

BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ❖ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DİMETİLOLDİHİDROKSİETİLENÜRE REÇİNESİ MODİFİKASYONUNUN
KAVAKTAN ÜRETİLEN PARALEL ŞERİT KERESTELERİN FİZİKSEL VE
MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Özgür SUNA

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

AĞUSTOS 2019

BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ❖ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DİMETİLOLDİHİDROKSİETİLENÜRE REÇİNESİ MODİFİKASYONUNUN
KAVAKTAN ÜRETİLEN PARALEL ŞERİT KERESTELERİN FİZİKSEL VE
MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Özgür SUNA
(141080707)**

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ramazan KURT
Eş Danışman : Prof. Dr. Ahmet TUTUŞ**

AĞUSTOS 2019

BTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 141080707 numaralı Yüksek LisansÖğrencisi Özgür SUNA, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “DİMETİLOLDİHİDROKSİETİLENÜRE REÇİNESİ MODİFİKASYONUNUN KAVAKTAN ÜRETİLEN PARALEL ŞERİT KERESTELERİN FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Ramazan Kurt**
Bursa Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Dr. Öğr. Üyesi JÜRİ**
Bursa Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi JÜRİ
Bursa Uludağ Üniversitesi

Savunma Tarihi : ...Ağustos 2019

FBE Müdürü : **Doç. Dr. Murat ERTAŞ**
Bursa Teknik Üniversitesi/...../.....

ÖNSÖZ

“Dimetiloldihidraksietilenüre Reçinesi Modifikasyonunun Kavaktan Üretilen Paralel Şerit Kerestelerinin Fiziksel ve Mekaniksel Özelliklerine Etkisi” isimli çalışma Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği bölümünde yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Eğitim hayatım boyunca bana yardımcı olan danışmanlarım Prof. Dr. Ramazan KURT ve eş danışmanım Prof. Dr. Ahmet TUTUŞ’a teşekkürlerimi sunarım. Lisans ve yüksek lisans eğitimimde emeğini esirgemeyen Prof. Dr. Arif KARADEMİR’e, tez çalışmasında değerli katkılarını gördüğüm, Doç. Dr. Eylem DIZMAN TOMAK ve Doç. Dr. Murat ERTAŞ’a teşekkür ederim.

Tez savunma jürimde bulunan sayın hocalarım Doç. Dr. Mahmut Ali ERMEYDAN ve Doç. Dr. Zeki CANDAN’a teşekkür ederim.

Yüksek lisans tez çalışmamda burs, laboratuvar cihaz ve teçhizat desteği TÜBİTAK 113 O 257 no’lu “Tekstil Kimyasalı Modifikasyonunun Kavaktan Üretilen Paralel Şerit Kerestelerin Bazı Fiziksel, Mekanik ve Biyolojik Özellikleri Üzerine Etkisi” projesinden sağlanmıştır. Desteklerinden dolayı TÜBİTAK’a teşekkür ederim.

Ağustos 2019

Özgür SUNA

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vi
KISALTMALAR	viii
SEMBOLLER	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ŞEKİL LİSTESİ	xi
ÖZET	xii
SUMMARY	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Odun Hammaddesinin Durumu	2
1.1.1 Hızlı gelişen ağaçlar	4
1.1.1.1 Kavak ve I – 77/51 klonu	4
1.2 Odun Modifikasyonu	6
1.2.1 Dimetiloldihidroksietilenüre (DMDHEU).....	8
1.3 Ahşap Tutkal	10
1.3.1 Melamin formaldehit	11
1.4 Mühendislik Ürünü Ağaç Malzemeler (MAM)	11
1.4.1 Yapısal kompozit keresteler.....	14
1.4.1.1 Paralel şerit kereste (PŞK)	15
1.5 Literatür Taraması	19
2. MATERYAL VE METOD	23
2.1 Materyal	23
2.1.1 Odun Hammaddesi	23
2.1.2 PŞK üretiminde kullanılan kimyasallar	25
2.1.2.1 Tutkal	25
2.1.2.2 Kimyasal madde (DMDHEU).....	25
2.1.2.3 Katalizör (Magnezyum Klorit Hekzahidrat)	26
2.2 DMDHEU ile Modifiye Edilmiş PŞK Üretimi	27
2.2.1 Kaplama şeritlerinin modifiye edilmesi.....	27
2.2.2 PŞK üretimi.....	30
2.3 Fiziksel Testler	31
2.3.1 Tam kuru yoğunluğun belirlenmesi.....	31
2.3.2 Rutubet miktarının belirlenmesi.....	32
2.3.3 Boyutsal stabilitenin belirlenmesi	32
2.3.3.1 Kalınlığına artım.....	33
2.3.3.2 Su alma miktarının belirlenmesi.....	34
2.4 Mekanik Özelliklerin Belirlenmesi	35
2.4.1 Eğilme direnci tayini	35
2.4.2 Elastikiyet Modülünün Belirlenmesi	36
2.4.3 Liflere paralel basınç direnci.....	36

2.4.4 Liflere dik basınç direncinin (LDBD) Tayini	37
3. BULGULAR ve TARTIŞMA	39
3.1 Fiziksel Özellikler	39
3.1.1 Tam kuru yoğunluk	39
3.1.2 Rutubet miktarı.....	40
3.1.3 Boyutsal kararlılık	40
3.1.4 Kalınlığına artım.....	40
3.1.5 Ağırlıkça artım (Su alma) miktarı	41
3.2 Mekanik Özellikler	42
3.2.1 Eğilme direnci ve elastikiyet modülü	42
3.2.2 Liflere paralel ve liflere dik basınç dirençleri.....	43
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	45
4.1 Sonuçlar	45
4.2 Öneriler	46
KAYNAKLAR	48
ÖZGEÇMİŞ	53



KISALTMALAR

ASTM	: Amerikan test ve malzeme birliği
DMDHEU	: Dimetiloldihidroksietilenüre
ED	: Eğilme direnci
EM	: Elastikiyet modülü
EWP	: Engineered Wood Products
Ha	: Hektar
LD-BD	: Liflere dik basınç direnci
LP-BD	: Liflere paralel basınç direnci
MAM	: Mühendislik ürünü ağaç malzeme
OH	: Hidroksil grupları
OSL	: Yönlendirilmiş şerit yonga kereste
PŞK	: Paralel şerit kereste
SAM	: Su alma miktarı
TAK	: Tabakalanmış kaplama kereste
TAM	: Tabakalanmış ağaç malzeme
TS	: Türk Standartları
TŞK	: Tabakalanmış şerit kereste
YŞK	: Yönlendirilmiş şerit kereste
YŞL	: Yönlendirilmiş şerit levha

SEMBOLLER

%	: Yüzde
cm	: Santimetre
cm²	: Santimetrekare
cm³	: Santimetreküp
D₀	: Tam kuru yoğunluk
dk	: Dakika
lt	: Litre
m	: Metre
M	: Molarite
M₀	: Tam kuru örnek ağırlığı
mm	: Milimetre
mm²	: Milimetrekare
N	: Newton
°C	: Santigrad
sn	: Saniye

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : I – 77/51 Kavak klonunun fiziksel ve mekaniksel özellikleri.	5
Çizelge 2.1 : MF tutkalının bazı özellikleri (Polisan, 2015).....	25
Çizelge 2.2 : Modifiye dimetildihidroksietilenürenin (REAKNITT TW®) bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.	26
Çizelge 2.3 : Katalizör (Magnezyum Klorit Hekzahidrat) özellikleri.	27
Çizelge 2.4 : PŞK modifikasyonunda hazırlanan çözeltinin yüzdeler oranları.	28
Çizelge 2.5 : PŞK üretiminde kullanılan değerler.	30
Çizelge 3.1 : Paralel şerit kerestelerin tam kuru yoğunluk değerleri.	39
Çizelge 3.2 : DMDHEU ve kontrol örneğinin rutubet değerleri.	40
Çizelge 3.3 : 2 saat ve 24 saat için kalınlığına şişme değerleri.	41
Çizelge 3.4 : 2 saat ve 24 saat için su alma miktarı değerleri.	41
Çizelge 3.5 : Eğilme direnci değerleri.	42
Çizelge 3.6 : Elastikiyet modülü değerleri.	43
Çizelge 3.7 : Liflere paralel (LP-BD) ve liflere dik basınç direnci (LD-BD) değerleri.	43

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Geçmişten günümüze Türkiye orman varlığı	3
Şekil 1.2: Kavak plantasyonu sahası	5
Şekil 1.3 : Kimyasal modifikasyonun etkisi	7
Şekil 1.4 : DMDHEU'nun moleküler yapısı.....	8
Şekil 1.5 : DMDHEU oluşumu	9
Şekil 1.6 : Mühendislik ürünü ağaç malzemeler ve keresteden yaranma oranları. .	12
Şekil 1.7: MAM ürünlerine örnekler	13
Şekil 1.8: YKK ile ilgili fotoğraflar	14
Şekil 1.9 : Üretilen paralel şerit kereste örnekleri.....	15
Şekil 1.10 : Paralel şerit kerestenin üretim şeması	16
Şekil 1.11 : PŞK örnekleri	17
Şekil 1.12 : PŞK üretim hattı	18
Şekil 1.13 : PŞK kullanım alanları	19
Şekil 2.1 : Kesim yapılan kavak sahası.	23
Şekil 2.2 : Kesim yapılan kavak tomrukları.....	24
Şekil 2.3 : Kaplama soyma işleminden görseller.	24
Şekil 2.4 : Kaplama şeritlerinin üretiminde kullanılan giyotin makineleri.	25
Şekil 2.5 : DMDHEU kimyasalı.	26
Şekil 2.6 : Şerit kaplamaların daldırma metoduyla modifiye edilmesi.	28
Şekil 2.7 : 24 saat oda sıcaklığında bekletme işlemi.	29
Şekil 2.8 : Etüvde kurutulan kaplama şeritler.	29
Şekil 2.9 : Şeritlerin tutkalanması ve taslak haline getirilmesi.	30
Şekil 2.10 : Taslak haline getirilmiş şeritlerin preslenmesi.	31
Şekil 2.11 : Numunelerin etüvde değişmez ağırlığa gelmesi.....	32
Şekil 2.12 : Dijital kumpas ve ölçüm anı.....	33
Şekil 2.13 : Su alma miktarının belirlenmesi ve 0,01 hassasiyetteki terazi.....	34
Şekil 2.14 : Elastikiyet modülü ve eğilme direncinin belirlenmesi.....	355
Şekil 2.15 : Liflere dik ve paralel basınç direncinin belirlenmesi.....	37
Şekil 2.16 : Liflere dik basınç direnci test örneği.	377

**DİMETİLOLDİHİDROKSİETİLENÜRE REÇİNESİ
MODİFİKASYONUNUN KAVAKTAN ÜRETİLEN PARALEL ŞERİT
KERESTELERİN FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

ÖZET

Dünyanın pek çok yerinde artan çevresel baskılar nedeniyle çevre dostu yöntemler kullanılarak ahşap malzemenin kullanım süresinin artırılması ile ilgili çalışmalar daha önemli olmaya başlamıştır. Ahşap koruma endüstrisindeki son trend, dimetiloldihidroksietilenüre’nde dahil olduğu çevre dostu ahşap koruma yöntemleri kullanımıdır. Tekstil endüstrisinde buruşmazlık ve boyutsal sabitlik sağlamak için kullanılan dimetiloldihidroksietilenüre (DMDHEU) orman endüstrisinde ticari başarı kazanmıştır. Ancak bu kimyasal madde ile paralel şerit kerestenin (PŞK) modifikasyonu, fiziksel ve mekanik özellikleri henüz araştırılmamıştır. Tez çalışmasının amacı, ülkemizde hızlı gelişen melez kavak odunundan (I-77/51) (*Populus deltoides*) soyma kaplama şeritlerinin DMDHEU reçine ile modifiye edildikten sonra melamin formaldehit tutkalı ile basınç ve sıcaklık uygulanarak PŞK üretilmesi ve PŞK’nin fiziksel ve mekanik özelliklerinin incelenmesidir. En iyi sonuçlar %5 ağırlıkça atımda gerçekleşmiştir. DMDHEU modifikasyonu bazı fiziksel özelliklerde artışa, ancak mekanik özelliklerde düşüğe neden olmuştur. Bu çalışmanın bulguları, ahşap kompozitlerde DMDHEU kullanımını artırmaya yönelik bilgi sağlayabilir

Anahtar kelimeler: Kavak, dimetiloldihidroksietilen üre (DMDHEU), melamin formaldehit, paralel şerit kereste, kimyasal modifikasyon.

EFFECT OF DIMETHYLOL DIHYDROXY ETHYLENE UREA RESIN MODIFICATION ON PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF PARALLEL STRAND LUMBER MADE FROM POPLAR

SUMMARY

Due to increasing environmental pressures in many parts of the world, studies on increasing the use of wood material by using environmentally friendly methods have become more important. Recent trends in the wood preservation industry is the usage of environmental friendly wood protection methods including Dimethylol dihydroxy ethylene urea (DMDHEU). Dimethyloldihydroxyethyleneurea (DMDHEU), used to provide wrinkle-free and dimensional stability in the textile industry, has gained commercial success in the forest industry. But, modification with this chemical as well as physical and mechanical properties of parallel strand lumbers (PSL) has not been investigated yet. The aim of this study is to investigate the physical and mechanical properties of PSL by using pressure and temperature with melamine formaldehyde glue after modifying strands from fast growing hybrid poplar wood (I-77/51) (*Populus deltoides*) with DMDHEU resin. The best results were obtained in 5% wt. DMDHEU modification caused increase in some physical properties but decrease in mechanical properties. The findings of this study may provide information to increase the use of DMDHEU in different wood based composites.

Keywords: Poplar, Dimethyloldihydroxyethyleneurea (DMDHEU), melamine formaldehyde, parallel strand lumber, chemical modification.

1. GİRİŞ

Günümüzde orman kaynakları, ahşap malzemeye artan talep doğrultusunda nitelik ve nicelik bakımından azalmaktadır. Bu nedenler ahşap malzemenin etkin kullanımı ve hızlı gelişen ağaç türlerinin farklı amaçlarla değerlendirilmesinin önemini artırmıştır.

Ahşap malzemenin etkin kullanımını sağlamak için direnç, şekil ve fiziksel, mekanik, kimyasal, teknolojik, yapıştırma ve işleme gibi özelliklerinde iyileştirmelere ihtiyaç duyulmuştur. Ahşap malzemenin etkin kullanılmasına en iyi örneklerden biri de mühendislik ürünü ağaç malzemeler (MAM) olarak verilebilir.

MAM'lerden en önemlilerinden olan paralel şerit kereste (PŞK)'dir. Yapısal amaçlar için diğer üretim proseslerinin artıklarını da bu amaçla değerlendirebilmesi, PŞK'yi çevre dostu bir malzeme olarak ön plana çıkarmıştır.

Hızlı gelişen melez kavak gibi ağaçların PŞK üretiminde kullanılması yaygınlaşmaya başlamıştır. I – 77/51 (*Populus deltoides*) ve I – 214 (*Populus x – euroamericana*) klonları ülkemizde de kavak üretiminin neredeyse yarısını karşılamaktadır [1] ve ticari olarak büyük bir avantaja sahiptir. Ancak düşük dayanıklılık ve direnç özelliklerine sahip olması yapısal uygulamalardaki önemli dezavantajdır.

Kavak ağacındaki bu problemler, direnç artırıcı teknikler ile iyileştirilebilir. Diğer yandan geleneksel emprenye maddeleri kullanılabildiği gibi, son yıllarda sağladığı avantajlar nedeniyle farklı kimyasal maddelerin modifikasyonları ile dayanıklılık özelliğinin iyileştirilmesi gündeme gelmiştir. Çevre dostu ve ahşabı korumak için yeni etkili ve koruma yöntemlerine ihtiyaç vardır.

Kimyasal modifikasyon çevre dostu bir yöntem olup odunun dayanıklılığını ve boyutsal kararlılığını artırmaktadır. Kimyasal modifikasyon yöntemlerinden biri de dimetiloldihidroksietilüre (DMDHEU)'dir.

Yapılan bilimsel çalışmalarda elde edilen başarı masif ve ahşap kompozitleri için DMDHEU'nun uygulanabilirliği konusunda önemli ipuçları vermiştir. DMDHEU tekstil endüstrisinde kırışıklık önleyici ve sabitleme kimyasalı olarak

kullanılmaktadır. OH grupları, hemiselüloz ve lignin grupları ile reaksiyona girmekte ve ayrıca kompleks polimer oluşturmaktadır [2].

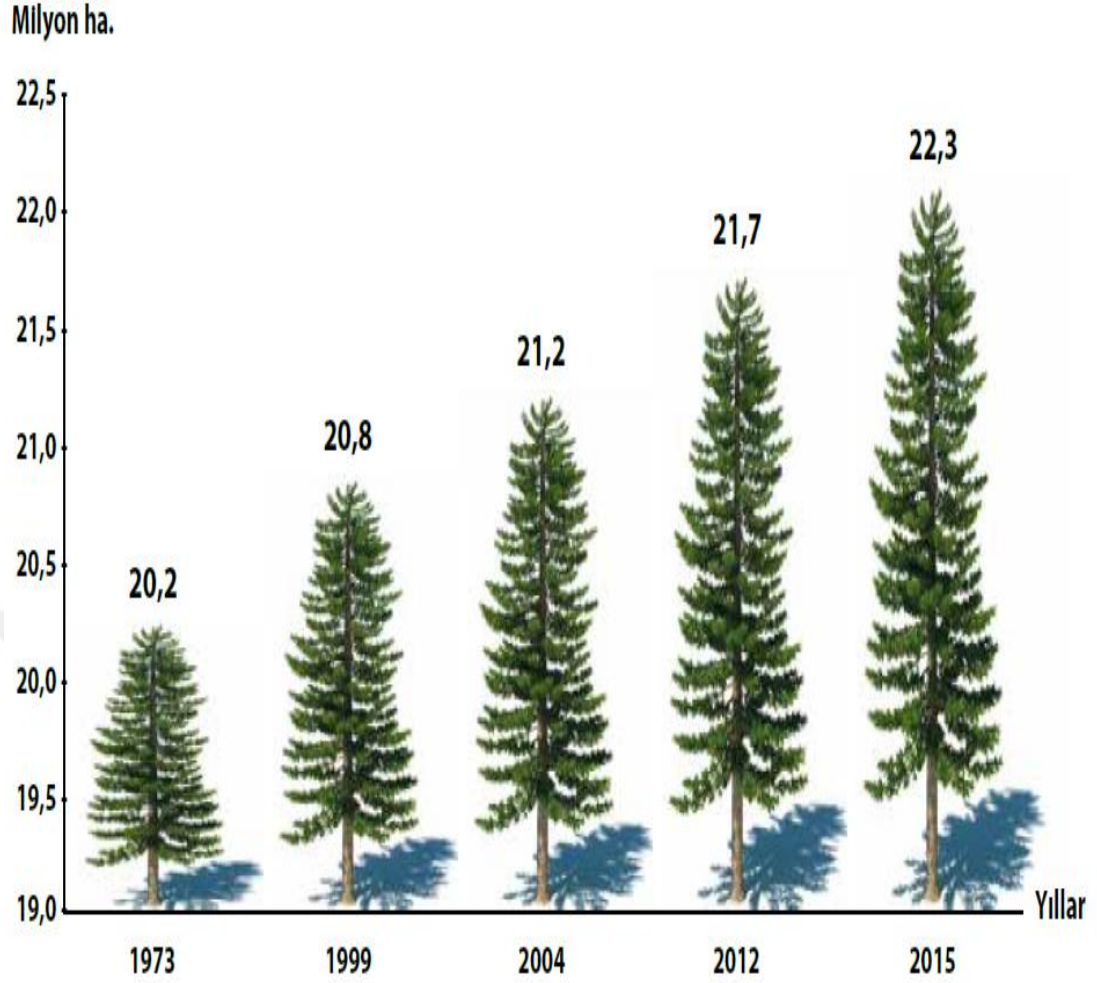
DMDHEU modifikasyonunun PŞK'lerin özelliklerine etkisi henüz incelenmemiştir. DMDHEU reçinesi tarafından modifiye edilmiş kavak şeritlerinden melamin formaldehit (MF) tutkalı ile paralel şerit kereste üretilmiştir. Çalışmanın amacı, DMDHEU modifikasyonunun PŞK'lerin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerindeki etkisini belirlemektir.

1.1 Ahşap Hammaddesinin Durumu

Nüfusun artması ile birlikte hammaddeye olan talebin artması beraberinde orman kaynaklarına olan ihtiyacı artırmıştır. Artan bu ihtiyaçlara paralel olarak ormanlara olan bağımlılık ve daha fazla üretim için baskı artmaktadır. Bu ihtiyaçların bir kısmının plantasyon ormanlarından karşılanması zorunluluk haline gelmiştir.

Dünya ormanlık alanı dünyanın karasal yüzölçümünün %31'ini oluşturan yaklaşık 3.99 milyar ha alandır [3]. 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 %21,8'dir. Orman bakımından dünyanın en zengin beş ülkesi olan Rusya Federasyonu, Brezilya, Kanada, ABD ve Çin Halk Cumhuriyeti, dünya toplam ormanlık alanlarının yarısına sahiptir [3, 4]. Türkiye ormanlık alanı ülke yüz ölçümünün %28,6'sını kaplamaktadır [5]. Bu ormanlık alan her yıl artarak en son envanter kayıtlarına göre 22,34 milyon ha olarak tespit edilmiştir [5]. Ülke ormanlarının %50,1'i verimli, %49,9'u verimsiz orman niteliğindedir [5]. Türkiye son 10 yılda yaptığı ağaçlandırma ve rehabilitasyon çalışmaları ile orman varlığını artıran ülkeler arasında üst sıralarda yer almıştır [5].

Dünya yuvarlak odun üretimi yıllık 3,4 milyar m³ civarında olup bunun %53'ü yakacak odun, %47'si endüstriyel odundur. Endüstriyel odunu dünyada ilk beş sırada üreten ülkeler sırasıyla ABD, Kanada, Rusya, Brezilya ve Çin Halk Cumhuriyetidir [3]. Endüstriyel odunda beli başlı ihracatçı ülkeler Rusya Federasyonu, ABD, Yeni Zelanda, Malezya, Kanada ve Almanya iken ithalatçı ülkeler arasında Çin, Japonya, Finlandiya ve İsveç gibi ülkeler başta gelmektedir [5].



Şekil 1.1 : Geçmişten günümüze Türkiye orman varlığı [5].

Dünya nüfusundaki artışa paralel olarak kişi başına düşen yıllık odun hammaddesi tüketimi de artış trendi göstermiştir. Bu tüketim miktarının 1950’li yılındaki tüketimin yaklaşık 4 katıdır. Türkiye’de kişi başına düşen odun hammaddesi miktarı 0,38 m³ olarak bulunmuştur [6]. Ağaç malzeme insan hayatında işlenmemiş olarak yakacak odun halinde kullanımının dışında işlenmiş şekilde 10.000 fazla kullanım alanı vardır [4].

Birler (1995) tarafından yapılan ve sayısal hesaplamalara dayalı projeksiyonları da içeren bir çalışmada; önümüzdeki yıllar için gerekli tedbirler alınmazsa odun hammaddesi arz açığının gelecek yıllarda artarak büyüyeceği, düşük verimli doğal ormanlarımızdan bu talebin karşılanması gerektiğinde, sahip olduğumuz doğal kaynağımızın 25 yıl gibi çok kısa bir zamanda tamamen biteceği, odun hammaddesinin ithalat yolu ile karşılanmasının gelecekte ekonomik olmayacağı, sorunun çözümü için doğal ormanlar dışında yabancı ve yerli hızlı gelişen ağaç türleri ile endüstriyel plantasyonlar kurmak olduğu belirtilmektedir [5, 7].

1.1.1 Hızlı gelişen ağaç türleri

Bir yılda hektar başına ağaç verimi en az 10 m³ ve boy artırımını yılda 60 cm olan ağaç türleri hızlı gelişen ağaç türü olarak kabul edilmektedir [8]. Ancak ormancılıkta hızlı büyüme kavramı göreceli olup, yetişme yeri, ağaç yaşı gibi çeşitli faktörlere bağlıdır [8].

Hızlı gelişen türlerin endüstriye kazandırılması için çözüm önerileri olarak; bu ağaç türlerinin son kullanım yerine göre gruplandırılması ve bu türlere yeni kullanım alanları sağlayarak katma değer oluşturulması olarak sunulabilir [5, 9].

Plantasyonlardan elde edilen bu ağaçların odunlarının yoğunluklarının ve direnç özelliklerinin artırılması yolu ile bu türler hem yapısal uygulamalarda kullanılabilir hemde yerel ekonomiye katkı sağlayabilecektir. Hızlı büyüyen ağaç türlerinin düşük değerli direnç özelliklerinin yükseltilmesi için bazı üretim süreçlerinden geçmeleri gerekmektedir [10].

1.1.1.1 Kavak ve I – 77/51 klonu

Kavak; ışıklı, rutubetli ve verimli toprakları tercih eder. Durgun sulardan ve bataklıklardan hoşlanmaz [11]. Ekstrem sıcaklıklardan etkilenmez ve dona karşı dayanıklıdır. Kavaklar normal olarak vejetatif yöntemlerle üretilir [11].

Ülkemizdeki kavak ağaçlandırmalarında 10–12 yıllık idare süreleri sonunda yıllık ortalama odun hammaddesi artımının "30–40 m³/ ha/yıl" düzeyine ulaşması ve birim alanda "350–500 m³/ha" düzeyinde kavak odunu üretilmesi olağandır [7].

Ülkemizde yetişen doğal kavak türleri Akkavak (*Populus alba*), Fırat kavağı (*Populus euphratica*), Karakavak (*Populus nigra*), Titrek kavak (*Populus tremula*) olarak belirtilmiştir [12].

1990'larda *Populus x- euramericana* (I-214) ve *Populus deltoides* (I-77/51) klonları Türkiye'deki kavak plantasyonlarının yaygınlaşmasında ve kurulmasında artan bir oranda kullanılmaya başlanmıştır [13].

Tunçtaner ve arkadaşları (1994) tarafından yapılan araştırma kapsamında; Samsun (Terme)'da 1978 yılında 10 adet kavak klonu ile bir deneme yapılmıştır. 13 yıllık büyüme dönemi sonunda, *Populus deltoides*, I-77/51 klonu hektardaki hacim miktarı 260,4 m³/ha ve yıllık ortalama hacim artımı 20,03 m³/ha/yıl bakımından diğer klonlardan yüksek performans göstermiştir. I -77/51 klonu hacim ağırlık değeri,

özgül ağırlık değeri, statik eğilme, sertlik ve yarıлма dirençleri yönünden diğer klonlara göre daha yüksek değerler göstermiştir. Başarılı büyüme performansı ve birçok yönden uygun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri nedeniyle, I-77/51 klonunun ulusal tescilinin “SAMSUN” adı altında yapılması önerilmiştir. Bu değerler Çizelge 1.1’de verilmiştir [14].

Çizelge 1.1 : I – 77/51 Kavak klonunun fiziksel ve mekanik özellikleri [14].

Klon	Özgül Ağırlık	Liflere Paralel Basınç Direnci	Eğilme Direnci	Dinamik Eğilme (Şok Direnci)	Yarma Direnci	Sertlik Direnci		
						kg/cm ²		
	kg/cm ³	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	Enine	Radyal	Teğet
I - 77/51	0,397	382,68	651,52	247	4,42	385	239	206

Aynı çalışmada I – 77/51 klonunun hızlı büyüme kabiliyeti avantaj olarak kabul edilmiştir. Yaprak hastalıklarına neden olan mantara karşı oldukça dirençli ve genel olarak sulu, çakıl ve kumlu zemine de uyum sağladığı bulunmuştur [14].



Şekil 1.2: Kavak plantasyonu sahası [15].

Kurt ve arkadaşları 2012 yılında yapılan çalışmada; hızlı gelişen kavak klonlarından I - 214 ve I – 77/51 soyma kaplama ile elde edilen şeritleri melamin üre formaldehit tutkalı kullanılarak PŞK üretmiştir. Sonuçlar, I – 214 ve I – 77/51 melez kavak klonlarının PŞK üretiminde kullanılabileceğini göstermiştir. I – 77/51 kavak klonunun I – 214 kavak klonuna kıyasla daha iyi özelliklere sahip olduğunu ve PŞK üretimi için daha uygun olduğu tespit edilmiştir [1].

1.2 Ahşap Modifikasyonu

Ağaç malzemenin; higroskopik yapısı ile biyolojik tahribatlara uğraması, UV-ışınlarından etkilenmesi, boyutsal çalığıması ve homojen olmaması gibi dezavantajları bulunmaktadır [16].

Uygun metotlarla ahşap malzemeyi emprenye işleminde, ağaç malzemelere zarar veren canlı ve cansız faktörlere karşı odunu koruyabilmek ve kullanım süresini uzatmak için kimyasal maddeler kullanılmaktadır [17]. Ancak bu koruma yöntemlerinin; zararsız biyotik faktörler için zehirleyici olması, boyutsal sabitliğı sağlayamaması ve çevreye karşı zararlı etkileri gibi olumsuz yönleri bulunabilir. Çevreye zararlı kimyasal maddelerin kullanımında, son yıllardaki çevresel bilinçlenmenin artması ile bu maddelerin kullanımına yönelik kısıtlamalar getirilmektedir [17]. Odun koruma kimyasalları; Kanada'da Zararlılarla Mücadele Ajansı (PMRA), Amerika'da Çevre Koruma Ajansı (EPA) ve Avrupa Birliğinde'de Yeni Biyosit Ürünleri Düzenleme (BPR 528 /2012) kanunu ile denetim altına alınmaktadır [17]. Bu gelişmeler ağaç malzemeyi biyolojik olarak koruyan ve rutubete karşı boyutsal özelliklerini iyileştiren çevreye zarar vermeyen metotları önemli hale getirmiştir [18].

Terim olarak odun modifikasyonu; odunu iyileştirmek veya olumsuz yönlerini değişikliğe uğratmaktır [2]. Bu şekilde bir modifikasyon tanımı ahşap materyalin ormandan ayrıldıktan sonra içerisinde yapılan hemen hemen her şeyi içerir [19]. Etkili bir şekilde yapılmış modifikasyon işlemi; ahşapta su alımını azaltır, boyutsal sabitliğı artırır, odunun dış ortam koşullarına ve çürüklüğe sebep olan mantarlara karşı direncini artırır [2].

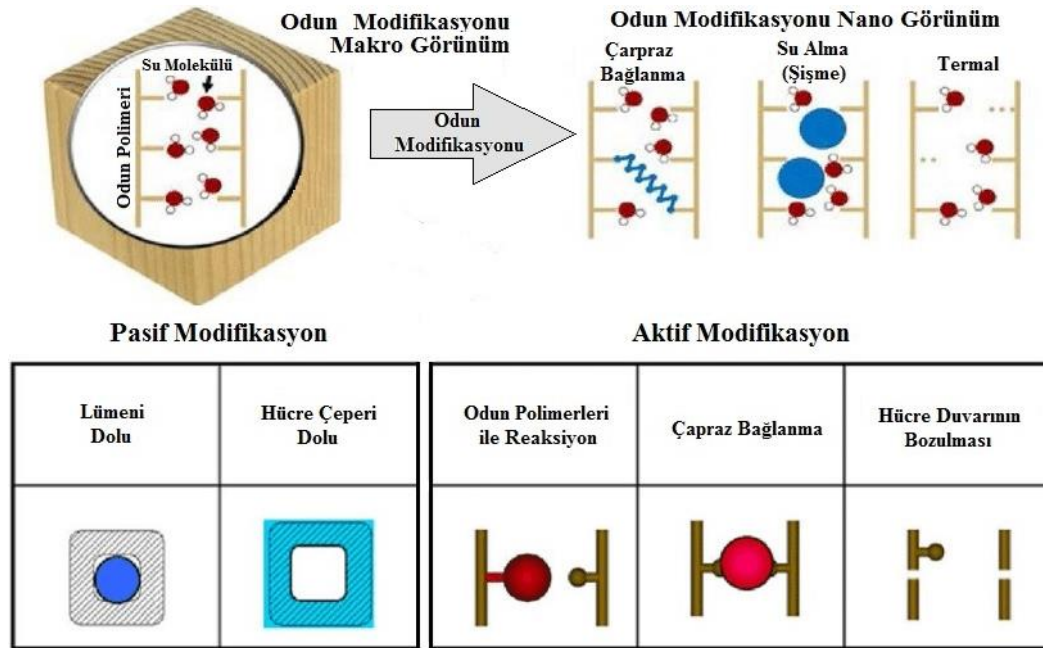
Ahşap modifikasyonu üç ana başlık altında toplanabilir. Termal, kimyasal ve enzimatik modifikasyondur [20].

Ahşabın kimyasal modifikasyonu son yıllarda artan oranda araştırmalara konusu olmuştur ve son zamanlarda yenilenebilir malzemelere artan talep bu araştırmanın ticari kullanımına girmesini sağlamıştır [21].

Ahşap modifikasyonu, malzemenin yapısında kimyasal değişikliğe neden olan aktif değişimler ya da malzeme yapısında değişiklik meydana getirmeyen pasif değişimlerden oluşabilir [2]. Günümüze kadar yapılan araştırmalarda en aktif modifikasyon yöntemi; bir reaktifin hücre duvarının hidroksil ($-OH$) grupları ile kimyasal reaksiyonu olarak belirtilmektedir. Bu hidroksil grupları ahşap – su etkileşiminde anahtar rol oynar [2]. Rutubetli ahşapta su molekülleri ahşap polimerleri arasına yerleşir ve hidroksil grupları ile birbirinden ayrı su molekülleri arasında hidrojen bağları oluşur. Ahşabın genişleme ve daralması sonucu bu su moleküllerinin sayısında değişiklikler oluşur [2].

Ahşabın kimyasal modifikasyonu hücre duvarı polimerlerinde kimyasal bir değişikliğe neden olduğu için aktif modifikasyon kabul edilir. Modifiye edilmiş ağaç malzemedede;

- 1- Denge rutubeti azaltıldığı için mantarların çürüme meydana getirmesi daha zordur.
- 2- Hücre duvarlarının mikro gözeneklerinden çürümeye neden olan mantarların girişinin engellenmesi sağlanır.
- 3- Spesifik enzimlerin etkisinin inhibasyonu sağlanır [2].



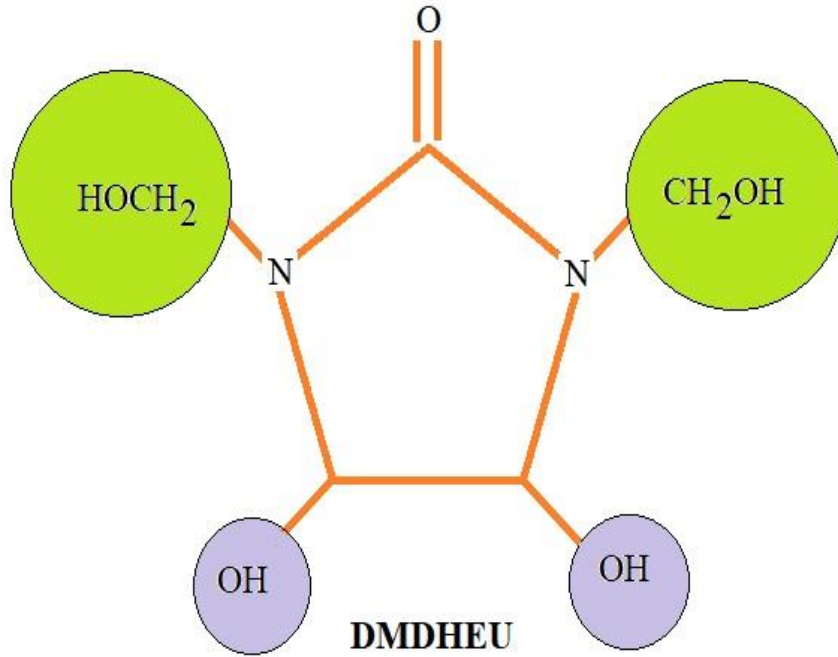
Şekil 1.3 : Kimyasal modifikasyonun etkisi [2].

Birçok faktör kimyasal modifikasyonu cazip hale getirmektedir. Zehirli kimyasalların çevreye zarar vermemesi, boyutsal sabitliği sağlamayan, ekonomik değeri düşük kavak, okaliptüs vb. ağaç türlerinin kimyasal modifikasyonu ile ekonomik değerleri yükseltilmesi bu faktörler arasında sayılabilir [22].

Ahşap modifikasyonu ile hızlı gelişen ağaç ve düşük yoğunluklu odun türleri; yoğunluğu yüksek olan ağaç türleri gibi yapısal malzemelerle yarışabilirler. Son yıllarda ağaç malzemenin diğer yapısal malzemelerle rekabeti ve hızlı gelişen ağaç türlerinin de yapısal ürünlerde kullanılması odun modifikasyonuna ilgiyi artırmıştır. Ahşap malzemenin yoğunluğunu artırmak ile dayanıklılık ve mekanik özelliklerini artırmak için birçok uygun süreç geliştirilmektedir [23]. Ağaç malzemenin yoğunluğu, sertlik ve direnç özellikleri ile doğru orantılıdır [24].

1.2.1 Dimetiloldihidroksietilenüre (DMDHEU)

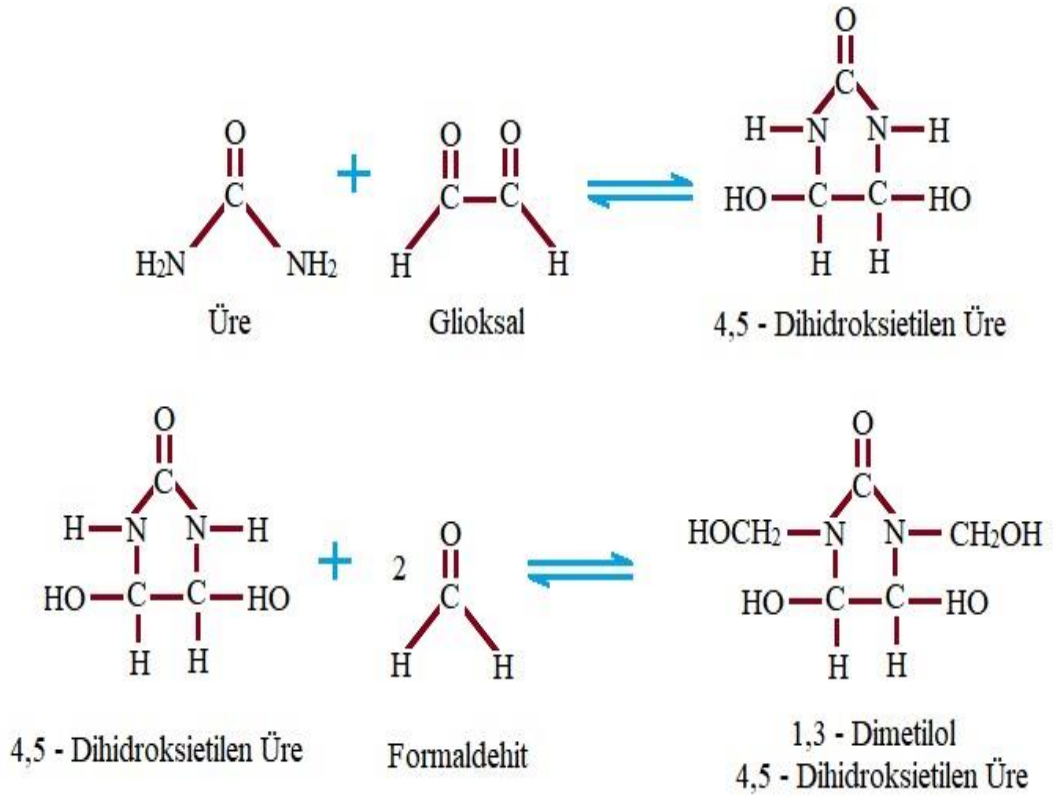
Moleküler yapısı Şekil 1.4’de verilen Dimetiloldihidroksietilenüre daha çok DMDHEU olarak bilinmektedir. DMDHEU, anti-kırışıklık sağlayan bir buruşmazlık apresi olarak tekstil endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır [25]. DMDHEU lignin ve hemiselülozun hidroksil grupları ile reaksiyona girmekte, aynı zamanda kendisi ile (çapraz bağlantı molekülü) karmaşık polimerler oluşturmaktadır [25].



Şekil 1.4 : DMDHEU'nun moleküler yapısı [2].

DMEU oluşumu için başlangıç maddesi etilen üredir. Etilen üre, etilendiamin ile ürenin tepkimesi sonucu oluşmakta ve iki adet N-H grubu içermektedir [26]. Bu gruplar formaldehit ile reaksiyona girerek çift fonksiyonlu ürün oluşturmaktadırlar [26].

DMDHEU dayanıklı bir pres baskı reçinesidir [26]. Bu reçine ve modifiye edilmiş türlerinden bazıları günümüzde tekstil sektöründe buruşmazlık için tüketilen kimyasalların %85'lik kısmını oluşturmaktadır [26]. Gliksal, DMDHEU'nun başlangıç monomeridir. Sentez iki adımda gerçekleşir ancak DMDHEU tek adımda elde edilir. Şekil 1.5'de DMDHEU oluşumu gösterilmiştir [26].



Şekil 1.5 : DMDHEU oluşumu [26].

DMDHEU, günümüzde orman endüstrisinde de kullanılmaya başlanmıştır. DMDHEU ile modifiye edilmiş kaplamalar günümüzde ticari olarak Almanya kontrplak üretmek için kullanılmaktadır [27]. DMDHEU ağaç malzeme, kaplama ve kontrplağın boyutsal stabilitesini ve dayanıklılığını iyileştirdiği bilinmektedir [27].

DMDHEU günümüzde endüstriyel olarak kimyasal odun modifikasyonunda (Belmadur®) kullanılmakta olan bir N-metilol bileşiktir [28]. Bu bileşiğin ağaç

malzemede kullanılması ile ağaç malzemenin boyut sabitliği, yüzey sertliği ve bazı mekanik özellikleri üzerine olumlu etkileri olduğu bulunmuştur [28].

DMDHEU ile ağaç malzemenin modifiye edilmesi boyutsal sabitliği sağlamasının yanında rutubet alımını azalttığı ve mantar ve çürümelere karşı direncini arttırdığı bazı çalışmalarda ortaya konulmuştur [29]. DMDHEU ile ahşap malzemenin modifikasyonu, ahşap malzemenin, boyutsal sabitliğini, mantara karşı çürümesini ve havanın bozucu etkilerine karşı direncini arttırmaktadır [30]. DMDHEU ahşap bileşikleriyle birlikte çapraz bağlanma yaparak hücre duvarı içinde polikondenzasyona sebep olur. Modifikasyon işlemi ile DMDHEU hücre duvarında kalıcı olarak boyutsal değişiklikleri azaltır [31].

1.3 Ahşap Tutkallar

Ağaç malzeme birleştirmeleri ve kompozit üretiminde tutkallar önemli bir bileşendir. Bazı üretim aşamalarından geçirilerek, direnç özellikleri iyileştirilebilir. Ağaç türüne göre daha verimli sonuçların hangi tutkalla vereceği üzerine pek çok çalışma yapılmıştır [32].

TS 93'e (1994) göre tutkallar; organik, inorganik veya sentetik maddeler kullanılarak değişik madde yüzeylerini birbirine tutunduran veya bağlayan kimyasallar olarak tanımlanmıştır .

Organik tutkallar, hayvansal, bitkisel ve sentetik olmak üzere üç sınıfa ayrılır. Sentetik tutkallar en çok kullanılmaktadır. Üre formaldehit tutkalı en çok tercih edilen tutkaldır [33]. Bunu sırası ile fenol formaldehit ve melamin formaldehit tutkalları takip eder. Çözelti haldeki tutkallar en fazla üç ay, toz haldeki sentetik tutkallar altı ay kullanım ömürleri bulunmaktadır [34].

Sentetik reçineler yapay polimerdirler. Fiziksel özellikleri doğal reçinelerle benzerlik göstermektedir. Sentetik reçinelerin suya karşı dayanımları doğal reçinelere göre oldukça yüksektir. Sentetik reçineler iki temel gruba ayrılmaktadır. Birincisi sıcaklıkta sertleşen (thermoset), ikincisinde sıcaklıkta yumuşayan (termoplastik) reçinelerdir. Fenol formaldehit ve melamin formaldehit tutkalları sıcaklıkla sertleşen tutkallar grubuna girmektedir. [35]. Üre formaldehit termoset grubuna girmesine rağmen yüksek sıcaklıklarda özellikleri değişir ve rutubete karşı dayanıklılığı azdır.

1.3.1 Melamin Formaldehit

Çoğunlukla tabakalı ahşap esaslı kompozitlerin üretiminde ve yüzeylerin bağlanmasında kağıt ve levha sektörlerinde film tutkallarının oluşturulmasında kullanılmaktadır [33]. Bazı özellikleri ile fenol ve üre formaldehit tutkalları arasında yer almaktadır. Melamin formaldehit tutkalının maliyetinin yüksek olmasından dolayı üre formaldehit tutkalı kadar tüketimi fazla değildir [34].

Melamin formaldehit tutkalının üretimi, üre formaldehit tutkalının üretimine benzemektedir. Reaksiyon PH değeri 5-6 olan bir çözeltide melamin ile formaldehit 0,5 – 3 mol aralığında karıştırılarak başlar ve kademeli olarak ilerler [26]. Reaksiyonun sonu devam ederken suda erir durumdaki çözeltinin soğutulması birinci kademeyi oluşturur. Üretimde kullanım aşamasında ısı yardımı reaksiyon yeniden başlatarak ikinci kademeyi oluşturur [26].

ÜF tutkalına göre MF tutkalının avantajları; ısı stabilizesi daha yüksek, düşük sıcaklıklarda ve sertleştirici katılmadan setleşir, suya karşı daha dirençlidir [33]. Renksiz olması nedeniyle pek çok uygulama alanında estetik amaçlar için tercih edilir.

1.4 Mühendislik Ürünü Ağaç Malzemeler (MAM)

Mühendislik ürünü ağaç malzemeler (MAM); yaygın olarak “Engineered Wood Products (EWP)” olarak bilinmektedir [36]. MAM; kereste, kaplama, yonga, şerit yongalar ve lif gibi ahşap esaslı parçaların tutkallanarak, sıcaklık ve basınç altında presle şekil verilmesiyle elde edilen kompozit malzemelerdir [36].

Ahşap esaslı kompozitlerin birincil bileşeni, çoğunlukla %94 veya daha fazla kütleyle sahip ahşap malzemedir [37]. Geleneksel ahşap esaslı kompozitler için ortak unsurlar kaplamaları, şeritleri, yongaları ve lifleri içerir [37]. Kompozit malzemelerin özellikleri, ahşap parçanın, boyutunu, geometrisini değiştirerek, parçaları ve farklı formdaki bileşenleri değiştirilebilir [37].

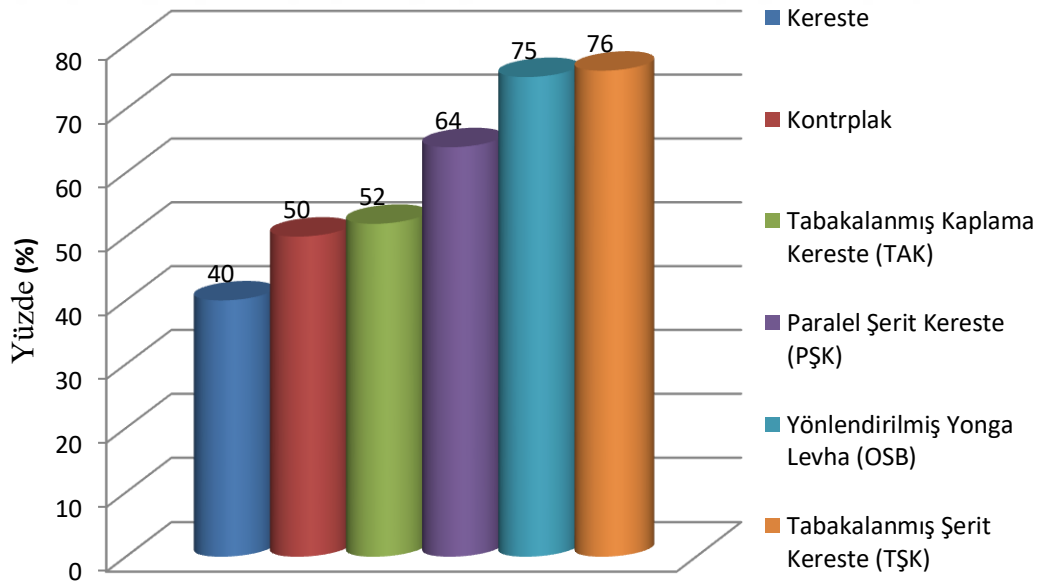
Ahşap esaslı kompozitlerde kullanım için çeşitli ahşap kaynakları uygundur. Kusurlara sahip ahşap (örneğin budak) genellikle ahşap esaslı kompozitlerde etkili bir şekilde kullanılabilir [37]. Ağaç malzemedeki bulunan kusurların dağıtılması ve

arındırılması, üretilen ürünlerdeki bu özelliklerin etkisini azaltır. İnşaat atıklarından veya endüstriyel üretim proseslerinden geri kazanılmış odun ve küçük çaplı kereste, orman kalıntıları veya egzotik ve istilacı türler de ahşap esaslı kompozit olarak etkili bir şekilde kullanılabilir [37]. Doğal ahşabın özellikleri, türler arasında, aynı türün ağaçları arasında ve aynı ağaçtan parçalar arasında değiştiğinden, masif ahşap, kontrol edilebilen ve daha homojen olan kompozit ürünlerle eşleşemez [37].

Ahşap malzemelerin üretiminde; yapıştırıcıların ve işlemlerin seçimi, tekniklerin tümü, ürün performansına katkıda bulunur [38].

II. Dünya savaşı sırasında ladin kaplamaların lifleri birbirine paralel yapıştırılarak uçakların yapısal elamanlarında, uçak kanatlarında, uçak kanat destek kirişlerinde, uçakların rutubet alabilecek yerlerinde ve uçuş döşemelerinde kullanılmıştır [39]. Yine askeri alanlarda donanma cepanelikleri, soğuk hava depoları ve yüzey aşınması fazla olan yerlerde kullanılmıştır [39].

Şekil 1.6'de MAM ürünleri ile keresteden yararlanma oranları karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Tomruktan masif keresteden yararlanma oranı %40 iken PŞK'nın tomruktan yararlanma oranı %64'e kadar yükselmiştir [40].



Şekil 1.6 : Mühendislik ürünü ağaç malzemeler ve keresteden yararlanma oranları [40].

Başarılı olması nedeniyle, üretim tekniklerindeki ilerleme, endüstriyel standartlarının olması, hammadde kaynaklarının değişmesi ve çevresel koşulların dikkate alınması

MAM'ların ortaya çıkış nedeni olarak Amerikan Kontraplak Derneği tarafından yukarıdaki şekilde açıklanmıştır [41].

MAM'lerin avantajları; düşük kaliteli ağaç türlerinin kullanılmasına imkan vermesi, sadece kerestelerin yapı malzemesi olarak kullanılmasının önüne geçmesi, atıkları değerlendiriyor olabilmesi [23], hammadde kusurlarının etkisini üretim sürecinde azaltması, modifikasyon işlemlerine yatkın olması, boyut problemlerinin olmaması ve yüksek direnç özellikleri sağlaması [42] şeklinde sıralanmıştır.

MAM, yapısal ve yapısal olmayan çok fazla uygulama yerine sahiptir. MAM'ların, üretimlerinde kullanılan tutkal çeşidi, ve MAM'nin üretimi; konutların dış veya iç mekanlarında kullanım yerleri belirlemektedir. MAM'lar konut ve endüstriyel yapılarda kullanım alanlarına sahiptir [43]. MAM, sırt kirişi, merdiven basamağı bodrum kirişi, ve kapı, pencere başlığı olarak kullanılmaktadır ve yapısal kompozit kereste ürünleri, kerestelerin uygulama alanlarında yerini almıştır [43].

Bu ürünler yapısal kompozit keresteler, yapısal odun levhalar, tabakalanmış ağaç malzeme, I-kirişler [39], ve çapraz lamine kereste olmak üzere beş sınıfa ayrılabilir.



Şekil 1.7: MAM ürünlerine örnekler [15].

1.4.1 Yapısal kompozit keresteler

Yapısal kompozit keresteler (YKK), Amerikan Kontrplak Derneği tarafından kerestelerin, kaplamaların ve odun liflerinin boyuna paralel yönde suya dayanıklı tutkallarla basınç ve sıcaklıkla altında üretilen ürünler olarak tanımlanmıştır [44].

Dünyada hızla artan nüfus şehirlerde konut ihtiyacını arttırmaktadır. Konutlarda yapı malzemesi olarak en çok ve yaygın, beton ve çelik kullanılmaktadır [45]. Çelik ve betonun konut yapı malzemelerinde çok tanınmasına rağmen yoğun hammadde tüketimi, enerji tüketiminin yüksekliği ve çok fazla atık çıkarması gibi olumsuz yönleri vardır [19]. Teknolojik gelişmeler, çevre dostu kimyasallar ve istenilen ölçü ve ebatlara ulaşabilme gibi özellikler yapı malzemelerinde kullanımını artırmaktadır [39].

Yapısal kompozit keresteler TAK, TŞK ve PŞK olarak sınıflandırılmıştır [41]. Şekil 1.8'de YKK bazı kullanım yerlerinden görseller verilmiştir.



Şekil 1.8: YKK ile ilgili fotoğraflar [46, 47].

Yönlendirilmiş şerit yonga levha (OSB) ve tabakalanmış şerit kereste (TŞK) yonga boyutları farklı uzunluklardadır. PŞK üretiminde kalınlığı 3 mm, genişliği 19 mm ve uzunluğu 600mm şeritler kullanılarak üretilir. TAK kalınlığı yaklaşık 2,5–3,2 mm, boyut ölçüleri farklı olan kaplamalarla elde edilir. Yapısal kompozit kereste ürünlerinin özgül ağırlık ortalaması 0,5 ile 0,8 aralığına sahiptir [48].

TAM kerestelerden üretilmekte, diğer yapısal kompozit keresteler ahşap kaplama, şerit yonga ve kaplama şeritlerden üretilmektedir [49].

Yapısal kompozit kereste ürünlerinden olan TAK, TŞK, ve PŞK ürünlerin üretim ve aşamaları hızlı gelişen ağaç türlerinin kullanılmasına uygundur [50]. Direnç değerleri düşük hızlı gelişen ağaç türleri sadece lif ve kağıt üretiminde kullanılmasının yanında kereste endüstrisinde kullanılması da sağlanacaktır [50].

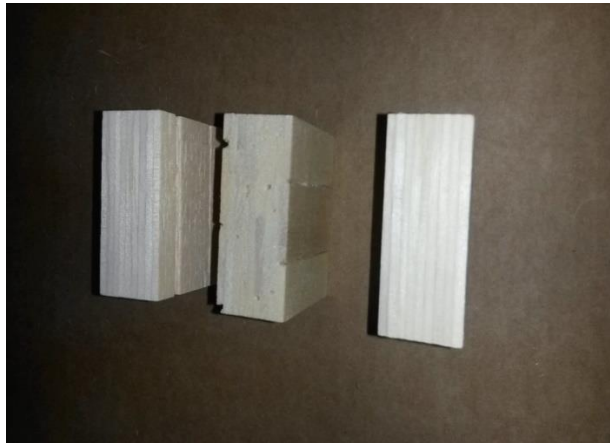
Yapısal kompozit kereste ürünlerinin ticari olarak çeşitli türleri mevcut olup ürünlere üretim sürecine göre isim verilmektedir [44]. Piyasada bu ürünlerin kimyasallarla emprenye işlem geçirilmiş çeşitleri de bulunmaktadır [44]. Hammade olarak genellikle güney sarı çamı ve douglas göknarı yapısal uygulamalarda kullanılan ağaç türleridir [44].

TAK, YŞK, PŞK ve TŞK; kiriş ve kolonlarda [51], I - kirişinde ve başlıklarda [49], PŞK, köprü yapımında, köprü döşemesi ve korkuluğu, gibi yapısal uygulamalarda [52] kullanılmaktadır.

PŞK, istenilen boyutlarda üretilebilmesi, kaplama tesisi atıklarının da hammadde olarak kullanabilmesi ve keresteden daha az fire çıkarması nedeni ile ön plana çıkmıştır.

1.4.1.1 Paralel şerit kereste (PŞK)

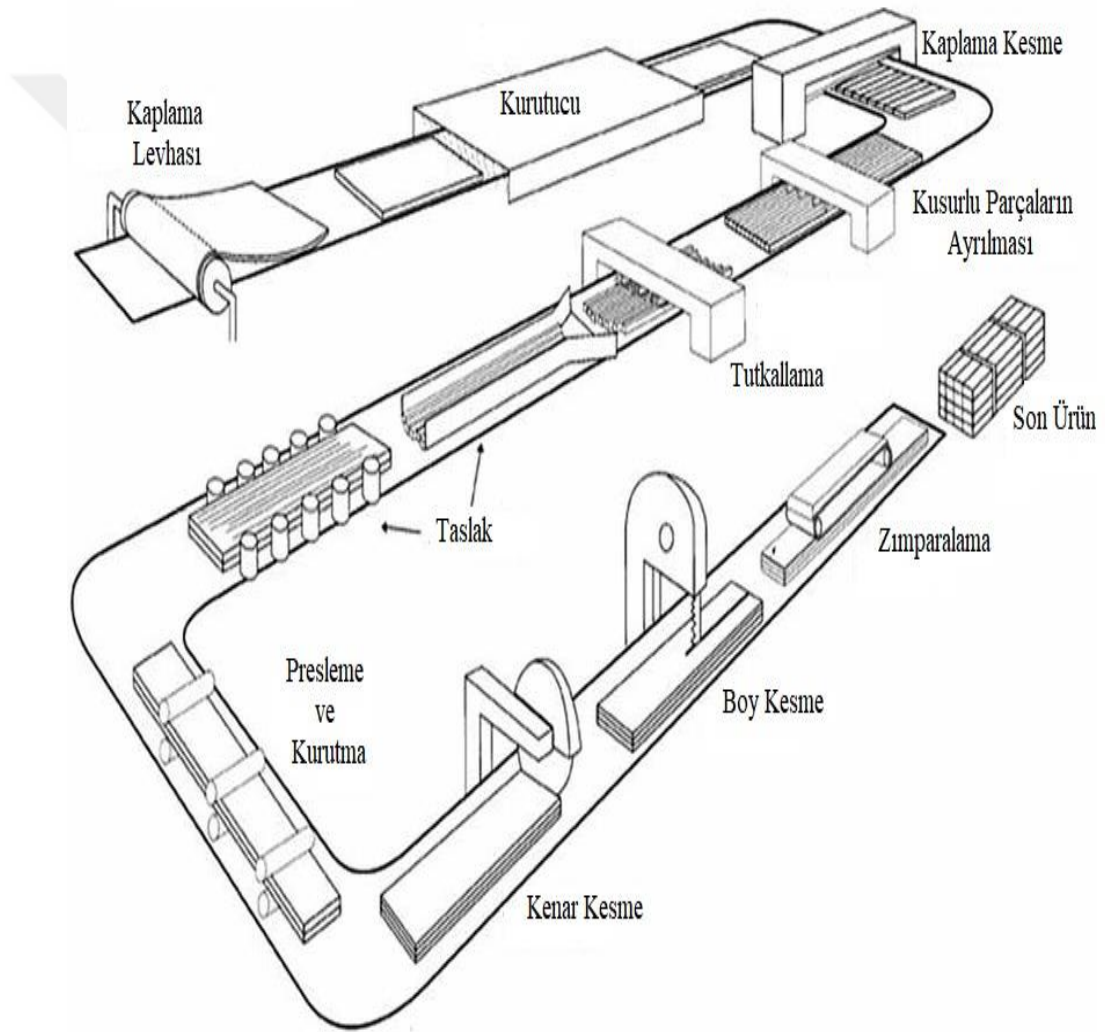
PŞK, 1970 yıllarda MC. Millan Bloede Ltd'de, çapı küçük tomrukları veya kalite değeri düşük keresteyi dayanıklı ve dirençli keresteye dönüştürebilme girişimleri sonucunda geliştirilmiştir [53]. PŞK, ilk olarak 1984 yılında pazara sunulmuş ve değişik endüstrilerde kullanılmaya başlanmıştır [53].



Şekil 1.9 : Üretilen paralel şerit kereste örnekleri.

ASTM; PŞK'yi, kaplama şeritlerin son ürününün boyuna paralel olarak yerleştirilmesi ile basınç ve sıcaklık altında preslenmesiyle kereste şekli verilmiş, ürün olarak tanımlamaktadır [53]. Şekil 1.9'da MF tutkalı ile üretilen PŞK verilmiştir.

Üretim şekli ve basamakları Şekil 1.10'de verilen PŞK, soyma kaplamaların şeritler olarak kesilmesi, kesilen şeritlerin uygun tutkal türüne göre tutkallanması, lifleri son ürünün boyuna yönde paralel olacak şekilde kalıp formu verilmesi, taslağın basınç ve sıcaklıkla preslenmesi ve boyutlandırma yüzey düzgünlüğü işlemleri ile üretilmektedir [2].

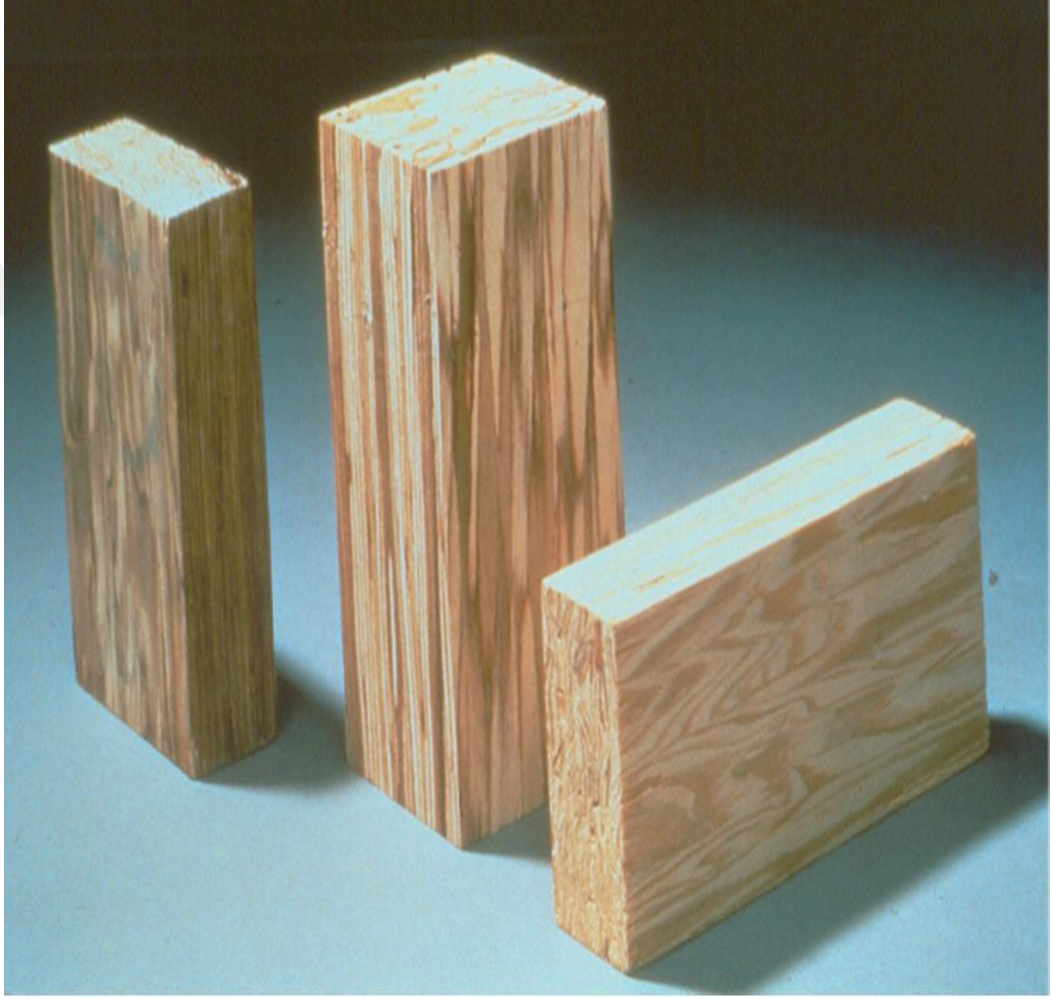


Şekil 1.10 : Paralel şerit kerestenin üretim şeması [2].

Üretim basamakları;

1-) Soyma yöntemi ile elde edilen kaplamalar %2-3 rutubete kadar kurutulularak giyotinde 19 mm genişliğinde kaplama şeritleri kesilmektedir [54].

2-) Elde edilen şeritler birbirlerine lifleri paralel olacak şekilde yerleştirilir. PŞK üretiminde 19 mm genişliğinde şerit kaplamalar kullanıldığından odunun doğal kusurlarından lif kıvrıklığı, budak vb. minimuma indirilir [54]. Budak, lif kıvrıklığı gibi kusurların şeritlerden arındırılması üretildiği fabrikanın özelliklerine göre görsel veya ultrasonik metotla yapılmaktadır [42]. Şekil.11'de PŞK'lere ticari olarak üretiminden örnek verilmiştir [55].



Şekil 1.11 : PŞK örnekleri [55].

3-) Şerit kaplamalarına tutkallanır ve lifler birbirine paralel gelecek şekilde taslak haline getirilir ve preslenir [39]. Böylece taslağın içinden ve dışından ısı geçirilerek TAK'dan daha mükemmel bir hale gelir. Küçük parçalardan yapılan paralel şerit kerestenin uzunluğu 20 m'ye kadar ulaşır [54]. Şekil 1.12'de PŞK üretim hattından bir bölüm verilmiştir [55].

4-) Üretilen paralel şerit kereste istenilen boyutlara getirilir ve son kontrolleri yapılarak satışa hazır hale getirilir [56].

PŞK'nın avantajları;

1-) Koruyucu madde kullanımında modifikasyon ve emprenye işlemlerini kabul etmesi [39, 53]

2-) Taşınabilir her boyutta üretilebilmesi ve odun liflerini en verimli kullanmasıdır [39, 53]

3-) PŞK kontrplak levha üretimindeki atık kaplamaları kullanması nedeniyle ekonomik bir yapı malzemesidir. Artıklar üretim içerisinde rastgele veya homojen olarak kullanılabilir [57].



Şekil 1.12 : PŞK üretim hattı [55].

4-) PŞK kesilmiş keresteye göre odun kaynaklarını daha verimli kullanır. PŞK üretiminde kullanılan kaplamalar TAK üretimi için kullanılan kaplamalar kadar yüksek kaliteli olmak zorunda değildir [58].

PŞK'nın dezavantajları;

1-) Üretimde kalifiye elemanlara ihtiyaç duyulması [39],

2-) Soyulabilir çapta tomrukların olması [39],

3-) Enine kesiti geniş olan ürünlerde ikinci bir yapıştırma yapılması [39],

4-) Üretim ile depolama alanları için daha fazla yatırıma ihtiyaç duyması ve boy yönünde daha fazla uzunluklarda metal plaka, civata gibi birleştirme aksamlarına gerek duyulmaktadır [39].

5-) PŞK daha ağır ve sert olduğu için daha fazla kesme, delme ve zımparalama işlemleri için daha fazla enerjiye ihtiyaç duyulur [58].

PŞK, mağazalar, ofis binaları, okullar, restoranlar, oteller, konutlar gibi birçok alanda ve çok geniş açıklığı olan yapılarda kolonlara ihtiyaç duyulmadan kiriş olarak kullanılmaktadır. PŞK'nın yapıda bileşen olarak kullanılması ile kullanıldığı yere estetik değer katmaktadır [52]. Şekil 1.13'de PŞK'nın kullanım alanlarına örnekler verilmiştir [55].



Şekil 1.13 : PŞK kullanım alanları [55].

1.5 Literatür Özeti

Paralel şerit kereste (PŞK) ile ilgili literatür araştırmalarında ahşap kompozitlere göre bu alanda yeterli çalışmaya rastlanmamıştır. Literatür özetinde yurtdışında makaleler yapılmış bazı önemli çalışmalara yer verilmiştir

DMDHEU reçinesi hakkında özellikle tekstil sektöründe makaleler bulunmaktadır. Ahşap malzeme modifikasyonunda son yıllarda çalışmalar yapılmış olup Ülkemizde

DMDHEU reçine modifikasyonu ile tez konusunda içeren TUBİTAK projesi yapılmıştır. Literatör olarak DMDHEU modifikasyonu ile ilgili sınırlı sayıda kaynak bulunmaktadır.

Goodell ve arkadaşları tarafından 2003 yılında “deniz oyuncuları tarafından bozunuma uğrayan emprenye edilmiş ve edilmemiş PŞK’ların özellikleri” isimli çalışma yapılmıştır. Çalışmada Douglas göknarı ve güney çamından üretilen numuneler amonyak-bakır-çinko-arsenik (ACZA), arsenik (CCA) ve bakır-krom ile emprenye edilmiş, üretilen PŞK panelleri yedi yıl deniz suyu ile temas ettirilmiştir. Sonuçlar üretilen PŞK’ler masif malzeme ve emprenye işlemine uygulanmamış PŞK’lerle karşılaştırılmıştır. Masif çam keresteye göre emprenye edilmeden üretilen PŞK’ler daha iyi sonuçlar göstermiştir. Emprenye edilmemiş PŞK’ler emprenye edilmiş PŞK’lere göre daha kötü sonuçlar vermiştir. Emprenye işlemine tabi tutularak üretilen PŞK’lerin deniz suyu ile temas eden veya deniz suyuna maruz kalan yerlerde kullanılacaklarını tespit etmiştir [59].

Yihai ve Lee tarafından 2003 yılında yapılan “Güney çamı ve sarı kavaktan üretilmiş PŞK’nin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri” adlı çalışma yapılmıştır. Yapılan deney sonuçları PŞK’nin fiziksel ve mekanik özelliklerinin üretildiği masif malzemeye göre daha yüksek bulunmuştur [53].

Kurt ve arkadaşları tarafından 2012 yılında yapılan iki kavak klonu ile melamin üre formaldehit tutkalı kullanılarak üretilen paralel şerit kerestenin özellikleri isimli çalışmada; hızlı yetişen kavak klonlarından I-214 (*Populus x euramericana*) ve I-77/51 (*Populus deltoides*) elde edilen soyma kaplamadan melamin üre formaldehit tutkalı kullanılarak PŞK ve TAK üretilmiştir. Deney sonuçları I-214 ve I-77/51 hibrit klonlarının PŞK üretiminde kullanılabilirliğini göstermiştir. PŞK’nin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri klon türlerine göre değişmekte olduğunu, I-77/51 kavak klonunun I-214 klonu kıyasla daha iyi fiziksel ve mekanik özelliklere sahip olduğunu ve PSL üretimi için daha uygun olduğu tespit etmişlerdir [1].

Kurt, ve Çavuş tarafından 2011 yılında yapılan “I-214 (*Populus X Euramericana*) melez kavak klonundan fenol formaldehit ve üre formaldehit tutkalı kullanılarak üretilmiş paralel şerit kerestelerinin (PŞK) bazı fiziksel ve mekanik özellikleri” isimli çalışmada I-214 Melez Kavak Klonundan elde edilen 19 mm genişliğinde ve 60 cm boyundaki şeritler FF ve ÜF tutkalları kullanılarak paralel şerit kereste üretilmiştir.

Elde edilen PŞK'nın fiziksel ve mekanik özellikleri tespit edilmiş ve sonuç olarak PŞK'nın yapıldığı malzemenin direnç özelliklerini geliştirdiğini tespit etmişlerdir [60].

Kurt ve arkadaşları tarafından 2013 yılında yapılan “Üre formaldehit tutkalı ile üretilen paralel şerit kerestenin yapışma özellikleri üzerine pres basıncın etkisi” isimli çalışmada I-77/51 (*Populus deltoides*) kavak klonundan soyma yöntemi ile elde edilen kaplama şeritleri üre formaldehit tutkalı kullanılarak başarıyla üretilmiştir. Üretim esnasında 7,5 kg/cm² ile 15 kg/cm² pres basıncı 2,5 kg/cm² artışlarla uygulanmış ve optimum pres basıncı 7,5 kg/cm² olarak bulunmuştur. Özgül ağırlık artışı ve mekanik özellikler arasında pres basıncına bağlı olarak pozitif bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda pres basıncının PSL'nin yanma özelliklerini değiştirmedikini ve PSL üretiminde hızlı yetişen ağaç türlerinden olan kavak klonları kullanılarak farklı pres basınçlarında üretilebileceğini [61].

Dieste ve arkadaşları tarafından 2008 yılında yapılan “1,3-dimethylol-4,5-dimetiloldihidroksietilenüre (DMDHEU) ile modifiye edilmiş huş (*Betula sp.*) ve kayın (*Fagus sylvatica*) kaplamalarından üretilmiş kontrplakların fiziksel ve mekanik özellikleri” isimli çalışmada soyma yöntemi ile elde edilmiş kayın ve huş kaplamaları 30 dakika boyunca 80 mbar ve iki saat boyunca 12 bar'da otoklavda emprenye edilmiştir. DMDHEU 0,8M, 1,3 M, and 2,3 M konsantrasyonlarda ve DMDHEU ağırlığının % 4 magnezyum nitrat katalizör olarak kullanılmıştır. Bu işlemden sonra kaplamalar yaklaşık % 10 rutubet miktarına ulaşmaya kadar etüvde kurularak 160 °C sıcaklık, 10 dakika pres süresi ve 1N/mm² basınç ile pres yapılmıştır. Modifiye edilmiş kaplamalar sıcak preste 140 °C sıcaklık, 10 dakika pres süresi ve 150 g/m² fenol tutkalı ile 5 katlı kontrplak üretiminde kullanılmıştır. Üretilen kontrplakların boyutsal stabilite testleri ile liflere paralel basınç, liflere dik basınç, eğilmede elastiklik modülü, eğilme direnci gibi mekanik özellikleri test edilmiştir. Elde edilen değerlere göre DMDHEU kullanılarak üretilen kontrplakların boyutsal kararlılığının DMDHEU kullanılmayarak üretilen kontrplaklara göre çok üstün olduğu belirlenmiştir [27].

Pfeffer ve arkadaşları tarafında 2011 yılında yapılan su camı DMDHEU modifikasyonunun *Aureobasidium pullulans*'a karşı etkinliği isimli çalışmada Sarıçam diri odunu (*Pinus sylvestris*) ve kayın (*Fagus sylvatica*) odununundan alınan deney numuneleri sodyum silikat çözeltisi ve DMDHEU ile emprenye edilmiştir.

Sodyum silikat ile emprenye edilen deney numunelerinin pH değerleri 9,7 ve 12,0 arasında bulunmuştur. DMDHEU ile emprenye edilen deney numunelerinin pH değerleri 3,8 (Sarıçam) ve 4,2 (Kayın) olarak bulunmuştur. *Aureobasidium pullulans*'a karşı sekiz hafta boyunca tüm deney numuneleri laboratuvar ortamında test edilmiş ve sodyum silikat ve DMDHEU ile emprenye edilen tüm numunelerde mekanik direncin azaldığı buna karşın mantar büyümesine engel olmadığına tespit etmişlerdir. Sodyum silikat ile emprenye edilmiş deney numunelerinin mavi leke oluşumunda en düşük kolonizasyon oluşturduğunu gözlemlemişlerdir [62].

Lukas ve ark. 2019 yılındaki çalışmalarının genel amacı, çapraz bağlama çözeltisi DMDHEU ve türevlerini kullanarak ağaç modifikasyonuna ilişkin önceki ve son bulguları gözden geçirmektir. Bu incelemenin odağı, şimdiye kadar test edilen ahşap türlerinin yanı sıra kimyasal reaktifler, emprenye etme ve sertleştirme işlemleridir. DMDHEU çözeltisi ile modifiye edilmiş numuneler masif numunelere göre %50 daha az genişleme sağladığı belirtilmiştir [63].

Kurt ve arkadaşlarının 2019 yılında DMDHEU modifikasyonunun PŞK'nin fiziksel ve biyolojik etkilerini incelemişlerdir. İnceleme sonucunda DMDHEU kimyasalının PŞK'nin fiziksel özelliklerinde iyileştirmeler gördüklerini belirtmişlerdir. En iyi sonuçları % 5 DMDHEU tutunması sağlayan çözelti numunesinde sağladıklarını belirtmişlerdir. Bu numunenin boyutsal kararlılık sağladığını ve tüm fiziksel özelliklerinin yüksek özelliklere sahip olduğunu belirtmişlerdir. Yapılan bazı mekanik testlerde ise numunenin direnç özelliklerinin düşme gösterdiğini belirtmişlerdir [64].

2. MATERYAL VE METOD

2.1 Materyal

2.1.1 Odun Hammaddesi

Bu çalışmada kullanılan I – 77/51 (*Populus deltoides*) Samsun kavak klonu Adapazarı ilinde yerel tomruk üreticisinden temin edilmiştir. Şekil 2.1’de kesim yapılan kavak sahası verilmiştir.



Şekil 2.1 : Kesim yapılan kavak sahası.

Tercih edilen kavak ağaçlarının çapları; en düşüğü 28 cm en büyüğü 34 cm ve ortalama 31 cm çapında tespit edilmiştir. Elde edilen tomruklar 2 metre boyunda kesilmiştir. Şekil 2.2’de kesimi yapılan kavak tomrukları verilmiştir. Çalışmada kullanılan I – 77/51 (*Populus deltoides*) Samsun kavak klonundan elde edilen soyma kaplama şeritleri Kastamonu Taşköprü ilçesinde kaplama fabrikasında üretilmiştir.

Soyma kaplama levha üretiminden önce kabuklar soyulmuştur. Kabukları soyulan kavak tomrukları sonsuz kaplama levhasından bulunan giyotin makasla kesilerek kaplamalar elde edilmiştir.



Şekil 2.2 : Kesim yapılan kavak tomrukları.

Şekil 2.3’de kavak tomruklarının kabuk soyumu ve sonsuz kaplama levhası verilmiştir.



Şekil 2.3 : Kaplama soyma işleminden görseller.

Kaplama levhası halinde üretilen levhalar giyotin makasları ile 19x600x3 mm kaplama şeritleri haline getirilmiştir. Elde edilen şeritler karton kutulara özenle yerleştirilerek çalışmanın yapılacağı Bursa Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi

laboratuvarına sevk edilmiştir. Şeritlerin üretiminde kullanılan giyotin makinesinin genel görünümü Şekil 2.4’de verilmiştir.



Şekil 2.4 : Kaplama şeritlerinin üretiminde kullanılan giyotin makineleri.

2.1.2 PŞK üretiminde kullanılan kimyasallar

PŞK üretiminde kullanılan kimyasal; kaplama şeritlerinin yapıştırılması için melamin formaldehit (MF), kaplama şeritlerinin modifiye edilmesi için DMDHEU ve DMDHEU reçinesine katalizör olarak Magnezyum Klorit Hekzahidrat kullanılmıştır.

2.1.2.1 Tutkal

PŞK üretiminde Polisan firmasınca üretilen melamin formaldehit (MF) (Polimin 55) tutkalı kullanılmıştır. Tutkallar laboratuvardaki üretim boyunca uygun sıcaklıkta muhafaza edilmiştir. Çizelge 2.1’de MF tutkalının bazı özellikleri verilmiştir.

Çizelge 2.1 : MF tutkalının bazı özellikleri (Polisan, 2015)

Özellik	MF
Akma Zamanı (@20°C, Dincup4), sn	15-25
Yoğunluk (@20°C, Dansimetre)	1.24-1.25
Katı Madde (2 Saat @ 120°C), %	54-56
Görünüş	Renksiz

2.1.2.2 Kimyasal madde (DMDHEU)

Deneylerde üretilen PŞK’lerin modifikasyonunda kullanılan DMDHEU (REAKNITT TW®) CHT Tekstil Kimya San. Tic. A. Ş. firmasından temin edilmiştir. DMDHEU reçinesinin katı madde miktarı %44 oranına sahiptir. Şekil 2.5’de PŞK modifikasyonunda kullanılan DMDHEU reçinesinin görselleri verilmiştir.



Şekil 2.5 : DMDHEU kimyasalı.

PŞK'lerin üretimde kullanılan DMDHEU'nun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.2 : Modifiye dimetil dihidroksi etilen ürenin (REAKNITT TW®) bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.

Özellik	Değer
Kimyasal Karakteri	Modifiye dimetildihidroksietilenüre
Görünümü	Berrak, sarımsı sıvı
İyonik karakteri	-
%10'luk çözeltinin pH değeri	2.5 - 4.5
20°C'de özgül ağırlığı	~ 1.1

2.1.2.3 Katalizör (Magnezyum Klorit Hekzahidrat)

Katalizör madde olarak kullanılan magnezyum klorit heksahidrat ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$), Merck firmasından temin edilmiş olup kokusuz, renksiz ve kristaller halindedir. Magnezyum klorit heksahidratın 50 g/l 20 °C'de bazı özellikleri Çizelge2.3'te verilmiştir.

Çizelge 2.3 : Magnezyum Klorit Hekzahidrat özellikleri.

Özellik	Magnezyum Klorit Hekzahidrat
Formülü	MgCl ₂ .6H ₂ O
Yoğunluğu	1,57 g/cm ³
PH	4,5-7
Erime Noktası	117 °C
Suda Çözünürlüğü	1,67 g/lt

2.2 DMDHEU ile Modifiye Edilmiş PŞK Üretimi

Deneyde kullanılacak numunelerin üretimi iki aşamada gerçekleşmiştir. İlk aşamada kaplama şeritleri DMDHEU ile modifiye edilmiştir. İkinci aşamada ise kaplama şeritleri MF'le tutkallanarak sıcaklık ve basınç altında PŞK üretilmiştir.

2.2.1 Kaplama şeritlerinin modifiye edilmesi

Üretimi yapılacak PŞK ve deney numunelerinin sayısına göre elde edilen şeritler beş kısma ayrılmıştır.

1-) Birinci gruba ayrılan kaplama şeritleri kontrol örneği deney numunelerinin üretiminde kullanılacağı için modifiye işlemine tabi tutulmamışlardır.

2-) İkinci grup kaplama şeritleri deney numunelerinin üretiminde kullanılacağı için %100 DMDHEU çözeltisi ile modifiye edilmiştir.

3-) Üçüncü grup kaplama şeritleri deney numunelerinin üretiminde kullanılacağı için %75 DMDHEU çözeltisi %25 soğuk su ile seyreltilerek modifiye edilmiştir.

4-) Dördüncü grup kaplama şeritleri ise %50 DMDHEU %50 oranında soğuk su ile seyreltilerek modifiye işlemi yapılmıştır.

5-) Beşinci grup kaplama şeritleri ise %25 DMDHEU %75 oranında soğuk su ile seyreltilerek modifiye işlemi yapılmıştır.

DMDHEU modifikasyon işleminde uygulanan işlemler sırasıyla aşağıdaki gibidir.

1. Kaplama şeritlerin sınıflandırılması ve bir levha için gereken şerit sayısının belirlenmesi ve numaralandırılması,

2. Kaplama şeritlerin 0,01 gr duyarlıklı analitik terazide tartılarak hava kuru ağırlıkların belirlenmesi,

3. Kaplama şeritlerinin etüvde 103 ± 2 °C sıcaklıkta değişmez ağırlığa ulaşınca kadar bekletilerek 0,01 gr duyarlıklı analitik terazide tartılarak tam kuru ağırlıklarının hesaplanması,

4. %44'lık katı madde oranına sahip sıvı halindeki 1,3-dimethylol-4,5- dihidroksi etilen ürenin çeşitli oranlarda soğuk su ile seyreltilmiştir. DMDHEU reçine tutunma miktarları yüzde (%) hesaplanmıştır. Seyreltilerek veya seyreltilmeden oluşturulan çözeltiliye %1,5 katalizör ilave edilmiştir.

En uygun parametreler doğrultusunda kavak kaplama şeritleri %5, %10, %15 ve %20 ağırlık artış değeri elde edilecek şekilde DMDHEU reçine ve katalizör çözeltisi ile muamele edilmiş ve ardından modifikasyon işlemi tamamlanmıştır. Hazırlanan çözelti ile ilgili yüzdelik oranları Çizelge 2.4'de verilmiştir.

Çizelge 2.4 : PŞK modifikasyonunda hazırlanan çözeltinin yüzdelik oranları.

Grup no	DMDHEU miktarı (%)	İlave edilen su miktarı (%)	Katalizör miktarı (%)	Ağırlık artımı (%)
MA	-	-	-	-
MB	25	75	1,5	5
MC	50	50	1,5	10
MD	75	25	1,5	15
ME	100	0	1,5	20

5. Modifiye edilecek kaplama şeritler plastik kaba tek tek dizilerek kimyasalın daha fazla absorbe edilebilmesi için şerit katmanlarının aralarına plastik çitler konulmuştur (Şekil 2.6).



Şekil 2.6 : Şerit kaplamaların daldırma metoduyla modifiye edilmesi.

6. Kaplama şeritleri, daldırma metoduyla iki saat süreyle oda sıcaklığın da modifikasyon işlemine tabi tutulmuştur.

7. Kaplama şeritleri çözülden çıkarıldıktan sonra yüzeylerinde bulunan çözümler bezlerle silinerek alınması ve 24 saat oda sıcaklığında kurutulmuştur (Şekil 2.7).



Şekil 2.7 : 24 saat oda sıcaklığında bekletme işlemi.

8. Modifiye edilen kaplama şeritlerindeki reçinenin kurluşmesi için etüvde dört saat süreyle 120°C bekletilmiştir. (Şekil 2.8).



Şekil 2.8 : Etüvde kurutulan kaplama şeritler.

9. Modifiye edilmiş kaplama şeritlerinin 0,01 gr duyarlıklı analitik terazide tartılarak tutunma (DMDHEU reçinesi) oranının yüzde (%) hesaplaması yapılmıştır.

10. Üretime geçilmeden modifiye edilmiş kaplama şeritleri $\%10\pm 2$ rutubetine getirilmesi için iklimlendirme dolabında bekletilmiştir. İklimlendirme dolabından çıkarılan şeritler deney numunelerinin üretiminde kullanılmıştır.

2.2.2 PŞK üretimi

Modifiye edilmiş kaplama şeritler tutkallanmış ve lifleri birbirine paralel şekilde taslak haline getirilerek preslenmiştir. Şekil 2.9’da taslak haline getirilen şeritler, Çizelge 2.5’de verilen üretim faktörleri kullanılarak üretilmiştir. Şekil 2.10’da taslak ve presleme işlemleri verilmiştir. Her bir PŞK levhası üretimi için yaklaşık 3 mm kalınlığında 19 mm genişliğinde ve 600 mm boyunda 270 adet kavak kaplama şeridi kullanılmıştır. Üretilen paralel şerit kereste 9 katmandan ve her katmanda yaklaşık 30 adet şerit kaplama kullanılmıştır.



Şekil 2.9 : Şeritlerin tutkallanması ve taslak haline getirilmesi.

Çizelge 2.5 : PŞK üretiminde kullanılan parametreler.

Sıra No	Üretim Faktörleri	Miktar ve birim
1	Tutkal Türü	MF
2	Tutkal miktarı	200 gr/cm ²
3	Pres basıncı	15 kg/cm ²
4	Pres sıcaklığı	120 °C
5	Presleme süresi	30 dak.



Şekil 2.10 : Taslak haline getirilmiş şeritlerin preslenmesi.

2.3 Fiziksel Testler

2.3.1 Tam kuru yoğunluğun belirlenmesi

Paralel şerit kerestenin tam kuru yoğunluğun belirlenmesinde odunun birim hacim ağırlığının tayini standardında TS 2472 (1976b) belirtilen esaslara uyulmuştur. Buna göre 30 x 30 x kalınlık mm ölçülerinde deney numuneleri hazırlanmıştır. Hazırlanan deney numunelerinin sayısı kontrol numuneleri ve her bir grup için 10 adet olarak kullanılmıştır. 103 ± 2 °C’de etüvde ağırlığı değişmez duruma gelinceye kadar bekletilmiştir (Şekil 2.11). Etüvden çıkarılan numuneler desikatöre alınarak soğumaları beklendikten sonra 0,01 mm hassasiyetinde ki kumpas ile genişlik, kalınlık ve boy ölçümleri belirlenmiştir. Ölçüleri belirlenen deney numunelerinin ağırlıkları 0,01 g hassasiyetli terazide tartılarak yoğunluğun hesaplanmasında kullanılan denklem 2.1 aşağıda verilmiştir.

$$D_0 = \frac{M_0}{V_0} \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad (2.1)$$

Burada;

D_0 : Tam kuru yoğunluk (g/cm³)

M_0 : Tam kuru numune ağırlığı (g)

V_0 : Tam kuru numune hacmi (cm³)



Şekil 2.11 : Numunelerin etüvde değişmez ağırlığa gelmesi.

2.3.2 Rutubet oranının belirlenmesi

PŞK'nin rutubet oranı tayini (TS 2471) (1976a) standartına göre belirlenmiştir. Buna göre 30 x 30 x kalınlık mm deney numuneleri hazırlanmıştır. Hazırlanan deney numunelerinin 0,01 g hassasiyetli terazi ile ağırlıkları tespit edilmiştir. İlk ağırlıkları tespit edilen deney numuneleri 103 ± 2 °C'de etüvde ağırlığı değişmez duruma gelinceye kadar bekletilmiştir. Değişmez ağırlıktaki numuneleri etüvden çıkarılarak desikatörde soğutulduktan sonra rutubet oranı %0,01'den fazla yükselmeyecek şekilde hemen hassas terazide ağırlıkları tespit edilmiştir. Ağırlıkları ölçülen deney numunelerinin rutubet miktarının hesaplanmasında aşağıdaki denklem 2.2 kullanılmıştır.

$$RO = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100 (\%) \quad (2.2)$$

Burada;

RO : Rutubet miktarı (%)

m_1 : Kurutmadan önce deney örneği ağırlığı (g),

m_2 : Kurutulmuş deney örneği ağırlığı (g),

2.3.3 Boyutsal sabitliğin belirlenmesi

Boyutsal sabitliğinin belirlenmesinde kalınlık artımı ve su alma miktarı deneyleri yapılmıştır.

2.3.3.1 Kalınlık artımının belirlenmesi

Paralel şerit kerestenin kalınlık artım miktarının ölçülmesi ve hesaplanması da EN321 (2002) standardına uyulmuştur. Buna göre 100 X 100 X kalınlık mm ölçülerinde deney numuneleri hazırlanmıştır. Kalınlığına artım miktarının hesaplanmasında kullanılan deney numune sayısı her bir grup için 20 adettir. Deney örneklerini bir hafta süre ile kondisyonlanmaları için % 65 ± 1 rutubet ve 20 ±3 °C'ta iklimlendirme kabiniinde bekletilmiştir. Deney numunelerinin genişlikleri tam ortadan ve kalınlıkları dört yönden olma üzere deneyin ilk ölçümü, daha sonra sırasıyla suda bekleme sürelerine göre 2 saat ve 24 saat zamanlarında ölçülerek, ortalamaları hesaplanıp veriler elde edilmiştir. Genişlik, boy ve kalınlık verilerinin belirlenmesi 0,01 mm hassaslıktaki kumpas ile ölçülerek kalınlığına artım miktarı iki ve 24 saatleri için hesaplanmasında aşağıdaki denklem (2.3) kullanılmıştır. Şekil 2.12'de masa üstü dijital kumpas ve ölçüm anı verilmiştir.



Şekil 2.12 : Dijital kumpas ve ölçüm anı.

$$KA = \frac{L_R - L_0}{L_0} \times 100 (\%) \quad (2.3)$$

Burada;

KA : Kalınlık artımı (%)

L_R : Rutubetli numune ölçüsü (mm)

L_0 : Tam kuru numune ölçüsü (mm)

2.3.3.2 Su alma miktarının belirlenmesi

Kontrol ve DMDHEU ile modifiye edilmiş PŞK'leri, hem su alma miktarının ölçümünde, kalınlık artım miktarının ölçülmesinde kullanılan deney numuneleri kullanılmıştır. Deney numunelerinin ağırlıkları 0,01 gr duyarlıklı hassas terazide tartılmıştır. Daha sonra oda sıcaklığında suya numuneler temas etmeyecek şekilde konulmuştur. İki ve 24 saat su altında bekletilen deney numunelerinin ağırlıkları belirlenerek su alma miktarının hesaplanmasında aşağıdaki Denklem 2.4 kullanılmıştır. Kullanılan su her ölçümde değiştirilmiştir. Şekil 2.13'de 0,01 hassasiyetteki terazi ve ölçüm anı verilmiştir.



Şekil 2.13 : Su alma miktarının belirlenmesi ve 0,01 hassasiyetteki terazi.

$$SAM = \frac{M_R - M_0}{M_0} \times 100 (\%) \quad (2.4)$$

Burada;

SAM: Su alma miktarı (%)

M_R : Deney numunesinin ilk ağırlığı (g)

M_0 : Deney numunesinin son ağırlığı (g)

2.4 Mekanik Özelliklerin Belirlenmesi

Mekanik özelliklerin belirlenmesinde, statik eğilme dayanımı direnci (ED), eğilmede elastikiyet modülü (EM), liflere paralel basınç direnci (LP-BD) ve liflere dik basınç direnci (LD-BD) denemeleri yapılmıştır. Deneyle BTÜ Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümündeki Shimadzu marka test cihazında yapılmıştır.

2.4.1 Eğilme direnci tayini

PŞK'ların, eğilme direncinin ölçülmesi için TS 2474 (1976c)'ya uygun olarak 20 x 360 x kalınlık mm ölçülerinde her grup için 30 adet olmak üzere toplamda 150 adet numune kullanılmıştır. Numunelerin boyutları 0,01 mm hassasiyetteki dijital kumpasla ölçülerek belirlenmiştir. Yük deney numunesinin yüzeyine sabit bir hızla yeknesak olarak yüklenmiş ve cihaz hızı deney parçaları, yüklenmeye başladıktan 1,5 ± 0,5 dakika sonra kırılmalar gerçekleşmiştir. Kırılma anındaki kuvvet (Pmax) okunup eğilme direnci (ED) aşağıdaki denklem 2.5'e göre hesaplanmıştır.

$$ED = \frac{3.P_{max}.L}{2.b.h^2} (N/mm^2) \quad (2.5)$$

Burada;

ED : Eğilme direnci (N/mm²)

Pmax: Kırılma anındaki maksimum yük (N)

L : Silindirik mesnetlerin merkezleri arasındaki uzaklık (mm)

B : Deney parçasının genişliği (mm)

H : Deney parçasının kalınlığı (mm).



Şekil 2.14 : Elastikiyet modülü ve eğilme direncinin belirlenmesi

2.4.2 Eğilmede elastikiyet modülünün belirlenmesi

PŞK'ların elastikiyet modülünün belirlenmesinde TS 2478 (1976d)'da belirtilen 20x360x kalınlık mm ölçülerinde ve her bir grup için 30 adet ile testler yapılmıştır. Toplam 150 adet numune kullanılmıştır. Elastikiyet modülü (E) aşağıdaki denklemden (2.6) yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$E = \frac{\Delta F \cdot L^3}{4 \cdot b \cdot h^3 \cdot \Delta f} \quad (N/mm^2) \quad (2.6)$$

Burada,

E : Elastikiyet modülü (N/mm²)

ΔF : Elastik deformasyon bölgesinde yüklemenin üst ve alt limitlerinin aritmetik ortalamaları arasındaki farka eşit kuvvet (N)

L : Silindirik mesnetlerin merkezleri arasındaki uzaklık (mm)

Δf : Net eğilme alanındaki sehim, yüklemenin üst ve alt limitlerinde ölçülen sehimlere ait sonuçların aritmetik ortalamaları arasındaki fark (mm)

b : Deney parçasının en kesit genişliği (mm)

h : Deney parçasının kalınlığı (mm)

2.4.3 Liflere paralel basınç direncinin belirlenmesi

Numunelerin LPBD'nin hesaplanması için TS 2595 (1977)'te belirtilen ölçülere 20x30xkalınlık mm uygun olarak her bir grup için 10 adet, toplamda ise 50 adet deney numuneleri hazırlanmıştır. Deneye başlamadan önce, kuvvetin uygulandığı alanı hesaplamak için enine kesit alanı 0,01 hassasiyette dijital kumpasla ölçülmüştür. Kırılma oluşan maksimum kuvvet (P_{max}) ölçülerek basınç dirençleri aşağıdaki denklem (2.7) ile hesaplanmıştır. LPBD'nin tayini örnek numunelerinden biri Şekil 2.15'de gösterilmiştir.

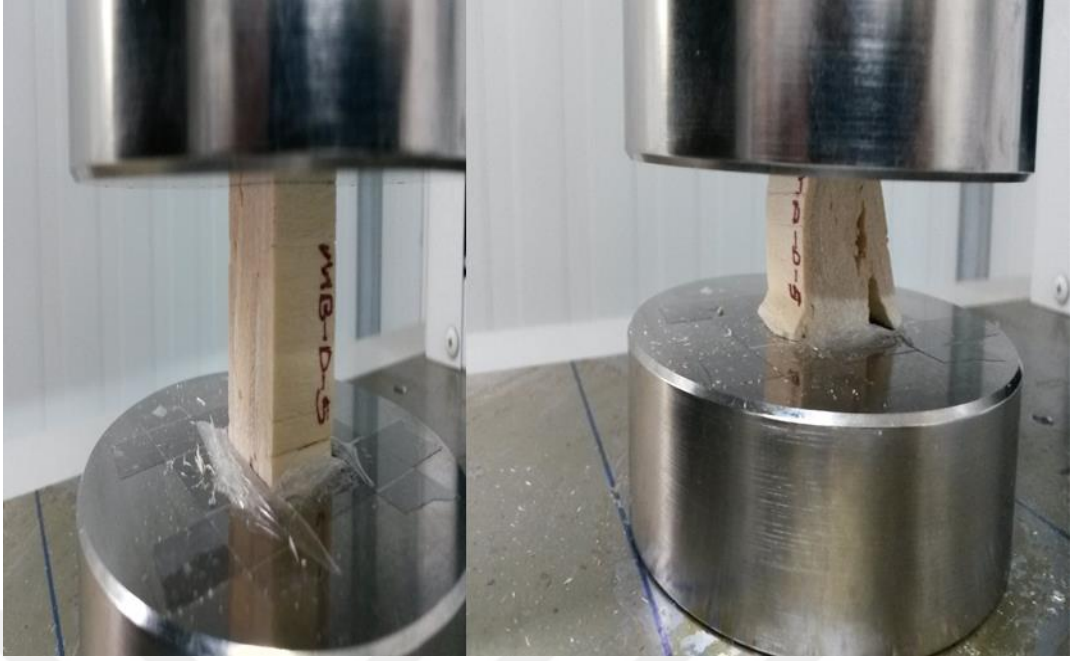
$$LPBD = \frac{P_{max}}{A \times B} \quad (N/mm^2) \quad (2.7)$$

Burada;

LPBD : Liflere paralel basınç direnci (N/mm²).

P_{max} : En büyük yük (N).

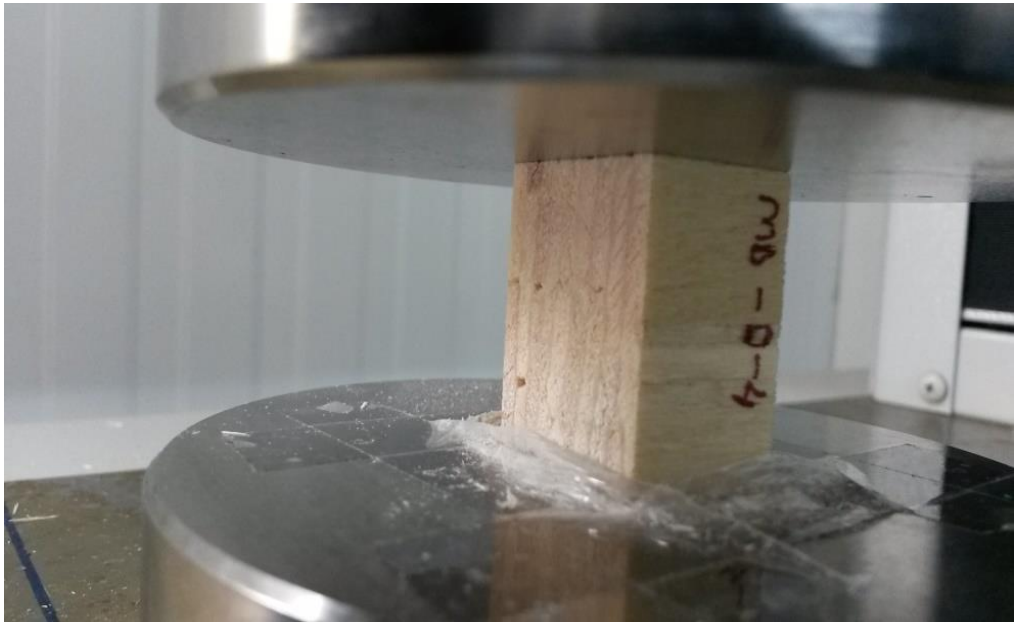
A ve B: Örnek numunenin enine kesit boyutları (mm²).



Şekil 2.15 : Liflere dik ve paralel basınç direncinin belirlenmesi.

2.4.4 Liflere dik basınç direncinin (LDBD) belirlenmesi

LDBD'nin hesaplanabilmesi için TS2473 (1976)'te belirtilen ölçülere 20x30xkalınlık mm uygun olarak toplam 50 adet örneğe test yapılmıştır. Testten önce kuvvetin uygulandığı enine kesit alanının hesaplamak için enine kesitin boy ölçüleri ($A*B$) 0,01 hassasiyetteki kumpas ölçülmüştür. Kırılma anındaki maksimum kuvvet (P_{max}) ölçülerek liflere dik yöndeki basınç direnci denklem (2.8)'e göre hesaplanmıştır. LDBD testi yapılan numuneye örnek Şeki 2.16'de verilmiştir.



Şekil 2.16 : Liflere dik basınç direnci test örneği.

$$LDBD = \frac{P_{max}}{AxB} (N/mm^2) \quad (2.8)$$

Burada;

LDBD : Liflere dik basınç direnci (N/mm²)

Pmax : En büyük yük (N)

A ve B: Deney parçasının enkesit boyutları (mm²)



3. BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1 Fiziksel Özellikler

PŞK numunelerinin fiziksel özelliklerinden yoğunluk, rutubet miktarı, kalınlığına artım ve su alma miktarlarının verileri incelenmiştir.

3.1.1 Tam kuru yoğunluk

Tam kuru yoğunluk değerleri Çizelge 3.1’de verilmiştir. Bu çalışmada paralel şerit kerestelerin yoğunluğu en yüksek grup MB’de $0,54 \text{ g/cm}^3$ olarak bulunmuştur. Kontrol grubunda $0,45 \text{ g/cm}^3$ ile en düşük değer çıkmıştır.

Çizelge 3.1 : Paralel şerit kerestelerin tam kuru yoğunluk değerleri.

Sıra No	Grup Kodu	Ortalama (g/cm^3)	Standart Sapma
1	MA	0,45	0,02
2	MB	0,54*	0,02
3	MC	0,51	0,02
4	MD	0,52	0,02
5	ME	0,51	0,02

* Gruplar arası en yüksek değer.

MA(Kontrol), MB(%5), MC(%10), MD(%15), ME(%20)

Yoğunluk değeri üretildikleri massif malzemeye göre daha yüksek çıkmıştır. Yüksek olması nedeni sıcaklık, basınç ve tutkal miktarıdır. Daha önce yapılan çalışmalara benzer sonuçlar bulunmuştur [60, 64, 65].

Kurt ve arkadaşları 2011 I 77 – 51 klonu ile yaptıkları araştırmada masif ağaç malzemenin tam kuru yoğunluğunu $0,32 \text{ g/cm}^3$ olarak bulmuşlardır [60]. Takahashi ve arkadaşları tarafından 2000 yılında yapılan çalışmada özgül ağırlığı 0,6’nın üstünde olan PŞK yüzey düzgünlüğü tutukallamanın etkisi ile yüzeylerde buruşma ve katlanma olmadığını belirtmiştir [65]. Kurt ve arkadaşları 2019 yılında yaptıkları DMDHEU ile modifiye edilmiş PŞK üretimlerinde MF tutkalı kullanmışlardır.

Deney sonuçlarında MF tutkalında %5 tutunma oranının da 0.55 g/cm³ yoğunlukla benzer bir sonuç bulmuşlardır [64].

3.1.2 Rutubet miktarı

Üretilen PŞK örneklerinin rutubet değerleri Çizelge 3.2’de verilmiştir. Elde edilen verilerde en düşük rutubet miktarı MC grubunda çıkmıştır. Rutubet değerleri ortalama % 8,04 – 9,96 aralığın da bulunmuştur.

Çizelge 3.2 : DMDHEU ve kontrol örneğinin rutubet değerleri.

Sıra No	Grup Kodu	Ortalama (%)	Standart Sapma
1	MA	9,96*	0,03
2	MB	8,37	0,16
3	MC	8,04	0,17
4	MD	8,87	0,17
5	ME	8,89	0,11

* Gruplar arası en yüksek değer.

MA grubunun %9,96 rutubetle en yüksek değeri alırken MC grubunda % 8,04 rutubetle en düşük değeri almıştır. DMDHEU ile modifiye edilmiş numunelerin ise rutubet değerleri daha düşük çıkarak DMDHEU modifikasyonunun rutubete karşı etkili olduğu gözlemlenmiştir.

3.1.3 Boyutsal sabitlik

Bu testte üretilen PŞK’ların boyutsal kalınlık artımı (KA) ve su alma miktarlarının (SAM) yüzde (%) olarak değerleri hesaplanmıştır.

3.1.4 Kalınlık artımı

PŞK üretiminde kalınlığına artım değerleri Çizelge 3.3’de verilmiştir. Hem iki saat için hem de 24 saat için kalınlığına artım değeri kontrol numuneleri için MA2 (MA’nın 2 saat için kalınlık artımı) % 8,42 ve MA24 (MA’nın 24 saat için kalınlık artımı) % 13,11 olarak bulunmuştur.

Test sonuçlarına göre iki saat ve 24 saat için en düşük verilerin MB grubunda olduğu bulunmuştur.

Dieste ve arkadaşları tarafından 2008 yılında yapılan çalışmada DMDHEU ile üretilen kontrplakların boyutsal sabitliğinin yüksek olduğunu tespit etmişlerdir [27].

Çizelge 3.3 : 2 saat ve 24 saat için kalınlığına şişme değerleri.

Sıra No	Grup Kodu	2 saat kalınlık artımı		24 saat kalınlık artımı	
		Ortalama (%)	Standart Sapma	Ortalama (%)	Standart Sapma
1	MA	8,42*	1,10	13,11*	0,90
2	MB	6,23	0,64	9,86	0,89
3	MC	6,89	1,27	11,03	1,19
4	MD	6,73	1,53	10,00	0,84
5	ME	7,64	0,87	12,49	1,19

* Gruplar arası en yüksek değer.

İki saatlik analiz için en düşük veri % 6,23 ile MB grubu ve 24 saat analizinde en düşük veri %9,86 ile yine MB grubunda çıkmıştır.

3.1.5 Su alma miktarı

PŞK'nin su alma miktarı (SAM) değerleri Çizelge 3.4'de değerleri verilmiştir.

Çizelge 3.4 : 2 saat ve 24 saat için su alma değerleri.

Sıra No	Grup Kodu	2 saat su alma miktarı		24 saat su alma miktarı	
		Ortalama (%)	Standart Sapma	Ortalama (%)	Standart Sapma
1	MA	34,68	1,49	66,88	1,88
2	MB	30,52	3,09	64,48	5,80
3	MC	41,55*	3,08	74,94*	2,05
4	MD	31,93	0,87	66,72	0,81
5	ME	32,68	1,53	65,67	2,09

* Gruplar arası en yüksek değer.

Çizelgedeki veriler incelendiğinde su alma miktarındaki artışın en yüksek olduğu değer MC grubudur. MC grubunda 2 saat için % 41,55 ve MC'nin 24 saat içinse %

74,94 verileri elde edilmiştir. Su alma miktarının en düşük olduğu grup MB olmuştur.

Kontrol grubuna göre su alma miktarının azalması boyutsal sabitlik özelliklerinin iyileştiğini göstermiştir. Daha önce Dieste ve arkadaşları 2008 yılında yaptıkları çalışmada benzer sonuçlar elde etmişlerdir [27].

3.2 Mekanik Özellikler

Bu çalışmada incelenen mekanik özellikler eğilme direnci, elastikiyet modülü, liflere paralel ve liflere dik basınç dirençleridir.

3.2.1 Eğilme direnci

PŞK'lerin eğilme direnç (ED) değerleri Çizelge 3.5'de verilmiştir.

PŞK'lerin deney numunelerinde eğilme direnci en yüksek olan MA grubunda olmuştur. MA grubunu sırası ile MB, MC, MD ve ME izlemektedir. MA'nın değeri 84,18 N/mm²'dir. Eğilme direnci değerlerinde en az azalma MB grubunda görülmüştür.

Kurt ve arkadaşları I – 77/51 klonu numuneleri ile masif olarak yapılan çalışmada eğilme direnci 58,9 N/mm² olarak bulmuşlardır [66].

Masife göre daha iyi olmasının başlıca nedeni üretilen PŞK'lerin yoğunluk değerlerinin yüksek olmasıdır. Yoğunluğun artışına neden olan etkenler sıcaklık, basınç, tutkal miktarı ve modifikasyon reçinesinin yapmış olduğu ağırlık artımıdır.

Çizelge 3.5 : Eğilme direnci değerleri.

Sıra No	Grup Kodu	Ortalama (N/mm ²)	Standart Sapma
1	MA	84,28*	7,57
2	MB	82,03	6,64
3	MC	74,43	14,18
4	MD	72,72	7,45
5	ME	71,85	6,07

* Gruplar arası en yüksek değer.

Diğer yandan Pfeffer ve arkadaşlarının 2011 yılında yaptıkları çalışmada DMDHEU ile modifiye edilen tüm numunelerde direnç özelliklerinin azaldığını bunun yanında biyolojik bozunma direncinin arttığı belirtilmiştir ve [62].

3.2.2 Eğilme elastikiyet modülü

Çalışmadaki PŞK numunelerinin elastikiyet modülü Çizelge 3.6’de verilmiştir.

Çizelge 3.6 : Elastikiyet modülü değerleri.

Sıra No	Grup Kodu	Ortalama (N/mm ²)	Standart Sapma
		9.085,30	783,71
2	MB	9.363,19*	746,44
3	MC	8.440,30	1.586,81
4	MD	8.051,00	688,35
5	ME	8.000,01	582,54

* Gruplar arası en yüksek değer.

Elastikiyet modülünde en yüksek ortalama değer 9363,13 N/mm² ile MB grubunda çıkmıştır. En düşük değerde 8000,01 N/mm² ME grubu olmuştur. MB grubundan sonra kontrol grubunda yüksek çıkan elastikiyet modülü daha sonra DMDHEU reçinesi tutunma yüzdesinin tersi yönde kademeli olarak düştüğü görülmektedir.

Dieste ve arkadaşları 2008 yılında yaptıkları çalışmada PŞK’nin direnç özelliklerinin artan sertleşme sıcaklığı ve kırılğan form yapısı ile azaldığını belirtmiştir [27]. Bulgular daha önce yapılan çalışmalar ile benzerlik göstermiştir.

3.2.3 Liflere paralel ve liflere dik basınç dirençleri

Deney numunelerinden elde edilen sonuçlarda hem LD-BD hemde LP-BD’lerinde kontrol numunelerinin MA gruplarında en yüksek değerleri aldığı gözlemlenmiştir.

LP-BD’de MA grubu için 49,90 N/mm² ve LD-BD’de de MA grubunda 9,38 N/mm² ortalama değerleri bulunmuştur.

Daha Önce yapılan çalışmada Samsun Klonunun masif numune parçalarında LP-BD 31,1 N/mm² ve LD-BD N/mm² bulunmuştur [64].

Masif malzemeye göre PŞK'nın basınç değerlerinin daha yüksek olması MF tutkalı, modifikasyon ve yoğunluk artışına neden olan diğer sıcaklık ve basınç gibi parametrelerle açıklanabilir.

Ağırlıkça artım miktarı %5 numunelerde MA' grubuna çok yakın değerler elde edilmiştir.

Çizelge 3.7 : Liflere paralel (LP-BD) ve liflere dik basınç direnç (LD-BD) değerleri.

Sıra No	Grup Kodu	LP-BD		LD-BD	
		Ortalama (N/mm ²)	Standart Sapama	Ortalama (N/mm ²)	Standart Sapama
1	MA	49,90	0,95	9,38	0,62
2	MB	49,15	0,59	9,29	1,23
3	MC	47,74	0,94	6,97	0,38
4	MD	40,74	1,02	5,70	0,36
5	ME	41,13	1,49	5,60	0,52

* Gruplar arası en yüksek değer.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1 Sonuçlar

Ülkemizde ahşap sektörünün önemli sorunları arasında, hammadde tedarikinin sürdürülebilir sağlanması yer almaktadır. Hammadde sıkıntılarının çözülmesi için alternatif hammadde kaynakları bulunmalıdır. Hızlı gelişen ağaç türleri önemli hammadde kaynakları arasındadır. Hızlı gelişen ağaç türlerinin artırılması ve yaygınlaştırılmasına ihtiyaç vardır. Hızlı gelişen ağaç türleri MAM üretiminde de kullanılabilir.

MAM üretim süreci, kimya endüstrisinin gelişmesi ile yeni tutkal türlerinin piyasaya girmesi, geliştirilen üretim teknolojileri ve ahşap malzemede iyileştirme yapabilen kimyasallar daha popüler olmaya başlamıştır. MAM, Kuzey Amerika ve birçok batı Avrupa ülkelerinde hammadde kaynaklarının değişmesi yüksek katlı ahşap esaslı binaların yapımındaki engellerin kalkmasıyla birlikte daha yaygın kullanılmaya başlamıştır. Fiziksel, mekanik ve ekonomik değeri zayıf olan kavak türlerinin, MAM üretiminde kullanılması ile katma değeri yüksek bir üretim gerçekleştirilerek, hammadde kaynağı en uygun şekilde kullanılmasına olanak sağlanması önemli bir avantaj sağlayacaktır.

PŞK gibi hammaddesi ahşap esaslı yapısal ürünlerin dış ortam koşullarında birçok alanda kullanılmaya başlaması, rutubet ve boyutsal kararlılık özelliklerini iyileştirmek için odun bileşenleri ile bağ yapan modifikasyon yöntemlerinin önemini artırmıştır. Ahşabın fiziksel ve mekanik özelliklerini modifikasyon işlemleri ile iyileştirilmektedir. Tekstil kimyasalı olan DMDHEU tekstilde buruşmazlık, boyutsal sabitlik gibi özellikleri iyileştirebilmektedir. DMDHEU modifikasyonu uygulaması masif ve kaplama malzemede umut verici sonuçlar göstermiştir. Kaplama şeritlerinin kolaylıkla modifiye olması PŞK üretim sürecinin başarısını artırmıştır.

Paralel şerit kereste, hızlı gelişen I – 77/51 (Samsun) kavak klonu soyma kaplama şeritleri MF tutkalı, DMDHEU ve katalizör (%1,5 magnezyum klorit hekza hidrat)

MF tutkalı ile yapıştırılan, DMDHEU reçinesinde kaplama şeritleri modifiye edilerek üretilen PŞK'lerin fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir.

PŞK'lerin üretildikleri I – 7751 (Samsun) kavak klonundan daha yüksek mekanik ve fiziksel özelliklere sahip olduğunu göstermiştir. Kaplama şeritlerinin PŞK üretiminde sıcak ve basınç altında yoğunluğunun artması, üretim proseslerine müdahale edilebilmesi [66] ve tomrukta bulunan doğal kusurların homojen olarak dağıtılması veya azaltılması [53] direnç özelliklerini massif malzemeye göre artırmıştır.

Yapılan deneylerde özelliklerin tamamı açısından en iyi sonuçlar kontrol örneğine yakın veya daha yüksek, %5 ağırlıkça tutunma miktarını veren modifiye edilmiş numunelerde bulunmuştur. Modifiyeli numunelerde tutunma miktarı arttıkça MF tutkalı ile uyum sorunu yaşanmış, kaplama şeritlerinin yapıştırılmasında problemlerin oluştuğu görülmüştür.

DMDHEU modifikasyonunda kaplama şeritlerinin kurutulması polimerleşmeye ve şeritlerin kırılgan bir yapıya sahip olmasına neden olmuştur [64]. Bu nedenden dolayı kaplama şeritlerinin tutkallama işleminde tutkal absorpsiyonu tam olarak sağlanamamıştır. Bu problem üretilen PŞK'lerin mekanik özelliklerinin düşük çıkmasına neden olmuştur.

Çalışma DMDHEU modifikasyonunun PŞK için başarılı bir şekilde uygulanabilirliğini göstermiştir.

4.2 Öneriler

Ahşap malzemeyi hammadde olarak kullanan sektörlerin genelinde hammadde problemleri bulunmaktadır. Hızlı gelişen ağaç türleri hammadde problemlerinin çözümü konusunda yerel üreticilerin bilinçlendirilmesi yapılmalı ve OGM hızlı gelişen ağaç türleri özellikle kavak klonları için dikim alanlarını artırarak yerel halkı teşvik edebilir.

Bu ve daha önceki MAM çalışmalarından da faydalanılarak, ülkemizde de ekonomik yönden düşük ve ucuz hammaddeleri kaliteli ve ekonomik yönden de yüksek ürünler yapılabilmesi için MAM üreten bir tesisin kurulması teşvik edilebilir.

PŞK en önemli mühendislik ürünü ağaç malzemelerden biridir. Ülkemiz de yapısal anlamda beton ve çelik ile inşa edilen yapılar kullanılmaktadır. Birçok fay hatlarının

üzerinde bulunan ülkemizde yıkım gerçekleşen depremlerde can ve mal kaybın açısından ahşap malzemeye göre beton-çelik yapıların vermiş olduğu tahribat daha yüksektir. Çok katlı binalarda PŞK kullanımına olanak sağlanabilir.

Tarihi kültürel değerlerimizden ahşap yapıları konutların fazlalığını düşündüğümüzde yapısal anlamda ahşap esaslı konutların yaygınlaşması gerekmektedir. PŞK çeşitli orman endüstri sektörlerinde ve özellikle inşaat sektöründe yapısal amaçlar için kullanılabilir.

DMDHEU reçinesi ile modifiye edilen PŞK'lerdeki olumlu sonuç alınması, DMDHEU reçinesinin ülkemizde de ağaç malzeme üreten tesislerde özellikle boyutsal sabitlik çözümü olarak kullanılması konusunda çalışmalar yapılması ihtiyacını ortaya çıkarmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] **Kurt, R., Aslan, K., Cil, M., & Cavus, V.**, (2012). Properties of parallel strand lumber from two hybrid poplar clones using melamine urea formaldehyde adhesive, *BioResources*, (ss 3711–3719).
- [2] **Sandberg, D., Kutnar, A., & Mantanis, G.**, (2017). Wood modification technologies—a review. *iForest*, (ss 895–908).
- [3] **Birler, A. S.**, (1998). Çevre ve İnsan: Endüstriyel Plantasyonlar (Orman Ağaçları Tarımı), *Ed Kıvanç, M. Yücel, E., Anadolu Univ. Açıköğretim Fakültesi Yayınları*, no. 1017/560, (ss 174–189).
- [4] **Kök, G.**, (2009). Dünyada ve Türkiye’de Orman Ürünleri Arz Talep İlişkileri, II, *Orman. Sosyo-Ekonomik Sorunlar Kongresi*, (ss 19–21).
- [5] **Ogm, O. G. M.**, (2015). Türkiye orman varlığı, *Orman ve Su İşleri Bakanl. Orman Genel Müdürlüğü*.
- [6] **Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği Birliği.**, (2015). *Türkiye Orman Ürünleri Sektör Meclisi Raporu*. (ss 5-68).
- [7] **Birler, A. S.**, (1995). Hızlı Gelişen Türler İle Endüstriyel Ağaçlandırmaların Doğal Ormanların Korunmasında ve Ülke Ekonomisindeki Önemi, *Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü*. (ss 1-10)
- [8] **Dwivedi, K. N.**, (1993). *Group work with children and adolescents: A handbook*. Jessica Kingsley Publishers.
- [9] **Kurt, R., Mengeloğlu, F., & Çavuş, V.**, (2008). Okaliptüs odununun kullanımında yeni alanlar. *I. Ulus. Okaliptüs Sempozyumu Bildirim Kitabı*.
- [10] **Murata, K., Nakao, S., & Yokoo, K.**, Mechanical Behaviour of Alternately Laminated LVL Composed of Rubberwood veneer and Falcata veneer. Erişim: 21 Ağustos 2019 http://support.sbcindustry.com/Archive/2008/june/Paper_117.pdf
- [11] **Büyükhahin, İ.**, (2010). *Dünya’da Tarımsal Ormanlık (Agroforestry) Sistemlerinin İncelenmesi ve Türkiye’de Uygulanabilirliği Üzerine Araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi*, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri.
- [12] **Gürboy, B., Bayramoğlu, M., & Koçer, S.**, (2008). Türkiye’de Lignoselülozik Biyokütle Kaynağı Olarak Kavağın Biyoetanol Potansiyelinin Değerlendirilmesi, VII, *Ulus. Temiz Enerj. Sempozyumu*.
- [13] **Velioğlu, E. & Akgül, S.**, (2012). Poplars and willows in Turkey: country progress report of the National Poplar Commission, *Time period*.
- [14] **Tunçtaner, K., Tulukçu, M., & Toplu, F.**, (1994). Bazı Kavak Klonlarının Büyümeleri ve Teknolojik özellikleri Üzerine Araştırmalar, *Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Tek. Bülten*, No: 170.

- [15] **Web Sayfası**, Erişim: 21 Ağustos 2019. <https://akinsbrewerlumber.com>.
- [16] **Morsing, N. & Hoffmeyer, P.**, (1998). Densification of Wood.: *The influence of hygrothermal treatment on compression of beech perpendicular to grain*.
- [17] **Stirling, R. & Temiz, A.**, (2014). Fungicides and insecticides used in wood preservation, in *Deterioration and Protection of Sustainable Biomaterials*, ACS Publications. (ss 185–201).
- [18] **Korkut, S. & Kocaefe, D.**, (2009). Isıl işlemin odun özellikleri üzerine etkisi, *Düzce Üniversitesi Orman. Dergisi*. (ss 11–34).
- [19] **Köse, İ.**, (2018). İklim Değişikliği Müzakereleri: Türkiye'nin Paris Anlaşması'nı İmza Süreci, *Ege Strat. Araştırmalar Dergisi*. No: 1.(ss 55–81).
- [20] **Kutnar, A. & Šernek, M.**, (2007). Densification of wood, *Zb. gozdarstva Lesar.*, No: 82 (ss 53–62).
- [21] **Hill, C. A. S.**, (2007). *Wood modification: chemical, thermal and other processes*. John Wiley & Sons.
- [22] **Rowell, R. M.**, (1999). Specialty treatments, *Wood Handb. wood as an Eng. Mater. Madison, WI USDA For. Serv. For. Prod. Lab. 1999. Gen. Tech. Rep. FPL; GTR-113* (ss 1-14).
- [23] **Berglund, L. & Rowell, R. M.**, (2005). Wood composites, *Handb. wood Chem. wood Compos. Boca Raton, Fla.* (ss 279-301).
- [24] **Watanabe, U., Norimoto, M., Ohgama, T., & Fujita, M.**, (1999). Tangential young's modulus of coniferous early wood investigated using cell models, *Holzforschung*. No: 2. (ss 209–214).
- [25] **Homan, W. J. & Jorissen, A. J. M.**, (2004). Wood modification developments, *Heron*. No: 4. (ss 360–369).
- [26] **Tomasino, C.**, Chemistry and technology of fabric preparation and finishing, Raleigh: North Carolina State University. NC. 1992.
- [27] **Dieste, A., Krause, A., Bollmus, S., & Militz, H.**, (2008). Physical and mechanical properties of plywood produced with 1,3-dimethylol-4,5-dihydroxyethyleneurea (DMDHEU)-modified veneers of *Betula sp.* and *Fagus sylvatica*. *Holz als Roh-und Werkst.* No: 4. (ss 281).
- [28] **Mai, C., Xie, Y., Xiao, Z., Bollmus, S., Vetter, G., Krause, A., & Militz, H.**, (2007). Influence of the modification with different aldehydebased agents on the tensile strength of wood, in *European conference on wood modification. Bangor University, Cardiff, Wales.* (ss 49–56).
- [29] **Verma, P., Dyckmans, J., Militz, H., & Mai, C.**, (2008). Determination of fungal activity in modified wood by means of micro-calorimetry and determination of total esterase activity, *Appl. Microbiol. Biotechnol.* No: 1. (ss 125).
- [30] **Xie, Y., Krause, A., Mai, C., Militz, H., Richter, K., Urban, K., & Evans, P. D.**, (2005). Weathering of wood modified with the N-methylol compound 1, 3-dimethylol-4, 5-dihydroxyethyleneurea, *Polym. Degrad. Stab.* No: 2. (ss 189–199).
- [31] **Xie, Y., Xiao, Z., Goodell, B., Jellison, J., Militz, H., & Mai, C.**, (2010).

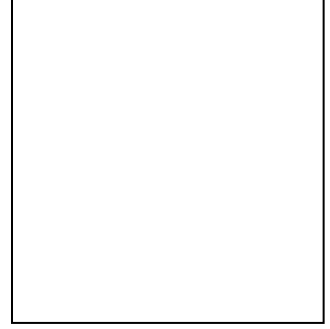
- Degradation of wood veneers by Fenton's reagents: Effects of wood constituents and low molecular weight phenolic compounds on hydrogen peroxide decomposition and wood tensile strength loss, *Holzforschung*. No: 3. (ss 375–383).
- [32] **Altınok, M., Özalp, M., Karaaslan, A., & Perçin, O.**, (2009). Effects of glues modified with borax on the bonding strength of chestnut wood., *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*. No: 15. (ss 17–24).
- [33] **Huş, S.**, (1977). Ağaç malzeme tutkalları, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*. (ss 1–11).
- [34] **Kalaycıoğlu, H. & Özen, R.**, (2012). Yongalevha Endüstrisi Ders Notları, *Karadeniz Tek. Üniversitesi, Orman Fakültesi, Yayını*. No: 89.
- [35] **Eckelman, C. A.**, (1999). *Brief survey of wood adhesives*. Purdue University Cooperative Extension Service West Lafayette. 1999.
- [36] **Heräjärvi, H., Jouhiahho, A., Tammiruusu, V., & Verkasalo, E.**, (2004). Small-diameter Scots Pine and Birch timber as raw materials for engineered wood products, *Int. J. For. Eng.* No: 2. (ss 23–34).
- [37] **Bergman, R., Cai, Z., Carll, C. G., Clausen, C. A., Dietenberger, M. A., Falk, R. H., Frihart, C. R., Glass, S. V, Hunt, C. G., & Ibach, R. E.**, (2010). Wood handbook: wood as an engineering material, *For. Prod. Lab*.
- [38] **Ramage, M. H., Burridge, H., Busse-Wicher, M., Fereday, G., Reynolds, T., Shah, D. U., Wu, G., Yu, L., Fleming, P., & Densley-Tingley, D.**, (2017). The wood from the trees: The use of timber in construction, *Renew. Sustain. Energy Rev.*(ss 333–359).
- [39] **Nelson, S.**, (1997). PE Engineered Wood Products, A Guide for Specifiers, Designers and Users, Structural Composite Lumber, *PFS Res. Found. Madison, WI*. (ss 147–154).
- [40] **Edgar, R.**, (2003). Effects of Strand Geometry on Selected Properties of Long-Stand Structural Composite Lumber Made from Northeastern Hardwoods.
- [41] **Mengeloğlu, F. & Kurt, R.**, (2004). Mühendislik Ürünü Ağaç Malzemeler 1 Tabakalanmış Kaplama Kereste (TAK) ve Tabakalanmış Ağaç Malzeme (TAM), *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*. No: 1. (ss 39–44).
- [42] **Geoffrey, S.**, (2003). The design of a Parallam® Bridge deck, *Master Sci. Thesis Civ. Environ. Eng. West Vitginia Univ*.
- [43] **Cai, Z. & Ross, R. J.**, (2010). Mechanical properties of wood-based composite materials, *Wood Handb. wood as an Eng. Mater. chapter 12. Centen. ed. Gen. Tech. Rep. FPL; GTR-190. Madison, WI US Dept. Agric. For. Serv. For. Prod. Lab.* (ss 1-12).
- [44] **Enam, M., Mtenga, P., Tawfiq, K., & Yazdani, N.**, (2007). Fatigue evaluation of structural composite lumber (SCL) T-beam bridge girders, in *New Horizons and Better Practices*. (ss 1–9).
- [45] **Polastri, A., Giongo, I., Angeli, A., & Brandner, R.**, (2018). Mechanical characterization of a pre-fabricated connection system for cross laminated timber structures in seismic regions, *Eng. Struct.* (ss 705–715).

- [46] **Web Sayfası**, (2019). Erişim: 20 Temmuz 2019. <https://timberframehq.com>.
- [47] **Web Sayfası**, (2019). Erişim: 20 Temmuz 2019. <https://apawood-europe.org/>.
- [48] **Arias, C. M.**, (2008). *Binderless fiberboard production from Cynara cardunculus and Vitis vinifera*. Universitat Rovira i Virgili, 2008.
- [49] **Jeong, G. Y.**, (2008). Tensile properties of loblolly pine strands using digital image correlation and stochastic finite element method. Virginia Tech, 2008.
- [50] **Balatinecz, J. J., Kretschmann, D. E., & Leclercq, A.**, (2001). Achievements in the utilization of poplar wood–guideposts for the future, *For. Chron.* No: 2. (ss 265–269).
- [51] **Meyers, K. L.**, (2001). Impact of strand geometry and orientation on mechanical properties of strand composites.
- [52] **Trusjoist**, (2012). ReSi. *Sunum Slaytları*. (ss 1-10)
- [53] **Liu, Y. & Lee, A. W. C.**, (2003). Selected properties of parallel strand lumber made from southern pine and yellow-poplar, *Holzforschung*. No: 2. (ss 207–212).
- [54] **Porteous, J. & Kermani, A.**, (2013). *Structural timber design to Eurocode 5*. John Wiley & Sons.
- [55] **And, T., Wood, E., & Products**, (2017). Timber and Wood Engineering Products kitap. (ss 1-68)
- [56] **Çavuş, V.**, (2008). I-214 (populus x euramericana) melez kavak klonundan fenol formaldehit ve üre formaldehit tutkalı kullanılarak üretilmiş paralel şerit kerestelerinin (pşk) bazı fiziksel ve mekanik özellikleri. *Yüksek Lisans Tezi*. (ss 1-72)
- [57] **Winans, R. S.**, (2008). Measurement and Computational Modeling of the Mechanical Properties of Parallel Strand Lumber, *Masters Theses*, (ss 168).
- [58] **Robinson, B.**, (2007). *Engineered wood products in Ireland*. COFORD, 2007.
- [59] **Goodell, B., Merrick, P., Jellison, J., & Qian, Y.**, (2007). Marine borer degradation of treated and untreated parallel strand lumber panels., *For. Prod. J.* No: 4.
- [60] **Kurt, R. & Cavus, V.**, (2011). Manufacturing of parallel strand lumber (psl) from rotary peeled hybrid poplar i-214 veneers with phenol formaldehyde and urea formaldehyde adhesives, *Wood Res.* No: 1. (ss 137–144).
- [61] **Kurt, R., Aslan, K., & Çavuş, V.**, (2013). Influence of press pressure on the properties of parallel strand lumber glued with urea formaldehyde adhesive, *BioResources*. No: 3. (ss 4029–4037).
- [62] **Pfeffer, A., Dieste, A., Mai, C., & Militz, H.**, (2011). Effects of water glass and DMDHEU treatment on the colonisation of wood by Aureobasidium pullulans, *Eur. J. Wood Wood Prod.* No: 2. (ss 303–309).
- [63] **Emmerich, L., Bollmus, S., & Militz, H.**, (2019). Wood modification with DMDHEU (1.3-dimethylol-4.5-dihydroxyethyleneurea)–State of the art, recent research activities and future perspectives, *Wood Mater. Sci. Eng.* No: 1. (ss 3–18).

- [64] **Kurt, R. & Tomak, E. D.**, (2019). The effect of DMDHEU modification on physical and biological properties of parallel strand lumbers, *Constr. Build. Mater.*, vol. 195, pp. 497–504.
- [65] **Takahashi, R., Kurisaki, H., Tsukamoto, H., & Mizumoto, K.**, (2000). Production of strand lumber from curved sugi [*Cryptomeria japonica*] logs, 1: Mechanical properties of parallel strand lumber, *J. Toyama For. For. Prod. Res. Cent.*
- [66] **Kurt, R., Çavuş, V., & Meriç, H.**, (2010). Keresteye Alternatif Bazı Mühendislik Ürünü Ağaç Malzemeler Paralel Şerit Kereste, Tabakalanmış Şerit ve Ahşap I-Kiriş, III, *Ulus. Karadeniz Orman. Kongresi.* (ss 20–22).



ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Özgür SUNA
Doğum Tarihi ve Yeri : 09.09.1977 - Bünyan
E-posta : ozgur_suna@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2005, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü.