



T.C.  
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TUTKAL KATMAN KALINLIĞININ  
TABAKALANMIŞ KAPLAMA KERESTELERİN (TAK)  
FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE  
ETKİSİ**

**MUHAMMET ÇİL**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KAHRAMANMARAŞ 2012**

**T.C.**  
**KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TUTKAL KATMAN KALINLIĞININ**  
**TABAKALANMIŞ KAPLAMA KERESTELERİN (TAK)**  
**FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE**  
**ETKİSİ**

**MUHAMMET ÇİL**

**Bu tez,**  
**Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında**  
**YÜKSEK LİSANS**  
**derecesi için hazırlanmıştır.**

**KAHRAMANMARAŞ 2012**

## TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Muhammet ÇİL

Bu çalışma Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetimi Birimi tarafından desteklenmiştir.  
Proje No: 2010/7-2 YLS

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

# **Tutkal Katman Kalınlığının Tabakalanmış Kaplama Kerestelerin (TAK) Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi**

**(YÜKSEK LİSANS TEZİ)**

**MUHAMMET ÇİL**

## **ÖZET**

Bu çalışmada, tabakalanmış kaplama keresteler (TAK), hızlı gelişen I-214 (*Populus X Euramericana*) klonundan elde edilen soyma kaplamalar, fenol formaldehit (FF) veya melamin üre formaldehit (MUF) tutkalıyla tutkallanarak farklı basınç ve sıcaklık altında preslenerek üretilmiştir. Farklı pres basınçlarına bağlı olarak meydana gelen tutkal katman kalınlığının, TAK'ların bazı fiziksel ve mekanik özelliklerine etkileri belirlenmiştir.

Pres basıncının artması tabakalar arasındaki tutkal katman kalınlığının azalmasına neden olmuş ve tutkalın oduna nüfuzunu arttırmıştır. Buna bağlı olarak, TAK'ların yoğunluk ve bütün mekanik özelliklerinin arttığı tespit edilmiştir. Tutkal katman kalınlığı ve yoğunluk, eğilme direnci, elastikiyet modülü, liflere paralel ve liflere dik basınç direnci arasında kuvvetli ilişkiler bulunmuştur.

Araştırma sonuçlarının; TAK ve diğer ağaç esaslı yapısal ürünlerin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde önemli bir etkisi olduğu bulunan tutkal katman kalınlığıyla ilgili problemlere ve en uygun üretim koşullarının belirlenmesi için çözüm önerileri sunması beklenmektedir.

Anahtar Kelime: Hızlı gelişen kavak klonu, tabakalanmış kaplama kereste (TAK), fenol formaldehit, melamin üre formaldehit, fiziksel özellikler, mekanik özellikler, tutkal katman kalınlığı

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Nisan / 2012

Danışman: Doç. Dr. Ramazan KURT

Sayfa sayısı: 67

# **Effect of Glue Line Thickness on Physical and Mechanic Properties of Laminated Veneer Lumber**

**(M.Sc. THESIS)**

**MUHAMMET ÇİL**

## **SUMMARY**

In this study, to manufacture laminated veneer lumbers, rotary peeled fast growing poplar clone, I-214 (*Populus X Euramericana*) veneers were glued with phenol formaldehyde (PF) or melamin urea formaldehyde (UF) adhesives and pressed under different press pressures and heat. The effect of glue line thickness as a result of different press pressures on some physical and mechanical properties of LVLs' were determined.

Glue line thicknesses decreased and glue absorption by wood increased as press pressures increased. Accordingly, LVLs' density and all mechanical properties were increased. Strong relationships were found between glue line thickness and density, modulus of rupture, modulus of elasticity, compression strength paralel and perpendicular to grain.

This research expected to offer solutions to problems related to glue line thickness that have important effects of LVLs' other wood based composites physical and mechanical properties and defining optimum manufacturing conditions

Keyword: Fast growing poplar clone, laminated veneer lumber (LVL), glue line thickness, phenol formaldehyde, melamine urea formaldehyde, physical properties, mechanical properties, glue line thickness

Kahramanmaraş Sütçü İmam University  
Institute for Graduate Studies in Science and Technology  
Department of Forest Industry Engineering, April / 2012

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ramazan KURT

Page number: 67

## TEŞEKKÜR

“Tutkal katman kalınlığının tabakalanmış kaplama kerestelerin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine etkisi” isimli bu çalışma, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği bölümünde yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Tezimi hazırlarken ve ders aşamasında her türlü yardım ve desteğini gördüğüm danışman hocam sayın Doç. Dr. Ramazan KURT hocama sonsuz teşekkür ve minnettarlığımı sunarım.

Tez jürimde bulunan sayın Prof. Dr. İbrahim BEKTAŞ ve Doç. Dr. M. Metin KÖSE hocama ve tezimde hiçbir konuda yardımlarını benden esirgemeyen sayın Doç. Dr. Fatih MENGELOĞLU hocama çok teşekkür ederim.

Yüksek lisans projesini (Proje No: 2010/7-2) destekleyerek bu tezin oluşmasına katkıda bulunan K.S.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ediyorum.

Yüksek lisans tez çalışmalarım sırasında, burs, makine ve teçhizat desteği TÜBİTAK 106O556 no'lu “Türkiye’de hızlı yetişen kavak klonlarının ve bor bileşiklerinin yanmaya dayanıklı tabakalanmış kaplama kereste üretiminde kullanılması imkanları” projesinden sağlanmıştır. Bu desteğinden dolayı TÜBİTAK’a teşekkür ediyorum.

Laboratuvar ve atölye çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen ve bilgilerini benimle paylaştığı için doktora öğrencisi Vedat ÇAVUŞ’a çok teşekkür ederim.

Lisans ve yüksek lisans öğrenim süresince yanımda olan ve tez çalışmamda yardımlarını esirgemeyen çok sevgili ev arkadaşım İbrahim KILIÇ’a çok teşekkür ederim.

Tez çalışmamın bütün safhalarında yardımlarını esirgemeyen sevgili arkadaşım Kağan ASLAN’a çok teşekkür ederim.

Her zaman yanımda olan ve desteğini esirgemeyen doktora öğrencisi Kadir KARAKUŞ, Selim KARAHAN’a, yüksek lisans öğrencisi Belgin ŞEKER’e ve lisans öğrencisi İslam BOZKURT’a teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Tez çalışmam sırasında kuruluşunda şeritleri kesmem için yer ayıran ve bana destek veren ERMOBSAN genel müdürü Sayın Erdoğan ERŞAN'a, orman endüstri mühendisi Sevgi TEKİN'e ve desteklerini esirgemeyen çalışanlarına sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Tez çalışmam sırasında elde ettiğim levhaların ebatlandırma işleminde desteklerini esirgemeyen Kaplan Mobilya sahipleri Mustafa KAPLAN ve Faruk KAPLAN'a sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Çalışmalarım boyunca maddi ve manevi desteğini esirgemeyen ve beni her zaman sabırla karşılayan ve yanımda olan babam Sabri ÇİL, annem Havva ÇİL ve ablam Meryem GÜMÜŞ'e sonsuz saygı ve şükranlarımı sunarım.

Kahramanmaraş, Nisan 2012

Muhammet ÇİL

# İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
SUMMARY .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
İÇİNDEKİLER .....	v
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xi
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Dünya’da Odun Hammaddesinin Durumu .....	2
1.2. Türkiye’de Odun Hammaddesinin Durumu .....	3
1.3. Orman Endüstrisinde Kullanılan Sentetik Tutkallar .....	5
1.3.1. Termoset Tutkallar .....	6
1.3.1.1. Fenol Formaldehit Tutkalı .....	6
1.3.1.2. Melamin Üre Formaldehit Tutkalı .....	7
1.4. Mühendislik Ürünü Ağaç Malzemeler (MAM) .....	8
1.4.1. Yapısal Kompozit Keresteler .....	10
1.4.1.1. Tabakalanmış kaplama kereste (TAK) .....	10
1.4.1.1.1. Tabakalanmış kaplama kereste üretimi ve kullanım alanları .....	11
1.4.1.1.2. TAK’ın avantajları ve dezavantajları .....	13
1.4.1.2. Paralel şerit kereste (PŞK) .....	14
1.4.1.3. Tabakalanmış şerit kereste (TŞK) .....	16
1.4.1.4. Yönlendirilmiş Şerit Kereste (YŞK) .....	18
1.5. Pres Basıncı, Pres Süresi ve Tutkal Katman Kalınlığı .....	18
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....	20
3. MATERYAL ve METOT .....	22
3.1. Materyal .....	22
3.1.1. Soyma kaplama .....	22
3.1.2. TAK üretimi .....	23
3.1.3. Tutkal katman kalınlığının belirlenmesi .....	25
3.2. Metot .....	26
3.2.1. Fiziksel özelliklerin belirlenmesi .....	26
3.2.1.1. Tam kuru yoğunluğun belirlenmesi .....	27
3.2.1.2. Rutubet miktarının belirlenmesi .....	27
3.2.1.3. Boyutsal sabitliğin belirlenmesi .....	28
3.2.2. Mekanik özelliklerin belirlenmesi .....	29
3.2.2.1. Eğilme direncinin belirlenmesi .....	30
3.2.2.2. Eğilmede elastikiyet modülünün belirlenmesi .....	31
3.2.2.3. Liflere paralel basınç direncinin belirlenmesi .....	32
3.2.2.4. Liflere dik basınç direncinin belirlenmesi .....	33

3.2.2.5. Dinamik eğilme (Şok) direncinin belirlenmesi.....	35
3.2.3. Tutkal .....	35
3.3. Verilerin Değerlendirilmesi .....	36
4. BULGULAR ve TARTIŞMA .....	37
4.1. TAK Numunelerinin Tutkal Katman Kalınlıkları.....	37
4.2. Fiziksel Özellikler .....	39
4.2.1. Tam kuru yoğunluk .....	39
4.2.2. Boyutsal sabitlik .....	41
4.2.2.1. Kalınlığına şişme miktarı.....	41
4.2.2.2. Ağırlıkça artma miktarı .....	43
4.3. Mekanik Özellikler.....	45
4.3.1. Eğilme direnci .....	45
4.3.2. Eğilmede elastikiyet modülü .....	47
4.3.3. Liflere paralel basınç direnci.....	50
4.3.4. Liflere dik basınç direnci .....	52
4.3.5. Dinamik eğilme (Şok) direnci .....	54
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	58
5.1. Sonuçlar .....	58
5.2. Öneriler .....	59
6. KAYNAKLAR .....	60

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

<b>ASTM</b>	:	American Society for Testing and Material
<b>A<sub>w</sub></b>	:	Dinamik eğilme direnci
<b>cm<sup>3</sup></b>	:	Santimetre küp
<b>COV</b>	:	Varyasyon katsayısı
<b>D<sub>0</sub></b>	:	Tam kuru yoğunluk
<b>FF</b>	:	Fenol formaldehit
<b>g</b>	:	Gram
<b>HG</b>	:	Homojenlik grubu
<b>Kg</b>	:	Kilogram
<b>KN</b>	:	Kilo Newton
<b>LSL</b>	:	Laminated strand lumber
<b>LVL</b>	:	Laminated veneer lumber
<b>m</b>	:	Metre
<b>M<sub>0</sub></b>	:	Tam kuru örnek ağırlığı
<b>m<sup>3</sup></b>	:	Metre küp
<b>MAM</b>	:	Mühendislik ürünü ağaç malzeme
<b>MAX</b>	:	Maksimum
<b>MF</b>	:	Melamin formaldehit
<b>Mg</b>	:	Miligram
<b>Min</b>	:	Minimum
<b>mm</b>	:	Milimetre
<b>mm<sup>2</sup></b>	:	Milimetre kare
<b>MUF</b>	:	Melamin üre formaldehit
<b>N</b>	:	Newton
<b>OSB</b>	:	Oriented strand board
<b>OSL</b>	:	Oriented strand lumber

<b>P</b>	:	Önem düzeyi
<b>ppm</b>	:	Parts per million
<b>PSL</b>	:	Paralell strand lumber
<b>PŞK</b>	:	Paralel şerit kereste
<b>S.S</b>	:	Standart sapma
<b>T.T</b>	:	Tutkal türü
<b>TAK</b>	:	Tabakalanmış kaplama kereste
<b>TS</b>	:	Türk standartları
<b>TŞK</b>	:	Tabakalanmış şerit kereste
<b>TKK</b>	:	Tutkal katman kalınlığı
<b>ÜF</b>	:	Üre formaldehit
<b>V<sub>0</sub></b>	:	Tam kuru örnek hacmi
<b>Ort</b>	:	Ortalama
<b><math>\alpha_{w//}</math></b>	:	Liflere paralel basınç direnci
<b><math>\alpha_{w\perp}</math></b>	:	Liflere dik basınç direnci
<b><math>\beta</math></b>	:	Kalınlığa şişme
<b><math>\sigma_e</math></b>	:	Eğilme direnci

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Dünya odun üretimi.....	3
Şekil 1.2. MAM'ların görsel görünümü.....	8
Şekil 1.3. Odun Kompozitlerinin Sınıflandırılması.....	9
Şekil 1.4. 2000 yılında Dünya pazarında TAK kullanım alanlarının dağılımı.....	11
Şekil 1.5. 2002 yılında Dünya' daki TAK üretim kapasitesi .....	11
Şekil 1.6. TAK üretim iş akışı .....	12
Şekil 1.7. TAK'nin merdiven ve pencerede kullanımı .....	12
Şekil 1.8. TAK'ın yapılarda yük taşıma amaçlı çeşitli kullanım alanları .....	13
Şekil 1.9. Paralel şerit kerestenin genel görünümü.....	15
Şekil 1.10. Paralel Şerit Kerestenin Üretimi .....	15
Şekil 1.11. Tabakalı şerit kereste üretim hattı .....	17
Şekil 1.12. Tabakalanmış şerit kerestenin genel görünümü ve kullanım alanları.....	17
Şekil 1.13. Yönlendirilmiş şerit kerestenin genel görünümü .....	18
Şekil 3.1. Soyma açısı ve bıçak açısı .....	22
Şekil 3.2. Kaplama levhaların giyotinde kesilmesi.....	22
Şekil 3.3. Kaplama yüzeyine tutkal sürme rulosu ile tutkalın sürülmesi.....	23
Şekil 3.4. Tutkal sürülen kaplamaların taslak haline getirilmesi.....	24
Şekil 3.5. Taslağın preslenmesi .....	24
Şekil 3.6. Numune ölçümü için kullanılan binoküler stereo zoom mikroskop.....	25
Şekil 3.7. MÜF'lü örneklerde tabakalar arasındaki tutkal katman kalınlıklarının görünüşü.....	25
Şekil 3.8. FF'li örneklerde tabakalar arasındaki tutkal katman kalınlıklarının görünüşü.....	26
Şekil 3.9. Eğilme direnci deney örneğinin test düzeneği .....	31
Şekil 3.10. Zwick Roell Universal test makinesinde eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülün belirlenmesi.....	31
Şekil 3.11. Liflere paralel basınç direncini belirlemek için kullanılan test makinesi.....	33

Şekil 3.12. Zwick Universal test makinesinde liflere dik basınç direncinin belirlenmesi .....	34
Şekil 3.13. Dinamik eğilme (şok) direnci örneği.....	35
Şekil 3.14. Dinamik eğilme (şok) direnci test makinesi .....	35
Şekil 4.1. Tabakalar arası tutkal katman kalınlığı değerleri.....	38
Şekil 4.2. MÜF ile üretilen TAK'ların pres basıncı ile tutkal katman kalınlıkları arasındaki ilişki.....	38
Şekil 4.3. FF ile üretilen TAK'ların pres basıncı ile tutkal katman kalınlıkları arasındaki ilişki.....	38
Şekil 4.4. Ortalama tam kuru yoğunluk değerleri.....	40
Şekil 4.5. MÜF ile üretilen TAK'ların tam kuru yoğunluk ile tutkal katman kalınlıkları arasındaki ilişki.....	41
Şekil 4.6. FF ile üretilen TAK'ların tam kuru yoğunluk ile tutkal katman kalınlıkları arasındaki ilişki.....	41
Şekil 4.7. Kalınlığına şişme miktarlarının belirlenmesi.....	44
Şekil 4.8. Örneklerin ortalama ağırlıkça artma miktarları .....	43
Şekil 4.9. Ortalama eğilme direnci değerleri.....	46
Şekil 4.10. MÜF ile üretilen TAK'ların ED ile tutkal katman kalınlıkları arasındaki ilişki .....	47
Şekil 4.11. FF ile üretilen TAK'ların ED ile tutkal katman kalınlıkları arasındaki ilişki .....	47
Şekil 4.12. Eğilmede elastikiyet modülü değerleri.....	49
Şekil 4.13. MÜF ile üretilen TAK'ların EM ile tutkal katman kalınlıkları arasındaki ilişki.....	49
Şekil 4.14. FF ile üretilen TAK'ların EM ile tutkal katman kalınlıkları arasındaki ilişki.....	49
Şekil 4.15. Liflere paralel basınç direnci sonuçları .....	51
Şekil 4.16. MÜF ile üretilen TAK'ların LPBD ile tutkal katman kalınlıkları arasındaki ilişki.....	51
Şekil 4.17. FF ile üretilen TAK'ların LPBD ile tutkal katman kalınlıkları arasındaki ilişki.....	52
Şekil 4.18. Liflere dik basınç direnci değerleri .....	53

Şekil 4.19. MÜF ile üretilen TAK'ların LDBD ile tutkal katman kalınlıkları arasındaki ilişki.....	54
Şekil 4.20. FF ile üretilen TAK'ların LDBD ile tutkal katman kalınlıkları arasındaki ilişki.....	54
Şekil 4.21. Dinamik eğilme (şok) direnci değerleri.....	56
Şekil 4.22. MÜF ile üretilen TAK'ların DED ile tutkal katman kalınlıkları arasındaki ilişki.....	56
Şekil 4.23. FF ile üretilen TAK'ların LDBD ile tutkal katman kalınlıkları arasındaki ilişki.....	56

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Türkiye Ormanlarının Alansal Durumu (milyon/hektar) .....	4
Çizelge 1.2. Türkiye’de hızlı yetişen ağaç türleri.....	5
Çizelge 3.1. TAK üretim faktörleri.....	23
Çizelge 3.2. Farklı basınçlarda üretilen TAK’ların içerikleri.....	24
Çizelge 3.3. Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesinde Kullanılan Deney Örneklerinin Boyutları ve Şekilleri.....	26
Çizelge 3.4. Mekanik Özelliklerin Belirlenmesinde Kullanılan Deney Örneklerinin Boyutları ve Şekilleri.....	29
Çizelge 3.5. Çalışmada kullanılan FF (Polifen 47) ve MÜF (P 03) tutkallarının özellikleri .....	36
Çizelge 4.1. Tutkal katman kalınlıklarının belirlenmesinde elde edilen değerler.....	37
Çizelge 4.2. Tam kuru yoğunluk değerleri.....	39
Çizelge 4.3. Farklı ağaç türlerine ait tam kuru yoğunluk değerleri.....	40
Çizelge 4.4. Kalınlığına şişme değerleri .....	42
Çizelge 4.5. Ağırlıkça artma miktarları.....	43
Çizelge 4.6. Eğilme direncinin belirlenmesinde elde edilen değerler .....	45
Çizelge 4.7. Farklı ağaç türlerine ait eğilme direnci değerleri .....	46
Çizelge 4.8. Eğilmede elastikiyet modülünün belirlenmesinde elde edilen değerler .....	48
Çizelge 4.9. Farklı ağaç türlerine eğilmede elastikiyet modülü değerleri.....	48
Çizelge 4.10. Liflere paralel basınç direnci değerleri.....	50
Çizelge 4.11. Farklı ağaç türlerine ait LPBD değerleri.....	51
Çizelge 4.12. Liflere dik basınç direnci değerleri.....	52
Çizelge 4.13. Dinamik eğilme (şok) direncinin belirlenmesinde elde edilen değerler ...	55
Çizelge 4.14. Farklı ağaç türlerine ait dinamik eğilme (şok) direnci değerleri.....	55

## 1. GİRİŞ

Günümüzde nüfusun hızlı bir şekilde artması, birçok sektörde önemli hammadde problemini de beraberinde getirmiştir. Bu problem, ağaç konstrüksiyon malzemesi olarak kullanılacak ebatlardaki kerestelerin bulunabilme güçlükleri, bu malzemelerin çeşitli yollarla üretimini zorunlu kılmıştır. Bunun sonucunda daha küçük çaplı ve ekonomik anlamda pek fazla değeri olmayan hızlı gelişen ve az bilinen ağaç türlerinin endüstriyel anlamda kullanılması mümkün hale gelmiştir (Mengeloğlu ve Kurt, 2004).

Ülkemizde odun hammaddesi üretim açığının kapatılması ve giderek artan talebin karşılanması için, mevcut potansiyel alanlarda hızlı gelişen ağaç türleri ile endüstriyel plantasyon tesis etmek ve bu yolla odun üretim miktarını artırmaktan başka çıkar yolu yoktur. Türkiye’de, yerli ve yabancı orjinli hızlı gelişen çeşitli ağaç türleri ile endüstriyel plantasyonlar kurulması mümkündür. Halkımız tarafından yaygın olarak tesis edilen hızlı gelişen ağaç türlerinden kavak ağaçlandırmaları, endüstriyel plantasyonlar için başarılı bir örnek oluşturmaktadır (Birler, 1995).

Doğal çevreye artan ilgi nedeniyle, ağaç malzemedeki elde edilen endüstriyel ürünlerin kullanımında her geçen gün artış görülmektedir. Yapısal alanlarda kullanıma uygun, yük taşıma kabiliyeti yüksek ağaç esaslı malzemelere olan ihtiyaçla birlikte, özellikle keresteye alternatif yeni ürünler piyasaya çıkmıştır. Buna bağlı olarak, hızlı gelişen ağaç türlerinin orman endüstrisine “mühendislik ürünü ağaç malzemeler” (MAM) olarak kazandırılması sağlanmıştır. Bu elde edilen yeni ürünler sayesinde tomruktan yararlanma yüzdesi de artmıştır (Mengeloğlu ve Kurt, 2004).

TAK yapımında kullanılacak odun hammaddesi son kullanım yerinde dış etkilere karşı dayanıklı olmalıdır. Laminasyonda kullanılan yapıştırıcılar, son ürünün özelliklerini belirleme açısından ağaç malzemedeki en önemli etkidir. Yapıştırıcıda kullanılan tutkal, ürünün kullanım alanının belirlenmesinde ve direnç özellikleri üzerinde etkili olmaktadır (Uysal ve ark., 2005).

TAK’ın yapısal amaçlar için kullanımını etkileyen en önemli faktörlerden birisi tutkal ve tutkallama teknolojisidir. Tutkallama sırasında farklı dolgu ve katkı maddelerinin kullanımı, birleştirmelerin farklı geometrilere sahip olması, sertleştirme sırasında/sonrasında oluşan gerilimler, ağaç malzeme yüzeyinin hazırlanması, malzeme kusurları ve tutkal katmanındaki yabancı maddeler gibi faktörler bu işlemleri daha karmaşık hale getirmiştir (Wang, 1996).

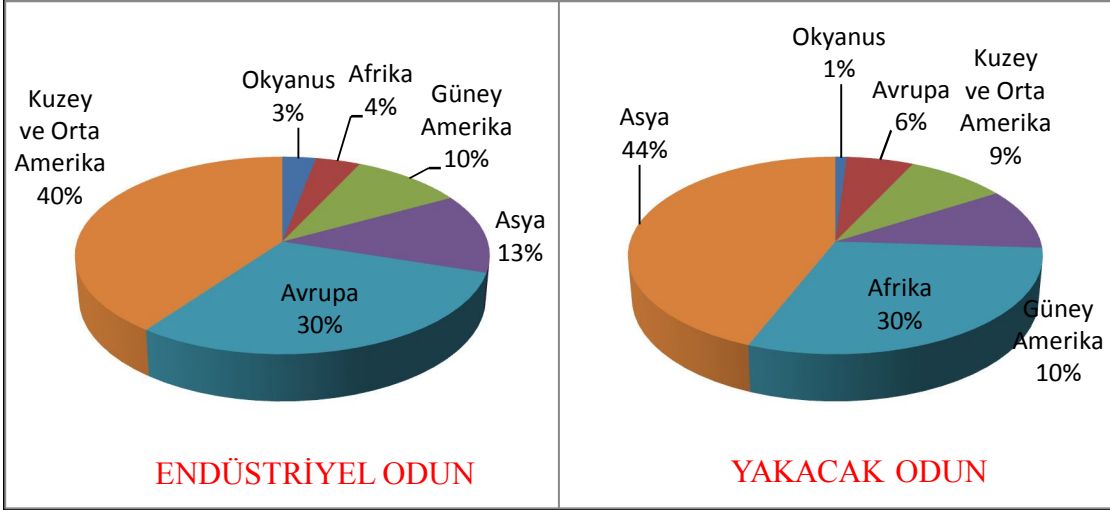
Bu deneysel çalışmanın pratik amacı, TAK üretiminde farklı pres basınçları uygulanması sonucu elde edilen tutkal katman kalınlığının malzemenin fiziksel ve mekanik özellikler üzerindeki etkilerini belirlemektir. Üretim koşullarına bağlı olarak ortaya çıkan farklı tutkal katman kalınlığının TAK'ın güvenilir bir şekilde, yapısal amaçlar için kullanımını nasıl etkileyeceği sorusuna cevap aranmıştır. Proje kapsamında, hızlı gelişen kavak klonu kullanılacağından, sonuçların kavak klonlarının orman endüstrisinde katma değeri yüksek alanlarda daha fazla kullanımını beraberinde getirmesi umulmaktadır. Bu projeden alınacak olumlu sonuçlar ülke ekonomisine katkı sağlayacaktır. Elde edilecek bilimsel veriler, TAK'ın kullanım alanlarının belirlenmesi açısından önemlidir.

### **1.1. Dünya'da Odun Hammaddesi Durumu**

Dünyanın toplam ormanlık alanı 2000 yılı itibariyle, yaklaşık 3,9 milyar hektar olup ormanlık alanın, toplam kara alanına oranı % 29,6'dır. Mevcut ormanların yaklaşık % 95'i doğal ormanlardan, %5'i ise plantasyonlardan oluşmaktadır. En fazla orman alanına sahip kıtalar ve toplam dünya orman alanına oranları itibariyle; Avrupa (%46), Kuzey ve Orta Amerika (%25,7) ve Afrika'dır (%21,8) (Anonim, 2007).

Ormanlar, dünyada yaklaşık 6000 çeşit kullanım yeri bulunan odun hammaddesi üretmektedir. Çeşitli sektörlerce kullanılan bu odun hammaddesi, endüstriyel ve yakacak odun olarak iki ana kategoriye ayrılmaktadır. Endüstriyel odun, kereste üretiminde kullanılan tomruk, levha imalatında kullanılan lif ve yonga odunu, kâğıt ve karton üretimi için odun selülozunda kullanılan kâğıtlık odun, maden ocaklarında değerlendirilen maden direği, enerji nakil hatları ve haberleşmede kullanılan tel direği ile kutu ve sandık imalatında kullanılan ambalajlık odun olarak sınıflandırılmaktadır (Konukçu, 2001).

Dünya endüstriyel odun üretimi sıralamasında, Kuzey ve Orta Amerika %40'lık payıyla birinci sırada gelmektedir. Bunu %30 ile Avrupa, %13 ile Asya, %10 ile Güney Amerika, %4 ile Afrika ve %3 ile Okyanusya takip etmektedir. Yakacak odun üretiminde ise %44 ile Asya başı çekmektedir. Bunu %30'luk payı ile Asya'nın hemen ardından gelen Afrika, %10 ile Güney Amerika, %9 ile Kuzey ve Orta Amerika, %6 ile Avrupa ve %1 ile Okyanusya takip etmektedir (Şekil 1.1). Dünya yuvarlak odun üretimi yıllık 3,4 milyar m<sup>3</sup> civarında olup bunun % 53'ü yakacak odun, % 47'si endüstriyel odundur. Yakacak odunun yaklaşık % 90'ını geliştirmekte olan ülkeler tarafından üretilip tüketilmektedir. Buna karşılık 1,58 milyar m<sup>3</sup> olan dünya endüstriyel odun üretiminin % 79'u gelişmiş ülkeler tarafından üretilmektedir (Kök, 2009).



Şekil 1.1. Dünya odun üretimi (Kök, 2009)

Dünyadaki yıllık uluslararası endüstriyel odun ticareti 123 milyon m<sup>3</sup>, yakacak odun ticareti ise 2,5 milyon m<sup>3</sup> civarında gerçekleşmektedir. Son yıllarda Çin Halk Cumhuriyeti ithalatçı olarak ön plana çıkmış, Fransa ve Almanya'da ihracat artışı ile dikkati çeker hale gelmiştir. Endüstriyel odunda belli başlı ihracatçı ülkeler Rusya Federasyonu, ABD, Y. Zelanda, Malezya, Kanada ve Almanya iken ithalatçı ülkeler arasında Çin, Japonya, Finlandiya ve İsveç gibi ülkeler başta gelmektedir (Anonim, 2007).

## 1.2. Türkiye'de Odun Hammaddesi Durumu

Türkiye'de odun hammaddesi ana arz kaynakları; özel ormanlar, devlet ormanları, özel kesime ait araziler, grup, küme ve sıra halinde yetişmiş ağaç ve ağaçlıklardan oluşan tapulu kesimler, özel sektöre ait hızlı gelişen tür ağaçlandırmaları, diğer ağaç türleri ağaçlandırmaları ve ithalattan oluşmaktadır (Anonim, 2005).

Ülkemizin orman varlığı 21,2 milyon hektar olup toplam ülke yüz ölçümünün % 27,2'sini teşkil etmektedir. Biyolojik çeşitlilik açısından oldukça zengin olan ormanlarımızın yaklaşık yarısı iğne yapraklı, diğer yarısı ise geniş yapraklı türlerden oluşmaktadır. Toplam ağaç serveti 1,3 milyar m<sup>3</sup> olan orman kaynaklarımızın birim alandaki ortalama serveti oldukça düşüktür. Türkiye ormanlarının alansal durumu Çizelge 1.1'de verilmiştir (Anonim, 2007).

Çizelge 1.1. Türkiye Ormanlarının Alansal Durumu (milyon/hektar), (Anonim, 2007)

Niteliği	İğne Yapraklı	Yapraklı	Karışık (İğne yapraklı+ Yapraklı)	Koru Toplam	Baltalık	Toplam Ormanlık Alanı
Normal	6,28	1,29	1,36	8,94	1,68	10,62
Bozuk	5,12	0,53	0,84	6,49	4,06	10,56
Toplam	11,40	1,83	2,20	15,43	5,74	21,18

Ülkemizde ağırlığı doğal işletme ormanları olmak üzere, 2000 yılında üretilen toplam 9,9 milyon m<sup>3</sup> endüstriyel odunun, % 48'i tomruk, % 19'u lif ve yonga odunu, % 15'i kâğıtlık odun, % 4'ü maden direk, % 2'si tel direk ve % 12'si ambalajlık odundur. Yine ülkemizde 2000 yılında, planlı ve plansız, yaklaşık 18 milyon m<sup>3</sup> yakacak odun üretimi gerçekleştirilmiştir (Konukçu, 2001).

Birler'e (2006) göre Türkiye'de sürekli artış gösteren odun hammaddesi üretim açığının kapatılması ve talebin karşılanabilmesi için çeşitli seçeneklerden yararlanmak söz konusudur. Bu seçeneklerden başlıcaları aşağıda belirtilmiştir. Bunlar;

- 1) Odun hammaddesi üretim açığının doğal ormanlardan karşılanması,
- 2) Odun hammaddesi üretim açığının başka ikame maddeleri kullanarak karşılanması,
- 3) Odun hammaddesi üretim açığının ithalat ile karşılanması,
- 4) Odun hammaddesi üretim açığının endüstriyel orman plantasyonlarından karşılanması.

Ülkemizde, endüstriyel plantasyonların teşvik edilerek hızlı gelişen ağaç türleri kullanarak odun hammaddesi üretim açığının kapatılması en önemli çözüm yollarından birisi olarak kabul edilmiştir (Birler, 2006).

Türkiye'de yetişen yerli yapraklı, yerli iğne yapraklı ve yabancı yapraklı hızlı yetişen ağaç türlerine ait bazı örnekler Çizelge 1.2'de gösterilmiştir. Bu türler arasında kavak ön plana çıkmıştır. Türkiye'de kavak ağaçlandırmalarında 10-12 yıllık idare süreleri sonunda yıllık ortalama odun hammaddesi artımının "30-40 m<sup>3</sup> / ha" düzeyine ulaşması ve birim alanda "350-500 m<sup>3</sup> / ha" düzeyinde kavak odunu üretilmesi mümkündür (Birler, 2006).

Çizelge 1.2. Türkiye’de hızlı yetişen ağaç türleri (Birler 2006).

Yerli		Yabancı
Yapraklı	İğne yapraklı	Yapraklı
Titrek kavak ( <i>P.tremula</i> ), Kara kavak ( <i>P.nigra</i> ), Söğüt türleri ( <i>Salix sp.</i> ), Kızılağaç ( <i>Alnus sp.</i> ), Dişbudak ( <i>Fraxinus sp.</i> ), Ihlamur ( <i>Tilia sp.</i> ), Kayın ( <i>Fagus sp.</i> ) Akçaağaç ( <i>Acer sp.</i> ) Servi (Asya) Kavağı ( <i>Populus usbekistanica</i> ),	Kızılçam ( <i>Pinus brutia</i> ), Fıstıkçamı ( <i>Pinus pinea</i> ), Toros sediri ( <i>Cedrus libani</i> ), Servi ( <i>Cupressus sp.</i> ), Halep çamı ( <i>P.halepensis</i> )	Doğu kavağı ( <i>Populus deltoides</i> ), Kırmızı sıtma ağacı ( <i>Eucolaptus camaldulensis</i> ), Yalancı akasya ( <i>Robinia pseudoacacia</i> ) Melez Kavağı ( <i>Populus x euramaricana</i> ) Pavlonya Türleri

Hızlı gelişen tür endüstriyel plantasyonlarının ülkemize sağlayacağı fırsatlar ve kazanımlar Kaplan (2006) tarafından aşağıdaki gibi verilmiştir;

1. Gelişme potansiyeline sahip levha sanayisinin daha ucuz ve yakın mesafeden hammadde temin etmesiyle rekabet gücü kazanmasına ve daha da büyümesine önemli katkı sağlayabilecektir.
2. Son dönemde ucuz mamul ithalatıyla kapanma noktasına gelen kâğıt sanayisinin kâğıtlık odundan selüloz veya odun hamuru üreten bölümüne katkı sağlayabilecektir.
3. Kusursuz küçük ebatlı ağaç malzemelerin birleştirilmesiyle büyük ebatlı masif ağaç malzeme kalitesine ulaşılabilmektedir. Bu gelişmeler de hızlı gelişen tür plantasyonlarından elde edilen ürünlerin kullanımını sınırlı da olsa artırmaktadır.
4. Endüstriyel plantasyonların oluşturulması ile ülkemiz orman varlığının artırılmasına katkıda bulunacaktır.

### 1.3. Orman Endüstrisinde Kullanılan Sentetik Tutkallar

Tutkal veya yapıştırıcılar, yüzeylerini birleştirmek suretiyle değişik maddeleri birbirine bağlayan veya tutturan, inorganik veya organik, tabii veya sentetik maddeler olarak tanımlamaktadır (TS 93,1994).

TS 93 (1994) sentetik tutkalları, çoğunlukla bir, iki veya bazen üç basit bileşiğin kondenzasyonu veya polimerizasyonu ile üretilen amorf organik maddeler olarak tanımlamaktadır. Bu tanım, aynı zamanda kimyasal olarak modifiye edilmiş doğal tutkallar için de geçerlidir. Sentetik tutkalların özellikleri, temel hammadde oranlarına ve imalat şartlarına bağlı olarak geniş ölçüde değişebilir. Bütün sentetik tutkallar, genel olarak

termoplastik ve termoset olarak iki sınıfa ayrılır. Diğer bir sınıflandırma ise fenolik ve aminoplastik sentetik tutkallar olarak yapılmaktadır (TS 93, 1994).

TS EN 301 (1995)'e göre sentetik reçineli tutkallar, bileşiminde esas olarak fenolik ve aminoplastik tipi sentetik reçinelerden birisini veya her ikisini içeren ve kullanılmadan önce üreticinin talimatlarına uygun olarak ilave edilmesi gerekli olabilen herhangi bir sertleştirici, dolgu maddesi, mukavemet kazandırıcı gibi katkı maddeleri bulunduran yapıştırıcılardır.

Fenolik sentetik reçine; fenol, kresol, ksilenol, resorsinol gibi fenolik bileşiğin veya fenolik bileşiklerin karışımının formaldehit, furfuraldehit gibi bir aldehit veya aldehitlerin karışımı ile kondenzasyon reaksiyonundan elde edilen reçinedir (TS EN 301, 1995).

Aminoplastik sentetik reçine; üre, tiyoüre, melamin veya türevlerinin ya da bunların karışımları gibi amino grubu ihtiva eden bileşiklerin formaldehit ile kondenzasyon reaksiyonundan elde edilen reçinedir (TS EN 301, 1995).

### **1.3.1. Termoset Tutkallar**

Orman endüstrisinde kullanılan termoset tutkallar genellikle üre formaldehit (ÜF), fenol formaldehit (FF), melamin formaldehit (MF), rezorsin formaldehit (RF), melamin üre formaldehit (MÜF) ve izosiyanat tutkallarıdır. Araştırma kapsamında kullanılan FF ve MÜF tutkalı hakkında genel bilgi verilmiştir.

#### **1.3.1.1. Fenol Formaldehit Tutkalı**

Fenol ve formaldehitin kondenzasyonu asidik veya alkali ortamda gerçekleşir ve sonuçta novalak ve resol adlı tutkallar oluşur (Kalaycıoğlu ve Özen, 2010).

Formaldehit/Fenol < 1 olmak üzere fenol ile formaldehit'in asidik katalizörler yardımı ile kondense edilmesinden elde edilen fenol reçinesine novalak adı verilmekte olup, organik alkali çözücülerde çözünmektedir ve kullanılacağı zaman novalak'a paraformaldehit katılmaktadır (Fidan, 2005).

Formaldehit/Fenol > 1 (1,5-2) olmak üzere fenol ile formaldehit'in alkali katalizörler yardımı ile kondense edilmesinden elde edilen fenol reçinesine ise resol denilmektedir. Fenol ve formaldehit çözeltileri yukarıdaki oranlarda karıştırıldıktan sonra reaksiyona başlayabilmesi için çözeltinin pH değerinin çok yüksek olması gerekir ki bu genellikle çözeltiliye NaOH ilavesi ile sağlanır. Reaksiyon hızı, yükselen pH değeri ile artar ve kondenzasyon üç aşamada tamamlanır (Fidan, 2005).

FF'nin sertleşmesi için gerekli olan sıcaklık ÜF tutkalından daha fazladır. Levhanın orta kısmındaki pres sıcaklığı 120-150 °C olmalı ve pres levhalarının sıcaklığı ise 200°C'ye ulaşmalıdır (Bozkurt ve Göker, 1990).

Tabakalı ağaç malzemenin yapıştırılmasında kullanılan sıvı tutkalın katı madde miktarı % 40'tır (Kalaycıoğlu ve Özen, 2010). Genel olarak fenolik tutkallar her türlü koşullar altında yüksek direnç özelliğine sahip bulunmaktadır. Uzun zaman açık hava şartlarına maruz kalmaları halinde dahi gözle görülen herhangi bir bozulma ve değişiklik meydana gelmemektedir (Huş, 1977).

### **1.3.1.2. Melamin-Üre Formaldehit Tutkalı**

MÜF reçinesi, sıcak pres tutkallarının özel bir grubudur. Bu tutkalın MF reçinesine göre alternatif olarak kullanımı daha dikkat çekicidir. Çünkü fiyatı MF reçinesine göre daha ucuzdur. Kuru toz halindeki üre ve melamin reçinelerinin karışımıyla veya iki ayrı reçinenin solüsyon halindeki karışımıyla üretilmektedir. Su, dış hava şartlarına ve rutubetli iç mekân şartlarına karşı ÜF tutkallarına göre daha dirençli bir tutkaldır. (Pizzi, 1994).

MÜF tutkalı üretiminde yaklaşık % 90 melamin, tutkal üretimine katılır. Tutkal üç aşamada üretilir. Birinci aşama olarak melamin 6 mol formaldehit ile reaksiyona girer. İkinci aşamada melamin, ÜF ile reaksiyona girerek büyük moleküllü köprüler oluşturur. Üçüncü aşamada ise son kez üre ilavesi yapılır ve tutkal ÜF'ye benzer. Son ürenin ilave edilmesiyle molar oranı, serbest formaldehit miktarı, viskozite ve formaldehit emisyonu azalır. MÜF tutkalının formaldehit emisyonu ÜF tutkalından daha düşüktür ve daha fazla higroskopisiteye sahiptir (Kalaycıoğlu ve Özen, 2010).

MÜF reçineleri daha çok iç ortamlardaki rutubetli yerlerde değerlendirilecek odun levhalarının üretiminde, düşük ve yüksek basınçlı kâğıt laminatların hazırlanmasında ve yapıştırılmasında kullanılmaktadır. ÜF reçinesine göre en önemli üstünlüğü suya karşı çok daha dirençli olmasıdır. MF tutkalı oldukça pahalıdır. Bundan dolayı üre ilavesi ile elde edilen MÜF reçinelerinin fiyatları düşürülmüş bulunmaktadır. Yaygın kullanımı ve ekonomik önemine rağmen, ÜF tutkalına göre, bu yapıştırıcıya literatürde daha az yer ayrılmıştır (Çolakoğlu, 2002).

#### 1.4. Mühendislik Ürünü Ağaç Malzemeler

Dünya üzerinde en fazla fiyat artışına uğrayan malzemelerden biri olan kerestelerin; orman kesiminde uygulanan kısıtlamalar, çevre kuruluşlarının oluşturduğu baskılar, orman alanlarındaki azalmalar dolayısıyla tedarik edilmesi her geçen gün daha da güç hale gelmiştir. Fiyatlardaki bu artış ve bununla birlikte ağaç konstrüksiyon malzemesi olarak kullanılacak boyutlarda kerestelerin bulunabilme güçlükleri bu malzemelerin değişik yollarla üretimini zorunlu hale getirmiştir. Böylece daha küçük çaplı ve ekonomik anlamda pek fazla değeri olmayan ağaçların orman endüstrisine “mühendislik ürünü ağaç malzemeler” (MAM) olarak kazandırılması sağlanmıştır. MAM’lar, yapısal amaçlar için kullanılan kerestenin ve diğer ağaç esaslı malzemelerin en önemli alternatifidir (Mengeloğlu ve Kurt, 2004). Aşağıdaki Şekil 1.2’de bazı MAM’ların genel görünüşleri verilmiştir (URL2).



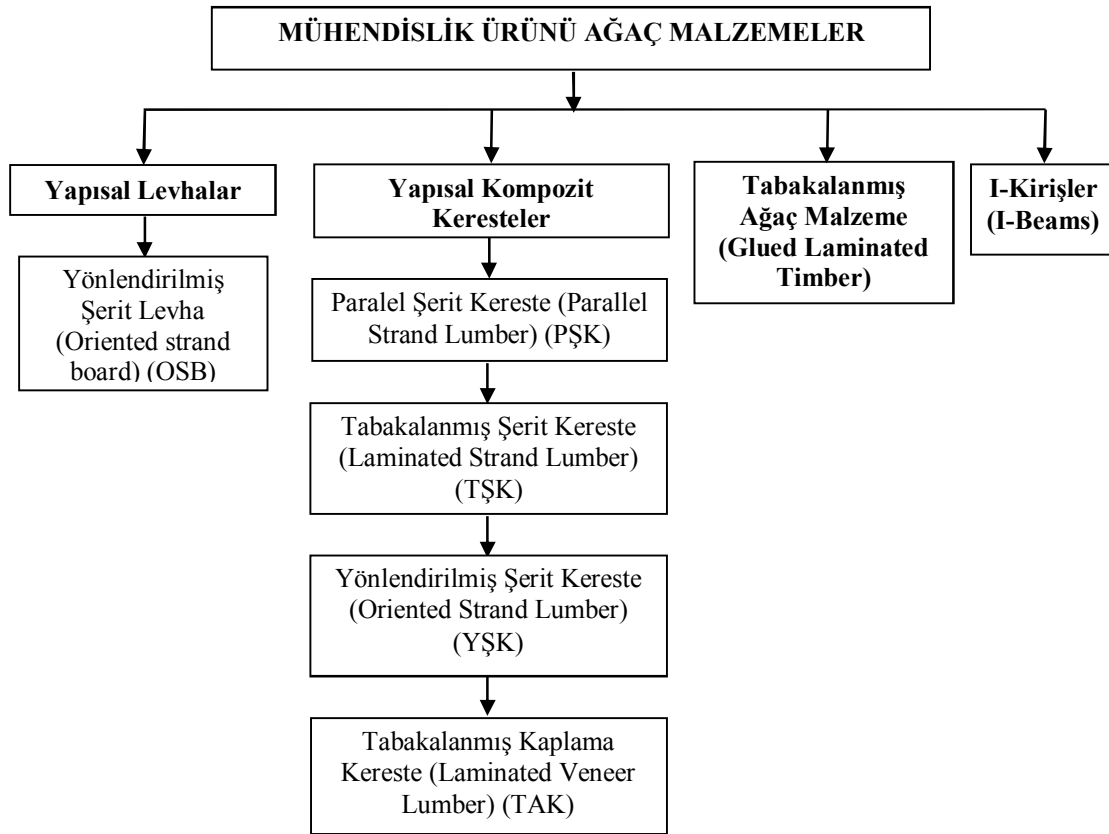
Şekil 1.2. MAM’ların görsel görünümü (URL2)

MAM’ların ortaya çıkışındaki nedenler Amerikan Kontrplak Derneği tarafından aşağıdaki şekilde açıklanmıştır (Kurt ve ark., 2003). Bunlar;

1. Kaynak sağlama yollarının değişmesi
2. Üretim tekniklerindeki yenilik
3. Çevresel koşulları göz önünde bulundurma
4. Yüksek kaliteli malzeme ihtiyacı
5. Endüstri standartları

MAM grubunda bulunan yapısal kompozit keresteler ahşap elemanların suya dayanıklı tutkallarla kereste şeklinde birleştirilmesiyle oluşturulan ürünlerdir. Hem iğne yapraklı hem de yapraklı ağaç odunlarından ticari olarak üretilmektedirler (Haygreen ve Bowyer, 2007).

Odun kompozitleri ile ilgili literatürde değişik sınıflandırmalar yapılmıştır. Bunlardan yararlanılarak odun kompozitleri aşağıdaki gibi Şekil 1.3'te sınıflandırılmıştır (Amerikan Kontrplak Derneği, 2001).



Şekil 1.3. Odun kompozitlerinin sınıflandırılması (Amerikan Kontrplak Derneği, 2001).

MAM'ların ağaç malzemeye göre sağladığı bazı avantajlar aşağıdaki şekilde özetlenmiştir (Berglund ve Rowell, 2007). Bunlar;

1. Daha küçük boyutlardaki ağaçların kullanılabilmesi.
2. Üretim sırasında oluşan artıkların değerlendirilebilmesi.
3. Ağaç malzemedeki doğal olarak bulunan kusurların (çürüklük, budak vb.) arındırılması veya dağıtılması, böylece direnç özellikleri daha iyi malzemelerin üretilebilmesi.
4. Daha az boyut değiştiren malzemelerin üretilebilmesi.

5. Kompozit malzemeleri daha da geliştirerek keresteye göre daha iyi fiziksel ve mekanik özellikler taşıyan ürünler üretilebilmesi.
6. Ürün boyutları üretim ve makineler tarafından kısıtlanmayarak, istenilen boyutlarda kompozit malzemeler elde edilebilmesi.

MAM'ların bazı dezavantajları ise üretilmeleri, depolanmaları için daha fazla yatırımın gerekli olması ve aynı boyutlardaki bir keresteye göre daha ağır olmaları olarak özetlenebilir (Çavuş, 2008).

#### **1.4.1. Yapısal Kompozit Keresteler**

Yapısal kompozit keresteler MAM'ların en önemli gruplarından birisidir. Keresteye alternatif ürünler oluşturmak için kaplama şeritlerinin, kaplamaların yada diğer küçük odun parçalarının yapısal yapıştırıcılar ile basınç altında yapıştırılmasıyla oluşur. Yapısal kompozit keresteler, ağaç malzemeyi keresteye göre çok daha etkili ve verimli olarak kullanabilirler. Keresteler ağaç malzemenin yaklaşık % 40'nı, TAK % 52'sini, PŞK % 64'ünü ve TŞK ise % 76'sını kullanır. Keresteye benzer bu ürünler kerestenin kullanıldığı bütün uygulamalarda (direk, kiriş, kolon, bağlantı, döşeme kirişi vb.) kullanılabilirler (Nelson, 1997).

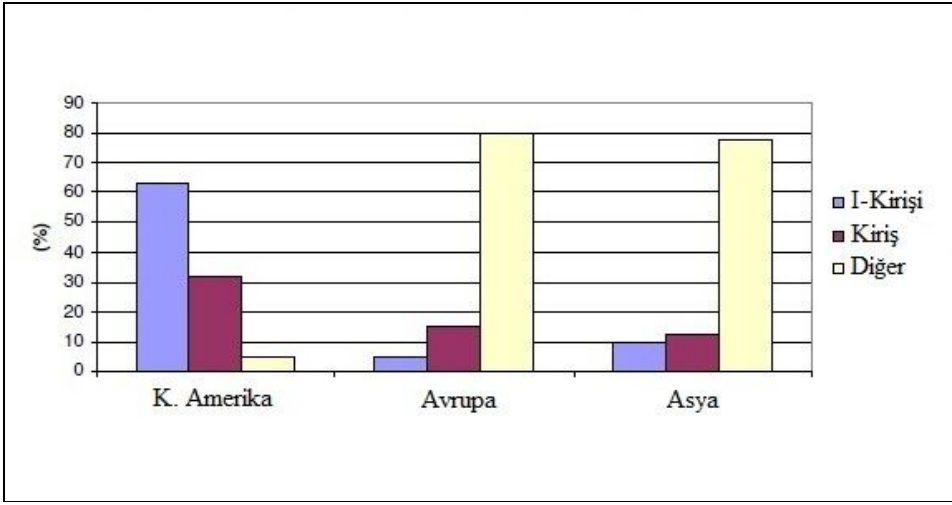
##### **1.4.1.1. Tabakalanmış Kaplama Kereste (TAK)**

TAK; tabakalı kaplama kereste, lamine kaplama kereste ya da İngilizce orjinal adıyla laminated veneer lumber (LVL) olarak adlandırılmaktadır. TAK üretilmiş ve ticari olarak bilinen en önemli yapısal kompozit kerestelerdendir. TAK belirli özelliklerdeki tomruklardan genellikle soyma yöntemiyle elde edilen kaplama levhaların lifleri birbirine paralel olacak şekilde tutkalanıp basınç ve sıcaklık (tutkal türüne bağlı olarak) altında preslenmesi ile elde edilen ürün olarak tanımlanabilir (Mengeloğlu ve Kurt, 2004).

Kuzey Amerika'da TAK ve yapısal kontrplakların üretimi için sadece termoset tutkallar kullanılmaktadır. TAK endüstrisinde öncelikli olarak FF tutkalı kullanılmıştır. FF su geçirmezlik özelliği ile yapısal kompozit kerestelerin kullanımında oldukça önemlidir (Haygreen ve Bowyer, 2007).

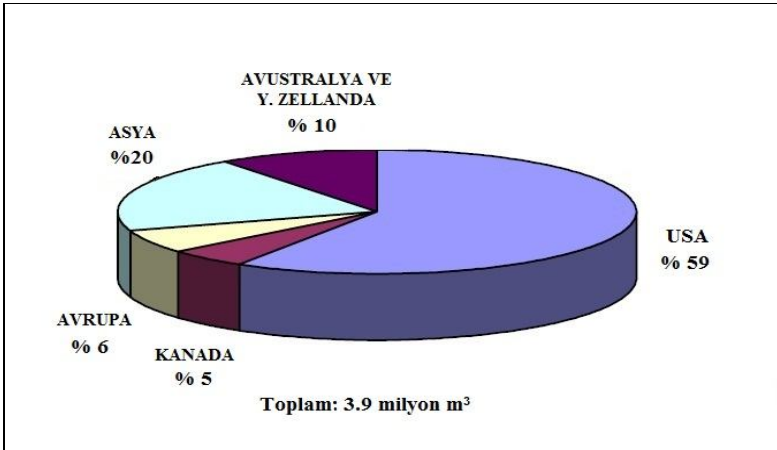
Japonya TAK'da büyük bir tüketici olmasına rağmen, esas üretici ve tüketici Kuzey Amerika'dır. Aşağıdaki Şekil 1.4'de görüldüğü üzere Dünya' da TAK üretiminin büyük bir kısmı % 64' lük bir oranla Kuzey Amerika'dadır (USA ve Kanada) (URL4). TAK, Kuzey Amerika'da son kullanım yeri olarak yük taşıma amaçlı uygulamalarda, genellikle

I-kirişlerin üretiminde kullanılır (Şekil 1.4). Diğer ülkelerde kiriş ve diğer amaçlar için kullanılmaktadır.



Şekil 1.4. 2000 yılında Dünya pazarında TAK kullanım alanlarının dağılımı (URL3)

Kuzey Amerika'da, TAK'ların %95'i sarıçam ya da duglas göknarı gibi türlerden üretilir. TAK'lar genellikle kontrplak üretim prosesi ile üretilirler (URL3).

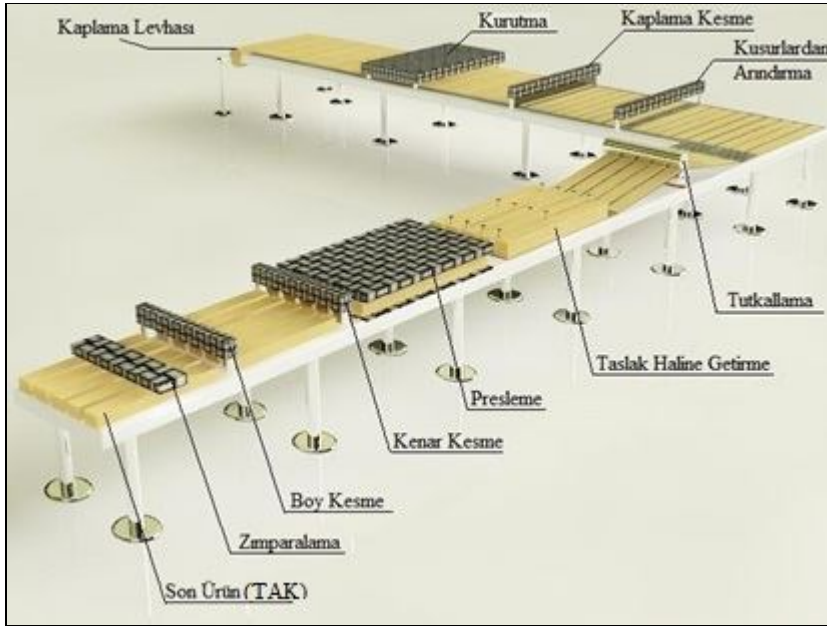


Şekil 1.5. 2002 yılında Dünya'daki TAK üretim kapasitesi (URL4)

#### 1.4.1.1.1. Tabakalanmış Kaplama Kereste (TAK) Üretimi ve Kullanım Alanları

TAK, 1,5-6 mm kalınlığındaki kurutulmuş kaplamalar, suya dayanıklı yapısal tutkallarla tutkalandıktan sonra (genellikle FF) (170-195 gr/m<sup>2</sup> aralığında) lifleri birbirine paralel olarak yerleştirilerek taslak haline getirilir ve (düşük kalitedeki kaplamalar iç tabakalara, yüksek kalitedeki kaplamalar yüze) yüksek sıcaklık ve basınç altında preslenir. Presleme, sabit veya sürekli olarak uygulanabilir. Sabit preste çıkan ürünün boyutları 1.22 m genişliğinde ve 24.4 m uzunluğundadır. Sürekli preste ise istenilen boyutlarda ürün üretilir (Haygreen ve Bowyer, 2007).

TAK üretiminde üretim süreci Şekil 1.6’da şematik olarak gösterilmiştir (Geoffrey, 2003).



Şekil 1.6. TAK üretim iş akışı (Geoffrey, 2003)

Son kullanım yerine göre TAK’ların iki ana tip kullanımı vardır. Bunlar;

1. Yük taşıma amaçlı olmayan TAK’nin kullanım alanları

Masif ağaç malzemeye göre, estetik, ekonomik ve teknolojik özellikleri bakımından daha üstün olan TAK özellikle renksiz bir yapıştırıcı kullanılarak dolap, kapı, pencere kısımları, mobilya ve diğer doğrama kısımlarında tercih edilmektedir (Haygreen ve Bowyer, 2007). TAK’ların kullanım alanlarında bazı örnekleri Şekil 1.7’de gösterilmiştir (URL5).

TAK; kereste, plastik, MDF ve yonga levha ile görünüm, işlenebilirlik, boyutsal sabitlik ve fiyat açısından rekabet edebilmektedir (URL3).



Şekil 1.7. TAK’ın merdiven ve pencerede kullanımı (URL5)

## 2. Yük taşıma amaçlı TAK'ların kullanım alanları

TAK yapı elemanı olarak I-kiriş üretiminde (Kuzey Amerika'da TAK üretiminin yaklaşık %50'si), büyük pencereler ve garaj kapılarının üzerindeki bağlantılarda, iskele plakalarında, inşaat kirişlerinde ve yüksek direnç istenen uygulamalarda kullanılabilir (Haygreen ve Bowyer, 2007).

Yapı elemanı olarak kolon ve kirişlerde kullanılabildiği gibi, ayrıca kaplama levhaların sıcak ve soğuk kalıp preste yüksek basınç altında, eğimli veya düz olarak yapılandırılması ile özellikle yüksek statik ve dinamik kuvvetlere maruz bırakılan mobilyalarda kullanılabilir (Döngel, 1999).

Yapılarda taşıma amaçlı TAK, büyük boyutlu kereste, çelik ve betonla; direnç, ağırlık, boyutsal sabitlik ve fiyat açısından rekabet edebilmektedir (URL3). Yük taşıma amaçlı TAK'ın bazı kullanım örnekleri Şekil 1.8'de gösterilmiştir (URL6).



Şekil 1.8. TAK'ın yapıarda yük taşıma amaçlı çeşitli kullanım alanları (URL6)

### 1.4.1.1.2. TAK'ın Avantajları ve Dezavantajları

TAK'ların kerestelere göre sağlamış olduğu bazı önemli avantajlar aşağıdaki gibi sıralanabilir.

1. Keresteler, kusur itibarıyla homojen değildir bu yüzden sınıflara ayrılmışlardır. Kereste, yıllık halka yönüne, budak boyutuna ve doğal kusurlarına göre farklılıklar gösterir. TAK ise daha homojen yapıya sahiptir. Budaklar ve özürü kısımlar, kaplamalardan TAK üretimi öncesinde arındırılmışlar ya da üretim esnasında levha içerisinde dağıtılmışlardır (Mengeloğlu ve Kurt, 2004).

2. TAK'lar, gerek mimari açıdan gerekse mühendislik açısından istenilen stilde ve sınırsız formlarda çalışma olanağı sağlamaktadır (Haygreen ve Bowyer, 2007).

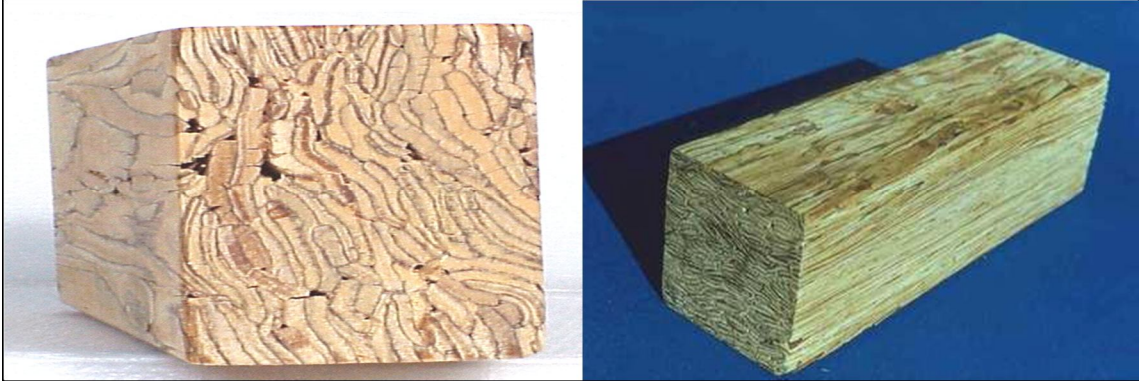
3. TAK üretiminde kullanılan kaplamalar kolay ve ekonomik olarak kurutulabilmektedirler. Büyük boyutlu keresteler ise kısa sürede kurutulamamakta ve ek bir kurutma maliyeti meydana getirmektedir (Şenay, 1996).
4. Kereste gibi tek parçadan oluşmadıkları ve küçük kaplamaların birleştirilmesiyle elde edildikleri için ağaç malzeme kaynaklarının verimli bir şekilde kullanılmasını sağlarlar (Mengeloğlu ve Kurt, 2004).
5. TAK'lar aynı boyuttaki keresteye göre aynı yüklere karşı daha fazla dirençlidir. Bu yüzden aynı kalınlıktaki TAK, keresteye göre daha uzun dayanak açıklığında gerekli yükü taşıyabilir ya da aynı yük daha ince bir TAK ile taşınabilir (Mengeloğlu ve Kurt, 2004).
6. TAK'lar keresteye göre homojen ve iyi kontrol edilebilen rutubet içeriğine sahiptir (Haygreen ve Bowyer, 2007).

TAK'ların kerestelere göre bazı önemli dezavantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir.

1. TAK'ların maliyeti keresteye göre daha yüksektir (Haygreen ve Bowyer, 2007).
2. TAK'ların direnci, birleştirmelerde ve yapıştırımda kullanılan tutkalın kalitesine bağlıdır. Yapısal tutkalların maliyetinin yüksek olması ek bir maliyet getirmektedir (Şenay, 1996).
3. Büyük boyutlu kavisli taşıyıcı elemanların nakliyesi sırasında büyük güçlüklerle karşılaşmaktadır (Şenay, 1996).
4. TAK'lar depolama sırasında, kullanım yerlerinde ve kullanıldıktan sonra, hava ve neme karşı korunmalıdır (Mengeloğlu ve Kurt, 2004).

#### **1.4.1.2. Paralel Şerit Kereste (PŞK)**

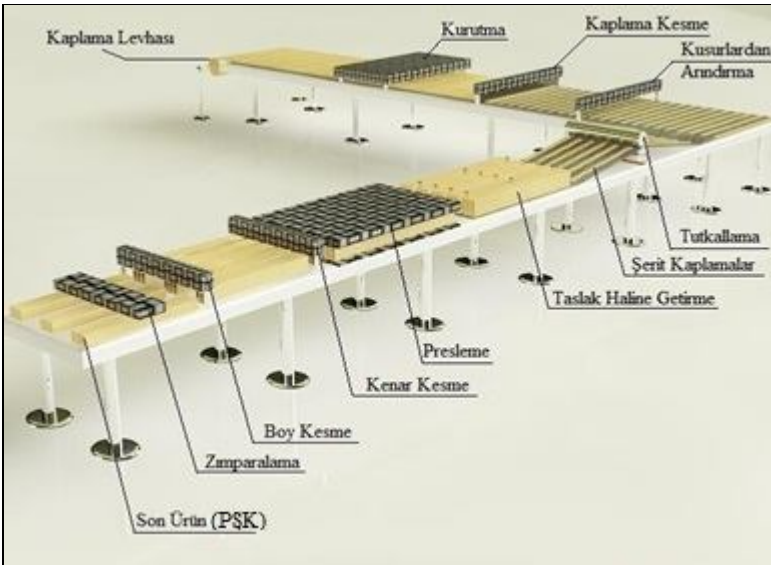
PŞK, 1970'lerde Kanada'da MacMillan Bloedel şirketi tarafından küçük çaplı tomruklar veya düşük kaliteli keresteleri direnç özellikleri yüksek keresteye dönüştürebilme girişiminin sonucunda geliştirilmiştir. PŞK, Parallam ticari adıyla ilk olarak 1984 yılında pazara sunulmuş ve değişik endüstrilerde kullanılmaya başlanmıştır (Nelson, 1997). PŞK'nın genel görünümü Şekil 1.9'da gösterilmiştir (URL7).



Şekil 1.9. PŞK'nın genel görünümü (URL7)

PŞK; ABD'de iki, Kanada da bir fabrikada üretilmektedir. Kaplama parçalarının büyük boyutlu parçalar haline getirilerek birbirine paralel yapıştırılmasıyla ticari kereste ebatlarında üretilen kompozit bir malzemedir. Üretilen malzemenin maksimum enine kesit boyutları 280x485 mm kadar olup, 20 m ye kadar üretilmektedir (Nelson, 1997).

TAK üretiminde olduğu gibi önce yaklaşık 3 mm kalınlıktaki soyma kaplamalar üretilmektedir. Daha sonra sonsuz bant halindeki kaplamalar, yaklaşık 20 mm genişlikte kesilerek şerit haline getirilmektedir. Kaplama şerit uzunlukları ise en az 600 mm'dir. Genellikle dış ortamlara ve suya dayanıklı uygulamalar için FF tutkalı kullanılmaktadır. Oluşturulan taslak sürekli preslerde sıkıştırılmaktadır. Preslerde kullanılan özel ekipmanlar sayesinde kaplama şeritleri kusursuz bir şekilde yönlendirilmekte ve yayılmaktadır. Kuzey Amerika'da genellikle bazı iğne yapraklı ağaçlar ve Amerikan lale ağacı tomruklarından üretilmektedir (Çolakoğlu, 2005). Paralel Şerit Kereste üretiminin şematik olarak görünüşü Şekil 1.10'da verilmiştir (Geoffrey, 2003).



Şekil 1.10. PŞK Üretimi (Geoffrey, 2003)

PŞK'nın avantajları aşağıdaki gibidir (Nelson, 1997);

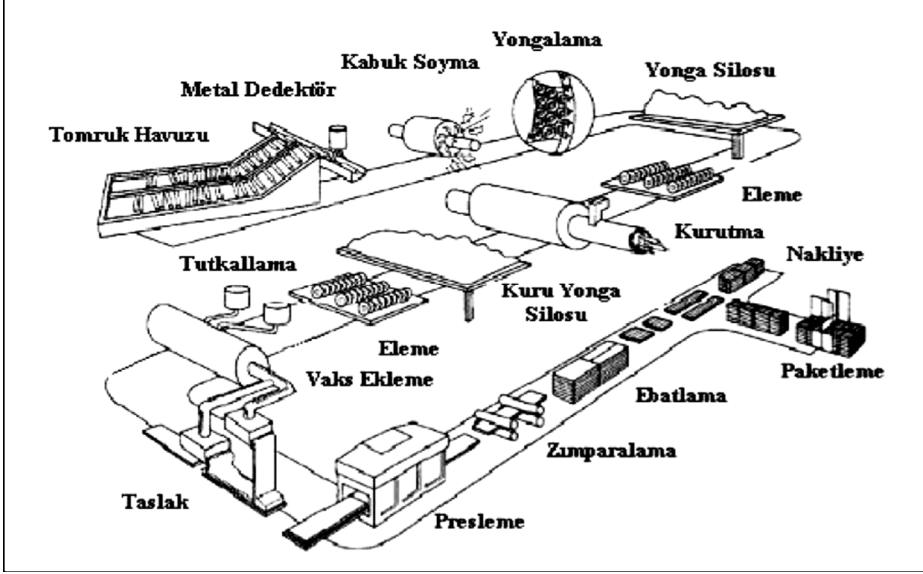
1. PŞK'da normal kerestede görülen budak ve lif kıvrıklığı gibi kusurlara az rastlanır ve bu özellikleri kereste ile karşılaştırıldığında daha homojen yapıya sahiptir.
2. PŞK, koruyucu ve yanma geciktirici emprenye madde uygulamalarını hızlı kabul eder.
3. PŞK, TAK için bilinen avantajların tümüne sahiptir.
4. PŞK üretiminde, ağaç malzeme daha verimli kullanılır.
5. Taşıma kurallarının elverdiği boyutlara kadar üretilebilirler.

PŞK'nın dezavantajları aşağıdaki gibidir (Nelson, 1997);

1. PŞK teknolojisi, tomrukların soyulabilmesi ile sınırlıdır.
2. Üretimle ilgili konularda profesyonel mühendislere ihtiyaç duyulur.
3. PŞK aynı boyuttaki kereste yada tabakalanmış ağaç malzemedenden (TAM) daha ağırdır.
4. Geniş ebatları yüzünden, birleştirmelerin metal plaka ve cıvata ile yapılması gereklidir.
5. PŞK üretiminde kullanılan kaplama şeritleri tutkallanarak basınç altında yapıştırıldığından, keresteye göre yoğunluğu daha fazladır ve bu durum makinelerle işlenmesini zorlaştırmaktadır.

#### **1.4.1.3. Tabakalanmış Şerit Kereste (TŞK)**

Görünüş olarak yönlendirilmiş yonga levhaya (OSB) benzemektedir fakat üretiminde daha uzun yongalar kullanılır. OSB üretim teknolojisinin biraz daha geliştirilmiş şekliyle üretilir. Üretiminde kullanılan şerit yongaların uzunluğu 300 mm kadardır. Yongaların kalınlığı ise 0,7 mm ile 1,2 mm arasındadır. Uzun şerit yongalar bitmiş ürünün uzunluk yönüne paralel olarak dizilirler. Bu nedenle TŞK'nın boyuna yönündeki direnci yüksektir. TAK ve PŞK'nın aksine, TŞK üretiminde kullanılan tomrukların, geniş çaplı ve silindirik olmasına gerek yoktur. Genelde hızlı gelişen kavak ve söğüt gibi ağaçlar kullanılır (Nelson, 1997). TŞK'nın üretim aşamaları Şekil 1.11'de gösterilmiştir (Nelson, 1997).



Şekil 1.11. TŞK üretim hattı (Nelson, 1997)

TŞK, konut ve ticari yapılarda taşıyıcı eleman olarak kullanılabilir. TŞK'nın bazı kullanım örnekleri Şekil 1.12'de gösterilmiştir (URL8).



Şekil 1.12. TŞK'nın genel görünümü ve çeşitli kullanım alanları (URL8)

Tabakalanmış şerit kerestenin bazı avantajları Nelson'a (1997) göre aşağıdaki gibidir;

1. TŞK'nın üretimi, TAK ve PŞK gibi soyulabilir tomruklarla sınırlı değildir.
2. TŞK'nın üretiminde; küçük, eğri tomruklar, bodur ağaçlar, sarı kavak ve hızlı gelişen ağaç türleri kullanılabilir. Bundan dolayı TŞK teknolojisi diğer yapısal kompozit kereste teknolojilerine göre ağaç malzemeyi daha verimli kullanır.
3. TŞK'nın birleştirme gücü, çivi tutması, mekanik birleştirme performansı çok iyidir. Ayrıca PŞK ve TAK'ın avantajları da bu avantajlara dahil edilebilir.

TŞK'nın dezavantajları ise; diğer yapısal kompozit kereste ürünlerinde olduğu gibi üretim için büyük bir yatırım gerektirmesi ve buharlama enjeksiyon sistemiyle presleme sonucu TŞK'nın yoğunluğunu arttırdığından dolayı boyutsal sabitlik özelliklerinden kalınlığına şişme, TAK ve PŞK kadar iyi değildir (Nelson, 1997).

#### 1.4.1.4. Yönlendirilmiş Şerit Kereste (YŞK)

YŞK diğer ürünlere nazaran daha yeni bir üründür ve halen geliştirilmektedir. YŞK, TŞK'dan farklı olarak 150 mm uzunluktaki yongalardan üretilmektedir. Tüm şeritler boyuna yönüne paralel olarak yönlendirilmekte ve ürünün her yerinde homojen bir yoğunluk sağlanacak şekilde ve nispeten kısa sürede preslenmektedir. Bu ürünler mimari açıdan pencere ve kapılarda, mobilya kısımlarında ve diğer özel ürün uygulamalarında kullanılabilir. Bu ürünün gelecekte yapısal kompozit keresteler piyasasındaki diğer ürünlere alternatif olacağı düşünülmektedir (Haygreen ve Bowyer 2007). YŞK'nın genel görünümü Şekil 1.13'te gösterilmiştir (URL9).



Şekil 1.13. YŞK'nın genel görünümü (URL9)

#### 1.5. Pres Basıncı, Pres Süresi ve Tutkal Katman Kalınlığı

Ağaç malzeme fiziksel ve mekanik özellikleri etkileyen faktörlerden birisi de tutkal ile ilgili faktörlerdir. Bunlar, yapıştırıcı türü ve karakteristikleri, tutkal karışım formülü (viskozite, dolgu ve katkı maddesinin miktarları) ve yüzeye sürülen tutkal miktarı (tutkal katman kalınlığı) ve uygulama şeklidir. En uygun değerler tutkal-odun ve dolgu maddesi cinsine ve pres teknolojisine bağlı olarak denemelerle belirlenmiştir (Çolakoğlu, 1998).

Yapıştırılacak ağaç malzeme iyi adezyon sağlanması için basınç gereklidir. Basınç, tutkalın yapıştırılan yüzeye tam temasını sağlarken, ince bir tutkal katmanı oluşmasına yardımcı olur. Ayrıca tutkalın açık hücre boşluklarına girmesini ve en önemlisi

tutkal sertleşene kadar birleştirilecek iki ağaç malzemenin aynı pozisyonda tutulmasını sağlar. Uygulanan basınç, sıkılacak parçanın her noktasında homojen olmalı ve tutkal hattında eşit kalınlıkta ince bir film katmanı oluşturacak şekilde ayarlanmalıdır. Pres basıncı, ağaç cinsi ve yüzey özelliklerine göre değişir. Farklı ağaç türlerinin aynı anda preslenmesi halinde pres basıncı yumuşak oduna göre belirlenir. Ağaç türüne göre pres basınçları yumuşak ağaçlarda  $0,8-1 \text{ N/mm}^2$ , sert ağaçlarda ise  $0,2 - 1,6 \text{ N/mm}^2$  arasında olmalıdır (Göker ve Bozkurt, 1986).

Düzgün yüzeyli parçaların yapıştırılmasında yeterli basınç uygulandığında, tutkalın bir yüzeyden diğer yüzeye transferi yeknesak olmakta ve yapışma direnci en iyi sonucu vermektedir. Sonuçta oluşan tutkal katman kalınlığı ideal olmaktadır (Yörür, 2007).

Soğuk preslemede uygulanan pres süresi, tutkal çeşidine ve ortamın sıcaklığına göre değişmektedir. Sıcak preslemede ise tutkalın çeşidinden başka, uygulanan sıcaklık ve preslenecek parça kalınlığı da presleme süresini etkilemektedir (Göker ve Bozkurt, 1986).

Ağaç malzeme birleştirmelerinde tutkal katman kalınlığı genellikle  $0,05-0,013 \text{ mm}$  arasındadır (Cockrel ve Bruce, 1946), ancak bu kalınlık tutkal, ağaç malzeme, basınç metotları ve tutkallama koşullarına göre  $0,18 \text{ mm}$ 'ye kadar çıkabilmektedir. Üretim sırasında bu kalınlık sıklıkla meydana gelebilir. Kalın tutkal katman kalınlığı aşağıdaki nedenlerden dolayı oluşabilir;

- A. Ağaç malzemedeki kalınlık değişkenliği (Cockrel ve Bruce, 1946)
- B. Yetersiz basınç (işkence, pres, çivi yada vida ile) (Cockrel ve Bruce, 1946)
- C. Uzun birleştirme zamanı (makine/alet kullanmadan tutkal sürmede görülür) (Bergin, 1969)
- D. Ağaç malzeme yüzeyinin tutkallamaya uygun hazırlanmaması (Bellosillo, 1976)
- E. Makinelerle işlenmesinde problem olması (Patterson ve ark., 1991)
- F. Kullanılan tutkalın raf ömrünün sonuna yaklaşmış olması (Bergin, 1969)

Tutkal katman kalınlığının  $0,13 \text{ mm}$ 'den fazla olması durumunda birçok kullanılan tutkal direnç özelliklerini kaybeder (Cockrel ve Bruce, 1946; Bellosillo, 1976; Zorning ve Vick, 1974; Groom ve Leichti, 1994; Kurt, 2001; Kurt ve Hussein, 2003; Kurt, 2003a; Kurt, 2003b; Kurt, 2006).

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bergin (1969) kalın tutkal katmanlarının TAM'ın direnç ve dayanıklılık özellikleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Bu amaçla kullanılan keresteler arasında 0.03 ve 0.13 mm kalınlığında tutkal katmanı üretilmiş ve mekanik özellikleri araştırılmıştır. Basınçta makaslama direnci testi sonuçları, tutkal katman kalınlığının artmasıyla direncin azaldığını ortaya koymuştur.

Groom ve Leichti (1994) benzer bir çalışmayı uç uca birleştirme için kullanılan parmak birleştirmelerdeki tutkal katman kalınlığının, son ürün üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla yapmıştır. Sonuçlar, tutkal katman kalınlığının, direnç özellikleri üzerindeki önemli etkisini göstermiştir.

Pres-tutkal birleştirme metodunun farklı tutkal katman kalınlığı kullanıldığında basınçta makaslama direncindeki değişimleri belirlemek amacıyla Kurt (2001) tarafından yapılan bir çalışmada, tutkal katman kalınlığıyla dirençteki azalmanın boşluk doldurucu fenol rezorsin formaldehit tutkalı kullanıldığında 0.25 mm'den sonra önemli olduğunu bulmuştur.

Kurt (2003a) vida-tutkal bağlantı metodunun pres-tutkal metoduna göre uygunluğunu belirlemek amacıyla farklı tutkal katman kalınlığındaki kontrplak-odun birleştirmeleri için basınçta makaslama testleri yapmıştır. Boşluk doldurucu olarak fenol rezorsin formaldehit tutkalı kullanılmıştır. Bağlama metodunun ve tutkal katman kalınlığının direnç üzerindeki etkileri önemli bulunmuştur. Tutkal katman kalınlığının artmasıyla direncin azaldığı belirlenmiştir. Vida-tutkal bağlama metodunda, vidaların yeterli basıncı sağladığı sonucuna varılmıştır. Tutkal katman kalınlığının artmasına paralel olarak pres-tutkal metodundan daha iyi performans gösterdiği bulunmuş ve bu metotla 0.508 mm kalınlığa kadar güvenli birleştirme yapılabileceği gösterilmiştir.

Kurt (2003b) tarafından yapılan çalışmayla gerilmiş panellerin eğilme direnci ve yük-deformasyon eğrisinin eğiminin farklı bağlama metotları (pres-tutkal ve vida-tutkal) ve tutkal katman kalınlığıyla birlikte değişimi belirlenmiştir. Bu amaçla kontrplak, kereste ve boşluk doldurucu fenol rezorsin formaldehit tutkalı kullanılarak üretilen gerilmiş panellerde eğilme direnci testleri yapılmıştır. Farklı tutkal katman kalınlıklarının etkileri belirli bir kalınlıktaki tutkal katman kalınlığı için önemsiz bulunmuştur. Vida-tutkal ve pres-tutkal metoduyla üretilen gerilmiş panellerin eğilme direnci değerleri karşılaştırılabilir bulunmuştur.

Kurt ve Hussein (2003) vida-tutkal bağlama metodunun boşluk doldurucu fenol rezorsin formaldehit tutkalıyla birlikte kullanıldığında tutkal katman kalınlığı arttığında nasıl performans gösterdiğini belirlemek amacıyla çalışma yapmışlardır. Bu amaçla kontrplak-odun birleştirmeler farklı tutkal katman kalınlıklarında üretilmiş ve basınçta makaslama testleri yapılmıştır. Sonuçlar tutkal katman kalınlığının artmasının direnci azalttığını bu etkinin 0.51 mm'den sonra önemli olduğunu göstermiştir.

Cockrel and Bruce (1946) TAM'ın direnç ve dayanıklılığı üzerinde tutkal katman kalınlığının etkisini incelemişlerdir. Tutkal katman kalınlığının artmasıyla, direnç değerlerindeki düşmenin arttığı bulunmuştur.

Wang ve ark. (1993) yanmaya maruz bırakılan tutkal katmanlarının potansiyel yapışma dirençleri araştırılmıştır. Yapılan çalışmada sıcaklığın, tutkal katman kalınlıklarında önemli etkiye neden olmadığını ortaya koymuştur.

Odun-odun birleştirmelerinde tutkal katman kalınlığının artmasıyla birlikte boşluk doldurucu fenol rezorsin formaldehit tutkalının kullanma potansiyeli, Kurt (2006) tarafından araştırılmıştır. Bunun için odun-odun birleştirmeleri boşluk doldurucu fenol rezorsin formaldehit tutkal kullanılarak farklı tutkal katman kalınlıklarında örnekler üretilmiş ve basınçta makaslama testleri yapılarak performansları belirlenmiştir. 0.18-0.25 mm arasında direnç değerlerindeki azalma önemli bulunmamıştır. Bunun üstündeki tutkal katman kalınlığı değerlerinde dirençteki azalma önemli bulunmuştur.

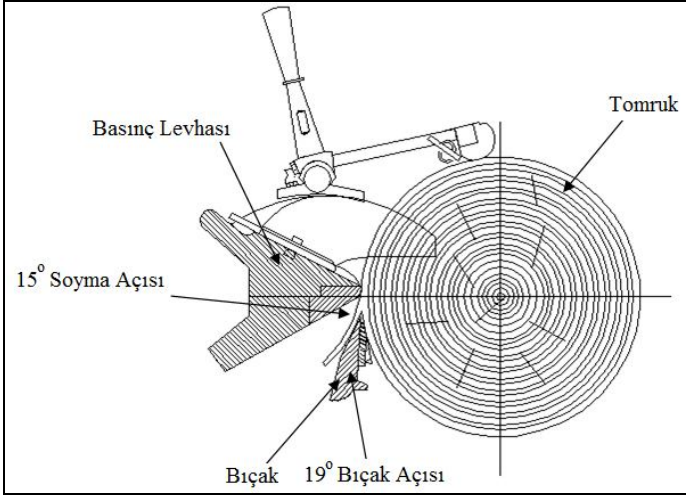
Patterson ve ark. (1991) mekanik metotlarla tutkal katmanında ortaya çıkan bir boşluğun tesbit edilebilme olasılığını araştırmışlardır. Çekme direnci örneklerinde alüminyum folyo, tutkal katmanı kalınlığı içine yerleştirilmiş ve testler gerçekleştirilmiştir. Mekanik metotlar bu amaç için uygun bulunmamıştır.

### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Soyma kaplama

$3 \pm 0,2$  mm kalınlığında yarım daire soyma metoduyla soyulmuş ve % 6 rutubete kadar kurutulmuş I-214 kavak klonundan yarım soyma metoduyla elde edilmiş kaplamalar, Düzce yöresindeki bir kaplama fabrikasından satın alınmıştır (Şekil 3.1). Kaplamalar, TAK örneklerinin hazırlanması için 15x60 cm boyutlarında giyotinde kesilmiştir (Şekil 3.2).



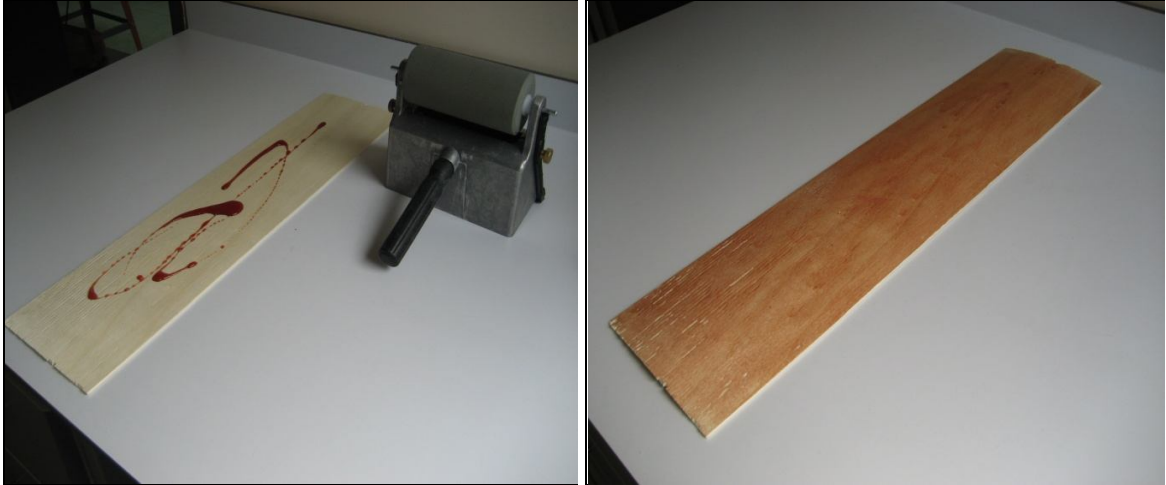
Şekil 3.1. Soyma açısı ve bıçak açısı (Özen, 1979)



Şekil 3.2. Kaplama levhaların giyotinde kesilmesi

### 3.1.2. TAK üretimi

TAK üretiminde FF ve MÜF tutkalı kullanılmıştır. Kaplama yüzeyine tutkalı sürmek için silindirik tutkal sürme rulosu kullanılmıştır (Şekil 3.3). Tutkallanan kaplamalar son ürünün boyuna paralel olacak şekilde üst üste konularak taslak haline getirilmiştir (Şekil 3.4). Taslak haline getirilen kaplamalar Çizelge 3.1’de verilen basınç ve sıcaklık değerlerinde preslenmiştir (Şekil 3.5). Farklı basınçlarda üretilen TAK’ların içerikleri Çizelge 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.3. Kaplama yüzeyine tutkal sürme rulosu ile tutkalın sürülmesi

Çizelge 3.1. TAK üretim faktörleri

Üretim Faktörü	FF ve MÜF
Kavak Klon Türü	I-214
Kaplama Kalınlığı (mm)	3.0
Kaplama Kalitesi	1. Sınıf
Kaplama Rutubeti (%)	6
Pres Sıcaklığı (°C)	FF için 140 / MÜF için 110
Pres Süresi (mm/dak.)	1
Pres Basınçları (kg/cm <sup>2</sup> )	FF için 2.5-5-7.5-10-12.5 / MÜF için 2.5-5-7.5-10-12.5-15.0
Tutkal Miktarı (gr/m <sup>2</sup> )	200

Çizelge 3.2. Farklı basınçlarda üretilen TAK'ların içerikleri

Tutkal Türü	Grup Numarası	Basınç Miktarı (kg/cm <sup>2</sup> )
MÜF	MA	2,5
	MB	5,0
	MC	7,5
	MD	10,0
	ME	12,5
	MF	15,0
FF	FA	2,5
	FB	5,0
	FC	7,5
	FD	10,0
	FE	12,5



Şekil 3.4. Tutkal sürülen kaplamaların taslak haline getirilmesi

I-214 melez kavak klonu kaplamalarının preslenmesiyle elde edilen TAK'lar kalite kontrolünden sonra test türüne göre istenilen boyutlarda daire testere makinesinde kesilmiştir.



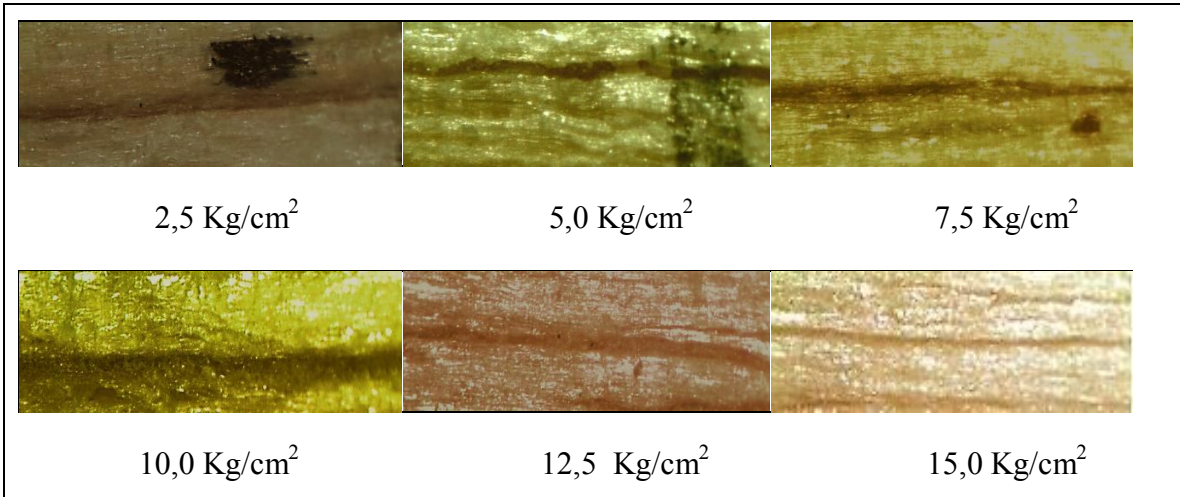
Şekil 3.5. Taslakların preslenmesi

### 3.1.3. Tutkal katman kalınlığının belirlenmesi

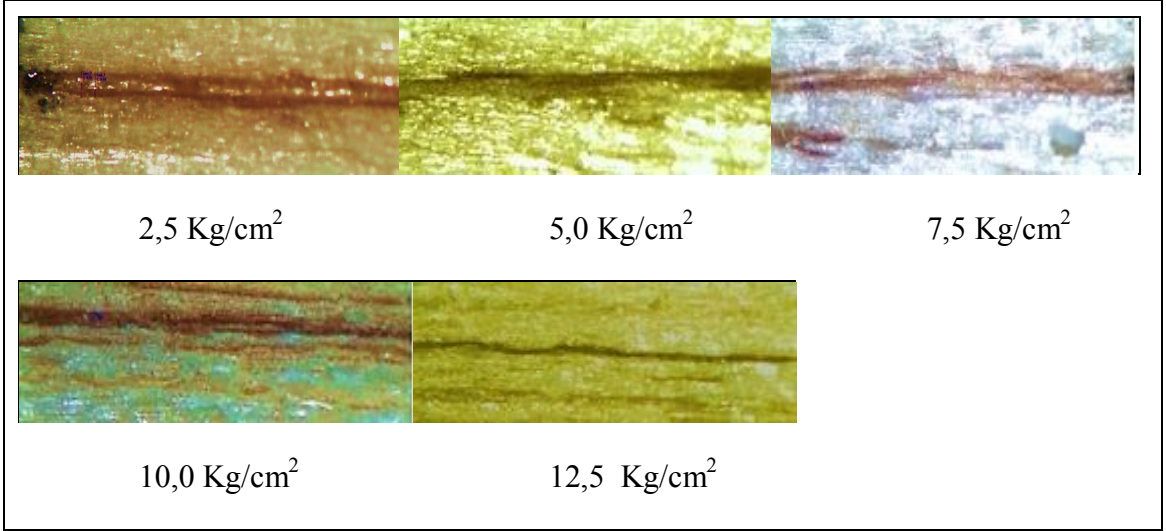
Test örneklerinin her birinin tutkal katman kalınlıkları binoküler stereo mikroskop (Soif SZM45-B2) kullanılarak görüntülenmiş ve imaj analiz teknikleri kullanılarak ölçülmüştür. Kullanılan stereo mikroskop Şekil 3.6'da gösterilmiştir. Her bir örnek için 6 farklı noktadan tutkal katman kalınlığı ölçümleri yapılarak ortalama değer alınmıştır. Farklı basınçlarda tabakalar arasında oluşan tutkal katman kalınlığına ait resimler MÜF'lü örnekler için Şekil 3.7'de ve FF'li örnekler için Şekil 3.8'de gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Örnek ölçümü için kullanılan binoküler stereo zoom mikroskop



Şekil 3.7. MÜF'lü örneklerde tabakalar arasındaki tutkal katman kalınlıklarının görünüşü



Şekil 3.8. FF'li örneklerde tabakalar arasındaki tutkal katman kalınlıklarının görünüşü

### 3.2. Metot

#### 3.2.1. Fiziksel özelliklerin belirlenmesi

Fiziksel özelliklerin belirlenmesinde; tam kuru yoğunluk, rutubet miktarı, kalınlığına şişme ve ağırlıkça artma miktarlarını belirlemek için testler yapılmıştır.

Çizelge 3.3. Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesinde Kullanılan Deneş Örneklerinin Boyutları ve Şekilleri

Test Adı	Boyutlar (mm)	Örnek Şekli
Tam Kuru Yoğunluk	Kalınlık x 20 x 30	
Rutubet Miktarı	Kalınlık x 20 x 30	
Kalınlığına Şişme Miktarı	Kalınlık x 100 x 100	
Ağırlıkça Artma Miktarı	Kalınlık x 100 x 100	

Deney örneklerinin şartlandırılmasında TS 2470 (1976), rutubet miktarının belirlenmesinde TS 2471 (1976), tam kuru yoğunluğun belirlenmesinde TS 2472 (1976), su alma ve kalınlığına şişme miktarlarının belirlenmesinde ise ASTM D-5456 (2003)'da belirtilen esaslara uyulmuştur. Fiziksel özelliklerin belirlenmesinde kullanılan deney örneklerinin boyutları ve görünümleri Çizelge 3.3'te verilmiştir. Her bir test için 30'ar adet deney örneği (boyutsal sabitlik örnekleri dışında) test edilmiştir.

### 3.2.1.1. Tam kuru yoğunluğun belirlenmesi

Tam kuru yoğunluğun belirlenmesinde TS 2472 (1976) standartında belirtilen esaslara uyularak, kalınlıkx20x30 mm ölçülerinde deney örnekleri kullanılmıştır. Hava kuru haldeki ağırlıkları ve ölçüleri belirlenen deney örnekleri etüve konularak  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  sıcaklıkta değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Etüvden çıkarılan deney örnekleri içerisinde fosfor pentoksit bulunan desikatöre alınarak soğumaları sağlanmış daha sonra 0.01 mm duyarlıklı kumpas ile kalınlık, genişlik ve boyları ölçülmüştür. Ölçüleri belirlenen deney örneklerinin ağırlıkları 0.01 gr duyarlıklı analitik terazide tartılmıştır. Tam kuru yoğunluğun hesaplanmasında aşağıdaki eşitlik (3.1) kullanılmıştır.

$$D_o = \frac{M_o}{V_o} \quad (3.1)$$

Burada;

$D_o$  = Tam kuru yoğunluk ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

$M_o$  = Tam kuru örnek ağırlığı (gr)

$V_o$  = Tam kuru örnek hacmi ( $\text{cm}^3$ )

### 3.2.1.2. Rutubet oranının belirlenmesi

Rutubet oranları TS 2471'e (1976) göre belirlenmiştir. Rutubet oranlarının belirlenmesinde tam kuru yoğunluk deneyinde kullanılan test örnekleri kullanılmıştır. Rutubetli ağırlıkları alınan örnekler etüve konularak  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  sıcaklıkta değişmez hale gelinceye kadar bekletilmiştir. Etüvden çıkarılan örnekler içerisinde fosfor pentoksit bulunan desikatöre konularak soğuması sağlanmış, 0,001g duyarlıktaki hassas terazi yardımıyla tam kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Aşağıdaki eşitlik yardımıyla (3.2) rutubet oranı ( $R_o$ ) hesaplanmıştır.

$$R_o = \frac{M_r - M_o}{M_o} \times 100 \quad (3.2)$$

Burada;

$R_o$  = Rutubet oranı (%)

$M_r$  = Rutubetli örnek ağırlığı (gr)

$M_o$  = Tam kuru örnek ağırlığı (gr)

### 3.2.1.3. Boyutsal sabitliğin belirlenmesi

Ağaç malzeme lif doygunluğu noktasının altındaki rutubet derecelerinde bünyesine su alma ve bünyesinden su verme suretiyle genişleme ve daralma özelliği göstermektedir. Bu iki özelliğe “odunun çalması” adı verilmektedir (Bozkurt ve Göker, 1986). Boyutsal sabitliğin belirlenmesinde kalınlığına şişme (KŞ) ve ağırlıkça artma (AA) miktarları 12’şer örnek kullanılarak belirlenmiştir.

KŞ ve AA miktarları ASTM D-5456 (2003) standardında belirtilen esaslara uyularak belirlenmiştir. Deney örneklerinin teste tabi tutulmadan önce yaklaşık % 12 rutubete gelmeleri sağlanmıştır. Deney örneklerinin her taraftan su alabileceği şekilde bir düzenek hazırlanmıştır. Kullanılan su her defasında değiştirilmiştir.

KŞ miktarının belirlenmesinde deney örneklerinin kalınlıkları; ilk olarak deney başlangıcında ve 24 saat sonrasında 4 yönden ölçülerek ortalama değerler elde edilmiştir. Ölçümler belirlenirken 0.01 mm duyarlıklı kumpas kullanılmıştır. KŞ ( $\beta$ ) miktarının belirlenmesinde aşağıdaki formül (3.3) kullanılmıştır.

$$\beta = \frac{L_R - L_o}{L_R} \times 100 \quad (3.3)$$

Burada;

$\beta$  = Kalınlığa şişme (%)

$L_R$  = Rutubetli haldeki kalınlık (mm)

$L_o$  = Tam kuru haldeki kalınlık (mm)

Ağırlıkça artma miktarının belirlenmesinde ise deney örneklerinin ilk ağırlıkları ve 24 saat sonrası ağırlıkları 0.01 gr duyarlıklı hassas terazide tartıldıktan sonra, AA (Gt) miktarının hesaplanmasında aşağıdaki eşitlik (3.4) kullanılmıştır.

$$W = \frac{W_i - W_s}{W_s} \times 100 \quad (3.4)$$

Burada;

W: Ağırlıkça artma miktarı (%)

$W_s$ : Deney örneği ilk ağırlığı (gr)

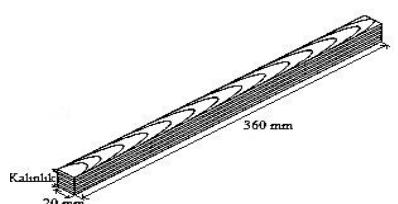
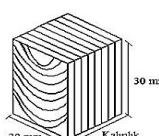
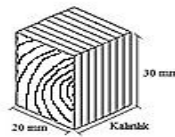
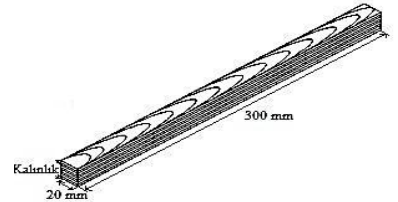
$W_i$ : Deney örneğinin son ağırlığı (gr)

### 3.2.2. Mekanik özelliklerin belirlenmesi

Mekanik özelliklerin belirlenmesinde, eğilme direnci (ED), elastikiyet modülü (EM), liflere paralel yönde basınç direnci (LPBD), liflere dik yönde basınç direnci (LDBD), dinamik eğilme (şok) direnci (DED) denemeleri 30'ar adet örnek kullanılarak yapılmıştır. Mekanik özelliklerin belirlenmesinde kullanılan deney örneklerinin boyutları ve görünüşleri Çizelge 3.4'de verilmiştir.

Deney örnekleri, 20 °C sıcaklık ve % 65 bağıl nem şartlarında %12 rutubete gelinceye kadar iklimlendirme dolabında şartlandırılmışlardır.

Çizelge 3.4. Mekanik Özelliklerin Belirlenmesinde Kullanılan Deney Örneklerinin Boyutları ve Şekilleri

Test Adı	Boyutlar (mm)	Örnek Şekli
Eğilme Direnci	Kalınlık x 20 x 360	
Elastikiyet Modülü	Kalınlık x 20 x 360	
Liflere Paralel Basınç Direnci	Kalınlık x 20 x 30	
Liflere Dik Basınç Direnci	Kalınlık x 20 x 30	
Dinamik Eğilme (Şok) Direnci	Kalınlık x 20 x 300	

### 3.2.2.1. Eğilme direncinin belirlenmesi

ED testleri TS 2474 (1976) standartlarında belirlenen esaslara göre Zwick Roell üniversal test makinesinde yapılmıştır. Deney örneklerinin boyutları, deney parçasının orta yerinden olmak üzere, eni radyal yönde, kalınlığı teğet yönde 0,01 mm duyarlılıkta ölçülerek belirlenmiştir. Deney parçasının yerleştirildiği silindirik mesnetlerin merkezleri arasındaki uzaklık; deney parçasının kalınlığının 13-15 katı arasında ayarlanmıştır. Yük deney parçasının yüzeyine değişmez bir hızla yeknesak olarak yüklenmiş ve deney hızı örneklerin, yüklenmeye başlandıktan  $1,5 \pm 0,5$  dk sonra kırılacak şekilde ayarlanmıştır.

Kırılma anındaki maksimum yük ( $P_{max}$ ) okunup eğilme direnci ( $\sigma_E$ ) aşağıdaki eşitlikle (3.5) göre hesaplanmıştır. Kullanılan deney örneğinin test düzeni Şekil 3.9’da ve kullanılan test makinesi Şekil 3.10’da gösterilmiştir.

$$\sigma_e = \frac{3 \cdot P_{max} \cdot L}{2 \cdot b h^2} \quad (3.5)$$

Burada;

$\sigma_E$  = Eğilme direnci ( $N/mm^2$ )

$P_{max}$  = Kırılma anında uygulanan maksimum yük (N)

L = Silindirik mesnetlerin merkezleri arasındaki uzaklık (mm)

b = Deney örneğinin eni (mm)

h = Deney örneğinin kalınlığı (mm)

Eğilme direncinin %12 rutubet oranına ayarlanması gerektiğinde, bu değer aşağıdaki eşitlikten (3.6) yararlanılarak hesaplanmıştır.

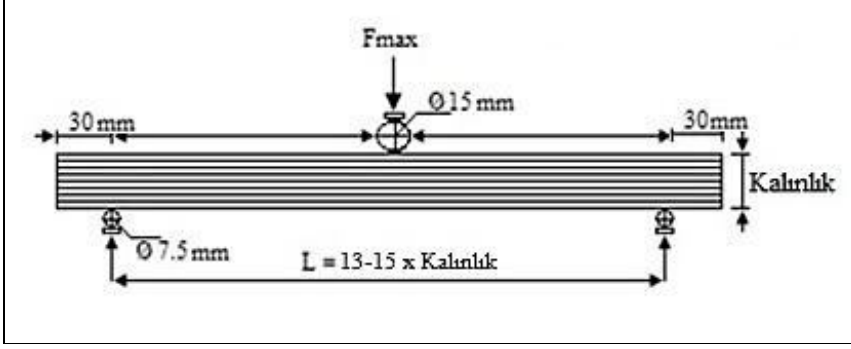
$$\sigma_{e12} = \sigma_e (1 + \alpha (W - 12)) \quad (3.6)$$

Burada;

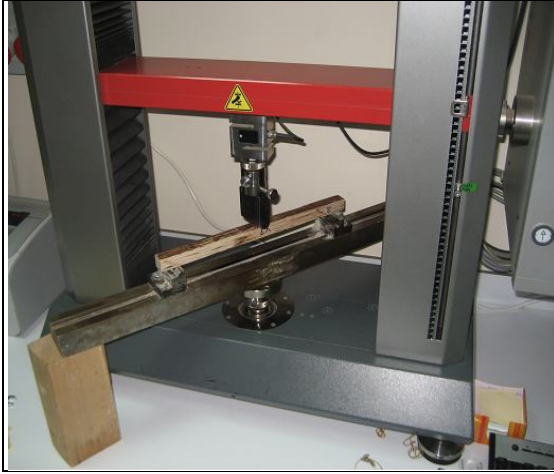
$\alpha$  = Rutubet oranı (%) için düzeltme faktörü, 0,04

W = TS 2471’e göre hesaplanmış odun rutubet oranı (%)

$\sigma_e$  = Eğilme direnci ( $N/mm^2$ )



Şekil 3.9. Eğilme direnci deney örneğinin test düzeneği



Şekil 3.10. Zwick Roell Universal test makinesinde eğilme direnci ve eğilmeye elastikiyet modülünün belirlenmesi

### 3.2.2.2. Eğilmeye elastikiyet modülünün belirlenmesi

EM testlerinde TS 2478 (1976)'a göre ED'nin belirlenmesinde kullanılan deney örnekleri kullanılmış ve aşağıdaki eşitlikten (3.7) yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$E = \frac{\Delta F \cdot L^3}{4 \cdot b \cdot h^2 \cdot \Delta f} \quad (3.7)$$

Burada;

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

$\Delta F$  = Elastik deformasyon bölgesinde yüklemenin alt ve üst limitlerinin aritmetik ortalamaları arasındaki farka eşit kuvvet (N)

L = Dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm)

$\Delta f$  = Net eğilme alanındaki sehim, yüklemenin alt ve üst limitlerinde ölçülen sehimlere ait sonuçların aritmetik ortalamaları arasındaki fark (mm)

b = Deney parçasının en kesit genişliği (mm)

h = Deney parçasının en kesit kalınlığı (mm)

Örneklerin rutubetlerinin %12 rutubet oranına ayarlanması gerektiğinde, aşağıdaki eşitlikten (3.8) yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$E_{12} = E(1 + \alpha (W - 12)) \quad (3.8)$$

Burada;

W = TS 2471'e göre hesaplanmış odun rutubet oranı (%)

a = Rutubet oranı için düzeltme faktörü, 0,02

E = Elastikiyet Modülü (N/mm<sup>2</sup>)

Farklı pres basınçlarında üretilen TAK'ların eğilme ve eğilmede elastikiyet direnci değerlerinin aynı türden masif malzemeye göre daha yüksek çıkmasının nedenlerini belirlemek için yoğunlaştırma faktörü (YF) değerleri aşağıdaki eşitlik (3.9) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$YF = \frac{D_L}{D_M} \quad (3.9)$$

Burada;

YF = Yoğunlaştırma faktörü

D<sub>L</sub> = TAK'ın tam kuru yoğunluk değeri (gr/cm<sup>3</sup>)

D<sub>M</sub> = Masif I-214'ün tam kuru yoğunluk değeri (gr/cm<sup>3</sup>)

### 3.2.2.3. Liflere paralel yönde basınç direncinin belirlenmesi

LPBD testleri TS 2595 (1977) standardına uygun olarak Altaş universal test makinesinde (Şekil 3.11) yapılmıştır. Deneyden önce, kuvvetin uygulandığı enine kesit alanı 0,01 duyarlıkta (axb) ölçülüp, uygulanan kuvvet örnek kırılıncaya kadar devam ettirilmiş ve kırılma anındaki maksimum yük (Pmax) belirlenerek, basınç direnci ( $\sigma_{w//}$ ) aşağıdaki eşitlikten (3.10) hesaplanmıştır.

$$\sigma_{w//} = \frac{Pmax}{a \cdot b} \quad (3.10)$$

Burada;

$\sigma_{w//}$  = Liflere paralel basınç direnci (N/ mm<sup>2</sup>)

Pmax = Kırılma anındaki en büyük yük ( N)

a ve b = Deney parçasının enine kesit alanı (mm<sup>2</sup>)

LPBD'nin %12 rutubet oranına ayarlanması gerektiğinde, bu değer aşağıdaki eşitlik yardımıyla (3.11) hesaplanmıştır.

$$\sigma_{w//12} = \sigma_{w//}(1 + \alpha(W - 12)) \quad (3.11)$$

Burada;

$\alpha$  = Rutubet oranı için düzeltme faktörü, 0,05

W = TS 2471'e göre hesaplanmış odun rutubet oranı (%)

$\sigma_{w//}$  = Liflere paralel basınç direnci (N/ mm<sup>2</sup>)



Şekil 3.11. Liflere paralel basınç direncini belirlemek için kullanılan test makinesi

#### 3.2.2.4. Liflere dik basınç direncinin belirlenmesi

LDBD testleri TS 2473 (1976) standardına göre Zwick Roell Universal test makinesinde (Şekil 3.12) yapılmıştır. Deneyden önce kuvvet uygulanacak alanın ölçüleri 0,01 duyarlıkta kumpas yardımıyla ölçülüp, kırılma anındaki maksimum yük (P<sub>max</sub>) belirlenerek aşağıdaki eşitlik yardımıyla (3.12) LDBD ( $\sigma_{w\perp}$ ) hesaplanmıştır.

$$\sigma_{w\perp} = \frac{P_{max}}{a \cdot b} \quad (3.12)$$

Burada;

$\sigma_{w\perp}$  = Liflere dik basınç direnci (N/mm<sup>2</sup>)

P<sub>max</sub> = Kırılma anındaki maksimum yük (N)

a ve b = Deney parçasının enine kesit alanı (mm<sup>2</sup>)

LDBD'nin, % 12 rutubet oranına ayarlanması gerektiğinde bu değer aşağıdaki eşitlik yardımıyla (3.13) hesaplanmıştır.

$$\sigma_{w+12} = dw_{\perp}(1 + \alpha (W - 12)) \quad (3.13)$$

Burada;

A = Rutubet oranı için düzeltme faktörü, 0,05

W = TS 2471'e göre hesaplanmış odun rutubet oranı (%)

$dw_{\perp}$  = Liflere dik basınç direnci



Şekil 3.12. Zwick Universal test makinesinde liflere dik basınç direncinin belirlenmesi

### 3.2.2.5. Dinamik eğilme (Şok) direncinin belirlenmesi

DED testleri, TS 2477 (1976) standardına göre Alşa şok test makinesi Şekil (3.14) kullanılarak belirlenmiştir. Deney örneklerinin boyutları 0,01 mm duyarlıkta kumpasla belirlenmiştir. Deney örneklerinin dayandığı silindirik mesnetlerin merkezleri arasındaki açıklık 240 mm olarak ayarlanmıştır. Deney örnekleri test makinesine yerleştirilerek deneye başlanmış iş miktarı (A) belirlenmiştir. Dinamik eğilme direnci ( $A_w$ ) aşağıdaki eşitliğe göre (3.14) hesaplanmıştır.

$$A_w = \frac{1000 \cdot Q}{b \cdot h} \quad (3.14)$$

Burada;

$A_w$  = Dinamik eğilme direnci ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

Q = Deney parçasının kırılması için gerekli enerji, 0.1 kgf.m (jul)

b ve h = Deney parçasının radyal ve teğet yönlerdeki boyutları ( $\text{cm}^2$ )

Rutubetleri farklı olan örneklerin, %12 rutubet oranına ayarlanması gerektiğinde DED aşağıdaki eşitlik yardımıyla (3.15) hesaplanmıştır.

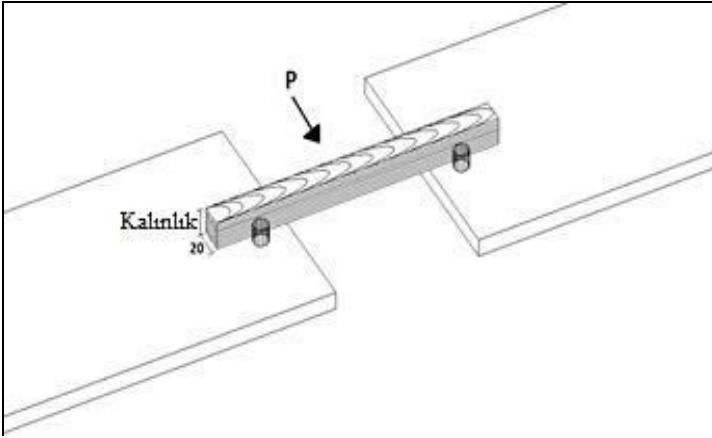
$$A_{w12} = A_w[1 + \alpha (W - 12)] \quad (3.15)$$

Burada;

$\alpha$  = Rutubet oranı için düzeltme faktörü, 0.025

W = TS 2471'e göre hesaplanmış odun rutubet oranı (%)

$A_w$  = Dinamik eğilme direnci ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )



Şekil 3.13. Dinamik eğilme (şok) direnci örneği



Şekil 3.14. Dinamik eğilme (şok) direnci test makinesi

### 3.2.3. Tutkal

Bu çalışmada tutkal olarak Polisan firması tarafından üretilen FF (Polifen 47) ve MÜF (P 03) tutkalları kullanılmıştır. FF tutkalı üretici firma tarafından, uygun sertleştirici ile birlikte dış cephelerde ve tabakalı kontrplak üretiminde kullanılan tutkal olarak tanımlanmıştır. MÜF tutkalı üretici firma tarafından, mobilya ve ağaç sanayi için suya dayanıklı E1 kontrplak üretiminde kullanılan tutkal olarak tanımlanmıştır. Her iki tutkala ait fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.5’de verilmiştir.

Çizelge 3.5. Çalışmada kullanılan FF (Polifen 47) ve MÜF (P 03) tutkallarının özellikleri

Özellikler	FF	MÜF
pH (20°C)	10,5 – 13,0	8,5 - 9,5
Yoğunluk (20°C, gr/cm <sup>3</sup> )	1200-1210	1,220 – 1,235
Vizkozite (20°C, CPS)	250 - 500	60 - 100
Su Toleransı (20°C)	Sonsuz	---
Katı Madde Oranı (120°C, %)	46 - 48	54 - 56
Serbest Formaldehit (% , max)	1,0	0,16
Akma Zamanı (20°C, Sn.)	50 - 90	20 - 40
Görünüş	Kırmızı	Beyaz Sıvı
Jelleşme Zamanı (Dk.)	10 - 20	1 - 2
Depolama süreleri (20 0C)	45 gün	45 gün

### 3.3. Verilerin Değerlendirilmesi

TAK’ın fiziksel ve mekanik özellikleri standartlarda belirtilen prosedürlere uygun olarak test edilmiştir. Bu testler sonucunda elde edilecek verilerin istatistik analizleri SAS programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Üretim esnasında kullanılan pres basıncına bağlı olan tutkal katman kalınlığının TAK’ların fiziksel ve mekanik özellikleri üzerindeki etkileri varyans analizi (ANOVA) yapılarak incelenmiş ve istatistiksel olarak birbirlerinden farklı olup olmadıkları kontrol edilmiştir. Farklılığın anlamlı olduğu durumlarda, Bonferroni t-testi yapılarak gruplar arasındaki homojenlik belirlenmiştir.

Yapılan denemeler sonucunda elde edilen tutkal katman kalınlığı ile mekanik dirençler arasında ilişki olup olmadığını belirlemek ve varsa bu ilişkinin derecesini ortaya koymak için korelasyon katsayısı (r) hesaplanmıştır. Korelasyon katsayısı değerinin +1’e yakın olması durumunda artan doğrusal bir ilişkinin var olduğu sonucuna varılmıştır (As, 1992; Kalaycıoğlu ve ark, 2005). Regrasyon analizi kullanarak determinasyon katsayısı R<sup>2</sup> hesaplanmıştır.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. TAK örneklerinin tutkal katman kalınlıkları

FF ve MÜF tutkallarıyla üretilen TAK örneklerinin tutkal katman kalınlığı değerleri Çizelge 4.1’de ve grafiği Şekil 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Tutkal katman kalınlıklarının belirlenmesinde elde edilen değerler

Örnek No	Pres Basıncı (kg/cm <sup>2</sup> )	Ort. T.K.K (mm)	S.S	Cov.	HG*	F	P
MA	2,5	0,123	0,008	6,21	A	812,70	< .0001
MB	5,0	0,101	0,004	4,35	B		
MC	7,5	0,092	0,005	5,66	C		
MD	10,0	0,084	0,005	6,16	D		
ME	12,5	0,059	0,006	9,76	E		
MF	15,0	0,044	0,004	9,19	F		
FA	2,5	0,141	0,007	4,79	A	1516,61	< .0001
FB	5,0	0,121	0,006	4,68	B		
FC	7,5	0,088	0,005	5,33	C		
FD	10,0	0,068	0,006	8,66	D		
FE	12,5	0,047	0,003	7,49	E		

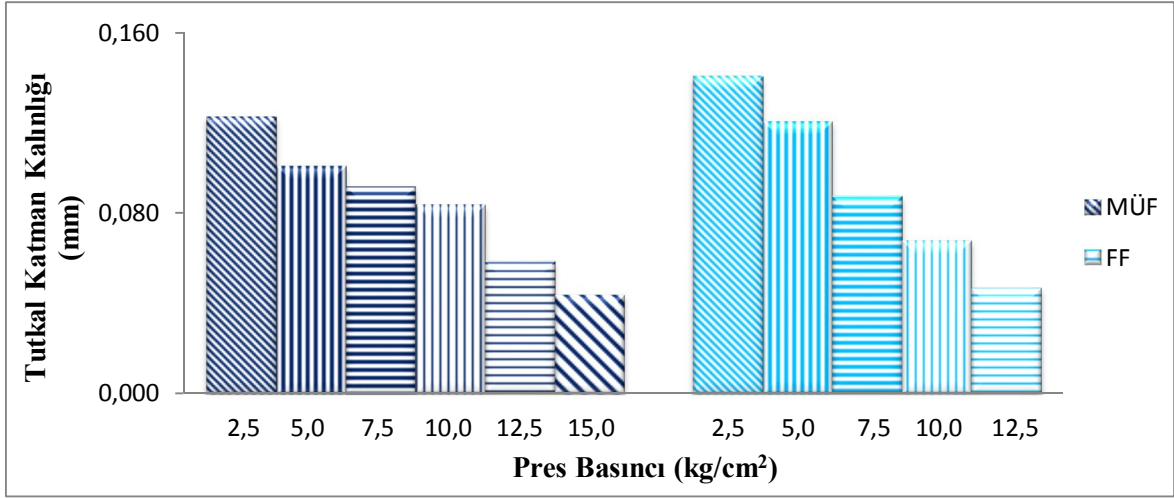
**Ort. T.K.K:** Ortalama tutkal katman kalınlığı, **S.S:** Standart sapma, **Cov.:** Varyasyon katsayısı, **HG:** Homojenlik grubu, **F:** F değeri, **P:** Önem düzeyi, \* Aynı harfi taşıyan gruplar arasında fark yoktur.

Çizelge 4.1’de veriler incelendiğinde MÜF ile üretilen örneklerde en yüksek tutkal katman kalınlığı değeri MA grubunda (0,123 mm), FF tutkalı ile üretilmiş örneklerde ise en yüksek tutkal katman kalınlığı değeri FA grubunda (0,141 mm) bulunmuştur. Burada örneklere uygulanan pres basıncı değerlerinin artması ile kaplamalar arasındaki tutkal katman kalınlıkları azalış göstermiştir. Uygulanan yüksek pres basınçlarında tutkalın ağaç malzeme içerisine nüfuzu, düşük pres basınçlarına göre daha fazla olmuştur.

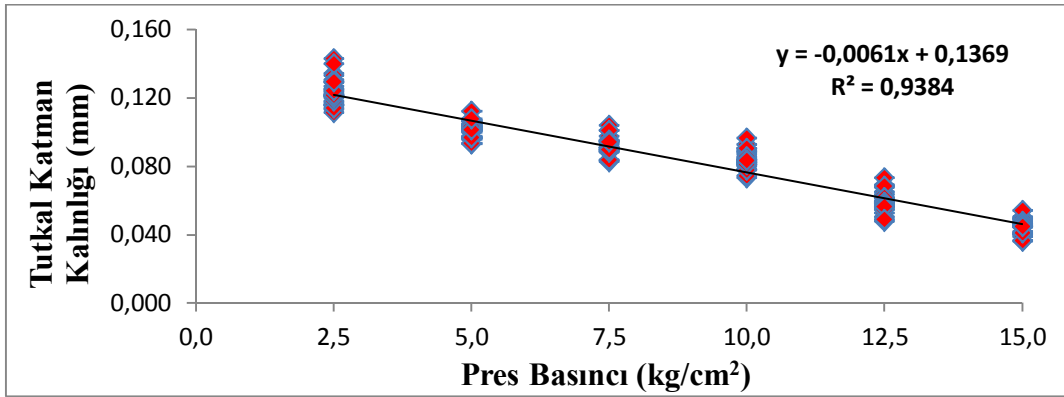
Normal tutkal katman kalınlıkları aralığı masif malzeme için Cockrel ve Bruce (1946) göre 0,051 - 0,137 mm arasında olmalıdır. Düşük pres basıncı uygulandığında dahi normal tutkal katman kalınlığı elde etmek mümkün olmuştur. Ancak araştırma sonuçlarımız normal sınırlar içerisinde kalan TTK’na sahip TAK’ların farklı fiziksel ve mekanik özelliklerine sahip olabileceğini göstermiştir.

MÜF ve FF tutkallarıyla üretilen TAK’ların tutkal katman kalınlığı değerlerini karşılaştırmak için yapılan F testi sonuçlarına göre grup içinde (MÜF’lü örnekler için F=812,70, P<0,0052, FF’li örnekler için F=1516,61, P<0,0001) tutkal katman kalınlığı

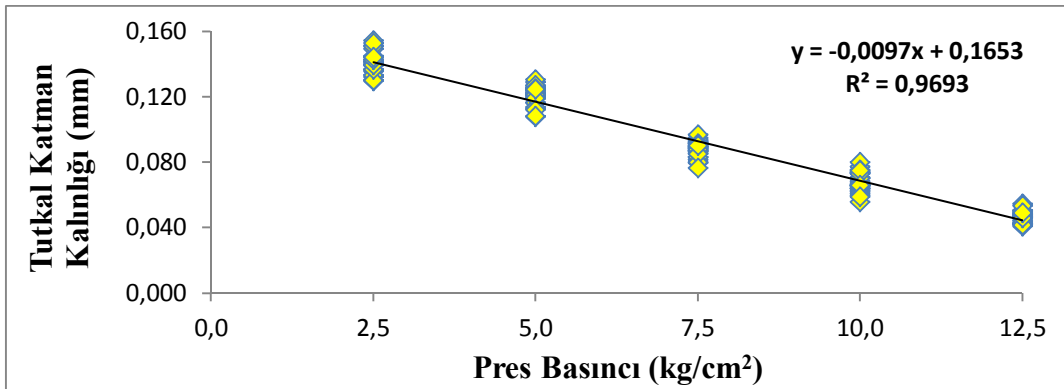
değeri ortalamaları farklı bulunduğundan değerler arasındaki karşılaştırmalar için Bonferroni testi yapılmıştır. Bonferroni test sonuçlarına göre MÜF'li ve FF'li örneklerde bütün gruplar arasında fark bulunmuştur.



Şekil 4.1. Tabakalar arası tutkal katman kalınlığı değerleri



Şekil 4.2. MÜF ile üretilen TAK'ların pres basıncı ile tutkal katman kalınlıkları arasındaki ilişki



Şekil 4.3. FF ile üretilen TAK'ların pres basıncı ile tutkal katman kalınlıkları arasındaki ilişki

MÜF ve FF tutkalı kullanılarak üretilen örneklerin  $r$  değerleri sırasıyla 0,968 ve 0,984,  $R^2$  değerleri sırasıyla 0,9384 ve 0,9693 olarak bulunmuştur. Her iki ilişki için hesaplanan  $r > 0,70$  ve  $R^2 > 0,50$  olması, tutkal katman kalınlığı ile pres basıncı arasında doğrusal kuvvetli bir ilişkinin olduğunu göstermektedir.

## 4.2. Fiziksel Özellikler

### 4.2.1. Tam kuru yoğunluk

MÜF ve FF tutkalı kullanılarak hazırlanmış TAK örneklerinin rutubet oranları  $10 \pm 2\%$  olarak bulunmuştur. Tam kuru yoğunluk değerleri Çizelge 4.2’ de ve grafiği Şekil 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Tam kuru yoğunluk değerleri ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

Örnek No	Ort. T.K.K (mm)	Ort. ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	S.S	Cov.	YF	HG*	F	P
MA	0,123	0,35	0,02	4,49	1,09	A	91,92	< .0001
MB	0,101	0,36	0,01	3,10	1,13	B		
MC	0,092	0,37	0,04	9,38	1,16	C		
MD	0,084	0,38	0,02	4,20	1,19	CD		
ME	0,059	0,42	0,03	6,06	1,31	D		
MF	0,044	0,48	0,05	9,69	1,50	D		
FA	0,141	0,35	0,02	4,53	1,09	A	77,52	< .0001
FB	0,121	0,36	0,01	3,72	1,13	B		
FC	0,088	0,38	0,01	3,15	1,19	C		
FD	0,068	0,40	0,02	6,01	1,25	CD		
FE	0,047	0,44	0,03	7,53	1,38	D		

**Ort. T.K.K:** Ortalama tutkal katman kalınlığı, **Ort.:** Ortalama, **S.S:** Standart sapma, **Cov.:** Varyasyon katsayısı, **YF:** Compaction faktörü, **HG:** Homojenlik grubu, **F:** F değeri, **P:** Önem düzeyi, \* Aynı harfi taşıyan gruplar arasında fark yoktur.

MÜF ve FF tutkalıyla üretilen örneklerde en yüksek yoğunluk değerleri sırasıyla  $0,48 \text{ gr}/\text{cm}^3$  ve  $0,44 \text{ gr}/\text{cm}^3$  olarak bulunmuştur. TAK üretiminde kullanılan I-214 klonunun masif odununun tam kuru yoğunluk miktarı  $0,34 \text{ gr}/\text{cm}^3$  olarak rapor edilmiştir (Kurt ve Ark., 2011). I-214 melez kavak klonu kaplamalarından üretilen TAK’nin yoğunluk değerleri, yapıldığı kerestenin tam kuru yoğunluk değerinin üstünde çıkmıştır. Yoğunluk artışının nedeni olarak üretim sırasında örneklere uygulanan pres basıncıdır. Benzer sonuçlar TAK için (Kurt ve Ark., 2011) ve PŞK için (Kurt ve Çavuş, 2011) daha önceki çalışmalarda rapor edilmiştir. Yoğunluk artışı ile mekanik özelliklerin artışı arasında kuvvetli bir ilişki olduğu bildirilmektedir (Sertmehmetoğlu ve ark., 1967).

Hesaplanan yoğunlaştırma faktörü değerlerine baktığımızda MÜF'lü örneklerde en yüksek değer MF grubunda (1,50) olduğu, FF'li örneklerde ise en yüksek değer FE grubunda (1,38) olduğu bulunmuştur. Değerler Kurt ve ark. (2011) tarafından yapılan benzer bir çalışmada I-214 kavak klonu kullanılarak 10 kg/cm<sup>2</sup> pres basıncı altında üretilen TAK'ların yoğunlaştırma faktörüne (1,34)'e yakın bulunmuştur.

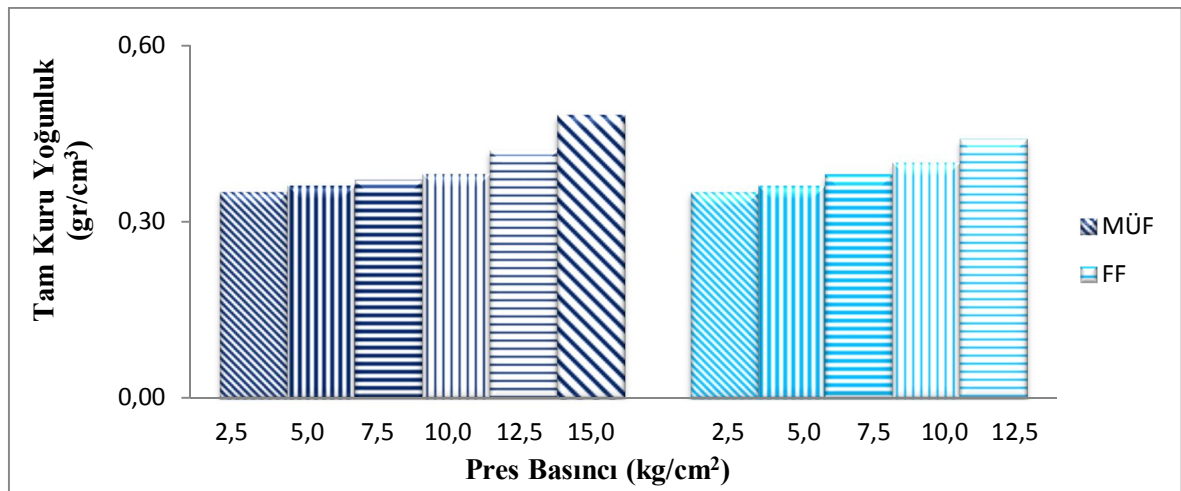
Çizelge 4.3. Farklı ağaç türlerine ait tam kuru yoğunluk değerleri

Kayın (gr/cm <sup>3</sup> )	Karaçam (gr/cm <sup>3</sup> )	Gökmar (gr/cm <sup>3</sup> )	64 H Kavak (gr/cm <sup>3</sup> )	I-214 Kavak (gr/cm <sup>3</sup> )
0,60 <sup>(1)</sup>	0,43 <sup>(1)</sup>	0,41 <sup>(1)</sup>	0,38 <sup>(2)</sup>	0,33 <sup>(3)</sup>

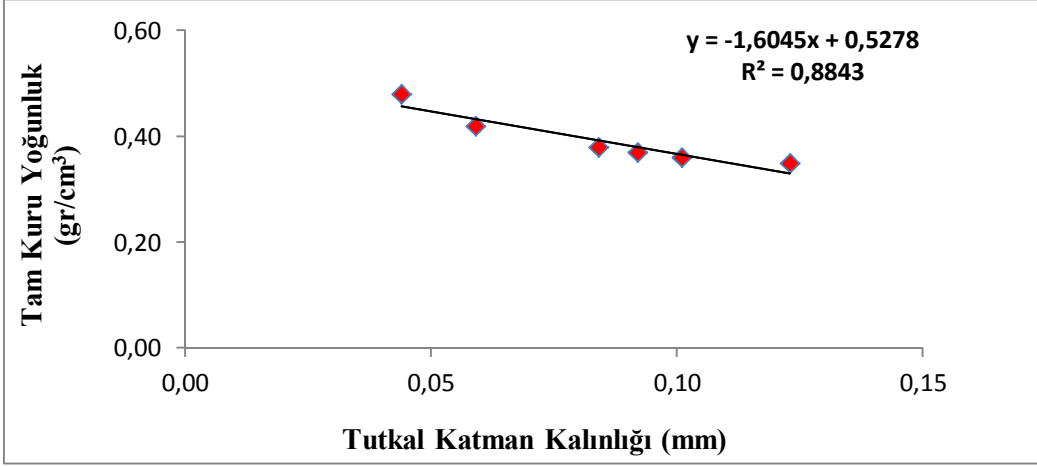
(1): Civelek ve ark., (2006). (2): Acar, (1972). (3): Sertmehmetoğlu ve ark., (1967).

Daha önce yapılan çalışmalarda elde edilen farklı ağaç türlerine ait tam kuru yoğunluk değerleri Çizelge 4.3'te verilmiştir. Buna göre TAK'ların tam kuru en yüksek yoğunluk değerleri kavak, karaçam ve gökmarın tam kuru yoğunluk değerlerinin üstünde çıkmıştır.

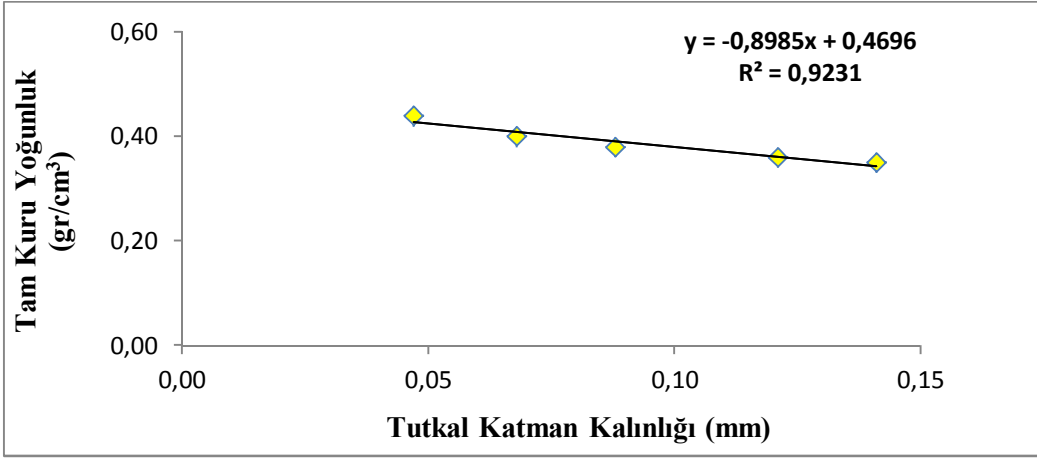
MÜF ve FF tutkallı üretilen TAK'ların tam kuru yoğunluklarını karşılaştırmak için yapılan F testi sonuçlarına göre grup içinde (MÜF'lü örnekler için F=91,92, P<0,001, FF'li örnekler için F=77,52, P<0,0001) tam kuru yoğunluk değeri ortalamaları farklı olduğundan değerler arasındaki karşılaştırmalar için Bonferroni testi yapılmıştır. Bonferroni test sonuçlarına göre MÜF'lü örneklerde MD-ME-MF grupları ile MC-MD grupları arasında fark görülmemiş ancak bu gruplar ile MA-MB grupları arasında fark bulunmuştur. FF'li örneklerde FD-FE grupları ile FC-FD grupları arasında fark görülmemiş ancak bu gruplar ile FA-FB grupları arasında fark bulunmuştur. Değerlerin 10 kg/cm<sup>2</sup> basınçtan sonra birbirinden anlamlı olarak farklı bulunmadığı belirlenmiştir.



Şekil 4.4. Ortalama tam kuru yoğunluk değerleri (gr/cm<sup>3</sup>)



Şekil 4.5. MÜF ile üretilen TAK'ların tam kuru yoğunluk ile tutkal katman kalınlıkları arasındaki ilişki



Şekil 4.6. FF ile üretilen TAK'ların tam kuru yoğunluk ile tutkal katman kalınlıkları arasındaki ilişki

MÜF ve FF tutkalı kullanılarak üretilen örneklerin r değerleri sırasıyla 0,940 ve 0,960,  $R^2$  değerleri sırasıyla 0,8843 ve 0,9231 olarak bulunmuştur. Her iki ilişki için hesaplanan  $r > 0,70$  ve  $R^2 > 0,50$  olması, tutkal katman kalınlığı ile tam kuru yoğunluk arasında doğrusal kuvvetli bir ilişkinin olduğunu göstermektedir.

#### 4.2.2. Boyutsal sabitlik

##### 4.2.2.1. Kalınlığına şişme miktarı

MÜF ve FF tutkallarıyla üretilen TAK örneklerinin KŞ miktarları Çizelge 4.4'te ve grafiği Şekil 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.4'te veriler incelendiğinde KŞ miktarlarında en yüksek artış MÜF tutkalı kullanılarak üretilen MF grubunda (%11,40), FF'li örneklerde ise en yüksek artış FE grubunda (%6,92) bulunmuştur.

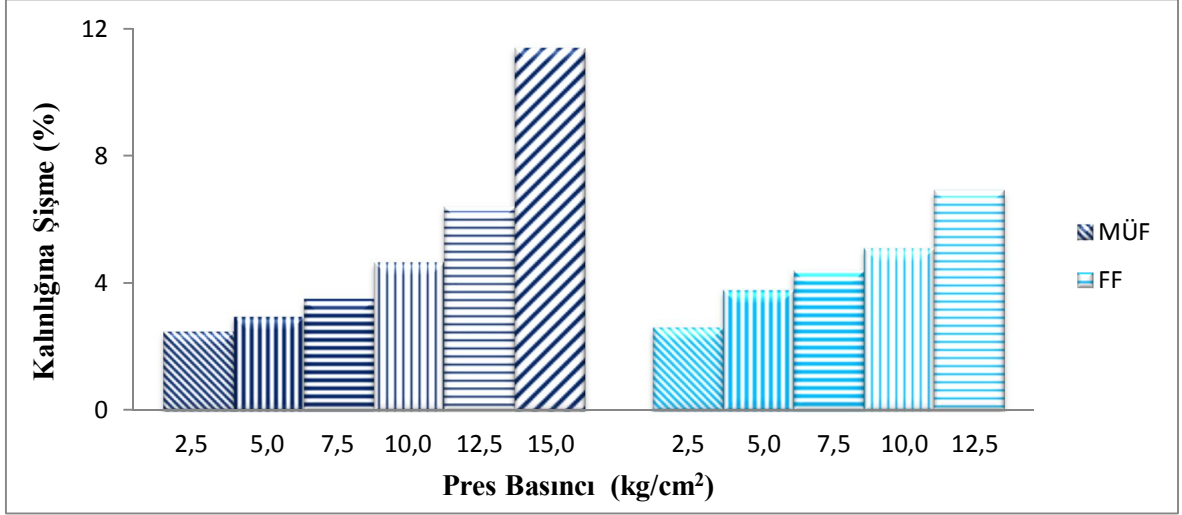
Çizelge 4.4. KŞ değerleri (%)

Örnek No	Ort. (%)	S.S	Cov.	HG*	F	P
MA	2,48	0,32	13,01	E	476,80	< .0001
MB	2,96	0,21	7,08	DE		
MC	3,52	0,32	9,12	D		
MD	4,67	0,33	7,00	C		
ME	6,42	0,56	8,74	B		
MF	11,40	1,00	8,77	A		
FA	2,61	0,19	7,30	D	112,45	< .0001
FB	3,78	0,37	9,89	C		
FC	4,40	0,44	10,03	C		
FD	5,09	0,46	9,11	B		
FE	6,92	0,88	12,79	A		

**Ort.:** Ortalama, **S.S:** Standart sapma, **Cov.:** Varyasyon katsayısı, **HG:** Homojenlik grubu, **F:** F değeri, **P:** Önem düzeyi, \* Aynı harfi taşıyan gruplar arasında fark yoktur.

MÜF ve FF tutkallarıyla üretilen TAK'ların KŞ değerlerini karşılaştırmak için yapılan F testi sonuçlarına göre grup içinde (MÜF'lü örnekler için F=476,80, P<0,001, FF'li örnekler için F=112,45, P<0,0001) KŞ miktarı ortalamaları farklı bulunduğundan değerler arasındaki karşılaştırmalar için Bonferroni testi yapılmıştır. Bonferroni test sonuçlarına göre MÜF'lü örneklerde MB-MC grupları ile MA-MB arasında fark bulunmamış fakat bu gruplar ile MD-ME-MF grupları arasında fark bulunmuştur. FF'li örneklerde ise FB-FC grupları arasında fark bulunmamış, ancak bu gruplar ile FA-FD-FE grupları arasında fark bulunmuştur.

KŞ miktarlarındaki artma, presleme sonrasında geriye yaylanmanın bir sonucudur. Benzer sonuçlar Ünsal ve ark. (2011a) ve (2011b) tarafından yapılan araştırmada masif ağaç malzeme için yapılan denemelerde bulunmuştur.



Şekil 4.7. KŞ miktarları

#### 4.2.2.2. Ağırlıkça artma miktarı

MÜF ve FF tutkallarıyla üretilen TAK örneklerinin AA miktarları Çizelge 4.5’de ve grafiği Şekil 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.5. AA miktarları

Örnek No	Ort. (%)	S.S	Cov.	HG*	F	P
MA	71,22	4,24	5,95	A	19,49	< .0001
MB	60,89	6,24	10,24	B		
MC	59,33	4,54	7,66	BC		
MD	56,10	5,07	9,03	BC		
ME	54,07	3,78	7,00	BC		
MF	54,76	5,71	10,42	C		
FA	67,88	5,27	7,77	A	27,01	< .0001
FB	56,34	3,27	5,81	B		
FC	55,87	3,38	6,05	BC		
FD	54,72	4,96	9,07	BC		
FE	50,95	3,90	7,66	C		

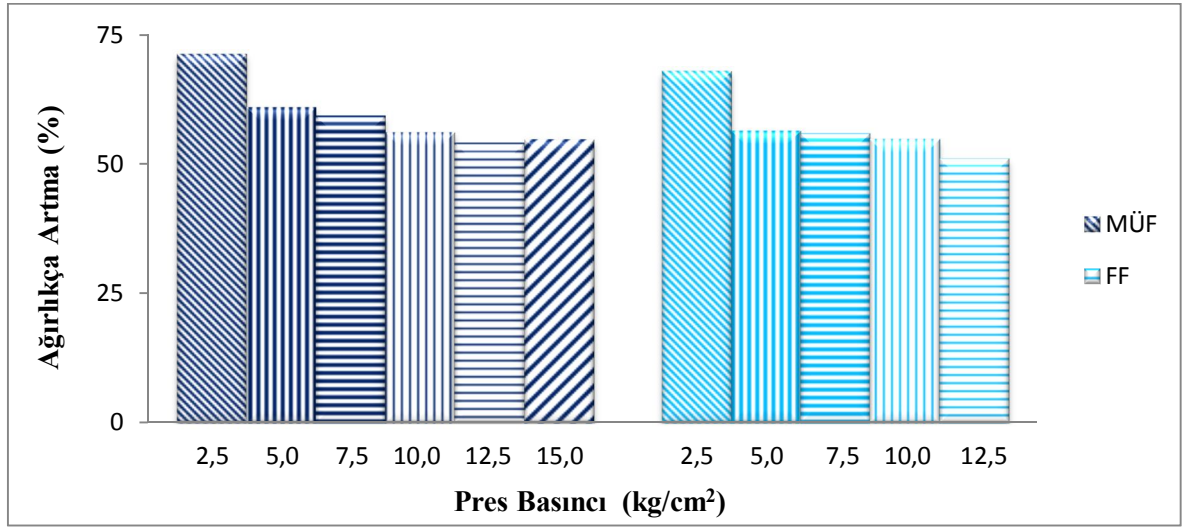
**Ort.:** Ortalama, **S.S:** Standart sapma, **Cov.:** Varyasyon katsayısı, **HG:** Homojenlik grubu, **F:** F değeri, **P:** Önem düzeyi, \* Aynı harfi taşıyan gruplar arasında fark yoktur.

Çizelge 4.5’de veriler incelendiğinde AA miktarlarında en yüksek artış MÜF tutkalı kullanılarak üretilen MA grubunda (% 71,22), FF’li örneklerde ise en yüksek artış FA grubunda (%67,88) olarak bulunmuştur. Grupları aynı basınç miktarları arasında karşılaştırıldığında; FF tutkalı ile üretilen grupların AA miktarlarının MÜF tutkalı ile üretilen gruplara göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bunun nedeni olarak, üre

bileşeni ilavesiyle üretilen MÜF tutkalının, FF tutkalına göre su ve hava şartlarına karşı direncinin daha az olmasından kaynaklanmakta olduğu söylenebilir (Pizzi, 1994).

Düşük AA miktarı yoğunlukla ilişkilidir. Yoğunluğun pres basıncının artmasına bağlı olarak artmasıyla, malzemedeki boşluk oranı azalır ve su absorpsiyonu zorlaşır. Benzer sonuç, yonga levha için Wong ve ark. (1999) tarafından yapılan çalışmada da bulunmuştur.

MÜF ve FF tutkallarıyla üretilen TAK'ların AA miktarlarını karşılaştırmak için yapılan F testi sonuçlarına göre grup içinde (MÜF'lü örnekler için  $F=19,49$ ,  $P<0,001$ , FF'li örnekler için  $F=27,01$ ,  $P<0,0001$ ) ağırlıkça artma miktarı ortalamaları farklı bulunduğundan değerler arasındaki karşılaştırmalar için Bonferroni testi yapılmıştır. Bonferroni test sonuçlarına göre MÜF'lü örneklerde MB-MC-MD-ME grupları ile MC-MD-ME-MF grupları arasında fark bulunmamıştır, ancak bu gruplar ile MA grubu arasında fark bulunmuştur. FF'li örneklerde ise FB-FC-FD grupları ile FC-FD-FE grupları arasında fark görülmemiş ancak bu gruplar ile FA grubu arasında fark bulunmuştur.



Şekil 4.8. AA miktarları

### 4.3. Mekanik Özellikler

#### 4.3.1. Eğilme direnci

MÜF ve FF tutkallarıyla üretilen TAK örneklerine ait ED değerleri Çizelge 4.6'da ve grafiği Şekil 4.9'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.6. ED'nin belirlenmesinde elde edilen değerler

Örnek No	Ort. T.K.K (mm)	Ort. (N/mm <sup>2</sup> )	S.S	Cov.	HG*	F	P
MA	0,123	55,91	8,13	14,54	A	18,64	< .0001
MB	0,101	59,91	6,26	10,46	AB		
MC	0,092	63,41	9,00	14,19	BC		
MD	0,084	66,30	8,38	12,65	BC		
ME	0,059	68,37	10,36	15,15	CD		
MF	0,044	74,69	7,52	10,07	D		
FA	0,141	54,23	9,36	17,27	A	10,95	< .0001
FB	0,121	60,65	9,15	15,08	AB		
FC	0,088	62,54	8,15	13,03	B		
FD	0,068	63,88	8,66	13,56	BC		
FE	0,047	69,15	9,39	13,58	C		

**Ort. T.K.K:** Ortalama tutkal katman kalınlığı, **Ort.:** Ortalama, **S.S:** Standart sapma, **Cov.:** Varyasyon katsayısı, **HG:** Homojenlik grubu, **F:** F değeri, **P:** Önem düzeyi, \* Aynı harfi taşıyan gruplar arasında fark yoktur.

Çizelge 4.6'da veriler incelendiğinde MÜF tutkalı ile üretilen TAK için en yüksek ED değeri MF grubunda (74,69 N/mm<sup>2</sup>), FF tutkalı ile üretilen TAK için en yüksek ED değeri ise FE grubunda (69,15 N/mm<sup>2</sup>) olarak bulunmuştur.

Yapıştırılacak ağaç malzemede uygulanan pres basıncı mekanik adezyon sağlanması için gereklidir. Diğer yandan pres basıncı hem tutkalın yapıştırılan yüzeye tam temasını sağlarken, hemde ince bir tukul katmanının oluşmasına yardımcı olur (Göker ve Bozkurt, 1986). Çizelge 4.6'daki değerlere bakıldığında uygulanan pres basıncının artması ile tutkalın açık hücre boşluklarına daha derin nüfuz etmesi sağlanmış (minimum tutkal katman kalınlığı) ve tutkal sertleşene kadar birleştirilecek iki ağaç malzemenin aynı pozisyonda tutulması sağlanmıştır (Göker ve Bozkurt, 1986). Yoğunluk ile mekanik özellikler arasında kuvvetli bir ilişki olduğu için örneklere uygulanan pres basıncı miktarının artması ile örnek yoğunlukları da artış göstermiş ve bu nedenle ED değerleri de artış göstermiştir. İstek (2006) ve Örs ve ark. (2001) tarafından yapılan benzer bir çalışmada üretim sırasında levhaya uygulanan basınç miktarının artmasıyla ED değerlerinin artış gösterdiği rapor edilmiştir.

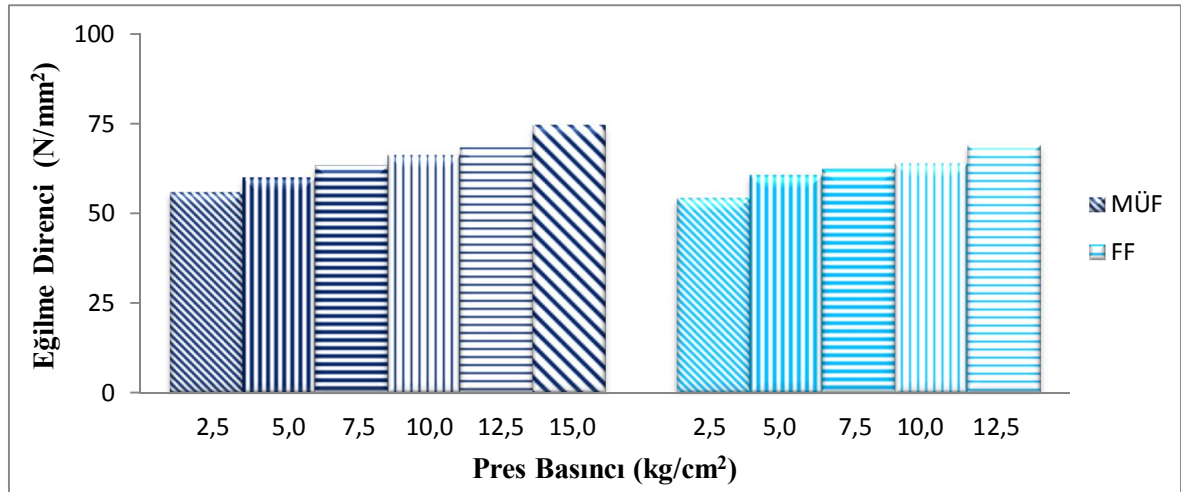
Çizelge 4.7. Farklı ağaç türlerine ait eğilme direnci değerleri

Karaçam (N/mm <sup>2</sup> )	Gök nar (N/mm <sup>2</sup> )	64 H Kavak (N/mm <sup>2</sup> )	I-214 Kavak (N/mm <sup>2</sup> )
82,28 <sup>(1)</sup>	63,79 <sup>(1)</sup>	58,54 <sup>(2)</sup>	52,86 <sup>(3)</sup>

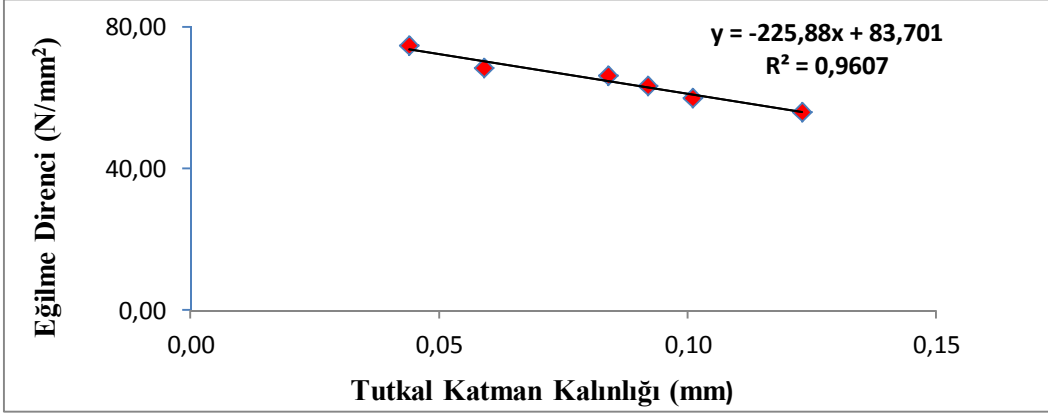
(1): Civelek ve ark., (2006). (2): Acar, (1972). (3): Sertmehmetoğlu ve ark., (1967).

Araştırma sonuçları, TAK'nin eğilme dirençlerinin Çizelge 4.7'de verilen masif kavak ve göknar odunundan yüksek, yerli yapraklı ve iğne yapraklı bazı ağaç türlerinin değerlerine yakın bulunmuştur.

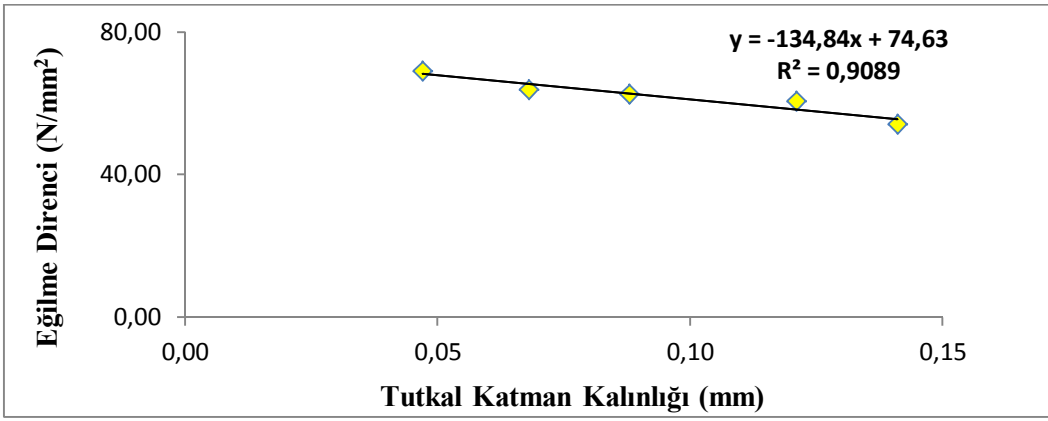
MÜF ve FF tutkallarıyla üretilen TAK'ların ED değerlerini karşılaştırmak için yapılan F testi sonuçlarına göre grup içinde (MÜF'lü örnekler için  $F=18,64$ ,  $P<0,001$ , FF'lü örnekler için  $F=10,95$ ,  $P<0,001$ ) ED değeri ortalamaları farklı olduğundan değerler arasındaki karşılaştırmalar için Bonferroni testi yapılmıştır. Bonferroni test sonuçlarına göre MÜF'lü örneklerde MC-MD grupları ile ME-MF grupları arasında fark bulunmamıştır, ancak bu gruplar ile MA-MB grupları arasında fark bulunmuştur. FF'li örneklerde ise FD-FE grupları arasında fark bulunmamıştır, ancak bu gruplar ile FA grubu arasında fark bulunmuştur.



Şekil 4.9. ED değerleri



Şekil 4.10. MÜF ile üretilen TAK'ların ED ile tutkal katman kalınlıkları arasındaki ilişki



Şekil 4.11. FF ile üretilen TAK'ların ED ile tutkal katman kalınlıkları arasındaki ilişki

MÜF ve FF tutkalı kullanılarak üretilen örneklerin  $r$  değerleri sırasıyla 0,980 ve 0,953,  $R^2$  değerleri sırasıyla 0,9607 ve 0,9089 olarak bulunmuştur. Her iki ilişki için hesaplanan  $r > 0,70$  ve  $R^2 > 0,50$  olması, tutkal katman kalınlığı ile ED arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğunu göstermektedir.

#### 4.3.2. Eğilmeye elastikiyet modülü

MÜF ve FF tutkallarıyla üretilen TAK'ye ait EM değerleri Çizelge 4.8'de ve grafiği Şekil 4.12'da verilmiştir.

Çizelge 4.8'de veriler incelendiğinde MÜF tutkalıyla üretilen örneklerde en yüksek EM değeri MF grubunda ( $6461,82 \text{ N/mm}^2$ ), FF tutkalı kullanılarak üretilen TAK örneklerinde ise en yüksek EM değeri FE grubunda ( $6211,73 \text{ N/mm}^2$ ) bulunmuştur. EM değerlerinin artmasının temel nedenleri ED değerlerinde de olduğu gibi basınç miktarı ve buna bağlı olarak yoğunluk artışına dayanmaktadır. Pres basıncının artmasıyla tutkalın yüzeye tam temasının sağlanması, daha derine nüfuz etmesi ve sonucunda ideal ince bir tutkal katmanının oluşması gerçekleşmiştir (Göker ve Bozkurt, 1986).

Çizelge 4.8. EM'nin belirlenmesinde elde edilen değerler

Örnek No	Ort. T.K.K (mm)	Ort. (N/mm <sup>2</sup> )	S.S	Cov.	HG*	F	P
MA	0,123	5588,78	443,28	7,93	A	12,45	< .0001
MB	0,101	5629,32	494,70	8,79	A		
MC	0,092	5853,88	539,07	9,21	AB		
MD	0,084	5946,54	407,69	6,86	AB		
ME	0,059	6031,71	550,04	9,12	B		
MF	0,044	6461,82	510,55	7,90	C		
FA	0,141	5339,73	489,31	9,16	A	11,80	< .0001
FB	0,121	5496,22	284,59	5,18	AB		
FC	0,088	5818,76	618,71	10,63	BC		
FD	0,068	5946,67	542,76	9,13	C		
FE	0,047	6211,73	744,83	11,99	C		

**Ort. T.K.K:** Ortalama tutkal katman kalınlığı, **Ort.:** Ortalama, **S.S:** Standart sapma, **Cov.:** Varyasyon katsayısı, **HG:** Homojenlik grubu, **F:** F değeri, **P:** Önem düzeyi \* Aynı harfi taşıyan gruplar arasında fark yoktur.

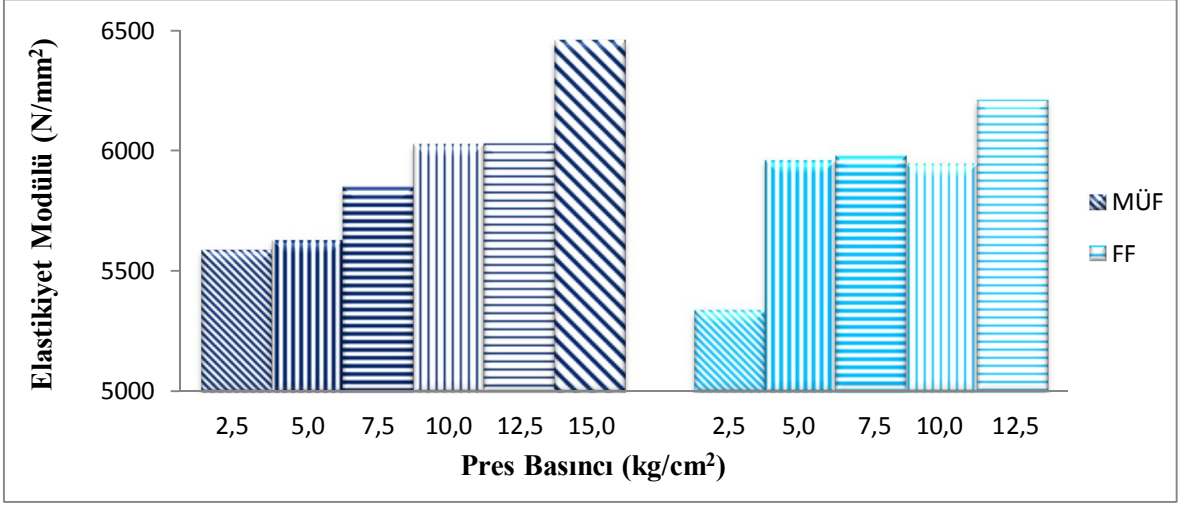
MÜF ve FF tutkallarıyla üretilen TAK'ların EM değerlerini karşılaştırmak için yapılan F testi sonuçlarına göre grup içinde (MÜF'lü örnekler için F=12,45, P<0,001, FF'li örnekler için F=11,80, P<0,001) EM değeri ortalamaları farklı olduğundan değerler arasındaki karşılaştırmalar için Bonferroni testi yapılmıştır. Bonferroni test sonuçlarına göre MÜF'lü örneklerde MA-MB grupları ile MC-MD grupları arasında fark bulunmamış, ancak bu gruplar ile ME-MF grupları arasında fark bulunmuştur. FF'li örneklerde FA-FB grupları ile FC-FD-FE grupları arasında fark bulunmuştur.

Çizelge 4.9. Farklı ağaç türlerine ait eğilmede elastikiyet modülü değerleri

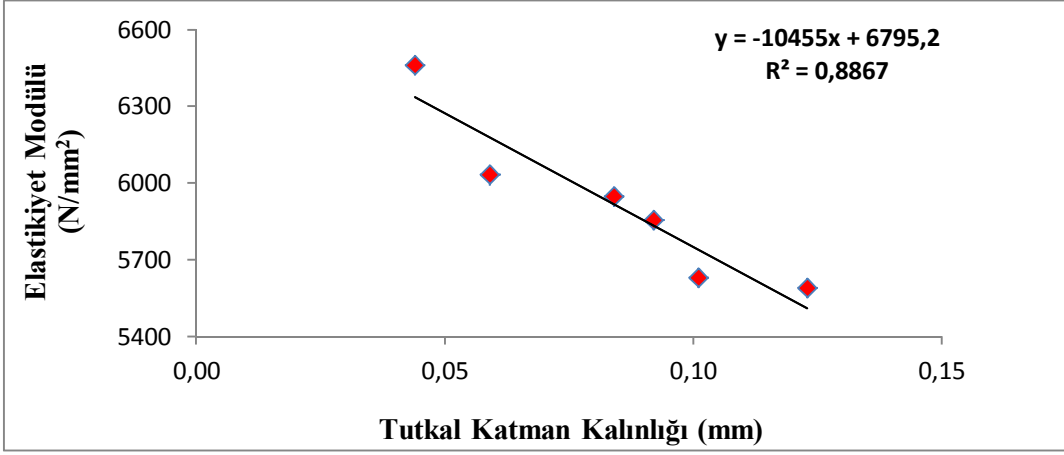
Kayın (N/mm <sup>2</sup> )	Kızılcım (N/mm <sup>2</sup> )	Kavak (N/mm <sup>2</sup> )
10836 <sup>(1)</sup>	10180 <sup>(1)</sup>	5680 <sup>(2)</sup>

(1): Toker, (2007). (2): Örs ve Keskin, (2001).

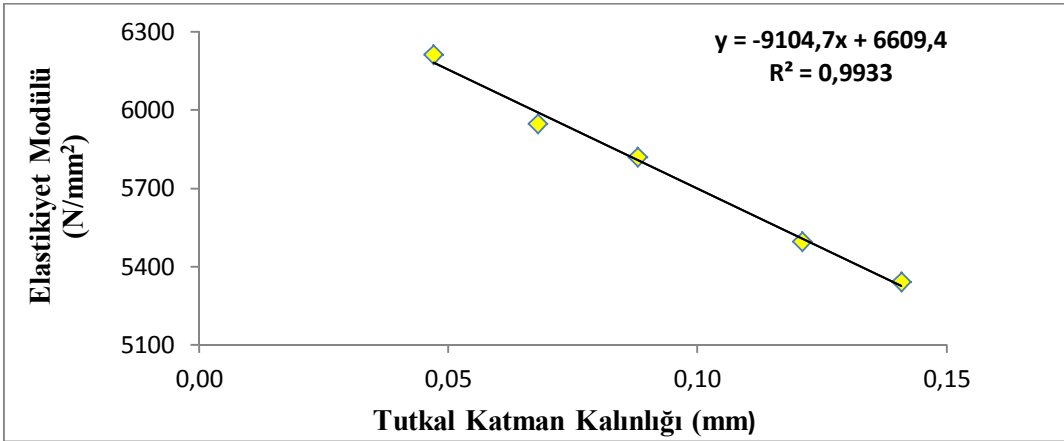
Araştırma sonuçları TAK'ların EM değerlerinin Çizelge 4.9'a göre masif kavak odunundan yüksek, yerli yapraklı ve iğne yapraklı bazı ağaç türlerinin değerlerinden düşük bulunmuştur.



Şekil 4.12. EM değerleri



Şekil 4.13. MÜF ile üretilen TAK'ların EM ile tutkal katman kalınlıkları arasındaki ilişki



Şekil 4.14. FF ile üretilen TAK'ların EM ile tutkal katman kalınlıkları arasındaki ilişki

MÜF ve FF tutkalı kullanılarak üretilen örneklerin  $r$  değerleri sırasıyla 0,941 ve 0,996,  $R^2$  değerleri sırasıyla 0,8867 ve 0,9933 olarak bulunmuştur. Her iki ilişki için hesaplanan  $r > 0,70$  ve  $R^2 > 0,50$  olması, tutkal katman kalınlığı ile EM arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğunu göstermektedir.

#### 4.3.3. Liflere paralel basınç direnci

MÜF ve FF tutkallarıyla üretilen TAK'ye ait LPBD değerleri Çizelge 4.10'da ve grafiği Şekil 4.15'de verilmiştir.

Çizelge 4.10. LPBD değerleri

Örnek No	Ort. T.K.K (mm)	Ort. (N/mm <sup>2</sup> )	S.S	Cov.	HG*	F	P
MA	0,123	55,43	4,71	8,49	A	67,03	< .0001
MB	0,101	65,16	7,73	11,86	A		
MC	0,092	69,67	7,54	10,82	B		
MD	0,084	75,27	8,65	11,49	BC		
ME	0,059	84,52	9,13	10,81	C		
MF	0,044	87,93	10,08	11,46	D		
FA	0,141	63,60	9,58	15,06	A	39,44	< .0001
FB	0,121	71,00	10,42	14,67	B		
FC	0,088	73,11	5,86	8,02	C		
FD	0,068	80,05	6,54	8,17	C		
FE	0,047	89,41	9,26	10,35	D		

**Ort. T.K.K:** Ortalama tutkal katman kalınlığı, **Ort.:** Ortalama, **S.S:** Standart sapma, **Cov.:** Varyasyon katsayısı, **HG:** Homojenlik grubu, **F:** F değeri, **P:** Önem düzeyi, \* Aynı harfi taşıyan gruplar arasında fark yoktur.

Çizelge 4.10'da veriler incelendiğinde MÜF ile üretilen örneklerde en yüksek LPBD değeri MF grubunda (87,93 N/mm<sup>2</sup>), FF tutkalı ile üretilmiş örneklerde ise en yüksek LPBD değeri FE grubunda (89,41 N/mm<sup>2</sup>) bulunmuştur. Örneklere uygulanan pres basıncının artmasıyla her iki grupta da LPBD değerleri artış göstermiştir. FF'li grupların LPBD değerleri MÜF'lü örneklere göre yüksek olmasının nedeni, FF tutkalının yapısında fazlaca bulunan formaldehitin çapraz bağlanmayı sağlaması olarak açıklanabilir (Baldwin, 1995).

MÜF ve FF tutkallarıyla üretilen TAK'ların LPBD değerlerini karşılaştırmak için yapılan F testi sonuçlarına göre grup içinde (MÜF'lü örnekler için F=67,03, P<0,001, FF'li örnekler için F=39,44, P<0,001) LPBD değeri ortalamaları farklı bulunduğundan değerler arasındaki karşılaştırmalar için Bonferroni testi yapılmıştır. Bonferroni test sonuçlarına

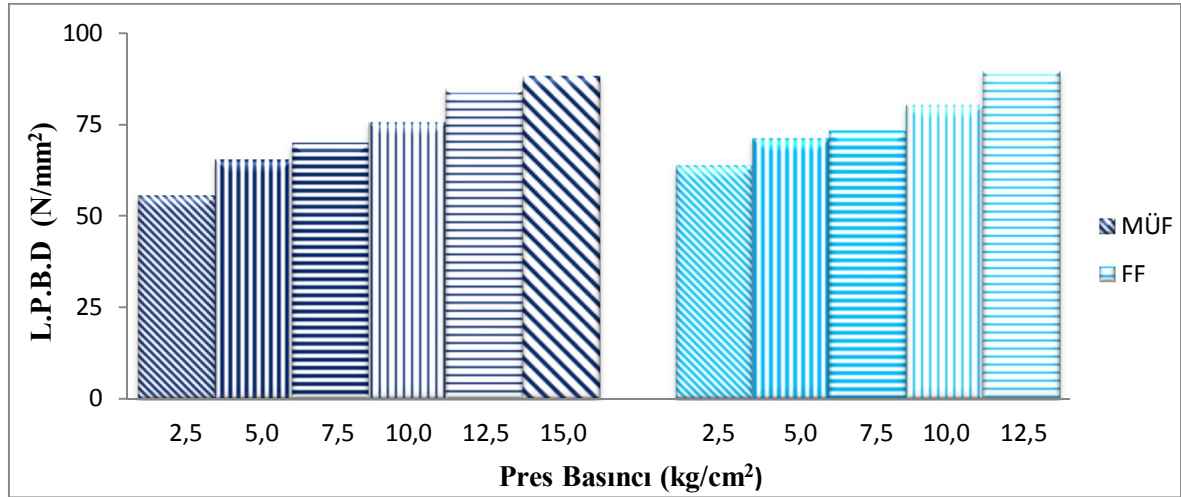
göre MÜF'li örneklerde MA-MB grupları ile MC-MD-ME grupları arasında fark bulunmamış, ancak bu gruplar ile MF grubu arasında fark bulunmuştur. FF'li örneklerde FC-FD grupları arasında fark bulunmamış fakat bu gruplar ile FA-FB ve FE grupları arasında fark bulunmuştur.

Çizelge 4.11. Farklı ağaç türlerine ait LPBD değerleri

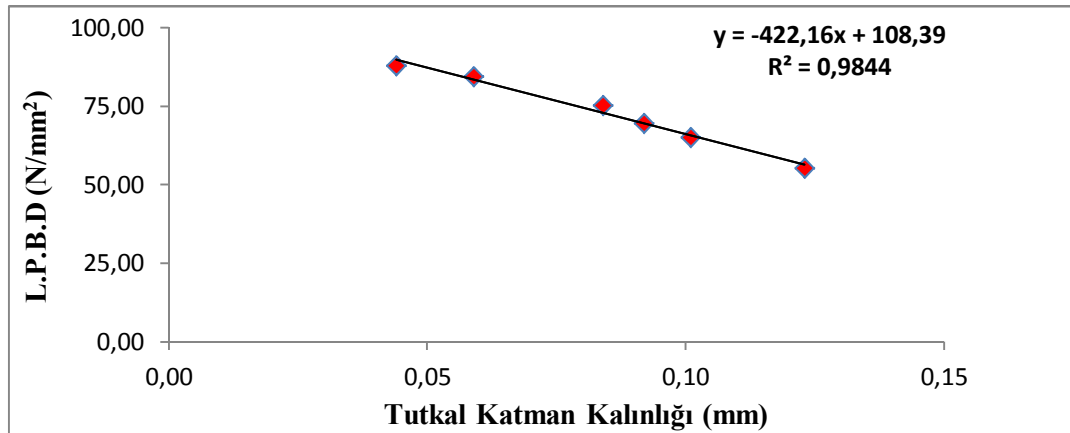
Karakavak (N/mm <sup>2</sup> )	Söğüt (N/mm <sup>2</sup> )	I-214 Kavak (N/mm <sup>2</sup> )
35,00	34,00	28,00

Tunçtaner ve ark. (2004).

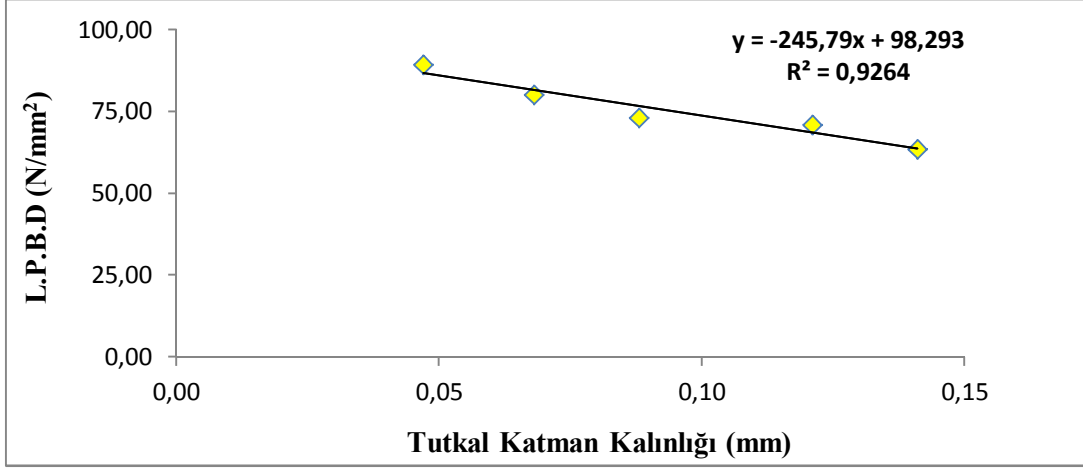
Araştırma sonuçları TAK'ların LPBD değerleri Çizelge 4.11'e göre masif kavak odunundan yüksek, yerli yapraklı ve iğne yapraklı bazı türlerin değerlerine yakın bulunmuştur.



Şekil 4.15. Liflere paralel basınç direnci sonuçları



Şekil 4.16. MÜF ile üretilen TAK'ların LPBD ile tutkal katman kalınlıkları arasındaki ilişki



Şekil 4.17. FF ile üretilen TAK'ların LPBD ile tutkal katman kalınlıkları arasındaki ilişki

MÜF ve FF tutkalı kullanılarak üretilen örneklerin  $r$  değerleri sırasıyla 0,992 ve 0,962,  $R^2$  değerleri sırasıyla 0,9844 ve 0,9264 olarak bulunmuştur. Her iki ilişki için hesaplanan  $r > 0,70$  ve  $R^2 > 0,50$  olması, tutkal katman kalınlığı ile LPBD arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğunu göstermektedir.

#### 4.3.4. Liflere dik basınç direnci

MÜF ve FF tutkallarıyla üretilen TAK'ye ait LDBD değerleri Çizelge 4.12'de ve grafiği Şekil 4.18'de verilmiştir.

Çizelge 4.12. LDBD değerleri

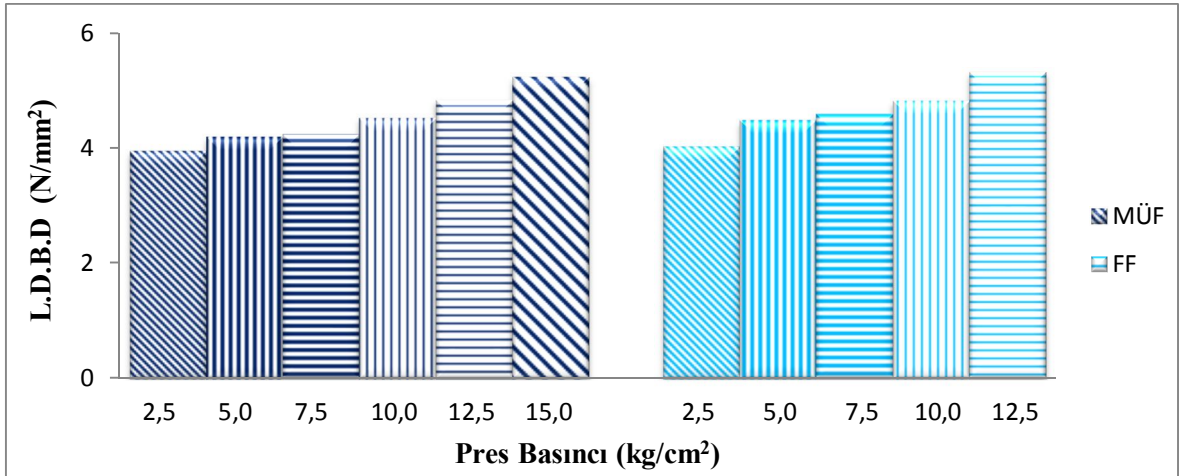
Örnek No	Ort. T.K.K (mm)	Ort. (N/mm <sup>2</sup> )	S.S	Cov.	HG*	F	P
MA	0,123	3,95	0,25	6,26	A	79,01	< .0001
MB	0,101	4,19	0,21	4,93	B		
MC	0,092	4,24	0,20	4,68	C		
MD	0,084	4,52	0,24	5,28	D		
ME	0,059	4,83	0,35	7,16	D		
MF	0,044	5,23	0,44	8,36	E	72,01	< .0001
FA	0,141	4,03	0,19	4,74	A		
FB	0,121	4,48	0,32	7,19	B		
FC	0,088	4,60	0,26	5,75	B		
FD	0,068	4,82	0,33	7,00	C		
FE	0,047	5,32	0,38	7,19	D		

**Ort. T.K.K:** Ort. tutkal katman kalınlığı, **Ort.:** Ortalama, **S.S:** Standart sapma, **Cov.:** Varyasyon katsayısı, **HG:** Homojenlik grubu, **F:** F değeri, **P:** Önem düzeyi, \* Aynı harfi taşıyan gruplar arasında fark yoktur.

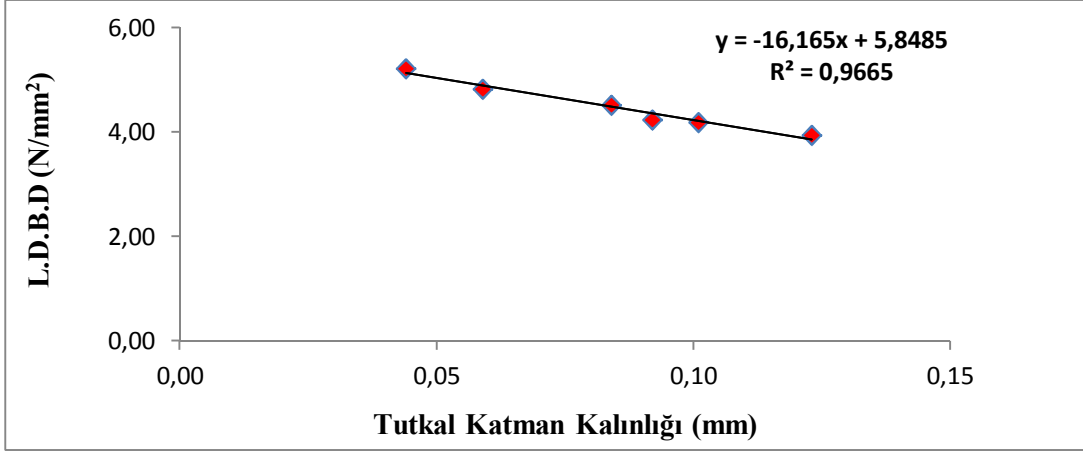
Çizelge 4.12’de veriler incelendiğinde MÜF’lü örneklerde en yüksek LDBD değeri MF grubunda (5,23 N/mm<sup>2</sup>), FF’li örneklerde ise en yüksek LDBD değeri FE grubunda (5,32 N/mm<sup>2</sup>) bulunmuştur. Örneklere uygulanan pres basıncının artmasıyla her iki grupta da LDBD değerleri artış göstermiştir. LDBD değerlerinin artmasının temel nedenleri pres basıncı ve yoğunluk artışına dayanmaktadır.

Sertmehmetoğlu ve ark. tarafından (1967) yapılan bir çalışmada I-214 melez kavak klonunun liflere dik basınç direncini 2,93 N/mm<sup>2</sup> olarak bulmuşlardır. Araştırma sonuçları TAK’ların LDBD değerlerinin kavak odunundan yüksek olduğu bulunmuştur.

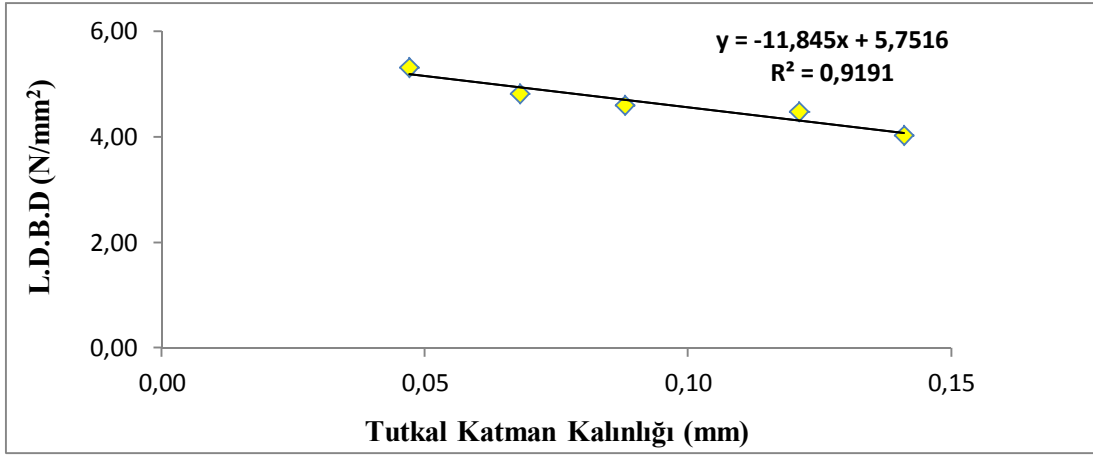
MÜF ve FF tutkallarıyla üretilen TAK’ların LDBD değerlerini karşılaştırmak için yapılan F testi sonuçlarına göre grup içinde (MÜF’lü örnekler için F=79,01, P<0,001, FF’li örnekler için F=72,01, P<0,001) LDBD değeri ortalamaları farklı bulunduğundan değerler arasındaki karşılaştırmalar için Bonferroni testi yapılmıştır. Bonferroni test sonuçlarına göre MÜF’lü örneklerde MD-ME grupları arasında fark bulunmamıştır, ancak bu gruplar ile MA-MB-MC-MF grupları arasında fark bulunmuştur. FF’li örneklerde ise FB-FC grupları arasında fark bulunmamıştır, ancak bu gruplar ile FA-FD-FE grupları arasında fark bulunmuştur.



Şekil 4.18. LDBD değerleri



Şekil 4.19. MÜF ile üretilen TAK'ların LDBD ile tutkal katman kalınlıkları arasındaki ilişki



Şekil 4.20. FF ile üretilen TAK'ların LDBD ile tutkal katman kalınlıkları arasındaki ilişki

MÜF ve FF tutkalı kullanılarak üretilen örneklerin  $r$  değerleri sırasıyla 0,983 ve 0,958,  $R^2$  değerleri sırasıyla 0,9665 ve 0,9191 olarak bulunmuştur. Her iki ilişki için hesaplanan  $r > 0,70$  ve  $R^2 > 0,50$  olması, tutkal katman kalınlığı ile LDBD arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğunu göstermektedir.

#### 4.3.5. Dinamik eğilme (Şok) direnci

MÜF ve FF tutkallarıyla üretilen TAK'ye ait DED değerleri Çizelge 4.13'te ve grafiği Şekil 4.21'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.13. Dinamik eğilme (şok) direncinin belirlenmesinde elde edilen değerler

Örnek No	Ort. T.K.K (mm)	Ort. (N/mm <sup>2</sup> )	S.S	Cov.	HG*	F	P
MA	0,123	0,23	0,05	21,74	A	3,46	0,0052
MB	0,101	0,22	0,06	26,55	AB		
MC	0,092	0,26	0,06	21,78	AB		
MD	0,084	0,25	0,06	25,04	AB		
ME	0,059	0,24	0,04	17,43	B		
MF	0,044	0,27	0,04	14,31	B		
FA	0,141	0,22	0,04	18,46	A	9,91	< .0001
FB	0,121	0,23	0,03	12,19	AB		
FC	0,088	0,26	0,06	21,57	AB		
FD	0,068	0,26	0,06	21,31	BC		
FE	0,047	0,29	0,06	20,66	C		

**Ort. T.K.K:** Ort. tutkal katman kalınlığı, **Ort.:** Ortalama, **S.S:** Standart sapma, **Cov.:** Varyasyon katsayısı, **HG:** Homojenlik grubu, **F:** F değeri, **P:** Önem düzeyi, \* Aynı harfi taşıyan gruplar arasında fark yoktur.

Çizelge 4.13'te veriler incelendiğinde MÜF ile üretilen örneklerde en yüksek DED değeri MF grubunda (0,27 N/mm<sup>2</sup>), FF tutkalı ile üretilmiş örneklerde ise en yüksek DED değeri FE grubunda (0,29 N/mm<sup>2</sup>) bulunmuştur. Örneklere uygulanan pres basıncının artmasıyla örneklerin yoğunlukları artmış ve buna bağlı olarak tutkalın daha derinlere nüfuz etmesi sağlanmış ve bunun sonucunda her iki grupta DED değerleri artış göstermiştir.

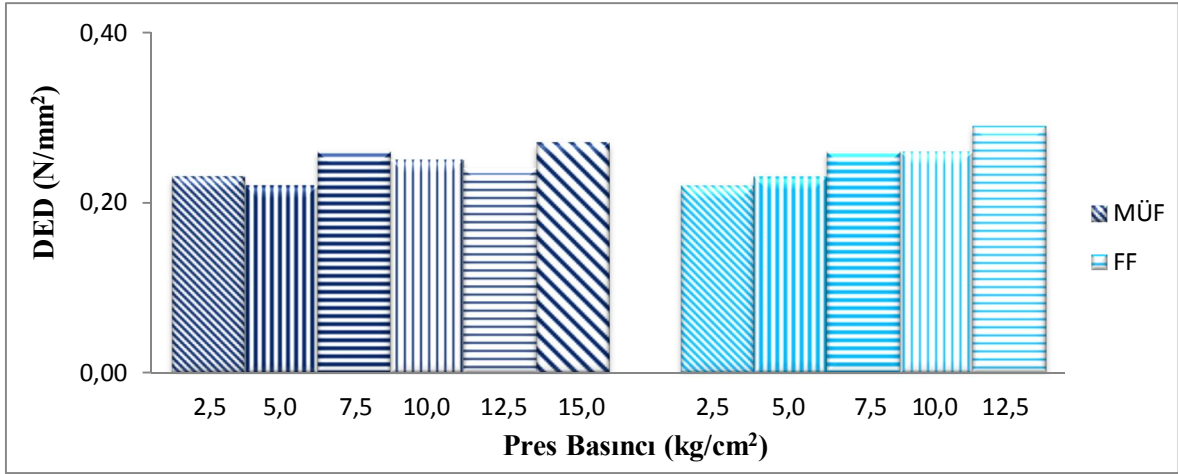
MÜF ve FF tutkallarıyla üretilen TAK'ların DED değerlerini karşılaştırmak için yapılan F testi sonuçlarına göre grup içinde (MÜF'lü örnekler için F=3,46, P<0,0052, FF'li örnekler için F=9,91, P<0,0001) DED değeri ortalamaları farklı bulunduğundan değerler arasındaki karşılaştırmalar için Bonferroni testi yapılmıştır. Bonferroni test sonuçlarına göre MÜF'lü örneklerde MB-MC-MD ile ME-MF grupları arasında fark bulunmamıştır, ancak bu gruplar ile MA grubu arasında fark bulunmuştur. FF'li örneklerde ise FB-FC grupları arasında fark bulunmamıştır, ancak bu gruplar ile FA-FD-FE grupları arasında fark bulunmuştur.

Çizelge 4.14. Farklı ağaç türlerine ait DED değerleri

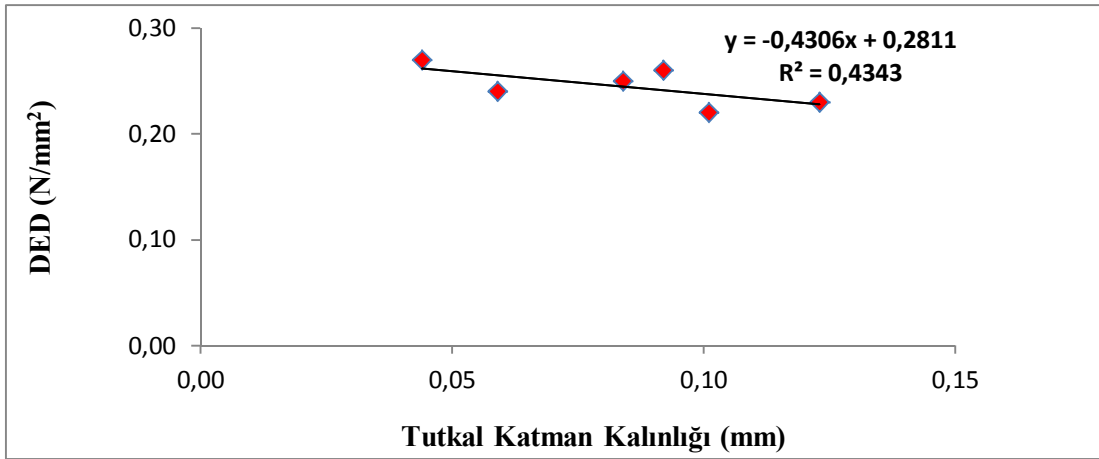
Doğu Çınarı (N/mm <sup>2</sup> )	Doğu Kayını (N/mm <sup>2</sup> )	64 H Kavak (N/mm <sup>2</sup> )	I-214 Kavak (N/mm <sup>2</sup> )
0,67 <sup>(1)</sup>	0,47 <sup>(1)</sup>	0,30 <sup>(2)</sup>	0,19 <sup>(3)</sup>

(1): Bektaş ve ark. (2005). (2): Acar, (1972). (3): Sertmehmetoğlu ve ark., (1967).

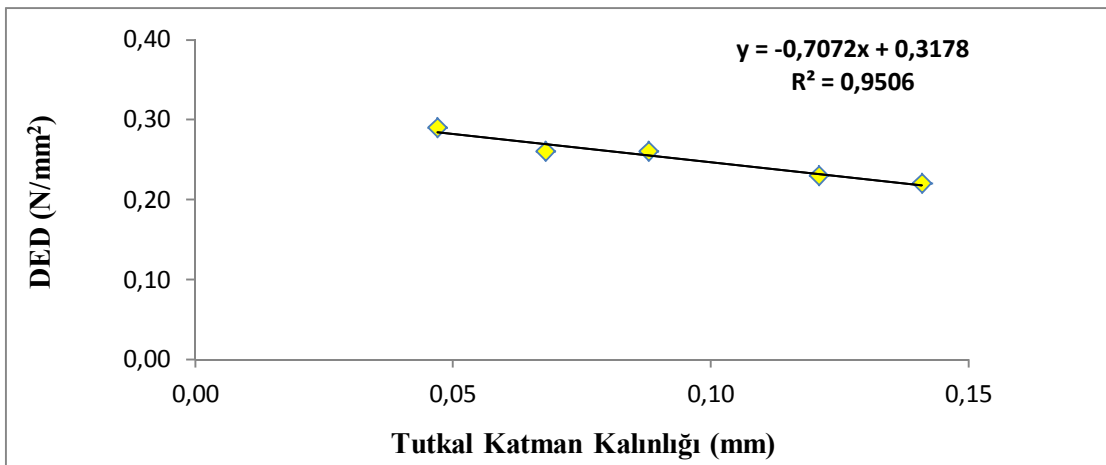
Araştırma sonuçları TAK'nin DED'nin Çizelge 4.14'e göre masif kavak odunundan yüksek, yerli yapraklı ve iğne yapraklı bazı türlerin değerlerine yakın bulunmuştur.



Şekil 4.21. Dinamik eğilme (şok) direnci değerleri



Şekil 4.22. MÜF ile üretilen TAK'ların DED ile tutkal katman kalınlıkları arasındaki ilişki



Şekil 4.23. FF ile üretilen TAK'ların DED ile tutkal katman kalınlıkları arasındaki ilişki

MÜF ve FF tutkalı kullanılarak üretilen örneklerin  $r$  değerleri sırasıyla 0,659 ve 0,974,  $R^2$  değerleri sırasıyla 0,4343 ve 0,9506 olarak bulunmuştur. Her iki ilişki için hesaplanan yalnız FF ile üretilen TAK'lar için  $r > 0,70$  ve  $R^2 > 0,50$  olması, tutkal katman kalınlığı ile DED arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğunu göstermektedir.

## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

### 5.1. Sonuçlar

Bu çalışmada; Türkiye’de endüstriyel olarak tam anlamıyla bilinmeyen ve kullanılmayan TAK’ların üretiminde kullanılan farklı pres basınçları sonucunda oluşan tutkal katman kalınlıklarının malzemenin fiziksel ve mekanik özellikler üzerine etkisi araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre;

1. TAK’ların yoğunluk değerlerinin aynı türü temsil eden masif malzemeye göre daha yüksek bulunmuştur. Bu üretim sırasında yüksek basınç kullanılması ve tutkallamaya bağlanmıştır. Yoğunluk değerlerindeki artışın miktarı yoğunlaştırma faktörü hesaplanarak belirlenmiştir.
2. MÜF’lü ve FF’li örneklere uygulanan basınç miktarlarının artmasıyla kalınlığına şişme değerlerinde geriye yayılmanın etkisiyle artış olduğu, ancak ağırlıkça artma değerlerinde ise boşluk oranının azalması nedeniyle azalma olduğu bulunmuştur.
3. Pres basıncının artmasıyla bütün mekanik özelliklerde iyileşme görülmüştür. Yüksek basınçta numune yoğunluklarının artması ve artan yoğunluklar ile mekanik özellikler arasında kuvvetli bir ilişki olmasıyla bu artış açıklanmıştır.
4. Örneklere uygulanan pres basıncı değerlerinin artması ile kaplamalar arasındaki tutkal katman kalınlıkları azalış göstermiştir. Bu uygulanan yüksek pres basınçlarında tutkalın ağaç malzeme içerisine nüfuzunun düşük pres basınçlarına göre daha fazla olmasının sonucudur. Buna bağlı olarak üretilen levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerini etkilemiştir.
5. Üretilen MÜF’lü ve FF’li TAK örneklerinde fiziksel ve mekanik özellikler açısından en uygun pres basıncı MÜF’lü TAK numuneleri için ( $15 \text{ kg/cm}^2$ ), FF’li TAK örnekleri için ise ( $12,5 \text{ kg/cm}^2$ ) olarak bulunmuştur. Üretim sırasında her iki tutkal türü için belirtilen değerlerin üzerinde pres basınçları uygulandığında presleme sonrasında levhalarda patlama meydana gelmiştir.

## 5.2. Öneriler

1. Farklı tutkallar ve ağaç türleri kullanılarak, tutkal katman kalınlığının TAK, diğer mühendislik ürünü ağaç malzemeler ve ağaç esaslı kompozitlerin fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri üzerindeki etkileri belirlenebilir.

2. Tutkal katman kalınlığının direnç özellikleri üzerindeki etkileri belirlenerek üretim sonrasında bir kalite kontrol aracı olarak kullanılması için gerekli modelleme ve simülasyon çalışmaları yapılabilir.

3. Daha yüksek fiziksel ve mekanik özelliklere sahip, boşluk doldurucu daha az maliyetli yapısal tutkallar üretmek için araştırmalar yapılabilir.

4. TAK üretiminin yaygınlaştırılmasıyla, ülke insanımıza iş ve istihdam fırsatları ortaya çıkabilir.

## 6. KAYNAKLAR

- Acar, O., 1972. 64 H Melez Kavak Odunun Bazı Teknolojik Odun Özellikleri ve I-214 Klonu ile Mukayeseli Araştırmalar No:7 İzmit, ODC:812.3:812.7:176.1.
- Anonim, 2005. Dokuzuncu Kalkınma Planı Özel İhtisas Komisyonu Orman Ürünleri Arz – Talep Bölümü, Ankara.
- Anonim, 2007. Dokuzuncu Kalkınma Planı, Ormancılık, Özel İhtisas komisyonu Raporu, Devlet Planlama Teşkilatı, Yayın No: DPT 2712-ÖİK 665, Ankara.
- APA, 2001. Engineered Wood Construction Guide, The Engineered Wood Association, Washington.
- As, N., 1992. P. Pinaster Ait Değişik Irkların Fiziksel, Mekanik ve Teknolojik Özellikleri Üzerine Etkisi, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, İstanbul.
- ASTM D5456, 2003. Standart Specification for Evaluation of Structural Composite Lumber Product, ASTM West Conshohocken, USA.
- Baldwin, R. F., 1995. Plywood and Veneer-Based Products: Manufacturing Practices, Miller Freeman Books, San Francisco, California, USA.
- Bektaş, İ., Alma, M.H., Fidan, S., 2005. Doğu Çınarı (Platanus Orientalis)' nin Lambri Yapımına Uygunluğunun Araştırılması, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı, Proje No: 2003/1-5 s.17.
- Bellosillo, S. B., 1976. Nail-Gluing of Lumber-Plywood Assemblies. “A Literature Review”. Eastern Forest Products Laboratory Report Ottawa.
- Bergin, E. G., 1969. The Strength and Durability of Thick Glue Lines. Canadian Forestry Service. Publication No: 1260.
- Berglund, L., Rowell, R., 2007. Wood Composites. In Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites. CRC Press LLC. s.279–301.
- Birler, A. S., 1995. Ormanlarımızın Korunması İçin Endüstriyel Plantasyonların Önemi, TEMA Vakfı Yayınları İzmit, No:8.

- Birler, A. S., 2006. "Endüstriyel Plantasyonlar (Orman Ağaçları Tarımı)" Anadolu Üniversitesi Yayınları s.114-116.
- Bozkurt, Y., Göker, Y., 1990. Yonga Levha Endüstrisi Ders Kitabı, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları No:3311, İstanbul, s.263.
- Bozkurt, Y., Göker, Y., 1986. Tabakalı Ağaç Malzeme Teknolojisi Ders Kitabı, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları No:3401, İstanbul, s.316.
- Canadian Wood Council, 1997. Wood Reference Handbook. Canadian Wood Council, Ottawa, s.562.
- Çavuş, V., 2008. I-214 (Populus X Euramericana) Melez Kavak Klonundan İki Farklı Tipte (FF ve ÜF) Tutkal Kullanılarak İmal Edilmiş Paralel Şerit Kerestenin (PŞK) Bazı Fiziksel ve Mekanik özellikleri. Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Kahramanmaraş s.1-59.
- Civelek, H. S., Çolak, A. M., Erdil Y. Z. 2006 Ahşap Malzemede Zarar Yapan (L.) ve Trichoferus Griseus (F.) Türlerinin Ahşabın Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Etkileri Üzerinde Araştırmalar, Türk Entomolojisi Dergisi, No:30, s.261-273.
- Cockrel, R.A., Bruce, H.D., 1946. Effect of Thickness of Glueline Strength and Durability of Glued Wood Joints. USDA, Forest Service, Forest Products Laboratory Report No:1616, Madison, Wisconsin.
- Çolakoğlu, G., 1998. "Wood Adhesives", Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Endüstri Mühendisliği, Lisansüstü Ders Notu, s.32-58.
- Çolakoğlu, G., 2005. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü. Mobilya Dekorasyon Dergisi Sayı: 67.
- Çolakoğlu, G., Aydın, İ., Nemli, G., Çolak, S., 2002. Ahşap Sanayinde Melamin Formaldehit (MF) ve Melamin/Üre Formaldehit (MÜF) Yapıştırıcılarının Kullanımı, Mobilya Dekorasyon Dergisi s.130-138.

- Döngel, N., 1999. Laminasyonda Ağaç Türü, Tutkal Çeşidi ve Katman Sayısının Eğilme Direncine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara.
- EN 314-1. Plywood Bonding Quality, Part1: Test Methods. European Committee for Standardization, Brussels.
- Fidan, M., 2005. “Bazı Yıllık Lignoselülozik Artıklardan Fenol-Formaldehit Tipi Tutkalların Üretimi ve Uygulanması” Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş.
- Geoffrey, S., 2003. The design of a Parallam® Bridge deck. Master of Science Thesis in Civil and Environmental Engineering, West Virginia University. s.14-26.
- Groom, L.H., Leichti, R. J., 1994. Effect of Adhesive Stiffness and Thickness on Stress Distributions in Structural Finger Joints, Journal of Adhesion, 44 s.69-83.
- Haygreen, J. G., Bowyer, J. L., 2007. Forest Products and Wood Science An Introduction, Fifth Edition. Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA.
- Huş, S., 1977. Ağaç Malzeme Tutkalları. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, İ.Ü. Yayın No: 2337, O.F. Yayın No: 242, İstanbul, s.7-39.
- İstek, A., 2006. Sert Lif Levhaların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Sıcaklık ve Basıncın Etkisi, Zonguldak Kara Elmas Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Bartın, cilt:8 sayı:10.
- Kalaycıoğlu, H., Özen, R., 2010. Yonga Levha Ürünleri Ders Notları, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları Yayın No: 69, Trabzon, s:2-11.
- Kalaycıoğlu, H., Deniz, İ., Hiziroğlu, S., 2005. Some of the Properties of Particleboard Made from Paulownia, The Japan Wood Research Society, J Wood Sci, (51) s.410-414.
- Kaplan, E., 2006. Türkiye’de Orman Ürünleri Arz-Talebi ve Endüstriyel Plantasyonların Önemi. Orman mühendisliği, Ankara. Sayı:7-9 s.31-32.

- Konukçu, M., 2001. Ormanlar ve Ormancılığımız “Faydaları, İstatistikî Gerçekler, Anayasa, Kalkınma Planları, Hükümet Programları ve Yıllık Programlarda Ormancılık” Yayın No. DPT: 2630, ISBN 975-19-2875-3.
- Kök, G., 2009. Dünya’da ve Türkiye’de Orman Ürünleri Arz Talep İlişkileri, II. Ormancılıkta Sosyo-Ekonomik Sorunlar Kongresi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta s.349-360.
- Kurt, R., 2001. Effect of Glue Line Thickness on the Dry Shear Strength of Press-Glued Plywood-Lumber Joints Using Gap-Filling Phenol Resorcinol Formaldehyde, FPRDI Journal, 27(1-2) s.87-94.
- Kurt, R., Hussein, R. M., 2003. Effect of Glue Line Thickness on Shear Strength of Screw-Glued Plywood-Wood Joints, Journal of Tropical Forest Products, 9(1) s.109-119.
- Kurt, R., Mengeloğlu, F., Bektaş, İ. 2003. The Introduction Of Engineered Wood Products (EWPs) For The Earthquake Resistant Building Construction in Turkey. Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 26-30 Mayıs, No:0121 s.6.
- Kurt, R., 2003a. ‘Strength Properties of Press-Glued and Screw-Glued Stressed Skin Components with a Gap-Filling Phenol Resorcinol Formaldehyde Adhesive, Drevarsky Vyskum (Wood Research), 47(3) s.1-10.
- Kurt, R., 2003b. ‘The Strength of Press-Glued and Screw-Slued Wood-Plywood Joints, Holz Als Roh und Werkstoff, 61(4) s.269-272.
- Kurt, R., 2006. Effect of Glue Line Thickness on Shear Strength of Wood-to-Wood Joints, Wood Research, 51(1) s.59-66.
- Kurt, R., Çavuş, V., 2011. Manufacturing Of Parallel Strand Lumber (PSL) From Rotary Peeled Hybrid Poplar I-214 Veneers With Phenol Formaldehyde And Urea Formaldehyde Adhesive, Wood Research 56(1) s.137-145.
- Kurt, R., Meriç, H., Aslan, K., Çil, M., 2011. Laminated Veneer Lumber (LVL) Manufacturing Using Three Hybrid Poplar Clones, Turk J. Agric For (35) 1005-958 s.1-9.

- Mengeloğlu, F., Kurt, R., 2004. Mühendislik Ürünü Ağaç Malzemeler Tabakalanmış Kaplama Kereste (TAK) ve Tabakalanmış Ağaç Malzeme (TAM). KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 7(1), 39-44.
- Nelson, S., 1997. "Structural Composite Lumber. Engineered Wood Products: A Guide for Specifiers, Designers and Users" Edited by Stephen Smulski. PFS Research Foundation, Madison, WI. s. 147-172.
- Örs, Y., Çolakoğlu, G., Çolak, S., 2001. Kavak (*Populus x eureamericana* I 45/51) Kontrplaklarının Çekme-Makaslama ve Eğilme Direnci ile Eğilmede Elastiklik Modülü Üzerine Bazı Üretim Faktörlerinin Etkisi, K.T.Ü. Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü 61080 cilt:4, sayı:4, Trabzon 25-32 s.
- Örs, Y., Keskin, H., 2001. Ağaç Malzeme Bilgisi, Gazi Üniversitesi Yayın No: 2000/352, Atlas Yayın Dağıtım, No: 2, İstanbul.
- Özen, R., 1979. Kaplama ve Tabakalı Ağaç Malzeme Ders Notu, K.T.U Orman Fakültesi Yayını, Trabzon.
- Patterson, D. W., Hesterman, N. D., Gatchell, C. J., 1991. Testing Glueline Continuity Standard-Size Hardwood Blanks by Mechanical Method. Wood and Fiber Science, 23(2) s.173-184.
- Pizzi, A. 1994. Advanced Wood Adhesives Technology. Prs. Marcel Dekker, NewYork, 235, s.10-120.
- Sertmehmetoğlu, Z., Acar, O. Ve Birler, A. S., 1967. Bir Endüstri Ağacı Olarak "I-214" İşaretli Melez Kavak Odunun Mekanik Dirençleri Konusunda Araştırmalar, Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Yıllık Bülten No: 2, İzmit, s.137-154.
- Şenay, A., 1996. Lamine Edilmiş Ağaç Malzemenin Teknolojik Özellikleri. İ.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi. İstanbul.
- Toker, H., 2007. Borlu bileşiklerin Ağaç Malzemenin Bazı Fiziksel Mekanik ve Biyolojik Özelliklerine Etkilerinin Belirlenmesi. Doktora Tezi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara.

TS 2470, 1976. Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler İçin Numune Alma Metotları ve Genel Özellikler TSE Ankara.

TS 2471, 1976. Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler İçin Rutubet Miktarı Tayini TSE Ankara, s.1-5

TS 2472, 1976. Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler İçin Birim Hacim Ağırlığı Tayini TSE Ankara, s.1-5

TS 2474, 1976. Odunun Statik Eğilme Dayanımının Tayini, TSE Ankara s.1-5

TS 2477, 1976. Odunun Çarpmada Eğilme Dayanımının Tayini, TSE Ankara s.1-5

TS 2478, 1976. Odunun Statik Eğilmede Elastikiyet Modulünün Tayini, TSE Ankara s.1-5

TS 2595, 1977. Odunun Liflere Paralel Basınç Dayanımının Tayini, TSE Ankara s.1-5

TS 3273, 1979. Soyma Kaplamalık Kavak Tomruğu, TSE Ankara s.1-5

TS 93, 1994. Yapıştırıcılar – Sentetik reçineli (Fenolik ve Aminoplastik) - Rutubete dayanıklı (MR) – Ahşap malzemeler için, TSE Ankara s.1-5

TS EN 301, 1995. Yapıştırıcılar – Fenolik ve Aminoplastik – Yüke dayanımının gerekli olduğu Ahşap yapılar için - Sınıflandırma ve performans özellikleri, TSE Ankara, s.1-5.

Tunçtaner, K., As, N., Özden, Ö., 2004. Bazı Kavak Klonlarının Büyüme Performansları, Odunlarının Bazı Teknolojik Özellikleri ve Kağıt Üretimine Uygunlukları Üzerine Araştırmalar. Çevre ve Orman Bakanlığı Yayın No: 212 ISSN:1300-395X Müdürlük Yayın No:239 Teknik Bülten No: 196, s.29

URL1: <http://kavak.gov.tr.html> (25.11.2011)

URL2: <http://www.image.google.com.tr> (25.11.2011)

URL3: <http://www.northerninitiatives.com> (25.11.2011)

URL4: <http://www.unece.org>. (25.11.2011)

URL5: <http://www.structuremag.org>. (12.12.2011)

URL6: <http://www.fireengineering.com> (12.12.2011)

URL7: <http://www.dataholz.at> (12.12.2011)

URL8: <http://buildipedia.com> (12.12.2011)

URL9: [http://webhost.wu.ac.th/woodscience/2004/index\\_english.html](http://webhost.wu.ac.th/woodscience/2004/index_english.html) (12.12.2011)

URL10: <http://www.sulekler.com/orman-urunleri/teknik-bilgi-donerek-soyma.html>  
(23.02.2012)

Uysal, B., Kurt, Ş., 2005. Dimensional Stability of Laminated Veneer Lumbers Manufactured by Using Different Adhesives After the Steam Test. G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, Ankara, 18 (4) s.681-691

Ünsal, O., Candan Z., Büyüksarı, U., Korkut, S., Chang, Y., Yeo, H., 2011a. Effect of Thermal Compression Treatment on the Surface Hardness, Vertical Density Profile and Thickness Swelling of Eucalyptus Wood Boards by Hot-pressing Mokchae Konghak 39(2):148-55.

Ünsal, O., Candan Z., Korkut, S., 2011b. Selected Physical, Mechanical and Drying Properties of Thermally Modified Poplar Wood Boards International Conference “Wood Science and Engineering in the Third Millennium” ICWSE 164.

Wang, E. Q., 1993. Bearing Loads of Wood Glue Joints Under Fire I. Effects of adherend thicknesses and adhesive types on fire endurance, 39(4) s.428-435.

Wang, Y., 1996. Study of Thickness Effect on Adhesive Joints. Ph D Dissertation, State University of Newyork at Stony Brook.

Wong, E. D., Zhang, M., Wong, Q., Kawai, Ş., 1999. Formation of the Density Profile and its Effects on the Properties of Particle Board. Wood Science and Tecnology, 33(4) s.327-340.

## ÖZGEÇMİŞ

### **Kişisel Bilgiler**

Adı, soyadı : Muhammet ÇİL  
Uyruğu : T.C.  
Doğum tarihi ve yeri : 29.01.1987 / İSTANBUL  
Medeni hali : Bekâr  
Telefon : 0 (545) 655 71 86 / 0 (506) 728 32 83  
e-posta : Muhammet\_\_cil@hotmail.com

### **Eğitim**

<b>Derece</b>	<b>: Eğitim Birimi</b>	<b>Mezuniyet tarihi</b>
Yüksek lisans	: KSÜ /Orman Endüstri Mühendisliği	2012
Lisans	: KSÜ/ Orman Endüstri Mühendisliği	2009
Lise	: İstanbul Yeni Levent Lisesi	2004

### **Yabancı Dil**

İngilizce

### **Hobiler**

Bilgisayar destekli çizimler yapmak, snowboard yapmak, futbol ve masa tenisi oynamak, kitap okumak, araba kullanmak.