin bu özellik aranmaktadır. Kompozit malzemelere en iyi örnek betonarmedir. Yapıştırılmış lamine ahşap yapı elemanları lamine kompozitler grubuna girmektedir (Kım 1995, Chawla 1987).



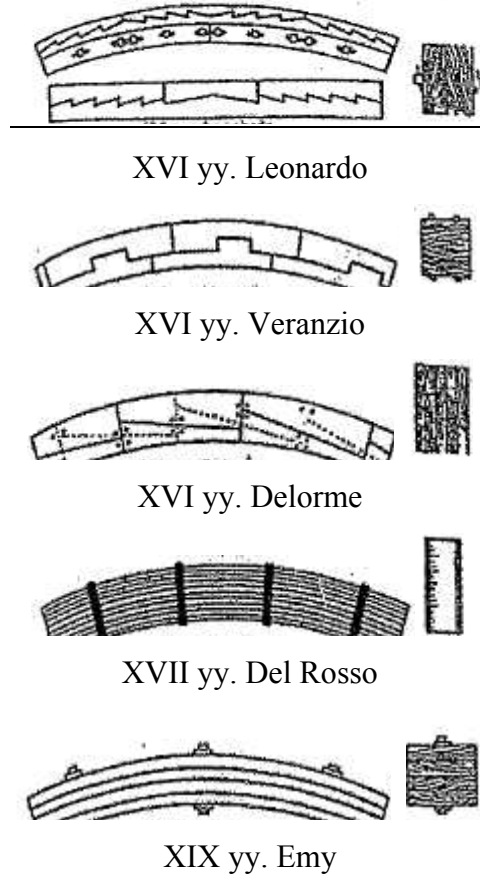
Şekil 2.10 Lamine ahşap teknolojisi (URL 7- 2008).

Lamine ahşap teknolojisi ilk olarak Avrupa’da ortaya çıkmıştır. 16. yüzyılda büyük deha Leonardo Da Vinci, ahşabın taşıyıcı bir yapı malzemesi olarak daha değişik bir tasarımı üzerinde çalışmıştır. O çağlarda ahşap, taşıyıcı bir eleman olarak daha çok doğal ağaç gövdesinin şekillendirilmesi suretiyle kullanılmaktaydı. Da Vinci, ahşap kütüklerin daha ince



olarak dilimlenmesi ve bu dilimlenmiş kerestelerin kenarlarının dişlendirilmesi ve üst üste yapıştırılması veya yine ahşap kamalarla birbirine bağlanmasıyla oluşturulacak birleşik kesitlerin, daha büyük açıklıkları geçebilecek bir takım yapı taşıyıcı elemanları olarak kullanılabilmesini belirlemiştir. Daha sonra birtakım araştırmacılar, aynı prensipten yola çıkarak, değişik boyut ve formlarda taşıyıcı yapı elemanları tasarlamaya devam etmişlerdir (Yesügey 2002).

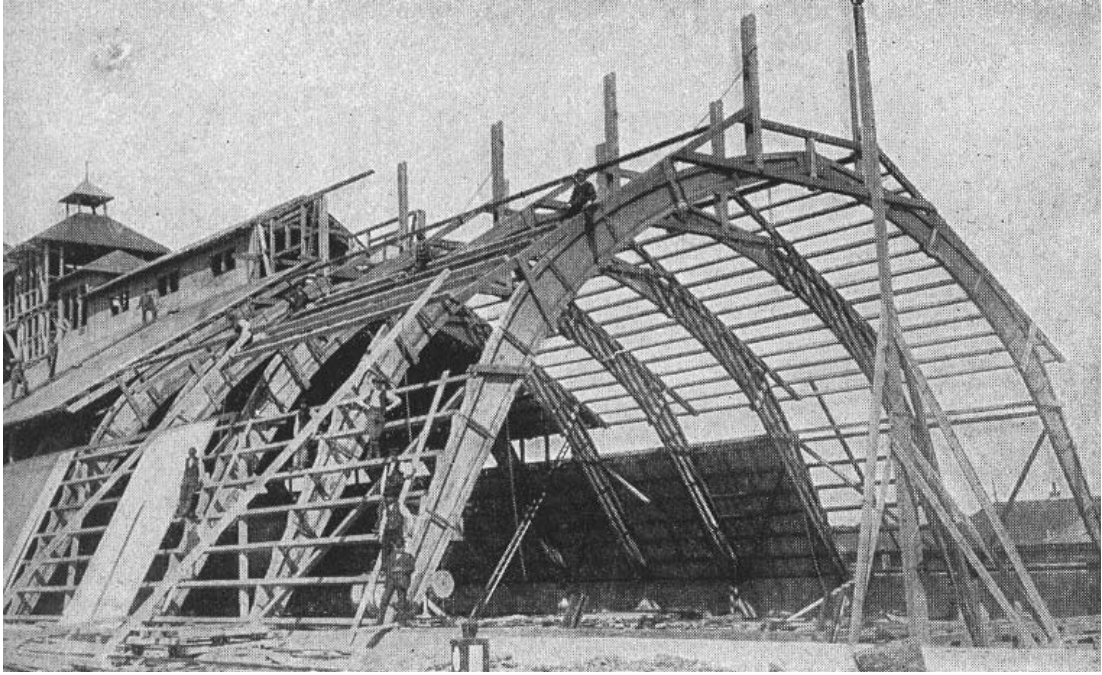
Bu teknolojinin örnekleri Orta ve Yeni Çağ İtalya kentlerinde halen görülmektedir. Tutkallı tabakalanmış lamine ahşap sisteminin tarihsel gelişimi Şekil 2.11'de gösterilmektedir. Ancak bu buluş, yaygın bir uygulama alanı bulamamış ve bir uygulama örneğine de rastlanamamıştır (Yesügey 2002, Duman 1964).



Şekil 2.11 Lamine ahşap sisteminin tarihsel gelişimi

Avrupa'da bugünkü modern kontrplak sanayinin başlangıcı 18. yy. rastlamaktadır. 20. yy. başlarında yapılmış olan ve rutubetten korunmuş tutkallı ahşap yapıların örnekleri günümüze kadar gelmiştir. 1893 yılında Alman inşaat kalfası Otto Hetzer, eski kaynaklara dayanarak bu

konu üzerinde araştırma yapmıştır. Hetzer, bugün ki uygulamalara çok benzeyen bir şekilde 5 cm. genişlikte, 20 cm. yükseklikte, 1.5-5.0m. Boyutlarında biçilmiş ahşap elemanları, uçları “kurt ağzı” olarak adlandırılan şekilde çenterek ve bu elemanları uç uca ve üst üste kazein esaslı bir tutkal ile yapıştırarak formu önceden tasarlanmış bir takım taşıyıcı ahşap yapı elemanlarını tabakalandırarak imal etmiştir. En olgun ve tipik formasyonuna Otto Hetzer ile ulaşan teknoloji ilk örneğini 1901 yılında İsviçre’de göstermektedir. Otto Hetzer tarafından 1904 yılında inşa edilmiş böyle bir atölye binası günümüzde hala kullanılmaktadır. Hetzer bulduğu bu sistemin patentini 1905 yılında almıştır. Tahtaları üst üste tutkallayarak elde edilen dikdörtgen ve I kesitli bu tür taşıyıcı sistemlere “Hetzer Sistemi” adı verilmiştir. Keza 1906 yılında Otto Hetzer tarafından İsviçre’de yapılan oditoryum binası ahşabın yapıda kullanımı için bir dönüm noktası olmuştur ve bu sistem daha sonra Avrupa’nın diğer ülkelerine yayılmıştır (Duman 1964). Otto Hetzer’in bu dönemde yapmış olduğu uygulamalar Şekil 2.12, 2.13, 2.14 ve 2.15’te örnek olarak verilmiştir (Duman 1964).



Şekil 2.12 Otto Hetzer’in bu dönemde yapmış olduğu uygulamalar



Şekil 2.13 Otto Hetzer'in bu dönemde yapmış olduğu uygulamalar



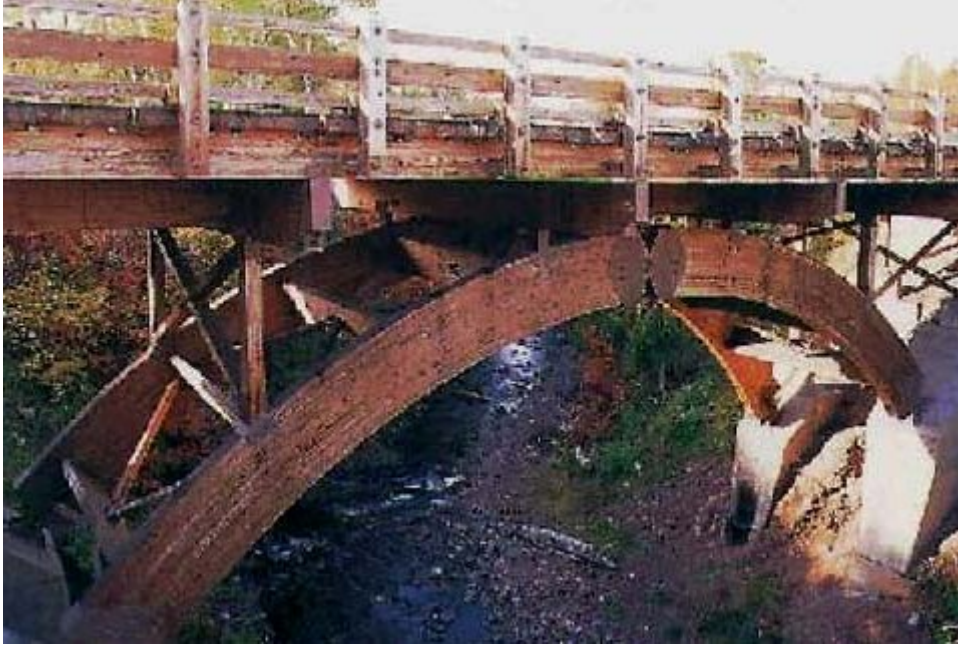
Şekil 2.14 Otto Hetzer'in bu dönemde yapmış olduğu uygulamalar





Şekil 2.15 Otto Hetzer'in bu dönemde yapmış olduğu uygulamalar

1980'li ve 1990'lı yıllarda, bu teknoloji ile köprü yapımı yaygınlaşmıştır. Birçok yol köprüsü tutkallı ahşap teknolojisi kullanılarak yenilenmiştir. Mühendislik alanında en tanınmış olanı, 1968 yılında tamamlanan Güney Dakota'nın yakınında 3 kademeli, 47 metre uzunlukta kemer kirişli, 8 m. genişlikli, 58 m. uzunlukta, bir araç köprüsüdür. Michigan'da 12 m genişlik ve 50 m uzunlukta Eagle River Köprüsü de geniş otoyol köprüleri için yeni ve oldukça başarılı bir örnektir. Bu köprü'nün fotoğrafı Şekil 2.16 ve Şekil 2.17'de verilmiştir.



Şekil 2.16 Eagle River Köprüsü (URL 8- 2003).

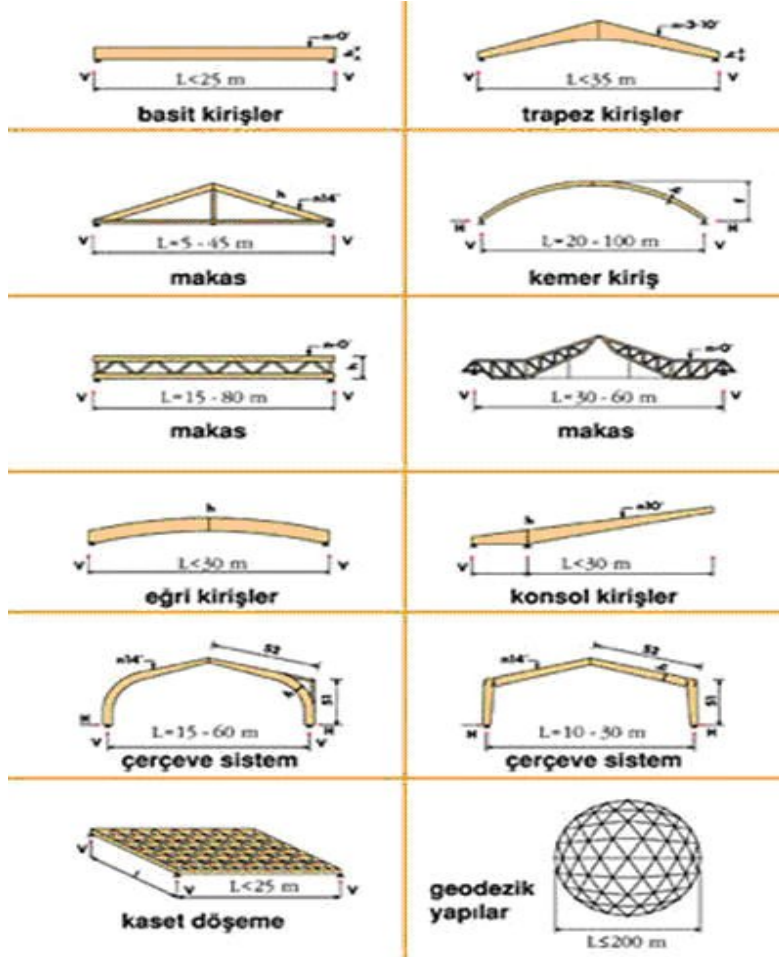


Şekil 2.17 Eagle River Köprüsü (URL 8- 2003).

Lamine ahşap teknolojisi ve kullanılan yapıştırıcıların gelişmesi sonucunda çeşitli şekillere ve geniş açıklıklara cevap verebilecek, yüksek dayanımlı yapı elemanları üretmek mümkün olmaktadır (Meyer 1990, Milner 1997).

Bu yapı elemanları, kolonlar, düz veya eğri kirişler, kemerler, makaslar, aşıklar ve benzeri formasyonlarda üretilebilmekte, birleşmeleri için gerekli tüm detaylar ve metal aksesuarlar

endüstriyel olarak fabrikada tamamlanmaktadır (Yesügey 2002). Lamine ahşap yapı teknolojisi ile üretilebilen yapı elemanları Şekil 2.18’de şematik olarak verilmiştir. Tutkallı ahşap yapıların; diğer birleşim elemanları ile yapılan ahşap yapılara kıyasla birtakım avantaj ve dezavantajı vardır (Öztürk 2005).



Şekil 2.18 Lamine ahşap teknolojisi yapı elemanları

### 2.4.1 Avantajları

- Piyasada kolaylıkla temin edilebilen normal boy tahta ve kalasların usulüne göre tutkullanması yolu ile geniş açıklık geçebilen taşıyıcı sistem elemanları üretilebilir.
- Tahtalar kuru halde iken dahi, dayanımlarından hiçbir şey kaybetmeden bükülmeye uygun olduklarından bu yapı sisteminde, statik ve mimari istekleri en iyi şekilde karşılayabilecek formlar elde etmek mümkündür.
- Teknik kurallara uygun olarak yapıldığı zaman tutkallı bileşimlerin dayanımının, birleştirdiği parçalarınkinden daha fazla olduğu deneyler ile saptanmıştır.
- Alt başlığı düz olan kafes kirişlerle dolu gövdeli düz kirişlerde güçlükler çıkaran ters sehim problemi, tutkallı benzeri ahşap yapı elemanlarında, ayrıca özel bir masrafa da ihtiyaç göstermeden çok kolay olarak çözülebilir.
- Tutkallı bileşik kesitlerde, max. gerilmelerin olduğu yerlerde normal kesitli, gerilmelerin daha az olduğu yerlerde daha az dayanımlı (ucuz) ahşap kullanmak yoluyla maliyette ekonomi sağlamak mümkündür.
- En iyi şartlarda bile kesit ölçüleri oldukça büyük olan tek parça ahşap elemanlar kolaylıkla kurutulup gerek enine gerekse boyuna doğrultudaki her noktasında rutubet yüzdesinin az çok aynı olması sağlanamaz. Tutkallı ahşap yapılarda ise, kullanılan kereste kalınlığı en fazla 4 cm. olduğundan rutubet yüzdesi çabuk ve güvenli şekilde elde edilebildiği gibi, ayrıca üretimi bitmiş olan elemanın rutubet yüzdesi monte edileceği çevreninkine göre de ayarlanmış olacağından yapının kullanılması sırasında şişmeden meydana gelebilecek zararlı deformasyonlar ihmal edilebilecek kadar azdır.
- Tutkallı ahşap yapıların çürümeye karşı dayanımı çok yüksektir, rutubet yüzdesi daima %18'in altında kalacağından mantar ve benzeri parazitler barınamaz.



- Büyük ölçüde ve tek parça olan tutkallı kesitlerin çevrelerinde yer alan kor tabakası yangının içeriye geçmesini yavaşlatır. Taşıyıcı sistem yıkılmadan uzunca müddet yük taşımaya devam edebilir.
- Belli bir yerindeki budak gibi sebepten dolayı, kalitesi itibari ile aslında sahip olduğu üst sınıfa giremeyen bir keresteyi oradan keserek, hatalı kısmı çıkardıktan sonra, tekrar kullanmak mümkündür.
- Tutkallı birleşimlerin diğer bir özelliği strüktür elemanı olarak ahşap kabukların gelişmesine imkan vermiş olmasıdır (Öztürk 2005).

#### **2.4.2 Dezavantajları**

- Öncelikle kaplama üretimi için uygun tomruk bulunması gerekir. Bilindiği gibi soyma kaplamalık tomruklar; silindirik gövde, yeterli çap ve boyutlara sahip olmalı ayrıca kusurlar en az miktarda bulunmalıdır.
- Yumuşak ağaç odunlarından elde edilen kaplamaların kalınlık yönündeki çekme direnci çok fazla değişme göstermektedir. Bu özellik levhanın kenarlarındaki mekanik bağlantıların direncinin azalmasına neden olabilir.
- Ağaç malzeme tutkallanmaya hazırlanması ve tutkallanması, son ürün üzerinde ek bir işçilik maliyeti gerektirmektedir.
- Lamine ürünün direnci, en-boy birleştirmede ve yapıştırmada kullanılan tutkalın kalitesine de bağlıdır. Yüksek dayanımlı tutkalların maliyetinin yüksek olması ek bir maliyet gerektirmektedir.
- Laminasyon imalatının yapılacağı fabrika binasının özel planda yapılması özel ekipman gerektirmesi ve kaliteli elemana olan ihtiyaç ürün maliyetinin artmasına neden olmaktadır.
- Büyük boyutlu kavisli taşıyıcı elemanların nakliyesinde genellikle güçlüklerle karşılaşmaktadır.



- Lamine edilecek ağaç malzemenin belirli sonuç rutubete kadar kurutulması gerektiğinden kurutma tesisi ve ek bir işçilik maliyeti gerektirmektedir (Öztürk 2005).

### 2.4.3 Laminasyonda Asgari Üretim Şartları

TS EN 386'ya göre, lamine elemanların üretildiği ortamın sıcaklığı en az 15 °C ve bağıl nemi ise % 40 – 75 arasında olmalıdır. En ve boy birleştirme uygulanmış parçaların ek yerleri, birbirlerini takip eden katlarda üst üste gelmemeli ve mümkün olduğunca şaşırtmalı olarak düzenlenmelidir. DIN 1052 ve DIN 68140'a göre; birbirini takip eden katlarda iki birleştirme arasındaki uzaklık  $\geq 300$  mm olmalıdır. Lamine elemanı oluşturan katlar arasında rutubet farkı % 4'ten fazla olmamalıdır (DIN 1052 1988, DIN 68140 1998).

Yapıştırıcı üreticisinin tavsiyelerine uygun olarak, yapıştırıcı dengeli ve yeterli miktarda sürülmelidir. Bu miktar kullanılan yapıştırıcının özelliklerine göre 180-350 g/m<sup>2</sup> arasında değişmektedir. Sıkıştırma üniform ve emniyetli olarak yayacak şekilde yapışma hattı üzerinde uygulanmalıdır. Pres basıncı, kullanılan yapıştırıcı ve ağaç türüne göre 0,6 – 1,2 N/mm<sup>2</sup> arasında değişmektedir (TS EN 386 1999).

Odunda, irsel ve ekolojik etkenlerin neden olduğu lif kırıklığı, lamine ağaç malzemenin direnç değerini önemli ölçüde azaltır. Basınç yüküne maruz kalan kolonlarda, lif açısının uygulanan kuvvet yönünden sapma derecesi arttıkça direnci azalmaktadır. Lif açısının 45° lik açıya kadar artması ile eğilme direncinde kuvvetli bir düşüş görülmektedir (Berkel 1970).

Lamine masif ağaç malzeme bünyesinde bulunan budak çapı arttıkça direnci azalmaktadır. Nokta ve küçük budaklar bazen estetik olarak kabul edilseler de teknik yönden kusur sayılmaktadır. Budaklar ağaç malzemedeki bulunma yerine, büyüklüğüne ve lamine elemanın maruz kaldığı yük tipine göre önemli derecede direnç azalmasına neden olurlar. TS 3842 'ye göre lamine elemanın herhangi bir kısmında ve 300 mm uzunluktaki budak alanları toplamının bu uzunluğa ait alana oranı I. Sınıf için 1/10' u II. Sınıf için 1/4'ü, III. sınıf için 1/2 'yi geçemez (TS 3842 1983).

Reaksiyon odunu oluşumları, lamine ağaç malzeme özelliklerini olumsuz etkilemektedir. Basınç odunu normal odundan daha ağır olup, eğilme ve şok direnci düşüktür. Kurutulması sırasında kolaylıkla çarpılır ve çatlaklar (Bozkurt 1986).

Çatlaklar, lamine ağaç malzemenin tutkallama ve direnç özelliklerini azaltan kusurlardır. Ağaçta dikili haldeyken büyüme gerilmelerinden kaynaklanan basınç çatlakları, iç çatlaklar ve öz çatlakları meydana gelmektedir. Ormandan kesimi yapılan ağacın kurutulması sırasında bu çatlaklar daha da artmakta ve ağaç malzemenin mekanik özelliklerinde azalmaya neden olmaktadır (Bozkurt 1986).

Lamine elemanların üretiminde kullanılan ağaç malzemenin öz içermesi direnç azalmasına neden olmaktadır. Özün hücre yapısı çevresindeki odundan önemli derecede farklı olduğundan, çalışma miktarı çevresindeki odun ile uyumlu değildir. Bu durum sakıncalı iç gerilmelere neden olduğu gibi yapışma direncini azaltıcı etki yapmaktadır. Mantarlar, ağaç malzemede renk değişikliğine ve çürümelere neden olmaktadır. Mantarların meydana getirdiği en önemli renk değişimi iğne yapraklı ağaçlarda görülen mavi renk oluşumdur. Taze kesilmiş ağaç sıcak ve rutubetli ortamda kaldığında ve tomruktan elde edilen keresteler arasına lata konulmadan istif edildiğinde, diri odun kısmında odunun derinliklerine nüfuz eden mavileşme meydana gelmektedir. Mavileşme, şok direncini % 25'e varan oranda azaltmakta, diğer mekanik özelliklerde ise önemli bir değişmeye neden olmamaktadır (Bozkurt 1986).

#### **2.4.4 Laminasyonda Ağaç Malzemenin Seçimi**

Lamine elemanlarda kullanılacak ağaç malzeme seçimini etkileyen belirli faktörler vardır. Bunlar;

- Seçilen ağaç türünün hafif olması lamine taşıyıcı elemanların üretiminde arzu edilen bir özelliktir. Çünkü taşıyıcı elemanlardan gerek kirişler, gerekse kolonlar oldukça büyük boyutlardadır. Taşıma ve montaj işlemlerinde ağırlığın belirli düzeyde olması istenilen bir durumdur.

- Lamine taşıyıcı elemanlarda yüksek mekanik direnç aranan bir özelliktir. Bundan dolayı, üretiminde mekanik özellikleri yüksek ağaç türlerinin seçimi, daha yüksek dirençli taşıyıcı eleman üretimine imkan sağlayacaktır.
- Seçilecek olan ağaç türünün fazla tanenli, eterik yağlı, ekstraktif maddeli ve reçineli olması tutkalın yapışma dayanımını azaltacağından lamine ağaç malzemenin direnç özellikleri de azalacaktır.
- Üretimin aksamaması ve alış maliyetinin düşük olması bakımından seçilecek ağaç türü kolayca ve bol miktarda temin edilebilmelidir.
- Bükülebilme özelliği özellikle kavisli elemanlarda aranan bir özelliktir. Çünkü seçilen ağaç malzeme türünün bükülebilme özelliği ne kadar iyi olursa Laminasyonda o nisbette kalın parçaların kullanılması mümkün olmaktadır. Bu da gerek işçilik gerekse tutkal maliyeti açısından olumlu bir durumdur (Kılıç 1997).



## BÖLÜM 3

### MATERYAL VE METOD

#### 3.1 DENEY MATERYALİ

Deneş örneklerinin hazırlanmasında ağaç malzeme endüstrisinde yaygın olarak kullanılan yerli ağaç türlerinden titrek kavaktan elde edilen soyma kaplama ve fenol formaldehit tutkalı kullanılmıştır

##### 3.1.1 Titrek Kavak (*Populus tremula L.*) Odununun Teknolojik Özellikleri ve Kullanım Yerleri

###### 3.1.1.1 Doğal Yayılışı

Titrek Kavak öncü orman ağaçlarındanır. Yangın geçiren sahalarda başlangıçta küçük alanlara gelip yerleşmektedir (Kayacık 1981). Ayrıca bu türü dere ve nehir boylarında, orman içi açıklıklarda görmek mümkün olmaktadır (Tunçtaner vd. 1994, Yaltırık 1993). Titrek Kavak türü dünyada, bütün Avrupa, Kuzey batı Afrika, Lübnan, Ön Asya, Kafkasya ve Sibirya'da doğal yayılış göstermektedir. Doğuda ise Kuzey Çin'e kadar ulaşmaktadır (Yaltırık 1993, Browicz ve Yaltırık 1982,)

Ülkemizde ise; Batı Trakya, Batı Anadolu ve Karadeniz mntıklarında çok iyi gelişme göstermekte olup, Güneydoğu ve İç Anadolu step bölgesi dışında kalan tüm orman mntıklarındaki yapraklı ve iğne yapraklı karışık ormanlarında kümeler halinde veya serpili olarak, yangın geçirmiş ve tıraşlama alanlarında ise saf meşcereler halinde yayılış göstermektedir. Tür, dünya üzerindeki dikey yayılışı bakımından dağlarda ağaç sınırına varmaktadır. Kafkasya'da 2200 m, İsviçre Alpleri'nde 2000 m, ülkemizde deniz seviyesinden 2000-2350 m yüksekliklere kadar çıkmaktadır (Yaltırık 1993, Atik 1995, Davis 1972, Şimşek 1968).

### 3.1.1.2 Botanik Özellikleri

Titrek Kavak hızlı büyüyen bir ışık ağacıdır. Sıkça meyve verir. Tohumları çok küçük ve hafiftir. Bol tohumlu yıllarda bir ağaçtan 54 milyon tohum sağlanabilir (Aytuğ 1984).

Biyolojik, ekolojik ve morfolojik farklılıklar gösteren dişi ve erkek fertlerinin bulunduğu, popülasyonda erkek bireylerin daha çok sayıda olduğu ve bunların toprak istekleri daha az olduğu için daha fakir yerlerde yetişebildiği, aynı şekilde bu türde büyük boyutlu, daha geniş tepeli ve daha gelişmiş kök sistemlerine sahip fertlerinin bulunduğu, yine erkek fertlerde odunun daha iyi teknik özelliklere sahip olduğu, direncin de % 4-18 daha fazla olduğu; buna karşılık dişi bireylerin ise *Fomes igniarus* Fr., *F.tremula* mantarının meydana getirdiği çürüklüğe karşı daha dayanıklı oldukları belirtilmektedir (Sarıbaş 1989).

Beşkök, ayrıca, bu türde erken ve geç yaprak açan fenolojik formların varlığına değinmektedir. Buna göre, erken yaprak açan formların daha fena fenotip oluşturmakta ve daha az verime sahip olmakta ve polimorfizm göstermektedir (Yaltırık 1993).

### 3.1.1.3 Titrek Kavak Odununun Anatomik Özellikleri

Titrek Kavak odunu, kirli beyaz renkte, yıllık halkalar geniş olup yaz odunu tabakası koyuca, kokusuz, çok hafif ve yumuşaktır (Berkel 1970, Bozkurt 1971).

Titrek Kavak dağınık traheli olup, yıllık halka içerisinde sayıları farklılık göstermektedir. Trahelerin oranı % 26,4, liflerin % 60,9 ve öz ışınlarının % 12,7'dir. Trahelerin perforasyon tablası basittir (Atik 1995).

Aynı araştırmacı tarafından yapılan çalışmalara göre lif boyu 1,36682942 mm, lif çapı 24,47956628 µm, lümen 17,56389 µm, aynı şekilde keçeleşme, esneklik ve katlılık katsayıları sırasıyla 57,02, 72,52 ve 13,74; Runkel oranı 0,379, F faktörü 415,05 ve Mühlstep oranı ise 47,4 olarak hesaplanmıştır. Odunun kullanım alanlarını etkileyen odun öğelerinden biri olan öz ışınları, sadece odunların tanısını yapmada büyük özellikler içermekte, aynı zamanda teknolojik yönden odununun kullanma ve yararlanma alanını belirleyen önemli öğelerden olduğu belirtilmektedir (Şanlı 1985).

Odununda mm<sup>2</sup>'deki trahe sayısının 135 olduğu, alçak rakımlı yörelerden yüksek rakımlı yörelere çıkıldıkça, bir başka ifadeyle, denizden yükseldikçe mm<sup>2</sup>'deki bu sayının arttığı belirtilmektedir (Sarıbaş 1989).

Trahelerin radyal yöndeki çapları, gerek ilkbahar, gerekse yaz odununun teğetsel yöndeki çaplarından daha fazla olmaktadır. Dolayısıyla, trahenin enine kesitlerdeki görünüşleri, radyal yönde uzun, tek traheler elips, oval grup traheler ise köşeli veya yuvarlak kenarlı olmaktadır (Aytuğ 1984, Bozkurt 1967).

İlkbahar odununda radyal ve teğet çap ortalamaları sırasıyla 88,0819, 66,1418 mikron; çeper kalınlığı ortalaması ise 2,1948 mikron kadar olabilmektedir (Sarıbaş 1989).

Titrek Kavakta trahe hücrelerinin delikçikleri soyutlanmıştır. Tek başına bulunan bu trahe hücrelerinde yapılan incelemelere göre, trahelerin genellikle iki ucu sivri, bir ucu sivri, bir ucu küt, iki ucu küt olabilmekte, tek delikli olan perforasyon tablasındaki delik oval, yuvarlak ve bazen de elipsoid şekilde ve trahelerin boyuna çeperleri üzerindeki kenarlı geçitler ise “almaçlı (diyagonal)” olmaktadır. Geçitler bazen tüm yüzde veya çeperin belirli kısımlarında yer almaktadır (Sarıbaş 1989).

Trahe gruplaşmaları, genel olarak ışınsal yönde 2-6 adet, çok az bir bölümünde de 7'li ve 8'li; küme biçiminde ise çoğunlukla 3-8'i, bir arada ve çok azıda 9'lu veya 10'lu kümeler oluşturmaktadır (Şanlı 1985).

Kavak odununun tanımını kolaylaştıran çok önemli özelliklerden biri de, öz ışınlarını oluşturan hücrelerin homoselüler bir yapıda olmasıdır. Titrek Kavaklarda öz ışınları “tek sıralı (üniseri)”dır (Bozkurt 1986).

Titrek Kavak odunundaki mm<sup>2</sup> 'deki öz ışını sayısının 52, ortalama lif boylarının 1.297 mm, lif genişliğinin 26 mikron olduğu, lif çeper kalınlıkları ortalamasının da 6.074 mikron ve öz ışınlarının oduna katılım oranının %17 olduğu bildirilmektedir (Sarıbaş 1989).

Bir ağacın teknolojik özellikleri, o ağacın fiziksel, mekanik, kimyasal ve bu niteliklerine etkili olan anatomik özelliklerini kapsamaktadır. Bu özelliklerin bilinmesi, o ağacın odununun kullanım yerlerinin tespitinde belirleyici olmaktadır. Ülkemizde bazı ağaç türlerinin

odunlarının fiziksel, mekanik ve teknolojik özelliklerini tespit etmek amacıyla ülkemizde yapılmış olan birçok araştırmalar bulunmaktadır (As 1992, Göker 1977, Göker 1983).

İncelenen bu araştırmalardan odunun bu özelliklerine uygun kullanım yerleri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bugüne kadar Populus termula L.'nin teknolojik özelliklerinin belirlenmesi üzerine yurdumuzda yapılmış bazı araştırmalar bulunmaktadır (Sarıbaş 1989, Erten vd. 1995, Öner 1996).

Bu araştırmalardan Titrek Kavak'ın fiziksel ve mekanik özellikleri iki farklı yazara göre Çizelge 3.1'de sunulmuştur.

Çizelge 3.1 Titrek kavak odununun fiziksel ve mekanik özellikleri

Ölçülen Karakteristik	ÖNER, N., 1996	ERTEN, P., ve ark.1995
Hava Kuru Özgül Ağırlık(g/cm <sup>3</sup> )	0,42	0,51
Tam kuru Özgül Ağırlık(g/cm <sup>3</sup> )	0,38	0,49
Hacim Ağırlık Değeri(g/cm <sup>3</sup> )	0,33	-
Yıllık Halka Genişliği (mm)	-	1,98
Yaz Odunu Genişliği (mm)	-	0,68
İlkbahar Odunu Genişliği (mm)	-	1,29
Radyal Yönde Şişme (%)	4,37	8,29
Teğet Yönde Şişme (%)	8,28	6,26
Liflere Paralel Yönde Şişme (%)	0,37	-
Toplam Hacimsel Şişme (%)	13,36	14,7
Radyal Yönde Çekme (%)	3,94	6,36
Teğet Yönde Çekme (%)	8,05	5,52
Liflere Paralel Yönde Çekme (%)	0,35	-



Çizelge 3.1 Titrek kavak odununun fiziksel ve mekanik özellikleri (devam ediyor)

Toplam Hacimsel Çekme (%)	12,04	11,66
Elastikiyet Modülü (kp/cm <sup>2</sup> )	-	102,45
Eğilme Direnci (kp/cm <sup>2</sup> )	761,75	906,58
Dinamik Eğilme Direnci (kpm/cm <sup>2</sup> )	0,52	-
Janka Sertlik (Liflere Paralel) (kp/cm <sup>2</sup> )	258,81	376,22
Janka Sertlik (Liflere Dik) (kp/cm <sup>2</sup> )	356,52	311,99
Makaslama Direnci (kpm/cm <sup>2</sup> )	69,79	89,4
Çekme Direnci (kp/ cm <sup>2</sup> )	-	709,72
Basınç Direnci (kp/cm <sup>2</sup> )	395,61	562

#### 3.1.1.4 Titrek Kavak Odununun Kullanım Yerleri

Titrek Kavak odununun çok çeşitli kullanım alanları bulunmaktadır. Odununun yeknesak yapıda olması, yumuşak ve kolayca soyulabilmesi, eğilme direncinin yüksek olması, kimyasal maddeleri absorbe etme özelliği ve yandığında is çıkarmaması, yıllık halkalarının dar olması, koyu renkli bir özünün bulunmaması ve düzgün lifli olması nedeniyle soyma makinelerinde kolaylıkla tabakalar halinde soyulabilmesi gibi nedenlerle kibrit çöpü yapımında kullanılmaktadır. Titrek Kavak odununda, lignin oranının %17.40 ile diğer kavak türlerinin çoğundan daha düşük oranlarda bulunması, tersine selüloz oranının yüksek olması, kolayca beyazlatılabilmesi ve lif uzunluğunun 1.366 mm olması gibi nedenlerle kağıt üretimine elverişli bir tür olduğu söylenebilir (Atik 1995, Toplu 1999). Ayrıca hektar başına kuru odun maddesi veriminin yüksek olması da (hektarda 6.7 ton kuru odun maddesi verimi) Titrek Kavak'ı kağıt ve selüloz üretiminde aranan bir tür yapmaktadır. Titrek Kavak odunundan yapılacak odun kaplama levhalarının hafifliği ve şeklini muhafaza ederek çarpılmaması, yeknesak bir şekilde çalışması dolayısıyla konstrüksiyon levhalarının iç ve dış kısımlarında ve kaplama levhalarına stabil bir zemin oluşturması gibi kullanım alanları da bulunmaktadır (Öner 1996).

Kontrplak sanayinde soyma makinelerinde soyulmadan kalan 12 cm çaplı tomruk artıkları biçilerek sandık kutu gibi ambalaj imalinde veya kürdan üretiminde de Titrek Kavak odunu

değerlendirilebilir. Titrek Kavak odunu dış mekânlarda, böcek ve mantarlara karşı dayanıklı olmadığından ham haliyle pek kullanılmamaktadır. Ancak iyi kurutularak iç mekanlarda, basit köy evlerinin çatı kirişlerinde ve kerpiç bina iskeletlerinde kullanılabilir. Ayrıca odununun yumuşak ve esnek oluşu nedeni ile jimnastik salonlarının zemin döşemelerinde, bina pencerelerinin jaluzi üretiminde ve pedavra imalinde de kullanılabilir. Odununun hafifliğine rağmen dayanıklı olması, nakliyat ücretlerinin azlığı, kokusuz ve reçinesiz olması, yüksek eğilme direncine sahip olması, çivi tutma kabiliyetinin iyi ve çivilenme sırasında çatlamaması ve kıymık yapmaması gibi nedenlerle ambalaj sanayisinde de kullanılmaktadır (Öner ve Aslan).

Titrek Kavak odunu şimendifer vagonlarının iç kısımlarında dolgu materyali olarak, yeterli mukavemeti nedeniyle suni bacak ve kol protezlerinde, ayrıca mutfak aletleri, şapka kalıpları, heykel ve biblolar, saat yuvaları, maden döküm modelleri, makara, ayakkabı topukları, resim tahtaları, oyuncaklar, fiçı tıkaçları, tersimat masaları yapımında da kullanılabilir (Öner ve Aslan).

Kalın çaplı Titrek Kavak gövdeleri yumuşak ve yeknesak yapılı olduğundan kaplama ve kontrplak sanayinin önemli bir hammaddesini oluşturmaktadır. Kesme kaplama sanayinde 40 cm den fazla çapa sahip odunlar kullanılmaktadır. Kontrplak sanayinde ise en az 30 cm çapa sahip odunlar kullanılabilir. Mevcut soyma makineleri ile 85 cm çapındaki gövdeleri ince levhalara soymak mümkündür. Bu sanayide kullanılacak tomrukların sağlam ve budaksız olması gerekmektedir. Kesme kaplamada daha kaliteli gövdeler, soyma kaplama ve kontrplak için ise daha az kaliteli gövdelerde kullanılabilir (Öner ve Aslan).

### **3.1.2 Fenol Formaldehit Tutkalı**

Fenol reçineleri kaplama ve kontrplak sanayi ile oduna şekil ve biçim veren mobilya sanayinde, odun ve metalin yapıştırılmasında, yonga levhaların üzerine metal levhaların kaplanmasında, odun ile sentetik maddeler ve sentetik maddelerle metalin birleştirilmesi suretiyle elde edilen malzemenin yapımında ve özel kağıt safihalarının imalinde kullanılmaktadır (Huş 1992).

Fenol formaldehit tutkalı, fenol ile formaldehitin katalizörler yardımıyla kondenzasyonu ile elde edilmektedir. Ancak, reaksiyona giren fenol ile formaldehit oranları ve katalizör ortamının alkali ya da asidik olmasına göre, fenol formaldehit tutkalları iki sınıfa ayrılır. (formaldehit/fenol) $< 1$  olmak üzere fenol ile formaldehit asidik katalizörler yardımıyla kondanse edilmesiyle elde edilen fenol reçinesine “novalak” adı verilmektedir. Novalak organik alkali çözücülerde çözünmekte olup kullanılacağı zaman paraformaldehit ile karıştırılmaktadır. (Formaldehit/fenol) $>1$  (1.5-2 civarında) olmak üzere fenol ile formaldehitin alkali katalizörlerle kondanse edilmesinden elde edilen fenol reçinesine ise “resol” adı verilmektedir. Fenol ve formaldehit alkali çözeltilerde reaksiyona girdiklerinde pH değerinin çok yüksek olması gerekmektedir. pH değerini yükseltmek için çözeltiye NaOH ilave edilir. Çözelti halinde hazırlanmış fenol formaldehit tutkalları bozulmadan en fazla 3-5 ay kadar saklanabilmektedir. Fenol formaldehit tutkalı koyu renklidir. Suyu ve açık hava koşullarına karşı dayanıklı bir yapışma sağlamaktadır. Tutkala mum, parafin ve bitkisel yağlar gibi hidrofob maddeler katılabilir. Tutkallama sırasında lif rutubetinin %4-8 arasında olması gerekir. Fenol formaldehitin tutkalının sertleşme sıcaklığı üre formaldehit tutkalının sertleşme sıcaklığından daha yüksek olup, lif rutubetinin %6'nın altında olması halinde 150<sup>0</sup> C den yüksek olmalıdır (Huş 1992). Üretici firmanın önerisine göre, tutkal yüzeye 120-300 g/m<sup>2</sup> olarak uygulanır. Tutkalın viskozitesi 20<sup>0</sup>C'de 250-500 MPa.s. yoğunluğu ise 20<sup>0</sup> C'de 1.2 ± 0,05 g/cc' dir.

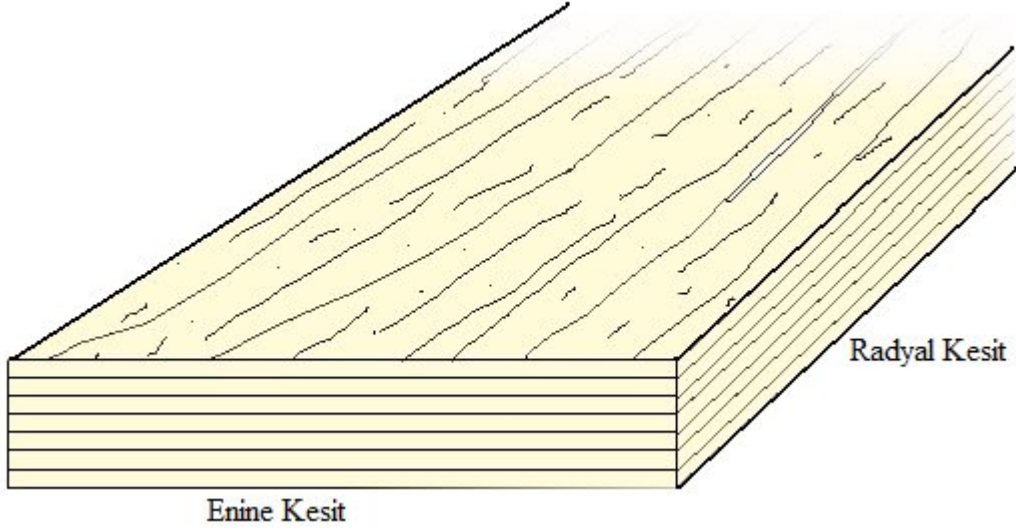
### **3.2 DENEY ÖRNEKLERİNİN HAZIRLANMASI**

Deneş örneklerinin hazırlanmasında Tokat ili Niksar İlçesinde bulunan SETA Ağaç Sanayinden temin edilen 1,2 ve 3 mm kalınlıklardaki kaplamalar Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Uygulama Atölyesi'nde kusurlarından arındırılarak kullanıma hazır hale getirilmiştir. Kusurlarından arındırılan kaplamalar kompozit keresteler için gruplandırılmıştır.

#### **3.2.1. LVL (Laminated Veneer Lumber) Örneklerinin Hazırlanması**

LVL için 3 mm kalınlığındaki kaplamalar 55 ± 2<sup>0</sup> C ve % 6 ± 1 bağıl nem şartlarında 2 ay bekletilerek yongaların % 3 rutubete gelmesi sağlanmıştır. Hazırlanan yongaların kuru ağırlığına oranla % 6 fenol formaldehit tutkalı eklenmiştir. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi

Bartın Orman Fakültesi deney laboratuvarında laboratuvar presiyle  $30 \text{ kg/cm}^2$  basınçta,  $180 \pm 3^\circ \text{ C}$ 'de, 7 dakika preslenerek kompozit kereste haline getirilmiştir (ASTM D 5456 96). Preslenen taslaklar  $20 \pm 2^\circ \text{ C}$  ve  $\% 65 \pm 5$  bağıl nem şartlarında kondisyonlandırılmıştır (TS 642/ISO 554). Kondisyonlanan parçalar deney türüne göre ölçülendirilip deneye tabi tutulmuştur. Üretilen kompozit kerestelerden LVL Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 LVL görünüşü

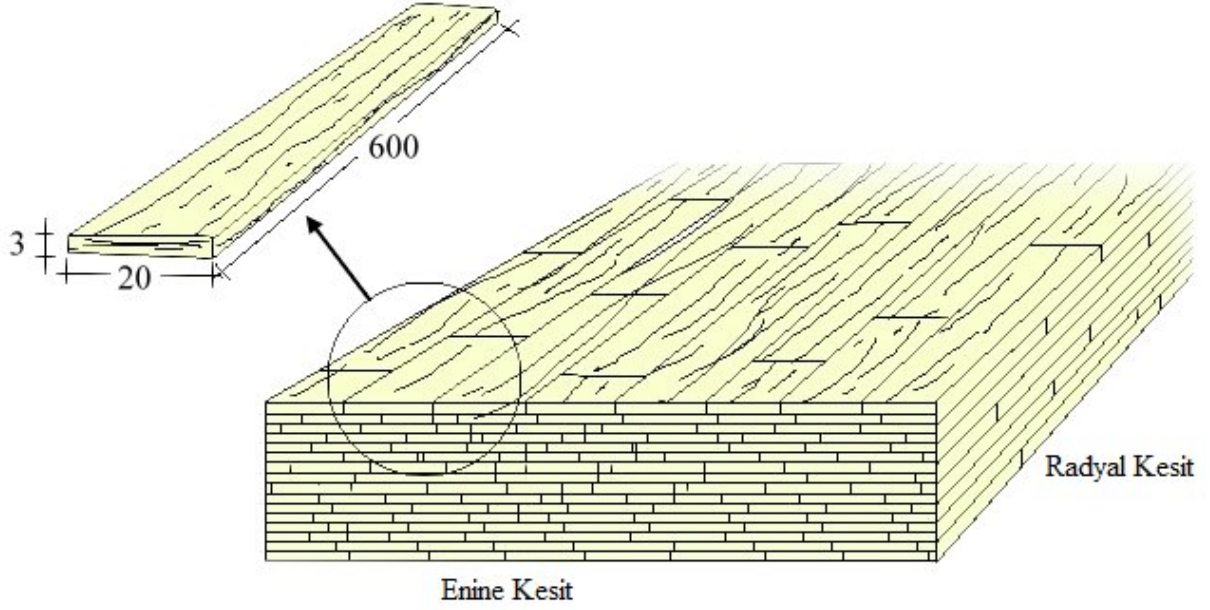
### 3.2.2. PSL (Paralel Strand Lumber) Örneklerinin Hazırlanması

Üretilen PSL için  $3 \text{ mm}$  kalınlık,  $20 \text{ mm}$  genişlik,  $60 \text{ cm}$  uzunluğundaki yongalar  $55 \pm 2^\circ \text{ C}$  ve  $\% 6 \pm 1$  bağıl nem şartlarında bekletilerek yongaların ortalama  $\%3$  rutubete gelmesi sağlanmıştır. Hazırlanan yongaların kuru ağırlığına oranla  $\% 6$  fenol formaldehit tutkalı ilave edilmiştir.  $30 \text{ kg/cm}^2$  basınçta,  $180 \pm 3^\circ \text{ C}$ , 7 dakika preslenerek kompozit kereste haline getirilmiştir (ASTM D 5456). Preslenen taslaklar  $20 \pm 2^\circ \text{ C}$  ve  $\% 65 \pm 5$  bağıl nem şartlarında kondisyonlandırılmıştır (TS 642/ ISO 554). Denge rutubetine gelen parçalar deneye tabi tutulmuştur. Üretilen kompozit kerestelerden PSL Şekil 3.2'de gösterilmiştir.

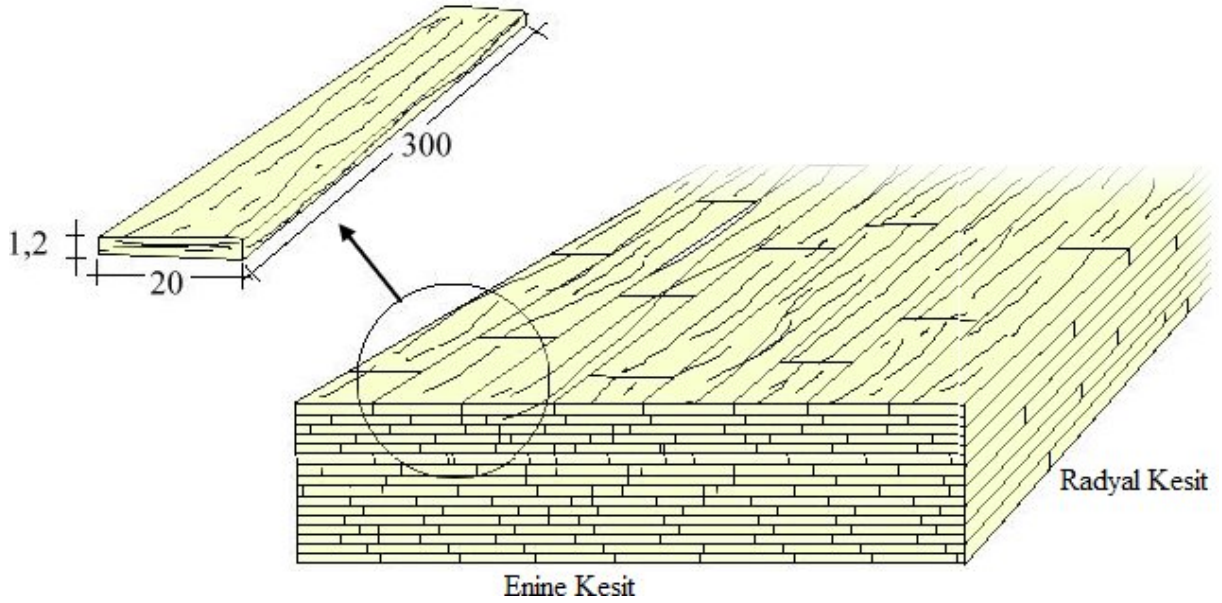
### 3.2.3. LSL (Laminated Strand Lumber) Örneklerinin Hazırlanması

Üretilen LSL için  $1,2 \text{ mm}$  kalınlık,  $20 \text{ mm}$  genişlik,  $300 \text{ mm}$  boyundaki yongalar  $55 \pm 2^\circ \text{ C}$  ve  $\% 6 \pm 1$  bağıl nem şartlarında 2 ay bekletilerek yongaların  $\% 3$  rutubete gelmesi sağlanmıştır. Hazırlanan yongaların kuru ağırlığına oranla  $\% 6$  fenol formaldehit tutkalı ilave

edilmiştir. Laboratuvar presiyle  $30 \text{ kg/cm}^2$  basınçta,  $180 \pm 3^\circ \text{ C}$ , 7 dakika preslenerek kompozit kereste haline getirilmiştir (ASTM D 5456). Preslenen taslaklar  $20 \pm 2^\circ \text{ C}$  ve  $\% 65 \pm 5$  bağıl nem şartlarında kondisyonlandırılmış (TS 642/ ISO 554). Denge rutubetine ulaşan parçalar deneye tabi tutulmuştur. Üretilen kompozit kerestelerden LSL Şekil 3.3'te gösterilmiştir.



Şekil 3.2 PSL Görünüşü

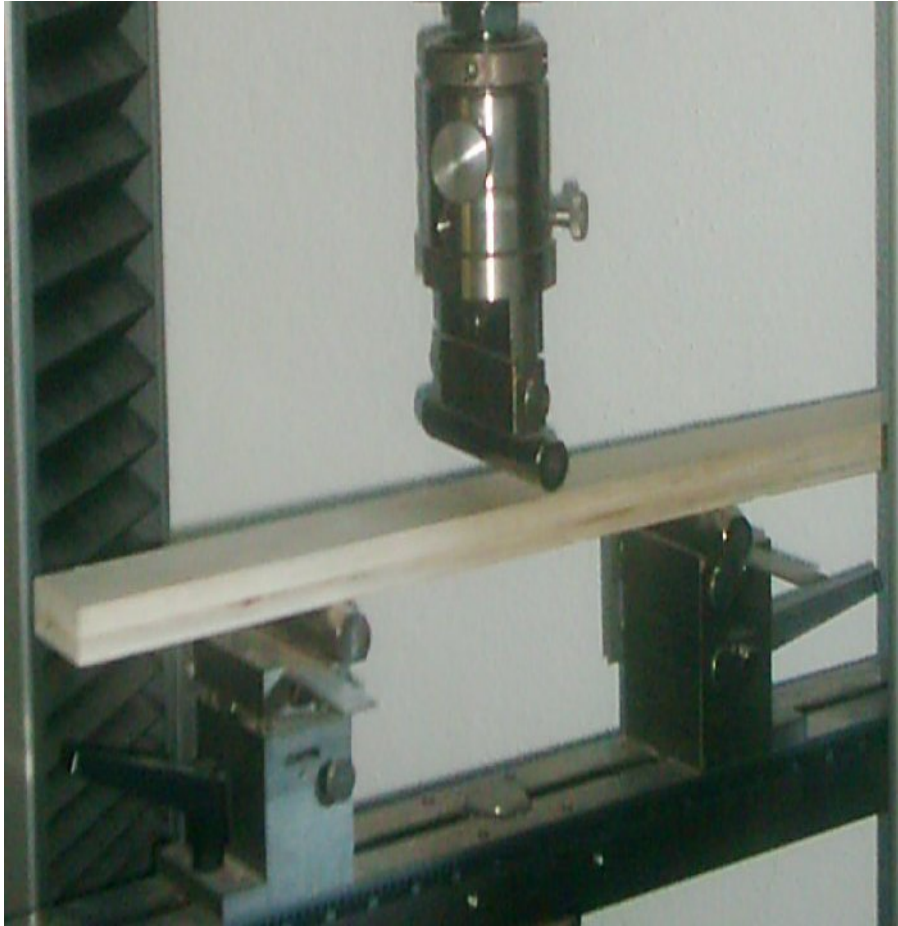


Şekil 3.3 LSL Görünüşü

### 3.2.4 Deneylerin Yapılışı

#### 3.2.4.1.Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü Deneyi

Örneklerin eğilme direnci değeri ve eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin belirlenmesi için preslenmiş taslaklardan 5x2x50 cm'lik örnekler haline getirilerek EN 310 (1999)'e göre hazırlanmıştır (TS EN 310 1999/ ASTM D 3043- 95). Her gruptan 10'ar adet olmak üzere toplam 40 adet deney örneği hazırlanmıştır. Deneyler Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü Laboratuvarında bulunan 5000 kg kapasiteli Universal Zwick Roell Z50 test cihazında yapılmıştır. Deney örneklerinin deformasyon anındaki kuvvetleri ve grafikleri test cihazına bağlı olan bilgisayara aktarılmıştır. Deneylerin yapılışı şekil 3.4'de gösterilmiştir.



Şekil 3.4 Eğilme direnci ve elastikiyet modülü deneyi

### 3.2.4.2 Liflere Paralel Yönde Basınç Direnci Deneyi

Örneklerin liflere paralel yönde basınç dirençlerini belirlemek için preslenmiş taslak levhalardan 2x2x3 cm'lik örnekler kesilerek TS 2595 (1977)'ye göre hazırlanmıştır (TS 2595 1977). Her gruptan 10'ar adet olmak üzere toplam 40 adet deney örneği hazırlanmıştır. Deneyler Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya ve Dekorasyon Bölümü Laboratuvarında bulunan 5000 kg kapasiteli Universal Zwick Roell Z50 test cihazında yapılmıştır (ASTM D 3501-94). Deney örneklerinin deformasyon anındaki kuvvetleri ve grafikleri test cihazına bağlı olan bilgisayara aktarılmıştır. Deney yapılışı Şekil 3.5'te gösterilmiştir.

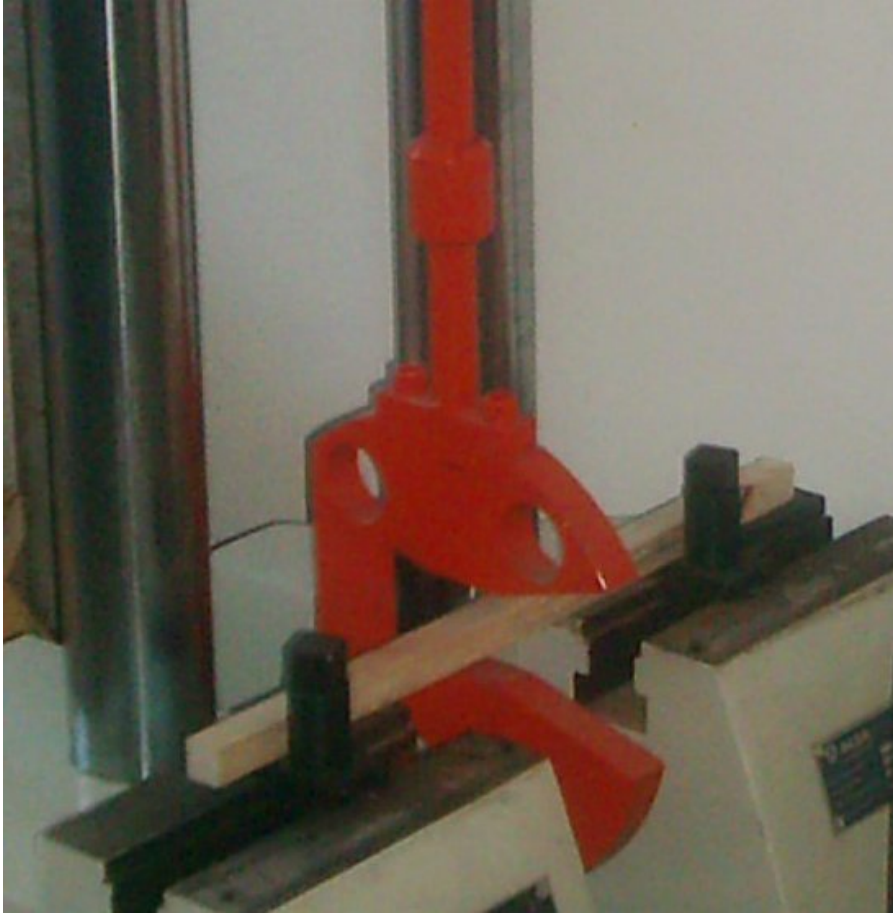


Şekil 3.5 Liflere paralel yönde basınç direnci deneyi



### 3.2.4.3 Dinamik Eğilme(Şok) Direnci Deneyi

Dinamik eğilme (şok) direnci'ni belirlemek için preslenmiş taslak levhalardan kesilen 2x2x36 cm'lik örnekler TS 2477 (1976)'ya göre hazırlanmıştır (TS 2477 1976). Her gruptan 10'ar adet olmak üzere toplam 40 adet deney örneği hazırlanmıştır. Deneyler Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya ve Dekorasyon Bölümü Laboratuvarında bulunan dinamik eğilme (şok) direnci deney cihazında yapılmıştır. Deneyin yapılışı Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6 Dinamik eğilme (şok) direnci deneyi



#### 3.2.4.4 Liflere Paralel Çekme Direnci Deneyi

Örneklerin liflere paralel çekme direncini belirlemek için preslenmiş taslak levhalardan 5x2x25.5 cm'lik örnekler kesilerek ASTM D 1037 (1978)'e göre hazırlanmıştır (ASTM D 1037-99). Her gruptan 10'ar adet olmak üzere toplam 40 adet deney örneği hazırlanmıştır. Deneyler Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya ve Dekorasyon Bölümü Laboratuvarında bulunan 5000 kg kapasiteli Universal Zwick Roell Z50 test cihazında yapılmıştır (ASTM D 3500-90). Deney örneklerinin deformasyon anındaki kuvvetleri ve grafikleri test cihazına bağlı olan bilgisayara aktarılmıştır. Deney yapılışı şekil 3.7'de gösterilmiştir.



Şekil 3.7 Liflere Paralel Çekme Direnci Deneyi

### 3.2.4.5 Liflere Dik Çekme Direnci Deneyi

Örneklerin liflere dik çekme direnci deneyi için preslenmiş taslak levhalardan 5x2x5 cm'lik örnekler kesilerek EN 319'a göre hazırlanmıştır (EN 319 1999). Her gruptan 10'ar adet olmak üzere toplam 40 adet deney numunesi hazırlanmıştır. Deneyler Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya ve Dekorasyon Bölümü Laboratuvarında bulunan 5000 kg kapasiteli Universal Zwick Roell Z50 test cihazında yapılmıştır. Deney örneklerinin deformasyon anındaki kuvvetleri ve grafikleri test cihazına bağlı olan bilgisayara aktarılmıştır. Deney yapılışı şekil 3.8'de gösterilmiştir.



Şekil 3.8 Liflere dik çekme direnci deneyi

### 3.2.4.6 Vida Tutma Kabiliyeti Deneyi

Örneklerin liflere dik vida tutma gücünün belirlenmesi için preslenmiş taslak levhalardan 5x2x5 cm'lik örnekler kesilerek ASTM D 1761'e göre hazırlanmıştır (ASTM D 1761-77). Her gruptan 10 ar adet olmak üzere toplam 160 adet deney örneği hazırlanmıştır. Deney için 17x17, 18x25, 20x30 ve 3,5x30'luk vidalar kullanılmıştır. Deneyler Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya ve Dekorasyon Bölümü Laboratuvarında bulunan 5000 kg kapasiteli Universal Zwick Roell Z50 test cihazında yapılmıştır. Deney örneklerinin deformasyon anındaki kuvvetleri ve grafikleri test cihazına bağlı olan bilgisayara aktarılmıştır. Deney yapılışı şekil 3.9'da gösterilmiştir.



Şekil 3.9 Vida tutma kabiliyeti deneyi

### **3.2.4.7 Rutubet Tayini**

Rutubet tayini için preslenmiş taslak levhalardan 2x2x3 cm'lik örnekler kesilerek TS 2471 (1976)'ya göre hazırlanmıştır (TS 2471 1976). Her gruptan 15'er adet olmak üzere toplam 60 adet deney örneği hazırlanmıştır. Örnekler 0,01 duyarlıklı hassas terazide tartıldıktan sonra değişmez ağırlığa gelinceye kadar  $103 \pm 2$  °C'de etüvde bekletilmiştir.

### **3.2.4.8 Hacim Yoğunluk Değerinin Tayini**

Hacim yoğunluk değerinin tayini için preslenmiş taslak levhalardan 2x2x3 cm'lik örnekler kesilerek TS 2472 (1976)'ya göre hazırlanmıştır (TS 2472 1976). Deney örnekleri Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya ve Dekorasyon Bölümü Laboratuvarında elektronik kumpas ile hacmi ölçülüp, dijital terazide ağırlıkları tartıldıktan sonra yoğunluk değeri  $g/cm^3$  olarak bulunmuştur. Her gruptan 15'er adet olmak üzere toplam 60 adet deney örneği hazırlanmıştır.

## **3.3 VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Araştırma kapsamında incelenen etki faktörleri; LVL, PSL ve LSL'nin fiziksel ve mekanik özellikleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla çoklu varyans analizi kullanılmış faktörlerin karşılıklı etkileşiminin %5 hata payı ile anlamlı çıktığı takdirde Duncan testi uygulanmıştır.

Metinler SPSS paket programında değerlendirilmiştir. Metin yazılımında Microsoft Word, grafik oluşturulmasında Microsoft Excel, aritmetik ortalama ve standart sapma hesaplamalarında ise yine SPSS paket programı kullanılmıştır.

## BÖLÜM 4

### BULGULAR

Malzeme türü ve deney çeşidine ait deney düzeneği Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Malzeme türü ve deney çeşidi ait deneme deseni.

		ÖRNEK SAYISI
Malzeme Türü	PSL	90
	LVL	90
	LSL	90
	KONTROL	90
Deney Çeşidi	LİFLERE DİK ÇEKME	40
	LİFLERE PARALEL ÇEKME	40
	EĞİLME – ELASTİKİYET	40
	DİNAMİK ( ŞOK) EĞİLME	40
	VİDA TUTMA	160
	LİFLERE DİK BASINÇ	40

## 4.1 FİZİKSEL ÖZELLİKLERE İLİŞKİN BULGULAR

### 4.1.1 Yoğunluklar

Deney örneklerinden elde edilen ortalama değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2 Ortalama yoğunluk değerleri (g/cm<sup>3</sup>)

Tür	Ortalama	Standart Sapma
LVL	0,40	0,00
PSL	0,44	0,00
LSL	0,50	0,00
KONTROL	0,34	0,00

Yapılan ölçümlerde en yüksek yoğunluk değeri LSL’de (0,50 g/cm<sup>3</sup>), en düşük kontrol örneklerinde (0,34 g/cm<sup>3</sup>) elde edilmiştir.

Malzeme türünün yoğunluk üzerine etkisine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3 Malzeme türünün yoğunluk üzerine etkisine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	P değeri (P<0,05)
Malzeme Türü	0,13	3	4,53E-02	680	0,00
Hata	2,40E-03	36	6,67E-05		
Toplam	7,19	40			
Düzeltilmiş Toplam	0,13	39			

Malzeme türünün yoğunluklara etkisini belirlemek için yapılan çoklu varyans analizi istatistiksel anlamda önemli çıkmıştır. Gruplar arasındaki farklılıkları belirlemek için sonuçlara Duncan testi uygulanmıştır.

Malzeme türünün yoğunluk üzerine etkilerini belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.4’te verilmiştir.

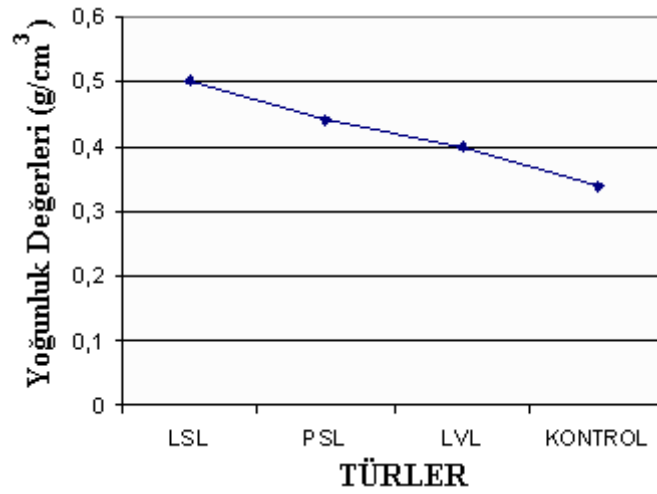
Çizelge 4.4 Malzeme türünün yoğunluk etkisine ilişkin Duncan sonuçları ( $\text{g/cm}^3$ )

Malzeme Türü	Ortalamalar	Homojenlik Grubu
LSL	0,50	a
PSL	0,44	b
LVL	0,40	c
KONTROL	0,34	d
LSD: 0,03		

Yapılan Duncan testi sonucunda en yüksek yoğunluk LSL'de ( $0,50 \text{ g/cm}^3$ ), en düşük kontrol örneklerinde ( $0,34 \text{ g/cm}^3$ ) elde edilmiştir.

Yapılan Duncan testi sonucunda PSL, LVL, LSL ve kontrol örnekleri farklı homojenlik grubunda yer almaktadır.

Malzeme türünün yoğunluk değerine etkisine ait grafik Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1 Malzeme türünün yoğunluk değerine etkileri

#### 4.1.2 Rutubetler

Yapılan ölçümlerde elde edilen ortalama rutubet değeri Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.5 Ortalama rutubet değerleri (%)

Tür	Ortalama	Standart sapma
PSL	8,00	0,10
LVL	8,13	0,01
LSL	8,34	0,04
KONTROL	11,51	0,05

Yapılan ölçümlerde en yüksek rutubet miktarı % 11,51 ile kontrol örneklerinden elde edilmiştir. Kompozit keresteler içerisinde en yüksek rutubet miktarı % 8,34 ile LSL’de, en düşük % 8,00 ile PSL’de tespit edilmiştir.

Malzeme türünün rutubet üzerine etkisine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 4.6’da verilmiştir.

Çizelge 4.6 Malzeme türünün rutubet üzerine etkisine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Ortalama kareler	F hesap	P değeri (P<0,05)
Faktör A	84,925	3,00	28,30	6784,953	0,00
Hata	0,15	36,00	4,17E-03		
Toplam	3321,47	40,00			
Düzeltilmiş Toplam	85,07	39,00			
Faktör A: (Kavak, PSL, LVL, LSL)					

Deney örneklerinin rutubetini belirlemek için yapılan çoklu varyans analizi istatistiksel anlamda önemli çıkmıştır. Gruplar arasındaki farklılıkları belirlemek amacı ile elde edilen verilere Duncan testi uygulanmıştır.



Malzeme türünün rutubet üzerine etkilerini belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.7’de verilmiştir.

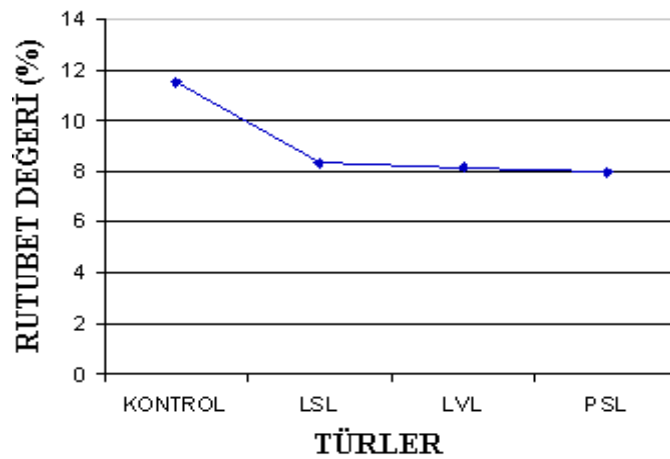
Çizelge 4.7 Malzeme türünün rutubet etkisine ilişkin Duncan sonuçları (%)

Türler	Ortalama	Homojenlik grubu
KONTROL	11,51	a
LSL	8,34	b
LVL	8,13	c
PSL	8,00	d
LSD: 0,12		

Yapılan Duncan testi sonucunda ortalama en yüksek değer kavak odunundan elde edilen kontrol örneklerinde (%11,51) elde edilmiştir. Kompozit keresteler içerisinde en yüksek LSL’de (% 8,34), en düşük PSL’de (% 8,00) tespit edilmiştir.

Yapılan Duncan testi sonucunda PSL, LVL, LSL ve kontrol örnekleri farklı homojenlik grubunda yer almaktadır.

Malzeme türünü rutubet değerine etkisine ait çizelge Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.2 Malzeme türünün rutubet değerine etkisinin değerleri

## 4.2 MEKANİK ÖZELLİKLERE İLİŞKİN BULGULAR

### 4.2.1 Eğilme Direnci Değerleri

Yapılan ölçümlerde elde edilen ortalama eğilme direnci değeri Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8 Ortalama eğilme direnci değerleri (N/mm<sup>2</sup>)

Tür	Ortalama	Standart Sapma
LVL	64,51	5,93
PSL	60,23	5,22
LSL	61,83	3,37
KONTROL	58,26	3,63

En yüksek eğilme direnci değeri LVL’de (64,51 N/mm<sup>2</sup>), en düşük kontrol örneklerinde (58,26) tespit edilmiştir.

Malzeme türünün eğilme direnci üzerine etkisini belirlemek için yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.9 Malzeme türünün eğilme direnci üzerine etkisine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	P değeri (P<0,05)
Faktör A	209,77	3	69,92	3,20	0,03
Hata	785,01	36	21,80		
Toplam	150865,02	40			
Düzeltilmiş Toplam	994,78	39			

Faktör A: (Kavak, PSL, LVL, LSL)

Malzeme türünün eğilme direncini belirlemek için yapılan çoklu varyans analizi istatistiksel anlamda önemli çıkmıştır. Gruplar arasındaki farklılıkları belirlemek için verilere Duncan testi uygulanmıştır.

Malzeme türünün eğilme direnci üzerine etkilerini belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.10’da verilmiştir.

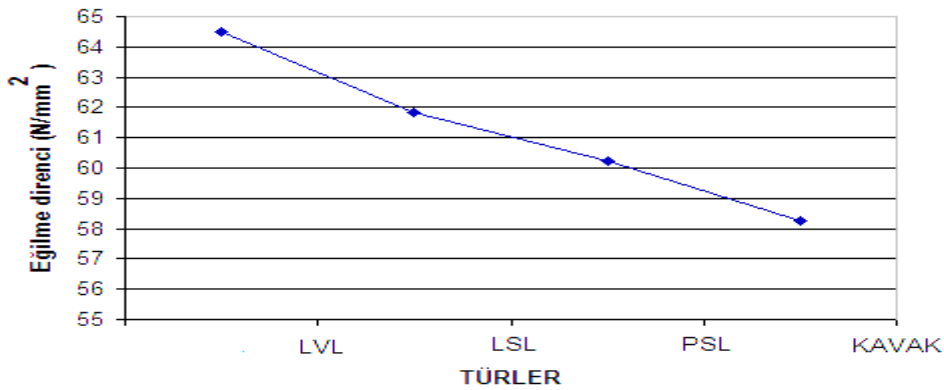
Çizelge 4.10 Malzeme türünün eğilme direnci üzerine etkisine ilişkin Duncan sonuçları (N/mm<sup>2</sup>)

Türler	Ortalama	Homojenlik Grubu
LVL	64,51	a
LSL	61,83	ab
PSL	60,23	ab
KONTROL	58,26	b
LSD: 4,33		

Yapılan Duncan testi sonucunda ortalama en yüksek değer LVL’ de (64,51 N/mm<sup>2</sup>), en düşük kontrol örneklerinden (58,26 N/mm<sup>2</sup>) tespit edilmiştir.

Yapılan Duncan testi sonuçlarına göre LVL, LSL ve PSL aynı homojenlik grubunda yer alırken, LSL, PSL ve kontrol örnekleri aynı homojenlik grubunda yer almıştır.

Malzeme türünün eğilme direnci değerine etkisine ilişkin grafik Şekil 4.3’de verilmiştir.



Şekil 4.3 Malzeme türünün eğilme direncine etkisi

#### 4.2.2 Elastikiyet Modülü Değerleri

Yapılan ölçümlerde elde edilen ortalama elastikiyet modülü değerleri Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11 Ortalama elastikiyet modülü değerleri (N/mm<sup>2</sup>)

Tür	Ortalama	Standart Sapma
LVL	7907,20	1914,87
PSL	7864,55	591,45
LSL	8022,48	405,81
KONTROL	7863,21	384,24

Buna göre en yüksek elastikiyet modülü değeri LSL’ de (8022,48 N/mm<sup>2</sup>), en düşük kontrol örneklerinde (7863,21 N/mm<sup>2</sup>) tespit edilmiştir.

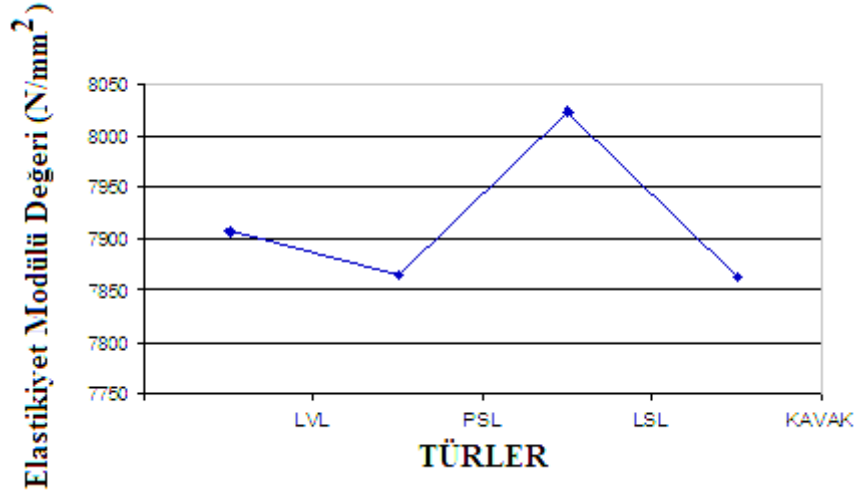
Malzeme türünün elastikiyet modülü üzerine etkisine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.12 Malzeme türünün elastikiyet modülü üzerine etkisine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Ortalama kareler	F hesap	P değeri (P<0,05)
Faktör A	168383,88	3	56127,96	0,05	0,98
Hata	38960169,41	36	1082226,92		
Toplam	2544614854	40			
Düzeltilmiş Toplam	39128553,29	39			
Faktör A:(Kavak,PSL,LVL,LSL) – LSD:160,12					

Malzeme türünün elastikiyet modülüne etkilerini belirlemek için yapılan çoklu varyans analizi sonuçları istatistiksel anlamda önemli çıkmamıştır. Malzeme türlerinin elastikiyet modülü üzerine etkisi yoktur ve aynı homojenlik grubunda yer almaktadır.

Malzeme türünü elastikiyet modülü değerine etkisine ilişkin grafik Şekil 4.4’de verilmiştir.



Şekil 4.4 Malzeme türünün elastikiyet modülü değerine etkisinin değerleri

### 4.2.3 Liflere Paralel Basınç Direnci Değerleri

Yapılan ölçümlerde elde edilen ortalama basınç değerleri Çizelge 4.13’de verilmiştir.

Çizelge 4.13 Ortalama basınç değerleri (N/mm<sup>2</sup>)

Tür	Ortalama	Standart sapma
PSL	43,85	2,45
LVL	49,87	2,50
LSL	41,91	4,49
KONTROL	33,63	3,53

Buna göre en yüksek basınç değeri LVL’de (49,87), en düşük kontrol örneklerinde (33,63) tespit edilmiştir.

Malzeme türünün basınç üzerine etkisine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 4.14’de verilmiştir.

Çizelge 4.14 Malzeme türünün basınç üzerine etkisine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Ortalama kareler	F hesap	P değeri (P<0,05)
Faktör A	1350,44	3,00	450,15	40,14	0,00
Hata	403,73	36,00	11,22		
Toplam	73375,69	40,00			
Düzeltilmiş Toplam	1754,17	39,00			

Faktör A: (kavak, PSL, LVL, LSL)

Malzeme türünün basınç direncine etkilerini belirlemek için yapılan çoklu varyans analizi istatistiksel anlamda önemli çıkmıştır. Gruplar arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla verilere Duncan testi uygulanmıştır.

Malzeme türünün basınç direnci üzerine etkilerini belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.15’de verilmiştir.

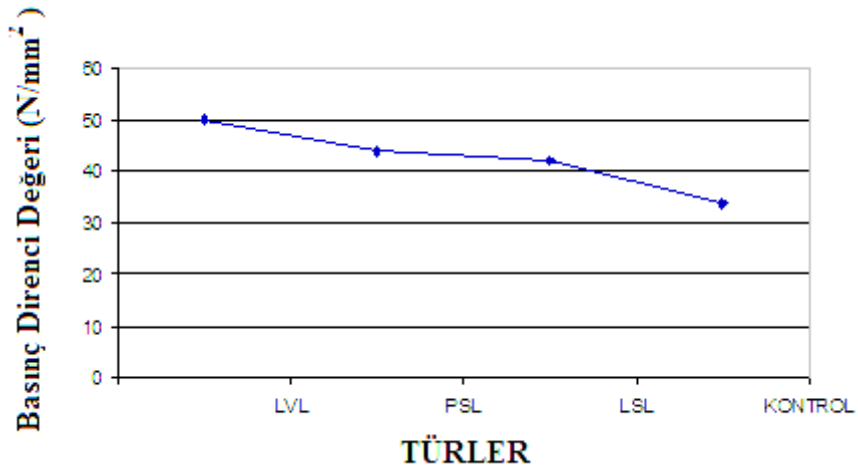
Çizelge 4.15 Malzeme türünün basınç üzerine etkisine ilişkin Duncan sonuçları (N/mm<sup>2</sup>)

Türler	Ortalama	Homojenlik grubu
LVL	49,87	a
PSL	43,85	b
LSL	41,91	b
KONTROL	33,63	c
LSD: 2,17		

Buna göre ortalama en yüksek basınç direnci değeri LVL’de (49,87 N/mm<sup>2</sup>), en düşük kontrol parçalarında (33,63 N/mm<sup>2</sup>) elde edilmiştir.

Yapılan Duncan testi sonucunda PSL ve LSL aynı homojenlik grubunda yer alırken, LVL ile kavak odunu farklı gruplarda yer almaktadır.

Malzeme türünün basınç direncine etkisine ait sonuçlar Şekil 4.5’te verilmiştir.



Şekil 4.5 Malzeme türünün basınç direncine etkisinin değerleri

#### 4.2.4 Dinamik Eğilme (Şok) Direnci Değerleri

Yapılan ölçümlerde elde edilen ortalama, dinamik eğilme (şok) değerleri Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Çizelge 4.16 Ortalama dinamik eğilme (şok) değerleri (kgm/cm<sup>2</sup>)

Tür	Ortalama	Standart sapma
PSL	0,50	0,03
LVL	0,46	0,05
LSL	0,40	0,07
KONTROL	0,34	0,09

Yapılan ölçümlerde en yüksek dinamik eğilme (şok) değeri PSL'de (0,50 kgm/cm<sup>2</sup>), en düşük kontrol örneklerinde (0,34 kgm/cm<sup>2</sup>) elde edilmiştir.

Malzeme türünün dinamik eğilme (şok) üzerine etkisine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 4.17'de verilmiştir.

Çizelge 4.17 Malzeme türünün dinamik eğilme (şok) üzerine etkisine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Ortalama kareler	F hesap	P değeri (P<0,05)
Faktör A	0,14	3,00	0,05	12,28	0,00
Hata	0,14	36,00	0,00		
Toplam	7,51	40,00			
Düzeltilmiş Toplam	0,28	39,00			
Faktör A: (Kavak, PSL, LVL, LSL)					

Malzeme türünün dinamik eğilme (şok) direncine etkilerini belirlemek için yapılan çoklu varyans analizi istatistiksel anlamda önemli çıkmıştır. Gruplar arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla verilere Duncan testi uygulanmıştır.



Malzeme türünün dinamik eğilme (şok) direnci üzerine etkilerini belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.18’de verilmiştir.

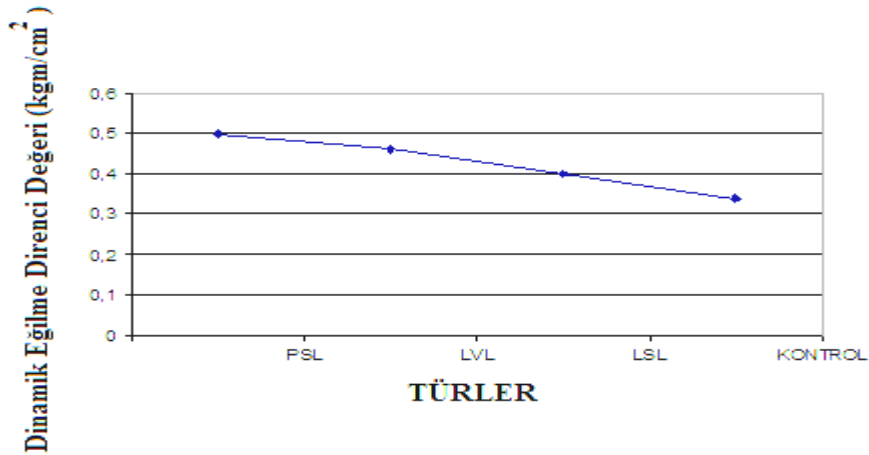
Çizelge 4.18 Malzeme türünün dinamik eğilme (şok) üzerine etkisine ilişkin Duncan sonuçları (kgm/cm<sup>2</sup>)

Türler	Ortalama	Homojenlik grubu
PSL	0,50	a
LVL	0,46	b
LSL	0,40	c
KONTROL	0,34	d
LSD:0,03		

Yapılan Duncan testi sonucunda ortalama en yüksek değer PSL’de (0,50 kgm/cm<sup>2</sup>), en düşük kontrol örneklerinde (0,34 kgm/cm<sup>2</sup>) elde edilmiştir.

Yapılan Duncan testi sonucunda PSL, LVL, LSL ve kontrol örnekleri farklı homojenlik grubunda yer almaktadırlar.

Malzeme türünün dinamik eğilme (şok) direncine ilişkin grafik Şekil 4.6’da verilmiştir.



Şekil 4.6 Malzeme türünün dinamik eğilme (şok) direncine etkisinin değerleri

#### 4.2.5 Liflere Paralel Çekme Direnci Değerleri

Yapılan ölçümlerde elde edilen ortalama paralel çekme değerleri Çizelge 4.19’da verilmiştir.

Çizelge 4.19 Ortalama paralel çekme değerleri (N/mm<sup>2</sup>)

Tür	Ortalama	Standart sapma
LSL	26,04	1,24
LVL	25,97	1,32
PSL	25,88	2,46
KAVAK	25,87	1,62

Buna göre en yüksek liflere paralel çekme direnci değeri LSL’de (26,04 N/mm<sup>2</sup>), en düşük kontrol örneklerinde (25,87 N/mm<sup>2</sup>) tespit edilmiştir.

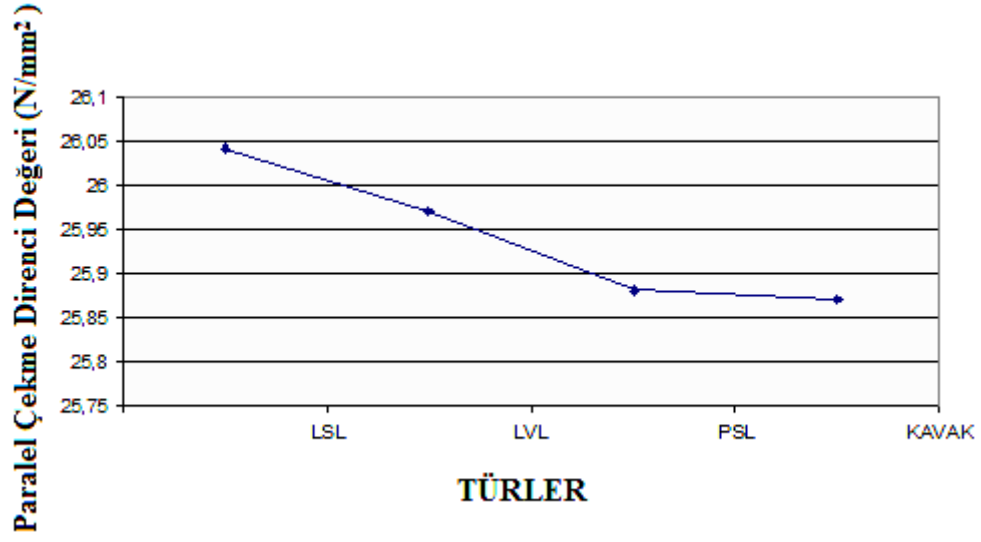
Malzeme türünün liflere paralel çekme direnci üzerine etkisine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 4.20’de verilmiştir.

Çizelge 4.20 Malzeme türünün paralel çekme üzerine etkisine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Ortalama kareler	F hesap	P değeri (P<0,05)
Faktör A	0,18	3	6,26E-02	0,021	0,996
Hata	108,03	36	3,001		
Toplam	27030,31	40			
Düzeltilmiş Toplam	108,22	39			
Faktör A:(Kavak, PSL ,LVL, LSL) –LSD:0,22					

Malzeme türünün paralel çekme direncine etkilerini belirlemek için yapılan çoklu varyans analizi sonuçları istatistiksel anlamda önemli çıkmamıştır. Malzeme türlerinin paralel çekme üzerine etkisi yoktur ve aynı homojenlik grubunda yer almaktadır.

Malzeme türünü paralel çekme direncine ilişkin grafik Şekil 4.7’de verilmiştir.



Şekil 4.7 Malzeme türünün paralel çekme direncine etkisinin değerleri

#### 4.2.6 Liflere Dik Çekme Direnci Değerleri

Yapılan ölçümlerde elde edilen ortalama liflere dik çekme değerleri Çizelge 4.21’de verilmiştir.

Çizelge 4.21 Ortalama liflere dik çekme değerleri (N/mm<sup>2</sup>)

Tür	Ortalama	Standart sapma
LVL	805,01	101,06
PSL	796,66	98,19
LSL	775,88	78,41
KAVAK	757,34	129,55

Yapılan ölçümlerde en yüksek liflere dik çekme değeri LVL’de (805,01 N/mm<sup>2</sup>), en düşük kontrol örneklerinde (757,34 N/mm<sup>2</sup>) tespit edilmiştir.

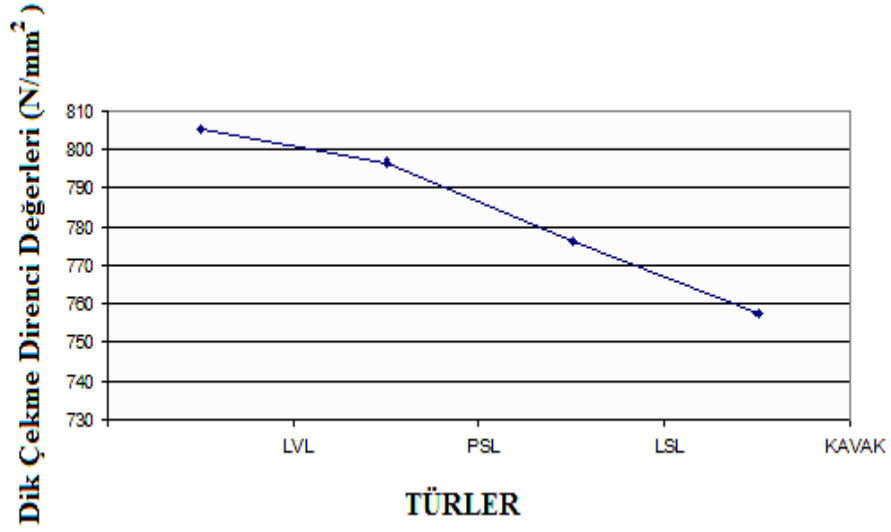
Malzeme türünün liflere dik çekme üzerine etkisine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 4.22’de verilmiştir.

Çizelge 4.22 Malzeme türünün liflere dik çekme üzerine etkisine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Ortalama kareler	F hesap	P değeri (P<0,05)
Faktör A	13778,03	3	4592,68	0,42	0,73
Hata	385115,18	36	10697,64		
Toplam	24967856,9	40			
Düzeltilmiş Toplam	398893,22	39			
Faktör A: (Kavak, PSL, LVL, LSL) – LSD: 48,12					

Malzeme türünün liflere dik çekme direncine etkilerini belirlemek için yapılan çoklu varyans analizi sonuçları istatistiksel anlamda önemli çıkmamıştır. Malzeme türlerinin liflere dik çekme üzerine etkisi yoktur ve aynı homojenlik grubunda yer almaktadır.

Malzeme türünü liflere dik çekme direncine ilişkin grafik Şekil 4.8’de verilmiştir.



Şekil 4.8 Malzeme türünün dik çekme direncine etkisinin değerleri

#### 4.2.7 Vida Tutma Değerleri

Kullanılan vida çeşitlerine ait bilgiler Çizelge 4. 23, kılavuz delik ve vidalama derinliğine ilişkin bilgiler Çizelge 4.24’de verilmiştir.

Çizelge 4.23 Vida çeşitlerine ait bilgiler

Sıra No	Sembol	Vida Tipi	Diş üstü Çapı (mm)	Diş dibi Çapı (mm)	Diş adımı (mm)	Tolerans (mm)
1	V <sub>1</sub>	17x17	3,0	2,1	1,35	0,14
2	V <sub>2</sub>	18x25	2,9	2,1	1,34	0,13
3	V <sub>3</sub>	20x30	3,8	2,8	1,76	0,16
4	V <sub>4</sub>	3,5x30	3,3	2,3	1.49	0,15

Çizelge 4.24 Kılavuz delik ve vidalama derinliklerine ilişkin bilgiler

Sıra No	Vida Tipi	Kılavuz delik (Vida iç çap ~%80-85mm)	Kılavuz delik derinliği (mm)	Vidalama derinliği (mm)
1	17x17	1,6 ± 0,1	8 ± 0,5	11 ± 0,5
2	18x25	1,7 ± 0.1	10 ± 0,5	13 ± 0,5
3	20x30	2,3 ± 0,1	12 ± 0,5	16 ± 0,5
4	3,5x30	2,0 ± 0,1	11 ± 0,5	14 ± 0,5

Elde edilen kuvvetlere aşağıdaki formül uygulanarak N/mm<sup>2</sup>’ye çevrilmiştir.

$$A=2\pi r \times h \text{ ve } \sigma_v=F/A \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$\pi=3,14$$

$$r = \text{Diş dibi yarıçapı (mm)}$$

$$h = \text{Vidalama değinliği (mm)}$$

$$A= \text{Alan}$$

$$F= \text{Maksimum kuvvet}$$

Hesaplanan sonuçlarda elde edilen ortalama vida tutma direnci değerleri izelge 4.25’de verilmiştir.

Çizelge 4.25 Ortalama vida tutma kabiliyeti değerleri (N/mm<sup>2</sup>)

Vida Türü	Malzeme Türü	Ortalama	Standart Sapma
18X25	KONTROL	5,79	2,18
18X25	PSL	7,47	1,24
18X25	LSL	9,57	1,46
18X25	LVL	7,64	1,09
17X17	KONTROL	4,91	0,68
17X17	PSL	5,46	1,39
17X17	LSL	5,89	1,50
17X17	LVL	6,10	1,12
3,5X30	KONTROL	10,18	0,71
3,5X30	PSL	10,55	0,98
3,5X30	LSL	10,59	0,77
3,5X30	LVL	10,21	0,94
20X30	KONTROL	7,15	0,53
20X30	PSL	7,68	1,04
20X30	LSL	7,69	0,50
20X30	LVL	7,37	0,55

En yüksek vida tutma direnci LSL’de 3,5x30’luk vidada (10,59 N/mm<sup>2</sup>), en düşük kontrol örneklerinin 17x17’lik vidayı tutabilme kabiliyetinde (4,91 N/mm<sup>2</sup>) tespit edilmiştir.

Malzeme türünün vida tutma kabiliyetine etkisini belirlemek için yapılan çoklu varyans analizi sonuçları izelge 4.26’de verilmiştir.

Çizelge 4.26 Malzeme türünün vida tutma kabiliyeti etkisine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçlar

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	P Değeri (P<0,05)
Vida	467,09	3,00	155,70	122,26	0,00
Malzeme Türü	41,29	3,00	13,76	10,81	0,00
Vida*Malzeme Türü	42,27	9,00	4,70	3,69	0,00
Hata	183,38	144,00	1,27		
Toplam	10383,44	160,00			
Düzeltilmiş Toplam	734,03	159,00			

Malzeme türünün vida tutma direncine etkisini belirlemek için yapılan çoklu varyans analizi istatistiksel anlamda önemli çıkmıştır. Gruplar arasındaki farklılıkları belirlemek için Duncan testi uygulanmıştır.

Malzeme türünün vida tutma direncine etkilerini belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.27’de verilmiştir.

Çizelge 4.27 Malzeme türünün vida tutma direncine etkisine ilişkin Duncan sonuçları (N/mm<sup>2</sup>)

Malzeme Türü	Ortalama	Homojenlik Grubu	Vida Türü	Ortalama	Homojenlik Grubu
LSL	8,44	a	3,5x30	10,38	A
LVL	7,83	b	18x25	7,62	B
PSL	7,79	b	20x30	7,47	B
Kontrol	7,01	c	17x17	5,59	C
LSD: 0,17			LSD:0,17		

Duncan testi sonucunda ortalama en yüksek vida tutma kabiliyeti LSL’de (8,44 N/mm<sup>2</sup>), ortalama en düşük vida tutma kabiliyeti kontrol örneklerinde (7,01 N/mm<sup>2</sup>) tespit edilmiştir.

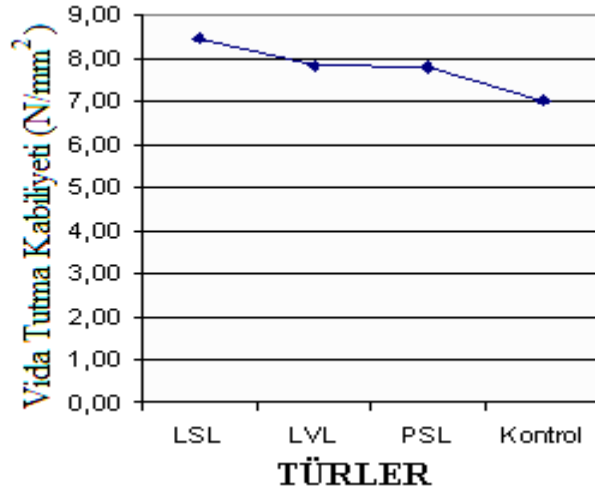
Üretilen kompozitler ve kontrol örneklerinin vida tutma kabiliyeti açısından LVL, PSL aynı homojenlik grubunda, kontrol örnekleri ve LSL farklı homojenlik grubunda yer almaktadır.

Yapılan Duncan testi sonuçlarına göre vida çeşitlerinin kompozit keresteye tutunma kabiliyeti açısından en yüksek tutunma kabiliyeti 3,5x30’luk vida örneğinde (10,38 N/mm<sup>2</sup>), ortalama en düşük 17x17’lik vidada (5,59 N/mm<sup>2</sup>) tespit edilmiştir.

Vida örneklerinin üretilen kompozit keresteye ve kontrol örneklerine tutunma kabiliyeti açısından 18x25 ve 20x30’luk vida çeşitleri aynı homojenlik grubunda çıkarken 3,5x30 ve 17x17’lik vidalar farklı homojenlik grubunda yer almaktadırlar.

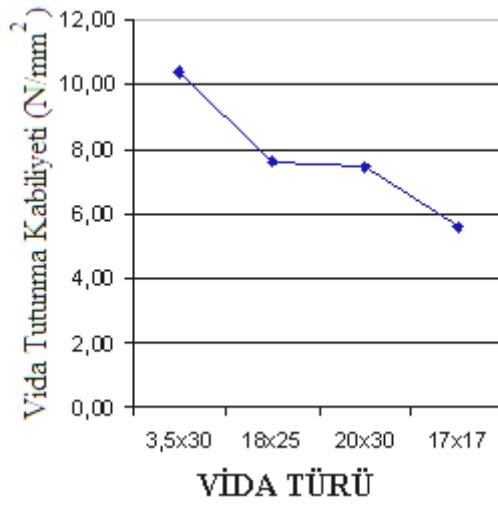


Malzeme türünün vida tutma kabiliyetine ilişkin grafik Şekil 4.9’da verilmiştir.



Şekil 4.9 Malzeme türünün vida tutma kabiliyetine ilişkin grafik

Vida örneklerinin malzeme türüne tutunma kabiliyetine ilişkin grafik Şekil 4.10’da verilmiştir.



Şekil 4.10 Vida örneklerinin malzeme türüne tutunma kabiliyetine ilişkin grafik



## BÖLÜM 5

### SONUÇLAR, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

#### 5.1 SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Titrek Kavak odunundan elde edilen soyma kaplamaların fenol formaldehitte preslenmesiyle elde edilen kompozit kerestelerden PSL (Paralel Strand Lumber), LSL (Laminated Strand Lumber), LVL (Laminated Veneer Lumber) ve kontrol örnekleri olarak da Titrek Kavak odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri test edilmiştir. Malzeme türlerinin, fiziksel özelliklerden yoğunluk ve rutubet değerleri, mekanik özelliklerinden eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, liflere dik basınç direnci, dinamik (şok) eğilme direnci, liflere paralel çekme direnci, liflere dik çekme direnci ve vida tutma kabiliyeti deneyleri yapılmıştır.

En yüksek yoğunluk LSL’de ( $0,50 \text{ g/cm}^3$ ), en düşük yoğunluk değeri ise kontrol örneklerinde ( $0,34 \text{ g/cm}^3$ ) tespit edilmiştir. Kompozit kerestelerin yüksek çıkmasının sebebi tutkaldan kaynaklanmaktadır. LSL’nin diğer kompozitlerden yüksek çıkma sebebi ise yonga kalınlığının daha az olması düşünülmektedir.

Malzemelerin rutubet özellikleri en yüksek masif kontrol örneklerinde (% 11,51), en düşük PSL’de (% 8,00) tespit edilmiştir. Kontrol örneklerinin rutubeti PSL’den fazla çıkmıştır. Bunun sebebi; masif kavak örnekler ortalama % 12 rutubette test edilirken, PSL örneklerin üretimi aşamasında tutkalın sertleşme sıcaklığının ( $150^\circ \text{C}$ ) yüksek olması nedeniyle pres ısısı yüksek tutulmuş ve papeler kaplamaların rutubeti düşmüştür.

Eğilme dirençleri; en yüksek LVL’de ( $64,51 \text{ N/mm}^2$ ), en düşük değeri kontrol örneklerinde ( $58,26 \text{ N/mm}^2$ ) tespit edilmiştir. Kompozit kerestelerin değerleri arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark yoktur. Kontrol örneklerinin eğilme direncinin daha düşük çıkması, yoğunluklarının kompozit kerestelerin yoğunluklarından düşük ve kompozit olarak üretilmesinden kaynaklanabilir. Literatürde Keskin vd. (2003) sarıçamdan elde edilen LVL

örneklerinin kontrol grubuna göre daha yüksek eğilme direnci değeri verdiğini bildirmişlerdir. Sarıçamdan elde edilen değerlerin kavak odunundan yüksek çıkmasının sebebi sarıçamın kavağa göre yoğunluğunun yüksek olmasından kaynaklanabilir.

Elastikiyet modülü direnci; en yüksek LSL'de ( $8022,48 \text{ N/mm}^2$ ), en düşük kontrol örneklerinde ( $7863,21 \text{ N/mm}^2$ ) tespit edilmiştir. Kompozit türünün elastikiyet modülü üzerinde istatistiksel anlamda önemli bir etkisi olmamıştır. Benzer bir çalışmada, Keskin vd. (2003) Sarıçamdan elde edilen LVL örneklerinde elastikiyet modülünü  $10354,87 \text{ N/mm}^2$  olarak bildirmişlerdir. Sarıçamın elastikiyet modülünün kavak odunundan yüksek olması sarıçamın yoğunluğunun yüksek olmasından kaynaklanabilir. Ayrıca bu fark ağaç malzeme ve kompozit türünden kaynaklanabilir.

Basınç dirençleri en yüksek LVL'de ( $49,87 \text{ N/mm}^2$ ), en düşük kontrol örneklerinde ( $33,63 \text{ N/mm}^2$ ) elde edilmiştir. Bu alanda yapılan başka bir çalışmada, Öztürk (2005) sarıçamdan üretilen formaldehit tutkalıyla elde edilmiş olduğu LVL örneklerinin liflere paralel basınç direncini  $46,16 \text{ N/mm}^2$  olarak bildirmiştir. Tezde elde edilen değer ile literatür verileri birbirine yakın ve birbirlerini desteklemektedir.

Dinamik eğilme (şok) direnci en yüksek PSL'de ( $0,50 \text{ kgm/cm}^2$ ), en düşük kontrol örneklerinde ( $0,34 \text{ kgm/cm}^2$ ) tespit edilmiştir.

Liflere paralel çekme direnci en yüksek LSL'de ( $26,04 \text{ N/mm}^2$ ), en düşük kontrol örneklerinde ( $25,87 \text{ N/mm}^2$ ) tespit edilmiştir. LSL'nin kontrol örneklerinden yüksek çıkmasının sebebi kompozit kerestelerin yoğunluğunun yüksek olmasından kaynaklanabilir.

Liflere dik çekme direnci en yüksek LVL'de ( $805,01 \text{ N/mm}^2$ ), en düşük kontrol örneklerinde ( $757,34 \text{ N/mm}^2$ ) bulunmuştur.

Kompozit malzemelerin vida tutma kabiliyetleri; en yüksek LSL'de ( $8,44 \text{ N/mm}^2$ ), en düşük kontrol örneklerinde ( $7,01 \text{ N/mm}^2$ ) bulunmuştur. Vida türüne göre en yüksek 3,5x30'luk vida örneğinde ( $10,38 \text{ N/mm}^2$ ), en düşük 17x17'lik vida örneğinde ( $5,59 \text{ N/mm}^2$ ) tespit edilmiştir. LSL'nin vida tutma kabiliyetinin yüksek çıkmasının sebebi metrekaresine düşen yonga miktarı ve üretimde kullanılan fenol tutkalından kaynaklandığı söylenebilir. Yapılan benzer çalışmalarda, Özçifçi A. ve Doğanay S. (1999) 18 mm. kalınlığındaki etiket yongalı levhada

levha yüzeyine dik yönde vida tutma direncini 7,22 N/mm<sup>2</sup> olarak bildirmişlerdir. Yapıcı (2008) 18 mm kalınlığındaki OSB (Oriented Strand Board- Yönlendirilmiş yonga levha) levhalarına yüzeye dik vida tutma direncinin 516,77 N ile 840,16 N arasında değiştiğini bildirmiştir.

## 5.2.ÖNERİLER

Soyma kaplama yöntemiyle ağaç malzemeden maksimum seviyede faydalanılarak papel kaplama kullanılması, atık ve fire olarak nitelendirilen malzemelerden faydalanarak üretilen kompozit kerestelerin kullanımını arttırmak gerekmektedir. Kompozit kereste üretimi ve kullanımı ağaç işleri endüstrisinde oldukça azdır. Doğal kaynakların korunması ve atık malzemelere katma değer kazandırmak amacıyla kompozit kereste üretimi ve kullanımının artırılması doğal (ağaç) malzemelerin tüketimini azaltabilir.

Kompozit keresteler kullanım yerine uygun olarak, üretim aşamasında tutkal karışım yüzdeleri ve kereste yoğunlukları belirlenmesi halinde daha dirençli üretim yapılabilir. Kompozit kerestelerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin ayarlanabilir olması bu anlamda en büyük avantaj olduğu söylenebilir. Üretimde tutkal ve serilen yonga miktarı ayarlanarak üstün niteliklere sahip kompozit kereste üretilir. Tüm bunların sonucunda kompozit kerestelerin kullanım yerinde maruz kalacağı yüklere göre özellikleri önceden belirlenebilir. Ağır yük taşıyacak elemanlarda yoğunluğu fazla olan odun türleri kullanılabilir.

Ahşap yapılarda yapı elemanı olarak kullanılan kirişler eğilmeye, kolonlar ise basınca maruz kalmaktadır. Dolayısıyla yapı elemanı olarak kullanılacak kompozit kerestenin eğilme ve basınç direnci değerleri statik yük taşıyıcısı olarak önemlidir. LVL'nin eğilme ve basınç direnci PSL ve LSL' den daha yüksek bulunmuştur. Buna göre kompozit kerestelerden LVL'nin kullanılması önerilir. Ayrıca PSL ve LSL'nin üretimi daha zor olduğundan bina sistemlerinde taşıyıcı eleman yerine bölme elemanı veya kaplama elemanı olarak da kullanılabilir. Böylece fabrika üretim artıkları bu alanda değerlendirilmiş olabilir.

Bundan sonra bu alanda kompozit kerestelerle ilgili yapılacak deneysel çalışmalara ışık tutması açısından aşağıdaki iki konunun çalışılması önerilebilir:

- Kompozit kerestelerde kullanılan tutkalların kerestenin yanma direncine ve yanma ürünü olarak oluşan gazlara etkileri araştırılabilir.
- Kompozit kerestelerin ağaç malzemeye göre emprenye edilmesinin avantaj ve dezavantajlarının araştırılacağı farklı bir çalışma yapılabilir.

## KAYNAKLAR

- As N.**, (1992). *Pinus pinaster* ait değişik ırklarının fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri üzerine etkisi, Doktora Tezi, İ.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- ASTM D 1037-99** Standart Test methods for Evaluating Properties of Wood-Base fiber and Particle Panel Materials. ASTM Standards United States.
- ASTM D 1761-77** Standart methods of Testing Mechanical Fastener in wood, Staple or Screw Withdrawal Test. ASTM Standards United States.
- ASTM D 3043-95** Standart methods of Testing Structural Panels in Flexure. ASTM Standards United States.
- ASTM D 3500-90** Standart Test methods for Structural Panels in Tension. ASTM Standards United States.
- ASTM D 3501-94** Standart Test methods for Wood-Based Structural Panels in Compression. ASTM Standards United States.
- ASTM D 5456-96** Standart Spesification for Evaluation of Structural Composite Lumber Products. ASTM Standards United States.
- Atik C.**, (1995). *Titrek Kavak ( Populus tremula L.) ve Kağıt Sanayii*, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, s 1-71.
- Aytuğ B.**, (1984). *Odun Anatomisi*, İ.Ü. Orman Fakültesi Roto Baskı, İstanbul, s 61-63.
- Berkel A.**, (1970) *Ağaç malzeme teknolojisi*, İ.Ü. Orman fakültesi yayını Yayın no:147.
- Berkel A.**, (1970) *Ağaç Malzeme Teknolojisi*, İ.Ü. Yayın No: 1148, O.F. Yayın No: 147, İstanbul, s 168-169.
- Bozkurt Y.**, (1967). *Yapraklı Ağaç Odunlarının Anatomik Yapısı*, İ.Ü. Orman Fakültesi dergisi, Seri B, Cilt XVII, Sayı 2, İstanbul, s 45- 63.
- Bozkurt Y.**, (1971). *Önemli Bazı Ağaç Türleri Odunlarının Tanımı, Teknolojik Özellikleri ve Kullanış Alanları*, İ.Ü. Yayın No: 1653, O.F. Yayın No: 177, İstanbul, s 89.
- Bozkurt Y.**, (1986). *Ağaç teknolojisi*, İ.Ü. Orman Fakültesi yayını yayın no:3403 İstanbul.
- Braun M. O. and Moody R.C.** (1977) *Bending Strength of-Small Beams With A Laminated Veneer Tension Lamination*, *Forest Products Journal*, Vol. 27, No: 1, USA.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Browicz K., Yaltırık F.,** (1982) *Flora of Turkey and The East Aegeae Islands*, Edinburg,.
- Chawla K.K.,** (1987) *Composite Materials science and engineering*, ISBN 0-387-96478-9, Springer- Verlag New York Inc., Germany.
- Çolakoğlu G.,**(2005) K.T.Ü. Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, *Mobilya Dekorasyon Dergisi* Sayı:67
- Davis P. H.,** *Flora of Turkey and East Aegean Islands*, Vo.IV, 1972.
- Demetçi E.Y.,**(1991) *Önemli Bazı Ağaç Türlerinin Polivinilasetat ve Epoksi Tutkalları ile Yapışma Özellikleri Üzerine Araştırmalar*, Doktora Tezi, İ.Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- DIN 1052,** (1988) *Structural Use of Timber (Design and Construction), Longitudinal Joints: 12/3*, Deutsche Norm, Berlin, Germany.
- DIN 68140,** (1998) *Finger Joints in Wood*, Part 1: Finger-Jointed Structural Timber, *Deutsche Norm*, Berlin, Germany.
- Dilik T.** (1997) *Lamine Ağaç Malzemedden Pencere Profili Üretimi ve Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi*, Doktora Tezi, İ.Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Döngel D.** (1999) *Lamine Ahşap Malzemede Ağaç Türü, Katman Sayısı ve Tutkal Çeşidinin Eğilme Direncine Etkileri*, Yüksek Lisans Tezi, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Duman N.,** (1964). *Tutkallı Ahşap Yapılar*, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, Yenilik Basımevi, İstanbul.
- Eckelman C.A.** (1993) *Potential Uses of Laminated Veneer Lumber in Furniture*, Department of Forestry and Natural Resources, Purdue University, Forest Products Society, J. 43(4):19-24, , West Lafayette, USA.
- EN 319** (1999) *Yonga levhalar ve Lif levhalar - Levha Yüzeyine Dik Çekme Dayanımının Tayini* T.S.E. Ankara.
- Eren S.** (1998) *Okalıptus (E. camaldulensis) Odunundan Üretilen Lamine Ağaç Malzemelerin Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Üzerine Tutkal Türü ve Tomruk Buharlama Süresinin Etkileri*, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Erten P., Önal S., Özer S.,** (1995). *Titrek Kavak (Populus tremula L.) Odununun Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Üzerine Araştırmalar*, İçanadolu Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Yayınları, Dergi serisi No: 79, Ankara, s 51-74.
- Forest Products Laboratory,** Wood Handbook, Madison,WI: U.S.Department of Agriculture, Forest Service, 1999 [www.fpl.fs.fed.us(2006)].



## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Göker Y.**, (1977). *Dursunbey ve Elekdağ Karaçamının Fiziksel ve Mekanik Özellikleri ve Kullanış Yerleri Hakkında Araştırmalar*, O.G.M. Yayın No: 613/22, Ankara.
- Göker Y.**, (1983). *Reaksiyon Odunu Oluşumunun Ağaç Malzemenin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi Hakkında Araştırmalar*, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 3142/339, s 1-172, İstanbul.
- Göker Y.**,(2000) *Değişik Yöntemlerle Üretilmiş Yonga levhaların Kullanım Yerleri, Laminart Dergisi*, Sayı:7, Nisan-Mayıs.
- Güller B.**, (2001) *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* Seri: A, Sayı: 2, ISSN: 1302-7085, Sayfa:135-160. Isparta.
- Haygreen J.G., Bowyer J.L.**, (1996) *Forest Products and Wood Science*, Third Edition. Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA.
- Huş S.**, (1992) *Ahşap Malzeme Tutkalları.*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Ürünleri Kimyası Kürsüsü., İSTANBUL.
- Kayacık H.**, (1981) *Orman ve Park Ağaçları Özel Sistematiği II. Cilt Angiospermae (Kapalı Tohumlular)*, İ.Ü. Yayın No: 2766, O.F. YayınNo: 287, İstanbul, s 52-53,.
- Keskin H.** ( 2001) *Lamine Masif Ağaç Malzemelerin Teknolojik Özellikleri Ve Ağaç İşleri Endüstrisinde Kullanım İmkanları*, Doktora tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Keskin vd.** (2003) *Lamine Edilmiş Sarıçam (Pinus Sylvestris L.) Odununun Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri* KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi 6 (1).
- Kılıç Y.**, (1997) *Hacettepe Üniv. F.B.E Yüksek Mühendislik Tezi Şubat* Sayfa: 40-41.
- Kılıç Y.** (1997) *Lamine Edilmiş Kızılağacın (Alnus Glutinosa) Fiziksel ve Mekanik Özellikleri ile Mobilya Endüstrisinde Kullanım Olanaklarının Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, H.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kim D.H.**, (1995). *Composite Structures For Civil and Architectural Engineering*, ISBN 0 419 19170 4, Printed in Great Britain at the University Printing House, Cambridge.
- Kurtoglu A.** (1979) *Yapıştırılmış Tabakalı Ağaç Malzemedede Rutubet Değişimi Nedeniyle Gerilmelerin Oluşumu*, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Cilt 29, Sayı:2, İstanbul.
- Lam F.**, (2001). *Modern Structural Wood Products*, Structural Engineering Materials, John Wiley & Sons. Ltd.
- Mallick P.K.**, *Composites Engineering Handbook*, Marcel Dekker, Inc., Newyork USA.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Maloney T.M.**, (1986) Terminology and Products Definitions A Suggested Approach to Uniformity Worldwide. In Proceedings, *18 th International Union of Forest Research Organization World Congress*, Yugoslavia, September.
- Maloney T.M.**, (1996) The Family of Wood Composite Materials, *Forest Products Journal*, Vol:46, No:2.
- Marx C. M. and Moody R. C.** (1982) *Effects of Lumber Width and Tension Laminated Quality on the Bending Strength of Four-Ply Laminated Beams*, *Forest Products Journal*, Vol. 32, No: 1, USA.
- Meyer C.B.**, (1990) *Structural Mood Composite in Bridge Construction Proc First Materials Eng. Congress Pt. I*, ASCE, Boston, MA, USA.
- Milner MW.**, (1997). *Bainbridge RJ. New Opportunities for Timber Engineering. Structural Eng.*
- Moody R. C.** (1981) *Compressive Strength of One and Two-ply Laminated Timbers*, *Forest Products Journal*, Vol. 31, No: 5, USA.
- Moslemi A.**, (1990) *Inorganic Bonded Wood and Fiber Composite Materials, II. International Inorganic Bonded Wood and Fiber Composite Material Conference*, Idaho USA.
- Öner M.N.**, (1996). *Kütahya-Gediz-Yağmurlar Yöresinde Doğal Olarak Yetişen Titrek Kavak (Populus tremula L.) Odununun Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Üzerine Araştırmalar*, D.P.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Kütahya, s 95.
- Öner N. Aslan S.** *Ankara Üniversitesi Çankırı Orm.Fak.Orm.Müh. Bölümü, ÇANKIRI ., Hacettepe Üniversitesi, Ağaç İşl.End.Müh. Bölümü, ANKARA.*
- Özçifçi A. Doğanay S.** (1999) *Etiket yongalı levha ile Doğu Kayını ve Ladin odunlarının vida ve çivi tutma dirençleri*, *Tr. J. Of Apiculture and Foresty*, 23:5 s. 1207-1213.
- Öztürk R. Beceren** (2005). *Türkiye’de yetişen sarıçamdan üretilen lamine ahşap kirişlerin mekanik özelliklerinin araştırılması*. Doktora Tezi İ.T.Ü F.B.E Mart.
- Sarıbaş M.**, (1989). *Türkiye’nin Euro-Siberian (Euxin) Bölgesinde Doğal Olarak Yetişen Kavakların Morfolojik ( İç Morfolojik, Dış Morfolojik, Palinolojik) Özellikleri Üzerine Araştırmalar, Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No: 148, İzmit, s 1-158.*
- Strickler M. D., Pellerin R.F.** Tension Prof Loading of Finger Joint for Laminated Beams. *F.P.J vol. 21. no:6.*
- Şanlı İ.**, (1985). *Trakya’nın İki Akmeşe Türünün Bazı İç Morfolojik Özellikleri*, *İ.Ü. Orman Fakültesi dergisi*, Seri A, Cilt 35, Sayı 2, İstanbul, s 55-71.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Şenay A.** (1996) *Lamine Edilmiş Ağaç Malzemenin Teknolojik Özellikleri*, Doktora Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Şimşek Y.**, (1968) *İstikbali Ormancılık ve Ekonomik Yönünden Mühim Olan ağaç Türü: Titrek Kavak (P.tremula L.)*, Türkiye Milli Kavak Komisyonu Üçüncü Toplantısı, Tebliğ No:4.
- Toplu F.**, (1999). *Fırat Kavağı, Güneydoğu Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Çeşitli Yayınlar Serisi No:1, s. 87.*
- TS 642-ISO 554** *Kondisyonlama ve/veya Deney için Standart Atmosferler ve Standart Referans Atmosferi T.S.E. Ankara.*
- TS 2471** (1976) *Odununda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler İçin Rutubet Miktarı Tayini T.S.E. Ankara.*
- TS 2472** (1976) *Odununda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler İçin Hacim Yoğunluk Değerinin Tayini T.S.E. Ankara.*
- TS 2477** (1976) *Odunun Çarpmada Eğilme Dayanımının Tayini T.S.E. Ankara.*
- TS 2595** (1977) *Odunun Liplere Paralel Doğrultuda Basınç Direnci Tayini T.S.E. Ankara.*
- TS 3842**, (1983) *Yapıştırılmış Lamine Ahşap yapı Elemanları T.S.E. Ankara.*
- TS 3842**, (1983) *Yapıştırılmış Lamine AhşapYapı Elemanları, T.S.E. Ankara.*
- TS EN 1194**, (2002). *Yapı Keresteleri- Yapıştırılmış Lamine Kereste- Mukavemet Sınıfları ve Karakteristik Değerlerin Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.*
- TS EN 310** (1999) *Ahşap Esaslı Levhalar - Eğilme Dayanımı ve Eğilme Elâstiklik Modülünün Tayini T.S.E. Ankara.*
- TS EN 386**, (1999) *Tutkallanmış Lamine Kereste-Performans özellikleri ve asgari imalat şartları T.S.E. Ankara.*
- TS. 11878**, (1995), *Ahşap Mobilya-Koltuk Lamine Ahşaptan İmal Edilmiş, T.S.E., Ankara.*
- Tunçtaner K., Tulukçu M., Toplu F.**, (1994) *Bazı Kavak Klonlarının Büyümeleri ve Teknolojik Özellikleri Üzerine Araştırmalar, Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Yıllık Bülten No: 170, İzmit, s 1-25.*
- URL-1** (2006) **Structural Board Association** <http://www.sba-osb.com>.
- URL-2** (2008) [www.apawood.org](http://www.apawood.org)
- URL-3** (2008) [www.lesliestructuralsales.com](http://www.lesliestructuralsales.com)

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

URL-4 (2008) [www.ilevel.com](http://www.ilevel.com)

URL-5 (2008) [www.beconstructive.com](http://www.beconstructive.com)

URL-6 (2008) <http://www.webhatti.com/lise-bilgileri/124485-ahsap-i-kirisler-tarihcesi-tasarimi-ve-uretimi.html> Güntekin, E; SDÜ Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği

URL-7 (2008) [http://www.lamineahsap.com.tr/Lamine\\_ahsap\\_nedir.htm](http://www.lamineahsap.com.tr/Lamine_ahsap_nedir.htm)

URL-8 (2003) [www.venangoil.com/bridgesagleroad](http://www.venangoil.com/bridgesagleroad).

Uysal B. (2005) *Bonding strengt and Dimensional Stability of LVL Manufactured by using Different adhesives after the steam Test, Internation Journal of Adhesion and Adhesives.* Volume:25 s: 395-403

Wolf R., Moody R.C. (1979) *Bending Strength of Vertically Glued Laminated Beams, Forest Products Journal*, Vol. 33, No: 5, USA.

Yaltrık F., (1993) *Dendroloji Ders Kitabı II Angiospermae (Kapalı Tohumlular)*, Bölüm I, 2. Baskı, İstanbul, s 46-48.

Yapıcı F., (2008) *Sarıçam(Pinus sylvestris) odununun OSB üretiminde kullanılmasında bazı üretim faktörlerinin levha özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi*, Z.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi.

Yesügey S.C., (2002). *Tutkallı Tabakalı Ahşap Strüktürlerin Malzeme Özellikleri Yönünden İncelenmesi* , 1. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi, Kongre Bildirileri II., ISBN 975-395-555-3 (Tk) ISBN 975-395-557-x (2. Cilt) TMMOB İstanbul Büyükkent Şubesi, Çizgi Basım Yayın Ltd. Şti., İstanbul.

Youngquit J. A., Laufenberg T. L. and Bryant B. S. (1984) *End Jointing of Laminated Veneer Lumber for Structural Use, Forest Products Journal*, Vol. 34, No: 11-12, USA.

## ÖZGEÇMİŞ

Hamdullah SİZÜÇEN 1984 yılında Bursa'da doğdu; 1998 yılında İlköğrenimini Bursa Osmangazi Ticaret ve Sanayi Odası İlköğretim Okulunda bitirdi. 2001 yılında Bursa Tophane Endüstri Meslek Lisesi, Mobilya ve Dekorasyon Bölümü'nden mezun olduktan sonra 2002 yılında Z.K.Ü. Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü'ne girdi; 2006 yılında "iyi" derece ile mezun olduktan sonra, 2006 yılında Z.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Mobilya ve Dekorasyon Anabilim Dalı'nda başlamış olduğu yüksek lisans programını, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı altında sürdürmektedir.

## ADRES BİLGİLERİ

**Adres:** Kükürtlü mah. Kuğu sok. Vardar apt. no:2  
Osmangazi /BURSA

**Tel:** (0224) 233 67 07

**Cep Tel:** 0505 688 32 91

**E-posta:** [sizucenhamdullah@gmail.com](mailto:sizucenhamdullah@gmail.com)