

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

**MELAMİN VE ÜRE REÇİNESİ İLE EMPRENYE EDİLMİŞ  
ATIK KÂĞITLARIN HDF ÜRETİMİNE İLAVESİ İLE  
BOYUTSAL KARARLILIK VE MEKANİK ÖZELLİKLERİN  
İYİLEŞTİRİLMESİ**

**Nazif Özgen KUTLUATA**

**Danışman  
Jüri Üyesi  
Jüri Üyesi**

**Dr. Öğr. Üyesi Mahmut GÜR  
Prof. Dr. Saim ATEŞ  
Dr. Öğr. Üyesi Sevil ÖZKINALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**KASTAMONU – 2018**

## TEZ ONAYI

**Nazif Özgen KUTLUATA** tarafından hazırlanan "**Melamin ve Üre Reçinesi İle Emprenye Edilmiş Atık Kâğıtların HDF Üretimine İlavesi İle Boyutsal Kararlılık ve Mekanik Özelliklerin İyileştirilmesi**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde savunulmuş ve **oy birliği** ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Orman Endüstri Mühendisliği Ana bilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman

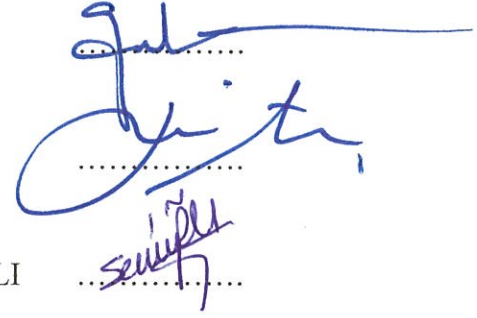
Dr. Öğr. Üyesi Mahmut GÜR  
Kastamonu Üniversitesi

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Saim ATEŞ  
Kastamonu Üniversitesi

Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Sevil ÖZKINALI  
Hitit Üniversitesi



27/06/2018

Enstitü Müdür V.

Doç. Dr. Mehmet Altan KURNAZ



## TAAHHÜTNAME

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildirir ve taahhüt ederim.

İmza

Nazif Özgen KUTLUATA



## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### MELAMİN VE ÜRE REÇİNESİ İLE EMPRENYE EDİLMİŞ ATIK KÂĞITLARIN HDF ÜRETİMİNE İLAVESİ İLE BOYUTSAL KARARLILIK VE MEKANİK ÖZELLİKLERİN İYİLEŞTİRİLMESİ

Nazif Özgen KUTLUATA  
Kastamonu Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mahmut GÜR

Ülkemizde üretim miktarları her geçen gün artan MDF, HDF, Yonga levha, Kontrplak ve OSB panel levhalar gibi odun esaslı üretimler beraberinde yüksek miktarda değerli atıklar bırakmaktadır. Bu atıkların yine levha içerisinde geri kazanımı ve bu kazanım esnasında üretim kalitesine pozitif yönde etkilemesi bu çalışmanın ana konusunu oluşturmaktadır.

Yüzey kaplaması olarak kullanılan emprenyeli kâğıdın, emprenye işlemi sırasında veya daha sonraki aşamalarda ortaya çıkan atıklarının tekrar levha içerisinde değerlendirilmesinin levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Yapılan çalışma yüksek yoğunluktaki liflevha (HDF) ile üretilen laminat parke içerisine %5-10-15 oranlarında emprenye edilmiş atık Dekor kâğıt ve %5-10-15 oranlarında ovarley kâğıt kullanılarak mekanik değerlerdeki değişimler tespit edilmiştir. Çekme direnci değerinde kontrol numunesi 1,17 N/mm<sup>2</sup> ile en düşük ve 1,44 N/mm<sup>2</sup> ile %15 ovarley atık kâğıt ilaveli numune en yüksek olarak bulunmuştur. Yine eğilme dayanımı için kontrol numunesi ile karşılaştırıldığında %15 Dekor ve ovarley ilaveli levhalarda sırasıyla %7 ve %8 artış gözlenmiştir. Kalınlığına şişmede 2 saatlik sonuçlara bakıldığında %5,34 ile en az kalınlığına şişme %15 Dekor kâğıdı ilavesinde elde edilmiştir. Diğer yandan 24 saatlik şişmeler kontrol edildiğinde %12,36 ile %15 ovarley ilaveli numune en düşük kalmıştır. Formaldehit miktarı 8,70 mg/100gr ile en düşük kontrol levhası ve 13,40 mg/100gr ile %15 ovarley ilaveli levhada ölçülmüştür.

Denemeler sonucunda, melamin formaldehit tutkalı ile üretilen emprenyeli ovarley kâğıt ilaveli test levhalarında iyi yönde sonuç vermiştir. Artan mekanik ve fiziksel değerlerin yanında formaldehit miktarındaki artış ve yüzeyde kalan kâğıt parçalarının bazı yüzey işlemlerine uygun olmaması dezavantaj oluşturmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Atık, geri dönüşüm, hdf, emprenyeli kâğıt

**2018, 63 sayfa**  
**Bilim Kodu: 1204**

## ABSTRACT

MSc. Thesis

### ENHANCEMENT OF DIMENSIONAL STABILITY AND MECHANICAL PROPERTIES OF HDF BY ADDING WASTE PAPER ARE IMPREGNATED WITH MELAMINE AND UREA RESINS

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

Supervisor: Dr. Öğr. Üyesi Mahmut GÜR

**Abstract:** Wood based productions which are increasing in our country such as MDF, HDF, Chipboard, Plywood and OSB panel leave a high amount of valuable waste. The main theme of this work is the recycle of these wastes in the board and the positive effect on the production quality.

Impregnated paper used as surface coating was investigated effect on the physical and mechanical properties of board to evaluate the wastes emerged during the impregnation process or later. In the study, changes in mechanical values were determined by using 5-10-15% impregnated waste decor paper and 5-15% overlay paper in produced high density fiberboard (HDF). The control sample at the tensile strength value was the lowest with 1,17 N/mm<sup>2</sup> and the highest at 1,44 N/mm<sup>2</sup> with 15% overlay waste paper. Compared with the control sample for bending strength, it was observed that the 15% decor and the overlay-added board increased by 7% and 8%, respectively. Looking at the 2-hour results for swelling, a minimum thickness increase of 5,34% was obtained with the addition of 15% decor paper. On the other hand, when the 24-hour swelling was checked, the sample 15% overlay was the lowest with value 12,36%. Formaldehyde emission was measured at the lowest control board with 8,70 mg/100 gr and it was measured the highest with the addition of 15% overlay with 13,40 mg/100 gr.

As a result of experiments has given good results on test sheets with impregnated overlay papers produced with 100% melamine formaldehyde resin. In addition to increased mechanical and physical properties, the increase in formaldehyde emissions and paper pieces left on the surface are not suitable for some surface treatments are disadvantages.

**Key Words:** Waste, recycling, hdf, impregnated paper

**2018, 63 pages**

**Science Code: 1204**

## TEŞEKKÜR

Tez danışmanlığımı üstlenerek araştırma konusunun seçimi ve yürütülmesi sırasında, değerli bilimsel uyarı ve önerilerinden yararlandığım Sayın Hocam Dr. Öğr. Üyesi Mahmut GÜR'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans çalışmamı destekleyerek bu tezin oluşmasında maddi manevi büyük katkısı ve desteği olan ve bünyesinde çalışmaktan mutluluk duyduğum Kastamonu Entegre Ağaç San. ve Tic. A.Ş. yönetimine teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin hazırlanması sırasında desteklerini esirgemeyen başta AR-GE mühendisi Sayın Aziz BİÇER'e, araştırma sonuçlarının analizinde bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım Araştırma görevlileri Sayın Çağrı OLGUN'a ve Sayın Osman Emre ÖZKAN'a değerli bilgilerini ve desteklerini esirgemeyen Kastamonu Samsun Fabrikalar Direktörü Sayın Enes KOÇ'a, teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak her zaman yanımda olan destekleriyle başarılarımda büyük payı olan eşim Miray GENÇ KUTLUATA ve yaşam kaynağımız, oğlumuz Kerem KUTLUATA'ya çok teşekkür ederim.

Nazif Özgen KUTLUATA  
Kastamonu, Haziran, 2018

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
TABLOLAR DİZİNİ .....	xiii
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ .....	xiv
GRAFİKLER DİZİNİ .....	xv
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Genel Bilgiler .....	1
1.1.1. Odun-Bazlı Panel Levhalar .....	1
1.2. Liflevha Endüstrisi .....	4
1.3. Liflevha Üretim Teknolojisi .....	4
1.3.1. Odun Hammaddesi .....	5
1.3.2. Kabuk Soyma .....	7
1.3.3. Yongalama .....	9
1.3.4. Yongaların Depolanması .....	11
1.3.5. Yongaların Elenmesi .....	12
1.3.6. Liflendirme Ünitesi .....	13
1.3.6.1. <i>Pişirme Kazanı Silosu</i> .....	13
1.3.6.2. <i>Pişirme Kazanı</i> .....	14
1.3.6.3. <i>Rafinör</i> .....	14
1.3.7. Liflerin Tutkalllanması .....	15
1.3.8. Liflerin Kurutulması .....	15
1.3.9. Lif Bunkerleri ve Serme İstasyonu .....	16
1.3.10. Presleme .....	17
1.3.10.1. <i>Ön Presleme</i> .....	17
1.3.10.2. <i>Sıcak Presleme</i> .....	18
1.3.10.2.1. <i>Sürekli Pres</i> .....	18

1.3.11. Klimatizasyon .....	19
1.3.12. Zımparalama, Boyutlandırma ve Depolama .....	20
1.4. Emprenyeli Kâğıt Üretim Teknolojisi .....	21
1.4.1. Kullanılan Hammaddeler .....	21
1.4.1.1. <i>Ham Kâğıt</i> .....	21
1.4.1.1.1. <i>Dekor Kâğıdı</i> .....	21
1.4.1.1.2. <i>Balans Kâğıdı</i> .....	22
1.4.1.1.3. <i>Ovarley Kâğıdı</i> .....	22
1.4.2. Kullanılan Tutkallar .....	22
1.4.2.1. <i>Melamin Formaldehit Tutkalı</i> .....	22
1.4.2.2. <i>Üre Formaldehit Tutkalı</i> .....	24
1.4.3. Emprenyeli Kâğıt .....	25
1.4.3.1. <i>Emprenye Edilmiş Dekor Kâğıt İçeriği</i> .....	28
1.4.3.2. <i>Emprenye Edilmiş Balans Kâğıt İçeriği</i> .....	28
1.4.3.3. <i>Emprenye Edilmiş Ovarley Kâğıt İçeriği</i> .....	28
2. LİTERATÜR ÖZETİ .....	29
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	32
3.1. Materyal.....	32
3.2. Yöntem .....	32
3.2.1. Yapılan Testler ve Uygulama Yöntemleri .....	35
3.2.1.1. <i>Ebat Ölçümü</i> .....	36
3.2.1.2. <i>Yoğunluk</i> .....	36
3.2.1.3. <i>Su Alma ve Kalınlığına Şişme</i> .....	36
3.2.1.4. <i>Çekme Dayanımı</i> .....	37
3.2.1.5. <i>Eğilme Dayanımı</i> .....	38
3.2.1.6. <i>Rutubet</i> .....	39
3.2.1.7. <i>Formaldehit Potansiyeli</i> .....	40
4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	41
4.1. Fiziksel Özellikler .....	41
4.1.1. Rutubet .....	41
4.1.2. Yoğunluk .....	42
4.1.3. Kalınlığına şişme 2h .....	43
4.1.3. Kalınlığına şişme 24h .....	45



4.2. Mekanik Özellikler.....	47
4.2.1. Eğilme Direnci .....	47
4.2.2. Elastikiyet .....	49
4.2.3. Çekme Dayanımı .....	51
4.3. Serbest Formaldehit Miktarı.....	54
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	57
KAYNAKLAR .....	59
ÖZGEÇMİŞ .....	63



## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

%	Yüzde
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Amonyum Sülfat
-NH <sub>2</sub>	Amin grubu
°	Derece (Açı)
°C	Santigrat Derece (Sıcaklık)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Alüminyum
Al <sub>2</sub> (Si <sub>4</sub> O <sub>16</sub> )	Alüminyum Silikat
Cm	Santimetre
C=O	Karbonil grubu
Ca(OH) <sub>2</sub>	Kalsiyum hidroksit
CO <sub>2</sub>	Karbondioksit
Cr	Krom
dk.	Dakika
DP	Polimerleşme Derecesi
EN	Europen Standards
FAOSTAT	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FeO <sub>2</sub>	Demir oksit
FF	Fenol formaldehit tutkalı
gr/cm <sup>3</sup>	Gram/santimetreküp
H <sub>2</sub>	Hidrojen
H <sub>2</sub> O	Su
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Sülfürik Asit
HCl	Hidroklorik Asit
HDF	High Density Fiberboard
IS	İzosiyanat tutkalı
K	Potasyum
kg	Kilogram
kg/cm <sup>2</sup>	Kilogram/santimetrekare
kg/m <sup>3</sup>	Kilogram/metre-küp
KPa/cm <sup>2</sup>	Kilopaskal/santimetrekare
L	Litre
M	Metre
m <sup>2</sup>	Metrekare
MDF	Medium Density Fiberboard
MF	Melamin formaldehit tutkalı
mg	Magnezyum
mol/L	Mol/Litre
MPa	Megapaskal
N/mm <sup>2</sup>	Newton/milimetrekare
NaOH	Sodyum hidroksit
NH <sub>4</sub> Cl	Amonyum Klorür
O <sub>2</sub>	Oksijen
HO <sup>-</sup>	Hidroksil grubu

OSB	Oriented Strand Board
pH	Asitlik Bazlık Derecesi
PMDI	Polimerik İzosiyanat tutkalı
TSE	Türk Standartları Entitüsü
UF	Üre formaldehit tutkalı
vd.	Ve diğerleri
YL	Yonga Levha
Zn	Çinko
$\alpha$	Alfa
$\mu\text{m}$	Mikrometre
&	Ve



## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 1.1. Ağaç bazlı levhaların sınıflandırılması .....	1
Şekil 1.2. MDF Üretim akışı .....	5
Şekil 1.3. Melamin formaldehitin metilolizasyon örneği.....	23
Şekil 1.4. Üre formaldehitin kondenzasyon reaksiyonu .....	24
Şekil 1.5. Üre formaldehite ait metilolizasyon reaksiyonu .....	24
Şekil 1.6. İki mol metilol üre karşı karşıya gelmesiyle etherik köprülü form oluşumu .....	25



## TABLolar DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Tablo 1.1. 2013 yılı Dünya ağaç bazlı panel üretim miktarları .....	2
Tablo 1.2. 2008-2011 yılı kıtalara göre MDF üretim kapasite artışları .....	3
Tablo 1.3. 2008-2012 yılı ülkeler göre MDF üretim kapasite artışları .....	3
Tablo 3.1. Kullanılan emprenyeli kâğıt içeriği .....	32
Tablo 3.2. HDF üretimi için üre formaldehit reçine özellikleri .....	33
Tablo 3.3. HDF üretim hammaddeleri .....	33
Tablo 3.4. Levha üretim planı .....	34
Tablo 3.5. Basılan levhaların fiziksel ve mekanik değerleri için test metotları..	35
Tablo 4.1. Deneme levhalarına ait ortalama rutubet değerleri.....	41
Tablo 4.2. Deneme levhalarına ait ortalama yoğunluk değerleri.....	42
Tablo 4.3. Atık kâğıt ilaveli levhalarının yoğunluk değerleri için basit varyans analizi .....	42
Tablo 4.4. Deneme levhalarına ait ortalama kalınlığına şişme değerleri 2h .....	43
Tablo 4.5. Atık kâğıt ilaveli levhalarının kalınlığına şişme değerleri için varyans analizi(2h).....	44
Tablo 4.6. Deneme levhalarına ait ortalama şişme değerleri 24h .....	45
Tablo 4.7. Atık kâğıt ilaveli levhalarının şişme 24h değerleri için basit varyans analizi .....	45
Tablo 4.8. Deneme levhalarına ait ortalama eğilme direnci değerleri.....	47
Tablo 4.9. Atık kâğıt ilaveli levhalarının eğilme direnci değerleri için varyans analizi .....	47
Tablo 4.10. Atık kâğıt ilaveli deneme levhalarının eğilme direnci duncan testi.	48
Tablo 4.11. Deneme levhalarına ait elastikiyet modülü değerleri .....	49
Tablo 4.12. Atık kâğıt ilaveli levhalarının elastikiyet modülü değerleri için varyans analizi .....	49
Tablo 4.13. Atık kâğıt ilaveli deneme levhalarının elastikiyet modülü duncan testi .....	50
Tablo 4.14. Deneme levhalarına ait ortalama çekme dayanımı değerleri.....	51
Tablo 4.15. Atık kâğıt ilaveli levhalarının çekme dayanımı değerleri için varyans analizi .....	52
Tablo 4.16. Atık kâğıt ilaveli deneme levhalarının çekme dayanımı duncan testi .....	52
Tablo 4.17. Deneme levhalarına ait formaldehit miktarı değerleri.....	54
Tablo 4.18. Atık kâğıt ilaveli levhalarının serbest formaldehit değerleri için varyans analizi .....	54
Tablo 4.19. Atık kâğıt ilaveli deneme levhalarının serbest formaldehit duncan testi .....	55
Tablo 4.20. Atık kâğıt ilaveli deneme levhalarının serbest formaldehit duncan testi .....	55

## FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Fotoğraf 1.1. Odun hammaddesi sahası Kastamonu Entegre Kastamonu Tesisi	7
Fotoğraf 1.2. Tamburlu kabuk soyucu Kastamonu Entegre Kastamonu Tesisi..	8
Fotoğraf 1.3. Odundan soyulan kabuklar Kastamonu Entegre Kastamonu Tesisi.....	9
Fotoğraf 1.4. Tamburlu yongalama makinesi yonga örnekleri.....	10
Fotoğraf 1.5. Tamburlu yongalama makinesi Kastamonu Entegre Kastamonu Tesisi.....	11
Fotoğraf 1.6. Beton yonga silosu Kastamonu Entegre Kastamonu Tesisi.....	12
Fotoğraf 1.7. Kurutma ünitesi Kastamonu Entegre Kastamonu Tesisi.....	16
Fotoğraf 1.8. Lif bunker ve serme ünitesi Siempelkamp.....	17
Fotoğraf 1.9. Ön pres ve lif taslağı oluşumu.....	18
Fotoğraf 1.10. Sürekli pres.....	19
Fotoğraf 1.11. Yıldız soğutucu.....	20
Fotoğraf 1.12. Emprenye makinesi.....	26
Fotoğraf 1.13. Emprenye makinesi kenar kesici fireleri.....	28
Fotoğraf 3.1. Atık emprenye kâğıtlarının kırılması.....	34
Fotoğraf 3.2. Test levhalarının dozajlanması ve basılması.....	35
Fotoğraf 3.3. Kalınlığına şişme testi.....	37
Fotoğraf 3.4. Çekme dayanımı test düzeneği.....	38
Fotoğraf 3.5. Eğilme dayanımı test düzeneği.....	39
Fotoğraf 3.6. Etüvde rutubet tayini.....	39
Fotoğraf 3.7. Perforatör ile Ekstraksiyon test düzeneği.....	40

## GRAFİKLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Grafik 4.1. Deneme levhalarına ait rutubet grafiği .....	41
Grafik 4.2. Deneme levhalarına ait yoğunluk grafiği .....	42
Grafik 4.3. Deneme levhalarına ait kalınlığına Şişme grafiği 2h .....	44
Grafik 4.4. Deneme levhalarına ait kalınlığına Şişme grafiği 24h .....	45
Grafik 4.5. Deneme levhalarına ait eğilme direnci grafiği.....	48
Grafik 4.6. Deneme levhalarına ait elastikiyet modülü grafiği.....	50
Grafik 4.7. Deneme levhalarına ait çekme direnci grafiği .....	52
Grafik 4.8. Deneme levhalarına ait serbest formaldehit miktarı değerleri.....	55



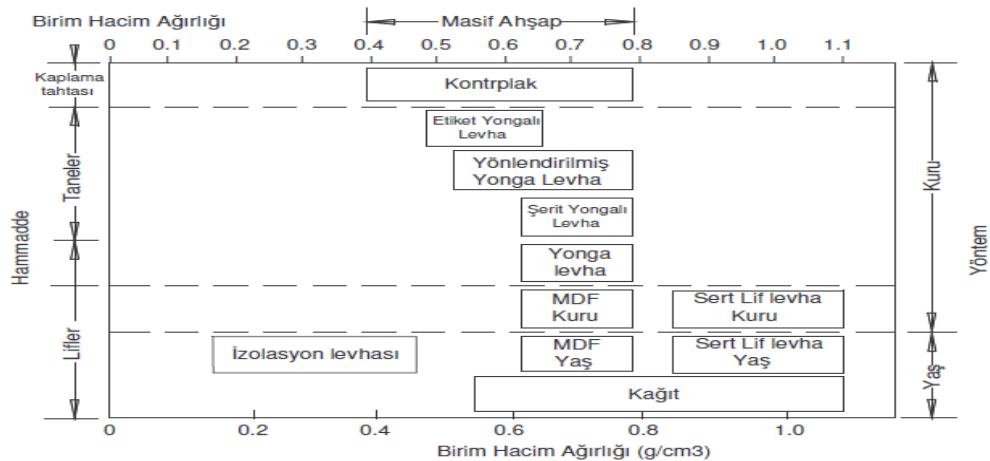
# 1. GİRİŞ

## 1.1. GENEL BİLGİLER

### 1.1.1. Odun-Bazlı Panel Levhalar

Sentetik yapıştırıcıların bulunmasından sonra masif ahşap üretimine dayalı olan yapı malzemeleri zamanla yerini birçok avantajlı yönleri nedeniyle ağaç-bazlı panel levhalara bırakmıştır. Masif kullanımda malzemenin büyük bir kısmı atık olarak çıkmakta iken ağaç bazlı panel üretimlerinde neredeyse tamamının kullanılması, daha homojen bir yapıda üretilebilmesi, istenilen yoğunluk ve mekanik dirençlerin belirlenebilmesi ve yüzey kaplama işlemlerine uygunluğu gibi birçok etken ağaç bazlı panel üretimlerinin yükselişindeki en büyük nedenlerindendir. Odun-bazlı panel levhalar denildiğinde üretim miktarlarına göre sırasıyla MDF (orta yoğunluklu liflevha), Yongalevha, Kontrplak, OSB (yatay yönlendirilmiş yongalevha) ve kapı paneli gelmektedir. Bu üretimlerin birçoğu ağaç-bazlı hammadde içermesine rağmen içerisinde bağ yapısını güçlendirmek adına termoset, sentetik yapıştırıcılar da mevcuttur. Bazı üretimler ise liflerin keçelenmesi ve hidrojen bağları yardımıyla bağlayıcı kullanılmadan da üretilmektedir (Güller, 2001).

Ağaç bazlı levha sınıflandırılması Şekil 1.1.'de gösterilmiştir (Suchsland ve Woodson, 1986).



Şekil 1.1. Ağaç bazlı levha üretim sınıflandırılması



Ağaç bazlı levha endüstrisi “wood based panel industry” üretimi dünyada ve ülkemizde çok hızlı büyüyen bir sanayi dalıdır. Ağaç bazlı levha endüstrisi dediğimizde MDF, yonga levha, OSB, laminat parke, kapı yüzeyi, kontrplak ağırlıklı ürünleri, yani levha grubu kastedilmektedir. FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations) verilerine göre 2013 yılında dünyada gerçekleşen 358 milyon m<sup>3</sup>’lük odun esaslı levha üretiminde Türkiye’nin payı %2,45 ve Avrupa Birliği ülkelerinin payı da %16 olarak hesaplanmıştır. Yine aynı verilerine göre dünya ağaç esaslı levha ihracat toplamı 77,4 milyon m<sup>3</sup>, ithalat toplamı ise 75 milyon m<sup>3</sup>’tür. Dünya ihracat toplamında Türkiye’nin payı %1,14, ithalat toplamında ise %1,82’dir. AB ülkelerinin payı ise toplam ihracatta payı %39, ithalattaki payı ise %35,6 olarak hesaplanmıştır (Yıldırım, Alevli ve Akyüz, ).

Dünyada 2013 yılına ait ağaç bazlı levha üretimleri Tablo 1.1.’de gösterilmiştir (URL-1, 2014).

Tablo 1.1. 2013 yılı Dünya ağaç bazlı panel üretim miktarları

Ağaç Bazlı Levhalar	2013 Üretim Verileri 1000 m <sup>3</sup>
Kontrplak	85300
OSB	22300
Yongalevha	83900
Liflevha	85300
Laminat Parke	7400
Toplam	200300

Kıtalar bazında MDF üretim değerleri Tablo 1.2.'de aşağıda gösterilmiştir (Akgül, Çamlıbel, Gedik, 2013).

Tablo 1.2. 2008-2011 yılı kıtalara göre MDF üretim kapasite artışları

Kıtalar İçin MDF Üretim Kapasiteleri 1000 m <sup>3</sup> /yıl				
Kıtalar	2008	2009	2010	2011
Çin	19 500	34560	37 060	42492
Avrupa	19 600	20390	20 390	22895
Amerika	11 302	12197	12 197	13302
Asya Pasifik	8 865	9 595	9 595	12078
Orta Doğu	738	813	813	1117
Afrika	265	265	265	305
Toplam	6 270	77820	80320	92189

İlk büyük MDF üretici 6 ülkenin kapasite artışlarına baktığımızda Çin, Rusya, Brezilya ve Türkiye ciddi artışlar dikkat çekicidir. Almanya ve Amerika bu üretimlerde sabit kalmış hatta bir miktar gerileme bile söz konusudur. Burada çevre kaygıları, üretim maliyetlerindeki artışlar ve karlılıktaki azalmalar etkilidir. Tablo 1.3.'de 2008 ile 2012 yılları arasındaki ülkelere göre kapasite artışları gösterilmiştir (Akgül vd., 2013).

Tablo 1.3. 2008-2012 yılı ülkeler göre MDF üretim kapasite artışları

Ülkeler Bazında 2008-2012 Yılı İçin MDF Üretim Kapasite Artışları 1000 m <sup>3</sup> /yıl		
Ülkeler	2008	2012
Çin	19560	41492
Brezilya	2930	5165
Türkiye	3388	4558
Amerika	4 666	4478
Rusya	1422	4327
Almanya	4410	4070
Toplam	36376	105116

## 1.2. Liflevha Endüstrisi

Genel itibari ile liflendirilebilen bütün biyolojik materyallerin liflendirildikten sonra sentetik reçineler yardımıyla, basınç ve sıcaklık altında oluşan ve mekanik ve teknolojik dirençlere sahip levhalara liflevha denilmektedir. Liflevhalar günümüzde daha çok kuru yöntemle ve odun liflerinden üretilmektedir. Odun türleri, yoğunluğu, pH değeri, karışım oranları ve rutubeti gibi birçok değer oluşacak olan levha taslağının nihai kalitesini belirler. Her tür odun türünden liflevha yapılabilir. Ancak her biri için ayrı bir üretim değeri oluşturmak gerekeceğinden sanayi de genellikle belirli odun karışım miktarları ile üretim yapılmaktadır. Burada belirleyici olan bitmiş üründen istenilen kullanım yerine uygun özelliklerin oluşturulmasıdır. Örneğin direnç özellikleri iyi bir levha istenildiğinde genellikle uzun liflere sahip iğne yapraklı ağaç odun miktarı karışımında artırılırken, yüzey kalitesi istendiğinde ise daha çok kısa liflere sahip yapraklı ağaç miktarı artırılır. Yapraklı ağaç lifleri 0,8-2 mm arasında değişirken, iğne yapraklı ağaç lifleri 3-7 mm arasında değişmektedir (Eroğlu ve Usta, 2000).

Liflevhalar genel itibari ile yoğunluklarına göre düşük, orta ve yüksek yoğunlukta liflevha olmak üzere 3 sınıfa ayrılmaktadır (TS 3635).

- Düşük yoğunluklu liflevha                      yoğunluk < 350 kg/m<sup>3</sup>
- Orta yoğunluklu liflevha                      350 kg/m<sup>3</sup> < yoğunluk < 800 kg/m<sup>3</sup>
- Yüksek yoğunluklu liflevha                      800 kg/m<sup>3</sup> < yoğunluk

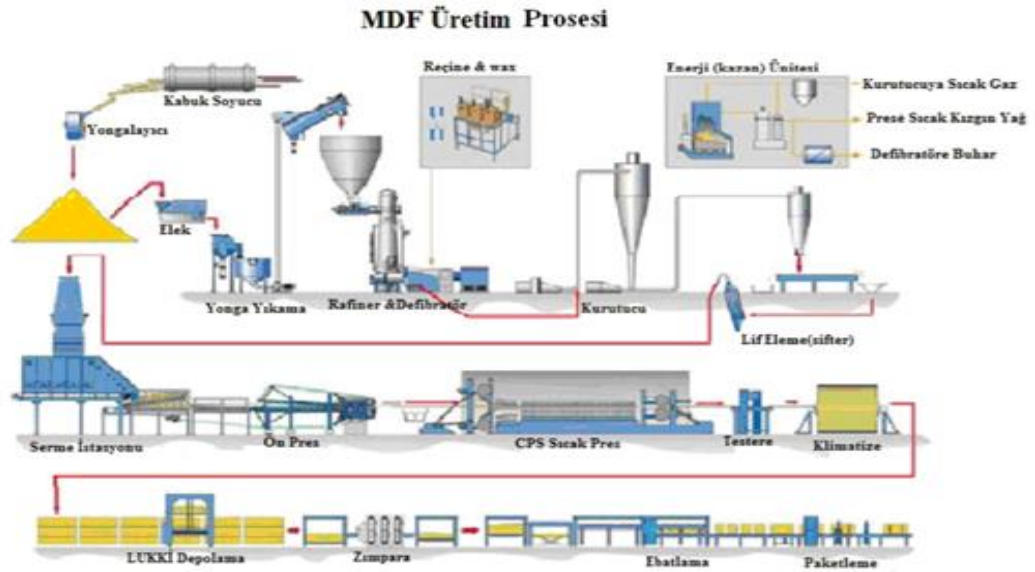
Üretim yöntemlerine göre yaş, yarı kuru ve kuru yöntemlerle üretilebilmesine rağmen günümüz teknolojisi ile en çok kullanılan yöntem kuru yöntemle üretilen liflevhalardır.

## 1.3. Liflevha Üretim Teknolojisi

MDF ürünleri; kuru, yarı kuru ve yaş yöntemle üretilebilmektedir. Fakat günümüz dünyasında liflevha üreten tesislerin çok büyük bir kısmı kuru yöntem kullanmaktadır. MDF üretiminde odunun ilk önce kabuklarının soyulup yongalanması, ardından da defibratörde lif haline getirilmesi işlemleri yapılmaktadır.

Elde edilen lifler, kuru ağırlıklarına oranla yaklaşık olarak %8–11 miktarında sentetik reçinelerle tutkallanıp, yaklaşık %8–12 rutubet miktarına kadar kurutularak taslak elde edilmektedir. Levha taslağı, sıcak presleme ile (basınç ve sıcaklık uygulanarak) nihai ürün elde edilmektedir.

Odun hammaddesinin depolamasından, MDF'nin elde edilmesine kadar geçen bütün süreç Şekil 1.2.'de gösterilmektedir (URL-2).



Şekil 1.2. MDF üretim akışı

### 1.3.1. Odun Hammaddesi

MDF üretiminde odun, aralama kesimlerinden elde edilen ağaçlardan, kereste endüstrisi artıkları, yakacak odunlar, soyma kaplama artıkları, kesme kaplama artık tahtası, soyma ve kesme artık kaplamaları, testere ve planya talaşı ve çeşitli odun işleyen fabrika artıklarından karşılanabilmektedir. Yuvarlak odunların çaplarının 6 cm ile 40 cm arasında, boylarının ise 2 m ve daha kısa olması aranan özelliklerdendir.

Odun hammaddesi genel olarak yurt içerisinde Orman Genel Müdürlüğü'nden tahsis yolu ile tedarik edilmektedir. Bunların dışında ihale yöntemiyle, özel plantasyonlardan ve yurt dışından (chips veya odun) olarak tedarik edilmektedir.

Ağaç bazlı panel üretimi ülkemiz için hızla gelişen sektörlerinden biri olduğundan odun hammaddesi için bir darboğaz oluşturmakta ve odun ithalatı hızla artmaktadır. Bu duruma önlem olarak özel sektörün kendi plantasyonları oluşturma çabası devam etmektedir.

Odun hammaddesinin depolanmasında ağaç türlerine göre istiflenmesi üretimde ortaya çıkacak aksaklıkların önüne geçilmesi için önem arz etmektedir. Düzgün ve yüksek istifler m<sup>2</sup>'ye yapılacak istifin miktarının artırılması için gereklidir. Düzgün ve yüksek yapılacak istiflerle m<sup>2</sup> başına yaklaşık 3,5 ton odun istif yapmak mümkündür. Mecburi bırakılacak yollar ve yangın hidratları ile birlikte bu değer 3 ton civarında ortalama bir değere ulaşmaktadır.

Odun deposunun beton zemin üzerine yapılması, odun zararlılarının önüne geçmek için önemlidir. Ayrıca 3-4 aylık bir depolama süresi yongalama ve kurutma açısından uygun rutubet oranlarına ulaşılması açısından ekonomik olduğu araştırmalar sonrası ortaya konulmuştur (URL-3).

Yapraklı ağaçlarda lif uzunlukları ortalama 0,8-2 mm arasında değişmektedir. Buna karşılık iğne yapraklı ağaçlarda lif uzunlukları ortalama 3-7 mm arasındadır. Liflevha endüstrisinde uzun lifli odunlar kısa lifli odunlardan daha fazla tercih edilir. Bilindiği gibi yaş yöntemle liflevha üretiminde keçeleşme özelliklerinin iyi olması nedeni ile iğne yapraklı ağaçlar tercih edilmektedir. Böylece elde edilen levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri yüksek olmaktadır. Kuru yöntemde de iğne yapraklı ağaçlar tercih edilmesine rağmen, yapıştırıcı olarak termoset tutkallar kullanıldığından kısa lifli ağaçlar da büyük oranda üretimde değerlendirilebilmektedir. Liflevha endüstrisinde odun hammaddesinin önemi büyüktür. Enerji sarfiyatını önlemek, düzgün yüzeyli yongalar elde etmek ve hammadde kayıplarını asgariye indirmek için %40 ile %60 rutubette odun kullanmak idealdir. Pratikte yongalanacak odunun rutubet değeri %80-90'a kadar çıkabilmektedir. Odunun rutubet değeri lif doygunluğu noktasından düşük olduğu takdirde yongalama makinesinden istenilen boyut ve kalitede yonga alınamaz. Kuru odunlar yongalanırken toz miktarı artar (Eroğlu ve Usta, 2000).

Kastamonu Entegre Kastamonu fabrikasında istif yapılmış bir odun sahasından görüntü Fotoğraf 1.1.'de gösterilmiştir.



Fotoğraf 1.1. Odun hammaddesi sahası Kastamonu Entegre Kastamonu Tesisi

### 1.3.2. Kabuk Soyma

Ağaç kabukları nadiren ormanda kesimden sonra soyularak, fabrikaya kabuksuz şekilde ulaşır. Hatta bazen yongalama yapılarak fabrikaya getirilir. Bu işlem için mobil yongalama makineleri mevcuttur. Genellikle odunlar fabrikaya kabuklu geldiğinden kabuklarının soyulması gereklidir. Kabuk soymada mümkün olan en fazla kabuk odundan uzaklaştırılmalıdır. Kabuk soyma işlemi zor olmakla birlikte bazı hallerde başarılı bir kabuk soyma işlemi mümkündür. Genel kural olarak; İlkbahar mevsiminde taze kesilmiş ağaçların kabukları daha kolay soyulur. Yapraklı ağaçların kabukları iğne yapraklılara göre daha zor soyulur. Ağırlık olarak odunda yüzde 7-10 oranında kabuk mevcuttur (Eroğlu ve Usta, 2000).

Rutubet değerleri yaklaşık olarak %40-60 değerlerine sahip gövde ve dal odunları yongalanmadan önce kabuk soyma makinelerine gönderilir. Kabuk, levhanın ağırlık olarak %10'u aştığı takdirde fiziksel ve mekanik özelliklerini önemli ölçüde düşürerek levha yüzeyinin görünümünü bozmakta, tutkal sarfiyatını artırmakta, kum, taş parçaları gibi rafinör segmentlerini aşındıran maddeler içermekte ve pişirme kazanında çok önemli olan hacmi kaplayarak ısı ve buhar enerjisi israfına yol

açmaktadır. Üretimde kabuk kullanılmaması durumunda elde edilen levhaların direnç değerleri daha yüksek ve levhanın rengi daha homojendir. Bu nedenle levha ağırlığına oranla kabuk miktarı %15'i geçmemelidir (Akbulut ve Ayrılmış, 2015). Kabuk düşük yoğunluklu, kısa lifli ve düşük direnç özellikleri nedeniyle MDF üretiminde bir miktar kalite düşüklüğüne neden olmaktadır.

Kabuk soymada kullanılan tamburlu kabuk soyma makinesi Fotoğraf 1.2.'de gösterilmiştir.



Fotoğraf 1.2. Tamburlu kabuk soyucu Kastamonu Entegre Kastamonu Tesisi

Tamburlu aşındırıcı döner kabuk soyucular MDF fabrikalarında çokça kullanılan tiplerdir. Burada odunlar tamburun bir ucundan beslenerek diğer ucundan çıkana kadar hem birbirlerine hem de içerisinde bulunan aşındırıcı bıçaklara sürtünerek kabuklarından temizlenir. Ayrılan kabuklar çeşitli şekillerde değerlendirilebilirken genellikle büyük fabrikaların enerji ihtiyaçlarını karşılamak üzere enerji santrallerinde yakıt olarak değerlendirilir. Soyulan kabuklar açık alanlarda depolandıklarında yangın tehlikeleri ve odun zararlılarının oluşumunu artırmaktadır. Bu yüzden çıkan kabukların hızlı bir şekilde bekletilmeden değerlendirilmesi önemlidir. Ayrıca yangın riskine karşı önlemler alınması oldukça önem taşımaktadır.

Tamburlu kabuk soyucudan çıkan kabukların saha içerisindeki istifinden bir görüntü Fotoğraf 1.3.'de gösterilmiştir.



Fotoğraf 1.3. Odundan soyulan kabuklar Kastamonu Entegre Kastamonu Tesisi

### 1.3.3. Yongalama

Liflevha üretiminde kullanılan liflerin homojen olarak üretilmesinin ilk aşaması kaliteli bir yongalamadır. Burada amaç bütün halindeki tomruğun eşit büyüklükte liflere en az zararı vererek yonga haline kesilmesidir. Homojen halde pişirme kazanına girecek olan yongalar eşit miktarda basınçtan ve sıcaklıktan yararlanarak tekdüze lifler elde edilecektir. Burada ideal yonga boyutu olarak; 20x25x5 mm verilebilir. Bu ebatlardaki yongalar uzun ve sağlam lifler vermektedir. Pişirme kazanında kısa sürede ve homojen pişme sağlamaktadır. Farklı boyutlardaki yongalar pişirme kazanında farklı yumuşamalara ve homojen olmayan lif demetleri oluşturur. Yeterince yumuşamayan yongalar liflendirme sırasında diskler arasında liflerine ayrılma yerine kömürleşmelere sebebiyet verir.



Liflendirme öncesi yongalama makinesinden çıkan yongalara ait görsel Fotoğraf 1.4.'de gösterilmiştir.



Fotoğraf 1.4. Tamburlu yongalama makinesi yonga örnekleri

Farklı tiplerde yongalama makinesi tipleri mevcuttur. Bunlardan en çok kullanılanları;

- a) Diskli yongalayıcılar
- b) Tamburlu yongalayıcılar

Diskli yongalayıcılar disk üzerine yerleştirilmiş 3-16 adet bıçak yardımıyla yongalama yapılır. Kalın ve yuvarlak odun yongalama için uygundur.

MDF endüstrisinde yonga boyutunun genişliği 19–20 mm, kalınlığı 3–5 mm, uzunluğu 16–25 mm aralıklarında olmalıdır. Ortalama yonga boyutu 20x25x5 mm'dir. Bu boyutlarda yongalar sağlam ve kaliteli lif verir. Odunun yoğunluğunun artması yonganın boyutunu küçültür, toz ve kırıntı artar bu da kısa lif oluşumunu artırır. Yonga boyutu aşağıdaki formüle göre bulunmaktadır (Eroğlu, Usta, 2000).

Tamburlu yongalayıcılar en yaygın kullanımı olan yongalayıcılardır. Tambur çapına göre 2-8 arası bıçak monte edilir. Yuvarlak, yarma odun ve atık odunlar için

kullanımı uygundur. Yonga boyu odunun makineye verilif hıza, silindir üzerindeki bıçak sayısına ve bıçağın dönüş hızına bağılıdır (Eroğlu ve Usta, 2000).

$$Yonga\ Boyu\ (mm) = \frac{Besleme\ Bantı\ Hızı\ (mm/dk)}{Rotor\ Devri\ (dev/dak) \times Bıçak\ sayısı} \quad (1,1)$$

Yongalama ünitesine ait tamburlu yongalama makinesi Fotoğraf 1.5.'de gösterilmiştir.



Fotoğraf 1.5. Tamburlu yongalama makinesi Kastamonu Entegre Kastamonu Tesisi

#### 1.3.4. Yongaların Depolanması

Yongalama makinesinden çıkan yongalar paletli konveyörler yardımıyla üretimi sürekli besleyecek ara bir depo olarak kullanılan yonga silolarına aktarılır. Burada amaç üretimin ihtiyacı olan lif miktarını karşılayacak yongayı depolamaktır. Depolamada dikkat edilecek husus ağaç türüne göre ayrı silolara depolama yapılması ve üretimin gerektirdiği karışımları dozajlama yapabilecek ayarlı boşaltma sisteminin bulunmasıdır. Bu işlem siloların altında hareketli vidalı helezonlar yardımıyla yapılmaktadır. Üretim için daha önceden belirlenen ağaç türü oranları sisteme girilerek otomatik olarak belirli silolardan dozajlama yapılarak pişirme kazanına gönderilir. Bu silolardaki odun türlerinde veya dozajlamadaki herhangi karışıklık

nihai ürünün mekanik ve yüzey özelliklerini kötü yönde etkileyecek üretim verimliliğini düşürecektir.

Yonga depolarında minimum bir günlük üretim stoklanmalıdır. Ayrıca 10 günü geçecek şekilde yongalar bekletilmemelidir. Aksi halde çürümeler başlayacak ve lif kalitesinde azalma ve bitmiş ürün yüzeyinde bozulmalar oluşacaktır. Beton yonga silosu Fotoğraf 1.6.'da gösterilmiştir.



Fotoğraf 1.6. Beton yonga silosu Kastamonu Entegre Kastamonu Tesisi

### 1.3.5. Yongaların Elenmesi

Yongalar silolardan liflendirme işlemine tabi tutulmadan önce elekler vasıtasıyla çok iri ve çok küçük odun materyallerinden ayrılır. En üst elekte kalan iri boyutlu yongalar tekrar yongalanmak üzere ayrılır en alt elekte kalan küçük kıymık toz şeklindeki yongalar ise yonga levhada kullanılabilmelerine rağmen genellikle kazanda yakıt olarak değerlendirilir. Orta elekte kalan üretime uygun ebattaki yongalar ise bantlı konveyörler yardımıyla liflendirme için refinerine taşınır. Bu konveyör üzerinde belli aralıklarla metal partikülleri ayırmak üzere mıknatıslar bulunur.

### 1.3.6. Liflendirme Ünitesi

Liflendirme işlemi liflevha ve kâğıt endüstrisi ile çok benzerlik göstermekle birlikte liflevha üretimindeki liflendirme biraz daha zahmetsiz ve kaba gerçekleşmektedir. Lignin yumuşatılması yeterlidir uzaklaştırılması gerekli değildir. Kâğıt ve karton endüstrisinde ise lignin uzaklaştırılır ve ağartma işlemi uygulanır. Liflevha endüstrisinde lif üretimi için ana yöntemler aşağıdaki gibidir; (Eroğlu ve Usta, 2000).

#### 1- Mekanik liflendirme yöntemleri

- Taş mekanik lif hamuru
- Refiner mekanik hamuru

#### 2- Kimyasal mekanik yöntemleri

- Biffar değirmeni
- Boja jung defibratörü

#### 3- Termal mekanik yöntemler

- Masonit yöntemi
- Asplund defibratör yöntemi

Termal mekanik liflendirme yöntemlerinden Asplund defibratör yöntemi liflevha üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Sitemin ana ilkesi odunun kimyasal olarak yaklaşık %30'unu oluşturan ligninin 170-180°C'de 7,5-8 bar basınç altında yumuşatılarak, liflerin mekanik olarak ayrılmasıdır (Eroğlu ve Usta, 2000).

Liflendirme ünitesi, pişirme kazanı silosu, pişirme kazanı ve rafinörden oluşmaktadır.

#### 1.3.6.1. Pişirme kazanı silosu

Elekten geçen yongalar bir bant yardımı ile bu siloya gelir. Burada amaç pişirme kazanı öncesi buharlama yapmak ve kazan öncesi dozajlama sağlamaktır. Silonun alt tarafında kazana besleme yapan helezon-vida (plug screw) üretim kapasitesine göre devri ayarlanarak besleme yapabilir. Bu helezon-vida buharlanmış yongaları sıkıştırarak mantarlaştırma görevi de görür ve açığa çıkan fazla su alt taraftan tahliye edilir. Yonga silosunun üst tarafında doluluk ve alt tarafında da minimum seviye

ölçüm yapan ultrasonik sensörler mevcuttur ve bunlar sayesinde sıkışmaların önüne geçilir.

### **1.3.6.2. Pişirme kazanı**

Pişirme kazanı silosundan gelen sıkıştırılmış yongalar ağaç türüne ve yoğunluklarına göre değişkenlik göstermekle birlikte yaklaşık 170-180°C'de 7,5-8 bar basınçla muamele edilerek hücre çeperlerindeki ligninin yumuşaması sağlanır ve daha sonra refiner segmentlerinde kolayca liflerine ayrılması sağlanır. Sıkıştırılarak mantarlaşmış yongalar sıcaklık ve basınç altında gevşeyerek şişerler ve 3-5 dakikalık muameleden sonra %100'e yakın rutubete ulaşırlar. Bu rutubet değeri daha sonra mekanik olarak liflendirme için segmentlerde oluşabilecek ısınmaların önüne geçecek ve liflendirme kalitesini artıracaktır. Eğer yonga rutubeti çok düşük olursa ısı iletimi az olacağından 3-5 dakikalık süre içerisinde lignin yumuşamayacağından liflendirme enerji sarfiyatı artacak ve yongalar liflendirilme yerine ufalanma ve

### **1.3.6.3. Rafinör**

Yongalar yumuşatıldıktan sonra feed screw yardımıyla defibratör bıçakları arasına beslenir. Çapları 32-72 inç arasında değişebilen biri sabit (stator) diğeri dönen (rotor) segmentlerin ortasına beslenen yongalar çevreye doğru hareketleri esnasın önce boyuna liflendirilme diskin çevresine doğru yaklaştıkça saçaklanma etkisi gösterirler. Segment aralığı hareketli ve ayarlanabilir olup yaklaşık 0,05 mm kadardır. Yongalar takriben 150-170°C sıcaklıktaki segmentler arasında 1-2 sn. kalırlar ve liflendirilirler. Ortalama dönüş hızı 1400-1500 devir/dak. olan segmentlerden lif çıkış hızı discharge screw hızı artırılarak ayarlanır. Gözlemlere dayanarak çam ve ladin yongaları uzun ve keçeleşmiş lifler vermekte iken kayın odunu için daha kısa ve keçeleşmeyen lifler oluştururlar. Segmentlerin dönüşü esnasında buhar ve besleme hızına bağlı olarak segmentler arasında açıklık oluşturur. Bu açıklığın fazla olması lif kalitesini düşürür. Bıçaklar aşındıkça liflendirme kapasitesi ve kalitesi düşmektedir enerji sarfiyatı artmaktadır.

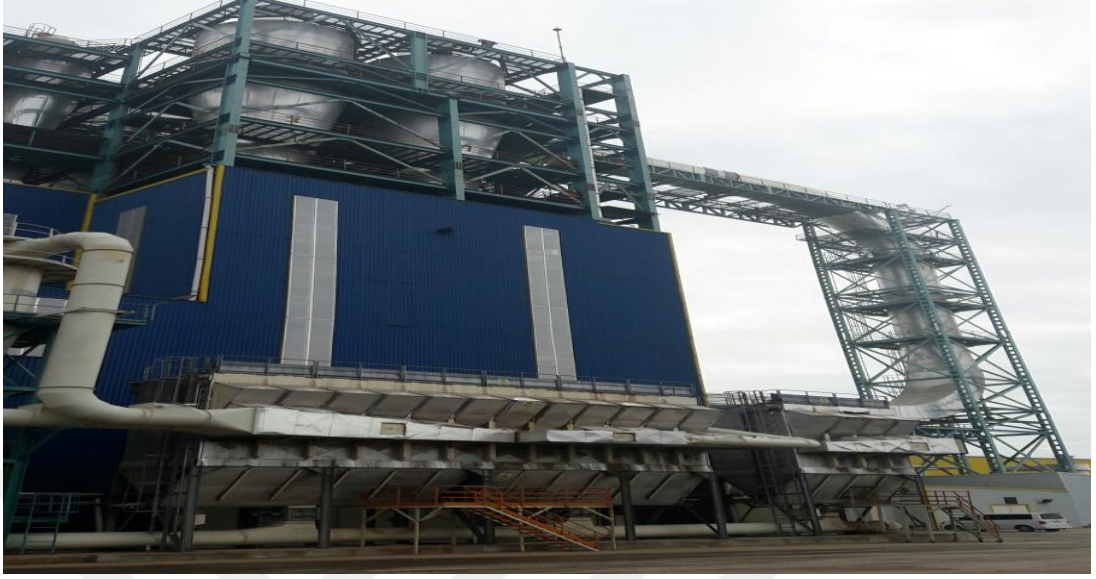
### **1.3.7. Liflerin Tutkalllanması**

Defibratörden çıkan saçaklanmış lifler birleştirici nihai ürünün istenen özelliklerine göre birçok kimyasalla muamele edilir. Liflevha endüstrisinde birden çok tutkallar kullanılmaktadır. Bunlar UF, MF, FF, MUF, PMDI, ve IS olmakla birlikte gerek fiyat avantajı gerekse kullanım kolaylıkları sayesinde en çok kullanılan UF tutkalıdır. Belli oranlarda melamin formaldehit ile karışımları yüksek dirençli levha uygulamalarında kullanımı yaygındır. Tutkal dışında birçok ilave kimyasallarda yine tutkal karışımı içerisine verilerek levhanın mekanik ve yüzey dirençlerini iyileştirmede kullanılmaktadır. Hidrofobik özellikleri iyileştirmede parafin, yanma geciktirici borlu bileşikler, sertleştirici  $NH_4Cl$ , tamponlama için amonyak ve formaldehit miktarını düşürmek için azotlu bileşikler kullanılmaktadır. Tutkal ve ilave kimyasallar genellikle defibratör sonrasında lif çıkış borusu etrafında sıralanmış çok sayıda enjektör yardımıyla püskürtülerek yapılmaktadır. Amaç saçaklanmış liflerin homojen bir şekilde tutkallanmasıdır. Bazı sistemlerde tutkal kurutma sonrası ayrı bir üniteye yapılmaktadır.

### **1.3.8. Liflerin Kurutulması**

Tutkallanan lifler kurutma işlemi için lif çıkış borusu yardımıyla kurutucuya gönderilir. Liflevha üretiminde boru tipi kurutucular kullanılır. Pres kapasitesine göre tüp çapı 1-4 m ve boyları da 100-150 m arasında değişmektedir. Kurutucu tüp içerisinde hava hızı yaklaşık 35-40 m/sn olması istenir. Bu hızlarda lifler tüp içerisinde yaklaşık 2 sn kalmakta ve rutubetleri %10-12 seviyelerine düşmektedir. Buradan lifleri buhardan ayırmak için siklonlara gönderilir. Liflerin kurutulmasında ağaç türü, lif boyutu, odun yoğunluğu, giriş rutubeti, hava hızı ve kurutucunun uzunluğu etkilidir.

Lif kurutma ünitesine ait görsel Fotoğraf 1.7.'de gösterilmiştir.



Fotoğraf 1.7. Kurutma ünitesi Kastamonu Entegre Kastamonu Tesisi

### 1.3.9. Lif Bunkerleri ve Serme İstasyonu

Lif bunkerleri kurutma ile serme ünitesi arasında bir depo görevi görür ve sürekli besleme yapmaktadır. Kısa süreli duruşlarda prese besleme yaparak duruşların önüne geçmektedir. Kurutmadan gelen yaklaşık %11 rutubetteki lifler serme bunkerleri üzerindeki depoya dökülür ve buradan üretim hızına göre serme bunkerine besleme yapılır. Lif bunkerlerinden serme bunkerine lifler tırmıklar vasıtasıyla getirilir. Bu tırmıklar liflerin topaklanmadan serme ünitesine iletilmesini sağlar.

Serme bunkerleri lif bunkerlerinden beslenen lifleri homojen bir şekilde lif taslağını oluşturmak için kullanır. Tırmıklar sayesinde oluşturulan lif taslağının online ağırlık ölçümü yapılarak istenilen kalınlık ve yoğunluk ayarlamaları yapılırken genişlik için de kenar düzeltmeleri burada yapılır. Ön pres öncesi levha taslak yoğunluğu yaklaşık  $15\text{kg/m}^3$  ve kalınlığı nihai kalınlığının 25 katıdır (Eroğlu ve Usta, 2000).

Lif bunkerleri ve serme ünitesi Fotoğraf 1.8.'de paylaşılmıştır.



Fotoğraf 1.8. Lif bunkerleri ve serme ünitesi Siempelkamp

### **1.3.10. Presleme**

#### ***1.3.10.1. Ön presleme***

Serme ünitesi sonrasında lif taslağı serme bantları üzerinde taşınarak taslağa sıcak pres öncesi bir direnç kazandırılması amacıyla ön bir presleme işlemine tabi tutulur. Burada kalınlık nihai yani sıcak pres çıkışındaki kalınlığının yaklaşık 5 katı olacak şekilde sıkıştırılır. Bu kalınlık odun türüne ve yoğunluğuna göre değişmektedir. Odun yoğunluğu düştükçe pasta kalınlığı artmaktadır. Burada yaklaşık 100-140 bar basınç kullanılır. Bant boyunca sağ ve solda 2 adet testere bulunur ve bunlar genişlik ayarlaması yaparlar kenarlardan çıkan lifler emiş vasıtasıyla tekrar bunkerde kullanılmak üzere geri beslenirler. Ayrıca metal alarmı veya preste oluşan arızalar olduğunda sıcak pres ve ön pres arasındaki bant açılarak tekrar kullanılmak üzere lifler ara siklona alınır.



Ön pres ve levha taslağı görseli Fotoğraf 1.9.'da gösterilmiştir (URL-4).



Fotoğraf 1.9. Ön pres ve lif taslağı oluşumu

### ***1.3.10.2. Sıcak presleme***

MDF üretiminde çok çeşitli presler geçmişten günümüze gelmiştir. Yalnız sürekli presler günümüzde üretim kapasitelerini en üst düzeyde tutabildiği için rekabetçi piyasada zaruri kullanılması gerekmektedir. Katlı preslerde kapasiteler düşük kalarak maliyetler yüksek kalmaktadır. İlk sürekli MDF pres Siempelkamp tarafından 1985 yılında üretilmiştir. Daha sonraları Dieffenbacher, Metso, Küsters ve Bıson eşlik etmiştir. Günümüzde yongalevha, Osb, MDF, LVL vb. gibi birçok üretim sürekli preslerde yapılabilmektedir.

#### ***1.3.10.2.1. Sürekli pres***

Ön presten çıkan belli rutubete indirilmiş, tutkal ve yardımcı kimyasallarla muamele edilmiş, belli bir yoğunluk ve kalınlık düzeyine ulaştırılmış taslak sürekli dönen alt ve üst tarafta buluna 2 sac arasına alınarak ısı ve basınç altında nihai hali oluşturulur. Burada taslak içerisinde bulunan tutkalın kondenzasyon reaksiyonu sonucu birçok bağlar oluşur ve geri dönüşümsüz mekanizma tamamlanır. Pres giriş bölümünde ısı daha yüksek tutulmakta ve pres eşitleme pistonları vasıtasıyla taslak kalınlık farklılıkları en aza indirilerek levha yoğunluk profilinin istenilen şeklini almasında

faydalanılır. İki çelik bant arasından giden taslak hem ısı hem de basınç altında son halini alır ve pres çıkışına doğru daha düşük sıcaklıklarla son halini alır ve diagonal testere yardımıyla istenilen ebatlara kesilir. Bu kısımlarda patlak ölçer bulunur ve hasarlı görülmeyen patlakları tespit ederek ayırmaktadır. Sürekli preslerde üretim hızı, pres boyuna, levha rutubetine, yoğunluk ve kalınlık gibi birçok değere göre değişmektedir. Ortalama olarak 55 m bir pres için 8mm levha kalınlığı için hız 800 mm/sn iken 30 mm levha üretimi için 300 m/sn olarak kalmaktadır. Sürekli prese ait görsel Fotoğraf 1.10.'de gösterilmiştir.

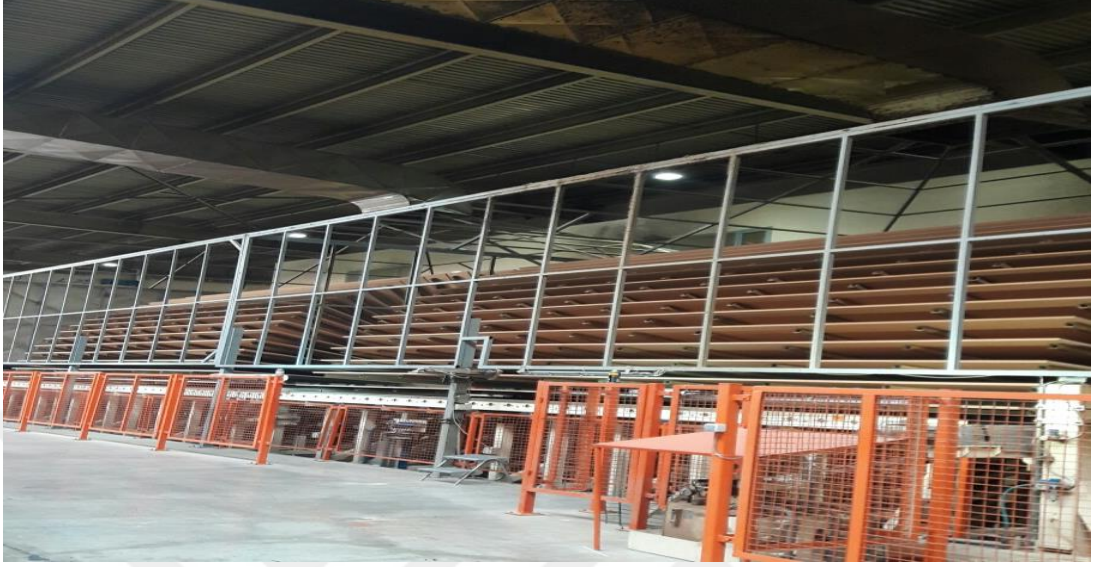


Fotoğraf 1.10. Sürekli pres

### 1.3.11. Klimatizasyon

Sıcak presten çıkan levhalar iç gerilimlerin azalması ve sıcaklığının düşmesi için birbiri üzerine istiflenmeden önce 360 derece dönebilen yıldız kolları arasında hareket ettirilir. Bu sırada levha sıcaklığı pres çıkışında yaklaşık 120°C'lerdeyken yıldız kollarından sonra yaklaşık 50-60 °C'lere düşmektedir. Bu sırada iç gerilimler azalır, formaldehit miktarı azalır ve istiflenmeye hazır hale gelmiş olur. Kalınlıklara göre değişmekle birlikte ortalama bir levhanın yıldızda kalma süresi 30-45 dak. arasında değişmektedir. Bu süreçte levha rutubeti taslak içerisinde daha homojen hale gelmiş olur. Genellikle klimatize sonrası ara bir depoda zımparalama yapmadan

önce 2-3 gün bekleme süresi uygun görülmektedir. Yıldız soğutucuya ait görsel Fotoğraf 1.11.'de gösterilmiştir.



Fotoğraf 1.11. Yıldız soğutucu

### **1.3.12. Zımparalama, Boyutlandırma ve Depolama**

Zımparalama, klimatize edilen levhaların kalınlık farklarını azaltmak, yüzey işlemleri uygulamak ve pürüzsüz bir tabaka elde etmek için uygulanır. Burada yoğunluk profilindeki tepe noktasına inene kadar bir katman zımparalar tarafından alınmaktadır. Tepe noktası üzerinde çelik banta temas eden yumuşak bir tabaka vardır bu kısım alınarak pürüzsüz bir yüzey elde edilir. Genel olarak sırasıyla 60 ve 80 kum ile yüzeyden kalın bir tabaka kaldırılır ve ardından 100,120,150 kumlarla ince zımparalama yapılır. Müşteri taleplerine göre daha ince kumlarla zımparalama yapılabilir. Zımparada kaldırılan levha tabaka kalınlığı yaklaşık 0,5-1,2 mm'dir. Zımpara sonrası nihai levha ebatlarına ulaştırmak için enine ve boyuna testereler vasıtasıyla ebatlama yapılır. Zımpara çıkışı asansörler yardımıyla levhalar istenilen sayılarda paketlenir ve altına üstüne koruyucu plaka kullanılır bu genelde yoğunluğu düşük yongalevha olur. Üst üste istiflerin konulması için koruyucu kapaklar üzerine takozlar konur. Takozlar yaklaşık 50-75 cm aralıklarla konulduğunda levhalarda çarpılmalar en aza indirilir. İnce mm levhalarda bu aralık daha da düşürülmelidir.

## 1.4. Emprenyeli Kâğıt Üretim Teknolojisi

### 1.4.1. Kullanılan Hammaddeler

#### 1.4.1.1. Ham kâğıt

Emprenye edilebilir ham kâğıt, panel yüzey kaplamasından istenen özelliklere göre çeşitli özelliklere sahip ve farklı gramajlarda üretilebilir.

##### 1.4.1.1.1. Dekor kâğıdı

Dekor kâğıdının aslını oluşturan baz kâğıt üretimi alfa selüloz hamuru denilen ve selülozun % 17,5 sodyum hidroksit ile muamelesi sonucunda ortaya çıkan kısımdır. Alfa selüloz kimyasal bir selüloz olmayıp odun selülozunun % 17,5 sodyum hidroksit ile 20 °C de belirli şartlar altında çözünmeden kalan kısımdır (Nemli, 2003).

Alfa selüloz kâğıtlarının avantajları;

1. Saf ve beyaz renklidir.
2. Kimyasal maddelere karşı dayanıklıdır.
3. Biyolojik tahribata karşı dayanıklıdır.
4. Renk stabilitesi yüksektir.
5. Homojen bir yapıya sahiptir.
6. Yeterli opaklığa sahiptir.
7. Tutkal emebilme yeteneği yüksektir.
8. Isıya karşı dayanıklıdır (Nemli, 2003).

Dünyada dekor kâğıdı üretimine göz attığımızda ise üretimin büyük bir bölümünün Çin'de gerçekleştiğini görmekteyiz. 2015 verilerine göre 1 milyon 265 bin tonluk dünya dekor kâğıdı üretim hacminin 575 bin tonluk (%45,5) kısmını tek başına üretmektedir. Kalan %54,5'lik kısmın %40,5 oranını Avrupa karşılarken kalan %14'lük oran Amerika ve diğer Asya ülkeleri tarafından paylaşılmaktadır. Avrupa'daki pay %15'lik büyük bir oranla sadece Almanya'ya aittir (URL-5, 2015).

#### ***1.4.1.1.2. Balans kâğıdı***

Balans kâğıdı panel yüzeyinin görünmeyen kısmında levhanın dekor basılan yüzeye dönmesini engellemek için kullanılmaktadır. Bu yüzden sadece direnç özellikleri önemlidir. Genellikle uzun lif selülozları tercih edilir. Atık geri dönüşüm kâğıt selülozu da ilave edilebilmektedir.

#### ***1.4.1.1.3. Ovarley kâğıdı***

Ovarley kâğıdı panel yüzeylerindeki çizilme, aşınma ve darbe dayanımını artırmak için kullanılan kâğıt türüdür. %100  $\alpha$  selüloz ile üretilir kül değeri sıfır çıkar. Genellikle emprenye işlemi sırasında yüzeyine alüminyum oksit dökülerek kullanılır. Bu şekilde daha yüksek direnç özellikleri sağlanır.

### **1.4.2. Kâğıt Emprenyesinde Kullanılan Tutkallar**

#### ***1.4.2.1. Melamin formaldehit tutkalı***

Melamin formaldehit tutkalı melaminin formaldehitle kondenzasyonu sonucu sertleşen bir tutkal çeşididir. Bu tutkal, görünüşü, kimyasal tutumu ve kullanım yeri bakımından, üre formaldehit tutkalına çok benzemektedir. Bununla beraber üre formaldehit tutkalına göre birçok avantajlı yönleri vardır (Koç, 2002).

Melamin reçineleri, 90-140 °C'ler arasında herhangi bir sertleştiriciye ihtiyaç duymadan sertleşebilmektedir. Sertleşmiş olan film tabakası, üre formaldehite göre suya, ışığa ve darbeye karşı daha dayanıklıdır. Bu yüzden fiyatı üre formaldehitin fiyatına oranla 3 katına yakın daha pahalıdır. Ancak üre formaldehitle birlikte çeşitli oranlarda çözelti hazırlanarak daha ucuza üretmek mümkün olabilmektedir. Nitekim % 50 üre formaldehit tutkalı ile karışım halinde hazırlandığında direnç değerlerinde düşüş yaşanmadan kullanılarak maliyeti yarıya düşürülebilir (Koç, 2002).

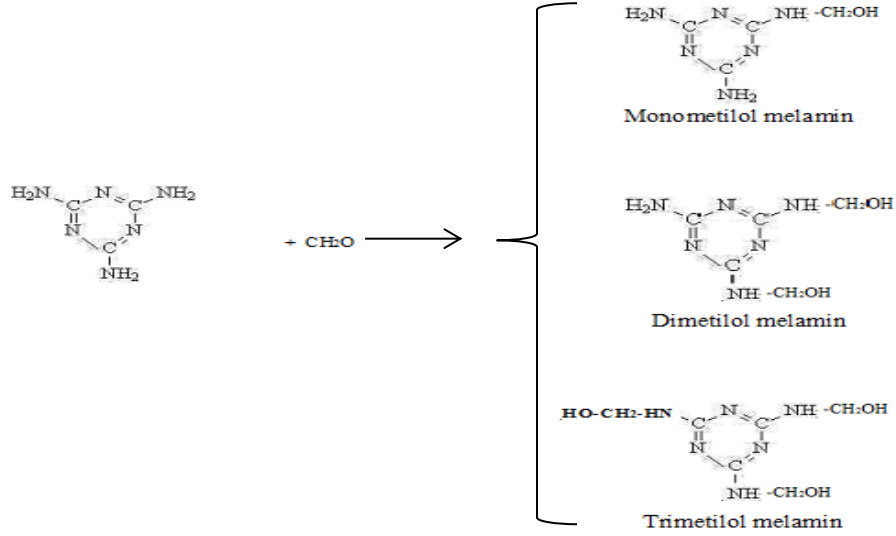
Genel olarak 2 ya da 3 melamin molekülünün birbirine ether veya metilen köprüleriyle bağlanması suretiyle dallanmış veya lineer yapıda bileşikler oluşur.

Kondenzasyon reaksiyonu sırasında pH seviyesinin düşmesi reaksiyonu çok hızlandıracağından istenmez (Eroğlu ve Usta, 2000).

Melamin formaldehit reçinesi genellikle (%55-60) katı oranlarında üretilir. Su gibi berrak olmalı renklenme eğilimi göstermemelidir. Beyazlama reaksiyonun fazlaca ilerlediğinin göstergesidir (Eroğlu ve Usta, 2000).

Metilolizasyon esnasında oluşan düşük moleküllü mono ve dimetilol grupları istenirken orta ve yüksek moleküllü tri, tetra, penta ve hegz gibi yapılar istenmez. Çünkü bu grupların fazlalığı viskoziteyi artıracığından kâğıdın empenyesi esnasında kâğıda penetrasyonunu zorlaştırır. Aynı zamanda akışkanlığını da azaltır (Eroğlu ve Usta, 2000).

Melamin formaldehitin metilolizasyon örneği Şekil 1.3.'de gösterilmiştir.

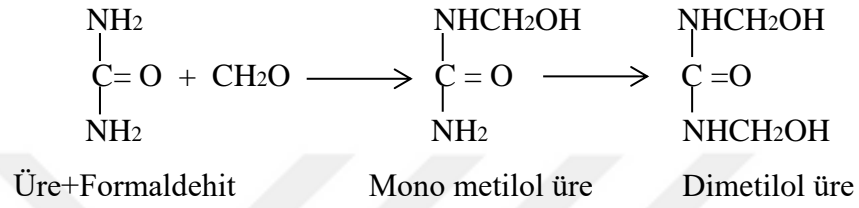


Şekil 1.3. Melamin Formaldehit Metilolizasyon Reaksiyonu

### 1.4.2.2. Üre Formaldehit tutkalı

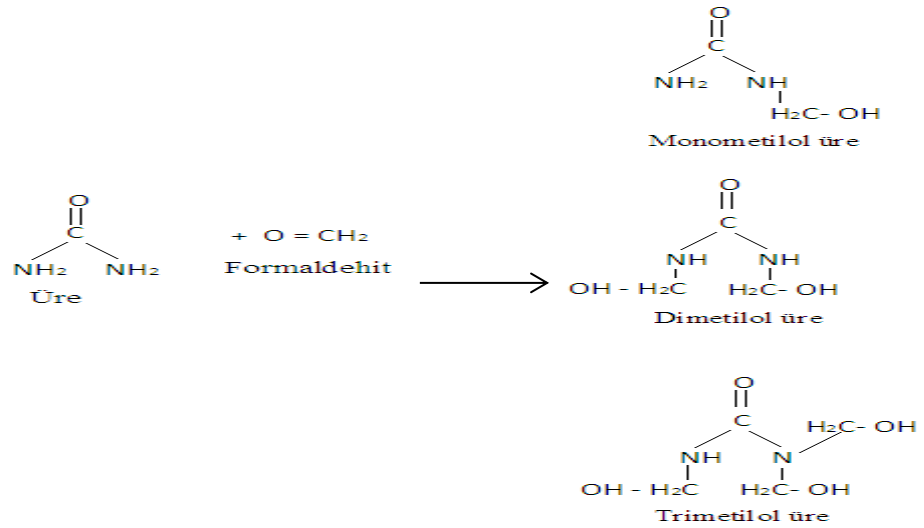
Üre formaldehit tutkalı üre ve formaldehitin kondenzasyonu ile üretilmektedir. Alkali ortamda başlayan kondenzasyon reaksiyonu ile önce monometilol üre oluşmakta ve daha sonra dimetilol üreye dönüşmektedir (Eroğlu ve Usta, 2000).

Üre formaldehite ait kondenzasyon reaksiyonu Şekil 1.4.'de gösterilmiştir.



Şekil 1.4. Üre formaldehitin Kondenzasyon Reaksiyonu

Üre formaldehite ait metilolizasyon reaksiyonu Şekil 1.5.'de gösterilmiştir.

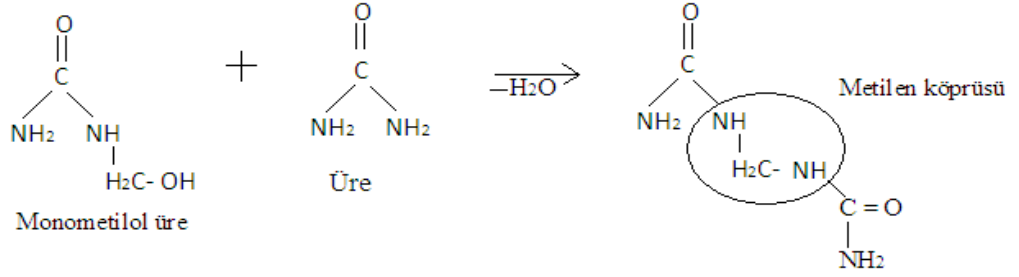


Şekil 1.5. Üre Formaldehit Metilolizasyon Reaksiyonu

Prensip olarak bir mol üre ile bir mol formaldehit bir metilol üre verir. Metilolizasyon normalde ilk dakikalar içerisinde yer alır. Metilol ürelere bir veya iki mol formaldehit daha reaksiyona girerse dimetilol üre ve trimetilol üreler oluşur. Üre formaldehit reaksiyonu boyunca farklı kondenzasyon reaksiyonları aynı anda

meydana gelir. Bunlar metilen eter üre ve metilen köprülü ürelerdir. Bir mol üre ile bir mol metilol üre'den metilol köprülü form oluşur (Eroğlu ve Usta, 2000).

Üreye ait etherik köprü formu oluşumuna örnek Şekil 1.6.'da gösterilmiştir.



Şekil 1.6. Bir mol metilol üre ve bir mol ürenin etherik köprülü form oluşumu.

### 1.4.3. Emprenyeli Kâğıt

Emprenye işlemi kâğıt içerisindeki boşlukları nispeten daha ucuz bir reçine ile doldurulması ve ardından yüzeyinin daha dirençli ve sağlam bağ ihtiva eden bir reçine ile kaplanmasına dayanmaktadır. Bu işlemi yaparken %50-60 sulu çözelti halinde bulunan reçinelerin kurutma fırınlarından geçirilerek bünyesinden suyu uzaklaştırılarak yaklaşık % 6 rutubete getirilir. Aynı zamanda reçineler ısı altında reaksiyona girerek bir miktar sertleşir. Kalan kısım ise preste yüksek basınç ve sıcaklık altında tamamen sertleşerek çizilme, aşınma, sıcak su buharına ve darbeye dayanıklı bir yüzey elde edilir (Eroğlu ve Usta, 2000).



Emprenye hattına ait makine resmi Fotoğraf 1.15. ile gösterilmiştir.



Fotoğraf 1.15. Emprenye makinesi

Genel olarak emprenye hattı şu kısımlardan oluşmaktadır;

Giriş besleme, 1. Banyo, 1. Fırınlara, Gravür, İkinci fırınlar, Soğutma, Ebatlama

Giriş besleme hat hızı ile koordineli çalışan hamkağıt rulusunun takıldığı sevk etme merdanesinden oluşur. Buradan kâğıdın gerginliğini de ayarlayan merdaneler vasıtasıyla 1. Banyo bölümüne gelir. Burada kâğıt, içerisinde reçine bulunan bir tava içerisine daldırılarak iç boşlukları doldurulur. Buradaki işlem kâğıdın mekanik özelliklerine etki etmeyeceğinden genellikle ekonomik tutkallar kullanılır. Kâğıt içerisine reçine emilimini sağlamak amacıyla ön ıslatma merdanesi vasıtasıyla kâğıdın poroz olan yüzeyinden sürme işlemi gerçekleştirilir. Ayrıca bu çözeltiliye birçok yardımcı kimyasallar (ıslatıcı, ayırıcı, köpük önleyici, toz önleyici, sertleştirici vb.) ilave edilmektedir. Ardından da kâğıt yükseğe çıkartılarak hem emiş için yol kazanılır hem de buradaki muz merdanesi yardımıyla reçineyi emen kâğıdın katlanması önlenir. Daha sonra kâğıdın çıkış gramajını belirlemek için müdahale edilebilir 2 adet dozaj merdanesi arasından geçirilerek istenen gramaj ayarlanır. Bu aşamadan sonra kâğıt 1. fırınlara girer fırınlarda ısıtma sistemi genellikle içerisinden kızgın yağ geçirilen radyatörün arasından taze hava üflenerek elde edilen sıcak hava

ile sağlanır. Kâğıt alt ve üst yüzeyinden sıcak hava ile yastıklama yapılarak ortadan geçen kâğıdın kurutulması sağlanır.

İlk fırınlardan çıkan ve ortalama %13-15 rutubet değerlerine gelen kâğıt, alt ve üst yüzeylerine denk gelecek 2 rulo arasından geçirilerek rulodaki bal peteği gözenek çap ve derinliklerine göre ikincil bir reçine sürme işlemine tabi tutulur. Buradaki reçine kâğıdın üst yüzeyinde kalacağı için birçok direnç değerlerini etkilemektedir (aşınma, çizilme, su buharı dayanımı vb.). Bu yüzden bu bölümde genellikle melamin formaldehit veya belli oranlarda üre-melamin karışımları kullanılmaktadır. Buradan sürülen reçinenin kurutulması için kâğıt 2. fırınlara girer ve buradan da soğutma tamburları üzerinden geçerek istenilen ölçülerde ebatlanır. Ebatlanan kâğıtlar bir kaset üzerinde istiflenir ve hava almayacak şekilde ambalajlanır. Bitmiş emprenyeli kâğıdın hava almayacak şekilde ambalajlanması raf ömrü için çok önemlidir. Zira melamin preste son bulacak olan reçine sertleşmesi emprenye sonrası ilerlemektedir.

Kâğıt emprenye işleminde firelerin büyük bölümünü oluşturan kısım ebatlama kısmıdır. Burada en kısmını istenen ebatlara ulaştırmak ve test için alınan numune kâğıtlar atıkların ana sebebidir. Emprenyede işleme tabi tutulan ham kâğıtlar, kâğıt türüne göre farklı miktarlarda genleştiklerinden fazlalık kısımları kenar kesiciler tarafından kesilirler. Bu işlem emprenye edilmeden önce yapılamamaktadır. Çünkü ek sırasında kopmalar meydana gelmekte ve çıkış istifleri kâğıt kenarlarında biriken reçine yüzünden düzgün olmamaktadır.

Orta ölçekli bir emprenye hattında 400 ton gibi bir atık miktarı çıkabilmektedir. Kül içeriği ortalama %30 üzerinde bulunan bu emprenyeli kâğıtların yanıcılığı düşük olduğundan imhası da zor olmaktadır (Fur, Galhac, Zanetti ve Pizzi, 2004).



Fotoğraf 1.16. Emprenye makinesi kenar kesici fireleri

#### **1.4.3.1. Emprenye edilmiş dekor kâğıt içeriği (%)**

Ham dekor kâğıdı	38,4
Melamin + Üre reçinesi	60,4
Sertleştirici, Anti blok, Islaticı, Ayırıcı vb.	1,2

#### **1.4.3.2. Emprenye edilmiş balans kâğıt içeriği (%)**

Ham balans kâğıdı	40
Melamin	57,5
Sertleştirici, Anti blok, Islaticı, Ayırıcı vb.	2,5

#### **1.4.3.3. Emprenye edilmiş ovarley kâğıt içeriği (%)**

Ham ovarley kâğıdı	20,9
Melamin	66,6
Sertleştirici, Anti blok, Islaticı, Ayırıcı vb.	1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,5

Yukarıdaki oranlar tam kuru ağırlık üzerinden verilip kâğıt türüne ve istenen direnç özelliklerine göre değişiklik gösterebilmektedir. Bu oranlardan da görüldüğü üzere emprenyeli kâğıdın % 55 gibi bir kısmı reçineden oluşmaktadır. Bu oran bazen % 80'lere çıkabilmektedir.

## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

Geçmişte atık olarak nitelendirdiğimiz birçok malzemenin çevreyi koruma zorunluluğu ve doğal kaynakların giderek azaldığı günümüzde atık değil hammadde olarak değerlendirildiğini görmekteyiz. Aşağıda direk çöp olarak atılan veya herhangi bir endüstriyel değeri olmayan malzemelerin odun kompozitleri içerisinde değerlendirilmesi ve bunların etkileri özetlenmektedir.

Le Fur, Galhac, Zanetti ve Pizzi (2004), “Melamin Emprenyeli Atık Kâğıtların Levha Yapıştırıcısı Olarak Geri Dönüşümü” adlı çalışmada melamin reçinesi ile emprenye edilmiş ve daha sonra toz haline getirilmiş atık emprenyeli kâğıtların direk olarak levha içerisinde kullanımı veya melamin üre formaldehit reçinesi yapımında kullanılabilceğini belirtmişlerdir. %25 oranının üzerinde viskozite ayarlamasının zor olacağı bunun altındaki oranlarda reçine üretimine uygun olduğu belirtilmiştir.

Alpar ve Winkler (2006), “Emprenyelenmiş Dekor Kâğıtlarının Yongalevha İçerisinde Değerlendirilmesi” adlı çalışmada  $700\text{kg/m}^3$  yoğunlukta üretilen yongalevha içerisine %5-%20 arasında emprenyeli dekor kâğıdı eklenerek mekanik ve fiziksel özellikleri kontrol edilmiştir. Sonuçlara göre %20 toz halinde emprenyeli atık kâğıt ilave edilmiş levhaların Eğilme direncinde %21 Çekme dayanımında %33,8 artış gözlenmiştir. Kötü özellik olarak ise %99,8 oranında formaldehit miktarı artmıştır. Bunun yanında Emprenyeli kâğıt ilave edildiğinde %10 oranında verilen tutkal miktarında düşüşe gidildiğinde %5 reçine ve %20 oranında atık emprenyeli kâğıt verildiğinde %10 reçine ile yapılan üretim değerlerini yakalamak mümkün olmaktadır.

Yüksel (2006), “Nişasta Katkı Maddesinin MDF Üretiminde Kullanım İmkânlarının Araştırılması” çalışmasında MDF üretiminde levha içerisine %5-%15 oranında nişasta ilavesi ile mekanik ve fiziksel özellikler incelenmiştir. En dikkat çekici iyileşme %15 nişasta ilavesi ile %23'lük formaldehit miktarında azalma meydana gelmiştir.

Çavdar, Yel, Kalaycıoğlu ve Hızıroğlu (2013), “Effect of waste melamine impregnated paper on properties of oriented strand board” çalışmasında OSB levha içerisine artan oranlarda ođđtđlmüş kâğıt ilave edilerek mekanik ve fiziksel özelliklerdeki değişimler incelenmiştir. Atık emprenyeli kâğıt ilave oranı %50’ye kadar artırıldığında su alma ve kalınlığına şişme değerlerinde %50 üzerinde iyileşme sağlanmiştir. Mekanik özellikleri etkilemeden OSB içerisinde %50 oranına kadar kullanılması uygun gđrđlmüştür.

Aksu (2009), “Dekor Kâğıdı ve Reçine Tipinin Yongalevhaların Fiziksel Mekanik ve Yüzey Kalitesine Etkisi” çalışmasında üre formaldehit, melamin formaldehit ve melamin-üre formaldehit reçineleri ile emprenye edilmiş dekor kâğıtlarının yongalevha yüzey kaplamasında kullanılarak yüzey gđrđnümü, aşınma, leke tutma, çizilme gibi testlere tabi tutulmuştur. Sonuçlara göre melamin formaldehit reçinesi ile emprenye edilmiş dekor kâğıtlarının en iyi sonuçları verdiği gđzlemlenmiřtir. Bunun yanında üre ve melamin reçinelerinin belli karışımları da benzer sonuçlar vererek nispeten daha uygun fiyatta olan üre formaldehit reçinesi kullanımıyla maliyetlerin düşürülebilmesi imkânları doğmuştur.

Migneault, Koubaa, Nadji, Riedl, Zhang ve Deng (2009), “Farklı Kâğıt Hamuru Liflendirme Proseslerinden elde edilen Hamurlar ve MDF üretiminde Kullanımı” çalışmasında termo mekanik kâğıt hamuru, kimyasal-mekanik kâğıt hamuru ve kraft kâğıt hamuru lifleri ilavesi ile MDF mekanik ve fiziksel özelliklerdeki değişimler incelenmiştir. Kalınlığına şişme 24h testlerinde kraft hamuru ilavesi şişme oranında 3 kat artışa yol açmıştır. Yine kraft hamuru ilavesi ile çekme direnci değerinde 2,5-3 kat düşük gelmiştir. Buradaki çalışmada hamur içerisindeki kül miktarı (ash content) arttıkça kalınlığına şişme, çekme direnci ve eğilme dayanımı azaldığı gösterilmiştir. şişme değeri kül miktarı %35 değerine ulaştığında %10’dan %30’a çıkmaktadır. Yine eğilme dayanımında kül miktarı yüzde %35 olduğunda eğilme direnci yüzde 90 azalmaktadır.

Boran (2010), “Orta Yoğunlukta Liflevha (MDF) Üretiminde Kullanılan Üre Formaldehit Tutkalına Farklı Kimyasal Maddeler İlave Edilerek Formaldehit İçeriğinin Azaltılması” çalışmasında çeşitli kimyasalların üre formaldehit içerisine

eklenerek formaldehit salınımının azaltılması çalışılmıştır. İğne yapraklı odun kabuklarından elde edilecek tanenin tam kuru life oranla %1 verildiğinde %27,89 formaldehit salınımının düştüğü tespit edilmiştir.

Ayrılmış (2011), “Melamin Reçinesi ile Emprenye Edilmiş Atık Emprenyeli Kâğıtların Düşük Yoğunluktaki MDF İçerisinde Kullanımıyla Boyutsal Kararlılık ve Mekanik Özelliklerinin İyileştirilmesi” çalışmasında %5,10 ve 20 oranında dekor ve ovarley kâğıtları ilave edilerek fiziksel ve mekanik özelliklerdeki değişimler incelenmiştir. Sonuçlara göre düşük yoğunluklu liflevha içerisinde kolaylıkla kullanılabilceği ve mekanik ve fiziksel özellikleri iyileştireceği yönünde sonuca varılmıştır. Kontrol levhasıyla tam kuru lif ağırlığına oranla %20 atık emprenyeli ovarley kâğıdı ilave edilen test numunesi arasında kalınlığına şişmede %41,3 iyileşme sağlanmıştır.

Silva, Varanda, Christoforo ve Lahr (2012), “Atık Emprenyeli Kâğıt ilave Edilerek Üretilen MDP Odun Paneli: Katı Geri Dönüşüm Örneği” çalışmasında %4-8-12 oranında öğütülmüş atık emprenyeli kâğıt ilave edilerek üretilen MDP kompozit odun panelinde hiç eklenmemiş taslak numune ile karşılaştırıldığında %4 ve %8 oranında eklenen atık emprenyeli kâğıdın rahatlıkla kullanılabilceği görülmüştür. %4 ve %8 atık kâğıt ilavesi kontrol numunesi ile su alma, kalınlığına şişme ve çekme direnci gibi değerlerde yakın sonuçlar vermesine karşı %12 ilave edilen panellerde olumsuz sonuçlar elde edilmiştir.

Ateş, Akça, Külçe, Kabaca, İlhan, Karaoğlan, Kaya ve Olgun (2014), “Çeşitli Atık Kâğıtların MDF Üretim Sürecinde Hammadde Olarak Değerlendirilmesi” çalışmasında atık kâğıtların geri dönüşüm sürecinde liflevha sektöründe kullanıma uygun olduğu gösterilmiştir. Gerek hammadde ihtiyacına katkısı gerekse liflendirme enerjisine gerek duymaması gibi avantajlarıyla ön plana çıkmaktadır. %25 oranında geri dönüştürülmüş ofis ve çimento kâğıtlarıyla odun lifi karışımında eğilme ve kalınlığına şişme değerleri çok yakın bulunduğundan kullanılmasında sakınca görülmemiştir. Diğer kâğıt ve oranlar için yalıtım malzemesi olarak kullanılması önerilmiştir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Bu çalışmada kullanılan hammaddeler Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi ve Ticaret A.Ş. Kastamonu fabrikasından temin edilmiştir. Deneme test levha üretimleri, test cihazları, Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Orman Ürünleri Kimyası ve Teknolojisi Anabilim Dalı Laboratuvarlarından ve Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi ve Ticaret A.Ş. Kastamonu fabrikasından kullanılmıştır.

#### 3.2. Yöntem

Hdf levha üretimi için gerekli lifler Kastamonu Entegre Ağaç San. Ve Tic. A.Ş. firmasından temin edilmiştir. Lifler Bunker çıkışı kenar kesicilerden sonra tutkallı ve kimyasallar ilaveli olarak alınarak torbalarla ağzı kapalı bir şekilde örnek numunelerin basılması için yine aynı fabrikada bulunan test presinde daha önceden kırıcı değirmende öğütülmüş emprenyeli atık kâğıt ilaveleri ile birlikte basılmıştır.

Kullanılan hammaddelerin miktar ve içeriklerine ait bilgiler aşağıdaki Tablo 3.1.'de verilmiştir.

Tablo 3.1. *Kullanılan emprenyeli kâğıt içeriği*

Kullanılan Emprenyeli Kâğıt İçeriği (%)		
	Dekor	Ovarley
Ham kâğıt	38,4	20,9
Melamin reçinesi	37,1	66,6
Üre reçinesi	23,3	-
Sertleştirici, Ayırıcı, ıslatıcı vb.	1,2	1
AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	11,5

Hazır alınan lif içerisinde kullanılan üre formaldehitin içeriği Tablo 3.2.'de özetlenmiştir.

Tablo 3.2. HDF üretimi için üre formaldehit reçine özellikleri

Üre Formaldehit Özellikleri	
Mol	1
Viskozite cPs (20°C)	20 sn
Katı madde	56%
Yoğunluk (20°C)	1,240 gr/cm <sup>3</sup>
pH (20°C)	8,5
Jell Süresi (100°C)	76 sn

Hdf üretiminde kullanılan hammaddeler ve oranlarına ait bilgiler Tablo 3.3.'de özetlenmiştir.

Tablo 3.3. HDF üretim hammaddeleri

Kullanılan hammadde türleri ve miktarları	
Odun	%70 Gökmar, %30 Çam
Parafin	20 kg/m <sup>3</sup> (sıvı)
Amonyum klorür	0,05 kg/m <sup>3</sup>
Tutkal (UF)	95 kg/m <sup>3</sup> (katı)

Deneme levhaları Kastamonu Entegre Ağaç San. Ve Tic. A.Ş. Kastamonu MDF tesislerinde bulunan Kur Çelik 150 ton test presinde basılmıştır. Hdf üretimi esnasında alınan tutkallanmış, kimyasallar ilaveli ve %10-11 rutubetteki liflere %30 melaminli dekor kâğıdından %5-10-15 oranında ve %100 melaminli ovarley kâğıdından %5-15 oranında atık emprenyeli kâğıtlar katılarak 450x450 ebadında test levhaları basılmıştır. Atık emprenyeli kâğıtlar fabrika içerisinde özel bir öğütücü vasıtasıyla 2-2,5 mm genişlik ve 3-3,5 mm uzunlukta kırılmıştır. Daha sonra emprenyeli kâğıt ilavesiz kontrol levhaları da aynı şartlarda basılıp 3 gün



kondisyonlama süresinden sonra zımparalanarak mekanik ve fiziksel özellikler bakımından karşılaştırma yapılır.

Karışımın pasta haline getirildikten sonraki presleme aşamasındaki değerler Tablo 3.4.'de gösterilmiştir.

Tablo 3.4. Levha üretim planı

Levha Grupları	Tutkal Türü	Atık Emprenyeli Kâğıt İlavesi (%)	Pasta Kalınlığı (mm)	Pres Sıcaklığı (°C)	Pres Süresi (sn)	Pres Basıncı (kg/cm <sup>2</sup> )
A	UF	%5 Dekor	8,1	190-195	300	32
B	UF	%10 Dekor	8,1	190-195	300	32
C	UF	%15 Dekor	8,1	190-195	300	32
D	UF	%5 Ovarley	8,1	190-195	300	32
E	UF	%15 Ovarley	8,1	190-195	300	32
F	UF	Katkısız	8,1	190-195	300	32

Emprenye hattından çıkan atık emprenyeli kâğıtların kırıldığı elekli bir değirmenin ve çıkan nihai öğütülmüş hali Fotoğraf 3.1.'de gösterilmiştir.



Fotoğraf 3.1. Atık emprenye kâğıtlarının kırılması

Atık emprenyeli kâğıt ve lif karışımının dozajlanması ve preslenmesi Fotoğraf 3.2.'de gösterilmiştir.



Fotoğraf 3.2. Test levhalarının dozajlanması ve basılması

### 3.2.1. Yapılan Testler ve Uygulama Yöntemleri

Deney numunelerinin hazırlanması, kesilmesi ve ölçümü TS EN 326-1'e göre yapılmıştır. Yapılan diğer mekanik ve fiziksel özelliklerin değerlendirilmesinde kullanılan test yöntemleri ve TS standartlarına ait metotlar Tablo 3.4.'de gösterilmiştir.

Tablo 3.5. Basılan levhaların fiziksel ve mekanik değerleri için test metotları

KONTROL KRİTERLERİ	TEST METODU	NUMUNE EBAT(MM)	BİRİM
Ebat ölçümü	TS EN 326-1		mm
Yoğunluk	TS EN 323	100X100	Kg/m <sup>3</sup>
Kalınlığına şişme (2h-24h)	TS EN 317	50x50	%
Çekme dayanımı	TS EN 319	50x50	N/mm <sup>2</sup>
Eğilme dayanımı	TS EN 310	50x210	N/mm <sup>2</sup>
Rutubet	TS EN 322	50x50	%
Formaldehit potansiyeli	TS 4894 EN 120	25x25	mg/100gr

### **3.2.1.1. Ebat ölçümü**

Deney numunelerinin ebat tayinleri TS-EN 326-1 ahşap esaslı levhalar-numune alma kesme ve muayene standardına göre yapılmaktadır. Numuneler ölçüm öncesi sıcaklık 20°C±2 ve nispi rutubet %65±5 olan odada ağırlığı %0,1 değişmeyene kadar kondisyonlanır.

### **3.2.1.2. Yoğunluk**

Üretimi yapılan deneme levhalarının yoğunluk değeri TS-EN 323 standardına uygun olarak belirlenmiştir. Her bir numunenin kütlesi hacmine oranlanarak hesaplanmaktadır. Çalışmadaki birim hacimdeki yoğunluk set değeri 860-870 kg/m<sup>3</sup> olarak hedeflenmiştir.

### **3.2.1.3. Su alma ve kalınlığına şişme**

Kalınlığına şişme hdf için çok önemli bir testtir. Çünkü hidrofobik olan hdf materyali su ve rutubet etkisi ile boyutlarında değişim meydana gelmekte ve kullanım yerinde zorluklara sebep olmaktadır. TS 317 standardına göre yapılan testte 50x50 parçalar 20°C±1'de 24 saat bekletilir, kalınlığına şişme değeri yüzde olarak aşağıdaki (3.1), (3.2) formülüne göre tayin edilir.

$$G = \frac{a-a_0}{a_0} \times 100 \quad (3.2)$$

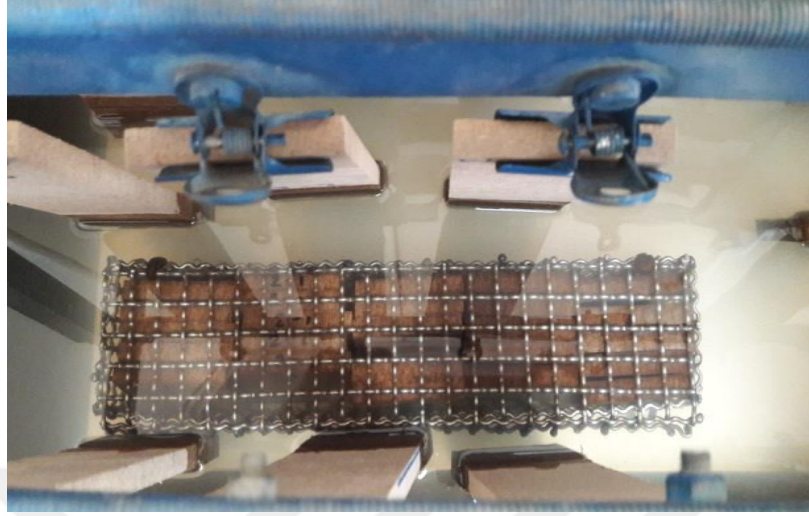
Burada;

G= Kalınlığına şişme oranı (%)

a= Test numunesinin sudan çıkarıldıktan sonraki kalınlığı (mm)

a<sub>0</sub>= Test numunesinin suya daldırılmadan önceki kalınlığı (mm)

Kalınlığına şişme için hazırlanan su alma havuzu Fotoğraf 3.3. İle gösterilmiştir.



Fotoğraf 3.3. Kalınlığına şişme testi

#### 3.2.1.4. Çekme dayanımı

Çekme dayanımı için 50x50 ebatlarında hazırlanan test numuneleri çekme test cihazı çenelerine test numunesi ortada kalacak şekilde yapıştırılır. TS-EN 319 standartlarına göre yapılan bu testte test numunesinin ortadan levha paralelindeki kopma kuvveti hesaplanır. Deney boyunca çeneler arasındaki test numunesine uygulanan çekme kuvveti başlama ve devam eden süreçte sabit oranda artırılmalı ve 60±30 sn içerisinde maksimum koparma kuvvetine ulaşacak şekilde ayarlanmalıdır.

Çekme dayanımı değeri 3.3 formülüne göre hesaplanır

$$f_t = \frac{F_{\max}}{a \cdot b} \text{ N/mm}^2 \quad (3.3)$$

Burada;

$f_t$  : Yüze dik çekme kuvveti (N/mm<sup>2</sup>)

$F_{\max}$  : Kopma yükü (Newton)

$a$  : Deney parçasının uzunluğu (mm)

$b$  : Deney parçasının genişliği (mm)

Fotoğraf 3.4. ile test numunesinin çekme test cihazına yerleştirilmesi ve maksimum seviyeye çıkmasıyla kopması gösterilmiştir.



Fotoğraf 3.4. Çekme dayanımı test düzeneği

### 3.2.1.5. Eğilme dayanımı

Eğilme dayanımı uygulanacak test numune kalınlığına bağlı olarak bir uzunluk için yapılmaktadır. Kalınlık x 20+5 olacak şekilde numune boyu hesaplanır. Alınan test numunesi çekme dayanımı test cihazının 2 mesneti üzerine konular ve eşit değişen oranlarda kuvvet uygulanır. Kırılma anına kadar uygulanan en yüksek kuvvet toplam en kesit alanına bölünerek hesaplanır.

Eğilme dayanımı değeri 3.4’de gösterilen formüle göre hesaplanır.

$$f_m = \frac{3xF_{max}l_1}{2xbxd^2} \text{ N/mm}^2 \quad (3.4)$$

Burada;

$f_m$  : Eğilme direnci (N/mm<sup>2</sup>)

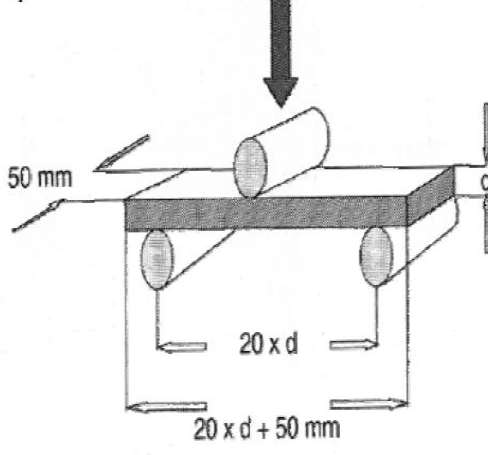
$F_{max}$  : Kopma yükü (Newton)

$l_1$  : Dayanakların eksenleri arasındaki mesafe (mm)

$b$  : Deneysel parçasının genişliği (mm)

$d$  : Deneysel parçasının kalınlığı (mm)

Eğilme dayanımı testine ait Fotoğraf 3.5. ile gösterilmiştir.



Fotoğraf 3.5. Eğilme dayanımı test düzeneği

### 3.2.1.6. Rutubet

Test numunelerinin rutubet miktarı TS-EN 322 standardına göre 50x50 numuneler üzerinden gerçekleştirilir. Numuneler  $103 \pm 2^\circ\text{C}$ 'de ağırlığı değişmeye kadar yaklaşık 6 saat bekletildikten sonra belirlenir.

Rutubet testi yapılan etüve ait Fotoğraf 3.6. ile gösterilmiştir.



Fotoğraf 3.6. Rutubet tayini

### 3.2.1.7. Serbest formaldehit miktarının belirlenmesi

Formaldehit içeriğinin tespiti için perforatör ile ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır. Her ne kadar laminat parkede yüzeyler kaplanmış olduğundan formaldehit miktarı çok düşük seyir etse de ham levhada bu değerin tespiti kullanım yerinde insan sağlığı açısından büyük önem arz etmektedir. TS 4894 EN 120'ye göre yapılır.

Yöntemin prensibi; formaldehit, kaynayan toluen yoluyla deney numunelerinden ekstrakte edilir ve sonra destile su içerisine aktarılır. Bu sulu çözeltinin formaldehit miktarı asetil aseton metodu ile fotometrik olarak tayin edilir. Yöntemde, levhalar ilk önce 25x25 (mm) boyutlarında kesilerek ölçüm yapılana kadar hava almayacak şekilde korumaya alınmıştır. Rutubet tayini yapıldıktan sonra tam kuru 100 g örnek alınarak 1 lt'lik cam balon içerisine yerleştirilir. Üzerine 600 ml saf toluen ilave edilerek balon perforatöre bağlanır. Daha sonra yaklaşık 1 lt destile su sifon ağzı ve suyun yüzeyi arasında 2-3 cm'lik boşluk kalacak şekilde perforatöre ilave edilmiştir. Kaçan gazı yakalamak amacıyla 100 ml destile su soğutucu çıkışına yerleştirilmiş ve soğutucular takılarak sistem açılmıştır. Toluene kaynamaya başladıktan sonra 2 saat süre ile sistem çalıştırılmıştır. Süre sonunda sistem kapatılarak soğumaya bırakılmıştır. İlk önce alttan toluensiz kısım alınmış ve çözelti 2 lt'ye tamamlanarak, LANGE LT 200 model UV spektrofotometrede serbest formaldehit miktarı belirlenmiştir. Sonuç mg HCHO / 100 gr olarak hesaplanmıştır.



Fotoğraf 3.7. Perforatör ile Ekstraksiyon test düzeneği

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Fiziksel Özellikler

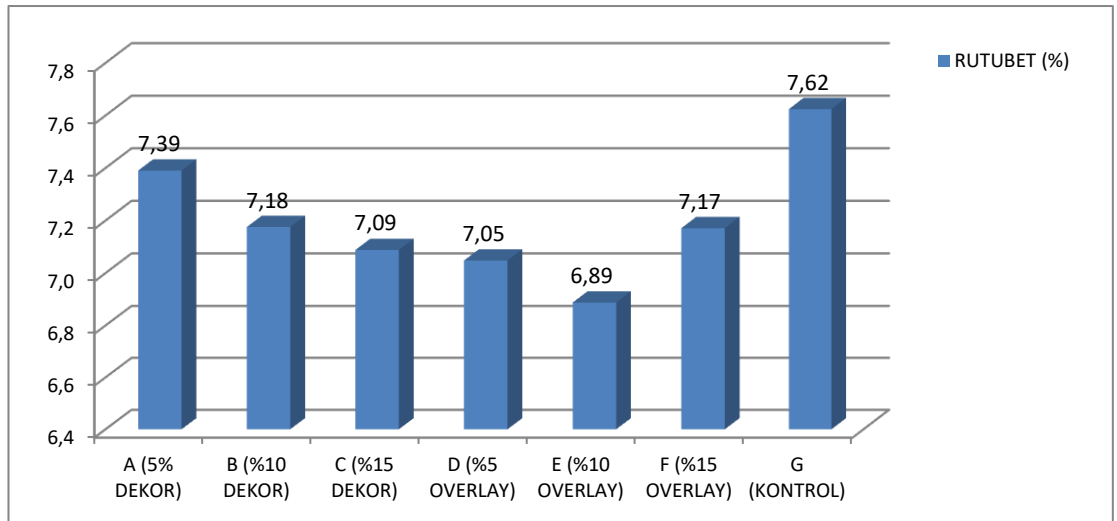
#### 4.1.1. Rutubet

Deneme levhalarının rutubetlerine ait değerler Tablo 4.1.'de aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Deneme levhalarına ait ortalama rutubet değerleri(%)

DENEME LEVHALARI	RUTUBET (%)	STANDART SAPMA	MİN.	MAX.
A (5% DEKOR)	7,39	0,04	7,34	7,43
B (%10 DEKOR)	7,18	0,11	7,09	7,32
C (%15 DEKOR)	7,09	0,24	6,88	7,43
D (%5 OVERLAY)	7,05	0,12	6,92	7,22
E (%10 OVERLAY)	6,89	0,35	6,54	7,33
F (%15 OVERLAY)	7,17	0,11	7,07	7,33
G (KONTROL)	7,62	0,24	7,33	7,78

Deneme levhalarının rutubet değerlerini incelediğimizde en yüksek rutubet G grubu levhalarda elde edildiği görülmektedir. En düşük rutubet ise E grubu levhalarda gözlemlenmiştir.



Grafik 4.1. Deneme levhalarına ait rutubet grafiği



#### 4.1.2. Yoğunluk

Deneme levhalarının yoğunluklarına ait değerler Tablo 4.2.'de aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 4.2. Deneme levhalarına ait ortalama yoğunluk değerleri(kg/m<sup>3</sup>)

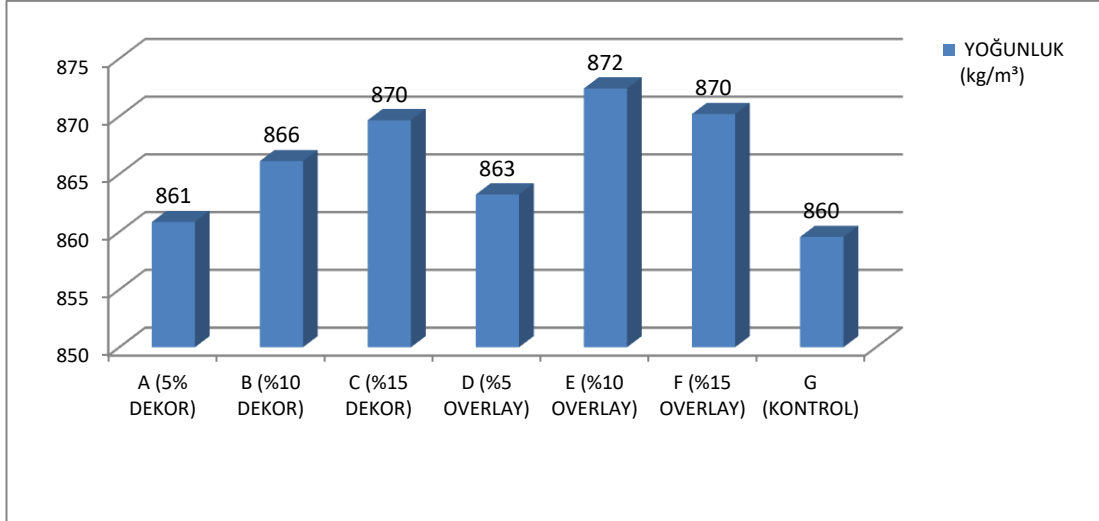
DENEME LEVHALARI	YOĞUNLUK (kg/m <sup>3</sup> )	STANDART SAPMA	MİN.	MAX.
A (5% DEKOR)	860,85	13,81	842,78	885,40
B (%10 DEKOR)	866,12	8,80	851,28	881,46
C (%15 DEKOR)	869,67	21,10	836,00	896,29
D (%5 OVERLAY)	863,23	11,38	849,05	884,42
E (%10 OVERLAY)	872,41	7,57	857,83	882,63
F (%15 OVERLAY)	870,20	20,42	842,82	897,36
G (KONTROL)	859,56	7,99	843,41	867,97

Deneme levhalarının yoğunluk değerlerini incelediğimizde en yüksek yoğunluk E grubu levhalarda elde edildiği görülmektedir. En düşük yoğunluk ise G grubu levhalarda gözlemlenmiştir. Emprenyeli atık kâğıdı ilaveli deneme levhalarına ait istatistiki veriler hesaplanmıştır. Atık kağıt ilaveli deneme levhalarına ait gruplar arasında kullanım miktarlarının etkisinin olup olmadığını belirlemek amacıyla varyans analizi tablo 4.3. ile gösterilmiştir.

Tablo 4.3. Atık kağıt ilaveli levhalarının yoğunluk değerleri için basit varyans analizi

Yoğunluk		Kareler Toplamı	S.D. (df)	Ortalama Kareler	Oran (F)	Önem Düzeyi (Sig.)
	Gruplar; Dekor, Ovarley, Kontrol (X)	6,101	1	6,101	0,27	0,871
	Gruplar; %5,%10,%15 (Y)	161,591	2	80,795	0,356	0,703
	X*Y	157,957	2	78978	0,348	0,709
	Hata	7950,771	35	227,165		
	Toplam	31435010,40	42			

Atık kağıt ilaveli deneme levhaları arasında yapılan varyans analizine göre %5 yanılma olasılığı ile levhalar arasında önemli bir fark görülmemiştir.



Grafik 4.2. Deneme levhalarına ait yoğunluk grafiği

#### 4.1.3. Kalınlığına şişme 2h (%)

Deneme levhalarının 2 saatlik suda beklemesiyle kalınlığına şişme değerleri Tablo 4.4.'de gösterilmiştir.

Tablo 4.4. Deneme levhalarına ait ortalama kalınlığına şişme değerleri 2h (%)

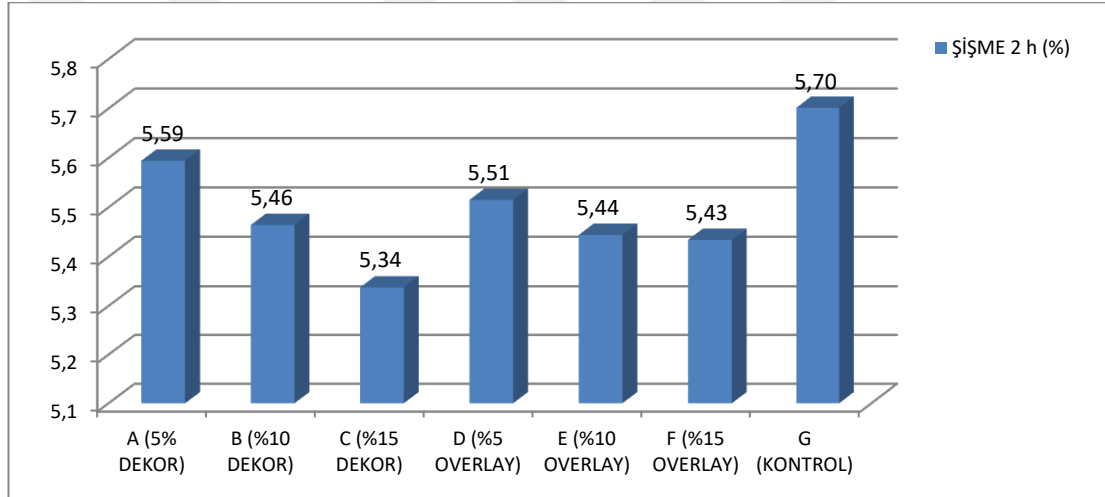
DENEME LEVHALARI	ŞİŞME 2 h (%)	STANDART SAPMA	MİN.	MAX.
A (5% DEKOR)	5,59	0,28	5,17	6,08
B (%10 DEKOR)	5,46	0,18	5,19	5,75
C (%15 DEKOR)	5,34	0,19	5,11	5,69
D (%5 OVERLAY)	5,51	0,31	5,09	5,92
E (%10 OVERLAY)	5,44	0,67	4,08	6,23
F (%15 OVERLAY)	5,43	0,45	4,91	6,25
G (KONTROL)	5,70	0,52	4,94	6,42

Deneme levhalarının 2 saatlik şişme değerlerini incelediğimizde en yüksek kalınlığına şişme F grubu levhalarda elde edildiği görülmektedir. En düşük kalınlığına şişme ise E grubu levhalarda gözlemlenmiştir. Emprenyeli atık kâğıdı ilaveli deneme levhalarına ait istatistikî veriler hesaplanmıştır. Atık kağıt ilaveli deneme levhalarına ait gruplar arasında kullanım miktarlarının etkisinin olup olmadığını belirlemek amacıyla varyans analizi Tablo 4.5. ile gösterilmiştir.

Tablo 4.5. Atık kağıt ilaveli levhalarının kalınlığına şişme değerleri için varyans analizi(2h)

Kalınlık Artışı (2h)		Kareler Toplamı	S.D. (df)	Ortalama Kareler	Oran (F)	Önem Düzeyi (Sig.)
	Gruplar; Dekor, Ovarley, Kontrol (X)	0,013	1	0,013	0,112	0,74
	Gruplar; %5,%10,%15 (Y)	0,146	2	0,073	0,637	0,535
	X*Y	0,201	2	0,101	0,879	0,424
	Hata	4,008	35	0,115		
	Toplam	1279,062	42			

Emprenyeli atık kağıt ilaveli deneme levhaları arasında yapılan varyans analizine göre %5 yanılma olasılığı ile levhalar arasında fark önemli görülmemiştir.



Grafik 4.3. Deneme levhalarına ait kalınlığına şişme grafiği 2h (%)

Grafik 4.3.'de emprenyeli kâğıt ilaveli levhalarda kalınlığına şişme kontrol levhasına göre belirgin şekilde düşük çıkmıştır. Dekor kâğıdı %15 ilaveli levhada şişme oranı %6,3 düşmüştür. Ovarley kâğıdı %15 ilaveli levhada ise %5,7 azalma görülmüştür.

Ayrılmış (2012), çalışmasında orta yoğunluktaki MDF içerisine ilave ettiği %20 oranındaki ovarley kâğıdında kontrol levhasına göre %41,3 iyileşme tespit etmiştir. Dekor kâğıdı ilave ettiği numunede ise %35,4 iyileşme sağlandığını bildirmektedir.

Kara (2011), çalışmasında kızılçam ve kayın lifi kullanarak %50'lik oranlarda en iyi sonuç aldığı bildirilmiştir. Bunun sebebi kısa lifli yapraklı ağaç odunları

kullanıldığında levhalarda lif-lif bağı daha yüksek olması ve suyla bağ yapma ihtimali bulunan aktif -OH grupları sayısının daha az oluşu ile açıklanabilir.

#### 4.1.4. Kalınlığına şişme 24h (%)

Deneme levhalarının 24 saatlik suda beklemesiyle kalınlığına şişme değerleri Tablo 4.6.'da gösterilmiştir.

Tablo 4.6. Deneme levhalarına ait ortalama şişme değerleri 24h (%)

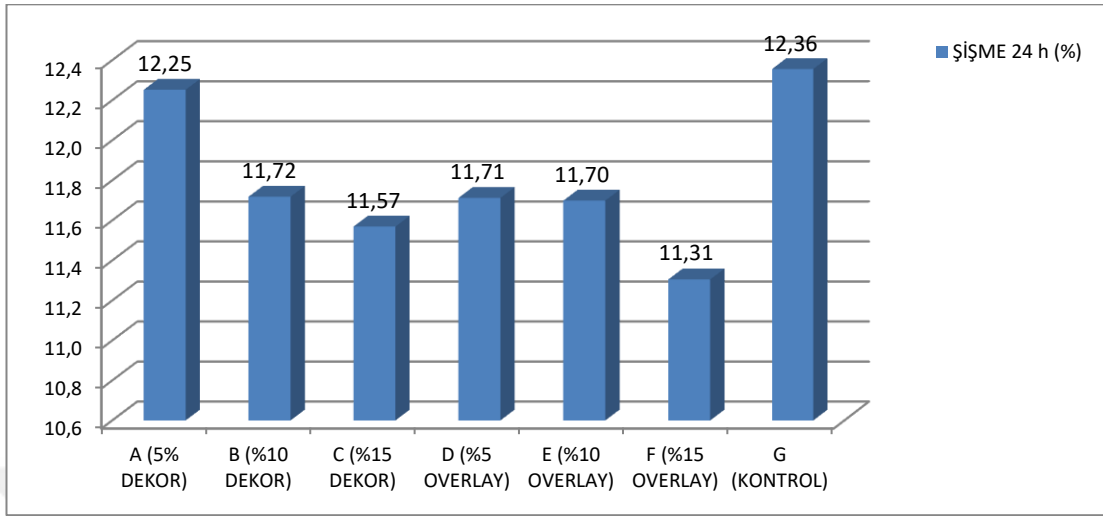
DENEME LEVHALARI	ŞİŞME 24 h (%)	STANDART SAPMA	MİN.	MAX.
A (5% DEKOR)	12,25	0,98	10,72	13,84
B (%10 DEKOR)	11,72	0,93	10,04	12,74
C (%15 DEKOR)	11,57	0,85	10,54	13,80
D (%5 OVERLAY)	11,71	1,21	8,57	13,06
E (%10 OVERLAY)	11,70	1,02	10,28	13,24
F (%15 OVERLAY)	11,31	1,13	9,25	13,57
G (KONTROL)	12,36	1,13	10,16	14,30

Deneme levhalarının 24 saat şişme değerlerini incelediğimizde en yüksek kalınlığına şişme G grubu levhalarda elde edildiği görülmektedir. En düşük kalınlığına şişme ise F grubu levhalarda gözlemlenmiştir. Emprenyeli atık kâğıt ilaveli deneme levhalarına ait istatistiksel veriler hesaplanmıştır. Atık kağıt ilaveli deneme levhalarına ait gruplar arasında kullanım miktarlarının etkisinin olup olmadığını belirlemek amacıyla varyans analizi tablo 4.7. ile gösterilmiştir.

Tablo 4.7. Atık kağıt ilaveli levhalarının şişme 24h değerleri için basit varyans analizi

Kalınlık Artışı (24h)		Kareler Toplamı	S.D. (df)	Ortalama Kareler	Oran (F)	Önem Düzeyi (Sig.)
	Gruplar; Dekor, Overley, Kontrol (X)	0,535	1	0,535	0,646	0,427
	Gruplar; %5,%10,%15 (Y)	1,75	2	0,875	1,055	0,359
	X*Y	0,563	2	0,281	0,339	0,715
	Hata	29,035	35	0,829		
	Toplam	5767,393	42			

Deneme levhaları arasında yapılan şişme levhalarının varyans analizine göre %5 yanılma olasılığı ile levhalar arasında fark anlamlı bulunmamıştır.



Grafik 4.4. Deneme levhalarına ait kalınlığına şişme grafiği 24h (%)

Grafiğe göre kontrol numunesi ve %5 dekor kâğıdı ilaveli levha kalınlık artışları birbirine çok yakınken oran %15 olduğunda %6,4 düşüş sağlanmıştır. Overley ilavesinde ise %15 ilave ile %8,4 iyileşme sağlanmıştır.

Wong, Zhang, Wang ve Kawai (2000), çalışmalarında ise taslak rutubetinin artmasıyla orta tabakaya ısı iletimi ve lifler arası plastikleşmenin arttığı bununda kalınlığına şişme değerini azalttığı bildirilmiştir. Ayrıca kalınlık yönündeki yoğunluk profilinde, yüzey kısımlara yakın en yüksek yoğunluk değerine (tepe noktası) sahip levhalar, homojen yoğunluk dağılımına sahip levhalara göre daha düşük kalınlığına şişme değerine sahiptir.

## 4.2. Mekanik Özellikler

### 4.2.1. Eğilme Direnci

Deneme levhalarının eğilme direncine ait değerler Tablo 4.8.'de gösterilmiştir.

Tablo 4.8. Deneme levhalarına ait ortalama eğilme direnci değerleri(N/mm<sup>2</sup>)

DENEME LEVHALARI	ÇEKME DİRENCİ (N/mm <sup>2</sup> )	STANDART SAPMA	MİN.	MAX.
A (5% DEKOR)	36,68	2,79	33,13	41,75
B (%10 DEKOR)	38,70	2,54	35,89	42,16
C (%15 DEKOR)	39,95	1,53	38,58	42,92
D (%5 OVERLAY)	39,22	2,44	36,49	42,35
E (%10 OVERLAY)	39,72	0,75	38,22	40,20
F (%15 OVERLAY)	40,35	2,00	37,63	42,76
G (KONTROL)	37,33	2,59	34,08	40,55

Deneme levhalarının eğilme direnci değerlerini incelediğimizde en yüksek eğilme direnci F grubu levhalarda elde edildiği görülmektedir. En düşük eğilme direnci ise A grubu levhalarda gözlemlenmiştir. Emprenyeli atık kâğıt ilaveli deneme levhalarına ait istatistiki veriler hesaplanmıştır. Atık kağıt ilaveli deneme levhalarına ait gruplar arasında kullanım miktarlarının etkisinin olup olmadığını belirlemek amacıyla varyans analizi tablo 4.9. ve duncan testleri tablo 4.10. ile gösterilmiştir.

Tablo 4.9. Dekor ilaveli deneme levhalarının eğilme direnci değerleri için varyans analizi

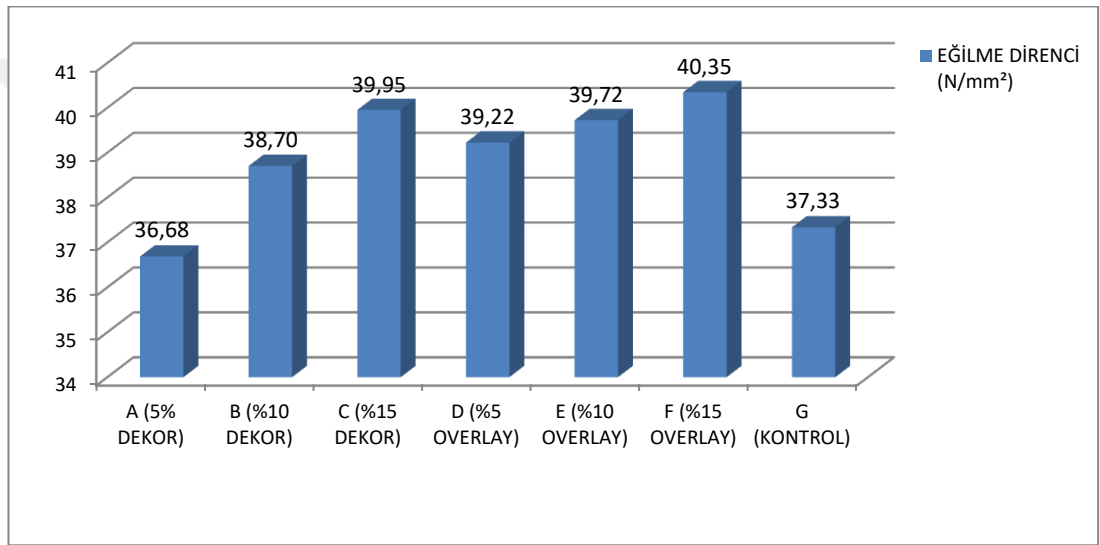
Eğilme Direnci		Kareler Toplamı	S.D. (df)	Ortalama Kareler	Oran (F)	Önem Düzeyi (Sig.)
	Gruplar; Dekor, Overley, Kontrol (X)	8,624	1	8,624	1,52	0,226
	Gruplar; %5,%10,%15 (Y)	29,874	2	14,937	2,632	0,86
	X*Y	11,203	2	5,601	0,987	0,383
	Hata	198,637	35	5,675		
	Toplam	63183,12	42			

Deneme levhaları arasında yapılan varyans analizine göre %5 yanılma olasılığı ile levhalar arasında fark önemli görülmemiştir.

Tablo 4.10. Atık kağıt ilaveli deneme levhalarının eğilme direnci duncan testi

KAYNAKLAR	N	Alt küme değeri = 0.05	
		1	2
K	6	37,33	
5%	12	37,9533	37,9533
10%	12	38,7033	38,7033
15%	12		40,1483

Yapılan duncan testine göre %5 hata payı ile gruplar arasındaki fark önemli bulunmamıştır.



Grafik 4.5. Deneme levhalarına ait eğilme direnci grafiği (N/mm<sup>2</sup>)

Grafik incelendiğinde en düşük eğilme direnci değeri %5 dekor kâğıdı ilaveli levhada elde edilmiştir. En yüksek ise %15 overley ilaveli levhada tespit edilmiştir. Kontrol levhasına göre %39,33 artış gözlenmiştir.

Candan (2011), çalışmasında lif boyu arttıkça levhanın eğilme direnci yükselmekte, lif boyu kısa olduğunda ise eğilme direnci daha düşük değerler vermektedir. Çünkü uzun liflerden oluşan taslakta lifler arasındaki temas daha fazla olduğundan dolayı bu taslaktan elde edilecek levhanın eğilme direnci de yükselmektedir.

Akbulut (1995), yaptığı çalışmada, yonga levhada ortalama taslak rutubetinin %10 (yüzey tabakaları: %11; orta tabaka: %9,5)'dan %12,7 (yüzey tabakaları: %15,5; orta

tabaka: %11,4)'ye ve %15 (yüzey tabakaları: %20; orta tabaka: %13)'e doğru yükselmesi ile eğilme direncinin arttığını tespit etmiştir. Rutubet artışı ile yongaların daha iyi sıkışması ve plastikleşmesi sonucu daha boşluksuz bir yapı elde dilmesiyle açıklanabilir.

#### 4.2.2. Elastikiyet Modülü

Deneme levhalarının elastikiyet modülüne ait değerler Tablo 4.11.'da gösterilmiştir.

Tablo 4.11. Deneme levhalarına ait elastikiyet modülü değerleri(N/mm<sup>2</sup>)

DENEME LEVHALARI	ELASTİKİYET MODÜLÜ(N/mm <sup>2</sup> )	STANDART SAPMA	MİN.	MAX.
A (5% DEKOR)	3586,13	234,72	3112,16	3824,86
B (%10 DEKOR)	3711,63	276,47	3419,94	4085,15
C (%15 DEKOR)	3779,33	213,31	3510,73	4049,00
D (%5 OVERLAY)	3640,37	234,45	3338,11	4027,67
E (%10 OVERLAY)	3650,87	149,97	3363,22	3755,72
F (%15 OVERLAY)	3979,68	208,93	3709,33	4292,26
G (KONTROL)	3468,74	186,40	3272,43	3842,45

Deneme levhalarının elastikiyet modülü değerlerini incelediğimizde en yüksek elastikiyet F grubu levhalarda elde edildiği görülmektedir. En düşük elastikiyet ise G grubu levhalarda gözlemlenmiştir. Emprenyeli atık kâğıt ilaveli deneme levhalarına ait istatistiki veriler hesaplanmıştır. Atık kâğıt ilaveli deneme levhalarına ait gruplar arasında kullanım miktarlarının etkisinin olup olmadığını belirlemek amacıyla varyans analizi tablo 4.11. ve duncan testleri tablo 4.12. ile gösterilmiştir.

Tablo 4.12. Atık kâğıt ilaveli levhalarının elastikiyet modülü değerleri varyans analizi

Eğilme Dayanımı		Kareler Toplamı	S.D. (df)	Ortalama Kareler	Oran (F)	Önem Düzeyi (Sig.)
	Gruplar; Dekor, Ovarley, Kontrol (X)	138374,08	1	138374,08	2,504	0,123
	Gruplar; %5,%10,%15 (Y)	633800,86	2	316900,43	5,735	0,07
	X*Y	70423,723	2	35211,862	0,637	0,535
	Hata	1934162,9	35	55261,799		
	Toplam	576844872,7	42			

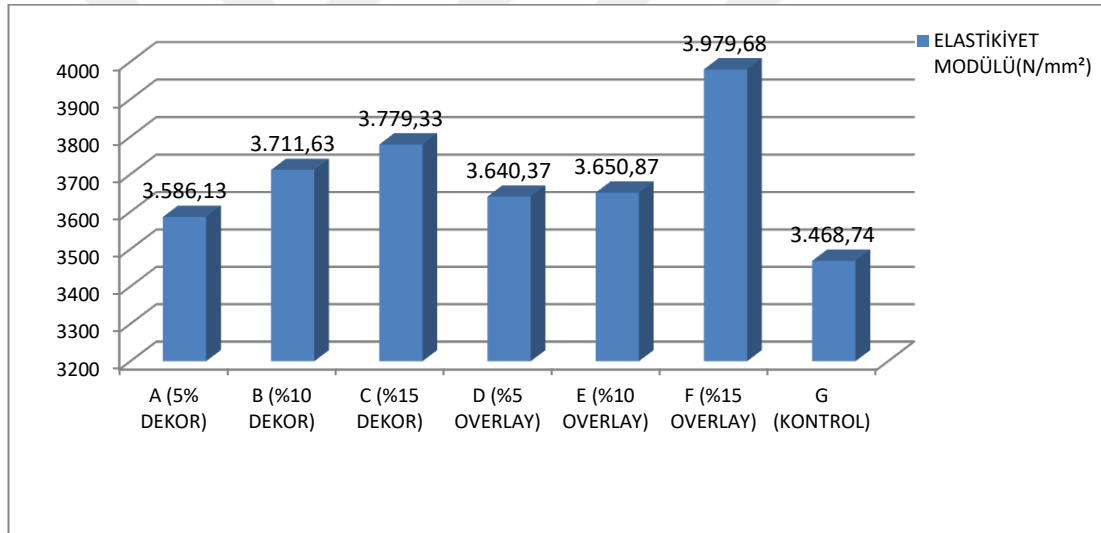


Atık kâğıt ilaveli deneme levhaları arasında yapılan varyans analizine göre %5 yanılma olasılığı ile levhalar arasında fark önemli görülmemiştir.

Tablo 4.13. Atık kâğıt ilaveli deneme levhalarının elastikiyet modülü duncan testi

KAYNAKLAR	N	Alt küme değeri = 0.05	
		1	2
5%	12	3554,5533	
K	6	3586,1317	
10%	12	3711,635	3711,635
15%	12		3879,5067

Yapılan duncan testine göre %5 hata payı ile gruplar arasındaki değişim tabloda gösterilmiştir.



Grafik 4.6. Deneme levhalarına ait elastikiyet modülü grafiği (N/mm<sup>2</sup>)

Grafik incelendiğinde kontrol levhasına göre en büyük artış %15 overley katkılı levhada tespit edilmiştir. Elastikiyet, katı bir maddede düşük gerilmelerde meydana gelen deformasyonların yük kaldırıldıktan sonra tekrar tamamen elde edilmesiyle tanımlanmaktadır.

Candan (2007), ağaç türüne ait pH değeri levhanın elastikiyet modülü üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. pH değerinin düşük yani asiditesinin yüksek olan ağaç türlerinden elde edilecek levha taslağı tutkallama sonrası sıcak prese daha girmeden özellikle yüzey tabakalarında ön sertleşme olabilir. Tutkal tam olarak yapışma

mukavemetini sağlamayabilir. Bundan üretilecek levhanın yapısı daha gevşek olacak ve elastikiyet modülü ile beraber diğer mekanik özellikleri de düşük değerler verecektir. Yoğunlukları düşük ve lif yapısı da uzun olduğundan dolayı iğne yapraklı ağaç türleri, MDF ve diğer ahşap kompozit levhaların üretiminde yapraklı ağaç türlerine tercih edilmelidir. Eğer kullanılan türler yapraklı ise kayın ağaç türü meşeye tercih edilmeli veya karışımdaki kayın oranı yüksek tutulmalıdır. Ağaç türünün pH değeri ise 4–5 civarında olmalıdır. Eğer pH, bu değerden düşük ise sertleştirici miktarı düşürülerek jell süresi uzatılmalıdır.

Wong vd. (1999), ortalama levha yoğunluğunun artmasıyla elastikiyet modülünün artacağını, azalmasıyla da elastikiyet modülünün düşeceğini tespit etmişlerdir. Ayrıca yüksek ortalama yoğunluğa sahip levhalarda tepe yoğunluğu ve orta tabaka yoğunluğu arasındaki fark fazla ise elastikiyet modülünün artacağı belirtilmiştir.

#### 4.2.3. Çekme Dayanımı

Deneme levhalarının çekme dayanımına ait değerler Tablo 4.14.'de gösterilmiştir.

Tablo 4.14. Deneme levhalarına ait ortalama çekme dayanımı değerleri(N/mm<sup>2</sup>)

DENEME LEVHALARI	ÇEKME DİRENCİ (N/mm <sup>2</sup> )	STANDART SAPMA	MİN.	MAX.
A (5% DEKOR)	1,29	0,11	1,17	1,53
B (%10 DEKOR)	1,31	0,09	1,21	1,41
C (%15 DEKOR)	1,37	0,04	1,30	1,43
D (%5 OVERLAY)	1,31	0,04	1,25	1,36
E (%10 OVERLAY)	1,32	0,04	1,28	1,40
F (%15 OVERLAY)	1,44	0,12	1,24	1,65
G (KONTROL)	1,17	0,05	1,09	1,25

Deneme levhalarının çekme dayanımı değerlerini incelediğimizde en yüksek çekme F grubu levhalarda elde edildiği görülmektedir. En düşük çekme ise G grubu levhalarda gözlemlenmiştir. Emprenyeli atık kâğıdı ilaveli deneme levhalarına ait istatistiki veriler hesaplanmıştır. Atık kâğıt ilaveli deneme levhalarına ait gruplar arasında kullanım miktarlarının etkisinin olup olmadığını belirlemek amacıyla varyans analizi tablo 4.14. ve duncan testleri tablo 4.15. ile gösterilmiştir.

Tablo 4.15. Atık kâğıt ilaveli levhalarının çekme dayanımı değerleri için varyans analizi

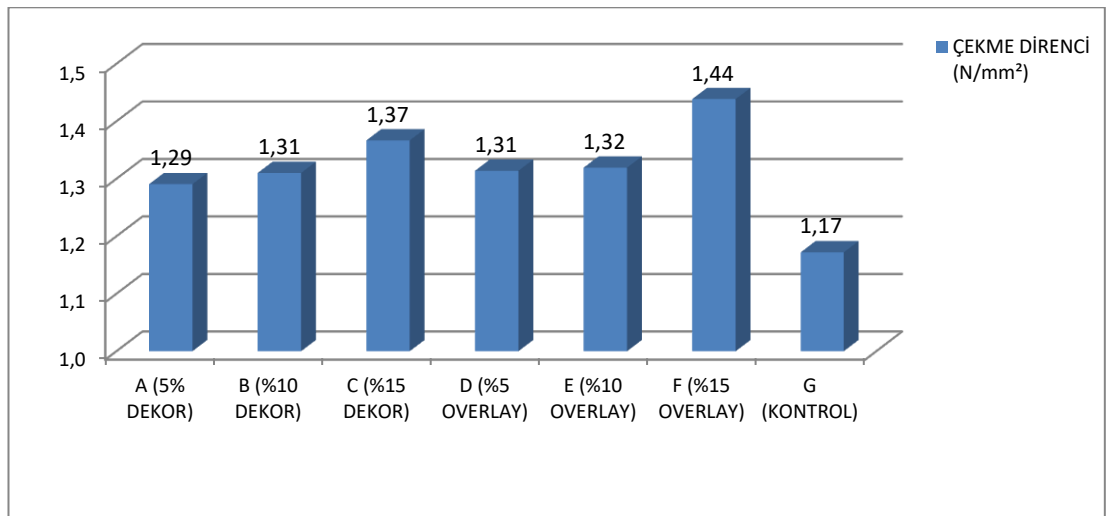
Çekme Dayanımı		Kareler Toplamı	S.D. (df)	Ortalama Kareler	Oran (F)	Önem Düzeyi (Sig.)
	Gruplar; Dekor, Overley, Kontrol (X)	0,004	1	0,004	0,696	0,41
	Gruplar; %5,%10,%15 (Y)	0,008	2	0,41	6,783	0,03
	X*Y	0,213	2	0,004	0,696	0,506
	Hata	72,576	35	0,006		
	Toplam	0,421	42			

Deneme levhaları arasında yapılan varyans analizine göre %5 yanılma olasılığı ile levhalar arasında fark önemli görülmüştür.

Tablo 4.16. Atık kâğıt ilaveli deneme levhalarının çekme dayanımı duncan testi

KAYNAKLAR	N	Alt küme değeri = 0.05		
		1	2	3
Kontrol	6	1,1833		
10%	12		1,2917	
5%	12		1,305	
15%	12			1,3992

Yapılan duncan testine göre %5 hata payı ile gruplar arasındaki fark önemli bulunmuştur.



Grafik 4.7. Deneme levhalarına ait çekme direnci grafiği (N/mm<sup>2</sup>)

Grafik incelendiğinde kontrol levhası F 1,17 N/mm<sup>2</sup> ile çekme direncinde en düşük değer çıkarken 1.44 N/mm<sup>2</sup> ile E levhası en yüksek çıkmıştır ve %23 artış görülmüştür. Yani atık emprenyeli kâğıt miktarı arttıkça çekme dirençlerinde doğru orantılı olarak artış gözlenmiştir. Bu artışın en yüksek olarak F levhasında gözlenmesi şaşırtıcı değildir. Yüksek melamin formaldehit reçine içeriğine sahip olan ovarley kâğıdı hem tutkal oranını artırmakta hem de melamin reçinesinin dallanmış bağ yapısı sayesinde güçlü bağlar oluşturmaktadır.

Ayrılmış (2012), tarafından yapılan çalışmada düşük yoğunluklu MDF üretiminde kontrol levhasında ölçülen 0,40 N/mm<sup>2</sup> çekme direnci %20 emprenyeli ovarley kâğıdı ilave edildiğinde 0,61 olarak ölçülmüş ve %52 artış gözlemlenmiştir. Aynı oranda dekor kâğıdı ilave edildiğinde ise değer 0,54 N/mm<sup>2</sup> olarak ölçülmüş ve artış %35 olarak gerçekleşmiştir.

Alpar ve Winkler (2006), tarafından yapılan çalışmada yongalevha içerisine ilave edilen %20 atık emprenyeli dekor kâğıdında çekme değeri kontrol levhasına göre %34 artış olduğunu belirtmiştir. Yine aynı çalışmada üre formaldehit tutkalı hiç kullanmadan sadece %20 oranında dekor kâğıdı ilavesi ile yongalevha üretiminin gerçekleştirilebileceği bildirilmiştir.

Xu ve Winistorfer (1995), yaptıkları araştırmada tutkalın ön sertleşmesi, tutkalın odun partikülleri üzerinde dağılımı, lif-partikül boyutları ve serme işlemi levhanın dik çekme direnci üzerinde etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Akbulut (1995), tarafından yapılan çalışmada, yonga levhada tutkal miktarının artmasıyla çekme direncinin arttığını tespit etmiştir.

Wong vd. (1999), kompozit levha üretiminde taslak üzerindeki sıkıştırma oranı arttıkça partiküller arasında temas artacak ve böylece tutkalın boşluklarda değil de partiküllerin yüzeylerine yayılması sağlanacağı için yapışma mukavemeti daha iyi olacağını ve bunun da çekme direncini artıracığı belirtilmiştir. Ayrıca geleneksel dikey yoğunluk dağılımına sahip levhaların çekme direnci, homojen yoğunluk dağılımına sahip levhaların çekme direncinden daha düşük olacaktır.

### 4.3. Serbest Formaldehit Miktarı

Deneme levhalarına verilen %5-10-15 oranında emprenyeli dekor ve ovarley kâğıdı ilaveli basılmış levhalarda perfaratör yöntemiyle formaldehit miktarı ölçülmüştür. HDF levhalarında ölçülen formaldehit değerleri Tablo 4.32.'da verilmiştir. Verilere göre emprenyeli kâğıt miktarı arttıkça formaldehit miktarı da artmaktadır.

Tablo 4.17. Deneme levhalarına ait formaldehit miktarı değerleri(mg/100gr)

Denem Levhaları	Emprenyeli Atık Kâğıt İlavesi	Serbest Formaldehit Miktarı (MG/100GR)
A	%5 Dekor	9,42
B	%10 Dekor	9,78
C	%15 Dekor	10,64
D	%5 Ovarley	10,87
E	%10 Ovarley	11,63
F	%15 Ovarley	13,40
G	Kontrol	8,66

Deneme levhalarının serbest formaldehit değerlerini incelediğimizde en yüksek çekme F grubu levhalarda elde edildiği görülmektedir. En düşük değer ise G grubu levhalarda gözlemlenmiştir. Kontrol levhasına göre %15 ovarley ilaveli levhadaki serbest formaldehit miktarındaki artış %54 olarak tespit edilmiştir. Emprenyeli atık kâğıt ilaveli deneme levhalarına ait istatistiki veriler hesaplanmıştır. Atık kâğıt ilaveli deneme levhalarına ait gruplar arasında kullanım miktarlarının etkisinin olup olmadığını belirlemek amacıyla varyans analizi tablo 4.18. duncan testleri tablo 4.19. ve 4.20. ile gösterilmiştir.

Tablo 4.18. Atık kâğıt ilaveli levhalarının serbest formaldehit değerleri için varyans analizi

Serbest Formaldehit		Kareler Toplamı	S.D. (df)	Ortalama Kareler	Oran (F)	Önem Düzeyi (Sig.)
	Gruplar; Dekor, Ovarley, Kontrol (X)	36,703	1	36,703	4023,026	0
	Gruplar; %5,%10,%15 (Y)	22,319	2	11,159	1223,18	0
	X*Y	2,693	2	1,346	147,579	0
	Hata	0,319	35	0,009		
	Toplam	4832,66	42			

Deneme levhaları arasında yapılan varyans analizine göre %5 yanılma olasılığı ile levhalar arasında fark önemli görülmüştür.

Tablo 4.19. Atık kâğıt ilaveli deneme levhalarının serbest formaldehit duncan testi

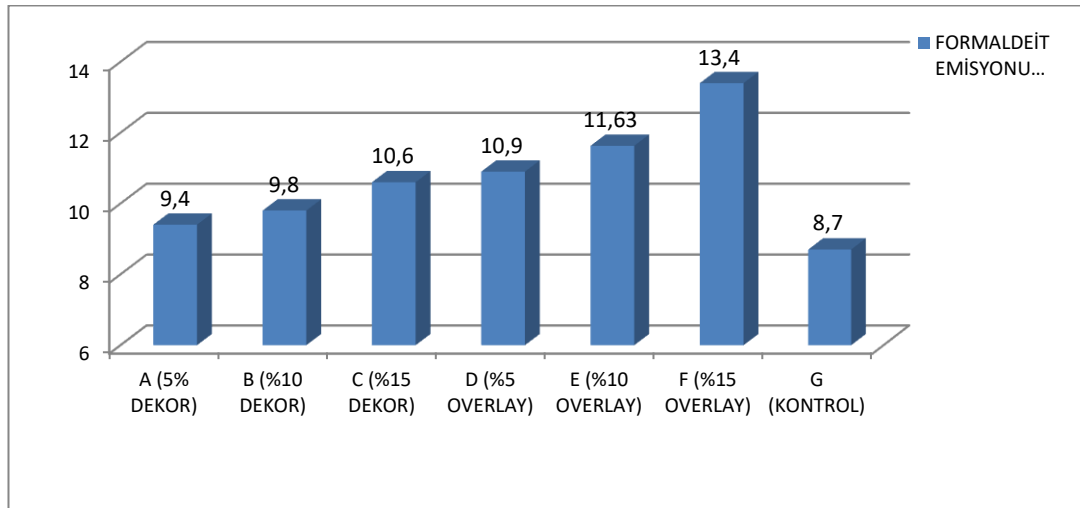
KAYNAKLAR	N	Alt küme değeri = 0.05		
		1	2	3
Kontrol	6	8,66		
Dekor	18		9,9456	
Ovarley	18			11,965

Tablo 4.20. Atık kâğıt ilaveli deneme levhalarının serbest formaldehit duncan testi

KAYNAKLAR	N	Alt küme değeri = 0.05			
		1	2	3	4
Kontrol	6	8,66			
5%	12		10,1425		
10%	12			10,7025	
15%	12				12,0208

Yapılan duncan testine göre %5 hata payı ile gruplar arasındaki fark önemli bulunmuştur.

Deneme levhalarına ait formaldehit miktarlarını gösteren değerler Grafik 4.8. ile gösterilmiştir.



Grafik 4.8. Deneme levhalarına ait serbest formaldehit miktarı değerleri(mg/100gr)

Grafik incelendiğinde 8,7 mg/100gr değerini veren kontrol levhası en düşük gelirken 13,4 mg/100gr değerini veren %15 emprenyeli ovarley kâğıdı ilaveli E numunesi en yüksek ölçülmüştür. Burada ovarley kâğıdı emprenyesinde kullanılan melamin reçinesinin mol oranının yüksek olması ve reçine miktarının da diğer kâğıtlara yüksek olmasının büyük etkisi bulunmaktadır.

Alpar ve Winkler (2006), çalışmalarında atık emprenyeli kâğıt ilave edilmemiş kontrol numunesinde serbest formaldehit miktarı 2,62 mg/100gr gelirken %20 emprenyeli dekor kâğıdı ilave edilmiş test numunesinde ise 5,23 mg/100gr her iki değerinde standartlar içerisinde olsa da yaklaşık %100 artış göstermiştir.



## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada; laminat parke üretimi için üretilen yüksek yoğunluklu liflevha içerisine tam kuru ağırlık üzerinden %5, %10, %15 emprenyeli atık Dekor kâğıdı ve %5, %15 emprenyeli atık ovarley kâğıdı eklenerek, bertaraf edilmesi çok zor olan atık emprenyeli kâğıtların geri dönüşümünü sağlamak, bir yandan da elde edilen levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerindeki etkileri incelenmiştir.

Üretilen levhaların rutubet değerleri %6,8 ile %7,5 arasında değişmektedir. TS EN 322 standartlarında değerler %4-11 arasında olmalıdır. Bulunan değerler bu aralık içerisinde.

İstenilen yoğunluk değeri 860-870 kg/m<sup>3</sup> olarak hedeflenmiştir. Bulunan değerler 860-870 kg/m<sup>3</sup> aralığındadır. TS EN 323 yoğunluk farkı kriterleri içerisinde.

Kalınlık artımı (şişme) 2 saat testlerinde en yüksek %5,70 ile F grubu levhalarda gözlenmiştir. En düşük ise %5,34 ile C grubu levhalarda gözlenmiştir. Burada deneme levhaları içerisine eklenen atık emprenyeli kâğıt oranı arttıkça kalınlık artışlarında ciddi düşüş gözlenmektedir. Ayrıca aynı oranda atık emprenyeli kâğıt kullanılan levhalar karşılaştırıldığında, %100 melamin reçinesi ile emprenye edilen ovarley kâğıtların ilave edildiği deneme levhalarında kalınlığına şişme miktarı daha düşük çıkması beklenirken %15 ilaveli dekor kâğıdında çıkmıştır. Bu durum ovarley kâğıdı içerisindeki Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> miktarı ile açıklanabilir.

Kalınlık artımı 24 saat için baktığımızda yine 2 saat bekletme ile aynı tablo karşımıza çıkmakta en yüksek %12,36 ile F grubu levhalarda gözlenmiştir. En düşük ise %11,31 ile E ve %11,57 ile D grubu levhalarda gözlenmiştir.

Eğilme direnci en yüksek 40,35 N/mm<sup>2</sup> ile E grubu levhalara aittir. En düşük olarak 36,68 N/mm<sup>2</sup> ile A grubu levhalarda ölçülmüştür. Daha sonra ise az bir fark ile 37,33 N/mm<sup>2</sup> ile F grubu levhaları takip etmektedir. Genel itibariyle levha yoğunluğu arttıkça eğilme direnci de artmaktadır. Deneme levhalarında ki eklenen atık emprenyeli kâğıt ilave oranı arttıkça gözle görünür bir artış meydana gelmiştir.



Levha içerisine eklenen atık kâğıt içerisindeki melamin formaldehit reçinesinin olumlu katkısı olduğu gözlenmiştir.

Elastikiyet modülü eğilme direncine paralel bir değişim göstermiş ve en yüksek değer 3979 N/mm<sup>2</sup> ile E grubu levhalara aittir. En düşük ise 3468,74 N/mm<sup>2</sup> ile F grubu levhalara aittir.

Formaldehit salınımı 13,4 mg/100 gr ile en yüksek E grubu levhalarda en düşük ise 8,7 13,4 mg/100 gr ile F grubu levhalarda tespit edilmiştir. Atık emprenyeli kâğıt miktarı arttıkça formaldehit salınımında artış gözlenmiştir. Bu kâğıt emprenyesinde kullanılan reçinenin formaldehit oranının yüksek olması ile açıklanabilir. Formaldehit içeriğinin yüksek bulunması emprenyeli atık kâğıt ilaveli üretilen levhaların açık alanlarda kullanılmasının daha doğru olacağını göstermektedir.

Bütün bu test sonuçları incelendiğinde, yüksek yoğunluklu liflevha üretiminde belli oranlarda levha içerisine atık emprenyeli kâğıt kullanılması kademeli ve doğru orantılı olarak levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerini olumlu yönde iyileştirmektedir. Bu iyileşmeler sonucunda levha üretiminde belli oranlarda ilave edilerek reçine tüketiminde azalma yönünde kullanım da söz konusudur. Diğer yandan yüzeyde kalan ve ısıya maruz kalan kâğıtların kürleşmesi koyu renkli lekeler oluşturması laminasyon dışı üretimlerde sakıncalar oluşturabilir. Süpürgelik, laminat parke ve benzeri yüzeyi kaplanacak levhalarda ve yongalevha üretiminde orta tabaka içerisinde kullanılması çok daha kolaydır.

Yanması zor olan ve kül miktarı çok yüksek olan atık emprenyeli kâğıdın bir yandan geri dönüşümünün sağlanması bir yandan da levhanın özelliklerinde olumlu sonuçlara yol açması sevindiricidir.

## KAYNAKLAR

- Akbulut, T. (1995). Çeşitli faktörlerin yatay preslenmiş yongalevhaların özellikleri üzerine etkisi. Doktora tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Akbulut, T. Ve Ayrılmış, N. (2001). MDF üretiminde dikkat edilmesi gereken hususlar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, (51).
- Akgül, M., Çamlıbel, O., Gedik, T. (2013). Türkiye ve Dünyadaki MDF Endüstrisine Genel Bir Bakış, *Ormanlık Dergisi* 9(2) (2013) 117-125
- Aksu, S. (2009). Dekor kâğıdı ve reçine tipinin Yongalevhaların fiziksel-mekanik ve yüzey kalitesine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, *Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Bartın.
- Alpar, T., & Winkler, A. (2006). *Recycling of Impregnated Décor Paper in Particleboard*. Institute of Wood and Paper Technology, University of West Hungary, Sopron, Hungary, Vol. 2 (2006) 113-116.
- Ateş, S., Akça, M., Külçe, T., Kabaca, Ö., İlhan, E., Karaoğlan, Z., Kaya, M., ve Olgun, Ç. (2014). Çeşitli atık kâğıtların MDF üretim sürecinde hammadde olarak değerlendirilmesi. II. *Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu*. Isparta.
- Ayrılmış, N. (2012). Enhancement of dimensional stability and mechanical properties of Light MDF by adding melamine resin impregnated paper waste. *International Journal of Adhesion and Adhesives* 33, 45-49.
- Çelik, U. (2017). Peynir altı sularının MDF üretiminde tutkal katkı maddesi olarak değerlendirme imkânlarının araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, *Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Kastamonu.
- Güller, B. (2001). Odun Kompozitleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, (2), 135-160
- Boran, S. (2010). MDF üretiminde kullanılan üre formaldehit tutkalına farklı kimyasallar ilave edilerek serbest formaldehit içeriğinin azaltılması. Doktora Tezi, *Düzce Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü*. Düzce.
- Candan, Z. (2007). Bazı Üretim Değişkenlerinin MDF'nin Dikey Yoğunluk Profili Ve Teknolojik Özellikleri Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, *İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı*, İstanbul.

- Çamlıbel, O. (2012). MDF üretiminde inorganik dolgu maddelerinden kaya tuzu, kalsit, boraks pentahidrat ve talk minerallerinin kullanılabilme olanaklarının araştırılması. Doktora Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Trabzon.
- Çavdar, A., Yel, H., Kalaycıoğlu, H., ve Hızıroğlu, S. (2013). Effect of waste melamine impregnated paper properties of oriented strand board. *Materials and Design*, 51, 751-755.
- Eroğlu, H. ve Usta, M. (2000) Liflevha üretim teknolojisi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi*, Genel Yayın No:200, Orman Fakültesi Yayın No:30, Trabzon.
- Fur, X.L., Galhac, M., Zanetti, M., & Pizzi, A. (2004). Recycling melamine-impregnated paper waste as board adhesives. *Holz Roh werkst*, 62:419-423. doi:10.1007/s00107-004-0519-5.
- Güler, C. (2001). Pamuk saplarından yonga levha üretimi olanaklarının araştırılması. Doktora Tezi, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Bartın.
- HUŞ, S. (1969). *Orman Mahsülleri Kimyası*, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No. 150, İstanbul: Kutulmuş Matbaası 195 s.
- Kara, E. (2011). Tutkal miktarı ve levha yoğunluğunun MDF'nin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, *K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı*, Kastamonu.
- Kızılkaya, A. (2017). Liflevhaların direnç özellikleri üzerinde nanopartikül kullanımının etkilerinin araştırılması. Yüksek Lisans Dönem Projesi, *Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Bartın.
- Koç, E. (2002). MDF'de profilli yüzeylerin kaplanmasında bazı faktörlerin görünüm Özelliklerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. İstanbul.
- Migneault, S., & Koubaa, A., Nadji, H., Riedl, B., Zhang, S.Y., & Deng, J. (2010). MDF produced using pulp and paper sludge from different pulping processes. *Wood and fiber Science*, 42(3), pp. 292-303
- MDF year book, 2012/10
- Nemli, G. (2003). Sentetik Laminat Endüstrisi. *KTÜ Orman Fakültesi Yayınları. Ders teksirleri Serisi*. No: 71 Trabzon. 101 s.
- Silva, D.A.P.L., Varanda, L.D., Christoforo, A.L., & Lahr, F.A.R. (2012). Addition of impregnated paper residue to produce MDP wood panel: example of solid waste recycling. *International journal of materials engineering* 2(6): 75-79. doi: 10.5923/j.ijme.20120206.01.

- Suchsland, O., & Woodson, G. E. (1987). Fiberboard manufacturing practices in the United States, USDA *Forest Service, Agriculture Handbook*.
- Xu, W., Winstorfer, P.M. (1995). Layer thickness swell and layer internal bond of medium density fiberboard and oriented strandboard, *Forest products journal*, 45 (10), 67 – 71.
- Wong, E.D., Zhang, M., Wang, Q., & Kawai, S. (1999). Formation of the density profile and its effects on the properties of particleboard, *Wood science and technology*, 33, 327 – 340.
- Wong, E.D., Zhang, M., Wang, Q., & Kawai, S. (2000). Formation of the density profile and its effects on the properties of fiberboard, *Journal of wood science*, 46, 202 – 209.
- Yıldırım, İ., Alevli C. Ve Akyüz, C. K., (2016). Odun esaslı levha sektörünün dış ticaret analizi ve tahmini. *Kastamonu Üniversitesi. Orman Fakültesi Dergisi*, 16 (2): 370-382
- Yüksek, A. K. (2017). Nişasta katkı maddesinin MDF üretiminde kullanım imkânlarının araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Düzce.
- TS 3635 EN 316, (1993). Odun liflevhalar tarifler, sınıflandırma ve semboller, TSE, Ankara.
- TS EN 310, (1999). Ahşap esaslı levhalar eğilme dayanımı ve eğilme elastikiyet modulünün Tayini. TSE, Ankara.
- TS EN 317, (1999). Yonga Levhalar ve Liflevhalar – Su içerisinde Daldırma işleminden Sonra Kalınlığına Şişme Tayini, TSE, Ankara.
- TS EN 325, (1999). Ahşap Esaslı Levhalar-Deney Numunelerinin Boyutlarının Tayini. TSE, Ankara.
- TS EN 326-1, (1999). Ahşap Esaslı Levhalar-Numune Alma Kesme ve Muayene Bölüm 1. Deney Numunelerinin Seçimi, kesimi ve Deney Sonuçlarının Gösterilmesi
- TS 1351, (1974). Liflevha üretiminde kullanılacak lif-yonga odunu boyutları, Ankara.
- TS 4894 EN 120. Ahşap esaslı levhalar-Formaldehit miktarının tayini-Ekstraksiyon metodu ile ayırma.
- TS EN 319, (1999). Yonga ve liflevhalar-levha yüzeyine dik çekme dayanımının tayini

URL-1.Türkiye ve dünyada ağaç bazlı levha sektörü 04.06.2018 tarihinde <http://www.mobilyadergisi.com.tr/haber/turkiye-ve-dunyada-agac-bazli-levha-sektoru> adresinden alınmıştır.

URL-2.MDF üretim teknolojisi 04.06.2018 tarihinde [http://www.uptaegypt.com/MDF Technical Data.aspx](http://www.uptaegypt.com/MDF_Technical_Data.aspx) adresinden alınmıştır.

URL-3.MDF malzemesinin incelenmesi 04.06.2018 tarihinde <http://www.mobdek.8m.net/MDFuretimi.htm> adresinden alınmıştır.

URL-4.MDF Forming Machines 04.06.2018 tarihinde <http://www.siempekkamp.com.br/en/products/MDF-forming-machines> adresinden alınmıştır.

URL-5.China raised its share of decor paper production in 2013. Wood Product and Panels. 04.06.2018 tarihinde <http://www.euwid-wood-products.com/news/surfaces/single/Artikel/china-raised-its-share-of-decor-paper-production-again-in-2013.html> adresinden alınmıştır.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Nazif Özgen KUTLUATA  
Doğum Yeri ve Yılı : Pazar, 02.09.1982  
Medeni Hali : Evli  
Yabancı Dili : İngilizce  
E-posta : Okutluata@keas.com.tr



### Eğitim Durumu

Lise : Fındıklı Lisesi  
Lisans : KTÜ, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü  
Yüksek Lisans : Kastamonu Üniversitesi, Orman Endüstri Mühendisliği Ana  
Bilim Dalı

### Mesleki Deneyim

İş Yeri : Yıldırım Werzalit 2007-2008  
İş Yeri : Kastamonu Entegre Ağaç San. Tic. A.Ş. 2008-Devam ediyor.