



**T.C.  
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YAPRAKLI AĞAÇLARDAN ÜRETİLEN MASİF PANEL  
LEVHALARIN BAZI TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİNE TASLAK  
KESİŞ YÖNÜNÜN ETKİSİ**

**METİN ÖZKAN**

**YÜKSEK LİSANSTEZİ  
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
ODUN MEKANİĞİ VE TEKNOLOJİSİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN  
DR. ÖĞR. ÜYESİ HALİL İBRAHİM ŞAHİN**

**DÜZCE, 2019**

**T.C.**  
**DÜZCE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YAPRAKLI AĞAÇLARDAN ÜRETİLEN MASİF PANEL  
LEVHALARIN BAZI TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİNE TASLAK  
KESİŞ YÖNÜNÜN ETKİSİ**

Metin ÖZKAN tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Odun Mekaniği ve Teknolojisi Program'ında **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Tez Danışmanı**

Dr. Öğr. Üyesi Halil İbrahim ŞAHİN

Düzce Üniversitesi

**Jüri Üyeleri**

Dr. Öğr. Üyesi Halil İbrahim ŞAHİN

Düzce Üniversitesi

Prof. Dr. Ümit BÜYÜKSARI

Düzce Üniversitesi

Doç. Dr. Zeki CANDAN

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Tez Savunma Tarihi: .../08/2019

## **BEYAN**

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

26 Temmuz 2019

Metin ÖZKAN

## TEŞEKKÜR

"Yapraklı ağaçlardan üretilen masif panel levhaların bazı teknolojik özelliklerine taslak kesiş yönünün etkisi" adlı hazırlamış olduğum yüksek lisans tez çalışmamda yardımlarını esirgemeyen çok değerli danışman hocam Dr. Öğr.Üyesi Halil İbrahim ŞAHİN'e en içten dileklerle teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca değerli katkılarını esirgemeyen ve tavsiyelerinden yararlandığım sayın hocam Prof. Dr. Ümit BÜYÜKSARI ve Doç. Dr. Zeki CANDAN'a teşekkür ederim. Tez çalışmasında kullanılan istatistiksel analizlerin gerçekleştirilmesinde yardımlarını esirgemeyen sayın hocam Doç. Dr. Mesut YALÇIN'a teşekkür ederim.

Yüksek lisans öğrenimimde ve bu tezin hazırlanmasında laboratuvar imkanlarının kullanılmasına izin veren Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü akademik personeline teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmasıyla ilgili gerekli test örneklerinin hazırlanmasında yardımlarından ötürü Varollar A.Ş. ve Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi atölyesi çalışanlarına teşekkür ederim.

Bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen sevgili aileme ve çalışma arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması, Düzce Üniversitesi BAP-2016.02.03.494 numaralı Bilimsel Araştırma Projesiyle desteklenmiştir

**26 Temmuz 2019**

**Metin ÖZKAN**

# İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ŞEKİL LİSTESİ .....	VII
ÇİZELGE LİSTESİ .....	VIII
KISALTMALAR .....	X
SİMGELER .....	XI
ÖZET .....	XII
ABSTRACT .....	XIII
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1. MASIF PANEL</b> .....	<b>1</b>
1.1.1. Türkiye'de Masif Panel Endüstrisi.....	2
<b>1.2. MASIF PANEL ÜRETİMİNDE KULLANILAN AĞAÇ TÜRLERİ</b> .....	<b>3</b>
1.2.1. Kayın .....	3
1.2.2. Meşe.....	4
1.2.3. Sapelli .....	5
1.2.4. İroko .....	6
<b>1.3. LAMİNASYON TEKNİĞİ VE UYGULANAN BİRLEŞTİRMELER</b> .....	<b>7</b>
<b>1.4. KURUTMA TEKNİKLERİ</b> .....	<b>9</b>
1.4.1. Doğal Kurutma.....	9
1.4.2. Teknik Kurutma .....	10
<b>1.5. LİTERATÜR ÖZETİ</b> .....	<b>11</b>
<b>1.6. AMAÇ VE KAPSAM</b> .....	<b>16</b>
<b>2. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	<b>17</b>
<b>2.1. MATERYAL</b> .....	<b>17</b>
2.1.1. Masif Panel .....	17
2.1.2. Tutkal .....	17
<b>2.2. YÖNTEM</b> .....	<b>18</b>
<b>2.2.1. Masif Panel Üretimi</b> .....	<b>18</b>
2.2.1.1. Markoller .....	20
2.2.1.2. Yan Alma Makinesi .....	21
2.2.1.3. Çoklu Dilme Makinesi.....	22
2.2.1.4. Kurutma Fırınları .....	23
2.2.1.5. Opti-Cut Makinesi (Boylama ve Kusur Giderme).....	24
2.2.1.6. Finger-Joint Makinesi (Parmak Birleştirme) .....	25
2.2.1.7. Profil Makineleri.....	26
2.2.1.8. Masif Panel Presi.....	26
2.2.1.9. Ebatlama ve Yüzey İşlemleri.....	27
2.2.1.10. Zımpara Makinesi .....	27
2.2.1.11. Shirink (ambalaj) Makinesi.....	28
<b>2.2.2. Deney Örneklerinin Hazırlanması</b> .....	<b>29</b>
<b>2.2.3. Fiziksel Özellikler</b> .....	<b>29</b>
2.2.3.1. Denge Rutubet Miktarı (DRM) .....	29
2.2.3.2. Hava Kurusu Yoğunluk .....	30

2.2.4. Mekanik Özellikler .....	30
2.2.4.1. Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastikiyet Modülü .....	30
2.2.4.2. Çekme Direnci.....	33
2.2.4.3. Şok Direnci.....	35
2.2.4.4. Brinell Sertlik Değeri.....	37
2.2.5. İstatistiksel Yöntemler .....	38
<b>3. BULGULAR VE TARTIŞMA.....</b>	<b>39</b>
<b>3.1. FİZİKSEL ÖZELLİKLERE AİT BULGULAR.....</b>	<b>39</b>
3.1.1. Denge Rutubet Miktarı.....	39
3.1.2. Hava Kurusu Yoğunluk Değeri.....	40
<b>3.2. MEKANİK ÖZELLİKLERE AİT BULGULAR.....</b>	<b>41</b>
3.2.1. Eğilme Direnci .....	42
3.2.1.1. Liflere Paralel Yönde Eğilme Direnci .....	43
3.2.1.2. Liflere Dik Yönde Eğilme Direnci.....	46
3.2.2. Eğilmede Elastikiyet Modülü .....	49
3.2.2.1. Liflere Paralel Yönde Eğilmede Elastikiyet Modülü.....	50
3.2.2.2. Liflere Dik Yönde Eğilmede Elastikiyet Modülü.....	53
3.2.3. Çekme Direnci .....	55
3.2.3.1. Liflere Paralel Yöndeki Çekme Direnci .....	56
3.2.3.2. Liflere Dik Yöndeki Çekme Direnci .....	60
3.2.4. Dinamik Eğilme (Şok) Direnci .....	62
3.2.4.1. Liflere Paralel Yönde Dinamik Eğilme (Şok) Direnci .....	63
3.2.4.2. Liflere Dik Yönde Dinamik Eğilme (Şok) Direnci .....	65
3.2.5. Liflere Dik Yönde Brinell Sertlik .....	68
<b>4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>72</b>
<b>5.KAYNAKLAR.....</b>	<b>78</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>83</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Masif panel örneği. ....	1
Şekil 1.2. Kayın tomruklarına ait istif görüntüsü. ....	3
Şekil 1.3. Kayın kerestelerine ait istif görüntüsü. ....	4
Şekil 1.4. Meşe tomruklarına ait istif görüntüsü. ....	4
Şekil 1.5. Meşe kerestelerine ait istif görüntüsü. ....	5
Şekil 1.6. Sapelli tomruklarına ait istif görüntüsü. ....	6
Şekil 1.7. İroko Kerestesine ait istif görüntüsü. ....	6
Şekil 1.8. İroko tomruklarına ait istif görünümü. ....	7
Şekil 1.9. En Birleştirmeler; düz birleştirme(a), kınışlı birleştirme(b), kama dişli birleştirme(c) (Karayılmazlar ve diğ. 2007). ....	8
Şekil 1.10. Boy Birleştirme; düz birleştirme(a), pahlı birleştirme(b), pahlı kademeli birleştirme(c), dikey kama dişli birleştirme(d), yatay kama dişli birleştirme(e) (Karayılmazlar ve diğ. 2007). ....	9
Şekil 1.11. Klasik kurutma yönetimi uygulanan fırın ve ağaç malzemeler. ....	10
Şekil 1.12. Yüksek-frekans vakum kombinasyonlu kurutma fırını. ....	11
Şekil 2.1. Masif panel üretim iş akışı. ....	19
Şekil 2.2. Masif panel taslak ve latalarının üretim aşamaları. ....	20
Şekil 2.3. 120 cm çapındaki markol (şerit testere) görünümü. ....	21
Şekil 2.4. Yan alma makinesi görünümü. ....	22
Şekil 2.5. Çoklu dilme makinesi görünümü. ....	22
Şekil 2.6. Boş kurutma fırını görüntüsü. ....	23
Şekil 2.7. Opti-Cut Makinesi görünümü. ....	24
Şekil 2.8. Finger-joint makinesi görünümü. ....	25
Şekil 2.9. Profil Makinesi görünümü. ....	26
Şekil 2.10. Masif panel pres görünümü. ....	27
Şekil 2.11. Zımpara makinesi görünümü. ....	28
Şekil 2.12. Shirink (ambalaj) makinesi görünümü. ....	29
Şekil 2.13. Eğilme deneyi deney düzeneği (ölçüler mm'dir), (a) liflere dik yönde eğilme deneyi, (b) liflere paralel yönde eğilme deneyi. ....	31
Şekil 2.14. Masif panel levhalarına ait eğilme ve elastikiyet modülü deneyi görüntüsü. ....	31
Şekil 2.15. Çekme deneyi deney düzeneği (ölçüler mm'dir), (a) liflere dik yönde çekme deneyi, (b) liflere paralel yönde çekme deneyi. ....	34
Şekil 2.16. Çekme deneyi görünümü. ....	34
Şekil 2.17. Şok direnci deney görüntüsü. ....	36
Şekil 2.18. Brinell sertlik deney görünümü. ....	37
Şekil 3.1. Masif panel levhalarının çekme direnci sırasında kırılma görüntüsü. ....	58

## ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 1.1. Ahşap malzemenin tutkal ile birleşmesine etki eden değişkenler. ....	8
Çizelge 2.1. D3 ve D4 tutkallarına ait teknik özellikler.....	18
Çizelge 2.2. Markol genel özellikleri.....	21
Çizelge 3.1. Masif panel levhalarına ait denge rutubet miktarları (%). ....	39
Çizelge 3.2. Masif panel levhalarının DRM değerlerine ait BVA sonuçları. ....	40
Çizelge 3.3. Masif panel levhalarına ait hava kurusu yoğunluk değerleri ( $g/cm^3$ ). ....	40
Çizelge 3.4. Masif panel levhalarının hava kurusu yoğunluk değerlerine ait BVA sonuçları. ....	41
Çizelge 3.5. Masif panel levhalarına ait liflere paralel ve liflere dik yönde eğilme direnci değerleri ( $N/mm^2$ ). ....	42
Çizelge 3.6. Liflere paralel yönde eğilme direnci değerlerine ait çoklu varyans analizi sonuçları.....	43
Çizelge 3.7. Ağaç türü-kesiş yönü düzeyinde liflere paralel yönde eğilme direnci değerleri ( $N/mm^2$ ). ....	44
Çizelge 3.8. Ağaç türü düzeyinde liflere paralel yönde eğilme direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları ( $N/mm^2$ ). ....	45
Çizelge 3.9. Kesiş yönü düzeyinde liflere paralel yönde eğilme direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları ( $N/mm^2$ ). ....	46
Çizelge 3.10. Liflere dik yönde eğilme direnci değerlerine ait çoklu varyans analizi sonuçları. ....	47
Çizelge 3.11. Ağaç türü-kesiş yönü düzeyinde liflere dik yönde eğilme direnci değerleri ( $N/mm^2$ ). ....	48
Çizelge 3.12. Ağaç türü düzeyinde liflere dik yönde eğilme direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları ( $N/mm^2$ ). ....	48
Çizelge 3.13. Kesiş yönü düzeyinde liflere dik yönde eğilme direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları ( $N/mm^2$ ). ....	49
Çizelge 3.14. Masif panel levhalarına ait liflere paralel ve liflere dik yönde eğilmede elastikiyet modülü değerleri ( $N/mm^2$ ). ....	50
Çizelge 3.15. Liflere paralel yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait çoklu varyans analizi sonuçları. ....	50
Çizelge 3.16. Ağaç türü-kesiş yönü düzeyinde liflere paralel yönde eğilmede elastikiyet modülü değerleri ( $N/mm^2$ ). ....	51
Çizelge 3.17. Ağaç türü düzeyinde liflere paralel yönde eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait Duncan testi sonuçları ( $N/mm^2$ ). ....	52
Çizelge 3.18. Liflere dik yönde eğilmede elastikiyet modülüne ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları.....	53
Çizelge 3.19. Ağaç türü-kesiş yönü düzeyinde liflere dik yönde eğilmede elastikiyet modülü değerleri ( $N/mm^2$ ). ....	54
Çizelge 3.20. Ağaç türü düzeyinde liflere dik yönde eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait Duncan testi sonuçları ( $N/mm^2$ ). ....	54
Çizelge 3.21. Kesiş yönü düzeyinde liflere dik yönde eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait Duncan testi sonuçları ( $N/mm^2$ ). ....	55



Çizelge 3.22. Masif panel levhalarına ait liflere paralel ve liflere dik yönde çekme direnci değerleri (N/mm <sup>2</sup> ). .....	56
Çizelge 3.23. Liflere paralel yöndeki çekme direnci değerlerine ait çoklu varyans analizi sonuçları.....	56
Çizelge 3.24. Ağaç türü-kesiş yönü düzeyinde liflere paralel yönde çekme direnci değerleri (N/mm <sup>2</sup> ).....	57
Çizelge 3.25. Ağaç türü düzeyinde liflere paralel yönde çekme direnci değerleri ait Duncan testi sonuçları (N/mm <sup>2</sup> ). .....	59
Çizelge 3.26. Kesiş yönü düzeyinde liflere paralel yönde çekme direnci değerleri ait Duncan testi sonuçları (N/mm <sup>2</sup> ). .....	59
Çizelge 3.27. Liflere dik yöndeki çekme direnci değerlerine ait çoklu varyans analizi sonuçları.....	60
Çizelge 3.28. Ağaç türü-kesiş yönü düzeyinde liflere dik yöndeki çekme direnci değerleri (N/mm <sup>2</sup> ).....	61
Çizelge 3.29. Ağaç türü düzeyinde liflere dik yöndeki çekme direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları (N/mm <sup>2</sup> ). .....	61
Çizelge 3.30. Kesiş yönü düzeyinde liflere dik yöndeki çekme direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları (N/mm <sup>2</sup> ). .....	62
Çizelge 3.31. Masif panel levhalarına ait liflere paralel ve liflere dik yönde şok direnci değerleri (kgm/cm <sup>2</sup> ).....	63
Çizelge 3.32. Liflere paralel yöndeki dinamik eğilme (şok) direnci değerlerine ait çoklu varyans analizi sonuçları. ....	64
Çizelge 3.33. Ağaç türü-kesiş yönü düzeyinde liflere paralel yöndeki dinamik eğilme (şok) direnci değerleri (kgm/cm <sup>2</sup> ). .....	64
Çizelge 3.34. Ağaç türü düzeyinde liflere paralel yönde dinamik eğilme (şok) direnci değerleri ait Duncan testi sonuçları (kgm/cm <sup>2</sup> ). .....	65
Çizelge 3.35. Liflere dik yönde dinamik eğilme (şok) direncine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları. ....	66
Çizelge 3.36. Ağaç türü-kesiş yönü düzeyinde liflere dik yönde dinamik eğilme (şok) direnci değerleri (kgm/cm <sup>2</sup> ). .....	67
Çizelge 3.37. Ağaç türü düzeyinde liflere dik yönde dinamik eğilme (şok) direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları (kgm/cm <sup>2</sup> ). .....	67
Çizelge 3.38. Kesiş yönü düzeyinde liflere dik yönde dinamik eğilme (şok) direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları (kgm/cm <sup>2</sup> ). .....	68
Çizelge 3.39. Liflere dik yöndeki Brinell sertlik değerlerine ait ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları.....	69
Çizelge 3.40. Ağaç türü-kesiş yönü düzeyinde liflere dik yöndeki Brinell sertlik değerleri (N/mm <sup>2</sup> ).....	70
Çizelge 3.41. Ağaç türü düzeyinde liflere dik yöndeki Brinell sertlik değerleri ait Duncan testi sonuçları (N/mm <sup>2</sup> ). .....	70

## KISALTMALAR

A.Ş	Anonim şirket
BVA	Basit varyans analizi
CaC <sub>2</sub>	Karpit
CH <sub>3</sub> COOH	Asetik asit
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	Asetilen
ÇVA	Çoklu varyans analizi
DRM	Denge rutubet miktarı
EN	Avrupa standartları
HG	Homojenlik grubu
ISO	Uluslararası standartlar teşkilatı
Max	En yüksek değer
MDF	Lif levha
Min	En düşük değer
NaOH	Sodyum hidroksit
OSB	Yönlendirilmiş yonga levha
PFR	Fenal-rezorsin formaldehit
REP	Polimer emülsiyonlu poliüretan
PVA	Polivinilasetat
TS	Türk standartları

## SİMGELER

$a$	Örnek uzunluğu
$A$	Yapışma yüzeyi alanı
$A_r$	Rutubetli ağırlık
$A_0$	Tam kuru ağırlık
$b$	Örnek genişliği
$D$	Hava kurusu yoğunluk değeri
$E$	Elastikiyet modülü
$E_m$	% m rutubetteki elastikiyet modülü
$E_{12}$	%12 rutubetteki elastikiyet modülü
$f$	Eğilme miktarı
$h$	Örnek kalınlığı
$L_s$	Dayanak noktaları arasındaki açıklık
$P_{max}$	Kırılma anında ölçülen en büyük kuvvet
$W$	Kırılma anında harcanan iş
$\sigma_{\check{c}}$	Çekme direnci
$\sigma_{\check{c} m}$	% m rutubetteki çekme direnci
$\sigma_{\check{C}12}$	% 12 rutubetteki çekme direnci
$\delta_E$	Eğilme direnci
$\delta_{Em}$	% m rutubetteki eğilme direnci
$\delta_{E 12}$	%12 rutubetteki eğilme direnci
$\sigma_{\check{s}}$	Dinamik eğilme(şok) direnci
$\delta_{\check{s}m}$	% m rutubetteki dinamik eğilme direnci
$\delta_{\check{s}(12)}$	% 12 rutubetteki dinamik eğilme direnci
$\Delta P$	Elastik bölgedeki kuvvet

## ÖZET

### YAPRAKLI AĞAÇLARDAN ÜRETİLEN MASIF PANEL LEVHALARIN BAZI TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİNE TASLAK KESİŞ YÖNÜNÜN ETKİSİ

Metin ÖZKAN

Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Odun Mekaniği ve Teknolojisi Programı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Halil İbrahim ŞAHİN

Temmuz 2019, 82 sayfa

Bu tez çalışmasında yapraklı ağaçlar kullanılarak üretilmiş masif panel levhalarının bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine kesiş yönünün etkisi araştırılmıştır. Masif panel levhaları Düzce bölgesindeki özel bir kereste fabrikadan temin edilmiştir. Masif panel levhalarının üretiminde, taslaklar için uç uca parmak birleştirme, latalar için ise yan yana düz birleştirme yöntemi kullanılmıştır. Deneysel örnekler kullanılarak fiziksel özelliklerden rutubet ve yoğunluk testleri, mekanik özelliklerden liflere paralel ve dik yönde eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, çekme direnci ve şok direnci ile liflere dik yönde Brinell sertlik değerleri tespit edilmiştir. Masif panel levhalarına ait fiziksel özelliklerden denge rutubet miktarı % 9,68-10,28 arasında değiştiği görülmüştür. Bu levhalara ait hava kurusu yoğunluk değerleri ise kayın için  $0,695 \text{ g/cm}^3$ , meşe için  $0,682 \text{ g/cm}^3$ , iroko için  $0,666 \text{ g/cm}^3$  ve sapelli için  $0,645 \text{ g/cm}^3$  olarak bulunmuştur. Üretilen masif panel levhalarının mekanik özellikleri bakımından ağaç türleri arasında anlamlı farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Genel olarak en yüksek direnç değerleri kayın masif panel levhalarında elde edilmiştir. Ancak liflere dik yöndeki eğilmede elastikiyet modülü bakımından meşe levhaları diğer tüm levhalardan daha yüksek bulunmuştur ( $1080 \text{ N/mm}^2$ ). İroko ve sapelli masif panel levhalarının mekanik özellikleri birbirine yakın bulunmuştur. En düşük direnç değerleri sapelli levhalarında gözlenmiştir. Kesiş yönü bakımından üretilen masif panel levhalarına ait liflere dik yöndeki Brinell sertlik değeri, liflere paralel dinamik eğilme (şok) direnci ve liflere paralel yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değerleri arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Genel olarak radyal kesiş yönde üretilmiş masif panel levhalarında en yüksek mekanik özellikler elde edilmiştir. Ancak standart ve teğet levhalara ait liflere paralel yöndeki ortalama çekme direnci değerleri radyal levhalardan daha yüksek olduğu görülmüştür. Liflere paralel dinamik eğilme (şok) direnci hariç en düşük değerler teğet levhalarda bulunmuştur. Ağaç türü ve kesiş yönü etkileşiminde liflere paralel yöndeki eğilme ve çekme direnci ile eğilmede elastikiyet modülü değerleri en yüksek kayın-teğet masif panel levhalarında gözlenmiştir.

**Anahtar sözcükler:** Fiziksel ve mekanik özellikler, Kesiş yönü, Masif panel levha

## ABSTRACT

### THE EFFECT OF LATH SHEAR DIRECTION ON SOME TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF EDGE-GLUED PANEL PRODUCED FROM HARDWOODS.

Metin ÖZKAN

Düzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Forest Industry Engineering, Wood Mechanics and Technology Program

Master's Thesis

Supervisor: Assist. Prof. Halil İbrahim ŞAHİN

July 2019, 82 pages

This study is to investigate the effect of cutting direction on some physical and mechanical properties of edge-glued panel produced by using hardwoods. Edge-glued panel boards are provided from a lumber factory located in Düzce. In the production of edge-glued panels, drafts are used to end-to-end finger jointing, while laths are used side-by-side flat joint method. By using the test samples, to determine physical properties; moisture and density tests, mechanical properties; parallel and vertical bending strength, modulus of elasticity, tensile strength and impact bending strength resistance and Brinell hardness values were determined. Its observed that one of the physical properties of the edge-glued panels, equilibrium moisture content vary between 9.68-10.28 %. The air-dried density values of these panels were obtained 0,695 g/cm<sup>3</sup> for beech, 0,682 g/cm<sup>3</sup> for oak, 0,666 g/cm<sup>3</sup> for iroko, and 0,645 g/cm<sup>3</sup> for sapelli. It was determined that there were significant differences between the tree species in terms of the mechanical properties of produced edge-glued panels. The highest strength values were obtained from beech edge-glued panel. However, the oak panels have showed higher modulus of elasticity than the other plates (1080 N/mm<sup>2</sup>). Mechanical properties of iroko and sapelli edge-glued panels were found close to each other. The lowest strength values were observed in sapelli panels. There was no significant difference among the Brinell hardness value perpendicular to the fibers of the edge-glued panels produced in the cutting direction, the dynamic bending strength parallel to the fibers and the modulus of elasticity in the bending direction parallel to the fibers. Generally, the highest mechanical properties were obtained for edge-glued panels produced in the radial cutting direction. However, the average tensile strength values in parallel to the fibers of the standard and tangent panels were found to be higher than the radial panels. Except for the impact bending (shock) strength parallel to the fibers, the lowest values were found in the tangential panels. In term of wood type and cutting direction, the highest values were observed in beech-tangent edge-glued panels for bending strength and tensile strength and modulus of elasticity in parallel to the fibers.

**Keywords:** Cutting direction, Edge-glued panel, Physical and mechanical properties.

# 1. GİRİŞ

## 1.1. MASİF PANEL

Dünyada ve Türkiye'de meydana gelen teknolojik ilerlemeler, özellikle 90'lı yıllardan itibaren mobilya sektöründe üretim hızı ve miktarında önemli artışlara sebep olmuştur. Bu durum ormanlar üzerindeki baskıyı arttırmış ve ilerleyen zamanlar içerisinde Dünya üzerindeki sınırlı orman alanlarından hammadde odun temininde karşılaşılabilecek zorluklar nedeniyle masif oduna alternatif olarak odun bazlı kompozit levha üretimi ortaya çıkmıştır. Bu kompozit levhalara; kontrplak, yonga levha, lif levha (MDF), OSB glulam, paralel şerit kereste, masif paneller örnek verilebilir. Bu tip kompozit levhalar hem ormanlar üzerindeki baskıyı azalmakta hem de mobilya sektörüne büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Ayrıca ahşap malzemede meydana gelen boyutsal değişimler (çatlak, eğilme, çarpılma gibi kusurlar, rutubet ve direnç farklılıkları) bu tip kompozit levhalarda önemli oranda azaltılmıştır.



Şekil 1.1. Masif panel örneği.

Tez çalışması kapsamında üretimi gerçekleştirilen masif panel levhalar, çıtalar halinde biçme işlemi gerçekleştirilen kusurlu bölümleri (budak, renk uyumsuzluğu, çürüme, lif kıvrıklığı vb.) çıkarılarak, çıtalanarak lif yönleri birbirlerine paralel olacak şekilde yan yana ve uç uca belirli sıcaklık ve basınç altında yapıştırılması sonucu elde edilen levhalardır (Şekil 1.1). Bu panellerin üretiminde insan sağlığını tehdit eden uçucu bileşik içermeyen polimer esaslı tutkallar kullanılmaktadır. Maliyetleri bakımından

masif panel levhaların üretimi diğer ahşap esaslı kompozit levhalara (MDF, yonga levha, kontrplak) göre daha düşüktür.

Masif paneller, diğer ahşap esaslı kompozit levhalara göre bazı avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Masif panellerin avantajları, ağaç malzeme yapısal kusurlarından arındırıldığı için daha homojen üretimine olanak sağlamaktır. Kereste üretiminde atık malzemelerin ve değeri düşük kerestelerin tekrardan üretime kazandırılması sağlanır. Üretim aşamaları bakımından diğer ahşap esaslı panellere göre daha basittir, panel yüzeyleri doğal ahşap görünümüne sahip olduğu için yüzeylerin ve kenarların kaplanmasına ihtiyaç duyulmamaktadır. Üretim esnasında kullanılan keresteler, üretim öncesinde kurutuldukları için rutubet nedeniyle oluşabilecek tutkallama hataları en aza indirilmiştir. Masif paneller, genişlik yönünden farklı ölçülerde üretilebilmektedir (Özkaya, 2007). Masif panellerin dezavantajları, üretim olarak düşünüldüğü zaman ağacın tamamından yararlanmak mümkün değildir. Ayrıca üretimde sadece atık malzemeleri ve düşük sınıflı keresteleri değerlendirmek ekonomik değildir. Depolama koşullarında olumsuz istifleme ile paneller şekil değişikliğine hassastır (Özkaya, 2007).

### **1.1.1. Türkiye'de Masif Panel Endüstrisi**

Masif panel üretim hattı diğer panel üretim hatlarıyla karşılaştırıldığında maliyeti daha az olsa da, uzun vadede karşılaştırma yapıldığında yonga levha ve MDF üretimine göre çok daha zordur. Masif panel Türkiye'de artan değeri sayesinde 1990-1995 yılları arasında bir adet olan masif panel tesisleri, günümüzde büyüklü küçüklü 30 firmaya kadar çıkmıştır. Bu da sektörün bu tip bir ürüne ne kadar çok ihtiyacı olduğunu ve masif ağaç malzeme ile diğer panellerin kullandığı birçok alanda kullanılabildiğini göstermektedir. (Bilgin, 2010).

2000'li yıllar sonra artan nüfus miktarı ve teknolojinin gelişmesiyle üretilen odun bazı levhaların üretim hızı ve miktarında artışlar meydana gelmiştir. Levha üretiminde kullanılan uçucu kimyasal maddeler (formaldehit vb.) insan sağlığını olumsuz etkilediği için özellikle mobilya sektöründe, diğer kompozit levhalara göre kimyasal salınımı daha düşük olan masif panel levhalarının kullanımı yaygınlaşmaktadır. Masif panel kullanım alanları ve kullanım alanlarına uygun ağaç türleri şunlardır.

- Mobilya İmalatında: Kayın, kestane, meşe, ceviz, sarıçam, sapelli, iroko, teak
- Merdiven İmalatında: Kayın, kestane, meşe, ceviz, sarıçam, iroko, sapelli

- Kapı İmalatında: Kayın, kestane, meşe, ceviz, sarıçam, limba
- Mutfak Tezgahlarında: Kayın, kestane, meşe, ceviz, iroko
- Tekne Dekorasyonunda: Kestane, meşe, iroko, sapelli, teak, wenge
- Yer Döşemelerinde: Ladin, sarıçam, göknar (Bilgin, 2010).

## 1.2. MASİF PANEL ÜRETİMİNDE KULLANILAN AĞAÇ TÜRLERİ

### 1.2.1. Kayın

Kayının yayılışı, batıda Balkanlar'dan başlayarak Anadolu, Kafkasya, Kuzey İran üzerinden kuzeyde Kırım'a kadar uzanmaktadır (Kayacık, 1981).



Şekil 1.2. Kayın tomruklarına ait istif görüntüsü.

Kayının odun yapısı, doğal halde kırmızımsı beyaz renktedir. Kırmızımsı kahverengi öz odun 80-100 yaşından sonra oluşmaktadır. Buna aynı zamanda "Kırmızı Yürek" oluşumu da denir. Diri odun genişliği 5-15 cm arasında değişmektedir (Bozkurt, 1986).Doğu kayını 40 metre boy ve 1 metrenin üzerinde dolgun gövde yapabilen bir ağaçtır. Öz odun ve diri odunu farkı yoktur. Kayın odunu ağırdır. Yoğunluğu tam kuru halde  $0.63 \text{ g/cm}^3$ , hava kurusu halde (%12)  $0.66 \text{ g/cm}^3$ 'tür. Kayın odunu taze kesilmiş halde, öz odunu %47-58, diri odunu %64-102 oranında su ihtiva etmektedir. Daralma yüzdeleri boyuna %0.5, radyal yönde %5, teğet yönde %10,5 ve hacim olarak %15.5'tir (Bozkurt, 1986). Kayın odunu %78.87 holoselüloz, %22.57 lignin, %25.21 pentozan ve



%0.61 oranında kül ihtiva etmektedir. Eterde %1.04, alkol-benzolde %1.5, sıcak suda %1.92 ve %1'lik NaOH de %15.62 oranında çözünür (Tank, 1978).



Şekil 1.3. Kayın kerestelerine ait istif görüntüsü.

### 1.2.2. Meşe

Meşe 30-40 metre boy, 2 metre çap yapabilen, 400-500 yıl (nadir 1000 yıl) yaşayabilen çok boylu bir orman ağacıdır. Kabuk kalın ve derin çatlaklıdır. Rengi genellikle kirlili sarıdır. Yoğunluğu  $0.86 \text{ g/cm}^3$  ve bu ağaç türün kurulması oldukça güçtür (Anşin ve Özkan, 1997).



Şekil 1.4. Meşe tomruklarına ait istif görüntüsü.

Coğrafi yayılışı tüm Avrupa, Kuzey Afrika, Türkiye ve Kafkasya'dır. Orta Avrupa'nın en önemli orman ağaçlarından biridir. Türkiye'de çok yaygın olup, tüm Karadeniz, Trakya, Marmara, Kuzey Batı Anadolu, Bolu yörelerinde hatta Orta Anadolu'da Şereflikoçhisar bölgelerinde de yayılım gösterir (Anşin ve Özkan, 1997).



Şekil 1.5. Meşe kerestelerine ait istif görüntüsü.

Meşe odunlarından çok değişik amaçlarda başta mobilya sektörü olmak üzere, fiçı yapımı ve içki sanayinde, soyma sanayi, kaplamacılık, gemi inşaatında, parke sanayi gibi çok geniş kullanım alanları bulunur. Meşelerin parkçılık alanında da önemleri büyüktür. Meşe ağaçlarının uzun ömürlü olması ve görkemli varlıkları insanların dikkatlerini üzerine çekmiş kuvvet ve kudretin simgesi olarak resim ve motiflerle, birçok kraliyet armalarına, kağıt ve madeni paralara hatta çeşitli ziynet eşyalarına işlenmiştir (Anşin ve Özkan, 1997).

### 1.2.3. Sapelli

Sapelli 45 metre boy ve 0.7- 1.7 metre arasında çap yapabilen silindirik gövdeli bir ağaçtır. Diri odunu 3-8 cm genişlikte, beyazımsı ile sarımsı renkte, öz odunu oldukça koyu kırmızımsı kahverengi ile morumsu kahverengi arasında değişmektedir. Tekstür oldukça ince, lif yapısı grift bazen dalgalı, iğne çizikli, radyal yüzeylerde yeknesak dar şeritli küçük öz ışını aynacıkları belirgin, parlak ve çok dekoratif görünümlüdür (Bozkurt ve Erdin, 1989). Coğrafi yayılışı, Batı, Orta ve Doğu Afrika; Liberya, Fildişi Sahili, Gana, Nijerya, Kamerun, Gabon, Kongo, Angola, Zaire ve Uganda'ya kadar yayılış göstermektedir (Bozkurt ve Erdin, 1989). Üst yüzeylerde kesme kaplama levha olarak, mobilyacılıkta, lambri, parke ve kapılarda, binalarda, iç ve dış kısımlarda, uçak, vagon, küçük gemi, keman yapımında, marküteri (saray, otel ve villaların desenli parke), tornacılık ve oymacılıkta kullanılmaktadır (Bozkurt ve Erdin, 1989).



Şekil 1.6. Sapelli tomruklarına ait istif görüntüsü.

#### 1.2.4. İroko

İroko 45 metre boy ve 0.6-2 metre arasında çap yapabilen silindirik gövdeli bir ağaçtır. Diri odun 5-10 cm genişlikte, sarımsı beyaz ile gri renkte, öz odun ise başlangıçta gri sarı ile açık kahverengi olup daha sonra altın sarısı ile kahverengine dönüşür. Tekstür; orta ile kaba fakat yeknesak yapıda, iğne çizikli lif yapısı grift bazen düzensiz, yer yer kalsiyum karbonat birikimleri mevcut, dekoratif bir ağaç türüdür(Bozkurt ve Erdin, 1989).



Şekil 1.7. İroko Kerestesine ait istif görüntüsü.

Coğrafi yayılışı, Batı, Orta ve Doğu Afrika; Sierre Leone, Liberya, Fildişi Sahili, Gana, Togo, Benin, Nijerya, Kamerun, Kongo, Zaire, Angola, Mozambik, Tanzanya ve

Uganda'ya kadar gerçekleşir (Bozkurt ve Erdin, 1989).



Şekil 1.8. İroko tomruklarına ait istif görünümü.

Dekoratif üst yüzey kaplamalarında, kesme kaplama levha olarak, mobilya, parke yapımında, binalarda iç de dış kısımlarda, kapı, pencere imalinde, küçük gemi, vagon, köprü yapımında, travers, kimyasal madde kapları, laboratuvar masaları, bahçe mobilyaları, tornacılık ve oymacılıkta kullanılır (Bozkurt ve Erdin, 1989).

### 1.3. LAMİNASYON TEKNİĞİ VE UYGULANAN BİRLEŞTİRMELER

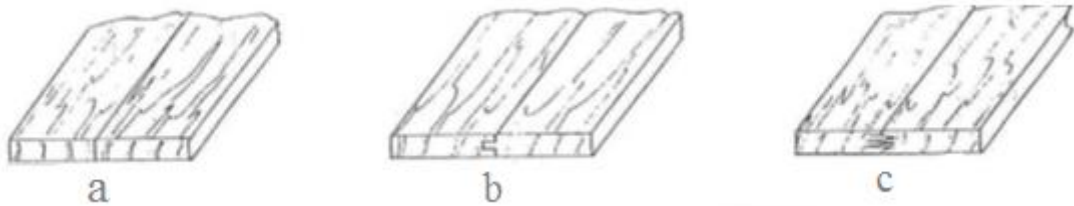
Ağaç malzeme, kusurlarından arındırıldıktan sonra üretimi gerçekleştirilen ve kalite özellikleri bakımından masif malzemelere göre daha iyi olmasını sağlayan tekniğe laminasyon tekniği denir. Sağlam ve kaliteli parçalardan elde edilen lamine ağaç malzeme, lamine katlarındaki farklı kalınlık ve renkte malzemeler bulundurduğu için estetik değeri de yüksektir (Keskin ve Togay, 2004; Karayılmaz ve diğ. 2007). Ağaç malzemeler farklı uygulamalar ile çeşitli tutkallar kullanılarak birleştirilmektedir. Bu işlem sırasında birçok faktör tutkal ile odun arasında oluşabilecek yapışmaya etkilemektedir (Yörür ve diğ. 2010). Yapışmayı etkileyen bu faktörler çizelge 1.1'de verilmiştir (Rowell, 2005; Yörür ve diğ. 2010).

Kullanılan ağaç malzemenin zayıf miktarını azaltmak ve kusurlarından uzaklaştırmak için lamine malzemeleri oluşturan katlarda en ve boy birleştirme yapılmaktadır. En yönünde yapılan birleştirmeler, Şekil 1.9'da görüldüğü gibi düz en birleştirme, kirişli en birleştirme ve kama dişli birleştirme şeklinde yapılmaktadır (Karayılmazlar ve ark, 2007).

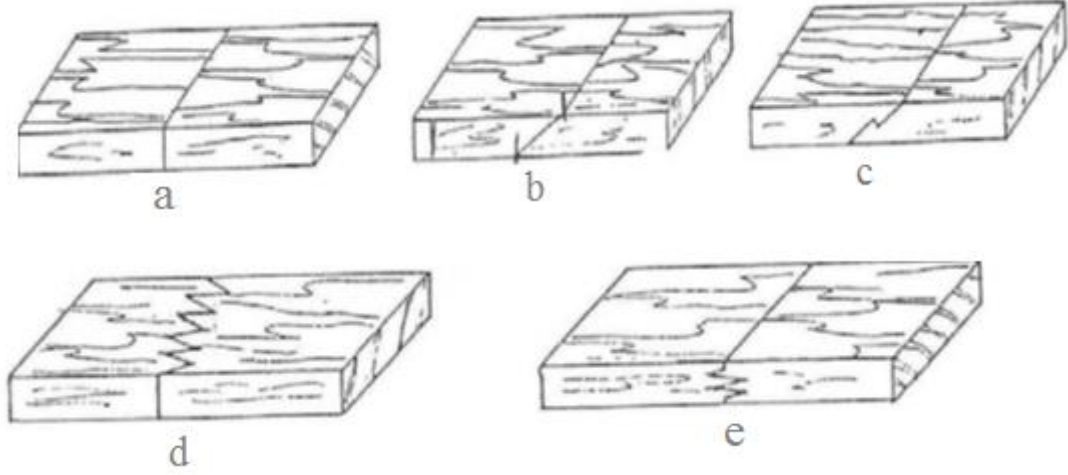
Çizelge 1.1. Ahşap malzemenin tutkal ile birleşmesine etki eden değişkenler.

Tutkaldan kaynaklanan	Ahşap 'dan kaynaklanan	Üretim yönteminden kaynaklanan	Kullanım yerinden kaynaklanan	Emprenye 'den kaynaklanan
tipi	tür	yapıştırma miktarı	direnç miktarı	retensiyon miktarı
viskozitesi	yoğunluk	tutkalın dağılımı	makaslama modülü	emprenye tipi
moleküler ağırlığı	rutubet miktarı	rutubet miktarı	şişme daralma	kullanılan metot
yüzeye penetrasyonu	kesiş yönü	sıcaklık	yorulma	kullanılan madde miktarı
reaktif madde miktarı	odun çeşidi	açma-kapama süresi	bozulma miktarı	emprenyenin yüzeyde yayılması
sertleşme oranı	reaksiyon odunu	basınc miktarı	bozulma tipi	penetrasyon
kıta madde miktarı	lif Açısı porozitesi	basınc süresi	kullanım ortamı	emprenye süresi
katalizör çeşidi karışımı	yüzey kabalığı	ön muameleler	sıcaklık	
katkı maddesi	kuruma zararları	yapışma süresi	hidroliz direnci	
dolgu maddeleri	işlenme zararları		biyolojik saldırı	
solvent sistemi	yüzeyin temizliği		UV ışıkları	
bekleme süresi	ekstraktifler		elastikiyet modülü	
pH miktarı	yüzey enerjisi		elastikiyet modülü	
koruyucu miktarları				

Boy yönünde yapılan birleştirmeler Şekil 1.10'da görüldüğü gibi düz boy birleştirme ve pahlı boy birleştirme şeklinde yapılmaktadır. Sürekli üretime uygun olmasından dolayı pratikte en çok kullanım alanı bulan kama dişli birleştirme tipidir. Pahlı boy birleştirmelerde, boyunun parça kalınlığının 8-12 katlı olması durumunda en yüksek randımanı elde edileceği belirtilmiştir (Karayılmazlar ve diğ. 2007).



Şekil 1.9. En Birleştirmeler; düz birleştirme(a), kınışlı birleştirme(b), kama dişli birleştirme(c) (Karayılmazlar ve diğ. 2007).



Şekil 1.10. Boy Birleştirme; düz birleştirme(a), pahlı birleştirme(b), pahlı kademeli birleştirme(c), dikey kama dişli birleştirme(d), yatay kama dişli birleştirme(e) (Karayılmazlar ve diğ. 2007).

#### 1.4. KURUTMA TEKNİKLERİ

Kurutma, ağaç malzeme de bulunan ve kullanım yerine göre istenmeyen suyun ağaç malzemedan uzaklaştırması işlemidir. Kurutma işlemi uygulanan ağaç malzemenin çoğu özelliğinin iyileşme gösterdiği bilinmektedir. Kurutulmuş ağaç malzemedeki kuruluk miktarı korunursa çürümez, boyutsal değişim az olur, üst yüzey işlemlerinde daha düzgün yüzeyler verir. Yapışma özelliği, mukavemeti ve sertliği gibi özellikleri artar (Kantay, 1993; Altınok ve diğ. 2009).

Kurutma işleminde oluşan ağaç malzemelerin kalitesini doğrudan düşüren enine kesit çatlakları, yüzey çatlakları, iç çatlakları, şekil değişikliği, hücre çökmesi, renk değişimleri, reçine sızması ve sertleşme hali vb. oluşumlar kurutma kusurları olarak ifade edilmektedir. Doğal kurutma ve teknik kurutma yöntemlerinin hatasız olacak şekilde uygulanmasıyla ağaç malzemedeki görülen bu tip kurutma kusurları en aza indirilebilir (Kılıç Ak, 2016).

##### 1.4.1. Doğal Kurutma

Doğal kurutmada istifleme tekniğine uygun olarak hazırlanan ağaç malzemeler açıkta veya sundurma altında kurutulmaktadır. Değişken olan dış hava koşulları sebebiyle kurutulmakta olan ağaç malzemenin rutubet miktarı en fazla % 12-15'e kadar düşürülebilmektedir (Bozkurt ve Kantay, 1990). Standart edilemeyen hava şartları

sebebiyle kuruma süreci çok fazla değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle her zaman farklı kurutma kusurlarının ortaya çıkması mümkündür. Doğal kurutma kusurları, rutubet azalması sebebiyle meydana gelen sertlik artışını, kereste iç ve dış yüzey çatlaklarını ve kerestenin kendi ekseninde meydana gelen sapmalar olarak belirtilebilir. Ayrıca kurutulmuş kerestelere mantar ve böceklerde arız olabilir. Bu sebepler nedeniyle kereste kalitesinde ve değerinde %8'e kadar azalmaların meydana gelebileceği saplanmıştır (Bozkurt ve Kantay, 1990).

#### 1.4.2. Teknik Kurutma

Bu kurutma yönetiminde ağaç malzemenin rutubeti, 100°C 'nin altındaki sıcaklıklarda su-hava buharı karışımı yardımıyla ağaç malzemenin yüzeyinden buharlaştırılarak uzaklaştırılır (Altınok ve diğ. 2009). Klasik kurutma yöntemi uygulanan kurutma fırını Şekil 1.11'de verilmiştir.



Şekil 1.11. Klasik kurutma yönetimi uygulanan fırın ve ağaç malzemeler.

Teknik kurutma, kurutma koşullarının standart altında tutulduğu ortam veya fırınlarda yapılan işlemlerdir. Teknik kurutma yöntemleri, vakumlu kurutma, yüksek frekanslı akım tekniği ile kurutma, kızgın buhar yada nemli hava ile kurutma, kimyasal kurutma, ozonlu kurutma, elektrikli kurutma, kızıl ötesi ışınlar ile kurutma, organik maddeler ile kurutma yöntemlerini içermektedir (Örs ve Keskin, 2008; Kılıç Ak, 2016).

Yüksek frekanslı kurutmada, kurutma kusurlarından önlemek için başlangıç rutubetinin % 40'tan daha düşük olması gerekmektedir. Geçirgenliği yüksek olan kayın, akçaağaç, huş, kavak ve ibreli gibi ağaç türleri yüksek frekansla kurutma yöntemi için uygun

bulunmaktadır. Parke taslağı, tüfek dipçiğı, ayakkabı kalıbı, sandalet, masa ve sandalye bacağı gibi kalın ve kısa parçaların kurutulmasında ekonomik bakımdan uygun bir metottur (Bozkurt ve Kantay, 1990).Yüksek Frekans vakum kombinasyonlu kurutma yöntemi Şekil 1.12 'de belirtilmektedir.



Şekil 1.12. Yüksek-frekans vakum kombinasyonlu kurutma fırını.

Yüksek frekans ile kurutma yöntemlerini genel olarak değerlendirdiğimizde; temiz ve çevreye önem veren bir ısı kaynağı olduğu, dolayısıyla atık bırakmadığı, kereste dışındaki fırın elemanlarının ısıtılmasına ihtiyaç göstermediği için yaklaşık % 40-50 düzeyinde enerji tasarrufu sağladığı, çok rutubetli bölgelerin çok, az rutubetli bölgelerin daha az enerji çekmesi sebebiyle homojen ve seçici bir kurutmanın yapılabildiği, işletme ve bakım giderlerinin düşük olduğu, kısa kurutma sürelerinden dolayı depolama tasarrufu ve hızlı nakit akışı sağladığı ve kömürleşme, renk değişikliği, ve iç çatlağı riskleri olmakla beraber, klasik kurutmaya göre daha kaliteli son ürün elde edilebildiği ifade edilmektedir. Bütün bunlara karşın, karmaşık bir altyapıya ihtiyaç göstermesi nedeniyle yatırım maliyetlerinin artışı ve özel güvenlik tedbirlerine ihtiyaç gösteren gibi sistem oluşu dikkate alınması gereken detaylardandır (Burdurlu, 1995).

## 1.5. LİTERATÜR ÖZETİ

Masif panel levhaları, mobilya endüstrisi tarafından kullanılan ürünler arasında ekonomik olmaları bakımından en seçkin ürünlerdir. Bu panellerin en büyük avantajı,



aralama kesimleri sırasında ortaya çıkan küçük çaplı tomrukların ve diğer proseslerde oluşan atıkların kullanımınıdır. Masif panel levhalarda en yaygın kullanılan tutkal, polivinil asetat (PVA) yapıştırıcılarıdır. Bununla birlikte, kimya endüstrisindeki gelişmeler nedeni ile farklı ahşap türlerinin yapıştırılmasında en uygun yapıştırıcıların değerlendirilmesi ihtiyacı ortaya çıkmaktadır (Lima et al. 2008). Ayrıca yapıştırıcıların kullanımında maliyetlerde dikkate alınmaktadır. Çünkü, çevre ile ilgili uçucu organik bileşiklerin emisyon standartları gibi bazı proses maliyetleri ürün geliştirmeyi sınırlayan önemli bir faktördür (Lima, Mori, Mendes, Trugilho and Mori, 2008).

Masif panel levhalarının boyutsal kararlılıkları kereste büyüklüğünden ve genç odunun varlığından etkilenebilmektedir. Serrano ve Cassesns (1998) masif panel levhalarının genişliği boyunca hesaplanan boyutsal değişimin küçük çaplı tomruklardan üretilen panellerde büyük çaplı tomruklara göre önemli ölçüde daha yüksek olduğunu ifade etmişlerdir. Bunun ile birlikte pratik bir bakış açısı ile boyutsal kararlılıktaki bu fark % 5 'in altındadır (Serrano ve Cassesns, 1998).

Panel üretiminde doğal vernik ve boya ile işlem görmüş açık renkli odunlar kullanıldığında, renk homojenliği masif panel levhalarının değer ve kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Comers et al. 1996).

Yapılan bir çalışmada, sarıçam, Doğu ladini, Doğu kayını ve Uludağ göknarı odunlarının kama birleştirmeleri sonucu mekanik özellikleri üzerine farklı üretim faktörlerinin etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla birleştirmelerde polivinilasetat, üre ve fenol formaldehit tutkalları kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, kullanılan tutkal türlerinin makaslama, eğilme ve çekme dirençlerine etkisinin olmadığı, ağaç türleri arasında görülen farklılığın ise değişik türlerdeki ağaçların mekanik özelliklerindeki farklılıktan kaynaklandığını belirlenmiştir (Örs, 1981).

Özkaya (2011) yapmış olduğu bir çalışmada, kayın çam ve göknar odunları kullanarak farklı birleştirme şekillerinde (düz, parmak ve üç gen birleştirme) ve farklı yüzey kesitlerinde (teğet ve radyal) masif paneller üretmiştir. Bu panellerin, sürekli uygulanan statik yükler karşısında eğilmede elastikiyet modülü değerlerini hesaplamıştır. Literatürde, ahşap malzemelerin radyal doğrultudaki elastikiyet modülünün teğet yöne göre yaklaşık iki kat daha fazla olmasına rağmen, bu çalışmadan elde edilen sonuçlar kesim yönünün masif panel levhalarının eğilmede elastikiyet modülü üzerine herhangi bir etkisinin olmadığını göstermiştir. Aynı çalışmada genişliğine düz birleştirme

levhaları, genişliğine üçgen ve parmak birleştirme ile üretilen levhalardan daha iyi sonuçlar vermiştir. Sonuç olarak statik yük etkisi altında olan masif panel mobilyalarında, mevcut üretimde uygulanan enine düz birleştirme metodu bükülme deformasyonu açısından bir problem ortaya çıkarmayacağı ifade edilmiştir.

Altınok ve diğ. (2000) çalışmalarında kama dişli boy birleştirmelerde diş şekli, ağaç çeşidi ve tutkal türlerinin eğilme direncine etkilerini araştırmışlar. Çalışmalarında, doğu kayını (*Fagus orientalis* L.), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve sapsız meşe (*Quercus petraea* L.) ağaç türlerinden üretilmiş örnekler 10 mm ve 25 mm sivri diş, 10 mm trapez diş açılmış ve parçalar kleiberit 303 ve 305 tutkalları ile boy birleştirme yapmışlardır. Yapılan eğilme direnci deneylerinde en yüksek direnci kleiberit 303 tutkalı ile birleştirilmiş 25 mm sivri dişli meşe örnekler vermiştir.

Yapılan bir çalışmada sapsız meşe (*Quercus petraea* L.), sarıçamı (*Pinus sylvestris*) ve doğu kayını (*Fagus orientalis*) ağaç türlerinden hazırlanan test örnekleri farklı tür diş profilleri ile boy birleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Deneylerde yapıştırıcı olarak kleiberit 303 ve 305 masif tutkalları kullanılmıştır. Yapılan çalışma sonuçlarına göre en iyi çekme direnci değerleri, kleiberit 303 tutkalı kullanılarak yapıştırılan 10 mm sivri dişli birleştirme uygulanmış kayın odunu örneklerinde elde edilmiştir. Aynı çalışmada, deney örneklerinin sıkıştırılması (preslenmesi) işlemi sırasında sivri diş profillerinin kama etkisi gösterdiği ve böylece tutkal hattının birbirlerine daha da yaklaşması nedeni ile iyi bir yapışmanın gerçekleştiği ifade edilmiştir (Altınok ve Söğütü 2003).

Neto et al. (2016) yaptıkları bir çalışmalarında, boyuna yönde parmak birleştirme uyguladığı masif panel levhalarını üç tabakalı olarak üretmişlerdir. Yapıştırıcı olarak üre ve fenol formaldehit bazlı tutkallar kullanılmıştır. Bu çalışmada enine vibrasyon tekniği kullanılarak masif panel levhalarının sınıflandırılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda üretilen 12 farklı levha türünün, dinamik ve statik elastikiyet modülü ve eğilme direnci değerleri belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre dinamik elastikiyet modülü ile masif panel levha yoğunluğu arasında ve eğilme direnci ile dinamik elastikiyet modülü arasında korelasyon bulunamamıştır. Ancak dinamik ve statik elastikiyet modülleri arasında iyi derecede bir korelasyon tespit edilmiştir.

Yapılan bir araştırmada, iki farklı bambu türü kullanılarak üretilmiş üç ve beş katlı lamine panellerin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri tespit edilmiştir. Üretilen levhaların yoğunlukları 0.71-0.75 g/cm<sup>3</sup> arasında değiştiğini göstermiştir. Bambu

lamine levhalarına ait eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri sırası ile 39.3-96.9 N/mm<sup>2</sup> ve 7410-10229 N/mm<sup>2</sup> olarak ifade edilmiştir. Artan katman sayısına bağlı olarak bu değerlerde azalmaların görüldüğü ifade edilmiştir. Yan yüzeylerin birleştirilmesinde ne katmanlar arasında tanen içerikli resorsin formaldehit tutkalı kullanılmış olup, tüm uygulamalarda yüksek yapışma direnci değerleri tespit edilmiştir (Sulastiningsih and Nurwati, 2009).

Üç farklı yapıştırıcının (poliüretan, polivinil asetat, izosiyanat) kullanıldığı bir çalışmada, *Pinustaeda* masif panellerinin tutkal hattı gücü tespit edilmiştir. Teğet ve radyal yüzeylerden oluşan toplamda 360 adet test örneği hazırlanarak ıslak ve kuru ortamlar için ayrı ayrı yapışma testleri gerçekleştirilmiştir. Tutkal hattının kuru koşullardaki yapışma testi sonuçları, üç tutkal içinde teğet yüzeyde daha düşük bulunmuştur. Poliüretan tutkalı kuru şartlarda, diğer yapıştırıcılardan daha yüksek bir yapışma dayanımı vermiş iken, ıslak koşullarda ise diğer tutkallarla arasında önemli bir fark bulunmamıştır. Yapışma testi sonrası odun yüzeylerindeki en fazla bozulma, kuru şartlarda izosiyanat tutkalı kullanılmış radyal yüzeylerde gözlenmiştir. Bu sonuçlar ışığında, *Pinustaeda*'nın tutkal hattı dayanımının yapıştırıcıdan ve yan yapıştırma yüzeyinden etkilendiği belirtilmiştir. Ayrıca kullanım durumuna göre (kuru, ıslak) yapışma direncinin farklılık gösterdiği sonucuna varılmıştır (Lopes et al. 2013).

Martins, Del Menezzi, Ferraz, and De Souza (2013) yaptıkları bir araştırmada, okaliptüs odununun masif panel levha üretimindeki performansı değerlendirilmiş. Yüzeyleri planyalanmış ve zımparalanmış ahşap çiteler, 0,7 MPa ve 1,0 MPa basınç altında çapraz bağlı PVAc ve poliüretan bazlı yapıştırıcılar kullanılarak birleştirilmiştir. Aynı yapıştırıcılar 1.5MPa'lık basınçta parmak birleştirme için de kullanılmıştır. Üretilmiş masif panel levhalar üzerinde eğilme, elastikiyet ve yapışma direnci testleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen test sonuçlarına göre basınç ve yüzey uygulama değişkenleri PVAc ile yapıştırılmış levhaların yapışma direnci üzerine herhangi bir etkisi bulunmaz iken, poliüretan bazlı levhalarda ise bu değişkenlerin etkili olduğu görülmüştür. Tüm uygulamaların, standartların belirtmiş olduğu minimum gereklilikleri karşıladığı gözlenmiştir. Ayrıca yüzeyi zımparalanmış ve 1.0 MPa basınç altında poliüretan yapıştırıcısı ile üretilmiş masif panel levhalarda en yüksek yapışma direnci değerleri tespit edilmiştir. En yüksek eğilme direnci değerleri, PVAc tutkalı kullanılarak üretilmiş örneklerde elde edilir iken, elastikiyet modülü değerleri kullanılan tutkal türünden etkilenmemiştir.

Özçiftçi ve Yapıcı (2008) yaptıkları bir çalışmada parmak birleştirmenin yapısal performansı üzerine yapıştırıcı tipinin, odun türünün ve parmak birleştirme biçiminin etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmada yapıştırıcı olarak PVA<sub>c</sub> ve Desmodur-VTKA (D-VTKA) tutkalları, ağaç türleri ise Doğu kayını, meşe, sarıçam, kavak ve Uludağ göknarı kullanılmıştır. Araştırmacılar bu çalışmada parmak birleştirme yapılmış malzemelerin eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerlerini belirlemeye çalışmışlardır. Bu amaç doğrultusunda analizler TSE EN 310 standardına göre tespit edilmiştir. En yüksek eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerleri kayın kontrol örneklerinde elde edildiği gözlenmiştir. Parmak birleştirme örneklerinde en yüksek eğilme direnci (57,4 N/mm<sup>2</sup>) ve eğilmede elastikiyet modülü değeri (8885 N/mm<sup>2</sup>) PVA<sub>c</sub> tutkalı ile yapıştırılmış ve 21 mm birleştirme dış uzunluğuna sahip Doğu kayını örneklerinde tespit edilmiştir. Sonuç olarak birleştirme dış uzunluğunun artışına bağlı olarak eğilme direnci özelliklerinin de arttığı ifade edilmiştir.

Shukla et al. (1999) yaptıkları çalışmalarında kauçuk ağacından ürettikleri masif panel levhaları kuru ve nemli hava şartlarında makaslama direncine tabi tutmuşlardır. Kauçuk masif panel levhalarından elde edilen sonuçlar, kauçuk lamine kereste, masif kauçuk ağacı ve teak ağacı ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak kauçuk masif panel levhalarının makaslama direnci değerleri, kauçuk lamine kerestelerden, masif teak ve kauçuk ağacından daha düşük olduğu görünmüştür. Çalışma sonuçlarında kauçuk masif panellerin kapı ve pencere doğraması, gemi, kiriş yapımı gibi farklı amaçlar için kullanılabilirliğini ifade edilmiştir.

Yapılan bir araştırmada, parmak birleştirme uygulanmış ladin odunu örnekleri (*Piceamariana* Mil.) farklı sıcaklık derecelerinde ve rutubet miktarlarında çekme direnci uygulanmış. Çalışmada polimer emülsiyonlu poliüretan (PEP) ve fenol-resorsin formaldehit (PFR) tutkalları kullanılmıştır. Farklı rutubet miktarlarında (% 12, % 16, % 20 ve % 28 üstü) ve çeşitli sıcaklıklarda (-5 °C, 5 °C, 12 °C ve 20 °C) parmak birleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Deneysel örnekleri odta sıcaklığında 24 saat bekletildikten sonra çekme testi uygulanmıştır. Sonuç olarak PFR tutkalının PEP tutkalına göre daha iyi yapıştığı ve PFR için en ideal rutubet miktarının %16 olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca PEP tutkalı için en uygun rutubet miktarının %12-16 arasında ve en iyi sıcaklık değerleri ise 5-20 °C arasında olduğu belirtilmiştir (St-Pierre et al. 2005).

River ve Arnold (1991) masif panellerde lataların baş kısımlarında oluşan açılmalar üzerine rutubetin etkisini araştırmışlardır. Bu açılmalara ağaç türü, tutkal viskozitesi ve presleme basıncının yanında rutubetinde etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Ağacın rutubet miktarındaki küçük değişimler bile bu kusurda etkili olup, iyi takip edilmesi gerektiği bildirilmiştir. %1 'lik rutubet değişimlerin üç farklı ağaç türünde (meşe, kızılğaç, sarıçam) meydana getirdiği ölçü değişiklikleri en çok sarıçamda, sonra kızılğaç ve meşe ağacında görülmüştür.

## **1.6. AMAÇ VE KAPSAM**

Son yıllarda tutkallama tekniği ile beraber gelişen ve hemen her kullanım yeri için uygulama alanı sahip laminasyon teknolojisi, masif ağaç malzemenin rasyonel kullanımını sağlamaktadır. Laminasyon teknolojisi, masif oduna göre daha stabil, kusursuz ve estetik bir görünüme sahip masif panel levhalarının üretimini de uygulama alanına katarak büyümektedir (Dilik, 2005). Ülkemizde son yıllardaki tesisleşme süreci ve artan masif panel üretimi baz alındığında masif panel ile ilgili yeterince akademik ve literatür çalışmalarının olmadığı görülmektedir. Bu çalışmada; masif panel taslaklarının kesiş yönleri standart üretim baz alınarak, teğet, radyal ve standart (karışık veya teğet-radyal) panel üretim yapılmıştır. Üretimde dört farklı yapraklı ağaç (kayın, meşe, iroko ve sapelli) kullanılmıştır. Bu tez çalışmasında, radyal ve teğet yönde hazırlanmış masif paneller ile standart (karışık veya teğet-radyal) masif panellerin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri tespit edilmiştir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. MATERYAL

#### 2.1.1. Masif Panel

Masif panel üretiminde dört farklı yapraklı ağaç türü (kayın, meşe, iroko ve sapelli) kullanılmıştır. Levha üretimleri Düzce'de faaliyet gösteren ARIN ORMAN ÜRÜNLERİ A.Ş.'de gerçekleştirilmiştir. Üç farklı (teğet, radyal ve standart) kesiş yönü kullanılarak 12 adet masif panel levha üretilmiştir. Taslaklar boyuna yönde parmak birleştirme, eni yönde ise düz birleştirme yöntemleri kullanılarak masif paneller levhalar üretilmiştir. Tüm levhalar fabrikadan birinci sınıf (A kalite) olarak temin edilmiştir.

#### 2.1.2. Tutkal

Polivinil asetat tutkalı (PVA), su ve sirke asidinin, kömür ve kireç ile polimerizasyonu sonucu üretilmektedir. Kireç karışımı ve kok kömürü fırınlanarak karpit ( $CaC_2$ ) elde edilir. Isıtılmış karpitin üstüne su serpilerek, asetilen gazı ( $C_2H_2$ ) açığa çıkmakta ve asetilen gazı ile sirke asidinin ( $CH_3COOH$ ) birleşmesinden vinilester meydana gelmektedir. Vinilester moleküllerinin polimerleştirilmesi ile de polivinil asetat elde edilir. Polivinil asetat tutkalının, preslenmesi için ideal sıcaklık  $20^{\circ}C$  olması gerekir. Eğer sıcaklık  $10^{\circ}C$  altına inerse tutkal, kireçleşmekte ve özelliğini kaybetmektedir. Tutkaldaki sertleşme, tamamen fizikseldir ve sıcaklık ile sertleşme süresi arasında ters bir bağlantı vardır. Sıcaklık arttığında sertleşme süresi azalmaktadır.  $25^{\circ}C$ deki oda sıcaklığında, minimum presleme süresi, 4 saattir. Sıcak preslemede, maksimum  $80^{\circ}C$  sıcaklık ve 8-10 dakika presleme süresi uygulanmaktadır.  $80^{\circ}C$ 'den daha fazla olan sıcaklıklarda tutkalda çözülme meydana gelmekte ve sertleşmemektedir (Gürtekin ve Oğuz, 2002).  $D_3$  tutkalı, özel PVA bazlı çift komponentli kullanarak yüksek mukavemet gösterebilen bir tutkaldır. Çift ve tek komponentli olarak kullanılma durumu vardır. Çift komponentli olarak kullanıldığında  $D_4$  formu, tek komponentli kullanıldığında ise  $D_3$  formu grubun şartlarına uyar. Ahşap parçaların yapıştırılmasında, her türlü laminat ve kaplamaların ağaç kısmın yapıştırılmasında kullanılır. Suyu mukavemeti olduğu için su buharı ve rutubete dayanıklı doğrama kapı, harici kapı kasaları, pencere, yonga levhaların yapıştırılmasında, merdiven ve ağaç mobilya üretimindeki dekoratif

kağıtların yüzeylere yapıştırılmasında kullanılır. D<sub>3</sub> PVA, D<sub>4</sub> PVA tutkalları yüksek yapışma gücüne ve esnek film yapma özelliğine sahip su bazlı polivinil asetat emülsiyonudur. Uygulanıp kuruduktan sonra şeffaf, esnek ve sağlam bir film tabakası oluştururlar. Yüksek yapışma gücüne sahip oldukları için neme ve suya dayamlı tutkallardır (Özkaya, 2007) Tek başına kullanıldığı zaman D<sub>3</sub>, sertleştirici ile kullanıldığında D<sub>4</sub> normundadır. D<sub>3</sub> ve D<sub>4</sub> tutkallarının değerleri çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. D<sub>3</sub> ve D<sub>4</sub> tutkallarına ait teknik özellikler.

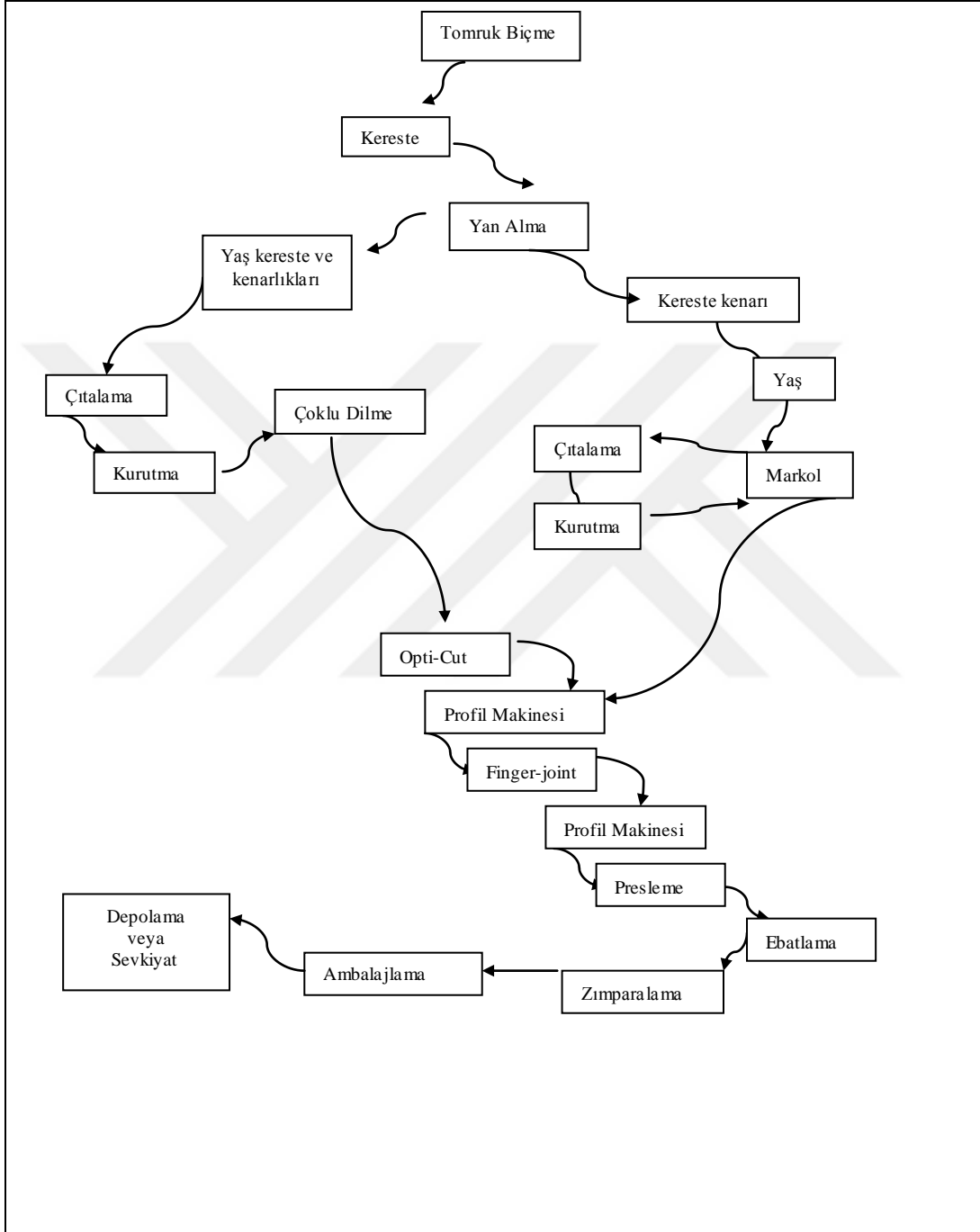
Teknik özellikler	D <sub>3</sub> W91	D <sub>4</sub> W91
pH	2,6 – 3,2	3
Viskozite (mPa.S)	10000 – 14000	3500 – 8000
Yoğunluk ( g/cm <sup>3</sup> )	1,02 – 1,1	
Erime Noktası (°C)	0	
Kaynama Noktası (°C)	100	
Sıcaklık (°C)	20	

## 2.2. YÖNTEM

### 2.2.1. Masif Panel Üretimi

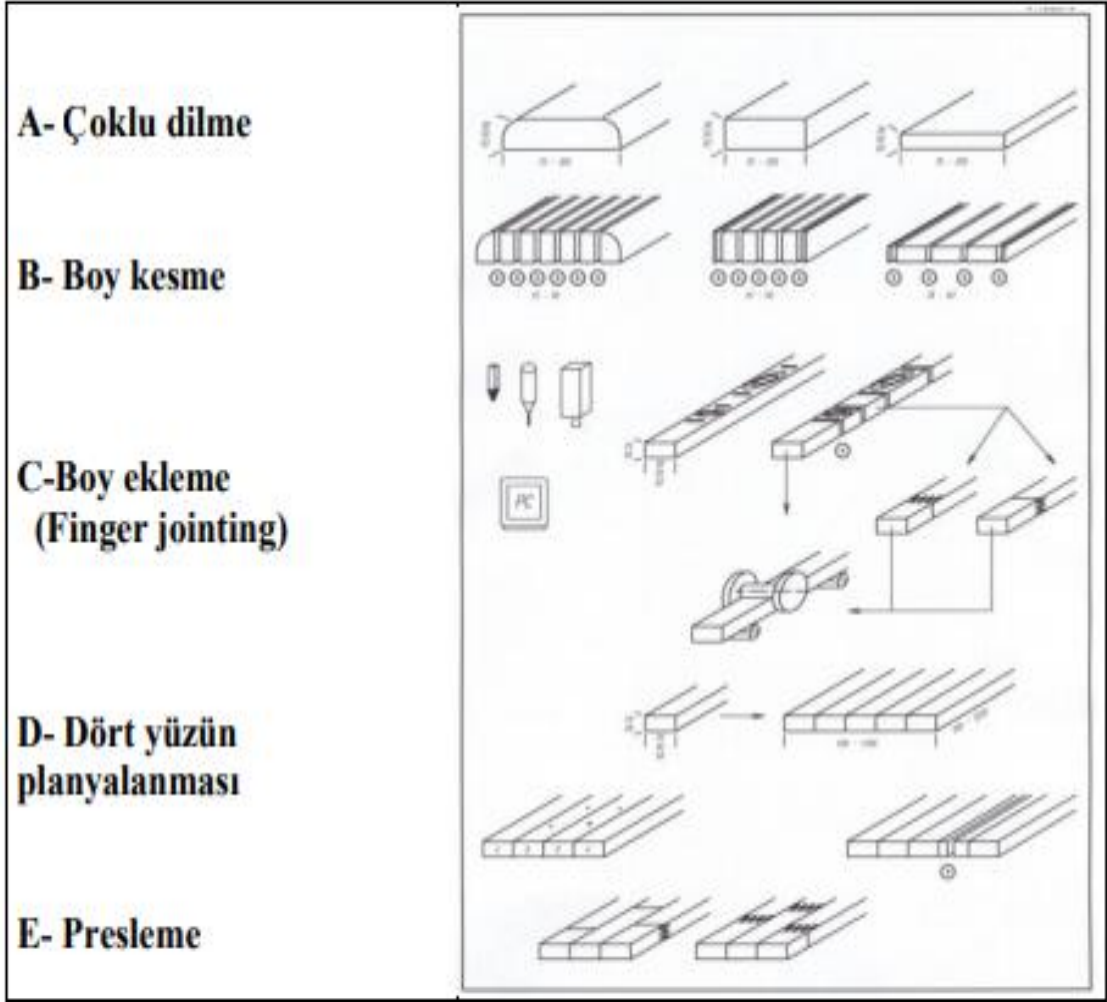
Masif panel taslakları, markol ve çoklu dilme makinelerinde kesilen kapak tahtalarından, kerestelerin sulamalı kısımlarından ve düşük sınıflı kerestelerden üretilmektedir. Taslaklar profil makinelerinde kalınlıkları 17-43 mm, genişlikleri 32-65 mm arasındaki yüzey ölçülerinde elde edilirler. İstenilen ölçülerde hazırlanan taslaklar finger-joint makinesinde parmak birleştirme yapılarak masif panel lataları oluşturulur. Hazırlanan latalar profil makinelerinde kalınlıkları 15-41 mm, genişlikleri 30-61 mm arasındaki yüzey ölçülerinde ayarlanarak, yüzeylerinden tutkal artıkları temizlenir. Hazır olan latalar sıcaklık ve basınç altında panel preste yan yana birleştirilirler. Levha haline gelen paneller 1000 x3650 mm ölçüsünde ebatlanır. Levha üst yüzeyindeki pürüzlü ve boşluklu kısımlar poliüretan macun yardımı ile doldurulur. İşlem bittikten sonra bantlı zımparalama makinelerinde panel yüzeyleri fazla macun ve tutkaldan temizlenerek levha yüzeyleri düzgün bir hale getirilir. Şekil 2.1 ve Şekil 2.2'de (Dilik et

al. 2012) masif panel levhalarına ait üretim iş akışları (tomruk biçme, yan alma, çoklu dilme, markol, opti-cut, profil makinesi, finger-joint, profil makinesi, presleme, ebatlama, zımparalama, ambalajlama, depolama veya sevkiyat) gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Masif panel üretim iş akışı.





Şekil 2.2. Masif panel taslak ve latalarının üretim aşamaları.

Bu çalışmada kullanılan masif paneller ARIN Orman Ürünleri Sanayi Ticaret A.Ş 'de üretilmiştir. Masif panel üretiminde kullanılan makineler ve işlevleri aşağıdaki açıklanmıştır.

#### 2.2.1.1. Markoller

120'lik markol, arabalı şerit testere hattının bir bağlantısıdır. Arabalı şerit testere biçilen tomrukların kapak tahtası artıkları yan alması makinesinde biçilen kerestelerin sulamalı kısımları burada elde edilir. Markol'de biçilecek ağaç malzemenin kalınlıkları 50 cm, genişlik ise 70 cm'yi geçmemesi gerekir. Şekil 2.2'de testere çapı 120 cm olan markol (şerit testere) gösterilmiştir.



Şekil 2.3. 120 cm çapındaki markol (şerit testere) görünümü.

Testere çapı 120 cm ve 80 cm olan markollerin genel özellikleri çizelge 2.3'de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Markol genel özellikleri.

Özellikler	120'lik Markol	80'lik Markol
Testere Boyu	9.2 m	6,3 m
Testere Genişliği	12 cm	5 cm
Kasnak Çapı	120 cm	80 cm
Kasnak Genişliği	15 cm	8 cm

#### 2.2.1.2. Yan Alma Makinesi

Yan alma makinesi arabalı şerit testere hattının bir bölümüdür. Bu makinelerde, arabalı şerit testere de biçilen tomruklardan çıkan keresteler ile kurutulmuş kerestelerin sulamalı kısımları uzaklaştırılır. Şekil 2.4'de yan alma makinesi görülmektedir.



Şekil 2.4. Yan alma makinesi görünümü.

Yan alma makinesinde kesilecek ağaç malzeme en fazla 120 cm genişlikte ve 11 cm kalınlıkta işleme tabi tutulur. Bu makineye ait 4 adet bıçağı bulunmaktadır. Bu bıçaklar arasındaki mesafe en az 10 cm en fazla 75 m olmalıdır.

#### 2.2.1.3. Çoklu Dilme Makinesi

Çoklu dilme makinesinde kullanılacak bıçak türleri kesilecek ağaç malzemenin türüne, genişlik ve kalınlık ölçülerine göre değişmektedir. Şekil 2.5'de çoklu dilme makinesi gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Çoklu dilme makinesi görünümü.

Bu makinede arabalı şerit testerede çıkan kapak tahtalarının artıkları ile düşük sınıflı keresteler kesilerek masif panel lataları elde edilir. Dilme işlemi sonrasında yapılan sınıflandırma işlemi malzemenin kalitesine bağlıdır. Farklı renk tonlarına sahip lataların sınıflandırılması ilk olarak bu aşama yapılmaktadır (Kahveci, 2003)

#### 2.2.1.4. Kurutma Fırınları

Arabalı şerit testere de kesilen tomruklardan çıkan ve %90-100 rutubette olan ağaç malzeme kalınlığına göre kurutma fırınlarında, kurutma işlemine tabi tutulur. Kurutma işlemi sonunda ağaç türüne göre kerestenin rutubeti %10-12'ye kadar düşmektedir. Kurutma esnasında fırın içerisindeki ağaç malzemenin rutubetinin düzenli olarak standart edilmesi amacıyla 2-2,5cm'lik probadı verilen çiviler keresteye çakılır. Kurutma sonunda kerestelerin rutubet içerikleri ve kurutma kalitesi bakımında standart edilmelidirler. Bu keresteler özellikle dış hava ortamına kapalı bir yerde istiflenmelidir. Şekil 2.6'da kurutma fırını gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Boş kurutma fırını görüntüsü.

Klasik kurutma fırınlarında masif panel üretimde kullanılacak iki farklı ahşap malzeme kurutmaktadır. Bunlardan birincisi, kapak tahtalarının markoller de kesilmesi ile elde edilen masif panel taslaklarıdır. Diğer grup ise çoklu dilme makinesinde kesilecek olan düşük kaliteli kerestelerdir.

### 2.2.1.5. Opti-Cut Makinesi (Boylama ve Kusur Giderme)

Opti-cut makinesinde masif panel üretiminde kullanılacak lataların üzerindeki odun kusurlarının belirlenmesi, kusurların uzaklaştırılması ve lataların standartlara göre boy kesimi yapılmaktadır. Opti-cut makinesinde boylanacak ağaç malzeme en fazla 240 mm'lik genişlikte, 14 mm'lik kalınlıkta ve en az 45 cm uzunluğunda olmalıdır. Kalite bakımından 1.sınıf olan malzeme makinede sadece boylama işlemi yapılır. Kalite bakımından 2.sınıf olan malzeme yüzeylerindeki budak, ardak ve çatlak vb. kusurlar bulunduran ağaç malzeme makineye verilmeden önce bu kusurlu kısımlarına yakın yerlerden işaretlenerek yapılır ve boylama işlemi yapılır. Boylama işlemi biten malzemeler boy ölçülerine göre tasnif edilir. Şekil 2.7'de opti-cut makinesi gösterilmiştir.



Şekil 2.7. Opti-Cut Makinesi görünümü.

Opti-cut makinesi, düşük sınıflı kuru kerestelerin çoklu dilme makinesinde biçilmesiyle elde edilen masif panel latalarının boylandığı bölümdür. Masif panel latalarında bulunan budak, çatlak ardak vb. odun kusurları bu makinede kesilir. Makineye verilecek latalar 15-110 cm uzunluk ölçülerinde 10 cm'lik artan boylarda (25, 35, 45 cm vb.) kesilerek masif panel taslakları haline alırlar. Kesilme işlemleri biten masif panel taslakları, paletler halinde istif yapılarak profil makinesine iletilir.

### 2.2.1.6. Finger-Joint Makinesi (Parmak Birleştirme)

Finger-joint makinesinde masif panel taslaklarının uç kısımlarına dişler açılarak taslakları PVA<sub>c</sub> tutkal yardımıyla uç uca birleştirme işlemi uygulanır. Masif panel üretimi için bu makineye verilecek malzemenin kendi aralarında renk uyumu olmasına dikkat edilmelidir. Masif panel taslakları kalınlığı 16-45 mm, genişliği 36-180 mm ve uzunluğu 150-1100 mm arasında değişmektedir. Uç uca boy birleştirme işleminde lataların dayanıklılığı için taslakların uzun-kısa yöntemi ile makineye verilmesine özen gösterilmelidir. Boy birleştirme işleminde makineye verilecek malzemeler kalite bakımından üç sınıfa ayrılır.

1.sınıf: Malzeme yüzeyi temizdir ve düzgün tekstüre sahiptir. Herhangi bir şekilde ardak, budak, renk bozukluğu, çatlak ve termit izi bulunmamaktadır.

2.sınıf: Malzeme yüzeyinde az miktarda ardak ve budak bulunabilir. Malzeme düzgün bir tekstüre sahip değildir.

3.sınıf: Malzeme yüzeyinde az miktar yüzeysel çatlaklar ve termit izi bulunabilir.

Şekil 2.8'de parmak birleştirme makinesi gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Finger-joint makinesi görünümü.

### 2.2.1.7. Profil Makineleri

Profil makineleri genel olarak 23-30 cm genişliğinde ve 17-20 kalınlığında malzeme verilebilir. Makine kullanım hızı ağaç türüne ve ağaç malzemenin yüzey düzgünlüğüne bağlı olarak 20-30 m/dk arasındadır. Profil makinelerinde, masif panel latalarının ve taslaklarının kalınlık ve genişlikleri standartlara uygun ölçülere getirilmektedir. Şekil 2.9'da profil makinesi gösterilmiştir.



Şekil 2.9. Profil Makinesi görünümü.

Masif panel üretiminde profil makinesi üç farklı aşamada yer almaktadır. Bunlar markoller de kesilip ve kurutulan taslakların yüzeylerinin düzleştirilmesi, opti-cut makinesinde boylanan ve kusurları giderilen taslakların yüzeylerinin düzleştirilmesi ve parmak birleştirme makinesinde uç uca boy birleştirilmesi yapılan masif panel latalarının yüzeylerindeki tutkal artıklarının temizlenmesi gibi aşamaları kapsamaktadır.

### 2.2.1.8. Masif Panel Presi

Masif panel lataları sıcaklık ve basınç altında tutkal yardımıyla yan yana birleştirilerek masif panel levhaları haline alırlar. Profil makinelerinden gelen latalar prestan önce tasnif edilir ve latalar arasında renk uyumu aranır. Ağaç türüne göre kullanılan tutkal çeşidi değişiklik gösterir. Yumuşak ağaçlar için PVA-D<sub>3</sub> tutkalı, sert ağaçlar için PVA-D<sub>4</sub> tutkalı kullanılır. Tutkal tüketimi metre kareye 72 g olarak uygulanmakta olup lata kalınlığına göre bu miktar değişmektedir. Gelen lataların kalınlığı panel üretimini etkilemektedir. Panel sayısı ve pres süresi, levha kalınlığına göre değişiklik gösterir. İnce

malzemede (18-24 mm) yaklaşık olarak 10-12 dakika arasında presleme işlemi gerçekleşir. Kalın malzemede ise (30-40 mm) yaklaşık olarak 14-18 dakika arasında preslenir. Panel presleme sıcaklığı ortalama 130<sup>0</sup> C ve pres basıncı 150-180 bar'dır. Şekil 2.10'da masif panel pres makinesi gösterilmiştir.



Şekil 2.10. Masif panel pres görünümü.

#### 2.2.1.9. Ebatlama ve Yüzey İşlemleri

Presten çıkan paneller genişlik ve boyları standartta belirtilen ölçülere göre kesilir. Ebatlama işlemi sonrasında panel üzerindeki yüz çatlakları poliüretan macun ile doldurulur. Bir panelin ebatlama ve yüzey işlemleri ortalama 60-90 sn arasında gerçekleşmektedir.

#### 2.2.1.10. Zımpara Makinesi

Ebatlama ve yüzey işlemleri biten masif panel levhaları zımpara makinesine verilerek istenilen ölçüdeki kalınlığa indirilir. Makine türüne göre zımparalama işlemi masif panelin bir yüzünde veya iki yüzünde gerçekleştirilebilir. Zımparalama işleminde panel levhasının kalınlığında 4-5 mikron azalma meydana gelmektedir. Zımpara kağıtları 20-30 adet masif panel levhasının yüzeylerini zımparalayabilirler. Zımparalama işlemi biten masif paneller aşağıdaki şekilde sınıflandırılmaktadırlar.

AA: Budak, ardak, öz veya diri odun, yüzey çatlaklarını her iki yüzeyde de içermeyen, düzgün renk dağılımı ve tekstüre sahip paneller,



OA: Levha yüzeyinde yüzeysel çatlak, ardak, öz veya diri odun içermeyen, budaklar ufak yada az sayıda veya olmayacak, düzensiz renk dağılımı ve düzgün tekstüre sahip olan paneller,

OB: Kullanılacak yüzeyde ardak, öz veya diri odun, budak ( $x < 16-25$  mm çap) içeren, düzensiz renk dağılımına sahip olan paneller,

BC: Kullanılacak yüzeyde ardak, öz veya diri odun, budak ( $x < 16-25$  mm çap) içeren, tamamıyla düzensiz renk dağılımına sahip olan paneller,

OC: Tamamen ardak, öz odun, diri odun, budak ( $x > 16-25$  mm çap) içeren panellerdir. Zımpara makinesini görünümü şekil 2.11'de gösterilmiştir.



Şekil 2.11. Zımpara makinesi görünümü.

#### 2.2.1.11. *Shirink (ambalaj) Makinesi*

Masif panel levhalar, bir ağaç malzeme ürün olduğu için ortamın sıcaklık ve bağıl nemine bağlı olarak boyutlarında değişiklikler gösterebilirler. Dolayısıyla masif panel levhalar, depolama ve sevkiyat işlemleri sırasında olumsuz ortam şartlarının malzemeyi etkilememesi için ambalajlama işlemine tabi tutulması gerekir. Genellikle tercih edilen yöntem streç film ile kaplamaktır. Ambalajlanan ürünün boyutlarında değişiklikler meydana gelmemesi için istifleme kurallarına uygun olarak depolarda stoklanırlar. Şekil 2.12'de ambalajlama makinesi görülmektedir.



Şekil 2.12. Shirink (ambalaj) makinesi görünümü.

### 2.2.2. Deney Örneklerinin Hazırlanması

Tez çalışmasında kullanılan masif panel levhalarının üretimi Düzce’de bulunan Arın Orman Ürünleri Sanayi Ticaret A.Ş.'de gerçekleştirilmiştir. Levha üretiminde yapraklı ağaçlardan meşe, kayın, iroko ve sapelli kullanılmıştır. Masif panel üretiminde kullanılan taslaklar farklı kesiş yönlerine (teğet, radyal ve standart (teğet-radyal)) göre sınıflandırılmıştır. Tez çalışmasında deneylerde kullanılmak üzere 18x1000x3650 mm boyutlarında toplam 12 adet panel levhası üretilmiştir.

Deney örnekleri Varollar A.Ş.'nin mobilya atölyesinde hizmet alımı yapılarak standartların belirttiği ölçülerde hazırlanmıştır. Deney örnekleri alınırken budak ve çatlak bulunmaması gibi deney sonuçlarını etkileyecek durumlar dikkate alınmıştır. Deney örnekleri iklimlendirme odasında  $20\pm 2$  °C sıcaklık ve %  $65\pm 5$  bağıl nem ortamında bekletilerek rutubetlerinin %  $12\pm 2$  denge rutubetine ulaşmaları sağlanmıştır. Bu tez çalışmasında belirlenen fiziksel ve mekanik özellikler Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Odun Mekaniği ve Teknolojisi laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

### 2.2.3. Fiziksel Özellikler

#### 2.2.3.1. Denge Rutubet Miktarı (DRM)

Deneme levhalarının denge rutubet miktarı TS EN 322 (1999) standardına uygun olarak belirlenmiştir. Denge rutubet değerlerinin belirlenmesinde her bir deney grubu için 10 ar

adet test örneği kullanılmıştır. Bunun için 18x50x50 mm boyutlarında hazırlanan deney örnekleri kullanılmıştır. Deney örneklerinin tam kuru ağırlıkları belirlendikten sonra, 20±2°C sıcaklık ve %65±5 bağıl nem şartlarındaki iklimlendirme odasına yerleştirilmiştir. Deney örneklerinin ağırlıkları denge rutubet miktarına yani ağırlıkları değişmez hale gelinceye kadar sürekli ölçümler yapılarak, DRM değerleri tespit edilmiştir. DRM değerleri aşağıdaki formül yardımı ile belirlenmiştir.

$$DRM = \frac{A_r - A_0}{A_0} \times 100 \quad (2.1)$$

Eşitlikte;

DRM: Denge rutubeti miktarı (%),

A<sub>r</sub>: 20±2°C sıcaklık ve %65±5'te değişmeyen rutubetli ağırlık (g),

A<sub>0</sub>: Tam kuru ağırlık (g) değerini ifade etmektedir.

#### 2.2.3.2. Hava Kurusu Yoğunluk

Tez çalışmasında, yoğunluk değerinin belirlenmesi için hava kurusu yoğunluk değeri esas alınmıştır. Yoğunluk değerlerinin belirlenmesinde her bir deney grubu için onlar adet test örneği kullanılmıştır. Bunun için 18x50x50 mm boyutlarında hazırlanan deney örnekleri kullanılmıştır. Yoğun değerleri masif panel levhalarının fiziksel, mekanik ve teknolojik özelliklerini etkileyen en önemli özellik olup, TS EN 323 (1999)'de belirtilen esaslara uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Hava kurusu yoğunluk değerleri,

$$d = \frac{M_{12}}{a \times b \times h} \quad (2.2)$$

eşitliğinden faydalanılarak hesaplanmıştır. Burada;

d: Hava kurusu yoğunluk değeri (g/cm<sup>3</sup>),

M<sub>12</sub>: Hava kurusu ağırlık (g),

a: Örnek uzunluğu (cm),

b: Örnek genişliği (cm),

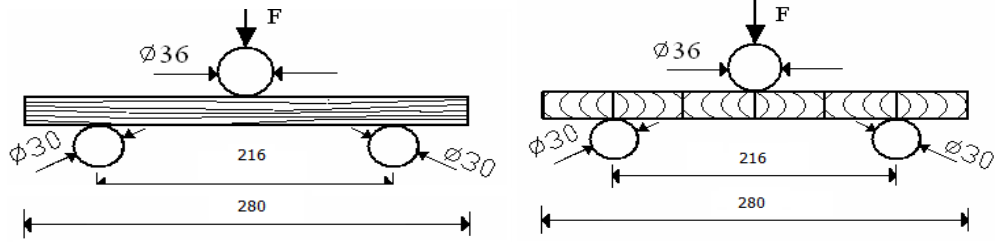
h: Örnek kalınlığıdır (cm).

#### 2.2.4. Mekanik Özellikler

##### 2.2.4.1. Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastikiyet Modülü

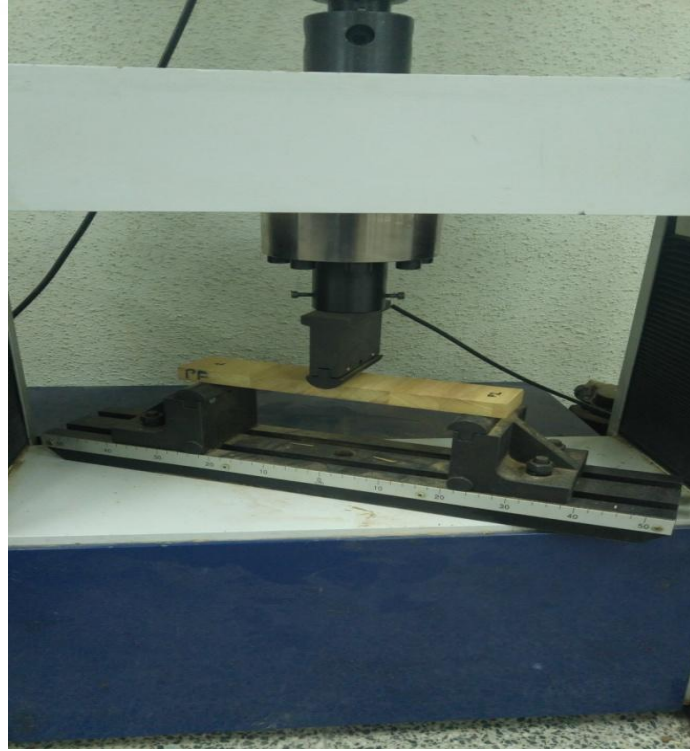
Liflere dik ve liflere paralel yönde eğilme deneyi uygulanacak örnekler, iklimlendirme odasında 20±2 °C sıcaklık ve %65 ± 5 bağıl nem ortamında %12 ± 2 denge rutubet

miktarına getirilmiştir (TS 642 ISO 554, 1997). Deney örneklerinin en kesit boyutları 0,01 mm hassasiyetli kumpas ile ölçülmüştür. Şekil 2.13'te (Özkaya, 2007). Eğilme testine ait deney düzeneği verilmiştir. Deney örnekleri liflere dik ve liflere paralel yönde eğilme deneyi için Universal test makinesine yerleştirilerek(Şekil 2.14) TS 11971 (2010)'e göre testler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.13. Eğilme deneyi deney düzeneği (ölçüler mm'dir), (a) liflere dik yönde eğilme deneyi, (b) liflere paralel yönde eğilme deneyi.

Eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerlerinde her bir deney grubu için 15 adet test örneği kullanılmıştır. Deney örnekleri, 18x50x280 mm ölçüsünde hazırlanmıştır. Liflere paralel ve liflere dik eğilme ve elastikiyet örneklerine uygulanan kuvvet tam orta noktasına denk gelecek şekilde yükleme yapılmıştır.



Şekil 2.14. Masif panel levhalarına ait eğilme ve elastikiyet modülü deneyi görüntüsü.

Dayanak noktaları arasındaki mesafe 216 mm (12h) olarak belirlenmiş ve kuvvet dayanak noktalarının tam ortasından tutkal hattına dik olarak üzerinden  $3 \times 10^{-3}$  hmm/saniye hızla uygulanmıştır. Eğilme direnci ve elastikiyet modülünün belirlenmesinde UTEST marka beş tonluk bilgisayar kontrollü üniversal test cihazı kullanılmıştır. Eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri aşağıdaki formüller yardımıyla hesaplanmıştır.

Eğilme direnci;

$$\delta_E = \frac{3 \times P_{max} \times L_s}{2 \times b \times h^2} \quad (2.3)$$

Burada;

$\delta_E$ : Eğilme direnci (N/mm<sup>2</sup>),

$P_{max}$ : Kırılma anında ölçülen en büyük kuvvet (N)

$L_s$ : Dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm),

$b$ : Deney örneğinin genişlik (mm),

$h$ : Deney örneğinin kalınlığı (mm)

Deney sonrasında bütün deney örneklerinin rutubeti, kırılma gerçekleşen yerlerden 18x50x50 mm ölçülerinde kesilerek belirlenmiştir. Rutubetleri % 12'den farklı bulunan örneklerin eğilme direnci değerleri aşağıdaki formül yardımı ile aynı rutubetteki eğilme direnci değerlerine dönüştürülmüştür.

$$\delta_{E12} = \delta_{Em} \times [1 + 0,04 (m_2 - 12)] \quad (2.4)$$

Burada;

$\delta_{E12}$  : % 12 rutubetteki eğilme direnci (N/mm<sup>2</sup>)

$\delta_{Em}$ : % m rutubetteki eğilme direnci (N/mm<sup>2</sup>)

$m_2$ : Deney anındaki örnek rutubeti (%)

Eğilmede elastikiyet modülü ise;

$$E = \frac{(\Delta P \times L_s^3)}{(4 \times f \times b \times h^3)} \quad (2.5)$$

Burada;

E: Elastikiyet modülü(N/mm<sup>2</sup>)

ΔP: Elastik bölgedeki kuvvet (N)

L<sub>s</sub>: Dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm)

b: Örnek genişliği (mm)

h: Örnek kalınlığı (mm)

f: Eğilme miktarı (mm)

Deney sonrasında bütün deney örneklerinin rutubeti kırılma gerçekleşen yerlerden 18x50x50 mm ölçülerinde kesilerek belirlenmiştir. Rutubetleri %12'den farklı bulunan örneklerin elastikiyet modülü değerleri aşağıdaki formül yardımı ile aynı rutubetteki elastikiyet modülü değerlerine dönüştürülmüştür.

$$E_{12} = E_m * [ 1 + 0,02 (m_2 - 12) ] \quad (2.6)$$

Burada;

E<sub>12</sub> : % 12 rutubetteki elastikiyet modülü(N/mm<sup>2</sup>)

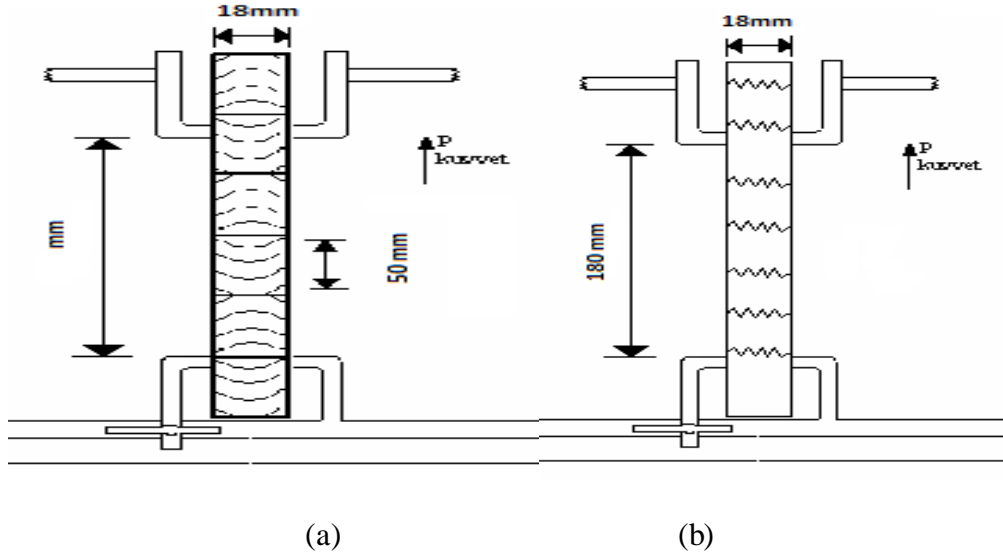
E<sub>m</sub> : % m rutubetteki elastikiyet modülü (N/mm<sup>2</sup>)

m<sub>2</sub>: Deney anındaki örnek rutubeti(%)

#### 2.2.4.2.Çekme Direnci

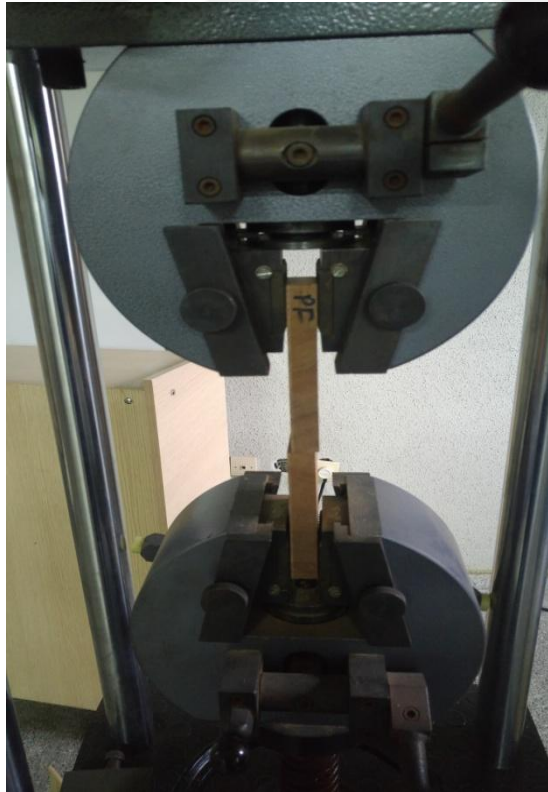
Liflere dik ve liflere paralel yönde eğilme deneyi uygulanacak örnekler, iklimlendirme odasında 20±2 °C sıcaklık ve %65 ± 5 bağıl nem ortamında %12 ± 2 denge rutubet miktarına getirilmiştir (TS 642 ISO 554, 1997).Deney örneklerinin en kesit boyutları 0,01 mm hassasiyetli kumpas ile ölçülmüştür. Şekil 2.15'te (Özkaya, 2007) çekme testine ait deney düzeneği verilmiştir.

Deney örnekleri liflere dik ve liflere paralel yönde çekme deneyi için Universal test makinesine yerleştirilerek (Şekil 2.16) TS 11971 (2010)'e göre testler gerçekleştirilmiştir. Deney örneği, üniversal test cihazının çekme çeneleri arasında bağlanmıştır. Bağlama esnasında makine çeneleri arasında deney örneği genişliği 220 mm (12h) olarak bırakılmıştır. Çekme direncinde her bir deney grubu için 15 adet test örneği kullanılmıştır.Liflere paralel çekme deney örneklerinin boyutları 18x20x280 mm olarak, liflere dik yönde çekme deneyi örnekleri için 18x50x280 mm olarak hazırlanmıştır.



Şekil 2.15. Çekme deneyi deney düzeneği (ölçüler mm'dir), (a) liflere dik yönde çekme deneyi, (b) liflere paralel yönde çekme deneyi.

Çekme yüklemesi  $5 \times 10^{-5}$  h mm/saniye hızla uygulanarak deney örneğinin kırıldığı andaki maksimum kuvvet, test cihazının bağlı olduğu bilgisayar ekranında program üzerinden okunarak, liflere dike ve liflere paralel yönde çekme direnci aşağıdaki formüle göre belirlenmiştir.



Şekil 2.16. Çekme deneyi görünümü.

$$\delta_{\zeta} = \frac{P_{\max}}{A} \quad (2.7)$$

Burada;

$\sigma_{\zeta}$ : Çekme direnci (N/mm<sup>2</sup>)

P<sub>max</sub>: Kopma anındaki ölçülen en büyük kuvvet (N)

A: Yapışma yüzeyi alanı (mm<sup>2</sup>)

Deney sonrasında bütün deney örneklerin rutubeti deney sonrasında kırılma gerçekleşen yerlerden test örnekleri kesilerek belirlenmiştir. Rutubetleri %12'den farklı bulunan örneklerin çekme direnci değerleri aşağıdaki formül ile %12 rutubetteki çekme direnci değerlerine dönüştürülmüştür.

$$\delta_{\zeta 12} = \delta_{\zeta m} \times [ 1 + 0,025 (M_2 - 12) ] \quad (2.8)$$

Burada;

$\sigma_{\zeta 12}$ : Çekme direnci (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_{\zeta m}$ : % m rutubetteki çekme direnci (N/mm<sup>2</sup>)

M<sub>2</sub>:Deney anındaki örnek rutubeti (%)

#### 2.2.4.3. Şok Direnci

Ağaç malzemenin ani tesir eden kuvvetlere karşı koyma gücüdür. Spor aletleri, ambalaj sandıkları, taşıt araçları, makineler, köprüler, merdivenler ve kulelerde kullanılan ağaç malzemeler şok şeklindeki dinamik yükler etkisinde kalırlar. Bu gibi kuvvetlere karşı direnci yüksek olan dişbudak gibi odunların kırılma yüzeyleri kıymıklı olup şok etkisine direnci düşük olan gevrek odunlarda ise kırılma kesitleri düz veya kısa kıymıklıdır. Ağaç malzemenin şok direnci TS2477 esaslarına uyularak pandüllü çekiç aleti ile yapılmıştır. Şok direncinde her bir deney grubu için 15 adet test örneği kullanılmıştır. Deney mesnet açıklığı, test örneği kalınlığının 12 katı olarak belirlenmiştir. Örnekler, 18x20x250 mm ölçülerinde hazırlanmıştır. Şok direnci deney görünümü Şekil 2.17'de gösterilmiştir.





Şekil 2.17. Şok direnci deney görüntüsü.

$$\delta_{\text{ş}} = \frac{w}{b \times h} \quad (2.9)$$

Burada;

$\sigma_{\text{ş}}$ : Şok direnci (kgm/cm<sup>2</sup>),

b: Deney örneğinin eni (cm),

h: Deney örneğinin yüksekliği (cm)

w: Kırılma anında harcanan iş (kgm)

Deney sonrasında bütün deney örneklerin rutubeti deney sonrasında kırılma gerçekleşen yerlerden 18x20x50 mm ölçülerinde kesilerek belirlenmiştir. Rutubetleri %12'den farklı bulunan örneklerin şok direnci değerleri aşağıdaki formül ile %12 rutubetteki şok direnci değerlerine dönüştürülmüştür.

$$\delta_{\text{ş}12} = \delta_{\text{ş}m} * [1 + 0,025 (M_2 - 12)] \quad (2.10)$$

Burada;

$\delta_{\text{ş}(12)}$ : %12 rutubetteki şok direnci (kgm/cm)

$\delta_{\text{ş}m}$ : % m rutubetindeki şok direnci (kgm/cm)

$M_2$ : Deney anındaki örnek rutubeti (%)

#### 2.2.4.4. Brinell Sertlik Değeri

Ağaç malzemenin, içerisine girmeye çalışan daha sert cisme karşı koyma gücü olup belirli amaç için teknik bakımından kullanılabilirliği ve işlenme kabiliyeti ile ilgilidir. Sertlik yavaş yavaş artan bir basınç ile odun içerisine giren sert bir cisme karşı koyma (statik sertlik) olarak ifade edilmektedir. Statik sertlik: G.Janka, J.R.Brinell-E.Mreath, M.Krippel, Chalais-Meudon, H.Hoeffgen, H.Mayer-Vegenin metotları ile belirlenmektedir. Bu tez çalışmasında ağaç malzemenin sertliği Brinell-sertlik metoduna göre TS 2479 standarttı kullanılarak tespit edilmiştir. Sert değerinde her bir deney grubu için on adet test rneği kullanılmıştır. Örnekler 18x50x50 mm ölçülerinde hazırlanmıştır. Brinell sertlik deneyi görünümü şekil 2.18'de gösterilmiştir. Bu test iki tonluk niversal test makinesinde gerçekleştirilmiştir.



şekil 2.18. Brinell sertlik deney görünümü.

$$H_B = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (2.11)$$

Burada;

$H_B$ : Brinell sertlik ( $N/mm^2$ )

P:Çelik kürenin uyguladığı kuvvet (N)

D:Brinell küresi çapı (mm)

d: Kürenin ağaç örneğinde açtığı çukur çapı (mm)

$$H_{B12} = H_{BM} * [ 1 + 0,025 (M_2 - 12)] \quad (2.12)$$

Burada ;

$H_{B12}$ :% 12 rutubetteki sertlik direnci ( $N/mm^2$ )

$H_B$ : % m rutubetindeki sertlik direnci ( $N/mm^2$ )

$M_2$ : Deney anındaki örnek rutubeti(%)

### **2.2.5. İstatistiksel Yöntemler**

Deneysel çalışmalar sonunda elde edilen verilerin değerlendirilmesinde SPSS 16 istatistik paket programı kullanılmıştır. Çalışma kapsamında ağaç türü ve levha kesiş yönü faktörleri kendi içinde ve birbirleriyle istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Fiziksel özelliklerin (Denge rutubet miktarı ve yoğunluk) belirlenmesinde her bir faktör için Basit Varyans Analizi (BVA), mekanik özelliklerinin (eğilme direnci, elastikiyet modülü, çekme direnci, şok direnci ve Brinell sertlik değeri) belirlenmesinde Çoklu Varyans Analizi (ÇVA) kullanılmıştır. Varyans analizi sonucunda gruplar arasındaki fark %95 güven düzeyinde önemli bulunması ( $p<0.05$ ) durumunda Duncan testi uygulanmıştır. Böylece farklılıkların hangi gruplardan kaynaklandığı tespit edilmiştir

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1. FİZİKSEL ÖZELLİKLERE AİT BULGULAR

##### 3.1.1. Denge Rutubet Miktarı

Kayın, meşe, iroko ve sapelli kerestelerinden üretilmiş masif panel levhalarının denge rutubet miktarlarına ait ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri ile homojenlik grupları ve örnek sayıları Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Masif panel levhalarına ait denge rutubet miktarları (%).

Ağaç Türü	N	$\chi$	HG	S	Min.	Mak.
Kayın	60	9,81	<i>a</i> *	0,49	9,07	10,58
Meşe	60	10,28	<i>b</i>	0,37	9,41	10,96
İroko	60	9,68	<i>a</i>	0,48	9,01	10,69
Sapelli	60	10,02	<i>b</i>	0,51	9,19	11,42

N: Örnek sayısı,  $\chi$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, S: standart sapma, Min: Minimum değer, Mak: Maksimum değer, \*: sütunda aynı harfler ile gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $p < 0,05$ ).

Masif panel levhalarına ait en yüksek denge rutubet miktarı meşe ile üretilmiş levhalarda, en düşük DRM ise iroko’da bulunmuştur. Sapelli’den üretilmiş levhalara ait denge rutubet miktarı % 10 iken kayın levhalarda ise bu değer % 9,8 olarak tespit edilmiştir. Çağatay ve diğ. (2013) yapmış oldukları çalışmalarında kayın odununun denge rutubeti %8,49 iken meşe odununun ise %8,61 olduğunu ifade etmişlerdir. Yine, Bal ve Efe (2016) masif kayın odunlarının denge rutubet miktarlarının %11,13 olduğunu belirtmişlerdir. Literatürde yapılan bir çalışmada doğu kayını, sapsız meşe, iroko ve sapelli ağaç türleri için denge rutubet miktarları sırasıyla %7,91, %8,35, %6,56 ve %9,54 olduğu ifade edilmektedir (Danacı, 2010). Kasal ve diğ.(2010) göre doğu kayını, sarıçam ve kavak odunlarından üretilmiş lamine levhalara ait denge rutubet değerlerinin %6,8-8,1 arasında değiştiğini ifade etmişlerdir. Masif panel levhalarının, ağaç türlerine

göre ortalama DRM ait Basit Varyans Analiz (BVA) sonuçları Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Masif panel levhalarının DRM değerlerine ait BVA sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F- Oranı	P-Değeri
Gruplar Arası	18,57	3	6,192	27,83	0,000
Gruplar İçi	52,49	236	0,222		
Toplam	71,06	239			

Basit varyans analiz sonuçlarına göre, masif panel levhalarının ortalama denge rutubet miktarları arasındaki fark %95 güven düzeyinde anlamlı bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Bu farkın hangi gruplar arasında olduğunun belirlenmesi için Duncan testi yapılmıştır (Çizelge 3.1). Yapılan analiz sonuçlarına göre, kayın ve iroko, meşe ve sapelli levha türlerinin kendi aralarındaki ortalama DRM değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark yoktur.

### 3.1.2. Hava Kuru Yoğunluk Değeri

Kayın, meşe, iroko ve sapelli kerestelerinden üretilmiş masif panel levhaların hava kuru yoğunluk değerlerine ait ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri, homojenlik grupları ile örnek sayıları Çizelge 3.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. Masif panel levhalarına ait hava kuru yoğunluk değerleri ( $g/cm^3$ ).

Ağaç Türü	N	$\chi$	HG	S	Min.	Mak.
Kayın	30	0,695	<i>a</i>	0,02	0,660	0,760
Meşe	30	0,682	<i>ab</i>	0,40	0,590	0,740
İroko	30	0,666	<i>b</i>	0,29	0,620	0,740
Sapelli	30	0,645	<i>c</i>	0,30	0,570	0,680

Masif panel levhalarına ait en yüksek hava kuru yoğunluk değeri kayın ( $0,695 g/cm^3$ ) ile üretilmiş levhalarda, en düşük değer ise sapelli ( $0,645 g/cm^3$ ) ile üretilmiş levhalarda olduğu bulunmuştur. Yapılan bir çalışmada kayın odununun hava kuru yoğunluk

değeri  $0,712 \text{ g/cm}^3$  olarak belirlenmiştir (Erdinler, 1999).Bozkurt ve Erdin (1989)'e göre tropik ağaç türlerinin hava kuruşu yoğunluk değeri iroko için  $0,500\text{-}0,690 \text{ g/cm}^3$ , sapelli için ise  $0,650 \text{ g/cm}^3$ olarak ifade edilmiştir. Efe ve Bal (2016) çalışmış oldukları çalışmalarında masif kayın odunu örneklerinin hava kuruşu yoğunluk değerinin  $0,651 \text{ g/cm}^3$  olduğunu ifade etmişlerdir. Literatürde yapılan bir çalışmaya göre doğu kayını, sarıçam ve kavak odunlarından üretilmiş lamine levhalara ait yoğunluk değerlerinin  $0,470\text{-}0,680 \text{ g/cm}^3$  arasında değiştiği belirtilmiştir (Kasal ve diğ., 2010). Yine başka bir çalışmada kayın odununun yoğunluk değeri  $0,690 \text{ g/cm}^3$ , meşe odunu için ise bu değerin  $0,740 \text{ g/cm}^3$  olduğu bulunmuştur (Efe ve Çağatay, 2011). Masif panel levhalarının, ağaç türlerine göre ortalama hava kuruşu yoğunluk değerlerine ait BVA sonuçları Çizelge 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.4. Masif panel levhalarının hava kuruşu yoğunluk değerlerine ait BVA sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F- Oranı	P- Değeri
Gruplar Arası	0,430	3	0,014	13,946	0,000
Gruplar İçi	0,118	116	0,010		
Toplam	0,161	119			

Basit varyans analiz sonuçlarına göre, masif panel levhalarının ortalama yoğunluk değerleri arasındaki fark %95 güven düzeyinde anlamlı bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Bu farkın hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek için Duncan testi yapılmıştır (Çizelge 3.3). Yapılan analiz sonuçlarına göre kayın-meşe, meşe ve iroko levha türlerinin yoğunluk değerleri arasında istatistiksel olarak fark yoktur. Ancak sapelli levha türünün yoğunluk değeri diğer tüm levha gruplardan farklı bulunmuştur.

### 3.2. MEKANİK ÖZELLİKLERE AİT BULGULAR

Mekanik değerler veya özellikler, ağaç malzemenin şekil ve boyutsal değişimlerine, gerilmelerine ve kırılmalarına sebebiyet veren mekanik türden dış kuvvetlere karşı gösterdiği mukavemet derecesidir. Ağaç malzemelerin dış kuvvetlerin etkilerine mukavemet göstermesi kuvvetin büyüklüğüne, yönüne, çeşidine ve zamanına bağlıdır. Ayrıca gösterilen bu mukavemet ağaç malzemenin türüne, yoğunluğuna, anatomik

yapısına, kimyasal bileşimine, yetiştirme yeri koşullarına, rutubet miktarına ve kuvvetin etki ettiğini yön ile lif yönü arasındaki açığa bağlıdır (Bozkurt ve Erdin, 1997). Bu tez çalışması kapsamında masif panel levhalarına ait mekanik özelliklerden, liflere dik ve paralel yönde eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü, çekme direnci ve şok direnci değerleri tespit edilmiştir.

### 3.2.1. Eğilme Direnci

Kayın, meşe, iroko ve sapelli kerestelerinden üretilmiş masif panel levhalarının liflere dik ve paralel yönde eğilme direnci ile tanımlayıcı istatistikler Çizelge 3.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.5. Masif panel levhalarına ait liflere paralel ve liflere dik yönde eğilme direnci değerleri (N/mm<sup>2</sup>).

Değişken		Eğilme Direnci			
		Liflere Paralel Yönde		Liflere Dik Yönde	
Ağaç Türü	Kesim Yönü	$\chi$	S	$\chi$	S
Kayın	Standart	98,16	17,40	11,18	2,32
	Teğet	107,19	19,77	10,29	2,53
	Radyal	98,23	19,62	10,76	2,02
Meşe	Standart	90,40	18,35	10,58	1,38
	Teğet	86,87	13,60	9,54	1,92
	Radyal	79,48	14,91	10,71	2,03
İroko	Standart	85,16	11,05	7,49	1,63
	Teğet	50,18	10,86	7,79	1,47
	Radyal	86,59	11,00	8,16	1,75
Sapelli	Standart	80,62	21,10	8,05	1,97
	Teğet	77,06	21,24	6,43	1,43
	Radyal	85,11	20,83	8,67	1,96

Standart: Masif panel levha fabrikalarında rutin üretilen levhaları ifade etmektedir,  $\chi$ : Aritmetik ortalama, S: standart sapma.

Deney sonuçlarından elde edilen verilere göre; liflere dik ve paralel yönde eğilme direncinde ağaç türü ve kesim yönlerinde farklılıklar görülmüş olup eğilme direnci

değerleri aşağıda ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

### 3.2.1.1. Liflere Paralel Yönde Eğilme Direnci

Kayın, meşe, iroko ve sapelli kerestelerinden üretilmiş masif panel levhalarının liflere paralel yöndeki eğilme direnci değerlerinde farklılığa sebep olan değişkenleri belirlemek amacı ile çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 3.6'da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Liflere paralel yönde eğilme direnci değerlerine ait çoklu varyans analizi sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F- Oranı	P- Değeri
Ağaç Türü (A)	17993	3	5998	20,48	0,000
Kesiş Yönü (B)	2384	2	1192	4,07	0,019
AxB	12601	6	2100	7,17	0,000
Hata	49190	168	293		
Toplam	1395557	180			

Elde edilen sonuçlara göre, ağaç türü faktörü, kesiş yönü faktörü ve ağaç türü x kesiş yönü etkileşiminin liflere paralel yöndeki eğilme direnci değerleri üzerine etkileri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Bu nedenle ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlardan kaynaklandığını belirlemek için Duncan testi yapılmıştır (Çizelge 3.7, Çizelge 3.8 ve Çizelge 3.9).

Kayın, meşe, iroko ve sapelli kerestelerinden üretilmiş masif panel levhalarının liflere paralel yöndeki eğilme direnci değerlerine ait ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri, homojenlik grupları ile örnek sayıları Çizelge 3.7'de gösterilmiştir.

Deney sonuçlarına göre en yüksek liflere paralel yöndeki eğilme direnci teğet yönde kesilmiş kayın masif panellerde ( $107 \text{ N/mm}^2$ ), en düşük liflere paralel yöndeki eğilme direnci teğet yönde kesilmiş iroko masif panellerde ( $50 \text{ N/mm}^2$ ) elde edilmiştir. Meşe, iroko ve sapelli masif panellerinin ortalama liflere paralel yönde eğilme direnci değerleri arasında genel olarak istatistiksel fark yoktur ( $p < 0,05$ ). Ancak teğet yönde üretilmiştir iroko masif panel levhaları diğer tüm gruplardan istatistiksel olarak farklı bulunmuştur.



Çizelge 3.7. Ağaç türü-kesiş yönü düzeyinde liflere paralel yönde eğilme direnci değerleri (N/mm<sup>2</sup>).

Ağaç Türü	Kesiş Yönü	N	$\chi$	HG	S	Min.	Mak.
Kayın	Standart	15	98,16	<i>ab*</i>	17,40	72,02	132,21
	Teğet	15	107,19	<i>a</i>	19,77	69,93	130,99
	Radyal	15	98,23	<i>ab</i>	19,62	66,26	126,25
Meşe	Standart	15	90,40	<i>bc</i>	18,35	66,59	131,90
	Teğet	15	86,87	<i>bc</i>	13,60	61,11	115,74
	Radyal	15	79,48	<i>c</i>	14,91	61,24	109,17
İroko	Standart	15	85,16	<i>bc</i>	11,05	66,62	103,28
	Teğet	15	50,18	<i>d</i>	10,86	29,27	66,25
	Radyal	15	86,59	<i>bc</i>	11,00	69,91	105,76
Sapelli	Standart	15	80,62	<i>c</i>	21,10	49,14	114,76
	Teğet	15	77,06	<i>c</i>	21,24	39,45	101,34
	Radyal	15	85,11	<i>bc</i>	20,83	43,86	111,80

N: Örnek sayısı,  $\chi$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, S: standart sapma, Min: Minimum değer, Mak: Maksimum değer, \* : sütunda aynı harfler ile gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05).

Literatürde kesiş yönünün ağaç malzemenin özellikleri üzerine farklı etkilerinin olduğu bildirilmiştir (Bozkurt ve Göker, 1996; Bozkurt ve Erdin, 1997; Silva et al. 2006; Bal ve Bektaş 2012). Bu durumun en önemli sebebi olarak masif ahşap malzemenin diğer birçok mühendislik materyalinden farklı olarak üç temel yönde farklı özellikler gösteren anizotropik bir malzeme olmasıdır. Ayrıca, ağacın yetişme yeri, toprak özellikleri, ağaç türü, yıllık yağış miktarı gibi birçok faktörün odun oluşumu üzerine etkili olmaktadır (Bozkurt ve Göker, 1996; Bozkurt ve Erdin, 1997; Bal, 2011). Bu nedenle, masif ahşap malzeme üzerinde yapılan fiziksel ve mekanik testler sonucunda farklı yüzeylerde farklı sonuçlar elde edilmektedir (Efe ve Bal, 2016).

Yapılan bir araştırmada ağaç türü-kesim yönü bakımından liflere paralel yönde eğilme direnci en yüksek değeri kayın-teğet örneklerinde 106 N/mm<sup>2</sup>, en düşük liflere paralel yönde eğilme direnci değeri ise göknar-teğet örneklerinde 63 N/mm<sup>2</sup> olarak belirtilmiştir (Özkaya, 2007). Bozkurt ve Erdin (1989)'e göre iroko ağaç türünün liflere

paralel yöndeki eğilme direnci değeri 70-150 N/mm<sup>2</sup>, sapelli ağaç türünün ise ortalama değerinin 114 N/mm<sup>2</sup> olduğu ifade edilmiştir. Literatürde yapılan bir başka çalışmaya göre kayın ağacının liflere paralel yönde eğilme direnci değeri 122,9 N/mm<sup>2</sup>, meşede ise bu değer 118,50 N/mm<sup>2</sup> olduğu tespit edilmiştir (Çağatay ve diğ. 2013). Ağaç türü bakımından liflere paralel yöndeki eğilme direnci değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 3.8'de görülmektedir.

Çizelge 3.8. Ağaç türü düzeyinde liflere paralel yönde eğilme direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları (N/mm<sup>2</sup>).

Ağaç Türü	N	$\chi$	HG	S	Min.	Mak.
Kayın	45	101,19	<i>a</i>	19,014	66,26	132,21
Meşe	45	85,58	<i>b</i>	16,060	61,11	131,90
İroko	45	73,98	<i>c</i>	20,119	29,27	105,76
Sapelli	45	80,93	<i>bc</i>	20,840	39,45	114,76

Elde edilen sonuçlara göre ortalama en yüksek liflere paralel yöndeki eğilme direnci değeri kayın (101 N/mm<sup>2</sup>) masif panellerde tespit edilmiştir. En düşük liflere paralel yöndeki eğilme direnç değeri ise iroko (73 N/mm<sup>2</sup>) masif panel levhalarında bulunmuştur. Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre iroko ve sapelli masif panel levhalarının liflere paralel yöndeki eğilme direnci değerleri arasında fark olmayıp meşe ve kayın masif panellerden % 95 güven düzeyinde farklı bulunmuştur (p<0,05). Meşe ve sapelli masif panel levhalarının liflere paralel yöndeki ortalama eğilme direnci değerleri sırası ile 85,5 ve 80,9 N/mm<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir. Yapılan bir çalışmada masif panel levhalarının liflere paralel yöndeki eğilme direnci, ağaç türü bakımından en yüksek kayın (100 N/mm<sup>2</sup>) türünde ve en düşük değerler ise göknar (65 N/mm<sup>2</sup>) türünde bulunmuştur (Özkaya, 2007). Yapılan bir çalışmada D<sub>4</sub> tutkalıyla lamine edilmiş meşe ve kayın levhalarının lifler paralel yöndeki eğilme direnci değerleri sırası ile 116,6 N/mm<sup>2</sup> ve 136,20 N/mm<sup>2</sup> olarak bildirilmiştir (Perçin, 2012). Efe ve Çağatay (2011)'e göre liflere paralel yöndeki eğilme direnci değerleri bakımından en yüksek kayın (122 N/mm<sup>2</sup>) türünde ve en düşük değerler ise kestane (70 N/mm<sup>2</sup>) türünde olduğu bildirilmiştir. Yapılan bir başka çalışmada, liflere paralel yöndeki eğilme direnci değerleri kayın (112 N/mm<sup>2</sup>) türünde, meşe (88 N/mm<sup>2</sup>) türünde ve kestane (77 N/mm<sup>2</sup>)

türünde elde edilmiştir (As ve diğ. 2001). Kesiş yönü bakımından ortalama liflere paralel yöndeki eğilme direnç değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 3.9'da görülmektedir.

Çizelge 3.9. Kesiş yönü düzeyinde liflere paralel yönde eğilme direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları (N/mm<sup>2</sup>).

Kesiş Yönü	N	$\chi$	HG	S	Min.	Mak.
Standart	60	88,58	<i>a</i>	18,15	49,14	132,21
Teğet	60	80,32	<i>b</i>	26,45	29,27	130,99
Radyal	60	87,35	<i>ab</i>	17,97	43,86	126,25

Elde edilen bulgular sonucunda en yüksek liflere paralel yöndeki ortalama eğilme direnç değeri standart (88 N/mm<sup>2</sup>) üretim yapılan masif panel levhalarında, en düşük değerler ise teğet yüzeyli (80 N/mm<sup>2</sup>) masif levhalarında tespit edilmiştir. Yapılan bir çalışmada masif panel levhalarının kesiş yönü-birleştirme tipi değerlendirilmiş, liflere paralel yönde en yüksek eğilme direnci teğet-dişli (94 N/mm<sup>2</sup>) örneklerinde, en düşük eğilme direnci değerleri teğet-düz (78 N/mm<sup>2</sup>) levhalar da elde edilmiştir (Özkaya, 2007). Kasal ve diğ. (2010) yapmış oldukları çalışmalarında lamine ağaç malzemelerin lifler paralel yönde eğilme direnci değerleri bakımından teğet yüzeyli kayın örneklerinde 82 N/mm<sup>2</sup>, radyal yüzeyli kayın örneklerinde ise 97,6 N/mm<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir. Literatürde liflere paralel yönde eğilme direnci değerleri kullanılan ağaç malzemenin yoğunluk değerleri ile genel olarak doğru orantılı olduğu ifade edilmektedir (Örs ve Keskin, 2001; Özkaya, 2007; Kasal ve diğ. 2010).

### 3.2.1.2. Liflere Dik Yönde Eğilme Direnci

Kayın, meşe, iroko ve sapelli kerestelerinden üretilmiş masif panel levhalarının liflere dik yöndeki eğilme direnci değerlerinde farklılığa sebep olan değişkenleri belirlemek amacı ile çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 3.10'da verilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre, ağaç türü faktörü, kesiş yönü faktörü ve ağaç türü x kesiş yönü etkileşiminin liflere dik yöndeki eğilme direnci değerleri üzerine etkileri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p<0.05). Bu nedenle ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlardan kaynaklandığını belirlemek için Duncan testi yapılmıştır (Çizelge 3.11, Çizelge 3.12 ve Çizelge 3.13).

Çizelge 3.10. Liflere dik yönde eğilme direnci değerlerine ait çoklu varyans analizi sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F- Oranı	P- Değeri
Ağaç Türü (A)	344	3	114,7	31,7	0,000
Kesiş Yönü (B)	37,2	2	18,6	5,1	0,010
AxB	24,8	6	4,13	1,15	0,006
Hata	629	174	3,6		
Toplam	16039	180			

Kayın, meşe, iroko ve sapelli kerestelerinden üretilmiş masif panel levhalarının liflere dik yöndeki eğilme direnci değerlerine ait ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri ile homojenlik grupları ve örnek sayıları Çizelge 3.11’de gösterilmiştir.

Bulgulara göre en yüksek liflere dik yöndeki eğilme direnci standart yönde kesilmiş kayın masif panellerde (11,18 N/mm<sup>2</sup>), en düşük liflere dik yöndeki eğilme direnci teğet yönde kesilmiş sapelli masif panellerde (6,43 N/mm<sup>2</sup>) elde edilmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre kayın ile meşe ve iroko ile sapelli masif panel levhalarının kesim yönleri bakımından standart ve teğet örnekleri arasında istatistiksel olarak fark yoktur. Ancak kayın masif panel levhalarına ait liflere dik yöndeki eğilme direnci değerleri iroko ve sapelli levhalarına göre istatistiksel anlamda %95 güven düzeyinde farklı bulunmuştur. Yapılan bir araştırmada ağaç türü-kesim yönü bakımından liflere dik yönde eğilme direnci en yüksek kayın-radyal örneklerinde 11,15 N/mm<sup>2</sup>, en düşük liflere dik yönde eğilme direnci değeri ise göknar-teğet örneklerinde 3,83 N/mm<sup>2</sup> olarak belirtilmiştir (Özkaya, 2007).

Çizelge 3.11. Ağaç türü-kesiş yönü düzeyinde liflere dik yönde eğilme direnci değerleri (N/mm<sup>2</sup>).

Ağaç Türü	Kesiş Yönü	N	$\chi$	HG	S	Min.	Mak.
Kayın	Standart	15	11,18	<i>a*</i>	2,32	6,72	13,80
	Teğet	15	10,29	<i>ab</i>	2,53	6,13	13,94
	Radyal	15	10,76	<i>ab</i>	2,02	6,08	14,09
Meşe	Standart	15	10,58	<i>ab</i>	1,38	7,40	12,22
	Teğet	15	9,54	<i>bc</i>	1,92	5,11	12,76
	Radyal	15	10,71	<i>cd</i>	2,03	6,60	13,73
İroko	Standart	15	7,49	<i>de</i>	1,63	5,53	10,54
	Teğet	15	7,79	<i>de</i>	1,47	5,43	10,08
	Radyal	15	8,16	<i>cd</i>	1,75	5,57	12,15
Sapelli	Standart	15	8,05	<i>cd</i>	1,97	4,75	11,41
	Teğet	15	6,43	<i>e</i>	1,43	4,19	10,34
	Radyal	15	8,67	<i>cd</i>	1,96	5,56	11,96

N: Örnek sayısı,  $\chi$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, S: standart sapma, Min: En düşük değer, Mak: En yüksek değer, \*: sütunda aynı harfler ile gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05).

Ağaç türü bakımından liflere dik yöndeki eğilme direnci değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 3.12 'de görülmektedir.

Çizelge 3.12. Ağaç türü düzeyinde liflere dik yönde eğilme direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları (N/mm<sup>2</sup>).

Ağaç Türü	N	$\chi$	HG	S	Min.	Mak.
Kayın	45	10,74	<i>a</i>	1,03	6,08	14,09
Meşe	45	10,27	<i>a</i>	1,48	5,11	13,73
İroko	45	7,81	<i>b</i>	0,93	5,43	12,15
Sapelli	45	7,72	<i>b</i>	1,47	4,19	11,96

Elde edilen sonuçlara göre ortalama en yüksek liflere dik yöndeki eğilme direnci değeri kayın (10,74 N/mm<sup>2</sup>) masif panellerde tespit edilmiştir. En düşük liflere dik yöndeki

eğilme direnç değeri ise sapelli (7,72 N/mm<sup>2</sup>) masif panel levhalarında bulunmuştur. Bu durum kayın masif panel levha yoğunluklarının diğer ağaç türlerinden daha yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre kayın ile meşe ve iroko ile sapelli ağaç türlerinin liflere dik yönde eğilme direnci değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark olmadığı tespit edilmiştir (p<0,05). Yapılan bir araştırmada kayın masif panel levhalarının liflere dik yöndeki eğilme direnci değeri 10,51 N/mm<sup>2</sup> olduğu ifade edilmiştir (Özkaya, 2007). Bu sonuçlar, tez çalışmasında elde edilen veriler ile uyumlu olduğu görülmüştür. Kesiş yönü bakımın liflere dik yöndeki eğilme direnci değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 3.13'te görülmektedir.

Çizelge 3.13. Kesiş yönü düzeyinde liflere dik yönde eğilme direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları (N/mm<sup>2</sup>).

Kesiş Yönü	N	X	HG	S	Min.	Mak.
Standart	60	9,33	<i>ab</i>	2,41	4,75	13,80
Teğet	60	8,51	<i>b</i>	2,39	4,19	13,94
Radyal	60	9,58	<i>a</i>	2,23	5,56	14,09

Elde edilen bulgular sonucunda en yüksek liflere dik yöndeki ortalama eğilme direnç değeri radyal (9,58 N/mm<sup>2</sup>) ürettiği yapılan masif panel levhalarında, en düşük değerler ise teğet yüzeyli (8,51 N/mm<sup>2</sup>) masif levhalarında tespit edilmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre, liflere dik yöndeki eğilme direnci değerleri bakımında teğet ve radyal yüzeyli levhalar arasında istatistiksel olarak farklı olduğu, ancak standart levha örnekleri ile aralarında bir fark bulunmamıştır (p<0,05).

### 3.2.2. Eğilme de Elastikiyet Modülü

Kayın, meşe, iroko ve sapelli kerestelerinden üretilmiş masif panel levhalarının liflere dik ve paralel yönde elde edilen eğilme de elastikiyet modülü değerleri Çizelge 3.14'te gösterilmiştir.

Deney sonuçlarından elde edilen verilere göre; liflere dik ve paralel yönde eğilme de elastikiyet modülü ağaç türü ve kesiş yönlerinde farklılıklar görülmüş ve elastikiyet modülü değerleri tek tek incelenmiştir.

Çizelge 3.14. Masif panel levhalarına ait liflere paralel ve liflere dik yönde eğilmede elastikiyet modülü değerleri (N/mm<sup>2</sup>).

Değişken		Elastikiyet Modülü			
Ağaç Türü	Kesiş Yönü	Liflere Paralel		Liflere Dik	
		$\chi$	S	$\chi$	S
Kayın	Standart	8700	966	945	73
	Teğet	9288	919	852	70
	Radyal	8673	2251	996	150
Meşe	Standart	7817	1460	1046	155
	Teğet	8416	963	926	108
	Radyal	7276	1235	1267	149
İroko	Standart	7812	799	891	144
	Teğet	6602	827	996	108
	Radyal	7938	925	1011	122
Sapelli	Standart	8141	1484	903	132
	Teğet	7544	873	772	178
	Radyal	8209	876	908	125

### 3.2.2.1. Liflere Paralel Yönde Eğilmede Elastikiyet Modülü

Kayın, meşe, iroko ve sapelli kerestelerinden üretilmiş masif panel levhalarının liflere paralel yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde farklılığa sebep olan değişkenleri belirlemek amacı ile çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 3.15'te verilmiştir.

Çizelge 3.15. Liflere paralel yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait çoklu varyans analizi sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F- Oranı	P- Değeri
Ağaç Türü (A)	50030822	3	5998	20,48	0,000
Kesiş Yönü (B)	774721	2	1192	4,07	0,780
AxB	32997027	6	2100	7,17	0,000
Hata	242676778	1680	293		
Toplam	11946654548	180			

Elde edilen bulgulara göre, kesiş yönü faktörünün liflere paralel yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değerlerine etkisi %95 güven düzeyinde anlamsız bulunmuştur. Ancak ağaç türü faktörü ve ağaç türü x kesiş yönü etkileşiminin liflere paralel yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değerleri üzerine etkileri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Bu nedenle ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlardan kaynaklandığını belirlemek için Duncan testi yapılmıştır (Çizelge 3.16 ve Çizelge 3.17).

Kayın, meşe, iroko ve sapelli kerestelerinden üretilmiş masif panel levhalarının liflere paralel yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri ile homojenlik grupları ve örnek sayıları Çizelge 3.16’te gösterilmiştir.

Çizelge 3.16. Ağaç türü-kesis yönü düzeyinde liflere paralel yönde eğilmede elastikiyet modülü değerleri ( $N/mm^2$ ).

Ağaç Türü	Kesis Yönü	N	$\chi$	HG	S	Min.	Mak.
Kayın	Standart	15	8700	<i>ab</i>	966	7086	10025
	Teğet	15	9288	<i>a</i>	919	7235	10619
	Radyal	15	8673	<i>ab</i>	2251	905	10471
Meşe	Standart	15	7817	<i>bcd</i>	1460	5503	10184
	Teğet	15	8416	<i>abc</i>	963	7176	10398
	Radyal	15	7276	<i>de</i>	1235	4906	9649
İroko	Standart	15	7812	<i>bcd</i>	799	6371	9412
	Teğet	15	6602	<i>e</i>	827	5309	7798
	Radyal	15	7938	<i>bcd</i>	925	6539	9816
Sapelli	Standart	15	8141	<i>bcd</i>	1484	5424	10341
	Teğet	15	7544	<i>cd</i>	873	5989	8678
	Radyal	15	8209	<i>bcd</i>	876	6911	9542

Elde edilen bulgulara göre en yüksek liflere paralel yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değeri, teğet yönde kesilmiş kayın masif panellerde ( $9288 N/mm^2$ ), en düşük liflere paralel yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değeri ise teğet yönde kesilmiş iroko



masif panellerde ( $6602 \text{ N/mm}^2$ ) elde edilmiştir. Tüm ağaç türü masif panel levhalarının standart kesiş yönlerine ait liflere paralel yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değerleri arasında istatistiksel olarak fark yoktur. Ayrıca kayın ve sapelli'den üretilmiş masif panel levhalarının kesiş yönü bakımından liflere paralel yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değerleri kendi aralarında istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır. Bozkurt ve Erdin (1989)'e göre iroko ( $9700\text{-}13500 \text{ N/mm}^2$ ) ve sapelli ( $10000 \text{ N/mm}^2$ ) tropik ağaç türlerinin liflere paralel yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değerleri çalışmada elde edilen değerlerden yüksek bulunmuştur. Yapılan bir araştırmada lamine edilmiş kayın odun örneklerine ait liflere paralel yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değeri  $10046 \text{ N/mm}^2$  olduğu ifa edilmiştir (Kasal ve diğ. 2010). Efe ve Çağatay (2011), çalışmalarında kayın ve meşe türleri için liflere paralel yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değerini sırasıyla  $11059 \text{ N/mm}^2$  ve  $9661 \text{ N/mm}^2$  olarak bulmuşlardır. Ağaç türü bakımından liflere paralel yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 3.17 'de görülmektedir.

Çizelge 3.17. Ağaç türü düzeyinde liflere paralel yönde eğilmede elastikiyet modülü değerine ait Duncan testi sonuçları ( $\text{N/mm}^2$ ).

Ağaç Türü	N	$\chi$	HG	S	Min.	Mak.
Kayın	45	8887	<i>a</i>	1503	905	10619
Meşe	45	7836	<i>b</i>	1296	4906	10398
İroko	45	7450	<i>b</i>	1031	5309	9816
Sapelli	45	7965	<i>b</i>	1131	5424	10341

Elde edilen sonuçlara göre ortalama en yüksek liflere paralel yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değeri kayın ( $8887 \text{ N/mm}^2$ ) masif panellerinde tespit edilmiştir. En düşük liflere paralel yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değeri iroko ( $7450 \text{ N/mm}^2$ ) masif panel levhalarında bulunmuştur. Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre meşe, iroko ve sapelli masif panel levhalarının liflere paralel yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmamaktadır ( $p < 0,05$ ). Ancak kayın masif panel levhalarının liflere paralel yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değeri diğer tüm gruplara göre farklı bulunmuştur.

Bir araştırma çalışmasında  $D_4$  tutkalı kullanılarak lamine edilmiş meşe ve kayın

kompozit malzemelerinin liflere paralel yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değerleri sırasıyla 11820 N/mm<sup>2</sup> ve 12990 N/mm<sup>2</sup> olduğu ifade edilmiştir (Perçin, 2012).

### 3.2.2.2. Liflere Dik Yönde Eğilmede Elastikiyet Modülü

Kayın, meşe, iroko ve sapelli kerestelerinden üretilmiş masif panel levhalarının liflere dik yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde farklılığa sebep olan değişkenleri belirlemek amacı ile çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 3.18'de verilmiştir.

Çizelge 3.18. Liflere dik yönde eğilmede elastikiyet modülüne ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F- Oranı	P- Değeri
Ağaç Türü (A)	1124907	3	374969	22,20	0,000
Kesiş Yönü (B)	774721	2	387361	22,93	0,000
AxB	587164	6	97860	5,794	0,000
Hata	3424742	174	16890		
Toplam	170995481	180			

Elde edilen bulgulara göre, ağaç türü faktörü, kesiş yönü faktörü ve ağaç türü x kesiş yönü etkileşiminin liflere dik yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değerleri üzerine etkileri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Bu nedenle ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlardan kaynaklandığını belirlemek için Duncan testi yapılmıştır (Çizelge 3.19, Çizelge 3.20, ve Çizelge 3.21).

Kayın, meşe, iroko ve sapelli kerestelerinden üretilmiş masif panel levhalarının liflere dik yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri ile homojenlik grupları ve örnek sayıları Çizelge 3.19'de gösterilmiştir.

Elde edilen bulgulara göre en yüksek liflere dik yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değeri radyal yönde kesilmiş meşe masif panellerde (1267 N/mm<sup>2</sup>), en düşük liflere dik yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değeri ise teğet yönde kesilmiş sapelli masif panellerde (772 N/mm<sup>2</sup>) elde edilmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre meşe masif panel levhalarının liflere dik yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değerleri üç kesiş yönü bakımından aralarında istatistiksel olarak fark vardır. Kayın ve sapelli masif panel

levhalarında ise liflere dik yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değeri bakımından aralarında fark yoktur ( $p<0,05$ ).

Çizelge 3.19. Ağaç türü-kesiş yönü düzeyinde liflere dik yönde eğilmede elastikiyet modülü değerleri ( $N/mm^2$ ).

Ağaç Türü	Kesiş Yönü	N	$\chi$	HG	S	Min.	Mak.
Kayın	Standart	15	945	<i>bcd</i>	73	6,72	13,8
	Teğet	15	852	<i>ef</i>	70	6,13	13,94
	Radyal	15	996	<i>bcd</i>	150	6,08	14,09
Meşe	Standart	15	1046	<i>b</i>	155	7,4	12,22
	Teğet	15	926	<i>cde</i>	108	5,11	12,76
	Radyal	15	1267	<i>a</i>	149	6,6	13,73
İroko	Standart	15	891	<i>de</i>	144	5,53	10,54
	Teğet	15	996	<i>bcd</i>	108	5,43	10,08
	Radyal	15	1011	<i>bc</i>	122	5,57	12,15
Sapelli	Standart	15	903	<i>de</i>	132	4,75	11,41
	Teğet	15	772	<i>f</i>	178	4,19	10,34
	Radyal	15	908	<i>dce</i>	125	5,56	11,96

Ağaç türü bakımından liflere dik yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 3.20 'de görülmektedir.

Çizelge 3.20. Ağaç türü düzeyinde liflere dik yönde eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait Duncan testi sonuçları ( $N/mm^2$ ).

Ağaç Türü	N	$\chi$	HG	S	Min.	Mak.
Kayın	45	931	<i>b</i>	118	726	1277
Meşe	45	1080	<i>a</i>	197	769	1515
İroko	45	966	<i>b</i>	134	667	1241
Sapelli	45	861	<i>c</i>	157	493	1182

Elde edilen sonuçlara göre en yüksek liflere paralel yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değeri meşe (1080 N/mm<sup>2</sup>) masif panel levhalarında tespit edilmiştir. En düşük liflere paralel yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değeri ise Sapelli (861 N/mm<sup>2</sup>) masif panel levhasında bulunmuştur. Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre liflere dik yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değerleri bakımından kayın ve iroko masif panel levhaları arasında istatistiksel olarak fark olmayıp, bu iki levha türü diğer levha gruplarından farklı bulunmuştur. Kesiş yönü bakımından eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 3.21 'de görülmektedir.

Çizelge 3.21. Kesiş yönü düzeyinde liflere dik yönde eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait Duncan testi sonuçları (N/mm<sup>2</sup>).

Kesiş Yönü	N	$\chi$	HG	S	Min.	Mak.
Standart	60	946	<i>b</i>	141	667	1327
Teğet	60	887	<i>c</i>	146	493	1205
Radyal	60	1046	<i>a</i>	190	736	1515

Elde edilen bulgulara göre en yüksek liflere paralel yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değeri radyal (1046 N/mm<sup>2</sup>) masif panel levhalarında görülmüştür. En düşük liflere paralel yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değeri ise teğet (887 N/mm<sup>2</sup>) masif panel levhasında tespit edilmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre, liflere dik yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değerleri bakımından bütün gruplar istatistiksel olarak birbirinden farklı bulunmuştur ( $p < 0,05$ ).

### 3.2.3. Çekme Direnci

Kayın, meşe, iroko ve sapelli kerestelerinden üretilmiş masif panel levhalarının liflere paralel ve dik yöndeki çekme direnci değerlerine ait ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri ile homojenlik grupları ve örnek sayıları Çizelge 3.22'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.22. Masif panel levhalarına ait liflere paralel ve liflere dik yönde çekme direnci değerleri (N/mm<sup>2</sup>).

Değişken	Çekme Direnci				
		Liflere Paralel Yönde		Liflere Dik Yönde	
Ağaç Türü	Kesiş Yönü	X	S	χ	S
Kayın	Standart	27,58	4,92	5,47	0,97
	Teğet	34,43	3,55	5,04	0,98
	Radyal	29,74	3,47	5,92	1,01
Meşe	Standart	23,71	2,64	3,96	1,51
	Teğet	21,10	3,27	4,91	1,51
	Radyal	23,13	3,13	5,42	1,09
İroko	Standart	25,91	2,06	3,95	1,02
	Teğet	25,42	2,01	4,04	0,63
	Radyal	22,28	1,78	4,69	0,98
Sapelli	Standart	27,51	2,10	3,23	1,44
	Teğet	23,02	1,69	1,79	0,75
	Radyal	22,04	1,79	3,13	1,65

### 3.2.3.1. Liflere Paralel Yöndeki Çekme Direnci

Kayın, meşe, iroko ve sapelli kerestelerinden üretilmiş masif panel levhalarının liflere paralel yöndeki çekme direnci değerlerinde farklılığa sebep olan değişkenleri belirlemek amacı ile çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 3.23'te verilmiştir.

Çizelge 3.23. Liflere paralel yöndeki çekme direnci değerlerine ait çoklu varyans analizi sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F- Oranı	P- Değeri
Ağaç Türü (A)	1647	3	549,1	67,1	0,000
Kesiş Yönü (B)	129	2	64,32	7,9	0,000
AxB	668	6	111,3	13,6	0,000
Hata	1375	168	8,19		
Toplam	120764	180			

Elde edilen bulgulara göre, ağaç türü faktörü, kesiş yönü faktörü ve ağaç türü x kesiş yönü etkileşiminin liflere paralel yöndeki çekme direnci değerleri üzerine etkileri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. ( $p<0.05$ ). Bu nedenle ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlardan kaynaklandığını belirlemek için Duncan testi yapılmıştır (Çizelge 3.24, Çizelge 3.25, ve Çizelge 3.26).

Kayın, meşe, iroko ve sapelli kerestelerinden üretilmiş masif panel levhalarının liflere paralel yöndeki çekme direnci değerlerine ait ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri ile homojenlik grupları ve örnek sayıları Çizelge 3.24'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.24. Ağaç türü-kesiş yönü düzeyinde liflere paralel yönde çekme direnci değerleri ( $N/mm^2$ ).

Ağaç Türü	Kesiş Yönü	N	$\chi$	HG	S	Min.	Mak.
Kayın	Standart	15	27,58	<i>c</i>	4,92	19,32	36,10
	Teğet	15	34,43	<i>a</i>	3,55	29,79	40,82
	Radyal	15	29,74	<i>b</i>	3,47	23,14	34,40
Meşe	Standart	15	23,71	<i>de</i>	2,64	19,37	25,86
	Teğet	15	21,10	<i>f</i>	3,27	17,13	28,69
	Radyal	15	23,13	<i>ef</i>	3,13	17,16	30,77
İroko	Standart	15	25,91	<i>c</i>	2,06	22,65	30,91
	Teğet	15	25,42	<i>cd</i>	2,01	22,53	29,18
	Radyal	15	22,28	<i>ef</i>	1,78	20,10	26,58
Sapelli	Standart	15	27,51	<i>c</i>	2,10	24,65	30,55
	Teğet	15	23,02	<i>ef</i>	1,69	19,78	26,02
	Radyal	15	22,04	<i>ef</i>	1,79	18,35	24,50

Elde edilen bulgulara göre en yüksek liflere paralel yöndeki çekme direnci teğet yönde kesilmiş kayın masif panellerde ( $34,43 N/mm^2$ ), en düşük liflere paralel yöndeki çekme direnci teğet yönde kesilmiş meşe masif panellerde ( $21,10 N/mm^2$ ) elde edilmiştir. Yapılan analiz sonucuna göre liflere paralel yöndeki çekme direnci değerleri kayın, iroko ve sapelli masif panel levhalarının standart kesiş yönünde ve meşe, iroko ve sapelli levhalarının radyal kesiş yönleri arasında istatistiksel fark yoktur ( $p<0,05$ ).

Bozkurt ve Erdin (1989)'e göre iroko ve sapelli tropik ağaç türlerinin liflere paralel yöndeki çekme direnci değerleri sırasıyla 55-140 N/mm<sup>2</sup>, 88 N/mm<sup>2</sup> olduğu belirtilmiştir. Başka bir çalışmaya göre liflere paralel yöndeki çekme direnci değeri kayın ağaç türü için 108,86 N/mm<sup>2</sup> ve meşe için ise 82,21 N/mm<sup>2</sup> olarak bildirilmiştir. (Efe ve Çağatay, 2011). Bu tez çalışmasında kayın, meşe, iroko ve sapelli levhalarından elde edilen liflere paralel yöndeki çekme direnci değerleri literatürde belirtilen aynı türlerden daha düşük bulunmuştur. Bu azalmaların sebebi olarak; çekme deneyi sırasında örneklerin birleştirme yerlerinden ayrılması ve test sırasında çekme başlıklarında oluşan gerilmeler nedeniyle örnek uç kısımlarındaki kırılmaların neden olduğu düşünülmektedir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Masif panel levhalarının çekme direnci sırasında kırılma görüntüsü.

Ağaç türü bakımından liflere paralel yöndeki çekme direnci değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 3.25'te görülmektedir.

Çizelge 3.25. Ağaç türü düzeyinde liflere paralel yönde çekme direnci değerleri ait Duncan testi sonuçları (N/mm<sup>2</sup>).

Ağaç Türü	N	$\chi$	HG	S	Min.	Mak.
Kayın	45	30,58	<i>a</i>	4,89	19,32	40,82
Meşe	45	22,65	<i>c</i>	3,17	17,13	30,77
İroko	45	24,53	<i>b</i>	2,51	20,10	30,91
Sapelli	45	24,19	<i>b</i>	3,02	18,35	30,55

Elde edilen sonuçlara göre en yüksek liflere paralel yöndeki çekme direnci değeri kayın (30,58 N/mm<sup>2</sup>) masif panellerinde tespit edilmiştir. En düşük liflere paralel yöndeki çekme direnci değeri ise meşe (22,65 N/mm<sup>2</sup>) masif panel levhasında bulunmuştur. Yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre iroko ve sapelli masif panel levhalarının liflere paralel yöndeki çekme direnci verileri arasında istatistiksel olarak fark yoktur. Ancak meşe ve kayın masif panel levhaları diğer gruplara göre istatistiksel olarak farklı bulunmuştur. Kesiş yönü bakımın liflere paralel yöndeki çekme direnci değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 3.26'da görülmektedir.

Çizelge 3.26. Kesiş yönü düzeyinde liflere paralel yönde çekme direnci değerleri ait Duncan testi sonuçları (N/mm<sup>2</sup>).

Kesiş Yönü	N	$\chi$	HG	s	Min.	Mak.
Standart	60	26,18	<i>a</i>	3,46	19,32	36,17
Teğet	60	25,99	<i>a</i>	5,80	17,13	40,82
Radyal	60	24,30	<i>b</i>	4,11	17,16	34,40

Elde edilen bulgular sonucunda en yüksek liflere paralel yöndeki çekme direnç değeri standart (26,18 N/mm<sup>2</sup>) levha örneklerinde görülmüştür. En düşük liflere paralel yöndeki çekme direnç değeri radyal (24,30 N/mm<sup>2</sup>) levha örneklerinde tespit edilmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre, liflere paralel yöndeki çekme direnci değerleri bakımında standart ve teğet yüzeyli levhalar arasında istatistiksel olarak fark olmayıp diğer grup levhalardan farklı bulunmuştur (p<0,05).



### 3.2.3.2. Liflere Dik Yöndeki Çekme Direnci

Kayın, meşe, iroko ve sapelli kerestelerinden üretilmiş masif panel levhalarının liflere dik yöndeki çekme direnci değerlerinde farklılığa sebep olan değişkenleri belirlemek amacı ile çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 3.27'de verilmiştir.

Çizelge 3.27. Liflere dik yöndeki çekme direnci değerlerine ait çoklu varyans analizi sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F- Oranı	P- Değeri
Ağaç Türü (A)	185	3	61,7	45,1	0,000
Kesiş Yönü (B)	23	2	11,6	8,5	0,000
AxB	23	6	3,9	2,8	0,010
Hata	230	168	1,4		
Toplam	3783	180			

Elde edilen bulgulara göre, ağaç türü faktörü, kesiş yönü faktörü ve ağaç türü x kesiş yönü etkileşiminin liflere dik yöndeki çekme direnci değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Bu nedenle ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlardan kaynaklandığını belirlemek için Duncan testi yapılmıştır (Çizelge 3.28, Çizelge 3.29, ve Çizelge 3.30).

Kayın, meşe, iroko ve sapelli kerestelerinden üretilmiş masif panel levhalarının liflere dik yöndeki çekme direnci değerlerine ait ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri ile homojenlik grupları ve örnek sayıları Çizelge 3.28'de gösterilmiştir.

Elde edilen bulgulara göre en yüksek liflere dik yöndeki çekme direnci radyal yönde kesilmiş kayın masif panellerde ( $5,92 \text{ N/mm}^2$ ), en düşük liflere paralel yöndeki çekme direnci teğet yönde kesilmiş sapelli masif panellerde ( $1,79 \text{ N/mm}^2$ ) elde edilmiştir. Yapılan analiz sonucuna göre standart ve radyal yönde kesilmiş iroko ve sapelli masif panel levhalarının liflere dik yöndeki çekme direnci değerleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır. Özkaya (2007) yapmış olduğu çalışmasında, kayın, kızılçam ve göknar masif panel levhalarının liflere dik yöndeki çekme direnci değerlerini teğet yönde sırasıyla  $1,98 \text{ N/mm}^2$ ,  $1,03 \text{ N/mm}^2$  ve  $0,74 \text{ N/mm}^2$  olarak bulunmuştur.

Çizelge 3.28. Ağaç türü-kesiş yönü düzeyinde liflere dik yöndeki çekme direnci değerleri (N/mm<sup>2</sup>).

Ağaç Türü	Kesiş Yönü	N	$\chi$	HG	S	Min.	Mak.
Kayın	Standart	15	5,47	<i>ab</i>	0,97	3,78	7,42
	Teğet	15	5,04	<i>ab</i>	0,98	3,34	6,92
	Radyal	15	5,92	<i>a</i>	1,01	4,85	8,49
Meşe	Standart	15	3,96	<i>de</i>	1,51	2,20	6,92
	Teğet	15	4,91	<i>bc</i>	1,51	2,58	7,37
	Radyal	15	5,42	<i>ab</i>	1,09	3,31	7,30
İroko	Standart	15	3,95	<i>de</i>	1,02	2,39	6,47
	Teğet	15	4,04	<i>bcd</i>	0,63	3,32	5,23
	Radyal	15	4,69	<i>cde</i>	0,98	2,82	6,07
Sapelli	Standart	15	3,23	<i>e</i>	1,44	1,55	5,47
	Teğet	15	1,79	<i>f</i>	0,75	0,86	3,07
	Radyal	15	3,13	<i>e</i>	1,65	1,53	6,42

Başka bir çalışmada sarıçamdan üretilmiş masif panel levhalarının lif dik yöndeki çekme direnci değeri 1,8 N/mm<sup>2</sup> olduğu ifade edilmiştir (Korkut ve Özkan, 2014). Bu değerler tez çalışmasında elde edilen verilerden daha düşük olduğu görülmektedir. Bunun sebebi kullanılan ağaç türü, tutkal çeşidi ve uygulama yöntemindeki farklılıklar gösterilebilir. Ağaç türü bakımından liflere dik yöndeki çekme direnci değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 3.29'da görülmektedir.

Çizelge 3.29. Ağaç türü düzeyinde liflere dik yöndeki çekme direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları (N/mm<sup>2</sup>).

Ağaç Türü	N	$\chi$	HG	S	Min.	Mak.
Kayın	45	5,48	<i>a</i>	1,03	3,34	8,49
Meşe	45	4,76	<i>b</i>	1,48	2,20	7,37
İroko	45	4,23	<i>c</i>	0,93	2,39	6,47
Sapelli	45	2,72	<i>d</i>	1,47	0,86	6,42

Elde edilen sonuçlara göre en yüksek liflere dik yöndeki çekme direnci değeri kayın ( $5,48 \text{ N/mm}^2$ ) ağaç türü levhalarında tespit edilmiştir. En düşük liflere dik yöndeki çekme direnci değeri ise sapelli ( $2,72 \text{ N/mm}^2$ ) ağaç türü levhalarında bulunmuştur. Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre kullanılan tüm ağaç türü levhalarının liflere dik çekme direnci değerleri arasında %95 güven düzeyinde farklı bulunmuştur. Kesiş yönü bakımından liflere dik yöndeki çekme direnci değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 3.30 'da görülmektedir.

Çizelge 3.30. Kesiş yönü düzeyinde liflere dik yöndeki çekme direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları ( $\text{N/mm}^2$ ).

<b>Kesiş Yönü</b>	<b>N</b>	<b><math>\chi</math></b>	<b>HG</b>	<b>S</b>	<b>Min.</b>	<b>Mak.</b>
Standart	60	4,15	<i>b</i>	1,47	1,55	7,42
Teğet	60	3,95	<i>b</i>	1,65	0,86	7,37
Radyal	60	4,79	<i>a</i>	1,59	1,53	8,49

Elde edilen bulgular sonucunda en yüksek liflere dik yöndeki çekme direnç değeri radyal ( $4,79 \text{ N/mm}^2$ ) masif panel levhalarında görülmüştür. En düşük liflere dik yöndeki çekme direnç değeri ise teğet ( $3,95 \text{ N/mm}^2$ ) masif panel levhalarında tespit edilmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre, liflere dik yöndeki çekme direnci değerleri bakımında standart ve teğet yüzeyli levhalar arasında istatistiksel olarak fark olmayıp diğer grup levhalardan farklı bulunmuştur ( $p < 0,05$ ).

#### **3.2.4. Dinamik Eğilme (Şok) Direnci**

Kayın, meşe, iroko ve sapelli kerestelerinden üretilmiş masif panel levhalarının liflere dik ve paralel yönde elde edilen şok direnci değerleri Çizelge 3.31'de gösterilmiştir.

Deney sonuçlarından elde edilen verilere göre; liflere dik ve paralel yönde şok direnci ağaç türü ve kesiş yönlerinde farklılıklar görülmüş ve şok direnci değerleri tek tek incelenmiştir.

Çizelge 3.31. Masif panel levhalarına ait liflere paralel ve liflere dik yönde şok direnci değerleri (kgm/cm<sup>2</sup>).

Değişken	Kesiş Yönü	Dinamik Eğilme (Şok) Direnci			
		Liflere Paralel Yönde		Liflere Dik Yönde	
Ağaç Türü		$\chi$	S	$\chi$	S
Kayın	Standart	0,65	0,18	0,035	0,0082
	Teğet	0,65	0,15	0,033	0,0083
	Radyal	0,90	0,15	0,041	0,0090
Meşe	Standart	0,50	0,08	0,040	0,0104
	Teğet	0,83	0,37	0,033	0,0088
	Radyal	0,68	0,11	0,039	0,0088
İroko	Standart	0,54	0,06	0,033	0,0100
	Teğet	0,44	0,08	0,025	0,0024
	Radyal	0,30	0,07	0,029	0,0081
Sapelli	Standart	0,35	0,07	0,038	0,0070
	Teğet	0,40	0,08	0,039	0,0091
	Radyal	0,43	0,08	0,035	0,0095

#### 3.2.4.1. Liflere Paralel Yönde Dinamik Eğilme (Şok) Direnci

Kayın, meşe, iroko ve sapelli kerestelerinden üretilmiş masif panel levhalarının liflere paralel yöndeki şok direnci değerlerinde farklılığa sebep olan değişkenleri belirlemek amacı ile çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 3.32'de verilmiştir.

Elde edilen bulgulara göre, kesiş yönü faktörünün liflere paralel yöndeki şok direnci değerlerine etkisi %95 güven düzeyinde anlamsız bulunmuştur. Ancak ağaç türü faktörü ve ağaç türü x kesiş yönü etkileşiminin liflere paralel yöndeki şok direnci değerleri üzerine etkileri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Bu nedenle ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlardan kaynaklandığını belirlemek için Duncan testi yapılmıştır (Çizelge 3.33 ve Çizelge 3.34).

Çizelge 3.32. Liflere paralel yöndeki dinamik eğilme (şok) direnci değerlerine ait çoklu varyans analizi sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F- Oramı	P- Değeri
Ağaç Türü (A)	3,89	3	1,3	58,32	0,000
Kesiş Yönü (B)	0,18	2	0,09	4,15	0,120
AxB	1,73	6	0,29	13,01	0,000
Hata	3,73	168	0,02		
Toplam	65,34	180			

Kayın, meşe, iroko ve sapelli kerestelerinden üretilmiş masif panel levhalarının liflere paralel yöndeki şok direnci değerlerine ait ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri ile homojenlik grupları ve örnek sayıları Çizelge 3.33'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.33. Ağaç türü-kesiş yönü düzeyinde liflere paralel yöndeki dinamik eğilme (şok) direnci değerleri (kgm/cm<sup>2</sup>).

Ağaç Türü	Kesiş Yönü	N	$\chi$	HG	S	Min.	Mak.
Kayın	Standart	15	0,65	<i>b</i>	0,18	0,47	1,02
	Teğet	15	0,65	<i>bc</i>	0,15	0,44	0,93
	Radyal	15	0,90	<i>a</i>	0,15	0,69	1,15
Meşe	Standart	15	0,50	<i>de</i>	0,08	0,34	0,62
	Teğet	15	0,83	<i>a</i>	0,37	0,57	2,11
	Radyal	15	0,68	<i>b</i>	0,11	0,54	0,89
İroko	Standart	15	0,54	<i>cd</i>	0,06	0,46	0,70
	Teğet	15	0,44	<i>def</i>	0,08	0,35	0,61
	Radyal	15	0,30	<i>g</i>	0,07	0,23	0,48
Sapelli	Standart	15	0,35	<i>fg</i>	0,07	0,25	0,50
	Teğet	15	0,40	<i>efg</i>	0,08	0,30	0,61
	Radyal	15	0,43	<i>def</i>	0,08	0,32	0,57

Elde edilen bulgulara göre en yüksek liflere paralel yöndeki şok direnci değeri radyal yönde kesilmiş kayın masif panellerde (0,90 kgm/cm<sup>2</sup>), en düşük liflere paralel yöndeki şok direnci değeri radyal yönde kesilmiş iroko masif panellerde (0,30 kgm/cm<sup>2</sup>) elde edilmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre meşe masif panel levhalarında tüm kesiş yönleri bakımından %95 güven düzeyinde farklı olduğu gözlenmiştir. Genel olarak iroko ve sapelli masif panel levhalarının liflere paralel yöndeki şok direnci değerleri arasında anlamlı bir farklılık yoktur (p<0,05). Yapılan bir çalışmada, iroko ve sapelli gibi tropik ağaç türlerinin liflere paralel yöndeki şok direnci değerleri sırasıyla 0,15-0,60 kgm/cm<sup>2</sup> ve 0,68 kgm/cm<sup>2</sup> olduğu bildirilmiştir (Bozkurt ve Erdin, 1989). Efe ve Bal (2016), araştırmalarında masif kayın örneklerinin liflere paralel yöndeki şok direnci değerini radyal yönde 0,679 kgm/cm<sup>2</sup> ve teğet yönde 0,765 kgm/cm<sup>2</sup> olarak elde etmişlerdir. Ağaç türü bakımından liflere paralel yöndeki şok direnci değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 3.34'te görülmektedir.

Çizelge 3.34. Ağaç türü düzeyinde liflere paralel yönde dinamik eğilme (şok) direnci değerleri ait Duncan testi sonuçları (kgm/cm<sup>2</sup>).

Ağaç Türü	N	$\chi$	HG	S	Min.	Mak.
Kayın	45	0,73	<i>a</i>	0,2	0,44	1,15
Meşe	45	0,67	<i>a</i>	0,26	0,34	2,11
İroko	45	0,43	<i>b</i>	0,12	0,23	0,70
Sapelli	45	0,40	<i>b</i>	0,08	0,25	0,61

Elde edilen sonuçlara göre ortalama en yüksek liflere paralel yöndeki şok direnci değeri kayın (0,73 kgm/cm<sup>2</sup>) masif panel levhalarında tespit edilmiştir. En düşük liflere paralel yöndeki şok direnci değeri ise sapelli (0,40 kgm/cm<sup>2</sup>) levhalarında bulunmuştur. Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre liflere paralel yönde şok direnci değerleri bakımından kayın ile meşe ve iroko ile sapelli ağaç türlerinin kendi arasında istatistiksel olarak fark olmadığı tespit edilmiştir.

#### 3.2.4.2. Liflere Dik Yönde Dinamik Eğilme (Şok) Direnci

Kayın, meşe, iroko ve sapelli kerestelerinden üretilmiş masif panel levhalarının liflere dik yöndeki şok direnci değerlerinde farklılığa sebep olan değişkenleri belirlemek amacı ile çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 3.35'te verilmiştir.

Çizelge 3.35. Liflere dik yönde dinamik eğilme (şok) direncine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F- Oranı	P- Değeri
Ağaç Türü (A)	0,002	3	0,001	9,910	0,000
Kesiş Yönü (B)	0,001	2	0,000	3,955	0,020
AxB	0,001	6	0,000	2,001	0,047
Hata	0,001	168	0,000		
Toplam	0,24	180			

Elde edilen sonuçlara göre, ağaç türü faktörü, kesiş yönü faktörü ve ağaç türü x kesiş yönü etkileşiminin liflere dik yöndeki şok direnci değerleri üzerine etkileri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Bu nedenle ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlardan kaynaklandığını belirlemek için Duncan testi yapılmıştır (Çizelge 3.36, Çizelge 3.37 ve Çizelge 3.38).

Kayın, meşe, iroko ve sapelli kerestelerinden üretilmiş masif panel levhalarının liflere dik yöndeki şok direnci değerlerine ait ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri ile homojenlik grupları ve örnek sayıları Çizelge 3.36'da gösterilmiştir.

Elde edilen bulgulara göre en yüksek liflere dik yöndeki şok direnci radyal yönde kesilmiş kayın masif panellerde ( $0,041 \text{ kgm/cm}^2$ ), en düşük liflere dik yöndeki şok direnci teğet yönde kesilmiş iroko masif panellerde ( $0,025 \text{ kgm/cm}^2$ ) elde edilmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre meşe ve sapelli levhalarının liflere dik yöndeki şok direnci değerleri arasında tüm kesiş yönleri bakımından istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır ( $p<0,05$ ).

Çizelge 3.36. Ağaç türü-kesiş yönü düzeyinde liflere dik yönde dinamik eğilme (şok) direnci değerleri (kgm/cm<sup>2</sup>).

Ağaç Türü	Kesiş Yönü	N	$\chi$	HG	S	Min.	Mak.
Kayın	Standart	15	0,035	<i>bcde</i>	0,0082	0,027	0,050
	Teğet	15	0,033	<i>bcd</i>	0,0083	0,022	0,048
	Radyal	15	0,041	<i>e</i>	0,0090	0,029	0,053
Meşe	Standart	15	0,040	<i>de</i>	0,0104	0,025	0,055
	Teğet	15	0,033	<i>bcd</i>	0,0088	0,025	0,052
	Radyal	15	0,039	<i>cde</i>	0,0088	0,027	0,053
İroko	Standart	15	0,033	<i>bc</i>	0,0100	0,024	0,053
	Teğet	15	0,025	<i>a</i>	0,0024	0,021	0,030
	Radyal	15	0,029	<i>ab</i>	0,0081	0,022	0,051
Sapelli	Standart	15	0,038	<i>cde</i>	0,0070	0,022	0,049
	Teğet	15	0,039	<i>cde</i>	0,0091	0,028	0,054
	Radyal	15	0,035	<i>bcde</i>	0,0095	0,025	0,053

Ağaç türü bakımından liflere dik yöndeki şok direnci değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 3.37'de görülmektedir.

Çizelge 3.37. Ağaç türü düzeyinde liflere dik yönde dinamik eğilme (şok) direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları (kgm/cm<sup>2</sup>).

Ağaç Türü	N	$\chi$	HG	S	Min.	Mak.
Kayın	45	0,037	<i>a</i>	0,009	0,02	0,05
Meşe	45	0,038	<i>a</i>	0,01	0,02	0,06
İroko	45	0,029	<i>b</i>	0,008	0,02	0,05
Sapelli	45	0,037	<i>a</i>	0,009	0,02	0,05

Elde edilen sonuçlara göre en yüksek liflere dik yöndeki şok direnci değeri meşe (0,038 kgm/cm<sup>2</sup>) masif panellerinde tespit edilmiştir. En düşük liflere paralel yöndeki şok direnci değeri ise iroko (0,029 kgm/cm<sup>2</sup>) masif panellerinde bulunmuştur. Yapılan



istatistiksel analiz sonuçlarına göre kayın, meşe ve sapelli masif panel levhalarının liflere dik yöndeki şok direnci değerleri arasında istatistiksel olarak fark yoktur. Ancak iroko masif panel levhalarının diğer gruplardan %95 güven düzeyinde farklı olduğu gözlenmiştir ( $p<0,05$ ). Kesiş yönü bakımından liflere dik yöndeki şok direnci değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 3.38'de görülmektedir.

Çizelge 3.38. Kesiş yönü düzeyinde liflere dik yönde dinamik eğilme (şok) direnci değerlerine ait Duncan testi sonuçları ( $\text{kgm/cm}^2$ ).

<b>Kesiş Yönü</b>	<b>N</b>	<b><math>\chi</math></b>	<b>HG</b>	<b>S</b>	<b>Min.</b>	<b>Mak.</b>
Standart	60	0,037	<i>a</i>	0,009	0,02	0,06
Teğet	60	0,033	<i>b</i>	0,009	0,02	0,05
Radyal	60	0,036	<i>a</i>	0,010	0,02	0,05

Elde edilen bulgular sonucunda en yüksek liflere dik yöndeki şok direnci değeri standart( $0,037 \text{ kgm/cm}^2$ ) levhalarda görülmüştür. En düşük liflere dik yöndeki şok direnci değeri ise teğet yönlü ( $0,033 \text{ kgm/cm}^2$ ) levhalarda tespit edilmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre liflere dik yönde şok direnci değerleri bakımından teğet kesiş yönü diğer tüm kesiş yönlerine göre %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak farklı olduğu tespit edilmiştir. Masif ağaç malzemedeki fiziksel özelliklere ait bulgular (Korkut ve Kocafe, 2009; Bal ve diğ., 2011; Bal ve Bektaş, 2012) ile mekanik özelliklere ait sonuçların teğet ve radyal yüzeyler arasında farklılık gösterdiği bildirilmiştir. Bu özellikler aynı zamanda ağacın farklı bölümlerinden alınan test örneklerinde de değişken olduğu tespit edilmiştir (Calvo et al., 2006; Silvave et al., 2006; Bal ve diğ. 2011; Bal, 2012; Bal ve Bektaş, 2012).

### 3.2.5. Liflere Dik Yönde Brinell Sertlik

Kayın, meşe, iroko ve sapelli kerestelerinden üretilmiş masif panel levhalarının liflere dik yöndeki Brinell sertlik değerlerinde farklılığa sebep olan değişkenleri belirlemek amacı ile çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 3.39'da verilmiştir.

Çizelge 3.39. Liflere dik yöndeki Brinell sertlik değerlerine ait ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F- Oranı	P- Değeri
Ağaç Türü (A)	145,39	3	48,46	30,75	0,000
Kesiş Yönü (B)	4,209	2	2,104	1,335	0,267
AxB	22,40	6	3,733	2,369	0,034
Hata	170,1	108	1,576		
Toplam	94545	120			

Elde edilen bulgulara göre, kesiş yönünün liflere dik yöndeki Brinell sertlik değerleri üzerine etkisi %95 güven düzeyinde anlamsız bulunmuştur. Ancak ağaç türü faktörü ve ağaç türü x kesiş yönü etkileşiminin liflere dik yöndeki Brinell sertlik değerleri üzerine etkileri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Bu nedenle ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlardan kaynaklandığını belirlemek için Duncan testi yapılmıştır (Çizelge 3.39 ve Çizelge 3.40).

Kayın, meşe, iroko ve sapelli kerestelerinden üretilmiş masif panel levhalarının liflere dik yöndeki Brinell sertlik değerlerine ait ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri ile homojenlik grupları ve örnek sayıları Çizelge 3.40'da gösterilmiştir.

Elde edilen bulgulara göre en yüksek liflere dik yöndeki Brinell sertlik değerleri radyal yönde kesilmiş kayın masif panellerde ( $29,55 \text{ N/mm}^2$ ), en düşük liflere dik yöndeki Brinell sertlik değeri ise standart yönde kesilmiş sapelli levhalarda ( $25,93 \text{ N/mm}^2$ ) bulunmuştur. Yapılan analiz sonuçlarına göre kayın ve sapelli masif panel levhalarının liflere dik yöndeki Brinell sertlik değerleri bakımından aralarında istatistiksel olarak fark olduğu gözlenmiştir. Yapılan bir çalışmada  $D_4$  tutkalı kullanılarak üretilmiş meşe ve kayın lamine ağaç malzemelerin liflere dik yöndeki Brinell sertlik değerleri sırası ile  $37,60 \text{ N/mm}^2$  ve  $35,65 \text{ N/mm}^2$  olduğu ifade edilmiştir (Perçin, 2012).

Çizelge 3.40. Ağaç türü-kesiş yönü düzeyinde liflere dik yöndeki Brinell sertlik değerleri (N/mm<sup>2</sup>).

Ağaç Türü	Kesiş Yönü	N	$\chi$	HG	S	Min.	Mak.
Kayın	Standart	10	28,76	<i>abcd</i>	0,382	27,09	30,91
	Teğet	10	29,46	<i>ab</i>	0,613	26,59	32,64
	Radyal	10	29,55	<i>a</i>	0,312	28,11	30,80
Meşe	Standart	10	27,59	<i>def</i>	0,391	25,66	29,85
	Teğet	10	28,26	<i>bcde</i>	0,525	26,57	31,39
	Radyal	10	28,19	<i>cde</i>	0,380	26,94	30,47
İroko	Standart	10	29,15	<i>abc</i>	0,310	27,18	30,66
	Teğet	10	27,43	<i>efg</i>	0,429	24,88	29,53
	Radyal	10	29,01	<i>abc</i>	0,403	27,03	30,89
Sapelli	Standart	10	25,93	<i>h</i>	0,307	24,78	27,42
	Teğet	10	26,51	<i>fgh</i>	0,338	24,98	27,80
	Radyal	10	26,37	<i>gh</i>	0,219	24,91	27,24

Literatürde, liflere dik yöndeki Brinell sertlik değerinin kızılâğaç için 15 N/mm<sup>2</sup>, Doğu kayını için 27,4 N/mm<sup>2</sup>, kayın odunu için ise 34 N/mm<sup>2</sup> olduğu belirtilmiştir (Güller ve Ay, 2001; Malkoçoğlu, 1994; Bozkurt, 1986). Ağaç türü bakımından liflere dik yöndeki Brinell sertlik değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 3.41'de görülmektedir.

Çizelge 3.41. Ağaç türü düzeyinde liflere dik yöndeki Brinell sertlik değerleri ait Duncan testi sonuçları (N/mm<sup>2</sup>).

Ağaç Türü	N	$\chi$	HG	S	Min.	Mak.
Kayın	30	29,26	<i>a</i>	0,261	26,59	32,64
Meşe	30	28,01	<i>b</i>	0,250	25,66	31,39
İroko	30	28,53	<i>b</i>	0,259	24,88	30,89
Sapelli	30	26,27	<i>c</i>	0,169	24,78	27,80

Elde edilen bulgulara göre en yüksek liflere dik yöndeki Brinell sertlik değeri kayın(29,26 N/mm<sup>2</sup>) masif panellerinde tespit edilmiştir. Liflere dik yöndeki en düşük Brinell sertlik değeri ise sapelli (26,27 N/mm<sup>2</sup>) levhalarında bulunmuştur. Analiz sonuçlarına göre meşe ve iroko masif panel levhalarının Brinell sertlik değerleri arasında %95 güven düzeyinde fark bulunmaz iken kayın ve sapelli levhalarından farklı bulunmuşlardır. Daha önce yapılan çalışmalara bakıldığında lifler dik yöndeki Brinell sertlik değerlerinin farklı olduğu belirtilmektedir. Bu farklılık kullanılan ağaç malzemenin yoğunluğuna, rutubetine, yıllık halka yapısına, trahe sayısı ve çapına, yaz odunu katılım oranına ve kesit yönüne bağlı olarak değiştiği ifade edilmektedir (Ertan, 1993; Ay ve Şahin, 2002). Literatür incelemesi yapıldığında elde edilen verilere göre liflere dik yönde Brinell sertlik değerleri kullanılan ağaç malzemenin yoğunluk değeri, rutubeti, anatomik yapısı ve kesit yönü etkili olmaktadır (Bozkurt ve Erdin, 1997).

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada masif panel üretiminde sıkça kullanılan yapraklı ağaçların bazı teknolojik özelliklerine taslak kesiş yönünün etkisi incelenmiştir. Deneyle sonuçunda, masif panel levhalarının rutubet ve hava kurusu yoğunluk değerlerinin yanı sıra liflere paralel ve dik yönde kayın, meşe, iroko ve sapelli levhalarının eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü değeri, çekme direnci, şok direnci ve liflere dik yöndeki Brinell sertlik değerleri belirlenmiştir.

Üretilen masif panel levhalarının denge rutubet miktarı üzerine ağaç türünün etkisi %95 güven düzeyinde anlamlı bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Ağaç türlerine göre denge rutubet miktarları %9,81-10,02 arasında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.1). En yüksek denge rutubet miktarı meşe masif panellerinde, en düşük değerler ise iroko levhalarda belirlenmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre kayın ile iroko, meşe ile sapelli levha türlerinin ortalama denge rutubet miktarları arasında istatistiksel olarak fark yoktur.

Üretilen masif panel levhalarının hava kurusu yoğunluk değerleri üzerine ağaç türünün etkisi %95 güven düzeyinde anlamlı bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Ağaç türlerine göre hava kurusu yoğunluk değerleri 0,645-0,695 g/cm<sup>3</sup> arasında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.3). En yüksek hava kurusu yoğunluk değeri kayın masif panellerinde, en düşük değerler ise sapelli levhalarda belirlenmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre kayın, iroko ve sapelli levhalarına ait hava kurusu yoğunluk değerleri %95 güven düzeyinde birbirinden farklı bulunmuştur. Ancak meşe levhalarının hava kurusu yoğunluk değerleri kayın ve irokodan farksızdır ( $p<0,05$ ).

Liflere paralel yöndeki eğilme direnci değerleri bakımından ağaç türü faktörü, kesiş yönü faktörü ve ağaç türü x kesiş yönü etkileşiminin istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Ağaç türlerine göre liflere paralel yöndeki eğilme direnci değerleri 74-101 N/mm<sup>2</sup> arasında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.8). En yüksek direnç değerleri kayın masif panellerinde, en düşük değerler ise iroko levhalarda tespit edilmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre iroko ve sapelli masif panel levhalarının liflere paralel yöndeki eğilme direnci değerleri arasında fark olmayıp meşe

ve kayın masif panellerinden %95 güven düzeyinde farklı bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Standart, teğet ve radyal üretilmiş masif panel levhalarının liflere paralel yöndeki eğilme direnci değerleri sırasıyla  $88,6 \text{ N/mm}^2$ ,  $80,3 \text{ N/mm}^2$  ve  $87,4 \text{ N/mm}^2$  olarak tespit edilmiştir (Çizelge 3.9). Standart levhaların liflere paralel yöndeki eğilme direnci değerleri teğet levhalardan %9,4, radyal levhalardan ise %1,35 daha yüksek bulunmuştur.

Liflere dik yöndeki eğilme direnci değerleri bakımından ağaç türü x kesiş yönü etkileşimi %95 güven düzeyinde anlamsız bulunmuştur ( $p>0,05$ ). Ancak ağaç türü ve kesiş yönü faktörleri liflere dik yöndeki eğilme direnci değerleri üzerinde etkileri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Çizelge 3.10). Ağaç türlerine göre liflere dik yöndeki eğilme direnci değerleri  $7,72-10,74 \text{ N/mm}^2$  arasında belirlenmiştir (Çizelge 3.12). En yüksek direnç değerleri kayın masif panellerinde, en düşük değerler ise sapelli levhalarda tespit edilmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre iroko ve sapelli masif panel levhalarının liflere dik yöndeki eğilme direnci değerleri arasında fark olmayıp meşe ve kayın masif panellerinden % 95 güven düzeyinde farklı bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Standart, teğet ve radyal üretilmiş masif panel levhalarının liflere dik yöndeki eğilme direnci değerleri sırasıyla  $9,33 \text{ N/mm}^2$ ,  $8,51 \text{ N/mm}^2$  ve  $9,58 \text{ N/mm}^2$  olarak tespit edilmiştir (Çizelge 3.13). Standart levhaların liflere dik yöndeki eğilme direnci değerleri teğet levhalardan %8,79 daha yüksek, radyal levhalardan ise %2,68 oranında bulunmuştur.

Liflere paralel yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değerleri kesiş yönü faktörü bakımında %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. Ancak ağaç türü x kesiş yönü etkileşimi ve ağaç türü faktörleri, liflere paralel yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değerleri üzerindeki etkileri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Ağaç türlerine göre liflere paralel yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değerleri  $7450-8887 \text{ N/mm}^2$  arasında belirlenmiştir (Çizelge 3.17). En yüksek değerler kayın masif panellerinde, en düşük değerler ise iroko levhalarda tespit edilmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre meşe, iroko ve sapelli masif panel levhalarının liflere paralel yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark bulmamaktadır ( $p<0,05$ ). Ancak kayın masif panel levhalarının liflere paralel yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değeri diğer tüm gruplara göre farklı bulunmuştur. Standart, teğet ve radyal üretilmiş masif panel levhalarının liflere paralel yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değerleri sırasıyla  $8117 \text{ N/mm}^2$ ,  $7962 \text{ N/mm}^2$  ve  $8024$

N/mm<sup>2</sup>olarak tespit edilmiştir. Standart levhaların liflere paralel yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değerleri teğet levhalardan %1,91, radyal levhalardan ise %1,14 yüksek bulunmuştur.

Liflere dik yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değerleri bakımından ağaç türü faktörü, kesiş yönü faktörü ve ağaç türü x kesiş yönü etkileşiminin istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur (p<0,05). Ağaç türlerine göre liflere dik yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değerleri 861-1080 N/mm<sup>2</sup> arasında belirlenmiştir (Çizelge 3.20). En yüksek değerler meşe masif panellerinde, en düşük değerler ise sapelli levhalarda tespit edilmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre liflere dik yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değerleri bakımından kayın ve iroko masif panel levhaları arasında istatistiksel olarak fark olmayıp, bu iki levha türü diğer levha gruplarından farklı bulunmuştur (p<0,05). Standart, teğet ve radyal üretilmiş masif panel levhalarının liflere dik yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değerleri sırasıyla 946 N/mm<sup>2</sup>, 887 N/mm<sup>2</sup> ve 1046 N/mm<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir (Çizelge 3.21). Standart levhaların liflere dik yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değerleri teğet levhalardan %6,23 yüksek, radyal levhalardan ise %10,57 oranında düşük bulunmuştur.

Liflere paralel yöndeki çekme direnci değerleri bakımından ağaç türü faktörü, kesiş yönü faktörü ve ağaç türü x kesiş yönü etkileşiminin istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur (p<0,05). Ağaç türlerine göre liflere paralel yöndeki çekme direnci değerleri 22,7-30,6 N/mm<sup>2</sup> arasında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.25). En yüksek direnç değerleri kayın masif panellerinde, en düşük değerler ise meşe levhalarda tespit edilmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre iroko ve sapelli masif panel levhalarının liflere paralel yöndeki çekme direnci değerleri arasında istatistiksel olarak fark yoktur. Ancak meşe ve kayın masif panel levhaları diğer gruplardan istatistiksel olarak farklı bulunmuştur (p<0,05). Standart, teğet ve radyal üretilmiş masif panel levhalarının liflere paralel yöndeki çekme direnci değerleri sırasıyla 26,18 N/mm<sup>2</sup>, 25,99 N/mm<sup>2</sup> ve 24,30 N/mm<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir (Çizelge 3.26). Standart levhaların liflere paralel yöndeki çekme direnci değerleri teğet levhalardan %0,73, radyal levhalardan ise %7,18 daha yüksek bulunmuştur.

Liflere dik yöndeki çekme direnci değerleri bakımından ağaç türü faktörü, kesiş yönü faktörü ve ağaç türü x kesiş yönü etkileşiminin istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur (p<0,05). Ağaç türlerine göre liflere dik yöndeki çekme direnci değerleri 2,72-5,48 N/mm<sup>2</sup> arasında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.29). En yüksek direnç

değerleri kayın masif panellerinde, en düşük değerler ise sapelli levhalarda tespit edilmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre kullanılan tüm ağaç türü levhalarının liflere dik çekme direnci değerleri kendi arasında %95 güven düzeyinde farklı bulunmuştur. Standart, teğet ve radyal üretilmiş masif panel levhalarının liflere dik yöndeki çekme direnci değerleri sırasıyla 4,15 N/mm<sup>2</sup>, 3,95 N/mm<sup>2</sup> ve 4,79 N/mm<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir (Çizelge 3.30). Standart levhaların liflere dik yöndeki çekme direnci değerleri teğet levhalardan %4,82 yüksek, radyal levhalardan ise %15,42 olarak düşük bulunmuştur.

Liflere paralel yöndeki dinamik eğilme(şok) direnci değerleri bakımından kesiş yönü etkileşimi %95 güven düzeyinde anlamsız bulunmuştur. Ancak ağaç türü x kesiş yönü etkileşimi ve ağaç türü faktörü faktörleri liflere paralel yöndeki dinamik eğilme direnci değerleri üzerindeki etkileri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p<0,05). Ağaç türlerine göre liflere paralel yöndeki dinamik eğilme direnci değerleri 0,40-0,73 kgm/cm<sup>2</sup> arasında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.34). En yüksek direnç değerleri kayın masif panellerinde, en düşük değerler ise sapelli levhalarda tespit edilmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre kayın ile meşe ve iroko ile sapelli ağaç türlerinin kendi aralarındaki liflere paralel yönde dinamik eğilme direnci değerleri bakımından istatistiksel olarak fark olmadığı tespit edilmiştir. Standart, teğet ve radyal üretilmiş masif panel levhalarının liflere paralel yöndeki dinamik eğilme (şok) direnci değerleri sırasıyla 0,510kgm/cm<sup>2</sup>, 0,580 kgm/cm<sup>2</sup> ve 0,577 kgm/cm<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir. Standart levhaların liflere paralel yöndeki dinamik eğilme direnci değerleri teğet levhalardan % 13,73 radyal levhalardan ise % 13,14 oranında düşük bulunmuştur.

Liflere dik yöndeki dinamik eğilme direnci değerleri bakımından ağaç türü x kesiş yönü etkileşimi %95 güven düzeyinde anlamsız bulunmuştur (p>0,05). Ancak ağaç türü ve kesiş yönü faktörleri liflere dik yöndeki dinamik eğilme direnci değerleri üzerine etkileri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Çizelge 3.35). Ağaç türlerine göre liflere dik yöndeki dinamik eğilme direnci değerleri 0,029-0,038 kgm/cm<sup>2</sup> arasında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.37). En yüksek direnç değerleri meşe masif panellerinde, en düşük değerler ise iroko levhalarda tespit edilmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre kayın, meşe ve sapelli ağaç türü levhalarının liflere dik yöndeki dinamik eğilme (şok) direnci değerleri arasında %95 güven düzeyinde fark yoktur. Standart, teğet ve radyal üretilmiş masif panel levhalarının liflere dik yöndeki dinamik eğilme (şok) direnci değerleri sırasıyla 0,037 kgm/cm<sup>2</sup>, 0,033 kgm/cm<sup>2</sup> ve



0,036 kgm/cm<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir. Standart levhaların liflere dik yöndeki dinamik eğilme (şok) direnci değerleri teğet levhalardan %10,81 yüksek, radyal levhalardan ise %2,70 oranında düşük bulunmuştur.

Liflere dik yöndeki Brinell sertlik değerleri kesiş yönü faktörü bakımında %95 güven düzeyinde anlamsız bulunmuştur. Ancak ağaç türü x kesiş yönü etkileşimi ve ağaç türü faktörleri liflere dik yöndeki Brinell sertlik değerleri üzerine etkileri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p<0,05). Ağaç türlerine göre liflere dik yöndeki Brinell sertlik değerleri 26,27-29,26 N/mm<sup>2</sup> arasında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.41). En yüksek sertlik değerleri kayın masif panellerinde, en düşük değerler ise sapelli levhalarda tespit edilmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre meşe ve iroko masif panel levhalarının liflere dik yöndeki Brinell sertlik değerleri arasında %95 güven düzeyinde fark bulunmaz iken kayın ve sapelli levhalarından farklı bulunmuşlardır. Standart, teğet ve radyal üretilmiş masif panel levhalarının liflere dik yöndeki Brinell sertlik değerleri sırasıyla 27,86 N/mm<sup>2</sup>, 27,91 N/mm<sup>2</sup> ve 28,28 N/mm<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir. Standart levhaların liflere dik yöndeki Brinell sertlik değerleri teğet levhalardan %0,18, radyal levhalardan ise %1,51 daha düşük bulunmuştur. Çalışmada elde edilen bu sonuçlar dikkate alındığında aşağıdaki gibi önerilerde bulunulabilir.

Çalışmada kullanılan masif panel levhalar Düzce yöresinde faaliyet gösteren bir fabrikadan temin edilmiştir. Test levhaları için lata kesiş yönleri baz alınarak üç farklı üretim yöntemi uygulanmıştır. Üretim de kullanılan latalar hem farklı ağaçlardan (aynı tür içerisinde) hem de ağaç gövdesinin farklı kısımlarından elde edilmiştir. Bu durum masif panel levhalarının mekanik özelliklerinde meydana gelen değişimlerin ana sebebinin oluşturmaktadır.

Dünyada ve ülkemizde masif panel levha üretimiyle ilgili çok kısıtlı çalışmalar bulunmaktadır. Bu açıdan bakıldığında tez çalışmasında kullanılan 4 farklı ağaç türü ve 3 farklı kesiş yöntemi bu alandaki literatür çalışmalarına önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

Özellikle son yıllarda masif panel levha üretimindeki ve kullanım alanlarındaki artışa paralel olarak farklı ağaç türlerinin ve tutkal çeşitlerinin kullanılabilme olanaklarının bulunması, bu sektördeki ürün fiyatı ve çeşitliliği bakımından yeni alternatiflerinin ortaya çıkmasını sağlayacaktır. Bu nedenle ileride yapılacak olan çalışmalarda farklı ağaç türü ve tutkalların kullanım olanaklarının belirlenmesi önemli olacaktır.

Günümüzde masif panel levhaları birçok alanda kullanılmaktadır. Bu tez çalışması kapsamında elde edilen sonuçlar taslak kesiş yönünün levhaların mekanik özellikleri üzerine önemli etkileri olduğu görülmüştür. Bu nedenle masif panel levha üretiminde, kullanım alanlarının da göz önünde bulundurularak farklı üretim yöntemi ve teknikleri uygulanabilir.

Sonuçta masif panel levhalarının standart üretim metoduna alternatif olarak teğet ve radyal kesiş yönlü üretilerek, mekaniksel özelliklerin yüksek olması istendiği bazı kullanım alanlarında rahatlıkla değerlendirilebileceği söylenebilir.



## 5.KAYNAKLAR

- Ahşap esaslı levhalar, birim hacim ağırlığının tayini*, Türk Standartları Enstitüsü TS EN 323, 1999.
- Ahşap esaslı levhalar, rutubet miktarının tayini*, Türk Standartları Enstitüsü TS EN 322, 1999.
- Altınok, M., Döngel, N. ve Söğütü, C. (2000). Modifiye edilmiş Polivinilasetat dispersiyonu (VB20) tutkalının yapışma direncinin belirlenmesi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13(1), 237-246.
- Altınok, M., Küreli, İ. ve Serbes, T. (2009). Vakumlu ve klasik kurutma yöntemlerinin ahşap malzemenin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisinin belirlenmesi. *Politeknik Dergisi*, 12(4), 271-278.
- Altınok, M. ve Söğütü, N. (2003). Kama dişli boy birleştirmelerde ağaç türü, diş tipi ve tutkal çeşidinin çekme direncine etkileri. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 16(2), 351-356.
- Anşın,R. ve Özkan, Z.C.(1997). *Tohumlu Bitkiler Odunsu Taksonlar, Ders Notları*. Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- As, N., Koç, H., Doğu, D., Atık, C., Aksu, B. ve Erdinler, S. (2001) Türkiye'de yetişen endüstriyel öneme sahip ağaçların anatomik, fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 51(1), 71-88.
- Ay, N., ve Şahin, H. (2002). Maçka-Çatak Bölgesi Anadolu Kestanesi (*Castanea Sativa Mill.*) odununun bazı mekanik özellikleri. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 3(1), 87-95.
- Bal, B. C. ve Efe, F.T. (2016). Isıl işlemin kayın odununun şok direnci üzerine etkilerinin incelenmesi. İçinde 2016 I. Uluslararası Mühendislik Teknolojisi ve Uygulamalı Bilimler Konferansı (ICETAS 2016) (ss. 21-22).
- Bal, B.C. ve Bektaş, İ. (2012) The physical properties of heartwood and sapwood of *Eucalyptus grandis*, *Proligno*, 8(4), 35-43.
- Bal, B. C., Bektaş, İ., Tutuş, A. ve Kaymakçı, A. (2011). Karabucak yöresinde yetişen okaliptüs'ün bazı fiziksel özelliklerin ağaç içi değişimi. *Düzce Üniversitesi Ormanlık Dergisi*, 7(2), 82-88.
- Bal, B. C. (2011) '*Okaliptüs grandis* Odununun Fiziksel ve Mekanik Özellikleri ve Lamine Ağaç Malzeme Üretiminde Kullanılması Üzerine Araştırmalar', Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, Türkiye.

- Bal, B.C., Bektaş, İ. (2012). The physical properties of heartwood and sapwood of *Eucalyptus grandis*. *Proligno*, 8(4), 35-43.
- Bal, B. C. ve Efe, F.T. (2016). Isıl İşlemin Kayın (*Fagus orientalis* L.) Odununun Şok Direnci Üzerine Etkilerinin İncelenmesi. İçinde *Conference on Engineering Technology and Applied Sciences* (ss. 21-22).
- Bilgin, Y. (2010) 'Türkiye'de masif panel sektörünün yapısal durumu ve ağaç işleri endüstrisindeki kullanım olanakları', Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Budaktan uzaklaştırılmış ağaç malzeme*, Türk Standartları Enstitüsü TS 11971, 2010.
- Burdurlu, E. (1995). *Kereste Endüstrisi ve Kurutma, Ders Notları*. Hacettepe Üniversitesi.
- Bozkurt, Y. (1986). *Ağaç Teknolojisi Ders Kitabı*. İstanbul Üniversitesi.
- Bozkurt, Y. ve Erdin, N., *Ağaç Teknolojisi Ders Kitabı*. İstanbul Üniversitesi.
- Bozkurt, Y. ve Erdin, N. (1996). *Ticarette Önemli Yabancı Ağaçlar Ders Kitabı*. İstanbul Üniversitesi.
- Bozkurt, Y. ve Göker, Y. (1996). *Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi Ders Notları*. İstanbul Üniversitesi.
- Bozkurt, Y. ve Kantay, R. (1990). Ağaç Malzemenin Kurutulması. *Orman Fakültesi Dergisi*, 40(2), 1-18.
- Calvo C.F., Cotrina A.D., Cuffré A.G., Piter J.C., Stefani P.M. and Torrán E.A. (2006). Radial and axial variation of swelling, anisotropy and density, in Argentinean *Eucalyptus Grandis*. *Maderas Ciencia y tecnología*, 8(3), 159-168.
- Connors, R.W., Kline, D.E. and Araman, P.A. (1996). Automatic Color Sorting System for Hardwood Edge-Glued Panel Parts. İçinde *Proceedings of CIFAC 1996 International Symposium* (ss. 115–120).
- Çağatay, K., Efe, H. ve Kesik, H.İ. (2013). Farklı Ağaç Malzemelerde Çekme Yönü ve Tutkal Çeşidinin Kavela Çekme Dinencine Etkilerinin Belirlenmesi, *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 13(2), 182-191.
- Danacı, S. (2010). 'Kılavuz Delik Çap ve Derinliklerinin Çeşitli Masif Ağaç Malzeme ve Ahşap Esaslı Levhaların Vida Tutma Mukavemetine Etkileri', Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Entitüsü, Muğla, Türkiye.
- Dilik, T. (2005). Masif panel pazarı ve üretim teknolojisindeki yenilikler. *Mobilya Dekorasyon Dergisi*, 69, 292-304.
- Dilik, T., Erdinler, S. and Kurtoğlu, A. (2012). Edge glued wood panel technology and an assessment on the development of edge glued wood panel industry. *American Journal of Applied Sciences*, 9(10), 1625-1635.

- Efe, H. ve Çağatay, K. (2011). Çeşitli masif ağaç malzemelerin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi. *Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü Politeknik Dergisi*, 14(1), 55-61.
- Ertan, A.P. ve Önal, S. (1993). Kestane odununun teknolojik özellikleri ve kestane ağacının kullanım yerleri. *Orman Mühendisliği Dergisi*, 8, 29-32.
- Güller, B. ve Ay, N. (2003). Artvin yöresi sakallı kızılbaş odununun bazı mekanik özellikleri. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 25(2), 129-138.
- Kahveci, M. (2003). Masif panel üretimi ve özellikleri. *Ahşap Teknik Dergisi*, 76-87.
- Kantay, R. (1993). *Kereste Kurutma ve Buharlama, Ders Notları*. İstanbul Üniversitesi.
- Karayılmazlar, S., Çabuk, Y., Atmaca, A. ve Aşkın, A. (2007). Orman ürünleri endüstrisinde laminasyon tekniği ve önemi. *ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 9(11), 78-86.
- Kasal, A., Efe, H. ve Dizel, T. (2010). Masif ve lamine edilmiş ağaç malzemelerde eğilme direnci ve elastikiyet modülünün belirlenmesi. *Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü Politeknik Dergisi*, 13(3), 183-190.
- Kayacık, H. (1981). *Orman ve Park Ağaçlarının Özel Sistematiği, Angiosperma, Ders Notları*. İstanbul Üniversitesi.
- Keskin, H. ve Togay, A. (2004). Lamine edilmiş karaçam odununda kesiliş yönünün eğilme direncine ve eğilmeye elastiklik modülüne etkileri. *Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi*, 12(14), 13-25.
- Kılıç Ak, A. (2016). 'Okalıptüs Kerestesinin Doğal Kurutma Şartları Üzerine Denemeler', Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, Türkiye.
- Kondisyonlama ve/veya deney için standard atmosferler özellikleri*, Türk Standartları Enstitüsü TS 642 ISO 554, 1997.
- Korkut, S., ve Kocaefe, D. (2009). Isıl işlemin odun özellikleri üzerine etkisi. *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi*, 5(2), 11-34.
- Korkut, S. ve Özkan, M. (2014). Sarıçam'dan Üretilen Masif Panellerin Bazı Özellikleri. İçinde *I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu* (ss. 179-183).
- Lima, CKP.; Mori, FA.; Mendes, LM.; Trugilho, PF. and Mori, CLSO. (2008). Colagem da madeira de clones de *Eucalyptus* com três adesivos comerciais. *Scientia Forestalis*, 36(77), 73-77.
- Lopes, M.D.C., Muniz, G.I.B.D., Matos, J.L. M.D., Tanobe, V.O.D.A., Chinasso, C.A.F. and Rosso, S. (2013). Strength of the glue line of edge glued panels of *Pinus taeda* made with different adhesives. *Cerne*, 19(4), 613-619.

- Malkoçoğlu, A. (1997). 'Doğu Kayını Odununun Teknolojik Özellikleri', Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye.
- Martins, S.A., Del Menezzi, C.H., Ferraz, J.M. and de Souza, M.R. (2013). Bonding behavior of Eucalyptus benthamii wood to manufacture edge glued panels. *Maderas Ciencia tecnología*, 15(1), 79-92.
- Neto, C.C., Arroyo, F., De Araujo, V.A., Christoforo, A.L., Lahr, F.A.R. and Junior, C.C. (2016). Edge glued panels grading through transversal vibration testing. *International Journal of Materials Engineering*, 6(3), 97-102.
- Örs, Y. (1981). 'Kama Dişli Birleştirmeli Masif Ağaç Malzemedede Mekanik Özelliklere İlişkin Araştırmalar', Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye.
- Örs, Y. ve Keskin, H. (2008). *Ağaç Malzeme Teknolojisi, Ders Notları*. Hacettepe Üniversitesi.
- Örs, Y. and Keskin, H. (2002). Technological properties of laminated black pine (*Pinus nigra var. Pallasiana*) wood materials and possibilities of using them. *Gazi University Journal of Science*, 15(3), 699-707.
- Özçifçi, A., and Yapıcı, F. (2008). Structural performance of the finger-jointed strength of some wood species with different joint configurations. *Construction and Building Materials*, 22(7), 1543-1550.
- Özkaya, K. (2007). 'Farklı Yapım Teknikleri İle Üretilen Masif Ahşap Panellerin Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi', Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Özkaya, K. (2011). Study of the bending modulus of elasticity of edge glued wooden panels with different width joinings. *Technology*, 14(2), 67-73.
- Senay, A. (1996). 'Ahsap Lamine Taşıyıcı Elemanların Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar', Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Serrano, J.R. and Cassens, D. (1998). Dimensional stability of red oak panels produced from small-diameter top logs. *Forest Products Journal*, 48(7/8), 71-74.
- Shukla, S.R., Rao, R.V. and Sharma, S.N. (1999). Evaluation of strength properties of parallel splint lumber (PSL) and its comparison with laminated veneer lumber (LVL), rubber wood and teak. *Holz Als Roh-und Werkstoff*, 57(4), 267-270.
- Silva, J.C., Oliveria, J.T.S., Xavier, B.A. and Castro, V.R. (2006). Influence of age and radial position on the volumetric and linear shrinkage of Eucalyptus grandis hill ex. maiden wood. *R. Árvore*, 30(5), 803-810.
- St-Pierre, B., Beauregard, R., Mohammed, M. and Bustos, C. (2005). Effect of moisture content and temperature on tension strength of finger-jointed black spruce lumber.

*Forest Product Journal*, 55(12), 9-16.

Sulastiningsih, I. M. and Nurwati. (2009). Physical and mechanical properties of laminated bamboo board. *Journal of Tropical Forest Science*, 21(3), 246-251.

Perçin, O. (2012). 'Isıl İşlemin Lamine Ahşap Malzemenin Bazı Teknolojik Özelliklerine Etkilerinin İncelenmesi', Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.

River, B.H. and Arnoldi E. (1991). Delamination of edge glued wood panels: moisture effects. *Forest Product Journal*, 259(1), 11.

Rowell, R. (2005) *Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites*. New York, CRC Press.

Tank, T. (1978). *Türkiye Kayın ve Gürgen Türlerinin Nötral Sülfite Yarıkimyasal (NSSC) Metodu ile Değerlendirme İmkanları, Ders Notları*. İstanbul üniversitesi.

Yörür, H., Aydemir, D. ve Uysal, B. (2010). Emprenye Edilmiş Ahşap Malzemenin Yapışma Direncini Etkileyen Faktörler. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 12(18), 99-106.

# ÖZGEÇMİŞ

## KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Metin ÖZKAN  
Doğum Tarihi ve Yeri : 09.08.1990 - DÜZCE  
Yabancı Dili : İngilizce  
E-posta : metinozkan90@gmail.com

## ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı	Düzce Üniversitesi	2019
Lisans	Orman Endüstri Mühendisliği	Düzce Üniversitesi	2014
Lise	Fen Bilimleri	Düzce (YDA) Lisesi	2008

## YAYINLAR

Sahin H.I. ve Özkan, M. "Masif panel teknolojisi", 2nd International Mediterranean Science and Engineering Congress (IMSEC 2017), October 25-27, Adana/Turkey, 2017, ss. 1743-1750.

Korkut, S. ve Özkan, M. "Sarıçam'dan üretilen masif panellerin bazı özellikleri" *II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu*, Isparta, Türkiye, 2014, ss. 179-183.