

**ORMANGÜLÜ BİYOKÜTLESİNDEN (*Rhododendron ponticum L.*) MDF
(ORTA YOĞUNLUKTA LİF LEVHA) ÜRETİMİ OLANAKLARININ
ARAŞTIRILMASI**

Osman ÇAMLİBEL

MAYIS 2006

**ORMANGÜLÜ BİYOKÜTLESİNDEN (*Rhododendron ponticum L.*) MDF
(ORTA YOĞUNLUKTA LİF LEVHA) ÜRETİMİ OLANAKLARININ
ARAŞTIRILMASI**

Osman ÇAMLİBEL

ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN ENDÜSTRİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS DERECESESİ İÇİN ONAYA SUNULMUŞ

TEZ

MAYIS 2006- DÜZCE

Fen Bilimleri Enstitüsü'nün Onayı

Prof. Dr. Davut KÖŞKER

Enstitü Müdürü

Bu tezin Yüksek Lisans derecesinde bir tez olarak gerekli çalışmaları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Yrd. Doç. Dr. Cihat TAŞÇIOĞLU

Orman Endüstri Mühendisliği

Anabilim Dalı Başkanı

Okuduğumuz bu tezin Yüksek Lisans derecesinde bir tez olarak onaylanması düşüncemize göre amaç ve kalite olarak tamamen uygundur.

Yrd. Doç. Dr. Mehmet AKGÜL

Tez Danışmanı

Jüri Üyeleri

- 1- Yrd. Doç. Dr. Mehmet AKGÜL
- 2- Yrd. Doç. Dr. Yalçın ÇÖPÜR
- 3- Yrd. Doç. Dr. Birol ÜNER

ABSTRACT

THE MANUFACTURE OF MEDIUM DENSITY FIBERBOARDS USING

RHODODENDRON (*R. Ponticum* L.) BIOMASS

By

Osman ÇAMLIBEL

Master of Science Thesis: Department of Forest Industrial Engineering

Supervisor: Assist. Professor Mehmet AKGUL

May, 2006, 234p

The aim of this thesis was to investigate the suitability of *Rhododendron ponticum* L. as a raw material for Medium Density Fiberboard (MDF) manufacturing. The *Rhododendron ponticum* L. is a biomass resource in the Black Sea Region of Turkey.

Chemical properties, such as holocellulose, alfa-cellulose, lignin and ash contents, alcohol-benzene, solubility in dilute alkali (1% NaOH), and hot and cold water solubility, were determined. The *Rhododendron ponticum* L. woods fiber properties such as fiber length, diameters and cell-wall thickness values are were investigated

Medium Density Fiberboard panels (2100x4900x 8 mm) were manufactured at Divapan Integrated Wood Company located in Duzce, Turkey. The panels were made from *The Rhododendron ponticum* L. and industrial wood pine, oak mixed (*Pinus sylvestris* L., *Quercus Robur* L) furnishes in various proportions were used as the raw material for MDF. The mixing ratios were 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 and 0:100 of The *Rhododendron ponticum* L. and industrial wood fiber in the experiments. A total of 40 panels, 8 for each type of furnish, were tested. The chips

having an average dimension of 20 by 25 by 5 mm were produced from low-quality roundwood. Raw material was converted into fiber furnish in an Asplund defibrator using a steam pressure of 7.8 bar at a temperature of 175 °C for 3.5 minutes. The following were added to the fiber furnish: 1 percent wax, 0.8 percent NH₄Cl as hardener, and 11 percent urea-formaldehyde (UF) resin. Mats with an average moisture content of 11.2 percent were pressed at temperature of 175 °C for 4 minutes at a pressure of 38 kg/cm². The panels were sanded with a sequence of 50, 80 and 120 grit size following the cooling process. Tests were made on samples conditioned at 20±2⁰C and 65±5% relative humidity (RH) with a moisture content of 12 %. Analysis of variance and multiple-range test (Duncan) were used to evaluate test results. The results (arithmetical means) are as follows.

<u>Tests</u>		<u>Board Type</u>				
		R₁₀₀ I₀	R₇₅ I₂₅	R₅₀ I₅₀	R₂₅ I₇₅	R₀ I₁₀₀
Density	Kg/m³	733	730	726	722	727
Swelling Thickness						
Swelling after 2 hours	%	5.06	4.96	4.59	3.52	3.24
Swelling after 24 hours	%	10.99	10.52	9.96	8.45	7.83
Bending Strength	N/mm²	40.44	33.72	30.59	30.69	34.52
Modulus of Elasticity	N/mm²	3149.83	2783.37	2731.72	2804.11	3158.41
Internal Bond	N/mm²	0.67	0.56	0.60	0.610	0.63
Screw Resist (Surface)	kp	125.17	121.07	124.38	124.45	125.42
Janka hardness (Surface)	kp	79.83	78.82	78.32	74.50	73.08

This result may prove that *Rhododendron ponticum* L. woods can be an alternative raw material for the manufacture of MDF. All the panels tested met by the TS-EN for general purpose-use MDF

Key words: MDF, fiber board, fiber products, forest products, forest product industry, *Rhododendron ponticum* lipsky.

ÖZET

ORMANGÜLÜ BİYOKÜTLESİNDEN (*Rhododendron ponticum L.*) MDF

(ORTA YOĞUNLUKTA LİFLEVHA) ÜRETİMİ OLANAKLARININ

ARAŞTIRILMASI

Osman ÇAMLIBEL

Yüksek Lisans: Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Mehmet AKGUL

Mayıs, 2006, 234 S

Bu çalışmada, ülkemizde büyük bir potansiyele sahip olan orman gülü odunundan MDF üretmek ve bu türün MDF nin teknolojik özellikleri üzerine etkisini araştırmaktır. Bu amaçla orman gülü ve endüstriyel lifler (Sarıçam ve Saplı Meşe) 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 ve 0:100 oranlarında olmak üzere karıştırılarak üretilen levhaların teknolojik özellikleri tespit edilmiştir.

Orman gülünün kimyasal bileşenlerinden holoselüloz, alfa-selüloz, lignin ve kül oranları ile alkol-benzen, %1'lik NaOH, soğuk ve sıcak su çözünürlükleri tespit edilmiştir. Yine orman gülünün morfolojik özelliklerinden lif uzunluğu, lif genişliği, lümen çapı ve çeper kalınlığı belirlenmiştir.

Orta yoğunluktaki lif levha panelleri (2100 x 4900 x 18 mm) Düzce Divapan Entegre Ağaç Panel San. Tic. AŞ. tesislerinde üretilmiştir. Levhalar orman gülü, endüstriyel lif ve bunların karışımlarından imal edilmiştir. Her bir levha grubundan 8'er adet olmak üzere toplam 40 adet levha üretilmiştir. Düşük kaliteli odunlardan elde edilen 20x25x5 mm boyutlarındaki yongalar Asplund defibratöründe 7.8 bar ve 175 °C'de 3.5 dakikada doygun buhar altında liflendirilmiştir. Tam kuru lif ağırlığına oranla %1 parafin, % 0.8 NH₄Cl ve %11 üre-formaldehit liflere ilave edilmiştir.

Ortalama %11.2 rutubetteki levha taslağı sıcak preste, 175 °C, 38 kp/cm2 basınç altında 4 dakika preslenmiştir. Levhaların her iki yüzeyi klimatize işlemini takiben 50, 80 ve 120 grit büyüklüğündeki zımpara bantları ile zımparalanmıştır.

Deneyler, $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ ve % 65 ± 5 bağıl nemde kondisyonlanmış örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Deneyler sonucunda elde edilen verileri istatistiksel olarak değerlendirmek amacıyla Varyans Analizi ve Duncan testi yapılmıştır. Her bir levha grubuna ait deney sonuçlarının aritmetik ortalamaları aşağıda verilmiştir.

<u>Deneyin Adı</u>		<u>Levha Tipi</u>				
		R₁₀₀ I₀	R₇₅ I₂₅	R₅₀ I₅₀	R₂₅ I₇₅	R₀ I₁₀₀
Birim Hacim Ağırlığı	Kg/m³	733	730	726	722	727
Kalınlığına Şişme						
2 Saat	%	5.06	4.96	4.59	3.52	3.24
24 Saat	%	10.99	10.52	9.96	8.45	7.83
Eğilme Direnci	N/mm²	40.44	33.72	30.59	30.69	34.52
Eğilmede Elastikiyet Modülü	N/mm²	3149.83	2783.37	2731.72	2804.11	3158.41
Dik Yönde. Çekme Direnci	N/mm²	0.67	0.56	0.60	0.610	0.63
Dik Yönde Vida Tutma Gücü	kp	125.17	121.07	124.38	124.45	125.42
Dik Yönde Janka Sertlik Değeri	kp	79.83	78.82	78.32	74.50	73.08

Çalışma sonucunda, üretilen levhaların tüm test sonuçları TS-EN standartlarının üzerinde çıkmıştır. Ormanlarımızda büyük bir potansiyele sahip olan orman gülü biyokütlesinin MDF endüstrisinde değerlendirilebileceği anlaşılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Orman gülü, MDF, lif levha, lif teknolojisi, levha endüstrisi.

ÖNSÖZ

“Orman gülü Biyokütlesinden (*Rhododendron Ponticum L.*) MDF (Orta Yoğunlukta Lif levha) Üretimi Olanaklarının Araştırılması” adlı bu çalışmada. A.İ.B.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Orman Ürünleri Kimyası Ana Bilim Dalı Programında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Araştırma konusunun tespitinde ve bilimsel uyarı ve önerilerinden faydalandığım Sayın Hocam Yrd. Doç. Dr. Mehmet AKGUL 'e teşekkürlerimi bir borç bilirim. Yüksek lisans çalışmalarım sırasında desteğini gördüğüm Sayın Yrd. Doç. Dr. Yalçın ÇÖPÜR'e ayrıca teşekkür ederim. Ayrıca, juri üyeliğimi üstlenen Yrd. Doç. Dr. Birol ÜNER'e teşekkürlerimi sunarım. Bu çalışmam boyunca istatistiki analizlerin yapılmasında yardım ve önerilerinden yararlandığım Sayın Hocam Yrd. Doç. Dr. Süleyman KORKUT'a şükranlarımı sunarım. Laboratuvar analiz çalışmalarında yardımını esirgemeyen Arş. Gör. Ayhan TOZLUOĞLU'na teşekkürü bir borç bilirim.

MDF üretimini gerçekleştirdiğim Divapan Entegre Ağaç Panel San. Tic. A.Ş. fabrika yöneticilerinden Hulusi Rahman BOSTAN, Ahmet ALABOYUN, İdris AYYILDIZ, Hakan ZENGİN'e ve çalışmalarım boyunca yardımlarını esirgemeyen mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Çalışmalarım boyunca her türlü desteğini esirgemeyen eşime şükranlarımı sunuyorum. Bu çalışmanın bilim dünyasına, ülkemiz orman endüstrisine, araştırmacılara ve ilgilenenlere yararlı olmasını dilerim.

Osman ÇAMLIBEL

İÇİNDEKİLER

Sayfa No:

ABSTRACT.....	IV
ÖZET.....	VI
ÖNSÖZ.....	VIII
İÇİNDEKİLER.....	IX
TABLO LİSTESİ.....	XX
ŞEKİL LİSTESİ.....	XXIII
1.GİRİŞ.....	1
1.1. Genel Bilgiler.....	3
1.1.1 Lif Levhanın Tarihçesi.....	3
1.1.2. Lif Levhanın Tanımı ve Sınıflandırılması.....	3
1.1.3. MDF'nin Tanımı ve Sınıflandırılması.....	9
1.1.4. MDF'nin Gelişimi ve Dünyaya Yayılışı.....	11
1.1.4.1. Türkiye'de MDF Endüstrisinin Tarihçesi Genel Durumu ve Gelişimi.....	14
1.1.5. MDF'nin Özellikleri ve Kullanım Alanları.....	16
1.1.5.1. MDF'nin Yaş Yöntemle Üretilen Levhalara Göre Avantaj ve Dezavantajları	16
1.1.5.2. MDF'nin Özellikleri	17
1.1.5.3. MDF'nin Kalınlığına ve Özelliğine Göre Kullanım Yerleri.....	18

1.1.5.4. MDF'nin Masif Ağaç Malzemeye Göre Bazı Üstün Özellikleri.....	19
1.1.5.5. MDF'nin Yonga Levhalara Göre Üstünlükler.....	20
1.1.6. MDF Endüstrisinde Kullanılan Hammaddeler.....	25
1.1.6.1. Odun veya Ligno–Selülozik Maddeler.....	25
1.1.6.2. Lif Odunu Hakkında Genel Bilgiler.....	27
1.1.7. Odunun Kimyasal Yapısı.....	30
1.1.7.1. Lifsel Madde	32
1.1.7.2. Liflerin Sınıflandırılması.....	33
1.1.7.3. Muhlstep Sınıflandırma	33
1.1.7.4. “F” Faktörü	33
1.1.7.5. Lif Mukavemetinin Lif levha özellikleri Üzerine etkisi.....	33
1.1.7.6. Lif Morfolojisi.....	34
1.1.7.7. Selüloz.....	34
1.1.7.8. Hemiselüloz.....	35
1.1.7.9. Lignin	35
1.1.7.10. Pektin.....	36
1.1.7.11. Ekstraktif Maddeler.....	36
1.1.8. Yapıştırıcı Maddeler.....	37
1.1.8.1. Üre Formaldehit Tutkalı.....	38
1.1.8.1.1. Üre ile Formaldehitin Kondenzasyonu.....	38
1.1.8.1.2. Üre Formaldehit tutkalının Sertleştirilmesi.....	41
1.1.8.2. Fenol Formaldehit Tutkalı (FF).....	46

1.1.8.2.1. Fenolün Sertleştirilmesi.....	49
1.1.8.3. Melamin Formaldehit Tutkalı (MF).....	49
1.1.8.3.1. Melamin-Formaldehitin Sertleştirilmesi.....	52
1.1.8.4. Resorsin – Formaldehit Tutkalı (RF).....	53
1.1.8.5. İzosiyanat Tutkalı (İS).....	53
1.1.8.6. Doğal Tutkallar.....	54
1.1.8.7. Katkı Maddeler.....	55
1.1.8.7.1. Sentetik Tutkallara İlave Olarak Katılan Katkı Maddelerin Özellikleri	55
1.1.8.7.2. Ürenin Özellikleri.....	55
1.1.8.7.2.1. Üre Hazırlama Yöntemi.....	56
1.1.8.7.3. Melamin Özellikleri.....	56
1.1.8.7.4. Sertleştirici Maddeler.....	56
1.1.8.7.5. Katalizörün Özellikleri ve Hazırlanması ve ÜF İçin Katalizör Olan NH₄Cl Özellikleri.....	57
1.1.8.7.5.1. Katalizörün Hazırlanması (% 10'luk).....	57
1.1.8.7.6. Hidrofobik Maddeler.....	57
1.1.8.7.6.1. Parafin Özellikleri.....	58
1.1.8.7.6.2. Parafin Emülsiyonunun Hazırlanması	59
1.1.8.7.7. Koruyucu Maddeler.....	59
1.1.8.7.7.1. Koruyucu Maddelerin Hazırlanışı.....	60
1.1.8.7.7.2. Yanmayı Geciktiren Maddeler.....	60

1.1.9. MDF Üretim Teknolojisi.....	64
1.1.9.1. Odunun Depolanması.....	66
1.1.9.1.1. Hammaddenin Depolanmasında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar.....	68
1.1.9.2. Kabuk Soyma.....	68
1.1.9.2.1. Kabuk Soyma Yöntemleri	68
1.1.9.2.2. Kabuğun Levhanın Kalitesine ve Üretime Neden Olduğu Önemli Kusurlar	69
1.1.9.2.3. Kabuk Soymada Kullanılan Makineler ve Yöntemler.....	70
1.1.9.3. Yongalama.....	71
1.1.9.3.1. Ağırlık	72
1.1.9.3.2. Rutubet Miktarı.....	72
1.1.9.3.3. Yonga Analizi (Yonga boyutları).....	72
1.1.9.3.4. Yabancı Madde.....	73
1.1.9.3.5. Yongalayıcıların Genel Olarak Dört Çeşit	73
1.1.9.4. Yongaların Depolanması.....	75
1.1.9.5. Yongaların Elenmesi.....	78
1.1.9.5.1. Lif Levha Endüstrisinde Yonga Elekları	89
1.1.9.5.2. Yeniden Yongalayıcı (Rechipper).....	80
1.1.9.6. Yongaların Yıkanması.....	80
1.1.9.7. Liflendirme Ünitesi.....	82

1.1.9.7.1. Lif Levha Endüstrisinde Kullanılan Lif Hamuru Üretim Yöntemleri.....	82
1.1.9.7.2. Defibratör Yöntemi.....	83
1.1.9.7.3. Yonga Silosu.....	85
1.1.9.7.4. Pişirme Kazanı (Buhar Kazanı-Digester)	87
1.1.9.7.5. Boşaltma Helezonu (Alt Şineke).....	89
1.1.9.7.6. Diskli Rafinör (Defibratör).....	90
1.1.9.7.6.1. Rafinör Bıçakları Arasındaki Mekanik Etkiler.....	90
1.1.9.7.7. Tek Yönlü Bıçakların Avantajları.....	91
1.1.9.7.7.1. Segmentlerin Yapısı ve Özellikleri.....	92
1.1.9.7.8. Lif Kalitesini Etkileyen Faktörler.....	93
1.1.9.7.9. Lif Boşaltma Düzeni	94
1.1.9.8. Liflere Kimyasal Maddelerin Verilmesi.....	95
1.1.9.9. Liflerin Kurutulması.....	98
1.1.9.9.1. Ön kurutma ve Son kurutma.....	99
1.1.9.9.2. Lifin Kurutulmasına Etki Eden Faktörler.....	100
1.1.9.9.3. Kurutma Tüpünde Yangına Karşı Alınacak Önlemler.....	102
1.1.9.9.4. Siklonlar.....	103
1.1.9.9.5. Havalı Ayırıcılar.....	104
1.1.9.10. Lif Bunkerleri.....	105

1.1.9.10.1. Serme Tırmık Tarakları.....	107
1.1.9.10.2. MDF Taslağının Oluşturulması (Forming station) Vakumlu Serme.....	107
1.1.9.10.3. Mekanik Olarak Çalışan Serme İstasyonu.....	109
1.1.9.10.4. Lif Taslağının Nemlendirilmesi.....	111
1.1.9.10.4.1. Weko'nun Sağladığı Avantajlar.....	113
1.1.9.11. Ön Pres (prepressing-prekompres).....	113
1.1.9.11.1. Pastanın Ön Isıtması (Preheating Mat).....	116
1.1.9.11.2. Fasilalı (Statik) Çok Katlı Sıcak Presler.....	117
1.1.9.11.3. Fasilasız (Sürekli-Kontinu) Sıcak Presler.....	119
1.1.9.11.3.1. Sürekli Presin Katlı ve Tek katlı Prese Göre Önemli Avantajları.....	120
1.1.9.11.3.2. Soğutma Bölgesi (Cooling Zone) Kontinu Presi.....	122
1.1.9.11.3.3. Soğutmalı Preslerin Üretimin Avantajları.....	123
1.1.9.11.4. Mende Pres.....	128
1.1.9.12. Levhanın Klimatize Edilmesi.....	131
1.1.9.13. Zımparalama, Boyutlandırma, Depolama.....	133
1.1.9.13.1. Zımparalama Kalitesini Etkileyen Faktörler.....	135
1.1.9.13.2. Depolamada Dikkat Edilecek Hususları	138
1.1.9.13.3. Levhanın Seçimi (Grading).....	139

1.1.9.13.4. Depolama ve Sevkıyat	139
1.1.10. Isı Üretimi.....	141
1.1.10.1. Buhar Kazanının Tanımı.....	141
1.1.10.2. Buhar Kazanlarının Sınıflandırılması.....	141
1.1.10.3. Kazan Yardımcı Donanımları.....	143
1.1.10.3.1. Su Hazırlaması ve Besleme.....	143
1.1.10.3.2. Su Yumuşatma Yöntemleri.....	144
1.1.10.3.2.1. Diğer Su Yumuşatma İşlemleri.....	144
1.1.10.3.2.2. Yumuşatma Aygıtı (Mispet Aygıtı).....	149
1.1.10.3.2.3. Degazör (Gaz Alıcı).....	149
1.2. MDF Üretim Araştırmasında Kullanılan Ağaç Türleri.....	150
1.2.1. Rhododendron Ponticum L. (Orman Gülü).....	150
1.2.1.1. Rhododendron Ponticum L Doğal Yayılışı.....	150
1.2.1.2. Rhododendron Ponticum L Makroskobik Özellikler.....	152
1.2.1.3. Rhododendron Ponticum L Mikroskobik Özellikler.....	152
1.2.2. Pinus sylvestris L.(Sarı Çam).....	153
1.2.2.1. Pinus sylvestris L.(Doğal Yayılışı).....	153
1.2.2.2. Pinus sylvestris L. Makroskobik Özellikler.....	153
1.2.2.3. Pinus sylvestris L. Mikroskobik Özellikler.....	154
1.2.3. Quercus Robur L. (Saplı Meşe).....	156
1.2.3.1. Quercus Robur L. (Saplı Meşe) Doğal Yayılışı.....	156
1.2.3.2. Quercus Robur L. (Saplı Meşe) Makroskobik Özellikler....	156
1.2.3.3. Quercus Robur L.(Saplı Meşe) Mikroskobik Özellikle.....	157

2. MATERYAL VE METOT	159
2.1.1. Materyal.....	159
2.1.2. Kimyasallar.....	160
2.2. Metot.....	161
2.2.1. Orman Gülü Odunun Kimyasal Aanalizi.....	161
2.2.1.1. Araştırma Örneklerinin Analize Hazırlanması.....	161
2.2.1.2. Schultze Yöntemi.....	161
2.2.1.3. Rhododendron Ponticum L. Odunun Özellikleri.....	162
2.2.1.3.1. Araştırma Örneklerinin Seçimi.....	162
2.2.1.3.1.1. Yöntem.....	163
2.2.1.3.1.2. Kimyasal Analizlere Ait Metotlar.....	163
2.2.1.3.1.3. Holoselüloz Oranı.....	166
2.2.1.3.1.4. Alfa Selüloz Oranı	166
2.2.1.3.1.5. Lignin Oranı.....	166
2.2.1.3.1.6. Kül Oranı.....	168
2.2.1.3.1.7. Alkol-Benzen'de Çözünürlük.....	168
2.2.1.3.1.8. % 1'lik NaOH'te Çözünürlük.....	168
2.2.1.3.1.9. Soğuk Suda Çözünürlük.....	169
2.2.1.3.1.10. Sıcak Suda Çözünürlük.....	169
2.2.2. Orman Gülü'nün Lifsel Özellikleri.....	169
2.2.2.1. Keçeleşme Oranı.....	170
2.2.2.2. Elastikiyet Katsayısı.....	170
2.2.2.3. Katılık Katsayısı.....	170
2.2.2.4. Runkel katsayısı	170
2.2.2.5. Hacim Yoğunluk Değerinin Tayini.....	170

2.2.3. Deneme Levhalarının Üretimi.....	171
2.3. Deney Numuneleri.....	173
2.3.1. Deney Numunelerinin Boyutlarının Ölçülmesi.....	175
2.3.1.1. En ve Boy Ölçme Aleti.....	175
2.3.1.2. Kalınlık Ölçme.....	176
2.3.1.3. Birim Hacim Ağırlığının (Yoğunluk) Tayini.....	176
2.3.1.4. Kondisyonlama.....	177
2.3.1.5. Sonuçların Gösterilmesi	178
2.4. Rutubet miktarı.....	178
2.5. Suda kalınlığına Şişme.....	179
2.6. Eğilme Dayanımı ve Eğilmede Elastikiyet Modülünün Tayini.....	179
2.6.1. Alet ve Cihazlar.....	180
2.6.2. Kondisyonlama.....	181
2.6.3. İşlem	181
2.6.4. Sonuçların Gösterilmesi.....	182
2.6.5. Elastikiyet Modülünün Hesaplanması.....	182
2.6.6. Eğilme Dayanımı.....	183
2.7. Levha Yüzeyine Dik Çekme Dayanımı.....	184
2.7.1. Alet ve Cihazlar.....	184
2.7.2. Kondisyonlama.....	184
2.7.3. Deney Parçalarının Yükleme Bloklarına Yapıştırılması.....	185

2.7.4. İşlem ve Kuvvetin Uygulanması.....	186
2.7.5. Koparma Kuvvetinin Ölçülmesi.....	186
2.7.6. Sonuçların Gösterilmesi.....	187
2.8. Vida Tutma Kabiliyetinin Tayini.....	187
2.8.1. Aletler ve Cihazlar.....	187
2.8.2. Deney Parçaları.....	188
2.8.3. Kondisyonlama.....	188
2.8.4. Deney Parçalarının Hazırlanması	188
2.8.5. İŞLEM.....	189
2.8.6. Kuvvetin Uygulanması.....	189
2.8.7. Maksimum Kuvvetin Ölçülmesi.....	189
2.8.8. Sonuçların Gösterilmesi.....	189
2.9. Levha Yüzeyine Dik Yönde Janka Sertlik Değeri.....	190
2.10. Deneme Sonuçlarının Değerlendirilmesinde Kullanılan İstatistik Metotlar	190
3. BULGULAR.....	192
3.1. Fiziksel Özelliklere Ait Bulgular.....	193
3.1.1. Yoğunluğa Ait Bulgular.....	193
3.1.2. Suda Şişmeye Ait Bulgular.....	194
3.2. Mekanik Özelliklere Ait Bulgular.....	195
3.2.1. Eğilme Direncine Ait Bulgular.....	195
3.2.2. Eğilmede Elastikiyet Modülüne Ait Bulgular.....	197
3.2.3. Çekme Direncine Ait Bulgular.....	198

3.2.4. Vida Tutma Direncine Ait Bulgular.....	199
3.2.5. Sertliğe Ait Bulgular.....	200
4. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	202
4.1. Kimyasal Analizlere Ait İrdemeler.....	202
4.2. Lif Analizine Ait İrdemeler.....	203
4.3. Hava Kurusu Yoğunluk.....	206
4.4. Kalınlığına Şişme Oranı (2 ve 24 saat).....	209
4.5. Eğilme Direnci.....	212
4.6. Eğilmede Elastikiyet Modülü.....	216
4.7. Levha Yüzeyine Dik Yönde Çekme Direnci.....	218
4.8. Levha Yüzeyine Dik Yönde Vida Tutma Gücü	220
4.9. Levha Yüzeyine Dik Yönde Janka Sertlik Değeri.....	222
5. ÖNERİLER.....	225
6. KAYNAKLAR.....	226
7. ÖZGEÇMİŞ.....	234

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1. 2000-2004 yılları arasında dünyadaki MDF üretim kapasiteleri, Fabrika sayıları (m ³ /yıl)(MDFyearbook 2004).....	12
Tablo 2. 2003-2004 yılları arasında Türkiye ve Avrupa Ülkeleri arasındaki MDF üretim kapasiteleri, ülkelerin yüzdeler artış oranları ve Türkiye Avrupa Ülkeleri arasındaki MDF üretim yüzdeler durumu. (m ³ /yıl)(MDF yearbook, 2004).....	13
Tablo 3. Ülkemizde MDF üretimi yapan fabrikaların ve üretim kapasiteleri (Laminart Dergisi Eylül, 2005).....	15
Tablo 4 MDF'lerin Üretiminde Kullanılan Hammaddelerin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri.....	20
Tablo 5 MDF'nin ve Yonga levhanın Yüzey Pürüzsüzlüğü.....	22
Tablo 6. MDF ve Yonga levha'nın Fiziksel ve Mekanik Özellikleri.....	23
Tablo 7. Lif İçin Lif-Yonga Odun Boyutları.....	29
Tablo 8. Bazı Ağaçların Elementler Analizi.....	31
Tablo 9. Odunun Organik Bileşenleri.....	31
Tablo 10. Yapıştırıcı Miktarları.....	38
Tablo 11. Üretimde Kullanılan Kimyasalların Spesifik Değerleri.....	160
Tablo 12. Deney Levhalarının Proses Değerleri.....	172
Tablo 13: Araştırma Levhaların Karışın Oranları.....	173
Tablo 14. Deneme Materyalinin Hazırlanışı.....	173
Tablo 15. Şekil-63'e Göre Fiziksel ve Mekaniksel Özelliklerin Tayini İçin Deney Numunelerin Seçimi.....	175

Tablo 16. Deneme Levhalarında Yapılacak Deneylein Adları, Numune Boyutları, Adetleri ve Uygulanan Standart Numaraları.....	175
Tablo 17: Orman Gülü Odununun Kimyasal Analizlerine ve Çözünürlüklerine Ait Bulgular.....	192
Tablo 18: Orman Gülü Odununun Lif Analizine Ait Bulgular.....	192
Tablo 19: Yoğunluğa Ait İstatistiği Veriler.....	193
Tablo 20: Yoğunluğa ait Varyans Analizi.....	193
Tablo 21: 2 Saat Suda Şişmeye Ait İstatistiği Veriler.....	194
Tablo 22: 2 Saat Suda Şişmeye ait Varyans Analizi.....	194
Tablo 23: 24 Saat Suda Şişmeye ait istatistiği veriler.....	195
Tablo 24: 24 Saat Suda Şişmeye Ait Varyans Analizi.....	195
Tablo 25: Eğilme Direncine Ait İstatistiği Veriler.....	196
Tablo 26: Eğilme Direncine ait Varyans Analizi.....	196
Tablo 27: Eğilme Direncine ait Duncan Testi.....	196
Tablo 28: Eğilmede Elastikiyet Modülüne Ait İstatistiği Veriler.....	197
Tablo 29: Eğilmede Elastikiyet Modülüne ait Varyans Analizi.....	197
Tablo 30: Eğilmede Elastikiyet Modülüne ait Duncan Testi.....	198
Tablo 31: Çekme Direncine Ait İstatistiki Veriler.....	199
Tablo 32: Çekme Direncine Ait Varyans Analizi.....	199
Tablo 33: Vida Tutma Direncine ait istatistiği veriler.....	199
Tablo 34: Vida Tutma Direncine ait Varyans Analizi.....	200
Tablo 35: Sertliğe Ait İstatistiği Veriler.....	200
Tablo 36. Sertliğe Ait Varyans Analizi.....	201
Tablo 37: Sertliğe Ait Duncan Testi.....	201
Tablo 38. Bazı Yapraklı ve İbrelili Odunların Kimyasal Bileşenleri ve Çözünürlük Değerleri.....	202

Tablo 39. Bazı Yapraklı ve İğne Yapraklı Ağaçların Lifsel Özellikleri	203
Tablo 40. Orman Güllü,Sarı Çam Ve Sapsız Meşe Türlerinin Yoğunluğu Ve Lif Morfolojisine Ait Özellikleri.....	204
Tablo 41. Orman Güllünün Hacim-Yoğunluk Değeri.....	205
Tablo 42: Deneme Levhalarına Ait Hava Kurusu Yoğunluk Ortalama, EKGD ve EBGD Değerleri.....	207
Tablo 43: Deneme Levhalarına Ait Kalınlığına Şişme (2 saat) Ortalama EKGD ve EBGD Değerleri.....	210
Tablo 44: Deneme Levhalarına Ait Kalınlığına Şişme (yirmi dört saat) Ortalama,EKGD ve EBGD Değerleri.....	211
Tablo 45: Deneme Levhalarına Ait Eğilme Direnci Ortalama, EKGD ve EBGD Değerleri.....	213
Tablo 46: Deneme Levhalarına Ait Eğilmede Elastikiyet Modülü Ortalama,EKGD ve EBGD Değerleri.....	216
Tablo 47: Deneme Levhalarına Ait Levha Yüzeyine Dik Yönde Çekme Direnci Ortalama,EKGD ve EBGD Değerleri.....	218
Tablo 48: Deneme Levhalarına Ait Levha Yüzeyine Dik Yönde Vida Tutma Gücü Ortalama, EKGD ve EBGD Değerleri	221
Tablo 49: Levha Yüzeyine Dik Yönde Janka Sertlik Değeri İle İlgili EKGB ve EBGD Değerleri	223

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil-1. Yaş Yöntemle Lif levha Üretim Metotları.....	6
Şekil-2. Yarı Kuru Yöntemle Lif Levha Üretimi.....	6
Şekil-3. Sert Lif levha, MDF ve Yonga levhanın Ortalama Pürüzlülük-Ra Değerlerinin Normal Dağılımları.....	22
Şekil-4. Ortamın Rutubetine Göre MDF ve Yonga Levhalarda Meydana Gelen Eğilmedeki Deformasyon Değişimi.....	24
Şekil -5. Odunun Kimyasal Yapısı.....	30
Şekil-6. İYA Hücre Çeper Tabakasının Şematik Görünüşü.....	32
Şekil-7. Selüloz Molekülü.....	35
Şekil-8. Üre formaldehit kondenzasyon reaksiyonu.....	38
Şekil-9. Metanol Eldesi.....	39
Şekil-10. Formaldehit Eldesi.....	39
Şekil-11. Ürenin Eldesi.....	40
Şekil-12. Üre-Formaldehit Reaksiyon Oluşumu.....	40
Şekil-13. Üre Formaldehit Tutkalının Sertleşmesi.....	41
Şekil-14. Üre-Formaldehit Reçinesinin Polimer Yapısı.....	45
Şekil-15. Üre-Formaldehit Tutkalı Bağ Oluşumu.....	45
Şekil-16. Fenol ve Formaldehit Kondenzasyon Reaksiyonu.....	47
Şekil-17. Melamin Eldesi	50
Şekil-18. MDF Üretim Hattının İş Akış Şeması.....	65
Şekil-19. Hammadde Sahası	66
Şekil-20. Ormanda Yongalanarak Getirilen Hammadde.....	67
Şekil-21. Kabuğun Eğilme Direncine Etkisi.....	70

Şekil-22. Tambur Tipi Yongalayıcı.....	74
Şekil-23. Diskli Yongalayıcılar.....	74
Şekil-24. A :Metal Yonga Silosu B :Beton Yonga Silosu.....	76
Şekil-25. Yonga Silosu ve Boşaltma Sistemi.....	77
Şekil-26. Sarsıntılı Yonga Eleğinin Sistemik Görünüşü.....	79
Şekil-27. Yonga Yıkama Ünitesi.....	82
Şekil-28. Asplund Defibratör Sistemi.....	84
Şekil-29. Yonga Silosu, Ön Isıtma	85
Şekil-30. Pişirme Kazanına Yonga Besleme Ünitesi.....	86
Şekil-31. Karıştırıcı ve Boşaltma Helezonu.....	89
Şekil-32. Andritz Sprout Bauer Defibratörü.....	89
Şekil-33. Defibratörün Kesit Görünüşü.....	90
Şekil-34. Solda Tek Yönlü ve Aşınmamış Bıçak, Sağda İse Çift Yönlü ve Aşınmış Bir Bıçak Yer almaktadır.....	92
Şekil-35. Liflendirme Sıcaklığı ile Enerji Tüketimi Arasındaki İlişki.....	94
Şekil-36. Tutkalın Lifler Arasına Üç Değişik Şekilde Dağılımı.....	96
Şekil-37. Kimyasalların Lif Çıkış Borusundan.....	97
Şekil-38. Tek Aşamalı (A) ve İki Aşamalı (B) Kurutucular.....	100
Şekil-39. Kurutucu Siklonlar.....	102
Şekil-40. Yangın Algılama ve Söndürme Sistemleri.....	103
Şekil-41. Siklonların Çalışma Prensibi.....	104
Şekil-42. Serme Lif Bunker ve İstasyonu.....	106
Şekil-43. Dört Aşamalı Vakumlu Serme Sistemi.....	108
Şekil-44. Texpan Mekanik Serme Sistemi.....	109
Şekil-45. Pendistör Serme, Havalı Ayırıcı, Lif Kondisyonlama Sistemi	110

Şekil-46. Weko Rotor Damping Sistem Cihazı ve Kumanda Panosu.....	112
Şekil-47. Rulolu Ön Pres.....	114
Şekil-48. Bantlı Ön Pres Şeması	116
Şekil-49. Ön pres Sonrası Lif Isıtma Sistemi.....	116
Şekil-50. Soğutma Bölgesi (Cooling Zone) Kontinu Presi.....	123
Şekil-51. Pres Sıcaklığı ve Basıncının Şematik Görünüşü.....	124
Şekil-52. Sürekli Preste Taslağın Prese Girişten Pres içerisinde İlerleyerek Levha Haline Gelip Presten Çıkıncaya Kadar Olan Süreç İçerisinde Sıcaklık Yükselişi...127	
Şekil-53. Mende Presle Çalışan Bir Lif levha Fabrikasında Serme Hattının ve Presin Yan Kesiti.....	129
Şekil-54. Mende Presin Şematik Görünüşü.....	130
Şekil-55. Döner Tipte Yıldız Soğutucu.....	133
Şekil-56. Bazı Zımparalama Başlıkları Şekilleri.....	137
Şekil-57. Uygun Yükleme Modelinin Gösterilmesi.....	139
Şekil-58. Zımpara Tozu ve Gazla Yanan Kazan Isıtma Sistemi.....	142
Şekil-59. Atıklarla Yanan Kazan Isıtma Sistemi.....	143
Şekil-60. Orman Gülünün Mikroskopik Görünüşü.....	153
Şekil-61. Pinus Sylvestris L. Mikroskopik Görünüşü.....	155
Şekil-62. Quercus Robur L. Mikroskopik Görünüşü.....	158
Şekil-63. Bazı Özelliklerin Tayini İçin Küçük Deney Numuneleri Kesim Planı....	174
Şekil-64. Ölçme Noktaları.....	177
Şekil-65. Eğilme Dayanımı Tayini Düzeni.....	180
Şekil-66. Yük-Sehim Diyagramı İçerisindeki Deformasyon Sınırı.....	183
Şekil-67. Levha Yüzeyine Dik Yönde Çekme Direnci Tayini.....	186
Şekil-68. Orman Gülü Odunun Lif Uzunluğu (Büyütme X90 µm).....	204

1.GİRİŞ

Dünyada artan nüfusa paralel olarak hammadde kaynaklarına talep hızla artmaktadır. Bu talebi karşılayabilmek için atıl durumdaki hammadde kaynaklarının araştırılıp, insanlığın hizmetine sunulması zorunlu hale gelmiştir.

Türkiye’de orman kaynaklarının kısıtlı olması nedeniyle, gelecek yıllarda odun hammaddesi açığının hızla büyüyeceği kesindir. Önemli bir lifsel hammadde kaynağı olan ormangülü odunu orta yoğunlukta lif levha (MDF) üretiminde kullanılması halinde; bu sektörün hammadde sıkıntısının aşılmasına destek olacaktır.

Rhododendron cinsi Ericaceae familyası içinde önemli bir grubu oluşturmaktadır (Rotherham, 1983). Rhododendron’un yaklaşık 1200 türü vardır. Ericaceae familyasının en büyük cinsi olarak kabul edilmektedir. Rhododendron kelimesi yunanca kökenli olup, Rhodo=gül ve dendron=ağaç kelimelerinin bir araya gelmesinden oluşur (Genaust, 1976). Fransız botanikçi Tournefort Rhododendron ponticum L.’yi Karadeniz’in Güney kıyılarında 1702 yılında bulmuştur. Rhododendron’ların ana yayılış bölgesi, Kuzeydoğu Asya ve kısmen de Kuzey Amerika’dır. Güney Amerika ve Afrika’da bulunmadığı gibi, Avrupa bölgesinde de türce çok fakirdir (Berg ve Heft, 1969).

Botanikçiler tarafından R. ponticum iki alt türe ayrılmıştır. Alt tür ssp. baeticum Güneybatı İspanya (Schmid, 1956), Portekiz’in orta ve güneyinde sınırlı bir yayılış gösterir. Alt tür ssp. ponticum, Türkiye, Kafkaslar, Lübnan ve Bulgaristan’da yayılış gösterir (Clapham ve Ark, 1962). R. ponticum bu doğal yayılışlarına ek olarak Belçika, Fransa, İngiltere ve İrlanda’da ekzotik tür olarak bulunmaktadır (Tutin ve Ark, 1972; Roterham, 1983). R. ponticum’un iki alt türe ayrımının bir anlam ifade edip etmediğinin ise tartışmalı olduğunu bildirmektedir (Cox ve

Hutchison, 1963) İngiltere’de *R. ponticum*’un yaprak özelliklerinin doğal ortamlarındakinden (Kuzeydoğu Türkiye) farklı olduğu belirtilmektedir(Kulaç, 2004)

Türkiye orman alanı yaklaşık 20 milyon hektardır. Türkiye orman alanlarının yaklaşık %25’i Karadeniz bölgesindedir. Orman gülü Karadeniz sahili boyunca yaygın olarak deniz kenarı ile 2200 m rakımları arasında yetişmektedir. Sargıncı ve Yıldız’a göre hektarda 50 ton kadar olduğu bildirilmektedir. Türkiye’de yaklaşık olarak 250 milyon ton orman gülü biokütlesi mevcut olup bunun yaklaşık olarak 80 milyon tonu *R. Ponticum* L. oluşturmaktadır. *R. Ponticum* Türkiye’de doğal bir tür olarak Kuzey Anadolu sıradağlarının daha çok kuzeye dönük yamaçlarında ve Trakya’da Istranca dağlarında yayılış gösterir. Bir kısım kaynakta; Toroslarda, Amonosların üst bölgelerinde *R. ponticum*’un bulunduğunu da bildirmektedir (Doluhavon, 1980). Kafkaslardaki *R. ponticum* ile diğer *Rhododendron* türleri arasındaki hibritlerin, *R. ponticum* var *subalpinum* olarak isimlendirildiğini, ancak bunun istisnai bir durum gösterdiği belirtilmektedir. *R. ponticum*’un bugünkü yayılışı, büyük olasılıkla Alp buzulunun bir sonucu olarak gözükmektedir (Brown, 1953). *R. ponticum*’un yayılış alanı buzul çağı sırasında Kolhik ve Güney İberik Yarımadası olarak, iki kısmi yayılış alanında görülürken; ekolojik ve biyolojik bir çok özelliği, egzotik olarak bulunduğu (İngiltere, İrlanda) yetişme ortamlarında bilimsel olarak geniş ölçüde araştırılmıştır. Buna karşın ana yayılışının büyük bölümünü oluşturduğu Türkiye’de ise bu konuda detaylı araştırma yapılmamıştır.

Orman gülü odunu günümüzde yakacak odun olarak kullanılmakta fakat MDF endüstrisinde hammadde olarak kullanım alanları araştırılmaktadır

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.

MDF üretimi endüstriyel manada 1958 yılından itibaren ticari ve sınaî bir malzeme olarak kullanılmaya başlamıştır. Hızlı bir gelişim sürecinden sonra düşük nitelikli odun, odunsu atıklar ve diğer lignoselülozik hammaddeler kullanılarak Türkiye'de 2004 yılı itibarı ile 1.051.000 m³/yıl MDF üretimi ile Avrupa da ilk beşinci sıraya girmiştir (MDF yearbook, 2004).

MDF (Medium Density Fiberboard)'den istenen özellikler kullanım yerlerine göre farklılık arz etsede, genelde hafif fakat yeteri derecede dirençli, düzgün yüzeyle, stabil, makinelerle işleme kabiliyeti yüksek, yüzey işlemleri ve kaplanmasının kolay olması arzu edilmektedir. MDF'nin bu özellikleri üzerine etkili olan faktörler; prosesi kontrol kabiliyeti, üretim değişkenleri ve hammadde kabiliyeti şeklinde sıralanabilmektedir. Üretim hatlarında genelde tecrübe ve bilimsel yöntemler uygulanmaktadır.

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 yâda 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 1.5mm'den fazla olan levhalardır. Yapıştırıcı madde veya katkı maddeleri kullanılmış olabilir.

A. Yoğunluklarına Göre Lif levhalar (TS 3635 ve ISO 818)

1. Düşük yoğunlukta lif levhalar-izolasyon lif levhası (LDF –Light Density Fiberboard):0,35 gr/cm³ 'den daha düşük yoğunlukta lif levhalar.

2.Orta yoğunlukta lif levhalar (MDF Medium Density Fiberboard) 0,35–0,80 gr/cm³ yoğunluğa sahip lif levhalar.

3. Yüksek yoğunlukta lif levhalar-sert lif levhalar (HDF –High Density Fiberboard) 0,80–1,10 gr/cm³ arasında yoğunluğa sahip sert lif levhalar.

ABD'de lif levhalar yoğunluklarına göre şu şekilde sınıflandırılmaktadır (Forest product labarotory, 1989).

1. Düşük yoğunlukta lif levhalar-izolasyon lif levhası (LDF –Light Density Fiberboard): 0,16 gr/cm³ ve 0,50 gr/cm³ yoğunluğa sahip lif levhalar.

2. Orta yoğunlukta lif levhalar(MDF Medium Density Fiberboard) 0,35–0,80 gr/cm³ yoğunluğa sahip lif levhalar.

3. Sert lif levhalar(HDF –High Density Fiberboard) 0,50–1,45 gr/cm³ arasında yoğunluğa sahip lif levhalar.

Orta yoğunlukta sert lif levhalar: 0,50–0,80 gr/cm³ yoğunluğa sahip lif levhalardır. Yüksek yoğunlukta lif levhalar sert lif levhalar olup 0.80–1,28 gr/cm³ arasındadır. Özel yoğunlaştırılmış sert lif levhalar: 1,35–1,45 gr/cm³ arasında yoğunluğa sahip lif levhalar. Sert lif levhalar açık havada kendiliğinden kuruyan yağlarla emprenye edilirse ekstra sert lif levha elde edilir.

Keten yağına manganborat veya soya yağı konularak keten yağı inceltilerek lif levha ile emprenye edilir. Emprenye edilen lif levhalar termik işlem yapılıyorsa

çok dikkat edilmelidir. Çünkü yağın oksidasyonla polimerizasyonu ekzotermik bir olay olduğundan tehlike arz edebilir (Eroğlu, 1988).

B. Üretim Yöntemine Göre Lif Levhalar

- 1.Yaş yöntem
- 2.Yarı kuru yöntem
- 3.Kuru yöntem'dir.

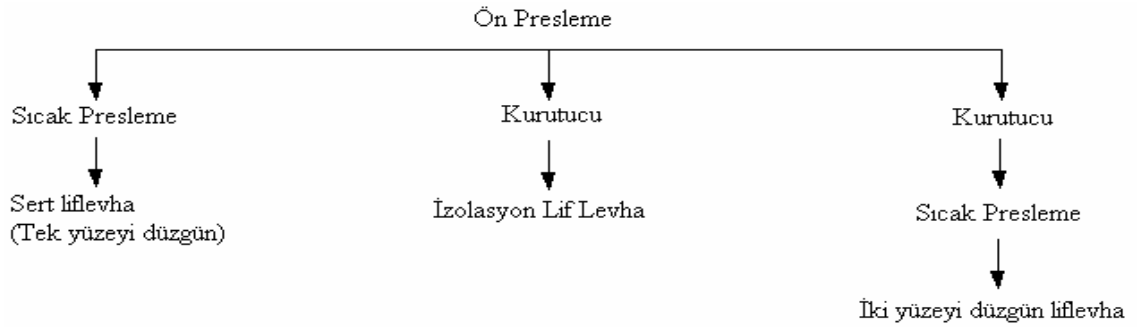
1.Yaş Yöntemle Lif Levha Üretimi

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. Burada, en önemli sorun üniform levha taslağı elde etmektir. Çünkü lifler daima kümelenmeye meyillidir. Bunun içinde düşük konsantrasyon ve mekanik karıştırıcıdan yararlanılır. Yaş yöntemle elde edilen levhaların sadece bir yüzü düzdür (S1S=smooth one surface). Diğer yüzünde elek izi bulunur. Çünkü oluşturulan lif keçesi preslerde sıcaklık ve basınç altında preslenerek kurutulur. Presin bir yüzünde plate diğer yüzünde elek bulunur (Eroğlu, 1988).

Bu yöntemin diğerlerinden en önemli farklılığı ise levha taslağının rutubeti %100 den fazla olmasıdır. %1–2 konsantrasyonundaki lif süspansiyonu bir elek üzerine verilerek mümkün olduğu kadar düzgün ve düzenli lif dağılımı sağlanarak lif keçesi elde edilir. Lifleri kümelendirmeden 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 (waxs) kullanırken isteğe göre

yüzeylerine %7–12 oranında sertleşen yağlarla empenye edilerek, ekstra sert lif levha üretilmektedir.

Yaş yöntemle değişik tipte lif levha üretim yöntemleri şekil -1’de verilmiştir (Suchland ve Woodsen, 1991). Levha taslağı sıcak prese girmeden direkt olarak kurutma hattından geçirildiğinde izolasyon lif levhalar elde edilmektedir.

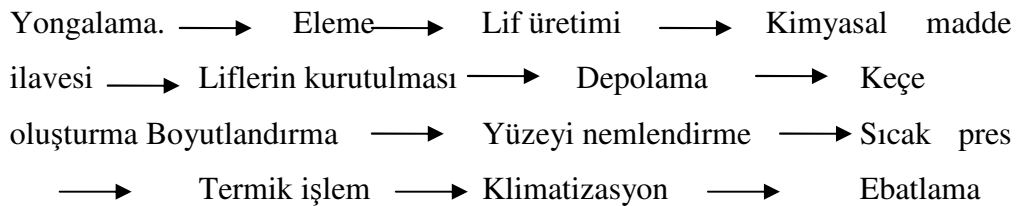


Şekil-1: Yaş Yöntemle Lif levha Üretim Metotları

Yöntemleri birbirinden ayıran en önemli etken levha taslağının oluşumu sırasındaki liflerin rutubet oranlarıdır. Bu rutubetlerde elde edilen liflerin keçeleşme kabiliyetlerinden lif levha elde edilir.

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 şeklinde yararlanır. Yapıştırıcı olarak orta lameldeki ligninden ziyade sentetik yapıştırıcılarda faydalanılır. Şekil-2’de yarı kuru yöntemin iş akış şeması görülmektedir (Eroğlu,1988).



Şekil-2: Yarı Kuru Yöntemle Lif Levha Üretimi

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 preslemeyle levha 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 üretilir. 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' ye kadar üretim yapılabilmektedir. Genelde masif malzeme gibi hatta dahada kolay işlenebilmesinden dolayı mobilya, dekorasyon işlerinde çok tercih edilmektedir. Yer kaplamaları (flooring) için üretilen parkeler de HDF (High Density Fiberboard) yani yüksek yoğunlukta (850–1000 kg/m³) lif levha üretimi oldukça yaygınlaşmıştır. Ayrıca bunların E1 kalitede, aşınmaya ve çizilmeye karşı mukavim, rutubete karşı dayanıklı (Moisture resistance)

ve yangına karşı dayanıklı (Fire retardent)'lık gibi özelliklerinin de olması söz konusudur (Eroğlu, 1988)

1. Kuru Yöntemde Liflerin Levha İçerisinde Yönlerine Göre İkiye Ayrılır

a. Homojen Lifli Lif Levhalar

Taslak oluşturulurken lifler homojen olacak şekilde rasgele serme bandının üzerine düşer. Lifler levha içinde gelişi güzel dağıldığından homojen yapıda lif levha üretilmektedir (Moloney, 1993).

b. Liflerin Yönlendirilmesiyle Üretilen Lif Levhalar (Oriented Fiberboard)

Serme hattında taslak oluşumu sırasında, lifler bant üzerine mekanik araç ile serme yapılırken, elektriksel alan yaratmak suretiyle liflerin bant yüzeyine belli açıyla düşmesi sağlanır. Böylece liflere yön verilmiş olmaktadır. Yönlenen liflerden elde edilen levhanın fiziksel ve mekanik özellikleri homojen, dağılmış levhaya göre çok daha yüksek kalitelidir. Üretilen bu levhalar dış ortamlarda ve yapı sektöründe tercih edilmektedir. Masif ağaç kadar kalite özelliği vardır (Moloney, 1993).

2. Yapıştırıcı Kullanımına Göre Lif levhalar

a. Üre-Formaldehit Tutkalı İle Üretilen Lif levhalar

Üre-formaldehit tutkalı, fiyatının ucuz oluşu, sertleşme süresinin kısa ve renginin beyaz olması ülkemizde ve dünyada levha sektöründe en çok tüketilen tutkallardan biridir. Bu tutkalla üretilen lif levhalar dış hava şartlarına ve rutubete karşı dayanıklı olmadığı için genellikle kapalı ortamlarda kullanılması tercih edilmektedir (Akbulut, 1991).

b. Fenol-Formaldehit Tutkalı İle Üretilen Lif levhalar

Fenol-formaldehit tutkalı kullanılarak üretilmiş lif levhalar ise rutubete dayanıklı oldukları için dış hava şartlarına maruz kalan yâda dış cephe yapılarında kullanılırlar (Akbulut, 1991).

c. İzosiyanat Tutkalı İle Üretilen Lif levhalar

Bu tutkal ile üretilen lif levhalar suya karşı çok dayanıklı fakat pahalı olması ve sıcak pres platenlerine yapışmasından dolayı kullanımını sınırlıdır (Akbulut, 1991).

d. Melamin-Formaldehit ve Üre-Formaldehit (MUF) Tutkalı Karışımı İle Üretilen Lif Levhalar

Bu tutkal karışımı ile üretilen levhalar sadece üre-formaldehit tutkalı ile üretilenden daha dayanıklıdır. Üre-melamin tutkalının kullanımı da izosiyanat tutkalında olduğu gibi sınırlıdır (Akbulut, 1991).

Özellikle yer parkelerinde 6–8 mm. HDF kullanıldığında mutlaka rutubete dayanıklılık amacıyla, E1 kalitede ürün için MUF kullanılmaktadır. Mol oranı ise farklılık gösterebilir.

1.1.3. MDF' nin Tanımı ve Sınıflandırılması

MDF kelime anlamı İngilizce olarak Medium Density Fiberboard olan ve Türkçe'si orta yoğunlukta lif levha kelimelerinin baş harflerinin anlamını ifade etmektedir. MDF yaş yöntemle, yarı kuru yöntemle ve kuru yöntemle üretilmektedir. Fakat artık günümüzde yüzde yüze yakın oranda kuru yöntemle üretilmektedir. Önceki yıllarda katlı ve tek katlı presler varken müşteri istekleri ve teknoloji sınırlı olduğundan belki ihtiyaçlara yeterli gelebiliyordu. Son otuz yıl içerisinde müşteri isteklerin artması sonucu teknolojinin gelişmesine neden olmuştur. Bu gelişmeler üreticiler arasında rekabetin artmasına ve karlılığın azalmasına neden olmuştur. Yüksek kapasiteli fabrikaların üretime girmesiyle hammadde yetersizliğinden dolayı

daha ince ve esnek ürünler üretilmeye başlanmıştır. Küreselleşen Dünya’da odun hammaddesi gittikçe azalmaya başlamıştır. Hammaddeyi verimli kullanabilmek için üretici-tüketici-makine imalatçısının ortak çözüm olarak kontinyu presleri geliştirmişlerdir (Moleney, 1993).

MDF orta sertlikte bir levha olup, termomekanik olarak odun ve ligno – selülozik hammaddelerin liflendirilmesiyle oluşan lif ve lif demetlerinin belirli bir rutubet derecesine kadar kurutulduktan sonra yaklaşık %9–11 oranında sıcaklıkla sertleşen- termosetting karakterli tutkal kullanılarak sıcaklık ve basınç altında preslenmesiyle oluşan homojen her iki yüzeyi düzgün olan ürüne denir. MDF’nin kalınlığı; kullanılan son teknolojiye göre 1,8–60 mm arasında ve yoğunluğu ise 0,55–0,8 gr/cm³ arasında olmakla beraber çoğunlukla tercih edilen yoğunluk değeri 0,7–0,8 gr/cm³ arasındadır (Akbulut, 1991).

A. MDF Özgül Ağırlıklarına Göre Dörde Ayrılır:

1. ULMDF (Ultra Light MDF)-Çok Hafif MDF

Yoğunluğu 0,45–0,55 gr/cm³ olan levhalardır.

2. LMDF (Light Medium Density Fiberboard) Hafif-Düşük Yoğunlukta - MDF

Düşük yoğunlukta hafif levhalar yoğunluğu 0,55–0,65 gr/cm³ olan levhalardır.

3. SMDF(Standart MDF) Normal MDF

Yoğunluğu 0,65–0,80 gr/cm³ arasında değişen levhalardır.

4. HDF (High Density Fiberboard) Yüksek Yoğunlukta (MDF) Lif Levhalar

Yoğunluğu 0,8–1,1 gr/cm³ arası yoğunluktaki levhalardır.

1.1.4. MDF' nin Gelişimi ve Dünyaya Yayılışı

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, Depozit'te kurulmuştur. Bunu daha sonra 1966 yılında New York'ta Allied Chemical Corporation firması takip etmiştir. 1973 yılından itibaren birçok Avrupa ülkelerinde de MDF üretimine başlamıştır (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 yükselmesine 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.

Tablo 1: 2000–2004 yılları arasında dünyadaki MDF üretim kapasiteleri, Fabrika sayıları. (m³/yıl) (MDF yearbook, 2004)

KITALAR	FABRİKA SAYISI					MDF KAPASİTE (m ³ /yıl)				
	YILLAR	2000	2001	2002	2003	2004	2000	2001	2002	2003
AFRİKA	3	4	4	4	4	180.000	245.000	245.000	245.000	245.000
ASYA PASİFİK	176	180	214	43	50	10.228.000	11.023.000	14.416.000	7.083.000	7.554.000
ÇİN	0	0	0	183	320	0	0	0	9.184.000	16.219.000
AVRUPA	64	63	64	63	69	10.829.000	11.450.000	12.277.000	12.802.000	14.239.000
ORTA DOĞU	1	0	2	2	2	86.000	0	0	180.000	180.000
KUZEY AMERİKA	28	28	27	26	25	4.783.000	4.904.000	4.944.000	5.248.000	5.041.000
GÜNEY AMERİKA	8	13	13	13	14	1.015.000	1.930.000	2.288.000	2.770.000	3.262.000
TOPLAM	280	288	324	334	484	27.121.000	29.552.000	34.170.000	37.512.000	46.740.000

Çin, Malezya, Yeni Zelanda, Tayland, Güney Kore gibi orman kaynakları bakımından zengin olan Doğu ve Güney Doğu Asya ülkelerinde gerçek anlamda MDF üretimine 1990 yılından itibaren başlanmış 2003 yılından itibaren fabrika yatırım sayısında artış gözlenmektedir. Tablo-1’de görüldüğü üzere 2003–2004 yılları arasında Dünya’da MDF üretimi %20 oranında artmıştır. En çok MDF fabrikası bulunan Asya kıtasındaki toplam fabrika sayısı 2004 yılı itibarı ile 370 adet olarak tespit edilmiştir.

Tablo-2’de 2003–2004 yılları arasında Türkiye ile Avrupa ülkeleri arasında MDF üretim kapasiteleri, yüzdeler artış oranları verilmiştir. Türkiye 2004 yılı itibarıyla kapasitesini %37,7 oranında artırarak Avrupa genelinde yıllık m³ üretimi bakımından yedinci sırada yer almaktadır. Bu üretim miktarı Türkiye’nin MDF üretiminde Avrupa ülkeleri içerisinde söz sahibi olduğunu göstermektedir (MDF yearbook, 2004).

Tablo 2: 2003–2004 yılları arasında; **X** (Türkiye ve Avrupa Ülkeleri arasındaki MDF üretim kapasiteleri, ülkelerin yüzdelerik artış oranları), **Y** (Türkiye Avrupa Ülkeleri arasındaki MDF üretim yüzdelerik durumu) (m³/yıl) (MDF yearbook, 2004)

AVRUPA ÜLKELERİ (m ³ /yıl)	2003	2004	X	Y
Avusturya	510.000	510.000	0,0%	-51,5%
Belarus	44.000	44.000	0,0%	-95,8%
Belçika	250.000	250.000	0,0%	-76,2%
Cek-Cumhuriyeti	80.000	82.000	2,4%	-92,2%
Fransa	1.170.000	1.055.000	-10,9%	0,4%
Almanya	3.410.000	3.430.000	0,6%	226,4%
İrlanda	390.000	390.000	0,0%	-62,9%
İtalya	1.270.000	1.270.000	0,0%	20,8%
Lüksemburg	220.000	275.000	20,0%	-73,8%
Polonya	1.128.000	1.128.000	0,0%	7,3%
Portekiz	449.000	449.000	0,0%	-57,3%
Romanya	350.000	350.000	0,0%	-66,7%
Rusya	290.000	1.100.000	73,6%	4,7%
Slovenya	120.000	250.000	52,0%	-76,2%
İspanya	1.317.000	1.392.000	5,4%	32,4%
İsveç	95.000	89.000	-6,7%	-91,5%
İsviçre	160.000	160.000	0,0%	-84,8%
Ukrayna	44.000	44.000	0,0%	-95,8%
İngiltere	850.000	920.000	7,6%	-12,5%
Türkiye	655.000	1.051.000	37,7%	0,0%
Toplam	12.802.000	14.239.000		

Tablo-2’de görüleceği üzere ülkemizin MDF üretim kapasitesi birçok gelişmiş Avrupa ülkesini geride bırakmaktadır. Ülkemizde günümüz tabiri ile tüketim talebi üretim arzından daha fazladır. Bu sebepten dolayı yapılan talep tahmin araştırmaları MDF tüketimindeki bu artışın önümüzdeki yıllarda da devam edeceğini göstermektedir (MDF yearbook, 2004).

1.1.4.1. Türkiye’de MDF Endüstrisinin Tarihçesi Genel Durumu ve Gelişimi

MDF 1980’li yıllarda Dünyanın birçok 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. Tablo-3’de ülkemizde MDF üretimi yapan fabrikaların üretim kapasiteleri ve entegrasyonu verilmiştir (Laminart Dergisi Eylül, 2005).

Ülkemizde 1994 yılına kadar sadece bir tane MDF fabrikası var iken, son yıllarda 15 yeni MDF tesisi daha üretime girmiştir. Bazı fabrikalar kapasitesini arttırma yoluna giderken bazıları da yeni tesisler açmıştır. Ülkemizde MDF fabrikasının onbir 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.

Ülkemizde MDF ye olan talep artmış olup aradaki açık ithalat yoluyla İtalya, Rusya, İngiltere, A.B.D., Kanada, Romanya, Tayland, Malezya, İspanya’dan karşılanmaktadır. Son yıllarda ihracat yaptığımız ülkeler ise Yunanistan, K.K.T.C., İran, Azerbaycan, Kazakistan, Gürcistan, Lübnan, Ürdün, Makedonya, S. Arabistan, Mısır, G.Afrika, Cezayir, Suriye vb’ dır.

Tablo 3: Ülkemizde MDF üretimi yapan fabrikaların ve üretim kapasiteleri
(Laminart Dergisi Eylül, 2005).

FİRMA ADI	TESİSİN YERİ	KAPASİTE (M3/YIL)	PRES TİPİ	KURULUŞ YILI	MÜLKİYET	ÜRETİM ŞEKLİ	ENTEĞRE DURUMU
Çamsan Ağaç Sanayi Hat 1	ORDU	62.000	Katlı Pres	1985	Özel	Kuru Sistem	MDF
Çamsan Ağaç Sanayi Hat 2	ORDU	107.000	Sürekli Pres	1995	Özel	Kuru Sistem	MDF, MDFLAM Emprenye, Dekor kâğıdı, tutkal, Laminat parke
Çamsan Ağaç Sanayi Hat 3	SAKARYA	198.000	Sürekli Pres	2004	Özel	Kuru Sistem	MDF, MDFLAM Emprenye, Dekor kâğıdı, Laminat parke
Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi 1	GEBZE	100.000	Sürekli Pres	1994	Özel	Kuru Sistem	Yonga levha, MDF Kaplama, Kereste Kontrplak, Emprenye, Laminat, parke, Tutkal.
Yıldız Entegre Ağaç Sanayi 1	GEBZE	432.000	Sürekli Pres	2003	Özel	Kuru Sistem	MDF, MDFLAM Emprenye Laminat parke Tutkal, Profil
Yıldız Entegre Ağaç Sanayi 2	GEBZE	432.000	Sürekli Pres	2005	Özel	Kuru Sistem	MDF, MDFLAM Emprenye
Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi 2	GEBZE	270.000	Sürekli Pres	1994	Özel	Kuru Sistem	MDF, MDFLAM Emprenye Laminat, parke
Tever Entegre Ağaç Sanayi- 1	TEKİRDAĞ	54000	Mende Pres	1999	Özel	Kuru Sistem	MDF, Tutkal
Tever Entegre Ağaç Sanayi- 2	GEBZE	198.000	Sürekli Pres	2004	Özel	Kuru Sistem	MDF, MDFLAM Emprenye Tutkal
Yıldız MDF	İZMİT	162.000	Sürekli Pres	1995	Özel	Kuru Sistem	Yonga levha, MDF Kaplama, Kereste, Kontrplak, Emprenye, Tutkal.
Divapan Ağaç Sanayi	DÜZCE	97.000	Katlı Pres	1996	Özel	Kuru Sistem	MDF,MDFLAM Emprenye, Profil
SFC Ağaç Sanayi-1	KASTOMONU	54.000	Tek Katlı Pres (2 Adet)	1996	Özel	Kuru Sistem	MDF, Yonga levha, Tutkal.
SFC Ağaç Sanayi-2	KASTOMONU	270.000	Sürekli Pres	2003	Özel	Kuru Sistem	MDF,MDFLAM Emprenye, Dor tek
İlkersan Ağaç Sanayi A.Ş	BURSA	144000	Sürekli Pres	2003	Özel	Kuru Sistem	MDF
Kuroğlu Ağaç Sanayi A.Ş	İZMİT	72000	Sürekli Pres	2003	Özel	Kuru Sistem	MDF

1.1.5. MDF' nin Özellikleri ve Kullanım Alanları

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.

1.1.5.1. MDF' nin Yaş Yöntemle Üretilen Levhalara Göre Avantaj ve Dezavantajları;

Avantajları:

- a.** Verimin daha yüksek olması.
- b.** Çok katlı levha yapma imkanı olması.
- c.** Yapışmada dayanımı yüksek olması.
- d.** Levhanın enine ve boyuna yöndeki özellikleri arasında fark bulunmaması.
- e.** Üretimde kullanılan ağaç türlerinin geniş sınırlar içerisinde bulunması ve kısmen mantar tahribatına uğramış odunların değerlendirilebilmesi.
- f.** Otomatik kalınlık ve yoğunluk kontrol araçları kullanım imkanı olması.
- g.** Levhanın kalınlık ölçüleri (1,8 – 60mm) arasında olması.
- h.** Suyun az olduğu bölgelerde yonga levha, kontrplak ve kereste fabrikası ile bir arada olabilir.
- i.** Taslak rutubetinin düşük olması nedeniyle presleme süresinin daha kısa olması.
- j.** Atık suların temizlenmesi gibi bir olay söz konusu değildir.
- k.** Tesis masrafı, yaş yöntemle üretilen lif levhaya göre daha azdır.

Dezavantajları;

- a.** Yaş yöntemde olduğu gibi hidrojen bağları yoktur.
- b.** Yapıştırma için kimyasallar (tutkal+sertleştirici) kullanılır.
- c.** Fabrika içinde lifin rutubeti düşük olduğundan yangın tehlikesi fazla olmaktadır.
- d.** Hava kirliliği bulunur.
- e.** Rutubet değişimleri sonucu boyuna uzaması ve çalması söz konusudur.
- f.** Liflerin yoğunluğu düşük olduğundan kullanma ve depolama zorlukları vardır.
- g.** Günümüzde MDF daha çok mobilya endüstrisinde, LDF' ler ise tavan, kalıp ve resim çevresi ve ısı izolasyonu amacı ile değerlendirilmektedir (Eroğlu, 1988).

1.1.5.2. MDF' nin Özellikleri

- a.** Homojen yapıda ve doğal odunun yapısında bir ürünü olup, yüzey ile orta tabak arasında yoğunluk farkı çok azdır, dolayısı ile yapısı daha homojendir.
- b.** Levha yüzeyi, yüzey işlemleri için uygun olup işlem gören yüzeyde zamanla pürüzlenme ve parlaklık azalması olmaz.
- c.** Levha kenarlarının kusursuz düzgün olması, kolay işlenmesi, kaplanabilmesi, zımpara istememesi, cilalanması, direk desen baskı yapılabilmesi ve kolay yapıştırılabilmesi mümkündür.
- d.** Fiziksel özelliği çok yüksektir ve hafif değildir.
- e.** Yonga levha ve odundan üretilen diğer levhalara göre daha düşük kaliteli odun kullanılabilir.
- f.** Rutubete dayanıklı, kolay kesilir, yarıp parçalanmadan çivilenip, vidalanabilir.

g. Büyük boyutlu malzemedir.

h. Sağlık her yönde aynı olduğundan doğal oduna göre daha geniş mobilya dizaynı imkanı verir.

I. MDF' lerin yüzey emiciliği daha az olup mobilya endüstrisi için daha ekonomik avantaj sağlar (Eroğlu, 1988).

1.1.5.3. MDF' nin Kalınlığına ve Özelliğine Göre Kullanım Yerleri

a. İnce MDF

Bu levhalar 1,8 – 2,5mm kalınlıkta üretilmektedir. Sert lif levha (HDF) ve ince kontrplak'a alternatif olarak imal edilmektedir. İnce MDF' lerin en önemli kullanım yerleri mobilya endüstrisinde; çekmece altları, kabin aralıkları, kapı yüzeyleri ve sergi panelleridir. İnce MDF' lere delikler açılarak; dekoratif paneller ve kolayca bükülebildiklerinden dolayı eğik yüzeylerin oluşturulmasında da kullanılmaktadır.

b. Kalın MDF

Bu levhalar 45–60 mm kalınlıklarda üretilmekte ve en büyük kullanım yeri olarak binalarda sütun, plaster ve kemer gibi mimari amaçlarla değerlendirilir. Ayrıca ağır döşeme, raf, merdiven basamağı, çalışma tezgâhı ve banka oturaklarıdır.

c. Rutubete Dayanıklı MDF

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

d. Açıkta Kullanılan MDF

Rutubete dayanıklı tutkallarla üretilmiş olmasının yanı sıra bütün yüzey ve kenarlarının açık havaya dayanıklı olacak şekilde kaplanmış olmasıdır. Bu levhalar

yol işaretleri, reklam panoları, mağaza vitrinleri, bahçe mobilyaları, bot kabinleri, skorboard, açık depolama alanlarında, raf ve açık havada kullanılan kapı panellerinde değerlendirilir.

e. Yangına Dayanıklı MDF

Bu tür levhalar üretildikten sonra yüzeylerine alev almayı geciktiren kimyasal maddeler sürme veya levhaların bazı tuzlarla emprenye edilmesi suretiyle yangına karşı dayanıklı hale getirilir. Bu levhalar duvar veya panel kaplamaları, büro bölme sistemleri, sergi panoları, gemilerde kabin ve bölme elemanları ile binalara bitişik yapılan ekipmanlarda değerlendirilir.

f. Yüksek Yoğunlukta MDF

Yoğunluğu $0,8\text{g/cm}^3$ den fazla olan bu tip levhaların işleme özellikleri ve yüzey işlemlerine uygunluğu daha iyidir. Bu levhalar; endüstriyel raf, çalışma tezgâhları, ağır döşeme, merdiven basamağı, mobilya altlığı ile mutfak ve banyo birimleri için kapı üretiminde kullanılır.

1.1.5.4. MDF' nin Masif Ağaç Malzemeye Göre Bazı Üstün Özellikleri

- a.** Masif ağaç malzemenin aksine direnç özellikleri farklı yönlerde değişik olmayıp homojen yapıdadır.
- b.** Masif odunda bulunan budak, çürüklük ve lif kıvrıklığı gibi kusurlar yoktur.
- c.** Masif ağaç malzemenin üç değişik yönde çalışması sonucu görülen çarpılma ve çatlaklar MDF de görülmez.
- d.** MDF üretiminde kullanılan değişik yöntemlerle direnç, sertlik, yoğunluk ve boyutlarında istenilen ayarlamalar yapılabilir.

e. Düzgün ve geniş yüzeyli levhaların işlenmesi kolaydır. Isı ve ses izolasyonunda kullanılır. Çivi, vida ile tespit edilmekte olup, boya cila ve çeşitli kaplama malzemeleri ile kaplanabilir.

f. Levhalara çeşitli kimyasal maddeler katılarak rutubete, mantara, böceklere ve yangına karşı dayanıklı hale getirilebilmektedir.

g. İnce MDF' ler (2–6 mm) kadar olanları kontrplak ve yonga levhaların kullanıldığı bükme mobilya endüstrisinde kullanılabilir (Eroğlu,1988).

Tablo 4: MDF' lerin Üretiminde Kullanılan Hammaddelerin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri.

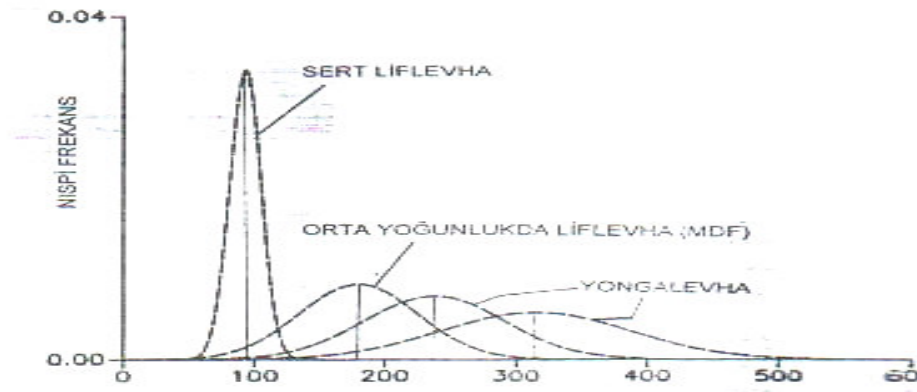
Odun lifi	% 82
UF tutkalı	%10 – 11
Parafin (wax)	%0,5–1
Rutubet	% 6–8
Kalınlık	2 – 30 mm
Yoğunluk	650 – 800 Kg/m ³
Eğilme direnci	20 – 40 N/mm ²
Elastikiyet modülü	2000–2200 N/mm ²
Levha yüzeyine dik yönde çekme direnci	0,70 N/mm ²
Boyuna Yönde Genişleme	%0,2–0,3
Boyuna Yönde Daralma	%0,4

1.1.5.5. MDF' nin Yonga levhalara Göre Üstünlükleri

- a. MDF masif ağaç malzeme gibi işlenebilmektedir.
- b. MDF homojen bir yapıya sahiptir.
- c. MDF' nin alt, üst ve orta bölgesinin yoğunluğu yonga levha ve lif levhadan daha yüksektir.

- d.** MDF' nin yüzey ve orta tabaka arasındaki yoğunluk farkı yonga levha'ya oranla daha az ve homojen bir yapı sergiler.
- e.** MDF' nin yan profilleri son derece düzgün olup lamba-zıvana, açılabilen ve her türlü profil görünümü verilebilmektedir.
- f.** MDF' nin yan profilleri mobilya üretiminde kaplama yapılmadan direkt boyamak suretiyle kullanılabilir
- g.** Postforming ve softforming işlemlerinde MDF levhaların orta tabakasının paröz olmaması nedeniyle tutkal sarfiyatını minimum düzeydedir
- h.** 6 mm kalınlıktaki MDF'ler özel kalıp preslerle bükülerek şekil verildiğinden kontrplak ve yonga levhanın kullanılmadığı bükme mobilyada kullanılabilir.
- i.** Amerikan pres kapılarının üst yüzeyleri; ince MDF' ler özel kalıp preslerde çeşitli formlar verilerek yada direkt lif olarak kalıp preslerde preslenerek kraft master-door skin kapıları yapılmaktadır.
- j.** MDF yüzey yoğunluğu daha fazla olup yüzey pürüzlüğü daha azdır. Böylece MDF yüzeyine her çeşit leke, boya, vernik gibi sıvı yüzey işlemleri uygulama sırası en iyi sonucu vermektedir. Levhalarda yüzey kalitesi en iyiden en kötüye doğru (MDF > Yaş yöntemi lif levha > Yonga levha) biçiminde değerlendirilir.
- k.** MDF' nin yüzeyine tekstürüne ağaç türlerinin görünümünü vermek amacıyla direkt desen baskı yapılabildiği gibi laminat, reçine emdirilmiş kâğıt folyo ve ahşap kaplama ile kaplanabilir.
- l.** MDF' nin yüzeyi az pürüzlü olduğundan ince malzemenin tutkal ile başarılı bir kaplama imkânı verir. Şekil -3'de MDF, Sert lif levha,

yonga levhanın ortalama pürüzsüzlük (Ra) değerleri verilirken yüzey pürüzsüzlüklerini etkileyen faktörleri arasında; lif ve yonga geometrisi, pres diyagram, pres süresi, pres kapanma süresi, pres sıcaklığı, tutkal türü, miktarı ve karışım oranları ile zımpara işlemleri sayılabilmektedir (Hızıroğlu, 1999).



(Ra-um) ortalama pürüzsüzlük

Şekil -3: Sert Lif levha, MDF ve Yonga levhanın Ortalama Pürüzlülük-Ra Değerlerinin Normal Dağılımları.

MDF' nin fiziksel ve mekanik özellikleri yonga levhadan ve yaş yöntemle üretilen lif levhadan daha üstün özelliktedir. Tablo-5'de MDF' nin ve yonga levhanın yüzey pürüzlülükleri verilmiştir. MDF' nin alt ve üst yüzey pürüzsüzlüğü ortalama yonga levhanın iki katıdır (Eroğlu,1988).

Tablo 5: MDF' nin ve Yonga levhanın Yüzey Pürüzsüzlüğü

Yüzey pürüzsüzlüğü (Ra – μm)	MDF	Yonga levha
Üst Yüzey (μm)	35,5	62,7
Alt Yüzey (μm)	33,7	47,9
Ortalama (μm)	34,6	55,3

Yaş yöntemle üretilen lif levhalarda yüzey pürüzsüzlüğü testi yapılmamaktadır. Bu tip levhalar sadece mobilya endüstrisinde dolap, mutfak v.b

yerlerde görülmeyen kısımlarda kullanılır. Yaş yöntemle üretilen lif levhalarda fiziksel ve mekaniksel özellikleri çok çok düşük olduğundan taşıyıcı bölümlerde kullanılmamaktadır.

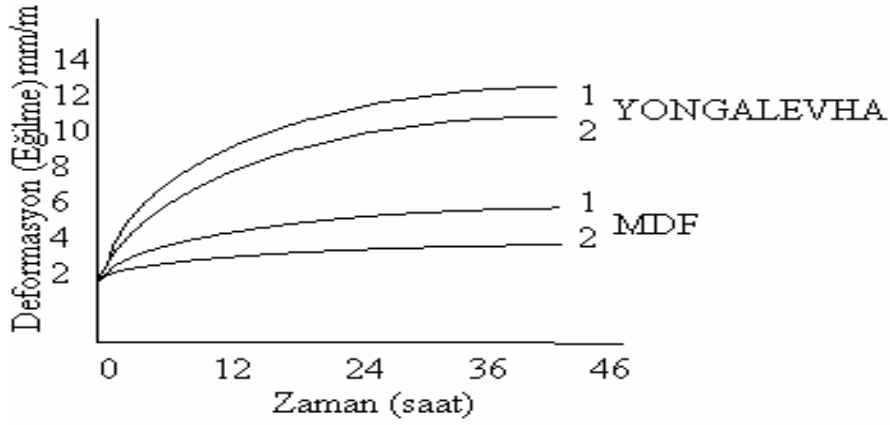
MDF' de yüzeyin yonga levhada dış yüzeyinden daha yoğun olmasının sonucunda bazı avantajları vardır.

Avantajları;

- a. Daha yüksek direnç
- b. Kaplama ve boyama için daha düzgün yüzey elde edilir
- c. Su alma ve şişmeye karşı daha yüksek mukavemet sağlanır
- d. Tutuşmaya karşı daha fazla direnç sağlanır
- e. Dıştan gelen aşındırıcı etkilere daha fazla direnç gösterir
- f. Daha ekonomik boyama imkanı sağlar.

Tablo 6: MDF ve Yonga levha'nın Fiziksel ve Mekanik Özellikleri (Ayrılmış, 2000)

Özellikleri	Birim	MDF	Yonga levha
Levha kalınlığı	mm	18	18
Yoğunluğu	gr/cm ³	0,76	0,65
Rutubet oranı	%	7,2	9,2
Kalınlığa şişme	% 2–24 saat	1,45–6,71	5,3–8
Su emme	%2–24 saat	3,86–15,9	-
Eğilme direnci	N/cm ²	30.804	14.09
Eğilmede Elast. Modülü	N/cm ²	3139.3	2815.7
Lev. Yüz. Dik Çekme Dir.	N/cm ²	0.85	0.65
Lev. Yüz. Par. Çekme Dir.	N/cm ²	13.4	7.3
Lev. Yüz. Dik Vida Tut.	N	9.6	7.311
Lev. Yüz. Dik. Janka Sertlik Değeri	N/cm ²	53.5	33.8
Yüzey Emiciliği (Toluen Testi)	mm	235	200



Şekil-4: Ortamın Rutubetine Göre MDF ve Yonga Levhalarda Meydana Gelen Eğilmadaki Deformasyon Değişimi (Ayrılmış, 2000)

Şekil -4’de 16mm kalınlığındaki MDF ve yonga levhalarda ortamın rutubetine göre levhalarda meydana gelen eğilmeye deformasyon değişimi verilmiştir. MDF ve yonga levhalar önce 20⁰C’de ve %85 bağıl nemde maruz bırakılarak eğilmeleri ölçülmüştür. Daha sonra 20⁰C’de ve %35 bağıl nem ortamında maruz bırakılan levhaların eğilme ölçümleri tekrar yapılmıştır. Bu deneylerin sonucunda ilk 12 saat içinde MDF’ lerdeki deformasyonda hızlı bir artış gösterip ve 12 saat sonunda deformasyon sabit kalmıştır. Yonga levhalarda deformasyon 24 saat süreyle devam etmiş, 36 saatin sonunda deformasyon sabit kalmıştır (Ayrılmış, 2000).

MDF levhalarından hazırlanan ve %12 rutubetteki numuneler üzerinde yapılan "Rutubetli şartlarda Yıpranma Deneyi-TS EN 321" (72 saat 20⁰C’ de bekletme, 24 saat-12⁰C’ de bekletme ve 72 saat 70⁰C’ de bekletme ve %12 rutubete kondisyonlama) ile yonga levhalardan hazırlanan ve %12 rutubetteki numuneler üzerinde yapılan "Rutubete dayanıklılık-TS EN 1087-1"(20⁰C’ deki suya daldırma, 1,5 saat sonra sıcaklığı 100⁰C’ e çıkarma, 2 saat kaynatma, 1-2 saat içersinde suyun sıcaklığını tekrar 20⁰C’ e düşürme ve %12 rutubete kondisyonlama) deneylerinden sonra numuneler üzerinde yapılan levha yüzeyine dik yönde çekme direnci deney

sonuçları MDF' de yonga levhadan önemli derecede yüksek çıkmaktadır. Burada MDF üretiminde uygulanan presleme şartlarının yonga levhadan daha yüksek olmasının yanı sıra (MDF' de pres basıncı ortalama 40 kp/cm² pres sıcaklığı 175–240°C', yonga levhada pres basıncı ortalama 25 kp/cm², pres sıcaklığı 170–180°C), yoğunluk profilleri ve pres diyagramlarındaki farklılıklar, lif boyutlarının yonga boyutlarından daha küçük oluşu dolayısı ile lifler arasındaki temasın ve yapışmanın daha iyi oluşu, homojen serme uygulanması ve yoğunluğunun yüksek olması en önemli etkenlerdir (Ayrılmış, 2000).

TS EN 321 Rutubetli şartlarda yıpranma deneyi ile TS En 1087 – 1 rutubete dayanıklılık testinde MDF' nin yonga levhaya göre üstünlüğü açıkça görülmektedir.

1.1.6. MDF Endüstrisinde Kullanılan Hammaddeler

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 bileşimi aşağıdaki gibidir;

%80 – 90 odun ve diğer lignoselulozik maddeler

%10–13 kimyasallar.

%7–10 arasında rutubet içeriğinden oluşur.

1.1.6.1. Odun veya Lignoselülozik Maddeler

Günümüzde ormanların azalmasıyla insanoğlunun kaliteli odun hammaddesine talebinin artmasına neden olmuştur. Bu talebin karşılanması için son yıllarda masif ağacın yerini alabilen daha düşük kaliteli odun kullanılarak MDF ve yonga levha üretilmiştir. MDF üretiminde kullanılan ağaç cinsleri geniş sınırlar içinde bulunmaktadır. MDF üretiminde yıllık bitkiler kullanılmaktadır. Bu yıllık bitkiler; şeker kamışı, buğday sapları v.b yeterli lif uzunluğuna sahip, yıllık bitkileri

dünyanın bazı fabrikalarında, MDF üretiminde kullanılmaktadır. Oluşan levhaya SMDF (straw medium density fiberboard) denilmektedir. Atık kâğıtlar MDF üretiminde değerlendirilir. Bu avantajlardan dolayı MDF' nin hammaddesi yonga levhalardan daha geniş sınırlar içindedir. MDF üretiminde odun kalitesi, dolgun gövde, düzgün liflilik, boy, çap, budak v.b. gibi özellikler pek önemli değildir. Y.A. ile İ.Y.A' ların büyük bir kısmı kullanılmaktadır.

MDF üretiminde odun malzemesinin 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 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. Tutkal sarfiyatını artırmakla kum ve ufak taş parçaları defibratör segmentlerini aşındırmakta ve pişirme kazanında çok önemli olan hacmi kaplayarak ısı ve buhar enerjisi kayıplarına neden olmaktadır. Bu yüzden, fiziksel ve mekaniksel özellikleri yüksek Kaliteli MDF için kabukları soyulmuş odun malzemesi kullanılır (Eroğlu, 1998).

MDF üretiminde odunun yoğunluğu $0,35 - 0,75 \text{ gr/cm}^3$ PH 4,5–6 arasında olan ağaç türleri tercih edilmektedir. Asiditesi yüksek olan kestane ağacı yongaları pişirme kazanına PH değeri biraz daha yüksek olan kayın, kavak yongaları ile birlikte verilmemelidir. Pişirme süreleri farklı olması gerektiğinden liflerin PH değeri de farklı olacaktır. Özellikle sıcak presleme esnasında problemlerin oluşumuna neden olmaktadır. Asıl olan tek tip yâda birbirine yakın ağaç türleriyle çalışmaktır. Bunun en büyük nedeni ise farklı buffer kapasitelerine sahip olunmasıdır.

Lif levha endüstrisinde kullanılan odunların lif boyutları liflerin keçeleşmesi yeteneği açısından büyük önem arz etmektedir. Y.A. lif boyu 0,8 – 2 mm hücrelerden oluşurken İ.Y.A. 3 – 7mm lif uzunluğuna sahiptir. Lif levha endüstrisinde uzun lifli odunlar kısa lifli odunlardan daha fazla tercih edilir. 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 özellik yüksek olmaktadır. Kuru yöntemle MDF üretimi esnasında tutkal olarak termosetting (sıcakta katılaştıran) tutkallar kullanılmakta, böylece kısa lifli yapraklı ağaçlarda büyük oranda üretimde değerlendirilmektedir (Eroğlu, 1988).

1.1.6.2. Lif Odunu Hakkında Genel Bilgiler

Herhangi bir ağacın lif üretimin elverişlilik durumunun saptanması için önemli faktörler şöyledir:

- a. Ağaç türü
- b. Yetiştirme yerinin coğrafi durumu
- c. Yetiştirmeye etkisi bulunan meşçere şartları (yüksekti, toprak ve iklim)
- d. Meşçere tipi (bakir orman, koru, dikim veya sürgünden yetiştirme)
- e. Tomruğun kesildiği ağaç kısmı (gövde, kütük, tepe, dal)
- f. Odunun durumu (çürüklük, mantar veya yangın etkisinde kalmış olması)
- g. Hammaddenin tipi (kabuklu, kabuksuz, yuvarlak veya yarma odun, budaklı tomruk veya endüstri atığı gibi)
- h. Anormal oluşumlar (lif kıvrıklığı, reaksiyon odunu v.b) yer almaktadır (Tank, 1980).

Ülkemizde MDF üretimi yapan fabrikalarda önceleri Çam, Gökmar, Ladin, gibi İYA kullanılırken daha ekonomik ve kolay temin edilebilmesi için Kayın, Meşe, Kavak, Gürgeç, Kızılağaç, İhlamur, Söğüt, Huş, Akçağaç gibi YA' da büyük

oranda üretimde kullanılmaktadır. Okaliptüs odunu son zamanlarda ülkemizde MDF üretiminde kullanılmaya başlanmıştır. Ayrıca ülkemizde oldukça yüksek bir potansiyele sahip olan orman gülü, bu çalışmanın hammaddesini oluşturacaktır.

Orman gülünden 1986 yılında ARLİF fabrikasının laboratuvarında üretim denemesi yapılmıştır. O günün teknolojik şartlarına rağmen sulu yöntemle üretilen levhalar fiziksel ve mekaniksel değerleri standardın üzerinde çıkmıştır. Bu denemenin sonucunda orman gülü ağacının lif levha endüstrisinde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır (Demetçi ve Arkadaşları, 1986).

Yongalama esnasında enerji sarfiyatını ve bıçakların körelmesini en aza indirmek için %40 – 60 üzerindeki rutubette çalışılmalıdır. Odunun rutubeti LDN altında olmamalıdır. Kuru odunların yorgalanmasında toz miktarının artması ile elek artışı %'sinin de artarak odun sarfını artırdığı dolayısı ile lif kalitesinin değeri düşmekte ve enerji tüketiminde artırmaktadır.

MDF üretiminde kullanılan çeşitli iğne yapraklı ve yapraklı ağaç türlerine ait lif uzunlukları aşağıda verilmiştir (Tank, 1980).

Ağaç türü	Lif uzunluğu (mm)
Abies alba	3,4–4,6
Acer pseudoplatanus	0,67–1,08
Betula verrucosa	0,34–1,7
Fagus orientalis L.	0,5–1,7
Picea abies	1,3–4,3
Pinus sylvestris	1,8–4,5
Populus nigra	0,3–2
Quercus robur L.	0,28–1,6
Tilia pltyphylla	0,5–1,4

Ülkemizde MDF üretiminde kullanılan odun türünün boyutları Tablo-7’de verilmiştir.

Tablo 7: Lif İçin Lif-Yonga Odun Boyutları (TS 1351, 1974)

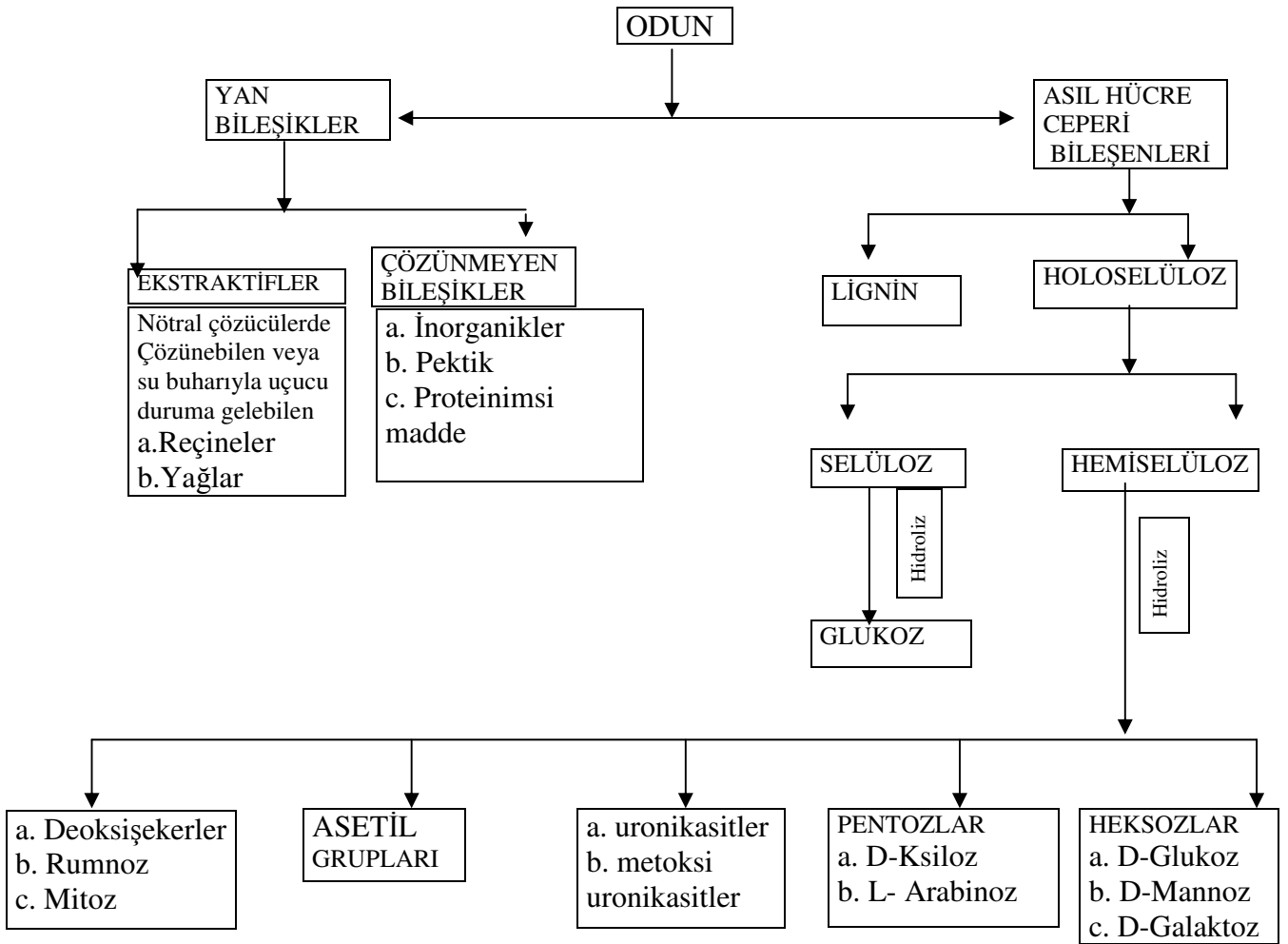
Hammadde Şekli	Boy cm	İnce uç çapı (cm)	Kalınlık en çok (cm)
Yuvarlak odun	50–100–150–200	4–20	-
Yarma odun	100–200	-	20
Endüstri atığı	-	-	20
Testere tozu	Tane büyüklüğü	2mm küçük olamaz	

MDF hammaddesinde dış–iç kabuk miktarı yongada %10–15 arasında olmalı, eğrilik %10, budak, çatlak, lif kıvrıklığı, olukluluk, ikiz özlülük, eksantrik büyüme ve yaralar bulunabilir. Ancak çürüklük, kovuk ve urlar bulunmamalıdır (TS 1351, 1974).

Son olarak Kanada’da hızar talaşından MDF üretimi yapan tesisler kurulduğu gibi, talaşı normal yonga içersine belli bir miktar katarak üretim yapan tesislerde rastlanmaktadır. Bu verilerden anlaşılacağı üzere, gelecek yıllarda odun hammaddesi açığının büyüyeceği ve oduna olan talebin artacağı göz önünde bulunursa kısa vadede çözüm getirilmesinin olanaksızlığı açıktır. Ayrıca, artan nüfusun odun hammaddesine olan talebi zamanla daha da artacaktır. Bu talebi karşılamak için yakacak olarak kullanılan odunun, odunu hammadde olarak kullanan endüstri kollarına kaydırılması ve talep fazlalığının ithalatla karşılanması mümkün görülüyorsa da sözü edilen çözümlerin kısa ve uzun vadede bir takım sakıncalar yaratması kaçınılmazdır. Bu nedenlerden dolayı, orman gülü ve yıllık bitkiler giderek önem kazanmakta ve odun kökenli levha üreten fabrikalarda kullanımı giderek artmaktadır (MDF magazin, 1996).

1.1.7. Odunun Kimyasal Yapısı

Odunu oluşturan kimyasal bileşikler Şekil-5’de görüldüğü gibi olup asıl hücre çeperi bileşenlerini selüloz, hemiselüloz, lignin oluşturmaktadır.



Şekil -5: Odunun Kimyasal Yapısı (Hafizoğlu,1982).

Odun kimyasal yapısını oluşturan C, H, O’ den meydana gelmekte olup çok az miktarda N ve külde bulunmaktadır. Tablo-8’de Odunun elementleri analizi görülmektedir.

Tablo 8: Bazı Ağaçların Elementler Analizi

Element	Melez	Çam	Ladin	Meşe	Kayın
C %	49,6	50,2	50,0	49,2	48,9
H %	5,8	6,1	6,0	5,8	5,9
N %	0,2	0,2	0,2	0,4	0,2
O %	44,2	43,4	43,5	44,2	44,5
Kül %	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5

Odunu oluşturan temel elementler karbon, hidrojen, oksijendir. Azot yaklaşık %0,2 kadardır (Hafızoğlu,1982).

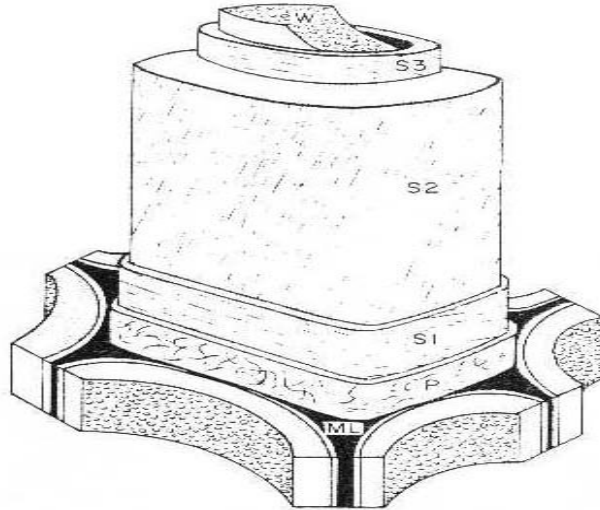
Odunun yakılmasından sonra elde edilen külün içinde Ca, K, Mg, Mn, Ma ve SiO₂ bulunmuştur. Yerli ağaçlarda çok düşük bir kül miktarı söz konusudur. Özellikle kesici aletlerin körleşmesine neden olan silis (SiO₂) madde azdır. Odun hücre çeperi C, H, O' nin çeşitli kombinasyonu sonucunda selüloz ve lignin meydana gelmektedir. Pektin ise çok az bulunmaktadır. Tablo-9'da odunun organik bileşenleri görülmektedir (Bozkurt ve Erdin, 1997).

Tablo 9: Odunun Organik Bileşenleri (%)(kül hariç)

Ağaç türü	Selüloz	Pentozanlar	Lignin
İYA	55–61	8–13	25–32
YA	58–64	18–25	17–26

Hücreyi dıştan saran kısım primer çeperdir. Primer çeperden sonra oluşan sekonder çeperdir. Sekonder çepere S1 tabakasına ait olan ilk mikrofibriller boyuna eksenine hücre boyuna eksenine hemen hemen dik yönde 50–70°'lik açı altında uzanmaktadır. S2 tabakası mikrofibrillerin yönü hücre eksenine 10–30°'lik açılar yaparak oluşmaktadır. S3 tabakasının eksenle aralarındaki açı 60–90°'lik açılar yaparak oluşmaktadır. Sekonder çeper S1, S2, S3 tabakalarından meydana gelmektedir.

İYA ilkbahar odunu, Primer çeper: 0,06 μm , S1 tabakası: 0,31 μm , S2 tabakası: 1,93 μm , S3 tabakası: 0,17 μm kalınlıkta bulunur. Hücre oluşumunun sonunda sitoplâzma ölmektedir. Bu arada bazı hücreler lümen tarafında granül gibi ufak çıkıntı şeklinde S3 tabakasını kaplamakta ve siğilli tabaka olarak adlandırılır. Ağaç malzeme su aldığı zaman boyuna az, enine genişleme fazla olur. Çünkü S2 tabakasında mikrofibriller hücre eksenine paralel iken S1 ve S3 hücre eksenine dik seyreden mikrofibriller enine yönde genişlemeyi engellerler. Mikrofibrillerin yönü ısı iletkenliğini de etkilemektedir. Selülozun kristalize özelliği ve derecesi en çok lif ve kâğıt özelliğini etkiler (Eroğlu ve Usta, 2000).



Şekil-6: İYA Hücre Çeper Tabakasının Şematik Görünüşü

1.1.7.1. Lifsel Madde

Bitkilerin hücre çeperinde bulunan selüloz kâğıt hamuru üretiminde kullanılan esas maddedir. Selüloz çok sayıda D-glikoz yapı elemanlarının zincir şeklinde birbirlerine bağlanması sonucu oluşan bir polisakkarittir. Selülozun kopmaya ve gerilmeye karşı dayanıklılığı selüloz zincirinin uzunluğuna bağlı olup, uzadıkça artmaktadır. Lifsel maddeler liflendirme yöntemlerinin herhangi birine tabii tutulduklarında hücreleri bir arada tutan lignin ayrışarak hücreler bireysel hale dönerler. Elde edilen maddeye “lifsel madde” denir (Gençer, 1998).

1.1.7.2. Liflerin Sınıflandırılması

Bir lifsel maddenin lif levha yapımında kullanılmadan önce morfolojik özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Bir lifsel maddenin lif uzunluğu, lif genişliği, çeper kalınlığı, lümen çapı, lif çeper alanı ve lif enine kesit alanı gibi morfolojik özelliklerin önceden bilinmesi ve kullanılıp kullanılmayacağı hakkında bir fikir vermesi için ölçülmektedir. Bu sebeplerden lifler değişik yöntemler kullanılarak sınıflandırılmaktadır (Gençer, 1998).

1.1.7.3. Muhlstep Sınıflandırma

(Lif çeper alanı x 100 / Lif enine kesit alanı) olarak ifade edilmektedir. Bu oran büyüdükçe liflerin yassılaştırması kolaylaşıp temas alanı artacağından direnç özelliklerine olumlu etki yapmaktadır (Gençer, 1998).

1.1.7.4. “F” Faktörü

(Lif uzunluğu x100 / çeper kalınlığı) şeklinde ifade edilmektedir. F faktörü yüksek olan liflerden elde edilen kâğıtların esneklikleri iyi olacağı belirtilmiştir (Gençer, 1998).

1.1.7.5 Lif Mukavemetinin Lif levha özellikleri Üzerine etkisi

Lif çekme mukavemeti kâğıt ve levhanın çekme direncinin iyileşmesi için göz önünde bulundurulması gereken önemli bir etkendir. Aslında bu etki oldukça sınırlandırılmıştır. Bireysel liflerin çekme dayanımı çok yüksek olsa bile bir kâğıt safihasının veya bir lif levhanın yapısal oluşumunda sadece küçük bir etkisi olmaktadır. Lif levha ve kâğıt mukavemeti lifler arasındaki toplam yapışma alanının artırılması ile yani liflerin üst üste binme uzunluğunun artması ile iyileşmektedir. Düşük ve orta yoğunluktaki lif levhalarda lifler arasında üst üste binen lif uzunluğu az olduğundan mukavemet dirençleri düşük olmaktadır. Yüksek yoğunluktaki lif levhaların mukavemet değerleri yüksek olması liflerin bireysel özelliklerinden değil

lifler arasındaki temas alanının daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır (Gençer, 1998).

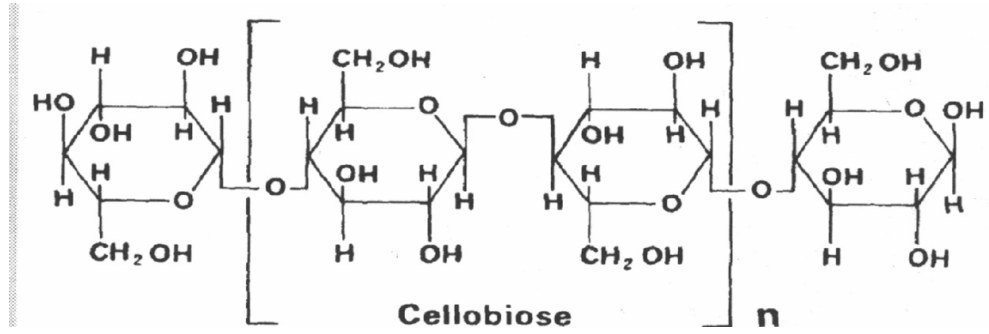
1.1.7.6. Lif Morfolojisi

Lif uzunluğunun kâğıdın yırtılma direncine etkisi çok büyüktür. Liflerin boyu uzadıkça yan yana gelen iki lif arasındaki yapışma alanının artması yırtılma direnci de artmaktadır. Hücre çeper kalınlığı odunun spesifik yoğunluğu ile direk ilişkilidir. Eğer hücre çeperi ince ise kolaylıkla kollapsa uğramaktadır. Bu da esnekliği artırmaktadır. Katlanma direnci ve safiha yoğunluğu yüksek olur. Eğer hücre çeperi kalın ise lifler kolaylıkla kollapsa uğramaz, levha katlanma direnci azalır, levha yoğunluğu azalır. Lifler bireysel hale getirildiklerinde henüz silindirik formlarını korumaktadır. Bu durumda tutkallanan lifler pres sırasında birbirine sıcaklık ve basınç altında yapıştırılmaktadır. Kollapsa uğramayan lifler birbirine iki silindirin yan yana getirildiğindeki temas alanı kadar yapışma yüzeyi oluşturmaktadır. Bu durum levha mukavemetini azaltır. Kolaylıkla kollapsa uğrayan liflerin silindirik formu yassılaşılarak temas yüzeyi artmaktadır. Toplam yapışma alanı arttığından levha mukavemeti de artmaktadır. Yüksek yoğunluktaki ağaç odunları yüksek yoğunlukta hamur verirler. Lif levha yoğunluğu pres sırasında keçenin sıkışık veya gevşek olmasıyla belirlenmektedir. Lif uzunluğu levha düzleminde su absorpsiyonu ve desarpsiyonu nedeniyle meydana gelen boyutsal değişmelere etki etmekte olup lif boyu uzadıkça azalır (Gençer, 1998).

1.1.7.7. Selüloz

Selüloz, tabiatta en çok rastlanan organik maddelerden birisidir. Bu madde büyük bitkilerin dokusunun oldukça önemli bir kısmını teşkil etmekte, küçük bitkilerde ve mantolu hayvanlar (Tunicatae) denilen hayvanların dokularında da bulunmaktadır. Saf selüloz' un kapalı formülü $(C_6H_{10}O_5)_n$ olup n burada

polimerizasyon derecesini ifade etmektedir. Beş adet sellobioz bir araya gelerek selüloz birimini meydana getirmektedir. Ortalama polimerizasyon derecesi yaklaşık olarak 10000 olup selüloz zinciri uzunluğu da 50000 °A olarak belirtilebilir. Şekil-7. Selüloz molekülünde 10 000 – 30 000 arasında polimerizasyonu vardır. En uzun selüloz molekülü 5 µm (1/200 mm) boyda ve 0,8 µm çapındadır (Bozkurt,1992).



Şekil-7: Selüloz Molekülü

1.1.7.8. Hemiselüloz

Fotosentez sonucunda üretilen glikoz primer bir şekerdir. Yaprakta, glikozla birlikte galaktoz ve mannoz altı karbonlu, ksiloz ile arabinoz gibi beş karbonlu şekerler hemiselülozu oluşturur. Yapı bakımından selüloza benzer ve birçok şeker gruplarından oluşur. Hemiselüloz genellikle 200 den daha DP dereceli bir polisakkarittir. Hemiselüloz kâğıt ve lif levha yapımında yapıştırıcı gibi rol oynadıklarından kâğıt ve lif levhaya katkıları fazladır. Hemiselüloz sulandırılmış asitlerle şekerlere ve şeker asitlerine hidrolize edilebilir(Eroğlu, 1988).

1.1.7.9. Lignin

Çok kompleks yapıda üç boyutlu amorf bir polimeridir. Odun maddesi kuvvetli mineral asitlerle ekstraksiyona tabi tutulursa geriye fenil propan üniteleri kalır. Lignin miktarı hücre çeperleri arasındaki orta lamelde en yüksektir. Fenil, propan birimlerinden oluşan yüksek molekül ağırlığındaki kompleks bir yapıdır. Lignin karbon, hidrojen ve oksijenden oluşmasına rağmen bir karbonhidrat değildir.

Lignin hücreler arasında ve hücre çeperinde yerleşmiştir. Lignin hücre çeperinde hücreye sertlik ve sağlamlık kazandıran hücreler arasında birleşme rolü oynamaktadır. Lignin, basıncı stabilize eden, rutubet karşısında şişmeyi ve boyutsal değişmeyi azaltan bir maddedir. Lignin, çürümeye, böcek zararına karşı dayanıklılık sağlar. Lignin ağaç türlerinde farklılık gösterse de odunun ¼ ünü oluşturur. Lignin, odun içinde renksiz bir maddedir. Güneş ışığıyla ve havayla temasında sarı renge dönüşür. Termoplastik özelliği taşımaktadır. Lignin sıcaklık altında yumuşak ve esnek olup soğuduğunda tekrar sertleşmektedir bu özelliğinden dolayı levha türevlerinin üretiminde faydalanılmaktadır (Eroğlu, Usta, 2000).

1.1.7.10. Pektin

Pektin, karbonhidratlardan oluşur. İçerisinde yüksek molekül ağırlığındaki kompleks koloidal maddelerin hidrolizi ile galakturonik asit ve arabinoz ve galaktaz elde edilir. Kambiyom hücrelerinin çeperinde ve odun dokusundaki hücrelerin orta lameli primer, çeperi ve kenarlı geçitlerin torusunda bulunur. Odunda %0,5 den azdır (Eroğlu, Usta, 2000).

1.1.7.11. Ekstraktif Maddeler

Odun içinde organik maddelerin oluşturduğu birçok ekstraktif maddeler bulunur. Bu maddeler hücre içinde hücre liflerinde ve çeperinde depo edilmiştir. Bu maddeler odundan sıcak veya soğuk su, alkol, benzen, aseton ve eter ile çıkartılabilir. Bu maddelerin ekonomik olarak çok değerli olanları reçineler ve polifenollerdir.

İYA odunlarında bulunan reçineler su buharı destilasyonu ile çok değerli olan terebentin yağı, tall oil ve kolofan elde edilir. Odunda diğer ekstraktif maddeler arasında sakızlar, tropolonlar, yağlar, yağ asitleri, mumlar ve uçucu hidrokarbonlardır. İnorganik esaslı ekstraktif maddeler ise kalsiyum, silis ve benzeridir. Ekstraktif maddeler ağaç malzeme ve türevlerinden elde edilen ürünler

için bilinmesi çok önemli olan örneğin; öz odunu kokusu, rengi, tadı, böcek ve mantarlara karşı dayanıklılık odunu permeabilitesi, yoğunluğu, sertliği ve basınç direnci üzerinde etkili olmaktadır. Bazı ağaç türlerinde bulunan ekstraktifler alerjisi olan işçilere sorunlar yaratabilirler (Hafızoğlu,1982).

1.1.8. Yapıştırıcı Maddeler

Lif levhanın mekanik özelliklerini artırmak ve su alma kabiliyetini azaltmak için fenol, kresol, melamin ve üre esaslı bazı yapay reçineler kullanılmaktadır. Kuru yöntemde lif levha üretiminde ve MDF üretiminde yoğun olarak üre formaldehit reçinesi kullanılmaktadır.

Yaş lif levha üretimi, yapıştırıcı madde kullanılmaksızın olabilse de genellikle hidrofobik maddelerle birlikte az miktarda (%1–3) yapıştırıcı madde kullanılır. Kuru yöntemde sulu ortam olmadığından lifler arasındaki bağlantıyı sonradan ilave olarak kullanılan tutkallar sağlar. Yonga levha üretim teknolojisine benzer bir durum olup genellikle %9–11 oranında yapıştırıcı madde kullanılır. Yapıştırıcı miktarı levhanın cinsine göre değişir. Yalıtım levhalarda yapıştırıcı kullanılmaz. Sentetik tutkallar bir katalizör veya ısı yardımıyla belirli bir sürede katı yanmaz ve çözünmez bir duruma gelir. Reaksiyon sonucunda sertleşme olduktan sonra geri dönüşümü olmaz. Tanen ve sülfat atık sularından uygun tutkallar üretmek mümkün olmaktadır. Günümüzde bu tutkal türleri önemini kaybetme durumundadır. Yöntemler ve levha türüne bağlı olarak kullanılan yapıştırıcı miktarlarını Tablo-10'daki gibi özetleyebiliriz (Eroğlu,1988).

Tablo 10: Yapıştırıcı Miktarları (Ayrılmış, 2000).

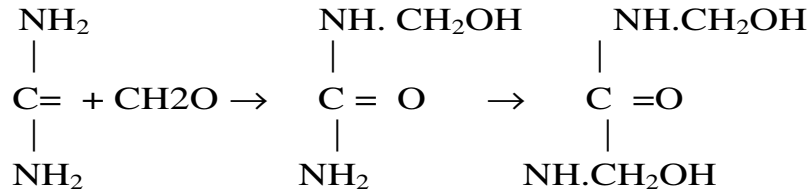
Levha Çeşidi	Uygulanan Yöntem	Kullanılan Yapıştırıcı Oranı %
İzolasyon levha	Yaş	%0,0 – 1,0
Sert lif levha	Yaş	0,75 – 1,5
Sert lif levha	Yarı Kuru	1,0 – 4,5
Sert lif levha	Kuru	8 – 11
MDF	Kuru	9 – 11
Yonga levha	Kuru	6 – 10

1.1.8.1. Üre Formaldehit Tutkalı

Kısa adı üre reçinesi olarak adlandırılan bu ürün, üre ve formaldehit'in kondenzasyonu ile üretilmektedir. Kabaca suda çözünen bir üre formaldehit tutkalı için 1 mol üre:1,0–2,5 mol formaldehit kullanılmaktadır.

1.1.8.1.1. Üre ile Formaldehitin Kondenzasyonu

Alkali ortamda başlatılan kondenzasyon reaksiyonu ile önce monometilol-üre oluşmakta ve daha sonra dimetilol-üreye dönüşmektedir.



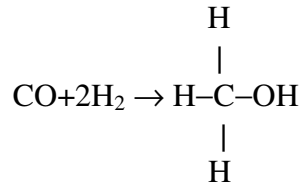
Üre+Formaldehit Monometilol üre Dimetilol üre

Şekil-8. Üre formaldehit kondenzasyon reaksiyonu

Üre formaldehit kondenzasyon reaksiyonu yavaş yavaş ilerlemesine rağmen kondenzasyon olayı, asit ortamda da reçine oluşmasıyla sonuçlanmaktadır. Kondenzasyon süresinde üre formaldehitin molar oranları, sıcaklık ve ortamın PH' sı temel oluşturmaktadır. Reçinenin suda iyi çözünür halde kalabilmesi için kondenzasyon olayı belli bir zamanda durdurulmalıdır. Genel olarak suda

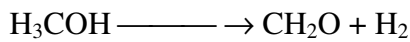
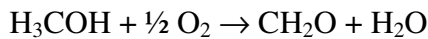
çözünübilirliğe kadar ¼ oranında kondanse olması, süt görünüşü olarak daha yüksek kondenzasyon için temel teşkil etmelidir. Sulu tutkal çözeltisinin katı madde oranı en fazla %43–45 olmaktadır. Daha yüksek yoğunluk için, oksidasyonun uzaklaştırılması için 50–55°C’ de ve vakumla nötrleştirilerek %60-70’lik üre tutkalı elde edilmektedir. Depolama süresi duruma bağlı olarak 3–6 ay kadardır.

Üre-formaldehit tutkalı, ürenin formaldehit ile yaptığı bir kondenzasyon ürünü olup, sıvı ve kuru şekillerde elde edilebilmektedir. Buna göre üre-formaldehit’in üretiminde kullanılan hammaddeler, formaldehit ve üredir. Formaldehit, metanol’ den elde edilmektedir. Metanol modern metanol sentezi yoluyla ana madde olarak kömür, oksijen ve hidrojenle kazanılmaktadır (Tank, 1997).



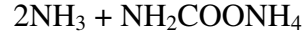
Şekil-9. Metanol Eldesi (Tank, 1997).

Şekil-10’daki formüle göre formaldehite metanol’den aynı zamanda yapılan katalitik oksidasyon ve hidrilleme yoluyla elde edilmektedir.

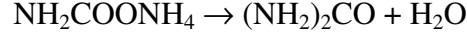


Şekil-10. Formaldehit Eldesi (Tank, 1997).

İkinci ana madde olan üre (NH₂)₂CO, renksiz kokusuz, suda kolaylıkla çözülebilen kristalin bir bileşik olup, %100 ’lük sıvı amonyak’ın (NH₃) yine sıvı karbondioksit (CO₂) ile birleştirilmesi suretiyle elde edilmektedir. Üre maddesinin oluşması sırasında ara ürün olarak Ammonium-karbaminat meydana gelir. Buna fazla miktarda amonyak ilave edildiği takdirde su ayrılarak üre maddesi elde edilmiş olur.



Ammonium-karbaminat



Üre

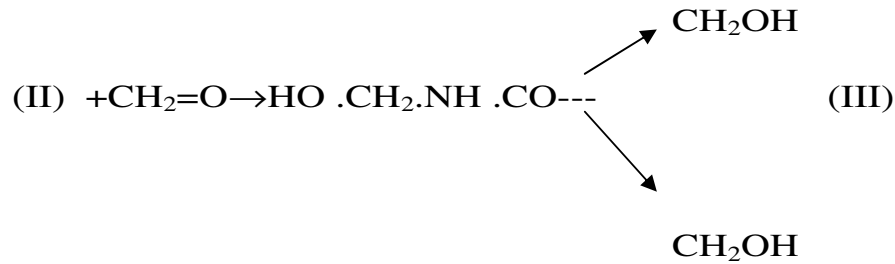
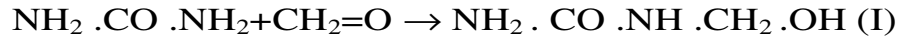
Şekil-11. Ürenin Eldesi (Tank,1997).

Üre-formaldehit tutkalı 3 kademeli bir reaksiyon sonucun da oluşmaktadır.

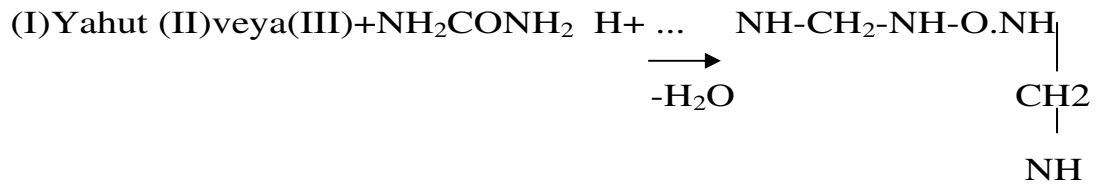
1.Kademe Kondenzasyon

Kademede formaldehit ile üre bir adisyon reaksiyonu oluşturmak suretiyle birleşir. Kademede serleştirici maddeler ile sıcaklığın etkisi sonunda meydana gelen üre-formaldehit birbiri ile kondense olur.

$\text{CH}_2 = \text{O}$ Formaldehit'in üre ile oluşturduğu reaksiyon:



2. Kademe Kondenzasyon



Şekil-12: Üre-Formaldehit Reaksiyon Oluşumu.

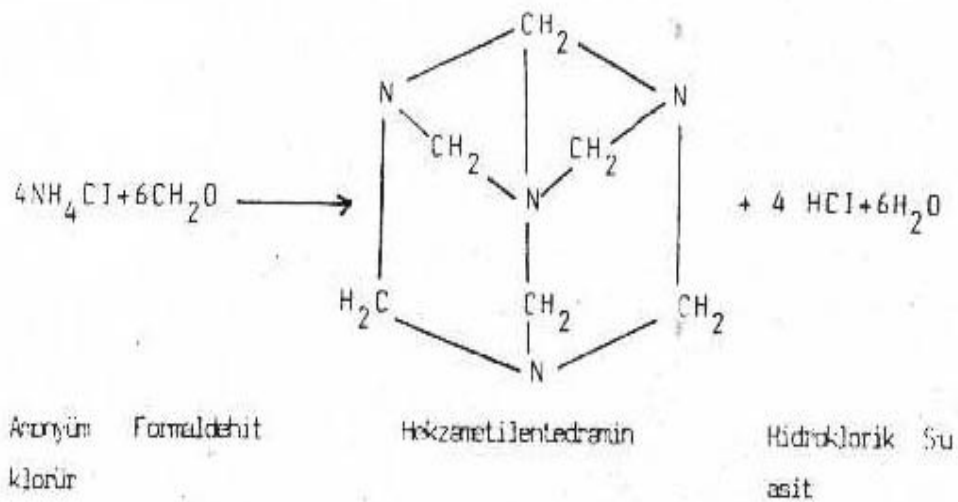
Bu reaksiyon ilerlemesi sonucunda 3 boyutlu ağ şeklinde komplike bir karışım meydana gelir.

3.Kademe

Sertleştirici maddenin alkali ile nötrleştirilmesi yoluyla kondenzasyon reaksiyonu durdurulur. Bu da PH'yı 7-7,5 arasında tutmak suretiyle yapılır. Böylece meydana gelen sulu dispersiyondaki katı madde miktarı %65-72 arasındadır. Vizkosite de tutkalın kullanımına göre 200 cp ve 300 cp arasındadır. Yarıda kesilmiş olan kondenzasyon sıcak presleme sırasında tekrar başlar ve termosetting yapışma meydana gelir (Tank, 1997).

1.1.8.1.2. Üre Formaldehit Tutkalının Sertleştirilmesi

Dünyanın %90'nı kuru yöntemle levha üretimi birleştirme esnasında üre reçinesi kullanılmaktadır. Üre formaldehitin çapraz bağlama oranı çok yüksek sert bir ürünle sonuçlanan kondenzasyon polimerizasyonu ile sertleşmektedir. Bu sertleşme sonucunda geri dönüşümsüz Şekil-13'deki termosetting reçine oluşmaktadır.



Şekil-13: Üre Formaldehit Tutkalının Sertleşmesi (Tank,1997).

Tutkalların sertleşmesi için mutlaka sertleştirici gerekir. Sertleşme esnasında ısı katalizör görevi görerek sertleşme hızlanmaktadır. Bütün asitler ve tuzlar tutkalları sertleştirici görevi görür. Tutkal sertleştirici ve oranına göre 80–110⁰C gibi sıcaklıkta polikondenzasyon sağlanabilir. Sertleştiricinin tutkal içindeki %' desini azaldıkça ve daha az etkili olanlar kullanıldığında sertleşme süresi ve sıcaklık ihtiyacı artarak 140–170⁰C olmalıdır. Düşük sıcaklıklar polikondenzasyonu geciktirirken çok yüksek sıcaklıklarda da başarısızlığa sebep olur. Çünkü 160–170⁰C'den yüksek sıcaklıklarda odunun hidroksil grubu (-OH) sertleşir ve reçineyle bağ oluşturamaz ve daha yüksek sıcaklıklarda ise karbonlaşma eğilimi gösterir (Tank,1997).

Sertleştirici olarak asit kullanma durumunda sertleşme o kadar çabuklaşmaktadır ki, tutkalın birleşme yüzeylerine sürülmesi mümkün olmamaktadır. Bu nedenle daima tamponlanmış karışımlar kullanılır. Özellikle amonyum klorür/amonyak tampon sistemi çok etkilidir ve daima akışkandır. Günümüzde sertleştirici olarak amonyum klorür (NH₄Cl) ve ((HN₄)SO₄) tercih edilir. MDF taslağı içindeki tutkal sıcak prese gelmeden sertleşme olmamalıdır ki bu yüzden tamponlanmış karışımlar kullanılır. Amonyum klorür oranının artması sertleşmeyi hızlandırır ve amonyak oranının artırılması yavaşlatıcı etki gösterir. Sertleştiricide NH₄Cl oranının %15, %25 ile amonyak oranının ise %30'u geçmemesi istenmektedir (Eroğlu, 1988).

Amonyak düşük sıcaklıklarda yani sıcak prese gelmeden önce oluşan asidi nötralize etmek suretiyle tutkalın sertleşmesini durdurmaktadır. Sıcak preste ise amonyak hızlı bir şekilde buharlaşarak dışarı çıkar ve böylece çözeltide amonyak kalmayınca oluşan asit tutkalın sertleşmesini gerçekleştirir. Sertleştirici olarak hegzametilen tetraamin' de kullanılabilir. Az miktardaki amonyum klorür ile

kombinasyonu ise daha iyi sonuçlar vermektedir. Hezametilen tetraamin sıcak preste sıcaklığın etkisiyle amonyak ve formaldehite ayrışır. Amonyak buharlaşarak levhayı terk eder, formaldehit ise amonyum klorür ile reaksiyona girerek sertleştirici asidi oluşturur. Hezametilen tetraamin' in dezavantajı oldukça pahalı olmasıdır (Akbulut, 1991).

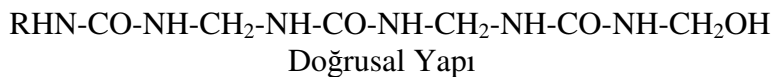
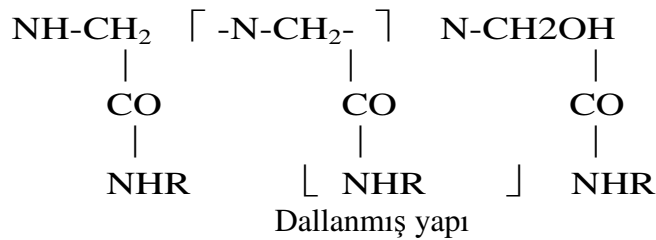
Yonga levha ve lif levha üretiminde sertleştirici olarak amonyum klorür'ün kullanımını amonyum sülfat'tan daha yaygındır. Çünkü amonyum klorür kullanıldığında meydana gelen tuz asidi (HCl)' nin uçucu olmasından dolayı levha taslağının her tarafına homojen bir şekilde yayılır. Amonyum sülfat kullanılması halinde ortaya çıkan sülfürik asit (H₂SO₄) uçucu olmadığı için levhaya homojen olarak yayılmaz ve sertleşmede düzensizlikler olur. Ürenin o hali olduğundan, tampon maddesi olarak çoğunlukla amonyak tek başına kullanılmaktadır.

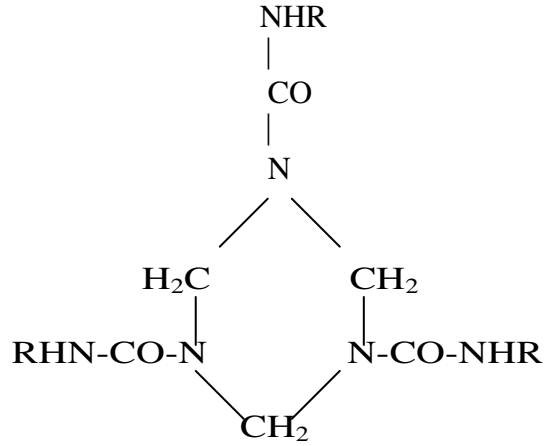
Levha üretiminde kullanılan ağaç türlerinin PH değerine göre tutkal içindeki sertleştirici oranı belirlenmektedir. Eğer ağaç türünün PH değeri düşük (asidik) ise sertleştirici oranı azaltılır. Üre-formaldehit tutkalı kullanıldığında son sertleşme için taslak orta kısmının 100 °C olması gerekmektedir.

Günümüzde kullanılan levha türevlerinden olan yonga levha, lif levha ve kontrplakta bulunan formaldehit'in asıl kaynağı bağlayıcı olan üre formaldehit reçinesidir. Bunun yanında odunun cinsi, rutubeti, pres sıcaklığı ve süresi ile katkı maddelerinde etkili olan faktörlerdir. Formaldehiti düşürmenin en etkili yollarından biride serbest formaldehit miktarı düşük olan özel reçineler kullanmaktır. Bunun için F/U mol oranı düşük reçineler ve değişik türde katkı maddeleri kullanılır. E-1 MDF ler için F/U 1,1 ve E-2 MDF' ler için F/U 1,2-1,3 civarında olmalıdır. Bu tür reçineler az reaktif olduğundan kapasite kaybına neden olmaktadır. Son zamanlarda üre-formaldehit reçinesi kalitesinde yapılan iyileştirmelerle, pres zamanının

uzatılması ve buna bağlı olarak meydana gelen kapasite kayıpları problemi ortadan kalkmıştır. Sıcak presin uygulanması esnasında bağlayıcı üre formaldehitten formaldehit oluşan kimyasal bağdan ayrılırken tamamen reaksiyona girmeyen en son grubun metilol bir dereceye kadar indirgenmişine inanılmaktadır. Üre-formaldehit tutkalının su içerisindeki dağılımı, yüksek molekül yapısına sahip, üre ve formaldehit polimerleri ile ilgilidir. Polimerlerin son oluşumlarında en son gruplar seçkin metilol gruplarıdır. Tutkal malzemesinin genel uygulamasında, sentetik reaksiyona girdikten sonra aşırı formaldehit ve üre ilave edilmektedir. Sıvı tutkalda formaldehitin reaksiyona girme derecesini düşürebilmek, polimer grupları içindeki metilol gruplarının büyük miktarda artırılmasıyla mümkündür. Proseste sıcak presleme esnasında üre-formaldehit tutkalında ilk olarak formaldehit uzaklaştırılırken grubun sonundaki metilolün degrade olduğuna ve tamamen reaksiyona uğramadığına inanılmaktadır. Düşük moleküllü metilol-üre yapısının tutkal verimliliğini düşürdüğüne inanılır fakat sıvı tutkalda formaldehitin kokusu önemli oranda azalmaktadır (Maloney, 1993).

Üre formaldehit polimer molekülünün en seçkin özelliği tutkal sıvısının berrak olarak yapılmasıdır. Bununla beraber tutkal için araştırmalar devam etmektedir. Bu araştırmalar sonucu üç tane uygun yapı sıralanmaktadır. Bunlar dallanmış yapı, doğrusal yapı ve tamamen silindirik (benzen gibi) polimer yapı şekilleridir.

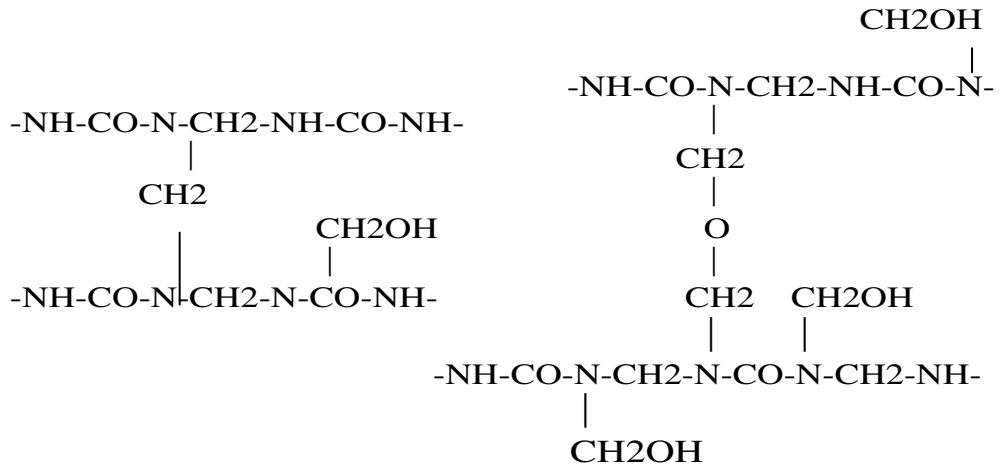




Silindirik yapı

Şekil-14: Üre-Formaldehit Reçinesinin Polimer Yapısı (Huş, 1997).

Şekil-14'e göre üre formaldehit tutkalının iyileştirilmesi için bitişik polimerler grubunun en son metilol grupları arasındaki, reaksiyondan dolayı etkili olamamaktadır. Bu reaksiyonda, su bağdan dışarı atılırken polimerler arasında çapraz eter bağları oluşmaktadır. Bu eter bağları formaldehit dışarı atılmasından dolayı daha stabil metilen köprülerine dönüşmektedir. Bu değişimde bir eterden bir metilen bağına dönüşümü reaksiyondan hemen sonra yâda reaksiyondan daha sonra oluşmaktadır (Huş, 1997).



Metilen köprüsü

Eter köprüsü

Şekil-15: Üre-Formaldehit Tutkalı Bağ Oluşumu (Huş, 1997).

Formaldehit reçinesinin iyileştirme ve kalitesini artırma yöntemlerine gidilmektedir. Yapıştırma kalitesinin çok iyi olması için ürenin içindeki formaldehit miktarına bağlıdır. UF reçinesi sıcaklık ve reaksiyon zamanı (jell – time), PH değeri çeşitli tepkimelerin konsantrasyonu ve üre-formaldehit mol oranı genelde 1,4–2,0'dir. Daha düşük oranlar levha içindeki su bazlı formaldehiti azaltmaktadır. Bundan dolayı reçinenin yapıştırma oranı azalmış olacaktır. Formaldehit, açık havada toksiktir (Maloney, 1993).

MDF' ler formaldehit emisyonuna göre 2 sınıfa ayrılır.

E – 1 sınıfı MDF' ler (sınıf A) ≤ 9 mg/100gr tam kuru levha.

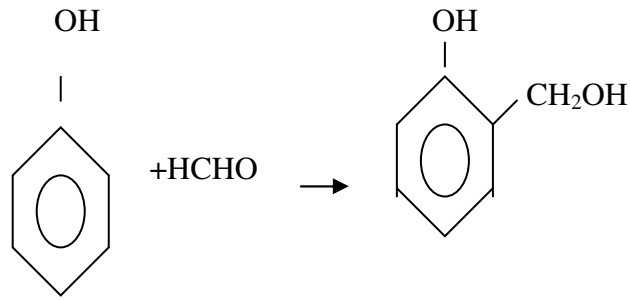
E – 2 sınıfı MDF' ler $9 < (\text{sınıf B}) < 40$ mg/100gr tam kuru levhalardır (Maloney, 1993).

1.1.8.2. Fenol Formaldehit Tutkalı (FF)

Bu tip tutkallar, polikondenzasyon yoluyla ilk olarak elde edilen ve teknikte kullanılan sentetik bir tutkal çeşidi olarak tanınmaktadırlar. Levha üretiminde UF tutkalından sonra kullanılan fenol formaldehittir. Fenol reçineleri yüksek değerli yapıştırıcılar olup asit, yağ ve organik çözücülerin etkilerine, mantar ve böceklere karşı dayanıklıdır.

Fenol formaldehit tutkalın elde edilmesinde fenol ve fenol türevlerinden m–kresol, kısmen Xylenol ve Resorsin kullanılır. Fenol formaldehit tutkalın meydana geliş şekline ve kullanımına göre Novalak, resol, resitol ve resit gibi isimler alır. Tutkallama amacıyla genellikle resol kullanılır. 1 mol fenol ile 1,1–2 mol formaldehit alkali ortamlarda muamele edilmesiyle fenol formaldehit tutkal oluşur. Fenol reçinesi duroplast grubu içinde en eskilerinden biridir. Alkali ortamda formaldehit ile reaksiyona sokulan saf fenol kristalleşir ve fenol alkolü oluşturur. Daha fazla formaldehit ilavesi ile reaksiyon ilerler ve reçine karakterli bir yapıya

dönüşür. Kondenzasyonu etkileyici bir madde olarak sodyum hidroksit, amonyak veya alkali çözelti veren bir tuz kullanılır. Reaksiyon başlangıçta ısı gerektirdiği halde daha sonra ekzotermik nitelik alır. Kondenzasyon ürünü alkali etkisinde olduğu için suda çözünebilir niteliktedir. Sıvı haldeki fenol reçinesi, sarı kahve, kırmızı-kahve veya koyu kırmızı renklere olabilir. Viskozitesi 1000–15 000 cp olup ve suda çözünümlü % 50 katı madde içerir (Tank, 1997).



Şekil-16: Fenol ve Formaldehit Kondenzasyon Reaksiyonu.

Fenol formaldehit tutkalı yaş yöntemle kuru lif ağırlığına oranla %1–3 oranında kullanılır. Levhanın sağlamlığını ve suya karşı dayanıklılığını artırır (Eroğlu, 1988).

Fenol maddesi renksiz ve zehirli sıvıdır. Üretim reaktörüne kadar kapalı sistem içinde bulunur. FF dış hava şartlarında kalacak levhaların üretiminde kullanılır. Rutubete ve kaynatmaya karşı dayanıklıdır. Ancak, sertleşmesi uzun olduğundan yüksek sıcaklık ve uzun pres süresine ihtiyaç vardır. Sıcak presleme esnasında rutubetin fazla oluşu sonunda ortaya çıkan buhar tutkalın sertleşmesi engellemekte, levhanın yüzeyinde şişkinlikler oluşturmakta yâda levha presten çıkarıldıktan sonra patlamaktadır. FF rengi koyu olduğundan levha yüzeyinin koyulaşmasına neden olur (Akbulut, 1991).

Fenol ve türevleri taş kömüründe bulunmakta olup, bu ana maddeden elde edilmektedir. Bununla beraber fenol endüstriyel ölçüde diğer yöntemlerle de sentetik olarak üretilmektedir. Fenol formaldehit tutkalları meydana geliş ve kullanım durumlarına göre 4 tipe ayrılmaktadırlar.

a. Novalak: Bu tip fenol reçenesi gerek eriyebilmekte, gerekse organik çözücülerde çözülebilmekte ve bu özelliğini, kullanılmadan uzun zaman muhafaza edebilmektedir. Bu tip fenol reçenesi, fenol ve formaldehitin asidik katalizörler yardımı ile kondanse edilmesi suretiyle elde edilmektedir. Novalak'a kullanılacağı zaman para formaldehit katılmaktadır.

b. Resol fenol reçenesi: Fenol reçenesinin kondanse olmamış sıvı haline resol denir. Kırmızı renkli ve bazik ortamda oluşan düşük kondanzasyona sahip bir tutkaldır. Fenol kristalleşebildiği gibi tutkalımsı karakteri de taşır. Düşük kondenzasyon derecesine sahip olan bir tutkal tipi olup, organik çözücülerde çözülebilmekte ve fakat novalak'ın aksine termik bir işlemden ve daha çok soğukta derişik asitler katıldığı zaman sertleşmekte ve erimeyen, çökeltilmeyen bir reçene haline dönüşmektedir.

c. Resitol: Organik çözücülerde tam olarak çökeltilmemekte ve daha ziyade şişmekte, ısıtıldığı zamanda erimeyerek ancak yumuşak bir duruma gelmektedir. Bu bakımdan resitol, resol ile resit arasında yer almaktadır.

d. Resit: Yüksek molekülü bir fenol reçenesi olup, organik çözücülerde çökeltilmemekte, şişmemekte ve erimemektedir. Bu bakımdan resit tamamen sertleşmiş olan bir tutkal tipidir. Sertlik ve organik çözücülere karşı dayanıklı olmasından dolayı dış hava şartlarına dayanan kontrplak, yonga levha ve lif levha üretiminde tutkal olarak kullanılmaktadır (Maloney, 1993).

1.1.8.2.1. Fenolün Sertleştirilmesi

Alkali fenol formaldehit tutkalı suda çözünürken ısı etkisiyle sertleşmesi için sertleştirici maddeye gerek yoktur. Ama sıcak pres altında istenen zamanda ve istenen sıcaklıkta sertleşmesi için sertleştirici maddeler kullanılarak ideal bir sertleşme sağlanmaktadır. FF tutkalı sertleştiricisiz 135–155⁰C arasında sertleşmektedir. Para formaldehit kullanılması ile sertleşme sıcaklığı 110–125⁰C arasındadır. Resorsin madde kullanılarak daha düşük sıcaklıkta sertleşme sağlanır. Para formaldehit ile resorsin kullanılarak 90–110⁰C arasındaki sıcaklıkta sertleşir. Rezorsin pahalı bir madde olduğundan bunun yerinde potasyum karbonat kullanılırken tutkal katı maddesinin %5 kadar katılır. Potasyum karbonat pres sonrası levha yüzeyinde istenmeyen lekeler neden olmaktadır. Fenolikler üreye göre çok daha yavaş yapışır. Yapışma esnasında çok daha fazla stabil ısı ve çok daha fazla pres sıcaklığına ihtiyaç vardır. Levhanın orta sıcaklığı 121–149⁰C' ye ihtiyaç vardır. Pres platen üzerinde sıcaklığı 204⁰C sıcaklıkta olmalıdır. Katalizör kullanılması pres zamanını hızlandırır. Örneğin resorkinol kullanılabilir. Bu tür katalizörler tamamen pahalıdır. Yapışan levha; sıcaklığa ve kimyasallara karşı dayanıklıdır (Maloney, 1993).

1.1.8.3. Melamin Formaldehit Tutkalı (MF)

Melamin formaldehit tutkalı, melaminin formaldehit ile kondenzasyonu suretiyle sertleşen bir tutkal çeşididir. Bu tutkal, görünüşü kimyasal tutumu ve kullanım yeri bakımından, üre formaldehit reçinesi tutkalına çok benzemektedir. Bununla beraber üre reçineleri ile karşılaştırıldığında bazı avantajlı yönlerinin bulunduğu görülmektedir.

Avantajları;

- a.** Melamin reçineleri, 90–140°C dereceler arasında herhangi bir sertleştirici madde katılmaksızın sertleşebilmektedir.
- b.** Sertleşmiş olan tutkal filmi, üre formaldehit reçinesine nazaran suya karşı daha dayanıklıdır.
- c.** Işığa karşı dayanıklılığı çok iyidir.
- d.** Melamin reçineleri, üre reçineleri, kan albümini ve PvAc dispersiyon reçineleri ile kombine bir şekilde kullanılabilir ve böylece pahalı olan melamin reçinelerini daha ucuza mal etmek mümkündür. Nitekim %50 oranında üre formaldehit reçinesi ile karıştırılarak elde edilen tutkalın direnç değerleri aynı olmakla beraber fiyatı yarı yarıya ucuzlamış olmaktadır. Bu karışım 3 hafta süreyle bozulmadan kullanılabilir.
- e.** Melaminin üre reçinesine göre dayanma süresi daha kısadır (Tank, 1997).

Elde ediliş şekli;

Melamin 3 molekül ürenin kondansasyon ürünü olarak elde edilir. Melamin başlangıç maddesi olan kalsiyum karbür CaC_2 'den kalsiyum siyanamid CaC_2N_2 üzerinden sülfonik asit yardımı ile disiyandiamid $\text{C}_2\text{H}_4\text{N}_4$ 'den elde edilir.



Şekil-17: Melamin Eldesi (Tank, 1997).

Yüksek sıcaklık ve basınç şartlarında melamin kantitatif olarak triamino triasin yapısına dönüşür. Melamin ve formaldehit reaksiyonu sonucu da metilol melamin oluşur. Daha fazla melamin katılmasıyla trimetilol melamin oluşur (Eroğlu,1988).

Son ürünün molar yapısı, çözelti konsantrasyonuna, reaksiyon sıcaklığına, PH değerine ve kondenzasyon süresine gibi birçok faktöre bağlıdır (Tank,1997).

Reaksiyon PH değeri 5–6 olan bir çözeltide melaminin formaldehite ½-4 olacak şekilde karıştırılmasıyla başlar ve kademeli olarak ilerler. Reaksiyon, üre ve fenol formaldehit tutkalarında olduğu gibi sonuna kadar devam ettirilmeden oluşan, kondenzasyon ürünleri suda çözünebilir durumda iken çözeltilinin nötrleştirilmesi ve soğutulması ile durdurulur. Ancak, karışımda bulunan reaksiyon aktivitesini artırıcı maddeler oda sıcaklığında kondenzasyonun ilerlemesine ve dolayısı ile depolama ömrünün kısılmasına neden olurlar. Bu kusuru gidermek üzere de melamin tutkalları toz halinde üretilmektedirler. Bunu serin yerde 1 yıl saklamak mümkündür. Toz halindeki tutkal 1/0.5 oranında suda çözünerek (%66'lık) sıvı tutkal haline getirilebilir. UF tutkalına oranla pahalı olduğundan genelde saf olarak kullanılmaz. Sıcak presleme sırasında, yarıda kalan reaksiyon sıcaklık ve katalizörlerin etkisiyle yeniden başlar ve sonuna kadar devam eder. Sonuçta, su da çözünmeyen ve erimeyen bir madde oluşur. MF tutkalının renginin beyaz oluşu ve suya dayanıklı oluşu, yonga levha, lif levha, kontrplak gibi levha ürünlerinin yüzeyinin kaplanmasında kullanılan çeşitli kâğıt türlerinin emprenye edilmesinde ve film tutkallarının üretilmesinde kullanılır (Akbulut, 1991).

Melaminle formaldehitin reaksiyonunda optimum metilasyon PH 8.5–9.0 aralığındadır. Bu aralıkta; metilasyon ve ilave kondenzasyon reaksiyonu 80°C civarındaki sıcaklıklarda orta hatta yüksek moleköl ağırlıklı reçineler verir. UF reçinesiyle oluşturabilen çözünmez, granüler metilen bileşikleri MF reçinelerinde görülmez. Bununla birlikte; reaksiyon iyi kontrol edilmezse üstteki sulu kısmın ayılmasıyla viskoz, hidrofobik MF reçinesi ortaya çıkabilir. Bu, reçinelerde çalışma için oldukça sorun yaratır. 7'den düşük bir PH melamin reçinelerinin üretilmesi için kullanılmamalıdır. Moleköl ağırlığı artışı ÜF reçinelerinden daha fazla görülür. Bu UF reçinelerinde viskozite ölçümüyle, MF reçinelerinde kondenzasyon sırasında

çözeltilerin çözünürlüğünün zaman zaman belirlenmesiyle yapılır. Bir MF reçinesi çözeltisi 20⁰C'deki 5 ml örneğin seyreltilmesiyle tartılır. Sürekli bir bulanıklılığa erişmek için ilave edilmesi gerekli olan suyun mililitre sayısı verilen bir reçine çözeltisinin kondenzasyon kademesini tahmin etmenin bir yoludur. MF yapıştırıcıları sadece belli alanlardaki odunların birleştirilmesinde UF reçinesi yerine kullanılmaktadır. Bu tip birleştirmeler rutubet ve ısıya karşı dayanıklı olmaları nedeniyle yüksek kaliteli kontrplak üretiminde kullanılırlar (Akbulut, 1991).

1.1.8.3.1. Melamin Formaldehitin Sertleştirilmesi

Melamin tutkalının yüksek derecede suya dayanıklı kalması için üre-formaldehit tutkalı ile karıştırılarak kullanıldığında bu oranın %25 ile 75 arasında kalması gerekmektedir. MF tutkalı, ÜF tutkalından daha kolay ve çabuk sertleşebilmesi triasin iskelet yapısının üç yönde reaksiyon verme yeteneğinin faal gruplarla sonlanmış bulunması ile açıklanabilir. 90–100⁰C sıcaklıkta sertleştirici olmadan sertleşebilir. 100⁰C sıcaklıkta kullanma süresini uzatabilmek amacı ile tamponlanmış sertleştirici karışımı olarak amonyum klorür/amonyak kullanılmaktadır. 40⁰C civarında ise asit sertleştirici kullanılması gerekir. Soğuk tutkallama için çatlama kusuru yüzünden, melamin tutkalını kullanmak iyi sonuç vermemektedir (Akbulut, 1991).

Sıvı reçinenin %0,1–1 oranında kullanılmak koşulu ile amonyum klorür uygun sıcaklıkta çok uygun sonuç vermektedir. Melamin tutkalları yüksek frekans tekniği ile sertleştirilmeye çok elverişli bulunduğu bilhassa, konveksiyon yoluyla ısıtılması mümkün olmayan kalın ağaç malzemenin yapıştırılmasında kullanılabilir (Tank, 1997).

Melamin ve ürenin kinetik davranışı arasındaki fark iki bileşikteki azot atomunun yarattığı farklı etkilerle bağlanmaktadır. Hidroksimetilasyonun sonucu

olarak metilol bileşikleri dikkate alındığında melamin üreden daha fazla reaksiyon verme yatkınlığına sahip olup melamin formaldehitte daha kolay reaksiyon verir. Metilol üredeki aminometilol grubunun azotu üzerindeki amino grubunun azotundan daha az nükleofiliktir. Bununla birlikte, metilol melamindeki amino metilol grubunun azotundan daha az nükleofilik değildir. Bu özellik; üre ile melamin arasındaki temel farklılığı oluşturmaktadır. Trimetilol melamin sulu çözeltide kondenzasyon yoluyla su ve formaldehit kaybederek polimerleşir. Su kaybı sonucu eter bağı formaldehit kaybı sonucunda metilen bağı oluşur. Melamin formaldehit asidik katalizör kullanılmadan sıcaklıkta sertleşir. Çok az asidik katalizör yapışmayı hızlandırır. Soğuk tutkalamaya elverişlidir. Süspansiyon şeklinde levha yüzeyine 1 kat sürülerek kaplamada kullanılır (Eroğlu, 1988).

1.1.8.4. Resorsin Formaldehit Tutkalı (RF)

Rezorsin-formaldehit tutkalı rezorsinin formaldehitte reaksiyonu sonucu elde edilen sentetik tutkallardır. Üretim sırasında katılan formaldehit miktarı reaksiyonun sonuna kadar gitmesini sağlayacak miktarda değildir. Kondenzasyon olayı PH 3.5–4.5 arasında yavaş yavaş yürür, alkali veya asit ortamda ise hızlanır. Kullanımdan önce tutkalın karıştırılması basitçe reaksiyonu tamamlayacak olan formaldehit ilave edilmesinden ibarettir (Tank, 1997).

1.1.8.5. İzosiyanat Tutkalı (İS)

İzosiyanat tutkalı diğer sentetik tutkallar gibi odun kökenli levha ürünleri için uygun tutkal olmasına rağmen MDF üretiminde rağbet görmemiştir. İzosiyanat tutkalı farklı bir tutkal olup odunun hidroksil gruplarıyla bağ oluşturur. İS tutkalını üretan zincirleri oluşturur. Eğer iyi yapışma sağlanırsa suya, sulandırılmış asitlere, alkolik sıvılara karşı iyi bir dirence sahiptir. İS tutkalı su ihtiva etmez. Böylece tutkalın tümü yapıştırma yapar. Üretan zincirleri hidrofobiktir, bu nedenle ayrıca bir

kimyasala gerek olmayabilir. Formaldehit emisyonu içermez. ÜF gibi kısa sürede sertleşir. Düşük yoğunlukta kullanılacak levhaların yapıştırılmasında tercih edilmektedir. Sulu çözelti halinde de kullanılabilir. Başka bir faydası da yapıştırma direncini düşüren ekstraktif maddelerin etkisini ortadan kaldırmasıdır. İzosiyanat tutkalının dezavantajları ise fiyatının yüksek olması ve metallerle yapışmaya meyilli olmasından dolayı, transport elemanlarına ve pres patenlerine yapışarak problem çıkarmasıdır. Buna engel olmak için, yağ, gliserin gibi yapışmayı önleyici maddeler kullanılmalıdır. Yakın zamanda yapışmayı önleyen bir sabun geliştirilmiştir. İzosiyanat tutkalının insan sağlığına zararı olduğundan kullanımı sırasında dikkat edilmesi gerekmektedir (Maloney, 1993).

1.1.8.6. Doğal Tutkallar

Yaş yöntemle üretilen levhaların yapıştırılmasında doğal tutkallardan faydalanılmaktadır. Doğal tutkallar olarak bilinen odunun %30'unu oluşturan lignindir. Bu yöntemde yapışma direncini arttırmak için %1–2 oranında sentetik tutkal kullanılır.

Lignin harici doğal tutkallar nişasta, kuruyan yağlar, soya tutkalı, tanen ve sülfite atık suyu kullanılabilir. MDF veya HDF üretiminde doğal fenol olarak bilinen tanen lif levha üretiminde formaldehit reaksiyona sokulmaktadır. Kuru yöntemde lignin yeterli yapışma sağlamadığında %9–10 oranında sentetik tutkal kullanılır. Odunu liflendirirken elde edilen sülfite atık suyunun asitlendirme etkisi ile tutkalın nitelikleri artırılabilir (Suchland ve Woodson, 1991).

Avustralya'da tanen kontrplak ticaretinde başarılı bir şekilde kullanılmıştır. Tanen üretimi Finlandiya ve Arjantin'de yaygın olarak kullanılmaktadır. Yonga levha ve kuru yöntemle lif levhalarda benzer tanenler ve lignosülfonatlar

kullanılmıştır. Tanenlerle, bütün sentetik reçineler birlikte başarılı mükemmel bir yapışma sağlamaktadır (Maloney, 1993).

1.1.8.7. Katkı Maddeler

Kuru yöntemle üretilen lif levha endüstrisinde tutkalın sertleşmesini sağlamak levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerini iyileştirmek için çeşitli kimyasal maddeler kullanılır.

1.1.8.7.1. Sentetik Tutkallara İlave Olarak Katılan Katkı Maddelerin Özellikleri

- a. Plastikleştirme
- b. Stabilitate Sağlaması
- c. Tutkal sürme, niteliklerinde reçinenin yapısal olarak iyileştirilmesi
- d. Tutkalın dağılma özelliğinin iyileştirilmesi
- e. Yanmayı geciktirmesi
- f). Koku gidermesi
- g. Malzeme yüzeyinde toz birikmesini önlemek
- h. Sıcak preste tutkaldan gaz çıkışını dengeleme
- j. Bitkisel ve hayvansal zararlılara karşı koruyucu özelliklerinde olabilmesidir.
- k. Tutkal içinde sıcak presleme esnasında serbest formaldehiti bağlamak için katılan, catcher (yakalayıcı) kullanımı yaygın olup, bunlardan üre 50 kg torbalar halinde depolanmaktadır (Kalaycıoğlu, 1980).

1.1.8.7.2. Ürenin Özellikleri

- a. Beyaz, kokusuz, katı kristal haldedir.
- b. PH'sı (20⁰c'de %10 eriyik) 7,0–9,8'dir.
- c. Erime noktası 133 °C

- d. Nem içeriği max % 0,5
- e. Üre çözeltilsinin konsantrasyonu %50
- f. Yoğunluğu 1,22 g/cm³ dür (Kalaycıoğlu, 1980).

1.1.8.7.2.1. Üre Hazırlama Yöntemi

- a. Üre hazırlama kabına 150 lt proses suyu konur.
- b. 55 – 60⁰C’da buhar vanası açılır ve su ısıtılır.
- c. Su seviyesi 200 lt ye getirilir. 50 lt su konarak mikserle karışım sağlanır.
- d. 50 kg.lık torbadaki 200 kg üre 2 dakika süreyle suya boşaltılır.
- e. 15’dak karıştırılır. Çözelti emülsiyonu hazırlanır.
- f. Üre hazırlama kabından üre çözeltisi pompayla üre saklama kabına aktarılır.
- g. Tutkal çözeltisine melamin tutkal katılabilir. Rutubetli yerlerde kullanılacak levhanın ortamdan rutubet almamasını sağlamak için kullanılır (Kalaycıoğlu, 1980).

1.1.8.7.3. Melamin Özellikleri

- a. Beyaz kristalimsi toz halindedir.
- b. Nem içeriği max %0,1 dir.
- c. Erime noktası buharlaşma ile 176⁰C’ dir.

Melamin formaldehite sertleştirici olarak amonyak tuzları ve kuvvetli asitlerin tuzları potasyum presülfat v.b dir. %0,1–1 oranında NH₄Cl (amonyum klorür) uygun sıcaklıkta olumlu sonuçlar verir (Kalaycıoğlu, 1980).

1.1.8.7.4. Sertleştirici Maddeler

MDF, yonga levha ve lif levha 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 (MDF fabrikaları Üretim Raporları).

1.1.8.7.5. Katalizörün Özellikleri ve Hazırlanması ve ÜF İçin Katalizör Olan NH₄Cl Özellikleri

- a. Kristalimsi tuzdur
- b. Beyazdan açık griye veya yeşile değişen renklidir
- c. Hafif katranımsı kokuya sahiptir
- d. Nem içeriği max %0,5 dir
- e. Serbest asit miktarı max %0,25 dir.

1.1.8.7.5.1. Katalizörün Hazırlanması (% 10'luk)

Katalizör hazırlama kabına 225 lt proses suyu ilave edilir. Mikser çalıştırılır. 25 kg NH₄Cl mikser çalışırken ilave edilir. 10 dk. mikser çalıştırarak NH₄Cl suyla iyice karıştırılır. Böylece ham tutkal için gerekli katalizör hazırlanmış olur. Hazırlama kabından katalizör çözeltisi dozaj tankına pompa ile aktarılır (MDF fabrikaları Üretim Raporları).

1.1.8.7.6. Hidrofobik Maddeler

Parafin ve mumlar hidrofobik maddelerdir. Hidrofobik maddeler yonga levha ve lif levhanın rutubetli ortam veya su ile temas ettiğinde çalışmasını azaltmak amacıyla kullanılır. Mumlar kristal yapıda olup kristalleri iğne şeklinde ve yassıdır. C_nH_{2n+2} formüllü düz zincirli hidrokarbonlardır. 360–500 molekül molekül ağırlığında olup erime noktaları 50–100⁰C arasındadır. Parafin ve mumlar polar olmadıklarından kimyasal yönden aktif değildir. Levhada hidrofobik etkisi liflerin

kılcal başlıklarına girerek su moleküllerin bu boşluklara girmesini engel olurken su alma hızını yavaşlatmaktadır (Eroğlu, 1988).

MDF üretiminde parafin mum (waxs) eritilerek sıvı halde yâda emülsiyon halinde uygulanır. Sıvı parafinin defibratör lif çıkış borusundan verilmesi durumunda levha yüzeyinde lekeler oluşur. Bu nedenle segmentlerden önce ve pişirme kazanı alt vidalı taşıyıcıdan sonra yâda pişirme kazanından önce verilmesi uygundur. MDF üretiminde parafin emülsiyonu tam kuru lif ağırlığına oranla %1–2 oranında yongalara karıştırılarak verilirken, emülsiyon tutkala karıştırılarak defibratör çıkışında lif üzerine püskürtme yapılır. Tam kuru lif ağırlığına oranla %1–2 oranının aşılması durumunda tutkallamayı engelleyici etkisi görüldüğü gibi levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerinde azalmaya neden olmaktadır. Hidrofobik özellikleri parafinin mumlar suya karşı en iyi direnci sağlayan uzun, iğne kristallere sahiptir. Kısa iğne kristallere sahip mumlar ise hidrofobik özelliğini tam olarak gösterememektedir. Kullanılan parafinin homojen olması tutkal, sertleştirici, su ve koruyucu maddelerle uyumlu olmalı, pompalanabilir ve dozaja elverişli olmalıdır (MDF fabrikaları Üretim Raporları).

1.1.8.7.6.1. Parafin Özellikleri

- a.** Tipi gevşek mumdur.
- b.** Yağ içeriği max %10 dur.
- c.** Erime noktası 49 – 55 ⁰C'dir.
- d.** Vizikositesi 60⁰C'de 28 – 50 cp
- e.** Yoğunluğu 0,7 gr/cm³ dür.

Yağ oranının azaltılarak %1-2'lere çekilmesi durumunda daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Parafinler emülsiyon halinde hazırlanarak süspansiyona katılırlar. Parafinler önce eritildikten sonra içersinde emülsiyon yapıcı maddeler bulunan su ile

karıştırılırlar. Ayrıca su fazına sodyum veya potasyum hidroksit katılarak şiddetli karıştırmaya (homojenleştirme) tabii tutulurlar (MDF fabrikaları Üretim Raporları).

1.1.8.7.6.2. Parafin Emülsiyonunun Hazırlanması

1.Formül

Parafin hazırlama tankına 1m³ (1000 kg) proses suyu konur. Parafin hazırlama tankı içerisindeki serpantin borularından sıcak su gönderilir. 65⁰C kadar ısıtılır. Parafin hazırlama tankına 50 kg Parafin, 4 kg NH₃ (amonyak), 4 kg oleik asit konulur. Oleik asit suyun içinde parafin karışımını sağlar. Parafin pompasıyla hazırlanan emülsiyon üretime verilir. Emülsiyon içinde %5 parafin %0,4 (NH₃) amonyak ve %0,4 oleik asit vardır (Eroğlu, 1988).

2.Formül

Tanka en fazla 65⁰C sıcaklıkta 500 lt'e kadar su dökülür. Üzerine 10 litre olein %25 konsantrasyonlu 10 lt. amonyaklı su eklenir. 5 dakika iyice karıştırılır. 100kg parafin kazana ilave edilerek 60–65⁰C' de 2 saat süre ile karıştırılır ve emülsiyon hazır hale gelir. Hazırlanan emülsiyona 60⁰C sıcaklıktaki sudan tank doluncaya kadar ilave edilerek 20–30 dak. daha karıştırılır. Hazırlanan emülsiyon depolama tankına pompalanır (Eroğlu, 1988).

1.1.8.7.7. Koruyucu Maddeler

Odun kökenli levha ürünlerinde (yonga levha, lif levha, kontrplak, lamine levha, OSB, kontratabla v.b) tropik bölgeler gibi mantar ve böcek saldırısının yüksek olduğu yerlerde kullanılmadan önce koruyucu maddelerle korunması önemlidir. Kapalı yerlerde kullanılan levhaları koruyucu maddelerle muamele etmek önemli, olmamakla beraber, özellikle açık hava şartlarına maruz kalan yerlerde kullanılan levhaların mantar ve böceklere karşı korunmalıdır. Çürümeye karşı fazla tutkal ilavesiyle dayanıklılığı arttırılabilir (Akbulut, 1991).

1.1.8.7.7.1. Koruyucu Maddelerin Hazırlanışı

Koruyucu madde tutkalın sertleşmesini engelleyecek ve çok hızlı sertleşmesine sebep olacak kadar PH değerini değiştirmemelidir. Sıcak pres altında pres süresini ve sertleşme süresini etkilememelidir. Levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerini düşürmemelidir. Üretilen levhalar koruyucu madde nedeniyle pis kokmamalıdır.

Koruyucu madde olarak en çok tercih edilen madde pentaklorafenoldür. Pentaklorafenolün sodyum tuzunun çözeltisi tam kuru lif ağırlığına oranla %0,5 oranında tutkal çözeltisine katıldığında MDF' nin mantarlara ve küflenmeye, %0,75 oranında ise termitlere karşı dayanıklı olması sağlanmıştır. Pentaklorafenolün liflere ilavesiyle elyafın PH'ı 8,5 veya daha yüksek olmalıdır. Bu yüzden alkali ilavesi gerekir. Diğer koruyucu maddeler ise bakır pentaklorfenol kromlu bakır arsenat (CCA-Tipe) amonyaklı bakır arsenik sodyum klorür ve sodyum sükrofluorür kullanılmaktadır. Ayrıca levha normal üretimi sonunda koruyucu maddelerle emprenye etmek mümkündür. Basınç yoluyla levhaya emprenye edilmesi üretim sırasındaki uygulanan maliyetten çok daha pahalıdır (Suchland ve Woodson, 1991).

1.1.8.7.7.2. Yanmayı Geciktiren Maddeler

Yanmayı geciktiren maddeler günümüzde bazı levha tiplerinde uygulanmaktadır. Yanmayı geciktiren maddelerle işlem görmüş MDF' lerin kullanım oranları artmaktadır. Özellikle çocuk bakım evleri, hastaneler, toplu konutlar gibi insan sayısının fazla olduğu yerlerde kullanılan levhalar, emniyet sağlama bakımından yanmayı geciktiren maddelerle muamele edilmektedir. Çünkü odun ve odun kökenli levha ürünleri yüksek sıcaklığa maruz kaldığında yanıcı gazlar meydana getirmektedir. Ortama çıkan gazlar yangının büyümesine neden olduğu

gibi, yangın esnasında insanların etraflarını görmesine ve yangından uzaklaşmasına engel olurken solunum sisteminin tahrişine de neden olmaktadır (Maloney, 1993).

MDF, odun kökenli malzeme olduğundan yanıcıdır. MDF' nin yanma süresi levha kalınlığına, yoğunluğuna, levhanın direncine, kullanılan tutkalın türüne, odun cinsine, yangın önleyici kimyasal maddelerle korunmuş olup olmadığına bağlıdır. Fenolik tutkallar, ÜF tutkalına göre sıcaklıkta değerlendirme bakımından daha uygundur. MDF' nin yanıcılık özelliğini minimuma indirmek için kullanılan kimyasal maddeler çinko, arsenik ve bakır tuzlarıdır. Bunlara ilaveten boraks, borik asit ve borat içeren kimyasal maddelerde kullanılır. Bu kimyasal maddeler levha üretimi esnasında tutkal karışımına toz veya sıvı halde katıldığı gibi üretimden sonra levhanın yüzeyine basınç altında emprenye edilebilmektedir. Toz sıvı kadar etkili değildir. Amerika'da (U.S) Masonit Corporation lif levha fabrikası lif levhaları iki aşamada yanmayı önleyici maddelerle muamele etmektedir. İlk aşamada tutkal içine %45–60 oranında alüminyum trihidrat katılır. İkinci aşamada levha yüzeyi ısıtılmış borat ester reçinesiyle kaplanmaktadır. Borat ester'in levha yüzeyine az bir penetrasyonundan sonra levhalar, 150–165 °C'ler arasında 1,5–2 saat sıcak havaya maruz bırakılmaktadır, bu işlemleri takriben %90 nispi rutubette ve 90°C sıcaklıkta nemlendirilmektedir. Levha içerisine ilave edilen yanmayı geciktiren maddelerin miktarı tam kuru lif ağırlığına oranla %1–2'yi aştığı takdirde levhaların makinelerde işlenmesi güçleşmekte ve yüksek sıcaklıkta levhanın rengi koyulaşır ve MDF' nin fiziksel ve mekanik özelliklerinde azalma meydana gelir (Maloney,1993).

Avrupa ülkelerinde ÜF tutkalı kullanılan levhalarda ((NH₄)₂SO₄) amonyum sülfat, FF tutkalı kullanan levhalarda ise (NH₄)PO₄ amonyum fosfat yanmayı önleyici madde olarak kullanılır. Amonyumlu bileşikler kullanıldığı takdirde sıcaklık etkisiyle amonyak açığa çıkar ve koruyucu bir gaz tabakası oluşturur. Bor asitlerinin

kullanılması durumunda bunların ergime ısısı çok yüksek olduğundan yangın esnasında fazla enerji absorbe ederek sıcaklığın yükselmesini önlemektedir (Akbulut, 1991).

İnorganik tuzlar güçlü asidik bileşiklerle odunun etkinliğini ateşe karşı arttırabilir. Bazı çok etkin ateş önleyici maddeler odunun yapısına zarar verebilir. Yangın geciktiriciler tutkal tankında karıştırılabilir. Bu metotla tutkala yangın geciktirici tozu en iyi şekilde karıştırılır ve life gönderilir. Bu yöntemin etkin iş görmesi için %12–14 oranına kadar borik asit levhada yerini alır. Bu yöntemde daha fazla tutkal gerektirirken biraz su ilave ederek karışımın viskozitesi azaltılır (hızlı akış sağlanır) ve böylece daha fazla akış olan tutkal–yangın geciktirici karışımı uygulanır. Polimerik yangın geciktirici standart karıştırıcılarla sınılaştırılır. Levha yüzeyine yoğun geciktirici muameleden sonra yüksek rutubet içerir. Daha sonra kurutma işlemi yapılır. Eğer yeterli kuruluk sağlanmazsa tekrar kurutulur. Yangın geciktirici levhaların üretiminde, levha türlerine gerekli olan sınıflama yapılması kararlaştırılmıştır. Bunlar Sınıf A, B, C, D veya I, II, III, IV olarak belirlenir. Yangın geciktirici levhaların sınıflandırılması şöyle yapılmaktadır. Önce kaliteleri test edilmiş veya baz alınacak levhalara uygun denk levhalar sınıflandırılır. Bundan sonra uygun geliştirilmiş test yöntemlerinde ateş tüpü veya Schlyter sistemi uygulanarak standartlara göre sınıfı belirlenir. Bu tür levhalar, değişik alanlarda satılması için test edilen laboratuvarın etiketi yapıştırılarak pazara sunulmaktadır (Maloney, 1993).

Aleve karşı dayanıklılık (Flame retardent) testi DİN 4102 yâda TSE 1263 'e göre yapılmaktadır.

Yanma Sınıfları;

B1 Zor yanan

B2 Normal yanan

B3 Kolay yanan olarak adlandırılır.

Yanmaya dayanıklılık testi levhaya fırın alevi verilerek istenen sıcaklık eğrisinin toleranslar içinde elde edilmesi durumuna bakılır. Önemli olan levhada kollaps, gaz geçme, gaz yanıcılığı, ısı yalıtımı gibi durumlar değerlendirilir. Bu muamele 30, 60, 90, 120, 180 dakika sürebilir. Örneğin çimentolu yonga levha 60' dak. civarındadır. Flame retardent additives maddesi fosfat ve azot bileşiklerinden oluşmuş olup hala Avrupa da kullanılmaktadır. Katı olarak alınan bileşik soğuk suyla 1:1 oranında hazırlanarak yoğunluğu 1,3gr/cm³'e ayarlanır. Defibratör lif çıkış borusundan tutkaldan önce levha yoğunluğunu %5-10 artıracak şekilde life karıştırılır (Maloney, 1993).

Bununla ilgili bazı standartlar;

İtalya Per CSE RF 3/77 class 1 %4-7 kimyasal madde

Fransa Per CSE RF 3/77 class 1 %9-12kimyasal madde

İngiltere Per BS 476, part 7 class 1 %4-7 kimyasal madde

Per BS 476, part 6 class 0 %12-15kimyasal madde

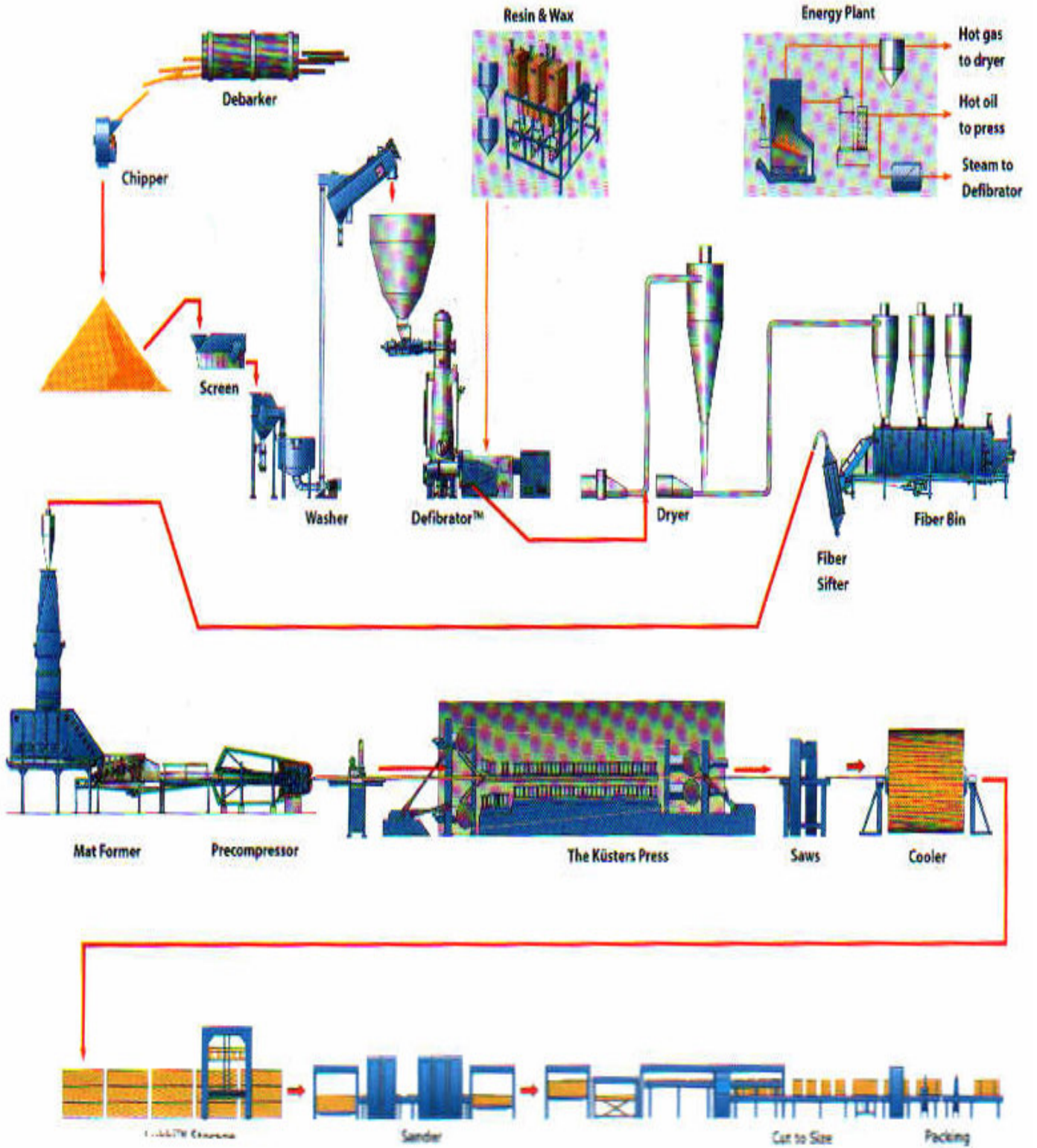
Almanya Per DIN 4102 B1 %9-12kimyasal madde (Maloney, 1993).

1.1.9. MDF Üretim Teknolojisi

MDF yüzyılın ikinci yarısında (1966) New York'taki Allied Chemical Corporation tarafından keşfedilmiştir. MDF yonga levha ve yaş yöntemle lif levha üretim teknolojilerinin birleştirilmesi sonucu ortaya çıkmıştır. Yaş yöntemle lif levha üretmek pahalı ve zahmetli olduğundan ve levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin artırılması ve her türlü lif içeren hammaddelerin kullanımına olanak vermesi, sonucu ortaya çıkmıştır. Üretim maliyeti bakımından yaş yöntemli lif levhalarda ucuz olup yonga levhalardan pahalı olmaktadır. MDF yaş yöntemden ayıran en önemli etki faktörü levha taslağının rutubet oranıdır. Yaş yöntemle lif levha üretiminde %100 rutubetli iken yarı kuru yöntemle lif levha üretiminde %12 – 45 rutubetinde olup kuru yöntemde ise %9–12 arasındaki rutubette üretilmektedir.

Yaş yöntemde levha taslağı sulu bir ortamda oluşup ön pres ve sıcak presten sonra istenen rutubete kadar kurtulur. Yarı kuru yöntemde levha taslağı hava ve mekanik araçlarla sağlanır. Ön presten sonra sıcak preste istenen rutubete kadar preslenerek kurutulur. Kuru yöntemde levha taslağı hava ve mekanik araçlarla olup rutubeti %9 – 12 civarındadır. Son preste belirli kalınlığa kadar inceltir. Asıl istenen kalınlık, sıcak preste verilmektedir. Günümüzde kuru yöntemle MDF üretimi bu şekilde olmaktadır. Şekil-18'de MDF üretim hattının akış şeması görülmektedir.

Her geçen gün teknoloji gelişerek, mevcutların demode olmasına neden olmaktadır. Bu gelişimin amacı ise yeniliklere açık olma, rekabet edebilme, daha ucuza mal etme, en yüksek kalite, optimum kapasite, müşteri istekleri ve hammadde çeşitliliğine ayak uydurabilme vb. olarak gösterilebilir. Örneğin önceden liflerin blenderlerde tutkallanması, zamanla terk edilerek blow line'de tutkallama uzun seneler uygulandığı halde son zamanlarda bu iki yöntemin birlikte kullanımı tekrar uygulama alanı bulmuştur.



Şekil-18: MDF Üretim Hattının İş Akış Şeması (Panel Board Hıghlights, 2001).

1.1.9.1. Odunun Depolanması

Bilindiği üzere çeşitli şekillerde sağlanan odun fabrikanın hammadde depo sahasına getirilip düzenli sıralar halinde yâda gelişiğüzel istif edilir. Ancak hammadde depo sahası zemininin beton ve belirli eğimde olması gereklidir. Ülkemizde odun üretimi yılın her ayında olmayıp genelde sonbaharın sonu, kış ayı boyunca odun üretimi olur. Fakat fabrikalarda hammadde sıkıntısı çekmemek için üç ve dört aylık stok yapılmaktadır. Ülkemizdeki fabrikaların odun ihtiyacı belli oranda yurtiçi ve yurt dışından sağlanmaktadır.



Şekil-19: Hammadde Sahası

Fabrika sahalarında odunların ster olarak ölçümü fabrika sahasına girerken nakliye aracında yapılır. Odunu ağırlık olarak ölçerek satın alan fabrikalar, odunların LDN üzerinde rutubete sahip olması ve odunun rutubeti ölçülüp, çıkan rutubete göre fiyat belirlenmesi yapılmaktadır. Böylece maliyeti yüksek hammadde girdisinden fabrikaların zararı önlenmeye çalışılmaktadır. Hammaddenin ster olarak yapılması maliyet açısından daha fazla önem arz etmektedir. Nakliye araçlarındaki odunlar, fabrika sahası içindeki sabit vinçler veya kepçeli iş makineleri ile boşaltılan YA ve İYA odunu olarak ayrı ayrı depolama havuzlarına veya beton bir zemin üzerine ağaç türlerine, çaplarına ve yaş-kuru oluşlarına göre istif edilmektedir. Avrupa'da ve diğer

dünya ülkeleri bazı lif levha fabrikalarında havuzlar kullanılmaktadır. Bu havuzlarda odunlar su içerisinde çürümeye ve böcek yeniklerine karşı uzun süre muhafaza edilir. MDF fabrikalarında; kereste fabrikalarından, kontrplak fabrikalarından elde edilen endüstriyel odun artıkları ayrı bir yerde istif edilerek hammaddeye uygun şartlarda karıştırılarak üretimde değerlendirilmektedir. Fabrika sahasındaki odunlar yaz ayı boyunca üzerleri yağmurlama sistemi ile ıslatılır. Böylece mantar ve böceklere karşı korunurken odun hammaddesinin kalitesi korunmuş olur. Odun rutubeti LDN üzerindedir.

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, 1988).



Şekil–20: Ormanda Yongalanarak Getirilen Hammadde (Merbok MDF-Malezya).

1.1.9.1.1. Hammaddenin Depolanmasında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

- a.** Uygun istif büyüklüğü seçilmelidir.
- b.** Böcek, küf, çürüme ve mantarlara karşı koruma sağlanmalıdır.
- c.** Rutubet oranı optimum üretim koşulları verecek şekilde ayarlanmalıdır.
- d.** Stok devrinin ekonomik olarak yapılması sağlanmalıdır.
- e.** Hammaddenin ellenmesi ve transferi minimum maliyetle yapılmalıdır.
- f.** Kendi kendine tutuşmaya ve yangına karşı gerekli önlemler alınmalı, hammadde deposu fabrikanın diğer kısımlarından ayrılmalıdır.

Ayrıca bazı ülkelerde, özellikle tropikal bölgelerde ormanda mobil yongalayıcılar kullanılarak elde edilen yongalar günlük olarak fabrikaya getirilerek stok yapılmaktadır. Özellikle tropikal bölgelerde hammadde sahasında fazla odun tutulmaz. Çünkü bu ortamda odunda çürüme, mantar hastalıkları vb. bozulmalara uğrar. Ormanda dal vb.nin mobil olarak yongalanıp getirilmesinin büyük avantajları vardır (Maloney, 1993).

1.1.9.2. Kabuk Soyma

Ağaç kabukları nadiren ormanda kesimden sonra soyularak, fabrikaya kabuksuz tomruk şeklinde gelir. Genellikle odunlar kabuklu olarak fabrikaya geldiğinden kabuklarının soyulması gereklidir. Kabuk soyma ile mümkün olduğu kadar fazla kabuk odundan uzaklaştırılmalıdır. Yongalardan kabuk ayrılması güç olmaktadır.

1.1.9.2.1. Kabuk Soyma Yöntemleri

- a.** İlkbahar ve yaz aylarında taze kesilmiş ağaçların kabukları daha kolay soyulur.
- b.** Kuru iklimlerde depoda bekletilen odunların kabuğu daha kolay soyulur.

c. Yapraklı ağaçların kabukları iğne yapraklı ağaçların kabuklarından daha zor soyulur.

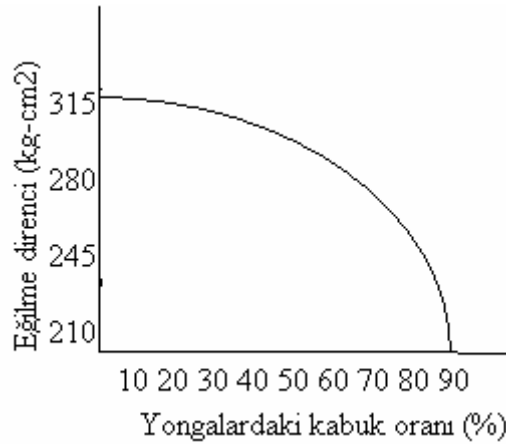
Kabuk düşük yoğunlukta, kısa lifli, mukavemeti az ve lif üretimi bakımından düşük değerde olmasından dolayı lif levha üretiminde istenmemektedir. Bir çok tip kabuk soyma makinesi vardır. En yoğun olanı döner tipte tamburlu kabuk soyma makinesidir. İçi boş çelik bir silindir kendi eksenini etrafında dönerken içindeki tomruklar birbirlerine ve silindir içindeki çapraz demirlere sürtünerek hem kabukları soyulur, hem de kabuk soyma makinesinde ilerlemektedirler. Kabuklarından temizlenen odunlar yongalama makinesi besleme bandına gelirler (Eroğlu, 1988).

1.1.9.2.2. Kabuğun Levhanın Kalitesine ve Üretime Neden Olduğu Önemli Kusurlar

Levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerini etkileyerek tutkal sarfiyatını arttırmaktadır. Kabuk arasına sıkışan kum, taş parçaları gibi yongalama bıçaklarını, defibratör segmentlerini ve şinekeleri aşındıran maddeler içermektedir. Levha içinde bulunan kumlar levhanın ağaç işleme makineleri ile kesilmesi esnasında daire testere dişlerinin zarar görmesine neden olmaktadır. Kabuğun PH değeri düşük olduğundan makine ve teçhizatları da paslanmaya neden olabilir. Çünkü, liflerin PH' sı 4'ün altına düştüğü takdirde metal aksamlarda paslanmaya neden olmaktadır. Kabuğun liflendirilmesi zor olduğundan pişirme kazanında büyük hacim kaplarken ısı ve buhar enerjisi israfını arttırır. 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).

Kabuk sert lif levha üretiminde kullanılabilir. Bu oran %10 – 15'dir. Kabuk levhanın ısı iletkenliğini etkilemektedir. Kabuk odundan soyulduktan sonra %60 rutubeti aşmayacak şekilde kazanda yakılarak enerji üretimi için kullanılır. Üretimde kabuk oranı %15–30'dur. Levhanın fiziksel ve mekanik özellikleri bu orana bağlı olarak düşmektedir. Ağaç kabuklarında genelde %18–23 oranında selüloz %17–43 lignin ve %15–35 oranında hemiselüloz bulunur. MDF üretiminde kabuk %15 – 20 den fazla kullanılıncaya levhanın eğilme direnci düşmektedir. Şekil-21'de Odunun kabuğunun soyulması sonucu hacmen %19, ağırlık olarak %7 – 10 kadar hammadde kaybı olur (Eroğlu ve Usta, 2000).



Şekil-21: Kabuğun Eğilme Direncine Etkisi.

1.1.9.2.3. Kabuk Soymada Kullanılan Makineler ve Yöntemler

- a. Bıçaklı kabuk soyucular,
- b. Sürtünme ve aşındırmayla kabuk soyan makineler
- c. Tamburlu aşındırıcı kabuk soyucular
- d. Aşındırıcı kabuk soyucular
- e. Hidrolik tipi kabuk soyucular

f. Buhar patlaması ile ve kimyasal olarak kabuk soyma makineleridir (Eroğlu ve Usta, 2000).

1.1.9.3. Yongalama

Lif veriminin yüksek olması ve kaliteli lif üretimi için odunun düzenli bir şekilde yorgalanması en önemli husustur. Bunun içindir ki yongalama sırasında liflerin ezilmemesi, zedelenmemesi özellikle yonga kalınlığının düzenli olması gerekir. Yongalamanın iyi olması yonga boyutunun düzenli olması ve yongaların kalitesi de kaliteli lif elde edilmesini sağlar.

Yongalama sırasında odunun yongalara ayrılması ve kesilmesi için bıçağın kesme kuvvetinin odunun direncinden fazla olması gerekir. Bu nedenle yongalama makineleri yapılırken odunun bıçakla yapacağı açının optimum verimi sağlayacak şekilde alınması gerekir. Yonga üretiminde odunun özgül ağırlığı ile kesme kuvveti arasında doğrusal bir ilişki vardır. Özgül ağırlık arttıkça kesme kuvveti ihtiyacı artar.

Odunun kesme lif yönüne paralel yapılıyorsa kesme kuvvetine ihtiyaç en az iken lif yönüne dik ise en fazladır. Yonga kalınlığı; odunu yongalamak için gerekli makaslama kuvvetine bağlı olup, kesme yüzeyi ve yonga uzunluğu ile birebir ilişkilidir. Yonganın kalınlığının uzunluğuna oranı %15–20'dir. Yonganın uzunluğu bıçakla odun arasındaki serbest açığa bağlıdır. Açıküçüldükçe yonga boyu kısalmır. Sert odunlar daha kalın yonga verirler. Bıçak açısı olarak 30–35°'lik açı uygun kabul edilmektedir. Açıküçüldükçe yonga kalitesi iyileşir, fakat bıçak ömrü azalır. Genel olarak, 20–25 m/ sn. kesme hızı uygun olup yüksek hız üretimi artırır ise de küçük boyutlu yonga oranı da artırır.

Yongalamanın asıl amacı pişirme çözeltilisinin yonga içine nüfuzunun her tarafta aynı olmasını sağlamaktır. Yongalama esnasında yonga boyutu küçüldükçe enerji tüketimi artar. Yongalayıcının kapasite düşmesine neden olur. Odunun rutubeti

önemli faktör olup rutubeti düşük olan odunların kırıntı ve toz oranı artarken enerji tüketimi artar ve bıçaklar çabuk körelir. Bundan dolayı odun en az %40–50 rutubet oranında olmalıdır. Yongaların kalitesinin belirlenmesi için yonganın ağırlığı, rutubeti ve yonga analizi tayini yeterli olmaktadır (Eroğlu ve Usta, 2000).

1.1.9.3.1. Ağırlık

Yonga ağırlığı lif verimi için önemlidir. Yaş hacimde odunun kuru ağırlığı ile yaş ağırlığı arasındaki ilişki lif elde etmede uygunluk derecesini belirler. Yapılan yongaların düşme ağırlıkları belirlenerek ağaç türü ve rutubete göre üretim prosesine yön verilmesi daha iyi olacaktır.

1.1.9.3.2. Rutubet Miktarı

Piştirme çözeltisinde yonganın rutubeti önemlidir. Çözelti miktarını belirlemede kuru yonga ağırlığının bilinmesi önemlidir. Rutubet hidrodensometre aletiyle ölçülür. Ayrıca yonga rutubeti pratikte genelde etüvde belirlenir. Odunun yongalanması esnasında da bir miktar rutubet kaybı söz konusudur. Rutubetin az olması (LDN altında) defibratör yönteminde yonganın piştirme esnasında buhar yoluyla ısı iletiminde, yonganın yumuşaması zorlaşır (Eroğlu ve Usta, 2000).

1.1.9.3.3. Yonga Analizi (Yonga boyutları)

Yonga boyutlarının dağılımı eleme yöntemiyle bulunur. Böylece yongalayıcı, yonga kırıcı ve yonga eleyicinin düzgün çalışıp çalışmadığı kontrol edilir. Eleklerde eleme yöntemiyle büyük yonga, orta yonga, küçük yonga, kıymık ve çürükler tasnif edilir. Bu oranlardaki yongalar tartılır ve yüzdesi bulunarak oranları tespit edilir (Ayrılmış, 2000).

1.1.9.3.4. Yabancı Madde

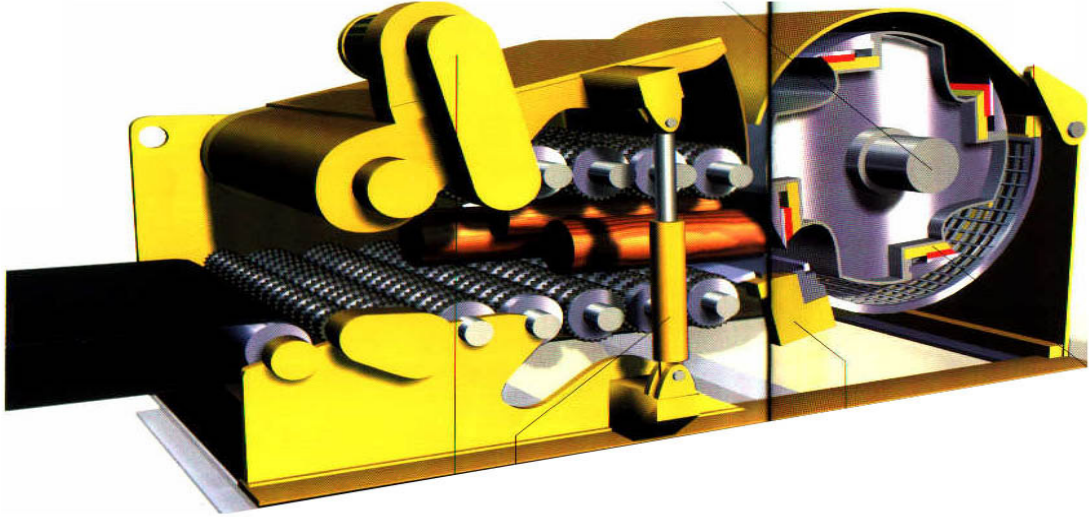
Bunlar kabuk, budak, çürük odun, reçine parçaları, böcek yenikleri, mantarlaşan kısımlar ve öz ışını hücreleridir.

1.1.9.3.5. Yongalayıcıların Genel Olarak Dört Çeşit

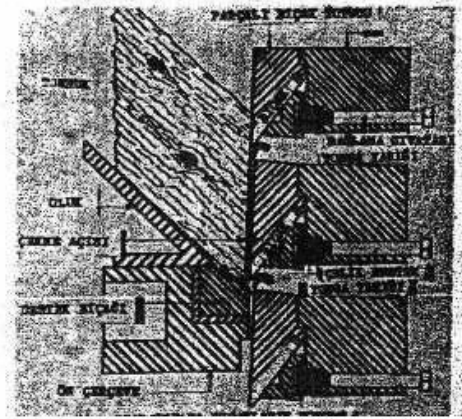
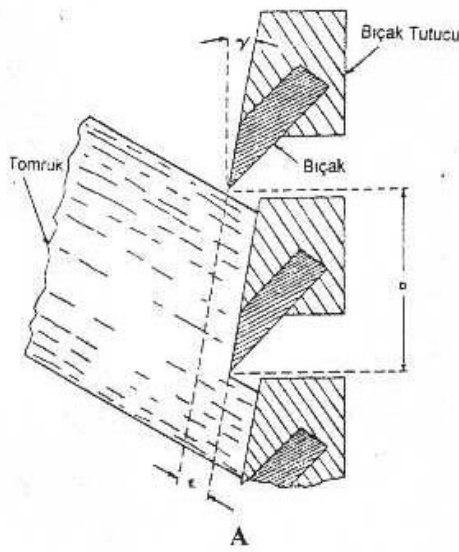
- a.** Çok bıçaklı diskli yongalayıcı
- b.** Çevresel yongalayıcı
- c.** Konik diskli yongalayıcı
- d.** Çift konik diskli CCL yongalayıcıdır (Eroğlu, 1988).

Dünyada birçok ülkede orman içi dal odunları mobil yongalama makineleriyle kabuklu halde yonga üretilir. Normal halde taşınması pahalı olduğundan ormanda elde edilen yonga nakliye araçlarıyla fabrikaya taşınır. Sakıncası ise kabuğun bulunması ve kabuk içinde ufak taş ve kum parçalarını beraberinde getirmektedir. Kabuğu soyulmuş odunlar bantlı transportörlerle, yâda vibratörlü oluklarla yongalama makinesine gönderilir. Makine girişinde metal arama detektörü olup ikaz anında sistem aniden durur ve metal ortamdan uzaklaştırılır.

Fabrikalarda en yaygın olarak kullanılanlar tamburlu (Şekil-22) ve diskli (Şekil-23) yongalayıcılardır. Tamburlu yongalayıcı da 2- 4 bıçak bulunur. Bıçakların odun yoğunluğuna, rutubete, budak v.b göre bileme süreleri değişir. Bıçaklar İYA 16 saat ve YA 8 saat de bir değiştirilir (Mr. Back, 1999)



Şekil-22: Tambur Tipi Yongalayıcı (Klöckner wood technology).



Şekil-23: Diskli Yongalayıcılar.

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 yâda pnömatik yolla İYA (yumuşak) ve YA (sert) silolarına ayrı ayrı taşınır.

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 seviyesi değişmez olmalıdır. MDF endüstrisinde yonga boyutunun genişliği 19–20 mm, kalınlığı 3–5 mm, uzunluğu 16–25 mm aralıklarında olmalıdır. Ortalama yonga boyutu 20x25x5 mm' dır. Bu boyutlarda yongalar sağlam ve kaliteli lif verir. Odunun yoğunluğu artması yonganın boyutunu küçültür, toz ve kırıntı artar bu da kısa lif oluşumunu artırır. Yonga boyutu aşağıdaki formüle göre bulunmaktadır.

Besleme Bandı Hızı (mm/dak.)

$$\text{Yonga Boyu (mm)} = \frac{\text{Besleme Bandı Hızı (mm/dak.)}}{\text{Rotor Devri (dev/dak.)} \cdot \text{Bıçak sayısı}}$$

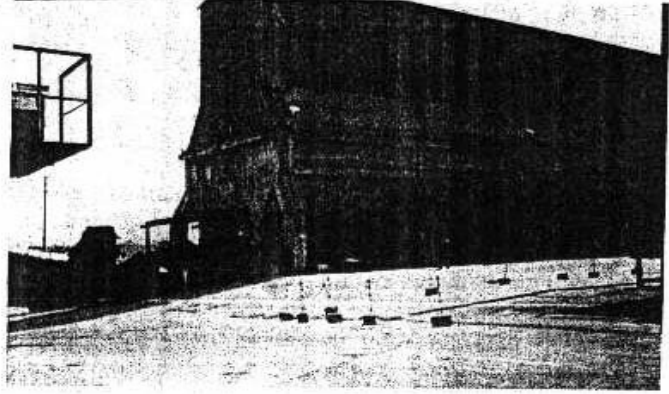
Rotor Devri (dev/dak.)Bıçak sayısı

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, 1988).

1.1.9.4. Yongaların Depolanması

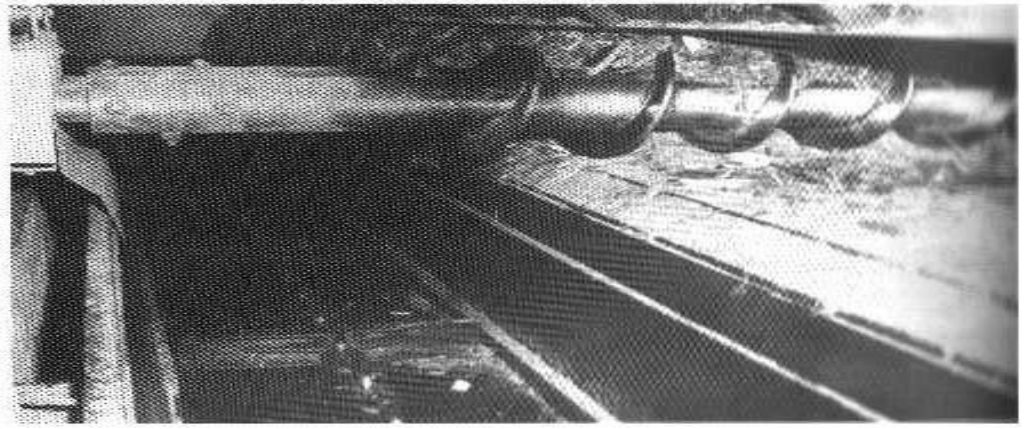
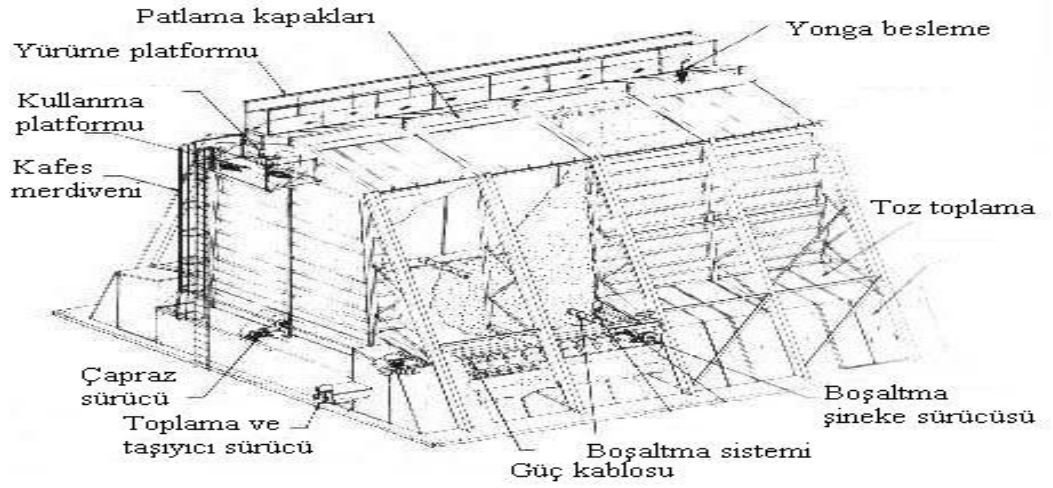
MDF endüstrisi için, odunun yongalama makinesinde yonga yapıldıktan sonra ağaç türleri bakımından istenen oranlarla dozajlamanın olması için İYA ile YA ayrı ayrı Şekil-24'deki çelik veya betondan yapılan silolara transportörlerle taşınır.

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.



Şekil-24: A: Metal Yonga Silosu B: Beton Yonga Silosu (Yongapan Üretim Notları).

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. Şekil-25' de beton ve metal konstrüksiyon karışımı ve günümüzde hala çok kullanılan bir yonga silosunun şekli ve boşaltma sistemi görülmektedir. Bu tür silolarının bir günlük üretim ihtiyacı olan yongayı depolama kapasitesinde olması tercih edilmektedir (Maloney, 1993).



Şekil-25: Yonga Silosu ve Boşaltma Sistemi (Maloney, 1993)

Yonga silolarının altında; silo eni boyunca hareket edebilen devir sayıları değiştirilebilen pnömatik yâda hidrolik olarak çalışan iki yâda daha fazla boşaltma helezonu vardır. Vidalı transportun yardımıyla belli karışımındaki yongalar bantlı transportörlerle eleğe gönderilir. Silolarda yongalar 10–15 günden fazla beklememelidir. Bu süreyi geçen yongaların rengi kararmakta ve mikroorganizma ve bakteriyel faaliyetler sonucu organik madde olan yongada verim azalmaktadır. Odun yongalarının mikroorganizmalarla (mantar+bakteri) kimyasal reaksiyonu sonucu yonganın iç sıcaklığı yükselerek yangın çıkabilecek ısıya kadar ulaşabilir. Silolarda biyolojik ve kimyasal oksidasyon sonucu sıcaklık yükselmesiyle çürüme ve yongadan elde edilecek lifin verimi değişmektedir. Ortam sıcaklığının 20 ± 2 ° C olduğu bir ortamda kavak yonga silosu iç sıcaklığı 25 günde maksimuma ulaşarak

yaklaşık 55 °C olmaktadır. Yonga içindeki kimyasal faaliyetler sonucu ayda %15'lik kayıp olmaktadır. Bunun içindir ki silolarda fazla yonga stokta tutulmalıdır. Sadece silolarda 1 günlük yonga ihtiyacı kadar yonga bulunmalıdır. Bazı lif levha fabrikalarında yongalar açık havada zemini temiz ve beton üzerinde depolanır. Bu tür depolama ağaç türlerine göre belirli yerlerde ekonomik ve teknik yönden daha pratiktir. Bu tür uygulamada odun tedarikini yonga olarak yapan fabrikalar için idealdir. Böylece dar alanda daha çok hammadde depolanabilir. Yonga silosu temiz, drenaj iyi olmalı ve mikroorganizma bulaştıracak her türlü materyalden uzak olmalıdır (Ayrılmış, 2000).

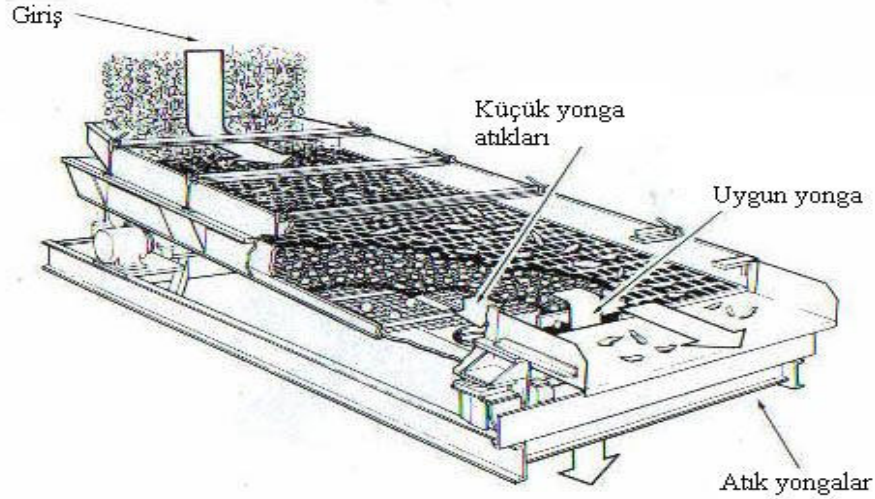
Eğer yongalar iyi hazırlanıp ve iyi havalandırma yapılırsa reçineli maddeler kristalleşen yapı kazanır. Yapışkanlığı ortadan kalkar ve zift olmaz depolama süresi odun türüne ve pişirme yöntemine göre değişir. Büyük yonga yığınlarında nem oranının düşmesi ve rüzgârın etkisiyle yangın tehlikesi vardır. Yonga yığınları tomrukların aksine aniden ısınır. Yığının iç kısmındaki ısınma buhar hareketini etkiler. Yığın iç sıcaklığı iki hafta gibi kısa sürede 65°C' e kadar çıkmakta, 5 ay sonra 40°C' e düşmektedir. Yonga yığınlarının merkezinde yanma yavaş olup anlaşılması zordur. Böyle durumlarda yonga yığınları içindeki sıcaklık sürekli ölçülmelidir. (Maloney, 1993).

1.1.9.5. Yongaların Elenmesi

Yongalayıcıdan çıkan yongaların içinde %1,5–3 oranında odun kırıntıları vardır. İnce materyaller odun tozu, ince kabuk ve boyu 3 mm' nin altındaki yongalardan oluşur. Eleme normal boyuttaki yongaları aşırı boyuttaki yongalardan ve ince materyalden ayırmak için yapılır (Eroğlu ve Usta, 2000).

Şekil–26 'da sarsıntılı yonga eleğinin sistematik görünüşü yer almaktadır. Eleğe yonga beslenmesi öncesi ve sonrasında tambur tipi metal tutucular yada

bunlarla kombine olarak magnetik mıknatıslar kullanılarak bu tür malzemeler temizlenir.



Şekil-26: Sarsıntılı Yonga Eleğinin Sistematik Görünüşü (Maloney, 1993).

1.1.9.5.1. Lif Levha Endüstrisinde Yonga Elekleri

- a. Döner silindirik elekler
- b. Sallantılı elekler
- c. Çalkantılı elekler
- d. Sarsıntılı-çalkantılı elekler

Lif levha endüstrisinde en çok kullanılan elek tipi üç katlı sarsıntılı eleklerdir. Silolardan yongalar İYA ile YA karışımı ve yüzdelik devirlerine göre ayarlanır. Bu ayarlar neticesinde yongalar bantlı transportörlerle eleklerle gönderilir. Büyük boyutlu yongalar tekrar yongalanmak üzere yonga kırıcı rechipper'lara gönderilir. Rechipper yongalayıcıda boyutu küçülen yongalar tekrar eleklerde elenirler. Eleğin orta katındaki elekte toplanan yongalar; 20x25x5 mm arasındaki üretime uygun boyuttaki yongalardır. En üstteki büyük yongalar tekrar yongalanmaya, en alttaki küçük yongalar vb. ise kazan'da enerji için yakmaya yâda yonga levha fabrikasında

kullanılmak üzere sevk edilirler. Büyük eleme yüzeyinde yongalar daha iyi elenmektedir. Bazı eleklerde yonga içinde bulunan tozları ve kabuk kırıntıları emmek suretiyle vakum uygulanır. Böylece kum ve taşlar eleğin altına dökülür (Eroğlu ve Usta, 2000).

1.1.9.5.2. Yeniden Yongalayıcı (Rechipper)

Yonga eleklerinden ayrılan büyük boyutlu yongaların boyutlarını küçülterek pişirmeye uygun hale getirmek için yeniden yongalayıcılara veya Yonga kırıcılara (rechipper) gönderilir. Bu işlemle küçük boyutlu yonga ve ince materyal oranını artırır. Diskli yongalayıcılardan besleme yer çekimi şeklinde olur. Disk üzerinde 8 bıçak vardır. Bıçaklar sökülebilen vidalarla tutulur. Hızı 870 dev/dk gücü 40 BG 48 inch'lik yongalayıcının saatte 20 – 30 m³'dür.

Yonga kırıcı ise çarpma etkisiyle çalışır üzerinde 6 adet dörtgen şeklinde çekiç vardır. Kenarları kesicidir. Çekiçler disk üzerine monte edilmiştir. Çekiçlerin alt kısmında araları yakın olarak düşeyle 15⁰'lik açı yapan çubuklar dizilmiştir. Çubukların şekli yamuk olup meyli 30⁰'dir. Böylece oluşan V şeklindeki boşluklar yongaların kolay boşalmalarını sağlar (Maloney, 1993).

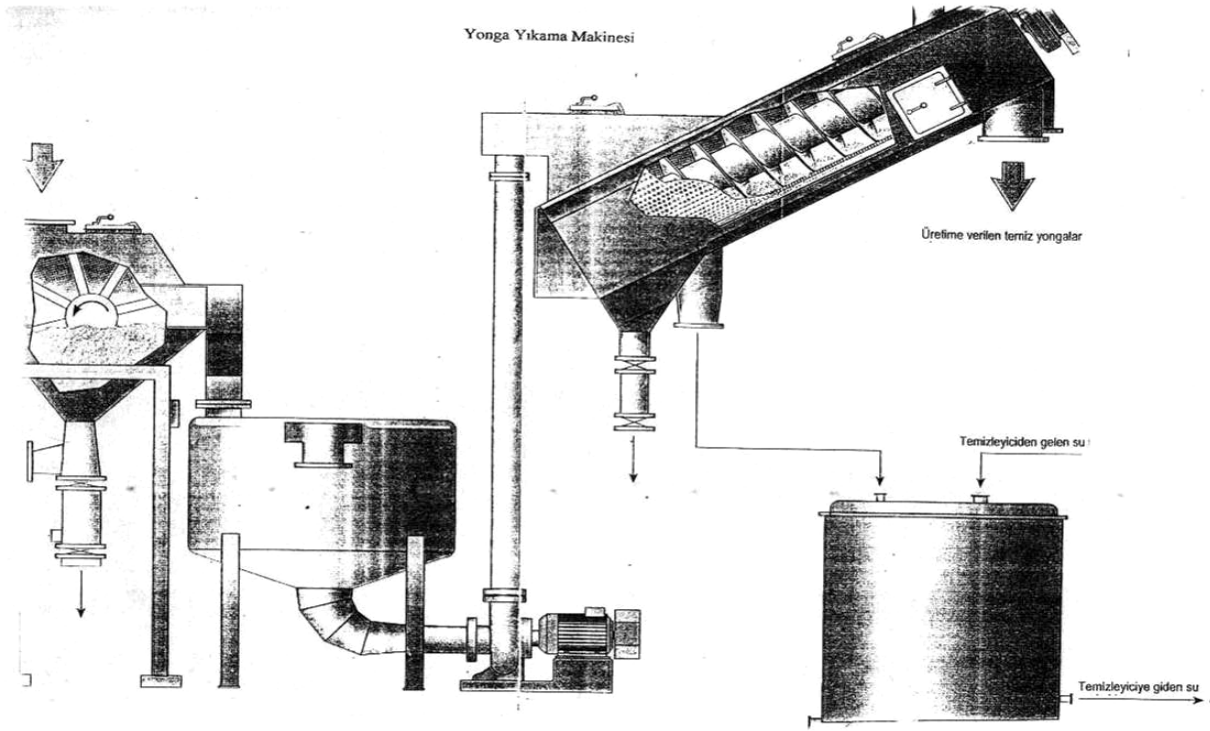
1.1.9.6. Yongaların Yıkınması

Eleklerden elenen yongalar aralarında bulunabilecek kum, ufak taş parçaları gibi istenmeyen inorganik maddelerden temizlenmek üzere transportör vasıtasıyla yonga yıkama makinesine gönderilir (Eroğlu ve Usta, 2000).

Şekil-27 'de görülen bu yonga yıkama makinesi sayesinde levha içinde kum oranı azalmakta, rafiner diskler üzerinde segmentler zarar görmemekte ve levhanın boyutlandırılması esnasında da testerelerin kısa zamanda körelmesine engel olunmaktadır. Avrupa MDF üretiminde en fazla %0,05 oranında kum kabul edilebilir sınırlar içindedir. Yonga yıkama makinesi buzun çökmesini sağlar ve yongaların

yıkanmasından sonra yonganın rutubetinin optimum olması sağlanırken daha kaliteli liflendirme yapılması sağlamaktadır. MDF üretiminde yonga yıkama makinesinde yongalar iki aşamada yıkanır. Birinci aşamada atık ayırıcıda yongalar, aralarında bulunan ufak parçalar kırıntılar v.b' den temizlenir. Atık ayırıcı içinde bir mil etrafında dönen pedallar vasıtasıyla yongalar su içerisinde sürekli karıştırılır. Sudan daha ağır olan parçalar yıkama makinesinin dibinde toplanmakta ve boşaltma valfinden atılmaktadır. Yongalar daha sonra üzeri açık yonga silosunda su içerisinde toplanır. İkinci aşamada yonga ve su karışımı bir pompa vasıtasıyla silodan vidalı transportör ile taşınır. Pompa vasıtasıyla meydana gelen şiddetli türbülans ile yongalardan yabancı maddeler uzaklaştırılır. Vidalı transportör belli bir açıyla yükseltmekte ve alt kısmında yıkama bölgesi olup içerisinde su bulunmaktadır. Yongalar vidanın hareketi ile ilerlerken hem temizlenmekte hem de sudan arındırılmaktadır. Yıkanan yongalar metal süzgeç ile kaplı vidalı transportörden geçerek hem suları süzülmemekte hem de pişirme kazanı yonga silosuna boşalmaktadır. Transportör belli bir açıyla yükseldiğinden süzülen su transportörün alt tarafından atık su deposuna boşaltılmaktadır. Yıkanan yongaların rutubeti %100'e varmaktadır.

Örneğin %40 rutubetteki yonga için gerekli yıkama suyu 22 ton/saat'tir. %60 rutubet için 12 ton/saat, %80 rutubet için 4 ton/saat, %100 ve daha fazla rutubet için 2 ton/saat su gereklidir (Maloney, 1993).



Şekil-27: Yonga Yıkama Ünitesi (MDF İndustry magazin valmet, 1997).

1.1.9.7. Liflendirme Ünitesi

Lif levha üretimi kâğıt ve karton üretiminin bir sonucu olarak gelişmiş olup teknik yönden kâğıt sanayi ile büyük benzerlikleri vardır. Lif levha 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 ya hiç olmamakta veya çok sınırlı kalmaktadır.

1.1.9.7.1. Lif Levha Endüstrisinde Kullanılan Lif Hamuru Üretim 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

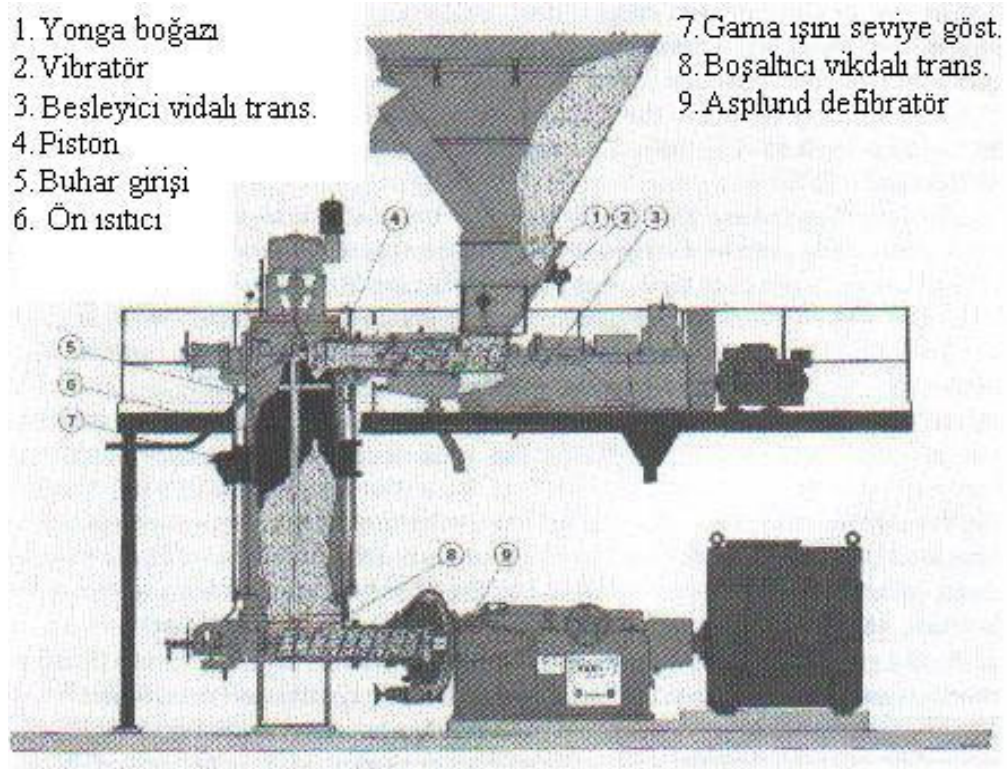
Genelde liflendirme iki kademedede gerçekleşir. Öncelikle, hammaddenin yumuşatılması amacıyla su içinde bekletilmesi, yalnız sıcak su buharı ile pişirilmesi veya buharlaması, kimyasal maddeler ile muamele edilmesi işlemine yer verilir. Buradaki kimyasal işlem çok daha ılımlı olduğu gibi kullanılan kimyasal maddede az olmaktadır. Yongaların yumuşatılması sonunda yongalar yukarıda belirtilen yöntemlerin birisi ile lif ve lif demetlerine ayrılmasıdır. MDF endüstrisinde yonga ve yonga parçalarını lif ve lif demetlerine ayırtmak için defibratör yöntemi kullanılmaktadır (Eroğlu ve Usta, 2000).

1.1.9.7.2. Defibratör Yöntemi

Defibratör; 1926 yılında A.B.D de mason yöntemiyle lif hamuru üretimine başlanmasından bir müddet sonra İsveçli mühendis Arne Asplund tavan döşemelerinde kullanılan paçavra hammadde yerine yeni bir hammadde ararken 1931 yılında Asplund defibratör yöntemini geliştirmiştir. Bu buluş odunsu hücrelerin orta lamelini bağlayan lignin ve polisakkaritlerin 165–200⁰C sıcaklıkta eriyerek liflerin mekanik ovma ile zarar görmeden ayrılması ilkesine dayanmaktadır. Hala en yaygın olarak kullanılan lif üretim yöntemidir. Yöntemin ana ilkesi termomekanik liflendirmedir. Hammaddenin buharlamasından sonra defibratör denen diskli rafinörde mekanik liflendirme yapılmaktadır. Yonga ve yonga parçalarının %30-40'nı oluşturan lignin ve polisakkaritlerin 170-200⁰C'de 6–9,5 bar basınç altında

belli bir süre yumuşatılarak defibratör denilen diskli rafinörde mekanik liflendirme yapılmaktadır (Eroğlu, 1988).

Defibratör yönteminin diğer yöntemlere göre bazı üstün yanlarının olması nedeniyle MDF endüstrisinde kullanılmaktadır. Bu yöntemle her türlü odunsu bitkiler, İğne yapraklı ağaç ve yapraklı ağaç odunları, odunsu endüstri atıkları, şeker kamışı, saman, keten, kenevir, pamuk sapı, bambu gibi lignoselülozik maddeler kullanılabilir. Bu yöntemle elde edilen lif ve lif demetleri yalıtım levhaları, sert lif levha, MDF türünde lif gerektiren lifsi levhalarda kullanılmaktadır. Defibratör yöntemin en fazla tercih edilmesinin sebebi ise; Lif üretimi süreklidir, kesintisiz çalışır ve süre kısadır. İşlem tam otomatik olduğu için 1 kişi iki makineye nezaret edebilir. Lif verimi %90–95 oranında olup yüksektir. Daha kaliteli lif ve lif hamuru elde edilirken lifin serbestlik derecesi yüksektir. Kolay süzülür. Pratik olarak her türlü hammadde rahatlıkla kullanılabilir.

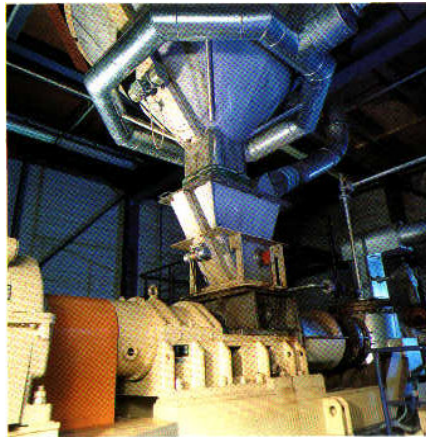


Şekil-28: Asplund Defibratör Sistemi (Maloney, 1993).

Bunun yanı sıra yonga silosu'na ön ısıtma için buhar verilmesi çok önem arz etmektedir. Silonun koni kısmına yanlardan 1–3 bar'lık, 50°C'a kadar buhar verilerek yongaların ısıtılması lif kalitesi ve verimi açısından vazgeçilmez bir kural olmuştur (Maloney, 1993).

1.1.9.7.3. Yonga Silosu

Yongalar elendikten sonra, 25x25x5 mm boyutlarındaki standart yonga, yonga yıkama sisteminden geçerek defibratörün üstündeki bir siloda toplanırlar. Bu silo genellikle paslanmaz malzemeden yapılır ve koni şeklinde alt kısmı vardır. Şekil-29'da görüldüğü üzere ön ısıtma uygulanır. Bu silonun kapasitesi 5-40m³ arasında değişir. Rutubeti %100 (en az %40 – 60 olmalı) olan yıkanmış yada yıkanmadan gelen yongalara ön buhar (ön ısıtma) işlemi uygulanır. Bu silonun görevi sürekli dozajlama yapmaktır. Silonun üstünde silonun doluluk oranını gösteren ve yonga akışını ayarlayan seviye ölçer (ultrasonik, radyoaktif yâda mekanik-mahayak) vardır. Silonun altında alt limit yonga seviyesini gösteren seviye ölçer switch bulunur.

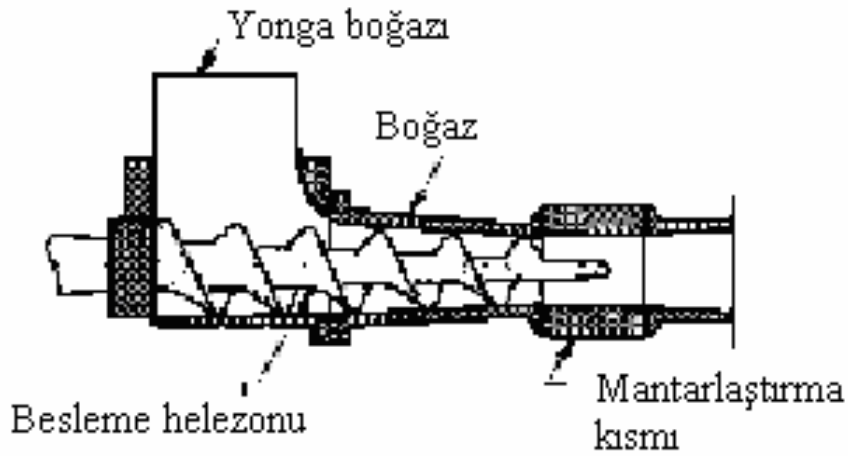


Şekil-29: Yonga Silosu, Ön Isıtma (Suna Defibratör magazin, 1997).

Yongaların buharlama kazanına düzenli bir şekilde verilmesi Şekil-30'da görülen taşıyıcı helezon yardımıyla yapılmaktadır. Bunların yapısı çok farklıdır. İlk kullanılan malzeme konstrüksiyonlu piston ve kepçeli çark kullanılmaktaydı. Son

zamanlarda yapılan defibratörlerde sonsuz vida kullanılmaktadır. Yongaların pişirme kazanına nakledilirken miktarını ayarlamak için sonsuz vidanın devir sayısı değiştirilerek yapılır. Her devir için yonga miktarı 0.65–1,0 kg. arasında değişmektedir.

Sonsuz vida; paslanmaz çelikten yapılmakta, üzeri aşınmaya ve paslanmaya karşı koruyucu bir malzeme ile kaynakla doldurularak kaplanmaktadır. Daha sonra oluşmuş olan gerilimleri almak için normalize tavlamasına tabi tutulmaktadır.



Şekil-30. Pişirme Kazanına Yonga Besleme Ünitesi (Maloney, 1993).

Besleme helezonu ve kovanın konikliği o şekilde ayarlanmıştır ki yongalar buharlama kazanına ilerledikçe 2 birim hacimdeki yonga bir birime düşürülerek basınçla sıkıştırma sağlanır. Saman'da bu ora 3/1 kadardır. Yongalara verilen ön buharla ısıtma sonucu yongalar şişerek mantarlaştır. Vidalı transportörün arasından pişirme kazanına giderken yapılan sıkıştırma buharın kazandan çıkışını önleyecek şekilde olmalıdır. Helezon ve kovan açıklığı, kovanın boyuna yonga akışını sağlayacak şekilde kanal şeklinde profiller içermesi son derece önemli olup bu bölgelerdeki aşınmalar şineke ömrünü belirlemektedir. Sıkıştırma sonucu mantar haline gelen yongaların fazla suyu sonsuz vida bölümü alt kısmında bulunan

deliklerden dışarı atılır. Böylece yongalardan süzülen soğuk suyun pişirme kazanına girmesi ve ısı kaybına neden olması önlenmektedir (Eroğlu ve Usta, 2000).

Ayrıca helezon bitiminde bulunan, kovanın uç kısmında kısmen mantarlaşmamış yongaların karşısında bir adet 1–2 bar basınçlı pistonla (blow back valf) karşı sıkıştırma yapılarak yonganın mantarlaştırılması sağlanıp pişirme kazanına sevk edilir. Bunun amacı hem kazandan buhar kaçmasını önlemek hem de sıkıştırılan yongaların aniden gevşeyerek buhar ve basınç altında daha fazla şişmesini sağlamaktır. Pişirme kazanına yongaların dökülmesi sırasında boşaltma yönünde buhar enjekte edilerek daha rahat ve dağılarak dökülüş sağlanmaya çalışılmaktadır (Maloney, 1993).

1.1.9.7.4. Pişirme Kazanı

Pişirme kazanı; yongaları sıcaklık ve buhar basıncı altında yumuşattığı, lignin ve polisakaritlerin orta lamelden ayrılması için sürekli ortamın sağlandığı çelikten yapılmış kısımdır

Dağılarak buharlama kazanına düşen yongalar burada 6–9,5 atm basınç, 160–185°C’ de doymuş kuru buharla karşılaşır. Bu şartlar altında yongalar şişer ve yumuşar. Hammaddeye bağlı olarak seçilen buhar basıncı, buhar sıcaklığı ve buharlama süresi defibratörün verimini ve lif kalitesini belirler (Özen, İstanbul Orman Fakültesi Dergisi).

Kazanda yongaların bekleme süresi ağaç türüne, PH ve lif rengine göre 3–5 dakika arasında ayarlanır.

Örneğin;

Kazan hacmi(m³) : 0.75 1.00 1.25 1.50 1.75

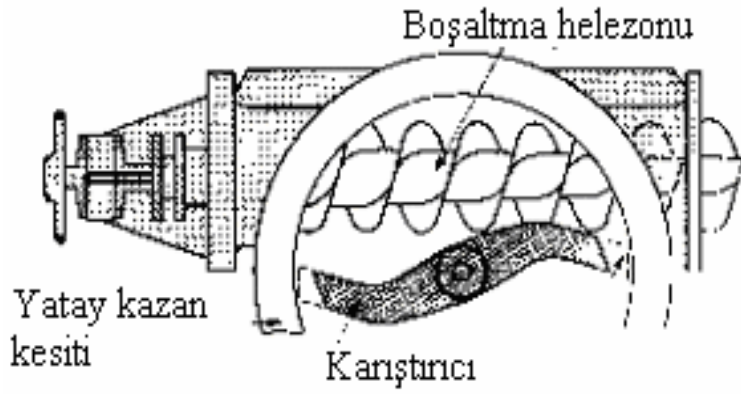
Kazan yüksekliği(mm) : 1800 2300 2800 3300 3800

Yonga rutubetinin %40–60 olması yâda %100 olması durumunda daha iyi bir ısı penatrasyonu sağlanmakta ve yonga plastikleşmektedir. Bu rutubetteki yongaların sıcaklık ve basınç etkisi altında kalması sonucu hücre çeperindeki lignin yumuşamakta, bunun sonucu olarak yongalar diskler arasında ilerlerken ufalanmadan ve rengi fazla koyulaşmadan mekanik olarak liflendirilmektedir.

Yongaların rutubeti LDN altında ise buhar basıncı ve sıcaklık altında hücre çeperi yumuşamamakta ve hücre çeperi ayrışımı tam olamadığından yongalar diskler arasında kırılıp ufalanır ve kaliteli lif elde edilmeyip kalın lif üretimi ile birlikte enerji tüketimini de artmaktadır.

Piştirme kazanında yonga seviyesini gösteren ve sabit tutmaya yarayan radyoaktif olarak çalışan detektörler vardır. Kazanın üzerinde bulunan seviye kontrol radyoaktif izotopu ve bunu algılayan detektör bulunur. Bu sayede kazanın yonga doluluk oranı tespit edilir.

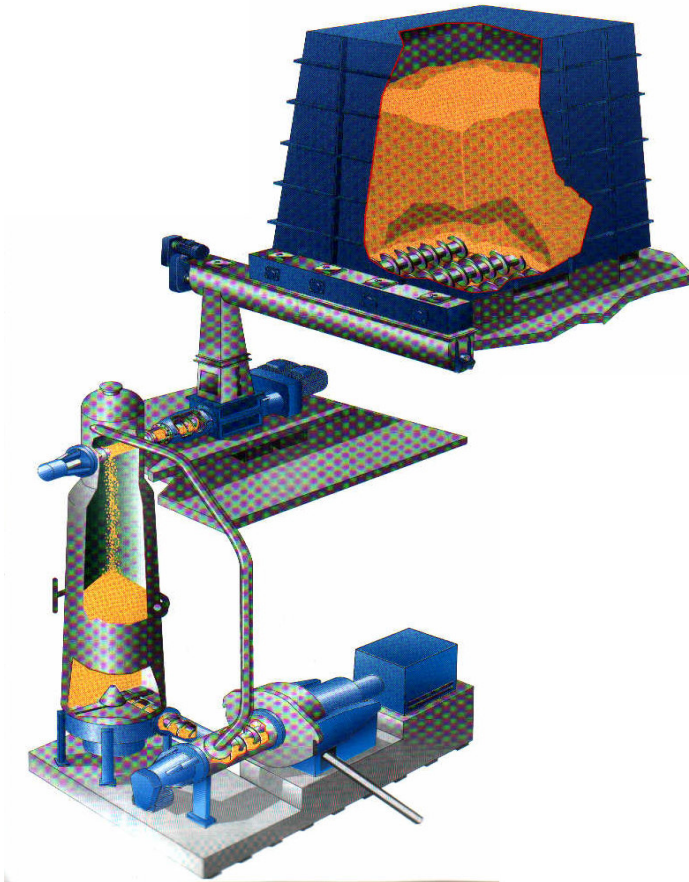
Karıştırıcı; kazanın altında olup yongaların kazan içinde homojen bir şekilde buhar basıncı ve sıcaklıkla muamele görmesini sağlamaktadır. Şekil-31'de. Piştirme kazanına ilk giren yonganın ilk çıkacak şekilde tasarlanmıştır. Piştirme kazanına buharın, %70–80 alttan ve %20–30 üstten verilerek bütün yongaların homojen pişirilmesi sağlanır. Piştirme kazanı içersindeki havayı ve kimyasal reaksiyon sonucu oluşan gazları dışarı atmak için kazanın üstündeki vanayı zaman zaman açmak gerekir (Maloney, 1993).



Şekil-31: Karıştırıcı ve Boşaltma Helezonu (Maloney, 1993).

1.1.9.7.5. Boşaltma Helezonu (Alt Şineke)

Buharlanan yongalar karıştırıcı vasıtası ile düzenli bir şekilde defibratörün diskleri arasına gönderilmesini sağlar. Devir sayıları ayarlanabilen vidalı taşıyıcı sistemdir. Önceleri yongalar sadece discharge screw ile boşaltılırken yeni teknolojilerde devir ayarlı boşaltma helezonu ile segmentler arasına sevk etmektedir.

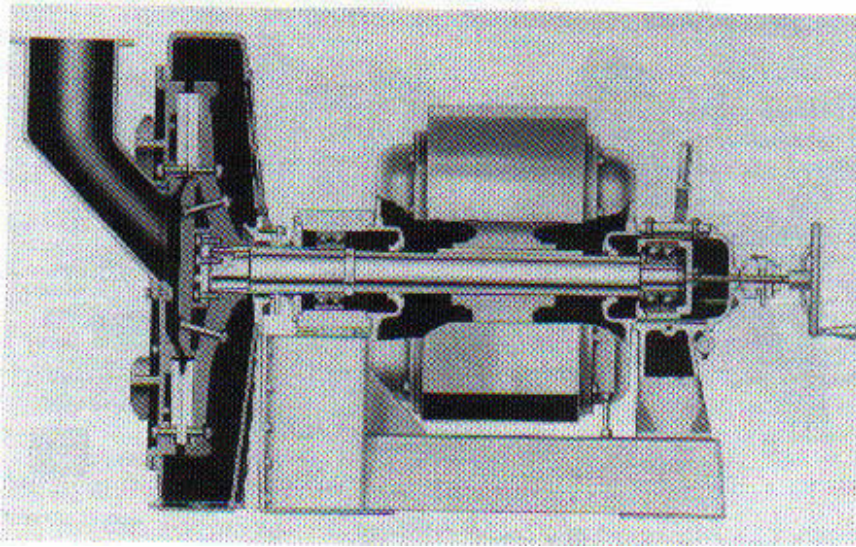


Şekil-32: Andritz Sprout Bauer Defibratörü (Pallmann Rafinör Sistem, 1999).

Bu tür sistemlerde feed screw'den de buhar verilerek, öğütme haznesi pişirme kazanı arasında denge sağlanmakta ve hem mekanik hem de buharın süpürme etkisiyle yonga beslemesi gerçekleşmektedir.

1.1.9.7.6. Diskli Rafinör (Defibratör)

Yumuşamış olan yongalar alt şinekeyle rafinörün diskleri arasına gönderilir. Yongalar diskler arasında mekanik olarak liflendirilmektedir. Şekil-33'de defibratörün kesiti yer almaktadır.



Şekil-33. Defibratörün Kesit Görünüşü (Maloney, 1993).

1.1.9.7.6.1. Rafinör Bıçakları Arasındaki Mekanik Etkiler

- a. Yongaların uzunluğuna yarılarak bölünmesi.
- b. Lif demetlerinin ligninin yumuşaması sonucu daha küçük lif demetleri ve liflere ayrılması.
- c. Lif yüzeylerinin aktifleşmesi.

Defibratörler özellikle; MDF endüstrisinde kullanılanları biri sabit (yonga besleme tarafı), diğeri ise 1500dev/dak. dönen ve ileri geri hareket ederek liflendirme basıncını ayarlayabileceğimiz düzeneklerden oluşmaktadır.

Transport sonsuz vidası ile disklerin ortasına iletilen yongalar burada merkezkaç kuvvetinin etkisi ile ve arkadan gelen yongaların baskısıyla disklerin çevresine doğru spiral bir yol izlerler. İlk kademede yongalar uzunluğuna yarılarak kaba lif ve lif demetlerine ayrılırlar. Dışa doğru açı küçüldüğünden dolayı birbirine daha da yaklaşan bıçaklar kaba lif ve lif demetlerini yüzey olarak daha aktif hale getirerek bir yerde saçaklandırma görevi yaparlar. Yonganın rutubeti az ise lifler kırılıp kısalmakta, enerji tüketimi artmaktadır. Rutubet fazla ise lifler uzun olmakta ve enerji tüketimi azalmaktadır. Çam ve ladinden uzun ve keçeleşmiş lif elde edilir. Kayın kısa ve keçeleşmeyen lif verirken ancak levha yüzeyi daha düzgündür.

Liflendirme sırasında, öğütme ve buhar basıncından dolayı diskleri birbirinden uzaklaştırmaya çalışan bir basınç meydana gelir. Bu basınca liflendirme basıncı denir. Bu basınç rafinör kapasitesi, yonga rutubeti, öğütme derecesi, buhar basıncı ve hammadde türüne bağlı olarak 2-5kp/cm² arasında değişir. Disk bıçaklarının aşınmasıyla verim ve lif kalitesinde düşme görülür. Bu azalma %30'u bulunca disklerin veya bıçakların değiştirilmesi gerekir. Uygulamada 1000–3000 saat/takım bıçak ömrü vardır. Defibratörler de tek yönlü ve çift yönlü olmak üzere iki ayrı bıçak kullanılabilir. Günümüzde avantajlı olan tek yönlü bıçaklar lif levha endüstrisinde büyük oranda kullanılmaktadır (Eroğlu ve Usta, 2000)

1.1.9.7.7. Tek Yönlü Bıçakların Avantajları

- a. %15–20 oranında daha az enerji tüketir
- b. Liflendirme kapasitesi fazladır,
- c. Diskler arasında basınç daha az olduğundan segmentler fazla zarar görmez.

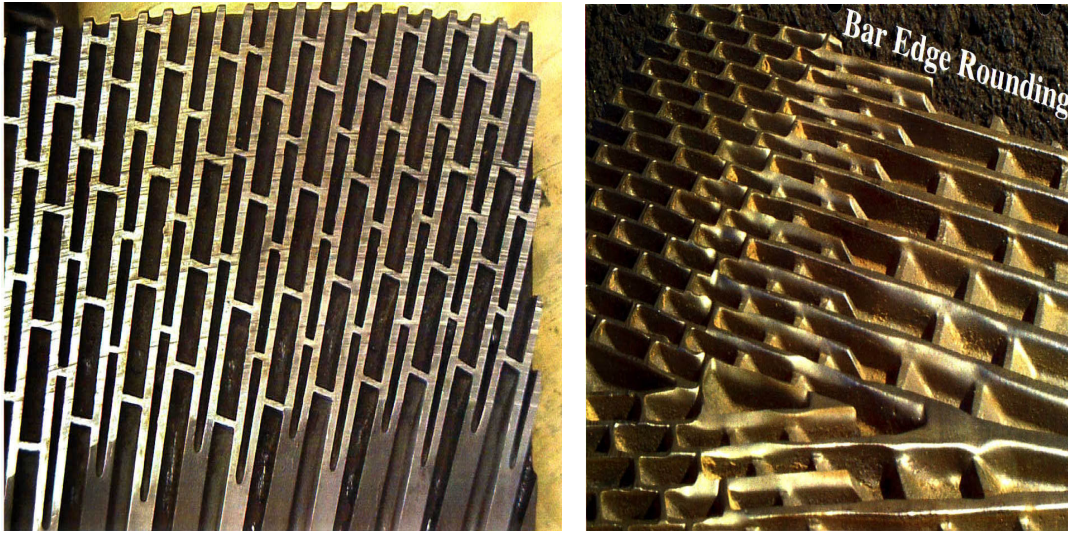
Tek yönlü bıçaklarda biri sabit (stator) diğeri döner (rotor) olarak takılan 12'şer adet bıçak devamlı aynı yönde (saat yönü tersi) çalıştırılır. Çift yönlü bıçakların ise yapısı Şekil-34'de olduğu gibi olup yönü üç günde bir ters

döndürülerek bir yarısının öğütme yaparken diğer yarısının bilenmesi sağlanır. Elde edilecek lifin kalınlığına diskler arası mesafe 0,05–0,4 mm arasında değişmektedir.

1.1.9.7.7.1. Segmentlerin Yapısı ve Özellikleri

Dünyada defibratör üreten üç tane firma vardır.

- a. Pallman
- b. Valmet Corporation (Sunds)-Metso
- c. Andritz–Sprout Bauer’dir.



Şekil-34: Solda Tek Yönlü ve Aşınmamış Bıçak, Sağda İse Çift Yönlü ve Aşınmış Bir Bıçak Yer Almaktadır (Metso panel board, 2001).

Segmentlerin çalışma süreleri yapılarına ve şekillerine bağlı olarak değişmektedir. Segmentlerin tipleri ve çalışma süreleri 1000–2000 saat arasındadır. Diskli rafinörlerde bıçak çeşidi fazladır. Hammadde özelliklerine göre uygun rafinör bıçakları kullanılır. Bu bıçaklar dökme demirden yapılır. Bıçaklar bütün olduğu gibi parçalar halinde olmaktadır. Bıçaklar vidalar yardımıyla kolayca sökülüp takılır. Disklerin çapı 500–1500mm arasında olup 30 ton/saat sahip modeller bulunmaktadır.

Defibratör liflendirme ünitesinde liflendirme, buhar basıncı altında bir döner disk bir sabit rafinörle yapılır. Basınç altında liflendirme daha kaliteli lifler elde

edilir. elikten yapılmış defibrat3r bıçakları 3000 saat kadar dayanır. Değiştirmesi kolay olup fazla zaman almaz. Vidaların s3k3l3p takılmasıyla değiştirme gerçekleşir.

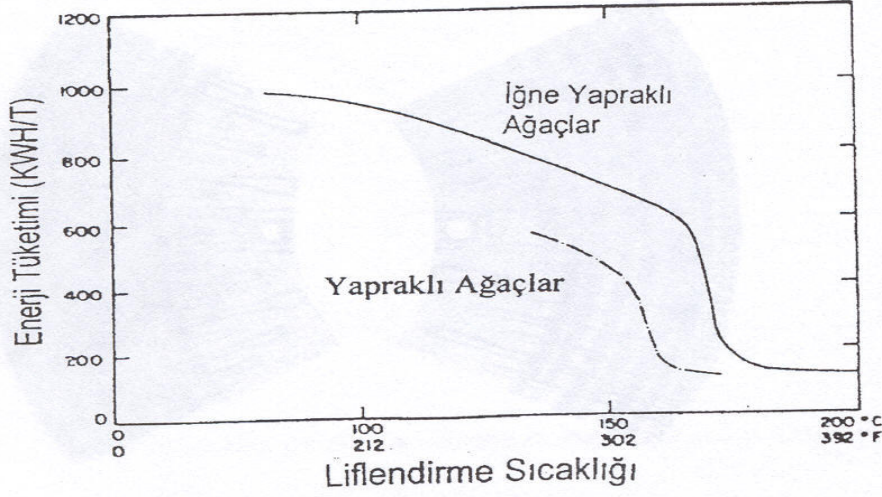
Segmentler arasına yongayı sevk eden bir dağıtıcı (center ring) olup bunun şekli ve malzemesi de çok 3nemlidir ve zamanla aşınacağından değiştirilmesi gerekir aksi takdirde kapasite d3şer. Defibrat3rde %100 rutubetli giren yongalar %65 rutubetli lif halinde çıkar. Lifiendirmeyi kolaylaştırmak ve s3rt3nmeden dolayı fazla ısınmayı 3nlemek için yonga rutubeti en az %100 olmalıdır.

1.1.9.7.8. Lif Kalitesini Etkileyen Fakt3rler

- a. Kazanın buhar basıncı ve pişirme s3resi
- b. Yonga rutubeti
- c. Yonga cinsi ve boyutu
- d. Disklerin karşılıklı konumu
- e. Bıçaklar arasındaki mesafe
- f. Bıçakların alışma s3resi
- g. Defibrat3r3 alt besleme helezonun hızı
- h. Alt ve 3st şineke ile kazan doluluk arasındaki optimum oran seviyesi
- ı. Elyaf ıkış valfi açıklığı

Kaliteli lif elde edilebilmesi için yukarıdaki 3zelliklere dikkat edilmelidir. Lifi kalınlığını tespit için laboratuarda elek analizine benzeyen lif analizi yapılmaktadır. Lif analizi sonuçlarına g3re daha kaliteli ve ince lif elde edilmesi için gerekli d3zenlemeler yapılmaktadır. Disklerin kapalı olması lifin incelmesi ve boyunun kısılmasına neden olurken disklerin arasının açılması lifin kalın ve uzun olmasına neden olmaktadır. Disklerin fazla ısınması sonucu k3m3rleşme 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.



Şekil-35. Liflendirme sıcaklığı ile Enerji Tüketimi arasındaki ilişki (Eroğlu ve Usta, 2000).

1.1.9.7.9. Lif Boşaltma Düzeni

Defibratörden çıkan lifleri kurutma tüpüne kadar taşıyan paslanmaz çelik boru hattına blow line denmektedir. Lif çıkış borusunun üzerinde boşaltma valfi bulunur. Boşaltma valfinin görevi defibratördeki basıncın düşmesine engel olmak, lifin kalitesinin optimum olmasını sağlamak ve pişirme kazanındaki doluluk oranına göre kapasiteyi ayarlamaktadır.

Genelde boşaltma valfi açılıp kapanmayıp defibratör lif çıkış borusunda belli bir açıyla konumlandırılmıştır. Bu açı artırılıp azaltılabilir. Defibratörün hemen çıkışında 80–100 mm çapındaki boşaltma valfine doğru liflerin gönderilmesi için defibratördeki itme basıncı pişirme kazanının basıncından 0,5–1 bar daha fazla olmalıdır. Çıkış valfinin gereğinden fazla kapalı tutulması liflerin defibratörde

bekleme süresini arttırdığından liflerin kesilmesine, kararmasına neden olurken, fazla açılması durumunda ise yongalar tam olarak liflendirilmeden kaba lifler elde edilmesine neden olur. Liflendirmenin kalitesi için defibratörün basıncının düşmemesi için lif çıkış borusundaki açıklık iyi ayarlanmalıdır.

Lif çıkış borusu genelde paslanmazdan yapılır. Çıkış valfinin hemen arkasından start-up klapesi (Diverter valf)'ne kadar olan bölümde kimyasalların ilavesi yapılır. İlk üretime başlangıç lifi veya üretime uygun olmayan vasıfta olan lifler start-up tarafına gönderilerek reject olarak atılırlar. Bu arada diverter valf kurutucuya döndüğünde yada kurutucudan start-up' a döndüğünde çöken lifleri temizlemek için otomatik süpürme buharı verilir (Moloney, 1993).

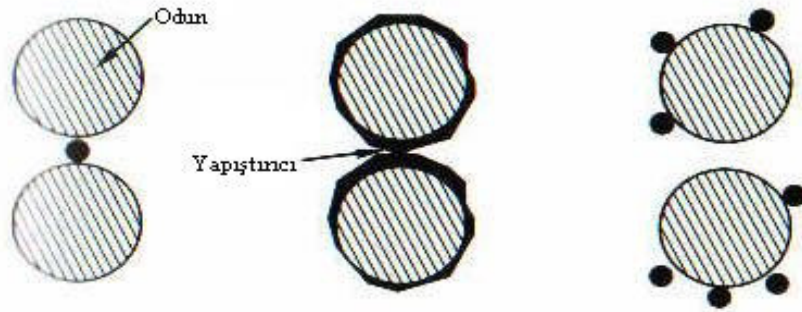
1.1.9.8. Liflere Kimyasal Maddelerin Verilmesi

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 yöntemin yaş yönteme 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 (Eroğlu, 1988).

Üre formaldehit tutkalı MDF fabrikalarına sıvı halde, %55 –65 katı madde konsantrasyonda gelebilir. PH değeri 7,5–8,5 arasında olup 20⁰C de depolama süresi 4–5 haftadır. MDF özelliklerine göre UF den başka FF veya MF tutkalları ayrı ayrı

kullanılmaktadır. FF ve MF dış hava şartlarında (nemli) kullanılacak levhalarda kullanılır. MF tutkalında yapışma çok iyi ve rutubete dayanıklı olmasına karşın pahalı olduğundan tercih edilmemektedir. İzosiyanat tutkalı metal kısımlara yapışması sebebi ile gliserin gerektirmesinden dolayı tercih edilmemektedir. Kuru yöntemde lif levha üretiminde tutkal ile lifler arasındaki bağ şekilleri Şekil-36'de gösterilmiştir. A' da İki 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 (Deppe ve Ernst, 1996).



Yapıştırıcının odun lifi üzerindeki dağılımı

A

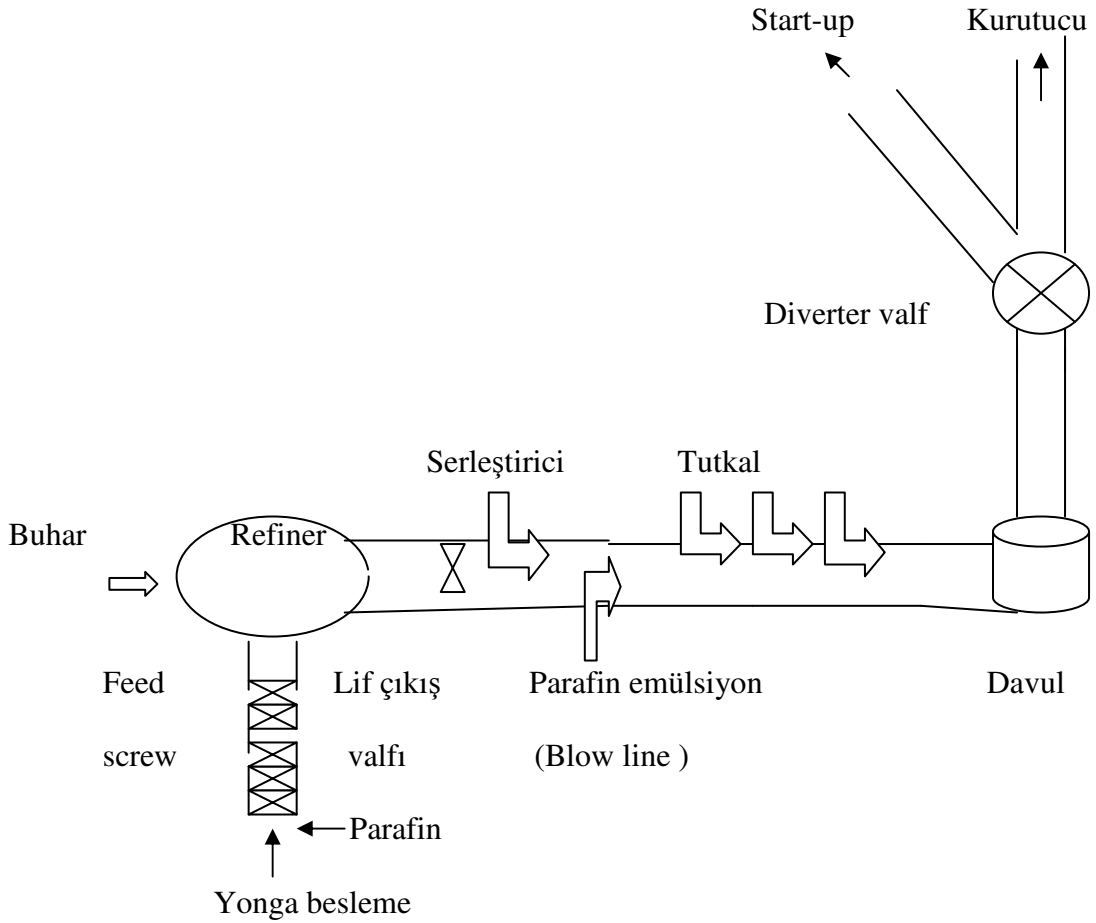
B

C

Şekil-36. Tutkalın Lifler Arasına Üç Değişik Şekilde Dağılımı.

İki lif arasında ideal olan fakat gerçekleşmesi mümkün olmayan noktasal yapışma görülmektedir. Tutkalın liflerin bütün yüzeyine homojen olarak yayılması sonucu iki lif arasında kuvvetli yapışma sağlamaktadır. Tutkalın lifler üzerine düzensiz yayılması sonucu lifler arasında ideal olmayan zayıf bağlanma görülmektedir (Ayrılmış, 2000).

MDF üretiminde tutkallama günümüzün teknolojisiyle birleşmesi sonucu defibratörden çıkan lifler, çıkış borusunda ilerlerken tutkallama enjektörleri vasıtasıyla hızlı ve ekonomik bir şekilde kolayca tutkallama yapılmaktadır. Tutkallama esnasında tutkalın enjektörlerle pulverize işlemi 4–6 bar'lık basınç uygulanarak yapılmaktadır. Bunda amaç lif ve tutkalın basınçla ilerlemesi anında oluşan türbülansa, homojen bir tutkallamanın sağlanmasıdır. Şekil-37'de tutkal, sertleştirici, sıvı parafin blow line' den veriliş yerleri görülmektedir.



Şekil-37: Kimyasalların Lif Çıkış Borusundan (Blow line) Verilişi.

Ayrıca %10-20'lik veya tutkal karışımında ÜF tutkalından başka katalizör olarak katı tutkala oranla %1 oranında Nişadır veya Amonyum sülfat'ın sulu çözeltisi, serbest formaldehiti bağlamak için üre solüsyonu vb. ile toz halde melamin

özel amaçlar için kullanılabilir. Koruyucu maddeler ise mantar ve böcek zararlılarının yüksek oranda bulunduğu yerlerde kullanılacak levhalara uygulanmaktadır. Sodyum pentaklorafenol tuzunun tam kuru lif ağırlığına oranla %0,5–0.75 oranında tutkala katılması bu levhaları biyolojik zararlılara karşı korumaya yeterli olmaktadır. Sodyum pentaklorfenol ilave edildiğinde taslağın PH'sı 8,5 veya daha yüksek olmalıdır. Bu nedenle daha fazla alkali ilave edilmesi gerekmektedir. Bu madde zehirli olup cilde ve yiyeceklere temas etmemeli ve yüzey işlemleri ile kapatılmalıdır (Eroğlu ve Usta, 2000).

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 yâda tutkala karıştırılarak verilmektedir. Lif çıkış borusundan (Blow line) Şekil-37'de görüldüğü gibi verilebilir. Yine parafin pişirme kazanından önce katı yâda sıvı olarak ilave edilmektedir. Parafin oranı %1–2 üzerinde olduğunda lifler arasındaki bağ oranını azaltarak levhanın yapışma direncini, dolayısıyla da direnç özellikleri olumsuz etkilemektedir. Parafinin pişirme kazanı ile defibratör arasından verilmesi yongalara daha homojen nüfuz etmesini sağlar. Böylece üretilen MDF üzerinde yapılacak boyama ve cilalama sırasında sorun çıkabilecek hiçbir parafin lekesi olmaz.

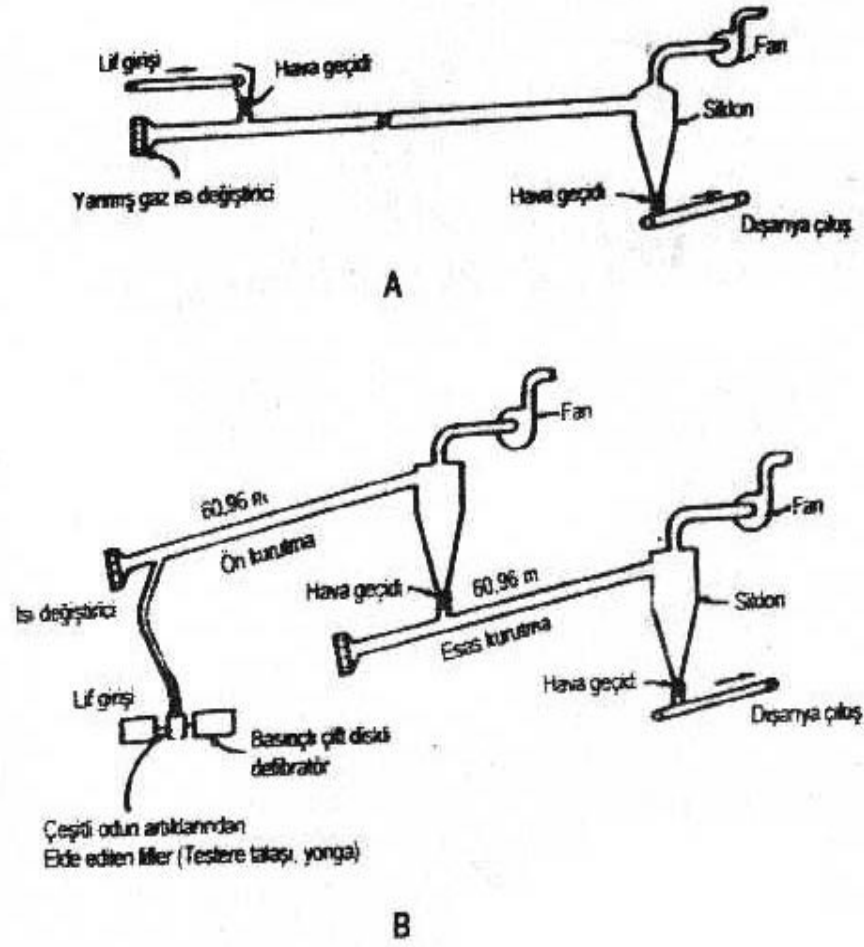
1.1.9.9. Liflerin Kurutulması

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. Döner kurutucular, yerine genellikle boru

şeklinde olanlar tercih edilmekte olup çapları 1-2m ve boyları ise 80-120m arasında kapasiteye göre değişir. Sıcak hava, kojenerasyon (elektrik türbini atık gaz) sisteminden yâda ısı eşanjörlerinden sağlanır. Üretici firmalar, fan kapasiteleri ve ısı ihtiyacını gerekenden %10–25 daha fazla tutarlar ki rutubet dalgalanmalarından etkilenmesini istemezler. Pnömatik kurutucu hattında hava hızı 28–33 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. Buna rağmen bazı tesisler Şekil-38’de görüldüğü gibi iki aşamalı kurutmayı tercih ederler.

1.1.9.9.1. Ön kurutma ve Son kurutma

Kurutmaya gönderilen lifin rutubet içeriği geniş bir dalgalanma gösteriyorsa iki kademeli tüplü kurutucu tercih edilebilir. Böylece ilk kademede lifin rutubet içeriğini dengelemek için bir ön kurutma uygulanır (%25–50 nem oranına kadar). Son kurutmada liflerin nem oranı %7-12’ye düşer. Havanın hızı 25–30 m/sn ve sıcaklığı ise 170°C’ yi bulur. Defibratöre girişten önceki yonga rutubetine bağlı olarak lifler kurutulur. Liflerin kurutucu içinde kalma süresi 7 saniyeyi geçmemelidir. 1 kg lifin transportu için 3 m³ hava gerekmektedir (Moleney, 1993).



Şekil-38. Tek Aşamalı (A) ve İki Aşamalı (B) Kurutucular (Ayrılmış, 2000).

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.

1.1.9.2. Lifin Kurutulmasına Etki Eden Faktörler

- Ağaç türü
- Odunun yoğunluğu
- Liflerin boyutları

- d.** Kurutma hattına giren liflerin başlangıç rutubeti
- e.** Kurutma hattının uzunluğu ve çapı
- f.** Kurutucunun tipi ve çalışma sistemi
- g.** Kurutma hattındaki hava hızı
- h.** Kurutma hattındaki sıcaklık (giriş ve çıkış sıcaklığı)

Bazı MDF fabrikalarında yaygın olarak lifin rutubeti düşürmek için gerekli olan ısı enerjisi doğal gaz veya LPG' nin yanması sonucu elde edilir. Doğal gazın veya LPG' nin yanması sonucu 500–650⁰C sıcaklığa ulaşılır. Bu sıcaklık lifin sıcak hava için yangına neden olmaması için büyük çaplı fanlar vasıtasıyla karıştırma odasında, taze hava ile dengelenip sıcaklığı 120–130⁰C düşülür. Böylece kurutma hattı için ideal ısı elde edilmiş olur. Kimyasallar 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 yapılıp hat boyunca izolasyon malzemesiyle kaplanmaktadır.

Lif, kurutma hattı içinde 7sn den fazla kalmamalı, oksijen karışımı %17'yi geçmemelidir. Eğer bu şartların üstüne çıkılırsa kurutma tüpünde yangın tehlikesi oluşabilir. Şekil -39'da 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 150–200⁰C arasında iken çıkış sıcaklığı 55-65⁰C'ye düşer. Siklonun üst kısmında dışarı atılan atık havanın nispi rutubeti %90'dır (Moleney, 1993).



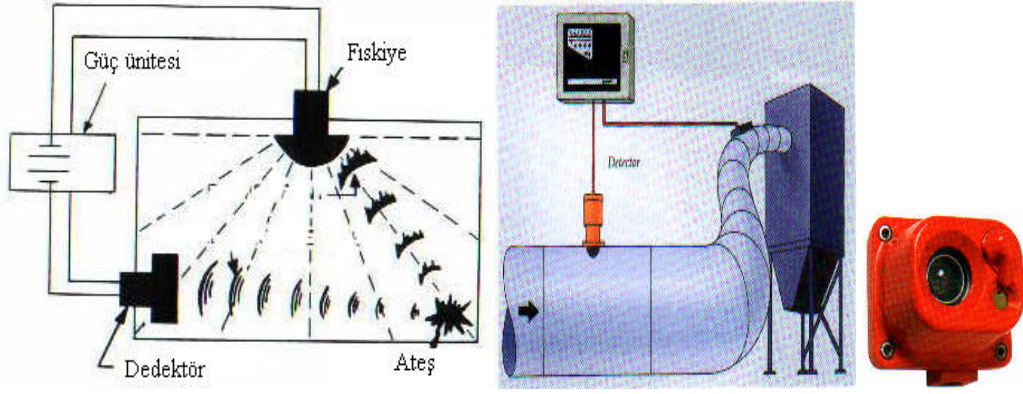
Şekil-39: Kurutucu Siklonlar (Metso panel board, 2001)

1.1.9.9.3. Kurutma Tüpünde Yangına Karşı Alınacak Önlemler

- a.** Hava lif karışımı oksijen oranı %17 'den az olmalıdır.
- b.** Lif hava karışımı belirlenen oranda tutulmalıdır.
- c.** Herhangi bir tehlikeye karşı yangın söndürme aletleri hazır bulundurulmalıdır.
- d.** Silikonlar ve kurutucularda yangına dayanıklı malzeme kullanılmalıdır.

Liflerin yüksek sıcaklıkta kurutulması iki önemli problemi oluşturur. Bu problemler yangın ve siklonlarda patlama tehlikesi bazen kurutma tüpüne giren rutubetli haldeki lifler kurutma tüpünün çelik aksamına ıslak olması nedeniyle yapışabilir eğer böyle yapışma olursa lif tamamen kuruduğu zaman yanar ve kurutucu tüp boyunca kıvılcım yayılır. Kıvılcım silolarındaki liflere kadar vararak patlamalara neden olurlar. Yangının yayılmasına olanak sağlar. Bazen metal parçaları ve karbonlaşmış defibratör atıkları vb de kurutucularda yangına sebep olabilir. Pnömatik hatlarda yangını önlemek için otomatik kıvılcım algılayıcı ve hemen kısa süre sonra nodullarla su pülverizasyonu ile söndürme sistemleri yaygın

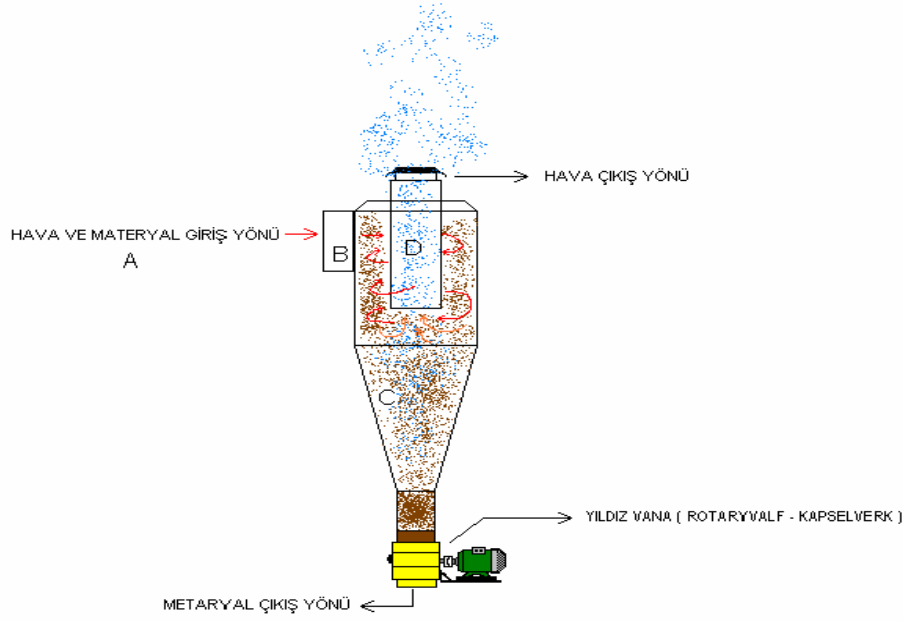
kullanılır hale gelmiştir. Dünyada Grecon (Alman), İmal(İtalyan), Firefly(İsveç) vb. firmalar başarı ile bu sistemleri kurmaktadır. Şekil-40'da hem pnömatik hatlarda hem de pres vb. gibi yangına hassas bölgelerde kullanılan algılama ve söndürme sistemleri yer almaktadır (Ayrılmış, 2000).



Şekil-40: Yangın Algılama ve Söndürme Sistemleri (GTS energy sistem, 2000)

1.1.9.9.4. Siklonlar

Siklonlar 100 yılı aşkın süreden beri yapılmakta ve 50 yıldan buyana yeni hesap yöntemleri uygulanmaktadır. Zamanımıza kadar bu alanda çok araştırmalar yapılmıştır. Ayırıcı siklonlar endüstride en çok kullanılan toz tutma aparatlarıdır. İşletme ve yatırım masrafları açısından en ucuz olan sistemlerden biridir. Genellikle 5–200 μ iriliğindeki partiküllerin tutulmasında uygulanır. İletilen materyal siklonda merkezkaç kuvvetinin etkisiyle hava akımından ayrışır. Merkezkaç kuvveti spiral akımla ortaya çıkar. Bir kaptan boşalan her akışkan bundan başka bir anafor oluşturma eğilimindedir. Potansiyel anafor içerisinde öteki akımların aksine uçmakta olan elementler bir birine engel olmazlar. Bu nedenle akışkanın ve iletilen malzemenin siklona teğetsel olarak girmesiyle kararlı bir spiral akım meydana gelir.



Şekil-41: Siklonların Çalışma Prensibi.

Şekil -41'e göre dairesel kesitli iletim borusu (A) dikdörtgen kesitli (B) bir giriş borusuyla eklenerek siklonun silindirik kısmından ağızlanır. Buraya gelen iletim materyali, tümüyle spiral yörüngedeki yumakçıklar halinde siklonun konik kısmının çeperinden kayarak (C) çıkış kısmına akın eder. Hava dalgıç boru içinden (D) spiral bir biçimde akarak buradan dışarı çıkar.

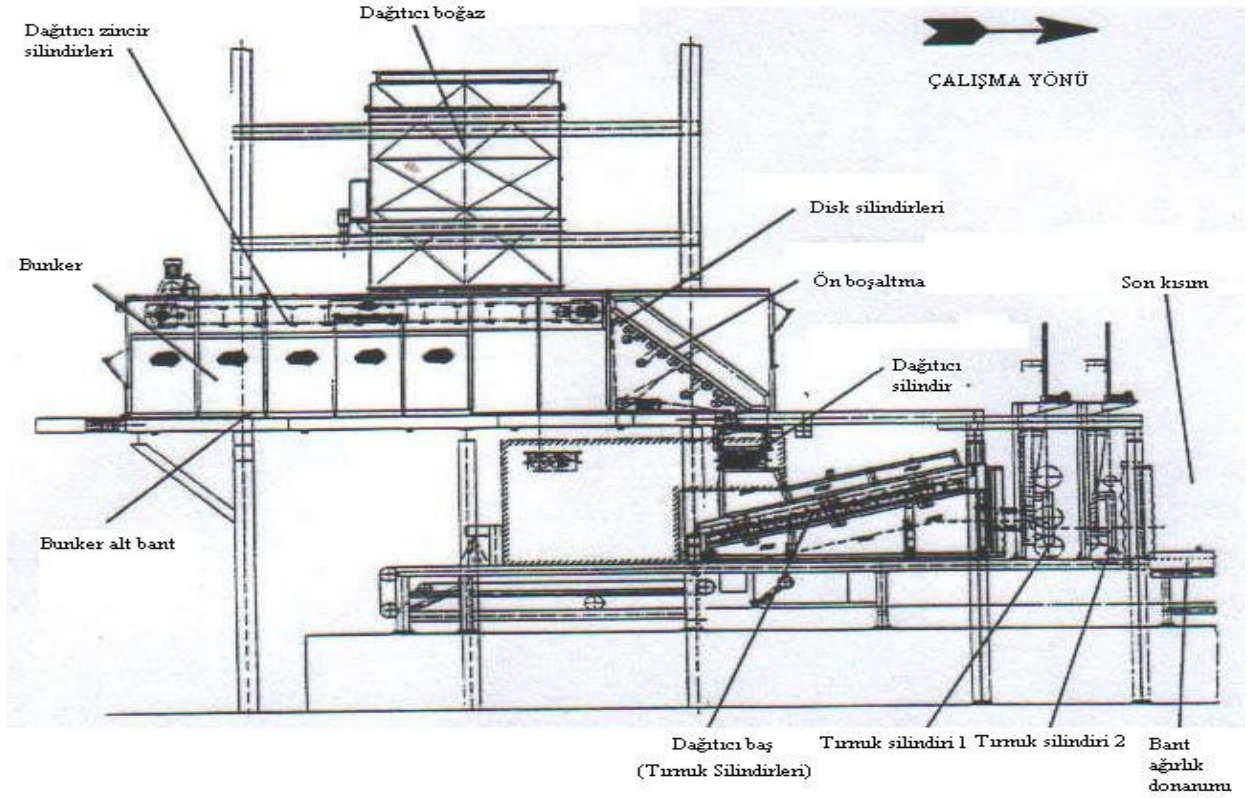
1.1.9.5. Havalı Ayırıcılar.

Havalı ayırıcıların en önemli kullanım alanı odunsal kaba lifleri, kum, topaklı tutkallar, yongalar, metal vb.nin normal liflerden ayırımı için kuru yöntem levha endüstrisinde kullanılır. Materyaller yatay hava akımında ayrılmıştır. Kaba materyaller, ağır yongalar bir baştan öbür tarafa kadar ilerleyerek devam ederken ayrılır. Genelde üretime uygun materyaller pnömatik olarak ilerler ve silolara gönderilirler. Ayrıca havalı ayırıcıların hava emişlerinde 1/3 oranında sıcak hava siklon geri dönüş havası olarak kullanılır.

Günümüzde Avrupa ve Amerika'da birçok MDF fabrikasında lif bunkerlerinden ve havalı ayırıcılardan geçerken lifler yaklaşık 60°C ye kadar ısıtılır ve buhar enjeksiyonu ile belli bir rutubet derecesine getirilen sıcak hava ile serme hattına taşınmaktadır. Burada asıl amaç lifleri belli bir sıcaklık derecesine kadar ısıtarak preslemede ısı transferi işlemini hızlandırmaktır. Sıcak havanın lifleri kurutmamak için buharla kondisyonlanması sonucu liflerin rutubeti kurutucudan serme istasyonuna kadar belli bir değerde korunmaktadır. Bu işlemi takiben serme bandı üzerinde prese gelen taslağın sıcaklığı 45°C' ye ulaşmaktadır. Liflerin kodisyonlanması sıcak prese kadar sıcaklık ve nemini muhafaza etmesi üretim kapasitesinde %30'a varan bir artış sağlar.

1.1.9.10. Lif Bunkerleri

Havalı ayırıcıdan ayrılan, üretime uygun olan lifler pnömatik hattan serme bunkerinin üstündeki siklona gelmektedir. Siklonun altındaki döner valftan geçen lifler, serme bunkerinin üst kısmındaki besleme ağzına girmektedirler. Fabrika kapasitesine bağlı olup ve fabrikada meydana gelebilecek kısa süreli duraksamalarda üretim akışının kesintiye uğramaması için ihtiyaca göre serme bunkerleri sayısı 2 adet olabildiği gibi ikiden de fazla olabilir. Şekil-42'da serme lif bunkerleri ve serme ünitesi görülmektedir.



Şekil-42: Serme Lif Bunker ve İstasyonu (Siempelkamp Bulletin, 2001).

Serme bunkerleri ara lif depo görevi görmekte olup lifleri düzenli serme istasyona iletmektedir. Böylece lif bunkerleri ile yongalama hattında çıkan arıza nedeniyle presin durması engellenmiş olmaktadır.

Bunkerlerin tabanında uzunluğu boyunca hareket eden bantlı transportör bulunmaktadır. Tavanda ise geniş spiraller veya tırmıklar bulunur. Bu spiraller veya tırmıklar bunkerin içindeki üst kısmın düzgün olmasını ve önden dökülen lifin bunker içinde geriye atılarak tamamına yakın dolmasını sağlar. Lif bunkerlerinin çıkış kısmında 45^0 açıyla yerleştirilen tırmıklar vardır. Bu tırmıklar 360^0 kendi ekseninde etrafında dönerken amaç bunlar içinde lif topraklanmalarını dağıtmak ve liflerin bunker ağzından, serme istasyonuna kadar iletimi sağlarken hem de homojen lif karışımını sağlamaktır. Tırmıkların hızı sermedeki lif ihtiyacına göre artırılıp azaltılabilir. Bunlarla beraber alt bantlı transportörün hızı da istenen lif miktarı veya istenen taslak yoğunluğuna göre artırılıp azaltılabilir (Siempelkamp Bulletin, 2001).

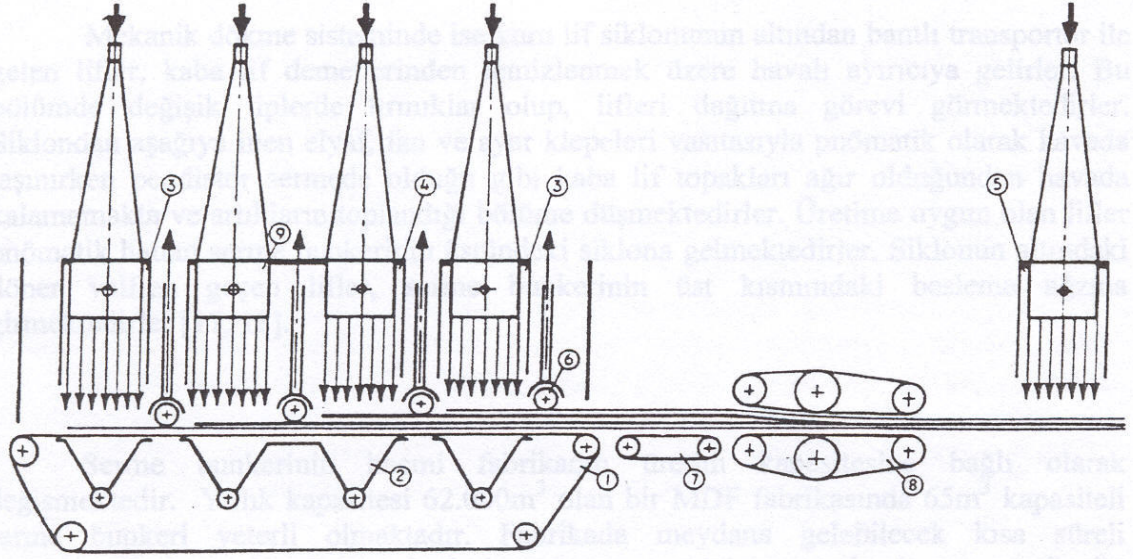
1.1.9.10.1. Serme Tırmık Tarakları

Bunkerin içinde bulunan alttaki bantlı transportör ile tavandaki spiraller veya tırmıklarla hareket yönü terstir. Bunun amacı ise bunkerin ön kısmına giren lifler spiraller veya tırmıklarla arkaya taşınırken alttaki bantlı transportör ise öne doğru itilerek bunkere ilk giren lifin ilk çıkmasına olanak sağlamaktadır (Siempelkamp Bulletin, 2001).

1.1.9.10.2. MDF Taslağının Oluşturulması (Forming station) Vakumlu Serme

Besleme ağzından giren lifler giriş kanalından geçerek sarkaç hareketi yapan boşaltma ağzına gelir. Boşaltma ağzı 40–120 salınım yapmakta ve lifler boşaltma ağzına 18–27 m/s hızla gelmektedir. Dakikadaki salınım sayısı serme bant hızına göre belirlenir. Liflerin serme bandı üzerine döküldüğü yerin hemen altından vakum uygulanarak taslaktaki havanın bir miktarı emilerek taslak içerisindeki liflerin teması artırılmaktadır. Hemen sonra eşitleme silindiri olup, bundan sonrada serme bandının altında yer alan ve otomatik olarak çalışan bir bant terazi taslağın ağırlığını sürekli kontrol eder (Maloney, 1993).

Şekil-43'de 4 aşamalı pnömatik sisteme göre çalışan vakumlu serme görülmektedir. 3 nolu serme başlıkları taslağın alt ve üst yüzeylerini oluşturmakta 4 nolu serme başlıkları ise taslağın orta bölgesini oluşturmaktadır. Eşitleme silindirini geçerek hedeflenen yüksekliğe getirilen taslak ön presten geçmektedir. Levhanın yüzey kalitesini artırmak amacıyla ön presten sonra 5'nolu serme başlığı ile taslak yüzeyine ince lifler serilmektedir (Ayrılmış, 2000).



Şekil-43: Dört Aşamalı Vakumlu Serme Sistemi (Ayrılmış, 2000).

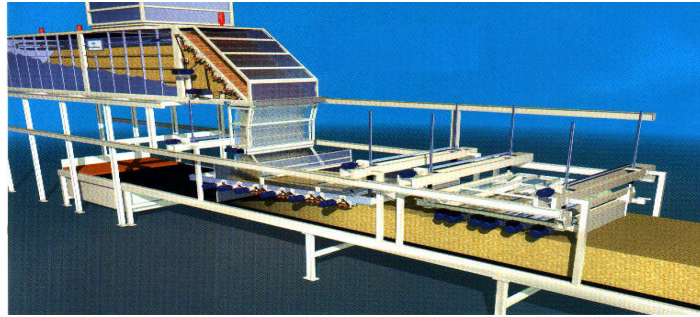
1. Serme bandı
2. Vakum
3. Taslağın alt ve üst yüzeyini oluşturan serme başlıkları
4. Taslağın orta bölgesini oluşturan serme başlıkları
5. İnce yüzey tabakası serme başlığı
6. Eşitleme silindiri
7. Taslak ağırlığını otomatik ölçen terazi
8. Ön pres
9. Lifleri serme ağzına sevk eden lif giriş kanalı

Lifler, bunkerin ağzından iki silindir etrafında sürekli olarak hareket eden serme bandı üzerindeki serme odasına serbest düşmeye bırakılır. Serme odasının ön tarafı açıktır. Oda içine düşen lifler serme bandının altında bulunan vakum kasaları vakum uygulanarak levha taslağı oluşumu sağlanmakta ve oluşan levha taslağındaki havanın bir miktarı emilmektedir. Vakum bölümünden sonra yüksekliği ayarlanabilir eşitleme silindiri yer almaktadır. Eşitleme silindiri hemen arkasında yer alan

radioaktif ölçerlerden gelen sinyale göre serme ağırlığı ve yüksekliği ayarlanır. Radyoaktif ölçer bant genişliğince taslağı taramaktadır. Eğer taslak yoğunluğunda bir azalma olursa sonucu potansiyometreye göndermektedir. Potansiyometre’de eşitleme silindirine sinyal göndermektedir. Eşitleme silindiri taslağın fazlalıklarını kazıyarak alır ve bu artık lifler serme bunkerine pnömatik olarak geri gönderilir. Serme bandı üzerinde taslak rutubetini ölçen rutubet ölçme cihazı eşitleme silindirinden sonra yer almaktadır. Bazen de ön presten sonra enine travers al ağırlık ölçer vardır ve vakum kasalarının ayarlanmasına referans olurlar (Ayrılmış, 2000).

1.1.9.10.3. Mekanik Olarak Çalışan Serme İstasyonu

Diğer bir serme sistemide mekanik serme olup Şekil-44’de görüldüğü gibi üst bunkerden dozajlanan lifler serbest düşmeye bırakılmaktadır. Lifler forming rolls (7–8 adet tırmık) denilen yâda disintegrated roll denilen dağıtma silindirlerinin üzerine düşerler ve yukarıya doğru atılarak bir kama şeklinde serme taslağı başlangıcı oluşturulmuş olur. Bunların devirleri ayarlanabilir şekilde dizayn edilmiştir.

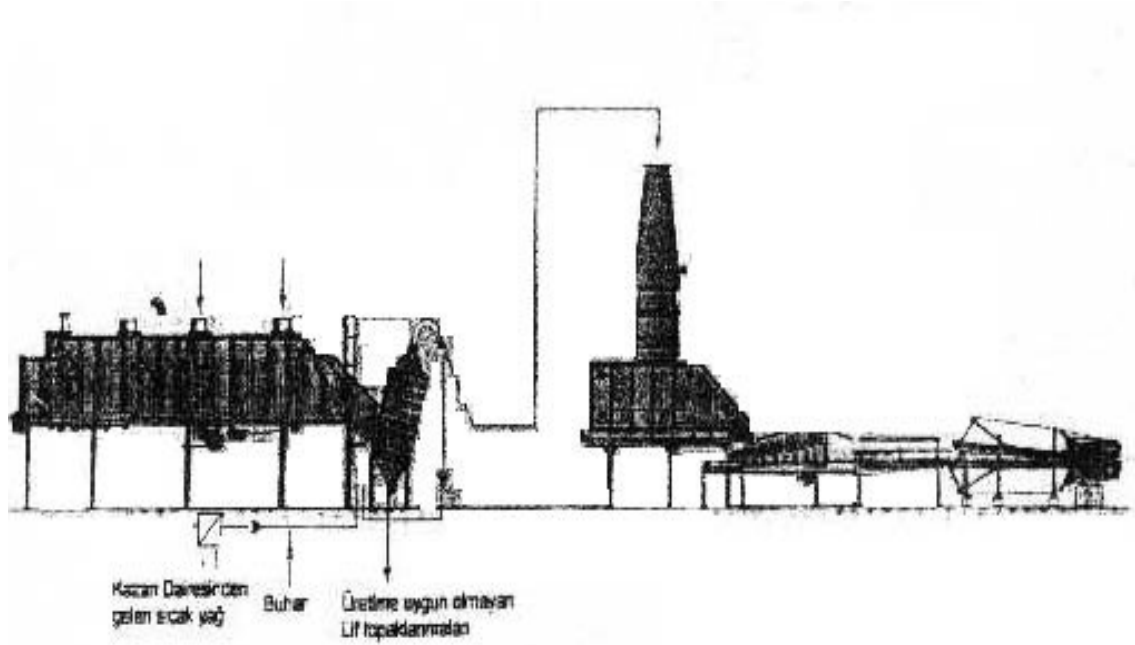


Şekil-44: Texpan Mekanik Serme Sistemi (Siempelkamp Bulletin, 2001).

Siempelkamp firmasının geliştirdiği mekanik serme sistemi Şekil-44’de görülmektedir. Burada ön dağıtıcıdan gelecek yönlendirme boğazına çarpan lifler birbirine ters yönde dönenen dağıtıcı silindirler (Disintegrated rolls) arasına düşerler ve oluşan topaklar vb. kümelenmeler dağıtılır. Dağıtma başlıkları üzerine düşen lifler dağıtılıla dağıtılıla ileri doğru savrularak aradaki boşluklardan düşenler 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 döndürülmektedir. Yükseklik ayarı otomatik olarak serme ağırlığına göre ayarlanmaktadır. Velmet Corporation şirketinin geliştirdiği yeni modelde taslak oluşturma işlemine 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 15kg/m^3 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).



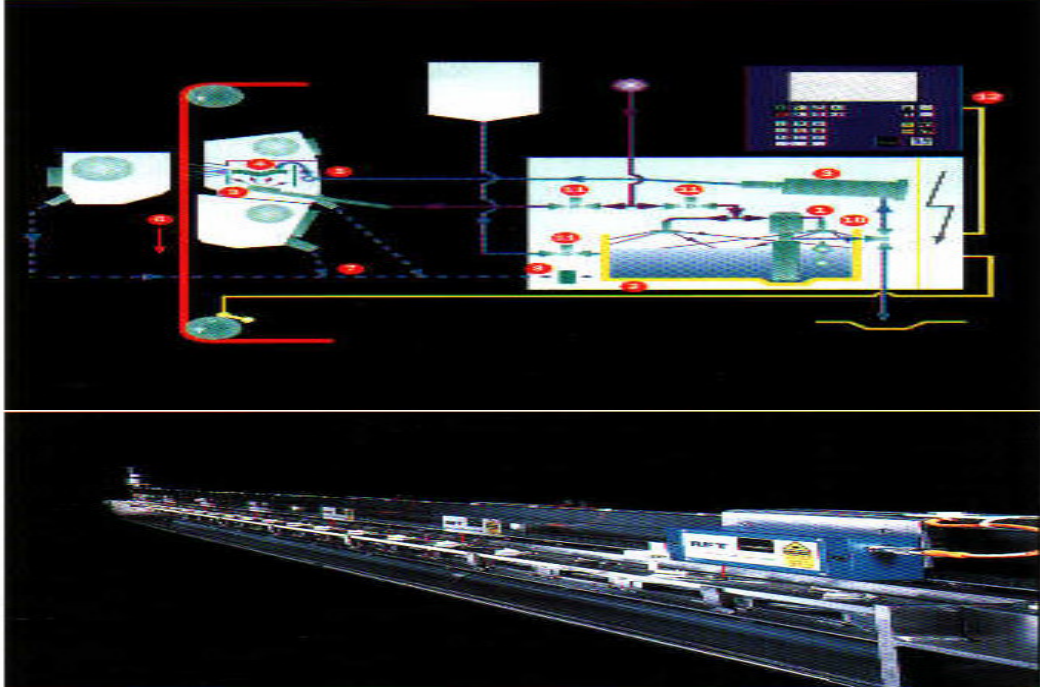
Şekil-45: Pendistör Serme, Havalı Ayırıcı, Lif Kondisyonlama Sistemi (MDF İndustry valmet, 1997).

Avrupa ve Amerika'daki MDF fabrikalarında uygulanan yöntem lif bunkerinden ve fiber sifter'den geçen lifler, yaklaşık 60°C' ye kadar ısıtılıp buhar enjeksiyonuyla belli rutubete getirilip sıcak havayla pendistör sermeye taşınmaktadır.

Bunun amacı; lifleri belli bir sıcaklığa kadar ısıtarak presleme süresini azaltmaktır. Dolayısıyla üretim kapasitesi artmış olmaktadır. Çünkü presleme süresi, taslağın yüzeyinden ortasına kadar olan ısı transferi işlemi ile saptanmaktadır. Sıcak havanın lifleri kurutmamak için buharla kondisyonlanması sonucu liflerin rutubeti kurutucudan serme istasyonuna kadar belli bir değerde korunmaktadır. Bu işlemi takiben serme bandı üzerinde prese gelen taslağın sıcaklığı yaklaşık 45°C'a ulaşmaktadır. Liflerin sıcak presten önce kondisyonlanması üretim kapasitesinde %30'a varan bir artış sağlamaktadır. Diğer bir teknolojik gelişmede MDF üretiminde sürekli presden önce ön ısıtma işlemi uygulanmasıdır (MDF İndustry Valmet, 1997).

1.1.9.10.4. Lif Taslağının Nemlendirilmesi

Genel olarak lif taslağının nemlendirilmesi sonucu hem levhanın orta bölgesine ısı transferi daha hızlı olur, hem de levha yüzeyi daha sert, parlak ve kaygan olduğu gibi zımpara payı da azalmaktadır. Bunun için taslak altı ve üstünü nemlendirmek için su pülverizasyonu, buhar püskürtme, değişik kimyasallar ve su kombinasyonları denenmiştir. Fakat en başarılı olanı bir İsviçre firması olan Weko'nun geliştirmiş olduğu ve genellikle tekstilde uygulanan Levha sektörüne son yıllarda adapte edilen Weko Rotor Damping Sistem'dir.



Şekil-46: Weko Rotor Damping Sistem Cihazı ve Kumanda Panosu (Weko MDF Magazin, 2000).

Ayrıca ıslatma maddesi nemin lif içindeki miktarına bağlıdır. Püskürtme miktarı plaka kalınlığına bağlıdır. Küsters firması kalınlığa göre 10–40 gr/m² arası püskürtme önermektedir. Bu sektör için kimyasal üreticisi Würtz, Acmos, Wız ve Agrolinz gibi firmalar veya Siempelkamp, Diffenbacher gibi üreticilerin bu işlemi için önerdikleri kendi değerleri ve kimyasalları vardır. Pasta alttan ve üstten aynı şekilde rutubetlenmelidir. Aksi halde plakada dönmeler olur. Transport bandında bu su kaybını önlemek için alt yüzey için olan püskürtme miktarı max %10 daha fazla olabilir. İmalat hatlarında hidrofil bantlarda rutubetlenme bandın suyu emeyeceğinden dolayı yapılamaz. Her iki Weko cihazı arasındaki mesafe 40 m' ye yakındır. Böylece iki ayrı sistem kullanılır. Bu sayede de yüzeylere değişik miktarda aplikasyon yapılabilir (Weko MDF Magazin, 2000).

1.1.9.10.4.1. Weko'nun Sağladığı Avantajlar

- a.** Üretim maliyetlerinde %5–10 düşüş ve üretim artışı sağlar.
- b.** Daha esnek plaka imalatı
- c.** Daha düzgün, pürüzsüz bir yüzey
- d.** Daha az aerosol teşekkülü ile daha az çevre temizliği
- e.** Süratli ve sürtünmesiz çalışma, tıkanmayan püskürtme sistemi
- f.** Kalite bozukluğuna sebep olabilecek damla lekeleri ve yüzey düzgünlüğü oluşmaz
- g.** Daima aynı ve standart kaliteli mamul imalatı sağlar
- h.** Kontrol edilebilir püskürtme miktarı

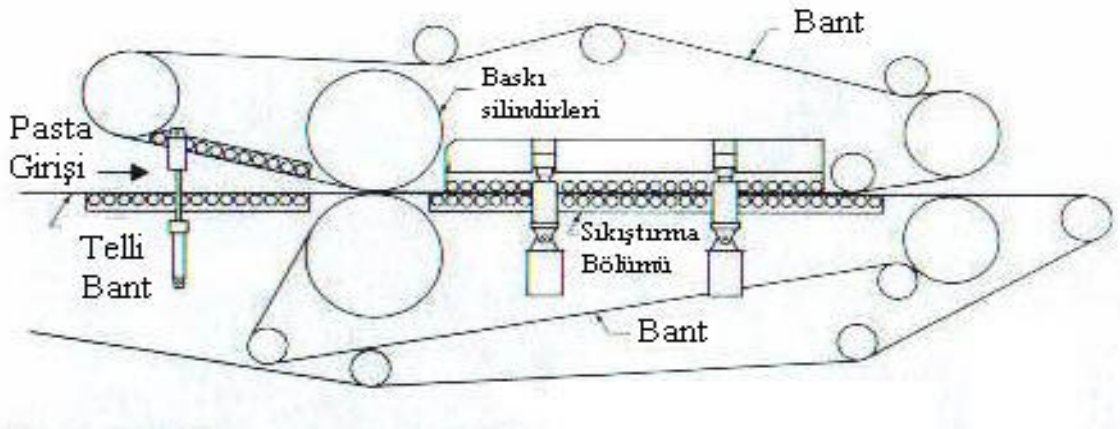
Rutubetlendirme neticesinde buhar gücüyle sıkışma olur. Dış satırlar kuvvetlenir ve reaksiyon süratlenir. Böylece dış yüzey sertleşmiş olur ve orta kısım esnekliğini korur. Ayrıca dış yüzey daha pürüzsüz olacağından daha az laklama ve zımpara yapılır (Weko MDF Magazin, 2000).

1.1.9.11. Ön Pres (prepressing-prekompres)

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 yerleştirilebilir. Bunun içinde ön presleme yapılması gerekmektedir (Eroğlu, 1988).

Valmet Corporations firmasının geliştirdiği sürekli ön pres 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 kalınlığında (ilk kalınlığının ortalama 1/3'ne) düşürülmektedir. Taslak, sıkıştırma silindirleri arasından geçici 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. İlk 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. Şekil-47'de ön preste uygulanan ortalama (çizgisel) kuvvet 250N/mm'dır. Basınç çok yüksek olursa levhanın mekanik ve fiziksel özelliğinde azalma görülür (MDF İndustry Valmet, 1997).

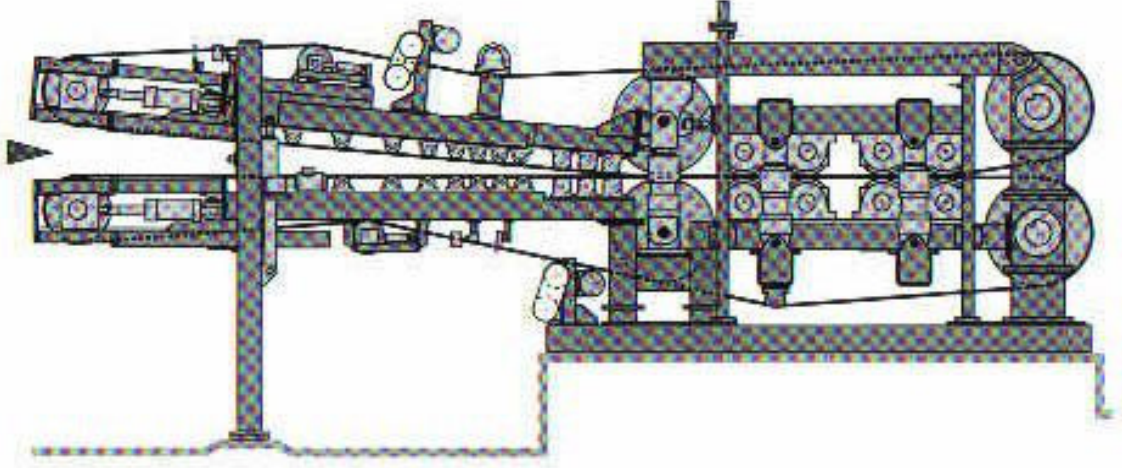


Şekil-47: Rulolu Ön Pres

Ön presleme esnasında basınç silindirleri pasta taslağı sıkıştırırken yan alma işlemi sırasında lif kaybını en aza indirmek, taslağın sıcak prese kadar zarar

görmeden (dağılıp, bozulmadan) gidebilmesini sağlamaktadır. Sıcak pres platenleri kapanırken oluşan hava akımı ile yüzeydeki liflerin uçmamasına engel olmakta ve pres platenlerinin 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.

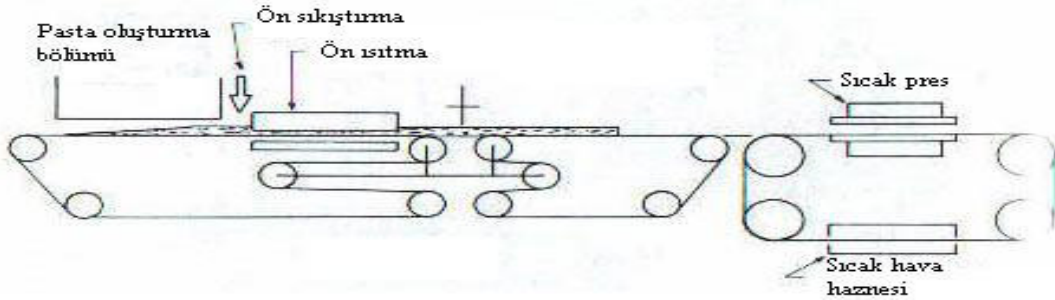
Ön presten çıkan mat taslağının kalınlığı düşmüş, yoğunluğu artmış böylece sıcak preste pres katları için mesafe azalmış ve pres kapanma süresi kısaldığından üretim kapasitesi artmış olmaktadır. Ön presten çıkan mat taslağı istenilen levha boyutlarında olması için yan tarafların karşılıklı kenarda bulunan hızları eşit olan daire testerelerle kesilir. Yan artıkları testerenin arkasında bulunan çift aspiratörler ile tekrar üretimde kullanmak 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 olmadığını tespit edilir (Maloney, 1993).



Şekil-48: Bantlı Ön Pres Şeması (Moloney, 1993).

1.1.9.11.1. Pastanın Ön Isıtması (Preheating Mat)

Wiecke firmasının üretimi olan önpress sonrası bu arada pastanın altına ve üstüne ısıtma sistem Şekil-49 'da uygulanmaktadır (Wiecke, 1990).



Şekil-49: Önpres Sonrası Lif Isıtma sistemi (Wiecke, 1990).

Avrupa ve Amerika'da birçok MDF fabrikalarında ön presten çıkan pastalara sıcak presten önce (RF) radyo-frekans sistemi ile yâda yüksek frekansta (HF) ısıtma uygulanmaktadır. Sıcak presten önce pastaya ön ısıtma uygulaması ilginçtir. Sıcak preste tutkalın sertleşme süresi kısalmaktadır. Endüstride ısıtmalı ön pres kullanımı ile sıcak presleme süresinde ortalama %33'lük bir azalma olmuştur (Maloney, 1993).

Sürekli preslerde yan kesme daire testeresi ile istenilen genişlikte mat kesilir. Kesilen lif kalıntıları daire testerenin hemen ardında bulunan aspiratör ile tekrar üretim için lif bunkerlerine gönderilir. Yan alma daire testeresinden hemen sonra

pasta içinde metal parçaların olup olmadığını aramak için metal arama detektörü pasta hattı boyunca boydan boya otomatik olarak tarama yapmaktadır. Pasta taslağında metal parçaya rastlandığı zaman pastayı taşıyan bant otomatik olarak durmaktadır. Metal parça pastadan uzaklaştırılır ve geri kalan pasta tekrar geri dönüşüm klapesi ile lif bunkerine gönderilir.

Katlı preslerde pasta taslağı sıcak prese girmeden önce standart levha uzunluğunda boy kesme daire testeresi ile pasta taslağı boyunca kesilmektedir. En kesme daire testeresi serme bandı üzerindeki sehpanın altında belli bir açı ile (diagonal olarak) yerleştirilen kızaklar sayesinde ileri-geri hareket etmektedir. Bu sayede taslak bant üzerinde hareket ederken bu hareketle orantılı olarak daire testere levha taslağının düz keserek üretime uygun olan levha taslakları hızlandırma bandı ile pres yükleme asansörüne gider. Uygun olmayan pastalar hatalı taslak klapesi ile ya tekrar kullanmak üzere serme bunkerine gönderilir ya da dışarı alınarak kazan dairesine yakacak olarak gönderilir (Maloney, 1993).

1.1.9.11.2. Fasilalı (Statik) Çok Katlı Sıcak Presler

Katlı pres; yükleme asansörü, hidrolik sıcak pres ve boşaltma asansöründen oluşmaktadır. Yükleme ve boşaltma tertibatının amacı presleme işine hiç ara vermeden preslemenin devamlı akışını sağlamaktır. Katlı preslerde kat sayısı 4–22 arasında değişmektedir. Taslakların hidrolik prese yüklenmesi mekanik veya hidrolik olarak çalışan presteki katsayısı kadar rafları bulunan bir asansör vasıtasıyla olmaktadır. Yükleme işlemi asansörün aşağıdan yukarıya hareket etmesiyle en üstteki kattan başlamak suretiyle tek tek en alt kata kadar taslakların yüklenmesiyle oluşmaktadır. Taslağın prese girdikten sonra geri hareketi sırasında taslağın pres platenleri arasına bırakması ile olmaktadır (Ayrılmış, 2000).

Presin açılmasından sonra levhaların presten çıkartılması yükleme asansörü katlarının pres içine girip ilerleyerek pres katları arasında bulunan preslenen levhaların boşaltma asansörüne gitmesiyle gerçekleşir. Bu boşaltma asansörünün en alt kısmında bir bant vardır. Asansör yukarıdan aşağıya doğru hareket ettikçe her kattaki levha bant aralığıyla asansörden sonsuz bant üzerine verilir. Asansör tek tek her katta durarak en sütün kata kadar levhaları boşalttıktan sonra yanlarda bulunan zincirler vasıtasıyla tekrar yukarıya çıkarak bir sonraki boşaltma işlemi hazır duruma gelir. Sonsuz bant üzerinde ilerleyen levhalar klimatize edilmek üzere yıldız soğutucuya gönderilir (Maloney, 1993).

Pres basıncı hidrolik sistemle çalışan pistonlar tarafından sağlanmaktadır. Preslenme süresi olarak kullanılan ağaç türü, tutkal tipine, sertleşme süresine, üre ve formaldehit oranına, basınca, sıcaklığa, levha kalınlığına, levha yoğunluğuna, levha taslağı rutubeti ve pres yapısının modeline bağlı olarak değişiklik gösterir. Basınç, presin altındaki hidrolik pistonlar ile sağlanır. Hidrolik presin çalışma basıncı 211 kp/cm² ile 351 kp/cm² arasındadır. 70 kp/cm²'lik bir spesifik basınç sağlamak için pres platenlerinin alanının basınç pistonlarının toplam alanına oranı 3/1 ile 5/1 arasında olması gerekmektedir. Pres sıcaklığı üretim şartlarına bağlı olarak fabrikadan fabrikaya, tutkal türü ve reçinesine göre değişiklik göstermekle birlikte 180-230⁰C arasındadır. Katlı preslerde uygulanan iki veya üç kademeli basınç diyagramları görülmektedir. Katlı preslerde değişik yoğunluktaki taslakların preslenmesinde, pres platenleri arasında bırakılması gereken açıklık farklıdır. Yumuşak ağaç türlerinden yapılan taslağın yoğunluğu düşük olmasına karşın yüksekliği sert ağaç türlerinden yapılanlardan daha fazla olmakta ve pres platenleri arasındaki açıklıkta artmaktadır. Kuru yöntemde presleme süresi yaş yöntemin 1/3-1/4 'ü kadardır. Bu süre taslağın sertleşmesi için gerekli süredir. Presin kapanma

süresi öngörülen maksimum yüksek basınç noktasına ulaşmak için geçen süredir. Sertleşen levhaların açık preste fazla bekletilmesinden kaçınılmalıdır (Eroğlu ve Usta, 2000).

1.1.9.11.3. Fasılasız (Sürekli-Kontinu) Sıcak Presler

Sürekli sistem yeni teknoloji olup tam otomasyon uygulanmaktadır. Bugün sürekli presler ile MDF, OSB, 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 izokorik sisteme sahiptir. İzokorik 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 (Scalper) yukarı ve aşağıya doğru hareket edebilmektedir. Her üretime başlamadan önce aşağı doğru inerek taslağın ön kısmının kama şeklinde olmasını sağlamak 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. Prestede 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 esası 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 olarak tutmaktadır. Böylece çelik bahtında 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).

1.1.9.11.3.1. Sürekli Presin Katlı Preslere Göre Önemli Avantajları

- a.** Üretim kapasitesinin katlı prese göre daha yüksektir.
- b.** Pres basıncı, sıcaklığı ve kalınlık kısa süre içerisinde değişebildiğinden levha üretimine hızla geçilmektedir.
- c.** Levhanın kalınlık dengesi iyi kontrol edilmektedir.
- d.** Katlı preslerde pres kapanmadan önce tutkal taslak yüzeyinde ön sertleşmeye uğramasına karşın sürekli preslerde ön setleşme durum yoktur.
- e.** 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.

f. Katlı preste taslağın prese yüklenirken çatlaması 6mm kalınlığa kadar levha üretilmektedir. Katlı preslerde de 60mm kalınlığa kadar levha üretilmektedir.

g. Sürekli preslerde pres sürekli olarak çalıştığından katlı preslerden farklı olarak çalışır durumda iken ölü zaman yoktur.

h. Sürekli presten çıkan levha bant üzerine diyagonal yerleştirilmiş daire testere ile standart boylarda kesildiğinden boy kesmede atık parçalar olmamaktadır. Böylece boyutlandırma zayıtı olmamaktadır

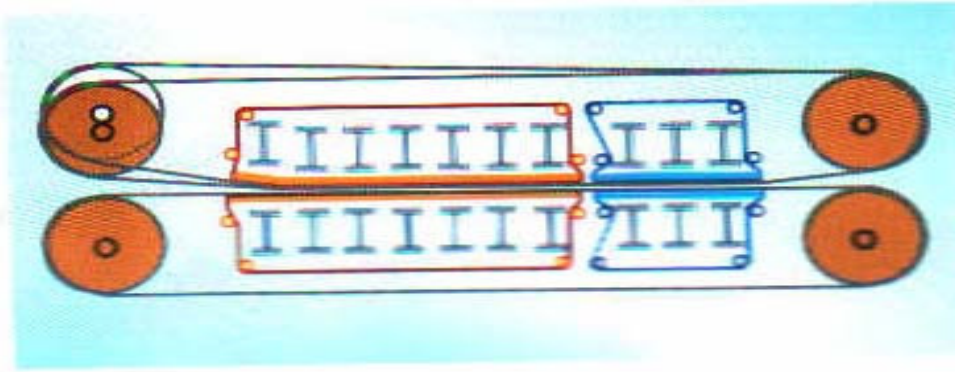
I. Sürekli presler oluşan levhalardan istenilen boy ebatında ebatlamak mümkündür. Böylece piyasanın talebine göre üretim sağlanmaktadır (Maloney, 1993).

Sürekli preslerde en sık rastlanan problemlerinin başında çelik bandın silindir üzerinde sağa ve sola doğru kayması gelmektedir. Bandın kayma miktarı belli bir değeri aştığı takdirde (25–30 mm) üretime ara verilerek bandın eski pozisyona gelmesi sağlanır. Presteki 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 180–240⁰C 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).

1.1.9.11.3.2. Soğutma Bölgesi (Cooling Zone) Kontinu Pres

Sürekli presler uzunluğu boyunca farklı bölümlere ayrılmaktadır. Örneğin Küstrers firmasının ürettiği sürekli presler günümüze kadar üç bölümden oluşmaktaydı. Bugün levha presten çıkmadan önce levhanın yüzeyi ve orta bölümü arasındaki rutubet farkını dengelemek amacıyla dördüncü bölüm olarak soğutma bölümü ilave edilmiştir. Diğer üç bölümde kayda değer bir değişiklik yapılmamıştır. Üç bölümden oluşan sürekli preslerde presin içindeki ilk yedi piston grubuna yüksek basınç uygulandığında müdahale edilmemekte ve bu pistonlar her zaman yüzde yüz basınç uygulanmaktadır. 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 arttırılıp azaltarak kalınlık farklılığı giderilir. Pres basıncı taslak yoğunluğuna, taslak rutubetine, sıcaklığa ve kullanılan tutkala bağlı olarak 35–40 kp/cm² arasında değişir. Basınç sağlayan pistonlar hidrolik olarak çalışmaktadır. Sürekli preste levha taslağı prese ilk girdiğinde 35–40 kp/cm² basınç uygulanmaktadır. Pres ortalarına doğru basınç 1–10 kp/cm² arasında olmaktadır. Son kısımda ise levhanın en son kalınlığının sağlandığı 15–20 kp/cm² basınç uygulanmaktadır. Orta tabakanın sıcaklığı 100⁰C'ye ulaştığında levha en son kalınlığa ulaşmaktadır. Aksi takdirde tutkalın yapışma direnci düşmektedir. Presin birinci bölümünde sıcaklık 200⁰C ve ikinci bölümde 220⁰C en son bölüm olan üçüncü bölümde ise 190⁰C civarındadır.

Küsters firmasının günümüzde ürettiği sürekli presler dört bölümden oluşmakta ve en son bölüm, soğutma bölümü adını almaktadır. Şekil-50’de Soğutma bölümünde sıcaklık diğer üç bölüme göre oldukça düşüktür. Bu bölümün ilave edilmesindeki amaç, levha içindeki rutubet dağılımını (özellikle levha yüzeyi ile levha orta tabaka arasında) dengelenmesini sağlamaktır. Cooling zone aslında bir soğutma olmayıp sadece çıkışta ısıtma plakasının 180–200°C olan sıcaklığının 90–110°C’ a düşürülmesidir (Küsters Panelboard Magazine, 2002)



Şekil-50: Soğutma Bölgesi (Cooling Zone) Kontinu Presi (Küsters Panelboard Magazine, 2002)

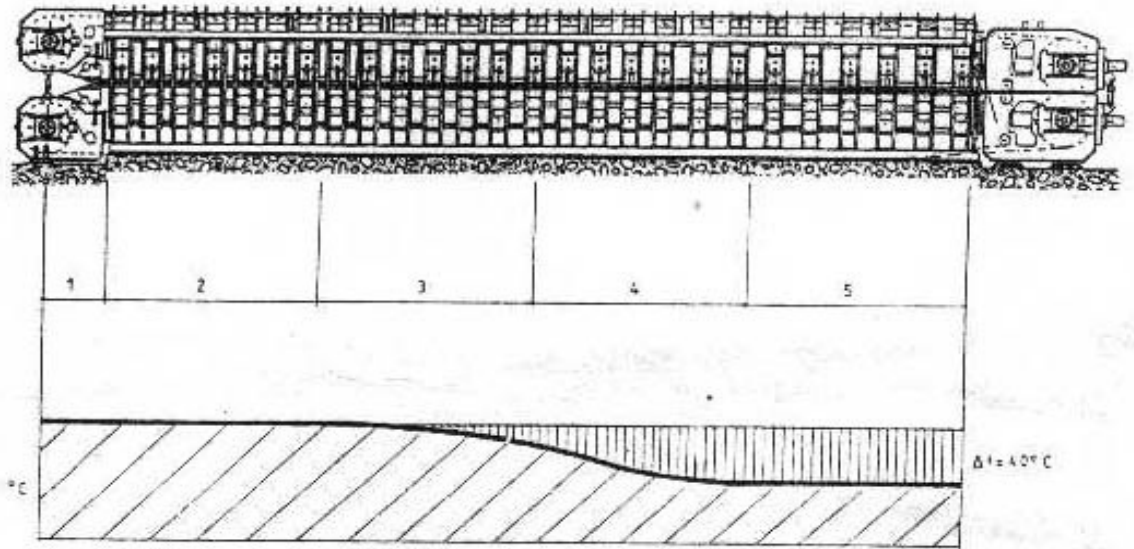
1.1.9.11.3.3. Soğutmalı Preslerin Üretimin Avantajları.

- a. Mat rutubetinin artırılması ile pres hızını artırır.
- b. Levha rutubetini artırır.
- c. Şişmeyi azaltır.
- d. Enerji dengesini iyileştirir.
- e. Patlak riskini azaltır.
- f. Pres çıkışı bölgede daha az CH₂O emisyonu meydana gelir.

Mat rutubetinin artırılması, pres hızını artırır. Hızlı ısı iletimi ile ısı yükselmesi ve şok buhar ile ısıtma faktörü iyileştirilir. Örneğin 12 mm E1 levhalarında 730 kg/m³ yoğunlukta, mat sıcaklığı 20°C, mat rutubeti %12.5 ve ısıtma plakası sıcaklığı 220°C olduğunda soğutmalı sistemde spesifik pres faktörü 8.4

sn/mm' dır. Soğutmasız yöntemde cooling zone'da 151°C ve rutubet %10,5 uygulandığında hız 11,6 m/dak. olur. 78°C soğutma zonu sıcaklığında ve mat rutubetinin %12.3 uygulanması durumunda pres hızı 12.4 m/dk olur. Mat rutubetinin artışının, ısı iletimini artırdığını dolayısıyla da üretim hızını artırdığı söylenmektedir. Levha rutubetinin artırılması levhanın presi terk etmeden önce buharın içerde yoğunlaşması sağlanır. Mat rutubetinin yüksek olması durumunda, buhar basıncının düşük tutulması, (cooling zone) levha patlamasının önüne geçilmesi ve levhanın dönme riskini azaltır. Levhanın kondisyonlanma zamanını kısaltır. Soğutma zonunda levha sıcaklığı düşürüldükçe levha rutubeti artar ve kalınlığına şişme azalır (Panelboard Magazine, 2002).

Sürekli pres alanında en son gelişmelerden birisi de Dieffenbacher firması tarafından yapılmıştır. Bu sistem ContiPower olarak bilinmektedir.



Şekil-51: Pres Sıcaklığı ve Basıncının Şematik Görünüşü (Ayrılmış, 2000)

Şekil-51' de görüldüğü gibi pres sıcaklığı sağlayan pres platenleri beş bölüme ayrılmıştır. Her biri birbirinden bağımsız olarak kontrol edilmekte ve her bir farklı sıcaklıklara ayarlanabilmektedir. Presten çıkan levhanın yoğunluk profili

kontrol etmek amacıyla presin girişi kama biçiminde olup kama açısı istenildiği oranda değiştirilebilmektedir (Ayrılmış, 2000).

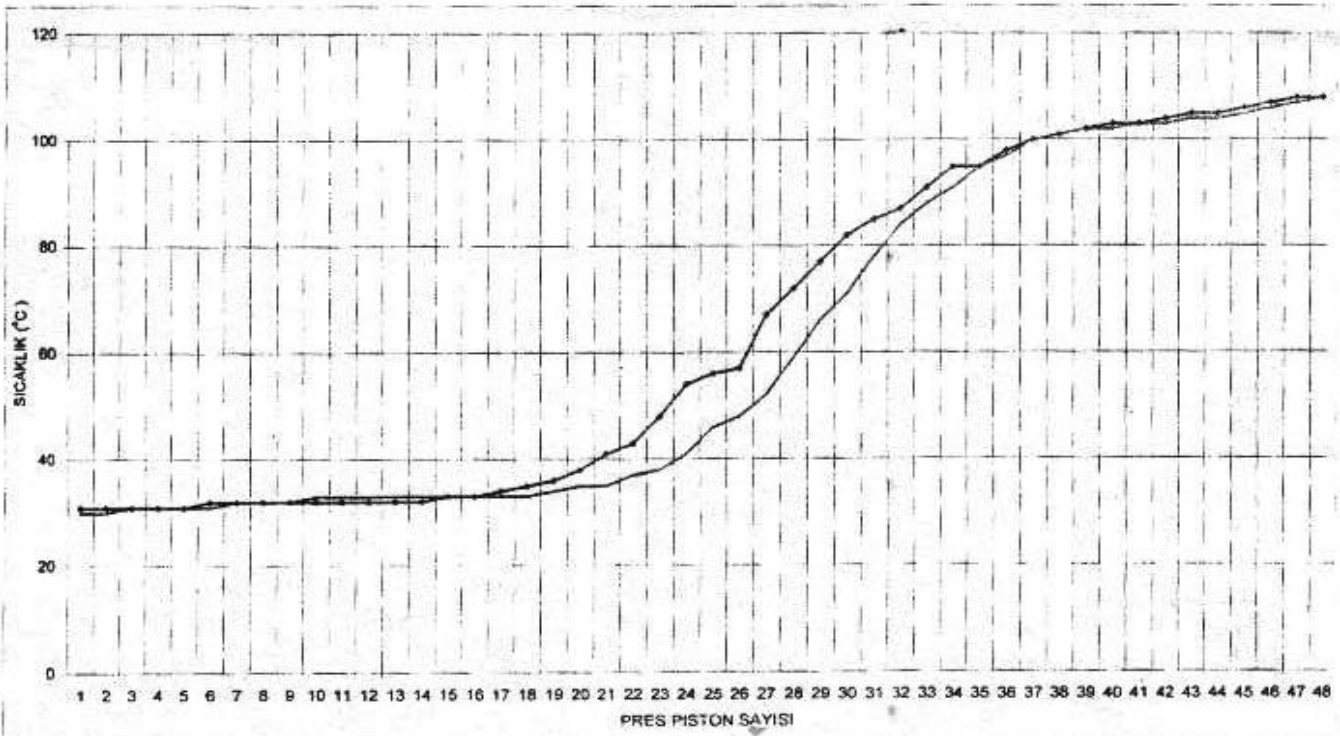
Bison firması tarafından yapılan The Hidro-Dyn sürekli pres, taslağın pres içerisinde hareketine farklı bir yaklaşım gelmiştir. Presin üst bölümünde yer alan üst ısıtma plateni dikey yönde hareket ettirmek suretiyle ayarlanabilmektedir. Üst ısıtma plateni hedeflenen levha kalınlığı için basınç uygulayan çok sayıda hidrolik pistonlar tarafından asılı bir şekilde tutulmaktadır. Alt ve üst bölümdeki, çelik bantları döndüren tamburlar aynı zamanda bantları ısıtmaktadır. Alt ve üst pres platenlerinin yüzeylerinde küçük delikler olup bu sayede (sıcak yağın etkisiyle) hem çelik bantlar ısıtılmakta hem de çelik bantlar platenler üzerinde rahat biçimde hareket etmektedir. Daha öncede bahsedildiği gibi presin giriş kısmı kama biçimindedir. Kama açısı istenildiği gibi ayarlanabilmektedir. Kama şeklindeki bu ağız sayesinde sonuç levhanın istenilen yoğunluk profili sürekli kontrol altında tutulabilmektedir. Kama açısı değiştirilebildiğinden fabrikanın isteğine bağlı olarak levhanın yoğunluk profilinde istenildiği gibi değişiklik yapılabilmektedir. Presin birinci bölgesi yüksek basınç bölgesi olup diğer iki ve üçüncü bölümlerin basınçlarında azalma olmaktadır (Maloney, 1993).

Sıcak presleme süresi, spesifik pres faktörü ile belirtilmektedir. Spesifik pres faktörü (sn/mm) = pres süresi (sn) / zımparalanmamış levha kalınlığı (mm) formülü ile bulunur. Spesifik pres faktörü her mm kalınlık için preslemede ihtiyaç duyulan süreyi gösterir. 18mm MDF için presleme faktörü 210⁰C 13 sn/mm iken 3mm MDF için 185⁰C sıcaklık 11,3 sn/mm' dır. Bunun anlamı 18 mm kalınlığındaki levha için toplam pres süresi 234sn'dir (13x18). Spesifik 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. 18mm MDF için serme bandı hızı yaklaşık 5–7 m/dak iken 3 mm MDF levha için 30–33m/dak' dır (Ayrılmış, 2000).

Sıcak preslerden taslağın yüzey tabakasının sıcaklığı 100⁰C 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 100⁰C 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 100⁰C'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.



Sürekli Preste Taslağın Prese Girişinden Pres İçerisinde İlerleyerek Levha Haline Gelip Presten Çıkıncaya Kadar Olan Süreç İçerisinde Sıcaklık Yükselişi *

Şekil-52: Sürekli Preste Taslağın Prese Girişten Pres içerisnde İlerleyerek Levha Haline Gelip Presten Çıkıncaya Kadar Olan Süreç İçerisinde Sıcaklık Yükselişi.

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 gazı (CH_2O) levhadan atılmasını sağlar. Bu gazlar levhadan uzaklaştırılmadan pres basıncı kaldırılırsa levhada patlama oluşabilir. MDF taslağının her iki yüzeyi sıcak pres platenleri 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-

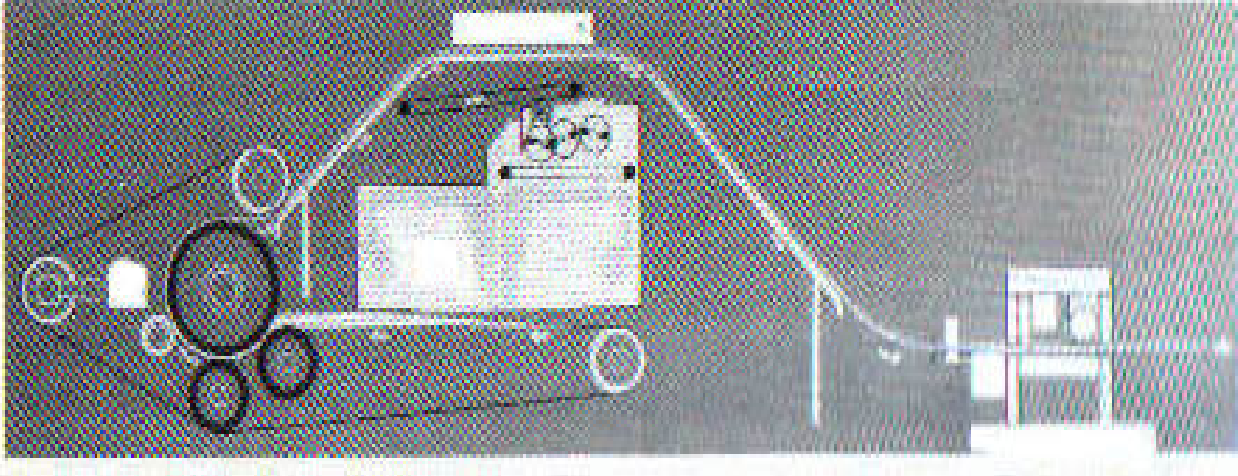
10 kp/cm²) olmaktadır. Levhadan istenen özelliklere bağlı olarak değişik pres diyagramları uygulanır. Örneğin MDF yüzeyi ahşap kaplama, dekor kâğıdı, desen baskı veya laminant gibi yüzey kaplama malzemeleri ile kaplanacaksa yüzey yoğunluğunu arttırmak gerekmektedir. Bunun için prese girişteki basınç biraz daha yüksek seçilir (Ayrılmış, 2000).

MDF yüzey yoğunluğunun orta bölgeden daha fazla olması levhanın eğilme mukavemeti ve elastikiyet modülünü artırırken 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 kemikleşmede denir. Eğer orta tabakanın sertliğinin artırılması istenirse sürekli preste presin orta bölgesindeki basınç artırılır ve dik yönde çekme mukavemeti yükselir. Bu bölgedeki basınç değerinin yüksek olması levhada patlama kusuruna neden olur. Yüzey ve orta tabakalar arasındaki yoğunluk kontrastı fazla olursa levha enine kesiti nispeten poröz yapıda olup makinelerde işlenebilirliği ve vida tutma gücü daha düşük olmaktadır. Düşük yoğunluk kontrastı enine kesitin işlenebilirliğini arttırmaktadır (Maloney, 1993).

1.1.9.11.4. Mende Pres

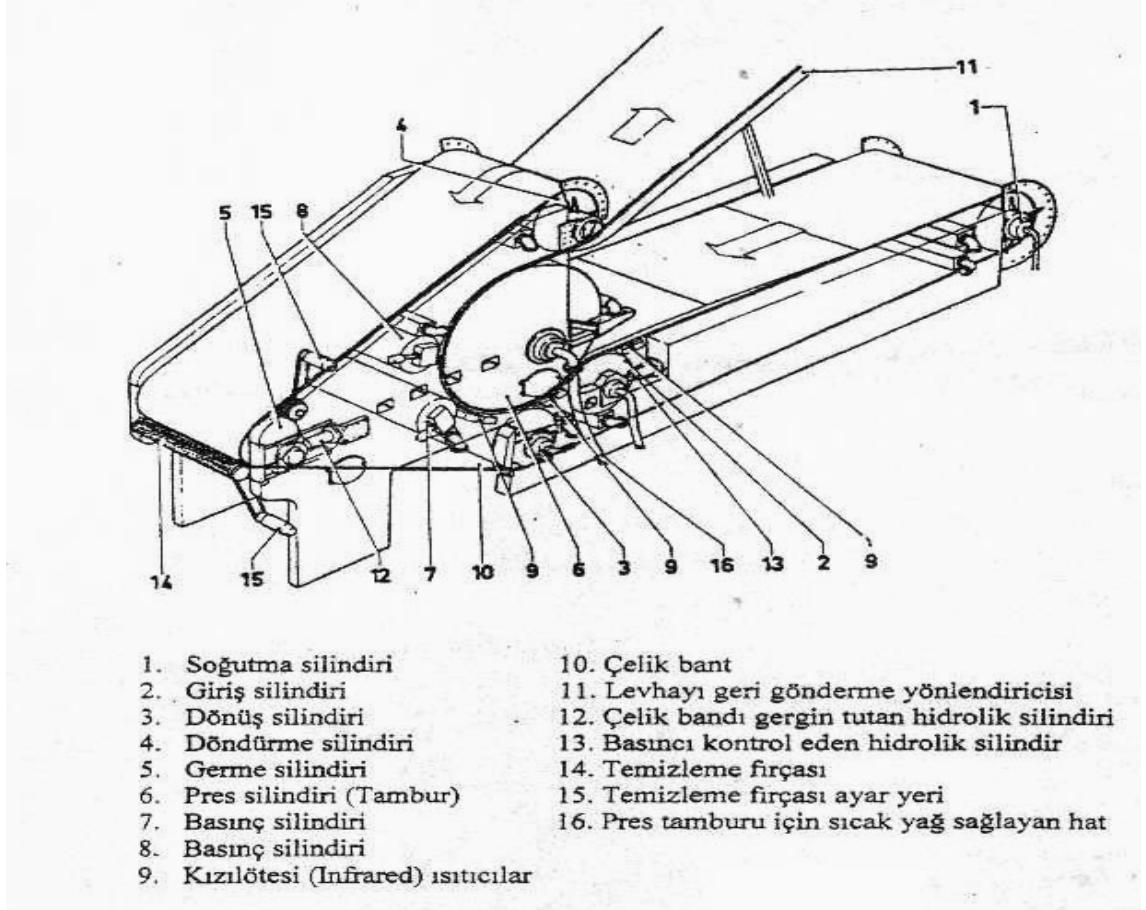
Bu pres günümüzde sürekli preslerin temelini oluşturmaktadır. Şekil-53 ve Şekil-54 Mende pres lif levha üretimine yonga levha teknolojisinin uygulanması sonucu elde edilmiştir. İlk olarak 1971 de Almanya'da ince yonga levha üretmek amacıyla kullanılmıştır. Mende pres ince MDF üretimi için çok uygun bir 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.



Şekil-53: Mende Presle Çalışan Bir Lif levha Fabrikasında Serme Hattının ve Presin Yan Kesiti (Maloney, 1993).

1976 – 1977 yıllarında Amerika’da üretilen mende levhalar üzerine yapılan birçok çalışma sonucunda levhanın iç yapışma dirençleri standardın öngördüğü değerlerin üzerine çıkarılmıştır. Fakat boyuna yönde uzama miktarı katlı preslerde üretilen yonga levha veya lif levhadan yüksek çıkmıştır. Şekil-54’deki mende presin şekline göre taslağı taşıyan çelik bant, bandı soğutan soğutma silindiri, germe silindiri ve dönüş silindiri arasında sonsuz bant halinde dönmektedir. Çelik bant sıcaklığını basınç silindirinden ve kızılötesi ısıtıcılardan alır. Çelik bant taslağı sıkıştırma 3–5 m çapında 150⁰C kadar ısıtılmış basınç silindir ile hemen önünde ve ortasında yer alan çapları çelik silindirden daha küçük olan giriş ve dönüş silindirleri etrafında dolaşarak sağlamaktadır. Çelik bant sürekli ön presten geçen taslağın giriş silindiri ile pres silindiri arasında ilk basınç uygulanacak yere taşırken giriş silindirinden hemen önce bandın altında bulunan kızılötesi ısıtıcılarla 120⁰C’ye kadar ısıtılmaktadır (Suchland ve Woodson, 1991).



Şekil-54: Mende Presin Şematik Görünüşü (Suchland ve Woodson, 1991).

Giriş silindiri ve pres silindiri kızgın yağ (sıcak su ve buhar kullanılabilmekte fakat üreticiler için iç ve dış kısımlarda kullanılacak levhalar üretiminde sıcaklığı ayarlama ve en esnek olan sıcak yağı tercih etmekte) ile ısıtılmakta ve sıcaklıkları 180°C 'ye kadar çıkabilmektedir. Pres silindirinin yüzey sıcaklığı 149°C civarındadır. Giriş silindiri ile pres silindiri arasında kızılötesi ısıtıcılar yerleştirilmiş olup bu şekilde çelik bandın sıcaklığı sürekli muhafaza edilmektedir. Çelik bant üzerinde ilerleyen taslağa pres silindiri ile dönüş silindiri arasından geçerken maksimum basınç uygulanmaktadır. Uygulanan basınç çelik bandın genişliğine bağlıdır. Bu gerginlik germe silindirinin ayarlanması ile kontrol edilmektedir. Pres silindiri etrafından geçen bant iki veya daha fazla kızılötesi ısıtıcı ve iki adet soğuk olarak

uygulayan baskı silindirinden geçerek taslak en son levha kalınlığına getirilir (Maloney, 1993).

Çelik bant döndürme silindiri etrafından ters yönde serme istasyonu hareketlenerek sonsuz bir şekilde dönerken levha boy kesme daire testeresine doğru ilerlemektedir. Çelik bant serme istasyonuna gelmeden önce sıcaklığı düşürmek (66–71⁰C) için su ile soğutulmuş bir silindirden geçmektedir. Aksi takdirde taslak sıcak prese gelmeden önce sertleşmeye uğramaktadır. Pres silindirini terk eden levhanın sıcaklığı 110⁰C'dir. Mende presin en önemli bölümünü oluşturan pres silindiri yüzeyinin çiziklerden korunması son derece önemlidir. Ekseni etrafında dönen birkaç fırça çelik bandın ve pres silindirinin yüzeyini temizlemektedir. Mende presin liflevha üretiminde kullanılması için sisteme bir vakum kasası, çelik bant yerine bir tel elek ve sürekli basınç uygulayan ön pres gerekmektedir. Presten ayrılan levha önemli derecede eğimli hareket etmekte, fakat kısa süre içerisinde düzgün bir hal alarak boy kesme daire testeresinde ebatlanmaktadır (Maloney, 1993).

1.1.9.12. Levhanın Klimatize Edilmesi ve Ebatlanması

Odun lifleri bünyelerine havanın rutubetini alarak genişlerler. Bu genişleme liflerin boyu yönünde az, buna karşılık enine yönde fazladır. Lif levhada, odunda olduğu gibi gözenekli bir yapıda olup sıvı ile ilişkileri yönünden oduna benzerlik gösterir. İçinde bulunduğu havanın nispi rutubetine göre bünyesine su alır veya su kaybeder. Böylece havanın nispi rutubeti ile levha rutubeti arasında bir denge oluşur. Masif, odunda olduğu gibi lif levha adsorpsiyon ve desorpsiyon hallerinde boyut değiştirir ve iki halde ihtiva ettiği nem miktarı farklıdır. Bu değişikliklerin belli seviyede tutulması gerekir. Üretilen lif levhaların çarpılmasını ve boyut değişikliklerini önlemek için klimatize edilmesi gerekir. Klimatizasyonda amaç; lif levhalara gerekli rutubet seviyesine hızlı bir şekilde ulaşıp levhayı uygun sıcaklığa

kadar sevk etmektir. Çünkü sıcak levhanın adsorpsiyon hızı soğuk levhaya oranla fazladır.

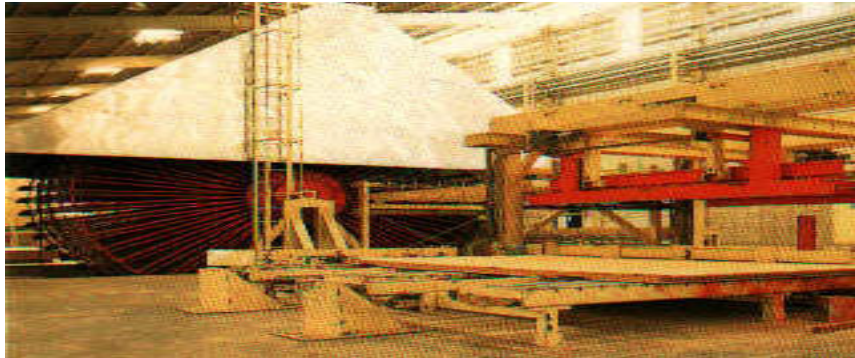
Günümüzde MDF ve yonga levha gibi ürünlerde klimatizasyon işlemi 360⁰ dönebilen yıldız soğutucularda yapılmaktadır. Milin dönmesiyle levhanın her tarafı soğuk hava ile temas eder. Presin hemen çıkışında serme bandı genişliğince bandın altında ve üstünde yer alan ve sayıları presin genişliğine göre değişen (7-8 adet) kalınlık ölçüm cihazından geçerken kalınlıkları ölçülmektedir. Kalınlık pres dışında belirlenmekte kalınlıktan düşük olduğu takdirde uyarıcılar alarm lambası ile sinyal vermektedir. Özellikle son on yılda ilerleyen teknoloji sayesinde bugün birçok MDF fabrikasında presten çıkan levhaların kalınlığının ölçülmesinde, yoğunluk profilinin tespitinde ve levha içerisinde oluşabilecek iç patlakları belirlemek amacıyla ultrasound ölçüm cihazı kullanılmaktadır.

Bu sistemde bandın altında ve üstünde bulunan kaynaklardan çıkan ses dalgaları, levhanın bir yüzeyinden diğer yüzeyine doğru ilerlerken levha içerisinde her hangi bir boşluğuna rastlandığı takdirde sinyal vermekte ve bu sayede levhaların iç patlakların yeri tespit edilmektedir. Bant üzerinde ilerleyen levhayı genişliği boyunca tarayan ses dalgaları göstergeler (MW) dönüştürülmüş halde okunmaktadır. Ses dalgaları levhayı tararken belirlenen maksimum veya minimum MW değerlerini aştığı takdirde sistem ses veya ışıkla sinyal vererek levhada bir boşluk olduğu anlaşılma ve otomatik olarak bilgisayar monitöründen patlağın yeri tespit edilir. Ultrasound ölçüm sisteminde levha kalınlığı 0,0127 mm hassasiyete kadar ölçülebilmektedir. Levhanın bant üzerindeki hızı dakikada 46 m'ye kadar çıkabilmektedir. Kalınlık, ölçüm cihazından geçen levhalar bant üzerinde ilerleyerek döner yıldız soğutucu girişindeki terazide tartılmaktadır. Kalınlığı ölçülen ve tartılan levhalar teker teker yıldız soğutucunun kollarına alınmaktadır. Levha yoğunluğu

düşük olduğu takdirde alarm lambası sürekli ikaz etmektedir. Bu tip levhalar ya 1skarta ya da ikinci kalite olarak kullanılır (Ayrılmış, 2000).

Katlı preslerde oluşan levhalar klimatize işleminden sonra ebatlama tablasının standart ölçülerinden birisi seçilerek levhanın kenarları testereyle düzeltilip ebatlama işlemi yapılmaktadır.

Kontinu preslerde oluşan levhalar klimatize işlemine girmeden önce kenar alma testereleriyle levhanın kenarları düzeltilir. Üretim hızına bağlı olarak üretim esnasında levhayla birlikte diyagonal testere ile istenilen ölçülerde levhanın boyuna yönde ebatlama yapılmaktadır. Ebatlanan levhalar klimatize edilerek paketler halinde yarı mamul depoda dinlendirmeye alınmaktadır.



Şekil-55: Döner Tipte Yıldız Soğutucu (Merbok MDF Malaysia).

1.1.9.13. Zımparalama, Boyutlandırma, Depolama

Levhalar zımparalama işlemlerine başlamadan önce 4- 15 güne 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 itibariyle 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.

Zımparalama işleminde levhanın zımpara hattına verilmesi hidrolik asansör ile olmaktadır. Levhalar taşıyıcı rulolar üzerinde tek tek zımpara makinesine girerek her iki yüzeyi zımparalanmış olarak makineden çıkarlar. Zımparalanan levhalar hattın sonunda döner fırçalar yardımı ile yüzeydeki tozlardan temizlenir. 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.

MDF üretiminde 6 veya 8 silindiri 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/dak hız ile ilerlemekte ve kalın levhada hız incelere oranla biraz daha azdır (Ayrılmış, 2000).

1.1.9.13.1. Zımparalama Kalitesini Etkileyen Faktörler

Levha üretiminde kullanılan ağaç türleri, levhanın yüzey yoğunluğu ve sertliği zımpara makinesinin yapısı, silindir sayısı, basınç miktarı, beslenme hızı ve toz emme sistemi kapasitesi levhanın zımpara kalitesini etkilemektedir. Zımpara makinesinde zımpara bandı tarafından levha üzerine yapılan basınç fazla olduğu takdirde levha yüzeyinde boyuna yönde çizikler oluşmaktadır. Zımpara hattında hız 25–30 mm/dak arasında değişmektedir (Ayrılmış, 1999).

Seramik–alüminyum oksit aşındırıcı zımpara bandı kaba zımparalama için tercih edilirken, silikon–karpit aşındırıcı zımpara bandı ise ince yüzey zımparalama bandı için kullanılmaktadır. Zımpara makinesini yüksek itme hızı levhanın yüzey kalitesinin bozulmasına sebep olmaktadır (Euro MDF Board EN 324 – 1).

Zımparalanmış levhalarda 30 mm kalınlığa kadar olan levhalar için $\pm 0,2$ - $\pm 0,3$ mm kalınlık toleransına izin verilmektedir.

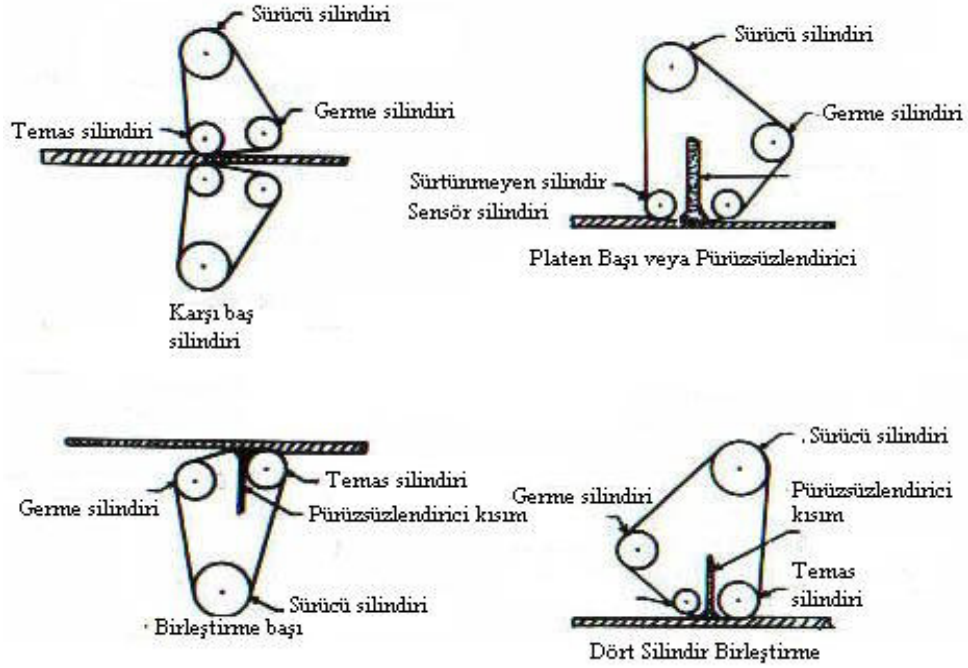
Zımparalanmadan sonra levha yüzeyine ve enine kesitlerine bakılarak sınıflandırılır. Statik pres kullanılan fabrikalarda (katlı pres) boyutlandırma zımparalandırmadan önce yapılırken; sürekli preslerde zımparalamadan sonrada yapılmaktadır. Sınıflara ayrılan levhalar işaretlenme işlemi yapıldıktan sonra düzgün bir alt asansör üzerine üst üste koymak suretiyle istiflenir. İstif yeri sıcaklığının 18–24⁰C ve bağıl nemi %60–65 olması tercih edilir (Maloney, 1993).

Bugün özellikle Almanya, Fransa, İngiltere, İspanya, Portekiz v.b Avrupa ülkelerinde gelişmiş teknolojiyi kullanan birçok MDF fabrikasında Walmet Corporation tarafından yapılan bilgisayar kontrollü LUKKITM ara depolama sistemi kullanılmaktadır. Bu depolama sisteminde levha boyutlarına, kalınlıklarına bağlı

olmaksızın ana depolama, zımparalama, boyutlandırma ve paketleme hatları entegre olarak çalışmaktadır. Depo zeminine raylar döşemek suretiyle levha taşıma aracı depo alanı içerisinde bilgisayar kontrollü olarak kolayca hareket edebilmektedir. Böylece insan gücü ihtiyacı minimuma inmekte, küçük alanlarda yüksek depolama kapasitesi sağlamakta, forkliftler ile taşımada güçlükler çıkarabilen kalın levhaların paketler halinde istif edilmesi bu sistemde daha kolay olmaktadır. Oysaki geleneksel forklift ile taşıma işleminde depolama alanında forkliftin rahat hareket edebilmesi için daha fazla açık alana ihtiyaç vardır. Ayrıca forliftin yapabileceği istif yüksekliği LUKKI™ sisteminde olduğu kadar yüksek değildir. Levha grupları altındaki çelik paketler ile yapılır. Böylece forkliftlerle taşıma esnasında levha taşımada meydana gelebilecek çatlama veya kırılmalar bu sistemde ortadan kalkmaktadır. Bu konuda yapılan bir araştırmada geleneksel forklift ile taşımada ve yüklemede toplam üretim kapasitesinin %3–6'sı kadar bir zayıf olduğu tespit edilmiştir (MDF industry valmet, 1997).

Depo alanında ray üzerinde hareket eden asansörlü araçta asansör yukarı kalkmak üzere çelik paletleri üzerindeki belli sayıdaki MDF'lerle birlikte istife kolayca koyabilmekte ve istiften de paletleri alarak zımpara hattına otomatik olarak verebilmektedir. Paletli aracın sürekli, gidip geldiği raylar arasına muntazam olarak yerleştirildiğinde depo alanında maksimum düzeyde faydalanılmaktadır (MDF industry valmet, 1997).

Levhaların soğuduktan sonra zımparalanması gerekmektedir. Soğuyan levhalar kuvvetlidir. Eğer sıcak levhalar zımparalandıktan sonra fiziksel ve mekaniksel özelliklerinde de tamamen kaliteli olmaz. Sıcak levhaların boyutları ile soğuk levhaların boyutları birbirine eşittir. Bazı fabrikalarda kaba şekillendirmenin ardından en son şekillendirme yapılır.



Şekil-56: Bazı Zımparalama Başlıkları Şekilleri (Moloney, 1993).

Zımpara başlığında oluşan tozları uzaklaştırmak için havalı sistem kullanılır. Eğer uygun olmaz ise zımparalanan levha yüzeyinde toz kalabilir. Bu tozlar taşımada, sevkıyatta, motor ve paketlerde kirlenmeye neden olur. Hem makine, hem de levhada yeterli temizlik için yüksek kapasiteli fanlar veya büyük borulara gerek vardır. Toz toplama sisteminde bir problem olursa zımpara bandında patlama veya makinede kopma olabilir. Bu olaylar olduğu zaman toz toplama kanallarındaki büyük bir kıvılcım oluşmakta ve toz torbalarında patlama ve yangına sebep olmaktadır. Zımpara toz toplama sisteminde patlamayı yok etmek için Explosion Suppresion gibi çok önemli bir sisteme gerek vardır. Zımpara bandını depolamak için son derece pahalıdır. Zımpara bandının uzun ömürlüsü, bandın pahalılığı ve üretim etkinliği gibi bazı özellikler vardır. Zımpara çeşitlerinde kum modellerinin kullanılması üretime göre olmaktadır. 80 kumlu zımparada daha iyi yüzey elde edilmez. Zımparalama kum sıralaması 50-100, 60-100 ve 20-80 ile 150 kum olabilir. Zımpara kâğıdına göre daha yüksek olan 400 kumluk da kullanılabilir (Maloney, 1993).

Zımpara bandının ömrü yüksek rutubetten dolayı kısalmış olabilir veya toz alma yeteneğinin azalması, kesim oranının ağırlaşması, zımpara besleme hızının ağırlaşması levhadaki reçine seviyesinin yüksek olması (özellikle yüzeylerde) levhanın ağırlığının yüksek olması levha yüzeyine metal veya diğer maddelerin karışması odun türleri ekstraktiflerinin ve lifin içindeki tutkal miktarı gibi özellikler zımpara bandının ömrünü etkiler. Zımpara bantlarını kullanmadan önce 21⁰C ve %50 bağıl rutubette kontrol edilebilen özel raflarda depo edilmelidir. Uygun depolama ile yanlış kullanımlar önlenmelidir (Maloney, 1993).

1.1.9.13.2. Depolamada Dikkat Edilecek Hususları

- a.** MDF levhaları tercihen yatay olarak temiz bir zemine karşı takozlar kullanılarak depolanır. Rutubetli zemine karşı ise polietilen şilte konularak rutubetten korunabilir.
- b.** Takozlar eşit kalınlıkta olmalı aradaki açıklıklar 80 cm' den daha fazla olmamalıdır. İnce levhalarda levha kalınlığının 50 katından daha fazla olmamalıdır.
- c.** Dikine istifler düzgün olmalı ve takozlarda aynı hizada olmalıdır.
- d.** Paketlerden taşan takoz çıkıntıları minimum olmamalıdır.
- e.** Az sayıda levha iyi yerleştirilir ve desteklenirse dikine istif edilebilir.
- f.** Depolama alanı iyi havalandırılmalıdır. Depolama alanında hava bağıl nemi %50 levha rutubet miktarı %7-9'da olmalıdır.
- g.** Ekstrem rutubetten dolayı her bir paketin etrafı plastik ile ambalajı yapılmalıdır.
- h.** Levhalar transportu tek tek hava şartlarına uygun olarak yapılmalıdır.

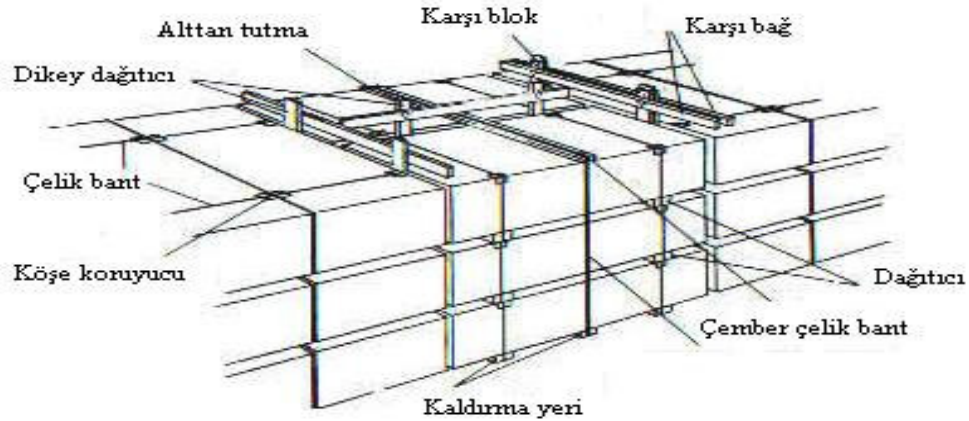
I.Paketlerin altına ve üstüne koruyucu levhalar konmalıdır. Uzun süreli depolamada çevreden gelebilecek kısa süreli değişik zarar verebilecek nesnelere ortadan kaldırılmalıdır (Maloney, 1993).

1.1.9.13.3. Levhanın Seçimi

Levhalar zımparadan ayrıldıktan sonra levhaların yüzeyleri kontrol edilerek kusurlu olan için sınıflandırma yapılır. Bu kusurları göstermek için eğimli ışıklar kullanılır. Levha hat üzerinde dönerken operatör tarafından kontrol edilir veya alt yüzeyi gösteren yansıtıcı ayna vasıtasıyla levhanın yüzey özellikleri belirlenebilir. Sınıflandırma otomatik kontroller ile yapılabilmektedir. Sınıfı belirlenen levhalar paketleme hattında istiflenir (Maloney, 1993).

1.1.9.13.4. Depolama ve Sevkiyat

Sevkiyat departmanı müşteriye levhaların sevkiyatını sağlamakla sorumludur. Paketler zarar görmeden görünüşü bozulmadan yükleme yapılmalıdır.



Şekil-57: Uygun Yükleme Modelinin Gösterilmesi (Maloney, 1993).

Yükleme için sağlıklı taşımanın sağlanması gerekmektedir. Paketler bütün yabancı materyallerden bütün mekanik zararlardan tamamen korunmalıdır. Levhalarda yüklemede zarar görebilecek yerlere blok yan engelleyici konulmalıdır. Sevkiyat haline getirilen paketler arasında takoz ve lastik sıkıştırıcılar konulmaktadır. Lastik sıkıştırıcılar, levha paketinin kaymasını önlemekte ve sabitlemektedir.

Paketler arasında gerekli sağlamlık olması için bütün ara geçişlerde sert elik bantlar birbirine bağlanmalıdır. Bu şekilde yapılan bir y¼kleme paketlerin zarar g¼rmeden m¼řteriye kadar sağlıklı bir şekilde taşınmaktadır (Maloney, 1993).

1.1.10. Isı Üretimi

Yakıtın yakılması ile elde edilen ısı enerjisinin suda depolanması ile elde edilen sıcak su, kızgın su, buharın (ıslak, kuru vs) sıcaklık, enerji (ısı) veya basıncından yararlanılması olayına ısı üretimi denir. Isı enerjisi depo edilmesi ile suyun değişik durumlarından yararlanmak için geliştirilmiş kapalı kaba kazan denmektedir (TMMOB Sanayi Kazanları, 2000).

1.1.10.1. Buhar Kazanının Tanımı

Yakıtların yakılması ile elde edilen ısıdan yararlanarak, istenilen sıcaklık, basınç ve miktar buhar üretip çeşitli üretim böl¼mlerinde (elektrik üretimi, pişirme, kurutma, vb) kullanımı için sıcak akışkanın sağlanmasına yarayan kapalı kaba buhar kazanı denir. Kazan olayında temel amaç yakılan yakıtın ısı enerjisini kullanılacak akışkanda (su) depo etmektedir. Günümüzdeki kritik üstü olarak adlandırılan 300 atü ye kadar basınçta buhar üretimi yapılmaktadır.

1.1.10.2. Buhar Kazanlarının Sınıflandırılması

A. Basınlarına Göre;

- a. Alçak basınçlı (1 atü n¼n altında) kazanlar
- b. Orta basınçlı (1 atü n¼n üstünde) kazanlar
- c. Yüksek basınçlı (2,5 atü n¼n üstünde) kazanlar.

B. Ocak Cinsine Göre;

- a. İten ocaklı kazanlar
- b. Dıştan ocaklı kazanlar

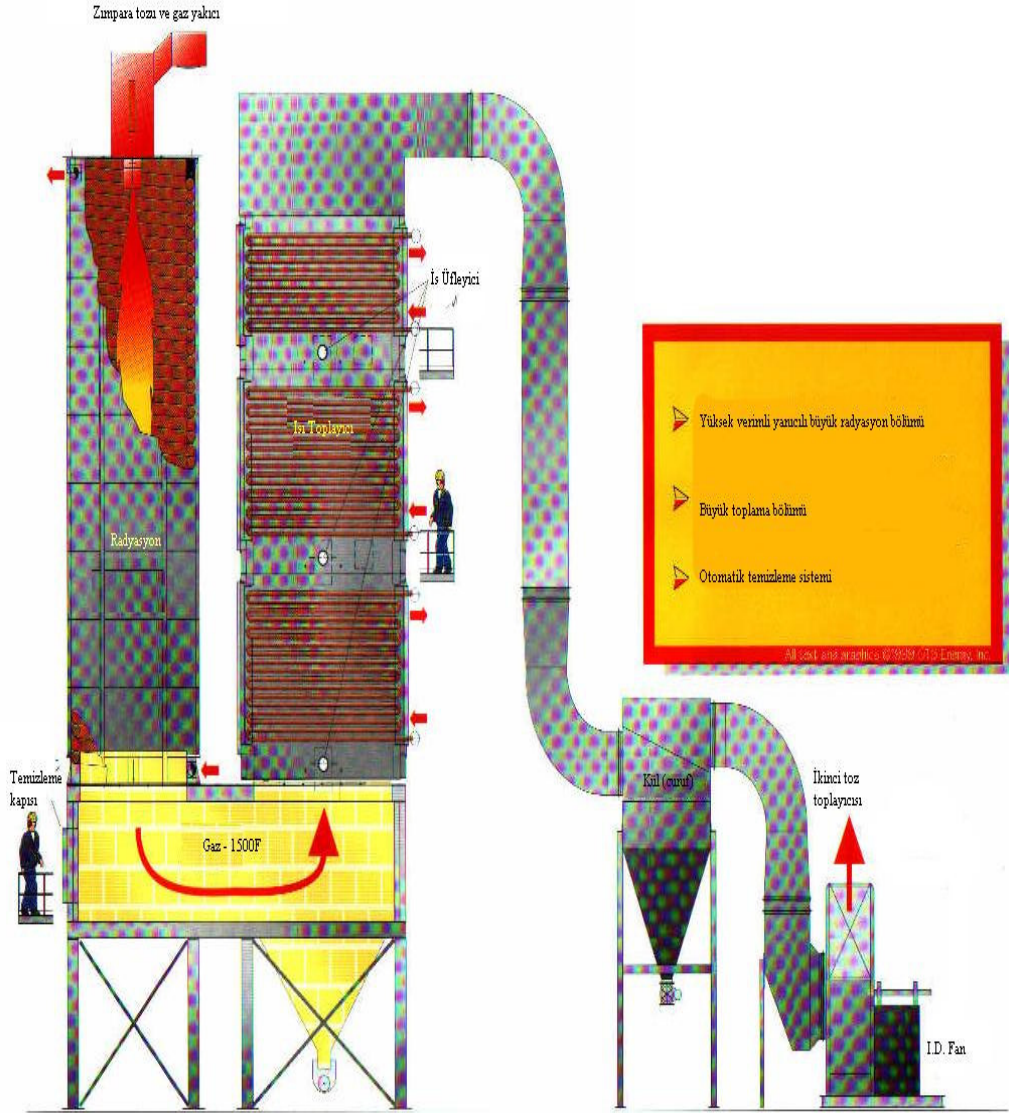
C. Kullanılan Yakıt Cinsine Göre

- a. Kömür (parça veya toz) yakan kazanlar
- b. Sıvı yakıt yakan kazanlar
- c. Gaz yakıt yakan kazanlar

D. Günümüzde Kullanılan Kazanlar

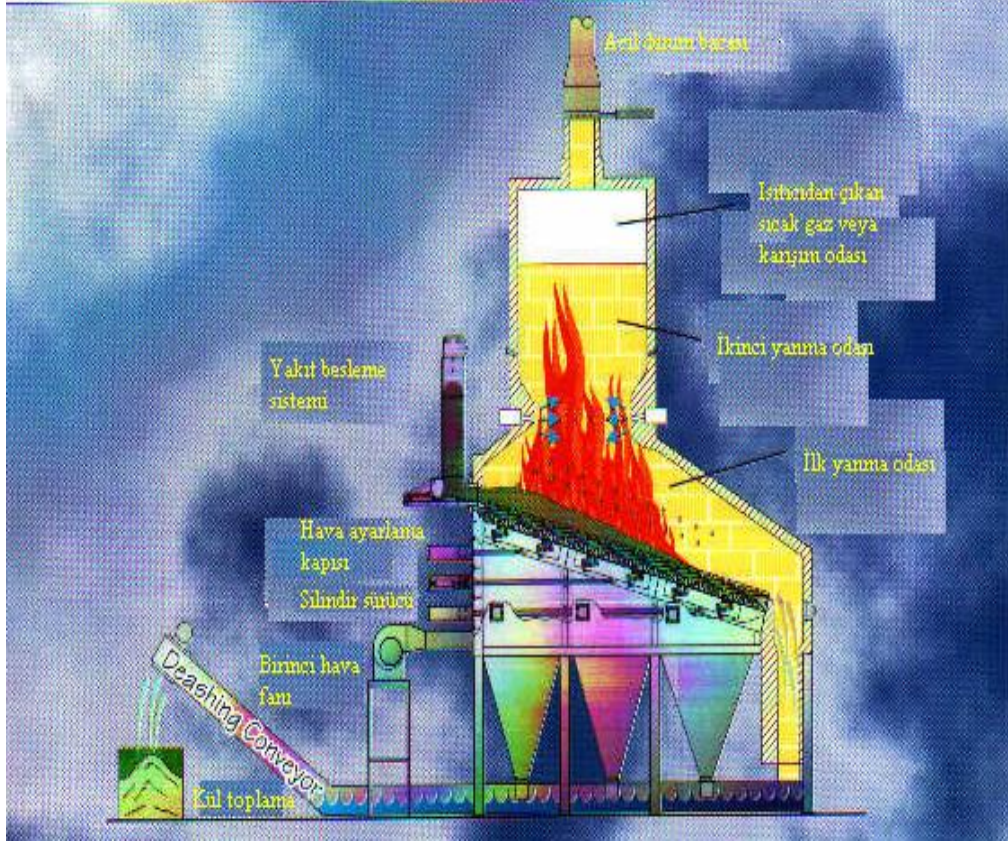
- a. Büyük su hacimli kazanlar (alev borulu kazanlar, alev-duman borulu kazanlar)
- b. Küçük su hacimli veya su borulu kazanlar
- c. Özel kazanlar (zorlanmış akımlı, artık ısı)
- d. Büyük Su hacimli kazanlar
- e. Kazan hacmine göre su kapasitesinin fazla olduğu kazanlardır (TMMOB Sanayi Kazanları, 2000).

MDF tesislerinde zımpara tozu bol olduğundan ve yaklaşık 7000 kcal/kg ısı vermesi nedeni ile verimli ısı üretimi yapılabilmektedir. Bunun yanında toz ve gaz yâda sıvı yakıt brülörü kombine olarak kullanılabilir.



Şekil-58: Zımpara Tozu ve Gazla Yanan Kazan Isıtma Sistemi (GTS energy sistem, 2000)

MDF fabrikalarında kabuk, elek altı, toz ve küçük odun atıklarının yakılarak enerji üretimi Şekil-59'daki katı yakıt kazanından yararlanılmaktadır.



Şekil-59: Atıklarla Yanan Kazan Isıtma Sistemi (GTS energy sistem, 2000)

1.1.10.3. Kazan Yardımcı Donanımları

1.1.13.3.1. Su Hazırlaması ve Besleme

Hidrojen (H_2) ve oksijenin (O_2) kimyasal birleşmesi ile su (H_2O) oluşur. Yumuşatılmış veya damıtılmış su, renksiz, kokusuz ve tatsızdır. Böyle bir suyun $+4^{\circ}C$ deniz düzeyinde ve havada özgül ağırlığı 1 gr/cm^3 , kaynama derecesi $100^{\circ}C$ 'dir. Fakat doğada su çeşitli yer katmanlarından geçerken yapısında bazı metal tuzları eriterek alır. Bu tür sulara sert su denir. Sular geçici ve kalıcı sertlik olarak ikiye ayrılır (TMMOB Sanayi Kazanları, 2000).

a. Geçici Sertlik: Kaynatılarak çökeltme biçiminde giderilebilen sertliğe geçici sertlik denir. Bu tür sulara erimiş olarak karbonatlar bulunur. Kalsiyum karbonat ve magnezyum bikarbonat vb (TMMOB Sanayi Kazanları,2000).

b. Kalıcı Sertlik: Kaynatılarak çökeltme biçiminde giderilemeyen sertliğe, kalıcı sertlik denir. Bu tür suların yapısında sülfat tuzları bulunur, magnezyum sülfat, kalsiyum sülfat gibidir. Toplam sertlik sudaki kalsiyum karbonat (CaCO_3) miktarı ile belirlenir. Buda karbonat olan ve olmayan sertliklerin toplamı demektir.

Değişik ülkeler kendilerine göre bir sertlik birimi seçmişlerdir. Dünyada ve Türkiye’de sertlik belirlemesi bu birimlerden birine göre yapılır.

Bir Alman sertlik derecesi : 1 ton suda bulunan 17.86 g CaCO_3 demektir.

Bir Fransız sertlik derecesi : 1 ton suda bulunan 10 g CaCO_3 demektir.

Bir İngiliz sertlik derecesi : 1 ton suda bulunan 14,29 g CaCO_3 demektir.

Bir Amerikan sertlik derecesi: 1 ton suda bulunan 17,16 g CaCO_3 demektir.

Bir Rus sertlik derecesi : 1 ton suda bulunan 2,5 g CaCO_3 demektir.

Bizde en çok Alman ve Fransız sertlik birimleri kullanılır (TMMOB Sanayi Kazanları, 2000)

1.1.10.3.2. Su Yumuşatma Yöntemleri

Sular kimyasal veya mekanik yumuşatma işleminden geçmeden önce çökeltme, süzme (filtreleme) ve havalandırma gibi ön temizleme işlemleri uygulanır.

1.1.10.3.2.1. Diğer Su Yumuşatma İşlemleri

a. Kireç soda yöntemi.

b. Fosfat yöntemi.

c). Fiziksel yolla yumuşatma.

d. Buharlaştırma ve yoğunlaştırma.

e. Elektro ozmos.

f. Manyetik aygıt.

g. Permutit yöntem (iyon değiştirme).

h. Permutit yöntem (iyon değiştirme), kation değiştirici.

1. Demir analiz sistem anyon+kasyon değiştirici olarak sınıflandırılır (TMMOB Sanayi Kazanları, 2000).

a. Kireç Soda Yöntemi

Çok yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Yalnız sertlik derecesi 13-14⁰d (Alman sertliği) olan suları kullanılabilir sıfır sertlik derecesine yumuştır. Özel bir kapta 70-90⁰C'e ısıtılan ham suya, suyun sertliğine göre Ca(OH)₂ (Kireç) ve (Soda) konur. Böylelikle suyun toplam sertliği CaCO₃ (Kalsiyum karbonat) katkı maddeleri ile kimyasal tepkime sonucu çökeltilerek sudan uzaklaştırılmış olur (TMMOB Sanayi Kazanları, 2000).

b. Fosfat Yöntemi

Bu da bir tür kimyasal tepkime ile CaCO₃'ın yani sudaki toplam sertliği belirleyen kalsiyum karbonatın çökertilmesidir. Fosfat pahalı olduğundan Na₃PO₄ (trisodyumfosfat) kireç - soda yöntemiyle birlikte kullanılır ve kazanda sürekli fosfat fazlalığı istenir. Na₃PO₄ aynı zamanda kazan suyunun PH' ını ayarlama işini de görür (TMMOB Sanayi Kazanları,2000).

c. Fiziksel Yöntem

1. Buharlaştırma ve Yoğuşturma Yöntemi

Çeşitli yöntemlerle buharlaştırılan su başka bir kapta yoğunlaştırılarak sertliği 0,2⁰d'ye dek düşürülür. Oradan su buhar kazanına veya kullanma yerine gönderilir. Pek kullanılan yöntem değildir.

2. Elektro Ozmos Yöntemi

Suyu elektrolize yoluyla yumuştır. Kapasitesinin çok düşük ve pahalı oluşundan pek kullanılmaz.

3. Manyetik Aygıt

Su çevrimine konulan bir doğal mıknatıstır. Buradan geçen suyun içinde bulunan sertlik veren tuzlar, mıknatısın etkisiyle iyonlara parçalanır ve çökelir. Bu iyonlara parçalanmış tuzlar, kireç tabakası kaplanmış yüzeylere giderlerse oradaki kireçler de parçalanır. Çok ekonomiktirler ve küçük sistemlerde yaygın kullanılırlar (TMMOB Sanayi Kazanları, 2000).

d. İyon Değişirme Yöntemi

1. Permotit Yöntem (İyon Değişirme Yöntemi)

Özellikle sanayide çok yaygın olarak kullanılan bir su yumuşatma sistemidir. İyon tutma ilkesine dayanır. Bu nedenle iki tür yapay reçine (permotit reçine) geliştirilmiştir.

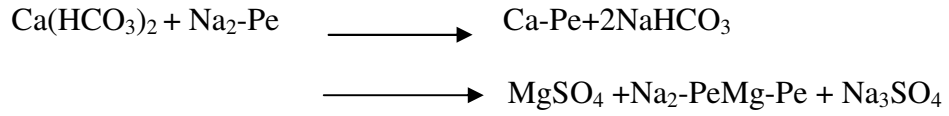
a. Anyonik reçineler,

b. Katyonik reçineler.

Anyonik reçineler, anyon yüklü metal tuzları tutabilen reçinelerdir. Yani kendileri katot görevi görürler. Katyonik reçineler ise katyon yüklü metal tuzları tutan reçinelerdir. Yani anot görevi görürler. Bu reçinelerin doğasına zeolit adı verilir. Doğada bu zeolit adı verilen yapılar sodyum, potasyum, kalsiyum ve alüminyum hidrosilikat vs gibi 20 kadar minerallerdir. Bugün bu zeolitlerin yapayı oluşturulmuştur. Yapayların maliyetleri doğallara göre yüksek olduğundan bugün sanayide tümü ile yapay reçineler kullanılmaktadır. (1m³ yapay reçine 14.000 – 15.000'g CaCO₃'i sudan ayırır (TMMOB Sanayi Kazanları, 2000).

Yapay reçineler önceleri (permotit reçineler) alüminyum silikat, alkali karbonat ve kumun (silis) birlikte kızdırılması ile elde edilirdi. Şimdi ise bu yapay reçineler alüminyum sülfat ve sodyum silikat eriyiklerinden yapılırlar. Sodyum permotit Na-Pe diye gösterilir.

Suyun yumuşatılması sırasında oluşan kimyasal olay şoyledir:



Denklemdede görüldüğü gibi suya sertlik veren kalsiyum ve magnezyumu reçine yapısına almaktadır. Daha doğrusu reçinenin içinde bulunan sodyum (Na) ile kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) yer değiştirmektedir. Bu yer değiştirme denge kurulana dek sürer ve reçineler doyana dek (Ca) ve (Mg)'lar tutulur. Reçineler doyduktan sonra suyu yumuşatamaz duruma gelir. Reçinelerin suyu yumuşatamaz duruma geldiği zamanı iyi saptamamız gerekir. Terside durumunda sisteme veya kazana sert su kaçırmış ise, kazanda kazan taşı oluşmasına neden olunur. Her yumuşatma aygıtının geçen su değerine göre suyu yumuşatma süresi (5-6 saat gibi) belirlenir. Su yumuşatma aygıtını işletmeye alırken, işletmeye alındığı saat yazılır. Işletme süresinin tamamlanmasına yakın büret şişesi olarak tanımlanan şişe ile, su yumuşatma aygıtının suyu yumuşatıp yumuşatmadığı denetlenir. Eğer yumuşatma gerçekleşmiyorsa, bu yumuşatma aygıtı işletmeden çıkartılır (TMMOB Sanayi Kazanları, 2000).

2. Büret şişesi ile Denetim

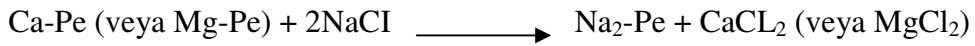
Büret şişesi olarak tanımlanan aygıt, bir tuzluk veya bir mürekkep şişesi byklğindedir. Bu şişe, yarıya yakın denenecek su ile doldurulur ve içine 5–6 damla sabun eriyiği damlatılır. şişenin ağzı kapatılarak çalkalanır. Suyun üzerinde bir parmak kalınlığına yakın sabun kpğ oluşup hemen snmyorsa, yumuşak su demektir. Snyorsa veya sabun kpğ oluşmuyorsa sert su demektir. Yani su yumuşatma aygıtımız suyu yumuşatamıyor demektir. Bu durumda aygıt işletmeden çıkartılıp, geri kazanma işlemine alınır. Eğer suyumuzun sertlik değeride bulunmak isteniyorsa atal borudan büret şişesine sabun eriyiği damıtılması sürdürülür. Büret

şişesinde çalkalama sonucunda kalıcı ve bir parmak kalınlığında köpük elde edildiği noktada çatal boru üzerinde sabun eriyiği kullanma miktarımıza göre okunan değer suyumuzun sertlik değeridir (TMMOB Sanayi Kazanları, 2000).

I. Geri Kazanma İşlemi (Rejenerasyon)

Aygıt önce ters yıkanarak reçinelerin üzerini kaplamış olan çamur katmanı atılır. Sonra reçinelerin üzerinde tuz eriyiği geçirilerek reçineler tuzlanır. Bu kez ters iyon değiştirme olayı olur. Yani tuzun sodyumu sert su ile doymuş olan reçinenin magnezyumu ve kalsiyumu ile yer değiştirir. Böylece reçine yeniden suyu yumuşatabilir duruma getirilmiş olur (TMMOB Sanayi Kazanları, 2000).

Oluşan Olay:



Kalsiyum magnezyum + tuz sodyum + kalsiyum magnezyum permatit, permatit eriyiği, permatit klorür, kullanılacak tuz eriyiğinin (sodyum klorür) miktarı, kalsiyum oksite (CaO) göre saptanır. Her 100 g kalsiyum oksit için 500–600 g tuz eriyiği (NaCl) gerekir. Tuzlamadan sonra reçineler yeniden yıkamaya alınır. Çünkü tuz metal için çok zararlıdır. Yıkama işlemi tatlı su gelene dek sürer. Bu suyu tadarak denemek gerekir. Bu işlemler sırasında çıkan, su gidere verilir. Tatlı su gelmeye başlayınca, yumuşatma aygıtı işletmeye hazır demektir (TMMOB Sanayi Kazanları, 2000).

1.1.10.3.2.2. Yumuşatma Aygıtı (Mispet Aygıtı)

Hem anyonik reçineden, hem de katyonik reçineden geçirilen suya yumuşatılmış ve yumuşak su denir. Yani, sert su önce anyonik reçineden geçirilerek suyun anyonları tutulur, sonraki katyonik reçineden geçirilir ve katyon yüklü metal tuzları da tutularak suda hiç bir erimiş metal tuz kalmamış olur ve saf su elde edilmiş olur. Bu yumuşatma aygıtında anyonik reçinelerin geri kazanılması, daha önce

belirttiğimiz gibi tuz ile olur. Katyonik reçinelerin geri kazanılmasında, diğer reçinelerde olduğu gibi ters yıkamadan sonra, buna tuz değilse hidroklorik asit (HCl) çözeltisi verilir. Sonra yine yıkama yapılır. Böylece yumuşatma aygıtımız işletmeye hazır duruma gelmiş olur. Yumuşatılmış su, yüksek basınçlı kazanlarda kullanılır (30–40 atü' nün üzerinde kazanlarda) (TMMOB Sanayi Kazanları, 2000).

1.1.10.3.2.3. Degazör (Gaz Alıcı)

Yumuşak su, ister permotit ister yumuşatılmış su olsun, yine de içlerinde erimiş olarak (O_2) oksijen, hidrojen (H_2) veya karbondioksit (CO_2) gazları erimiş olarak buldukları zaman kazanlar için elverişsiz su olurlar. Suda erimiş olarak bulunan bu gazlar fiziksel olarak gaz alıcıda veya kimyasal katkı maddeleri suya eklenerek giderilirler. Gaz alıcı şekilde görüldüğü gibi yumuşatılmış su dik tankın tepesinden akar, yandan buhar girer. Buharla su tavanlarda parçalanarak buharlaşır. Buharlaşan su soğuk su boru demetlerinden geçerek havalığa giderken soğuk su boru demetlerinde yoğunlaşarak yatay tankta toplanır. Yoğunlaşmayan gazlar dışarı atılmış olur. Böylece su kazan için zararlı olan gazlardan arındırılmış olur. Kazan suyu büyük işletmelerde günde en az iki kez, küçük sistemlerde 10–15 günde bir laboratuvar çözümlemesinden geçirilmelidir. İyi bir kazan suyu, aşağıdaki niteliklerde olmalıdır. Sertlik (0,1- 0,8)Alman sertliğinde, Oksijen (0,2mg/lt), Yağ (5mg/lt), PH (8,5–10,5) olmalıdır (TMMOB Sanayi Kazanları, 2000).

1.2. MDF Üretim Araştırmasında Kullanılan Ağaç Türleri

1.2.1. Rhododendron Ponticum L.(Mor Çiçekli Orman Gülü)

1.2.1.1. Rhododendron Ponticum L. Doğal Yayılışı

Mor çiçekli orman güllerinin coğrafi yayılışı Kafkasya ile Türkiye olup ayrıca yerel olarak Lübnan ve İspanyada yetişmektedir. Ülkemizde Karadeniz sahili boyunca Zonguldak, Bolu, Düzce, Bilecik, Demirköy, Istanca'ya değin uzanmaktadır. En çok Kuzey Doğu Anadolu dağlarında yetişmektedir. Mor ve Sarıçiçekli orman gülleri Karadeniz bölgesinde doğal yetişmekte, herhangi bir adaptasyona maruz kalmamıştır (Eşen ve Zedaker, 2004). Burada yapraklı ve iğne yapraklı ormanların meşcere altında yetişmektedir. Kesim yapılan orman alanlarında yaygın halde iken öteki zararlı orman alt flora (karayemiş, ayıüzümü, çobanpüskülü, böğürtlen, vb) türü ile aynı ortamı paylaşmaktadır.

Orman gülleri kışın yapraklarını döken yâda herdem yeşili çalı, ender olarak da ağaç halinde odunsu bitkilerdir. Mor çiçekli orman gülü çoğunlukla 3–4 m boylarında ağaç olabilen bir türdür. Yapraklar yeşil, deri gibi sert, tam kenarlı, geniş şerit yâda eliptiktir. Mayıs ve Haziranda çiçek açar. Çiçekler teker teker değil bileşik salkım halindedir. Çanak küçük, taç ise çan biçiminde mor, leylak-kırmızısı rengindedir. Yapraklar sürgünlere almaçlı dizilmiş saplı olup, sade, tam kenarlı yâda dişlidir. Çiçekler hafif zigomorf olup çoğunlukla terminaldir. Ya bileşik salkım, yâda teker teker bulunur. Beş parçalı çanak serbest yâda birbiri ile kaynaşmıştır. Taç yaprak çan yâda huni gibi bir şekil almıştır. Çoğunlukla 5, ender olarak 6–10 lopludur. Ovaryum 5–10 gözlüdür. Her biri içinde çok sayıda tohum tomurcuğu vardır. Meyve yumurtamsı 8–10 mm büyüklüğünde bir kapsüldür. Tohumlar çok küçük olup rüzgârla uçup dağılabilir. Çiçeklerinde Ericolin ve Andromedoksin

glikozitleri bulunmaktadır. Bu nedenle çiçeklerin balına deli bal (Ağu veya komar) adı verilir.

R. ponticum özellikle yapraklarındaki ve köklerindeki yüksel fenol bileşikleri veya onların türevleri dolayısıyla alelopatik etkisi olan bir türdür. *R. ponticum* fazla derine gitmeyen sığ kök sistemi vardır. Kök sistemi fidan evresinde farklı, ileri yaşlarda farklıdır. *R. ponticum* toprağın pH değerini düşürme eğilimindedir. Bulunduğu yerlerdeki, toprağın üst ve alt kısımlarındaki mikro ve makro elementleri üzerine önemli derecede etki etmektedir. *R. ponticum* generatif ve vejetatif olarak iki çeşit istila stratejisine sahiptir. Generatif yolla gerçekleşen istila “hızlı istila” , vejetatif yolla olan ise “yavaş istila” şeklindedir. Böylece *R.ponticum* “r-stratejik” tür niteliği göstermektedir (Kulaç, 2004).

Orman gülleri kuzey yarım kürenin serin ve ılıman bölgelerinde, bol yağış alan nemli dağlık kesimlerde yayılan çok sayıda taksonları olan önemli bir cinistir. Görsel açıdan süs bitkisi olarak yetiştirilmektedir. Orman gülleri ile kaplı alanlarda orman kurulması zordur. Orman gülleri dik yamaçlarda ve ormansız yerlerde erozyonu önlemektedir (Anşin ve Özkan, 1997).

Orman gülünün dünyada yaklaşık olarak 1200 türü Kuzey Yarımküre’de bulunmaktadır. Geniş olarak bu çalı türü Çin ve Himalayalar’a Güneydoğu Asya’dan Avustralya’nın kuzeyine doğru yayılmaktadır (Coombes, 1998). Yaklaşık 300 türünün de Yeni Gine’de bulunmaktadır (Moore ve Stearn, 1972). Mor çiçekli ormangülü 1763 yıllarında getirildiği İngiltere ve İrlanda’ya adaptasyon sağlayarak bugünkü yayılışa sahiptir (Rhootherham, 2002).

Ormangüllerinin kökeninin Asya olduğuna tahmin edilmektedir (Reiley, 1995). Bu cinsin birçok büyük boyutlu türleri Asya ülkelerinde bulunmaktadır. Diğer türlerinin de Avrupa’da ve Kuzey Amerika’da olduğu belirtilmektedir (Adkins,

1996). Asya dağlarının yamaçlarında, açık yeşil alanlarda, dar ve derin vadilerde, ufalanmış kayalık alanlarda, uçurum kayalıklarda, akarsu yataklarında, yağmur ormanlarının ağaçları altında yetişmiş olarak bulunurlar. Tam güneşli ve tamamen gölgeli alanlarda da bulunabilirler. Bu türler dağ yamaçlarında arazi üstünlüğü vardır. Tek ağaç olarak da görülebilir (Reiley, 1995).

Ormangüllerine en fazla bulunduğu yerler; Burma, Yunnan, Tibet, Çin ve Aksam'dır. Bu coğrafi bölgeler yüksek nem oranına sahiptir. Bu bölgede atmosfer, bütün yaz yağmurları süresince sisli ve nemlidir. Toprak kışın yüksek kar tabakası ile kaplıdır. Bu coğrafyada, iklim ve toprak koşulları izin verdiği sürece ormangülleri yayılışına devam etmiştir (Reiley, 1995). Dağlık arazinin iklim ve toprak şartları ormangüllerinin gelişimini ve dünya üzerindeki yayılışını etkilemektedir. Ormangülü bölgeleri bol yağış alan ve soğuk bölgelerdir (Reiley, 1995). Yağmur suyu ile yıkanan topraklar genelde asidik topraklardır. Böylece asitli toprakları seven Orman gülleri için uygundur (Clarke, 1982).

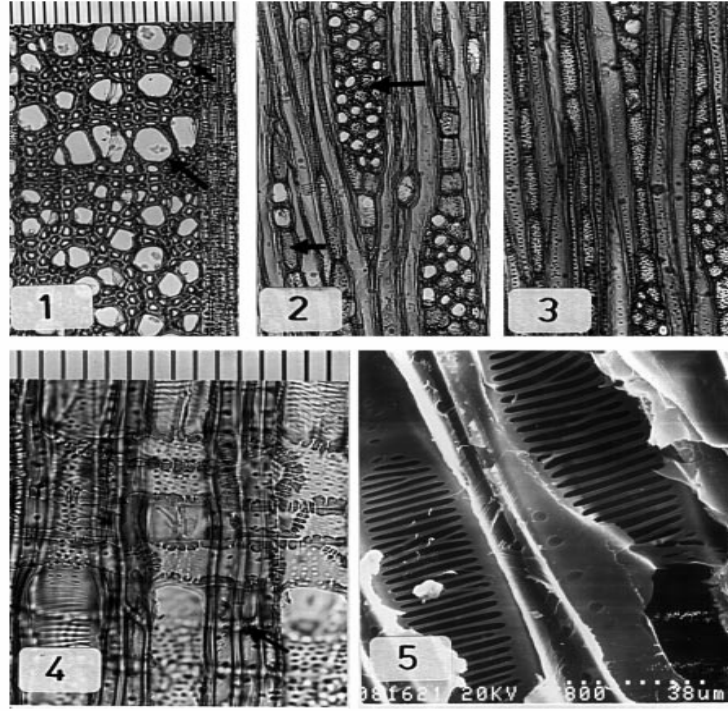
1.2.1.2. Rhododendron Ponticum L. Makroskobik Özellikler.

Orman gülünün yıllık halka sınırları belirgindir. Yaz odunu ve ilkbahar odunu belirgin değildir. Yıllık halkalar dardır. Öz ışınları çıplak gözle görülmemektedir. Odunu oldukça sert ve yoğunluğu fazladır.

1.2.1.3. Rhododendron Ponticum L. Mikroskobik Özellikler

Orman gülü mikroskobik özelliklerinden lif uzunluğu 0,95 mm, lif genişliği 17.66 µm, lifin lümen genişliği 7,96 µm, lifin çeper kalınlığı 3,22 µm' dır.

Orman gülünün kimyasal analizi sonucunda holoselüloz %80.08, alfa selüloz %44.45, lignin %18.94, kül % 1.07 oranındadır. Şekil-60'da orman gülünün mikroskobik yapısı görülmektedir.



Şekil-60: Orman Gülünün Mikroskopik Görünüşü (Merev ve Yavuz, 2000).

1.2.2. *Pinus sylvestris* L.(Sarı Çam)

1.2.2.1. *Pinus sylvestris* L. Doğal Yayılışı

Çamlar, Pinaceae familyasının en önemli cinslerinden biridir. Ülkemizde 5 tür ile temsil edilmektedir. *Pinus sylvestris* (Sarıçam), *Pinus nigra* subsp (karaçam) *Pinus Paliasiana* (Lamb.) Holomboe (Anadolu karaçamı), *Pinus brutia* Ten. (Kızıldağ), *Pinus pinea* L. (Fıstık Çamı) ve *Pinus halepensis* Mii. (Halep çamı) Çamlar 30–50 metreye kadar boy ve 100 cm den fazla çap yapabilmektedir. Bu çamlardan sadece *Pinus sylvestris*in özellikleri aşağıda verilmiştir (Yaltrık, 1998).

1.2.2.2. *Pinus sylvestris* L. Makroskopik Özellikler.

Diri odun geniş (en çok 10 cm), sarımsı beyaz renkte, öz odun kırmızımsı kahverengindedir. Kesimden sonra daha koyulaşır. Yıllık halka sınırları belirgin ve hafif dalgalıdır. Yaz odunu koyu renkli olup açık renkli ilkbahar odunu ile kontrast yaratır. Yetişme muhitine bağlı olarak yıllık halkalar dar veya geniştir. Radyal kesitte yaz odunu birbirine paralel şeritler halinde görülür. Öz ışınları çıplak gözle

görülmemektedir. Sadece yaz odununda belirgin olabilmektedir. Radyal kesitte enine, ince bantlar teşkil ederler. Boyuna paranzimler yoktur. Reçine kanalları ladin ve melezen büyük ve çok sayıdadır. Yaz odununda açık, ilkbahar odununda koyu lekeler şeklinde bulunurlar. Radyal ve teğet kesitte boyuna çizikler halindedir. Odunu mat olup parlak değildir. Taze halde iken reçine kokuludur. Dekoratif bir görünüşü vardır. Odunu oldukça sert ve orta ağırlıktadır (Yaltırık, 1998).

1.2.2.3. Pinus sylvestris L. Mikroskobik Özellikler.

Yıllık halka sıraları belirgin olup yaz odunu traheidleri radyal yönde çok yassılaştırmış, kalın çeperli, dar lümenlidir. İlkbahar odununda traheidler geniş lümenli ve ince çeperlidir. İlkbahar odunundan yaz odununa geçiş oldukça hızlıdır. İlkbahar odunu traheidlerinin radyal çeperlerinde kenarlı geçitler büyük ve tek sıralıdır.

Öz ışıkları tek sıralıdır. Reçine kanalı bulunan öz ışınları orta kısımda 2-5 sıralıdır. Öz ışınları çoğunlukla 1-12 bazen ise 15 den fazla hücrelidir. Heteroselüler yapıdadır. Öz ışını traheidleri her iki tarafta 1-3 sıralı, bazen ise öz ışını içerisinde bulunmaktadır. Bunların çeperleri kaba dişlidir. Öz ışını paranzim hücrelerinin çeperleri ince olup enine ve uç çeperlerde geçitler az sayıdadır. Karşılaşma yeri geçitleri 1-2 adet pencere tipindedir. Boyuna paranzim hücreleri bulunmamaktadır.

Boyuna reçine kanalları çoğunlukla tek tek ve genellikle yaz odunu içerisinde bulunurlar. Ladin ve melezen daha fazla sayıdadır. Epitel hücrelerinin çeperleri incedir.

Diğer çam türleri dikkate alındığında genç ağaçlarda diri odun geniştir. Öz odun rengi kızılçamda daha koyu ve yıllık halka sınırları kaba dalgalıdır. Fıstık çamında yıllık halkalar nispeten geniş olup odunu limon en dolayısı ile limon gibi kokmaktadır (Bozkurt ve Erdin,1998).

Sarıçam odununun kimyasal özellikleri; %25,8 lignin, %69,8 holoselüloz, %10,9 pentozan içermektedir (Eroğlu ve Usta, 2000).

Fiziksel ve Mekanik Özellikleri;

a. Yoğunluk;

$$D_0 = 0.49 \text{ gr/cm}$$

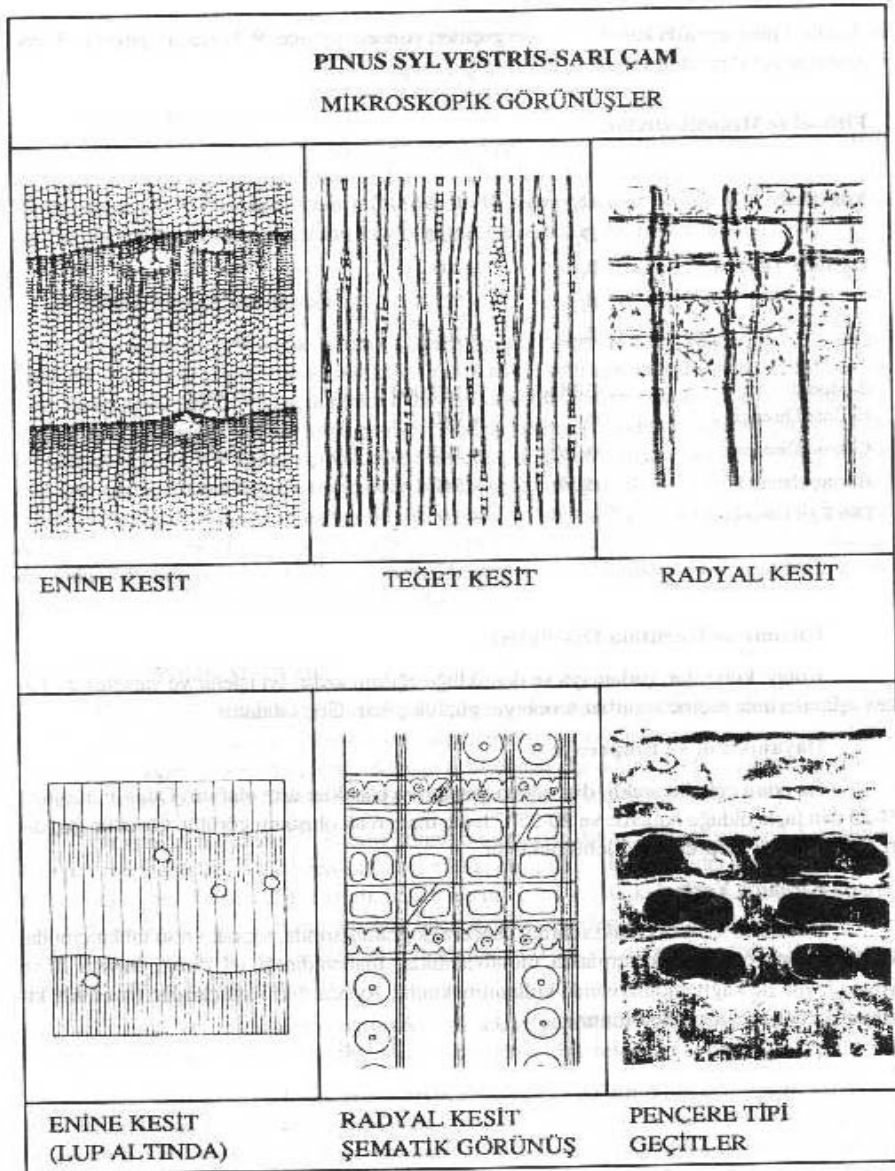
$$D_{12} = 0.52 \text{ gr/cm}^3$$

b. Daralma Yüzdesi

$$\beta_r = 4.0 \%$$

$$\beta_t = 7.7 \%$$

$$\beta_v = 12.1 \%$$



Şekil-61: Pinus sylvestris L. Mikroskopik Görünüşü (Yaltrık, 1998).

1.2.3. Quercus Robur L. (Saplı Meşe)

1.2.3.1. Quercus Robur L. (Saplı Meşe) Doğal Yayılışı

Fagaceae familyasından olan Quercus cinsi ülkemizde de çok sayıda tür ile temsil edilmektedir. Meşeleri; Ak meşe, kırmızı meşe ve daimi yeşil meşeler olmak üzere üç grupta toplamak mümkündür. 20–50 m boy, 100–200 cm ye kadar çap yapabilmektedirler.

Ormanlarda yamaç eteklerinde, taban suyu yüksek düzlüklerde, dere içlerinde küçük gruplar veya tek tek bulunur. Saf bükler oluşturmaz. Tüm Avrupa, Türkiye ve Kafkasya'da geniş bir yayılım vardır (Yaltırık ve Efe, 1994).

1.2.3.2. Quercus Robur L. (Saplı Meşe) Makroskopik Özellikler

Diri odun çoğunlukla dar ve sarımsı beyaz, öz odunu açık kahverengi ile sarımsı kahverengindedir. Kesimden sonra koyulaşır. Taze halde bazen kırmızımsı bir renk de söz konusudur. Yıllık halka sınırları belirgindir. İlkbahar odunu traheleri çok büyüktür, çıplak gözle görülebilir. 1–5 adet genişlikte halka teşkil ederler. Saplı meşede özellikle geniş yıllık halkalarda ilkbahar odunu traheleri 4–5 sıralıdır. İlkbahar odunundan yaz odununa geçiş daha yavaş ve traheler elips şeklindedir. Saplı meşede ilkbahar odunu traheleri 1–2 sıralı, traheler yuvarlak enine kesitte ve geçiş daha hızlıdır. Radyal kesitte traheler kaba iğne çiziklidir. Yaz odunu traheleri çok sayıda küçük olup şuleler şeklindedir. Sadece lüp altında görülebilirler.

Öz ışınlar tek sıralı ve çok sıralı olmak üzere iki çeşittir. Kalın olanlar 1 mm den geniştirler ve kalın öz ışınlarının arası muntazam olmayıp 2-6 mm kadardır. İnce öz ışınların arası ise 0,1 mm' dir. Kalın öz ışınları radyal kesitte kaba aynalar teşkil ederler. Teğet kesitte iğ şeklinde görülürler. Boyuna paraşimler enine kesitte lüp altında ince, kısa teğet çizgiler halinde ayırt edilmektedir. Dekoratif ve ağır bir odunu vardır (Yaltırık ve Efe, 1998).

1.2.3.3. Quercus Robur L. (Saplı Meşe) Mikroskopik Özellikler

Traheler tipik halkalı diziliştir. İlkbahar odun traheleri 400 g teğet çapa kadar olup çok büyüktür. Tek tek veya çoklu kümeler teşkil ederler. Yaz odunu traheleri küçük (20–30 mikron), çok sayıda ve yıllık halka sınırına doğru çaplar azalmaktadır. Perforasyon tablaları basit tiptedir. İçleri fazla miktarda tüllerle doludur. Boyuna paransimler çok sayıdadır. Apotraheal dağınık ve apotraheal teğet (tek ve çok sıralı) şeritler teşkil ederler. Paratraheal paransimler ise vasisentik trahelerle birlikte ilkbahar odunu traheleri ve öz ışınları arasında, ayrıca yaz odunu traheleri arasında gayri muntazam bir şekilde bulunmaktadır.

Öz ışınları iki ayrı genişliktedir. Tek sıralılar; 25 adet hücre yüksekliğine kadar olanlardır ve bunların arasındaki mesafe gayri muntazamdır. Geniş olanlar; 20 hücreden daha geniş (0,5–1,0 mm) ve birkaç cm yüksekliktedirler. Öz ışınları homoselüler yapıdadır. Libriform lifleri, lif traheleri ve vasisentik traheidler esas dokuyu teşekkül ederler. Çeperler kalın ve lümen çapının üçte biri kadardır.

Traheler; halkalı büyük traheli, ilkbahar odunu traheleri çok sıralı, yaz odunu traheleri radyal yönde ve çoğunlukla çatal şeklinde sıralıdır. Saplı meşede; ilkbahar odunu traheleri elips şeklinde 1–5 sıralı yaz odunu traheleri geniş radyal sıralar oluşturur. İlkbahar odununda yaz odununa geçiş vardır. İlkbahar odunu traheleri 150–350 mikrometre, yaz odunu traheleri 30–140 mikrometre çaptadır. Milimetre karede ilkbahar odununda 5–13 adet, yaz odununda 25 adet kadardır. Tüller çok miktarda görülür. Oran dar yıllık halkalarda %39,4, geniş yıllık halkalarda %57,7'dir

Kimyasal özelliklerinde; saplı meşe %40–43 selüloz, %25–31 lignin, %19–26 pentozan itiva eder (Bozkurt ve Erdin, 1998).

Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

a. Yoğunluk

$$D0 = 0.65 \text{ gr/cm}^3$$

$$D12 = 0.69 \text{ gr/cm}^3$$

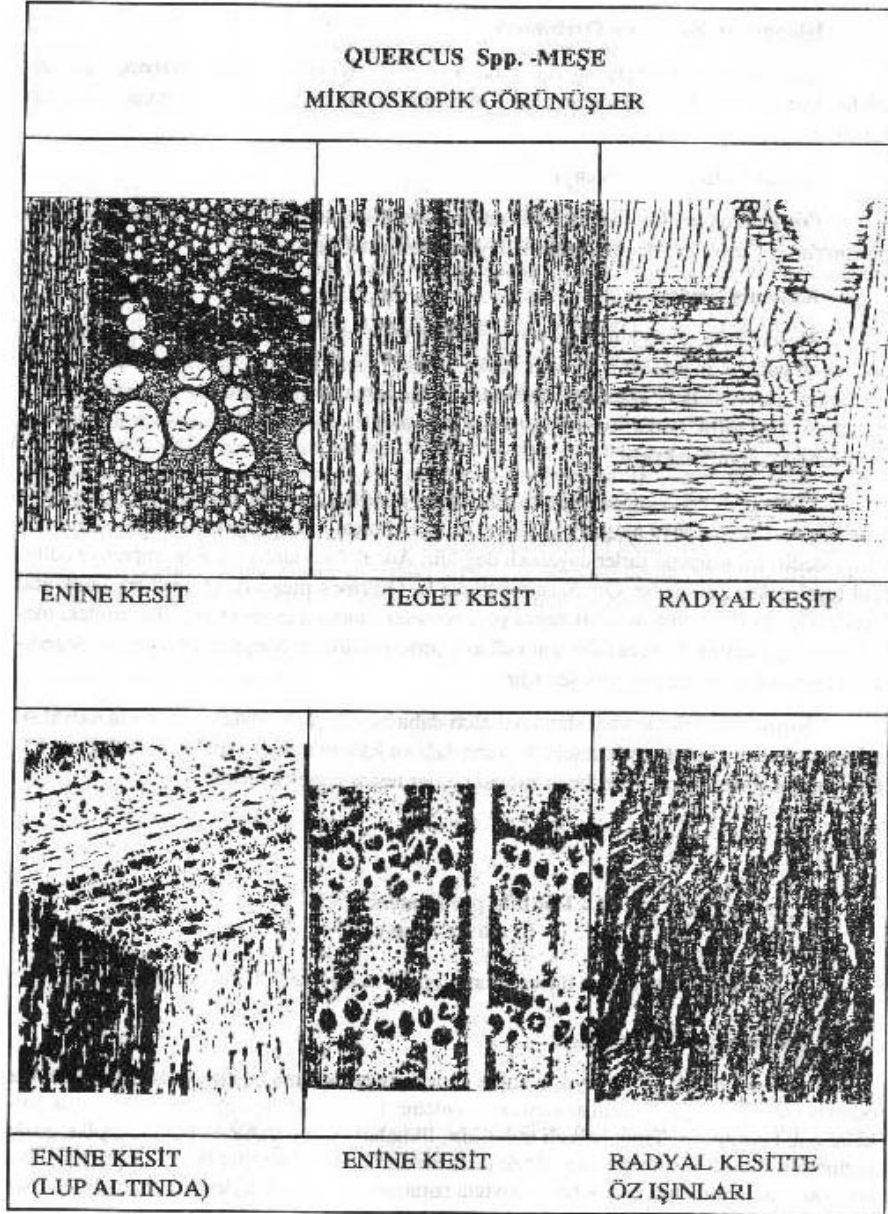
$$\text{Hacim Yoğunluk} = 0,9-1,15 \text{ gr/cm}^3$$

b. Daralma yüzdesi

$$\beta_r = 4.0 \%$$

$$\beta_t = 7.8 \%$$

$$\beta_v = 12.2 \%$$



Şekil-62: Quercus Robur L. Mikroskobik Görünüşü (Yaltırık ve Efe, 1998).

2. MATERYAL VE METOT

2.1.1. Materyal

Bu çalışmada; ülkemizin kıt olan orman biokütleden yararlanma amacına yönelik olarak yapılmıştır. Aynı zaman da üniversite endüstri işbirliği ile sektörün başta hammadde olmak üzere diğer problemlerine çözüm bulunması hedeflenmiştir. Bu çalışmaya yönelik olarak yerli hammadde türleri tercih edilmiştir.

Odun hammaddesi üretimi, tüketimi karşılayamaması ve her geçen gün daha da arması gelecekte hammadde açığının büyüyeceğini açıkça göz önüne sermektedir. Orman gülünden (Rhododendron ponticum L.) MDF (orta yoğunlukta lif levha) üretimi için kullanılan Orman gülü; Düzce ili, Kaynaşlı ilçesi ve Asar bölgesinden temin edilmiştir. Ülkemizde Orman gülünü Karadeniz sahili boyunca 350 ile 1200 rakımları arasında hammadde olarak bulmak mümkündür. Orman gülü biyokütlesi Asar bölgesinden kamyonla Divapan Entegre Ağaç Panel San. Tic. A.Ş hammadde sahasına getirilmiştir.

Araştırmaya konu olan ağaç türleri MDF fabrikalarının ülkemiz sınırları içerisinde rahatça temin edebilecekleri türlerden seçilmiştir. Bu deneme materyalinde kullandığımız ağaç türleri, ülkemizde MDF üretiminde kullanılan ağaç türlerinde bölümünde anlatılmıştır. Bunlar sırasıyla şöyledir: Rhododendron ponticum L. (orman gülü), Odunların ortalama çapları 10- 15 cm olup, boyları ise ortalama 75–100 cm' dir. Pinus silverster (Sarıçamı) 20–35 cm çapında ve 75–100 cm boyunda gövde ve dal odunları Bolu Aladağ bölgesinden temin edilmiştir. Quercus robur L. (Saplı Meşe) 25–35 cm çapında 75–100 cm uzunluğunda gövde ve dal odunları Bolu bölgesinden temin edilmiştir.

2.1.2. Kimyasallar

Deneme levhalarının üretiminde kullanılan kimyasalların değerleri Tablo-11’de verilmiştir. Buna göre; 1:1,22 mol oranında %55’lik üre formaldehit tutkalı sulandırılarak konsantrasyonu %45 e düşürülüp blow line pipe’den dört ayrı noktadan enjekte edilerek life oranla %9–11 katı madde tekabül edecek şekilde verilmiştir.

Sertleştirici (hardener) olarak amonyum sülfatın %10’luk çözeltisi hazırlanarak blow line pipe’den tutkaldan önce pompa ile tek noktadan enjekte edilerek tutkalın katı maddesine oranla katı olarak %0,8 verilmiştir. Bu oranda jelltime olarak 100 sn değeri elde edilmiştir. Hidrofobik madde olarak “light wax” kullanılmış olup pişirme kazanı öncesi yongaya eşit oranda karıştırılmış olup kuru life % 1’e gelecek şekilde ilave edilmiştir.

Tablo 11: Üretimde Kullanılan Kimyasalların Spesifik Değerleri.

Sıra No	Ürün Karakteristiği	Ölçüm Değeri
1	Ürün Adı: (Tutkal) Poliüre 2265 Görünüş Katı Madde % Formaldehit / Üre mol oranı Yoğunluk (20 ⁰ C gr/cm ³) Vizkosite (20 ⁰ C cps) Akma zamanı (20 ⁰ C, FC4, sn) Jelleşme zamanı (100 ⁰ C, sn) (%10’luk NH ₃ SO ₄) pH Serbest formaldehit miktarı % Metilol grupları % Depolama zamanı (20 ⁰ C, gün)	Temiz, Beyaz sıvı 55±1 1,22 1,23 185 25 – 40 40 – 60 7,5 – 8,5 0,5 max 12 – 15 45
2	Ürün Adı: Parafin Görünüş Erime noktası Yağ oranı % Penetrasyon	Krem, light 54 – 57 ⁰ C 2 max 32
3	Ürün Adı: Amonyum Sülfat NH₃SO₄ Görünüş Yapı	Kirli beyaz Kristal taneli

2.2. Metot

Deneme levhaları, Divapan Entegre Ağaç Panel San. ve Tic. A.Ş. Düzce MDF fabrikasında diğer üretim şartları aynı kalmak suretiyle sadece ağaç türlerinin karışım oranları değiştirilerek normal üretim hattında üretilmiş genel amaçlı levhalardır. Levhalar kuru sistemde üretildi. Üretim prosesi MDF üretim teknolojisi bölümünde detaylı olarak anlatılmıştır.

2.2.1. Orman Güllü Odunun Lif Analizi

Orman güllü liflerinin kuru sistemle MDF üretimine uygunluk derecesinin anlaşılması için liflerin fiziksel özellikleri ve morfolojik özellikleri belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için aşağıdaki yöntemler uygulanmıştır.

2.2.1.1. Araştırma Örneklerinin Analize Hazırlanması

2.2.1.2. Schultze Yöntemi

Bu uygulamada Schultze yöntemi ile maserasyon işlemi yapılmıştır.

Uygulamada nasıl bir yöntem izlendiği aşağıda verilmiştir.

- 1.** Ağaç gövdesinin uygun bölümlerinden alınan disklerden elde edilmiş merkezi özde olan pasta dilimi şeklindeki parçalar küçük kibrit çöpü boyutuna getirilir.
- 2.** Kibrit çöpü boyutundaki odun örnekleri çam bir tüp içerisine koyulur.
- 3.** Tüp içerisine bir miktar derişik nitrik asit (HNO_3) ve birkaç damla potasyum klorat ($KClO_3$) kristali ilave edilir.
- 4.** Tüp alttan yavaş yavaş ısıtılır ve tüp içerisinde meydana gelen kırmızımsı renk kayboluncaya kadar işleme devam edilir.
- 5.** İşlem bittikten sonra karışım beher içerisinde bulunan saf suya boşaltarak yıkanır.

6. Su, lif ve kimyasal madde karışımı çok ince vakumlu süzgeçten geçirilerek su ve kimyasal madde uzaklaştırılır.

7. Süzgeç üzerinde kalan lifler ayrı bir beher içerisindeki suyun içine boşaltılarak bir süre mekanik karıştırıcıda liflerin tamamen bireysel hale gelmesi için karıştırılır.

8. Beher içerisine metilen mavisi damlatılır ve liflerin boyanması sağlanır. Karışımdan birkaç damla alınarak lam üzerine damlatılır ve suyun buharlaşması beklenir.

9. Su buharlaştıktan sonra lifler üzerine Kanada balsamı veya gliserin-jelâtin karışımı damlatılır ve üzerine lamel kapatılır.

10. Bir süre beklenildikten sonra soğuyan preparatı mikroskop altına yerleştirilerek liflerin boyları, lümen genişlikleri ve hücre çeper kalınlıkları bulunur.

Yapılan çalışmada liflerin boyları, lümen genişlikleri ve hücre çeper kalınlıklarının tespiti için ışık mikroskoplarından yararlanılmıştır.

Rhododendron Ponticum L. odunu maserasyon Schultz yöntemi ile bireyselleştirilmiştir. Masere edilen liflerden daha sonra gliserin-jelâtin çözeltisi kullanılarak preparatlar hazırlanmıştır.

Lif morfolojisine ait ölçümler vizopan kullanılarak, lif uzunluğu için x90 μm , lif genişliği lümen genişliği ve çeper kalınlığı için x255 büyütmesi kullanılmıştır.

2.2.1.3. Rhododendron Ponticum L. Odunun Özellikleri

2.2.1.3.1. Araştırma Örneklerinin Seçimi

Orman gülü türleri içinde Rhododendron Ponticum L. odunu çalışmamızda hammadde olarak seçilmiştir. Orman gülleri Düzce ilinin Kaynaşlı ilçesi Asar

bölgesinden temin edilmiştir. Kesilen *Rhododendron Ponticum* L. çapı 10–15 cm ve boyu 75–100 cm’ dır.

Orman gülü odunu hammaddesini temin etmek amacıyla en kalın ve en ince çaplı odunlardan homojen bir karışım sağlamak amacıyla; ağacın dip, orta ve tepe kısımlarından, yüksekliği 6 cm den az olmayan daire şeklinde kesitlerin eşit miktarlarda birbirleriyle karıştırılmasında ince çaplı olanlar aynen kullanılmış, kalın çaplı olanlar ise dört eşit parçaya bölünerek her parçanın özden kabuğa kadarki kısımlarından örnekler eşit olabilecek miktarlarda, eşit parçalar alınarak kullanılmıştır.

Kimyasal analiz ölçümleri için kibrit çöpü büyüklüğünde hazırlanan örnekler gerekli şekilde karıştırılmışlar ve TAPPI–11 m–45 standardına göre laboratuvar tipi Wiley değirmeninde öğütülmüştür. Sarsıntılı elek üzerinde yapılan elemenden sonra 60 mesh’lik (250 mikron) elek üzerinde kalan kısım alınarak ağzı kapalı cam kavanozlara konulmuştur. Örneklerin rutubet miktarları yine aynı standarda uygun olarak $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$ ’de kurutularak belirlenmiştir. Pişirme için kullanılacak yongalar ise uygulanacak pişirme yöntemi ve odunun özellikleri göz önüne alınarak 2–3 mm kalınlık ve 1.8-2.0 cm uzunlukta örnek hazırlama laboratuvarında el ile yorgalanmıştır.

2.2.1.3.1.1. Yöntem

2.2.1.3.1.2. Kimyasal Analizlere Ait Metotlar

Bir kimyasal işlemde kullanılacak hammaddelerin kimyasal özelliklerinin (kimyasal yapısının) bilinmesi, işlemin uygulanması sırasında ve ürünün edesinde kolaylıklar sağlar. Kâğıt hamuru ve lif levha eldesin de kullanılacak hammaddelerin kimyasal yapısının bilinmesi elde edilecek hamurun miktarını ve özelliklerini belirlemede önemli bir husustur. Selüloz oranının yüksek veya düşük olması verimin

yüksek ya da az olacağını, lignin oranının yüksek veya düşük olması pişirmenin zor veya kolay olacağını ve pişirme yönteminin şartlarını belirlemede rol oynamaktadır. Ayrıca hemiselülozların miktarı ve cinsi de kâğıt hamurunun sağlamlık ve dövülme niteliklerini çeşitli yönlerden etkiler. Bunun yanında kül oranının yüksek olması ve bazı ekstraktif maddeler pişirme esnasında veya geri kazanma sırasında bazı sorunlar yaratabilir.

Araştırmamızda, orman gülü odununun kimyasal analizlerinde kullanılacak yeterli miktarı TAPPI T 11 m-45 standardına göre laboratuvar tipi Wiley değirmeninde öğütülmüştür. Sarsıntılı elek üzerinde yapılan elemeden sonra 60 mesh'lik (250 mikron) elek üzerinde kalan kısım alınarak ağzı kapaklı cam kavanozlara konulmuştur. Örneklerin rutubet miktarları yine aynı standarda uygun olarak 105 ± 3 °C 'de kurutularak belirlenmiştir.

Rutubetleri belirlenmiş örnekler üzerinde aşağıda sıralanan kimyasal analiz yöntemleri uygulanmıştır.

Tahıl sapları, ağaç kabuğu gibi kül oranı yüksek olan maddelerin kimyasal analizlerinde bileşenlerin oranını belirlemek için kül düzeltmesi yapmak gerekmektedir.

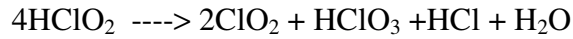
2.2.1.3.1.3. Holoselüloz Oranı

Karbonhidratların tümünü içine alan holoselüloz oranının belirlenmesi için bu güne kadar oldukça çeşitli yöntemler geliştirilmekle beraber holoselüloz oranı yüzde yüz kesinlikle belirlenememektedir. Çünkü uygulanan işlemlerde ligninle birlikte karbonhidratlar da uzaklaşmaktadır.

Holoselüloz karbonhidratların tümü anlamına gelmektedir. Bitkisel maddelerden holoselülozun izolasyonu için ekstraktif maddelerin lignin ve selülozik olan diğer bileşenlerin ortamdan uzaklaştırılması gerekmektedir. Örnekler ekstraktif

maddelerin uzaklaştırılması amacıyla 4–6 saat ½ oranında alkol-benzen ekstraksiyonunu takiben örnekler kurutularak hazırlanmıştır.

Holoselüloz oranının yüzde yüz kesinlikle belirlenmesi mümkün değildir. Uygulanan yöntemlerde kullanılan kimyasal maddeler düşük polimerizasyon dereceli karbonhidratların bir kısmını da uzaklaştırmaktadır. Kullanılan yöntemlerin en az kayıp vereni Wise ve arkadaşlarının geliştirdiği klorit yöntemidir. Bu yöntemin standart klor ve klor dioksit yöntemine kıyasla çok daha güvenilir sonuçlar vermesinin nedeni, Ligninle birlikte uzaklaştırılan karbonhidrat oranının daha az oluşudur. Bu yöntem uygulandığı takdirde %2–4 oranında lignin karbonhidratlarla birlikte kalmaktadır. Çünkü karbonhidrat kaybı olmadan ligninin tümünü uzaklaştırmak mümkün olmamaktadır. Kolay uygulanışı dolayısıyla da tercih edilmektedir. Kullanılan kimyasal madde NaClO₂'nin asetik asitle pH'nın 4 civarında tutulmasıyla klor dioksit verdiği belirtilmektedir. 60°C ve 70°C de şu reaksiyonlar oluşmaktadır.



Oluşan klor dioksit, lignini suda çözünebilir klorolignin haline çevirmekte ve lignin ortamdan uzaklaşarak geriye holoselüloz kalmaktadır. Reaksiyon hızını ayarlamak amacıyla sıcaklık 70–80 °C arasında tutulmaktadır (Browning, 1967).

Bu yöntemde holoselüloz miktarı belirlenecek 5 gram hava kurusu örnek, 160 cc su, 1,5 gram NaClO₂ ve 10 damla (0,5 ml.) buzlu asetik asitle birlikte 250 cc'lik bir erlenmayere konulup bir saat süreyle 78–80 °C deki su banyosunda tutulmuştur. İçine örnek koyduğumuz erlenin ağzı tersine çevrilmiş daha küçük ikinci bir erlenmayere kapatılmış ve reaksiyon süresince zaman zaman erlen çalkalanarak

kariştirilmiştir. Her defasında yeniden 1,5 gr NaClO₂ ve 10 damla asetik asit ilavesi ile işlem üç kez tekrarlanmıştır.

Asetik asit ortamın pH'sını 4 dolayında tutmakta ve ClO₂ çıkmasını sağlamakta, çıkan ClO₂ lignini oksitleyerek klorolignin haline dönüştürerek çözüp karbonhidratlardan ayırmaktadır. Tamamen beyaz bir görünüm alan örnekler buzla soğutulduktan sonra buzlu su ve aseton ile yıkanarak süzölmektedir. Elde edilen holoselölozün bir kısmı alfa selöloz tayini yapma amacıyla ayrılmıştır. Diğer bir kısmı ise fırında kurutularak tam kuru holoselöloz miktarları bulunmuştur. Orman gülü odunu yongaları kullanılarak 3 adet holoselöloz tayini yapılmıştır.

2.2.1.3.1.4. Alfa Selöloz Oranı

Alfa Selöloz, selölozün içermiş olduğu selölozün fraksiyonları içinde en yüksek polimerizasyon derecesine sahip olan fraksiyondur. Alfa Selöloz, bitkisel maddedeki karbonhidrat fraksiyonunun % 17,5'luk NaOH çözeltisine dayanıklı olan kısmı anlamına gelmekte olup, özellikle çözünebilir selöloz türevlerinin elde edilmesinde önemli bir özelliktir. Kâğıt hamuru için ise pişirme ve ağartma işlemleri sırasında oluşan degradasyon miktarı hakkında bir fikir verebilir.

Alfa Selöloz oranının tayininde önceden elde edilen holoselöloz örnekleri kullanılmış TAPPI T 203 OS-71 standardı uygulanarak elde edilen alfa-selöloz tam kuru odunun % si olarak hesaplanmıştır.

2.2.1.3.1.5. Lignin Oranı

Odun derişik mineral asitlerle, örneğin % 44'lük hidroklorik asit, %72'lik sülfürik asit, %85'lik fosforik asit ile şiddetle reaksiyona girer ve karbonhidrat fraksiyonu tamamen özünür. Geriye sadece kondanse ve degrade olmuş lignin kalır. Lignin, odunun ve diğer yıllık bitkileri oluşturan önemli asli bileşiklerden biri olup, özellikleri bitki türüne göre değişen 4 veya daha fazla fenilpropan monomerinden

oluşan aromatik ve amorf yapıda doğal bir polimerdir. Lignin, bulunduğu bitkilerin hücrelerini birbirine yapıştırıp bağlayıcı bir görev yaparak bitki bünyesine sağlamlık ve dayanıklılık kazandırır. Lignin, odunun koyu renkli ve lifsel olmayan amorf bir bileşimidir. Dolayısı ile kâğıt hamuru elde edilmişinde istenmeyen ve uzaklaştırılması gereken bir maddedir. Bunun aksine MDF üretiminde presleme sırasında yapışmaya katkı sağlar. Hidrofobik bir madde olduğundan su itici özelliği vardır. Ligninin bitkisel maddelerdeki oranını belirlemede çeşitli yöntemler kullanılmakta ise de çok kullanılan ve yaygın olan yöntem %72'lik sülfürik asit kullanan klason lignini yöntemidir. Belirlenmiş koşullarda sülfürik asit karbonhidratları hidrolizleyerek çözer ve asite dayanıklı olan lignin kalıntı olarak elde edilir.

Lignin tayini için önceden ekstraksiyona uğratılmış hava kurusu odun örneğinden 1gr. alınarak bir behere aktarılmış ve 12–15 °C' deki 15ml. H₂SO₄ ilave edilip zaman zaman karıştırılıp 18–20°C sıcaklıkta 2 saat bekletilmiştir. Bu süre sonunda beherdeki materyal yıkanarak 1 litrelik erlenmayere konulmuştur. Asit konsantrasyonu %3'e düşene kadar yani erlendeki sıvı miktarı 560 ml. olana kadar destile su ile seyreltilmiştir. Daha sonra, bu karışım bir soğutucu altında ve yaklaşık sabit hacim koşullarında 4 saat kaynatılmıştır. Çözünmeyen maddeyi çökerttikten sonra ağırlığı 105± 2°C de belirlenmiş porozitesi az olan (4 nolu) krozeden süzölmüş serbest asit artıkları 500 ml. sıcak su ile yıkanmıştır. Kroze 105±2 °C de kurutulup, desikatörde soğutulduktan sonra tartılmıştır. Bütün bu işlemler TAPPI T 13 m–54 standart yöntemine göre yapılmıştır. Ayrıca, lignin darası alınmış bir kroze alınıp bu kalıntı lignin üzerinde kül düzeltmesi yapılmıştır. Ligninin ağırlığı ekstrakte edilmemiş tam kuru odun ağırlığının yüzdesi olarak hesaplanmıştır.

2.2.1.3.1.6. Kül Oranı

Rhododendron Ponticum L. odunun kül oranı 575±25°C de yakılmasıyla elde edilen ve yanmadan kalan mineral kısımdır. Sıcaklık 600°C'nin üzerine çıkarsa karbonatlar buharlaşmakta silis ve silikatlar camsı bir özellik almaktadırlar. Kül oranının belirlenmesinde TAPPI T 211 standardı uygulanmış olup sonuçlar tam kuru odun ağırlığına oranla yüzde olarak verilmiştir.

2.2.1.3.1.7. Alkol-Benzen'de Çözünürlük

Rhododendron Ponticum L odunun bileşimine giren yağ, mumsu maddeler, reçine, tanen gibi maddelerin miktarlarını belirlemek için kullanılırlar. Bunun için odun örnekleri TAPPI T 6 m-54 standardına göre sokslet cihazında bir kısım alkol ve iki kısım benzen karışımı kullanılarak 6 saat ekstraksiyona tabi tutulmuştur. Örnekten ekstrakte edilen kısım tam kuru örneğe oranla yüzde olarak hesaplanmıştır.

2.2.1.3.1.8. % 1'lik NaOH'te Çözünürlük

Bu yöntem sıcak seyreltik alkaliyle çözünmeye karşı orman gülü odunu dayanıklılığını belirler. %1'lik NaOH'da çözünürlüğün en önemli uygulaması alınan bir odun örneğinde var olan mantar çürüklüğünün derecesini yani degradasyona uğramış selüloz miktarını belirlemedir. Dolayısıyla kâğıt hamuru veriminin ne ölçüde düşeceğini anlamak için iyi bir göstergedir. Aynı zamanda karbonhidratların seyreltik sıcak alkali ile dayanıklılığını da göstermektedir.

TAPPI T 4 m-54 standardına göre kaynar su banyosunda 100 cc. % 1'lik NaOH çözeltisi 1 saat süre ile kaynar su banyosunda örnek muamele edilmiş, süzme ve yıkamadan sonra kurutulmuştur. Çözünen madde miktarı başlangıçtaki kuru ağırlığa oranla % olarak hesaplanmıştır.

2.2.1.3.1.9. Soğuk Suda Çözünürlük

TAPPI T 1m-54 standardına uygun olarak 23 ± 2 °C’ de 300 cc. destile su içine konulan örnek 48 saat süre ile zaman zaman karıştırılarak bekletilip soğuk su çözünürlüğü belirlenmiştir. Soğuk suda çözünen miktar tam kuru oduna oranla % olarak hesaplanmıştır.

2.2.1.3.1.10. Sıcak Suda Çözünürlük

Sıcak suda çözünürlük yine TAPPI T 1m-54 standardına göre belirlenmekle birlikte örnekler 100 °C ‘de 100 cc. destile su içinde, 3 saat süre ile soğutucu altında su banyosunda tutulmuştur. Sıcak su, odundan inorganik tuzlar, şekerler, polisakkaritler ve bazı fenolik maddeleri çözer. Sıcak suda çözünen maddeler tam kuru oduna oranla % olarak hesaplanmıştır.

2.2.2. Orman Gülünün Lifsel Özellikleri

Kullanılan hammaddenin lifsel hücrelerinin uzunluğu, genişliği, lümen ve çeper kalınlığı, gibi özelliklerinin bilinmesi o hammaddenin kâğıt ve lif levha endüstrisinde değerlendirilip değerlendirilemeyeceği hakkında bilgi vermektedir.

Kullanılan hammaddenin lifsel hücrelerinin uzunluğu, genişliği, lümen ve çeper kalınlığı, gibi özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Lifin boyutsal yapısı, lifin mekanik özelliklerinden daha çok, levhanın mekanik özelliklerinin gelişmesinde daha fazla öneme sahiptir. Lif boyutları denildiğinde lif uzunluğu (L), lif çapı (D), lümen çapı (d) ve çeper kalınlığı (W) harfleriyle ifade edilmektedir. Lifin mekanik özellikleri ağacın değişik bölgelerinde farklı özelliklerde bulunmaktadır. Lifin çapı, lümen çapı ve çeper kalınlığı ağacın yıllık halka içerisinde ilkbahar odun tabakasında kalın çaplı, geniş lümen ve çeperi ince iken yaz odunu tabakasında çapı ince, lümeni dar ve çeperi kalın liflerden meydana gelmektedir. Ağaçta lifin boyu artıkça çeperde kalınlaşmaktadır. Boyu uzun lifler yaz odunu halkalarında bulunmaktadır. Çeperi

ince olan lifler, kısa lif olup ilkbahar odun halkalarında rastlanmaktadır. Orman gülü ağacın yoğunluğu, lifinin morfolojik özellikleri; Keçeleşme oranı, Elastikiyet katsayı, Mühlstph oranı, Katılık katsayı, Runkel ve F faktörü sınıflamasına ait veriler Tablo-40'da hesaplama formülleriyle birlikte verilmiştir.

2.2.2.1. Keçeleşme Oranı

(Lif uzunluğu / Lif genişliği) formülünden yararlanılarak hesaplanmıştır.

2.2.2.2. Elastikiyet Katsayısı

(Lümen çapı x 100 / Lif genişliği) orantısından faydalanılarak hesaplanmıştır.

2.2.2.3. Katılık Katsayısı

(Lif çeper kalınlığı / lif çapı) formülüyle hesaplanmıştır.

2.2.2.4. Runkel katsayısı

(Lif çeper kalınlığıx2/lümen çapı) formülünden hesaplanmıştır.

YA liflerinin çapı, lif çeper kalınlığı ağacın yoğunluğuna ve türüne göre değişme göstermektedir. YA lif çeperleri kalın ve lümenleri dardır. Bu tür odunların lif verimi İYA oranla yüksektir. İYA liflerin çeper kalınlıkları ince ve lümenleri geniştir. Bu özelliğinden dolayı kâğıt ve lif levhaya en uygun niteliklere sahip olduğunu göstermektedir. YA odun liflerinden oluşan levha taslağını sıkıştırmak için İYA odun liflerinden oluşan pasta taslağına sıcaklık altında uygulanan kuvvetten daha fazla olmalıdır. Böylece sıcak pres altında lifler arasında daha iyi yapışma ve sıkı bağ yapma sağlanmış olunur.

2.2.2.5. Hacim Yoğunluk Değerinin Tayini

Birim hacim hammaddeden elde edilecek lif miktarının tespiti için hacim yoğunluk değeri tayini yapılmaktadır. Hacim yoğunluk değeri, lif doygunluğu haline

ulaşan hacim ile tam kuru ağırlık arasındaki oranın (gr/cm³) olarak ifadesidir (Eroğlu, 1990)

Rhododendron Ponticum L. odunun hacim yoğunluk değerinin belirlenmesi için 4–5 cm uzunluğundaki örnekler desikatörde destile su içerisinde bekletilerek lif doygunluğuna erişince desikatörden alınarak temiz ve kuru bir bezle çevresindeki su alınmıştır. Terazide üzerinde içinde su olan bir behere daldırılmıştır. Belirlenen ağırlık farkından yaş haldeki hacim cm³ cinsinden tespit edilmiştir. Örneklerin 105±2°C’ de tam kuru ağırlığı tespit edilerek aşağıdaki formül yardımıyla hacim yoğunluk değeri tespit edilmiştir.

$$\text{Hacim-yoğunluk} = \frac{\text{Tam kuru ağırlık (g)}}{\text{Lif doygunluğu halindeki yaş hacim (cm }^3\text{)}}$$

2.2.3. Deneme Levhalarının Üretimi

Yongalama ünitesindeki hakerde 25x20x5 mm boyutlarında hazırlandı. Araştırmaya konu olan levha karışım oranları ara siloda devirleri ayarlanabilen helezonlarla 5’lik karışımları Tablo-13’deki oranlarda hazırlandı. Hazırlanan yongalar mekanik elekten elendikten sonra 1978 model Andritz–Sprout Waldron tipi refinörde liflendirilmiştir. Liflendirme esnasında bir tarafı sabit, diğer tarafı dönen tek yönlü segmentler kullanılmıştır. Rafiner 7,8 atü buhar basıncı altında 180 °C’ de 3,5 dakikalık pişirme süresi %65–70 doluluk oranında uygulanmıştır. Kimyasalların rafinörden önce ve sonra ilavesi sonucu lifler yaklaşık %67 rutubet altında kurutucuya sevk edilmiştir.

Bir metre çapında ve 110 m uzunluğundaki boru tipi kurutucuda 28–30 m/sn hızla hareket eden sıcak hava ile (giriş sıcaklığı 220°C, çıkış sıcaklığı 55°C) temas eden lifler %11 rutubete kadar kurutuldu. Kuruyan lifler transfer fanları ile pnömatik olarak sermeye gönderildi. Texpan tipi mekanik sermede lifler dağılarak düzeltici

tırmıklar vasıtası ile ağırlığı ayarlandıktan sonra Siempelkamp marka ön presten geçirilerek serme bandına ulaştırılır. Serme bandını takiben boy ve en kesme testeresi sonucu bölünen pasta katlı presin geçiş asansörüne yüklendi.

Katlı Pres Siempelkamp marka olup 8 katlıdır. Burada 175⁰C sıcaklık 38 kg/cm² basınç uygulaması ile stabil hale gelen liflerden MDF levhası meydana geldi. Presten çıkan levhalar boşaltma asansörüne transfer edildi. Sıcak preste meydana gelen levhalar kantarda ağırlığı tartıldı ve kalınlık ölçüleri alındıktan sonra yıldız soğutucuya transfer edildi. Levhaların sıcaklığı, 25 dak yıldız soğutucuda bekletilerek 105⁰C'den 35⁰C'ye düşürüldü. Sıcaklığı düşürülen levhalar ebatlanarak yarı mamul ambarında dinlendirilmek üzere sevk edildi. Yarı mamuller yaklaşık olarak mevsime göre 4–15 gün yarı mamul depoda bekletilen levhalar K, FS, NS tipi başlıklara sahip Steinemann marka zımpara makinesinden 50, 80, 120 kum zımparalar kullanılarak brüt 19,5–20 mm den 18mm $\bar{+}0,1$ kalınlığındaki levhaya düşürülmüştür.

Tablo 12: Deney Levhalarının Proses Değerleri

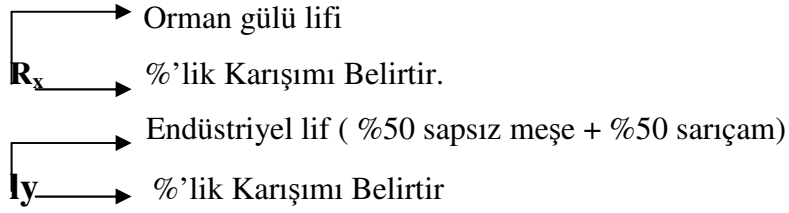
Proses Değerleri	Değerler
Yonga boyutları mm	25x 20 x 5
Piştirme süresi	3,5dakika
Piştirme buhar basıncı	7,8 bar
Piştirme sıcaklığı	180 ⁰ C
Taslak rutubeti	%11
Tutkal (%43 Ü.F) (Tam kuru lif ağır. oranla)	%9–11
Sertleştirici - NH ₃ SO ₄ (Katı tutkala oranla)	%0,8
Jell time	100sn
Pres basıncı	38 kg/cm ²
Pres sıcaklığı	175 ⁰ C
Pres süresi	250 sn
S. Pres faktörü	13 sn/mm

Deneme materyalinin hazırlanışı ise Tablo-13'de verilmiştir.

Tablo 13: Araştırma Levhaların Karışım Oranları

%’lik Karışım Oranları		
Levha Tipi	Orman Gülü	Endüstriyel Lif
R ₁₀₀ I ₀	100	0
R ₇₅ I ₂₅	75	25
R ₅₀ I ₅₀	50	50
R ₂₅ I ₇₅	25	75
R ₀ I ₁₀₀	0	100

R: Orman gülü lifi **I:** Endüstriyel lif (%50 sapsız meşe + %50 sarıçam)



Tablo 14: Deneme Materyalinin Hazırlanışı

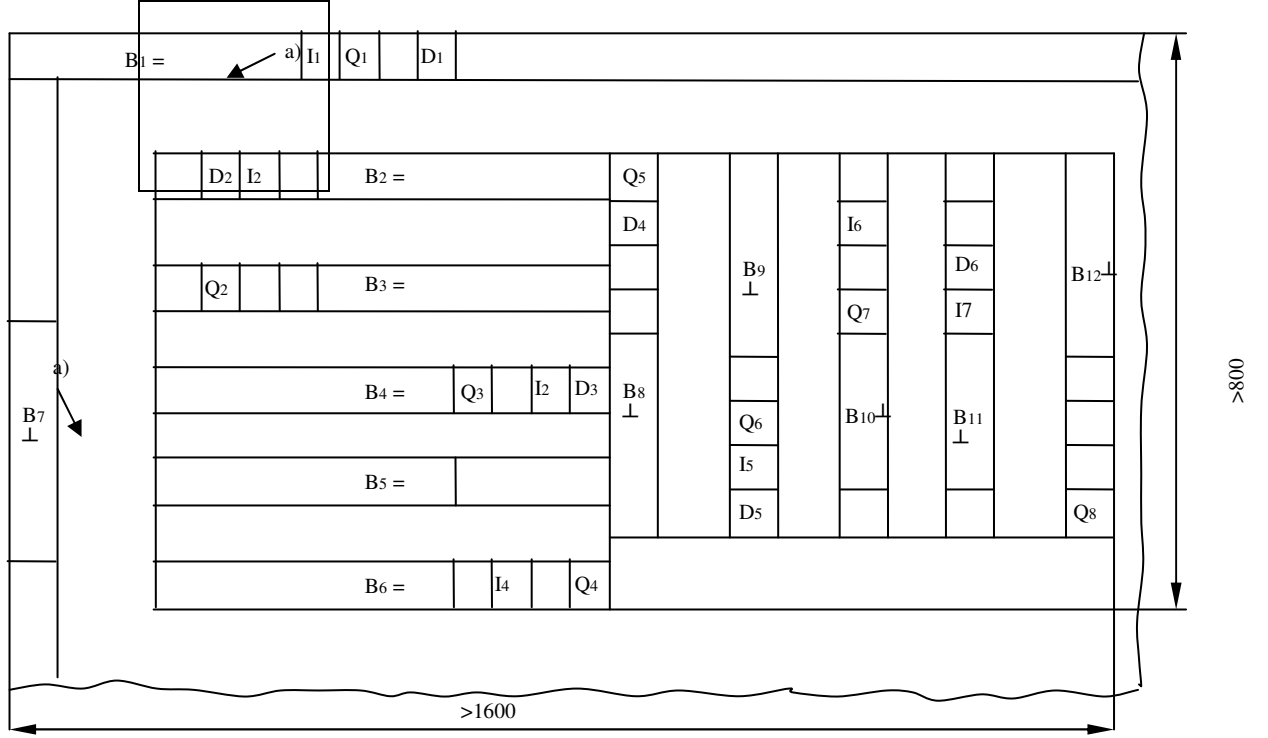
Sıra No	Ağaç Türü ve Karışım Oranı %	Levha Yoğ. gr/cm ³	Zımpara Kalınlık mm	Ebat cm	Ölçülen Taslak Adedi
1	R ₁₀₀ I ₀	0.73	18	210x490	8
2	R ₇₅ I ₂₅	0.73	18	210x490	8
3	R ₀ I ₁₀₀	0.73	18	210x490	8
4	R ₅₀ I ₅₀	0.73	18	210x490	8
5	R ₂₅ I ₇₅	0.72	18	210x490	8

2.3. 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. Tablo 16’da deneyler için gerekli minimum sayıdaki deney numunesi sayısı verilmiştir.

Deney numuneleri, tarafsız bir seçimi sağlayan uygun bir metot kullanılarak, 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.

Şekil-63: Bazı Özelliklerin Tayini İçin Küçük Deney Numuneleri Kesim Planı Örneği (Levha Kalınlığı Yaklaşık 20 mm) Boyutlar mm' dır (TS EN 326-1/Nisan 1999).



(=) : Deney numunesinin boyuna ekseninin levhasının boyuna veya diğer.

levha çeşitlerinin işlem yönüne paralel ayarlanacağını gösterir.

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

a) : Tıraşlanmış dış kenar

Not: Oryantasyondan bağımsız özellikler için (mesela, D, I ve Q), bir deney numunesi levhanın tıraşlanmış dış kenarından alınacaktır. Bu kenar tanımlanmıştır.

Tablo 15: Şekil-63'e Göre Fiziksen ve Mekaniksel Özelliklerin Tayini İçin Deney Numunelerin Seçimi

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

Deneme levhalarında yapılacak deneylerin adları, numune boyutları ve adetleri ile uygulanan standartların numaraları Tablo 16'da verilmiştir.

Tablo 16: Deneme Levhalarında Yapılacak Deneylerin Adları, Numune Boyutları, Adetleri ve Uygulanan Standart Numaraları

Deney Adları	Numune Boyutları	Adeti	Standart No
Birim Hacim Ağırlığı	100x100	50	TS 3644
Suda Kalınlığına Şişme	50x50	50	TS 3639
Eğilme Direnci	50x410	30	TS EN 310
Eğilmede Elastikiyet Modülü	50x410	30	TS EN 310
Levha Yüzeyine Dik Çekme Direnci	50x50	50	TS EN 319
Levha Yüzeyine Dik Yönde Janka Sertlik Değeri	75x150	50	DIN 53505 ASTM D 2240 ISO 868
Vida Tutma Gücü	76x152	50	TS 10506

2.3.1. Deney Numunelerinin Boyutlarının Ölçülmesi

Deney numunelerinin boyutlarının tayini TS EN 325/Nisan 1999 (ahşap esaslı levhalar-deney numunelerinin boyutlarının tayini) standardına göre yapılmıştır. Bu standart ahşap esaslı levhalardan alınacak numunelerin en, boy ve kalınlıklarını ölçme metodunu kapsamaktadır.

2.3.1.1. 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.

2.3.1.2. Kalınlık Ölçme

TS EN 325'de belirtilen kalınlık ölçme aleti TS EN 325'de belirtilen genişlik ve uzunluk ölçme aleti ve 0,01 gr hassasiyetli tartma yapabilen terazidir. Deney Parçaları: numune alma ve deney parçalarının kesilmesi TS EN 326-1'e göre yapılmalıdır. Boyutlar; deney parçaları, kare biçiminde ve en az kenar uzunluğu 50 mm olmalıdır.

Kalınlık ölçme aracı deney numunesine dikkatlice uygulanır. Kalınlığı 0,01 mm hassasiyetle ölçülür. 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 yapılır.

2.3.1.3. Birim Hacim Ağırlığının (Yoğunluk) Tayini

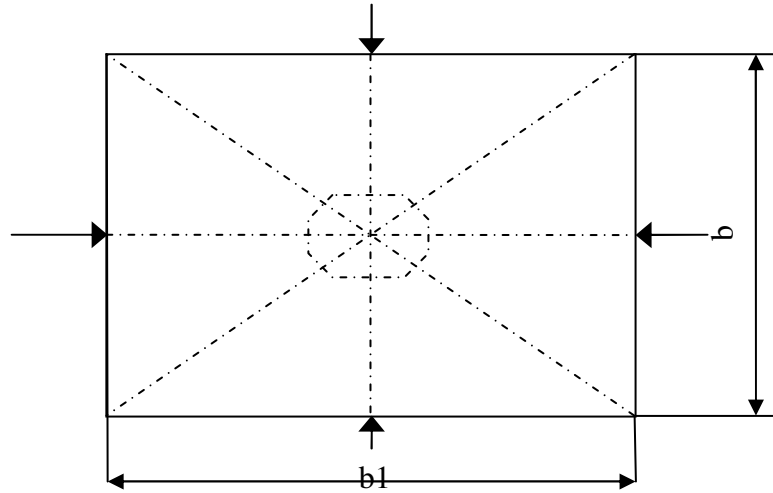
Birim hacim ağırlığının tayini TS EN 323/Nisan 1999 (ahşap esaslı levhalar-birim hacim ağırlığının tayini) standardına göre tayini yapılmaktadır. Birim hacim ağırlığı, her bir deney parçası kütlelerinin, hacmine oranı yoluyla tayin edilir. Deney parçalarından elde edilen sonuçlar, levhaların birim hacim ağırlıklarının hesaplanmasında kullanılır.

2.3.1.4. Kondisyonlama

Deney parçaları, $%(65\pm 5)$ nispi rutubet ve $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$ sıcaklık şartlarında, değişmez kütle ulaşınca kadar kondisyonlanır. 24 saat ara ile yapılan tartımlarda, birbirini izleyen iki ölçme arasındaki kütle farkının, deney parçası kütlesinin $\% 0,1$ 'inden fazla olmaması durumuna gelindiğinde, bu kütle değişmez kütle olarak kabul edilir. Deney parçası 0,01 gr hassasiyetle tartılır, boyutları TS EN 325'e göre aşağıdaki gibi ölçülmüştür.

Ölçme aleti, deney parçalarının yüzeylerine yavaş yavaş uygulanarak, deney parçasının kalınlığı, t , 0,05 mm yaklaşımla ve Şekil 64'de gösterilen köşegenlerin (diagonellerin) kesiştiği noktadan ölçülür (Deney parçasının yüzeyinde ölçmeye olumsuz etki yapabilecek kusur olmamalıdır).

b_1 ve b_2 kenar uzunlukları deney parçasının kenarlarına paralel ve karşılıklı iki kenarın ortasından olmak üzere, Şekil-64'de gösterilen 2 noktadan 0,1 mm hassasiyetle ölçülür.



Şekil-64: Ölçme Noktaları

2.3.1.5. Sonuçların Gösterilmesi

Her deney parçasının birim hacim ağırlığı “p” aşağıdaki formülle hesaplanır ve kg/m³ olarak ifade edilir.

$$P = \frac{M}{b_1 \times b_2 \times t} \times 10.000.000$$

Burada M: deney parçasının kütlesi (g), b₁, b₂, t deney parçasının boyutları (mm)'dir. Her levhadan alınan deney parçaları için bulunan birim hacim ağırlıklarının aritmetik ortalaması alınarak levhanın veya partinin birim hacim ağırlığı bulunur. Sonuçlar kg/m³ cinsinden ifade edilir.

2.4. Rutubet miktarı

Üretilen levhaların rutubet miktarı TS 3637 standardına göre belirlenmiştir. Her bir levha grubu için (50x50) mm boyutlarında örnekler hazırlanarak klima odasında ağırlıkları değişmez duruma gelinceye kadar klimatize edilmiştir. Klimatize işleminden sonra örneklerin ağırlıkları 0,001 gr duyarlılıktaki analitik terazide tartılır. Bu işlemden sonra rutubet tayin numuneleri 103±2 °C' deki etüve koyarak değişmez ağırlığa gelinceye kadar bir kaç kez tartılarak tam kuru ağırlıkları belirlenmiştir.

Örneklerin rutubet miktarını belirlemek için;

$$r = \frac{M_1 - M_0}{M_0} \times 100$$

r :rutubet miktarı (%).

M₁ :klimatize edilmiş örnek ağırlığı (gr).

M₀ :tam kuru örnek ağırlığı (gr).

Rutubet 20±2 °C sıcaklı ve % 65 bağıl neme karşılık gelen denge rutubet miktarıdır (Gençer,1998).

2.5. Suda kalınlığına şişme

Kalınlığına şişme belirlenmesinde TS 3639 standardı kullanılmıştır. Örneklerin boyutları ölçülerek 20±2 °C' deki su banyosunda 2 ve 24 saat bekletildi. Su banyosundan alınan örnekler yeniden ölçülerek kalınlığına şişme miktarı belirlenendi.

Kalınlığına şişme aşağıdaki formüle göre hesaplanır.

$$G = \frac{a-a_0}{a_0}$$

Burada;

G: Kalınlığına şişme oranı (%).

a₀: Deney numunesinin suya daldırılmadan önceki kalınlığı (mm).

a: Deney numunesinin sudan çıkarıldıktan sonraki kalınlığı (mm).

TS 64–5 (1999)'a göre orta sertlikteki lif levhalar (MDF) için 24 saat suda bekleme sonucu kalınlığına şişme oranı en fazla % 12 olarak belirlenmiştir.

2.6. Eğilme Dayanımı ve Eğilmede Elastikiyet Modülünün Tayini

Eğilme dayanımı ve eğilmede elastikiyet modülünün tayini TS EN 310/Nisan 1999 (ahşap esaslı levhalar-eğilme dayanımı ve eğilmede elastikiyet modülünün tayini) standardına göre yapılır. Bu standart; anma kalınlığı 3 mm' ye eşit ve 3 mm' den daha büyük olan ahşap esaslı levhaların eğilme dayanımı ve eğilmede elastikiyet modülün tayin edilmesi metodunu kapsar. İki mesnet üzerine serbest olarak yerleştirilen bir deney parçasına, orta yerden bir kuvvet uygulanarak, eğilme dayanımı ve eğilmede elastikiyet modülü tayin edilir. Elastikiyet modülü; kuvvet (yük)-sehim diyagramının doğru oranlılık bölgesi içinde kalmak kaydı ile deney parçasına giderek artan bir kuvvet uygulanması esnasında net eğilme sahasındaki sehim ölçülmek suretiyle tayin edilir. Eğilme dayanımı; her bir deney parçasının

eğilme dayanımı, en büyük kuvvet “Fmax” anındaki momentin “M”, toplam en kesit alanına oranı yoluyla hesap edilir.

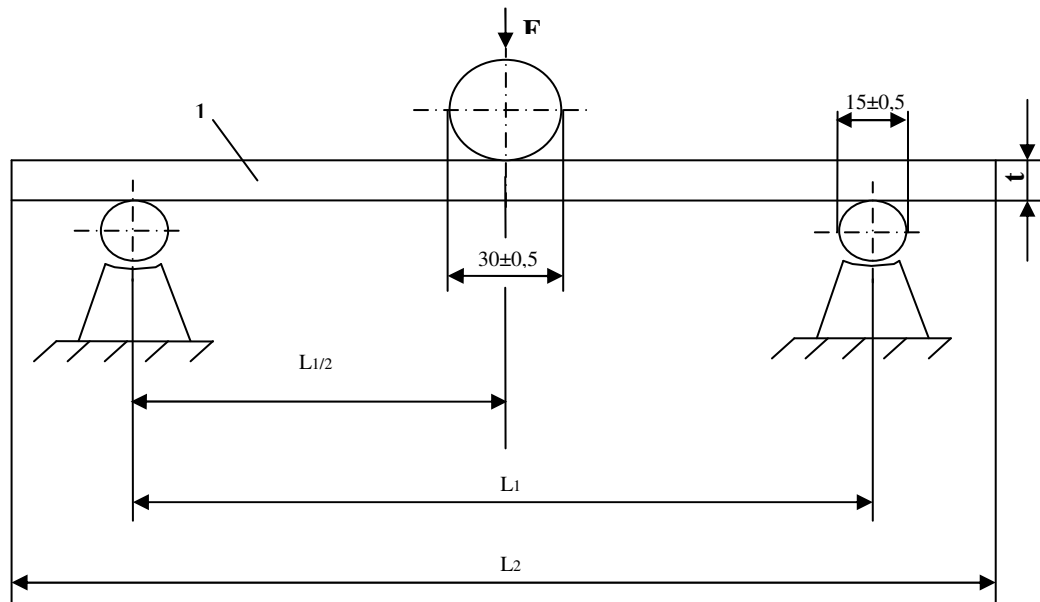
2.6.1. Alet ve Cihazlar

Ölçme aletleri TS EN 325’e uygun olmalıdır. Deney donanımı Şekil-65’deki elemanlara sahip olmalıdır.

a. **Silindirik Mesnet:** iki adet paralel ve silindirik dayanak (destek) çapı $(15\pm 0,5)$ mm olmalıdır. Mesnetler (destekler) arasındaki mesafe ayarlanabilir olmalıdır. Silindirik mesnetlere paralel ve onlardan eşit uzaklıkta, çapı $(30\pm 0,5)$ mm silindirik bir kuvvet uygulama başlığı olmalıdır.

b. **Ölçme aleti:** Ölçme aleti, deney parçasındaki sehimi mesnet açıklığının ortasından ve 0,1 mm hassasiyetle ölçebilecek uygunlukta olmalıdır.

c. **Kuvvet ölçme aleti:** Kuvvet ölçme aleti, deney parçasına uygulanan yükü 0,01 (%1) hassasiyetle ölçebilecek uygunlukta olmalıdır.



1- Deney parçası

F- Kuvvet

t- Deney parçasının kalınlığı

$L_1 = 20t$

$L_2 = L_1 + 50$

$L_2 =$ Deney parçasının uzunluğu

Şekil-65: Eğilme Dayanımı Tayini Düzeni (TS EN 310).

Numunenin alınması ve deney parçalarının kesilmesi TS EN 326-1'e göre yapılmalıdır. Enine ve boyuna kesilen iki grup deney parçası seti gereklidir. Deney parçası dikdörtgen biçiminde genişlik b , (50 ± 1) mm olmalıdır. Uzunluk "L2"; deney parçasının anma kalınlığının 20 katı ± 50 mm, en çok 1050 mm ve en az 150 mm olacak şekilde ve mm yaklaşımla ayarlanır.

Deney parçasında meydana gelen eğilme fazla olmasına rağmen yüzeyde kırılma (çatlak) oluşmamışsa, eğilme dayanımı deneyi için destekler arasındaki mesafe (uzaklık) azaltılabilir. Gerekirse bu işlem için yeni bir deney parçası seti kullanılmalıdır. Bu durumda, deneylerde kullanılan destekler arasındaki mesafe deney raporunda belirtilmelidir.

2.6.2. Kondisyonlama

Deney parçaları, % (65 ± 5) nispi rutubet ve (20 ± 2) °C sıcaklık şartlarında değişmez kütleye ulaşınca kadar kondisyonlanır. 24 saat ara ile yapılan tartımlarda, birbirini izleyen iki ölçme arasındaki kütle farkının, deney parçası kütlesinin % 0,1'inden fazla olmaması durumuna gelindiğinde, bu kütle değişmez kütle olarak kabul edilir.

2.6.3. İşlem

a. Her deney parçasının genişliği ve kalınlığı TS EN 325'e uygun olarak, aşağıdaki noktalardan ölçülmelidir.

1. Kalınlık, diagonellerin kesişme noktasından

2. Genişlik, uzunluğun ortasından

b. Silindirik destekler arasındaki uzaklık, levha anma kalınlığının 20 katı olacak şekilde ve 1 mm yaklaşımla ayarlanır. 1000 mm' den az olamaz. Desteklerin merkezleri arasındaki mesafe 0,5 mm yaklaşımla ölçülür.

c. Deney parçası, boyuna eksenine, desteklerin düşey eksenine dik olacak şekilde destekler üzerine düz olarak yerleştirilir. Böylece deney parçasının enine eksenine ile kuvvet uygulama başlığının düşey eksenine aynı düzlemde olur.

d. Kuvvet deney boyunca sabit hızla uygulanmalı ve yükleme başlığının hızı en büyük kuvvete (60±30) saniyede ulaşılacak şekilde ayarlanmalıdır. Eğilme, deney parçasının ortasından (yükleme başlığının altından) 0,1 mm hassasiyetle ölçülür ve ölçme sırasında uygulanan yükün değeri de 0,01 hassasiyetle ölçülerek, “yük-sehim” diyagramı (grafiği) çizilir. Eğilme, farklı okuma yoluyla tayin ediliyorsa, en az altı çift okuma yapılmalıdır. Uygulanan en büyük kuvvet %1 hassasiyetle ölçülerek kaydedilir.

e. Deneyler, iki grup deney parçası üzerinde yapılır. Bir grubun yarısıyla enine, diğer yarısıyla boyuna, deney parçasının levhadaki doğrultusuna göre grubun yarısında levha alt yüzeyine ve diğer yarısında ise levha üst yüzeyine göre yapılır.

2.6.4. Sonuçların Gösterilmesi

2.6.5. Elastikiyet Modülünün Hesaplanması

Her deney parçasının elastikiyet modülü (“Em”(N/mm²)) aşağıdaki formülle

hesaplanır;

$$L^3 (F_2 - F_1)$$

$$E_m = \frac{L^3 (F_2 - F_1)}{4 b t^3 (a_2 - a_1)}$$

Burada;

L1: Dayanak eksenleri arasındaki uzaklık (mesafe) mm

b: Deney parçasının genişliği mm

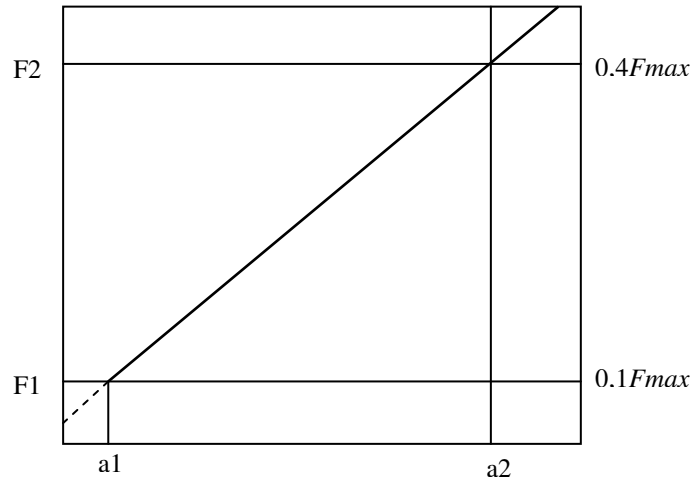
t: Deney parçasının kalınlığı mm

F2-F1: Yük-sehim diyagramı oranlılık bölgesindeki yük artışı Şekil-66'daki gibi Newton olarak alınır.

F1: Yaklaşık olarak, en büyük kuvvetin %10'u, F2 maksimum yükün %40'ı olmalıdır.

a2-a1: (F2-F1) kuvvet artışları nedeniyle deney parçası uzunluğunun ortasında meydana gelen sehim artışıdır.

Her levhalardan alınan deney parçaları için bulunan değerlerin aritmetik ortalaması alınarak münferit levhaların, bunların da ortalaması alınarak da bütün levhaların eğilme elastikiyet modülleri bulunur.



Şekil-66: Yük-Sehim Diyagramı İçerisindeki Deformasyon Sınırı

2.6.6. Eğilme Dayanımı

Her deney parçasının eğilme dayanımı, FM (N/mm²) aşağıdaki formülle hesap edilir.

$$FM = \frac{3 F_{max} L_1}{2bt^2}$$

Burada;

Fmax: en büyük kuvvet; Newton L1, b ve t, levha boyutları, mm' dir.

Her levhanın deney parçaları için bulunan değerlerin aritmetik ortalaması alınarak münferit levhaların, bunların ortalaması ile de bütün levhaların dayanımı bulunur.

2.7. Levha Yüzeyine Dik Çekme Dayanımı

Levha yüzeyine dik çekme dayanımı TS EN 319/ Nisan 1999 (yonga levhalar ve lif levhalar-levha yüzeyine dik çekme dayanımının tayini) standardına göre tayin edilir.

Deney parçalarının yüzeyine dik yönde ve kırılma meydana gelinceye kadar, üniform bir çekme kuvveti uygulayarak, deney parçalarının yüzeye dik yöndeki çekme dayanımı tayin edilir. Deney parçasının yüzeyine uygulanan maksimum çekme kuvvetinin, deney parçasının yüzey alanına oranı yardımı ile yüzeye dik çekme dayanımı hesap edilir.

2.7.1. Alet ve Cihazlar:

TS EN 325'e uygun sürgülü kumpas, deney makinesi; kavrama çeneleri arasına yerleştirilen deney parçalarının yüzeylerine dik yönde çekme kuvveti % 1 hassasiyetle ölçebilecek özellikte. Kavrama çeneleri, ortasındaki bir mafsal yardımı ile otomatik olarak ayarlanmalı ve deney parçasının her iki yüzeyine bağlanmalıdır. Deney blokları; (metal, sert odun veya kontrplak), yapıştırılacağı deney parçalarına ve tespit aparatlarına uygun özelliklerde olmalarıdır. Numunelerin alınması ve deney parçalarının kesilmesi, TS EN 326-1'e uygun yapılmalıdır. Deney parçaları, kenar uzunluğu (50±1) mm olan kare şeklinde olmalıdır. Deney parçaları, kenarları dik, uçları düzgün ve temiz olarak kesilir.

2.7.2. Kondisyonlama

Deney parçaları, %(65±5) nispi rutubet ve (20±2)°C sıcaklık şartlarında, değişmez kütleye ulaşıncaya kadar kondisyonlanır. 24 saat ara ile yapılan tartımlarda, birbirini izleyen iki ölçme arasındaki kütle farkının, deney parçası kütlesinin % 0,1'inden fazla olmaması durumuna gelindiğinde, bu kütle değişmez kütle olarak kabul edilir. Bazı durumlarda; rutubetli ortamlarda bir yıpranma deneyi

veya su içerisine daldırma deneyi gibi durumlarda, alternatif kondisyonlandırma işlemleri belirlenebilir. Bu durumda takibe dilen uygun standartlara başvurulmalıdır. Kondisyonlama işleminden sonra, her bir deney parçasının uzunluk ve genişliği TS EN 325'e uygun olarak tayin edilir.

2.7.3. Deney Parçalarının Yükleme Bloklarına Yapıştırılması

Her deney parçası, uygun bir yapıştırıcı kullanılarak, yükleme bloklarına yapıştırılmalıdır. Daha sonra preslenerek tutkal fazlalıkları alınmalıdır. Sıcak (erimiş) tutkal kullanılması halinde, tutkallı kenar pürüzsüz bir yüzey elde edilinceye kadar zımparalanmalıdır. Kenar zımparalanamıyorsa, boşluklar dolgu tutkalı ile (epoksi tutkal) doldurulmalıdır. Tutkallama yapılırken, deney parçası üzerinde herhangi bir olumsuz etkiye neden olabilecek, çekme, sıkıştırma, zorlama, sıcaklığın yükselmesi vb. gibi durumlardan mümkün olduğunca sakınılmalıdır.

Aşağıdaki birleşimlerin uygunluğu doğrulanmıştır.

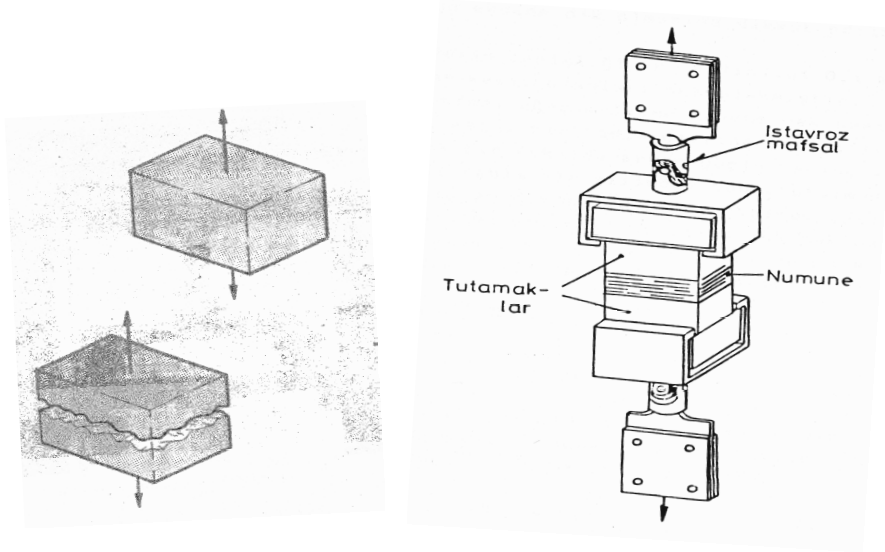
a. Metal bloklar arasında, erimiş sıcak tutkal ve epoksi tutkalı

b. Her deney parçası arasında, erimiş sıcak tutkal, epoksi tutkalı, PVAC, UF ve fenol-rezonsinal tutkalları kullanılmalıdır.

Tutkal yeterli kuruma süresine ve deney parçaları tutkallama bölgelerinde eşit rutubet dağılımına sahip oluncaya kadar deneyler tamamlanmamalıdır, bu durumda kırılma oluşmaz. Tecrübeler bu sürenin yaklaşık olarak; epoksi tutkal veya sıcak-akıcı tutkal kullanıldığında 24 saat, diğer yapıştırıcılar kullanıldığında ise, 72 saat olduğunu göstermiştir. Bu süre zarfında, tutkallı birleştirmeler, nispi rutubeti % (65±5) ve sıcaklığı (20±2)°C olan bir ortamda kontrol altında tutulmalıdır. Deney parçaları, kondisyonlama ortamından alındıktan sonra bir saat içerisinde deneye tabi tutulmalıdır.

2.7.4. İşlem ve Kuvvetin Uygulanması

Numune, deney makinesinin kavrama çeneleri arasına yerleştirilir ve çekme kuvveti uygulanarak kırılır. Kuvveti uygulayan başlığın hareket hızı, yükü deney boyunca sabit bir oranda uygulayacak ve (60 ± 30) saniyede, deney parçasını koparacak maksimum kuvvete ulaşacak şekilde ayarlanmalıdır.



Şekil-67: Levha Yüzeyine Dik Yönde Çekme Direnci Tayini (TS EN-310).

2.7.5. Koparma Kuvvetinin Ölçülmesi

Deney parçasının kopmasını sağlayan maksimum kuvvet, %1 hassasiyetle ölçülerek kaydedilir. Deneme bölgesinin dışında meydana gelen kısmi çatlaklar, tutkallama hattından oluşan çatlaklar veya deney blokları üzerinde meydana gelen çatlaklar değerlendirilmemeli ve bu durumda, yeni deney parçaları kullanılarak deney yenilenmelidir.

2.7.6. Sonuçların Gösterilmesi

Bir deney parçası, her bir deney parçasının levha yüzeyine dik yönde çekme dayanımı “ft1” aşağıdaki formüle göre hesaplanır ve N/mm olarak, iki desimal yaklaşımla ifade edilir.

$$ft1 = \frac{F_{max}}{axb}$$

Burada; Fmax; kopma yükü (Newton), a, b deney parçasının genişliği ve uzunluğu (mm)' dir. Bir levha için; her levhadan alınan deney parçaları için bulunan değerlerin aritmetik ortalaması alınarak münferit levhaların, bunların ortalaması ile de bütün levhaların ortalama değeri bulunur. Ölçüm N/mm² olarak iki desimal yaklaşımla ifade edilir

2.8. Vida Tutma Kabiliyetinin Tayini

Vida tutma mukavemetin tayini TS EN 320/Mart 1999 (lif levhalar-vida tutma mukavemetinin tayini) standardına göre tayin edilir. Deney parçasının yüzey veya kenarından, belirlenen bir vidanın çekilmesi için gereken kuvvet ölçülerek, vida tutma mukavemeti tayin edilir. Kenarlarda vida tutma mukavemetinin tayini kalınlığı en az 15 mm olan levhalar üzerinde yapılır.

2.8.1. Aletler ve Cihazlar

Deney Makinesi, vida başlığının altından ve vida boyunca eksen el bir yükü artarak uygulayabilecek özellikte ve aynı zamanda deney parçasına uygulanan maksimum yükü %1 hassasiyetle ölçebilecek kapasitede olmalıdır.

Metal bağlama tertibatı, kalınlığı 15 mm' den az olan levha yüzeylerinin vida tutma mukavemeti deneyi için, metal bağlama tertibatı ile birlikte merkezi burgu kullanılması tavsiye edilir.

2.8.2. Deney Parçaları

Numunenin alınması ve deney parçalarının kesilmesi, TS EN 326-1'e göre yapılmalıdır. Her numune levhadan, 5 deney parçası alınır. Deney parçaları, kare şeklinde ve kenar uzunluğu (75 ± 1) mm olmalıdır.

2.8.3. Kondisyonlama

Deney parçaları, $\%(65\pm 5)$ nispi rutubet ve $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$ sıcaklık şartlarında, değişmez kütleye ulaşmaya kadar kondisyonlanır. 24 saat ara ile yapılan tartımlarda, birbirini izleyen iki ölçme arasındaki kütle farkının, deney parçası kütesinin $\% 0,1$ 'inden fazla olmaması durumuna gelindiğinde, bu kütle değişmez kütle olarak kabul edilir. Deney parçası, kondisyonlama ortamından alındıktan sonra, 1 saat içinde deneyler tamamlanmalıdır.

2.8.4. Deney Parçalarının Hazırlanması

Deney parçaları, kondisyonlandıktan sonra, vidalar, açılan kılavuz (pilot) deliklere vidalanır. Delikler, $(2,7\pm 0,1)$ mm çapında ve (19 ± 1) derinliğinde olmalıdır. Delikler deney parçasının yüzeyine dik olacak şekilde açılmalıdır. Delikler komşu iki kenarın veya yüzeyin ortasına yerleştirilmelidir (kalınlığı 15 mm' den büyük olan levhalarda, kenarlara vida yerleştirme işlemi yapılır).

Bu deneyde; anma boyutu, 4.2 mm x38 mm, ISO 1478'e göre başlık numarası, ST 4.2, vida diş açıklığı (vida adımı) 1,4 mm olan çelik vida kullanılmalıdır. Vidalar; deney parçaları üzerinde açılan deliklere $(15\pm 0,5)$ mm' lik kısmı, dişlerinin tamamı gömülecek şekilde yerleştirilmelidir. Kalınlığı 15 mm' den az olan levhalarda da deney aynı yolla yapılır. Ancak vidanın uç kısmı 4,2 mm kadar karşı kenardan dışarı taşar.

2.8.5. İşlem

Deney parçaları deney makinesine yerleştirilirken, deneye tabi tutulan deney parçası yüzeyi, vidanın içerisine yerleştirildiği parçanın dış kenarına 15 mm' den daha yakın olan bir mesafede, herhangi bir noktadan desteklenmemeli ve vidaya uygulanacak kuvvete dik yönde tutulmalıdır. Kalınlığı, 15 mm' den az olan levhalarda, yüzeyin vida tutma kabiliyeti deneyi içinde aynı yol izlenmelidir. Böyle levhalarda metal bağlama tertibatı kullanılır. Deney parçası, metal bağlama tertibatı içerisine yerleştirilir ve vida bağlama tertibatının merkezindeki deliğe yerleştirilir.

2.8.6. Kuvvetin Uygulanması

Her vidaya; üzerinde vida başlığının rahatlıkla girebileceği bir delik bulunan bir bağlama tertibatı yardımıyla, vida başlığının altında eksenel yönde ve giderek artan bir çekme kuvveti vida tamamen çıkıncaya kadar ve (10 ± 1) mm/dakika hızla uygulayarak vida çekilir.

2.8.7. Maksimum Kuvvetin Ölçülmesi

Vida tutma deneyinde kullanılan deney parçasının her iki kenar ve yüzeyindeki vidanın çekilerek çıkarılması esnasındaki maksimum kuvvet, yaklaşık 10 Newton'a kadar ölçülerek kaydedilir.

2.8.8. Sonuçların Gösterilmesi

Bir deney parçası için; kenar ve yüzeylerde vida tutma deneyi, ayrı ayrı yapılarak, maksimum kuvvet 10 Newton yaklaşımla kaydedilir. 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 hesap edilir. Kalınlığı 15mm'den az olan deney parçalarında, yüzeyin vida tutma kabiliyeti, deney parçasından elde edilen maksimum yükün

(Newton), deney parçasının kalınlığına bölümü yardımıyla (N/mm) bulunur ve 1 N/mm şeklinde ifade edilir.

Bir levha için; bir levhadan alınan bütün deney parçalarından elde edilen değerlerin aritmetik ortalaması alınarak levhanın yüzey ve kenar vida tutma mukavemeti bulunur. Kalınlığı 15mm'den fazla olan levhalar için, 10 Newton, kalınlığı 15mm'den az olan levhalar için, 1 Newton olarak ifade edilir.

2.9. Levha Yüzeyine Dik Yönde Janka Sertlik Değeri

Sertlik, özellikle yapıda kullanılan levhalar için önemli bir özelliktir. Bu indeks araç ışıqla levhanın aşınmaya ve delinmeye karşı dayanımı konusunda bilgi verebilmektedir. Janka sertlik değeri MDF kalite özelliklerini mutala etmektedir. Bununla ilgili herhangi bir standart değer verilmemiştir.

2.10. Deneme Sonuçlarının Değerlendirilmesinde Kullanılan İstatistik

Metotlar

Deneylerin sonucunda elde edilen verilerin değerlendirilmesinde hesaplanan değerler şunlardır.

N: örnek sayısı
X: aritmetik ortalama
Max: maksimum değer
Min: minimum değer
S: standart sapma
 S^2 : varyans
V: varyasyon katsayısı
 $\sum x$: x'lerin toplamı
 $\sum x^2$: x² lerin toplamı
 $(\sum x^2)$: $\sum x$ 'in karesi

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

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

Oranı ile bulunan F hesap değerleri %95 güven seviyesinde tablodan alınan F tablo değeri ile karşılaştırılmış ve Fhesap < Ftablo 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 olunca levhalara ait ortalama değerler Duncan testi ile karşılaştırılarak birbirinden farklı ve eşit kabul edilebilecek ortalama değerler bulunmuştur. Dolayısıyla hangi levha gruplarının diğerinden önemli ölçüde farklılık göstereceği tespit edilmiştir.

$$R_p = q \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot S_{iç}^2}{n}}$$

Formülü ile en küçük önemli fark hesaplanmış olur. Burada;

R_p: En küçük önemli fark

q: Student oranı olup p aritmetik sıra ortalaması ve V= k. (n-1) serbestlik derecesine göre %95 güven seviyesinde tablodan alınmaktadır.

S_{iç}²: Gruplar içi varyans

n: Her bir grup için örnek sayısıdır.

Aritmetik ortalamalar büyüklük sıralarına göre dizilerek birbirinden çıkarılmış ve elde edilen farklar sıra numarasına ait en küçük numara fark değerleri (R_p) ile karşılaştırılmıştır. R_p > iki levhanın aritmetik ortalamaları arasındaki fark ise, bu iki levha arasında önemli ölçüde fark (significant) olduğu sonucuna varılmıştır. Bu şekilde bütün levhalara ait ortalama değerler birbiri ile karşılaştırılmış ve aralarındaki farkın önemli olup olmadığı karşılaştırılmıştır.

3. BULGULAR

3.1. Kimyasal Özelliklere Ait Bulgular

Tablo 17: Orman Gülü Odununun Kimyasal Analizlerine ve Çözünürlüklerine Ait Bulgular

Bileşenler	Ortalama (%)	Std. Sapma	Bileşenler	Ortalama (%)	Std. Sapma
Holoselüloz	80.08	0.16	Alkol-benzende çözünürlük	1.58	0.12
Alfa selüloz	44.45	0.14	Sıcak suda çözünürlük	2.91	0.14
Lignin	18.94	0.13	Soğuk suda çözünürlük	1.30	0.11
Kül	1.07	0.10	%1'lik NaOH' da çözünürlük	18.63	0.13
Rutubet	10.40	0.20			

Orman gülü odunun kimyasal analizi ve çözünürlüklerine ait bulgular Tablo 17'da belirtilmiştir. Bu analizde holoselüloz, alfa selüloz, lignin, kül ve rutubet miktarı tespit edilmiştir. Çözünürlük bileşenlerinden; alkol-benzen, % 1'lik NaOH, sıcak ve soğuk suda çözünürlükleri tespit edilmiştir.

3.2. Lifsel Özelliklere Ait Bulgular

Tablo 18: Orman Gülü Odununun Lif Analizine Ait Bulgular

Lifsel özellikler	Ortalama	Standart sapma
Lif Uzunluğu (mm)	0.95	0.18
Lif Genişliği (mikron)	17.60	0.20
Lümen Genişliği (mikron)	7.96	0.17
Çeper kalınlığı (mikron)	3.22	0.21

Orman gülü odunun kimyasal analizine ait bulgular Tablo 18'de belirtilmiştir. Bu analizde orman gülünün lifsel özelliklerinden lif uzunluğu, lif genişliği, lümen genişliği ve çeper kalınlığı tespit edilmiştir.

3.3. Fiziksel Özelliklere Ait Bulgular

3.3.1. Yoğunluğa Ait Bulgular

Orman gülünden elde edilen levhaların odun karışım oranlarına göre yoğunluk değerlerine ait istatistiki verileri Tablo 19’de verilmiştir.

Tablo 19: Yoğunluğa Ait İstatistiği Veriler

Yoğunluk gr/cm ³						
Odun Karışım Oranı	Aritmetik Ortalama X	Standart Sapma S	Varyans S ²	Varyasyon Katsayısı V %	Xmax	Xmin
R ₁₀₀ I ₀	0.73	0.02	0.0004	2.64	0.76	0.69
R ₇₅ I ₂₅	0.73	0.03	0.0010	4.37	0.79	0.65
R ₀ I ₁₀₀	0.73	0.02	0.0005	2.99	0.75	0.69
R ₅₀ I ₅₀	0.73	0.02	0.0003	2.49	0.76	0.70
R ₂₅ I ₇₅	0.72	0.02	0.0004	2.63	0.73	0.68

Orman gülünden elde edilen levhaların yoğunluk değerleri arasında odun karışım oranlarına göre farklılıkların bulunup bulunmadığını gösteren Varyans Analizi sonuçları Tablo 20’de verilmiştir.

Tablo 20: Yoğunluğa ait Varyans Analizi

Varyans Analizi Tablosu						
Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Tüm Varyans	Varyans	F Oranı 95%	F Oranı 99%	Önem Seviyesi
Örnekler Arası	4	0,003	0,0008	0,0023	0,0023	(%95) N.S. (%99) N.S.
Örnekler İçi	245	84,74	0,35	<	<	
Toplam	249	84,73		2,61	3,78	

$F_{hesap} = 0,0023 < F_{0,05;4,25} = 2.61$ ve $F_{hesap} = 0,0023 < F_{0,01;4,25} = 3.78$ olduğundan %95 ve %99 güvenle orman gülünden elde edilen levhaların yoğunluk değerleri arasında odun karışım oranlarına göre farklılıklar bulunmamaktadır.

3.3.2. Suda Şişmeye Ait Bulgular

Orman gülünden elde edilen levhaların odun karışım oranlarına göre 2 saat suda şişmeye ait istatistiki verileri Tablo 21’de verilmiştir.

Tablo 21: 2 Saat Suda Şişmeye Ait İstatistiği Veriler

2 Saat Suda Şişme						
Odun Karışım Oran	Aritmetik Ortalama X	Standart Sapma S	Varyans S^2	Varyasyon Katsayısı V %	Xmax	Xmin
R ₁₀₀ I ₀	5.06	0,34	0,12	6,73	5,90	4,57
R ₇₅ I ₂₅	4.96	0,27	0,06	5,51	5,54	4,58
R ₅₀ I ₅₀	4.59	0,09	0,01	1,90	4,96	4,51
R ₂₅ I ₇₅	3,53	0,42	0,20	11,91	4,59	2,75
R ₀ I ₁₀₀	3.24	0,16	0,03	4,96	3,56	2,99

Orman gülünden elde edilen levhaların 2 Saat Suda şişme değerleri arasında odun karışım oranlarına göre farklılıkların bulunup bulunmadığını gösteren Varyans Analizi sonuçları Tablo 22’de verilmiştir.

Tablo 22: 2 Saat Suda Şişmeye ait Varyans Analizi

Varyans Analizi Tablosu						
Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Tüm Varyans	Varyans	F Oranı 95%	F Oranı 99%	Önem Seviyesi
Örnekler Arası	4	53,89	13,47	0,94	0,94	(%95) N.S. (%99) N.S.
Örnekler İçi	245	3529,56	14,41	<	<	
Toplam	249	3475,67		2,61	3,78	

$F_{hesap} = 0,94 < F_{0,05;4,25} = 2.605$ ve $F_{hesap} = 0,94 < F_{0,01;4,25} = 3.78$ olduğundan %95 ve %99 güvenle orman gülünden elde edilen levhaların yoğunluk değerleri arasında odun karışım oranlarına göre farklılıklar bulunmamaktadır.

Orman gülünden elde edilen levhaların odun karışım oranlarına göre 24 saat suda şişmeye ait istatistiki verileri Tablo 23’de verilmiştir.

Tablo 23: 24 Saat Suda Şişmeye ait istatistiki veriler

24 Saat Suda Şişme						
Odun Karışım Oranı	Aritmetik Ortalama X	Standart Sapma S	Varyans S^2	Varyasyon Katsayısı V %	Xmax	Xmin
R ₁₀₀ I ₀	10.99	0,31	0,13	2,77	11,81	10,39
R ₇₅ I ₂₅	10.53	0,29	0,09	2,78	11,02	10,00
R ₅₀ I ₅₀	9.96	0,41	0,17	4,12	10,92	9,09
R ₂₅ I ₇₅	8.45	0.75	1.48	8.89	9.96	6.04
R ₀ I ₁₀₀	7.83	0.26	0.07	3.33	8.57	7.53

Orman gülünden elde edilen levhaların yoğunluk değerleri arasında odun karışım oranlarına göre farklılıkların bulunup bulunmadığını gösteren Varyans Analizi sonuçları Tablo 24' de verilmiştir.

Tablo 24: 24 Saat Suda Şişmeye Ait Varyans Analizi

Varyans Analizi Tablosu						
Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Tüm Varyans	Varyans	F Oranı 95%	F Oranı 99%	Önem Seviyesi
Örnekler Arası	4	116,75	29,19	0,43	0,43	
Örnekler İçi	245	16685,51	68,10	<	<	(%95) N.S.
Toplam	249	16568,76		2,61	3,78	(%99) N.S.

$F_{hesap} = 0,43 < F_{0,05,4,25} = 2.61$ ve $F_{hesap} = 0,43 < F_{0,01,4,25} = 3.78$ olduğundan %95 ve %99 güvenle orman gülünden elde edilen levhaların yoğunluk değerleri arasında odun karışım oranlarına göre farklılıklar bulunmamaktadır.

3.4. Mekanik Özelliklere Ait Bulgular

3. 4. 1. Eğilme Direncine Ait Bulgular

Orman gülünden elde edilen levhaların odun karışım oranlarına göre Eğilme Direncine ait istatistiki verileri Tablo 25' de verilmiştir.

Tablo 25: Eğilme Direncine Ait İstatistiği Veriler

Eğilme Direnci N/mm ²						
Odun Karışım Oranı	Aritmetik Ortalama X	Standart Sapma S	Varyans S ²	Varyasyon Katsayısı V %	Xmax	Xmin
R ₁₀₀ I ₀	40.45	4.05	16.39	10.01	46.76	29.30
R ₀ I ₁₀₀	34,53	2,21	4,87	6,39	39,85	9.53
R ₇₅ I ₂₅	33.73	4.87	23.72	14.44	39.37	9.53
R ₂₅ I ₇₅	30.69	2.08	4.32	6.77	33.78	25.25
R ₅₀ I ₅₀	30.59	2.65	7.02	8.66	34.59	26.69

Orman gülünden elde edilen levhaların Eğilme Dirençleri arasında odun karışım oranlarına göre farklılıkların bulunup bulunmadığını gösteren Varyans Analizi sonuçları Tablo 26 de verilmiştir.

Tablo 26: Eğilme Direncine ait Varyans Analizi

Varyans Analizi Tablosu						
Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Tüm Varyans	Varyans	F Oranı 95%	F Oranı 99%	Önem Seviyesi
Örnekler Arası	4	1933,39	483,35	42,92	42,92	
Örnekler İçi	145	1633,02	11,26	>	>	(%95) S*
Toplam	149	3566,40		2,68	4,79	(%99) S**

$F_{hesap} = 49.84 > F_{0,05;4,15} = 2.68$ ve $F_{hesap} = 49.84 > F_{0,01;4,15} = 4.79$ olduğundan %95 ve %99 güvenle orman gülünden elde edilen levhaların Eğilme Dirençleri arasında odun karışım oranlarına göre farklılıklar bulunmaktadır.

Varyans Analizi sonucu belirlenen bu farklılığı saptamak için DUNCAN testi yapılmıştır. Test sonuçları Tablo 27’de verilmiştir.

Tablo 27: Eğilme Direncine ait Duncan Testi

DUNCAN TESTİ				
	R ₀ I ₁₀₀	R ₇₅ I ₂₅	R ₂₅ I ₇₅	R ₅₀ I ₅₀
R ₁₀₀ I ₀	5,92	6,72	9,75	9,85
	1,72	1,81	1,85	1,91
R ₀ I ₁₀₀		0,79	3,83	3,93
		1,72	1,81	1,87
R ₇₅ I ₂₅			3,03	3,13
			1,72	1,80
R ₂₅ I ₇₅				0,10
				1,72

Tablo 31 incelenecek olursa % 100 ormangülü kullanılan levha ile Karışım, %75, %25 ve %50 karışım oranlarında orman gülünün kullanıldığı levhalar arasında; %75 karışımdan elde edilen levha ile %25 ve %50 karışımlardan elde edilen levhalar arasında eğilme direnci değerleri bakımından istatistiki anlamda fark olduğu; buna mukabil % 25 karışım ile % 50 lik karışım ile elde edilen levhaların eğilme direnci değerleri arasında istatistiki anlamda bir fark olmadığı görülmektedir.

3.4.2. Eğilmede Elastikiyet Modülüne Ait Bulgular

Orman gülünden elde edilen levhaların odun karışım oranlarına göre Eğilmede Elastikiyet Modülüne ait istatistiki verileri Tablo 28’de verilmiştir.

Tablo 28: Eğilmede Elastikiyet Modülüne Ait İstatistiği Veriler

Eğilmede Elastikiyet Modülü N/mm ²						
Odun Karışım Oranı	Aritmetik Ortalama X	Standart Sapma S	Varyans S ²	Varyasyon Katsayısı V %	Xmax	Xmin
R ₀ I ₁₀₀	3158,42	165,37	27345,44	5,24	3382,77	2751,75
R ₁₀₀ I ₀	3149.84	279.12	77910.26	8.87	3653.10	2480.40
R ₂₅ I ₇₅	2804.11	226.68	51384.87	8.09	3194.73	2243.59
R ₇₅ I ₂₅	2783.37	451.36	203729.89	16.22	3997.63	2012.07
R ₅₀ I ₅₀	2731.73	189.23	35806.41	6.93	3303.99	2480.25

Orman gülünden elde edilen levhaların Eğilmede Elastikiyet Modülü değerleri arasında odun karışım oranlarına göre farklılıkların bulunup bulunmadığını gösteren Varyans Analizi sonuçları Tablo 29’da verilmiştir.

Tablo 29: Eğilmede Elastikiyet Modülüne ait Varyans Analizi

Varyans Analizi Tablosu						
Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Tüm Varyans	Varyans	F Oranı	F Oranı	Önem Seviyesi
Örnekler Arası	4	5311828,22	1327957,05	16,76	16,76	
Örnekler İçi	145	11489129,16	79235,37	>	>	(%95) S*
Toplam	149	16800957,38		2,68	4,79	(%99) S**

$F_{hesap} = 11.85 > F_{0,05; 4,15} = 2.68$ ve $F_{hesap} = 11.86 > F_{0,01; 4, 15} = 4.79$ olduğundan %95 ve %99 güvenle orman gülünden elde edilen levhaların Eğilmede Elastikiyet Modülü arasında odun karışım oranlarına göre farklılıklar bulunmaktadır.

Varyans Analizi sonucu belirlenen bu farklılığı saptamak için DUNCAN testi yapılmıştır. Test sonuçları Tablo 30’de verilmiştir.

Tablo 30: Eğilmede Elastikiyet Modülüne Ait Duncan Testi

DUNCAN TESTİ				
	R ₁₀₀ I ₀	R ₂₅ I ₇₅	R ₇₅ I ₂₅	R ₅₀ I ₅₀
R ₀ I ₁₀₀	8,58	354,31	375,05	426,69
	143,9	151,45	156,49	160,14
R ₁₀₀ I ₀		345,73	366,47	418,11
		143,89	151,45	156,49
R ₂₅ I ₇₅			20,74	72,39
			143,89	151,45
R ₇₅ I ₂₅				51,65
				143,89

Tablo 30’a göre; karışım ağaç türlerinden oluşturulan levha, %100 ormangülü, %75 orman gülü, %25 orman gülü ve %50 orman gülü karışım oranlarında orman gülünün kullanıldığı levhalar arasında Eğilmede Elastikiyet Modülü değerleri bakımından istatistiki anlamda fark olduğu; buna mukabil %25, %75 ve %50’lik karışımlarda elde edilen levhaların Eğilmede Elastikiyet Modülü değerleri arasında istatistiki anlamda bir fark olmadığı görülecektir.

3.4.3. Çekme Direncine Ait Bulgular

Orman gülünden elde edilen levhaların odun karışım oranlarına göre Çekme Direncine ait istatistiki verileri Tablo 31’de verilmiştir.

Tablo 31: Çekme Direncine Ait İstatistik Veriler

Çekme Direnci N/mm ²						
Odun Karışım Oranı	Aritmetik Ortalama X	Standart Sapma S	Varyans S ²	Varyasyon Katsayısı V %	Xmax	Xmin
R ₁₀₀ I ₀	0.67	0.06	0.006	11.11	0.80	0.38
R ₀ I ₁₀₀	0,63	0,05	0,002	7.27	0,73	0,56
R ₂₅ I ₇₅	0.61	0.10	0.010	16.34	0.83	0.48
R ₅₀ I ₅₀	0.60	0.11	0.013	18.61	0.85	0.44
R ₇₅ I ₂₅	0.56	0.03	0.001	5.19	0.63	0.51

Orman gülünden elde edilen levhaların Çekme Direnci değerleri arasında odun karışım oranlarına göre farklılıkların bulunup bulunmadığını gösteren Varyans Analizi sonuçları Tablo 32’de verilmiştir.

Tablo 32: Çekme Direncine Ait Varyans Analizi

Varyans Analizi Tablosu						
Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Tüm Varyans	Varyans	F Oranı 95%	F Oranı 99%	Önem Seviyesi
Örnekler Arası	4	0,15	0,04	0,15	0,15	
Örnekler İçi	245	62,12	0,25	<	<	(%95) N.S.
Toplam	249	62,28		2,61	3,78	(%99) N.S.

$F_{hesap} = 0.19 < F_{0,05; 4,25} = 2.61$ ve $F_{hesap} = 0.19 < F_{0,01; 4,25} = 3.78$ olduğundan %95 ve %99 güvenle orman gülünden elde edilen levhaların yoğunluk değerleri arasında odun karışım oranlarına göre farklılıklar bulunmamaktadır.

3.4.4. Vida Tutma Direncine Ait Bulgular

Orman gülünden elde edilen levhaların odun karışım oranlarına göre Vida Tutma Direncine ait istatistik verileri Tablo 33’de verilmiştir.

Tablo 33: Vida Tutma Direncine Ait İstatistik Veriler

Vida Tutma Direnci - Kp						
Odun Karışım Oranı	Aritmetik Ortalama X	Standart Sapma S	Varyans S ²	Varyasyon Katsayısı V %	Xmax	Xmin
R ₀ I ₁₀₀	125,42	13,07	170,83	10,42	145,53	97,02
R ₁₀₀ I ₀	125,17	13,74	188,90	10,98	147,0	98,00
R ₂₅ I ₇₅	124,45	12,15	147,60	9,76	144,06	101,43
R ₅₀ I ₅₀	124,38	9,26	85,79	7,45	138,00	102,00
R ₇₅ I ₂₅	121,07	11,73	137,67	9,69	144,65	93,10

Orman gülünden elde edilen levhaların Vida Tutma Direnci değerleri arasında odun karışım oranlarına göre farklılıkların bulunup bulunmadığını gösteren Varyans Analizi sonuçları Tablo 34’ de verilmiştir.

Tablo 34: Vida Tutma Direncine ait Varyans Analizi

Varyans Analizi Tablosu						
Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Tüm Varyans	Varyans	F Oranı 95%	F Oranı 99%	Önem Seviyesi
Örnekler Arası	4	1,19	0,29	0,0029	0,0029	
Örnekler İçi	245	25418,12	103,81	<	<	(%95) N.S.
Toplam	249	25419,33		2,61	3,78	(%99) N.S.

$F_{hesap} = 0,0029 < F_{0,05; 4, 25} = 2.61$ ve $F_{hesap} = 0,0029 < F_{0,01; 4, 25} = 3.78$ olduğundan %95 ve %99 güvenle orman gülünden elde edilen levhaların yoğunluk değerleri arasında odun karışım oranlarına göre farklılıklar bulunmamaktadır.

3.4.5. Sertliğe Ait Bulgular

Orman gülünden elde edilen levhaların odun karışım oranlarına göre Sertliğe ait istatistiki verileri Tablo 35’de verilmiştir.

Tablo 35: Sertliğe Ait İstatistiki Veriler

Sertlik						
Odun Karışım Oranı	Aritmetik Ortalama X	Standart Sapma S	Varyans S^2	Varyasyon Katsayısı $V \%$	Xmax	Xmin
R ₁₀₀ I ₀	79.83	1.21	1.47	1.52	83.3	76.67
R ₇₅ I ₂₅	78.83	0.86	0.74	1.09	80.67	76.67
R ₅₀ I ₅₀	78.32	1.72	2.96	2.19	81.00	74.00
R ₂₅ I ₇₅	74.50	1.45	2.09	1.94	77.00	72.00
R ₀ I ₁₀₀	73.08	4.97	24.64	6.79	78.00	64.00

Orman gülünden elde edilen levhaların Sertliğe değerleri arasında odun karışım oranlarına göre farklılıkların bulunup bulunmadığını gösteren Varyans Analizi sonuçları Tablo 36’de verilmiştir.

Tablo 36: Sertliğe Ait Varyans Analizi

Varyans Analizi Tablosu						
Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Tüm Varyans	Varyans	F Oranı 95%	F Oranı 99%	Önem Seviyesi
Örnekler Arası	4	1734,23	433,55	67,97	67,97	(%95) S* (%99) S**
Örnekler İçi	245	1562,72	6,38	>	>	
Toplam	249	3296,95		2,605	3,78	

$F_{hesap} = 67.97 > F_{0,05; 4.25} = 2.61$ ve $F_{hesap} = 67.97 > F_{0,01; 4.24} = 3.79$ olduğundan %95 ve %99 güvenle orman gülünden elde edilen levhaların Sertliği arasında odun karışım oranlarına göre farklılıklar bulunmaktadır.

Varyans Analizi sonucu belirlenen bu farklılığı saptamak için DUNCAN testi yapılmıştır. Test sonuçları Tablo 37’de verilmiştir.

Tablo 37: Sertliğe Ait Duncan Testi

DUNCAN TESTİ				
	R ₇₅ I ₂₅	R ₅₀ I ₅₀	R ₂₅ I ₇₅	R ₀ I ₁₀₀
R ₁₀₀ I ₀	1,01 1,28	1,51 1,36	5,33 1,40	6,75 1,44
R ₇₅ I ₂₅		0,51 1,29	4,33 1,36	5,75 1,41
R ₅₀ I ₅₀			3,82 1,29	5,24 1,36
R ₂₅ I ₇₅				1,42 1,29

Tablo 37 incelenecek olursa; %100 ormangülü kullanılan levha ile %50 ve %25’i orman gülü olan levhalar ile endüstriyel liften elde edilen levha; %75’i orman gülü olan levha ile %25’i orman gülü olan levha ile endüstriyel liften elde edilen levha; %50’si orman gülü olan levha ile %25’i orman gülü olan levha ile endüstriyel liften elde edilen levha; %25’i orman gülü olan levha ile endüstriyel liften elde edilen levha arasında Sertlik değerleri bakımından istatistiki anlamda fark olduğu; buna mukabil % 100 ormangülü kullanılan levha ile %75’i orman gülü olan levha ve %75’i orman gülü olan levha ile %50’si orman gülü olan levhaların sertlik değerleri arasında istatistiki anlamda bir fark olmadığı görülecektir.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

4.1. Kimyasal Analizlere Ait İrdellemeler

Daha önce belirtilen standart yöntemlere uygun olarak orman gülü odunu örnekleri üzerinde yapılan kimyasal analizlere ait veriler Tablo 38’de belirtilmiştir.

Tablo 38: Bazı Yapraklı ve İbrelili Odunların Kimyasal Bileşenleri ve Çözünürlük Değerleri

Ağaç Türü	KİMYASAL BİLEŞENLER						ÇÖZÜNÜRLÜK				kaynak
	Holoseülüz (%)	Selüloz (%)	Alfa Selüloz (%)	Lignin (%)	Pentozan (%)	Kül (%)	Alkol-benzen (%)	%'1'lik NaOH	Sıcak su (%)	Soğuk su (%)	
Orman gülü	80.08	--	44.45	18.94	--	1.06	1.58	18.63	2.91	1.32	Tespit
Saplı meşe.	--	41.1	--	29.6	22.2	0.3	0.4	--	12.2	--	Fengel 1989
Sarı çam	71.63	54.81	--	26.73	10.87	0.40	3.71	19.42	4.37	2.82	Usta 1989
Sapsız meşe	--	42.8	--	24.9	25.5	0.27	--	--	--	--	Fengel 1975
Melez kavak	80.6	49.2	42.8	19.3	28.9	0.51	1.85	20.04	2.5	1.88	Akgül 2001
Ak söğüt	78.1	53.5	--	21.6	21.8	--	3.2	21.5	7.4	--	Eroğlu 2000
Yalancı akasya	82.03	53.10	51.63	21.27	21.93	0.55	6.23	22.10	8.06	--	Kırcı 1987
Kızıl çam	70.8	54.1	--	27.4	--	0.37	5.9	8.5	5.0	3.0	Kırcı 1991

Orman gülü odunu üzerinde yapılan çalışmaların kimyasal analiz değerleri ile diğer araştırmacıların YA ve İYA için buldukları değerler karşılaştırıldığında holoseülüz oranları; saplı meşe, sarıçam ve orman gülü arasında yaklaşık olarak aynı değer seviyesindedir. Lignin oranları bakımından karşılaştırıldığında saplı meşe ile sarıçam arasında en düşük değer orman gülünde çıkmıştır. Kül oranı bakımından saplı meşe ve sarıçam arasında en yüksek değer orman gülünde tespit edilmiştir. Alkol-benzen çözünürlüğünde saplı meşe, sarıçam ve orman gülü arasında en düşük değer saplı meşede iken her ikisinin ortasında orman gülü bulunmaktadır. Sıcak suda çözünürlük oranları saplı meşe, sarıçam ve orman gülü arasında en düşük değer orman gülünde çıkmıştır.

Türler arasında kimyasal analizlerin farklı olması, odunların kimyasal yapısına, türlerin cinsine, yetiştirme toprağının yapısına, iklimine, yetiştirme yerine göre belirli sınırlar içinde değişebilir. Temelde en önemli etken genetik farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Aynı türün farklı topraklarda büyümeleri o türün kimyasal bileşenlerinde önemli farklılıklar olabilmektedir.

Yapraklı ağaçların holoselüloz, selüloz, alfa-selüloz, lignin, pentozan ve kül oranları sırasıyla; %72.70–82.03, %42.19–53.5, %38.44–51.63, %18.20–29.40, %18.34–26.89, %0.33–0.97 oranlarında tespit edilmiştir. Çözünürlük değerleri ise alkol- benzen, %' lik NaOH, sıcak su çözünürlükleri sırasıyla %1.49–6.23, %12.48–25.29, %1.92–8.06 oranları arasında değişmektedir (Akgül, 2001).

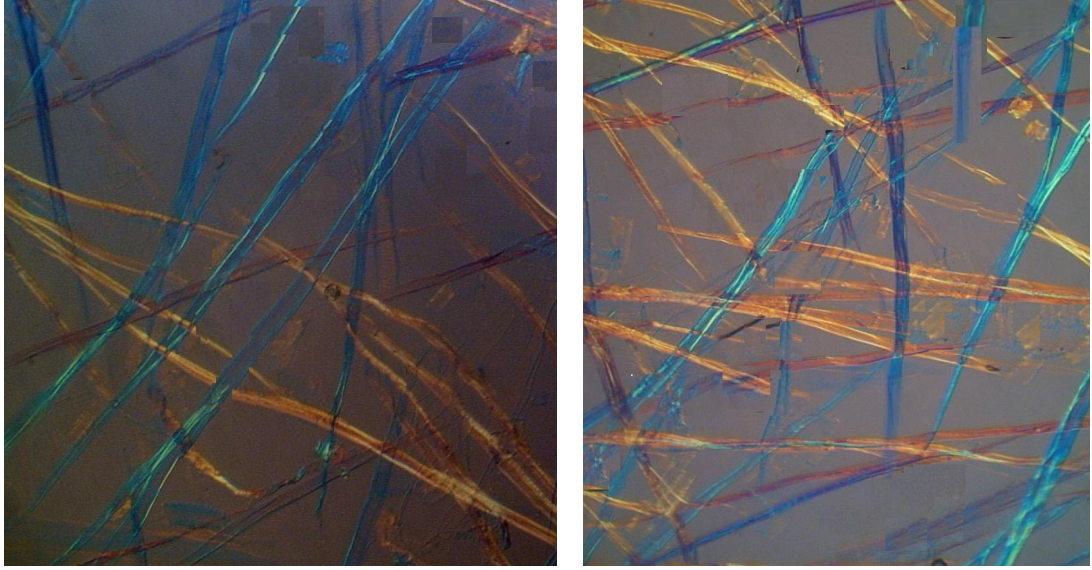
4.2. Lif Analizine Ait İrdellemeler

Daha önce belirtilen standart yöntemlere uygun olarak YA ve İYA odunu örnekleri üzerinde yapılan analizler sonucunda orman gülü, sarıçam ve saplı meşe odunlarına ait lifsel özellikler Tablo 39'de belirtilmiştir.

Tablo 39: Bazı Yapraklı ve İğne Yapraklı Ağaçların Lifsel Özellikleri

Ağaç türü	Lif Uzunluğu (mm)	Lif Genişliği (mikron)	Lümen Genişliği (mikron)	Çeper Kalınlığı (mikron)	Referans
Orman Gülü	0.95	17.66	7.96	3.22	Tespit
Sarı Çam	2.9	36	22	-	Ayrılmış, 2000
Saplı meşe	1.10	21	-	6	Ayrılmış, 2000
Melez Kavak	1.17	24.20	15.80	4.20	Akgül, 2001
Çınar	1.42	22.30	9.70	6.20	Tank, 1981
Okalıptüs	0.92	15.44	7.35	2.04	Huş, 1975
Kayın	1.17	19.54	5.23	7.30	Tank, 1978
Gürgen	1.49	21.93	10.22	5.85	Tank, 1978
Yalancı Akasya	1.05	16.14	6.01	5.05	Kırcı, 1987

Orman gülü odunu üzerinde yapılan lif uzunluğu ve lif genişliği tespitinde sarıçam ile saplı meşe arasında en küçük değer bulunmuş olup Tablo 39'de belirtilmiştir. Şekil 68'de orman gülü lifinin uzunluğu gösterilmektedir.



Şekil-68: Orman Gülü Odunun Lif Uzunluğu (Büyütme X90 µm)

Tablo 40: Orman gülü, Sarıçam ve Saplı Meşe Türlerinin Yoğunluğu ve Lif Morfolojisine Ait Özellikleri.

Özellik	Orman Gülü	Sarı Çam	Saplı Meşe
Yoğunluk (gr/cm ³)	0.92	0.42	0.59
Keçeleşme Oranı (L/D)(Mm)	53.79	84	37.63
Elastikiyet Katsayı(Dx100/D)	45.07	71	37.12
Katılık Katsayı(Wx100/D)	18.23	13	31.30
Mühlsteph Oranı [(D ² -D ²)X100/D ²]	96.67	60.90	86.00
Runkel Sınıflaması(2Wx/D)	0.80	0.36	1.68
F Faktörü(Lx100/W)	29503	46666	23407
Referans	Tespit	Ayrılmış	Ayrılmış

Ülkemizde doğal ortamlarda yetişen Saplı meşe, Sarıçam ve Orman gülü türlerine ait lif morfolojileri Tablo 40’de belirtilmiştir.

Ağaç türleri arasında keçeleşme kabiliyeti bakımında en iyi kalitede lif sarıçam ve orman gülü odununda çıkmıştır. Saplı meşenin lifi en düşük kalitededir. Sonuçlar Tablo 40’da belirtilmiştir. Liflerde keçeleşme arttıkça sıcak presleme sırasında daha kuvvetli bağ oluşturmaktadır. Bundan dolayı levhanın fiziksel ve mekaniksel özelliklerini keçeleşme kalitesiyle doğru orantı vardır. İYA’ ların keçeleşme oranı YA’ lardan daha iyidir. Levha üretiminde İYA’ ların tercih edilmesinin asıl sebebi budur.

Elastikiyet katsayısı en yüksek olanlar sarıçam ve orman gülüdür. Saplı meşe en düşük değeri vermektedir. Sonuçlar Tablo 40'da belirtilmiştir. Liflerdeki yassılaşıma kabiliyeti elastikiyet katsayısı ile doğru orantılıdır. Bu değer yüksek çıkması levhanın fiziksel özelliklerinden çekme mukavemetini artırmaktadır.

Runkel oranı en düşük sarıçam ve orman gülünde tespit edilmiştir. Saplı meşede en yüksek değeri göstermektedir. Runkel oranı < 1'den olduğunda en iyi kalitede kâğıt ve lif levha yapımına elverişli lifleri belirtmektedir. Levha üretimine en elverişsiz lif saplı meşedir. Bu saplı meşe lifinin değeri 1,68'dir.

Katılık katsayısı en düşük değer sarıçam ile orman gülünde iken en yüksek değer saplı meşede tespit edilmiştir. Katılık katsayısı yırtılma faktörü üzerine pozitif etki yaptığına göre YA türlerinde yırtılma mukavemeti yüksek ve katlanma mukavemeti düşüktür.

Lif uzunluğu çeper kalınlığı oranı yüzde olarak ifade edilen ve lifin esnekliği hakkında fikir veren F faktörü, en yüksek sarıçam ve orman gülünde tespit edilmiştir. Böylece esneklik modülünde olduğu gibi F faktörü de İYA türlerinde YA türlerinden daha yüksektir. Ağaç türlerinin lif morfolojileri kâğıt ve lif levhayı etkileyen önemli etkenlerdendir.

Tablo 41: Orman Gülünün Hacim-Yoğunluk Değeri

Ağaç Türü	Hacim-Yoğunluk (gr/cm ³)	Referans
Orman Gülü	0.63	Tespit
Sarıçam	0.46	Ayrılmış 2000
Saplı meşe	0.57	Ayrılmış2000

Hacim yoğunluk değeri tespitinde en yüksek değer Tablo 41'e göre orman gülünde tespit edilmiştir. En düşük değerde sarıçamda ortaya çıkmıştır. Hacim yoğunluk değeri yüksek olan ağaç türlerinin lif verimi yüksek çıkmaktadır.

Deneme levhalarının fiziksel ve mekaniksel özelliklerini tespit etmek amacıyla hazırlanan numuneler üzerinde yapılan deneylerin sonuçları; genel bilgiler kısmındaki literatür özetine istinaden bu bölümde irdelenerek standartlarla karşılaştırılmıştır. Yapılan laboratuvar deneyleri ve bu deneylerden elde edilen değerlerin istatistiksel analizleri sonucunda levha yoğunluğu, 2 ve 24 saat süreli kalınlığına şişme, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, levha yüzeyine dik yönde çekme direnci, levha yüzeyine dik yönde janka sertlik değeri ve vida tutma gücü üzerine ağaç türünün etkisi olduğu tespit edilmiştir. Deneme levhalarının rutubet miktarı ortalama %7,5 olarak tespit edilmiştir. (TS EN 322, % 4–11).

4.3. Hava Kurusu Yoğunluk

Üretilen levhanın yoğunluğu, MDF' nin fiziksel ve mekaniksel standart özelliklerini etkilemektedir. MDF' de yoğunluğun artmasıyla fiziksel ve mekaniksel özellikler artmakta; buna karşın uzun süreli suda bekleme sonucunda levhanın kalınlığına şişme artmakta ve levhanın işlenmesi zorlaşmaktadır.

Her bir ağaç türü grubuna ait deneme levhalarının ortalama yoğunlukları, EKGD (en küçük güvenilir değer) ve EKGD (en büyük güvenilir değer)'leri Tablo 42'de verilmiştir. Üretilen levhaların EBGD' leri standardın ön gördüğü sınırlar içerisinde kaldığından levhalar yoğunluk bakımından standarda uygundur.

Ayrılmış' ın yüksek lisans tezindeki ağaç karışımları sonucunda oluşan levhanın yoğunluk analizi de standartlara uygun olarak çıkmıştır (Ayrılmış, 2000).

Her iki tez sonuçlarında anlamlı bir farklılık yoktur.

Tablo 42: Deneme Levhalarına Ait Hava Kuru Yoğunluk Ortalama, EKGD ve EBGD Değerleri.

Levha Tipi	Ortalama Değer (g /cm ³)	EKGD (g /cm ³)	EBGD (g /cm ³)	Standardın Ön Gördüğü TS 3635, 1981 ve ISO 818
R ₁₀₀ I ₀	0.73	0.72	0.75	0,35 g /cm ³ <MDF<0,85g /cm ³)
R ₇₅ I ₂₅	0.73	0.72	0.74	
R ₀ I ₁₀₀	0.73	0.71	0.74	
R ₅₀ I ₅₀	0.73	0.71	0.74	
R ₂₅ I ₇₅	0.72	0.71	0.74	

Tablo 42'e göre aritmetik ortalama değerleri karşılaştırıldığında Meşe ile Sarı Çam karışımı ve Orman Gülü karışımı sonucunda üretilen levhalar arasında hava kuru yoğunluk bakımından anlamlı bir farklılık olmadığı bulunmuştur.

Orman gülü karışımlarından elde edilen MDF' lerin yoğunluk deneyinde büyükten küçüğe doğru sıralandığında en fazla %100 orman gülü, %75 orman gülü,%100 endüstriyel lif , %50 meşe ile %50 sarıçam karışımı ve % 75 orman gülü karışımları ortaya çıkmıştır.

Deneme levhalarının aritmetik ortalamaları arasındaki farkların önemli olmamasına karşın bu farkların, fabrikada üretim esnasında serme bölümünün kantarından kaynaklığı tahmin edilmektedir.

Ham levha yoğunluğu üzerinde, üretimde kullanılan hammaddeler ve makinelerle ilgili üretim şartları önemli etkiye sahiptir. Üretimde kullanılan hammaddeler genel olarak; lignoselülozik hammaddenin türü yoğunluğu ve rutubet miktarı, öz odun ve diri odun genişliği, lif yapısı ve boyutları, yıllık halka genişliği, hücre tipleri ve oranları, tutkal tipi ve katı madde oranları, tutkala ilave edilen katkı maddelerinin tipleri ve miktarları, taslak yoğunluğu, taslak rutubet dağılımı ve rutubeti etkili olmaktadır. Üretimde kullanılan makineler ise; pişirme kazanının

doluluk oranı, pişirme kazanının buhar basıncı, yonga pişirme süresi, defibratör diskleri arasındaki açıklık (seğmentler arasındaki mesh uzaklığı lifin boyutlarını değiştirmektedir), serme sistemi, ön pres basıncı, pres tipi (tek katlı, çok katlı veya sürekli pres) presleme şartları (pres sıcaklığı, pres basıncı ve pres süresi), pres kapanma süresi, sıkıştırma oranı önemli etkiye sahiptir. Preste uygulanan basınç yüksek olduğu takdirde levha içerisinde birim hacimdeki lif miktarı daha iyi sıkışacağından, levhanın birim kalınlıktaki yoğunluk miktarı artacaktır. Üretimde kullanılan odunun yoğunluğu yüksek olduğu takdirde birim hacimde daha fazla lif üretimi olacaktır. Yüksek yoğunluktaki ağaç türlerinden MDF üretilebilir fakat bu türlerin yongalanmasında bıçakların kısa sürede körlenmesine neden olurken yonga içinde küçük parçaların (kıymık) miktarında artış olmaktadır. Yüksek yoğunluktaki ağaçlardan MDF üretiminde lif üretim kapasite artışına ve pres kapanma süresinin azalmasına neden olmaktadır. Böylece birim zamanda üretim kapasite artışı sağlanacaktır. Yoğunluğu yüksek ağaçlardan elde edilen levhaların ağaç işleme makineleriyle işlenmesinde güçlüklerle karşılaşmakta, freze işlemlerinde bıçakların kısa zamanda körelmekte ve levhanın janka sertlik değeri yüksek çıkmaktadır.

Odunun yoğunluğunun yüksek olması nedeniyle, hücre çeperi kalın olması ve lifin lümen genişliği dar olması nedeniyle lifler arası iyi bağ oluşturmak için presleme sırasında daha yüksek pres basıncına ihtiyaç vardır. Hücre zarı ince ve lümeni geniş olan liflerde lifler daha esnek olduğu için lifler arası bağlantı daha iyidir. Kâğıtta ise yoğunluğu düşük ve lifi uzun olan liflerden yüksek katlanma direnci elde edilir.

Hammadde türü olarak liflendirme derecesinin yanında taslak içindeki lif dağılımı ve pres modeli ve uygulanan pres spesifik özellikleri birim kalınlıktaki levha yoğunluğunu artırmaktadır. Bütün lif levhaların yoğunluğuna, pres spesifik

basıncı etkilidir. Masif ağaç, yonga levha ve lif levhanın yoğunluğuyla ilgili olarak eğilme direnci ve elastikiyet modülü arasında doğrudan bir ilişki vardır. Pres basıncının artmasıyla birim kalınlıkta levha yoğunluğu ve eğilme direnci artmaktadır.

Yüzdelik karışımlara göre üretilen levhaların yoğunluklarında önemli bir fark yoktur. %100 orman gülünden üretilen levhanın yoğunluğu %100 endüstriyel liften üretilen levhanın yoğunluğundan fazladır. Levhanın yoğunluğu ağacın yoğunluğuyla doğru ilişki vardır. Tablo 40'da Orman Gülü, Sarı Çam ve Saplı Meşe türlerinin yoğunluğu ve lif morfolojisine ait özellikler görülmektedir.

4.4. Kalınlığına Şişme Oranı (2 ve 24 saat)

MDF' nin kalınlığına şişme oranı masif ağaç malzemeye ve kontrplağa göre daha fazladır. Ağaç malzemedeki hücre çeperindeki sekonder çeper fibrinlerinin farklı yönde çalışması ve kontrplakta soyma kaplamaların birbirine dik olacak şekilde üst üste konması çalışmayı ters yönde etkilemektedir. Yönlendirilmiş yonga levhalarda (OSB) ve yönlendirilmiş lif levhalarda (OFB) yönlendirme yönündeki direnç özellikleri ve fiziksel özellikleri daha iyi olmaktadır. Yongaların veya liflerin levha içerisinde farklı yönde ve belli bir açıda bulunması bu levhalarda çalışmayı minimize etmektedir. Çünkü lifler enine yönde boyuna yönünden daha fazla genişlemektedir. Böylece OSB MDF'leri normal MDF' ye göre dış ortamlarda kullanılmasıyla daha az çalışmasına neden olmaktadır. MDF üretiminde suya dayanıklı tutkallar ve hidrofobik maddeler kullanılarak levhanın çalışması minimize edilmektedir.

İki saat suda bekleme sonucu kalınlığına şişme oranları en büyükten en düşüğüne doğru %100 orman gülü, %75 orman gülü, %50 orman gülü,%25 orman gülü karışımı ile endüstriyel liften üretilen levha olarak tespit edilmiştir. Levhaların suda şişme miktarları levhanın yoğunluğuna bağlı olarak değişme göstermektedir. Yoğunluğu fazla olan orman gülünün suda şişmesi diğerlerinden fazla çıkmıştır.

Denemeye tabii tutulan levhaların kalınlığına şişme (iki saat) ile ilgili olarak ortalama değerleri, EKGD ve EBGD' leri Tablo 43'de verilmiştir.

Tablo 43: Deneme Levhalarına Ait Kalınlığına Şişme (2 saat) Ortalama EKGD ve EBGD Değerleri

Levha Tipi	Ortalama Değer (%)	EKGD (%)	EBGD (%)	
R ₁₀₀ I ₀	5.06	5.05	5.09	Standartta iki saat süreli kalınlığına şişme için değer verilmiştir.
R ₇₅ I ₂₅	4.96	4.95	4.98	
R ₅₀ I ₅₀	4.59	4.58	4.61	
R ₂₅ I ₇₅	3.53	3.51	3.54	
R ₀ I ₁₀₀	3.24	3.23	3.26	

İki saat suda bekleme sonucu kalınlığına şişme oranı bakımından levhalar arasındaki farklılığın önemli olup olmadığı tespit etmek amacıyla Duncan tespiti yapılmış ve levhalar arsında %95 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.

Yirmi dört saat suda bekleme sonucu kalınlığına şişme oranları iki saat süreli kalınlığına şişmeyle paralellik seyretmiştir. Kalınlığına şişme oranları en büyüğünden en küçüğüne doğru %100 orman gülü, %75 orman gülü, %50 orman gülü, %25 orman gülü ve endüstriyel lif karışımlarından elde edilen levhalar olarak sıralanmıştır. Denemeye tabii tutulan levhaların yirmi dört saat süreli kalınlığına şişmeyle ilgili ortalama değerleri, EKGD ve EBGD' leri Tablo 44'de verilmiştir. Her ağaç türü karışımından üretilen levhaların kalınlığına şişme değerleri (yirmi dört), TS 64-5 (EN -622-5 9 standardının ön gördüğü maksimum %12'den düşük çıkmıştır.

Tablo 44: Deneme Levhalarına Ait Kalınlığına Şişme (yirmi dört saat) Ortalama, EKGD ve EBGD Değerleri.

Levha Tipi	Ortalama Değer (%)	EKGD (%)	EBGD (%)	Standardın Ön Gördüğü TS 64-5,1999(EN 622-5, 1997)
R ₁₀₀ I ₀	10.990	10.976	11.004	En Fazla % 12
R ₇₅ I ₂₅	10.526	10.512	10.540	
R ₅₀ I ₅₀	9.969	9.954	9.983	
R ₂₅ I ₇₅	8.450	8.435	8.464	
R ₀ I ₁₀₀	7.834	7.819	7.848	

Yirmi dört saat suda bekleme sonucu kalınlığına şişme oranı bakımından levhalar arasındaki farklılığın önemli olup olmadığını tespiti için Duncan testi yapılmış ve levhalar arasında %95 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.

Ayrılmış'ın yüksek lisans tezine göre ağaç karışımları sonucunda oluşan levhanın 2ve 24 suda şişme sonuçları standartlara uygun olarak çıkmıştır (Ayrılmış, 1999). Her iki tezin 2 ve 24 saat suda şişme yüzdelik oranları standardın altında çıkmış olması levhaların karışımında kullanılan ağaç türleri MDF endüstrisine uygun olduğunu göstermektedir.

Orman gülünden sulu yöntemle üretilen levhaların 2 ve 24 saat suda şişme değerleri standardın altında çıkmıştır. Her iki üretim %' lik karışımları sonucunda üretilen levhaların %' lik suda şişme miktarı orman gülü karışım oranları azaldıkça suda şişme değerleri azalma göstermektedir (Denetçi ve Arkadaşları, 1986).

Tablo 43 ve Tablo 44'de görüldüğü üzere deneme levhalarında iki ve yirmi dört süreli kalınlığına şişme oranları gösterilmiştir.

Kalınlığına şişme üzerine etki eden önemli faktör ağaçların lif uzunluğu ve lif lümen genişliğidir. Tablo 39'da ağaçların lifsel özellikleri gösterilmektedir. İYA lifleri, YA liflerine göre daha uzun olduğundan taslak içerisinde lifler arasındaki temas uzunluğu artmakta ve bunun sonucu olarak İYA liflerinin bağ yapma direnci YA türlerine oranla fazla yüksektir. Böylece lifler arasında suyun veya rutubetin girmesi kısa liflere oranla daha güç olmaktadır.

Dağınık traheli türlerden kayın, meşe ve dişbudak vb. gibi halkalı traheli odunlara nazaran rutubetli, ortamlarda daha az çalışmaktadır. Odunun yoğunluğu, rutubet oranı ve anatomik yapısı, yıllık halka genişliği, ilkbahar ve yaz odununun katılım oranları, odundaki hücre tipleri ve oranları, hücre genişliği, çeper kalınlığı etkili olmaktadır. İYA odunları, lif üretimi için çok homojen bir yapı gösterirken, YA oldukça karışık tipte lif hücrelerinden oluşmaktadır.

MDF' de kalınlığına şişmeyi azaltmak amacıyla hidrofobik maddeler kullanılmaktadır. MDF üretiminde bu amaç için tam kuru lif ağırlığına oranla ortalama %1 oranında parafin kullanılmaktadır. Parafin oranının artması lifler arasındaki yapışmayı olumsuz yönde etkilediğinden belirli sınırlar içinde kullanılması uygundur.

4.5. Eğilme Direnci

Eğilme direnci mekanik özellikler içerisinde önemli bir yer tutmaktadır. Levhanın çeşitli kullanım yerlerinde eğilmeye karşı yeterince dirence sahip olması istenmektedir. Eğilme direncinde deney numunesi uzaklık ekseninin ortasında tek noktadan statik olarak artan bir kuvvete maruz bırakıldığında numune ortasında düşey yönde makaslama gerilmesi oluşmaktadır. Numune, üst kısmında basınç gerilmesi ve alt kısmında çekme gerilmesi oluşmaktadır. Numune üst kısmında basınç gerilmesi ve alt kısmında çekme gerilmesi etkisi altında kalmaktadır. Bir

müddet sonra düşey yönde makaslama gerilmesine karşı koyamayarak kırılmaya maruz kalmaktadır.

Mekanik özelliklerde eğilme direncinde en iyi sonuç %100 orman gülünde meydana gelen MDF' de tespit edilmiş olup bunu sırasıyla endüstriyel lif levhası, %75 orman gülü, %25 orman gülü ve %50 orman gülünden meydana gelen levhalar takip etmiştir. Deneye tabi tutulan levhaların eğilme direnci ortalama değerleri, EKGD ve EBGD' leri tablo 45'de verilmiştir. Tablo görüldüğü gibi dört karışım oranından üretilen levhalar için TS 64-5 (EN-622-5) standardının ön gördüğü minimum 20 (N/mm²)'den yüksek çıkmıştır.

Tablo 45: Deneme Levhalarına Ait Eğilme Direnci Ortalama, EKGD ve EBGD Değerleri

Levha Tipi	Ortalama Değer (N/mm ²)	EKGD (N/mm ²)	EBGD (N/mm ²)	Standardın Ön Gördüğü TS 64-5,1999(EN 622-5, 1997)
R ₁₀₀ I ₀	40.45	40,43	40,46	En Az 20 (N/mm ²)
R ₀ I ₁₀₀	34.53	34,51	34,54	
R ₇₅ I ₂₅	33.73	33,71	33,74	
R ₂₅ I ₇₅	30.69	30,68	30,71	
R ₅₀ I ₅₀	30.59	30,58	30,61	

Eğilme direnci bakımından levhalar arasındaki farklılığın tespiti orman gülü lifinin elastikiyet katsayısı endüstriyel liflerden sapsız meşeden yüksek çıkmıştır. Bunun sonucu levhaların eğilme mukavemetine yansımıştır.

Orman gülü karışımlarından elde edilen MDF' lerde eğilme direnci deneyinde iki dayanak noktasındaki numune kırılıncaya kadarki deformasyon miktarı en fazla %100 orman gülü, endüstriyel lif levhası, %75 orman gülü, %25 orman gülü ve %50 orman gülü karışımları olarak sıralanmıştır.

Ayrılmış'ın yüksek lisans tezindeki ağaç karışımları sonucunda oluşan levhanın eğilme direnci sonuçları standardın üzerinde çıkmıştır (Ayrılmış, 2000).

Her iki tezin eğilme direnci sonuçları standardın üzerinde çıkmış olması levhaların karışımında kullanılan ağaç türleri MDF endüstrisine uygun olduğunu göstermektedir.

Orman gülünden sulu yöntemle üretilen levhaların eğilme direnci en yüksek değer %100 orman gülünde çıkması bu araştırmamızın sonucunu desteklemektedir (Denetçi ve Arkadaşları, 1986).

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) yonga levha, OSB ve lifler için önemli bir değerdir. Sıkıştırma faktörünün düşük olması durumunda presleme sırasında lifler birbirine yeteri kadar, yaklaşmamak, yüksek olması durumunda odun liflerinin yapısının bozulmasına sebep olduğundan istenmemektedir. Bu değer 1'den büyük olması tercih edilmektedir. Orman gülünün sıkışma faktörü 0,74'dür. Orman gülünden üretilen levhaların üretiminde pres basıncını normal üretilen endüstriyel lif levhadan daha fazla basınç uygulanmalıdır.

Diğer üretim şartları aynı kalmak şartıyla eğilme direncini etkileyen en önemli faktör lif uzunluğudur. İYA odun lifi YA odun lifinden daha uzun olduğundan İYA odunundan elde edilen levha YA elde edilen levhadan daha iyi eğilme direnci vermektedir. Lif uzunluğu arttıkça liflerin birbiri arasındaki temas uzunluğu arttığından daha fazla yapışma alanı oluşmakta ve özellikle levhanın eğilme direnci ve levha yüzeyine paralel yönde çekme direnci yüksek olmaktadır.

Levha fiziksel özellikleri ve direnç değerleri üzerine rutubetinde etkisi olmaktadır. Bu durum rutubetin plastikleşme etkisiyle izah edilmektedir. Lif rutubeti %10-11 rutubet. Liflerin plastisitelerinde önemli bir artış olmaktadır. Yeterli oranda

rutubetli ve plastik lifler daha büyük düzeyde bir tutkaldan faydalanma derecesi artmaktadır.

İYA lifleri uzunlukları 6–7 mm' yi bulurken çeper kalınlıkları ince ve lümenleri geniş olmaktadır. YA lifleri genel olarak 05–2 mm kısa liflerden oluşmaktadır. Lif veren hücrelerin oduna katılma oranları İYA ortalama % 93 kadardır. YA liflerinin çeper kalınlığı ve çapı ağaç türüne ve odunun yoğunluğuna bağlı olarak değişmektedir. Sert ve ağır ve odunlarda lif hücrelerinin çeper kalınlıkları fazla, lümenleri dar ve kesitleri de daireye yakındır. Lif verimi bakımından bu tip hücrelerin oduna katılma oranı, YA türleri yetiştirme yerine göre değişmektedir.

MDF' nin fiziksel ve mekaniksel özelliklerini etkileyen etmenlerden biriside üretimde kullanılan odunun kimyasal yapısıdır. Odunun en önemli yapı taşı olan selüloz oranının artması odunun özellikle eğilmeye ve lifleri paralel yönde çekmeye maruz kaldığı noktalarda direncini artırmaktadır.

Deneme levhalarının üretiminde kullanılan ağaç türleri içerisinde pH değeri en düşük olan meşedir. Meşenin PH değeri 3,9'dur. Meşe odunun asiditesinden dolayı diğer türlere oranla levha taslağı sıcak prese gelmeden lifin içindeki tutkalın sertleşmesi daha hızlı olacaktır. Bu durum tutkal jell süresinin kısa olduğu durumlarda lifin kurutmadan sonraki lif bunkerin de bulunması sırasında ön sertleşmeye neden olabilmektedir. Erken sertleşmiş tutkalla kaplı lifin preslemeden sonra levha içerisinde tam direnç verememektedir.

İYA odunlarından elde edilen selülozun, uzun traheidleri ve ince hücre çeperleri ihtiva eden bir strüktüre sahip olması bakımından yüksek kaliteli levhaların yapımına elverişli olmaktadır. YA odunlarının ve yıllık bitkilerin selülozu kısa lifli ve kalın hücre çeperli olduğundan bunlardan elde edilen lif levhanın direnç değerleri

pres spesifik basıncına ve kullanılan reçine miktarına bağlı olarak levhanın eğilme mukavemeti artırılabilir.

4.6. Eğilmede Elastikiyet Modülü

Elastikiyet, katı bir madde düşük gerilmelerde meydana gelen deformasyonların yük kaldırıldıktan sonra tekrar tamamen elde edilmesiyle tarif edilmektedir. Elastik özellikler katı maddelerde belli bir sınırın altında geçerlidir. Bu sınırın üstünde plastik deformasyon veya kırılma meydana gelir. Elastikiyet bir maddenin sertliğine ait ölçüdür. Eğilmede elastikiyet modülü, levhaların dolap, kitaplık, raf gibi eğilmeye maruz kalacak yerlerdeki deformasyonunda önem arz etmekte ve bu gibi yerlerde elastikiyet modülünün yüksek olması istenmektedir. Elastikiyet modülü arttıkça levhanın elastik bölgesindeki direncide artmaktadır.

Eğilmede elastikiyet modülü deneyinde en iyi sonuç endüstriyel lif, %100 orman gülü, %75 orman gülü, %25 orman gülü ve %50 orman gülü karışımlarından elde edilen MDF' lerde tespit edilmiştir. Denemeye tabi tutulan levhaların eğilmede elastikiyet modülüyle ilgili ortalama değerler EKGD ve EBGD' leri Tablo 46'de verilmiştir. Bu ölçülen değerler TS 64-5 (EN-622-5) standardının ön gördüğü minimum 2200 (N/mm²)'den yüksek çıkmıştır.

Tablo 46: Deneme Levhalarına Ait Eğilmede Elastikiyet Modülü Ortalama, EKGD ve EBGD Değerleri.

Levha Tipi	Ortalama Değer (N/mm ²)	EKGD (N/mm ²)	EBGD (N/mm ²)	Standardın Ön Gördüğü TS 64-5,1999(EN 622-5, 1997)
R ₀ I ₁₀₀	3158.42	3158,40	3158,43	En Az 2200 (N/mm ²)
R ₁₀₀ I ₀	3149.84	3149,84	3149,85	
R ₂₅ I ₇₅	2804.11	2804,10	2804,13	
R ₇₅ I ₂₅	2783.37	2783,36	2783,38	
R ₅₀ I ₅₀	2731.73	2731,71	2731,74	

Eğilmede elastikiyet modülü bakımından endüstriyel lifin yüksek çıkması karışımındaki %50'lik sarıçam lifinden kaynaklanmaktadır. Levhalar arasında önemli bir farklılık yoktur.

Ayrılmışın yüksek lisans tezindeki ağaç karışımları sonucunda oluşan levhanın eğilmede elastikiyet modülü deneyinin sonuçları standardın üzerinde çıkmıştır (Ayrılmış, 2000).

Her iki tezin eğilmede elastikiyet modülü deneyinin sonuçları standardın üzerinde çıkmış olması levhaların karışımında kullanılan ağaç türlerinin MDF endüstrisine uygun olduğunu kanıtlamaktadır.

Orman gülünden sulu yöntemle üretilen levhaların eğilme elastikiyet modülü İYA karışımı arttıkça eğilmede elastikiyet modülü %100 orman gülünden fazla çıkmış olması İYA liflerinin uzun olmasından kaynaklanmaktadır. Her iki araştırmanın sonucu tezin doğruluğunu göstermektedir (Denetçi ve Arkadaşları, 1986).

Elastikiyet sınırı aşıldıktan sonra uzunca bir süre şekil değiştirerek kırılmaya karşı koyan cisimlerin deformasyon ve eğilme kabiliyeti yüksektir. Bu gibi cisimlerde elastikiyet sınırı ile kırılma sınırı arasındaki mesafe uzundur. Deformasyon ve eğilme kabiliyetinin aksi gevreklerdir. Gevrek olan cisimler elastiklik sınırı aşıldıkça kısa bir süre kırılırlar. Böylece elastiklik sınırı ile kırılma sınırı arasındaki mesafe kısadır.

Elastikiyette en önemli faktör İYA odunu uzun lifli olduğundan liflerin birbirleri arasında temas uzunluğunun fazla olmasıdır. İYA odunun yoğunluğu diğer özellikleri oranla düşük çıkmasına rağmen elastikiyet modülü yüksektir. Elastikiyet modülünü etkileyen en önemli faktör odunun anatomik yapısı, kimyasal yapısı, pH değeri ve lif uzunluğudur.

4.7. Levha Yüzeyine Dik Yönde Çekme Direnci

Bu özellik kalite kontrol bakımından önemlidir. Levhanın %82 kısmını oluşturan liflerin arasındaki yapışmanın sağlamlığı, bu direnç değeri ile ölçülür.

Levha yüzeyine dik yönde çekme deneyinde en iyi sonuç; endüstriyel lif levha, %100 orman gülü, %25 orman gülü, %50 orman gülü ve %75 orman gülü karışımlarından elde edilen levhalarda ortaya çıkmıştır.

Ayrılmışın yüksek lisans tezindeki ağaç karışımları sonucunda oluşan levhaların levha yüzeyine dik yönde çekme direnci, deneylerin sonuçları standardın üzerinde çıkmıştır (Ayrılmış,1999). Her iki tezin levha yüzeyine dik yönde çekme direnci deneylerinin sonuçları standardın üzerinde çıkmış olması levhaların karışımında kullanılan ağaç türlerinin MDF endüstrisine uygun olduğunu kanıtlamaktadır.

Denemeye tabi tutulan levhaların levha yüzeyine dik yönde çekme direnci ile ilgili ortalama değeri Tablo 47'e göre, EKGD ve EBGD' leri TS 64-5 (EN-622-5) standardının ön gördüğü minimum 5,5 kp/cm² 'den yüksek çıkmıştır.

Tablo 47: Deneme Levhalarına Ait Levha Yüzeyine Dik Yönde Çekme Direnci Ortalama, EKGD ve EBGD Değerleri

Levha Tipi	Ortalama Değer (N/mm ²)	EKGD (N/mm ²)	EBGD (N/mm ²)	Standardın Ön Gördüğü TS 64-5,1999(EN 622-5, 1997)
R ₀ I ₁₀₀	0.67	0.66	0.69	
R ₁₀₀ I ₀	0,63	0.62	0.65	En Az 0.55 (N/mm ²)
R ₂₅ I ₇₅	0.61	0.59	0.62	
R ₅₀ I ₅₀	0.60	0.59	0.62	
R ₇₅ I ₂₅	0.56	0.55	0.58	

Levha yüzeyine dik yönde çekme direnci bakımından levhalar arasındaki farklılığın önemli olup olmadığını tespit etmek amacıyla yapılan testlerde ağaç türlerinin karışımından üretilen levhaların yüzeyine dik yönde çekme direnci bakımından sonuçlar standardın üzerindedir.

Levha yüzeyine dik yönde çekme direnci üzerine ağaç türü ile ilgili olarak etki eden en önemli faktörler odunun yoğunluğu, lif uzunluğu, selüloz lignin oranı, odunun PH' sı, ekstraktif madde oranı, anatomik ve kimyasal yapısı gelmektedir. Ayrıca sıcak presleme esnasında uygulanan yüksek basınç oranı lifler arasındaki teması daha da artırarak yapışma direnci yüksek olmaktadır.

MDF üretiminde levhanın her yerinde aynı yapıda ve boyutta lifler kullanılmaktadır. Homojen yapıda serme yapılmaktadır. Tutkal life homojen aynı eşit oranda katılmaktadır. MDF yüzeyinin yoğunluğu orta tabakaya oranla daha yüksek olmasını sağlayan sıcak preste uygulanan basınç diyagramıdır. Levha taslağı sürekli prese veya katlı prese girer girmez yüksek basınca maruz kalmak, (35–40 kp/cm²) böylece yüzey yoğunluğu orta tabakadan yüksek çıkmaktadır. Böylece sıcak preste uygulanan basınç diyagramına göre değişik yoğunlukta profillere sahip MDF üretilmektedir. MDF'nin yoğunluk profili levha yüzeyine dik yönde çekme direncini etkileyen en önemli faktördür. Sıcak presleme esnasında levha orta tabasının sıcaklığı 100 °C olması gerekmektedir. Pres sıcaklığı orta tabakada yetersiz olduğu zaman tutkalın sertleşmesi için yeterli sıcaklık olmayacak ve liflerin birbirine sıkı bir şekilde bağlanması zayıf olurken yapışma direnci düşük olacaktır. Bu önlemek için pres süresini uzatmak, lifin rutubetini artırmak veya pastaya weko sistemi uygulamak ve presten önce ön ısıtma uygulayarak levhanın dik yönde çekme direncini artırmak mümkündür.

Levha taslak rutubeti standardın üzerinde olursa ve taslak sıcak prese girdiği zaman sıcaklığın etkisiyle rutubet buhar haline dönüşmektedir. Alt ve üst pres platenleri taslağın her iki yüzeyini de kapladığından oluşan buhar taslak ortasına doğru ilerlemekte ve bu bölgede bir buhar basıncı oluşmaktadır. Rutubetin artmasıyla doğru orantılı olarak basınçta artacaktır. Normal presleme süresinden fazla miktarda olan rutubet taslaktan çıkamayacağından pres açılır açılmaz iç kısımda oluşan buhar basıncı tutkalın yapışma direncinden yüksek olmakta ve levhayı patlatmaktadır. Ayrıca fazla rutubetten dolayı tutkal iyi bir şekilde sertleşmemekte ve lifler arasında Tutkal bağı zayıf olmaktadır. Sonuçta elde edilen levhanın yüzeye dik yönde çekme direnci düşük olmaktadır.

Lif hücrelerinde uzunluktan sonra gelen boyut, lif hücrelerinin genişliği ve kalınlığıdır. Uzunluğuna oranla lif çapının küçüklüğü lifin esnekliğini artırıcı yönde etkili olmaktadır. Ayrıca hücre çeperinin kalınlığı ve lümen boşluğunun da önemi büyüktür. Fiziksel ve mekaniksel özellikleri yüksek bir MDF verebilecek bir lifte uzunluğunun yanı sıra çeperinin ince çapın ve lümenin geniş olması aranan özelliklerdir. MDF üretimin ekonomik olmasını sağlamak için YA odun karışımının içine İYA odunu belli oranda karıştırılarak üretim yapılmaktadır.

4.8. Levha Yüzeyine Dik Yönde Vida Tutma Gücü

Tutkallama tekniğinde gelişmelerle birlikte vida ile birleşme önemini kaybetmektedir. Marangozlukta prefabrike konutlarda, yapı elemanlarında ve panellerde MDF' nin vida ile tutulması halen yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. MDF' lerde vida tutma gücü vidanın boyutlarına, levhanın özelliklerine ve vidayı çıkarmak için uygulanan kuvvetin hızına bağlı bulunmaktadır.

Levha yüzeyine dik yönde vida tutma gücü nedeniyle en iyi sonuç; endüstriyel lif, %100 orman gülü, %25 orman gülü, %50 orman gülü %75 orman gülü olarak sıralanmaktadır.

Ayrılmışın yüksek lisans tezindeki ağaç karışımları sonucunda oluşan levhanın levha yüzeyine dik yönde vida tutma gücü, deneylerin sonuçları standardın altında çıkmıştır (Ayrılmış,1999). Bu tezin levha yüzeyine dik yönde vida tutma gücü sonuçları standardın üzerinde çıkmış olması levhaların karışımında kullanılan ağaç türlerinin MDF endüstrisine uygun olduğunu kanıtlamaktadır. Üretim şartları aynı olmak üzere katlı preste; üretilen levhaların dış yüzey yoğunluğu sürekli presde üretilen levhalardan yüksek olduğundan levhanın vida tutma gücü standardın üstünde çıkmıştır.

Orman gülünden sulu yöntemle üretilen levhaların yüzeyine dik yönde vida tutma gücü standardın üzerinde olması orman gülünden üretilen levhaların test sonucu bu araştırmamızı desteklemektedir (Denetçi ve Arkadaşları, 1986).

Denemeye tabi tutulan levhaların levha yüzeyine dik yönde vida tutma gücü ile ilgili ortalama değerleri, EKGD ve EBGD' leri tablo 48'de verilmiştir.

Tablo 48: Deneme Levhalarına Ait Levha Yüzeyine Dik Yönde Vida Tutma Gücü Ortalama, EKGD ve EBGD Değerleri

Levha Tipi	Ortalama Değer (kp)	EKGD (kp)	EBGD (kp)	Standardın Ön Gördüğü TS 64-5,1999)
R ₀ I ₁₀₀	125,42	125.41	125.44	En Az 110 kp
R ₁₀₀ I ₀	125,17	125.16	125.19	
R ₂₅ I ₇₅	124,46	124.45	124.47	
R ₅₀ I ₅₀	124,38	124.37	124.39	
R ₇₅ I ₂₅	121,08	121.06	121.09	

Levha yüzeyine dik yönde vida tutma gücü bakımından levhalar arasındaki farklılığın önemli olup olmadığını tespit etmek amacıyla yapılan testlerin sonucunda standardın üzerinde çıkmıştır.

Orman gülleri karışımından elde edilen levhaların vida tutma dirençleri birbirine yakın çıkmıştır. Bütün değerler TS 64–5 1999 standardının göre yapılmıştır. Levhaların eğilme direnci ve levha yüzeyine dik yönde çekme direnci standardın üzerinde çıkınca doğru orantılı olarak vida tutma direnci standardın üzerinde çıkmaktadır.

4.9. Levha Yüzeyine Dik Yönde Janka Sertlik Değeri

Janka sertlik değeri ağaç malzemede direnç özelliklerinde kalite özelliğini belirtmektedir. MDF' lerde sertliğin yüksek olması bir taraftan yoğunluğa bağlı iken diğer taraftan pres basıncına, pres sıcaklığına, tutkal cinsine ve miktarına, lif boyutlarına ve türüne bağlı bulunmaktadır. MDF' de sertliğin fazla olması direnç özelliklerini artırırken o malzemenin işlenmesini olumsuz etkilemektedir. Levha yüzeyine dik yönde janka sertlik değeri için standartlarda belli bir değer yokken üretimde kalite kontrol amacıyla yapılmaktadır.

Denemeye tabi tutulan levhaların levha yüzeyine dik yönde janka sertlik değeri ile ilgili ortalama değerleri, EKGD ve EBGD' leri Tablo 49' de verilmiştir.

Levha yüzeyine dik yönde janka sertlik değeri en büyüğünden en küçüğüne sıraladığımızda; %100 orman gülü, %75 orman gülü, %50 orman gülü, %25 orman gülü ve endüstriyel lif karışımları olarak sıralanmaktadır. Bu testle ilgili yapılan Duncan testinde %95 ve %99 güven aralığında levhaların Sertliği arasında odun karışım oranlarına göre farklılıklar bulunmaktadır.

Orman gülünden sulu yöntemle üretilen levhalarına yapılan janka sertlik değerinde orman gülü en yüksek değeri göstermiştir. Üretilen levhaların test sonucu bu araştırmamızı desteklemektedir (Denetçi ve Arkadaşları, 1986).

Ayrılmışın yüksek lisans tezindeki ağaç karışımları sonucunda oluşan levhanın levha yüzeyine dik yönde janka sertlik değeri ağaçların yoğunluğu doğru orantılı olarak liflerin hücre çeper kalınlıklarıyla ve lümenlerin dar olmasıyla paralellik göstermektedir. Orman gülü lif hücre çeper kalınlıkları Tablo 39'daki sonuçları bunu desteklemektedir. Endüstriyel lifin içinde %50 oranında sarıçam lifi olması janka sertlik değerinin en düşük çıkmasına neden olmuştur.

Tezlerin levha yüzeyine dik yönde janka sertlik değeri deneylerinin sonuçları levhaların karışımında kullanılan ağaç türlerinin MDF endüstrisine uygun olduğunu kanıtlamaktadır.

Tablo 49: Levha Yüzeyine Dik Yönde Janka Sertlik Değeri İle İlgili EKGB ve EBGD Değerleri

Levha Tipi	Ortalama Değer (kp)	EKGD (kp)	EBGD (kp)	DIN 53505 ASTM D 2240 ISO 868
R ₁₀₀ I ₀	79.83	79.82	79.85	Standartta bu özellik için değer verilmemiştir.
R ₇₅ I ₂₅	78,83	78.81	78.84	
R ₅₀ I ₅₀	78.32	78.31	78.33	
R ₂₅ I ₇₅	74.50	74.49	74.51	
R ₀ I ₁₀₀	73.08	73.07	73.09	

MDF' nin janka sertlik değeri hammaddenin özelliklerine bağlı iken bunun yanında levhanın mekanik özelliklerini etkileyen üretim faktörlerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir..

Üretim faktörleri olarak; taslak rutubeti, rutubetin taslakta dağılımı, matın üzerine ilave edilen pulverize sulu kimyasalın miktarı, defibratör disklerinin

kullanım süresi ve diskler arasındaki uzaklık, tutkal türü ve miktarı, ilave edilen katkı maddeleri, ön pres basıncı, sıcak pres modeli, presleme şartları, pres kapanma süresi, pres sıkıştırma oranı levhanın özelliklerini etkileyen faktörlerden bazılarıdır. Pres sıcaklığı ve süresinin artması levhanın fiziksel ve mekaniksel özelliklerini etkilerken janka sertlik değerini de yükseltmektedir. Levhanın yüzey yoğunluğu ne kadar artarsa janka sertlik değeri de o oranda artmaktadır. Levhada m³'e giden tutkal katı madde miktarı artıkça sıcak preste lifler arasında daha sıkı bir bağ oluşmakta ve levhanın sertlik değeri de olumlu etkilenmektedir. MDF ön pres basıncı 250 N/mm'dır. Matın kalınlığı azaldıkça (sıkışma oranı artıkça) pres kapanma süresi kısalmaktadır. Böylece sıcak preste levha daha fazla basınç altında kalmaktadır. Bundan dolayı levhanın yüzey yoğunluğunun artmasına neden olmaktadır.

5. ÖNERİLER

Türkiye orman alanı yaklaşık 20 milyon hektar olup bunun yaklaşık %25'i Karadeniz bölgesindedir. Orman gülü Karadeniz sahili boyunca yaygın olarak deniz kenarı ile 2200 m rakımları arasında yetişmektedir. Türkiye'de yaklaşık olarak 250 milyon ton orman gülü biokütlesi mevcut olup bunun yaklaşık olarak 80 milyon tonu *R. Ponticum* L. oluşturmaktadır. Bu çalışmanı sonucunda;

1. Orman gülünün hem saf hem de karışım olarak kullanılması durumunda MDF üretimine uygun bir hammadde olduğu ve üretilen levhaların standartların ön gördüğü değerleri taşıdığı ortaya çıkmıştır.

2. Orman gülü, lif özellikleri ve kimyasal bileşim olarak yapraklı ağaçlara tam bir benzerlik göstermektedir. Kâğıt üretiminde kısa lifli yapraklı ağaçların değerlendirildiği alanlarda, alternatif hammadde olarak kullanılabilceği açıktır. Diğer yandan uzun lifli iğne yapraklı ağaçlarla harmanlanarak değerlendirilebileceği bunun da aynı zamanda iyi bir yüzey düzgünlüğü sağlayacağı düşünülebilir.

3. Orman gülü yüksek yoğunluğa sahip olduğundan, kullanım yerlerinde yüksek yoğunluk isteyen yapraklı ağaçların kullanıldığı orman ürünleri ile ilgili alanlarda alternatif hammadde olarak değerlendirilebilir. Bu konu da farklı bir araştırmanın konusu olabilir.

4. Orman gülü, yine var olan büyük hammadde potansiyelinden dolayı yonga levha üretiminde değerlendirilebilir.

Sonuç olarak; ormanların ekosistemine zarar vermeden, belirli bir plan çerçevesinde ormanlardan çıkarılan bu önemli servet, sadece yakacak olarak değil, yukarıda belirtilen alanlarda, yada daha farklı alanlarda değerlendirilmesi gerekir. Diğer yandan orman gülünün ormanlardan çıkarılması orman köylülerinin işlendirilmesine de katkı sağlayacak ve buda ormanlara müdahaleyi biraz daha azaltacaktır.

6. KAYNAKLAR

ADKINS, J., 1996. Flower& Garden,[GFNG], ISSN:0891-9534, vol: 1ss:6, p: 26-28, Internet.Jan.

AKBULUT, T., 1991. Orüs–Vezirköprü Yonga levha Fabrikasında Üretilen Levhaların Teknolojik Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

AKBULUT, T., 1999. Dünya’da ve Türkiye’de MDF Endüstrisinin Genel Durumu, LAMİNAT, Mobilya& Dekorasyon & Sanat& Tasarım Dergisi Ağustos-Eylül Sayı 3.

AKBULUT, T., HIZIROĞLU.S., AYRILMIŞ,N., 1999. Surface Absorbion, Surface Raughness, and Formaldehyde Emission of Commercialy Manufactured MDF in Turkey, Forest Journal, Baskıda, madison, USA.

AKGUL, M., 2001. Kavak Odunundan Etanol-Su Yöntemiyle Çözünebilir Selülöz Elde Edebilme Olanaklarının Araştırılması. Doktora Tezi. Trabzon.

ANŞİN, R., ÖZKAN,Z.C., 1997. Tohumlu bitkiler, Karadeniz Teknik Üniversitesi. Genel Yayın no:167 Fakülte Yayın No:19

AYLA, C., 1999. OSB Üretim Teknolojisi Laminart, Mobilya& Dekorasyon& Sanat& Tasarım Dergisi, Ekim–Kasım Sayı: 4

AYRILMIŞ, N., 1999. MDF Üretim Teknolojisi. Laminart, Mobilya& Dekorasyon& Sanat& Tasarım Dergisi, Ağustos- Eylül, Sayı 3.

AYRILMIŞ, N., 2000. MDF’nin Teknolojik Özellikleri Üzerine Ağaç Türünün Etkisi Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

- BERKEL, A., 1955.** Lif levhaları Sanayi ve Hammadde İstekleri. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 5, Sayı 1.
- BOZKURT, Y., 1982.** Ağaç Teknolojisi İ.Ü. Orman fakültesi Yayın NO:2839 , İstanbul.
- BOZKURT, A. Y., GÖKER, Y., 1990.** Yonga levha Endüstrisi, İstanbul Üniversitesi Yayın No: 3311, Orman Fakültesi Yayın No: 372, İstanbul.
- BOZKURT, Y., 1992.** Odun Anatomisi, İstanbul Üniversitesi Yayın No: 3652, Orman Fakültesi Yayın No: 415 USBN 975–404–2306, İstanbul.
- BOZKURT, Y., 1992.** Odun Anatomisi, İstanbul Üniversitesi Yayın No: 3652 Orman Fakültesi Yayın No: 415, USBN No: 975– 404–2306, İstanbul.
- BOZKURT, Y., ERDİN, N., 1998.** Ticarete Önemli Yabancı Ağaçlar, İ.Ü. Yayın No: 4024, F.B.E. Yayın No: 12, ISBN No: 975-404-467-8, İstanbul.
- BOZKURT.A.Y., ERDİN.N., 1997.** Ağaç Teknolojisi. Üniversite Yayın No:3998, Fak. Yayın No:345 ISBN 975–404–449-X İstanbul.
- BOZKURT.A.Y., GÖKER.Y., 1987.** Fiziksel ve Mekaniksel Ağaç Teknolojisi, İ.Ü Yayın No:3445, Orman Fak.Yayın No:388 İstanbul.
- BROWN, J.M.B. 1953.** R. Ponticum in British woodlands. Report on forest research J. HMSO, Vol 8 London pp.42-45
- CLARKE, J. H. , 1982.** Getting Sarteted with Rhododendrons and Azaleas, Timber Pres.

ÇAMSAN., DİVAPAN., YONGAPAN., YILDIZ MDF., SFC. Ait Üretim Raporları.

ÇOLAK. A. H., 1997. Rhododendron ponticum L. (Mor Çiçekli Orman Gülü)'un Silvikültür Özellikleri Üzerine Araştırmalar. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

DEFİBRATORTM., PENDİSTORTM., LUKKİTM., TİGERTM ., 1997. Trademark of sunds Defibratör Industries AB. CSR™ Timber Product Ltd MDF Tednical / Application Booklet.

DEMETÇİ,E. Y., KÜÇÜK, Y., YILMAZ,İ., 1986. Orman Gülü ile Ormandaki Üretim Atıklarının Bölmeden Çıkarılması ve Ormanda Yongalama Suretiyle Yararlanma İmkanları Üzerine Araştırmalar.

DİEFFENBACHER., 1999. Gmbh. Sürekli Pres Kataloğu

DİEFFENBACHER., 2006. Press& More

ECO CHEM TECHNOLOGİES NV., 2001. Flame Retardent Additives Kataloğu.

EDE, R., COOMBRİDGE, B., THUMM ,Y., 1999. Visualisation and Quantification of Wax on MDF Panels. A Comparision of Molten and Emülsion Waxes. Forest Research, Rotorua , Mobil Oil NZ Ltd, Wellington, New Zeland.

EROĞLU, H., 1988. Liflevha Endüstrisi. Lisans Ders Notu Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi.

EROĞLU, H., USTA, M., 2000. Lif Levha Üretim Teknolojisi. K.T.Ü. Genel yayın No:200, Orman Fakültesi yayın no:30 Trabzon.

EŞEN. D ve ZEDAKER, S.M., 2004. Control of Rhododendron (Rhodohendron ponticum and R. FLAVUM) İn The Eastern Beach (Fogus Orientalis)Forest of Turkey. New Forests. 27(2):69–79.

- EURO MDF BOARD ., 1993.** A Users Manuel, Germany.
- FOREST PRODUCT LABAROTORY., 1989.** Handbook of wood and wood–Based Materials. Forest Service, U.S. Department of Agriculture, U.S.A.
- GENÇER, A., 1998.** Pamuk Saplarından MDF Üretimi Olanaklarının Araştırılması.
- GRECON, İMAL, FİREFLY., 2000.** Yangın Söndürme Sistemleri.
- GTS ENERGY SYSTEM ., 2000.** Waste–Fired Energy Systems for Board Plants.Marietta GA 30060 USA.
- HAFIZOĞLU, H., 1982.** Orman Ürünleri Kimyası, Cilt I. Odun Kimyası. Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayın No: 52, Trabzon.
- HANS, J. D., KURT, E., 1996.** MDF – Mitteldichte Faserplatten DRW –Verlag Weinbrenner GmbH&CO.70771 Leinfelden–Echterdingen.
- HUŞ, s., TANK, T., GÖKSEL, E., 1975.** Türkiye (Tarsus-Karabucak) de Yetişen Okaliptüs (E. Camaldulensis Dehnh.) Türü Odunun Morfolojik Yönden Etüdü ve Yarıkimyasal Selülozun Kâğıt Sanayiinde Değerlendirme İmkânları, TÜBİTAK Yayınları No. 275, TOAG Seri No. 46, Ankara.
- HUŞ, S., 1997.** Ağaç Malzeme Tutkaları İ:Ü Orman Fak.Yayın No:242 İstanbul.
- ISO 818–1975.** Fibre Building Boards: İnternational Standard.
- KALAYCIOĞLU, H., 1991.** Sahil Çamı (Pinus Pinaster) Odunların Yongalevha Üretiminde Kullanılması İmkanları. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.

KIRCI, H., 1987. Yalancı Akasya (*Robinia Pseudoacacia L.*) Odunun kağıt Endüstrisinde Değerlendirilme Olanakları, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

KLÖCKNER WOOD TECHNOLOGY. Grabenstraße 3 D-57647 Hirtscheid–Nistertal

KOLLMANN, F.P.F., E.W KVENZI, A.J. STAMM., 1975. Principles of Wood Science and Technology II., Wood Based Materials, Springer Verlag, Berlin, 672 p

KULAÇ, Ş., 2004. Karadeniz Bölgesi Kayın Ekosisteminde Uygulanan Farklı Diriörtü (*Rhododendron Spp.*) Mücadele Yöntemlerinin Beşinci Yılında Toprak Altı ve Toprak Üstü Yetiştirme Ortamı Faktörleri Üzerine Etkisi.

KURTOĞLU, A., 2000. Ağaç Malzeme Yüzey işlemleri I. Cilt : Genel Bilgiler Üniversite yayın no: 4262 ISBN–975–404–590 İstanbul Fakülte Yayın no: 463

MR.PETER BACK., 1999. Küsters Firması Teknolojisi Notları.

MALKOÇOĞLU, H., 1994. Doğu Kayının (*Fagus Orientalis Lipsky*) Teknolojik Özellikleri, Doktora Tezi, K.T.Ü., Trabzon.

MALONEY, T.M., 1993. Particleboard and Dry Process Fiberboard Manufacturing, Updated Edition Miller Freeman Publication, California. U.S.A.

MDF İNDUSTRY UPDATE MİLL DİREKTÖRİES., 1997. Valmet Corporation, Sundsvall, Sweden.

MDF MAGAZİNE., 1996. Journal, Verarbeitung Germany.

MDF YEARBOOK ., 2004. Dieffenbacher Press SSSN 136-777X is Published by Data Transcripts Ltd.

MERBOK MDF. Snd.Bhd 43-3 Plaza Damanbara, Medan Setı A1, Bukit Damanbara 50490 Kuala Lumpur, Malaysia Lot 2998 Jalan Raya Merbok 08400 Merbok Kedah Darul Aman, Malaysia.

MEREV, N., YAVUZ, H., 2000. Türkiye Orman Güllerinin Anatomik Özellikleri.

METSO PANELBOARD., 2005. Technical Overview MDF Process.

NATIONAL STARCH&CHEMICAL., 2001. Bondmaster 7503 Kataloğlu.

ÖZEN, R. Lif Levhanın fiziksel ve mekaniksel özellikleri ve bunlara tesir eden faktörler. Orman Fakültesi Dergisi B-4 İstanbul

ÖZEN, R., 1979. Lif levha Endüstrisi Ders Notları, K.T.Ü Orman Fakültesi, Trabzon.

PALLMANN REFİNER SYSTEMS., 1999. Pallmann magazine No:H382E.

PANEL BOARD HİGHLIGHTS., 2001. Metso Panel Board No. 2/2001.

REİLEY, E.H., 1995. Success with Rhododendrons and Azaleas, Timber Pres

ROTHERDAM, D., 2004. Forest in the Success of R. Ponticum. İn The ecology and Management of Rhododendron Ponticum.

SIEMPELKAMP., 2001. Bulletin May.

SUCHLAND. O, WOODSON, G., 1991. “Fiberboard Manufacturing Practices in the United States” U.S. Department of Agriculture Forest Service U.S.A.

SUNDS DEFİBRATOR., 1997. MDF Industry Update.

TANK, T., 1980. Lif ve Selüloz Teknolojisi 1. Lisans Ders Kitabı, İstanbul Üniversitesi Yayın No: 2362 Orman Fakültesi Yayın No: 272, İstanbul.

TANK, T., 1978. Türkiye Kayın ve Gürgen Türlerinin NSSC (Nötral Sülfite Yarıkimyasal) Metodu ile Değerlendirilmesi, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları No: 2326/231,97 s., İstanbul.

TANK, T., 1997. Tutkalar Y.Lisans Ders Notları. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi. İstanbul.

TMMOB MAKİNE MÜHENDİSLERİ ODASI., 2001. Sanayi Kazanları ve Ek Donatım İşletme El Kitabı. Yayın No:110, Ankara.

TS 1351., 1974. Lif Levha Üretiminde Kullanılabilecek Lif–Yonga Odunu Boyutları, Ankara.

TS 64., 1963. Odun Lifi Levhaları–Tanım ve Sınıflandırma.

TS 64-1 EN 622-1. Lif Levhalar-Özellikler-Bölüm 1: Genel Özellikler

TS EN 310. Ahşap Esaslı Levhalar-Eğilme Dayanımı ve Eğilme Elastikiyet Modülünün Tayini

TS EN 319. Yonga Levhalar ve Lif Levhalar-Levha Yüzeyine Dik Çekme Dayanımının Tayini

TS 10506. Lif Levhalar-Vida Tutma Kabiliyetinin (Mukavemetinin) Tayini

TS EN 322. Ahşap Esaslı Levhalar-Rutubet Miktarının Tayini

TS EN 3644. Ahşap Esaslı Levhalar-Birim Hacim Ağırlığının Tayini

TS EN 325. Ahşap Esaslı Levhalar-Deney Numunelerinin Boyutlarının Tayini

TS 3639. Ahşap Esaslı Levhalar-Deney Numunelerinin Suda Kalınlığına Şişme Tayini

TS EN 326-1. Ahşap Esaslı Levhalar-Numune Alma Kesme ve Muayene Bölüm 1:
Deney Numunelerinin Seçimi, kesimi ve Deney Sonuçlarının Gösterilmesi

WEKO DAMPING SYSTEMS., 2000. Weko RFT Rotor Damping
System Compact III .

WIECKE P.H., 1990. Worldwide Devolopments With MDF.
İnternational Particleboard/Composite Materials Symposium,
Proceeding of the Twenty–Fourth Washington Stale Universty,
U.S.A.

YALTIRIK, F., 1998. Dendroloji Ders Kitabı II, İ.Ü. Yayın No: 4104, Orman Fak.
Yayın No: 420, ISBN: 975–404–095–8, İstanbul.

YALTIRIK, F., EFE, A., 1994. Dendroloji Ders Kitabı, İ.Ü. Yayın No: 3836,
Orman Fak. Fakülte Yayın No: 431, ISBN: 975–404–363–9, İstanbul.

7.ÖZGEÇMİŞ

Osman ÇAMLIBEL, 1974 yılında Antalya'nın Kaş ilçesinde doğdu. Lise öğrenimini Fethiye Lisesin de tamamladı. 1996 yılında K.T.Ü. Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Uzun süreden beri özel sektörde çalışmaya devam etmekte olup 2004 yılında A.İ.B.Ü.yüksek lisansa başladı. Halen A.İ.B.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine devam etmektedir.