

**KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TUTKAL MİKTARI VE LEVHA YOĞUNLUĞUNUN MDF'İN FİZİKSEL VE MEKANİK
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Mehmet Erdal KARA

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KASTAMONU

2011

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Mehmet Erdal KARA tarafından hazırlanan “**Tutkal Miktarı ve Levha yoğunluğunun MDF’nin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : **Doç.Dr. Saim ATEŞ**

Jüri Üyeleri :

Doç.Dr. Saim ATEŞ
Kastamonu Üniversitesi
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı



Doç.Dr. Nadir AYRILMIŞ
İstanbul Üniversitesi
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı



Yrd.Doç.Dr. M. Hakan AKYILDIZ
Kastamonu Üniversitesi
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı



Yukarıdaki sonucu onaylarım

Doç.Dr. H. Güran ÜNAL
Enstitü Müdürü



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TUTKAL MİKTARI VE LEVHA YOĞUNLUĞUNUN MDF’NİN FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

M. Erdal KARA

Kastamonu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Saim ATEŞ

Bu çalışmada; Kızılçam (*Pinus brutia* Ten) ve Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) odunu lifleri kullanılarak üretilen orta yoğunluklu lif levhaların (MDF) bazı fiziksel (kalınlık artışı, su emme, yüzey pürüzlülüğü) ve mekanik (eğilme, eğilmede elastikiyet modülü, liflere dik ve paralel çekme direnci, yüzey absorpsiyonu, sertlik) özellikleri üzerine hammadde türü, levha yoğunluğu ve tutkal miktarının etkisi araştırılmıştır.

Deneme levhaları saf (%100) ve karışım (%50-%50) halinde olmak üzere iki farklı tipte üç farklı yoğunluk seviyesi (660, 680, 700 kg/m³), beş farklı tutkal miktarı (180, 185, 190, 195, 200 kg/m³) kullanılarak elde edilmiştir.

Deneme levhaları 3 hafta süre ile 20± 2°C ve % 65±5 bağıl nem şartlarına sahip klima odasında bekletilerek ilgili standartlarda öngörülen boyutlarda kestirildikten sonra tekrar klima odasına konulmuştur.

Üretilen deneme levhalarının bazı fiziksel özellikleri incelendiğinde; 24 saat su alma ve kalınlığına şişme değerleri 700 kg/m³ yoğunluk seviyesinde 190-200 kg/m³ tutkal oranları için karışım halinde üretilen MDF’lerde tespit edilmiştir. Deneme levhalarının mekanik özelliklerinden çekme ve vida tutma direnci haricinde ki diğer tüm dirençlere ait en iyi sonuçların benzer şekilde karışım halindeki 700 kg/m³ yoğunluğa sahip levhalardan üretildiği belirlenmiştir. Bununla beraber yüzey absorpsiyon değerleri hariç diğer mekanik özellikler üzerine tutkal miktarının herhangi bir etkisinin olmadığı tayin edilmiştir.

Sonuç olarak, saf (%100) İYA liflerinden elde edilen MDF’lerden endüstriyel (%50 İYA+%50YA) karışım liflerinden elde edilen MDF’lerle karşılaştırıldığında ilgili standartlara uygun fiziksel ve mekanik özelliklere sahip levhalar elde edilebileceği anlaşılmıştır.

2011, 130 sayfa.

Anahtar Kelimeler: MDF, hammadde, tutkal, yoğunluk, fiziksel özellik, mekanik özellik

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

THE EFFECT OF ADHESIVE QUANTITY AND BOARD DENSITY ON THE MDF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES

M. Erdal KARA

Kastamonu University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Forest Industry Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Saim ATEŞ

In this study; The effects of raw material type, board density and adhesive dosages on some physical and mechanical properties such as; thickness swelling, water absorption, modulus of rupture (MOR), modulus of elasticity (MOE), parallel and perpendicular screw to holding strength, surface absorption, shore hardness and surface roughness are investigated on the MDFs which are composed of red pine (*Pinus brutia* Ten.) and oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky.).

The testing boards are produced in three different density values (660, 680, 700 kg/m³), five different adhesive dosages (180, 185, 190, 195, 200 kg/m³) and consist of pure 100 % raw material and 50%-50% mixed raw material.

The testing boards were stayed in climatized rooms during 3 weeks on $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ and % 65 ± 5 relative humidity then they cutted in to the common size for the related standards afterwards put back in to the climatized room again.

While some physical and mechanical properties of testing boards are investigated; it is found that; The boards produced with the mixture of raw materials which have 700 kg /m³ density level and 190-200 kg/m³ adhesive dosage are the best about physical properties (absorption of water (24 hours) and swell). About the mechanical properties; except tensile and screw strength; the best results on modulus of rupture (MOR), modulus of elasticity (MOE), parallel and perpendicular screw to holding strength, surface absorption, shore strength and surface roughness are taken from the MDF which is composed of mixture raw materials at 700 kg/m³. Also; It was found that the adhesive dosage was only affecting the amount of the absorption it does not have any important statistical value on the other properties. The MDFs; produced with 195 kg/m³ dosages of adhesive had the best results on absorption. In generally it was found that the boards of unmixed raw materials have similar mechanical and physical properties with the boards produced with mixed raw materials and they could be used in the industry instead of mixed raw materials.

2011, 130 pages.

Key Words: MDF, glue, density, physical properties, mechanic properties

ÖNSÖZ

Bu çalışmada değerli bilgi ve deneyimini esirgemeyen, bana her konuda yardımcı olan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Saim ATEŞ' e katkılarından dolayı sonsuz teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim için beni teşvik eden Sayın Yrd. Doç. Dr. M. Hakan AKYILDIZ'a, her zaman bilgi ve tecrübesini paylaşmaktan kaçınmayan Sayın Doç. Dr. Sezgin AYAN'a ve tez çalışmalarımıdaki yardımlarından dolayı Sayın Sedat BALTACI'ya çok teşekkür ederim.

Yüksek lisans çalışmamı destekleyerek bu tezin oluşmasında maddi manevi büyük katkısı ve desteği olan ve bünyesinde çalışmaktan mutluluk duyduğum S.F.C. Entegre Orman Ürünleri ve Sanayii ve Ticaret A.Ş. yönetimine ve ailesine teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin hazırlanması sırasında desteklerini esirgemeyen başta işletme müdürüm Sayın Fatih ERGÜVEN'e, araştırma materyalinin elde edilmesinde ve hazırlanmasında bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım işletme yöneticileri, Sayın Faruk BALOĞLU'na, Sayın H. Rasim KARA'ya ve Sayın Kadir DOĞAN'a ayrıca işletme bünyesinde çalışan tüm çalışma arkadaşlarıma teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Son olarak her zaman yanımda olan ve benden desteğini esirgemeyen eşim Fatma KARA'ya varlığıyla yaşamımıza anlam katan oğlum Yağız KARA'ya her yönüyle kendime örnek aldığım abim Ümit Aziz KARA'ya ve ailesine, ayrıca desteklerini hiçbir zaman eksik etmeyen babam Mehmet Alişen KARA'ya ve annem Seher KARA'ya çok teşekkür ederim.

Kastamonu, 2011

Mehmet Erdal KARA

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
1.1 Genel Bilgiler	2
1.1.1 Lif levhanın Tarihçesi	2
1.1.2 Lif levhanın tanımı ve sınıflandırması	2
1.1.2.1 Yoğunluklarına göre lif levhalar	2
1.1.2.2 Üretim yöntemlerine göre lif levhalar	3
1.1.2.2.1 Yaş yöntemle lif levha üretimi	3
1.1.2.2.2 Yarı kuru yöntemle lif levha üretimi	3
1.1.2.2.3 Kuru yöntemle lif levha üretimi	4
1.1.3 Dünyada MDF üretiminin tarihçesi ve gelişimi	4
1.1.4 Türkiyede MDF üretiminin tarihçesi ve genel durumu	5
1.1.5 MDF'nin tanımı ve sınıflandırılması	6
1.1.6 MDF'nin özellikleri	6
1.1.6.1 MDF'nin türleri ve kullanım alanları	7
1.1.7 MDF üretim teknolojisi	8
1.1.7.1 Hammadde	9
1.1.7.2 Kabuk soyma	11
1.1.7.2.1 Kabuk soymada kullanılan makineler ve yöntemler	12
1.1.7.3 Yongalama	12
1.1.7.4 Yongaların depolanması	13
1.1.7.5 Yongaların elenmesi	14
1.1.7.6 Yongaların yıkanması	15
1.1.7.7 Liflendirme	15
1.1.7.7.1 Liflendirme yöntemleri	16
1.1.7.7.2 Asplund defibratör liflendirme yöntemi	17
1.1.7.7.3 Lif kalitesini etkileyen faktörler	18
1.1.7.8 Liflerin tutkallanması	19
1.1.7.8.1 Tutkal ile odun lifi arasındaki bağ şekilleri	20
1.1.7.9 Liflerin kurutulması	21
1.1.7.9.1 Liflerin kurutulmasına etki eden faktörler	23
1.1.7.10 Lif bunker ve serme istasyonu	23
1.1.7.11 Presleme	24
1.1.7.11.1 Ön presleme	24
1.1.7.11.2 Sıcak presleme	26
1.1.7.11.3 Sürekli presin katlı prese göre önemli avantajları	27
1.1.7.12 Levhaların klimatize edilmesi	32
1.1.7.13 Zımparalama	32
1.1.7.14 Boyutlandırma	34
1.1.7.15 Depolama	34

1.1.8	MDF Üretiminde Kullanılan Tutkal Türleri ve Kimyasallar	35
1.1.8.1	Sentetik reçineler.....	35
1.1.8.2	Termoset tutkallar	36
1.1.8.2.1	Üre-formaldehit tutkalı (FF)	36
1.1.8.2.2	Fenol-formaldehit tutkalı (FF)	37
1.1.8.2.3	Melamin-formaldehit tutkalı (MF).....	39
1.1.8.2.4	Rezorsin formaldehit tutkalı.....	41
1.1.8.2.5	Melamin-üre formaldehit tutkalı	42
1.1.8.2.6	İzosiyonat tutkalı.....	42
1.1.8.3	Katkı maddeleri.....	43
1.1.8.4	Sertleştirici maddeler	44
1.1.8.5	Hidrofobik maddeler	44
2.	KAYNAK ÖZETLERİ	45
3.	MATERYAL VE YÖNTEM	54
3.1	Materyal	54
3.1.1	Hammadde temini	54
3.1.2	Kullanılan ağaç türleri ve özellikleri.....	54
3.1.2.1	Kızılçam (<i>Pinus brutia Ten.</i>)	54
3.1.2.1.1	Botanik özellikleri.....	54
3.1.2.1.2	Doğal yayılışı	55
3.1.2.1.3	Anatomik özellikleri.....	55
3.1.2.2	Doğu kayını (<i>Fagus orientalis Lipsky.</i>).....	55
3.1.2.2.1	Botanik özellikleri.....	55
3.1.2.2.2	Doğal yayılışı	56
3.1.2.2.3	Anatomik özellikleri.....	56
3.1.3	Kullanılan ağaç türlerine ait kimyasal analizler üzerine yapılan çalışmalar.....	58
3.1.4	Levha üretiminde kullanılan kimyasal katkı maddeleri	59
3.2	Yöntem.....	60
3.2.1	Deney levhalarının üretimi.....	60
3.2.2	Deney numuneleri	63
3.2.2.1	Deney numunelerinin boyutlarının ölçülmesi	64
3.2.2.1.1	En ve boy ölçme aleti.....	65
3.2.2.1.2	Kalınlık ölçme	65
3.2.3	Suda kalınlığına şişme (24 saat).....	65
3.2.4	Su emme (24 saat).....	66
3.2.5	Yüzeye dik yönde çekme direnci	67
3.2.6	Eğilme direnci	68
3.2.7	Eğilmede elastikiyet modülü	70
3.2.8	Yüzeye dik ve paralel yönde vida çekme direnci.....	70
3.2.9	Üst ve alt yüzey toluen absorpsiyonu tayini	72
3.2.10	Yüzeye dik yönde shore sertlik deneyi	72
3.2.11	Yüzey pürüzlülük deneyi	73
3.2.12	Deney sonuçlarının değerlendirilmesinde kullanılan istatistik metotlar	74
4.	BULGULAR	75
4.1	24 saat suda şişmeye ait bulgular	75
4.2	24 saat su emmeye ait bulgular	77

4.3	Çekme direncine ait bulgular	79
4.4	Eğilme direncine ait bulgular	81
4.5	Eğilmede elastikiyet modülüne ait bulgular.....	83
4.6	Vida çekme direncine ait bulgular	85
4.6.1	Yüzey vida çekme direncine ait bulgular.....	85
4.6.2	Kenar vida çekme direncine ait bulgular	87
4.7	Yüzey absorpsiyonuna (toluen) ait bulgular	89
4.7.1	Üst yüzey absorpsiyonuna (toluen) ait bulgular.....	89
4.7.2	Alt yüzey absorpsiyonuna (toluen) ait bulgular	91
4.8	Yüzey sertliğine ait bulgular	93
4.9	Yüzey pürüzlülüğüne ait bulgular	95
5.	TARTIŞMA	98
5.1	Kalınlığına şişme oranı (24 saat)	98
5.2	Su emme oranı (24 saat).....	100
5.3	Yüzeye dik yönde çekme direnci	102
5.4	Eğilme direnci	103
5.5	Eğilmede elastikiyet modülü.....	105
5.6	Vida çekme direnci	108
5.6.1	Yüzeye dik yönde vida çekme direnci	108
5.6.2	Yüzeye paralel yönde vida çekme direnci	109
5.7	Yüzey absorpsiyon (toluen) değeri	111
5.7.1	Üst yüzey absorpsiyon (toluen) değeri.....	113
5.7.2	Alt yüzey absorpsiyon (toluen) değeri	113
5.8	Yüzeye dik yönde shore sertlik değeri	114
5.9	Yüzey pürüzlülük değeri	117
6.	SONUÇ VE ÖNERİLER	120
	KAYNAKLAR	122
	ÖZGEÇMİŞ	130

SİMGELER DİZİNİ

σ_b	Eğilme Direnci
$\sigma_c//$	Liflere Paralel Basınç Direnci
α	Genişleme
β	Daralma
ANOVA	Tek yönlü varyans testi
ANSI	American National Standards Institute
D0	Tam Kuru Yoğunluk
Dm	Hava Kuru Yoğunluk
DP	Polimerizasyon Derecesi
HDF	Yüksek Yoğunlukta MDF
EMB	Euro MDF Board
DRM	Denge Rutubet Miktarı
İYA	İğne Yapraklı Ağaç
LDN	Lif Doygunluğu Noktası
LMDF	Hafif-Düşük Yoğunlukta MDF
Max.	Maksimum değer
MDF	Orta Yoğunlukta Lif Levha
Min.	Minumum değer
MF	Melamin Formaldehit
MOE	Elastikiyet Modülü
MOR	Kopma Modülü
MUF	Melamin Üre Formaldehit
OSB	Yönlendirilmiş Yonga Levha
PE	Polietilen
PF	Fenol Formaldehit
PMDI	Polimaik difenolmetan
PRF	Fenol Resorsinol Formaldehit
PUR	Poliüretan
PVAc	Polivinilasetat
PŞK	Paralel Şerit kereste
Ra	Profilin Ortalama Sapması
Rq	Pürüzlülük Ortalamasının Karekökü
Ry	Maksimum Pürüzlülük
Rz	Ortalama Yükseklik
S MDF	Normal MDF
TS	Türk Standardı
UF	Üre Formaldehit
UV	Ultraviyole (morötesi)
XPS	X-ray (X ışını Fotoelektron Spektroskopisi)
YA	Yapraklı Ağaç
ULMDF	Çok Hafif MDF
LSD	En Küçük Önemli Fark

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1	Hammadde odun sahası	11
Şekil 1.2	Yongalama makinesinden elde edilen yongalar	12
Şekil 1.3	Ağaç türüne göre yongaların depolanması	13
Şekil 1.4	Sallantılı elek	15
Şekil 1.5	Asplund defibratör sistemi	17
Şekil 1.6	Mikroskopik lif tutkal ilişkisine ait görünümler	19
Şekil 1.7	Liflevha üretiminde tutkal ile lifler arasındaki bağ şekilleri	21
Şekil 1.8	Kurutma sonu lif siklonları	22
Şekil 1.9	Rulolu ön pres	24
Şekil 1.10	Sürekli (continue) pres	29
Şekil 1.11	Liflevhaların klimatizasyon işlemi	32
Şekil 1.12	Zımpara başlıklarına ait şekiller	33
Şekil 1.13	Üre ile formaldehitin reaksiyonu sonucu mono metilol üre ve dimetilol üre oluşumu-üre ile formaldehitin kondenzasyonu	36
Şekil 1.14	Fenol formaldehit kondenzasyon reaksiyonu	38
Şekil 1.15	Melamin ve formaldehitin kondenzasyonu	40
Şekil 1.16	Rezorsin formaldehit tutkalının kondenzasyonu	41
Şekil 1.17	Polimerik difenolmetan diizosiyonat tutkalının odun ile reaksiyonu	43
Şekil 3.1	Deneme parçalarından deney numunelerinin kesilme planı	63
Şekil 3.2	24 saat kalınlığına şişme ve su emme test cihazı	67
Şekil 3.3	Yüzeye dik yönde çekme direnci testi	68
Şekil 3.4	Eğilme direnci testi	69
Şekil 3.5	Yüzeye dik (a) ve paralel (b) yönde çekme deneyi	71
Şekil 3.6	Üst ve alt yüzey toluen absorpsiyonu tayini	72
Şekil 3.7	Shore sertlik deneyi	73
Şekil 3.8	Yüzey pürüzlülük deneyi	74
Şekil 4.1	Hammadde türü (a), levha yoğunluğu (b) ve tutkal miktarının (c) 24 saat suda şişme özellikleri üzerine etkisi	77
Şekil 4.2	Hammadde türü (a), levha yoğunluğu (b) ve tutkal miktarının (c) 24 saat suda emme özellikleri üzerine etkisi	79
Şekil 4.3	Levha yoğunluğunun çekme dirençleri üzerine etkisi	80
Şekil 4.4	Hammadde türü (a) ve levha yoğunluğunun (b) eğilme direnci özellikleri üzerine etkisi	82
Şekil 4.5	Hammadde türü (a), levha yoğunluğunun (b) elastik modülü özellikleri üzerine etkisi	84
Şekil 4.6	Hammadde türü (a), levha yoğunluğunun (b) yüzey vida çekme direnci özellikleri üzerine etkisi	86
Şekil 4.7	Levha yoğ. kenar vida çekme direnci özellikleri üzerine etkisi	88
Şekil 4.8	Hammadde türü (a), levha yoğunluğu (b) ve tutkal miktarının (c) üst yüzey absorpsiyon (toluen) değerleri üzerine etkisi	91
Şekil 4.9	Hammadde türü (a), levha yoğunluğu (b) ve tutkal miktarının (c) alt yüzey absorpsiyon (toluen) değerleri üzerine etkisi	93
Şekil 4.10	Hammadde türü (a) ve levha yoğunluğunun (b) yüzey sertlik değerleri üzerine etkisi	94

Şekil 4.11 Hammadde türü (a) ve levha yoğunluğunun (b) yüzey püzlülük değerleri üzerine etkisi	96
Şekil 4.12 Levha yoğunluk profili (a) Ra minimum yüzey püzlülük (b) ortalama değerleri üzerine etkisi	97

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1	2010 Yılı ülkemizde lif levha sektöründe üretim yapan önemli kuruluşların kapasite ve çalışma durumları.....	5
Çizelge 1.2	MDF üretiminde kullanılan bazı ağaç türleri ve bu ağaç türlerinin lif uzunlukları	10
Çizelge 3.1	Kızılçam ve Doğu kayını odunlarının kimyasal bileşenleri, çözünürlük değerleri ve lif morfolojisine ait özellikleri.....	58
Çizelge 3.2	Üretimde kullanılan kimyasalların spesifik değerleri.....	59
Çizelge 3.3	Deney levhalarının üretimi sırasındaki çalışma değerleri.....	61
Çizelge 3.4	Araştırma levhalarının hammadde karışım oranları	62
Çizelge 3.5	Deneme materyalinin hazırlanışı	62
Çizelge 3.6	Fiziksel ve mekanik özelliklerin tayini için deney numunelerin seçimi	64
Çizelge 3.7	Deneme levhalarında yapılacak deneylerin adları, numune boyutları, adetleri ve uygulanan standart numaraları	64
Çizelge 4.1	24 saat suda şişmeye (%) ait istatistiki veriler.....	75
Çizelge 4.2	24 saat suda şişmeye ait varyans analizi ve LSD testi sonuçları	76
Çizelge 4.3	24 saat su emmeye ait (%) istatistiki veriler.....	77
Çizelge 4.4	24 saat su emmeye ait varyans analizi ve LSD testi sonuçları	78
Çizelge 4.5	Çekme direncine (N/ mm ²) ait istatistiği veriler	79
Çizelge 4.6	Çekme direncine (N/ mm ²) ait varyans analizi ve LSD testi sonuçları	80
Çizelge 4.7	Eğilme direncine (N/ mm ²) ait istatistiği veriler.....	81
Çizelge 4.8	Eğilme direncine (N/ mm ²) ait varyans analizi ve LSD testi sonuçları.....	82
Çizelge 4.9	Eğilmede elastikiyet modülü direncine (N/ mm ²) ait istatistiği veriler.....	83
Çizelge 4.10	Elastikiyet modülüne ait varyans analizi ve LSD testi sonuçları.....	84
Çizelge 4.11	Yüzey vida çekme direncine (N) ait istatistiği veriler	85
Çizelge 4.12	Yüzey vida çekme direncine ait varyans analizi ve LSD testi sonuçları	86
Çizelge 4.13	Kenar vida çekme direncine (N) ait istatistiği veriler.....	87
Çizelge 4.14	Kenar vida çekme direncine ait varyans analizi ve LSD testi sonuçları	88
Çizelge 4.15	Üst yüzey toluen absorpsiyonuna (cm) ait istatistiği veriler.....	89
Çizelge 4.16	Üst yüzey toluen absorpsiyonuna ait varyans analizi ve LSD testi sonuçları	90
Çizelge 4.17	Alt yüzey toluen absorpsiyonuna (cm) ait istatistiği veriler	91
Çizelge 4.18	Alt yüzey toluen absorpsiyonuna ait varyans analizi ve LSD testi sonuçları	92
Çizelge 4.19	Yüzey sertliğine (mmN) ait istatistiği veriler.....	93
Çizelge 4.20	Yüzey sertliğine ait varyans analizi ve LSD testi sonuçlar	94
Çizelge 4.21	Yüzey pürüzlülüğüne (µm) ait istatistiği verileri.....	95
Çizelge 4.22	Yüzey pürüzlülüğüne ait varyans analizi ve LSD testi sonuçları	96
Çizelge 5.1	Deneme levhalarına ait 24 saat kalınlığına şişme ortalama (%) değerleri	98

Çizelge 5.2	Deneme levhalarına ait su emme (24 saat) ortalama (%) değerleri	100
Çizelge 5.3	Deneme levhalarına ait yüzeye dik yönde çekme direnci ortalama değerleri	102
Çizelge 5.4	Deneme levhalarına ait eğilme direnci ortalama değerleri	104
Çizelge 5.5	Deneme levhalarına ait eğilmede elastikiyet modülü ortalama değerleri	106
Çizelge 5.6	Deneme levhalarına ait levha yüzeyine dik yönde vida çekme direnci ortalama değerleri	108
Çizelge 5.7	Deneme levhalarına ait levha yüzeyine paralel yönde vida çekme direnci ortalama değerleri	110
Çizelge 5.8	Deneme levhalarına ait üst yüzey absorpsiyonu ortalama değerleri	111
Çizelge 5.9	Deneme levhalarına ait alt yüzey absorpsiyonu ortalama değerleri	113
Çizelge 5.10	Levha yüzeyine dik yönde shore sertlik ortalama değerleri	115
Çizelge 5.11	Deneme levhalarına ait minimum yüzey pürüzlülük (Ra) ortalama değerleri	117
Çizelge 5.12	Farklı hammadde türü, levha yoğunlukları ve tutkal miktarlarında elde edilen deney levhalarının optimum sonuç değerleri.....	119

1. GİRİŞ

Toplumların çok hızlı değişen ekonomik ve çevre korumaya yönelik ihtiyaçları, orman endüstrisi üzerine “daha az hammadde ile daha çok üretim yapma” ları konusunda devamlı artan bir baskı oluşturmaktadır. Bunun pratikteki anlamı ise odun lif kaynaklarının korunması ve verimli bir şekilde kullanılması, devamlı azalan kaynaklardan daha fazla lif üretilmesi, daha çevresel yöntem ve teknolojilerin geliştirilmesi, ve odun menşei olmayan diğer lignoselülozik liflerin endüstriyel ürünler için kullanımının düşünülmesidir (Cooper ve Balatinecz 1999).

Bütün endüstri kollarında olduğu gibi liflevha endustrisinde hammadde darlığı, enerji eksikliği ve çevresel problemler ile karşı karşıyadır. Geride bıraktığımız son çeyrekte bu endüstri kolu gerekli üretim faktörlerini bol ve ucuz olarak sağlayabilmiş olmasına rağmen şimdilerde darlıkla mücadele için kaynakların rasyonel olarak kullanılması gerekmektedir (Anonim 1990).

Ülkemizin orman kaynaklarının kısıtlı olması nedeniyle, gelecek yıllarda odun hammaddesi açığının hızla büyüyeceği kesindir. Bu nedenle odunun orman endüstrisinde en verimli ve dengeli bir biçimde kullanılması büyük önem arz etmektedir. Bu ise odunun fiziksel, mekanik ve teknolojik özelliklerinin tam olarak bilinmesi ile mümkün olmaktadır.

Ormanlık alanlarımızın % 25 ini oluşturan ve en geniş yayılış alanlarına sahip önemli bir lifsel hammadde kaynağı olan kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) odununun orta yoğunlukta lif levha (MDF) üretiminde kullanılması ülkemiz şartlarında kaçınılmaz bir durumdur.

Bu çalışmada amaç, % 100 kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ağaç türünün lifleri ile %50 kayın (*Fagus orientalis* Lipsky.) ve % 50 kızılçam ağaç türlerinin karışımından oluşan liflerin, sabit pres çalışma şartları altında farklı yoğunluk seviyesi ve tutkal miktarları uygulanarak elde edilen MDF'lerin bazı fiziksel ve mekanik direnç özellikleri tespit edilerek karşılaştırılmıştır. Böylelikle hem üretim maliyetleri ve kapasite açısından hem de herhangi bir (YA) hammaddesinde tedarik problemi yaşanması durumunda, sadece % 100 kızılçam (İYA) liflerinden elde edilen

MDF'lerin standartlarda belirtilen minimum değerlere uygun sonuçlar verip vermediğinin belirlenmesidir.

1.1. Genel Bilgiler

1.1.1 Lif levhanın tarihçesi

Odun kökenli levha ürünlerinden, lif levhanın kullanımı M.Ö.6.yüzyıla kadar dayanmaktadır. 1901 yılında Minnesota'da binalarda ısı yalıtımı amacıyla lif levha üretilmiştir. 1931 yılında İsveçli mühendis Asplund odun yongalarının basınç altında sürekli liflendirme yöntemini geliştirmiştir.

1.1.2 Lif levhanın tanımı ve sınıflandırılması

Lif levha; bitkisel lif ve lif demetlerinin doğal yapışma ve keçeleşme özelliklerinden yararlanılarak veya ilave yapıştırıcı madde kullanılarak oluşturulan levha taslağının kurutulması yada preslenmesi sonucu elde edilen bir üründür. Kısaca; lignoselülozik maddelerin liflendirilmesi ile oluşan lif ve lif demetlerinin yeniden şekillendirilmesi ile elde edilen bir levha türüdür (Eroğlu ve Usta, 2000).

ISO'nun teknik anlamdaki tarifine göre; lif levha, doğal yapışma ve keçeleşme özelliğine sahip lignoselülozik liflerden üretilmiş, kalınlığı 1.5 mm'den fazla olan levhalardır. TS 3635 ve ISO 818'e göre lif levhalar yoğunluklarına ve üretim yöntemlerine göre sınıflandırılmaktadırlar.

1.1.2.1 Yoğunluklarına göre lif levhalar

- Düşük yoğunlukta lif levhalar-izolasyon lif levhası (LDF –Light Density Fiberboard):0,35 gr/cm³ 'den daha düşük yoğunlukta lif levhalar.
- Orta yoğunlukta lif levhalar (MDF Medium Density Fiberboard) 0,35-0,80 gr/cm³ yoğunluğa sahip lif levhalar.
- Yüksek yoğunlukta lif levhalar-sert lif levhalar (HDF –High Density Fiberboard) 0,80-1,1 gr/cm³ arasında yoğunluğa sahip sert lif levhalar.

1.1.2.2 Üretim yöntemine göre lif levhalar

Üretim yöntemlerine göre liflevhalar 3'e ayrılmaktadır (Eroğlu ve Usta, 2000).

- Yaş yöntem
- Yarı kuru yöntem
- Kuru yöntem'dir.

1.1.2.2.1 Yaş yöntemle lif levha üretimi

Bu yöntemde formasyon ortamı sulu lif süspansiyonu olup % 1-2 konsantrasyondaki lif süspansiyonu bir elek üzerine verilmekte, mümkün olduğu oranda düzenli lif dağılımı sağlayarak lif keçesi haline getirilmektedir.

Bu yöntemin diğerlerinden en önemli farklılığı ise levha taslağının rutubeti % 100 den fazla olmasıdır. % 1-2 konsantrasyondaki lif süspansiyonu bir elek üzerine verilerek mümkün olduğu kadar düzgün ve düzenli lif dağılımı sağlanarak lif keçesi elde edilir. Lifleri kümelenmeden uniform bir levha taslağı oluşturmak çok önemlidir. Bu yöntemde orta lameldeki lignin yapıştırıcı görevini yapmakta olup, levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerini artırmak amacıyla % 1-3 oranında sentetik tutkal olan fenol-formaldehit ile kuruyan yağlar kullanılabilir.

Levhanın rutubete karşı korunması için % 1-2 oranında parafin (vaks) kullanırken isteğe göre yüzeylerine % 7-12 oranında sertleşen yağlarla emprenye edilerek, ekstra sert lif levha üretilmektedir. Yöntemleri birbirinden ayıran en önemli etken levha taslağının oluşumu sırasındaki liflerin rutubet oranlarıdır. Bu rutubetlerde elde edilen liflerin keçeleşme kabiliyetlerinden lif levha elde edilir (Eroğlu ve Usta, 2000).

1.1.2.2.2 Yarı kuru yöntemle lif levha üretimi

Bu yöntemde levha taslağının rutubeti %12 – 45 arasında olup, taslağın oluşturulmasında sulu ortamdan yararlanılmayıp hava veya mekanik araçlarla serme işlemi yapılır. Yapıştırıcı olarak orta lameldeki ligninden ziyade sentetik yapıştırıcılardan faydalanılır (Eroğlu ve Usta, 2000).

1.1.2.2.3 Kuru yöntemle lif levha üretimi

Bu yöntemde nem oranı % 5-10 arasındadır. Elde edilen liflerin rutubetinin uzaklaştırılması için özel olarak kurutmaya tabii tutulur. Kurutulan lifler mekanik ve havalı serme yapılarak, levha taslağı oluşturulur. % 8–11 oranındaki tutkal karışımından meydana gelen levha taslağı sıcak preslenmesi sonucu liflevha elde edilir. Yalıtım lif levhalarına suya karşı dayanıklılık sağlamak veya mekanik sağlamlılık kazandırmak için reçine, parafin veya bir kömür katranı ürünü olan kumaran reçinesiyle tutkalanır. Levha dışarıda kullanılacaksa asfalt veya asfalt emülsiyonları kullanılır. Yalıtım lif levhalarına presleme uygulanmaz.

Orta sert lif levhalar hem kuru, hem de yaş yöntemle üretilebilir. Yaş yöntem ile tek tabakalı olarak üretilen orta sert lif levhalarda % 1-3 oranında yapıştırıcı madde kullanılır. Bu levhaların özgül ağırlıkları 400-800 kg/m³ arasında değişir. Daha çok yonga levha teknolojisine benzer şekilde üretilen kuru yöntem orta sert lif levhaları tek veya çok tabakalı olabilir. Üst tabakalarda daha ince lifler yüzey düzgünlüğü için kullanılırken orta tabakada daha kaba lifler kullanılabilir. Doğal olarak selüloz, hemiselüloz ve ligninin oluşturduğu bağlar bulunmadığından % 8-11 oranında yapıştırıcı kullanılır. Yapıştırıcı olarak genellikle üre formaldehit kullanılır. Özgül ağırlıkları 600-850 kg/m³ arasında olup, son zamanlarda 1.5-40 mm hatta 60 mm kalınlığına kadar üretim yapılabilmektedir (Eroğlu ve Usta, 2000).

1.1.3 Dünyada MDF üretiminin tarihçesi ve gelişimi

MDF, odun veya lignoselülozik kökenli levha ürünleri; yonga levha, kontrplak, kontratabla, lamine levha içerisinde geliştirilen en son levha ürünü olup, özellikle 1960'lı yılların ikinci yarısından itibaren başta Amerika olmak üzere daha sonra Avrupa'nın Almanya, İngiltere, Fransa gibi ülkelerinde gittikçe artan bir oranda üretilmeye başlamıştır. Dünya'da ilk MDF fabrikası 1965 yılında New York, Deposit'te kurulmuştur. 1973 yılından itibaren de birçok Avrupa ülkesinde de MDF üretimine başlanmıştır (Suchland ve Woodson 1991).

Özellikle yüzyılın son çeyreğinden itibaren Dünya'da MDF üretimi hızlı bir şekilde artarak yıllık artış oranı yonga levhayı geride bırakmıştır. MDF'nin hızla

yükselmeye neden olan en önemli etkenler; hammadde isteğinin yonga levhadan daha geniş sınırlar içinde olması, masif ağaç malzeme gibi işlenebilmesinden dolayı başta mobilya endüstrisi olmak üzere birçok kullanım alanında yonga levha ve kontrplak yerine daha fazla tercih edilmesi, fiziksel özelliklerinin iyi ve mekanik direnç değerlerinin yüksek olmasıdır (Suchland ve Woodson 1991).

1.1.4 Türkiyede MDF üretiminin tarihçesi ve genel durumu

MDF 1980'li yıllarda Dünyanın bir çok ülkesinde geniş ölçüde üretilirken ülkemizde ilk MDF fabrikası 1985 yılında kısa adı Çamsan olan özel bir firma tarafından 62.000 m³/yıl kapasite ile Ordu ilimizde kurulmuştur. Çizelge 1.1'de 2010 yılı itibariyle ülkemizde liflevha üretimi yapan fabrikaların üretim kapasiteleri ve entegrasyonu verilmiştir.

Çizelge 1.1 2010 Yılı ülkemizde liflevha sektöründe üretim yapan önemli kuruluşların kapasite ve çalışma durumları verilmiştir (Anonim 2011).

FİRMA ADI	FABRİKA YERİ	KAPASİTE m ³ /gün		KAPASİTE m ³ /yıl		DURUM
1-BOLU LİF (GBS) A.Ş.	BOLU	80	m ³ /gün	24.000	m ³ /yıl	FAAL
2-ÇAMSAN A.Ş.	ORDU	600	m ³ /gün	180.000	m ³ /yıl	FAAL
3-ÇAMSAN A.Ş.	ADAPAZARI	600	m ³ /gün	180.000	m ³ /yıl	FAAL
4-DİVAPAN A.Ş.	DÜZCE	400	m ³ /gün	120.000	m ³ /yıl	FAAL
5-KAST. ENTEGRE A.Ş.	İZMİT / Gebze	1.200	m ³ /gün	360.000	m ³ /yıl	FAAL
7-SELOLİT A.Ş.	MANİSA	60	m ³ /gün	18.000	m ³ /yıl	FAAL
8-SERDAR AĞAÇ A.Ş.	BURSA	650	m ³ /gün	195.000	m ³ /yıl	FAAL
9-S.F.C. A.Ş.	KASTAMONU	835	m ³ /gün	250.500	m ³ /yıl	FAAL
10-STARWOOD A.Ş.	BURSA	800	m ³ /gün	240.000	m ³ /yıl	FAAL
11-TEVERPAN A.Ş.	TEKİRDAĞ	500	m ³ /gün	150.000	m ³ /yıl	FAAL
12-TEVER MDF A.Ş.	TEKİRDAĞ	800	m ³ /gün	240.000	m ³ /yıl	FAAL
13-YILDIZ SUNTA MDF A.Ş.	İZMİT	1.550	m ³ /gün	465.000	m ³ /yıl	FAAL
14-YILDIZ ENTEGRE A.Ş.	İZMİT	3.000	m ³ /gün	900.000	m ³ /yıl	FAAL
15-TURANLAR GRUP A.Ş.	SAMSUN	750	m ³ /gün	225.000	m ³ /yıl	FAAL
16-SBS A.Ş.	BURSA / K.Paşa	300	m ³ /gün	90.000	m ³ /yıl	FAAL
EYLÜL/2010 KURULU TOP. KAPASİTE		13.325	m³/gün	3.997.500	m³/yıl	

Ülkemizde 1994 yılına kadar sadece bir tane MDF fabrikası var iken, son yıllarda 15 yeni MDF tesisi daha üretime girmiştir. Bazı fabrikalar kapasitesini artırma yoluna giderken bazıları da yeni tesisler açmıştır. Ülkemizde MDF fabrikasının on bir tanesi Marmara bölgesinde, iki tanesi Doğu Karadeniz bölgesinde, iki tanesi de Orta Karadeniz bölgesinde kurulmuştur. Bu bölgeler, hammaddeye, pazara, deniz taşımacılığına yakın olması ithalat ve ihracata kolaylık sağlamasıyla tercih edilmiştir.

1.1.5 MDF'nin tanımı ve sınıflandırılması

MDF kelime anlamı olarak orta yoğunlukta lif levha anlamına gelmekte ve ingilizce karşılığı olan Medium Density Fiberboard kelimelerinin baş harflerinden oluşmaktadır. MDF yaş yöntemle, yarı kuru yöntemle ve kuru yöntemle üretilmektedir. Fakat günümüzde yüzde yüze yakın oranda kuru yöntemle üretilmektedir.

MDF orta sertlikte bir levha olup, termomekanik olarak odun veya diğer ligno selülozik hammaddelerden elde edilen liflerin belirli bir rutubet derecesine kadar kurutulduktan sonra yaklaşık % 9–11 oranında termosetting bir tutkal ile tutkallanarak sıcaklık ve basınç altında preslenmek suretiyle oluşan homojen yapıdaki levhalardır. MDF'nin kalınlığı 1,8–60 mm, yoğunluğu ise genelde 0,55–0,80 gr/cm³ arasında değişmektedir (Akbulut 1991).

1.1.6 MDF'nin özellikleri

Son yıllarda ormanlarımız gittikçe azalmakta ve ormanlarımızdan kaliteli tomruklardan elde edilen kontrplak ve kaplama endüstrisi için kullanılan ağaçlar azalmaktadır. Azalan kaliteli ağaçların fiyatı artmaktadır. MDF üretimi ile kalitesiz odunları değerlendirmek mümkün olmuştur. MDF fiziksel ve mekanik özellikleri masif ağaç malzemeye yakın değerdedir. Böylece kalitesiz odunlardan alternatif bir ürün üreterek orman kaynaklarının verimli kullanılması sağlanmıştır (Çamlıbel 2006).

- Homojen yapıda olup doğal odun özelliğinde yapay bir üründür.
- Levha yüzeyleri yüzey işlemleri için daha uygundur.

- Yonga levha ve odundan üretilen diğer levhalara göre daha düşük kaliteli odunlardan üretilmektedirler.
- Rutubete dayanıklı olup, kolay kesilip, çivilenip vidalanabilir.
- Fiziksel özellikleri çok yüksektir.
- Levha da sağlamlık her yönde aynı olduğundan doğal oduna oranla daha geniş kullanım imkânı sağlar.
- Farklı boy ve kalınlıklarda üretimi yapılabilmektedir (Eroğlu ve Usta, 2000).

1.1.6.1 MDF'nin türleri ve kullanım alanları

a. İnce MDF: 1.8-2.5 mm kalınlıklardaki bu levhalar ince kontrplağa alternatif olarak üretilmiştir. Tipik kullanılma yerleri; çekmece altlıkları, mobilya ya da kabin arkalıkları, kapı yüzeyleri, sergi paneli, üzerine delikler açılarak dekoratif paneller ve kolayca bükülebildiklerinden dolayı eğik yüzeylerin oluşturulmasında kullanılır.

b. Kalın MDF: 45-60 mm kalınlıklarda üretilen bu levhaların en büyük kullanım yeri binalarda sütun, plaster ve kemer gibi mimari amaçlarla değerlendirilmesidir. Ayrıca, ağır döşeme ve raf, merdiven basamağı, çalışma tezgâhı ve bank oturaklarıdır.

c. Rutubete dayanıklı MDF: Bu tip levhalar rutubete dayanıklı tutkallarla (fenol-formaldehit vb.) üretilmiş ve ayrıca şişmeyi azaltmak için katkı maddeleri (parafin) ilave edilmiştir. Kapalı yerlerde % 80 bağıl neme kadar kullanılabilir. Bu levhalar, banyo ve mutfak mobilyası, döşeme, pencere, merdiven ve mimari kalıp ürünlerde kullanılır.

d. Yangına dayanıklı MDF: Standart MDF ler, üretimden sonra yüzeylerine alev almayı geciktiren kimyasal maddeler sürme ve ya levhaların bazı tuzlarla emprenye edilmesi suretiyle yangına karşı dayanıklı hale getirilirler. Bu levhalar, duvar ve pano kaplamaları, büro bölme sistemleri, sergi panoları, gemilerde kabin ve bölme elamanları ile binalara bitişik yapılan ekipmanlarda kullanılır (Eroğlu ve Usta, 2000).

1.1.7 MDF üretim teknolojisi

MDF yüzyılın ikinci yarısında 1966'da New York'taki Allied Chemical Corporation tarafından keşfedilmiş olup, yonga levha ve yaş yöntemle lif levha üretim teknolojilerinin birleştirilmesi sonucu ortaya çıkmıştır. Yaş yöntemle MDF üretmek pahalı ve zahmetli olmasının yanı sıra levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin artırılması ve her türlü lif içeren hammaddelerin kullanımına olanak vermesi sonucu kuru yöntemle MDF üretimine geçilmiştir.

Günümüzde kuru yöntemle MDF üretimi aşağıdaki iş akış şemasına göre yapılmaktadır. Bu yöntemde nem oranı % 5-10 arasındadır. Elde edilen liflerin rutubetinin uzaklaştırılması için özel olarak kurutmaya tabii tutulur. Kurutulan lifler mekanik ve havalı serme yapılarak, levha taslağı oluşturulur. % 9 – 11 oranındaki tutkal karışımından meydana gelen levha taslağının sıcak preslemesi sonucu levha elde edilir (Eroğlu ve Usta, 2000).

- Hammadde
- Kabuk soyma
- Yongalama
- Yongaların depolanması
- Yongaların elenmesi
- Yongaların yıkanması
- Liflendirme
- Liflerin tutkallanması
- Liflerin kurutulması
- Serme
- Presleme
- Levhaların klimatize edilmesi
- Zımparalama
- Boyutlandırma
- Depolama

1.1.7.1 Hammadde

MDF üretiminde hammadde olarak odun veya lignoselulozik lifli maddeler ve kimyasal maddeler (tutkal+sertleştirici+parafin+özel kimyasallar) kullanılır. MDF’de en önemli hammaddeyi odun oluşturur. Kuru yöntemle üretilen MDF’nin % ‘lik oluşumu şu şekildedir;

- % 80 – 90 odun ve diğer lignoselulozik maddeler
- % 10-13 kimyasallar.
- % 7-10 arasında rutubet içeriğinden oluşur.

MDF üretiminde kullanılan odun orta yoğunlukta, fazla budak ihtiva etmeyen, reçine ve tanen gibi ekstraktif madde oranı yüksek olmayan, pH değeri 4–5 civarında, rutubeti % 40–60 olan, kabuk oranı % 15–20’yi geçmeyen kısmen mantarlaşmaya başlamış her türlü hammadde kullanılabilir. TS 1351 (1974)’ e göre lif levha üretiminde kabuk ve budak konusunda sınırlama yok iken budaklar yongalama makinesini kısa zamanda köreltmekte ve kapasitesinin düşmesine neden olmaktadır. Kabuk oranı % 20 yi geçer ise levhanın fiziksel ve mekaniksel özelliklerini, yüzey görünümünü ve kalitesini düşürmektedir.

MDF üretiminde lif-yonga odunu, aralama kesimlerinden elde edilen odunlar kereste endüstrisi artıkları, yakacak odunlar, soyma kaplama artık silindiri, kesme kaplama artık tahtası, soyma ve kesme artık kaplamaları, testere ve planya talaşı, çeşitli odun işleyen fabrika artıkları ve levha üretimi için gerekli lif uzunluğuna sahip bitkisel artıklar kullanılabilir. Yuvarlak odunların çaplarının 6 cm ile 40 cm arasında, boylarının ise 2 m daha kısa olması yongalama işleminin daha düzgün yapılabilmesi için aranan özelliklerdendir. Özellikle orman kaynakları yetersiz olan bölgelerde şeker kamışı, keten sapsarı, tahıl sapsarı, ayçiçeği sapsarı vb. yıllık bitkiler hammadde olarak kullanılmaktadır. Sunds Defibrator firması tarafından yapılan bir araştırmaya göre dünyada MDF üretimi yapan fabrikaların % 7’si yıllık bitkiler kullanmaktadır (Eroğlu ve Usta, 2000). Şekil 1.1’de hammadde odun sahası gösterilmiştir.



Şekil 1.1 Hammadde odun sahası

Yapraklı ağaçlarda lif uzunlukları ortalama 0,8-2 mm arasında değişmektedir. Buna karşılık iğne yapraklı ağaçlarda lif uzunlukları ortalama 3-7 mm arasındadır. Lif levha endüstrisinde uzun lifli odunlar kısa lifli odunlardan daha fazla tercih edilir. Hacim-yoğunluk değeri ibreli ağaçlarda 0.32-0.45 yapraklı ağaçlarda 0.30-0.65 g/cm³ arasında değişir. Fabrika sahasındaki hammadde istifinin büyüklüğü hammaddenin şekline, rutubet miktarına ve doğal havalandırma durumuna göre değişir. Genel olarak, kapak ve yan tahtaları gibi endüstri artıkları yuvarlak odunlardan daha küçük istifleme gerektirir (Eroğlu ve Usta, 2000). Çizelge 1.2’de MDF üretiminde kullanılan bazı ağaç türleri ve bu ağaç türlerinin lif uzunlukları verilmiştir.

Çizelge 1.2 MDF üretiminde kullanılan bazı ağaç türleri ve bu ağaç türlerinin lif uzunlukları (Tank 1980)

Ağaç Türü	Lif Uzunlukları (mm)
Köknar	3,4 – 4,6
Akçaağaç	0,67 – 1,08
Huş	0,34 – 1,7
Kayın	0,5 – 1,7
Ladin	1,3 – 4,3
Çam	1,8 – 4,5
Kavak	0,3 – 2
Meşe	0,28 – 1,6
Ihlamur	0,5 – 1,4

Bilindiği gibi lif levha üretiminde keçeleşmenin iyi olması için iğne yapraklı ağaçlar (% 70 İYA + % 30 YA) tercih edilmektedir. Bu karışımdan elde edilen levhanın fiziksel ve mekanik özellikleri yüksek olmaktadır. Kuru yöntemle MDF üretimi esnasında tutkal olarak sıcakta katılaştıran (termosetting) tutkallar kullanılmakta, böylece kısa lifli yapraklı ağaçlarda büyük oranda üretimde değerlendirilmektedir (Eroğlu ve Usta, 2000).

Lif levha endüstrisinde odun hammaddesinin önemi büyüktür. Enerji sarfiyatını önlemek, düzgün yüzeyli yongalar elde etmek ve hammadde kayıplarını asgariye indirmek için % 40 ile % 60 rutubette odun kullanmak idealdir. Pratikte yongalanacak odunun rutubet değeri % 80-90' a kadar çıkabilmektedir. Odunun rutubet değeri lif doygunluğu noktasından düşük olduğu takdirde yongalama makinesinden istenilen boyut ve kalitede yonga alınamaz. Kuru odunlar yongalanırken toz miktarı artar (Eroğlu ve Usta, 2000).

1.1.7.2 Kabuk soyma

LDN üzerindeki rutubete sahip gövde ve dal odunları yongalanmadan önce kabuk soyma makinelerine gönderilir. Kabuk, levhanın ağırlık olarak % 10'unu aştığı takdirde fiziksel ve mekanik özelliklerini önemli ölçüde düşürerek levha yüzeyinin görünümünü bozmakta, tutkal sarfiyatını artırmakta, kum, taş parçaları gibi rafinör segmentlerini aşındıran maddeler içermekte ve pişirme kazanında çok önemli olan hacmi kaplayarak ısı ve buhar enerjisi israfına yol açmaktadır (Eroğlu ve Usta 2000).

Kabuk, levha yüzeyinin görünümünün ve kalitesinin bozulmasına neden olmakta levhada kabuğun olduğu yerlerde daralma sonucu çukurluklar oluşur. Ayrıca, sıcak preslemede kabuk rengi çabuk karararak, pres plakalarına yapışabilmektedir. Levhanın yüzeyi sıvı yüzey işlemleriyle kaplanacaksa levha yüzeyindeki kabuk lifleri sıvıyı tam absorbe edemez. Böylece bu tür yerlerde kullanılacak MDF'lerin kabukları soyulmuş odunlardan üretilmesi gerekmektedir (Suchland ve Woodson 1991).

1.1.7.2.1 Kabuk soymada kullanılan makineler ve yöntemler

- Bıçaklı kabuk soyucular,
- Sürtünme ve aşındırmayla kabuk soyan makineler
- Tamburlu aşındırıcı kabuk soyucular
- Aşındırıcı kabuk soyucular
- Hidrolik tipi kabuk soyucular
- Buhar patlaması ile ve kimyasal olarak kabuk soyma makineleridir (Eroğlu ve Usta, 2000).

1.1.7.3 Yongalama

Kabukları soyulan odunlar yongalanmak için yongalama makinelerine gönderilir. Çok çeşitli yongalama makineleri mevcuttur. Bunlardan tamburlu yongalama makinelerinde bıçaklar (3-8 adet) odunun yoğunluğu, rutubeti, budak vb. özellikler bağlı olarak günde bir veya iki kez bilenmektedirler. Tamburlu yongalama makinesinde bıçakları taşıyan tamburun altındaki elekte elek çapından büyük olan yongalar tambur bıçaklarıyla tekrar ufalanır, eleğin gözünden geçer. Yongalama makinesinden çıkan yongalar ağaç türüne göre makine altında bulunan paletli transportörler, bant konveyör, helezon yada pnömatik yolla İYA (yumuşak) ve YA (sert) silolarına ayrı ayrı taşınır. Ağaç türüne göre yongalama makinesinden çıkan yongalar Şekil 1.2'de gösterilmiştir.



Şekil 1.2 Yongalama makinesinden elde edilen yongalar

Radyal yongalama makinelerinde iki yongalama bıçağı arasında mesafe yonga uzunluğunu belirler. Bu tip yongalayıcılardan çıkan yongalar genelde uniform biçimindedir. İyi yongadan iyi lif elde edilir. Yongaların boyutunun eşit olmazsa pişirme kazanında pişirme dereceleri farklı olur. Küçük yongalar pişirmeden dolayı hemen liflenirken büyük yongalar yeterli pişmediğinden liflenmeye direnç gösterir ve çok fazla enerji sarfiyatı olur. Lifin kalitesi de düşecektir. Bu da levhanın kalitesini etkileyecektir. Homojen boyutlarda yonga elde etmek için yongalama makinesi besleme hızı sabit olmalıdır. MDF endüstrisinde yonga boyutunun genişliği 19–20 mm, kalınlığı 3–5 mm, uzunluğu 16–25 mm aralıklarında olmalıdır. Ortalama yonga boyutu 20x25x5 mm'dir. Bu boyutlarda yongalar sağlam ve kaliteli lif verir. Odunun yoğunluğu artması yonganın boyutunu küçültür, toz ve kırıntı artar bu da kısa lif oluşumunu arttırır. Yonga boyutu eşitlik 1.1'e göre bulunmaktadır.

$$\text{Yonga Boyu (mm)} = \frac{\text{Besleme Bandı Hızı (mm/dk)}}{\text{Rotor Devri (dev/dk) Bıçak sayısı}} \quad (1.1)$$

Lif veriminin yüksek olması ve kaliteli lif üretimi için odunun yongalanması sırasında liflerin ezilmemesi, zedelenmemesi, özellikle yonga kalınlığının düzenli olması gereklidir. Odunun uzunluğuna ezilirse strüktürde çatlama olmakta hücre çeperinin S₁ ve S₂ tabakaları ayrılarak S₂ tabakası pişirme sırasında kimyasal etkilere açık kalmaktadır (Eroğlu ve Usta, 2000).

1.1.7.4 Yongaların depolanması

Yongalama makinesinden sonra yongalar taşıyıcılarla ayrı ayrı çelik veya betondan yapılan silolara alınırlar. Yongaların silolardan boşaltılması şineke, hidrolik boşaltma sistemi veya döner helezon sisteminden herhangi biri ile olmaktadır. Yongaların siloda bekleme süreleri 10-15 günü geçmemelidir. İYA ve YA odun yongaları silolarından ilk yonganın ilk çıkacak ve son giren yonganın son çıkabilecek şekilde boşaltılması için devirleri, ayarlanabilen vidalı transport ve hidrolik boşaltma sisteminden biri kullanılır (Maloney 1993). Şekil 1.3'de ağaç türüne göre yongalama makinelerinden çıkan yongaların farklı açık hava silolarında depolanması gösterilmiştir.

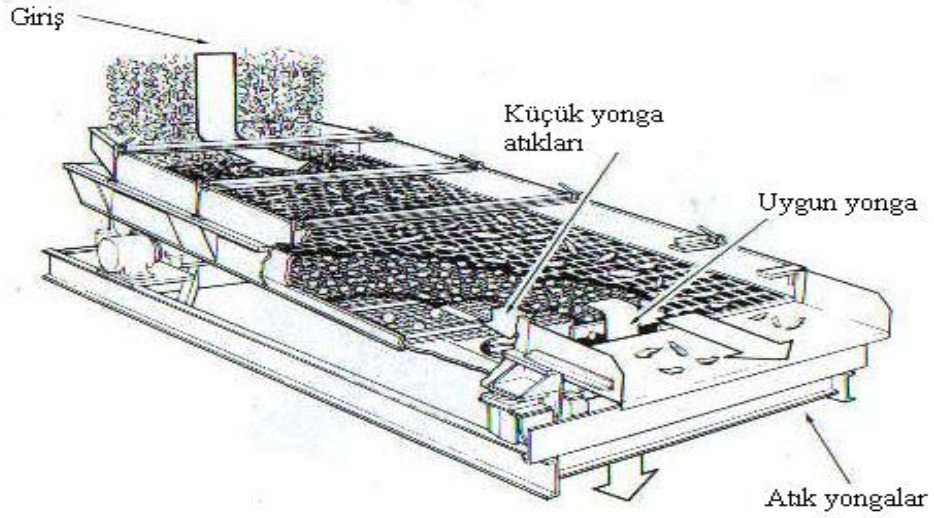


Şekil 1.3 Ağaç türüne göre yongaların depolanması

MDF üretimi için yumuşak odun ile sert odun yongaları uygun oranda dozajlaması yapılarak MDF'nin fiziksel ve mekanik özellikleri optimum kalitede olması sağlanır. Yonga deposunda, aynı cins ve türden odunların yongaları depolandığı için yonga karışım oranı pişirme kazanındaki şartlar ve defibratörün özelliklerine göre belirlenmektedir. Bu karışım lif üretimi süresince sık sık değişmemelidir. Silolarda depolama üretimin aralıksız yapılmasını ve kontrol altında tutulmasını sağlar (Maloney 1993).

1.1.7.5 Yongaların elenmesi

Yonga silolarında depolanan yongalar eleme makinesine gönderilir. Liflevha enüstrisinde en çok kullanılan elek tipi 3 katlı sarsıntılı elek tipidir. Eleme sırasında en üstteki elek üzerinde toplanan büyük boyutlu parçalar tekrar yonglanmak üzere transportörlerle yonga kırıcılara gönderilir. En alttaki elekte ise istenilen boyuttaki parçalar yonga levha üretiminde değerlendirilir yada yakıt olarak kullanılır. Orta kattaki elekte ise toplanan yongalar üretimde kullanılır. Boyut homojenliği 1. kademedeki kıymık ve kaba yongalar için 58x58 mm 2. kademedeki kabuk, toz, kum vs. için 5x5 mm elekler yardımı ile sağlanır. Şekil 1.4'de sarsıntılı yonga eleğinin şematik görünüşü yer almaktadır.



Şekil 1.4 Sallantılı elek (Maloney 1993).

1.1.7.6 Yongaların yıkanması

Eleme makinesinde elenen yongalar, aralarında bulunabilecek kum, ufak taş parçaları gibi istenmeyen maddelerden temizlenmek üzere transportör vasıtası ile yonga yıkama makinesine gönderilmektedir. Yongalar yıkanmadığı takdirde, diskler aşınabilmekte ve çalışma süresi kısalmakta, üretimde kullanılan bazı makineleri aşındırmakta ve ağaç işleme makinelerinde bıçakların körelmesine neden olmaktadır. Yıkanan yongaların rutubeti % 100'e varmaktadır.

1.1.7.7 Liflendirme

Liflendirme ünitesi, pişirme kazanı silosu, pişirme kazanı ve rafinörden oluşmaktadır. Sitemin ana ilkesi odunun kimyasal olarak yaklaşık % 30'unu oluşturan ligninin 170-180 °C'de 7,5-8 bar basınç altında yumuşatılarak, liflerin mekanik olarak ayrılmasıdır. (Eroğlu ve Usta, 2000).

a. Pişirme kazanı silosu: Bu silonun görevi pişirme kazanının üzerinde dozajlama görevi yapmak ve yongalara ön buhar vermektir.

b. Pişirme kazanı: Pişirme kazanına giren yongaların rutubeti, diskler üzerindeki segmentlerini fazla ısınmalarına engel olmak için en az % 40-60 olmalıdır. % 100 rutubetteki yongaların sıcaklık ve basınç etkisi ile lignin yumuşamakta ve mekanik

olarak liflendirilmektedir. Yongalar pişirme kazanına alınırken 2-3 bar basınç altında mantarlaştırıldıktan (sıkıştırıldıktan) sonra pişirme kazanına verilir. Bunun nedeni sıkıştırılan yonganın aniden gevşeyerek buhar ve basınç altında şişmesini sağlamaktır. Kazan içerisinde yongaların homojen bir şekilde pişmesi sağlanır. Yongalar pişirme kazanına 170-180 °C sıcaklıkta 7,5-8 bar basınç altında 3-5 dk. doymuş buharla muamele edildikten sonra basınç altında rafinöre gönderilirler. Rafinöre giren yonga rutubetinin % 100'e yakın olması liflendirme kalitesini artırmaktadır.

c. Rafinör: Pişirme kazanında sıcaklık ve basınç altında yumuşatılan yongaların liflendirildiği yerdir. Rafinördeki disk açıklığı elde edilecek lifin özelliklerine göre 0,1-0,4 mm arasında değişmektedir. Rafinöre giren yongaların liflendirilmesi 1-2 sn. içinde olup, buharın sıcaklığına ve basıncına göre disk sıcaklığı 140-170 °C arasında değişir.

1.1.7.7.1 Liflendirme yöntemleri

Lif levha üretimi kağıt ve karton üretiminin bir sonucu olarak gelişmiş olup teknik yönden kağıt sanayii ile büyük benzerlikleri vardır. Liflevha üretebilmek için ilk önce levha üretimine uygun bir lif hamuru elde edilmesi gerekmektedir. Ancak lif levha endüstrisinde lif üretimi daha kaba yöntemlerle yapılmakta, lignin uzaklaştırılması hiç olmamakta veya çok sınırlı kalmaktadır (Eroğlu ve Usta 2000).

MDF üretiminde kullanılan liflendirme yöntemleri;

A. Mekanik liflendirme yöntemleri

1. Taş mekanik lif hamuru
2. Rafinör mekanik hamuru

B. Kimyasal–mekanik yöntemler

1. Biffar değirmeni
2. Boja–jung defibratörü

C. Termal mekanik yöntemler

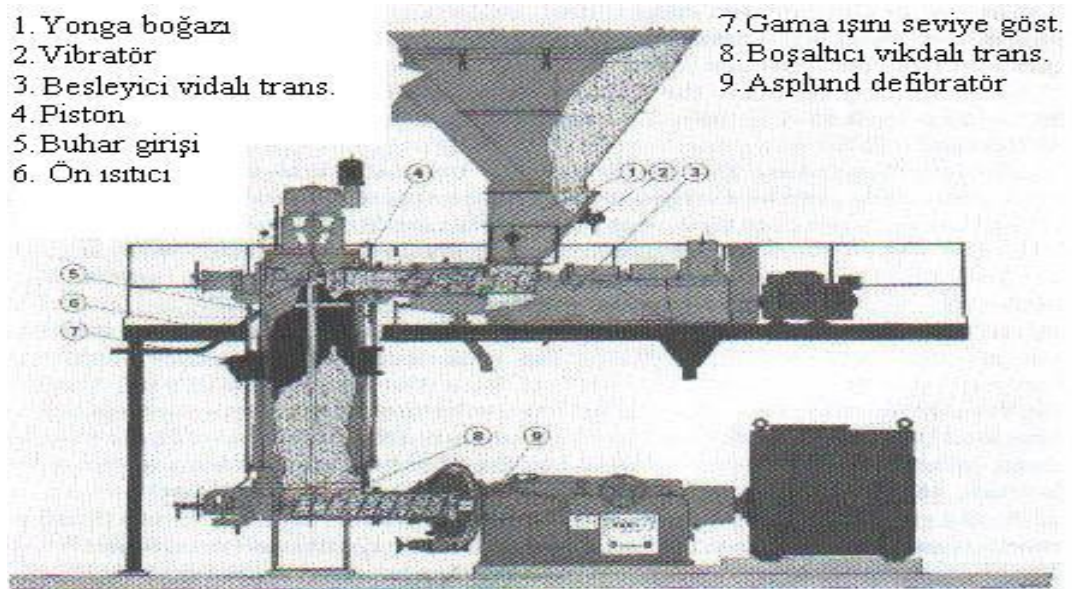
1. Masonit yöntemi
2. Asplund defibratör yöntemi

MDF endüstrisinde yonga ve yonga parçalarını lif ve lif demetlerine ayırtırmak için defibratör yöntemi kullanılmaktadır (Eroğlu ve Usta, 2000).

1.1.7.7.2 Asplund defibratör ile liflendirme yöntemi

Defibratör; 1926 yılında A.B.D. de mason yöntemiyle lif hamuru üretimine başlanmasından bir müddet sonra İsveçli mühendis Arne Asplund 1931 yılında Asplund defibratör yöntemini geliştirmiştir. Bu buluş odunsu hücrelerin orta lamelini bağlayan lignin ve polisakkaritlerin 165–200 C° sıcaklıkta eriyerek liflerin mekanik ovma ile zarar görmeden ayrılması ilkesine dayanmaktadır. Halen en yaygın olarak kullanılan lif üretim yöntemidir.

Yöntemin ana ilkesi termomekanik liflendirmedir. Hammaddenin buharlamasından sonra defibratör denen diskli rafinörde mekanik liflendirme yapılmaktadır. Yongaların hazırlanmasından sonra uygun boyuttaki yongalar defibratör ünitesinin besleme kısmına gelir. Mantarlaştırma borusu sıkışık olarak yongaları buharlama kazanına taşır. Defibratör kazanına taşınan yongaların rutubeti % 40–45 arasındadır. Yongalar buharlama kazanında 170–180 C°'de 8–10 atmosfer buhar basıncı altında pişirilir. Ön pişirme süresi yongaların cinsine göre 4–6 dakika arasında değişir. Şekil 1.5' de Asplund defibratör liflendirme yönteminin şematik görünüşü yer almaktadır.



Şekil 1.5 Asplund defibratör sistemi (Maloney 1993).

Lif levha üretimlerinde aynı tür ağaçların kullanılması önemli olup, farklı tür ağaçlar farklı pişirme sürelerine, değişik yoğunluk, pH vb. özelliklere sahip olduklarından defibratörde mekanik liflendirme sonucunda lif kalitesi farklı olmaktadır. Çok uzun pişirme süresine maruz kalan yongalar koyu renk ve çok fazla toz şeklinde lif vermeleri ya da çok kısa pişirme süresine tabi tutulan yongalarında çok kaba lif vermeleri kaçınılmazdır. İYA odunu yongalarının pişirme süreleri YA odunu yongalarından daha fazladır. Odunun yoğunluğu ne kadar fazla ise yongaları yumuşatmak için gerekli olan pişirme süresi o kadar az olmaktadır. Disklerin kapalı olması lifin incilmesi ve boyunun kısalmasına neden olurken disklerin arasının açılması lifin kalın ve uzun olmasına neden olmaktadır. Disklerin fazla ısınması sonucu kömürleşme meydana gelir, bu durum da bıçakların arasının dolmasına neden olur.

1.1.7.7.3 Lif kalitesini etkileyen faktörler

- Kazanın buhar basıncı ve pişirme süresi
- Yonga rutubeti
- Yonga cinsi ve boyutu
- Disklerin karşılıklı konumu
- Bıçaklar arasındaki mesafe
- Bıçakların çalışma süresi
- Defibratörü alt besleme helezonun hızı
- Alt ve üst şineke ile kazan doluluk arasındaki optimum oran seviyesi
- Elyaf çıkış valfi açıklığı

Kaliteli lif elde edilebilmesi için yukarıdaki özelliklere dikkat edilmelidir. Lifin kalınlığını tespit için laboratuarda elek analizine benzeyen lif analizi yapılmaktadır. Lif analizi sonuçlarına göre daha kaliteli ve ince lif elde edilmesi için gerekli düzenlemeler yapılmaktadır. Disklerin kapalı olması lifin incilmesi ve boyunun kısalmasına neden olurken disklerin arasının açılması lifin kalın ve uzun olmasına

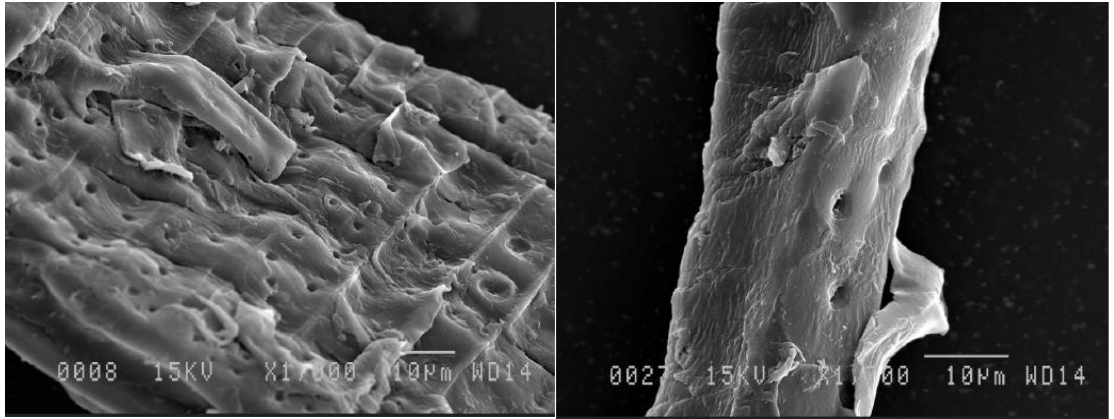
neden olmaktadır. Disklerin fazla ısınması sonucu kömürleşme meydana gelir, bıçakların arası dolar.

İYA türlerinde 1 ton kuru lif üretimi için 170-190 kwh enerji gerekmektedir. Normal şartlar altında liflendirme sıcaklığı arttıkça enerji tüketimi azalır. Yapraklı ağaçlar İğne yapraklı ağaçlara oranla daha düşük sıcaklıklarda ve daha az enerji tüketirler (Eroğlu ve Usta 2000).

1.1.7.8 Liflerin tutkalllanması

MDF üretiminde tutkallama iki yöntemle olmaktadır. Son yıllarda yaygın olarak kullanılan yöntem liflerin defibratör çıkışında kurutucuya girmeden önce tutkallanmasıdır. İkinci yöntem ise eski yöntem olup yonga levhada olduğu gibi lifin kurtulduktan sonra tutkallama makinesinde (blender) tutkallanmasıdır.

Kuru yöntemle MDF üretiminde tutkal miktarı tam kuru lif ağırlığına oranla % 9–11 civarındadır (Çavuş 2008). Şekil 1.6 (a) ve (b) de mikroskobik tutkal ile lif arasındaki ilişki $\times 10^3$ gösterilmiştir.



(a)

(b)

Şekil 1.6 Mikroskobik lif – tutkal ilişkisine ait görünümler $\times 10^3$ (Riedl 2002)

Kuru yöntemin yaş yöntemine göre dezavantajı lifler arasında oluşan doğal bağlar yeterli olmadığından kuru lif ağırlığına oranla % 8–11 oranında katı tutkal ilave

edilir. Lifler arasındaki bağlantı bu şekilde sağlanır. Lif levha endüstrisinde kullanılan reçine üre formaldehittir. Kullanması kolay, beyaz ve ucuz olması, kısa sürede sertleşmesi en büyük avantajdır. Parafin tam kuru life % 1–2 oranda ilave edilmekte olup buhar kazanından önce veya defibratörde liflere ilave edilir. Parafin ilavesinde levhanın higroskopik özellikleri iyileşir. Üre formaldehit tutkalı MDF fabrikalarına sıvı halde, % 55–65 katı madde konsantrasyonda gelebilir. pH değeri 7,5–8,5 arasında olup 20 °C de depolama süresi 4-5 haftadır. MDF özelliklerine göre UF den başka Fenol formaldehit (FF) veya Melamin formaldehit (MF) tutkalları ayrı ayrı kullanılmaktadır (Eroğlu 1988).

Levhanın hidrofobik özellik kazanması için parafin kullanılır. Parafin levhanın rutubetli bir ortamda çalışmasını bir dereceye kadar önleyen ve azaltmaya yarayan polar yapıda olmayan yağlı bir maddedir. Konsantrasyonu % 40–50 arasında olan parafin emülsiyonu tam kuru lif ağırlığına oranla % 1–2 oranında pişirme kazanı ile defibratör arasından sıvı olarak ya da tutkala karıştırılarak verilmektedir. Lif çıkış borusundan (blow line) verilebilir. Yine parafin pişirme kazanından önce katı ya da sıvı olarak ilave edilmektedir.

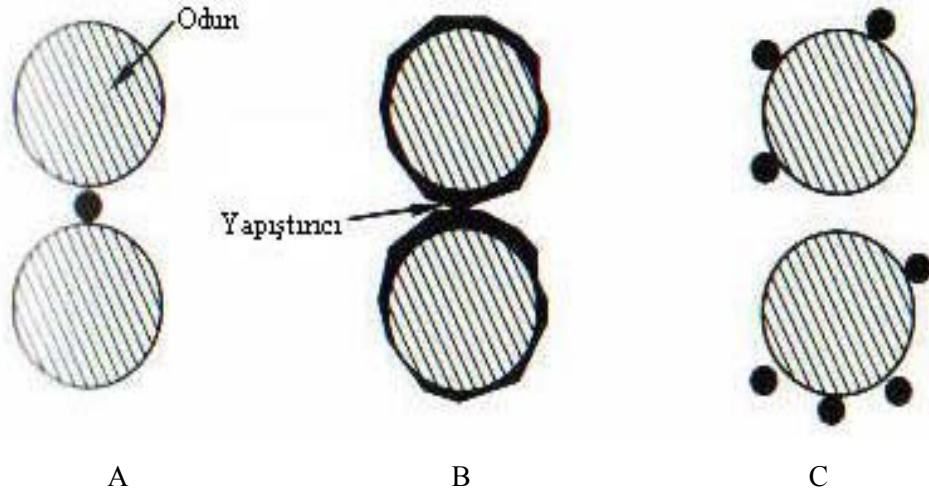
Parafin oranı % 1–2 üzerinde olduğunda lifler arasındaki bağ oranını azaltarak levhanın yapışma direncini, dolayısıyla da direnç özelliklerini olumsuz etkilemektedir. Parafinin pişirme kazanı ile defibratör arasından verilmesi yongalara daha homojen nüfuz etmesini sağlar. Böylece üretilen MDF üzerinde yapılacak boyama ve cilalama işlemleri sırasında sorun yaratabilecek parafin lekelerine rastlanma olasılığı enaza indirilmiş olur (Çamlıbel 2006).

1.1.7.8.1 Tutkal ile odun lifi arasındaki bağ şekilleri

Şekil 1.7’ de kuru yöntemle liflevha üretiminde tutkal ile lif arasındaki bağ şekilleri gösterilmiştir (Ayrılmış 2000).

- A’da iki lif arasındaki yapışmada hem tutkal en düşük seviyede kullanılmakta hem de lifler arasında yeterli bir yapışma direnci elde edilmektedir.

- B’de uygulamada en fazla arzu edilen yapışma olmaktadır. Tutkal liflerin etrafına homojen olarak yayılarak kuvvetli bir yapışma elde edilmektedir.
- C’de ise tutkal liflerin etrafına homojen bir şekilde yayılmadığından zayıf bir yapışma gerçekleşmektedir.



Şekil 1.7 Liflevha üretiminde tutkal ile lifler arasındaki bağ şekilleri

1.1.7.9 Liflerin kurutulması

Defibratörden çıkan liflerin üzerine tutkal, sertleştirici, parafin v.b kimyasal maddeler ilave edildikten sonra sıcak pres sonrası levha yapımına uygun hale getirilmesi için lifler doğrudan kurutmaya buhar basıncı yardımıyla lif çıkış borusundan kurutucuya gönderilir.

Kurutucu olarak, genellikle boru şeklinde olan kurutucular tercih edilmekte olup, çapları 1-2 m ve boyları ise kapasiteye göre 100-150 m arasında değişir. Sıcak hava, kojenerasyon (elektrik türbini atık gaz) sisteminden ya da ısı eşanjörlerinden sağlanır. Üretici firmalar, fan kapasiteleri ve ısı ihtiyacını gerekenden % 10-25 daha fazla tutarlar ki rutubet dalgalanmalarından etkilenmesini istemezler. Pinömatik kurutucu hattında hava hızı 24-34 m/sn arasında değişir ve 50-150 gr/m³ lif taşınabilir. Formasyon ortamında hava ve mekanik araçlar olduğundan liflerin %7-

12 rutubete kadar kurutulması gerekir. Uygulamada çoğunlukla tek kademeli kurutma uygulanır (Maloney 1993).

Nihai rutubet içeriği kurutucu çıkış sıcaklığının ayarlanması ile kontrol edilir. Defibratörden çıkan rutubetli lifleri kurutma işlemine başlarken taze hava kurutucu girişindeki bir filtre aracılığı ile temizlenerek fan tarafından emilir. Kurutucu içindeki hava miktarı fan girişindeki klapeleri istenen lif rutubet oranında açmak ve kapanmak suretiyle ayarlama yapılır. Kimyasallarla muamele edilmiş rutubetli lifler kurutma hattı boyunca 24–34 m/s hızla hat boyu içinde 5–7 sn kalacak şekilde ayarlanarak istenilen lif rutubetine kadar düşürülür. Kurutma hattında metallerin lif rutubetine karşı korozyonu ve ısı kayıplarını en aza indirmek için tamamen paslanmaz çelikten yapıp hat boyunca yalıtım malzemesiyle kaplanmaktadır. Şekil 1.8’de kurutma hattının sonlandığı ve liflerin toplandığı siklonlar görülmektedir.



Şekil 1.8 Kurutma sonu lif siklonları

Lif, kurutma hattı içinde 7 sn den fazla kalmamalı, oksijen karışımı % 17’yi geçmemelidir. Eğer bu şartların üstüne çıkılırsa kurutma tüpünde yangın tehlikesi oluşabilir. Şekil 1.8’ de görüldüğü gibi kurutma hattının sonunda liflerin toplandığı bir siklon bulunur. Siklonun altında döner yıldız vana (rotary valf) kapsel vasıtasıyla kurutma hattından gelen sıcak hava siklonun üst kısmından buharla beraber dışarı verilir. Kurutucu giriş sıcaklığı 150–200 °C arasında iken çıkış sıcaklığı 55-65 °C’ye

düŖer. Siklonun üst kısmında dıŖarı atılan atık havanın nispi rutubeti % 90'dır (Moleney 1993).

1.1.7.9.1 Lifin kurutulmasına etki eden faktörler

- Ağaç türü
- Odunun yoğunluğu
- Liflerin boyutları
- Kurutma hattına giren liflerin başlangıç rutubeti
- Kurutma hattının uzunluğu ve çapı
- Kurutucunun tipi ve çalışma sistemi
- Kurutma hattındaki hava hızı
- Kurutma hattındaki sıcaklık (giriş ve çıkış sıcaklığı)

1.1.7.10 Lif bunkerı ve serme istasyonu

Siempelkamp firmasının geliştirdiği mekanik serme sisteminde ön dağıtıcıdan gelerek yönlendirme boğazına çarpan lifler birbirine ters yönde dönen dağıtıcı silindirler arasına düŖerler ve oluşan topaklar ve kümelenmeler dağıtılır. Dağıtma başlıkları üzerine düŖen lifler dağıtıla dağıtıla ileri doğru savrularak aradaki boşluklardan düŖenler taslağı oluştururlar. Dolayısı ile taslağın oluşumu için bunların devri ayarlanarak bazı ayarlar yapılabilmektedir (Siempelkamp Bulletin 2001).

Egalizer-düzeltilme silindiri, fazla lifi tırmıkla alarak emişle sisteme tekrar döndürmektedir. Yükseklik ayarı otomatik olarak serme ağırlığına göre ayarlanmaktadır. Velmet Corporation şirketinin geliştirdiği yeni modelde taslak oluşturma işlemin 6-8 adet arka arkaya dizilmiş yükseklikleri ayarlanabilir silindirler yapmaktadır. Silindirlerden hemen sonra yer alan terazi taslağı tartmakta ve yoğunluğu hesaplayabilmektedir. Bu silindirlerin her biri birer motora bağlı olup, birbirinden bağımsız olarak çalışmaktadır. Bu sistemde eşitleme silindiri yerine en sondaki silindirin yüksekliği taslak yüksekliğini belirlemektedir. Ön presten önce taslağın yoğunluğu 15 kg/m³ civarında ve kalınlığı sıcak presten çıkan levha

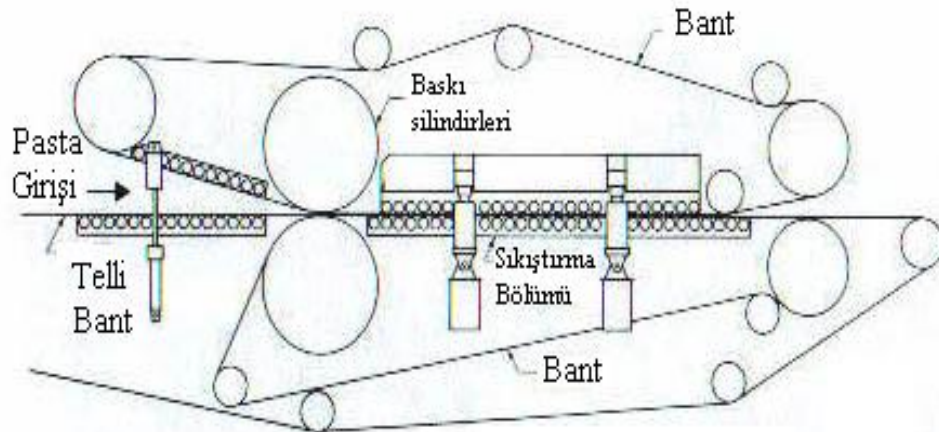
kalınlığının yaklaşık 25 katıdır. Serme işlemi iki silindir etrafında sonsuz şekilde dönen PVC esaslı plastik bant üzerinde yapılmaktadır (Eroğlu ve Usta 2000).

Günümüzde Avrupa ve Amerika'daki birçok MDF fabrikasında lif bunkerinden ve geçen lifler, yaklaşık 60 °C'ye kadar ısıtılan ve buhar enjeksiyonu ile belli bir rutubet derecesine getirilen sıcak hava ile sermeye taşınmaktadır. Bu işlemin amacı; lifleri belli bir sıcaklık derecesine kadar ısıtarak sıcak presleme süresini kısaltmaktır.

1.1.7.11 Presleme

1.1.7.11.1 Ön presleme

Kuru ve yarı kuru yöntemde ön pres sıcak preslemede presin kapanması sırasında oluşan hava akımının taslağın yapısını bozmaması için gereklidir. Levha taslağının kalınlığı odun cinsine, liflerin serbestlik derecesine ve % 5 nem oranındaki elastikiyet davranışına bağlı olarak değişir. Serme kalınlığı levha kalınlığının yaklaşık 20 katı olup 6 mm kalınlığında levha üretmek için 120 mm serme kalınlığı gerekmektedir. Levha taslağının taşınabilmesi için gerekli sağlamlığı kazanması gerekir. Bu şekilde sıcak pres levhaları arasında yerleştirebilir. Bunun içinde ön presleme yapılması gerekmektedir (Eroğlu 1988). Şekil 1.9'da rulolu ön prese ait çalışma şekli gösterilmiştir.



Şekil 1.9 Rulolu ön pres (MDF İndustry Valmet 1997).

MDF taslağı serme bandı üzerinde istenen formu oluşturduktan sonra çift taraflı basınç silindirleri arasından geçerken ön presleme işlemine tabi tutulmaktadır. Ön pres girişinde iki adet küçük çaptaki sıkıştırma silindirlerinden geçerek 5 adet esas basınç uygulayan daha büyük çaplı silindirler arasından geçmekte ve geriye yaylanmasının (eski haline gelme) azalmaktadır. Böylece taslağın yoğunluğu ve direncinin artması yanı sıra kalınlığıda (ilk kalınlığının ortalama 1/3'ne) düşürülmektedir. Taslak, sıkıştırma silindirleri arasından geçiş sırasında delikli bant altında bulunan bant tarafından desteklenmekte ve taşınmaktadır. Pasta taslağının sıkıştırma silindirleri arasından geçerken üstte delikli bant ve altta transport bandı tarafından desteklenmekte ve pasta taslağının basınç altında ileriye doğru iletimi sağlanmaktadır. Ön prese girmeden önce taslağın kalınlığı silindirler arasındaki mesafeden yüksek olduğundan ön presleme esnasında formun bozulmaması için ve ön preslemenin kalitesini arttırmak için ön pres giriş kısmı istenilen taslağın kalınlığına (MDF kalınlığına göre) bağlı olarak ön pres giriş kısmı belirli bir açıyla geniş tutulmuştur.

Ön presleme esnasında basınç silindirleri pasta taslağı sıkışırken yan alma işlemi sırasında lif kaybını en aza indirmek, taslağın sıcak prese kadar zarar görmeden (dağılıp, bozulmadan) gidebilmesini sağlamaktadır. Sıcak pres plakaları kapanırken oluşan hava akımı ile yüzeydeki liflerin uçmasına engel olmakta ve pres plakalarının daha az açılmasına imkan sağlamaktadır. Silindirlerin etrafı PVC esaslı bir malzemeyle kaplı olup en üst kısmında delikli bant bulunur. Delikli olmasının nedeni silindirler basınç uygularken taslaktaki sıkışan havayı atarak yüzeyin düzgünlüğünü sağlamaktır. Bu özellikle yüksek serme bandı hızında (ince levha üretiminde) geniş taslaklarda önemlidir. Aksi takdirde ön prese girişte taslak yüzeyinde veya birinci sıkıştırma silindirinden önce taslak kenarında sıkışan havanın ani çıkışından dolayı hava delikleri oluşabilmektedir. İçteki bant ise taslağı sıkıştırma silindirleri arasından taşımaktadır.

Ön presten çıkan lif taslağının kalınlığı düşmüş, yoğunluğu artmış böylece sıcak preste pres katları için mesafe azalmış ve pres kapanma süresi kısaldığından üretim kapasitesi artmış olmaktadır. Ön presten çıkan mat taslağı istenilen levha

boyutlarında olması için yan tarafların karşılıklı kenarda bulunan hızları eşit olan daire testerelerle kesilir. Yan artıkları testerenin arkasında bulunan çift aspiratörler ile tekrar üretimde kullanılmak üzere serme bunkerine gönderilir. Böylece MDF taslağının yanları düzgün ve lif artıkları kalmayan temiz taslak oluşturulmuştur. Pasta ön presten ayrıldıktan sonra gama yoğunluk ölçme aleti ile pastanın uygun olup olmadığı tespit edilir (Maloney 1993).

1.1.7.11.2 Sıcak presleme

MDF üretiminde sıcak presleme fasıllı ve fasılsız olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır. Sıcak preste taslağın levha haline gelmesinde aşağıdaki iki hususun gerçekleşmesi gerekmektedir.

1. Taslağın ön görülen levha kalınlığına kadar sıkıştırılması için gerekli basıncın sağlanması.
2. Taslağın tutkalın sertleşmesi için gerekli sıcaklığa kadar ısıtılmasıdır.

a. Statik presleme – tek katlı ve çok katlı presler: Tek katlı preslerde sadece bir tane levha preslenir. Taslak, metal veya ısıya dayanıklı plastik hızlandırma bandı üzerinde prese taşınmakta ve preslenmektedir. Levha kalınlığı katlar arasına konulan kalınlık takozları veya elektronik olarak çalışan pistonlar yardımı ile sağlanır.

b. Sürekli pres: Sürekli sistem yeni teknoloji olup tam otomasyon uygulanmaktadır. Bugün sürekli presler ile MDF, OSB (Oriented Strand Board), LVL (Laminated Veneer Lumber) ve OSL (Oriented Strand Lumber) üretilmektedir. Presin yan tarafında bilgisayar odasındaki operatör bilgisayara preste uygulanacak sıcaklığı, basıncı, presleme faktörü, bant hızı gibi değerleri girerek sistemin otomatik olarak yürümesini sağlamak ve monitörden üretimi devamlı kontrol altında tutmaktadır. MDF, yonga levha gibi levha ürünleri üretiminde kullanılan presler sabit presleme sistemine sahiptir. Bu preslerde sabit pres gövdesi ile dönen çelik bantlar arasında birbirine bağlanmış ufak rulolardan oluşan bir çelik parça bulunur. Dünyada sürekli pres üreten firmalardan en önemlileri Kusters, Dieffenbacher, Siempelkamp, Bizon, Bartrev v.b'dir (Ayrılmış 2000).

Sürekli preslerde taslağın yüksekliği sıcak prese giriş kısmında daha yüksektir. Presin girişinde bulunan diğer bir eşitleme silindiri yukarı ve aşağıya doğru hareket edebilmektedir. Her üretime başlamadan önce aşağı doğru inerek taslağın ön kısmının kama şeklinde olmasını sağlamakta ve tekrar yukarıya kalkmaktadır. Taslağın baş kısmının kama şeklinde olmasının iki önemli faydası vardır. Birinci faydası; taslağın preslemenin yapıldığı iki çelik bant arasına girebilmesini sağlamaktadır. Aksi takdirde presin önünde yığılmalar olmaktadır. İkinci faydası; taslak iki çelik bant arasına girişinde presin basınç pistonlarına zorlanmasını önlemektedir. Eğer taslağın başlangıç kısmı kama şeklinde olmazsa pres girişindeki pistonlar taslağın kalınlığından dolayı aniden zorlanarak zarar gelmektedir.

Preste meydana gelebilecek kısa süreli arızalanmalar sırasında taslak eşitleme silindiri altındaki serme bandının geri hareketi ile boşaltma bölümüne alınmakta ve katlı preslerde olduğu gibi ya tekrar kullanılmakta ya da dışarı atılmaktadır. Sistemin esas serme bandı üzerinde ilerleyen taslağın bandın altında ve üstünde bulunan iki silindir etrafında dönene çelik bant arasında sonuç levha kalınlığına kadar preslenmesidir. Presin arka tarafında bulunan silindirler yatay yönde yatak üzerinde bulunmakta ve hidrolik olarak çalışan pistonlar yaklaşık 180 barlık basınç ile silindirleri gergin tutmaktadır. Böylece çelik bantında gerginliği sürekli kontrol altında tutulur. Sürekli presi katlı preslerden ayıran en önemli özellik üretimin kesintisiz olmasıdır. Sürekli sistemde pasta taslağı presten önce boyutlandırılmamaktadır. İki çelik bant arasında hem ilerlemekte hem de preslenmektedir. Presten sonra yer alan daire testere levhayı standart uzunluklarda kesmektedir (Maloney 1993).

1.1.7.11.3 Sürekli presin katlı preslere göre önemli avantajları

- Üretim kapasitesi katlı prese göre daha yüksektir.
- Pres basıncı, sıcaklığı ve kalınlığı kısa süre içerisinde değişebildiğinden levha üretimine hızla geçilmektedir.
- Levhanın kalınlık dengesi iyi kontrol edilmektedir.

- Katlı preslerde pres kapanmadan önce tutkal taslak yüzeyinde ön sertleşmeye uğramasına karşın sürekli preslerde ön sertleşme durumu yoktur.
- Zımpara payı katlı preslerde daha fazla olduğundan odun ve tutkaldan tasarruf sağlanamamaktadır. Sürekli preslerden 1,8-60 mm kalınlığa kadar levha üretilmektedir. 1,8 mm'de pres çelik bandın hızı yüksek olduğundan bant kısa sürede aşınmaktadır. Böylece 2,5 mm den daha ince levhalar özel siparişler üzerine üretilmektedir.
- Sürekli preslerde pres sürekli olarak çalıştığından katlı preslerden farklı olarak çalışır durumda iken ölü zaman yoktur.
- Sürekli prestan çıkan levha bant üzerine diyagonal yerleştirilmiş daire testere ile standart boylarda kesildiğinden boy kesmede atık parçalar olmamaktadır. Böylece boyutlandırma zayıtı olmamaktadır
- Sürekli preslerde oluşan levhalardan istenilen boyda ebatlamak mümkündür. Böylece piyasanın talebine göre üretim sağlanmaktadır (Maloney 1993).

Sürekli preslerde sıcaklık kazan dairesinden gelen kızgın yağ boruları ile sağlanır. Sıcaklık vanalar sayesinde sabit tutulabilmektedir. Çelik bantların sıcaklığı ise presin alt ve üst bölümlerinde bulunan, içlerinde kızgın yağ dolaşan sıcak platenler ile sağlanır. Pres sıcaklığı genel olarak ağaç türüne, taslak kalınlığına, levha yoğunluğuna, bant hızına, pres basıncına, tutkal tipine ve sertleşme süresine göre 180–240 °C arasında değişir. Pres kalibrasyon ruloları pasta taslağı pres içerisinde iki çelik bant arasında hareketini sağlarken levhanın stabil kalınlığa ulaşmasını sağlamaktadır. Pres basıncı; çelik bant altında pres boyunca uzanan basınç pistonları ile sağlanır. Presin üretim kapasitesi piston sayısı ve presin uzunluğuna göre değişmektedir. Pres boyutları arttıkça piston sayısı da buna bağlı olarak artış göstermektedir (Maloney 1993).

Sürekli presler uzunluğu boyunca farklı bölümlere ayrılmaktadır. Örneğin üç bölümden oluşan sürekli preslerde presin içindeki ilk yedi piston grubuna yüksek basınç uygulandığında müdahale edilmemekte ve bu pistonlar her zaman yüzde yüz

basınç uygulamaktadır. Bu ilk yedi piston grubu birinci bölümü oluşturmaktadır. Sekizinci ve yirmi beşinci pistonlar arası ikinci bölümü oluşturmaktadır. En son levha kalınlığının elde edilmesini sağlayan üçüncü kısım ise yirmi altıncı ve kırk sekizinci pistonlar arasındadır. Bu bölümde basınç ikinci bölümdeki basınçtan daha fazladır. Pistonlar birbirinden bağımsız olarak çalışabildiğinden, levhanın herhangi bir yerindeki kalınlık az veya fazla olursa presin o bölgedeki pistonların basıncı otomatik olarak artırılıp azaltarak kalınlık farklılığı giderilir. Şekil 1.10'da Siempelkamp firmasına ait sürekli (continue) pres gösterilmiştir.



Şekil 1.10 sürekli pres (Anonim 2010)

Pres basıncı taslak yoğunluğuna, taslak rutubetine, sıcaklığa ve kullanılan tutkala bağlı olarak $35\text{--}40\text{ kp/cm}^2$ arasında değişir. Basınç sağlayan pistonlar hidrolik olarak çalışmaktadır. Sürekli preste levha taslağı prese ilk girdiğinde $35\text{--}40\text{ kp/cm}^2$ basınç uygulanmaktadır. Pres ortalarına doğru basınç $1\text{--}10\text{ kp/cm}^2$ arasında olmaktadır. Son kısımda ise levhanın en son kalınlığının sağlandığı $15\text{--}20\text{ kp/cm}^2$ basınç uygulanmaktadır. Orta tabakanın sıcaklığı $100\text{ }^\circ\text{C}$ 'ye ulaştığında levha en son kalınlığa ulaşmaktadır. Aksi takdirde tutkalin yapışma direnci düşmektedir. Presin birinci bölümünde sıcaklık $200\text{ }^\circ\text{C}$ ve ikinci bölümde $220\text{ }^\circ\text{C}$ en son bölüm olan üçüncü bölümde ise $190\text{ }^\circ\text{C}$ civarındadır.

Sıcak presleme süresi, spesifik pres faktörü ile belirtilmektedir. Spesifik pres faktörü $(\text{sn}/\text{mm}) = \text{pres süresi (sn)} / \text{zımparalanmamış levha kalınlığı (mm)}$ formülü ile bulunur. Spesifik pres faktörü her mm kalınlık için preslemede ihtiyaç duyulan

süreyi gösterir. 18 mm MDF için presleme faktörü 210 °C 13 sn/mm iken 3 mm MDF için 185 °C sıcaklık 11,3 sn/mm' dir. Bunun anlamı 18 mm kalınlığındaki levha için toplam pres süresi 234sn'dir (13x18). Spesifik pres faktörü genel olarak, zımparalanmamış levhanın kalınlığı ve yoğunluğu ile tutkalın tipine ve sertleşme süresine, bu karışımı oluşturan ağaç türlerine ve ön görülen levha sonuç rutubetine göre belirlenmektedir. Levha taslağını taşıyan serme bandının hızını silindirler etrafında dönen çelik bandın hızı belirlemektedir. Çelik bandın hızı ise presleme faktörüne göre belirlenmektedir. İnce levha üretiminde bant hızı yüksek olduğundan presleme süresi kalın levhalara göre daha kısa olmakta fakat çelik bandı daha kısa sürede aşındırmaktadır (Ayrılmış 2000).

Sıcak preslerden taslağın yüzey tabakasının sıcaklığı 100 °C veya biraz daha yükseğe ulaştığı zaman yüzeydeki rutubet buhara dönüşerek taslağın orta bölgelerine doğru ilerlemekte ve soğuk olan bir nokta bulunduğu yoğunlaşarak sıcaklığını buraya vermektedir. Üre formaldehit tutkalı kullanıldığında tutkalın sertleşmesi için taslağın orta bölgesinin en az 100 °C sıcaklığa ulaşması gerekmektedir. Taslağın alt ve üst yüzeylerinden gelen iki buhar akımı orta tabakada karşılaştığında levha kenarlarından az miktarda buhar çıkmaya başlamakta ve kısa süre sonra tutkalın setleşmesi sona ermektedir. Prensipte olarak sıcak preste, birinci evredeki taslağın sıkışma hızı yüksek bir yüzey yoğunluğu elde edilmesini sağlar. İkinci evrede bu hız düşerek yeknesak orta tabaka yoğunluğu sağlanır. Levha preste son kalınlığına ulaşmadan orta tabakanın sıcaklığı 100 °C'ye ulaşmalıdır. Aksi takdirde presten çıkan levha içerisinde tutkal tam olarak sertleşemediğinden tutkal bağı zayıf olmaktadır.

MDF'nin enine kesitine bakılacak olursa yonga levhada olduğu gibi tabakalı bir yapıya sahip olduğu gözlenmektedir. Levhanın her bölgesinde aynı özellikte lifler kullanılmasına rağmen yüzeye yakın olan bölgenin yoğunluğu levha ortasındakinden daha yüksektir. Bu yapı sıcak preste uygulanan pres diyagramı ile elde edilir. Tek katlı, çok katlı ve sürekli preslerde levha taslağı prese girdiğinde yüksek basınca geçilerek yüzeye yakın bölgenin yoğunluğu arttırılmaktadır. Basınç kademeli olarak düşürülerek fazla rutubetin ve kimyasal reaksiyon sonucunda oluşan formaldehit gazının (CH₂O) levhadan atılmasını sağlar. Bu gazlar levhadan uzaklaştırılmadan pres basıncı kaldırılırsa levhada patlama oluşabilir (Ayrılmış 2000).

MDF taslağının her iki yüzeyi sıcak pres plakaları ile temasa geçtiğinde soğuk olan taslak yüzeyinin sıcaklığı aniden yükselerek yüzeydeki liflerin sıcaklığı artar. Bu aşamada, yüzeydeki lifler sıcaklık ve basınç etkisi ile plastikleşerek sıkı bir yüzey oluşur. Bu durum levhada orta bölgeden daha yüksek yoğunluğa sahip bir yüzey tabakası elde edilmesini sağlar. Sürekli preslerde presin orta bölgesindeki basınç değeri düşük (1–10 kp/cm²) olmaktadır. Levhadan istenen özelliklere bağlı olarak değişik pres diyagramları uygulanır. Örneğin MDF yüzeyi ahşap kaplama, dekor kağıdı, desen baskı veya laminat gibi yüzey kaplama malzemeleri ile kaplanacaksa yüzey yoğunluğunu arttırmak gerekmektedir. Bunun için prese girişteki basınç biraz daha yüksek seçilir (Ayrılmış 2000).

MDF yüzey yoğunluğunun orta bölgeden daha fazla olması levhanın eğilme mukavemeti ve elastikiyet modülünü arttırırken yüzeye dik yönde çekme mukavemeti azalmaktadır. Giriş bölgesindeki basınç çok yüksek olursa yüzey tabakası aniden sertleşerek orta tabaka ısı transferine engel olur. Bu kusura levhada kemikleşme de denir. Eğer orta tabakanın sertliğinin arttırılması istenirse sürekli pres de presin orta bölgesindeki basınç arttırılır ve dik yönde çekme mukavemeti yükselir. Bu bölgedeki basınç değerinin yüksek olması levhada patlama kusuruna neden olur. Yüzey ve orta tabakalar arasındaki yoğunluk farkı fazla olursa levha enine kesiti nispeten geçirgen yapıda olup makinelerde işlenebilirliği ve vida tutma gücü daha düşük olmaktadır. Düşük yoğunluk farkı enine kesitin işlenebilirliğini arttırmaktadır (Maloney 1993).

c. Mende pres: Bu pres günümüzde sürekli preslerin temelini oluşturmaktadır. Mende pres lif levha üretimine yonga levha teknolojisinin uygulanması sonucu elde edilmiştir. İlk olarak 1971 de Almanya’da ince yonga levha üretmek amacıyla kullanılmıştır. Mende pres ince MDF üretimi için çok uygun bir pres türü olup dünyanın birçok ülkesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Mende preste üretilen levhaların yoğunlukları genellikle yaş ve kuru yöntemle tek katlı, çok katlı preslerde üretilen levhalardan daha düşüktür. Üretilen levhalarda dolayısıyla levhanın fiziksel ve mekaniksel özellikleri daha düşüktür. Mende levhaların kayda değer bir özelliği ise iç yapışma dayanımının diğerlerine oranla daha yüksektir (Maloney 1993).

1.1.7.12 Levhaların klimatize edilmesi

Günümüzde MDF, yonga levha gibi levha ürünlerinde klimatizasyon işlemi 360° dönebilen yıldız soğutucularla yapılmaktadır. 18 mm MDF için klimatizasyon süresi 40-45 dk. iken, 5 mm'den daha ince levhalarda bandın hızı yüksek olduğundan levhalar klimatizasyona alınamamakta ve aralarına çıtalar konarak istifte soğumaya bırakılmaktadır. Liflevhaların klimatizasyon işlemi Şekil 1.11'de görüldüğü gibi 360° dönebilen yıldız soğutucularla yapılmaktadır.



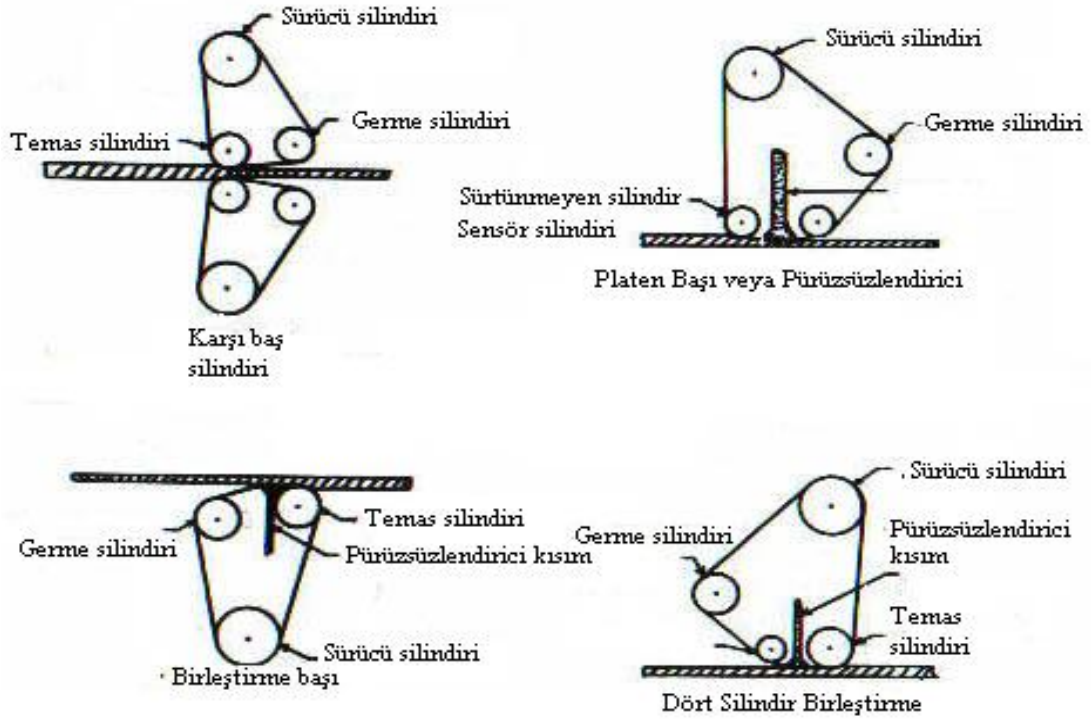
Şekil 1.11 Liflevhaların klimatizasyon işlemi

Eğer klimatizasyon işlemi yapılmazsa levhaların sıcaklığı ortamın sıcaklığından yüksek olduğundan levhada kısa süre içinde deformasyon meydana gelmekte ve levhanın fiziksel ve mekanik özellikleri düşmektedir. Yıldız soğutucudan çıkan levhalar bant üzerinde üst üste birikmekte ve forklift ile yerden 70-80 cm yükseklikte depoda dinlendirmeye alınmaktadır (Ayrılmış 2000).

1.1.7.13 Zımparalama

Levhalar zımparalama işlemlerine başlamadan önce 4-15 gün arasında değişen bir süre içinde istif edilerek bekletilir. Bu süre içerisinde levhada sertleşme veya kondüsyonlama olarak ifade edilen kimyasal ve fiziksel değişimler meydana gelir. Burada esas itibarıyla meydana gelen en önemli değişimler rutubet miktarı ve sıcaklığın levhanın her yerinde dengelenmesidir (Bozkurt ve Göker 1990).

MDF'nin özellikle mobilya endüstrisinde olmak üzere birçok kullanım yerinde geniş ölçüde kullanılmasının nedenlerinden biride yüzey kalitesinin diğer levhalara göre çok daha iyi olmasıdır. Yüzey kalitesi levhanın yüzey yapısına bağlı olduğu gibi zımparalama işlemine de bağlıdır. Zımparalama işleminin ana amacı levhadaki kalınlık hatalarını gidermek ve mobilya üretiminde üst yüzey işlemlerinden önce düzgün ve az pürüzlü yüzey elde etmektir. Genellikle 4 mm ince MDF'ler kullanım yerinde yüzeylerin kaplanması ve arkalık olarak kullanılmasından dolayı zımparalanmadan da tüketiciye sunulabilmektedir. Şekil 1.12'de zımpara makinesine ait çalışma başlıkları gösterilmiştir.



Şekil 1.12 Zımparalama başlıklarına ait şekiller (Moloney 1993).

Zımparalama işleminde levhalar önce 60 veya 80 nolu zımpara bandı ile kaba zımpara işlemi yapılır. Böylece levha yüzeyindeki ince toz tabakası alınmakta ve istenen levha kalınlığına kadar kalibrasyon yapıldıktan sonra 100, 120 veya 150 nolu zımpara bandı ile ince zımpara yapılır. MDF yüzeyinin her türlü boya, vernik, lake, film, folyo veya laminant gibi yüzey kaplama malzemeleri ile kaplanmasından önce en az 120 nolu zımpara bandı ile zımparalanması ve levha kalınlık toleransının $\pm 0,127$ mm daha az olması çok daha iyi sonuçlar vermektedir. Levha yüzeyinin çok

ince film, direk desen baskı gibi çok az pürüzlülük isteyen yüzey kaplama malzemeleri ile kaplanmasında ise 150 den 400 noluya kadar olan zımpara bantları ile zımparalanması tavsiye edilmektedir (Ayrılmış 2000).

MDF üretiminde 6 veya 8 silindirli zımpara makineleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Katlı preslerde zımpara payı 1,5–2 mm iken sürekli preslerde ise 0,5–1,2 mm arasında değişmektedir. Sürekli pres ile katlı pres arasında görülen bu 1 mm zımpara payı farkı üretimde kullanılan odun, tutkal ve enerjinin yaklaşık % 17' sine eşittir. Sürekli preslerde taslak sıcak prese girdiğinde sıcaklık ve basınç uygulandığında yüzeydeki lifler katlı presten daha az yanmakta ölü yüzey ve zımpara payı daha az olmaktadır. Zımpara makinesinde MDF'ler 30–35 m/dk hız ile ilerlemekte ve kalın levhada hız incelere oranla biraz daha azdır (Ayrılmış 2000).

1.1.7.14 Boyutlandırma

MDF levhalarının boyutlandırılmasının amacı; önceden standardize edilmiş ölçülere getirmektir. MDF levhaların boyutlandırma işlemi, profil genişliğine göre 2-3 mm toleransla yapılmaktadır. Boyutlandırma işlemleri için; genellikle çoklu dilme daire testere makinaları kullanılmaktadır. Bu makinalarda önemli olan kesim kapasitesinin yüksek olmasıdır. Çünkü burada kesilerek boyutlandırılan profillendirilecek parçalar, mobilya üretimindeki gibi kısa ve geniş yüzeyli parçalar olmayıp, genişlikleri çok az boyları ise fazla olan parçalardır. Bu bakımdan dar ve uzun olan bu parçaların kesim işlemlerinde, daha çok özel tasarlanmış makinalar kullanılmalıdır. Yüksek kapasitedeki üretimler için daha yararlı ve ekonomik olan asansörlü (otomatik beslemeli) boyutlandırma makinaları kullanılmaktadır

1.1.7.15 Depolama

Zımparalamadan sonra, levhalar yüzeylerine ve enine kesitlere bakılarak sınıflandırılır. Statik preslerde ebatlandırma zımparalamadan önce yapılırken, sürekli preslerde zımparalamadan sonra yapılmaktadır. Sınıflara ayrılan levhalar işaretlenme işlemi yapıldıktan sonra, düzgün bir altlık üzerinde istif edilirler.

1.1.8 MDF üretiminde kullanılan tutkal türleri ve kimyasallar

Türk standartları TS 93 (1993) yapıştırıcıları, yüzeylerini birleştirmek suretiyle değişik maddeleri birbirine bağlayan veya tutturan, inorganik veya organik, sentetik maddeler olarak tanımlamaktadır. Bu yapıştırıcılar dolgu özelliklerine göre iki kısma ayırmaktadır. Dolgu özelliği olmayan yapıştırıcılar, yapıştırılacak yüzeylerin uygun bir basınç yardımıyla temas haline getirilmesiyle kullanılan, yapışma filmi kalınlığının 0,15 mm'yi aştığı durumlarda kullanılmaması gereken yapıştırıcılardır. Dolgu özelliği olan yapıştırıcılar ise imalattaki küçük yüzey kusurlarının bulunması veya yeterli basınç uygulanmasının mümkün olmaması durumlarında yakın veya sürekli temasın sağlanamadığı veya sağlandığı yüzeylerin yapıştırılmasında kullanılan ve 1,3 mm'ye kadar olan yapışma filmlerinde mukavemeti yeterli olan yapıştırıcılardır (Anonim 1994).

1.1.8.1 Sentetik reçineler

Sentetik reçineler, çoğunlukla bir, iki veya bazen üç basit bileşiğin kondenzasyonu veya polimerizasyonu ile üretilen amorf organik maddeler olarak tanımlanmaktadır. Bu tanım, aynı zamanda kimyasal olarak modifiye edilmiş tabii reçineler içinde geçerlidir. Sentetik reçinelerin özellikleri, temel hammadde oranlarına ve imalat şartlarına bağlı olarak geniş ölçüde değişebilir. Bütün sentetik reçineler, genel olarak termoplastik ve termosetting olarak iki sınıfa ayrılır. Sentetik reçineli yapıştırıcılar, 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 (TS EN 301).

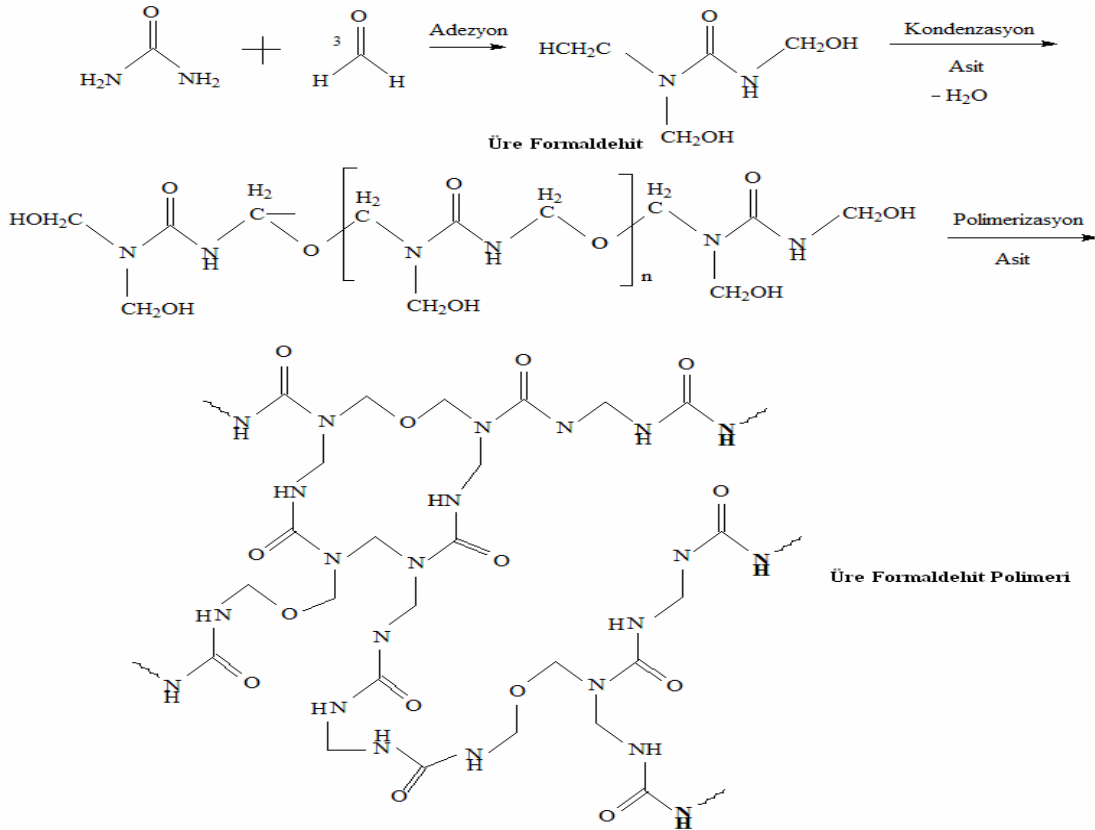
Fenolik sentetik reçine, fenol, kresol, ksilenol, resorsinol gibi fenolik bileşiğin veya fenolik bileşiklerin karışımının formaldehit, furfuraldehit gibi bir aldehit veya aldehitlerin karışımı ile kondenzasyon reaksiyonundan elde edilen reçinedir. Aminoplastik sentetik reçine, üre, tiyoüre, melamin veya türevlerinin ya da bunların formaldehit ile kondenzasyon reaksiyonundan elde edilen reçinedir (TS EN 301).

1.1.8.2 Termoset tutkallar

Termosetler çapraz-bağ yapıya sahip olup ısı yoluyla katılaşılan polimerlerdir. Bunlar genellikle sentetik tutkallar olarak bilinirler. Termosetler, katalizör veya ısı etkisiyle katılaşırlar ve bozunmadan tekrar sıvılaştırılmaları ya da yumuşatılmaları imkânsızdır. Termoplastikler doğrusal veya dallanmış yapıya sahip olan, ısıtılarak yumuşatılıp soğutulurken katılaştırılabilen polimerlerdir. Bu özellikleri dolayısıyla yeniden kullanılabilme özelliğine sahiptirler. Orman endüstrisinde kullanılan termoset tutkallar genellikle üre formaldehit (UF), fenol formaldehit, melamin formaldehit, resorsin formaldehit, melamin-üre formaldehit ve izosiyanat tutkallarıdır (Korucu ve Mengeloğlu 2007).

1.1.8.2.1 Üre formaldehid tutkalı (UF)

Şekil 1.13’de üre ile formaldehitin reaksiyonu sonucu mono metilol üre ve dimetilol üre oluşumu - Üre ile formaldehitin kondenzasyonu gösterilmiştir.



Şekil 1.13 Üre ile formaldehitin kondenzasyonu (Frihart 2005)

ÜF tutkalı düşük maliyeti, yanmayan, kısa sertleşme süresi ve şeffaf renkli olması nedeniyle özellikle iç uygulamalarda kullanılan kontraplak ve yongalevha endüstrisinde tercih edilen, suya dayanıksız bir tutkaldır (Frihart 2005).

Sıcak ve soğuk olarak uygulanan çift bileşenli ve kimyasal (dönüşümsüz) sertleşen, sertleşmiş katmanı koyu renkli bir yapıştırıcıdır. Rutubete karşı dayanıklılığını artırmak için melamin reçinesi ile modifiye edilebilir. Sertleştiricisi genellikle amonyum klorür (NH₄Cl)'dür (Altınok 2002).

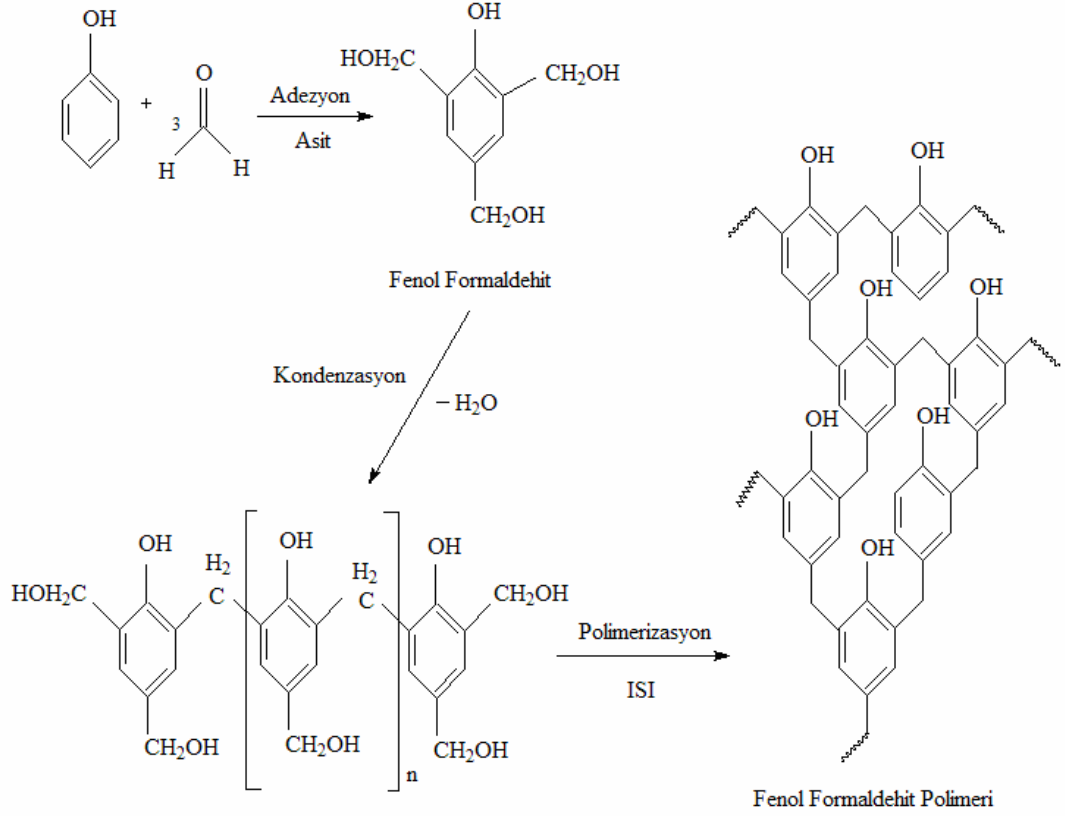
Üre formaldehit, üre ile formaldehit'in polikondenzasyonu sonucu oluşan bir amin reçinesidir. Üre formaldehitin temel bileşenleri, üre ve formaldehittir. CO (NH₂)₂ ve H₂O içerisinde basınç ve sıcaklık etkisinde karbondioksit (CO₂) ve amonyum'un (NH₃) sentezidir. Hem amonyum hem de karbon dioksit doğal gazlardan üretilir. Üre, boncuk şeklinde kristalimsi bir yapıdadır. Formaldehit, metanol (CH₃OH) içinde metan (CH₄) ve oksijen'den (O) sentez edilir. Metan, oksijen ve ham petrolden elde edilir. Metanol bir katalizör yardımıyla HCHO ve H₂'den formaldehit'e dönüşür. Formaldehit renksiz bir gazdır (Uysal 2005).

Üre ile formaldehit tutkalı için en uygun sertleştirici amonyum klorürüdür. Nadiren de olsa amonyum sülfat da kullanılır. Ancak, bu durumda meydana gelen sülfirik asit (H₂SO₄) uçucu olmadığından levha taslağına eşit olarak dağılmaz ve homojen bir sertleşme meydana gelmez (Gündüz ve Masraf 2005).

1.1.8.2.2 Fenol formaldehit tutkalı

Fenol formaldehitin (FF) temel bileşenleri, fenol ve formaldehittir. Fenol ham petrolden elde edilir. Fenol'ün temel bileşenleri toluen ve benzendir. Toluen, benzoik asitten dönüştürülür, benzen ise propilen karışımıdır. Benzoik asit ile birlikte fenolu oluşturur. Fenol ve formaldehit, FF reçinesi içinde bir karıştırıcı yardımıyla birleştirilir. Bu sıvı, kokusuz, koyu kahverengi ve kesinlikle yanmazdır. İşlem esnasında FF reçinesi, üre formaldehit reçinesi gibi bağlarını güçlendirmiş ve polimerize edilmiştir. FF çözeltisi, fenol ve formaldehitin çoğu FF yapısı içinde üç

boyutlu kuvvetli bağlar ile sürekli bir şekilde yapılandırılır (Uysal 2005). Şekil 1.14’de fenol formaldehit kondenzasyon reaksiyonu gösterilmiştir.



Şekil 1.14 Fenol formaldehit kondenzasyon reaksiyonu (Frihart 2005).

Fenol ile formaldehidin asidik katalizörler yardımıyla kondense edilmesinden elde edilen fenol reçinesine novalak adı verilmekte olup, organik alkali çözücülerde çözünmektedir. Kullanılacağı zaman novalak’a para formaldehit katılmaktadır. 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 çözeltilerinin yukarıdaki oranlarda karıştırıldıktan sonra reaksiyona başlayabilmeleri için çözeltinin pH değerinin çok yüksek olması gerekir, bu genellikle çözeltiliye NaOH ilavesi ile sağlanır. Reaksiyon hızı, yükselen pH değeri ile artar ve kondenzasyon üç aşamada tamamlanır. Önce metilol fenoller oluşur. Fenol halkasının reaksiyon eşitliği hidroksil varlığından dolayı bozulduğu, bu gruba komşu (orta) veya bunun karsısındaki (para) karbon atomlarının reaksiyon yeteneği fazlaştığı için metilol fenol oluşumları önce karbon

atomlarından başlar. Bu şekilde oluşan metil fenoller, su ayrılması ile eter, su ve formaldehit ayrışması ile etilen köprüleri oluşturmak suretiyle kondense olurlar (Fidan,2005).

1.1.8.2.3 Melamin formaldehit tutkalı

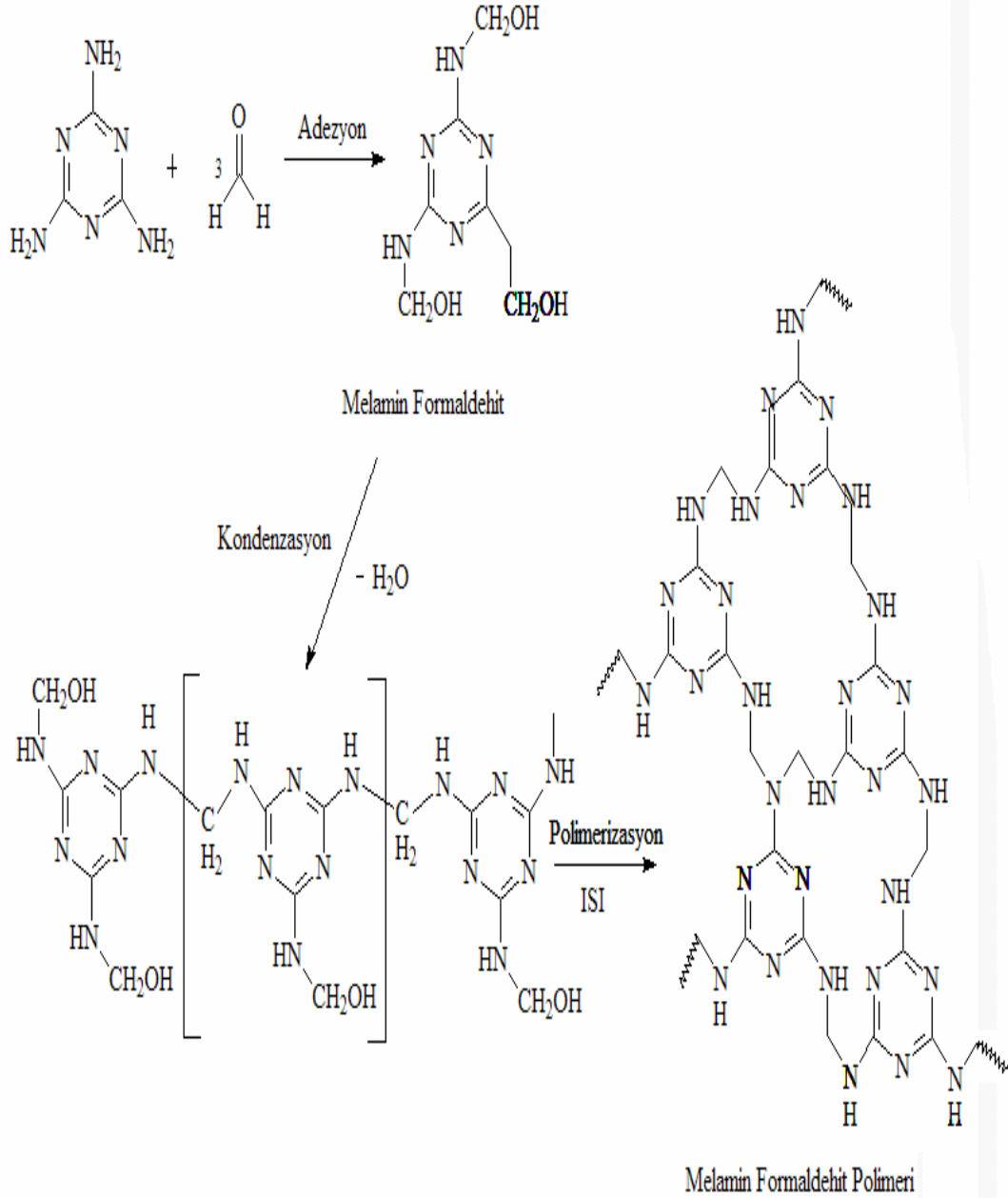
Pahalı bir tutkal olduğu için genellikle ÜF tutkalına ilave edilerek kullanılır. Sulu çözeltinin dayanma süresi çok kısa olduğu için toz halinde satılır. Genellikle tabakalı ağaç malzeme üretiminde ve yüzeylerin kaplanmasında ve film tutkallarının üretiminde kullanılır (Özen 1981).

Melamin formaldehit tutkalı, melaminin formaldehit ile kondenzasyonu sonucu elde olunmaktadır. Melamin formaldehit üretiminde; reaksiyon pH'ı 5-6 ortamında, 1 mol melaminin 6 mol formaldehit ile karıştırılmasıyla başlar (Şekil 1.4) ve kademeli olarak ilerler. Reaksiyonun sonu beklenmeden, kondenzasyon ürünleri henüz suda çözülebilir durumda iken, çözeltinin nötrleştirilmesi ve soğutulması ile yarıda durdurulur. Serin ve kuru bir yerde muhafaza edildiği takdirde toz halindeki reçine bir yıl dayanabilmektedir (Huş 1977).

Bu tutkal 90–140 °C sıcaklıklarda herhangi bir sertleştirici madde ilave edilmeksizin sertleşebilmektedir. Melaminin suda üreden daha az çözünmesi nedeniyle hidrofobik aşama melamin formaldehit reçineler oluşumunda üre formaldehit reçinelerinin kondenzasyonundan daha hızlı ortaya çıkar. Böylece, melamin formaldehit kondenzasyonun hidrofobik ara ürünleri reaksiyonun başlangıç evrelerinde görülmektedir (Fidan 2005).

Melamin formaldehit reçinesi için % 50'ye kadar dolgu maddeleri kullanılabilir. Bu amaçla; kaolin, odun pudrası, nişasta, hindistan cevizi kabuğu unu gibi organik dolgu maddeleri kullanılmaktadır. Saf tutkal konsantre edilmiş halde dahi çok akıcıdır. Katı madde oranı artışı suya karşı direnç üzerine etki yapmaktadır. % 100'e kadar dolgu maddesi ilave edildiğinde tutkal kaynar suya karşı ve % 150-200 arasında, ortam sıcaklığındaki suya karşı direnç gösterebilmektedir. % 200'ün üzerinde tutkallama

mümkün olmakla birlikte suya karşı duyarlı hale gelmektedir (Pizzi 1994). Şekil 1.15’de melamin ve formaldehitin kondenzasyonu gösterilmiştir.

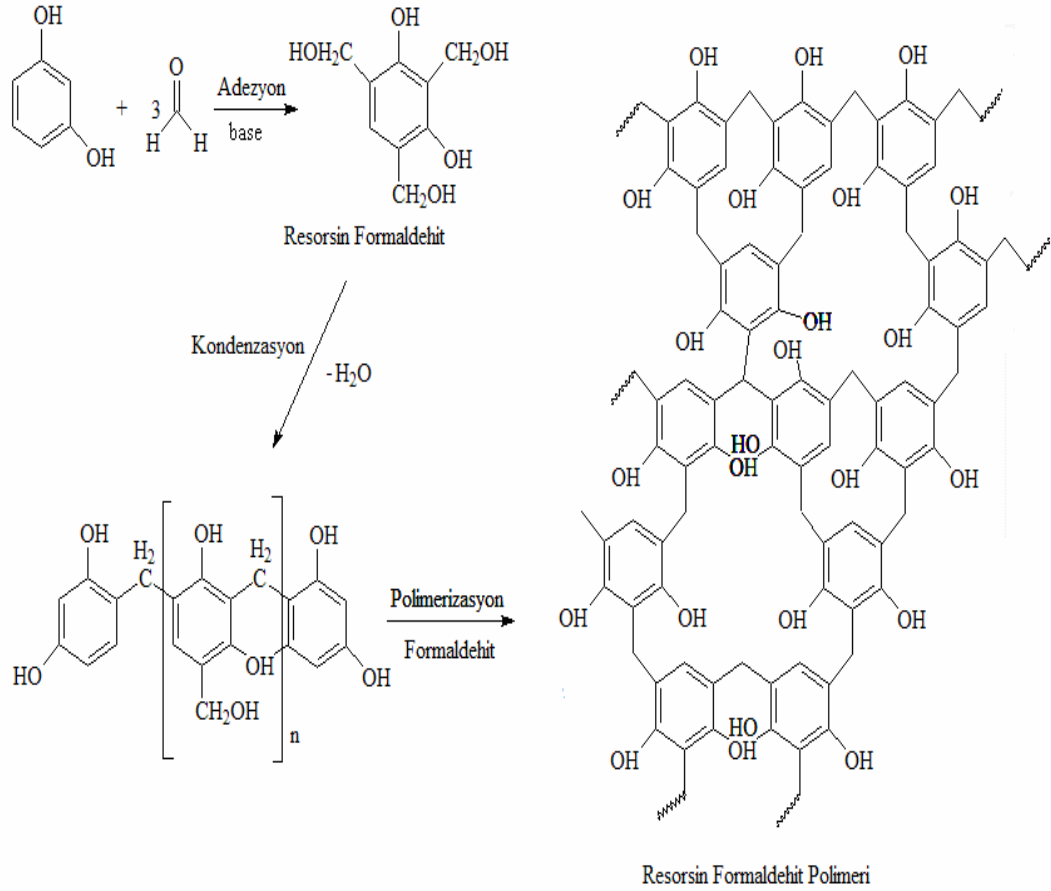


Şekil 1.15 Melamin ve formaldehit’in kondenzasyonu (Frihart 2005)

Melamin formaldehit tutkalı, ÜF tutkalına benzemekle birlikte bazı avantajlı yanları vardır. Bu avantajlar; suya karşı daha dirençlidir, ısı stabilitesi daha yüksektir, düşük sıcaklıklarda ve sertleştirici katılmaksızın sertleşebilmektedirler (Hus 1977).

1.1.8.2.4 Rezorsin formaldehit tutkalı

Rezorsin iki moleküllü bir fenoldür. Rezorsin formaldehit tutkalı pahalı olması sebebiyle çok kullanılmayan ancak her türlü açık hava koşullarına, kaynar suya, asitlere ve çözücülere karşı dayanıklı bir tutkal türüdür. Üretimi FF tutkalında olduğu gibidir (Çavuş 2008). Şekil 1.16'da Rezorsin formaldehit tutkalının kondenzasyonu gösterilmiştir.



Şekil 1.16 Rezorsin formaldehit tutkalının kondenzasyonu (Frihart 2005)

Rezorsin, fenole kıyasla iki kat daha aktiftir. Bu nedenle formaldehite karşı çok düşük sıcaklıklarda dahi reaksiyon gösterir. Kondenzasyon, oda sıcaklığında ve nötr ortamda son safhaya kadar devam eder. Sadece çözeltide formaldehit fazlalığı olmalıdır. Bu nedenle malzemeye zarar vermeden soğuk yapışma mümkün olur ki bu özelliği ile FF tutkalından üstündür. Soğuk yapıştırma yapabilmek için çözeltinin pH değerinin çok fazla düşürülmesi zorunludur (Kalaycıoğlu 1991).

Daha çok dış cephe elemanları, gemi ve kayık yapımı, köprü ve yapı marangozluğu ile uçak yapımında tercih edilmektedir. Kaynar suya karşı olan dayanımı ile dikkat çeker. Ayrıca; doğal ve yapay kauçuğun yapıştırılmasında, seramik ve tekstil parçalarının tutturulmasında da geniş kullanım alanına sahiptir (Huş 1977).

1.1.8.2.5 Melamin-üre formaldehit tutkalı

Termoset polimerlerden olup, toz veya çözelti halindeki üre ile melamin formaldehitin belirli oranlarda karıştırılmasıyla elde edilir. Piyasada genellikle toz halinde satılır. Su ve dış hava şartlarına ve rutubetli iç mekan şartlarına karşı dirençli bir tutkaldır. Genellikle laminat kaplamaların üretiminde kullanılır (Pizzi 1994).

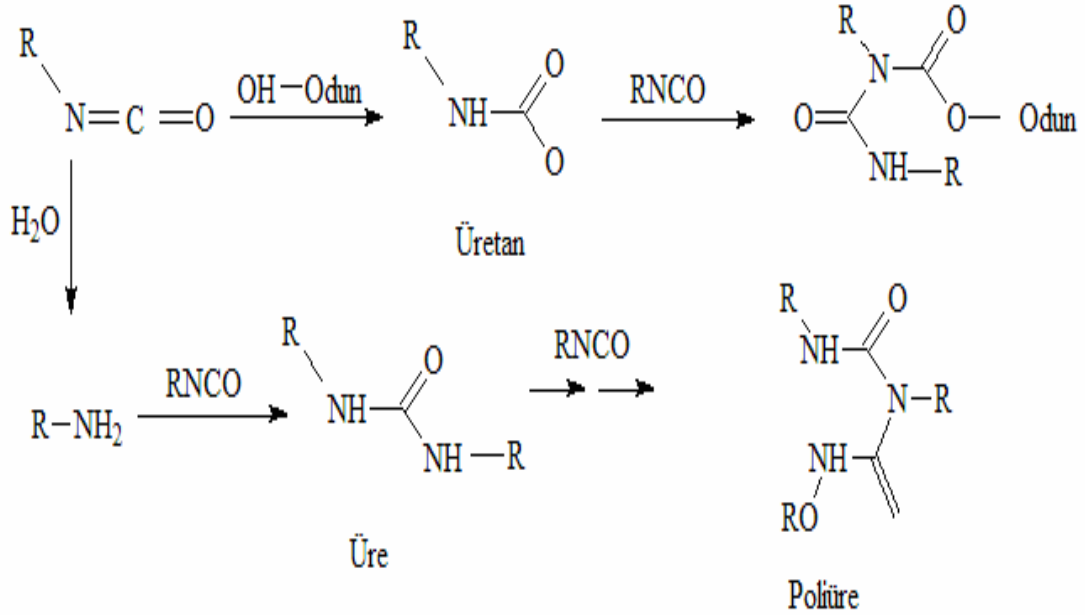
1.1.8.2.6 İzosiyanat tutkalı

İzosiyanat tutkallar, polimerik difenilmetan (PMDİ) diizosiyanat tutkalı ve emülsiyon polimer izosiyanat tutkalı olmak üzere iki grupta incelenebilirler. Polimerik difenilmetan diizosiyanat tutkalı, II. Dünya savaşı boyunca geliştirilmiştir. Ancak ilk kullanımı 1960'lı yıllarda, yaygın kullanımı ise 1980'li yıllarda olmuştur. Bu tutkal rutubete karşı yüksek direnç göstermesi, düşük presleme süresi ve FF tutkalının çok üstünde direnç özelliklerine sahip olması gibi bir çok avantajının yanı sıra kullanımının ilk yıllarında özellikle yonga levhanın pres plakalarına yapışması, fiyatının yüksek olması gibi dezavantajları da vardır (Schmidt 1998).

Diizosiyanat tutkalında gerçek bir kimyasal bağ oluşmaktadır. Tutkal su ihtiva etmemektedir. Rutubete dayanıklılığı bakımından FF tutkalı ile eşdeğerdir. Normal hava şartlarında ise yapışma direnci FF tutkalından daha fazladır. İçerisinde su ve organik çözücü olmadığından tutkallama yonga rutubetini arttırmaz. Difenilmetan diizosiyanat odunun (OH)- gruplarıyla birleştiği için higroskopisitesini azaltır. Bu nedenle aynı iklim koşullarında, izosiyanat ile yapıştırılmış odun levhanın denge rutubeti, masif odunun denge rutubetinden daha azdır (Özen 1980).

Emülsiyon polimer izosiyanat tutkalı genellikle ahşap üzerine plastik yapıştırma, panel yapıştırma, ve OSB üretiminde kullanılan bir tutkal türüdür. Bu tutkal pahalı olması dezavantajının yanı sıra yüksek derecede rutubet direncine sahip olması ve

plastik veya diğer odun dışı malzemelerin oduna yapıştırılması gibi avantajlarından vardır (Frihart 2005). Şekil 1.17’de Polimerik difenilmetan diizosiyonat tutkalının odun ile reaksiyonu verilmiştir.



Şekil 1.17 Polimerik difenolmetan diizosiyonat tutkalının odun ile reaksiyonu (Das et. al. 2007)

1.1.8.3 Katkı maddeleri

MDF üretiminde tutkalın sertleşmesini sağlamak ve levhaya bazı özellikler kazandırmak için çeşitli kimyasal maddeler kullanılmaktadır. Sentetik tutkala ilave edilen katkı maddelerinin görevleri sırasıyla aşağıdaki gibidir (Kalaycıoğlu 1980).

- Tutkalın stabilitesini ve plastikleşmesini sağlarlar,
- Tutkal sürme niteliklerinde reçinenin yapısını iyileştirir,
- Tutkalın dağılma özelliğini iyileştirirler,
- Malzeme yüzeyinde toz birikmesini önlerler,
- Yanmayı geciktirici ve koku giderici özelliklere sahiptirler,
- Sıcak presleme esnasında tutkaldan gaz çıkışını dengelerler,
- Bitkisel ve hayvansal zararlılara karşı koruyucu özellik taşırlar.

1.1.8.4 Sertleştirici maddeler

MDF, yonga levha ve liflevha endüstrisinde liflerin veya yongaların tutkallama esnasında sentetik (termosetting resin) tutkallara sıcak presleme esnasında sertleşmenin kısa sürmesi için sertleştirici maddeler kullanılmaktadır. Bu sertleştirici maddenin sentetik tutkaldaki miktarları arzu edilen levhanın özelliklerine göre en uygun miktarda ilave edilmektedir. MDF üretiminde sertleştirici tutkala karıştırılarak liflerin defibratör çıkışında lif süspansiyonuna homojen karışması sağlanmaktadır. Kullanılan sentetik tutkalların türüne göre farklı sertleştirici maddeler kullanılır (Eroğlu 1988).

1.1.8.5 Hidrofobik maddeler

Parafin ve mumlar hidrofobik maddelerdir. Hidrofobik maddeler lif levhaların rutubetli bir ortamda veya su ile temas ettiğinde çalışmasını azaltmak amacıyla kullanılır. Parafin ve mumlar polar olmadıklarından kimyasal yönden aktif değildirler. Hidrofobik etkileri liflerin kılcal boşluklarına girerek su moleküllerinin bu boşluklara girmelerini engellerler (Porter 1971). Parafinler emülsiyon halinde hazırlanarak süspansiyona katılırlar, önce eritilir, sonra içerisinde emülsiyon yapıcı maddeler bulunan su ile karıştırılır (Eroğlu 1988).

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Ahmed at al. (2005) tarafından yapılan çalışmada *Elaeisis guineensis* Jacq (Oil palm) ağacının içi boş meyve demeti ile kauçuk ağaç lifleri çeşitli oranlarda (% 30–70, % 40–60, %5 0–50, % 60–40, % 70–30) karıştırılarak orta yoğunlukta lif levhalar (MDF) üretilmiştir. Lif karışımı poliüretan ile tutkallanmış, 90 °C’de 15 dakika süre ile preslenerek 755–993 kg/m³ yoğunluğunda üç tip levha üretilmiştir. Bunlar; lifleri herhangi bir işleme tabi tutulmamış MDF’ler, lifleri silan ile muamele edilmiş MDF’ler ve hibrit lifli MDF’lerdir. En iyi performans özelliklerinin meyve-ağaç lifi oranı % 30–70 ve lifleri silan ile muamele şartında üretilen panellerde olduğu görülmüştür.

Akbulut ve ark. (2000) tarafından yapılan üretim şartları aynı kalmak şartıyla % 100 saplı meşe, doğu kayını ve karaçam türlerinden üretilen MDF’ ler üzerinde formaldehit emisyonu, yüzey emiciliği (toluen) ve yüzey pürüzlülük testlerinden elde edilen sonuçlara göre, karaçam odunundan üretilen MDF’lerin yüzey pürüzlülük ve yüzey absorpsiyon değerlerinin diğer türlerle karşılaştırıldığında daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Akgül (2006) yaptığı çalışmada üre ve melamin formaldehit tutkalı kullanarak 600, 700 ve 800 kg/m³ yoğunluklarda lif levhalar üretilmiştir. Mısır sapları kullanılarak üretilen lif levhaların suya karşı dayanımlarının yeterli olmadığını belirtmiştir. Ancak levhaların mekanik özelliklerinin standartlarda belirtilen değerlerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma sonucunda mısır sapı lifleri kullanarak kabul edilebilir değerlerde orta yoğunlukta lif levha üretmenin mümkün olduğu belirlenmiştir.

Arslan ve ark. (2007) yaptıkları çalışmada tarımsal atıklar kullanarak elde edilen yonga veya lifler tek başlarına ya da bazı odun yonga ve lifleri ile belirli oranlarda karıştırılarak çeşitli yoğunluklarda ve farklı kalınlıklarda paneller üretmişlerdir. Yonga veya liflerin yapıştırılmasında farklı oranlarda çeşitli tutkallar kullanılmıştır. Levhalar farklı pres sıcaklıklarında üretilmiştir. Sonuç olarak, tarımsal atık esaslı

yongalardan ve liflerden üretilen bazı panellerin, odun yongalarından ve liflerinden üretilen panel malzemelere alternatif olabileceğini tespit etmişlerdir.

Ayrılmış (2000) MDF'nin Teknolojik özellikleri üzerine ağaç türünün etkisini belirlemek amacıyla farklı İYA ve YA türlerinin (saplı meşe, doğu kayını, karaçam, karışım) yonga karışımlarını kullanarak aynı yoğunlukta MDF'ler üretmiştir. Yapılan deneylerden elde edilen değerler sonucunda kalınlığına şişme ve su emme, eğilme direnci, elastikiyet modülü, levha yüzeyine dik ve paralel yönde çekme direnci, vida tutma gücü ve levha yüzeyine dik yönde janka sertlik değeri bazı fiziksel ve mekanik özellikler üzerine ağaç türünün etkisi olduğunu tespit etmiştir.

Balkız (2000) ağaç işleri endüstrisinde kullanılan önemli bazı yerli ağaç türleri odunlarının yapışma özelliklerinin tespiti üzerine araştırmalar konulu yüksek lisans tezinde; dört ağaç türünün yüzey pürüzlülüklerini incelemiştir. Yapılan denemeler sonucunda en düşük yüzey pürüzlülüğü değerinin sarıçamda, en yüksek yüzey pürüzlülük değerinin meşede olduğunu tespit etmiştir.

Bektaş ve ark. (2005) tarafından yapılan bir diğer çalışmada ayçiçeği sapsız ve akkavak yongalarından üç tabakalı yonga levhalar üretilmiştir. Ayçiçeği/kavak yonga karışımı % 25-75, 50-50 ve 75-25 olacak şekilde ayarlanmıştır. Ayrıca % 100 ayçiçeği sapsız yongası ve % 100 kavak yongası içeren paneller de üretilmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre ayçiçeği sapsız yongaların üretilmesi formaldehit ile uyumlu olduğu ve ayçiçeği sapsız yongalarının tek başına ya da akkavak yongaları ile karıştırılarak yonga levha üretiminde hammadde olarak kullanılabilirliği ortaya konulmuştur.

Çamlıbel (2006) MDF'nin Teknolojik özellikleri üzerine ağaç türünün etkisini belirlemek amacıyla orman gülü lifi ile sapsız meşe ve sarıçam odunlarının yonga karışımından elde ettiği endüstriyel lif (% 50 sapsız meşe + % 50 sarıçam) yonga karışımlarını farklı oranlarda karıştırarak elde etmiş olduğu MDF lerin bazı fiziksel ve mekanik özellikler üzerine deneyler yapmıştır. Yapılan deneyler sonuçlarında bazı fiziksel ve mekanik özelliklerin standartlarda belirtilen kabul edilebilir değerlerden

daha yuksek olmasında ağaç türü ve karışım oranlarının etkisinin olduğunu tespit etmiştir.

Çavuş (2008) yaptığı çalışmada I-214 (*Populus euramericana*) melez kavak klonundan iki farklı tipte (FF ve ÜF) tutkal kullanarak paralel şerit keresteler (PŞK) üretmiştir. Bu çalışmada üretilen PŞK ların bazı fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. Fiziksel özelliklerden rutubet miktarı, hava kurusu yoğunluk, tam kuru yoğunluk ve boyutsal stabilite denemeleri; mekanik özelliklerden eğilme direnci, elastikiyet modülü, dinamik eğilme (şok) direnci, liflere paralel basınç direnci ve statik sertlik (Janka) tayini denemeleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; her iki tutkal türünden üretilen paralel şerit kerestenin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri yapıldığı kerestenin özelliklerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Chen et al. (1993) yaptıkları bir çalışmada; Huş, Dişbudak, İhamur, Douglas Göknaarı, Ladin ve Melez türlerini % 70 yapraklı ve % 30 iğne yapraklı odun olmak üzere karıştırarak; % 8 fenol-formaldehit tutkalı ilave ederek elde ettikleri orta yoğunluktaki MDF ler elde etmişlerdir. Sonuç olarak elde ettikleri bu levhaların kontraplak kadar iyi direnç özelliklerine sahip olduklarını tespit etmişlerdir.

Çöpür ve ark. (2008) Fındık kabuğu kullanarak orta yoğunlukta liflevha (MDF) ve genel amaçlı leva üretimi gerçekleştirmiştir. Bu amaç doğrultusunda çeşitli oranlarda odun lifleri ile farklı karışımlar kullanılmıştır. Burada elde edilen orta yoğunlukta lif levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri tespit edilmiştir. Elde edilen deney sonuçlarına göre levhalara ait bazı özelliklerin alt sınır değerlerinde olduğu tespit edilmiştir.

Doğanay (1995) Mobilya üretiminde kullanılan yonga levha, orta yoğunlukta lif levha (MDF) werzalit ve doğu kayını (*Fagus orientalis* spp) odunu üzerinde, vida tutma dirençleri gerçekleştirmiştir. Deneyler sonucunda; vida tutma direnci açısından en etkili malzemenin her iki yönde de doğu kayını odunu olduğunu belirlemiştir.

Göker ve ark. (1997) " Odun Kökenli Bazı Levhaların Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Araştırmalar " konulu çalışmalarında; orta yoğunluktaki lif levha (MDF), lif levha, yonga levha ve kontrplakta yüzey pürüzlülük değerlerini tespit etmişlerdir. Sonuç olarak örnekler arasında en düşük ortalama pürüzlülük değeri (Ra) 4.22 mm ile sert lif levhada ölçülmüş ve bu değeri sırası ile orta yoğunluktaki lif levha, kontrplak ve yonga levhada ölçülen ortalama pürüzlülük değerlerinin izlediğini tespit etmişlerdir.

Grigoriou (2000) tarafından yapılan bir çalışmada saman ve odun yongaları çeşitli oranlarda karıştırılarak (% 100-0, % 75-25, % 50-50, % 25-75, % 0-100) panel malzemeler üretilmiştir. Yongalar UF (üre formaldehit), PMDI (polimerik di fenil metan di izosiyanat) ve UF/PMDI (10-0, 8-2, 7-3, 6-4, 5-5) kombinasyonu ile % 8-10 oranında yapıştırıcılar ile tutkalanmıştır. PMDI tutkalı ile üretilen levhalara % 0,7 oranında vaks ilave edilmiştir. 650-700 kg/m³ yoğunluğa sahip 12 mm kalınlığında tek tabakalı levhalar üretilmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre, UF/PMDI karışımındaki PMDI miktarı arttıkça panellerin özelliklerinin arttığı görülmüştür.

Güler ve ark. (2004) tarafından yapılan çalışmada pamuk saplarından yonga levhalar üretilmiştir. Pamuk saplarından elde edilen yongalar orta tabakalar için % 6-8-10, yüzey tabakaları için % 8-10-12 oranlarında üre formaldehit tutkalı ile tutkalanıp 150 °C' de 6 dakika süreyle preslenerek 20 mm kalınlığında 400-700 kg/m³ yoğunluklarında üç tabakalı levhalar üretilmiştir. Ayrıca kontrol panellerinde orta tabaka için % 10 ve yüzey tabakalar için % 12 fenol formaldehit tutkalı uygulanmıştır. Pamuk sapı yongalarından üretilen panellerin eğilme dirençleri 3,31-16,79 MPa (fenol formaldehit tutkalıyla üretilen kontrol panellerinde 17,95 N/mm²), iç yapışma dirençleri 0,110-0,563 MPa (fenol formaldehit tutkalıyla üretilen kontrol panellerinde 0,591 N/mm²) olarak tespit edilmiştir.

Güler et al. (2006) tarafından yapılan bir çalışmada ayçiçeği sapları ve kızıl çam yongaları belirli oranlarda karıştırılıp (% 25-75, % 50-50, % 75-25, % 100 ay çiçeği ve % 100 kızıl çam) üre-formaldehit tutkalı (orta tabaka % 9 ve yüzey tabakaları % 11) ile tutkalanıp 150 °C' de 7 dakika süre ile preslenerek 700 kg/m³ yoğunlukta yonga levhalar üretilmiştir. Üretilen yonga levhaların eğilme dirençleri 15,67-18,74

MPa, elastikiyet modülleri 1800,2–2973,1 MPa ve iç yapışma dirençleri 0,447–0,584 MPa olarak tespit edilmiştir.

Gündüz ve ark. (2005) “Üç Tabakalı Yatık Yongalı Yongalevha Üretiminde” üretim şartlarının değiştirilmesinin levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu çalışma sonucunda üretilen levhalar ile kontrol örnekleri arasında bazı fiziksel ve mekanik değerler arasında farklılıklar olduğunu ve bu durumun, farklı ağaç türleri, talaş karışım oranları, tutkallama ve presleme şartlarından kaynaklandığını tespit etmişlerdir.

Halvarsson et al. (2005) tarafından yapılan bir çalışmada buğday saplarından orta yoğunlukta lif levha üretilmiştir. Bu araştırmadan elde edilen sonuçlara göre orta yoğunlukta lif levha üretiminde buğday liflerinin melamin üre formaldehit tutkalı ile uyumlu olduğu ve üretilen levhaların performans özelliklerinin ilgili standartlara uygun olduğu görülmüştür.

Hızıroğlu (1993) yaptığı çalışmada Titrek kavak ve Kızılcım odunları kullanarak yonga levhalar üretmiştir. Üretilen levhaların yüzey kalitesi ve yüzey stabilitesi blirlenmiştir. Deney sonuçları incelendiğinde kızılcım tomruklarının genç odun kısımlarından üretilen levhalarının boyuna genişmesinin anormal derecede yüksek olduğu belirlenmiştir. Yonga boyutlarının artışının boyuna genişmeyi bir miktar arttırdığı, % 50 bağıl nemde levha özgül ağırlığı artışının yüzey pürüzlülüğünü önemli miktarda azalttığı, % 50 bağıl nemden % 80 bağıl nem şartlarına getirilen yonga levhalarda pürüzlülük miktarlarının rutubete bağılı olarak önemli miktarda arttığı belirlenmiştir.

Hızıroğlu (1996) “Odun Kompozitleri Yüzey Pürüzlülüğü: İğne Taramalı Yöntem” konulu araştırmasında; sert lif levha ve orta yoğunluktaki lif levha yüzey pürüzlülüğünü iğne taramalı yöntem ile ölçerek belirlemeye çalışmıştır. Sonuç olarak; sert lif levhada yoğunluğun yüzey pürüzlülüğünü etkilediğini, orta yoğunluktaki levha ile karşılaştırıldığında sert lif levhanın daha iyi yüzey stabilitesi gösterdiğini, orta yoğunluktaki lif levhada yoğunluk ile yüzey pürüzlülük ilişkisinin belirgin olmadığını tespit etmiştir.

Lee et al. (2006) tarafından bir çalışmada bambu ve şeker kamışı liflerinin karışımından lif levhalar üretilmiştir. Şeker kamışı ve bambu liflerinin karışımlarından üretilen sert lif levhaların eğilme dirençleri 32-40 MPa, elastikiyet modülleri 3,6-3,8 GPa, iç yapışma dirençleri 1,2-1,4 MPa, kalınlığına şişme miktarları % 13-17, orta yoğunlukta lif levhaların eğilme dirençleri 12-18 MPa, elastikiyet modülleri 1,8-2,5 GPa, iç yapışma dirençleri 0,44-0,71 MPa, kalınlığına şişme miktarları % 13-15 olarak görülmüştür.

İstek (1999) “Sert Lif Levhaların Fiziksel ve Mekanik özelliklerine Sıcaklık ve Basıncın Etkisi” adlı çalışmasında üretim koşullarından pres sıcaklığı ve basıncının levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine etkisini araştırmıştır. Levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri, TS EN standartları kullanılarak belirlenmiştir. Araştırma sonucunda sıcaklık ve basınç artışının levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerini olumlu yönde etkilediğini tespit etmiştir.

Koç (2002) MDF-Profil Kalitesi Üzerine Etki Eden Temel Faktörler adlı çalışmasında Profil üretiminde kullanılacak MDF'nin standart MDF'lerden farklı olarak gerek ağaç türü, tutkal miktarı gibi hammadde özellikleri bakımından ve gerekse üretim aşamasında pişirme zamanı, lif rutubeti, presleme şartları (basınç, sıcaklık ve süre), özellikle yoğunluk profili gibi önemli noktalar bakımından kendine has özellikleri olduğunu belirlemiştir.

Mengeloğlu ve ark. (2002) “Buğday Saplarının Kompozit Levha Üretiminde Kullanılması” adlı çalışmalarında buğday saplarından kompozit levhalarının üretiminde alternatif bir hammadde kaynağı olabileceğini tespit etmişlerdir.

Nugroho et. al. (2000) tarafından yapılan çalışmada bambu esaslı levhalar üretilmiştir. Çapları 1,5-9,5 mm olan bambular yonga haline getirilmiştir. Bambu yongaları % 8 oranında metilen di izosiyanat (MDI) tutkalı ile karıştırılarak 160 °C sıcaklıkta 15 dakika süre ile preslenerek 18 mm kalınlığında 600-900 kg/m³ arası yoğunluklarda paneller üretilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre bambu esaslı levhaların rutubetli ve kuru ortamlarda ticari olarak kullanılabilirliği tespit edilmiştir.

Papadopoulas et. al. (2003) tarafından yapılan çalışmada tek tabakalı keten esaslı yonga levhalar üretilmiştir. Keten yongaları ile odun yongaları belirli oranlarda (% 30–70, % 20–80, % 10-90) karıştırılmıştır. Ayrıca % 100 keten yongasından ve % 100 odun yongasından da paneller üretilmiştir. Bu araştırmada elde edilen sonuçlar ışığında % 30 keten– % 70 odun yongası içeren panellerin iç mekan kullanımında Avrupa EN standartlarını karşıladığı görülmüştür.

Roffael (1988). fenol formaldehit tutkalında alkali oranı yüksek olmasının tutkalın depolanabilme süresini artırdığını kestane ve meşe gibi ekstraktif maddeleri yüksek odun türlerinin yongalarının tutkalanmasında fenol formaldehit kullanılacaksa alkali oranının yüksek olması tercih edilmesinin gerekliliğini belirtmiştir. Bu durumlarda uygulamadan önce reçineye alkali ilavesi gerekebileceğini, ancak FF içindeki alkali oranının yüksek olmasının, yapıda kullanılan levhaların metal bağlantı elamanlarında korozyon oluşturma oranını artırdığını belirtmiştir.

Sellers et al. (1995) tarafından düşük yoğunlukta kenaf esaslı yonga levhalar üretilmiştir. Kenaf esaslı yongalar üç farklı tip yapıştırıcı ile tutkalanmak sureti ile 25 mm kalınlığında üç çeşit levha üretilmiştir (%8 UF, %4 FF, %3 PMDI). %8 UF içeren levhalar 180 °C’ de 10 dakika süreyle, %4 FF içeren levhalar 205 °C’ de 10 dakika süre ile ve %3 PMDI içeren levhalar 177 °C’ de 6 dakika süreyle preslenerek üretilmiştir. %8 UF içeren levhaların yoğunlukları 239 kg/m³ eğilme dirençleri 0,931 MPa, elastikiyet modülleri 145 MPa, iç yapışma dirençleri 0,239 MPa, 24 saat suda bekletildikten sonra şişme miktarları %14 olarak, %4 FF içeren panellerin yoğunlukları 235 kg/m³, eğilme dirençleri 0,614 MPa, elastikiyet modülleri 101 MPa, iç yapışma dirençleri 0,172 MPa, 24 saat suda bekletildikten sonra şişme %15 olarak, %3 PMDI içeren kenaf esaslı levhaların yoğunlukları 249 kg/m³, eğilme dirençleri 0,724 MPa, elastikiyet modülleri 105 MPa, iç yapışma dirençleri 0,172 MPa, 24 saat suda bekletildikten sonra şişme miktarları %16 olarak tespit edilmiştir.

Ustaömer ve ark. (2007) yaptığı çalışmada orta yoğunlukta lif levhaların yüzey özellikleri (MDF) üzerinde bor kimyasalının etkisini araştırmıştır. Bu doğrultuda yangın geciktirici çeşitli bor bileşikleri kullanarak MDF’ de yüzey pürüzlülüğü ince

bir iğne tekniği kullanılarak ölçülmüştür. Yapılan testler soucunda bor bileşikleri ile üretilen panellerin daha düzgün yüzey sağladığı tespit edilmiştir.

Wu (2001) tarafından yapılan çalışmada şeker kamışlarından yonga levhalar üretilmiştir. Şeker kamışı yongaları % 5–8 oranında di fenil metan di izosiyanat tutkalı ile tutkallanarak 185 °C’ de 2,5 dakika preslenerek 6,65–7,40 mm kalınlıklarında ve 840–900 kg/m³ arası yoğunluklarda paneller üretilmiştir. Şeker kamışlarından üretilen yonga levhaların (bagasse particleboard) eğilme dirençleri 19,11–27,88 MPa, elastikiyet modülleri 2,30–3,79 GPa, iç yapışma dirençleri 1,63–2,70 MPa ve levhaların merkezlerindeki kalınlığına şişme miktarları %8,6–11,9 olarak belirlenmiştir.

Ye et al. (2007) tarafından yapılan çalışmada buğday, ve soya fasulye saplarından elde edilen lifler ile odun lifleri kullanılarak orta yoğunlukta lif levha (MDF) üretilmiştir. Buğday/Odun (% 100–0, % 50–50, % 0–100) liflerinden üretilen panellerin eğilme dirençleri 18–30 N/mm², elastikiyet modülleri 2500-3200 N/mm², iç yapışma dirençleri 0,38–0,80 N/mm², kalınlığına şişme miktarları %3–35 olarak görülmüştür. Soya fasulyesi/Odun (100-0, 50-50, 0-100) liflerinden üretilen levhaların eğilme dirençleri 18–30 N/mm², elastikiyet modülleri 2400–3200 N/mm², iç yapışma dirençleri 0,385–0,81 N/mm², kalınlığına şişme miktarları %2–17,5 olarak görülmüştür.

Xu et al. (2006) tarafından yapılan çalışmada kenaf yongalarına tutkal ilave edilmeksizin buharlı basınç etkisi ile yongaların birleşmesi sağlanarak düşük yoğunluklarda kenaf esaslı lif levhalar üretilmiştir. Rutubet miktarları %10 ve %30 olan kenaf lifleri, liflendirme prosesi sürecinde 10-30 dakika süre ile pişirilmiştir. Kenaf lifleri 0.4–0.8 MPa buhar basıncı etkisi ile 190 °C’de 3-10 dakika süreyle preslenerek 6 mm (sıcak pres) ve 12 mm (buharenjeksiyonlu pres) kalınlığında 300 ve 500 kg/m³ yoğunluklarında lif levhalar üretilmiştir. Yoğunluğu 500 kg/m³ olan levhaların mekanik özelliklerinin daha iyi olduğu görülmüştür. En yüksek eğilme direnç değeri 19,4 MPa, en yüksek elastikiyet modül değeri 2,4 GPa, en yüksek iç yapışma direnç değeri ise 0,51 MPa olarak görülmüştür.

Yousefi (2009) yaptığı aişmada kanola sapından orta yoğunlukta lif levha etimi gerçekleştirmiştir. elastikiyet modld (MOE), i yapışma direnci (IB), kalınlığına şişme su emme (TS) ortak kopma modülü (MOR) gibi bazı fiziksel ve mekanik özelliklere ait deneyler yapmıştır. Deney sonucunda kanola sapı kullanılarak üretilen orta yoğunlukta lif levhaların odun dışı bitkiler kullanılarak üretilen lif levhalardan daha başarılı sonuçlar verdiğini tespit etmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1 Hammadde temini

MDF üretimi için kullanılan kızılçam odunları Akdeniz bölgesinden Antalya ilinden kayın ise Karadeniz bölgesi Sinop ilinin Orman Bölge Müdürlüklerinden temin edilmiştir. Ülkemizde kızılçam Doğu Akdeniz sahil şeridinde 1200–1500 m yükseltilerde doğal olarak yetişen ve hızlı büyüyen bir çam türümüzdür. Doğu Kayını ise Karadeniz sahil boyunca 350 ile 1200 rakımları arasında hammadde kaynağı olarak bulmak mümkündür. .

3.1.2 Kullanılan ağaç türleri ve özellikleri

3.1.2.1 Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.)

3.1.2.1.1 Botanik özellikleri

Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Pinaceae familyası Pinus L. cinsine ait bir türdür. Türkiye’de iğne yapraklı ormanlar içerisinde 5420524,6 ha ile en geniş orman alanına sahip ağaç türü olup, tüm orman alanının % 25’ni kaplamaktadır (Anonim 2009).

Birçok botanikçiye göre Halep Çamının bir varyetesi olarak benimsenen Kızılçam, bazı morfolojik ve anatomik özelliklerce de ondan kesin olarak ayrılır. 15-20 m. boylarında 60 cm kadar çap yapabilen kalın dallı önemli bir orman ağacıdır. Önceleri piramit görünüşlü iken yaşlandıkça kalın tepelidir. Kabuğu düzgün boz renkte iken yaşlanınca, esmer kırmızımsı kalın kabuk durumunda görülür. Genç sürgünleri kalın ve kırmızımsı renktedir. Daha çok kızılçam adını buradan almıştır. Kanaatkâr bir tür olup gençlikte hızlı büyür. Kuraklığa dayanıklı olup ılık kışlar ister. Genellikle sahil kesimlerinde yayılış yapmasına rağmen 1200-1500 m. yükseltilere

değın çıkabilmektedir. Ülkemizde doğal olarak yetişen ve en hızlı büyüyen türümüzdür. Özellikle orman yangınları açısında en büyük riskli bölgeler kızılçam ormanlarının yayılışını yaptığı alanlardır (Yaltırık, 1988; Kayacık,1980).

3.1.2.1.2 Doğal yayılışı

Genel coğrafi yayılışı Doğu Akdenizdir. Yunanistanın doğusundan başlar ve Girit, Kıbrıs, Türkiye, Suriye, Irak, Lübnan ve Ürdün'e kadar yayılış gösterir. Ülkemizde de geniş bir alana yayılmış, ekonomik değeri yüksek doğal olarak yetişen bir ağaç türümüzdür. Akdeniz, Ege ve Marmara Bölgelerinde geniş alanlarda yayılma gösterir. Ayrıca, Ayancık, Boyabat, İskilip, Osmancık Cide dolaylarında münferit veya meşcereler halinde bulunmaktadır. Kızılçam yurdumuzda iğne yapraklı ormanlar içersinde en geniş yayılış gösteren çam türümüzdür (Yaltırık 1988; Kayacık 1980).

3.1.2.1.3 Anatomik özellikleri

Gürboy (2007) kızılçam mikroskobik özellikler üzerine yaptığı araştırmada 200 m yükseltiden alınan örneklerin ortalama lif boyutları; lif boyu 2.719 mm, lif çapı 54.043 µ, lifin lümen genişliği 34.829 µ, lifin hücre çeper kalınlığı 9.284 µ'dir. 400 m yükseltiden alınan örneklerin ortalama lif boyutları, lif boyu 2.508 mm, lif çapı 52.454 µ, lifin lümen genişliği 39.592 µ, lifin hücre çeper kalınlığı 6.431 µ'dir. 800 m yükseltiden alınan örneklerin ortalama lif boyutları, lif boyu 3.022 mm, lif çapı 51.870 µ, lifin lümen genişliği 34.353 µ, lifin hücre çeper kalınlığı 8.756 µ'dir

1.1.2.2 Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.)

3.1.2.2.1 Botanik özellikleri

30-40 m'ye kadar boylanabilen 1m'ye kadar çap yapabilen düzgün gövdeli kışın yaprağını döken ağaçlardır. Kabuğu açık kül rengi olup ince ve düzgündür. Yapraklar eliptik ve tam kenarlı elips, tes yumurta biçiminde sivri uzun veya kısa

uçlu olup 6-12 cm uzunluğundadır. Körpe iken kenarları kirpiklidir. Genç sürgünleri tüylüdür. Alt yüzünde damar boyunca ipek gibi tüylü, üst yüzü ise çıplaktır. 7-10 çift yan damarı vardır. Yaprak sapı 0,5-1,5 cm uzunluğunda ve tüylüdür (Yaltırık 1998).

Dört brahtecikten oluşan kupula dört parçalıdır. Kupulanın dış yüzünde, dip tarafında yeşil renkli ve damarlı, dar uzun yaprak pullar; uç taraflarına doğru ise ipliksi pullar yer almıştır. Kupulanın içinde, üç köşeli, kırmızımtırak-kahverenkli ve sert kabuklu 2 nus yer almıştır. Meyvenin tohumu meşe ve kestanelerde olduğu gibi nişastalı olmayıp yağlıdır. Çiçeklenme ve yapraklanma nisan ayında olur (Yaltırık 1998).

3.1.2.2.1 Doğal yayılışı

Doğuda Türk-Rus sınırından başlayarak tüm Karadeniz sahilleri boyunca batıya doğru Istranca Dağları'na değin uzanır. Karadeniz sahil kesimleri yanında Karadeniz ardı alanlarda da örneğin Sinop, Boyabat, Göktepe ormanlarında, Vezirköprü, Bolu yöreleri ile Kocaeli, Marmara kıyıları ve Batı Anadolu'da yer yer izlenir. Doğu kayını 30–40 metreye değin boylanabilen, 1 metrenin üstünde çap yapabilen, dolgun ve düzgün gövdeli birinci sınıf orman ağacıdır (Anşin ve Özkan 1993).

3.1.2.2.3 Anatomik özellikleri

Odunu doğal halde kırmızımsı beyaz, su buharı ile muamele edilmiş (buharlanmış) halde daha koyu kırmızımsı renktedir. İleri yaşlarda meydana gelen kırmızımsı kahve renkli ve içerisinde daha koyu şeritler bulunan bir öz odun (kırmızı yürek) oluşur. Yıllık halka sınırları belirgin olup, yaz odunu ilkbahar odununa nazaran daha koyu renktedir. Kalın ve parlak öz ışınları, teğet kesitte iğ şeklinde, kırmızımsı kahve renkli çizgiler halinde yüzeye dağılmış durumdadır (Berkel 1970).

Doğu kayını odununda traheler genellikle dağınık olarak dizilmiştir. Fakat yetişme ortamına ve diğer bazı faktörlere göre yarı halkalı traheli odunlara da rastlanabilir. Traheler genellikle yıllık halkanın ilkbahar odunu kısmında daha yoğun olarak bulunmaktadır (Merev 1988).

Öz odunundaki traheler içerisinde nispeten kireç oluşumu ve tül teşekkülü vardır. Paraşim hücrelerinin teşkil ettiği öz ışınları çok sıralı olarak teğet kesitte görülebilir. Radyal kesitte öz ışınları homojen ve heterojen bir yapı göstermektedir. Ayrıca, öz ışını demetleri yıllık halka sınırında genişleme yaparlar. Doğu kayını odununda traheler % 31, lifler % 37.4, öz ışınları % 16.2, boyuna paraşimler % 4.5 gibi bir oranda bulunurlar (Berkel 1970, Doğanay 1995).

Doğu kayını odununda perfarasyon tabloları ilkbahar odununda basit, yaz odununda 20 bölmeye kadar merdivenimsi tiptedir. Boyuna paraşimler aortraheal dağınık ve şeritlidir. Esas doku libriform lifleri ve lif traheidlerinden oluşmaktadır. Öz ışınları iki farklı genişlikte. Dar öz ışınları 1- 2 hücre genişliğinde, 1 mm kadar yükseklikte ve mm'de 2-5-9 adet, geniş öz ışınları ise 25 hücre kadar genişlikte, 4 mm kadar yükseklikte ve mm'de 2-5 adettir (Bozkurt 1995).

Doğu kayını odununun teknolojik özellikleri üzerine yapılan çalışmaların birinde; fiziksel özelliklerden tam kuru özgül ağırlığı 0.63 gr/cm^3 , hava kurusu özgül ağırlığı 0.66 gr/cm^3 , daralma miktarları radyal yönde % 5, teğet yönde % 10.5 ve hacmen daralma % 15.5, mekanik özelliklerden basınç direnci 644 kp/cm^2 , eğilme direnci 870 kp/cm^2 (Berkel 1970, Doğanay 1995) olarak bulunmuştur.

3.1.3 Kullanılan ağaç türlerine ait kimyasal analizler üzerine çalışmalar

Standart yöntemlere uygun olarak kızılçam ve doğu kayını odunlarına ait lifsel özellikleri ve kimyasal analizlere ait çalışmaların verileri çizelge 3.1’de belirtilmiştir.

Çizelge 3.1 Kızılçam ve Doğu kayını odunlarının kimyasal bileşenleri, çözünürlük değerleri ve lif morfolojisine ait özellikleri

Kimyasal Bileşenler		Ağaç Türü	
		Kızılçam Pinus brutia Ten.	Doğu Kayını Fagus orientalis L.
Kızılçam ve Doğu Kayını odunlarının kimyasal bileşenleri ve çözünürlük değerleri			
Holoselüloz	%	74.81	48.22
Selüloz	%	78.87	
Alfa Selüloz	%		
Liğnin	%	27.41	22.57
Pentozan	%	11.60	25.21
Kül	%	0.46	0.61
Alkol - Benzen	%	1.55	
%1 Lik NaOH	%	13.09	15.62
Sıcak Su	%	2.11	1.92
Kaynak		Gürboy(2007)	Ayrılmış (2000)
Kızılçam ve Doğu Kayını odunlarının yoğunluğu ve lif morfolojisine ait özellikleri			
Hacim Yoğunluk Değeri	gr/cm ³	0.535	0.645
Lif Uzunluğu	mm	2.72	1.16
Lif Genişliği	µm	54.04	19.54
Lümen Genişliği	µm	34.83	5.23
Çeper Kalınlığı	µm	9.28	7.30
Kaynak		Gürboy(2007)	Akgül (2001)
Keçeleşme Oranı: (L/D) (Mm) KO : Lif Uzunluğu / Lif genişliği		59.7	110
Elastikiyet Katsayısı: (Dx100/D) EK : Lümen çapı x 100 / Lif genişliği		27	62.31
Katılık Kat.(Rijidite): (Wx100/D) KK : Hücre çeper kal./ Lif çapı x100		37	18.15
Mühlsteph Oranı [(D ² -D ²)x100/D ²] MO: Çeper alanı / Lif enine kesit al.x100		93	61.2
Runkel Sınıflaması (2Wx/D) RS : Hücre çeper kal. x 2 / Lümen. Çapı		2.87	0.58
F Faktörü (Lx100/W) FF : Lif uzun/Hücre çeper kalınlığı x100		20520	60670
Kaynak		Ayrılmış (2000)	Eroğlu (1997)

3.1.4 Levha üretiminde kullanılan kimyasal katkı maddeleri

Deneme levhalarının üretiminde kullanılan tutkal, parafin, sertleştirici vb. kimyasalların bazı teknik özellikleri Çizelge 3.2’de verilmiştir. Buna göre; 1:1,22 mol oranında % 56 lık üre formaldehit tutkalı sulandırılarak konsantrasyonu % 45’e düşürülüp tutkal borusunun dört ayrı noktadan enjekte edilerek life oranla % 9-11 katı madde tekabül edecek şekilde verilmiştir. Sertleştirici olarak amonyum klorür % 10’luk çözeltisi hazırlanarak kurutma hattı öncesi lif borusundan tutkaldan önce pompa ile tek noktadan enjekte edilerek, tutkalın katı maddesine oranla katı olarak % 0,8 oranında verilmiştir. Bu oranda jelleşme zamanı olarak ortalama 75 sn değeri elde edilmiştir. Hidrofobik madde olarak parafin kullanılmış olup pişirme kazanı öncesi yongaya eşit oranda karıştırılmış olup, kuru life % 1’e gelecek şekilde ilave edilmiştir.

Çizelge 3.2 Üretimde kullanılan kimyasalların özellikleri.

Ürün Karakteristiği	Birimi	Ölçüm Değeri
Ürün Adı: Üre formaldehit		Baks E2 - 56
Görünüş		Temiz, Beyaz sıvı
Katı Madde	gr/cm ³	56
Formaldehit / Üre Mol Oranı	%	1,15
Yoğunluk (20 C°)	gr/cm ³	1,24
Vizkosite (20 C°)	cps	180
Akma Zamanı (20 C° , FC4)	sn	25 – 30
Jelleşme Zamanı (100 C°) (%10 luk NH ₄ Cl)	sn	70 – 80
Ph		7 – 8,5
Serbest Formaldehit Miktarı	%	0,2 max
Metilol Grupları	%	12 – 15
Depolama Zamanı (20 C°, gün)	gün	45
Ürün Adı: Parafin		Işıksan IK - 1200
Görünüş		Krem, light
Katı Madde	%	40 + 1
Ph		7
Spesifik Gravite		0,94
Erime Noktası	C°	54 – 56 min
Yağ Oranı	ağ, %	1,5 max
Penetrasyon		30 - 32
Ürün Adı: Sertleştirici		Amonyum Klorür NH ₄ Cl
Görünüş		Kirli beyaz
Katı Madde	%	10
Yoğunluk	gr/cm ³	1,02
Yapı		Kristal taneli

3.2 Yöntem

3.2.1 Deney levhalarının üretimi

Bu çalışmaya konu olan ağaç türleri 1995 model klöckner tipi yongalama makinesinde 25x20x5 mm boyutlarında yonga haline getirilmiştir. Araştırmaya konu olan levha karışım oranları ara siloda devirleri ayarlanabilen dörtlü helezonlarla Çizelge 3.4' deki oranlarda hazırlanmıştır. İstenilen karışım oranlarına göre hazırlanan yongalar, dörtlü helozon çıkışı taşıyıcı bantlara aktararak 1. aşamada sallantılı mekanik eleklerden, 2. aşamada taşıyıcı bant yolu üzerine monte edilen metal tutucu mıknatıslardan geçirilmiştir. Böylece, daha homojen boyutlara ve içersindeki yabancı maddelerden arınmış hale getirilen yongalar liflendirme öncesi aynı şekilde taşıyıcı bantlar vasıtasıyla yonga silolarına nakledilmiştir.

Liflendirme işlemi 1985 ve 1995 model iki ayrı Sunds tipi refinörlerde liflendirilmiştir. Liflendirme esnasında bir tarafı sabit, diğer tarafı dönen tek yönlü 38 inç lik disk bıçaklar kullanılmıştır. Liflendirme işlemi refinörlerde 9 atü buhar basıncı altında 180 °C'de 1,5-2 dakika pişirme süresinde ve % 65-70 doluluk oranında yapılmıştır. Kimyasalların refinörden önce ve sonra ilavesi sonucu lifler yaklaşık % 65 rutubet altında kurutucuya sevk edilmiştir.

180 cm çapında ve 150 m uzunluğundaki boru tipi kurutucuda 24-34 m/sn hızla hareket eden sıcak hava ile (giriş sıcaklığı 170-180 °C, çıkış sıcaklığı 55-65 °C) temas eden lifler % 5-10 rutubete kadar kurutulduktan sonra lifler transfer fanları ile pnömatik olarak sermeye gönderilmiştir. Mekanik serme ile lifler dağılarak düzeltici tırmıklar vasıtası ile ağırlığı ayarlandıktan sonra ön presten geçirilerek serme (form) bandı aracılığı ile prese ulaştırılmıştır. Serme bandının yan kenarlarında bulunun sağ sol yan kesme daire testeresi ile form bandı üzerindeki lif taslağının fazlalıkları kesilerek aspiratör yardımı ile tekrar üretim için lif bunkerlerine gönderilir.

Presleme işlemi siempelkamp marka sürekli preste yapılmıştır. Ön presleme ve serme hattında belirli bir kalınlığa ve formasyona kavuşan lif taslağı, form bantı sonrası ara band yardımıyla prese sevk edilir. Burada 180-240 °C sıcaklık ve 35-40 kg/cm² basınç uygulaması ile sabit hale gelen liflerden MDF levhası elde edilmiş

olur. Presten çıkan levhalar hassas kalınlık ve patlak ölçerlerin bulunduğu kalite kontrol işleminden geçirilerek yıldız soğutucuya gönderilir. Levhalar 30–45 dk yıldız soğutucuda bekletilerek sıcaklıkları 105 °C’den 35 °C’ye düşürülen levhalar ebatlanarak yarı mamul ambarında dinlendirme işlemine tabii tutulmuştur. Yarı mamuller yaklaşık olarak mevsime göre 4–15 gün depoda bekletildikten sonra levhalar K, FS, NS tipi başlıklara sahip steinemann marka zımpara makinesinden 50, 60, 80 ve 100, nolu zımpara bantları kullanılarak brüt 19,0-19,5 mm ham kalınlıklardan 18mm ±0,1 kalınlığındaki levhaya düşürülmüştür. Deney levhalarının üretimi sırasındaki çalışma değerleri Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Çizelge 3.3 Deney levhalarının üretim değerleri

Proses Değerleri	Ölçüm Birimi	Ölçüm Değeri
Yonga Boyutları	mm	25 x 20 x 5
Yonga Rutubeti	%	45-60 min.
Lif Boyutları (Kalınlık x Boy)	mm	0,1-07 x 0,5-10
Yonga Pişirme Sıcaklığı	C°	180-200
Yonga Pişirme Süresi	dak.	1,5-2
Refinör Disk Açıklığı	mm	0,1-0,5
Pişirme Buhar Basıncı	bar	8 - 10
Kurutma Hava Giriş Sıcaklığı	C°	170-180
Kurutma Hava Çıkış Sıcaklığı	C°	55-65
Kurutma Hattı Uzunluğu	m	150
Kurutma Hattı Çapı	m	1,8
Kurutma Hızı	mm/sn	28-30
Taslak Rutubeti	%	5,5-8,5
Sertleştirici NH ₄ Cl (Katı tutkala oranla)	%	10
Jell Time	sn	65-75
Ön Pres Basıncı	bar	200-220
Pres Basıncı	kp/cm ²	35-40
Pres Sıcaklığı	C°	180-240
Pres Zamanı	mm/sn	170-175
S. Pres Faktörü	sn/mm	6 - 6,5 sn/mm
Klimate Süresi	dak.	45

Çizelge 3.4’de iki farklı hammadde olan kızılçam ve kayın yongalarından deneme MDF’lerinin üretiminde esas alınan karışım oranları verilmiştir.

Çizelge 3.4 Araştırma levhalarının hammadde karışım oranları

Hammadde Karışım Oranları (%)		
Levha Tipi	Kızılçam	Kayın
Karışım	50%	50%
Saf	100%	0

karışım : %50 Kızılçam lifi + % 50 Kayın lifi ****Saf** : % 100 Kızılçam lifi

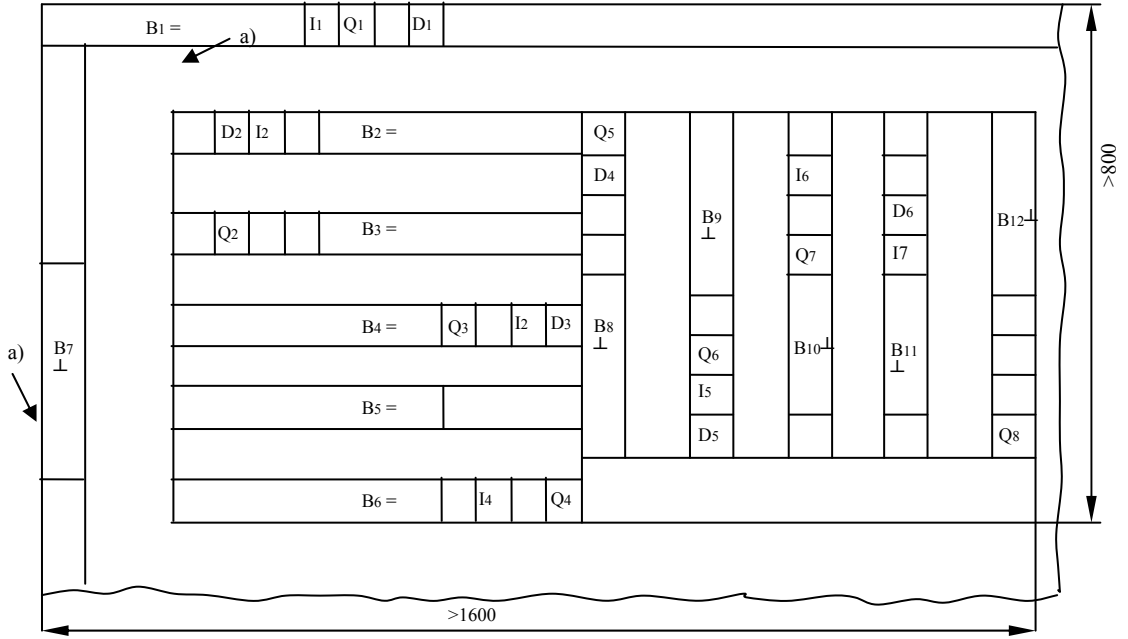
Çizelge 3.5’de deney levhalarının elde edilışinde uygulanan deneme planı verilmiştir.

Çizelge 3.5 Deneme materyalinin hazırlanışı

Sıra No	Karışım Oranı	Yoğunluk Seviyesi	Tutkal Miktarı	Deney Levha Ebatları (EnxBoy)	Zımpara Sonrası Kalınlık	Ölçülen Numune
	%	g/cm ³	g/cm ³	mm	mm	Adet
1	*Karışım	660	180	2100x490	18	10
2			185			
3			190			
4			195			
5			200			
6	Karışım	680	180	2100x490	18	10
7			185			
8			190			
9			195			
10			200			
11	Karışım	700	180	2100x490	18	10
12			185			
13			190			
14			195			
15			200			
16	**Saf	660	180	2100x490	18	10
17			185			
18			190			
19			195			
20			200			
21	Saf	680	180	2100x490	18	10
22			185			
23			190			
24			195			
25			200			
26	Saf	700	180	2100x490	18	10
27			185			
28			190			
29			195			
30			200			

3.2.2 Deney numuneleri

Numune alma işlemi TS EN 326–1 Nisan 1999 ahşap esaslı levhalar-numune alma kesme ve muayene bölüm 1'e göre; deney numunelerinin seçimi, kesimi ve deney sonuçlarının gösterilmesi standardına göre yapılmıştır. Deney numuneleri için kesim planı şekil 3.1' de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Deneme parçalarından deney numunelerinin kesilme planı

Deney numuneleri, ilgili standardında tanımlanan boyutlarda, her bir levhadan kesilir. Deney numuneleri gruplarının her birinden en az bir deney numunesi, herhangi bir kenar profili veya koruyucu işlem giderildikten sonra levhanın tıraşlanmış ucundan alınmıştır.

(=) : Deney numunesinin boyuna ekseninin levhasının boyuna veya diğer levha çeşitlerinin işlem yönüne paralel ayarlanacağını gösterir.

(⊥) : Deney numunesinin boyuna ekseninin kontraplak levhasının boyuna veya diğer levha çeşitlerinin işlem yönüne dik ayarlanacağını gösterir.

a) : Tıraşlanmış dış kenar

Deney numunesinden bağımsız özellikler için (mesela, D, I ve Q), bir deney numunesi levhanın tıraşlanmış dış kenarından alınmıştır. Fiziksel ve mekanik özelliklerin tayini için deney numunelerinin seçimi Çizelge 3.6’da verilmiştir.

Çizelge 3.6 Fiziksel ve mekanik özelliklerin tayini için deney numunelerinin seçimi

Deney	Deney Numuneleri Numarası
Yoğunluk	D1’den D6’ya kadar
Eğilme ve elastikiyet modülü	B1’den B12’ye kadar
Şişme kalınlığı	Q1’den Q8’e kadar
Çekme mukavemeti	I1’den I8’e kadar

Deneme levhalarından yapılacak deneylerin adları, numune boyutları ve adetleri ile uygulanan standartların numaraları Çizelge 3.7’de verilmiştir.

Çizelge 3.7 Deneme levhalarında yapılacak deneylerin adları, numune boyutları, adetleri ve uygulanan standart numaraları

Deney Adları	Numune Boyutları	Adet	Standart No
	mm		
24 Saat Suda Kalınlığına Şişme	50x50	10	TS EN 317
24 Saat Su Emme	50x50	10	TS EN 317
Levha Yüz. Dik Yönde Çekme Direnci	50x50	10	TS EN 319
Eğilme Direnci	50x410	10	TS EN 310
Eğilmede Elastikiyet Modülü	50x410	10	TS EN 310
Levha Vida Çekme Direnci	75x50	10	TS 10506
Levha Yüzey Absorbsiyon (Toluene) Testi		10	TS EN 382-1
Levha Yüzeyine Dik Yönde Janka Sertlik Değeri	75x150	10	DIN 53505 ASTM D 2240 ISO 868
Levha Yüzey Prüzülük Testi	75x150	10	TS 10506

TS 64-1 EN 1999

3.2.2.1 Deney numunelerinin boyutlarının ölçülmesi

Deney numunelerinin boyutlarının tayini TS EN 325 ahşap esaslı levhalar deney numunelerinin boyutlarının tayini standardına göre yapılmıştır.

3.2.2.1.1 En ve boy ölçme aleti

En az 5 mm yüzey genişliğini ölçebilecek 0,1 mm okuma hassasiyetli sürmeli kumpas veya herhangi bir ölçme aletidir. TS EN 326-1'e göre numune alma ve kesme işlemi gerçekleştirilir. Deney parçalarının boyutları, ilgili deney metodunda yapılan tariflere göre olacaktır. Deney parçaları, bir atmosferde 20 ± 2 °C sıcaklıkta ve % 65 ± 5 ortalama nispi rutubette sabit kütle durumuna uygun hale getirilecektir. Sabit kütlede göz önünde tutulan durum, deney parçasının 24 saat aralıkla bir birini takip edecek iki tartı işlemi sonucunda, kütlede % 0,1'den daha fazla bir değişim olmayacak bir hale ulaşması durumudur. Ölçme sayısı ve ölçme yerleri, deney metotları ile ilgili standarda göre yapılmaktadır.

3.2.2.1.2 Kalınlık ölçme

TS EN 325'de belirtilen genişlik ve uzunluk ölçme aleti ve 0,01 mm duyarlılıkta ölçüm yapabilen mikrometredir. Deney Parçaları: numune alma ve deney parçalarının kesilmesi TS EN 326-1'e göre yapılmıştır. Boyutlar; deney parçaları, kare biçiminde ve en az kenar uzunluğu 50 mm olarak alınmıştır. Kalınlık ölçme aracı deney numunesine dikkatlice uygulanmış kalınlığı 0,01 mm hassasiyetle ölçülmüştür.

En ve boy ölçümü; En ve boy ölçümü için sürmeli kumpasın sabit çenesi fazla bastırılmadan yerleştirilir. Kumpas, deney numunesinde ölçüm yapılan yüzeye 45° açı yapacak şekilde eğimli olarak uygulanır. En ve boy ölçümü 0,1 mm hassasiyetle yapılmıştır.

3.2.3 Suda kalınlığına şişme (24 saat)

24 saat su içerisinde bekletilen numunelerin kalınlık artımlarının belirlenmesi için su alma deneylerinde kullanılan örneklerden yararlanılmıştır. Kalınlıklar TS-EN 317 (1999)'de belirtilen esaslara uygun olarak 10 adet örnek olarak hazırlanmıştır. Numunelerin tam ortasından $\pm 0,01$ mm duyarlılıkta kumpasla ölçülmüştür. Deney numuneleri 20 ± 1 °C sıcaklıkta temiz suda 24 saat süre ile su yüzeyinden 25 mm

aşağıda tutulmuştur. 24 saat sonra sudan çıkarılan numunelerin fazla suları bir bezle alınmış ve kalınlıklar ilk ölçüm noktasından tekrar ölçülmüştür. Bunlara göre kalınlık artışı aşağıdaki eşitlik 3.2'ye göre hesaplanmıştır.

(3.2)

$$K_a = \frac{m_y - e_k}{e_k} \times 100 (\%)$$

Burada;

Ka = Kalınlık artımı (%)

my = Suda bekletilen numunelerin kalınlığı (mm)

ek= Klimatize edilmiş durumdaki numune kalınlığı (mm)

TS-EN 317 (1999)'da verilen standartlara uygun olarak gerçekleştirililen 24 saat suda kalınlığına şişme ve su emme test cihazı Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2 24 saat kalınlığına şişme ve su emme test cihazı

3.2.4 Su emme (24 saat)

24 saat su alma miktarının belirlenmesinde 50x50 mm ebatlarında 10 adet numune kullanılmıştır. Deney parçaları % 65±5 nisbi rutubet ve 20±2 °C sıcaklıkta değişmez kütleye ulaşmaya kadar klimatize edilmiştir. Her deney parçası 0,01 g duyarlılıkta terazide tartıldıktan sonra içerisindeki suyun sıcaklığı 20±1 °C olan termostatlı su banyosuna numuneler birbirine değmeyecek şekilde su yüzeyinden 25 mm aşağıda olarak konulmuştur. 24 saat sonra numuneler sudan dışarı alınıp bir bez ile fazla suyu

alınmış ve bu durumdaki ağırlıkları 0,01 gr duyarlılıktaki terazide tartılmıştır. Kullanılan su her defasında değiştirilmiştir. Buna göre su alma miktarı eşitlik 3.1'e göre hesaplanmıştır.

(3.1)

$$Gt = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \times 100$$

Burada,

Gt = Su alma miktarı (%)

t1 = Deney numunesinin suya daldırmadan önceki ağırlığı (gr)

t2 = Deney numunesinin suya daldırıldıktan sonraki ağırlığı (gr)

3.2.5 Yüzeye dik yönde çekme direnci

Yüzeye dik çekme direnci deneyleri TS-EN 319'da verilen standartlara uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Her deneme numunelerinden 10 adet olmak üzere 50x50 mm boyutlarında numuneler hazırlanmıştır. Numuneler, nispi rutubeti % 65±5 ve sıcaklığı 20±2 °C olan bir ortamda değişmez kütleye gelinceye kadar kondisyonlanmıştır. Daha sonra her bir deney numunesinin uzunluk ve genişliği TS-EN 325 (1999)'e uygun olarak 0,01 mm duyarlılıktaki kumpasla ölçülmüştür. Bu işlemlerin ardından numunelerin her iki yüzeyine standartlarda belirtilen profillere uygun alüminyum aparatlar hazırlanmıştır. Bu amaçla polivinil asetat tutkalı (PVAc) kullanılmıştır. Yüzeye dik çekme deneylerinin yapılmasında Imal mobiltem shc 22 test cihazı kullanılmıştır. Numune, test makinasının kavrama çeneleri arasında yerleştirilmiş ve çekme kuvveti uygulanarak kırılmıştır. Kuvveti uygulayan başlığın hareket hızı, yükü deney boyunca sabit olarak uygulamasına ve 60±30 saniyede, deney parçasını koparacak maksimum kuvvete ulaşacak şekilde ayarlanmıştır. Deney numunesinin kopmasını sağlayan maksimum kuvvet %1 hassasiyetle ölçülerek kaydedilmiştir. Buna göre yüzeye dik çekme direnci aşağıdaki eşitlik 3.3'e göre hesaplanmıştır.

(3.3)

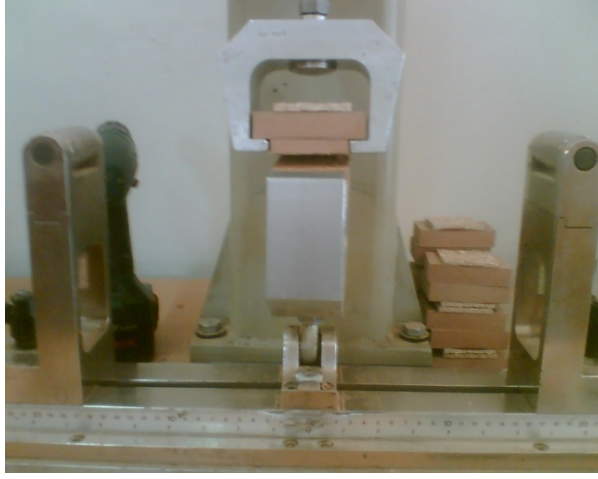
$$f_t = \frac{F_{\max}}{a \times b} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

Burada;

F max = Kopma yükü (Newton)

a,b = Deney numunesinin uzunluk ve genişliği (mm)

TS-EN 319 (1999)'da verilen standartlara uygun olarak gerçekleştirilen yüzeye dik yönde çekme direnci testi Şekil 3.3'de gösterilmiştir.



Şekil 3.3 Yüzeye dik yönde çekme direnci testi

3.2.6 Eğilme direnci

Eğilme direnci deneyleri TS-EN 310 standartlarına uygun olarak yapılmıştır. Örnek boyutları 450x50x18 (levha kalınlığı) mm olarak alınmıştır. Deney numuneleri % 65±5 °C nispi rutubet ve 20±2 °C sıcaklık şartlarında değişmez kütleye ulaşincaya kadar klimatize edilmiştir. 24 saat ara ile yapılan tartmalarda birbirini izleyen iki ölçme arasında kütle farkının, deney parçası kütlesinin % 0,1'inden fazla olmaması durumuna geldiğinde, bu kütle değişmez olarak kabul edilmiştir. 10'ar adet numunenin klimatize edilme işlemi tamamlandıktan sonra genişlikte yükün uygulanacağı yaklaşık bir noktadan, kalınlıklarda ise yüklemenin yapıldığı hat üzerinde iki noktadan 0,01 mm duyarlılıkta kumpasla ölçerek ortalaması alınmıştır.

Deneyleer Imal mobiltem shc 22 test cihazında yapılmıştır. Buna göre her deney parçasının eğilme direnci aşağıdaki eşitlik 3.4'e göre hesap edilmiştir.

(3.4)

$$f_m = \frac{3 \times F_{\max} \times l_1}{2 \times b \times t^2} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

Burada

f_m = Eğilme direnci (N/mm²)

F_{\max} = Kırılma anındaki maksimum kuvvet (N)

l_1 = Dayanakların eksenleri arasındaki mesafe (mm)

b = Deney numunesinin genişliği (mm)

t = Deney numunesinin kalınlığı (mm)

TS-EN 310 (1999)'da verilen standartlara uygun olarak gerçekleştirilmiş eğilme direnci testi Şekil 3.4'de gösterilmiştir.



Şekil 3.4 Eğilme direnci testi

3.2.7 Eğilmede elastikiyet modülü

Eğilmede elastikiyet modülü TS-EN 310 standartlarına uyularak belirlenmiştir. Eğilme direncinde de kullanılan deney numuneleri % 65±5 nispi rutubet ve 20±2 °C sıcaklık şartlarında değişmez kütleye ulaşınca kadar kondisyonlanmıştır. Kuvvet deney boyunca sabit hızla uygulanmış ve yükleme başlığının hızı en büyük kuvvete 60±30 saniyede ulaşacak şekilde ayarlanmıştır. Her deney parçasının elâstikiyet modülü aşağıdaki eşitlik 3.5'e göre hesaplanmıştır.

(3.5)

$$E_m = \frac{l_1^3 \times (F_2 - F_1)}{4 \times b \times t^3 \times (a_2 - a_1)} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

Burada;

l_1 = Dayanakların eksenleri arasındaki mesafe (mm)

b = Deney numunesinin genişliği (mm)

t = Deney numunesinin kalınlığı (mm)

$F_2 - F_1$ = Yük-sehim diyagramı oranlılık bölgesindeki yük artışı (Şekil 2.3) Newton

F_1 = Yaklaşık olarak, en büyük kuvvetin % 10'u, F_2 maksimum yükün % 40'ı olmalıdır.

$a_2 - a_1$ = ($F_2 - F_1$) kuvvet artışları nedeniyle deney parçası uzunluğunun ortasında meydana gelen sehim artışıdır.

3.2.8 Yüzeye dik ve paralel yönde vida çekme deneyi

Vida tutma mukavemetinin tayini TS EN 320 lif levhalar vida tutma mukavemetinin tayini standardına göre yapılmıştır. Deney parçasının yüzey veya kenarından, belirlenen bir vidanın çekilmesi için gereken kuvvet ölçülerek, vida tutma mukavemeti tayin edilmiştir. Kenarlarda vida tutma mukavemetinin tayini kalınlığı en az 15 mm olan levhalar üzerinde yapılmıştır. Metal bağlama tertibatı, kalınlığı 15 mm'den az olan levha yüzeylerinin vida tutma mukavemeti deneyi için, metal bağlama tertibatı ile birlikte merkezi burğu kullanılmıştır. Deney parçaları, % 65±5 nispi rutubet ve 20±2 °C sıcaklık şartlarında, değişmez kütleye ulaşınca kadar

kondisyonlanmıştır. Deney parçaları, kondisyonlandıktan sonra, vidalar, açılan kılavuz (pilot) deliklere vidalanmıştır. Delikler, $2,7\pm 0,1$ mm çapında ve 19 ± 1 derinliğinde olmalıdır. Delikler deney parçasının yüzeyine dik olacak şekilde açılmıştır. Delikler komşu iki kenarın veya yüzeyin ortasına yerleştirilmiştir. Bu deneyde; anma boyutu, $4,2\times 38$ mm, ISO 1478'e göre başlık numarası, ST 4,2 vida dış açıklığı (vida adımı) 1,4 mm olan çelik vida kullanılmıştır. Vidalar; deney parçaları üzerinde açılan deliklere $15\pm 0,5$ mm'lik kısmı, dişlerinin tamamı gömülecek şekilde yerleştirilmiştir. Kalınlığı 15 mm'den az olan levhalarda da deney aynı yolla yapılır. Ancak vidanın uç kısmı 4,2 mm kadar karşı kenardan dışarı çıkar. Şekil 3.5'de Yüzeye dik (a) ve paralel (b) yönde çekme deneyi gösterilmiştir.



(a)

(b)

Şekil 3.5 Yüzeye dik (a) ve paralel (b) yönde çekme deneyi

Her vidaya; üzerinde vida başlığının rahatlıkla girebileceği bir delik bulunan bir bağlama tertibatı yardımıyla, vida başlığının altında aksenal yönde ve giderek artan bir çekme kuvveti ile vida deney parçasından tamamen çıkıncaya kadar ve 10 ± 1 mm/dakika hızla uygulayarak vida çekilmiştir. Vida tutma deneyinde kullanılan deney parçasının her iki kenar ve yüzeyindeki vidanın çekilerek çıkarılması esnasındaki maksimum kuvvet ölçülerek kaydedilmiştir. Daha sonra deney parçasının kenarlarından alınan sonuçların aritmetik ortalaması ile yüzeylerden elde edilen değerlerin aritmetik ortalaması alınarak, yüzeylerde her bir levha için vida tutma kabiliyeti hesaplanmıştır.

3.2.9 Üst ve alt yüzey toluen absorpsiyonu tayini

TS-EN 382-1 göre yüzey absorpsiyonu tayininde 300x2100x18 mm ebatlarında 30 adet numune kullanılmıştır. Deney parçaları % 65+5 nispi rutubette ve 20±2 °C sıcaklıkta değişmez kütleye ulaşınca kadar klimatize edilmiştir. Her deney parçası zımpara yönü aşağıya bakacak şekilde destek üzerine 60±5 °C eğimli olarak yerleştirilmiştir. Tutucu üzerindeki pipet deney numunesi yüzeyinden 1+0,1mm uzaklıkla ve 90±5 °C dik konuma getirilip pipetten 1 ml toluen deney numunesi yüzeyine 4±1 saniye içinde ve 20±2 °C ortamında boşaltılmıştır. Toluenin deney parçası yüzeyinden serbestçe akması izlenmiştir. Deney levhalarının her iki yüzeyi içinde aynı işlem uygulanmıştır. Toluenin deney parçası üzerinde bıraktığı iz şerit metre ile ölçülmüştür.

TS-EN 382-1 (1999)'e belirtilen şartlara göre gerçekleştirilen üst ve alt yüzey toluen absorpsiyonu tayini şekil 3.6'da verilmiştir.



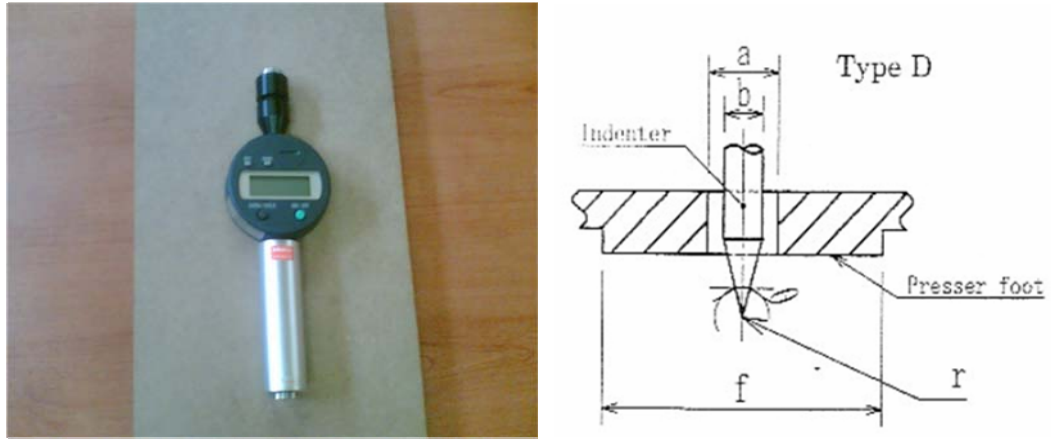
Şekil 3.6 Üst ve alt yüzey toluen absorpsiyonu tayini

3.2.10 Yüzeye dik yönde shore sertlik deneyi

Shore sertlik değeri, özellikle MDF'nin aşınmaya ve delinmeye karşı dayanımı konusunda bizlere bilgi veren önemli bir mekanik parametredir. Bu nedenle shore sertlik değeri tayini sert ve elastomer malzeme yüzeylerinin ölçülmesinde çok sık kullanılmaktadır.

Yüzey sertlik tayini için hazırlanan deney numuneleri sert elastomerler, plastik ve kauçuk yüzeylerin shore sertlik ölçümlerinde; ISI 868, ISO 7619, ASTM D 2240 ve DIN 53 505 ve standartlarına göre Mitutoyo HH 338-01 Shore D dijital model sertlik ölçme cihazı kullanılmıştır. Test, cihazın manuel olarak deney levhasının istenilen noktasına dik yönde tutularak yükleme 0.1 mm (iğne) ucu ile yükleme mesnet plakasının temas ettirilmesine kadar uygulanan yay kuvvetine karşılık gelen eşitlik (yay gücü sınırları) cihazın dijital göstergesinden okunmak suretiyle tespit edilmiştir. Her bir deney parçasının statik sertliği, istenilen yere göre bu şekilde tekrarlanarak yapılmıştır.

Statik shore sertlik deneyi için kullanılan deney cihazı Şekil 3.7’de gösterilmiştir.



Şekil 3.7 (a) Shore sertlik deney cihazı (b) Uygulama şekli

3.2.11 Yüzey pürüzlülük deneyi

Yüzey pürüzlülük testi için belirlenen deney numuneleri DIN 4776 standartlara göre Mitutoyo SurfTest SJ-301 yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı kullanılarak test edilmiştir.

Ölçüm cihazı diferansiyel induktans algılama yöntemi ile çalışmaktadır. Cihazın menü göstergelerinden eksen aralıkları, örnekleme uzunluğu, ölçüm hızı, ölçüm yükseklik ve genişliği aralığı gibi parametreler ayarlanarak ölçümler yapılmaktadır. Test cihazının ölçüm dedektörü deney levhasının istenilen yerine bırakılıp start düğmesine basılarak dedektöre hareket verilir. Dedektör istenilen ölçüm aralığı içerisinde max. Ry ve

min. Ry yüzey pürüzlülük ortalama değerlerini lcd ekranından dijital olarak göstermektedir. Her bir deney levhasının farklı noktalarında ölçüm aralıkları belirlenerek tekrarlı bir şekilde yapılmıştır.

Yüzey pürüzlülük deneyi için kullanılan deney cihazı Şekil 3.8' de gösterilmiştir.



Şekil 3.8 Yüzey pürüzlülük deneyi deney cihazı

3.2.12 Deney sonuçlarının değerlendirilmesinde kullanılan istatistik metotlar

Levha gruplarının, incelenen herhangi bir özellik bakımından homojen olup olmadığı basit varyans analizi yapılarak kontrol edilmiştir. Varyans analizi sonunda:

(3.6)

$$F_{\text{hesap}} = \frac{\text{Gruplar arası varyans}}{\text{Gruplar içi varyans}}$$

oranı ile bulunan F hesap değerleri %95 güven seviyesinde tablodan alınan F tablo değeri ile karşılaştırılmış ve $F_{\text{hesap}} < F_{\text{tablo}}$ olması halinde levhaların aynı topluma ait olduğu (0.05 hata seviyesinde) sonucuna varılmıştır. Aksi halde levhaların homojen olmadığı sonucu kabul edilmiş olur. Dolayısıyla levhalar arasında incelenen özellik bakımından farklılık olduğu kanaatine varılmıştır. Varyans analizi sonucunda levha grupları arasında araştırılan bir özellik bakımından farklılık olup olmadığı LSD testi ile karşılaştırılarak birbirinden farklı ve eşit kabul edilebilecek homojenlik grupları belirlenmiştir. ortalama değerler bulunmuştur. Dolayısıyla hangi levha gruplarının diğerinden önemli ölçüde farklılık göstereceği % 95 güvenle (Analyse of variance – ANOVA) tespit edilmiştir.

4. BULGULAR

4.1 24 saat suda kalınlığına şişmeye ait bulgular

Hammadde türü, yoğunluk seviyesi ve tutkal miktarlarındaki değişime göre elde edilen deney levhalarının 24 Saat suda kalınlığına şişme değerlerine ait bazı istatistiki verileri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 24 saat suda kalınlığına şişmeye (%) ait istatistiki veriler

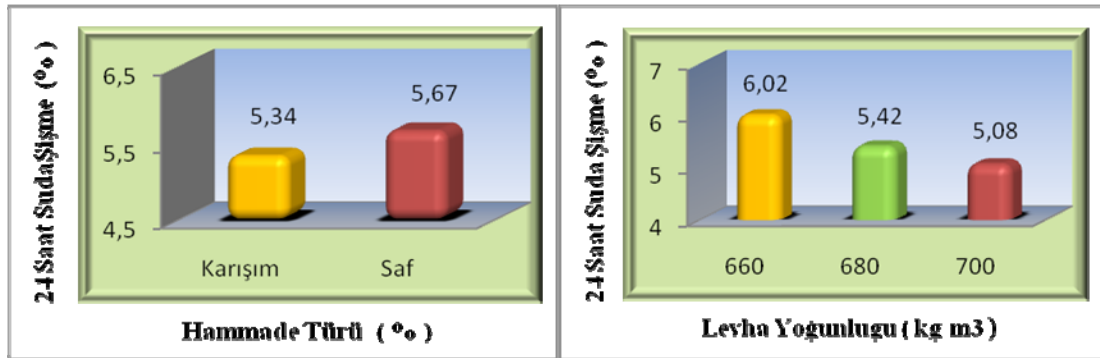
Tutkal Miktarı (kg/m ³)	N	Yoğunluk Seviyesi (kg/m ³)						
		660		680		700		
		Hammadde Türü (%)						
		Karışım	Saf	Karışım	Saf	Karışım	Saf	
180	Xmin	10	6,26	6,16	5,51	5,56	4,64	5,51
	Xmax	10	6,69	7,02	5,63	5,90	4,80	5,81
	Xort	10	6,55	6,66	5,57	5,71	4,72	5,6
	S	10	0,2	0,362	0,049	0,161	0,071	0,142
185	Xmin	10	5,59	5,84	5,3	5,85	4,31	5,34
	Xmax	10	5,98	6,17	5,73	6,02	4,55	5,63
	Xort	10	5,74	6,04	5,48	5,94	4,42	5,53
	S	10	0,168	0,144	0,182	0,081	0,11	0,13
190	Xmin	10	5,85	6,47	4,96	5,43	4,29	5,28
	Xmax	10	6,15	6,7	5,15	5,56	4,68	5,79
	Xort	10	6,00	6,59	5,06	5,49	4,50	5,51
	S	10	0,123	0,112	0,08	0,057	0,162	0,219
195	Xmin	10	6,34	5,32	5,48	5,42	4,46	5
	Xmax	10	6,89	5,52	5,72	5,48	4,79	5,14
	Xort	10	6,63	5,45	5,56	5,52	4,64	5,06
	S	10	0,245	0,093	0,111	0,073	0,153	0,061
200	Xmin	10	5,38	4,89	4,47	5,09	4,95	5,44
	Xmax	10	5,83	5,04	4,74	5,39	5,22	6,52
	Xort	10	5,57	4,99	4,64	5,24	5,08	5,78
	S	10	0,19	0,071	0,116	0,141	0,124	0,5

Çizelge 4.2’de 24 Saat suda kalınlığına şişme değerleri arasında farklılıkların bulunmadığını belirlemek için yapılan varyans analizi ve LSD testi sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.2 24 saat suda kalınlığına şişmeye ait varyans analizi ve LSD testi sonuçları

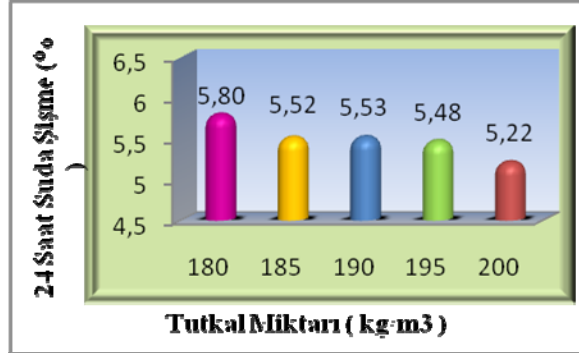
Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Hesap	Önem Düzeyi
Hammadde Türü (A)	1	3,231	3,231	106,202 ***	0,0022
Levha Yoğ. (B)	2	18,186	9,093	298,900 ***	0,0000
A*B	2	4,691	2,345	77,093 ***	0,0000
Tutkal Miktarı (C)	4	4,146	1,036	34,070 ***	0,0039
A*C	4	3,374	0,843	27,726 ***	0,0000
B*C	8	8,587	1,073	35,285 ***	0,0000
A*B*C	8	1,855	0,232	7,624 ***	0,0001
Hata	90	2,738	0,03		
Genel	119	46,808	0,393		
LSD TESTİ					
Değişkenler		Değerler	LSD Testi		
Hamadde Türü (%)	Saf	5,67	a		
	Karışım	5,34		b	
LSD değeri= 0,063 dir.					
Levha Yoğunluğu (kg/m ³)	660	6,02	a		
	680	5,42		b	
	700	5,08			c
LSD değeri=0,078 dir.					
Tutkal Miktarı (kg/m ³)	180	5,80	a		
	190	5,53		b	
	185	5,52		b	
	195	5,48		b	
	200	5,22			c
LSD değeri= 0,100 dir.					

Şekil 4.1'de Her bir parametrenin deneme levhalarının 24 saat suda kalınlığına şişme özellikleri üzerine etkilerini gösteren grafikler verilmiştir.



(a)

(b)



(c)

Şekil 4.1 Hammadde türü (a), levha yoğunluğu (b) ve tutkal miktarının (c) 24 saat suda kalınlığına şişme özellikleri üzerine etkisi

4.2 24 saat su emmeye ait bulgular

Hammadde türü, yoğunluk seviyesi ve tutkal miktarlarından elde edilen deney levhaların 24 Saat su emme'ye ait istatistikî değerleri Çizelge 4.3 'de verilmiştir.

Çizelge 4.3 24 saat su emmeye (%) ait istatistikî veriler

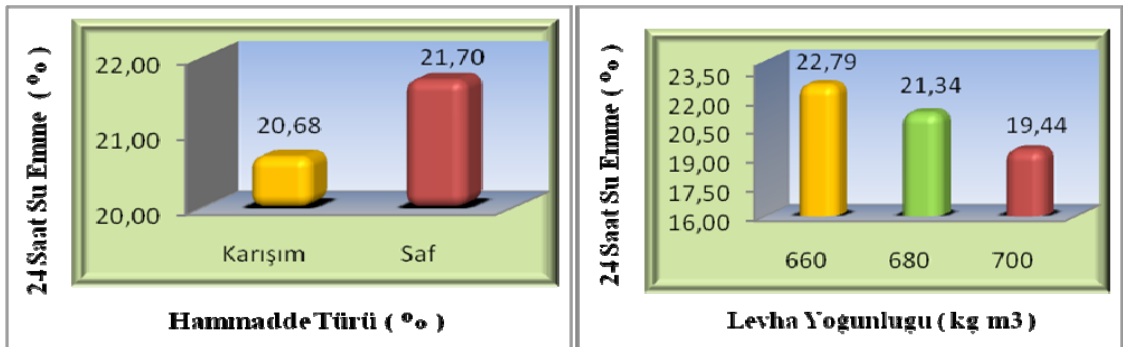
Tutkal Miktarı (kg/m³)	N	Yoğunluk Seviyesi (kg/m³)						
		660		680		700		
		Hammadde Türü (%)						
		Karışım	Saf	Karışım	Saf	Karışım	Saf	
180	Xmin	10	28,01	20,05	20,90	17,09	17,71	16,61
	Xmax	10	34,6	29,33	28,23	24,04	19,15	19,47
	Xort	10	29,92	26,09	23,85	21,22	18,47	17,91
	S	10	3,134	4,334	3,114	3,258	0,59	1,178
185	Xmin	10	20,14	23,47	19,56	17,47	17,33	16,29
	Xmax	10	23,98	27,53	20,90	20,56	19,03	18,00
	Xort	10	22,46	25,64	20,10	18,81	18,37	17,02
	S	10	1,871	1,684	0,588	1,436	0,752	0,742
190	Xmin	10	18,16	18,79	18,45	17,51	17,17	16,06
	Xmax	10	20,73	21,89	20,71	18,33	18,79	17,28
	Xort	10	19,54	20,41	19,76	17,91	18,22	16,92
	S	10	1,055	1,279	1,105	0,34	0,717	0,574
195	Xmin	10	19,77	17,36	23,34	23,48	17,18	23,84
	Xmax	10	20,94	19,88	23,98	26,31	18,69	25,11
	Xort	10	20,17	18,9	23,74	25,25	18,03	24,50
	S	10	0,53	1,12	0,281	1,344	0,691	0,54
200	Xmin	10	19,49	23,51	17,18	23,71	18,28	23,03
	Xmax	10	20,59	25,76	19,31	25,82	20,21	27,65
	Xort	10	20,06	24,68	18,48	24,31	19,00	25,93
	S	10	0,451	0,94	0,912	1,012	0,842	2,016

Çizelge 4.4’de 24 Saat su emme değerleri arasında farklılıkların bulunup bulunmadığını belirlemek için yapılan varyans analizi ve LSD testi sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.4 24 saat su emmeye ait varyans analizi ve LSD testi sonuçları

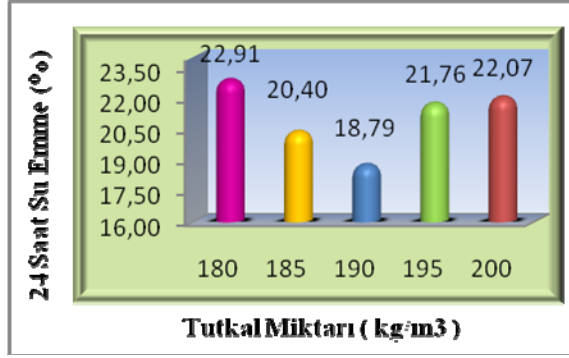
Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Hesap	Önem Düzeyi
Hammadde Türü (A)	1	31,263	31,263	12,126 **	0,0011
Levha Yoğ. (B)	2	225,841	112,921	43,797 ***	0,0001
A*B	2	16,263	8,132	3,154 *	0,0461
Tutkal Miktarı (C)	4	250,576	62,644	24,297 ***	0,0000
A*C	4	236,697	59,174	22,951 ***	0,0000
B*C	8	463,55	57,944	22,474 ***	0,0000
A*B*C	8	96,844	12,105	4,695 ***	0,0002
Hata	90	232,046	2,578		
Genel	119	1553,08	13,051		
LSD TESTİ					
Değişkenler		Değerler	LSD Testi		
Hamadde Türü (%)	Saf	21,70	a		
	Karışım	20,68		b	
LSD değer i= 0,583 dir.					
Levha Yoğunluğu (kg/m ³)	660	22,79	a		
	680	21,34		b	
	700	19,44			c
LSD değeri = 0,714 dir.					
Tutkal Miktarı (kg/m ³)	180	22,91	a		
	200	22,07	a	b	
	195	21,76		b	
	185	20,40			c
	190	18,79			d
LSD değeri = 0,922 dir.					

Şekil 4.2’de her bir parametrenin deneme levhalarının 24 saat su emme özellikleri üzerine etkilerini gösteren (a), (b), (c) grafikler verilmiştir.



(a)

(b)



(c)

Şekil 4.2 Hammadde türü (a), levha yoğunluğu(b) ve tutkal miktarının (c) 24 saat su emme özellikleri üzerine etkisi

4.3 Çekme direncine ait bulgular

Hammadde türü, yoğunluk seviyesi ve tutkal miktarlarından elde edilen deneme levhaların çekme direncine ait istatistiksel verileri Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.5 Çekme direncine (N/ mm²) istatistiksel veriler

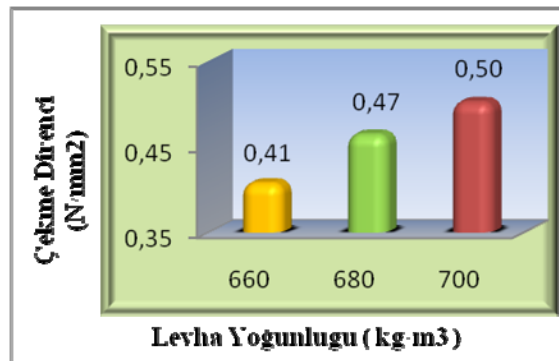
Tutkal Miktarı (kg/m ³)	N	Hammadde Türü (%)						
		Karışım		Saf		Karışım		
		Yoğunluk Seviyesi (kg/m ³)						
		660	660	680	680	700	700	
180	Xmin	10	0,35	0,38	0,42	0,42	0,44	0,44
	Xmax	10	0,40	0,49	0,48	0,48	0,51	0,61
	Xort	10	0,38	0,43	0,45	0,45	0,47	0,50
	S	10	0,02	0,05	0,03	0,03	0,03	0,08
185	Xmin	10	0,38	0,38	0,40	0,45	0,45	0,53
	Xmax	10	0,46	0,43	0,51	0,50	0,52	0,57
	Xort	10	0,42	0,41	0,47	0,48	0,47	0,55
	S	10	0,03	0,02	0,05	0,02	0,03	0,02
190	Xmin	10	0,37	0,33	0,46	0,48	0,47	0,58
	Xmax	10	0,48	0,43	0,50	0,53	0,57	0,57
	Xort	10	0,42	0,39	0,48	0,50	0,54	0,54
	S	10	0,05	0,05	0,02	0,02	0,05	0,05
195	Xmin	10	0,33	0,33	0,42	0,45	0,45	0,48
	Xmax	10	0,38	0,44	0,52	0,51	0,55	0,57
	Xort	10	0,35	0,39	0,47	0,48	0,52	0,52
	S	10	0,02	0,05	0,04	0,03	0,05	0,06
200	Xmin	10	0,37	0,35	0,41	0,44	0,43	0,46
	Xmax	10	0,45	0,40	0,52	0,50	0,54	0,52
	Xort	10	0,41	0,38	0,47	0,48	0,51	0,50
	S	10	0,04	0,02	0,05	0,03	0,05	0,03

Çizelge 4.6’da farklı hammadde türü, yoğunluk seviyesi ve tutkal miktarlarından elde edilen deneme levhalarının çekme dirençleri arasında farklılıkların olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizi ve LSD testi sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.6 Çekme direncine ait varyans analizi ve LSD testi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Hesap	Önem Düzeyi
Odun Karışımı (A)	1	0,004	0,004	2,508 ns	0,1128
Levha Yoğ. (B)	2	0,185	0,092	52,218 ***	0
A*B	2	0,005	0,002	1,272 ns	0,2846
Tutkal Miktarı (C)	4	0,008	0,002	1,093 ns	0,3652
A*C	4	0,009	0,002	1,231 ns	0,3027
B*C	8	0,042	0,005	2,94 **	0,006
A*B*C	8	0,028	0,004	2,001 ns	0,0548
Hata	90	0,159	0,002		
Genel	119	0,44	0,004		
LSD TESTİ					
Değişkenler		Değerler	LSD Testi		
Levha Yoğunluğu (kg/m ³)	700	0,50	a		
	680	0,47		b	
	660	0,41			c
LSD değeri=0,019 dir.					

Şekil 4.3’de levha yoğunluğunun çekme direnci üzerine etkisini gösteren grafik verilmiştir.



Şekil 4.3 Levha yoğunluğunun çekme dirençleri üzerine etkisi

4.4 Eğilme direncine ait bulgular

Hammadde türü, yoğunluk seviyesi ve tutkal miktarlarından elde edilen deneme levhalarının eğilme direncine ait istatistikî verileri Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7 Eğilme direncine (N/ mm²) ait istatistikî veriler

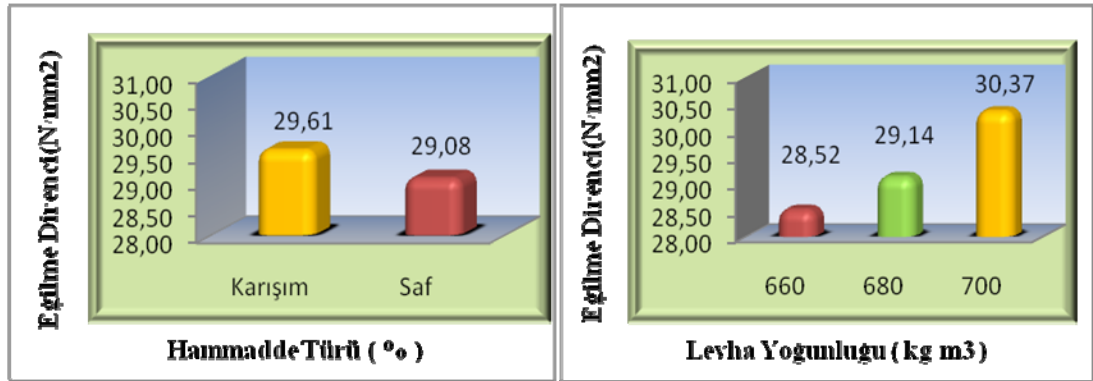
Tutkal Miktarı (kg/m ³)	N	Hammadde Türü (%)						
		Karışım		Saf		Karışım		
		Yoğunluk Seviyesi (kg/m ³)						
		660	660	680	680	700	700	
180	Xmin	10	27,8	26,7	28,5	26	30	28,7
	Xmax	10	30,7	29,4	29,7	27,2	31,9	31,3
	Xort	10	28,98	28,25	29,13	26,55	30,85	30,28
	S	10	1,292	1,185	0,613	0,52	0,794	1,127
185	Xmin	10	26,5	25,5	27,9	26,9	30,2	31,7
	Xmax	10	30,2	27,3	30,6	29,3	33,6	32,5
	Xort	10	28,13	26,3	28,9	27,93	31,38	32,1
	S	10	1,586	0,762	1,257	1,04	1,559	0,365
190	Xmin	10	28,2	27,5	30,2	27,5	27,5	30,8
	Xmax	10	31	30,7	32,3	29,2	30,6	33,1
	Xort	10	29,73	28,6	31,23	28,25	29	32,3
	S	10	1,269	1,465	0,918	0,759	1,485	1,023
195	Xmin	10	27,3	25,5	27,2	28,9	29	27,5
	Xmax	10	31,2	30,4	32,3	31,5	31,2	29,6
	Xort	10	28,85	27,9	29,93	30,33	30,33	29,03
	S	10	1,662	2,325	2,466	1,072	0,936	1,021
200	Xmin	10	27,8	27	29,6	28,5	27,8	27,9
	Xmax	10	29,5	30,9	31,4	29,4	31,3	30,5
	Xort	10	28,7	29,78	30,2	28,93	28,78	29,3
	S	10	0,829	1,855	0,816	0,369	1,688	1,071

Çizelge 4.8’de farklı hammadde türü, yoğunluk seviyesi ve tutkal miktarlarından elde edilen deneme levhalarının eğilme dirençleri arasında farklılıkların olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizi ve LSD testi sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.8 Eğilme direncine ait varyans analizi ve LSD testi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Hesap	Önem Düzeyi
Hammadde Türü (A)	1	8,374	8,374	5,061 *	0,0253
Levha Yoğ. (B)	2	70,807	35,404	21,396 ***	0,0000
A*B	2	22,231	11,116	6,718 **	0,0023
Tutkal Miktarı (C)	4	10,481	2,62	1,584 ns	0,1845
A*C	4	6,504	1,626	0,983 ns	0,4223
B*C	8	72,955	9,119	5,511 ***	0,0001
A*B*C	8	39,535	4,942	2,987 **	0,0054
Hata	90	148,923	1,655		
Genel	119	379,81	3,192		
LSD TESTİ					
Değişkenler		Değerler	LSD Testi		
Hamadde Türü (%)	Karışım	29,61	a		
	Saf	29,08		b	
LSD değeri=0,467 dir.					
Levha Yoğunluğu (kg/m ³)	700	30,37	a		
	680	29,14		b	
	660	28,52			c
LSD değeri=0,572 dir.					

Şekil 4.4’de hammadde türü ve levha yoğunluğunun eğilme direnci üzerine etkisini gösteren grafik verilmiştir.



(a)

(b)

Şekil 4.4 Hammadde türü (a) ve levha yoğunluğunun (b) eğilme direnci üzerine etkisi

4.5 Eğilmede elastikiyet modülüne ait bulgular

Hammadde türü, yoğunluk seviyesi ve tutkal miktarlarından elde edilen deneme levhalarının eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait istatistiki verileri Çizelge 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.9 Eğilmede elastikiyet modülü direncine (N/ mm²) ait istatistiki veriler

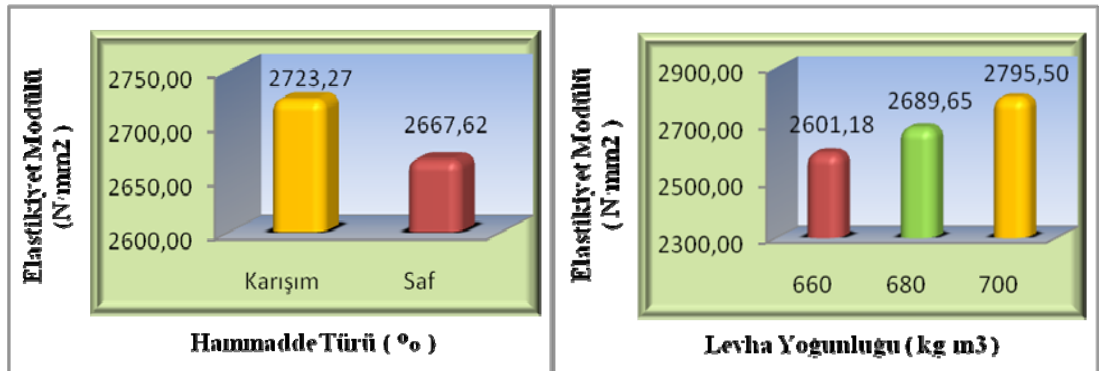
Tutkal Miktarı (kg/m ³)	N	Hammadde Türü (%)						
		Karışım	Saf	Karışım	Saf	Karışım	Saf	
		Yoğunluk Seviyesi (kg/m ³)						
		660	660	680	680	700	700	
180	Xmin	10	2506	2533	2607	2381	2787	2683
	Xmax	10	2760	2743	2699	2625	2988	2875
	Xort	10	2645,75	2668,75	2634,75	2498,5	2859,5	2777
	S	10	125,418	97,216	43,115	104,708	89,928	89,566
185	Xmin	10	2519	2459	2633	2616	2848	2814
	Xmax	10	2690	2586	2788	2711	3061	2906
	Xort	10	2614	2510,25	2719,25	2667,5	2955,75	2845,75
	S	10	71,791	57,488	71,196	45,052	94,412	41,892
190	Xmin	10	2495	2603	2703	2622	2595	2785
	Xmax	10	2618	2645	2896	2818	2779	2942
	Xort	10	2572	2624	2789,75	2705,25	2705,25	2844,25
	S	10	56,657	21,556	83,52	93,521	78,792	69,973
195	Xmin	10	2511	2452	2749	2486	2749	2647
	Xmax	10	2647	2674	2897	2871	2868	2954
	Xort	10	2599,5	2558	2823,25	2696,75	2801	2786,25
	S	10	60,556	118,903	84,017	161,747	54,912	129,42
200	Xmin	10	2612	2346	2721	2485	2569	2517
	Xmax	10	2771	2686	2801	2688	2828	2835
	Xort	10	2678,75	2540,75	2760,5	2601	2690	2690,25
	S	10	66,74	145,34	43,401	86,883	108,711	137,703

Çizelge 4.10'da farklı hammadde türü, yoğunluk seviyesi ve tutkal miktarlarından elde edilen deneme levhalarının eğilmede elastikiyet modülü değerleri arasında farklılıkların olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizi ve LSD testi sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.10 Elastikiyet modülüne ait varyans analizi ve LSD testi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Hesap	Önem Düzeyi
Hammadde Türü (A)	1	92907,7	92907,7	11,265 **	0,0015
Levha Yoğ. (B)	2	757257	378628	45,909 ***	0,0000
A*B	2	51058,1	25529	3,095 *	0,0487
Tutkal Miktarı (C)	4	56765,7	14191,4	1,721 ns	0,1513
A*C	4	68362,8	17090,7	2,072 ns	0,0901
B*C	8	358537	44817,2	5,434 ***	0,0001
A*B*C	8	73737,6	9217,2	1,118 ns	0,3589
Hata	90	742262	8247,35		
Genel	119	2200888	18494,9		
LSD TESTİ					
Değişkenler		Değerler	LSD Testi		
Hamadde Türü (%)	Karışım	2723,27	a		
	Saf	2667,62		b	
LSD değeri=32,979 dir.					
Levha Yoğunluğu (kg/m ³)	700	2795,50	a		
	680	2689,65		b	
	660	2601,18			c
LSD değeri=40,391 dir.					

Şekil 4.5’de hammadde türü ve levha yoğunluğunun eğilmede elastikiyet modülü üzerine etkisini gösteren grafik verilmiştir.



(a)

(b)

Şekil 4.5 Hammadde türü (a), levha yoğunluğunun (b) elastik modülü üzerine etkisi

4.6 Vida çekme direncine ait bulgular

4.6.1 Yüzey vida çekme direncine ait bulgular

Hammadde türü, yoğunluk seviyesi ve tutkal miktarlarından elde edilen deneme levhalarının yüzey vida çekme direncine ait istatistikî verileri Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11 Yüzey vida çekme direncine (N) ait istatistikî veriler

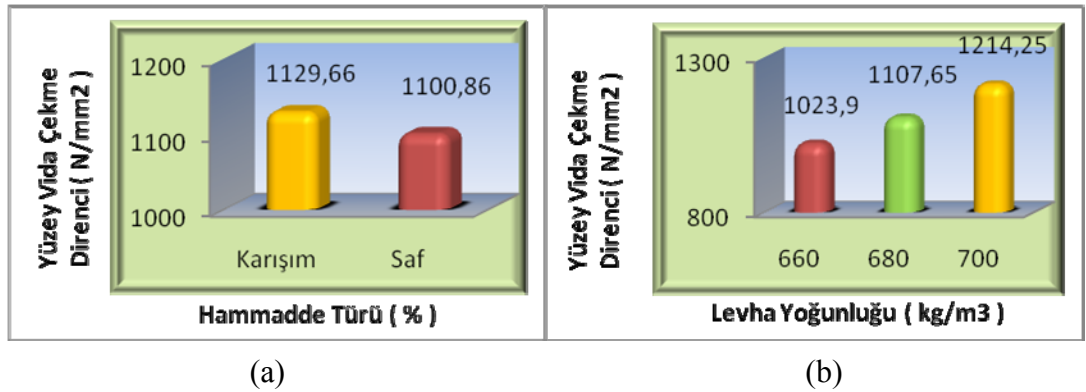
Tutkal Miktarı (kg/m ³)	N	Hammadde Türü (%)						
		Karışım	Saf	Karışım	Saf	Karışım	Saf	
		Yoğunluk Seviyesi (kg/m ³)						
		660	660	680	680	700	700	
180	Xmin	10	972	905	1025	1042	1329	1261
	Xmax	10	1019	1038	1136	1102	1342	1273
	Xort	10	995,5	971,5	1080,5	1072	1335,5	1267
	S	10	33,234	94,045	78,489	42,426	9,192	8,485
185	Xmin	10	1002	989	1078	1058	1212	1193
	Xmax	10	1128	1002	1208	1104	1216	1265
	Xort	10	1065	995,5	1143	1081	1214	1229
	S	10	89,095	9,192	91,924	32,527	2,828	50,912
190	Xmin	10	995	900	1117	1043	1053	1137
	Xmax	10	1100	1063	1128	1098	1202	1266
	Xort	10	1047,5	981,5	1122,5	1070,5	1127,5	1201,5
	S	10	74,246	115,258	7,778	38,891	105,359	91,217
195	Xmin	10	1042	1002	1134	1116	1233	1157
	Xmax	10	1078	1031	1174	1160	1236	1180
	Xort	10	1060	1016,5	1154	1138	1234,5	1168,5
	S	10	25,456	20,506	28,284	31,113	2,121	16,263
200	Xmin	10	1015	1053	1116	1054	1196	1130
	Xmax	10	1078	1066	1128	1132	1198	1206
	Xort	10	1046,5	1059,5	1122	1093	1197	1168
	S	10	44,548	9,192	8,485	55,154	1,414	53,74

Çizelge 4.12’de hammadde türü, yoğunluk seviyesi ve tutkal miktarlarından elde edilen deneme levhalarının yüzey vida çekme dirençleri arasında farklılıkların olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizi ve LSD testi sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.12 Yüzey vida çekme direncine ait varyans analizi ve LSD testi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Hesap	Önem Düzeyi
Hammadde Türü (A)	1	12441,6	12441,6	4,186 *	0,0470
Levha Yoğ. (B)	2	364072	182036	61,246 ***	0,0000
A*B	2	1499,7	749,85	0,252 ns	0,7807
Tutkal Miktarı (C)	4	9465,57	2366,39	0,796 ns	0,5389
A*C	4	2053,23	513,308	0,173 ns	0,9484
B*C	8	57257,5	7157,19	2,408 *	0,0384
A*B*C	8	19136,5	2392,06	0,805 ns	0,6043
Hata	90	89166	2972,2		
Genel	119	555092	9408,33		
LSD TESTİ					
Değişkenler		Değerler	LSD Testi		
Hamadde Türü (%)	Karışım	1129,67	a		
	Saf	1100,87		b	
LSD değeri=28,769 dir.					
Levha Yoğunluğu (kg/m ³)	700	1214,25	a		
	680	1107,65		b	
	660	1023,90			c
LSD değeri=35,235 dir.					

Şekil 4.6'da hammadde türü ve levha yoğunluğunun yüzey vida çekme direnci üzerine etkisini gösteren grafik verilmiştir.



Şekil 4.6 hammadde türü (a), levha yoğunluğunun (b) yüzey vida çekme direncine etkisi

4.6.2 Kenar vida çekme direncine ait bulgular

Hammadde türü, yoğunluk seviyesi ve tutkal miktarlarından elde edilen levhaların kenar vida çekme direncine ait istatistikî verileri Çizelge 4.13’de verilmiştir.

Çizelge 4.13 Kenar vida çekme direncine (N) ait istatistiği veriler

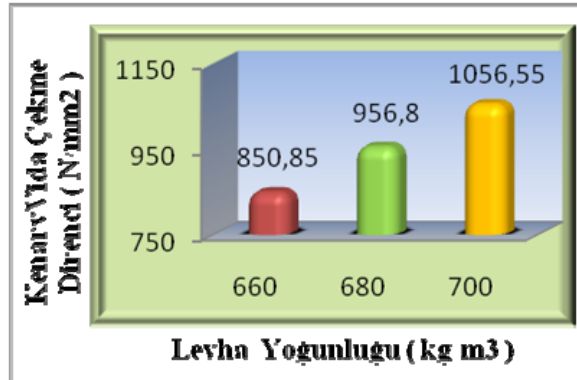
Tutkal Miktarı (kg/m ³)	N	Hammadde Türü (%)						
		Karışım	Saf	Karışım	Saf	Karışım	Saf	
		Yoğunluk Seviyesi (kg/m ³)						
		660	660	680	680	700	700	
180	Xmin	10	778	881	1016	907	935	943
	Xmax	10	859	940	1039	953	1188	1293
	Xort	10	818,5	910,5	1027,5	930	1061,5	1118
	S	10	57,28	41,72	16,26	32,53	178,9	247,49
185	Xmin	10	782	842	870	951	999	955
	Xmax	10	995	850	977	955	1152	1048
	Xort	10	888,5	846	923,5	953	1075,5	1001,5
	S	10	150,61	5,66	75,66	2,83	108,19	65,76
190	Xmin	10	833	745	887	893	1049	1094
	Xmax	10	898	861	952	1049	1170	1102
	Xort	10	865,5	803	919,5	971	1109,5	1098
	S	10	45,96	82,02	45,96	110,31	85,56	5,66
195	Xmin	10	711	907	787	989	1001	919
	Xmax	10	879	930	999	999	1051	1078
	Xort	10	795	918,5	893	994	1026	998,5
	S	10	118,79	16,26	149,91	7,07	35,36	112,43
200	Xmin	10	715	790	941	885	985	1011
	Xmax	10	844	977	1019	1068	1018	1140
	Xort	10	779,5	883,5	980	976,5	1001,5	1075,5
	S	10	91,22	132,23	55,15	129,4	23,34	91,22

Çizelge 4.14’de hammadde türü, yoğunluk seviyesi ve tutkal miktarlarından elde edilen deneme levhalarının kenar vida çekme dirençleri arasında farklılıkların olup olmadığını belirlemek için yapılan varyans analizi ve LSD testi sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.14 Kenar vida çekme direncine ait varyans analizi ve LSD testi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Hesap	Önem Düzeyi
Odun Karışımı (A)	1	6531,27	6531,27	0,700 ns	0,4142
Levha Yoğ. (B)	2	423253	211627	22,691 ***	0,0000
A*B	2	4044,23	2022,12	0,217 ns	0,8070
Tutkal Miktarı (C)	4	11242,2	2810,56	0,301 ns	0,8746
A*C	4	20113,9	5028,48	0,539 ns	0,7109
B*C	8	23480	2935	0,315 ns	0,9539
A*B*C	8	47830,1	5978,76	0,641 ns	0,7383
Hata	90	279795	9326,5		
Genel	119	816290	13835,4		
LSD TESTİ					
Değişkenler		Değerler	LSD Testi		
Levha Yoğunluğu (kg/m ³)	700	1056,55	a		
	680	956,80		b	
	660	850,85			c
LSD değeri=62.416 dir.					

Şekil 4.7’de levha yoğunluğunun kenar vida çekme dirençleri üzerine etkisini gösteren grafik verilmiştir.



Şekil 4.7 Levha yoğunluklarının kenar vida çekme direnci özellikleri üzerine etkisi

4.7 Yüzey absorpsiyonuna ait bulgular

4.7.1 Üst yüzey absorpsiyonuna ait bulgular

Hammadde türü, yoğunluk seviyesi ve tutkal miktarlarından elde edilen deneme levhalarının üst yüzey absorpsiyonuna ait istatistiki verileri Çizelge 4.15’de verilmiştir.

Çizelge 4.15 Üst yüzey toluen absorpsiyonuna (cm) ait istatistiki veriler

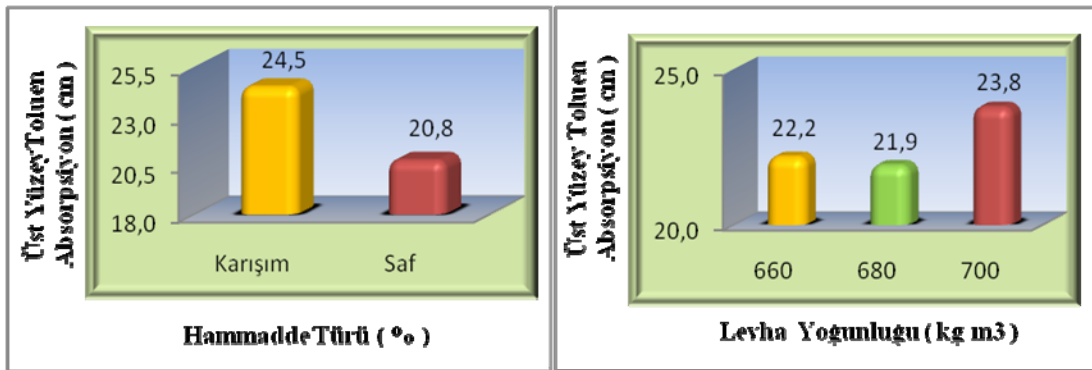
Tutkal Miktarı (kg/m ³)	N	Yoğunluk Seviyesi (kg/m ³)						
		660		680		700		
		Karışım Oranı (%)						
		Karışım	Saf	Karışım	Saf	Karışım	Saf	
180	Xmin	10	22,00	14,00	20,00	16,00	26,00	15,00
	Xmax	10	24,00	15,00	25,00	17,00	30,00	18,00
	Xort	10	23,30	14,70	22,30	16,30	28,00	16,50
	S	10	1,00	0,58	2,52	0,58	2,00	1,53
185	Xmin	10	16,00	19,00	23,00	15,00	27,00	18,00
	Xmax	10	19,00	21,00	24,00	21,00	30,00	21,00
	Xort	10	18,30	20,30	23,30	18,30	28,30	19,00
	S	10	1,53	1,16	0,58	3,06	1,53	1,53
190	Xmin	10	25,00	27,00	23,00	18,00	22,00	16,00
	Xmax	10	26,00	33,00	26,00	20,00	29,00	20,00
	Xort	10	25,30	29,00	24,70	19,30	25,30	17,30
	S	10	0,58	3,46	1,53	1,16	3,51	2,08
195	Xmin	10	21,00	16,00	26,00	18,00	26,00	26,00
	Xmax	10	23,00	19,00	33,00	24,00	40,00	29,00
	Xort	10	23,00	18,00	29,50	20,30	32,00	27,30
	S	10	1,16	1,73	3,51	3,22	7,21	1,53
200	Xmin	10	24,00	25,00	22,00	21,00	19,00	23,00
	Xmax	10	27,00	28,00	24,00	24,00	23,00	27,00
	Xort	10	23,50	26,30	23,00	22,00	19,30	25,00
	S	10	1,53	1,53	1,00	1,73	2,08	2,08

Çizelge 4.16’da hammadde türü, yoğunluk seviyesi ve tutkal miktarlarından elde edilen deneme levhalarının üst yüzey absorpsiyonları arasında farklılıkların olup olmadığını gösteren varyans analizi ve LSD testi sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.16 Üst yüzey toluen absorpsiyonuna ait varyans analizi ve LSD testi sonuçları

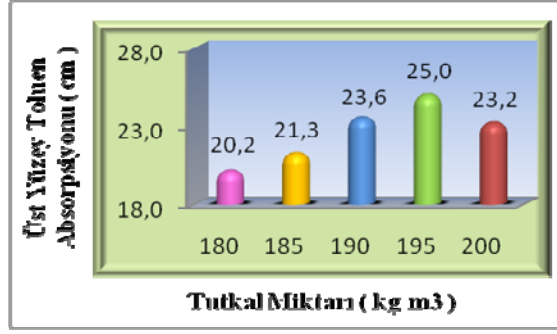
Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Hesap	Önem Düzeyi
Hammadde Türü (A)	1	313,6	313,6	44,031 ***	0,0000
Levha Yoğ. (B)	2	61,156	30,578	4,293 *	0,0177
A*B	2	81,067	40,533	5,691 **	0,0057
Tutkal Miktarı (C)	4	264,956	66,239	9,3 ***	0,0000
A*C	4	313,844	78,461	11,016 ***	0,0000
B*C	8	522,511	65,314	9,17 ***	0,0000
A*B*C	8	240,156	30,019	4,215 ***	0,0007
Hata	90	427,333	7,122		
Genel	119	2224,62	24,996		
LSD TESTİ					
Değişkenler		Değerler	LSD Testi		
Hamadde Türü (%)	Karışım	24,5	a		
	Saf	20,8		b	
LSD değeri=1.127 dir.					
Levha Yoğunluğu (kg/m ³)	700	23,8	a		
	660	22,2		b	
	680	21,9		b	
LSD değeri=1,380 dir.					
Tutkal Miktarı (kg/m ³)	195	25,0	a		
	190	23,6	a		
	200	23,2	a		
	185	21,3		b	
LSD değeri=1,781 dir.					

Şekil 4.8'de her bir parameterenin deneme levhalarının üst yüzey absorpsiyon değerleri üzerine etkisini gösteren (a),(b),(c) grafikleri verilmiştir.



(a)

(b)



(c)

Şekil 4.8 Hammadde türü (a), levha yoğunluğu (b) ve tutkal miktarının (c) üst yüzey absorpsiyon değerleri üzerine etkisi

4.7.2 Alt yüzey absorpsiyonuna ait bulgular

Hammadde türü, yoğunluk seviyesi ve tutkal miktarlarından elde edilen levhaların alt yüzey absorpsiyonuna ait istatistiki verileri Çizelge 4.17’de verilmiştir.

Çizelge 4.17 Alt yüzey toluen absorpsiyonuna (cm) ait istatistiki veriler

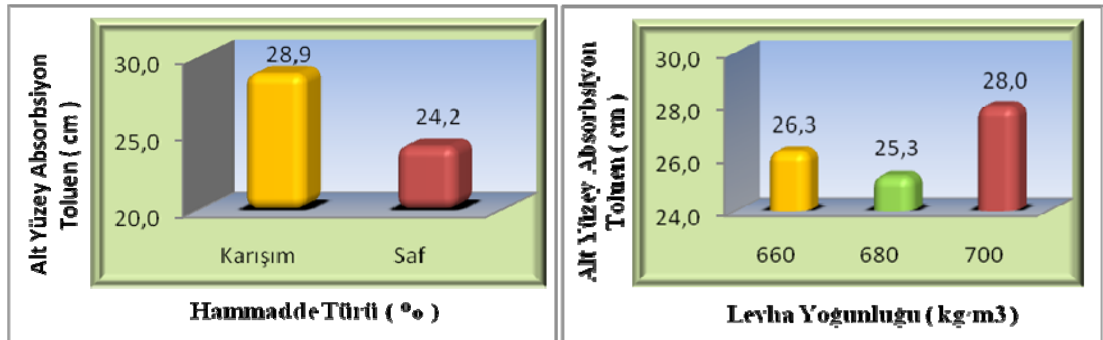
Tutkal Miktarı (kg/m ³)	N	Yoğunluk Seviyesi (kg/m ³)						
		660		680		700		
		Karışım Oranı (%)						
		Karışım	Saf	Karışım	Saf	Karışım	Saf	
180	Xmin	10	28,00	19,00	26,00	19,00	27,00	19,00
	Xmax	10	29,00	21,00	32,00	22,00	38,50	23,00
	Xort	10	28,50	20,00	30,00	21,50	37,00	20,50
	S	10	0,58	1,16	3,06	1,53	1,73	2,00
185	Xmin	10	21,00	21,00	24,00	20,00	30,00	20,00
	Xmax	10	25,00	24,00	31,00	22,00	32,00	22,00
	Xort	10	23,50	22,50	27,50	21,00	31,00	21,00
	S	10	2,31	1,53	3,79	1,16	1,16	1,00
190	Xmin	10	29,00	27,00	25,00	19,00	28,00	20,00
	Xmax	10	30,00	36,00	30,00	22,00	33,00	25,00
	Xort	10	29,50	31,50	26,50	20,50	30,50	22,50
	S	10	0,58	4,73	2,65	1,53	2,89	2,65
195	Xmin	10	23,00	21,00	31,00	26,00	30,00	30,00
	Xmax	10	29,00	22,00	35,00	27,00	42,00	31,00
	Xort	10	26,00	21,50	33,00	26,50	36,00	30,50
	S	10	3,06	0,58	2,08	0,58	6,03	0,58
200	Xmin	10	26,00	30,00	23,00	20,00	23,00	27,00
	Xmax	10	29,00	37,00	25,00	24,00	28,00	30,00
	Xort	10	23,00	33,50	24,00	22,00	25,50	28,50
	S	10	1,53	3,61	1,00	2,00	4,04	1,53

Çizelge 4.18'de Hammadde türü, yoğunluk seviyesi ve tutkal miktarlarından elde edilen deneme levhalarının alt yüzey absorpsiyonları arasında farklılıkların bulunmadığını gösteren varyans analizi ve LSD testi sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.18 Alt yüzey absorpsiyonuna ait varyans analizi ve LSD testi sonuçları

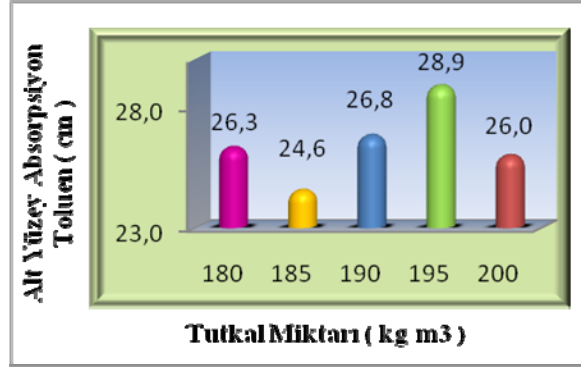
Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Hesap	Önem Düzeyi
Hammadde Türü (A)	1	504,1	504,1	67,715 ***	0,0000
Levha Yoğ. (B)	2	106,956	53,478	7,184 *	0,0020
A*B	2	142,467	71,233	9,569 **	0,0005
Tutkal Miktarı (C)	4	177,733	44,433	5,969 ***	0,0006
A*C	4	593,067	148,267	19,916 ***	0,0000
B*C	8	629,933	78,742	10,577 ***	0,0000
A*B*C	8	183,533	22,942	3,082 ***	0,0058
Hata	90	446,667	7,444		
Genel	119	2784,46	31,286		
LSD TESTİ					
Değişkenler		Değerler	LSD Testi		
Hamadde Türü (%)	Karışım	28,9	a		
	Saf	24,2		b	
LSD değeri=1.152 dir.					
Levha Yoğunluğu (kg/m ³)	700	28,0	a		
	660	26,3		b	
	680	25,3		b	
LSD değeri=1,411 dir.					
Tutkal Miktarı (kg/m ³)	195	28,9	a		
	190	26,8		b	
	180	26,3		b	c
	200	26,0		b	c
	185	24,6			c
LSD değeri=1,821 dir.					

Şekil 4.9'da her bir parameterenin deneme levhalarının alt yüzey absorpsiyon değerleri üzerine etkisini gösteren (a),(b),(c) grafikleri verilmiştir.



(a)

(b)



(c)

Şekil 4.9 hammadde türü (a), levha yoğunluğu (b) ve tutkal miktarının (c) alt yüzey absorpsiyon değerleri üzerine etkisi

4.8 Yüzey sertliğine ait bulgular

Hammadde türü, yoğunluk seviyesi ve tutkal miktarlarından elde edilen levhaların yüzey sertliğine ait istatistikî verileri Çizelge 4.19’da verilmiştir.

Çizelge 4.19 Yüzey sertliğine (mmN) ait istatistikî veriler

Tutkal Miktarı (kg/m ³)	N	Yoğunluk Seviyesi (kg/m ³)						
		660		680		700		
		Hammadde Türü (%)						
		Karışım	Saf	Karışım	Saf	Karışım	Saf	
180	Xmin	10	75,00	74,50	77,00	74,00	76,50	76,00
	Xmax	10	76,50	78,50	78,50	76,00	78,50	78,00
	Xort	10	75,75	76,88	77,63	75,13	77,50	77,13
	S	10	0,65	1,70	0,75	0,85	0,91	0,85
185	Xmin	10	75,50	71,50	77,00	74,50	77,50	75,00
	Xmax	10	78,00	74,50	79,00	75,50	78,50	76,50
	Xort	10	76,88	72,88	77,75	75,00	78,00	75,76
	S	10	1,03	1,25	0,96	0,41	0,41	0,64
190	Xmin	10	77,00	74,00	76,00	74,50	77,50	76,00
	Xmax	10	78,50	76,00	78,00	77,00	79,00	78,00
	Xort	10	77,88	74,50	76,75	75,63	78,00	76,88
	S	10	0,75	1,00	0,96	1,11	0,71	0,85
195	Xmin	10	75,00	74,00	76,50	75,00	75,50	76,50
	Xmax	10	78,50	75,00	78,50	76,50	78,00	78,50
	Xort	10	76,50	74,63	77,63	75,50	76,75	77,63
	S	10	1,58	0,48	1,03	0,71	1,04	0,85
200	Xmin	10	76,50	75,50	78,00	73,50	75,00	75,50
	Xmax	10	79,00	77,00	79,50	76,00	78,00	76,50
	Xort	10	77,50	76,50	78,50	74,88	76,50	75,88
	S	10	1,08	0,71	0,71	1,11	1,29	0,48

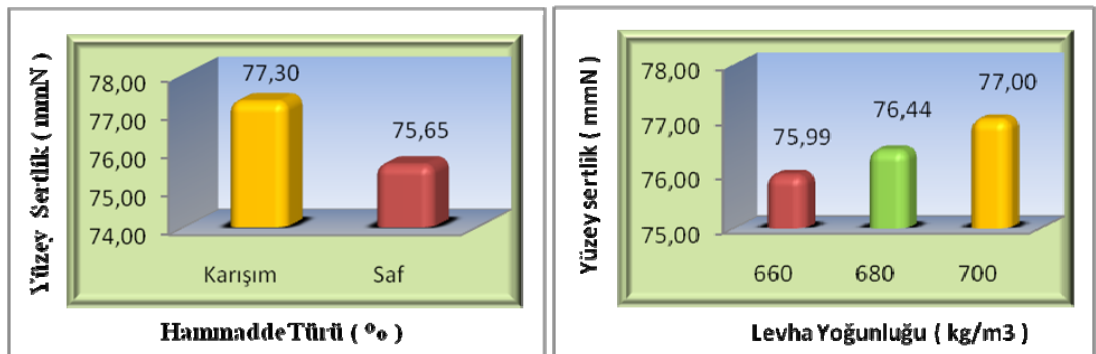
Çizelge 4.20’de hammadde türü, yoğunluk seviyesi ve tutkal miktarlarından elde edilen deneme levhalarının yüzey sertlikleri arasında farklılıkların bulunup bulunmadığını gösteren varyans analizi ve LSD testi sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.20 Yüzey sertliğine ait varyans analizi ve LSD testi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Hesap	Önem Düzeyi
Hammadde Türü (A)	1	81,593	81,593	91,39 ***	0,0000
Levha Yoğ. (B)	2	20,64	10,32	11,559 ***	0,0001
A*B	2	15,385	7,693	8,616 ***	0,0006
Tutkal Miktarı (C)	4	6,319	1,58	1,77 ns	0,1409
A*C	4	20,278	5,07	5,678 ***	0,0006
B*C	8	23,568	2,946	3,3 **	0,0027
A*B*C	8	29,694	3,712	4,157 ***	0,0005
Hata	90	80,352	0,893		
Genel	119	277,83	2,335		

LSD TESTİ					
Değişkenler		Değerler	LSD Testi		
Hamadde Türü (%)	Karışım	77,300	a		
	Saf	75,651		b	
LSD değeri=0,343 dir.					
Levha Yoğunluğu (kg/m ³)	700	77,001	a		
	680	76,438		b	
	660	75,988			c
LSD değeri=0,420 dir.					

Şekil 4.10’da Hammadde türü (a) ve levha yoğunluğunun (b) yüzey sertliği üzerine etkisini gösteren grafik verilmiştir.



(a)

(b)

Şekil 4.10 Hammadde türü (a), levha yoğunluğu (b) ve alt yüzey sertliğine etkisi

4.9 Yüzey pürüzlülüğüne ait bulgular

Hammadde türü, yoğunluk seviyesi ve tutkal miktarlarından elde edilen deneme levhalarının yüzey pürüzlülüğüne ait istatistiği verileri Çizelge 4.21’de verilmiştir.

Çizelge 4.21 Yüzey pürüzlülüğüne (μm) ait istatistiki verileri

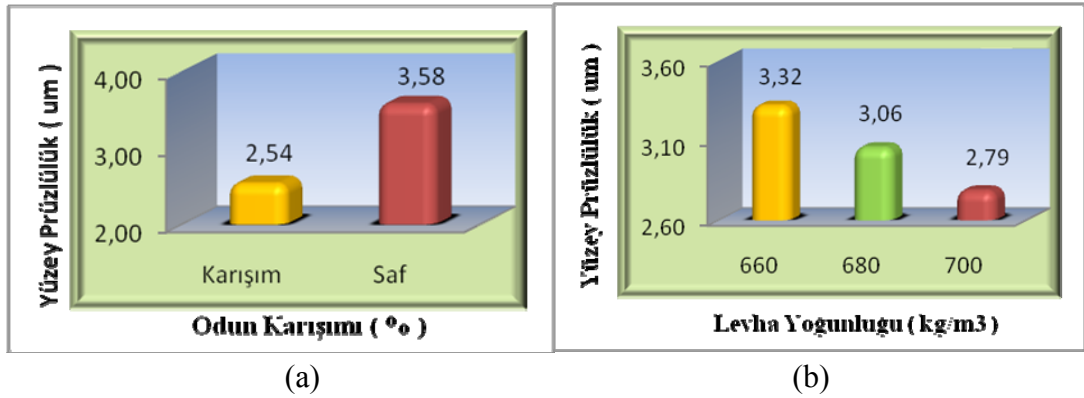
Tutkal Miktarı (kg/m^3)	N	Yoğunluk Seviyesi (kg/m^3)						
		660	660	680	680	700	700	
		Hammadde Türü (%)						
		Karışım	Saf	Karışım	Saf	Karışım	Saf	
180	Xmin	10	2,49	3,22	2,44	2,55	1,82	2,44
	Xmax	10	2,98	3,86	2,90	3,18	2,10	3,04
	Xort	10	2,74	3,42	2,67	2,82	1,96	2,52
	S	10	0,227	0,063	0,197	0,108	0,129	0,152
185	Xmin	10	2,72	3,21	2,55	2,69	2,13	2,50
	Xmax	10	2,84	3,63	2,78	3,19	2,58	3,12
	Xort	10	2,78	3,27	2,67	2,75	2,36	2,67
	S	10	0,045	0,064	0,105	0,150	0,167	0,119
190	Xmin	10	2,46	3,17	2,56	2,81	2,20	2,28
	Xmax	10	2,79	3,68	2,87	3,31	2,54	3,08
	Xort	10	2,63	3,23	2,72	2,83	2,37	2,58
	S	10	0,118	0,087	0,131	0,156	0,132	0,114
195	Xmin	10	2,85	3,05	2,36	2,58	1,69	2,22
	Xmax	10	2,98	3,79	2,92	3,26	2,10	3,19
	Xort	10	2,92	3,46	2,64	2,76	1,90	2,66
	S	10	0,052	0,088	0,241	0,215	0,174	0,142
200	Xmin	10	2,56	2,86	2,08	2,61	1,94	2,13
	Xmax	10	2,78	3,55	2,38	3,23	2,27	3,04
	Xort	10	2,67	3,19	2,53	3,09	2,11	2,39
	S	10	0,089	0,086	0,126	0,163	0,132	0,129

Çizelge 4.22’de hammadde türü, yoğunluk seviyesi ve tutkal miktarlarından elde edilen deneme levhalarının yüzey pürüzlülükleri arasında farklılıkların bulunmadığını gösteren varyans analizi ve LSD testi sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.22 Yüzey pürüzlülüğüne ait varyans analizi ve LSD testi sonuçları

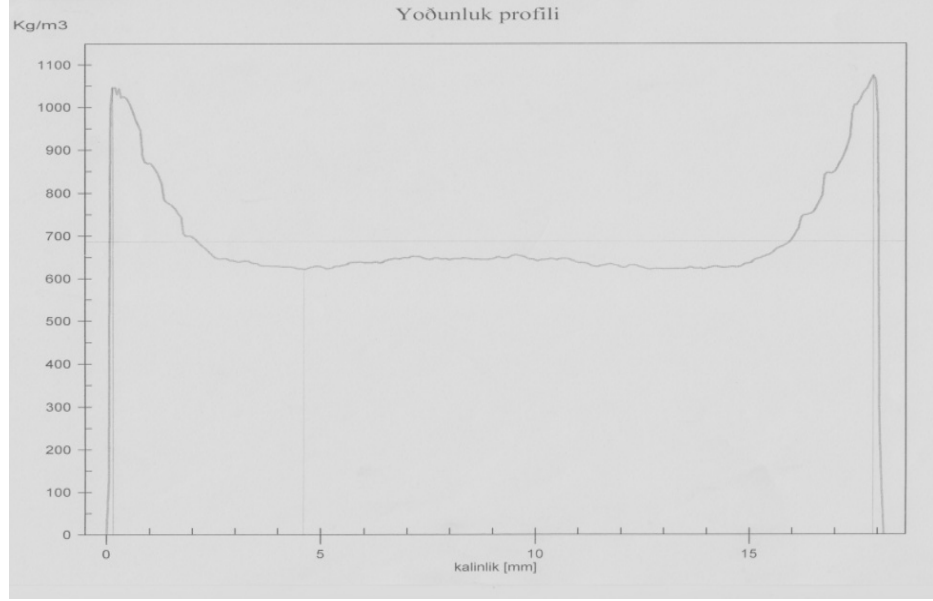
Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Hesap	Önem Düzeyi
Hammadde Türü (A)	1	40,529	40,529	745,385 ***	0,0000
Levha Yoğ. (B)	2	7,081	3,541	65,118 ***	0,0000
A*B	2	0,278	0,139	2,56 ns	0,0796
Tutkal Miktarı (C)	4	0,192	0,048	0,881 ns	0,4793
A*C	4	0,572	0,143	2,628 *	0,0372
B*C	8	0,535	0,067	1,23 ns	0,2869
A*B*C	8	0,759	0,095	1,745 ns	0,0943
Hata	120	6,525	0,054		
Genel	149	56,471	0,379		
LSD TESTİ					
Değişkenler		Değerler	LSD Testi		
Hamadde Türü (%)	Saf	2,91	a		
	Karışım	2,51		b	
LSD değeri=0,076 dir.					
Levha Yoğunluğu (kg/m ³)	660	3,03	a		
	680	2,75		b	
	700	2,35			c
LSD değeri=0,093 dir.					

Şekil 4.11'de Hammadde türü (a) ve levha yoğunluğunun (b) yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisini gösteren grafik verilmiştir.

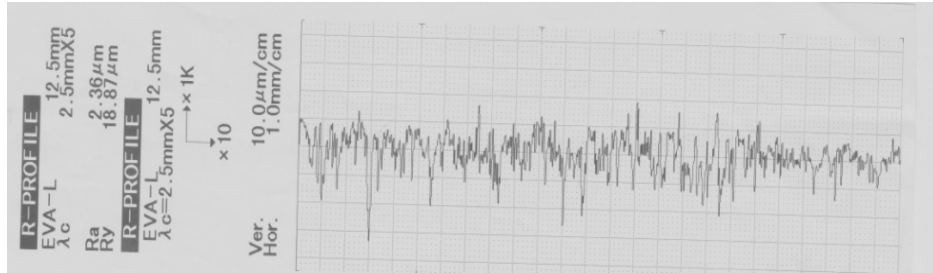


Şekil 4.11 Hammadde türü (a) ve levha yoğunluğunun (b) yüzey pürüzlülük değerleri üzerine etkisi

Yüzey püzlülük açısından uygun üretim koşullarında elde edilen deney levhasına ait (a) 700 kg/m³ ve % 50 İYA - % 50 YA karışım liflerinden elde edilen levhannın yoğunluk profili ve (b) Ra minimum yüzey püzlülük ortalama değerlerini gösteren grafikler Şekil 4.12’de verilmiştir.



(a) 700 kg/m³ yoğunluk profili



(b) Ra minimum yüzey püzlülük ortalama değerleri

5. TARTIŞMA

Hammadde türü, tutkal miktarı ve levha yoğunluğunun orta yoğunluktaki liflevhaların (MDF) bazı fiziksel ve mekaniksel özellikleri üzerine etkileri araştırılmış olup parametrelerin her bir değişken üzerine etkileri aşağıda alt başlıklar halinde irdelenmiştir.

5.1 24 saat kalınlığına şişme oranı

Farklı koşullarda üretilen liflevhaların standart yöntemler kullanılarak 24 saatlik suda bekletme sonucunda kalınlığına şişme denemeleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1 Deneme levhalarına ait 24 saat kalınlığına şişme ortalama (%) değerleri

Tutkal Miktarı (kg/m ³)		Yoğunluk Seviyesi (kg/m ³)						Standardın Ön Gördüğü
		660		680		700		
		Hammadde Türü						TS 64-1, 2005 EN 622-5, 2005
		*Karışım	**Saf	Karışım	Saf	Karışım	Saf	Genel amaçlı Max. % 12
180	Ort.	6,55	6,66	5,57	5,71	4,72	5,60	
185	Ort.	5,74	6,04	5,48	5,94	4,42	5,53	
190	Ort.	6,00	6,59	5,06	5,49	4,50	5,51	
195	Ort.	6,63	5,45	5,56	5,52	4,64	5,06	
200	Ort.	5,57	4,99	4,64	5,24	5,08	5,78	

*Karışım : %50 Kızılçam lifi + % 50 Kayın lifi **Saf : % 100 Kızılçam lifi

Üretilen deneme levhalarının 24 saat suda kalınlığına şişme değerleri üzerine etki eden başlangıç parametrelerinin farklı kombinasyonlar halinde ve ne düzeyde etki ettiğini anlamak amacıyla gerçekleştirilmiş olan varyans analizi ve LSD testi sonuçları Çizelge 4.2’de gösterilmiştir. Buna göre hammadde türü, tutkal miktarı ve levha yoğunluklarındaki değişimlerin ve bunların etkileşimlerinin % 95 güvenle kalınlığına şişme üzerinde etkisinin anlamlı olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 5.1’de ve şekil 4.1’de görüldüğü üzere kalınlığına şişmeye ait ortalama veriler değerlendirildiğinde hammadde türü açısından en düşük değer % 5.34

ortalama ile karışım (%50 Kızılçam lifi + % 50 Kayın lifi) liflerinden elde edilen levhalarda bulunmuştur. Bunun sebebi kısa lifli yapraklı ağaç odunları kullanıldığında levhalarda lif-lif bağı oranının artması ve suyla bağ yapma potansiyeli bulunan aktif OH grupları sayısının daha az oluşu ile açıklanabilir. Çamlıbel (2006) % 100 Orman gülü ile endüstriyel liflerin (% 50 Sapsız meşe + % 50 Sarı çam) farklı oranlardaki karışımlarından elde edilen levhalarda kalınlığına yönde şişme üzerine yaptığı çalışmasında en düşük değeri % 7.83 ile endüstriyel liflerden (% 50 Sapsız meşe + % 50 Sarı çam) elde ettiği levhalarda tespit etmiştir. Ayrıca, Ayrılmış (2000) İYA, YA ve bunların liflerini karıştırarak yaptıkları denemelerde kalınlığına şişme üzerine en iyi sonuçlara % 100 karaçam liflerinden elde ettiği levhalarda % 6.24 ile elde etmiştir.

Çizelge 5.1’de görüldüğü üzere 24 saat kalınlığına şişmeye ait ortalama verileri değerlendirildiğinde levha yoğunluk seviyeleri açısından yoğunluk seviyelerinin 660, 680, 700 kg/m³ olarak artırılması sonucunda levhaların kalınlığına şişmelerinde ortalama % 8.86 oranında bir düşüş görülmüştür. Yoğunluk seviyelerinin istatistiksel olarak kalınlığına şişme üzerine etkisinin belirgin olduğu ve her bir yoğunluk düzeyinin farklı homojenlik grubunda yer aldığı Çizelge 4.2 de görülmektedir. Ayrıca, yoğunluğun 660 kg/m³ den 680 kg/m³’e çıkması ile kalınlığına şişme % 11.09 azalırken 680 kg/m³ den 700 kg/m³ e çıkıldığında bu oran % 6.63’e düşmüştür. Bunun sebebi olarak uygulanan pres basıncına karşılık gelen lif miktarının artması ile birlikte birim hacimdeki bağ oranının artışı gösterilebilir. Benzer şekilde (Ayrılmış, 2000) ve (Çamlıbel, 2006) de yaptıkları çalışmada yoğunluk artışı ile kalınlığına şişme arasında ters orantı olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca Akgül (2006), Güler ve Özen (2004) yoğunluğu daha yüksek olan levhaların boşluk hacminin yüksek olduğunu ve daha fazla su absorbe edeceğini belirtmişlerdir.

MDF üretiminde kullanılan tutkal oranlarının kalınlığına yönde şişme üzerine etkisini incelemek için yapılan istatistiksel analiz sonucunda (Çizelge 4.2) tutkal miktarlarındaki değişimin kalınlığına şişme üzerine etkisinin belirgin olduğu, 185, 190 ve 195 kg/m³ tutkal oranlarının aynı homojenlik grubunda yer aldığı gözlemlenmiştir. Çizelge 5.1’de ortalama verileri değerlendirildiğinde tutkal

kullanım oranlarının 180, 185, 190, 195, 200 kg/m³ artması sonucunda levhaların kalınlığına yönde şişme değerlerinde bir düşüş gözlemlenmiştir. Buna göre, en düşük kalınlığına şişme % 5.22 ile 200 kg/m³ en yüksek kalınlığına şişme % 5.80 ile 180 kg/m³ tutkal oranlarında tespit edilmiştir. Ayrıca tutkal kullanım oranının 180 kg/m³ den 200 kg/m³ çıkması sonucunda kalınlığına şişme % 11.21'azalmıştır. Bunun sebebi olarak tutkal oranının artmasıyla lifler üzerinde su ile bağ yapacak serbest grupların sayısında azalma gösterilebilir. Benzer şekilde İstek (1999) buğday saplarından MDF üretiminde tutkal miktarını % 8-10-12 oranında artırmakla kalınlığına şişme değerlerinde 6 dk. pres süresi için sırasıyla % 12,47, %11,17, %7,82 oranında bir düşüş elde etmiştir.

Deneme levhalarının yirmi dört saat süreli kalınlığına şişmeyle ilgili ortalama değerlerinin TS 64-1 EN 622-5 2005 standardının ön gördüğü maksimum % 12'den düşük olduğu Çizelge 5.1 de görülmektedir.

5.2 24 saat su emme oranı

Farklı koşullarda üretilen liflevhaların standart yöntemler kullanılarak 24 saatlik suda bekletme sonucunda su emme denemeleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 5.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.2 Deneme levhalarına ait su emme (24 saat) ortalama (%) değerleri

Tutkal Miktarı (kg/m ³)	Yoğunluk Seviyesi (kg/m ³)						Standardın Ön Gördüğü TS 64-1, 2005 EN 622-5, 2005	
	660		680		700			
	Hammadde Türü							
	*Karışım	**Saf	Karışım	Saf	Karışım	Saf	Genel amaçlı Max. % 40	
180	Ort.	29,92	26,09	23,85	21,22	18,47		17,91
185	Ort.	22,46	25,64	20,10	18,81	18,37		17,02
190	Ort.	19,54	20,41	19,76	17,91	18,22		16,92
195	Ort.	20,17	18,90	23,74	25,25	18,03		24,50
200	Ort.	20,06	24,68	18,48	24,31	19,00		25,93

*Karışım : %50 Kızılçam lifi + % 50 Kayın lifi **Saf : % 100 Kızılçam lifi

Üretilen deneme levhalarının 24 saat su emme değerleri üzerine etki eden başlangıç parametrelerinin farklı kombinasyonlar halinde ve ne düzeyde etki ettiğini anlamak

amacıyla gerçekleştirilmiş olan varyans analizi ve LSD testi sonuçları Çizelge 4.4'de gösterilmiştir. Buna göre hammadde türü, tutkal miktarı ve levha yoğunluklarındaki değişimlerin ve bunların etkileşimlerinin % 95 güvenle su emme üzerinde etkisinin anlamlı olduğu tespit edilmiştir

Çizelge 5.2'den de anlaşıldığı gibi su emmeye ait ortalama verileri değerlendirildiğinde hammadde türü açısından en düşük değer % 20.68 olarak karışım (% 50 Kızılçam lifi + % 50 Kayın lifi) liflerinden elde edilen levhalarda bulunmuştur. Bunun sebebi 24 saat levhalarda kalınlığına şişme değerlerinde olduğu gibi kısa lifli yapraklı ağaç odunları kullanıldığında levhalarda lif-lif bağı oranının artması ve suyla bağ yapma potansiyeli bulunan aktif OH grupları sayısının daha az oluşu ile açıklanabilir. Çamlıbel (2006) ve Ayrılmış (2000) IYA ve YA türlerinin liflerini karıştırarak yaptıkları denemelerde benzer bulguları elde etmişlerdir.

Çizelge 5.2'de görüldüğü üzere 24 saat su emmeye ait ortalama verileri değerlendirildiğinde levha yoğunluk seviyeleri açısından yoğunluk seviyelerinin 660, 680, 700 kg/m³ olarak artması sonucunda levhaların kalınlığına şişmelerinde ortalama % 8.29 oranında bir düşüş görülmüştür. Ayrıca, yoğunluğun 660 kg/m³ den 680 kg/m³'e çıkması ile su emme % 6.77 azalırken 680 kg/m³ den 700 kg/m³ e çıkıldığında bu oran % 9.81'e düşmüştür. Bunun sebebi olarak uygulanan pres basıncına karşılık gelen lif miktarının artması ile birlikte birim hacimdeki bağ oranının artışı gösterilebilir. Benzer şekilde (Ayrılmış, 2000) ve (Çamlıbel, 2006) de yaptıkları çalışmada yoğunluk artışı ile kalınlığına şişme arasında ters orantı olduğu belirtmişlerdir.

MDF üretiminde kullanılan tutkal oranlarının 24 saat su emme değerleri üzerine etkisini incelemek için yapılan Çizelge 4.4'de istatistiksel analiz sonucunda tutkal miktarlarındaki değişimin kalınlığına şişme üzerine etkili olduğu, Çizelge 5.1'de ortalama verileri değerlendirildiğinde tutkal kullanım oranlarının artması sonucunda levhaların kalınlığına yönde şişme değerlerinde farklılıklar gözlemlenmiştir. Buna göre, en düşük su emme % 18,79 ile 190 kg/m³ tutkal oranında, en yüksek su emme % 22.91 ile 180 kg/m³ tutkal oranlarında tespit edilmiştir. Ayrıca, en düşük su emme oranı ile en yüksek su emme oranı arasında % 21.90 bir fark tespit edilmiştir.. Benzer

şekilde İstek (1999) Bugday saplarından MDF üretiminde tutkal miktarını % 8-10-12 oranında artırmakla kalınlığına şişme değerlerinde 6 dk. Pres süresi için sırasıyla %23, % 22, % 19 oranında bir düşüş elde etmiştir.

Denemeye tabi tutulan levhaların yirmi dört saat süreli su emme ile ilgili ortalama değerleri TS 64-1 EN 622-5 2005 standardının ön gördüğü maksimum % 40'dan düşük çıkmıştır.

5.3 Yüzeye dik yönde çekme direnci

Levha yüzeyine dik yönde çekme direnci özelliği üretilen levhaların mekanik özellikleri içersinde en önemlilerinden biridir. Levhanın % 80-85 lik kısmını oluşturan liflerin arasındaki yapışmanın sağlamlığı, bu direnç değeri ile ölçülür.

Deneme levhalarının hammadde karışım türüne, yoğunluk seviyesine ve tutkal miktarına bağlı olarak levha yüzeyine dik yönde çekme direnci ile ilgili ortalama değerler Çizelge 5.3'de verilmiştir.

Çizelge 5.3 Deneme levhalarına ait yüzeye dik yönde çekme direnci ortalama değerleri

Tutkal Miktarı (kg/m ³)	Levha Yoğunluğu (kg/m ³)						Standardın Ön Gördüğü TS 64-1, 2005 EN 622-5, 2005
	660		680		700		
	Hammadde Türü (%)						
	*Karışım	**Saf	Karışım	Saf	Karışım	Saf	
180 Ort.	0,38	0,43	0,45	0,45	0,47	0,50	Min. 0.55 N/mm ² (740 kg/m ³ için)
185 Ort.	0,42	0,41	0,47	0,48	0,47	0,55	
190 Ort.	0,42	0,39	0,48	0,5	0,54	0,54	
195 Ort.	0,35	0,39	0,47	0,48	0,52	0,52	
200 Ort.	0,41	0,38	0,47	0,48	0,51	0,50	

*Karışım : %50 Kızılçam lifi + % 50 Kayın lifi **Saf : % 100 Kızılçam lifi

Levha yüzeyine dik yönde çekme direnci bakımından levhalar arasında farklılığın önemli olup olmadığını tespit etmek amacıyla ANOVA ve LSD testi yapılmış, hammadde karışım oranı, yoğunluk seviyeleri ve tutkal kullanım oranları arasındaki ayrı ayrı ikili ve üçlü etkileşimlerinin levhaların çekme dirençleri üzerine etkileri % 95 güvenlilikle test edilmiştir. Odun karışımı ve tutkal miktarının tek başına

levhaların çekme direnci üzerine etkisinin olmadığı, levha yoğunluğunun ise % 95 güvenle levhaların çekme direnci üzerine etkisinin belirgin olduğu görülmüştür. Bunun yanında her bir yoğunluk seviyesinin çekme direnci üzerine etkisi bakımından farklı homojenlik grubund olduğu da görülmektedir (Çizelge 4.6).

Levha yüzeyine dik yönde çekme direncinde yoğunluk seviyeleri arttıkça çekme dirençlerinde artış görülmüştür (Çizelge 5.3 ve Şekil 4.3). Yoğunluk seviyeleri bakımından en önemli etki büyükten küçüğe doğru 700 kg/m³ 680 kg/m³, ve 660 kg/m³ yoğunluklarda sırasıyla 0.40 N/mm², 0.47 N/mm² ve 0.51 N/mm² olarak tespit edilmiştir. Bu durum, yoğunluk arttıkça brim hacimdeki lif miktarı ve dolayısıyla liflerin birbirleri ile bağ yapma oranındaki artışla açıklanabilir.

Deneme levhalarının levha yüzeyine dik yönde elde edilen çekme direnci değerleri TS 64-1 EN 622-5 2005 standartlarında 740 kg/m³ için 0.55 N/mm² olmasına rağmen, bu çalışmada 700 kg/m³ yoğunluk için standartlara uygun yüzeye dik yönde çekme direncine sahip levhalar elde edilmiştir (Çizelge 5.3).

5.4 Eğilme direnci

Levhanın çeşitli kullanım yerlerinde eğilmeye karşı yeterli dirence sahip olması istenmektedir. Farklı koşullarda üretilen lif levhaların standart yöntemler kullanılarak elde edilen deney levhalarının eğilme direncine ait ortalama değerleri Çizelge 5.4'de verilmiştir.

Çizelge 5.4 Deneme levhalarına ait eğilme direnci ortalama değerleri

Tutkal Miktarı (kg/m ³)		Levha Yoğunluğu (kg/m ³)						Standardın Ön Gördüğü TS 64-1, 2005 EN 622-5, 2005
		660		680		700		
		Hammadde Türü (%)						Min. 20.0 (N/mm ²)
		*Karışım	**Saf	Karışım	Saf	Karışım	Saf	
180	Ort.	28,98	28,25	29,13	26,55	30,85	30,28	
185	Ort.	28,13	26,30	28,90	27,93	31,38	32,10	
190	Ort.	29,73	28,60	31,23	28,25	29,00	32,30	
195	Ort.	28,85	27,90	29,93	30,33	30,33	29,03	
200	Ort.	28,70	29,78	30,20	28,93	28,78	29,30	

*Karışım : %50 Kızılçam lifi + % 50 Kayın lifi **Saf : % 100 Kızılçam lifi

Üretilen deneme levhalarının eğilme direnci değerleri üzerine etki eden başlangıç parametrelerinin farklı kombinasyonlar halinde ve ne düzeyde etki ettiğini anlama amacıyla gerçekleştirilmiş olan varyans analizi ve LSD testi sonuçları Çizelge 4.8’de gösterilmiştir. Buna göre, tutkal miktarının eğilme direnci üzerine % 95 güvenle etkisinin olmadığı, hammadde türü ve levha yoğunluğunun ise etkisinin belirgin olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanında iki farklı oranlarda kullanılan hamadde karışımı ve üç farklı düzeyde kullanılan yoğunluk seviyelerinin farklı düzeylerde eğilme direnci üzerine etkileri Çizelge 4.8’de LSD testi sonucunda görülmektedir.

Çizelge 5.4’ den ve Şekil 4.4’den de anlaşıldığı gibi eğilme direncine ait ortalama veriler değerlendirildiğinde hammadde türü açısından en yüksek ortalama değer 29.61 N/mm² olarak karışım (% 50 Kızılçam lifi + % 50 Kayın lifi) liflerinden elde edilirken % 100 İYA liflerinden elde edilen levhalarda ise 29.08 N/mm² bulunmuştur. Karışım lifinden elde edilen levhaların eğilme dirençleri saf lifden elde edilen levhaların eğilme dirençlerine nazaran ortalama %1.90 daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir. Bunun nedeni olarak karışım lif taslağının % 50’si ni oluşturan kısa YA lifleri pres altında hacmen büyük ve uzun kızılçam lifleri arasında birim hacimdeki boşlukları doldurmak suratiyle lifler arasında temas yüzeyini, dolayısıyla bağ yapma kabiliyetini arttırarak daha fazla yapışma alanı oluşturup lif taslağının daha fazla direnç kazanmasına neden olmasıdır. Çamlıbel (2006) benzer şekilde % 50 İYA + %50 YA karışım lifinden yapılan MDF’lerin eğilme direncini yüksek bulmuştur.

Çizelge 5.4'te levha yoğunluk seviyeleri açısından eğilme dirençlerine ait ortalama veriler değerlendirildiğinde yoğunluk seviyelerinin 660, 680, 700 kg/m³ olarak artırılması sonucunda levhaların eğilme dirençlerinde ortalama % 3.19 oranında bir artış görülmüştür. Yoğunluğun 660 kg/m³ den 680 kg/m³'e çıkarılması ile eğilme direnci % 2.28 artarken, 680 kg/m³ den 700 kg/m³ e çıkıldığında bu oranın % 4.11 arttığı tespit edilmiştir. Bunun uygulanan pres basıncına karşılık gelen lif miktarının artması ile birlikte birim hacimdeki bağ oranındaki artıştan kaynaklandığı söylenebilir. Akgül (2006) Mısır sapı ifleri kullanarak farklı yoğunluklarda elde ettiği Liflevhaların yoğunluk artışına paralel olarak eğilme direnci eğilmede lastikiyet modülü değerlerinde bir artış olduğunu belirtmiştir.

MDF üretiminde nispeten düşük yoğunlukta ağaç türlerinin tercih edilmesinin sebebi, orta yoğunluktaki levha üretimi bakımından kolayca sıkıştırılabilir olmasıdır. Sıkıştırma faktörü (Levha yoğunluğu/Ağaç türünün tam kuru yoğunluğu) liflevhalar için önemli bir değerdir. Sıkıştırma faktörünün düşük olması presleme sırasında lifler birbirine yeteri kadar yaklaşmamasını, yüksek olması durumunda ise odun liflerinin yapısının bozulmasına sebep olduğundan belli bir oranda kalması arzu edilmektedir. Bu değerın 1'den büyük olması tercih edilmektedir (Ayrılmış 2000, Çamlıbel 2006).

Bu çalışmada ortalama yoğunluk seviyesini 680 kg/m³ olarak düşünürsek saf lifin (% 100 kızılçam) in sıkıştırma faktörü 1,27 iken karışım lifinin (% 50 kızılçam % 50 kayın) 1,23 olarak hesaplanmıştır. Bu durumda karışım lifinde olduğu gibi düşük sıkıştırma faktörüne sahip odun türlerinden elde edilen levhaların üretiminde daha fazla pres basıncı uygulanmaktadır.

Deneme levhalarının eğilme direnci ile ilgili ortalama değerleri TS 64-1 EN 622-5 2005 standardının ön gördüğü minimum 20 (N/mm²)'den yüksek çıkmıştır.

5.5 Eğilmede elastikiyet modülü

Eğilmede elastikiyet modülü, levhaların eğilmeye maruz kaldığı yada kalacağı yerlerde yüksek olması istenmektedir. Elastikiyet modülü arttıkça levhanın elastik

bölgesindeki direncide artmaktadır. Farklı koşullarda üretilen liflevhaların standart yöntemler kullanılarak eğilmede elastikiyet modülüyle ilgili ortalama değerleri Çizelge 5.5’de verilmiştir.

Çizelge 5.5 Deneme levhalarına ait eğilmede elastikiyet modülü ortalama değerleri.

Tutkal Miktarı (kg/m ³)	Levha Yoğunluğu (kg/m ³)						Standartın Ön Gördüğü
	660		680		700		
	Hammadde Türü (%)						TS 64-1, 2005 EN 622-5, 2005
*Karışım	**Saf	Karışım	Saf	Karışım	Saf		
180 Ort.	2645,8	2668,8	2634,8	2498,5	2859,5	2777,0	2200 (N/mm ²)
185 Ort.	2614,0	2510,3	2719,3	2667,5	2955,8	2845,8	
190 Ort.	2572,0	2624,0	2789,8	2705,3	2705,3	2844,3	
195 Ort.	2599,5	2558,0	2823,3	2696,8	2801,0	2786,3	
200 Ort.	2678,8	2540,8	2760,5	2601,0	2690,0	2690,3	

*Karışım : %50 Kızılçam lifi + % 50 Kayın lifi **Saf : % 100 Kızılçam lifi

Eğilmede elastikiyet modülü katsayıları açısından levhalar arasında farklılığın önemli olup olmadığını tespit etmek amacıyla gerçekleştirilen varyans analizi ve LSD testi sonuçları Çizelge 4.10’da gösterilmiştir. Buna göre, tutkal miktarının elastikiyet modülü üzerine %95 güvenle etkisinin olmadığı hammadde türü ve levha yoğunluğunun ise % 95 güvenle elastikiyet modülü üzerine etkisinin belirgin olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 5.5 ve Şekil 4.5’den anlaşıldığı gibi eğilme direncine ait ortalama veriler değerlendirildiğinde hammadde türü açısından en yüksek ortalama değer 2723.27 N/mm² olarak karışım (% 50 kızılçam lifi + % 50 kayın lifi) liflerinden elde edilirken % 100 İYA liflerinden elde edilen levhalarda ise 2667.62 N/mm² bulunmuştur. Ayrıca karışım lifinden elde edilen levhaların elastikiyet modülü saf lifden elde edilen levhaların elastikiyet modülüne nazaran ortalama % 2.09 daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir. Elastikiyette en önemli faktörlerden biri olan lif uzunluğudur. İYA odunu uzun lifli olduğundan liflerin birbirleri arasında temas uzunluğunun fazla olması sonucu levha taslağı pres basıncı altında daha fazla direnç kazanacağından levhanın eğilme dirençlerini dolayısıyla elastikiyet modülünün yüksek çıkmasına neden olacaktır. Eğilmede elastikiyet modülü üzerine benzer şekilde (Ayrılmış,

2000) ve (Çamlıbel, 2006) de yaptıkları çalışmada ağaç karışımları sonucunda oluşan levhanın eğilmede elastikiyet modülü deney sonuçları standardın üzerinde çıkmıştır. (Toag-498, 1986) yılında orman gülünden sulu yöntemle üretilen levhaların eğilme elastikiyet modülü İYA karışımı artıkça eğilmede elastikiyet modülü % 100 orman gülünden fazla çıkmış olması İYA liflerinin uzun olmasından kaynaklanmaktadır.

Çizelge 5.5’de görüldüğü üzere levha yoğunluk seviyeleri açısından elastikiyet modülü değerlerine ait ortalama verileri değerlendirildiğinde yoğunluk seviyelerinin 660, 680, 700 kg/m³ olarak artması sonucunda levhaların elastikiyet modülü değerlerinde ortalama % 3.67 oranında bir artış görülmüştür. Ayrıca yoğunluğun 660 kg/m³ den 680 kg/m³’e çıkması ile eğilme direnci % 3.40 artarken 680 kg/m³ den 700 kg/m³ e çıkıldığında bu oranın % 3.94 arttığı tespit edilmiştir. Bunun sebebi olarak İYA odunu uzun lifli olduğundan liflerin birbirleri arasında temas uzunluğunun fazla olması nedeniyle lif taslağının yüksekliğinde de bir miktar artış olacaktır. Presleme sırasında pres basıncına karşılık gelen yüksek lif taslağı daha fazla direnç alarak levha içersinde birim hacimdeki bağ oranı daha da artmasına yol açar ki bu durum sonucunda levhaların hem orta hemde yüzey minimum yoğunluklarının YA karışımlarından elde edilen levhalara nazaran daha yüksek çıkmasına neden olur. İYA odunun yoğunluğu diğer özelliklere oranla düşük çıkmasına rağmen elastikiyet modülü yüksektir. Elastikiyet modülünü etkileyen en önemli faktör odunun anatomik yapısı, kimyasal yapısı, pH değeri ve lif uzunluğudur.

Ayrılmış (2000) ve Çamlıbel (2006) yüksek lisans tezlerindeki ağaç karışımları sonucunda oluşan levhanın eğilmede elastikiyet modülü deneyinin sonuçları standardın üzerinde çıkmıştır. Her iki tez çalışmasında olduğu gibi bu çalışmada da eğilmede elastikiyet modülü deneyinin sonuçları standardın üzerinde çıkmış olması levhaların karışımında kullanılan ağaç türlerinin MDF endüstrisine uygun olduğunu bir kez daha kanıtlamaktadır.

Bu ölçülen değerler TS 64-1 EN 622-5 2005 standardının ön gördüğü 2200 (N/mm²)’den yüksek çıkmıştır.

5.6 Vida çekme direnci

Mobilya ve ahşap yapı endüstrisinde MDF'nin vida ile tutulması halen yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. MDF'lerde vida tutma direnci vidanın boyutlarına, levhanın özelliklerine ve vidayı çıkarmak için uygulanan kuvvete bağlı bulunmaktadır.

5.6.1 Yüzeyine dik yönde vida çekme direnci

Farklı koşullarda üretilen liflevhaların standart yöntemler kullanılarak yüzeye dik yönde vida çekme denemeleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.6 Deneme levhalarına ait levha yüzeyine dik yönde vida çekme direnci ortalama değerleri

Tutkal Miktarı (kg/m ³)	Levha Yoğunluğu (kg/m ³)						Standartın Ön Gördüğü
	660		680		700		
	Hammadde Türü (%)						ANSI,1983
*Karışım	**Saf	Karışım	Saf	Karışım	Saf		
180 Ort.	995,50	971,50	1080,50	1072,00	1335,50	1267,00	1100 N/mm ² 740 kg/m ³ için
185 Ort.	1065,00	995,50	1143,00	1081,00	1214,00	1229,00	
190 Ort.	1047,50	981,50	1122,50	1070,50	1127,50	1201,50	
195 Ort.	1060,00	1016,50	1154,00	1138,00	1234,50	1168,50	
200 Ort.	1046,50	1059,50	1122,00	1093,00	1197,00	1168,00	

*Karışım : %50 Kızılçam lifi + % 50 Kayın lifi **Saf : % 100 Kızılçam lifi

Levha yüzeyine dik yönde vida çekme direnci bakımından farklı koşullarda üretilen levhalar arasında hammadde karışım oranları, yoğunluk seviyeleri ve tutkal kullanım oranlarının ayrı ayrı, ikili ve üçlü etkileşimlerinin deneme levhalarının yüzey vida çekme direnci üzerine etkileri test edilmiş ve elde edilen ANOVA ve LSD testi sonuçları Çizelge 4.12'de gösterilmiştir. Buna göre, Hammadde karışım oranı ve levha yoğunluğunun % 95 güvenle yüzey vida çekme direnci üzerine etkisinin belirgin olduğu görülmüştür. Ayrıca LSD testi sonuçlarına göre, etkili olan her bir parametre için seçilen alt düzeylerin farklı homojenlik seviyelerinde yüzeye dik vida çekme direnci üzerine etkili oldukları Şekil 4.6'da görülmüştür.

Çizelge 5.6' dan da anlaşıldığı gibi yüzeye dik yönde vida çekme direncine ait ortalama veriler değerlendirildiğinde hammadde türü açısından en yüksek ortalama değer 1129.67 N/mm² olarak karışım (%50 Kızılçam lifi + % 50 Kayın lifi) liflerinden elde edilirken %100 İYA liflerinden elde edilen levhalarda ise 1100.87 N/mm² bulunmuştur. Karışım lifinden elde edilen levhaların yüzeye dik vida çekme dirençleri saf lifden elde edilen levhaların eğilme dirençlerine nazaran ortalama % 2.55 daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir. Bu durumun nedeni uzun lifli yoğunluğu düşük İYA türleri ile kısa lifli yoğunluğu yüksek İYA türlerine ait lifler lif taslağının içerisinde daha homojen bir lif-lif bağı oluşturarak taslağın pres basıncı altındaki sıkıştırılma oranının artırılmasıdır. Ayrılmış (2000) yüksek lisans tezinde benzer sonuçlar tespit etmiştir.

Çizelge 5.6'da levha yoğunluk seviyeleri açısından yüzeye dik yönde vida çekme direncine ait ortalama veriler değerlendirildiğinde yoğunluk seviyelerinin 660, 680, 700 kg/m³ olarak artırılması sonucunda yüzeye dik yönde vida çekme dirençlerinde ortalama % 8.17 oranında bir artış görülmüştür. Yoğunluğun 660 kg/m³ den 680 kg/m³'e çıkarılması ile bu değer % 7.56 artarken, 680 kg/m³ den 700 kg/m³ e çıkıldığında bu oranın % 8.78 arttığı tespit edilmiştir. Bu durum levha yoğunluklarını artması sonucu yüksek sıkıştırma kuvvetine maruz kalan levhaların yüzey yoğunlukları aratacağından ters yönde etki eden vida çekme kuvvetlerine karşı daha fazla direnç göstermesidir.

Deneme levhalarının levha yüzeyine dik yönde elde edilen vida çekme direnci değerleri ANSI, 1983 standartlarında 740 kg/m³ için 1100 N/mm² olmasına rağmen, bu çalışmada 700 kg/m³ yoğunluk için standartlara uygun yüzeye dik yönde vida çekme direncine sahip levhalar elde edilmiştir (Çizelge 5.6).

5.6.2 Yüzeye paralel yönde vida çekme direnci

Farklı koşullarda üretilen liflevhaların standart yöntemler kullanılarak yüzeye paralel yönde vida çekme denemeleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 5.7'de verilmiştir.

Çizelge 5.7 Deneme levhalarına ait levha yüzeyine paralel yönde vida çekme direnci ortalama değerleri

Tutkal Miktarı (kg/m ³)		Levha Yoğunluğu (kg/m ³)						Standartın Ön Gördüğü
		660		680		700		
		Hammadde Türü (%)						ANSI,1983
		*Karışım	**Saf	Karışım	Saf	Karışım	Saf	
180	Ort.	818,50	910,50	1027,50	930,00	1061,50	1118,00	1100 N/mm ² 740 kg/m ³ için
185	Ort.	888,50	846,00	923,50	953,00	1075,50	1001,50	
190	Ort.	865,50	803,00	919,50	971,00	1109,50	1098,00	
195	Ort.	795,00	918,50	893,00	994,00	1026,00	998,50	
200	Ort.	779,50	883,50	980,00	976,50	1001,50	1075,50	

*Karışım : %50 Kızılçam lifi + % 50 Kayın lifi **Saf : % 100 Kızılçam lifi

Levha yüzeyine paralel yönde vida çekme direnci bakımından levhalar arasındaki farklılığın önemli olup olmadığını tespit etmek amacıyla yapılan LSD testi sonucu hammadde türü, yoğunluk seviyeleri ile tutkal kullanım oranları arasındaki etkileşimlerinden elde edilen deneme levhalarının kenar vida çekme direnci üzerine etkileri % 95 güvenilirlikle test edilmiştir. Buna göre, sadece levha yoğunluğunun % 95 güvenle yüzey paralel vida çekme direnci üzerine etkisinin belirgin olduğu Şekil 4.7'de görülmüştür.

Çizelge 5.7'de levha yoğunluk seviyeleri açısından yüzeye paralel yönde vida çekme direncine ait ortalama veriler değerlendirildiğinde yoğunluk seviyelerinin 660, 680, 700 kg/m³ olarak artırılması sonucunda yüzeye paralel yönde vida çekme dirençlerinde ortalama % 11.44 oranında bir artış görülmüştür. Yoğunluğun 660 kg/m³ den 680 kg/m³'e çıkarılması ile bu değer % 12.45 artarken, 680 kg/m³ den 700 kg/m³ e çıkıldığında bu oranın % 10.43 arttığı tespit edilmiştir. Bu durum nedeni uygulanan pres basıncına karşılık gelen lif taslağı içersindeki lif miktarının artması ile birlikte levha içersinde İYA lifi ile YA liflerinin birim hacimdeki yoğun olan bölge içersinde daha homojen bağ yapması ve bağ oranının artışı gösterilebilir. Ayrılmış (2000) Yüzeye paralel yönde vida çekme direncini etkileyen en önemli faktör odunun yoğunluğu, anatomik ve lif yapısıdır.

Deneme levhalarının levha yüzeyine paralel yönde elde edilen vida çekme direnci değerleri ANSI, 1983 standartlarında 740 kg/m³ için 1100 N/mm² olmasına rağmen,

bu çalışmada 700 kg/m³ yoğunluk için standartlara uygun yüzeye dik yönde vida çekme direncine sahip levhalar elde edilmiştir (Çizelge 5.7).

5.7 Yüzey absorpsiyon (toluen) değeri

5.7.1 Üst yüzey absorpsiyon (toluen) değeri

Deney levhalarının levha üst yüzey absorpsiyon (toluen) testi ortalama değerleri Çizelge 5.8'de verilmiştir.

Çizelge 5.8 Deneme levhalarına ait üst yüzey absorpsiyonu ortalama değerleri

Tutkal Miktarı (kg/m ³)	Levha Yoğunluğu (kg/m ³)						Standartın Ön Gördüğü EMB, 1995	
	660		680		700			
	Hammadde Türü (%)							
	*Karışım	**Saf	Karışım	Saf	Karışım	Saf		
180	Ort.	23,00	14,67	22,33	16,33	28,00	16,67	Min.150 mm
185	Ort.	17,67	20,33	23,33	18,33	28,33	19,67	
190	Ort.	25,33	29,00	24,67	19,33	25,33	17,67	
195	Ort.	22,33	18,00	29,67	20,33	32,00	27,67	
200	Ort.	25,33	26,33	23,00	22,00	20,67	25,33	

*Karışım : %50 Kızılçam lifi + % 50 Kayın lifi **Saf : % 100 Kızılçam lifi

Levha üst yüzey absorpsiyon değerleri üzerine hammadde karışımı, yoğunluk seviyeleri ve tutkal kullanım oranlarının ayrı ayrı ikili ve üçlü etkileşimlerinden elde edilen deneme levhalarının üst yüzey absorpsiyon değerleri üzerine etkileri % 95 güvenilirlikle test edilmiş ve bağımsız değişkenlerin alt seviyeri arasındaki farklılıklar LSD testi ile belirlenerek Çizelge 4.16'da verilmiştir. Buna göre kullanılan her bir parametrenin levhaların üst yüzey absorpsiyonu (toluen) üzerine etkisinin belirgin olduğu görülmüştür. Hammadde karışımı, yoğunluk seviyeleri ve tutkal kullanım oranlarının deneme levhalarının üst yüzey absorpsiyon değerleri üzerine etkileri Şekil 4.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.8' den de anlaşıldığı gibi üst yüzey absorpsiyonu (toluen) ait ortalama verileri değerlendirildiğinde hammadde türü açısından en yüksek ortalama değer 24,5 cm ile karışım liflerinden elde edilen levhalarda bulunmuştur. Bu değer % İYA

dan elde edilen levhalarda ise 20.8 cm olarak bulunmuştur. Karışım liflerinden YA ve İYA elde edilen levhaların, saf İYA liflerinden elde edilen levhaların yüzey absorpsiyonundan % 17.79 oranında daha yüksek oluşu levha yüzey yoğunluğunun düşüklüğü ve dolayısıyla lif yüzeylerindeki bağ yapmamış serbest grupların fazlalığı ile açıklanabilir. Gündüz vd. (2005) yaptıkları bir araştırmada benzer bulgular elde etmiştir

MDF yoğunlukları 660, 680, ve 700 kg/m³ arttırıldığında levha üst yüzey absorpsiyon değerlerinin ortalama olarak sırasıyla 22.2 21.9 ve 23.8 cm olarak değiştiği Çizelge 4.16' ve Şekil 4.8'de görülmektedir. Ayrıca LSD testi sonucunda 660 ve 680 yoğunluklarda üretilen levhaların aynı homojenlik grubunda olduğu görülmüştür. Yoğunluğun artması ile yüzey absorpsiyon değerindeki artış lifler arasındaki boşlukların azalması lif-lif bağı artacağından presleme sonrası levha yüzey yoğunluklarının artışına paralel yüzey porozitelerin düşmesi ile açıklanabilir.. Gündüz vd. (2005) ve Hızıroğlu vd.(2000) İYA ve YA karışımlarından elde ettiği orta yoğunluktaki levhalarda benzer sonuçlar elde etmiştir.

Tutkala oranındaki 180-185-190-195 ve 200 kg/m³ lük artışa bağlı olarak levhaların üst yüzey absorpsiyon değerlerinde sırası ile 20.2, 21.3, 23.6, 25.0, 23.2 cm olarak tespit edilmiştir. Bu durumun nedeni tutkal miktarının artışı ile lifler arası bağlanma ve sıkışma artması böylelikle, pres basıncı sonrası levha yüzeylerindeki serbest lif oranının bir başka ifadeyle ölü tabaka'nın azalmasıdır. Gündüz vd. (2005)

Çizelge 4.16'daki LSD testi sonuçlarına göre 180 ve 185 kg/m³ tutkal oranları istatistiksel aynı etkiyi gösterirken 190-195 ve 200 kg/m³ tutkal oranları etkileri bakımından diğer bir grupta yer almıştır. Dolayısıyla tutkal artışına paralel olarak yüzey absorpsiyon değerlerinde bir iyileşme ortaya çıkmıştır.

Bu ölçülen değerler TS 64-1 EN 622-5 2005 standardının ön gördüğü 150 mm'den yüksek çıkmıştır.

5.7.2 Alt yüzey absorpsiyon (toluen) değeri

Deney levhalarının levha alt yüzey absorpsiyon (toluen) testi ortalama değerleri Çizelge 5.9'da verilmiştir.

Çizelge 5.9 Deneme levhalarına ait alt yüzey absorpsiyonu ortalama değerleri

Tutkal Miktarı (kg/m ³)	Levha Yoğunluğu (kg/m ³)						Standardın Ön Gördüğü EMB 1995	
	660		680		700			
	Hammadde Türü (%)							
	Karışım	Saf	Karışım	Saf	Karışım	Saf		
180	Ort.	28,50	19,66	29,33	20,66	29,00	21,00	Min.150 mm
185	Ort.	23,66	22,33	28,33	21,33	30,66	21,00	
190	Ort.	29,33	30,66	27,00	20,66	31,33	22,00	
195	Ort.	25,66	21,66	33,33	26,66	35,66	30,33	
200	Ort.	27,33	34,00	24,00	22,00	20,33	28,33	

*Karışım : %50 Kızılçam lifi + % 50 Kayın lifi **Saf : % 100 Kızılçam lifi

Levha alt yüzey absorpsiyon değerleri üzerine hammadde karışımı, yoğunluk seviyeleri ve tutkal kullanım oranlarının ayrı ayrı ikili ve üçlü etkileşimlerinden elde edilen deneme levhalarının alt yüzey absorpsiyon değerleri üzerine etkileri % 95 güvenilirlikle test edilmiş ve bağımsız değişkenlerin alt seviyeri arasındaki farklılıklar LSD testi ile belirlenerek Çizelge 4.18'de verilmiştir. Buna göre kullanılan her bir parametrenin levhaların alt yüzey absorpsiyonu (toluen) üzerine etkisinin belirgin olduğu görülmüştür. Hammadde karışımı, yoğunluk seviyeleri ve tutkal kullanım oranlarının deneme levhalarının alt yüzey absorpsiyon değerleri üzerine etkileri Şekil 4.9'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.9' dan da anlaşıldığı gibi alt yüzey absorpsiyonuna (toluen) ait ortalama verileri değerlendirildiğinde hammadde türü açısından en yüksek ortalama değer 28,83 cm ile karışım liflerinden elde edilen levhalarda bulunmuştur. Bu değer % İYA dan elde edilen levhalarda ise 24.23 cm olarak bulunmuştur. Karışım liflerinden İYA ve İYA elde edilen levhaların, saf İYA liflerinden elde edilen levhaların yüzey absorpsiyonundan % 18.98 oranında daha yüksek oluşu levha yüzey yoğunluğunun düşüklüğü ve dolayısıyla lif yüzeylerindeki bağ yapmamış serbest grupların

fazlalığı ile açıklanabilir. Ayrılmış (2000) yapmış olduğu çalışmada levha taslağı içerisinde kısa lifli YA oranı arttıkça levha yüzey sertlik oranının arttığını belirtmiştir.

MDF yoğunlukları 660, 680, ve 700 kg/m³ arttırıldığında levha üst yüzey absorpsiyon değerlerinin ortalama olarak sırasıyla 26.05 25.25 ve 28.30 cm olarak değiştiği Çizelge 4.18've Şekil 4.9'da görülmektedir. LSD testi sonucunda 660 ve 680 yoğunluklarda üretilen levhaların aynı homojenlik grubunda olduğu görülmüştür. Yoğunluğun artması ile yüzey absorpsiyon değerindeki artış lifler arasındaki boşlukların azalması lif-lif bağı artacağından presleme sonrası levha yüzey yoğunluklarının artışına paralel yüzey porozitelerin düşmesi ile açıklanabilir.. Gündüz vd. (2005) ve Hızıroğlu vd.(2000) İYA ve YA karışımlarından elde ettiği orta yoğunluktaki levhalarda benzer sonuçlar elde etmiştir.

Levha alt yüzey absorpsiyon değerleri üzerine tutkal kullanım oranları bakımından en iyi etkiyi, ortalama değerler karşılaştırıldığında büyükten küçüğe doğru sırasıyla 195 kg/m³ de 28.9 cm, 190 kg/m³ de 26.8 cm, 200 kg/m³ de 26.3 cm, 180 kg/m³ de 26 cm, ve en düşük 185 kg/m³ de 24.6 cm olarak tutkal kullanım oranlarında elde edilen deney levhalarında tespit edilmiştir. Bu durumun nedeni tutkal miktarının artışı ile lifler arası bağlanma ve sıkışma artması böylelikle, pres basıncı sonrası levha yüzeylerindeki serbest lif oranının azalmasıdır. Gündüz vd. (2005)

Bu ölçülen değerler TS 64-1 EN 622-5 2005 standardının ön gördüğü 150 mm'den yüksek çıkmıştır.

5.8 Yüzeye dik yönde shore sertlik değeri

Shore sertlik değeri ağaç malzemede direnç özelliklerinden ziyade daha çok yüzey kalitesi özelliğini belirtmektedir. MDF' de yüzey sertliğinin fazla olması uygulamada malzemenin işlenmesi yönünde olumsuz sonuçlar doğurduğundan pek fazla tercih edilen bir durum olarak kabul edilmemektedir. Levha yüzeyine dik yönde shore sertlik değeri için standartlarda belli bir değer yokken üretimde kalite kontrol amacıyla yapılmaktadır. MDF 'nin shore sertlik değeri hammaddenin özelliklerine

bağlı iken bunun yanında levhanın mekanik özelliklerini etkileyen üretim faktörlerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir..

Deney levhalarının levha yüzeyine dik yönde shore sertlik değeri ile ilgili ortalama değerleri Çizelge 5.10’da verilmiştir.

Çizelge 5.10 Levha yüzeyine dik yönde shore sertlik ortalama değerleri

Tutkal Miktarı (kg/m ³)		Levha Yoğunluğu (kg/m ³)						Standartın Ön Gördüğü TS 64-5, 1999 EN 622-5,1996
		660		680		700		
		Hammadde Türü (%)						Standartda değer verilmemiştir.
		Karışım	Saf	Karışım	Saf	Karışım	Saf	
180	Ort.	75,75	76,88	77,63	75,13	77,50	77,13	
185	Ort.	76,88	72,88	77,75	75,00	78,00	75,76	
190	Ort.	77,88	74,50	76,75	75,63	78,00	76,88	
195	Ort.	76,50	74,63	77,63	75,50	76,75	77,63	
200	Ort.	77,50	76,50	78,50	74,88	76,50	75,88	

*Karışım : %50 Kızılçam lifi + % 50 Kayın lifi **Saf : % 100 Kızılçam lifi

Üretilen deneme levhalarının yüzey shore sertlik değerleri üzerine etki eden başlangıç parametrelerinin farklı kombinasyonlar halinde ve ne düzeyde etki ettiğini anlama amacıyla gerçekleştirilmiş olan varyans analizi ve LSD testi sonuçları Çizelge 4.20’de gösterilmiştir. Buna göre tutkal miktarının tek başına levhaların yüzey shore sertlik değerleri üzerine % 95 güvenle etkisinin olmadığı, hammadde türü ve levha yoğunluğunun ise etkisinin belirgin olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanında iki farklı oranlarda kullanılan hammadde karışımı ve üç farklı düzeyde kullanılan yoğunluk seviyelerinin farklı düzeylerde yüzey shore sertlik değerleri üzerine etkileri Şekil 4.10 ve Çizelge 4.20’de LSD testi sonucunda görülmektedir.

Çizelge 5.10’da görüldüğü üzere yüzey shore sertlik değerlerine ait ortalama veriler değerlendirildiğinde hammadde türü açısından en yüksek ortalama değer 77.30 mmN ortalama ile karışım (% 50 Kızılçam lifi + % 50 Kayın lifi) liflerinden elde edilen levhalarda tespit edilmiştir. % 100 İYA liflerinden elde edilen levhalarda ise 75.65 mmN bulunmuştur (Şekil 4.10). Karışım lifinden elde edilen levhaların yüzey sertlik değerleri saf lifden elde edilen levhalara nazaran ortalama % 2.18 daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir. Bunun nedeni olarak karışım lif taslağının % 50’si ni

oluşturan kısa YA lifleri pres altında hacmen büyük ve uzun kızılçam lifleri arasında birim hacimdeki boşlukları doldurmak suratiyle lifler arasında temas yüzeyini, dolayısıyla bağ yapma kabiliyetini arttırarak daha fazla yapışma alanı oluşturup lif taslağı yüzeyinin daha fazla direnç kazanmasına neden olmasındır. Çamlıbel (2006) ve Ayrılmış (2000) yapmış oldukları çalışmalarda levha taslağı içerisinde kısa lifli YA oranı arttıkça levha yüzey sertlik oranının arttığını belirtmişlerdir.

Çizelge 5.10'da levha yoğunluk seviyeleri açısından yüzey shore sertlik değerlerine ait ortalama veriler değerlendirildiğinde yoğunluk seviyelerinin 660, 680, 700 kg/m³ olarak artırılması sonucunda levhaların yüzey shore sertlik değerlerine ortalama % 0.66 oranında bir artış görülmüştür. Yoğunluğun 660 kg/m³ den 680 kg/m³'e çıkarılması ile sertlik değeri % 0.59 artarken, 680 kg/m³ den 700 kg/m³ e çıkıldığında bu oranın % 0.74 arttığı tespit edilmiştir. Bunun uygulanan pres basıncına karşılık gelen lif miktarının artması ile birlikte birim hacimdeki bağ oranındaki artıştan kaynaklandığı söylenebilir. Akgül (2006) Benzer şekilde Mısır sapı ifleri kullanarak farklı yoğunluklarda elde ettiği Liflevhaların yoğunluk artışına paralel olarak yüzey sertlik değerlerinde bir artış olduğunu belirtmiştir. Levhanın yüzey yoğunluğu arttıkça sjore sertlik değerinin de arttığı Şekil 4.9'da görülmektedir.

Ayrılmış (2000), Çamlıbel (2006) hammadde karışımları sonucunda oluşan levhanın levha yüzey sertlik değeri ağaçların yoğunluğu ile doğru orantılı olarak liflerin hücre çeper kalınlıklarıyla ve lümenlerin dar olmasıyla paralellik göstermektedir. Kayın lif hücre çeper kalınlıkları bunu desteklemektedir (Çizelge 3.3). Karışım liflerinin içinde %50 oranında kayın lifi olması yüzey sertlik değerinin artmasına neden olmuştur. MDF 'nin yüzey sertlik değeri hammaddenin özelliklerine bağlı iken bunun yanında levhanın mekanik özelliklerini etkileyen üretim faktörlerine bağlı olarak da değişiklik göstermektedir.

Bu ölçülen değerlerin TS 64-5 1999 EN 622-5 1996 standardının bu özellik için bir değeri verilmemiştir.

5.9 Yüzeý prözlölük deęeri

MDF ‘nin yüzeý prözlölük deęerinin odun kökenli ürünlerin kalite kontrolünde oldukça önemli bir yeri bulunmaktadır. Düzgün yüzeýli bir levhanın özellikle tutkallama ve yüzeý işlemleri sırasında sorun oluşturmaması gerekmektedir. Yüzeý prözlölük deęeri hammaddenin özelliklerinin yanısıra levhanın mekanik özelliklerini etkileyen üretim faktörlerine baęlı olarak da deęişiklik gösterebilen bir özelliktir.

Deney levhalarının minimum yüzeý prözlölük ortalama deęerleri (Ra) Çizelge 5.11’de verilmiştir.

Çizelge 5.11 Deneme levhalarına ait minimum yüzeý prözlölük (Ra) ortalama deęerleri

Tutkal Miktarı (kg/m ³)	Levha Yoğunluğu (kg/m ³)						Standartın Ön Gördüğü	
	660		680		700			
	Hammadde Türü (%)						TS 64-5, 1999 EN 622-5, 1996	
***Ra	Min. Yüzeý Prözlölük Ort. Deęerleri (µm)							
180	Ort.	2,74	3,42	2,67	2,82	1,96	2,52	Standartda değer verilmemiştir.
185	Ort.	2,78	3,27	2,67	2,75	2,36	2,67	
190	Ort.	2,63	3,23	2,72	2,83	2,37	2,58	
195	Ort.	2,92	3,46	2,64	2,76	1,90	2,66	
200	Ort.	2,67	3,19	2,53	3,09	2,11	2,39	

*Karışım : %50 Kızılçam lifi + % 50 Kayın lifi **Saf : % 100 Kızılçam lifi

***Ra: Minimum yüzeý prözlölüklerin ortalama deęeri

Levhalarının yüzeý prözlölüğü değerleri üzerine etki eden başlangıç parametrelerinin farklı kombinasyonlar halinde ve ne düzeyde etki ettiğini anlamak amacıyla gerçekleştirilmiş olan varyans analizi ve LSD testi sonuçları Çizelge 4.22’de gösterilmiştir. Buna göre tutkal miktarının tek başına levhaların yüzeý prözlölüğü üzerine % 95 güvenle etkisinin olmadığı, hammadde türü ve levha yoğunluğunun ise etkisinin belirgin olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanında iki farklı oranlarda kullanılan hamadde karışımı ve üç farklı düzeyde kullanılan yoğunluk seviyelerinin farklı düzeylerde kullanım sonucunda her bir düzeyin yüzeý prözlölük değerleri üzerine farklı homojenlik grubunda etki ettikleri Çizelge 4.20’de LSD testi sonucunda görölmektedir.

Çizelge 5.11’de görüldüğü üzere minimum yüzey pürüzlülüğü değerlerine ait ortalama verileri değerlendirildiğinde hammadde türü açısından en düşük değer 2.51 µm ortalama ile karışım (% 50 Kızılçam lifi + % 50 Kayın lifi) liflerinden elde edilen levhalarda bulunmuştur (Şekil 4.11). % 100 İYA liflerinden elde edilen levhalarda ise 2.91µm bulunmuştur. Karışım lifinden elde edilen levhaların minimum yüzey pürüzlülüğü değerleri saf lifden elde edilen levhaların yüzey pürüzlülük değerlerine göre ortalama % 15.85 daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir. Benzer şekilde Ayrılmış (2000) yapmış olduğu çalışmasında YA ve İYA karışımlarından oluşan levhalarda en düşük yüzey pürüzlülüğü değerini bulmuştur.

Levha yoğunluk seviyeleri açısından yoğunluk seviyelerinin 660, 680, 700 kg/m³ olarak artması sonucunda levhaların yüzey pürüzlülük değerleri ortalama % 13.57 oranında bir düşüş görülmüştür. Ayrıca yoğunluğun 660 kg/m³ den 680 kg/m³’e çıkması ile yüzey pürüzlülük değerleri % 10.30 azalırken 680 kg/m³ den 700 kg/m³ e çıkıldığında bu oran % 16.84’e düşmüştür. Göker vd.(1997) en düşük ortalama pürüzlülük değerini (Ra) sert lif levhada ölçmüşler ve bunu sırası ile orta yoğunluktaki lif levha, kontrplak ve yonga levhada ölçülen ortalama pürüzlülük değerlerinin izlediğini tespit etmişlerdir.

Yüzey pürüzlülük açısından optimum üretim koşullarında elde edilen deney levhasına ait yoğunluk profili ve minimum yüzey pürüzlülük ortalama değerlerine ait analiz grafiği Şekil 5.1 de verilmiştir.

Bu ölçülen değerlerin TS 64-5 1999 EN 622-5 1996 standardının bu özellik için bir değeri verilmemiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünyada ve ülkemizde her geçen gün artan MDF üretim sanayisinin hammadde tedariklerinde oluşan darboğazlar nedeniyle işletmeler, üretimlerinde özellikle kalite ve kapasite faktörlerini de göz önünde bulundurarak tedarik ettikleri ya da stoklarındaki hammaddelerle dengeli üretimler yapmak durumundadırlar.

Özellikle MDF üretim sektöründe % 100 İYA veya İYA kullanılması üretimde bir takım olumsuzluklara sebep olduğu bilinmektedir. Bu sebeple işletmeler mümkün olduğu kadar İYA ve İYA türlerinden elde ettikleri lifleri belirli oranlarda karıştırarak kullanmaktadırlar.

Bu tez çalışmasında, farklı tutkal miktarı ve yoğunluk seviyelerinde hem % 100 İYA hem de % 50 İYA + % 50 İYA karışımlarından elde edilen MDF lerin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenerek, üretimlerdeki kalite, kapasite ve maliyetler açısından en uygun çalışma şartları tespit edilmiştir. Tespit edilen her bir levha özelliği üzerine istatistiksel olarak en uygun üretim şartları Çizelge 5.12’de verilmiştir.

Çizelge 5.12 Farklı hammadde türü, levha yoğunlukları ve tutkal miktarlarında elde edilen deney levhalarının optimum sonuç değerleri

MDF'nin fiziksel ve mekanik mukavemetlerine ilişkin optimum değerler					
Deney Adları	Birim	Hammadde Türü	Levha Yoğunluğu		Tutkal Oranı
		Karışım - Saf	660 - 680 - 700		180-185-190-195-200
		%	kg/m³		kg/m³
24 Saat Suda Şişme	%	Karışım (5.34)	700	(5.08)	200 (5.22)
24 Saat Su Emme	%	Karışım (20.68)	700	(19.44)	190 (18.79)
Çekme Direnci	N/mm ²	Etkisi belirgin değil	700	(0.50)	Etkisi belirgin değil
Eğilme Direnci	N/mm ²	Karışım (29.61)	700	(30.37)	Etkisi belirgin değil
Elastikiyet Modülü	N/mm ²	Karışım (2723.27)	700	(2795.50)	Etkisi belirgin değil
Yüzey Vida Çekme	N/mm ²	Karışım (1129.67)	700	(1214.25)	Etkisi belirgin değil
Kenar Vida Çekme	N/mm ²	Etkisi belirgin değil	700	(1056.55)	Etkisi belirgin değil
Üst Yüzey Absorbsiyon	cm	Karışım (24.50)	700	(23.80)	195 (25.00)
Alt Yüzey Absorbsiyon	cm	Karışım (28.90)	700	(28.00)	195 (28.90)
Yüzey Sertlik	mmN	Karışım (77.30)	700	(77.00)	Etkisi belirgin değil
Yüzey Prüzülük	µm	Karışım (2.54)	700	(2.79)	Etkisi belirgin değil

Deney sonuçlarına göre MDF'nin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine hammadde türü açısından karışım (% 50 kızılçam + % 50 kayın) lifinden elde edilen levhaların saf (% 100 kızılçam) liften elde edilen levhalara göre fiziksel ve mekanik direnç özelliklerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Bu durumun önemli bir nedeni olarak seçilen hammadde türlerinin anatomik yapılarındaki farklılıklar söylenebilir. Buna göre, karışım lifinin içerisinde % 50 oranında bulunan kayın odunu lifleri kızılçam odunu lifine göre hücre çeperi daha kalın, lümen boşlukları daha dar olduğundan liflendirme aşamasında kayın lifleri daha kısa küt kızılçam lifleri ise daha uzun ve ince lif vermektedir. Böylelikle kayın ve kızılçam odunun liflerinden oluşan karışım (% 50 kızılçam + % 50 kayın) lif taslağının içerisinde birim hacimdeki uzun ve kısa lif karşılaşmalarında özellikle kısa (YA) lifler uzun lifler (İYA) arasındaki boşlukları doldurarak saf (% 100 kızılçam) lif taslağına göre bağ yapma kabiliyetinin daha fazla olması söylenebilir.

MDF'nin bazı fiziksel ve mekanik direnç özellikleri üzerine yoğunluk seviyeleri bakımından hem % 100 kızılçam lifinden elde edilen hem de normal karışım % 50 kızılçam + % 50 kayın lifinden elde edilen levhalarda en iyi fiziksel ve mekanik mukavemetler yüksek (700 kg/m^3) yoğunluk seviyelerinde tespit edilmiştir (Çizelge 5.12).

Bu durumun nedeni olarak yoğunluk arttıkça birim hacimdeki lif miktarının dolayısıyla da lif-lif bağının artması gösterilebilir. Artan lif-lif bağlarından dolayı, oluşan lif taslağının presleme sırasında daha homojen basınç alacağından elde edilen levhaların fiziksel ve mekanik direnç özelliklerinin daha iyi olacaktır.

180, 185, 190, 195, 200 kg/m^3 tutkal seviyelerinde yapılan deneme levhalarının su emme, kalınlığına şişme ve absorpsiyon değerleri dışında kalan fiziksel özellik ve mekanik dirençlerinde istatistiksel olarak herhangi bir değişim görülmemiştir. Bu durumun nedeni olarak birim hacimdeki kuru lif ağırlığına göre verilen tutkal oranlarının birbirine çok yakın değerlerde seçilmesinden kaynaklandığı söylenebilir. Bunun sonucu olarak da mevcut bağımsız değişkenler göz önünde

bulundurulduğunda optimum özelliklere sahip levha üretimi için 180 kg/m³ tutkal kullanımının yeterli olduğu söylenebilir.

Ülkemiz ormanlık alanlarının % 25 ini oluşturan ve en geniş yayılış alanlarına sahip önemli bir lifsel hammadde kaynağı olan kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) odunu MDF üretiminde kullanıldığında, üretilen MDF'lerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin standartlarda belirtilen minimum değerlere uygun sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Bu nedenle herhangi bir hammadde tedarik problemi yaşandığında saf olarak ya da diğer kısa lifli hammadde türleri ile belli oranlarda karıştırılarak MDF üretimlerinde kullanılması ülkemiz şartlarında kaçınılmaz bir durum olduğu söylenebilir. Bu nedenle uzun İYA lifleri kısa lifli hammaddelerle karışım halinde kullanılabildiği gibi, herhangi bir hammadde tedarik problemi yaşandığında % 100 saf olarak da MDF üretimlerinde değerlendirilebilmesi mümkündür.

Bu çalışma kapsamında istatistiksel olarak özellikle mekanik değerler üzerine etkisi belirgin olmayan tutkal oranlarının levha üzerine etkilerinin görülebileceği daha farklı çalışmaların yapılması önerilebilir.

KAYNAKLAR

- Anonim 1990. Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi Cilt:5, Sayı:2, Sayfa:95-103
- Anonim 1995. Euro MDF board A Users Manuel, Germany.
- Anonim, 2001. Ağaç malzeme teknolojisi bilgi sistemi. İ.Ü. Orman Fakültesi, İstanbul.
- Anonim 2001. Siempelkamp., Bulletin May.
- Anonim 2009 www.ogm.gov.tr Ormanlarımızda yayılış gösteren asli ağaç türleri Orman Genel Müdürlüğü.
- Anonim 2010 Siempelkamp maschinen and anlagenbau. GmbH & Co. KG
- Anonim 2011. Yonga Levha Sanayiciler Derneği, Meşrutiyet C. N:18/7Beyoğlu, İstanbul.
- Açıkel, İ. 2007. Emprenye işleminin ağaç malzemede vida tutma direncine etkisi. Gazi Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, 52 s, Ankara.
- Ahmad, S.H., Bonnia, N.N., Ali, E.S. and Zakaria, S. 2005. Eco-medium density fiberboard hybrid using empty fruith bunch and rubber wood fibre, Appita 531-536.
- Akbulut, T. 1999. Dünya’da ve Türkiye’de MDF Endüstrisinin Genel Durumu, Laminat. Mobilya& Dekorasyon & Sanat& Tasarım Dergisi, Ağustos-Eylül Sayı 3.
- Akbulut, T., Hızıroğlu, S., Ayrılmış, N. 1999. Surface Absorbision, Surface Raughness, and Formaldehyde Emission of Commercially Manufactured MDF in Turkey. Forest Journal, Baskıda, madison, USA.
- Akbulut, T. ve Ayrılmış, N. 2001. MDF Üretiminde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, 51(2); 25–42, İstanbul.
- Akbulut, T., Ayrılmış, N. 2006. Effect of compression wood on surface roughness and surface absorption of medium density fiberboard. Silva Fennica 40(1): 161–167.
- Akgül, M. 2006. Mısır Saplarından Orta Yoğunlukta Lif Levha Üretimi. Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi Cilt:5, Sayı:2, Sayfa:95-103.
- Akgül, M. Çamlıbel, O. 2006. Liflevha üretiminde kullanılan pişirme yöntemleri. A.İ.B.Ü. Düzce Orman fakültesi/Düzce.
- Alkan, Ç. Eroğlu, H. Yaman, B. 2003. Türkiyedeki bazı odunsu angiospermae taksonlarının lif morfolojileri. Z.K.Ü Bartın Orman Fakültesi Dergisi Yıl: 2003 Cilt:5 Sayı:5

- Aysel, M. 1997. Karaçam ve Kızılçamda Zımpara Türü ve İşleminin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi, H.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Mühendislik Tezi, Ankara.
- Arslan ve ark. 2007 Tarımsal atıklardan lif ve yonga levha üretimi SDÜ Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 32260 Isparta. ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi Yıl: 2007 Cilt:9 Sayı:12
- Ayrılmış, N. 2000. MDF'nin Teknolojik Özellikleri Üzerine Ağaç Türünün Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Anşın, R. ve Özkan, Z. C. 1993. Tohumlu bitkiler-odunsu taksonlar. Karadeniz. Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, Genel Yayın No:167, Fak. Yay. No:19, Trabzon.
- Balkız, Ö. 2000. Ağaç işleri Endüstrisinde Kullanılan Önemli Bazı Yerli Ağaç Türleri Odunlarının Yapışma Özelliklerinin Tespiti Üzerine Araştırmalar, H.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Mühendislik Tezi, Ankara.
- Baykan, İ. 1996 Rendelenmiş ve Zımparalanmış Masif Ağaç Malzeme Yüzeylerinde Yüzey Pürüzlüklerine İlişkin Araştırmalar. K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi. Trabzon.
- Bajwa, D. S. and Chow, P. 2003. Some performance characteristics of aspen-kenaf composite boards, Forest Products Journal 53:30-35.
- Bektaş, İ., Güler, C., Kalaycıoğlu, H., Mengeloğlu, Nacar, Mehmet 2005. The Manufacture of Particleboards using Sunflower Stalks (helianthus annuus l.) And Poplar Wood (populus alba L.), Journal of Composite Materials 39:467-473.
- Bozkurt, A.Y. ve Göker, Y. 1987. Fiziksel ve Mekaniksel Ağaç Teknolojisi. İ.Ü. Yayın No:3445, Orman Fak. Yayın No:388 İstanbul.
- Bozkurt, Y. ve Erdin, N. 1989. Ticarete önemli yabancı ağaçlar. İstanbul Üniversitesi Yayın No: 3572, Fen Bilimleri Enstitüsü Yayın No: 4, İstanbul
- Bozkurt, A.Y. 1992. Odun anatomisi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Üniversite Yayın No: 3652, Fakülte Yayın No: 415, İstanbul.
- Bozkurt, Y. ve Erdin, N. 1997. Ağaç teknolojisi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Üniversite Yayın No: 3998, Fak. Yay. No: 445, İstanbul.
- Bozkurt, Y. ve Erdin, N. 2000. Odun anatomisi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Üniversite Yayın No: 4263, Fak. Yay. No: 466, İstanbul.
- Çamlıbel 2006 Ormangülü biyokütlesinden (Rhododendron Ponticum L.) mdf (orta yoğunlukta lif levha) üretimi olanaklarının araştırılması. A.İ.B.Ü. Düzce Orman fakültesi/Düzce.

- Çavuş 2008 I-214 (*Populus euramericana*) melez kavakklonundan iki farklı tipte (FF ve ÜF) tutkal kullanarak paralel şerit keresteler (PŞK) ların bazı fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. K.S.Ü. Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş.
- Chen et al. 1993 Gluability of Copolymer Resins Having Higher Replacement of Phenol by *Southern Pine* Foliage Extracts for Flakeboards and Composite Panels. *Holzforschung* 47, p:72-75.
- Çöpür ve ark. 2008 Incorporation of Hazelnut Shell and Husk in MDF Production, *Bioresource Technology*, 15, 7402–7406,
- Dereli, Ü. 1997. Kızılcım ve Orta Yoğunlukta Liflevhalarda Yüzey Pürüzlülüğünün Tayini üzerine Araştırmalar, H.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Mühendislik Tezi, Ankara.
- Di Maggio, R., M. Franchini, M., Guerrini, G. b S. Pal? & C. Migliaresi. (1996) Fibre matrix Adhesion in Fibre Reinforced CACMDF Composites Universith degli Studi di Trento, Dipartimento di Ingegneria dei Materiali, Via Mesiano, 77 38050, Trento, Italy.
- Doğanay, S. 1995. Mobilya endüstrisinde kullanılan ahşap malzemenin vida tutma direncinin belirlenmesi. Gazi Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, 69 s, Ankara.
- Eroğlu, H.,1988. Lif levha Endüstrisi. Lisans ders notu K.T.Ü. Orman Fakültesi.
- Eroğlu, H. ve Usta, M., 2000, Lif levha Üretim Teknolojisi, K.T.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, Trabzon.
- Faust, T.D. and Rice, J.T.1986: Effect of Seneer Surface Roughness on The Bond Quality of Southern Pine Plywood. *Forest Products Journal*. 36.4. S.57-62.
- Ferah, O. 1991. Bazı önemli ağaç türlerimizin vida ve çivi tutma direnç özelliklerinin belirlenmesi. Orman Araştırma Enstitüsü Yayını, Teknik Bülten No: 252, Ankara.
- Gencer, A., 1998. Pamuk Saplarından MDF Üretimi Olanaklarının Araştırılması.
- Güler, C. and Ozen, R. 2004. Some properties of particleboards made from cotton stalks (*Gossypiumhirsutum L.*), *Holz als Roh- und Werkstoff* 62:40-43
- Güler C., Bektas, İ. and Kalaycıoğlu H. 2006. The experimental particleboard manufacture from sunflower stalks (*Helianthus annuus L.*) and Calabrian pine (*Pinus brutia Ten.*) *Forest Prod. J.* 56:56-60
- Gündüz, G., Masraf, Y. 2005. Üç Tabakalı Yatık Yongalı Yongalevha Üretiminde Üretim Şartlarının Değiştirilmesinin Levhaların Mekanik Ve Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi. *ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi* 7 (8) s. 58-63.

- Gündüz, G., Korkut, S. and Korkut, D. S. 2008 a. The effects of heat treatment on physical and technological properties and surface roughness of Camıyanı Black Pine (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) wood. *Bioresource Technology*, 99(7); 2275–2280.
- Gündüz, G., Niemz, P. and Aydemir, D. 2008 b. Changes in specific gravity and equilibrium moisture content in heat-treated fir (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmülleriana* Mattf.) wood. *Drying Technology*, 26(9); 1135–1139.
- Gündüz, G., Aydemir, D. and Karakaş, G. 2009 a. The effects of thermal treatment on the mechanical properties of wild Pear (*Pyrus elaeagnifolia* Pall.) wood and changes in physical properties. *Materials & Design*, 30(10); 4391–4395.
- Gündüz, G., Korkut, S., Aydemir, D. and Bekar, İ. 2009 b. The density, compression strength and surface hardness of heat treated hornbeam (*Carpinus betulus*) wood. *Maderas. Ciencia y tecnología* 11(1); 61–70.
- Grigoriou, A.H. 2000. Straw-wood composites bonded with various adhesive systems, *Wood Science and Technology* 34:355-365
- Halvarsson, S., Norgren, M. and Edlund, H. 2005. processing of wheat straw materials for production medium density fiberboard (MDF), *Appita* 623-629
- Hızıroğlu et. al. 1993 Linear Expansion and Surface Stability of Particleboard. *Forest Products Journal*.43.44. S.31-34.
- Hızıroğlu, S. 1996 Surface Roughness analysis of Wood Composites. *Forest Products Journal*.46.7/8. S. 67-72.
- Houts, J.V., Bhattacharyya, D., Jayaraman, K., 2000. Determination of Residual Stress in Medium Density Fiberboard, *Holzforschung*, Cilt 54, No:2. Germany.
- Huş, S. 1977. Ağaç Malzeme Tutkalları İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, İ.Ü. Yayın No: 2337, O.F. Yayın No: 242, İstanbul, s.7-39.
- İlter, E.; Çamlıyurt, C. ve Balkız, Ö.D. 2002: Uludağ Göknarı (*Abies Bornmülleriana* Mattf.) Odununun Yüzey Pürüzlülük Değerlerinin Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar, İç Anadolu Ormanlık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten No: 281, ISSN: 1302-9452, Ankara.
- İstek, A. 2006. Sert liflevhaların fiziksel ve mekanik özelliklerine sıcaklık ve basınçın etkisi. Z.K.Ü Bartın Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü 8-10, Bartın.
- Iwakiri, S., Cappara, A., Saks, D., Guisantes, F., Franzoni, J., Krambeck, L., Rıgatto, P. 2005 Production of high density particleboard with different types of resins. *Scientia Forestalis*, 68 s. 39-43.

- Kalaycıoğlu, H., 1991. Sahil amı (*Pinus Pinaster*) Odunların Yongalevha Üretiminde Kullanılması İmkanları. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon
- Khalil, H.P.S.A., Ismail, H., Ahmad, M.N., Ariffin, A., Hassan, K. 2001. The Effect of Various Anhydride Modifications on Mechanical Properties and Water Absorption of Oil Palm Empty Fruit Bunches Reinforced Polyester Composites, *Polymer International*, 50, 395-402
- Kjucukov, G. and Encev, E. 1977 a. The effect of screw sizes on the withdrawal resistance in fir wood. *Holztechnologie*, 18(1); 26–29.
- Ko, E. 2002. MDF’de Profilli Yüzeylerin Kaplanmasında Bazı Faktörlerin Görünüm Özelliklerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kollmann, F.P.F., Kvenzi, E.WA., Stamm, J. 1975. Principles of Wood Science and Tecnology II., Wood Based Materials, Springer ferlog, Berlin, 672
- Lee et al. 2006 Mechanical and physical properties of agro-based fiberboard. *Holz als Roh- und Werkstoff*. 64:74-79.
- Maloney, T.M. 1996. The family of wood composite materials, *Forest Prod. J.* 46:19 26
- Maloney, T.M., 1993. Particleboard and dry particleboard and dry process fiberboard manufacturing, updated edition Miller Freeman Publication, California. U.S.A.
- Matsuda, H. and Ueda, M. 1985. Preparation and Utilization of Esterified Woods Bearing Carboxyl Groups III. Heat and Moisture Stability of Esterified Woods, *Mokuzai Gakkaishi*, 31, 2, 103-108.
- Mengeloğlu, F. ve Alma, M. 2002. Buğday saplarının kompozit levha üretiminde kullanılması K.S.Ü. Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş.
- Merev, N. 1988. Odun anatomisi ve odun tanıtımı ders notları, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, Trabzon
- Nemli, G. 2003 Effects of Some Manufacturing Factors on the Properties of Particleboard Manufactured From Alder, *Turk. J. Agric.For.*, 27: 99-104.
- Nugroho et. al. 2000 Development of structural composite products made from bamboo I:fundamental properties of bamboo zephyr board, *J. Wood Science*, 46:68-74
- Öktem, E. 1994. Kızılçam el kitabı dizisi 2. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Muhtelif Yayın No: 52, Ankara.

- Östman, L. and Birgit, A. 1983 Surface Roughness of Wood-Based Panels after Aging. *Forest Products Journal*.33.7/8. S.35-42.
- Özçiftçi, A. ve Doğanay, S. 1999. Etiket yongalı levha (waferboard) ile Doğu kayını ve ladin odunlarının vida ve çivi tutma dirençleri. *Journal of Agriculture and Forestry*, 23(5); 1207–1213.
- Özen, R., 1979. Lif levha Endüstrisi Ders Notları, K.T.Ü Orman Fakültesi, Trabzon.
- Papadopoulos, A.N. and Hague, J.R.B. 2003. The potential for using flax. (*Linum usitatissimum L.*) shiv as a lignocellulosic raw material for particleboard, *Industrial Crops and Products* 17:143/147.
- Parker, D.E., Plackett, D.V. and Dunningham, E.A. 1992. Absorption of Copper by Chemically Modified Radiata Pine, *Chemical Modification of Lignocellulosics*, Rotorua, New Zealand, 7-8 November 1992, FRI-Bulletin, No:176, 58-66
- Di Maggio, R., M. Franchini, M., Guerrini, G. b S. Pal? & C. Migliaresi. (1996) Fibre matrix Adhesion in Fibre Reinforced CACMDF Composites University degli Studi di Trento, Dipartimento di Ingegneria dei Materiali, Via Mesiano, 77 38050, Trento, Italy.
- Rapson, D. 1991. What happens with blending in the MDF Blowline. International particle board/composite materials symposium, Proceedings of the Twenty-Four Washington state university, U.S.A.
- Rowell, R.M. 1984. Penetration and Reactivity of Cell Wall Components, Chapter 4, American Chemical Society.
- Rowell, R.M., Imamura, Y., Kawai, S., Norimoto, M. 1989. Dimensional Stability, Decay Resistance and Mechanical Properties of Veneer-Faced Low-Density Particleboards Made from Acetylated Wood, *Wood and Fiber Science*, 21, 1, 67-79.
- Serin, Z.O. 2005. Suksinik Anhidrit Modifikasyonun Orta Yoğunluktaki Liflevhanın (MDF) Özelliklerine Etkisi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi* 2010, Cilt: 12, Sayı: 18, 61-66 ISSN: 1302-0943 EISSN: 1308-5875.
- Sertmehmetoğlu, Z., Acar, O. ve Birler, A.S. 1967. Bir endüstri ağacı olarak "I-214" işaretli melez kavak odununun mekanik dirençleri konusunda araştırmalar. Kavak ve hızlı gelişen orman ağaçları araştırma müdürlüğü, Yayın No: 2.
- Tank, T. 1980. Lif ve selüloz teknolojisi 1. lisans ders kitabı, İstanbul üniversitesi yayın no: 2362 orman fakültesi yayın no: 272, İstanbul.

- Tank, T. 1980. Tutkallar Y.Lisans ders notları, İstanbul üniversitesi orman fakultesi, İstanbul.
- TS 64–1 EN 622–1. Liflevhalar-özellikler-bölüm 1: genel özellikler
- TS 64., 1963. Odun lifi levhaları–tanım ve sınıflandırma.
- TS EN 301. 1995. Yapıştırıcılar – Fenolik ve Amino plastik – Yüke dayanımının gerekli olduğu Ahşap yapılar için - Sınıflandırma ve performans özellikleri. s.1-5.
- TS EN 325. Ahşap esaslı levhalar-deney numunelerinin boyutlarının tayini
- TS 3639. Ahşap esaslı levhalar-deney numunelerinin suda kalınlığına şişme tayini
- TS EN 319. Yonga ve liflevhalar-levha yüzeyine dik çekme dayanımın tayini
- TS EN 326-1. Ahşap esaslı levhalar-numune alma kesme ve muayene bölüm 1: Deney numunelerinin seçimi, kesimi ve deney sonuçlarının gösterilmesi.
- TS EN 310. Ahşap esaslı levhalar-eğilme dayanımı ve eğilme elastikiyet modülünün Tayini.
- TS 10506. Lif levhalar-vida tutma kabiliyetinin (Mukavemetinin) tayini
- TS 2478. 1976. Odunun statik sertliğinin tayini, TSE Ankara s.1-5.
- TS 1351. 1974. Lif levha üretiminde kullanılabilir lif–yonga odunu boyutları, Ankara.
- TS EN 326-1. Ahşap Esaslı Levhalar-Numune Alma Kesme ve Muayene Bölüm 1: Deney Numunelerinin Seçimi, kesimi ve Deney Sonuçlarının Gösterilmesi
- Ustaömer, D., Usta, M., Boran, S., 2006. Bazı Borlu Bileşiklerle Muamele Edilerek Üretilmiş Liflevhaların Spektrofotometrik Yöntemle Renk Değişimlerinin Belirlenmesi, III. International Boron Symposium, Ankara.
- Wecke, P.H. 1990. Worldwide Developments With MDF. International Particleboard/Composite Materials Symposium, Proceeding of the Twenty Fourth Washington Stale Universty, U.S.A.
- Wu 2001 Comparative properties of bagasse particleboard. Pages 277-284 in Mei C., Zhou X., Sun D., Zheng Y., Xu X. eds. Proc. Symposium on Utilization of Agricultural and Forestry Residues, October 31- November 3. Nanjing Forestry University, Nanjing, China.
- Yaltrık, F., Efe, A 1994. Dendroloji Ders Kitabı. İstanbul Üniversitesi yayın No: 3836, Orman Fakültesi Yayın No: 431, ISBN: 975-404-363-9, İstanbul.

- Yaltrık, F. 1998. Dendroloji Ders Kitabı II. İstanbul Üniversitesi yayın No: 4104, Orman Fakülte Yayın No: 420, ISBN:975-404-095-8, İstanbul.
- Yalçınkaya, Ö. 1997. Sapsız Meşe ve Karaçamın Yüzey Pürüzlülük Değerlerinin Araştırılması, H.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Mühendislik Tezi, Ankara.
- Ye, X.P., Julson, J., Kuo, M., Womac, A. and Myers, D. 2007. Properties of medium density fiberboards made from renewable biomass, *Bioresource Technology* 98:1077–1084.
- Yousefi, H. 2009. Canola straw as a bio-waste resource for medium density fiberboard (MDF) manufacture . Wood Science and Technology Department, Natural Resources Faculty, University of Tehran, P.O. Box 31585-3314, Karaj, Iran.
- Xing, C., Riedl, B. Colutuier, A. and Shaler S., 2002. Characterisation of urea formaldehyde resin penetration into medium density fibreboard fibres. Submitted to the journal of wood science and technology.
- Xu et al. 2006 Development of binderless fiberboard from kenaf core, *J. Wood Science*, 52:236-243

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mehmet Erdal KARA
Doğum Yeri : Kastamonu / Araç
Doğum Tarihi : 12.01.1975
Medeni Hali : Evli
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : İzmit Teknik Lisesi (Makine) – 1991
Ön Lisans : Kocaeli Üniversitesi Kullar M.Y.O.
Kâğıt ve Selüloz Teknolojisi Bölümü – 1995
Lisans : Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi
Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü – 1999
Yüksek Lisans : Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı – 2011

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl:

M.E.B. Derince Bekir Sıtkı İlköğretim Okulu, İZMİT
Sözleşmeli İng. Öğretmeni, 1999 – 2000

Halcrow – Dolsar J.V. Başbakanlık Proje Uygulama
Birimi Terra 1 Projesi, İZMİT
Kontrol Mühendisi, 2001 – 2002

Kartonsan Karton San. ve Tic. A.Ş. İZMİT
Vardiya Amiri - İşletme Mühendisi 2002 – 2004

S.F.C. Entegre Orman Ürn. San. ve Tic. A.Ş. KASTAMONU
İşletme Sorumlusu, 2004 –