

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

**FARKLI TUTKALLARLA ÜRETİLEN OSB'NİN FİZİKSEL
VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Yasin KOÇ

**Danışman
Jüri Üyesi
Jüri Üyesi**

**Yrd. Doç. Dr. Mahmut GÜR
Yrd. Doç. Dr. Hacı İsmail KESİK
Yrd. Doç. Dr. Serkan DEMİR**

**YÜKSEK LİSANS
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

KASTAMONU 2016

TEZ ONAYI

Yasin KOÇ tarafından hazırlanan “**Farklı Tutkullarla Üretilen OSB’nin Fiziksel Ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde savunulmuş ve **oy birliği / oy çokluğu** ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Orman Endüstrisi Mühendisliği Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS** tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman

Yrd. Doç. Dr. Mahmut GÜR
Kastamonu Üniversitesi



Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. Hacı İsmail KESİK
Kastamonu Üniversitesi



Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. Serkan DEMİR
Giresun Üniversitesi



03/06/2016

Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ



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.



Yasin KOÇ

ÖZET

Yüksek Lisans

FARKLI TUTKALLARLA ÜRETİLENİN FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Yasin KOÇ
Kastamonu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Endüstrisi Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Mahmut GÜR

Bu çalışmada farklı tutkal ve karışımları kullanılarak laboratuvar şartlarında üretilen yönlendirilmiş yonga levhaların (OSB) fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Levhalar, %80 Karaçam (*Pinus nigra* A.), %20 Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) karışımı odun hammaddesine üre formaldehit (ÜF), melamin-üre formaldehit (MÜF) ve polimerik difenilmetan diizosiyonat (P-MDI) tutkalları ilave edilerek üretilmiştir. Buna ek olarak OSB levhalarının orta tabakasında %5 ve %10 oranında P-MDI tutkalı katkılı ÜF ve MÜF tutkalları kullanılarak levha özelliklerinde meydana gelen değişimler incelenmiştir.

Üretilen OSB'lerin yoğunluk, şişme ve formaldehit miktarı gibi fiziksel özellikleri ve mekanik özelliklerinden eğilme ve çekme direnci değerleri tespit edilmiştir. Buna ek olarak üretilen levhalar *Coniophera puteana* ve *Trametes versicolor* mantarlarına karşı çürüme dayanımları test edilmiş, deney sonuçları istatistiksel olarak analiz edilmiştir.

Elde edilen sonuçlar, P-MDI tutkalı ile üretilen OSB'lerin minimum şişme oranına sahip olduğu tespit edilmiştir. Orta tabakada ÜF ve MÜF tutkalına %5 ve %10 P-MDI tutkalı ilavesi, şişme oranı ve yüzeye dik yönde çekme direncini olumsuz etkilemiş olup, boyuna ve enine eğilme dirençlerinde ise anlamlı bir fark oluşturmamıştır. Ayrıca orta tabakada %5 PMDI tutkalı kullanımının formaldehit emisyonunu düşük oranda azalttığı, %10 oranında PMDI tutkalı ile ÜF tutkalı kullanımında ise formadehit emisyonunun belirgin oranda azaldığı tespit edilmiştir. Çürüklük testleri sonucu minimum ağırlık kaybı orta tabakada %5 PMDI tutkalı ilave edilen MÜF ve ÜF tutkalları kullanılarak üretilen levhalarda elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yönlendirilmiş yonga levha (OSB), çürüme direnci, sentetik tutkallar

2016, 55 sayfa

Bilim kodu: 1204

ABSTRACT

MSc. Thesis

DETERMINATION OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF OSB PRODUCED WITH DIFFERENT ADHESIVES

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

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Mahmut GÜR

The main purpose of the thesis was to investigate influence of different adhesives and their mixtures on physical and mechanical properties of OSB panels manufactured in laboratory scale. OSB boards were produced using 80% Black pine (*Pinus nigra* A.) and 20% Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) with following adhesives: urea formaldehyde (UF), melamin urea formaldehyde (MUF) and polymeres diphenylmethandiisocyanat (PMDI). In order to increase performance and reduce formaldehyde emission 5% and 10% PMDI was added to UF and MUF resins. The mixture was used in core layer of OSB panels.

Density, thickness swelling, formaldehyde content, bending and internal bond strength were determined. In addition two different brown-rot fungies *Coniophera puteana* and *Trametes versicolor* were inoculated to samples and decay resistance test was made. Statistical analysis of results was performed.

According to the results boards made with PMDI showed the best thickness swelling values. However addition of PMDI to UF and MUF adhesives in core layer had negative influence on both swelling thickness and internal bond strength values. Significant difference in lengthwise bending strength values between resins was not observed.

The study showed that 5% addition of PMDI to core layer partially decreased formaldehyde emission. At the same time 10% addition of PMDI to UF resin caused a prominent decrease. In decay resistance test the best results were obtained for samples made with mixture of MUF and UF with 5% PMDI.

Key Words: Oriented strand board (OSB), decay resistance, synthetic adhesives

2016, 55 pages

Science Code: 1204

ÖNSÖZ

Farklı Tutkallar İle Üretilen OSB'nin Fiziksel Ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi" isimli bu çalışma, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği bölümünde yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Tezin hazırlanması ve ders aşamasında her türlü yardım ve desteğini gördüğüm danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Mahmut Gür'e katkılarından dolayı sonsuz teşekkür ederim. Bu tezin hazırlanması ve laboratuvar çalışmaları sırasında yardımını gördüğüm Yrd. Doç. Dr. Oytun Emre Sakıcı, Yrd. Doç. Dr. Hacı İsmail Kesik ve Arş. Gör. Orçun Çağlar Kurtuluş'a teşekkür ederim.

Karadeniz Teknik Üniversitesi'nden bana destek sağlayan Arş. Gör. Emir Erişir ve Arş. Gör. Sefa Durmaz'a, Tez süresince çalışmalarımı destekleyerek bu tezin oluşmasında katkılarını esirgemeyen SFC ENTEGRE ORMAN ÜRÜNLERİ AŞ'ye, değerli yöneticilerine ve mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Son olarak tanıştığımız günden itibaren yanımda olup benden desteğini hiçbir zaman esirgemeyen eşim Paulina Koç'a, dünyaya geldiği günden itibaren hayatımın daha güzel olmasını sağlayan kızım Esmâ Eylül Koç'a, her zaman beni destekleyen abim ve meslektaşım Basri Oktay Koç'a, dürüstlüğü ve çalışkanlığı ile bana örnek olan babam Salih Koç'a ve Annem Sevdal Koç'a teşekkür ederim.

Yasin KOÇ

Kastamonu, Haziran, 2016

Yüksek Lisans

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	IV
ABSTRACT.....	V
ÖNSÖZ	VI
İÇİNDEKİLER	VII
SİMGELER DİZİNİ.....	IX
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ	X
GRAFİKLER DİZİNİ.....	XI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XII
TABLolar DİZİNİ	XIII
1.GİRİŞ	1
2.GENEL KISIMLAR	2
2.1. OSB (Yönlendirilmiş Yonga Levha).....	2
2.1.1. Odun Özellikleri.....	2
2.1.2. Yonga Geometrisi	3
2.1.3. Yüzey ve Merkez Tabakalarının Yonga Oranı	4
2.1.4. Levha Yoğunluğunun Önemi	5
2.1.5. OSB Özelliklerini Etkileyen Faktörler	5
2.1.6. OSB'nin Üretimi ve Kullanım Alanları	5
2.2. Tutkal Çeşitleri.....	8
2.2.1. Doğal Tutkallar	9
2.2.1.1. Lignin.....	9
2.2.1.2. Tanen Tutkalı.....	11
2.2.2. Sentetik Tutkallar ve Kimyasal Maddeler.....	14
2.2.2.1. Üre Formaldehit Tutkalı (ÜF).....	15
2.2.2.2. Fenol Formaldehit Tutkalı.....	16
2.2.2.3. Melamin Formaldehit Tutkalı.....	18
2.2.2.4. Melamin-Üre Formaldehit Tutkalı	19
2.2.2.5. Rezorsin Formaldehit Tutkalı	20
2.2.2.6. İzosiyanat Tutkalı	20
2.2.3. Sertleştirici Maddeler	21
2.2.4. Su İtici Maddeler.....	22

3. MALZEME VE YÖNTEM.....	23
3.1. Malzeme	23
3.1.1. Kullanılan Ağaç Çeşitleri ve Özellikleri	23
3.1.2. Flake Talaşı	23
3.1.3. Levha üretiminde kullanılan kimyasal katkı maddeleri	23
3.1.4. Terazî.....	25
3.1.5. Tambur Blender.....	25
3.1.6. Enjektör Sistemi	25
3.1.7. Form Kalıpları	25
3.1.8. Hidrolik Pres	27
3.2. Deneysel Yöntemler	27
3.2.1. Deney Numunelerinin Hazırlanması.....	27
3.2.2. Üretilen OSB'lerin Testleri	29
3.2.2.1. Suda Kalınlığına Şişme (24 saat).....	29
3.2.2.2. Yüzeye Dik Yönde Çekme Direnci	30
3.2.2.3. Eğilme Direnci	31
3.2.2.4. Formaldehit Miktarının Tayini	33
3.2.2.5. Çürüme Direnci Testi.....	34
4. BULGULAR	35
4.1. Suda Kalınlığına Şişme Testi	35
4.2. Yüzeye Dik Yönde Çekme Direnci.....	36
4.3. Eğilme Direnci	37
5. TARTIŞMA	41
6. SONUÇ	47
7. KAYNAKLAR.....	49
ÖZGEÇMİŞ	52

SİMGELER DİZİNİ

OSB	Yönlendirilmiş Yonga Levha (Oriented Strand Board)
Spp	Taksonomide bir cinse ait tüm türleri ifade eden bir kısaltma.
UF	Üre Formaldehit
MF	Melamin Formaldehit
PF	Fenol Formaldehit
IARC	Uluslararası Kanser Araştırma Merkezi
MDI	Difenilmetan diizosiyonat
MUF	Melamin Üre Formaldehit
PAE	poliamidoamin-epiklorohidrin
MDF	Orta Yoğunluklu Lif levha
PVAc	Poli(vinil asetat)
rpm	Dakikadaki Devir Sayısı (Revolutions Per Minute)
F	İstatistik F testi

FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

	Sayfa
Fotoğraf 3.1. OSB üretiminde kullanılan blender	25
Fotoğraf 3.2. OSB üretiminde kullanılan kalıplar	26
Fotoğraf 3.3. Preslenmeye hazır haldeki form kalıbı	26
Fotoğraf 3.4. OSB üretiminde kullanılan hidrolik pres	27
Fotoğraf 3.5. Suda kalınlığına şişme testi numuneleri	30
Fotoğraf 3.6. Yüzeye dik yönde çekme direnci testi	31
Fotoğraf 3.7. Eğilme direnci testi	32



GRAFİKLER DİZİNİ

	Sayfa
Grafik 5.1. Suda kalınlığına şişme oranı	41
Grafik 5.2. Yüzeye dik yönde çekme direnci	42
Grafik 5.3. Enine yönde eğilme direnci	43
Grafik 5.4. Boyuna yönde eğilme direnci	44
Grafik 5.5. Formaldehit miktarı	45
Grafik 5.6. Ağırlık kayıp oranı	45



ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. OSB üretimi	6
Şekil 2.2. Ligninin kimyasal yapısı	10
Şekil 2.3. Yoğunlaştırılmış tanenin yapısı	12
Şekil 2.4. Formaldehit ile kateşin reaksiyonu	13
Şekil 2.5. Üre-formaldehit polimerizasyonu	15
Şekil 2.6. Fenol-formaldehit polimerizasyonu	17
Şekil 2.7. Melamin-formaldehit polimerizasyonu	18
Şekil 2.8. P-MDI tutkalının yapışma reaksiyonu	21



TABLULAR DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 3.1. Üretimde kullanılan tutkalların karakteristik özellikleri	24
Tablo 3.2. Üretimde kullanılan diğer kimyasalların karakteristik özellikleri	24
Tablo 3.3. Üretilen levhaların yüzey ve orta tabakalarında kullanılan tutkallar	29
Tablo 4.1. Suda kalınlığına şişme değerleri	35
Tablo 4.2. Suda kalınlığına şişme değerlerine ait istatistik verileri	35
Tablo 4.3. Yüzeye çık yönde çekme direnci değerleri	36
Tablo 4.4. Yüzeye dik yönde çekme direncine ait istatistik verileri	36
Tablo 4.5. Eğilme direnci değerleri	37
Tablo 4.6. Enine yönde eğilme direncine ait istatistik verileri	37
Tablo 4.7. Boyuna yönde eğilme direncine ait istatistik verileri	38
Tablo 4.8. Formaldehit miktarı değerleri	38
Tablo 4.9. Formaldehit miktarına ait istatistik verileri	39
Tablo 4.10. Çürüklük testi değerleri	40

1. GİRİŞ

Yaklaşık 60 yıllık bir geçmişi olan yönlendirilmiş yonga levha (Oriented Strand Board, OSB) nüfusun artması ve sanayinin gelişmesiyle birlikte çatı kaplamalarında, iç ve dış ortam dekorasyonlarında, mobilya ve prefabrik ev yapımında, ambalaj sandığı ve palet yapımında yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. OSB esnek yapısı, dekoratif görünümü, üstün direnç özellikleri, rutubete ve darbeye dayanıklı yapısı nedeniyle tercih edilen ve kullanım miktarı her geçen gün artış gösteren bir üründür.

OSB genellikle üç katmanlı üretilen bir levhadır. OSB üretiminde kullanılan yongalara flake yongası denilmektedir. Bu yongalar mekanik yöntemler ile ilk ve son katmanlarda boyuna yönde, orta katmanda ise enine yönde yönlendirilerek levha taslağının oluşumu sağlanmaktadır. OSB katmanlarını oluşturan yongalar farklı yönlerde yönlendirildiği için yönlendirilmiş yonga levha adını almıştır.

OSB genellikle düşük-orta yoğunlukta üretildiği için üretiminde düşük yoğunluklu Kavak ve Sarıçam türlerinin yanı sıra Huş, Ladin ve Gökmar türleri de kullanılmaktadır (Mulik ve Fauzi, 2013). OSB üretiminde küçük ince çaptaki odunlarda kullanılabildiği için kontrplak sektörüne alternatif olarak kullanılmaktadır.

OSB üretiminde yongaların yapıştırılmasında sentetik tutkallardan üre formaldehit (UF), melamin üre formaldehit (MUF), fenol formaldehit (FF) ve izosiyanat tutkalları yaygın olarak kullanılmaktadır. OSB ve diğer levha üretimlerinde formaldehit içerikli tutkallar kullanıldığı için levhaların üretimi aşamasında ve kullanım süresince formaldehit emisyonu oluşmaktadır. Formaldehit emisyonu gözlerde ve solunum organlarında tahrişe sebep olmaktadır. Ayrıca biyolojik sistemlere ve çevreye olumsuz etkileri bulunmaktadır (Cogliano, Grosse ve Baan 2005).

Bu çalışmada farklı tutkal ve karışımları kullanılarak laboratuvar şartlarında üretilen OSB'lerin fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Bu çalışmanın amacı OSB levhalarının orta tabakasında %5 ve %10 oranında P-MDI tutkalı katkılı UF ve MUF tutkalları kullanılarak levha özelliklerinden taviz vermeden formaldehit emisyonu miktarının düşürülmesidir.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. OSB (Yönlendirilmiş Yonga Levha)

Yönlendirilmiş yongalardan levha yapımı 1940'ların sonu ve 1950'lerin başlarında Amerika'da Armin Elmendorf ve Almanya'da Wilhelm Klauwitz'in çalışmalarına dayanmaktadır. Dünyada kontrplak yapımında kullanılan kalın çaplı soymalık ağaç kapasitesinin azalması, fiyatların artması ve bu tip ağaçların büyük bölümünün tropik ormanlardan elde edilmesi gibi sebepler kontrplağın yerine kullanılabilecek yeni bir ürün ihtiyacına neden olmuştur. Kontrplak yapımında kullanılmayacak kadar düşük kalitede ve ince çaplı tomruklardan üretilen yönlendirilmiş yonga levha (Oriented Strand Board, OSB), bir çok alanda kullanılmaya başlanmış ve kontrplak endüstrisine rakip olmuştur (Güller, 2001; Zerbe, Cai ve Harpole, 2015).

OSB'nin, ahşap yapı malzemeleri içerisinde kullanışlı ve verimli bir ürün olmasının birçok sebebi vardır. Bunlar;

- Hızlı büyüyen Kavak ve Çam gibi odun türleri yanında küçük çaptaki ince odunların üretimde kullanılabilmesi,
- OSB üretiminde çarpık, deformasyona uğramış, küçük çaplı, kusurlu odunların kullanılarak orman verimliliğinin artırılabilmesi,
- OSB üretiminde yüksek direnç özellikleri, yongaların enine ve boyuna yönde yönlendirilmesi ile elde edilebilmesi,
- Spesifik mekanik direnç değerinin gerekli olduğu şartlarda, bu değer yongaların yönlendirilmesi ile elde edilebilmesidir (Güller, 2001).

2.1.1. Odun Özellikleri

OSB üretim sürecinin en önemli faktörlerinden biri kullanılan odun türünün özellikleridir. Kullanılan odun türünün özellikleri üretim sürecindeki bütün faktörleri ve üretilen levhanın yoğunluğunu etkilemektedir. Genel olarak düşük yoğunluklu odun türlerinden üretilen levhalar arzu edilen kalite değerlerini sağlamaktadır. Buna karşın, daha yüksek kalite değerlerinde levha üretimi, yüksek yoğunluklu odun

kullanımı ile mümkün olabilmektedir. OSB üretiminde farklı yoğunluktaki odun türleri kullanılabilmesine rağmen yüksek yoğunluktaki odun türleri levha maliyetini ve ağırlığı arttırması sebebiyle sorunlara neden olmaktadır. Bu nedenle düşük maliyet ve geniş kullanım alanı elde edebilmek amacıyla düşük yoğunluklu kavak ve çam türleri daha çok tercih edilmektedir (Mulik ve Fauzi, 2013).

OSB üretimi yapan işletmelerde yaygın olarak düşük-orta yoğunluk değerlerine sahip levhalar üretilmektedir. OSB'nin ticari üretiminde yaygın olarak Kavak ve Sarıçam türlerinin yanı sıra Huş, Ladin ve Gökmar türleri de kullanılmaktadır (Mulik ve Fauzi, 2013). Levhanın yoğunluğu arttırılmak istendiğinde bu türler içerisinde Kayın gibi yüksek yoğunluklu odun türleri karıştırılmaktadır. OSB üretiminde nispeten düşük yoğunluklu odun türlerinin tercih edilmesinin sebebi, serme işlemi sırasında kalıp yüksekliğinin ve yonga yüzey alanının artmasıyla birlikte presleme de daha iyi sıkıştırma ve daha yüksek oranda yapışmanın meydana gelmesidir. OSB üretim sürecinde, yongalar arasında yeterli yapışmayı sağlayabilmek için levha yoğunluğunun yonga yoğunluğundan 1,2–1,6 oranında daha fazla olması gerekmektedir (Bowyer ve Shmulsky, 2007). Levha ile yonga arasındaki bu yoğunluk farkına sıkıştırma oranı denilmektedir. Levha üretiminde, 0,3-0,5 g/cm³ yoğunluk aralığındaki odunlar kullanıldığında 1,3'lük sıkıştırma oranı yeterli olmaktadır (Maloney, 1993).

2.1.2. Yonga Geometrisi

Yonga geometrisi, levhanın görünümünü ve özelliklerini belirleyen en önemli faktörlerden biridir. Genel olarak daha uzun ve ince yongaların kullanımı yüzey alanını ve yongalar arası bağı arttırmaktadır. Bu sayede yüksek sıcaklık altında yapılan presleme işlemi sonrasında kalınlığına şişme oranı önemli ölçüde azalmaktadır (Mulik ve Fauzi, 2013).

OSB'nin birçok özelliği yonga geometrisinden doğrudan etkilenmektedir. Mekanik özellikler içerisinde eğilme direnci, yüzeyden çekme direnci, gerilme direnci ve vida tutma direnci yüzey özellikleri içerisinde yüzey ve kenar düzgünlüğü, yüzey

işlemleri, suda şişme direnci ve boyut değişiklikleri de yonga geometrisinden etkilenmektedir (Mulik ve Fauzi, 2013).

Yonga narinliği (uzunluk / kalınlık) ve yonganın boyuna uzunluğu / enine uzunluğu oranı, yongaların yönlendirilmesinde ve yonga davranışlarının belirlenmesinde kullanılmaktadır. Yonga narinliği yonga boyunun kalınlığına bölünmesi ile elde edilmektedir. Yongaların ince olması ve narinliğinin yüksek olması tercih edilmektedir. Bu sayede yongaların yönlendirilmesi kolaylaşmaktadır. Narinliği yüksek yongalardan üretilen OSB'nin direnç değerleri yükselmektedir. Direnç değerlerinin artmasına bağlı olarak tutkal tüketiminin düşürülmesi mümkün olmaktadır (Maloney, 1993). Yongaların yönlendirilmesinde boy / en oranı da önemli bir değerdir. Bu değer 1 olması durumunda yongaların yönlendirilmesi mümkün olmamaktadır. İyi bir yönlendirme yapılabilmesi için boy / en oranının minimum 3 olması gerekmektedir. OSB üretiminde yonga boy / en oranının 2 olması standart bir yönlendirme yapılabilmesi için yeterlidir. OSB'nin ticari üretiminde %85 oranında Sarıçam ve %15 oranında orta yoğunlukta sert odun karışımından elde edilen yongaların narinliği 108-152, boy / en oranı ise 2-4 arasındadır (Suzuki ve Takeda, 2000).

2.1.3. Yüzey ve Merkez Tabakalarının Yonga Oranı

OSB üretiminde yongaların yönlendirilerek yüzey ve orta katmanların oluşturulması en önemli safhalardan biridir. Serme hattında OSB kalıbının ve tabakaların oluşturulması mekanik yöntemlerle yongaların yönlendirilmesi işlemidir. Eğilme direncinin artması ve homojen bir levhanın üretilmesi form hattında levha katmanlarının iyi bir şekilde oluşturulmasına bağlıdır (Maloney, 1993).

OSB genel olarak üç tabaka olarak üretilir ve orta tabaka yüzey tabakalarına dik yönde serilir. Ancak bazı özel talepler için üç tabakadan fazla üretilen OSB üreticileri de bulunmaktadır. Bu özel duruma Amerika'da üretim yapan bir firmanın dört tabakalı OSB üretmesi örnek gösterilebilir (URL-1, 2015).

2.1.4. Levha Yoğunluğunun Önemi

Levha yoğunluğu OSB özelliklerini belirleyen önemli faktörlerden biridir. Genel olarak OSB yoğunluğunun artması fiziksel özelliklerde artış sağlamaktadır. OSB'nin minimum fiziksel özellikleri karşılayabilmesi için yoğunluğun en az 0,15-0,20 g/cm³ olması gerektiği belirtilmiştir (Mulik ve Fauzi, 2013). Yüksek yoğunluktaki OSB'ler yüksek dirence sahip olmasına karşın boyutsal kararsızlığa, yüksek üretim maliyetine ve işleme güçlüklerine sahiptir. Düşük yoğunluktaki levhalar ise boyutsal kararlılığa ve düşük maliyete sahip olmasının yanında düşük direnç özelliklerine de sahiptir (Skovbo, 2015; Chen ve Chungui, 2010).

2.1.5. OSB Özelliklerini Etkileyen Faktörler

OSB'nin özelliklerini etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Bu faktörler; kullanılan odun türü ve yoğunluğu, yonga kalitesi, yonga ebatları ve serme yönü, kullanılan tutkal türü ve miktarı, presleme parametreleri, levhanın rutubet içeriği ve levhanın yoğunluğundan oluşmaktadır. Bütün bu faktörler birbirleri ile etkileşim içerisindeyler. Bu nedenle bu faktörlerden bir tanesinin değiştirilmesi dahi üretim sürecini etkileyecek ve diğer faktörlerin de değiştirilmesine ihtiyaç duyulacaktır (Mulik ve Fauzi, 2013).

2.1.6. OSB'nin Üretimi ve Kullanım Alanları

OSB'nin, yüksek fiziksel ve mekanik özellikleri çok geniş bir kullanım alanına sahip olmasını sağlamaktadır. OSB ilk olarak ABD, Kanada ve Japonya'da inşaat sektörlerinde kontrplak yerine kullanılmıştır (Thoemen, İrle ve Sernek, 2010). Buna ek olarak OSB, mobilya endüstrisi, beton kalıbı, çatı kaplaması, yer döşemesi, döşeme altlığı olarak kullanılmaktadır. Ayrıca dış cephe kaplaması, merdiven basamağı, reklam panoları, tarımsal yapılar, prefabrik yapı elemanları, duvar paneli, dekorasyon levhaları ve ağır malzeme ambalajı sektörlerinde de kullanılmaktadır (Bowyer ve Shmulsky, 2007).

OSB üretiminde kullanılacak en küçük ağaç çapı 5 cm'dir. Üretimde kabuk kullanılmadığı için öncelikle tomrukların kabukları soyulur. Kabukları soyulmuş

fenol-formaldehit ve izosiyanat tutkalları veya üre, fenol ve melamin formaldehit tutkalları farklı oranlarda karıştırılarak kullanılmaktadır. Tutkallanmış yongalar serme işlemi öncesinde dozaj silolarına alınır (Şekil 2.1).

Serme, OSB üretiminin en önemli aşamalarından birisidir. Yüzey tabakasına büyük, orta tabakasına ise küçük ebatlı flake yongalar konulur. Yongaların bu şekilde yerleştirilmesindeki amaç levhanın eğilme direncinin artırılmasıdır. Bu özelliğe ek olarak levhalar kendine özgü bir görünüm kazanmaktadır. OSB'lerin yüzey tabakasında iri yongalar bulunması diğer levhalara göre pürüzlü yüzeye sahip olmasına neden olmaktadır (Thoemen vd., 2010).

Kalıp hattında yongalara yön verilmesi elektrostatik ve mekanik yöntemlerle sağlanmaktadır. Yongaların yönlendirilmesinde mekanik serme yöntemi daha yaygın olarak kullanılmaktadır. OSB'nin iki ana formu vardır. İlk form tüm yongalar aynı yönde yönlendirildiği formdur. Diğeri ise OSB'nin alt ve üst yüzeyindeki yongaların boyuna, orta tabakadakilerin ise enine yönlendirildiği formdur. Bu tip yönlendirme "çapraz bağlanma" olarak adlandırılır. Yongaların bu şekilde yönlendirilmesi OSB'ye yüksek eğilme direnci ve gerilmeye karşı dayanımı da sağlamaktadır (Güller, 2001).

Serme işleminden sonra levha taslağı sürekli olmayan prese girecekse boyutlandırma yapılmakta ve bu şekilde prese girmektedir. Sürekli preste ise, sonsuz serilen taslak sürekli preslenmekte ve presten çıktıktan sonra ebatlanmaktadır. Pres sıcaklığı kullanılan tutkallara bağlı olarak 177-204 °C, ortalama 3-5 dakika olarak uygulanmaktadır (Güller, 2001). Ebatlanan levhalar depolanır. Üretilen levhaların yoğunluğu 600-650 kg/m³'tür. Üretilen levhaların kalınlıkları 9-32 mm arasında değişir. Levha yüzeyinin zımparalanması mümkün olsa da zımparalanmış levhaya talep azdır (Irle vd., 2013).

Türkiye'de OSB üretimi ilk olarak SFC Entegre Orman Ürünleri A.Ş. Kastamonu'da 2011 yılında gerçekleştirilmiştir. Yıllık OSB üretimi, üretime başlandığı senelerde yaklaşık 60 bin m³ iken günümüzde yaklaşık 120 bin m³ seviyesine çıkmıştır.

2.2. Tutkal Çeşitleri

Tutkallar, ahşap malzemelerin yapıştırılmasında kullanılmakta olup elde edildikleri kaynağa göre doğal tutkallar ve sentetik tutkallar olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadırlar (Pizzi, 1994).

Doğal tutkallar içerisinde hayvan deri ve kemiklerinden elde edilen, soğuma ile yapıştırıcı niteliği kazanan hayvansal tutkallar, kimyasal reaksiyonla yapıştırıcı niteliği kazanan kazein, sıcaklık ile sertleşen kan albümini, tanen ve soya unu tutkalı gibi bitkisel tutkallar sayılmaktadır (Pizzi, 1994).

Yenilenebilir doğal kaynaklı maddelerin odun tutkalı olarak kullanılması eski bir yöntemdir. İkinci dünya savaşı meydana gelene kadar tutkalların tümü doğal esaslı yapıştırıcılardan oluşmaktaydı. Petrolden türetilmiş tutkallar geliştirilene kadar kan ve kazein gibi proteinler veya diğer doğal kaynaklı tutkallar yaygın olarak kullanılmaktaydı. Sentetik polimer tutkallar ikinci dünya savaşının olduğu dönemlerde kullanılmaya başlandılar ve bu dönemden sonra da tüm doğal tutkallardan daha çok önem kazandılar (Pizzi, 1994).

Günümüzde formaldehit içerikli tutkallar (üre-formaldehit ÜF, fenol-formaldehit FF, melamin-formaldehit MF, melamin-üre formaldehit MÜF) ahşap malzemelerin yapıştırılmasında doğal tutkallara üstünlük sağlamaktadır. Buna karşın formaldehit tutkallarının en büyük dezavantajı, levha üretimi ve kullanımı süresince formaldehit emisyonunun meydana gelmesidir. Uluslararası kanser araştırma ajansı (IARC) 2004 yılı içinde formaldehit sınıflarında değişikliğe gitmiştir. Bu sınıflandırmaya göre formaldehit, birinci grupta insanlar için kanserojen maddedir. Formaldehit buharı sadece kanserojen etkide olmayıp aynı zamanda gözlerde ve solunum organlarında tahrişe sebep olmaktadır. Buna ek olarak formaldehit emisyonu biyolojik sistemlere ve çevreye olumsuz etkilerde bulunmaktadır. Bu nedenlerden dolayı formaldehit emisyonunun düşürülmesi önem arz etmektedir. Sentetik yapıştırıcıların bir diğer olumsuzluğu ise yüksek maliyetleridir (Cogliano vd., 2005).

Sentetik yapıştırıcıların dezavantajlarından dolayı son yıllarda doğal kaynaklı tutkalların üretilmesine ve kullanılmasına olan ilgi artmaktadır. Formaldehit

emisyonu olmayan, yenilenebilir doğal tutkalların geliştirilmesi ile doğa dostu, sağlık açısından daha az zararlı ve düşük maliyetli tutkalların eldesi mümkün olabilir (Pizzi, 1994).

2.2.1. Doğal Tutkallar

2.2.1.1. Lignin

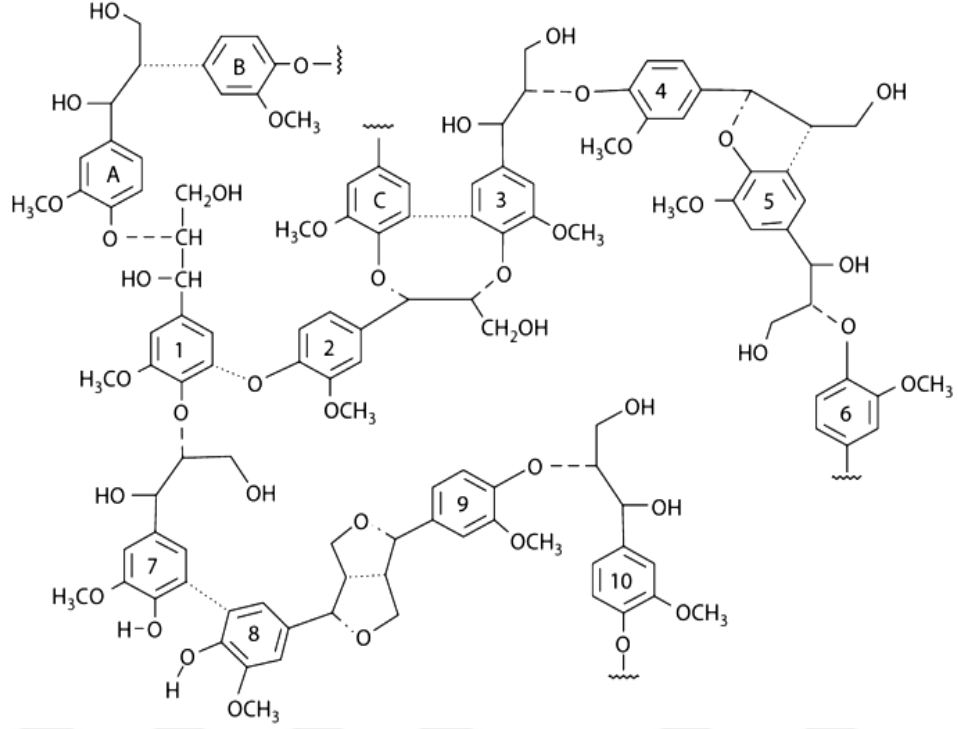
Lignin, selüloz ve hemiselüloz ile birlikte bitkilerin temelini oluşturan bir bileşiktir. Ligninin birincil görevi selüloz zincirlerinin bağlanarak mükemmel direnç ve dayanıklılığa sahip bir doku meydana getirmelerini sağlamaktır. İğne yapraklı ağaçların %24-33'ü, yapraklı ağaçların ise %16-24'ünü oluşturan lignin, selülozdan sonra en çok bulunan biyopolimerdir (Minford, 1991).

Lignin amorf, çapraz bağlanmış fenolik fenilpropan ünitelerinden meydana gelmiş oldukça karmaşık polimerlerden oluşur. Bu fenil propan üniteleri birbirlerine eter ve karbon-karbon bağları ile bağlanmaktadır. Şekil 2.2'de ligninin basitleştirilmiş yapısı gösterilmektedir (Heitner, Dimmel ve Schmidt, 2010).

Lignin eldesi büyük oranda kâğıt hamuru üretimi sırasında sağlanmaktadır. Kâğıt endüstrisinden yıllık yaklaşık 70 milyon ton lignin elde edilmekte olup ligninin neredeyse tamamı yakıt olarak kullanılmaktadır. Lignin toksik olmaması, yenilenebilir olması, düşük maliyetlerle büyük miktarlarda elde edilebilmesi gibi sebeplerle yıllardır endüstriyel uygulamalarda kullanılmaktadır. (Hu, Pan, Zho ve Zhang, 2011; Mankar, Chanudhari ve Soni, 2012). Tutkal üretiminde kullanılan ligninin büyük miktarı sülfite hamuru üretimi sırasında elde edilmektedir (Frihart, 2005).

Ligninin kısmi olarak fenol-formaldehit tutkalı içindeki fenol ile yer değiştirebileceği düşünülmektedir. Ancak ligninin yapısında değişikliğe gidilmeden ticari uygulamalarda kullanılması tercih edilmemektedir. Buna rağmen ligninin formaldehit ile reaksiyonunun fenol-formaldehit reaksiyonu ile benzer olduğu düşünülmektedir. Ligninin karmaşık yapısı reaktifliği düşürmektedir. Bu düşük reaktivlik, uygulama hızının düşmesine ve sorunlara yol açmaktadır. Bu durum,

ligninin tutkal olarak kullanılmasını sınırlayan ana etkidir. Bu tür bir tutkal çok uzun presleme süresi ve yüksek sıcaklığa gereksinim duymaktadır (Hu vd., 2011).



Şekil 2.2. Ligninin kimyasal yapısı (Heitner vd., 2010).

Ligninin reaktivliğinin artırılması için kimyasal modifikasyon denemeleri yapılmıştır. Bu denemeler içinde başarılı olan uygulamalardan biri fenol-formaldehit tutkalında fenolün yerine konulmasıdır. Bu metotların uygulanabilmesindeki ana unsur, formaldehit ile reaksiyona girebilecek ligninin yapısındaki fonksiyonel grupların sayısının artırılabilmesidir (Hu vd., 2011). Bu amaçla uygulanan modifikasyon yöntemleri;

- Metilolasyon (hidroksimetilasyon): Lignin molekülleri içine CH_2OH katılır.
- Fenolasyon: Lignin aromatik halkaları ve yan zincirleri ile fenolün yoğunlaştırılması.
- Demetilasyon: Metil gruplarının çıkarılması ile aktif fenol gruplarının artırılması.
- Hidroliz: Ligninin depolimerizasyonu sağlanarak fenolik hidroksil gruplar artırılır.

Bu metotların bazıları, ligninin reaktifliği üzerine olumlu etkilerde bulunsa da en yaygın kullanılan yöntemlerin ana sorunu ekonomik olarak uygun olmayışları sebebiyle sentetik tutkallar ile rekabet edememeleridir. Buna karşın ligninin fenolik bileşikler yerine kullanılabilmesi ve maliyetleri düşürebileceği düşünülmektedir. Lignin, fenol yerine kullanıldığında bağlayıcı madde maliyetleri düşürüyor olsa da ligninin tutkal olarak kullanılması halen araştırma aşamasındadır (Hu vd., 2011).

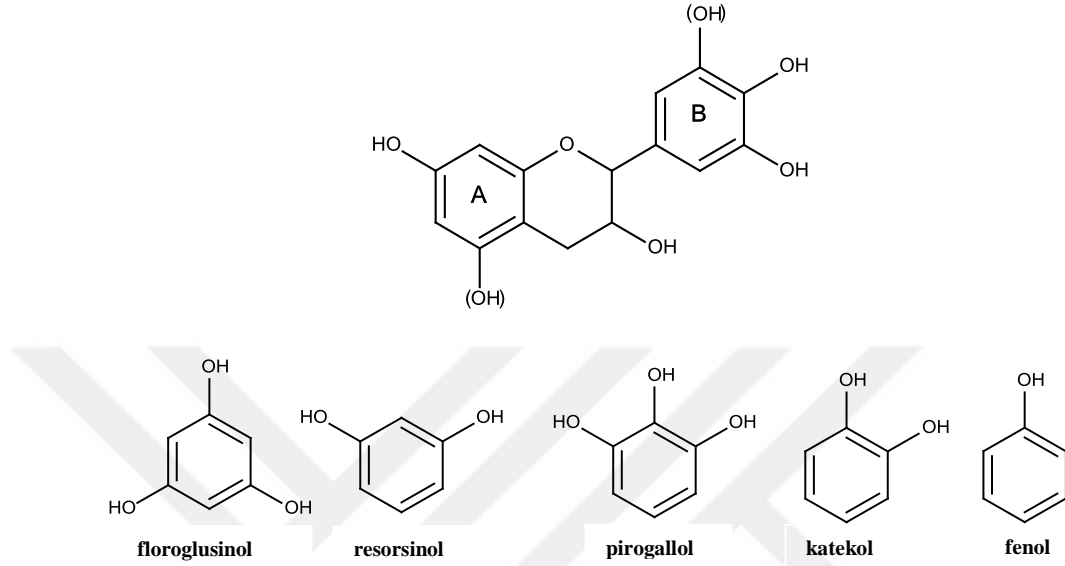
2.2.1.2. Tanen Tutkalı

Tanen, oligomerik flavonoid yapıdaki doğal polifenolik bileşiklerden meydana gelmektedir. Tanen maddesi özellikle odun kabuğundan elde edilmektedir. Birçok türde tanen kaynağı bulunmaktadır. Yüksek polimerizasyon derecesine sahip tanen içerikli birçok ağaç türü bulunmaktadır. Tanen bileşiminin farklılıkları, ağaç türü ve büyüme şartlarına bağlı olarak değişmektedir. Odun kabuğunun yanında bitki köklerinde ve yapraklarında da bulunmaktadır. Genellikle hidroliz edilebilen tanen ve yoğunlaştırılmış tanen olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır (Pizzi, 2008).

Tanenin eldesi için çoğunlukla Akasya (*Acacia mearnsii*) kabuğu, Quabreko odunu (*Schinopsis balance* veya *lozentzii*) ve özellikle *Pinus radiata* olmak üzere birçok Çam kabuğu kullanılmaktadır (Pizzi, 2008). Güney Amerika ve İspanya'da bulunan ve hızlı büyüyen *Pinus radiata*'dan elde edilen tanen, yüksek polimerizasyon derecesi ve endüstriyel kullanıma uygunluğu ile tercih edilmektedir (Bertaud, 2012). Son yapılan araştırmalarda *Acacia mangium*, *Tsuga* (*Tsuga heterophylla*) ve *Duglas* (*Pseudotsuga menziesii*) türlerinden elde edilen tanenin çok iyi özelliklere sahip olduğu belirtilmiştir. (Çolak, 2003; Hoong, Paridah ve Loh, 2011)

Hidroliz edilebilen tanen, basit yapıdaki fenollerden (pirogallol, elajik asit gibi), gallik ve digallik asitlerden oluşmaktadır. Kondense (yoğunlaştırılmış) tanen ise flavonoid ünitelerinde iki fenolik halka (A ve B) içermektedir. Bu halkalar resorsinolik ve floroglusinolik A halkası ve katekolik veya pirogallolik B halkasıdır (Şekil 2.3). Bu flavonoid üniteleri tekrarlanan yapıda olup birbirleriyle C₄ - C₆ veya C₄ - C₈ bağları ile bağlanmaktadır. Hidroliz edilebilen tanen, formaldehite karşı düşük reaksiyon gösterir. Bu durum makro moleküler yapının yeterli olmamasından

kaynaklanmakta ve bu nedenle tutkal üretiminde kullanımı engellenmektedir. Kondense tanen, formaldehit ile daha yüksek reaksiyona girdiğinden, tutkal üretiminde ticari olarak daha çok kullanılmaktadır (Hoong vd., 2011).

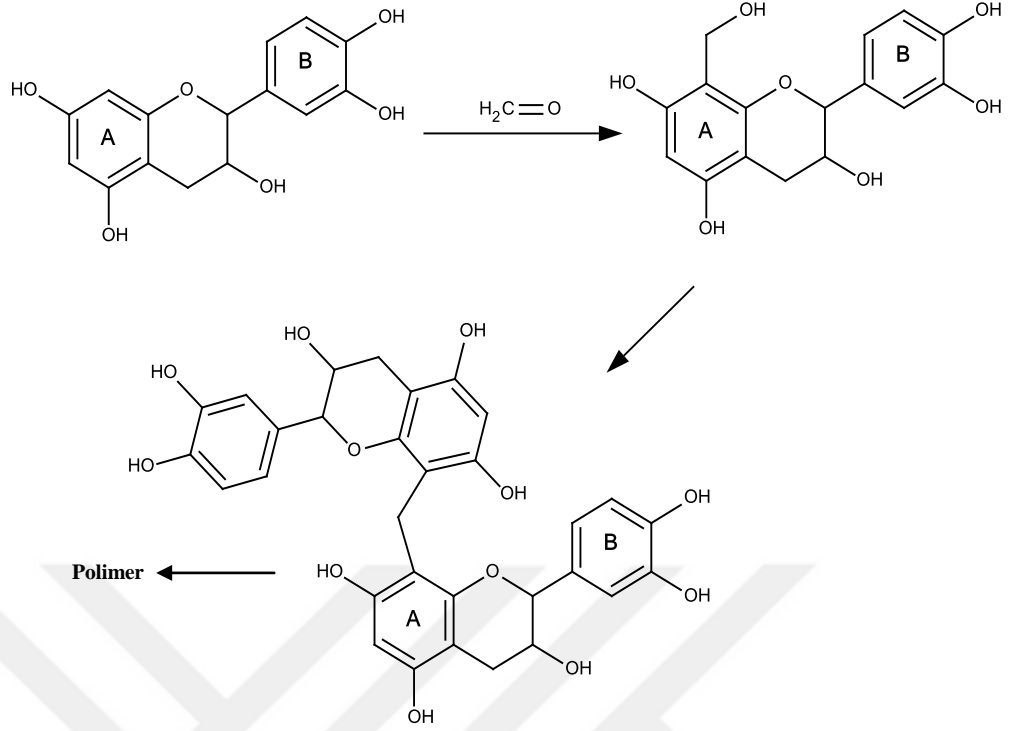


Şekil 2.3. Yoğunlaştırılmış tanenin yapısı (Pizzi, 1994).

Orman ürünleri endüstrisinde kullanılan tutkallarda fenol yerine tanen kullanımı hedeflenmektedir. Tanen maddesi resorsinol-formaldehit ve fenol-formaldehit reaksiyonlarına benzer reaksiyonlar vermesinden dolayı ilgi çekmektedir (Frihart, Hunt ve Birkeland, 2014).

Tanen içerikli tutkalların hazırlanmasında, ayarlanmasında ve uygulanmasında genellikle formaldehit kullanılmaktadır. Formaldehit, gerekli olan pH'ta tanen ekstraktifine eklenir. Alkali ortamlarda hızlı depolimerizasyonu mümkün olduğundan para formaldehit tercih edilmektedir (Pizzi, 2008).

Tanen, polikondenzasyon reaksiyonuyla formaldehit ile reaksiyona girmektedir (Şekil 2.4). Bu reaksiyon çoğunlukla metilen köprüsü ile aktif durumdaki A halkasına bağlanarak gerçekleşir (Pizzi, 1994). Tanenin formaldehit ile reaksiyonu resorsinol reaksiyonuna benziyor olsa da, polimer yapısı ve özellikleri farklıdır (Frihart, 2005; Lambuth, 2013).



Şekil 2.4. Formaldehit ile kateşin reaksiyonu (Fechtal, Riedl ve Calve, 1993).

Tanen ile ilgili yapılan araştırmaların büyük bir bölümü formaldehit ile tanen çapraz bağlanması ve polimerizasyonu üzerine olsa da birçok formaldehit kullanılmayan yöntemlerde test edilmektedir. Tanen tutkalının karakteristik özelliği formaldehit emisyonunun düşük olmasıdır. Buna karşın bu emisyonu tamamen ortadan kaldırmaya yönelik araştırmalarda yapılmaktadır. Formaldehit emisyonunu düşürmek amacıyla tanen otokondenzasyonu ve sertleştirici (trishidroksimetil-nitroparafınler veya hegzamin) katılması yöntemleri kullanılmaktadır. Ancak bazı durumlarda bu yöntemlerin kullanılması erken kümelenmelere sebep olmaktadır (Pizzi, 2008).

Kondense tanen, ekonomik ve kimyasal yönlerden ilgi çekmektedir. Çünkü kompozit levha ve kontrplak üretimlerinde kullanılan fenolik tutkal içine belirli oranlarda katılabilmektedir. Tanen kullanımı Avustralya'da tahmini 6000, Japonya'da 1500 ve Avrupa'da yaklaşık 1000ton/yıldır. Tanen tutkalının karakterize özelliği kuru mukavemetinin yüksek oluşu, iyi derecede yaş mukavemet direncinin yüzeysel olması ve uzun kullanım ömrüne sahip olmasıdır (Pizzi, 2008).

Tanen tutkalı ayrıca yonga levha, lif levha, laminasyonda ve oluklu mukavva üretimlerinde de kullanılmaktadır (Lambuth, 2013). Tanen tutkalının başarılı uygulamaları yanında bazı sınırlayıcı faktörleri de bulunmaktadır. Bu faktörlerden biri yüksek viskozitesidir. Tanenin polisiklik yapısı hızlı uygulanabilmesini sağlamakta ancak viskozitesini de arttırmaktadır. Viskozitenin düşürülmesi amacıyla seyreltik çözelti kullanılabilen, ancak bu durumda sıcak pres öncesi buharlaştırma gereksinimi doğmaktadır. Diğer bir sınırlayıcı faktör ise elde edilen kaynağın değişimiyle tüm tutkal değerlerinin değişebilmesidir. Bu nedenle aynı özelliklere sahip tutkalı üretmek zordur (Frihart vd., 2014).

Ticari olarak başarılı olabilecek bir tutkal üretiminin de zorlukları bulunmaktadır. Ana problem, üretim maliyetlerini aşmadan yüksek verimde ve kalitede tanen tutkalı üretmenin zor olmasıdır (Frihart vd., 2014). Tanen tutkalına ait bir diğer sorun ise tanen ekstraktiflerinin saflık oranıdır. Örneğin ticari olarak kullanılan Akasya kabuğu ekstraktiflerinin %70-80 oranında aktif fenolik içeriği bulunmaktadır. Geriye kalan kısımda ise monosakkaritler ve hidrokoloid sakızlar bulunmaktadır. Bu içerikler formaldehit ile reaksiyona girmemekte, viskoziteyi arttırmakta, direnç değerlerini ve suya karşı dayanımı düşürmektedir (Pizzi, 2008).

2.2.2. Sentetik Tutkallar ve Kimyasal Maddeler

Günümüz OSB üretiminde kullanılan tutkal teknolojisinde birkaç farklı tutkal çeşidi bulunmaktadır. Genellikle OSB üretiminde suya karşı dirençli olan Fenol Formaldehit, Üre Formaldehit, Melamin Üre Formaldehit ve izosiyanat türleridir. Avrupa'da OSB üretiminde yaygın olarak orta tabakada izosiyanat tutkalı, yüzey tabakalarında ise melamin üre formaldehit tutkalı kullanılarak pres süresinin kısaltılması ve yüzey kalitesinin artırılması amaçlanmıştır (Skovbo, 2015).

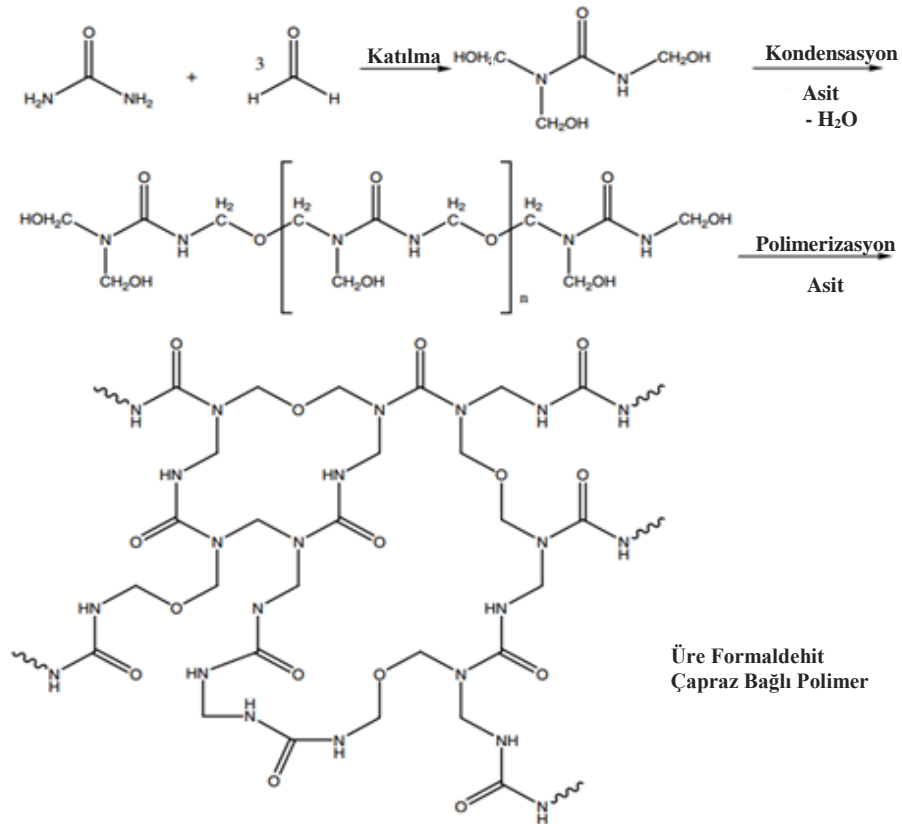
Sentetik tutkallar çoğunlukla bir, iki veya bazen üç basit bileşiğin kondenzasyonu veya polimerizasyonu ile üretilen amorf organik maddeler olarak tanımlanmaktadır. Bu tanım, aynı zamanda kimyasal olarak modifiye edilmiş tabii tutkallar içinde geçerlidir. Sentetik reçinelerin özellikleri, temel hammadde oranlarına ve imalat şartlarına bağlı olarak geniş ölçüde değişebilir. Bütün sentetik tutkallar, genel olarak

ısı ile yumuşayan (termoplastik) ve ısı ile sertleşen (termoset) olarak iki sınıfa ayrılır. Diğer bir sınıflandırma ise fenolik ve amino plastik sentetik tutkallar olarak yapılmaktadır (Douglas, Qinglin ve Guangping, 2013).

2.2.2.1. Üre Formaldehit Tutkalı (ÜF)

ÜF tutkalı şeffaf renkli, kısa sertleşme süresine sahip, yanmayan ve özellikle iç uygulamalarında kullanılan kontrplak, lif levha ve yonga levha endüstrisinde tercih edilen, suya dayanıksız ve düşük maliyetli bir tutkaldır (Frihart, 2005).

Üre formaldehit tutkalı sıcak ve ya soğuk olarak uygulanabilen çift bileşenli ve kimyasal (dönüşümsüz) sertleşen, sertleşmiş katman rengi koyulaşan özellikte bir yapıştırıcıdır. Rutubete karşı dayanıklılığını artırmak için melamin reçinesi ile modifiye edilebilmektedir. Sertleştirici olarak amonyum klorür (NH_4Cl) ve amonyum sülfat ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) kullanılmaktadır.



Şekil 2.5. Üre-formaldehit polimerizasyonu (Frihart, 2005).

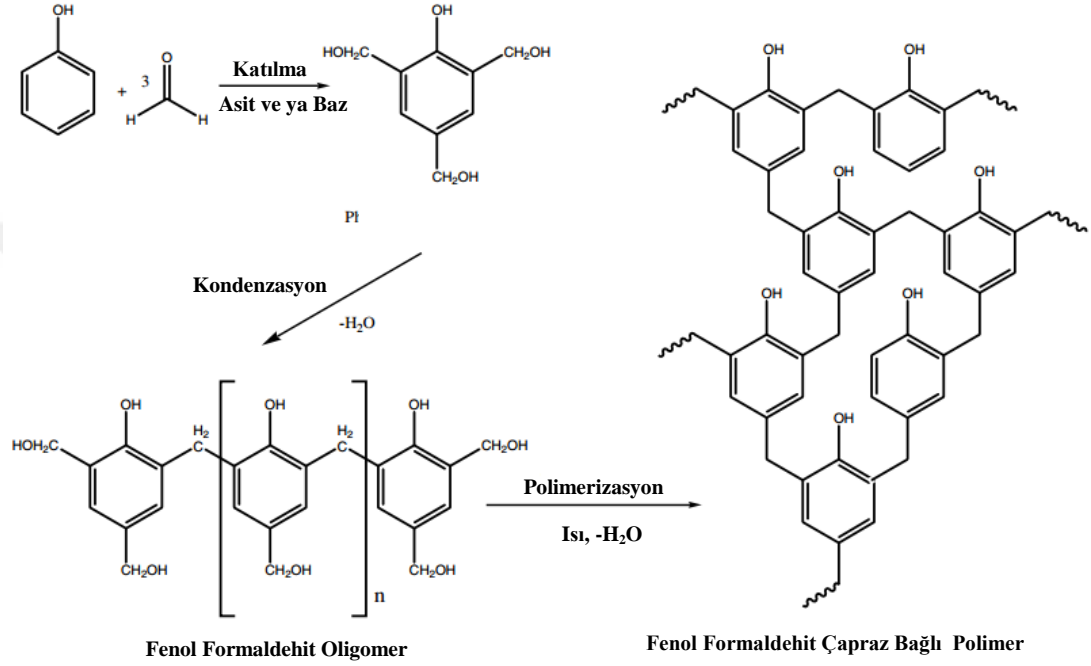
Üre formaldehit, üre ile formaldehitin polikondenzasyon reaksiyonu sonucu oluşan bir amin reçinesidir (Şekil 2.5). Üre formaldehitin temel bileşenleri, üre ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) ve formaldehit (HCHO) olup ve su (H_2O) içerisinde basınç ve sıcaklık etkisinde karbondioksit (CO_2) ve amonyum (NH_3)'un sentezidir. Üre, ticari olarak boncuk şeklinde kristalimsi bir yapıdadır (Çavuş, 2008).

Üre formaldehit tutkalı üretiminde reaksiyon son noktaya kadar devam ettirilmez. Kondenzasyon ürünleri suda çözülebilir durumda iken reaksiyon hafif asidik olan çözeltinin soğutulması ve nötrleştirilmesiyle kesilir. Yarıda kesilmiş olan bu kondenzasyon kullanma sırasında sertleştirici ve sıcaklık yardımıyla devam ettirilir ve yapışma sağlanır (Çavuş, 2008).

2.2.2.2. Fenol Formaldehit Tutkalı

Fenol formaldehit tutkalının (FF) temel bileşenleri, fenol ve formaldehittir. Fenol ve formaldehit, FF reçinesi içinde bir karıştırıcı yardımıyla birleştirilir. Bu sıvı, kokusuz, koyu kahverengi renkte, yanmaz özelliindedir. Asit, yağ ve organik çözücülerden etkilenmez özelliindedir. İşlem esnasında FF reçinesi, üre formaldehit reçinesi gibi bağlarını güçlendirmiş ve polimerize edilmiştir. FF çözeltisi, fenol ve formaldehitin 2,2 mol oranlarında formaldehitin çoğu FF yapısı içinde üç boyutlu kuvvetli bağlar ile sürekli bir şekilde yapıştırılır. Katalizör ortamının alkali ya da asidik olmasına göre FF tutkalları iki çeşittir. Ancak asidik türdeki FF tutkalı orman ürünleri sanayinde kullanılmamaktadır. Alkali türün üretiminde 1mol fenol için 1,5-2 mol formaldehit uygulanmaktadır. Reaksiyonun başlayabilmesi için çözelti pH'sı ayarlanmalıdır. Alkali FF tutkalının kondenzasyonu için pH değerinin çok yüksek olması gerekir. Bu nedenle çözelti içine NaOH ilavesi yapılır. Artan pH değeri ile reaksiyon hızı artar ve kondenzasyon üç aşamada gerçekleşir (Kalaycıoğlu ve Özen, 2007). Önce metilol fenoller oluşur (Şekil 2.6). Fenol halkasının reaksiyon eşitliği hidroksil varlığından dolayı bozulduğu, bu gruba komşu (orta) veya bunun karşısındaki (para) karbon atomlarının reaksiyon yeteneği fazlaştığı için metilol fenol oluşumları önce karbon atomlarından başlar. Bu şekilde oluşan metil fenoller, su ayrılması ile eter, su ve formaldehit ayrılması ile etilen köprüleri oluşturmak suretiyle kondense olurlar. Kondenzasyon çözeltisinin nötrleştirilmesi ve

soğutulması ile ara ürün suda çözünebilir durumda iken reaksiyon durdurulur. Buna tutkalın A durumu (resol) denmektedir (Kalaycıoğlu ve Özen, 2007). Kondenzasyon yavaş devam ettiği için A durumunda tutkal dayanıklı değildir. Depolama süresi birkaç saatten birkaç aya kadar değişmekte olup düşük sıcaklıklarda depolanması tavsiye edilmektedir (Pizzi, 1994).



Şekil 2.6. Fenol-formaldehit polimerizasyonu (Frihart, 2005).

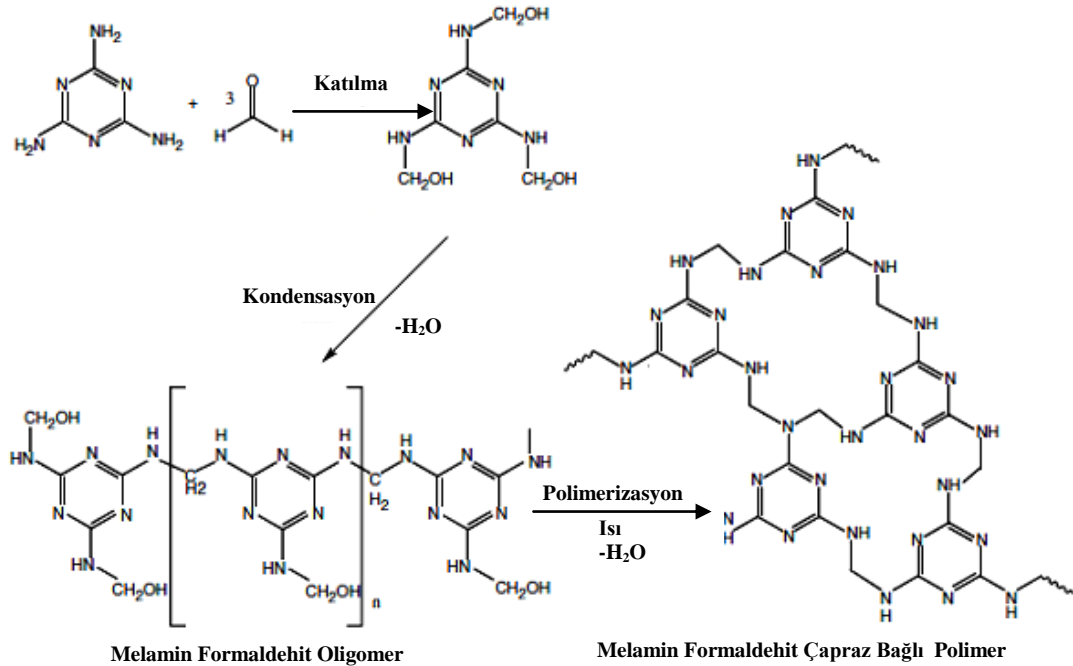
Yapıştırma işleminde, yarıda kalmış kondenzasyonun devam etmesi sağlanır. Bunun için tutkal çözeltisine sertleştirici ilave edilmektedir. Ancak yüksek sıcaklıklardaki yapıştırma işlemlerinde sertleştirici ilavesine gerek yoktur. Kondenzasyon üç boyutlu ağ oluşturacak şekilde ilerler ve sonunda organik maddelerle çözülmeyen, şişmeyen ve erimeyen katı bir madde oluşur. Bu duruma C durumu (Resit) denmektedir. C durumu preslemenin sonunda tam olarak bitmemiştir. Kondenzasyon az oranda da olsa devam etmektedir. Bu duruma sonradan sertleşme denmektedir. Yarı kondenzasyon (resol) ile kondenzasyonun tamamlanması (resit) arasındaki geçiş aşamasına B durumu (Resitol) denmektedir. Bu durumda tutkal organik çözeltilerde kısmen çözülür, fazla şişer ve ısı ile erimez (Pizzi, 1994).

FF tutkalı olağan dışı hava koşullarına karşı dayanıklı olması nedeniyle, klimatize edilemeyen ortamlarda kullanılacak masif ağaç ve tabakalı ağaç malzemelerin üretiminde kullanılmaktadır. FF tutkalı koyu renkli olduğundan levha yüzeylerinde lekeler neden olabilir (Pizzi, 1994).

2.2.2.3. Melamin Formaldehit Tutkalı

Melamin formaldehit su ve ısıya dayanıklılığı, kısa sertleşme süresi gibi özellikleri nedeniyle ÜF tutkalından daha üstün özellikler göstermektedir. MF tutkalının su çekiciliğine olan yüksek direnci, suda melaminin az çözünmesinden kaynaklanmaktadır. Melamin yalnızca sıcak suda çözünürken üre soğuk suda kolaylıkla çözünmektedir. Bu nedenle MF tutkalı suya karşı direnç gereken ortamlarda tercih edilmektedir (Çavuş, 2008).

MF tutkalı pahalı bir tutkal olduğu için genellikle UF tutkalına ilave edilerek kullanılır. Sulu çözeltinin dayanma süresi çok kısa olduğu için toz halinde satılır. Genellikle tabakalı ağaç malzeme üretiminde ve yüzeylerin kaplanmasında ve film tutkallarının üretiminde kullanılmaktadır (Özen, 1981; Çavuş, 2008).



Şekil 2.7. Melamin-formaldehit polimerizasyonu (Frihart, 2005).

Melamin formaldehit tutkalı, melaminin formaldehit ile kondenzasyonu sonucu elde edilmektedir (Şekil 2.7). Melamin formaldehit üretiminde reaksiyon 1 mol melaminin 6 mol formaldehit ile pH 5-6 aralığında karıştırılmasıyla başlar ve kademeli olarak ilerler. Reaksiyonun sonu beklenmeden, kondenzasyon ürünleri henüz suda çözülebilir durumda iken, çözeltinin nötrleştirilmesi ve soğutulması ile durdurulur. MF tutkalı serin ve kuru bir ortamda muhafaza edildiğinde toz halindeki reçine bir yıl dayanabilmektedir (Huş, 1977; Çavuş, 2008).

Bu tutkal 90-140 °C sıcaklıklarda herhangi bir sertleştirici madde ilave edilmeksizin sertleşebilmektedir. Melaminin, suda üreden daha az çözünmesi nedeniyle su itici aşama melamin formaldehit reçineler oluşumunda üre formaldehit reçinelerinin kondenzasyonundan daha hızlı ortaya çıkar. Böylece, melamin formaldehit kondenzasyonun su itici ara ürünleri reaksiyonun başlangıç evrelerinde görülmektedir (Fidan, Ertaş ve Alma, 2005). Melamin formaldehit reçinesi için %50'ye kadar dolgu maddeleri kullanılabilir. Bu amaçla kaolin, odun pudrası, nişasta, hindistan cevizi kabuğu unu gibi organik dolgu maddeleri kullanılmaktadır. MF tutkalının katı madde oranı suya karşı direnç üzerine etki yapmaktadır. %100'e kadar dolgu maddesi ilave edildiğinde tutkal kaynar suya karşı ve %150-200 arasında ortam sıcaklığındaki suya karşı direnç gösterebilmektedir. %200'ün üzerinde tutkallama mümkün olmakla birlikte bu oranda tutkal suya karşı duyarlı hale gelmektedir (Pizzi, 1994). Melamin formaldehit tutkalı, ÜF tutkalına benzemekle birlikte bazı avantajları vardır. Bunlar suya karşı daha dirençli olması, ısı stabilitesi daha yüksek olması, düşük sıcaklıklarda ve sertleştirici katılmaksızın sertleşebilmesidir. Bu üstün özelliklerinin yanında su ve rutubetin etkisiyle meydana gelen bağ bozunması gibi olumsuzlukları da bulunmaktadır (Hus, 1977; Çavuş, 2008).

2.2.2.4. Melamin-Üre Formaldehit Tutkalı

Melamin-üre formaldehit tutkalı termoset polimerlerden olup, toz veya çözelti halindeki üre ile melamin formaldehitin belirli oranlarda karıştırılmasıyla elde edilmektedir. Piyasada genellikle toz halinde satılır. Su ve dış hava şartlarına ve

rutubetli iç mekân şartlarına karşı dirençli bir tutkaldır. Genellikle lamine kaplamaların üretiminde kullanılır (Pizzi, 1994).

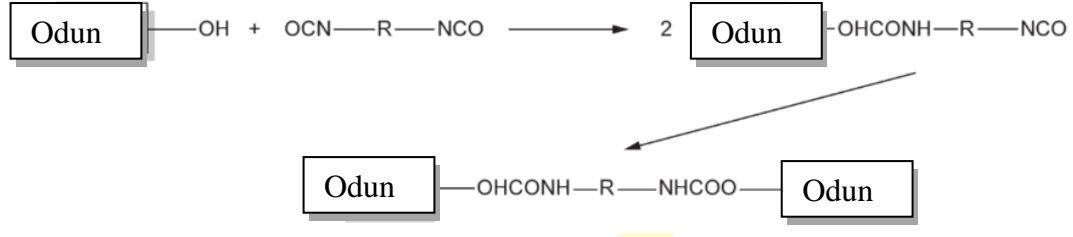
2.2.2.5. Rezorsin Formaldehit Tutkalı

Rezorsin iki moleküllü bir fenoldür. Rezorsin formaldehit tutkalı pahalı olması sebebiyle çok kullanılmayan ancak her türlü açık hava koşullarına, kaynar suya, asitlere ve çözücülere karşı dayanıklı bir tutkal türüdür. Üretimi FF tutkalında olduğu gibidir. Reaksiyon, birbirinden kesin sınırlarla ayrılmayan üç safhada tamamlanır ve tutkal A, B ve C durumlarını gösterir. Rezorsin, fenole oranla iki kat daha aktiftir. Bu nedenle formaldehite karşı çok düşük sıcaklıklarda dahi reaksiyon gösterir. Kondenzasyon, oda sıcaklığında ve nötr ortamda son safhaya kadar devam eder. Sadece çözeltide formaldehit fazlalığı olmalıdır. Bu nedenle malzemeye zarar vermeden soğuk yapışma mümkün olmaktadır ki bu özelliği ile FF tutkalından üstündür. Soğuk yapıştırma yapabilmek için çözeltinin pH değerinin çok fazla düşürülmesi gerekmektedir. Daha çok dış cephe elemanları, gemi ve kayık yapımı, köprü ve yapı marangozluğu ile uçak yapımında tercih edilmektedir. Kaynar suya karşı olan dayanımı ile dikkat çekmekte olup doğal ve yapay kauçuğun yapıştırılmasında, seramik ve tekstil parçalarının tutturulmasında kullanılmaktadır (Çavuş, 2008).

2.2.2.6. İzosiyanat Tutkalı

İzosiyanat tutkallar, polimerik difenilmetan diizosiyanat tutkalı (P-MDI) ve emülsiyon polimer izosiyanat tutkalı olmak üzere iki grupta incelenmektedir. P-MDI tutkalı, II. Dünya savaşı boyunca geliştirilmiştir. Ancak ilk kullanımı 1960'lı yıllarda, yaygın kullanımı ise 1980'li yıllarda olmuştur. Bu tutkal rutubete karşı yüksek direnç göstermesi, düşük presleme süresi ve FF tutkalının çok üstünde direnç özelliklerine sahip olması gibi bir çok avantajının yanı sıra kullanımının ilk yıllarında özellikle pres plakalarına yapışması, fiyatının yüksek olması gibi dezavantajları da vardır (Ansell, 2015). İzosiyanat tutkalında gerçek bir kimyasal bağ oluşmaktadır ve odun yüzeyi hidroksil (OH⁻) grupları ile kaplanmaktadır (Şekil 2.8). P-MDI tutkalı,

odun üzerinde hidroksil grupları ile reaksiyona giren $-N=C=O$ grupları ile sonlanır ve üretan bağları oluşturur (Çavuş, 2008).



Şekil 2.8. P-MDI tutkalının yapışma reaksiyonu (Ansell, 2015).

İzosiyanat tutkalı su ihtiva etmemektedir. Rutubete dayanıklılığı bakımından FF tutkalı ile eşdeğer olup normal hava şartlarında yapışma direnci FF tutkalından daha fazladır. Ayrıca içerisinde su ve organik çözücü olmadığından tutkallama yonga rutubetini arttırmaz. Difenilmetan diizosiyanat odunun OH^- gruplarıyla birleştiği için nemlenme özelliği azalır. Bu nedenle aynı iklim koşullarında, izosiyanat ile yapıştırılmış levhanın denge rutubeti, masif odunun denge rutubetinden daha azdır. Emülsiyon polimer izosiyanat tutkalı genellikle ahşap üzerine plastik yapıştırma, panel yapıştırma, OSB üretimi ve I-kiriş üretiminde kullanılan bir tutkal türüdür. İzosiyanat tutkalı yüksek derecede rutubet direncine sahip olması ve plastik veya diğer odun dışı malzemelerin oduna yapıştırılması gibi avantajları da vardır (Çavuş, 2008; Ansell, 2015).

Bu tutkal pahalı olması dezavantajının yanı sıra solunduğunda deride ve akciğerde tahriş edici etkiye sahiptir. Bu nedenle astım ve diğer akciğer rahatsızlıklarına sebep olabilmektedir (Çavuş, 2008).

2.2.3. Sertleştirici Maddeler

Sertleştirici maddeler, levha endüstrisinde liflerin veya yongaların, tutkal ile sıcak presleme esnasında sertleşmenin kısa sürmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bu sertleştirici maddenin sentetik tutkaldaki miktarları arzu edilen levhanın özelliklerine göre en uygun miktarda ilave edilmektedir. OSB üretiminde sertleştirici, karıştırıcı

içerisinde tutkal ile aynı anda farklı enjektör yardımıyla yongalara nüfuz ettirilir (Bozkurt ve Göker, 1990).

ÜF tutkalında sertleştirici olarak, amonyum klorür ve amonyum sülfat kullanılmaktadır. Ancak amonyum klorür, amonyum sülfata göre daha çok tercih edilir, bunun nedeni ise; Amonyum klorür kullanıldığında meydana gelen tuz asidi (HCl)'nin uçucu olmasından dolayı levha taslağının her tarafında homojen bir şekilde yayılmasını ve homojen sertleşmesini sağlamasıdır. Amonyum sülfat kullanılması halinde ortaya çıkan sülfürik asit (H_2SO_4) uçucu olmadığı için levhaya homojen olarak yayılmaz ve sertleşmede düzensizlikler meydana gelmektedir (Bozkurt ve Göker, 1990).

2.2.4. Su İtici Maddeler

Su itici maddeler OSB'nin rutubetli ortamlarda çalışmasını azaltmak amacıyla kullanılır. Parafin ve mumlar su itici maddelerdir. Su itici maddeler levhanın boşluklarına yerleşerek su moleküllerinin bu boşluklara girmelerini engellerler (Suchland ve Woodson, 1991).

OSB üretiminde parafin emülsiyonu tam kuru yonga ağırlığına oranla %2-2,5 oranında karıştırılarak kullanılmaktadır. Bu oranın aşılması durumunda tutkallamayı engelleyici etkisi görüldüğü gibi levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerinde azalmaya neden olmaktadır (Suchland ve Woodson, 1991).

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. Malzeme

3.1.1. Kullanılan Ağaç Çeşitleri ve Özellikleri

Flake yongasının hazırlanmasında %100 oranında Sarıçam (*Pinus sylvestris*) odunu kullanılmıştır. Sarıçam'ın yetiştirme ortamlarına göre 20-40 metre boy, 70-80 cm çap ve çoğunlukla 100-120 yıl idare müddeti vardır. Üretimde kullanılan sarıçam odunu Sinop Ayancık ve Boyabat Göktepe ormanlarından SFC Entegre Orman Ürünleri A.Ş tarafından temin edilmiştir.

3.1.2. Flake Talaşı

Bu araştırmada, SFC Entegre Orman Ürünleri A.Ş tarafından ticari OSB üretiminde kullanılmak üzere üretilmiş %5 rutubete kadar kurutulmuş, 25 mm genişliğinde, 100 mm uzunlunda ve 0,5 mm kalınlığındaki %100 sarıçam odunundan elde edilmiş ve tutkal ilave edilmemiş flake talaşı kullanılmıştır.

3.1.3. Levha üretiminde kullanılan kimyasal katkı maddeleri

OSB levhalarının üretiminde; üre-formaldehit tutkalı, parafin emülsiyonu, melamin-üre formaldehit tutkalı, P-MDI tutkalı ve amonyum sülfat kimyasalları kullanılmış olup kimyasalların özellikleri Tablo 3.1 ve 3.2'de verilmiştir. Bu kimyasallar SFC Entegre Orman Ürünleri A.Ş tarafından temin edilmiştir.

%60'lık üre formaldehit tutkalı, sertleştirici madde olarak kullanılan Amonyum Sülfat ile karıştırılarak karıştırıcı vasıtasıyla Flake yongalarına enjekte edilmiştir. Kuru yonga ağırlığına oranla %10 faktörle verilen katı tutkal içerisindeki sertleştirici madde oranı %1 seviyede verilmiştir. Sertleştirici olarak kullanılan amonyum sülfatın katı madde oranı %20'dir. Bu şartlardaki tutkalın jelleşme yani sertleşme zamanı 65 sn olarak elde edilmiştir. Su itici madde olarak kullanılan parafin emülsiyonunun katı madde oranı %40 ve kullanım miktarı ise tüketilen katı tutkala

oranla %2,5 seviyededir. Parafin emülsiyonu, karıştırıcı vasıtasıyla tutkallama işleminden önce yonga içerisine verilmiştir.

Tablo 3.1. Üretimde kullanılan tutkalların karakteristik özellikleri

	Birim	Üre Formaldehit Baks E1	Melamin Üre Formaldehit	P-MDI
Görünüş		Süt beyazı, sıvı	Şeffaf beyaz, sıvı	Koyu kahve, sıvı
Katı Madde	(%)	60	60	100
Yoğunluk (20 C°)	(gr/cm ³)	1,240	1,40	1,23
Vizkosite (20 C°)	(Cps)	300-600	300-600	170-250
Jelleşme Zamanı (100 C°) (%10 luk NH₃SO₄)	(Sn)	75-80	80-85	—
pH		7,5 – 9	7,5 – 9	—
Serbest Formaldehit Miktarı	(%)	0,2 max	0,2 max	—
Depolama Zamanı (20 C°, gün)	(Gün)	30	30	60

Tablo 3.2. Üretimde kullanılan diğer kimyasalların karakteristik özellikleri

Parafin		
Tür		Işıksan IK - 1200
Görünüş		Açık krem
Katı Madde	(%)	40
Ph		7
Yoğunluk	(gr/cm ³)	0,94
Erime Noktası	(°C)	54 – 56
Yağ Oranı	(%)	1,5
Sertleştirici		
Tür		Amonyum Sülfat
Görünüş		Kirli beyaz
Katı Madde	(%)	20
Ph		6-7
Yoğunluk	(gr/cm ³)	1,05

3.1.4. Terazi

Flake yongalarının, tutkal, parafin ve sertleştirici gibi kimyasalların tartılması işlemlerinde 0,1 g hassasiyetteki terazi kullanılmıştır.

3.1.5. Tambur Blender

Kastamonu Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü Odun Mekaniği Anabilim Dalı laboratuvarında bulunan 0,8 m çapında ve 1,2 m uzunluğundaki silindirik karıştırma tamburu flake yongalarına tutkal, parafin ve sertleştirici gibi kimyasal maddelerin nüfuz edilmesinde kullanılmıştır. Elektrik motorundan hareket alan tambur karıştırıcısı 20 devir/dk. hız ile dönmektedir (Fotoğraf 3.1).



Fotoğraf 3.1. OSB üretiminde kullanılan blender

3.1.6. Enjektör Sistemi

Blender üzerinde iki adet basınçlı hava beslemesi ile çalışan otomatik AGF-506-92E model enjektör tabancası ile kimyasalların yongalar üzerine nüfuzu sağlanmıştır. Enjektör tabancaları karıştırıcı tamburunun merkezine spreyleme yapacak şekilde sabitlenmiş konumdadır.

3.1.7. Form Kalıpları

Form kalıpları masif odundan yapılmış ve ebatları kenarları kesilmemiş ham levha ebatları olan 310x360 mm'dir. Form kalıbının üst ve alt kısımları açık bırakılmıştır.

Bu sayede üst kısımdan yonga serilme işlemi gerçekleştirilebilmekte ve form oluşturulduktan sonra kalıp kolaylıkla çıkarılabilmektedir (Fotoğraf 3.2).



Fotoğraf 3.2 OSB üretiminde kullanılan kalıplar

Form kalıbının altına, yonga serilmeden önce daha geniş 500x500 mm ebatlarında 3 mm kalınlığında metal sac konulmuştur. Bu sac üzerinde form kalıbı yardımıyla serme işlemi gerçekleştirildikten sonra kalıp alınmadan önce el ile ön pres işlemi uygulanır ve sonrasında form kalıbı alınarak form preslenmeye hazır hale getirilmiş olur (Fotoğraf 3.3). OSB levhasının hidrolik pres altında nihai kalınlığını oluşturmak üzere 10mm kalınlığında basınca dayanıklı metal kalınlık çitası kullanılmıştır.



Fotoğraf 3.3. Preslenmeye hazır form kalıbı

3.1.8. Hidrolik Pres

OSB levhalarının preslenmesinde, uygulanacak basınç, sıcaklık ve süresinin manuel ayarlandığı ve plakaları elektrik ile ısıtılan SSP125 model Cemil Usta hidrolik pres kullanılmıştır. Pres plakaların ebatları 600x600 mm olup maksimum 350 bar/50 psi basınç uygulanabilmektedir (Fotoğraf 3.4).



Fotoğraf 3.4. OSB üretiminde kullanılan hidrolik pres

3.2. Deneysel Yöntemler

3.2.1. Deney Numunelerinin Hazırlanması

OSB üretiminde Kastamonu Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü Odun Mekaniği Anabilim Dalı laboratuvarında mevcut olan ekipmanlar kullanılmıştır. OSB üretiminde kullanılan Flake yongaları %5 rutubete kadar kurutulmuş olarak SFC Entegre Orman Ürünleri A.Ş` den temin edilmiştir. Buna karşın laboratuvar şartlarında kullanılan ölçekler ve ebatlar ticari üretimde kullanılan ölçekler ve ebatlardan farklı olmaktadır. Devam eden safhalarda karıştırıcı ile tutkal katılması, form tabakasının oluşturulması ve presleme takip etmektedir.

Bu çalışmada kullanılan flake yongaları sarıçam odunundan elde edilmiştir. Sarıçam odununun, pallman marka flaker makinesinde yongalanmadan önce kabuk soyucu tamburunda kabukları soyulur. İdeal yonga ebatlarında 50-150 mm uzunluk, 5-30

mm genişlik ve 0,3-0,8 mm kalınlıkta yongalanan yongalar kurutma işleminden önce yaş bunkerde depolanırlar. Yaş yongaların bunkerde biriktirilmesi ile kurutma işleminin homojen olarak gerçekleşmesi ve istenilen rutubet oranının sabit olması gerçekleştirilmiş olur.

Kurutma kapasitesi ve yaş yongaların rutubet oranına bağlı olarak miktarı belirlenen flake yongaları bant konveyör yardımıyla üç yollu kurutma tamburuna alınır ve burada %5-7 rutubete kadar kurutulur. Kurutma işleminden sonra yongalar eleklerden geçirilerek orta tabaka ve yüzey tabakası yongası olmak üzere farklı bunkerlerde depolanmaktadır.

Flake yongaları %5 rutubet oranına kadar kurutulup orta tabaka ve yüzey tabakası yongası olarak ayrıldıktan sonra laboratuvar şartlarında tutkallama, levha kalıbını oluşturma ve presleme işlemleri tamamlanmıştır.

Hazırlanan bütün deney örneklerinde %1 oranında sertleştirici, %2,5 oranında su itici madde ve %11 oranında tutkal kullanılmıştır. Kullanılan tutkalın %50` si orta tabakada geriye kalan %50`si ise yüzey tabakalarında kullanılmıştır. İlk olarak su itici madde Flake yongasına nüfuz ettirilmiş ve sonrasında tutkal ve sertleştirici aynı anda sisteme verilmiştir. Levha kalıbı oluşturulurken orta tabaka ve yüzey tabakası yongaları birbirlerine dik gelecek şekilde serme işlemi gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan Levha kalıplarının 180 °C sıcaklıkta 280 bar basınç altında 300 sn süre ile presleme işlemi gerçekleştirilmiştir.

Laboratuvar şartlarında üretilen deney levhalarının orta tabakası ve yüzey tabakasında kullanılan tutkal çeşitleri Tablo 3.3`de belirtilmiştir. Kenarları kesilmemiş ham levhanın ebatları 310x360 mm`dir. Levhanın kenarları kesildikten sonraki nihai ebatlar ise 300x350 mm`dir. Bu ölçülerdeki levhanın yoğunluğu 700 kg/m³ gelecek şekilde yonganın ağırlığı hesaplanmıştır. Her bir levhanın yüzey tabakalarının toplamı tüm levhanın %60`ını, orta tabakası ise %40`ını oluşturmaktadır. Karıştırıcı içerisinde yongalara nüfuz ettirilen parafin, tutkal ve sertleştirici maddeler ise yüzey ve orta tabakalarına ağırlıkça aynı oranda katılmıştır.

Tablo 3.3. Üretilen levhaların yüzey ve orta tabakalarında kullanılan tutkallar

Deney No	Orta tabaka Tutkalı	Yüzey tabakası Tutkalı
1	MÜF	MÜF
2	ÜF	ÜF
3	P-MDI	P-MDI
4	P-MDI	ÜF
5	P-MDI	MÜF
6	%5 P-MDI +%95 MÜF	MÜF
7	%10 P-MDI +%90 MÜF	MÜF
8	%5 P-MDI +%95 ÜF	ÜF
9	%10 P-MDI +%90 ÜF	ÜF

3.2.2. Üretilen OSB'lerin Testleri

Deney numuneleri boyutlarının tayini TS EN 325'e göre ahşap esaslı levhalardan numune alma ve kesme; deney numunelerinin seçimi, kesimi ve deney sonuçlarının gösterilmesi standardına göre yapılmıştır.

3.2.2.1. Suda Kalınlığına Şişme (24 saat)

Örneklerin 24 saat su alma miktarının belirlenmesinde 50x50 mm ebatlarındaki numuneler kullanılmıştır. Numunelerin kalınlıkları 0,1mm duyarlıkta kumpas ile ölçüldükten sonra içerisindeki suyun sıcaklığı 20 ± 1 °C olan termostatlı su banyosuna numuneler birbirine değmeyecek şekilde yerleştirilmiştir (Fotoğraf 3.5).



Fotoğraf 3.5. Suda kalınlığına şişme testi numuneleri

Numuneler 24 saat sonra sudan çıkarılarak kalınlıkları kumpas ile ölçülmüştür. Su alma miktarı eşitlik 3.1'e göre hesaplanmıştır.

$$K_a = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \times 100 (\%) \quad (3.1)$$

Burada;

K_a = Kalınlık artım oranını (%),

t_1 = Örnek numunenin suya daldırmadan önceki kalınlığı (mm),

t_2 = Örnek numunenin suya daldırıldıktan sonraki kalınlığı (mm)

3.2.2.2. *Yüze Dik Yönde Çekme Direnci*

Yüze dik çekme direnci deneyleri TS-EN 319'da verilen standartlara uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Her deneme numunelerinden 10 adet olmak üzere 50x50 mm boyutlarında numuneler hazırlanmıştır. Numuneler, nisbi rutubeti %65 ± 5 ve sıcaklığı 20 ± 2 °C olan ortamda sabit tartıma gelinceye kadar klimatize edilmiştir. Daha sonra her bir deney numunesinin uzunluk ve genişliği TS-EN 325 (1999)'e uygun olarak 0,01 mm duyarlılıktaki kumpasla ölçülmüştür. Bu işlemlerin ardından numunelerin her iki yüzeyine standartlarda belirtilen profillere uygun alüminyum aparatlar hazırlanmıştır. Bu amaçla polivinil asetat tutkalı (PVAc) kullanılmıştır.



Fotoğraf 3.6. Yüzeye dik yönde çekme direnci testi

Yüzeye dik çekme direnci deneylerinin yapılmasında Fotoğraf 3.6'da gösterildiği gibi IB 600 İmal marka test makinası kullanılmıştır.

Deney numunesi, test makinasının kavrama çeneleri arasına yerleştirilmiş ve çekme kuvveti uygulanarak kırılmıştır. Kuvveti uygulayan başlığın hareket hızı, yükü deney boyunca sabit olarak uygulaması ve 60 ± 30 saniyede, deney parçasını koparacak maksimum kuvvete ulaşacak şekilde ayarlanmıştır. Deney numunesinin kopmasını sağlayan maksimum kuvvet %1 hassasiyetle ölçülerek kaydedilmiştir. Buna göre yüzeye dik çekme direnci eşitlik 3.2'ye göre hesaplanmıştır.

$$f(t) = \frac{F_{\max}}{a \times b} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (3.2)$$

Burada;

$$f(t) = \text{Levha yüzeyine dik yönde çekme direnci (N/mm}^2\text{)}$$

F max = Kopma anındaki kuvvet (Newton)

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

3.2.2.3. Eğilme Direnci

Eğilme direnci deneyleri TS-EN 310 standardına göre yapılmıştır. Levha boyuna ve enine yönde hazırlanan örnek boyutları 310 x 50 x 10 mm olarak alınmıştır. Deney numuneleri 65 ± 5 °C nispi rutubet ve 20 ± 2 °C sıcaklık şartlarında sabit tartıma ulaşınca kadar klimatize edilmiştir. 24 saat ara ile yapılan tartımlarda birbirini izleyen iki ölçme arasında kütle farkının, deney parçası kütlesinin %0,1'inden fazla olmaması durumuna geldiğinde, bu ağırlık sabit kabul edilmiştir.



Fotoğraf 3.7. Eğilme direnci testi

Numunelerin klimatize edilme işlemi tamamlandıktan sonra numune üzerinde genişlikte yükün uygulanacağı yaklaşık bir noktadan, kalınlıklarda ise yüklemenin yapıldığı hat üzerinde iki noktadan 0,01 mm duyarlıkta kumpasla ölçerek ortalaması alınmıştır. Deneyler Fotoğraf 3.7’de gösterildiği gibi IB 600 İmal test makinesinde yapılmıştır. Buna göre her deney parçasının eğilme direnci eşitlik 3.3’e göre hesap edilmiştir.

$$E_d = \frac{3 \times F_{\max} \times L_s}{2 \times b \times t^2} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (3.3)$$

Burada;

E_d = Eğilme direnci (N/mm²)

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

L_s = Dayanakların eksenleri arasındaki mesafe (mm)

b = Deney numunesinin genişliği (mm)

t = Deney numunesinin kalınlığı (mm)

3.2.2.4. Formaldehit Miktarının Tayini

Formaldehit miktarının tayini TS-EN 120 standartlarına uygun olarak yapılmıştır. Formaldehit, kaynayan tolüen yoluyla deney numunelerinden ekstrakte edilir ve sonra damıtık veya mineralsiz su içine aktarılır. Bu sulu çözeltinin formaldehit muhtevası, asetil aseton metodu ile fotometrik olarak tayin edilir.

Deney numuneleri, levhanın her iki ucundan 500 mm genişliğindeki şeritler hariç levhanın genişliği boyunca düzenli olarak dağıtılmış bir şekilde alınmıştır. Levhanın rutubet miktarının belirlenmesi için 25x25 mm boyutlarında 12 adet deney numunesi alınmıştır. Perfaratör ile ayırma işlemi için yaklaşık 500 g kütlede ve aynı boyutlardaki deney numuneleri yeterli sayıda alınmıştır. Numune alma işlemi laboratuvar şartlarında üretilen levha soğutulduktan hemen sonra yapılmıştır ve deney numuneleri oda sıcaklığında hava sızdırmaz bir şekilde depolanmıştır. Formaldehit tayini, numuneler alındıktan sonra 72 saat içerisinde tamamlanmıştır.

Perfaratör değeri olarak bilinen formaldehit muhtevası, her 100 g etüvde kurutulmuş levhadaki, mg formaldehit olarak ifade edilmiş ve eşitlik 3.4'e göre hesaplanmıştır.

$$\text{Perfaratör değeri} = \frac{(A_S - A_B) \times f \times (100 + H) \times V}{M_H} \text{ (mg/100g)} \quad (3.4)$$

Burada;

A_S : Analiz edilen ekstraksiyon çözeltisinin absorbanası,

A_B : Deiyonize edilmiş veya damıtık su ile yapılan analizdeki absorbanas,

f : Standart eğrinin eğimi (mg/ml),

H : Ahşap esaslı panelin rutubet muhtevası (%),

M_H : Deney numunelerinin kütlesi (g),

V : Ölçülü balonun hacmi (2000 ml).

3.2.2.5. Çürüme Direnci Testi

İşlenmiş ve işlenmemiş OSB numuneleri EN113 standartlarına göre iki farklı kahverengi çürüklük mantarına (*Coniophera putuena* ve *Trametes versicolor*) maruz bırakılmıştır. Her iki mantar türü de %4,8'lik malt özü agar ortamında geliştirilmiştir. Test için kullanılacak agar 120°C sıcaklıktaki buhar ile 20 dk. sterilize edilmiş ve petri kabına konulmuştur. Deney numunelerine mantar aşılması yapıldıktan sonra petri kapları 23±2°C sıcaklıkta ve %65±5 bağıl nem ortamında numuneler tamamen mantar ile kaplanana kadar muhafaza edilmiştir. Deney sonrasında, kontrol numunelerinin tam kuru ağırlıkları belirlenmiş ve her biri 120°C sıcaklıktaki buhar ile 20 dk. sterilize edilmiştir. Sekiz kontrol ve deney numunesi çürüklük mantarına maruz bırakılmıştır. Altı haftalık mantar nüfuzunun ardından, hem kontrol hem de deney numunelerinin ağırlık kayıpları mantar nüfuzu öncesi ve sonrası kuru ağırlıkları üzerinden hesaplanmıştır (Freitag, 2006).

4. BULGULAR

4.1. Suda Kalınlığına Şişme Testi

ÜF, MÜF ve P-MDI tutkalları ile üretilen OSB'lere ait kalınlığına şişme yüzde oranları tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1. Suda Kalınlığına Şişme Değerleri

Deney No	Şişme Oranı (%)			Ortalama
1	24,49	25,00	23,71	24,40
2	22,87	25,26	28,39	25,51
3	17,83	16,75	15,52	16,70
4	21,78	20,23	18,00	20,00
5	20,40	24,74	21,15	22,10
6	32,90	40,87	35,11	36,29
7	35,71	34,69	35,86	35,42
8	39,38	44,36	41,87	41,87
9	39,39	55,61	45,50	46,83

Tutkal türünün suda kalınlığına şişme üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi ve Duncan testine göre ($P < 0,05$) farklı tutkallar ile üretilen OSB'ler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmüştür (Tablo 4.2).

Tablo 4.2. Suda Kalınlığına Şişme Değerlerine Ait İstatistik Verileri

Deney	n	Ortalama	Std.Sapma	Minimum	Maksimum	F	p	Grup
1	3	24,40	0,65	23,71	25,00	27,358	0,000	b
2	3	25,51	2,77	22,87	28,39			b
3	3	16,70	1,16	15,52	17,83			a
4	3	20,00	1,90	18,00	21,78			ab
5	3	22,10	2,32	20,40	24,74			ab
6	3	36,29	4,11	32,90	40,87			cd
7	3	35,42	0,64	34,69	35,86			cd
8	3	41,87	2,49	39,38	44,36			de
9	3	46,83	8,19	39,39	55,61			e

4.2. Yüzeye Dik Yönde Çekme Direnci

ÜF, MÜF ve P-MDI tutkalları ile üretilen levhalara ait yüzeye dik yönde çekme direnci değerleri tablo 4.3’de verilmektedir.

Tablo 4.3. Yüzeye Dik Yönde Çekme Direnci Değerleri

Deney No	Yüzeye Dik Yönde Çekme Direnci Değerleri (N/mm ²)			Ortalama
1	0,40	0,41	0,47	0,43
2	0,53	0,51	0,43	0,49
3	0,52	0,53	0,48	0,51
4	0,71	0,61	0,57	0,63
5	0,55	0,42	0,46	0,48
6	0,35	0,31	0,28	0,31
7	0,34	0,44	0,35	0,38
8	0,19	0,18	0,21	0,19
9	0,31	0,28	0,37	0,32

Tutkal türünün yüzeye dik yönde çekme direnci üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi ve Duncan testine göre ($P < 0,05$) farklı tutkallar ile üretilen OSB’ler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmüştür (Tablo 4.4).

Tablo 4.4. Yüzeye Dik Yönde Çekme Direncine Ait İstatistik Verileri

Deney No	n	Ortalama	Std.Sapma	Minimum	Maksimum	F	p	Grup
1	3	0,43	0,04	0,40	0,47	21,491	0,000	cd
2	3	0,49	0,05	0,43	0,53			d
3	3	0,51	0,03	0,48	0,53			d
4	3	0,63	0,07	0,57	0,71			e
5	3	0,48	0,07	0,42	0,55			d
6	3	0,31	0,04	0,28	0,35			b
7	3	0,38	0,06	0,34	0,44			bc
8	3	0,19	0,02	0,18	0,21			a
9	3	0,32	0,05	0,28	0,37			b

4.3. Eğilme Direnci

ÜF, MÜF ve P-MDI tutkalları ile üretilen levhalara ait eğilme direnci değerleri tablo 4.5’de verilmiştir.

Tablo 4.5. Eğilme Direnci değerleri

Deney No	Enine Yönde Eğilme direnci (N/mm ²)			Ortalama	Boyuna Yönde Eğilme direnci (N/mm ²)			Ortalama
1	10,20	11,70	10,83	10,91	20,18	16,75	18,06	18,33
2	18,34	28,65	19,47	22,15	31,16	23,70	24,13	26,33
3	16,37	17,21	13,25	15,61	38,53	31,15	35,33	35,00
4	10,30	9,67	9,02	9,66	26,36	27,01	26,53	26,63
5	9,30	11,03	9,52	9,95	28,59	25,08	27,03	26,90
6	17,07	19,43	13,44	16,65	20,95	18,83	20,21	20,00
7	13,88	9,87	13,12	12,29	30,23	25,56	26,81	27,53
8	14,86	19,52	14,12	16,17	28,70	27,49	22,01	26,07
9	12,21	20,52	15,55	16,09	24,15	18,96	21,16	21,42

Tutkal türünün Enine Yönde Eğilme direnci üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi ve Duncan testine göre ($P < 0,05$) farklı tutkallar ile üretilen OSB’ler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmüştür (Tablo 4.6).

Tablo 4.6. Enine Yönde Eğilme Direncine Ait İstatistik Verileri

Deney No	n	Ortalama	Std.Sapma	Minimum	Maksimum	F	p	Grup
1	3	10,91	0,75	10,20	11,70	5,697	0,001	ab
2	3	22,15	5,65	18,34	28,65			d
3	3	15,61	2,09	13,25	17,21			bc
4	3	9,66	0,64	9,02	10,30			a
5	3	9,95	0,94	9,30	11,03			a
6	3	16,65	3,02	13,44	19,43			c
7	3	12,29	2,13	9,87	13,88			abc
8	3	16,17	2,93	14,12	19,52			bc
9	3	16,09	4,18	12,21	20,52			bc

Tutkal türünün Boyuna Yönde Eğilme direnci üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi ve Duncan testine göre ($P < 0,05$) farklı tutkallar ile üretilen OSB'ler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmüştür (Tablo 4.7).

Tablo 4.7. Boyuna Yönde Eğilme Direncine Ait İstatistik Verileri

Deney No	n	Ortalama	Std.Sapma	Minimum	Maksimum	F	P	Grup
1	3	18,33	1,73	16,75	20,18	10,390	0,000	a
2	3	26,33	4,19	23,70	31,16			b
3	3	35,00	3,70	31,15	38,53			c
4	3	26,63	0,34	26,36	27,01			b
5	3	26,90	1,76	25,08	28,59			b
6	3	20,00	1,08	18,83	20,95			a
7	3	27,53	2,42	25,56	30,23			b
8	3	26,07	3,56	22,01	28,70			b
9	3	21,42	2,61	18,96	24,15			a

4.4. Formaldehit Miktarının Tayini

ÜF, MÜF ve P-MDI tutkalları ile üretilen levhalara ait formaldehit miktarı değerleri tablo 4.8'de verilmiştir.

Tablo 4.8. Formaldehit Miktarı Değerleri.

Deney No	Formaldehit miktarı (mg/100g)			Ortalama
1	5,86	6,55	6,11	6,17
2	6,68	6,45	7,22	6,78
3	0	0	0	0,00
4	3,55	4,18	3,43	3,72
5	4,24	3,79	3,91	3,98
6	5,70	5,89	4,81	5,47
7	6,27	5,35	6,42	6,01
8	6,51	6,05	6,88	6,48
9	3,49	3,72	3,17	3,46

Tutkal türüne göre formaldehit miktarını belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi ve Duncan testine göre ($P < 0,05$) farklı tutkallar ile üretilen OSB'ler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmüştür (Tablo 4.9).

Tablo 4.9. *Formaldehit Miktarına Ait İstatistik Verileri*

Deney No	n	Ortalama	Std.Sapma	Minimum	Maksimum	F	P	Grup
1	3	6,17	0,35	5,86	6,55	88,652	0,000	cde
2	3	6,78	0,40	6,45	7,22			e
3	3	0,00	0,00	0,00	0,00			a
4	3	3,72	0,40	3,43	4,18			b
5	3	3,98	0,23	3,79	4,24			b
6	3	5,47	0,58	4,81	5,89			c
7	3	6,01	0,58	5,35	6,42			cd
8	3	6,48	0,42	6,05	6,88			de
9	3	3,46	0,28	3,17	3,72			b

4.5. Çürüklük Testi

ÜF, MÜF ve P-MDI tutkalları ile üretilen levhalara ait çürüklük testi ağırlık değerleri tablo 4.10’de verilmiştir.

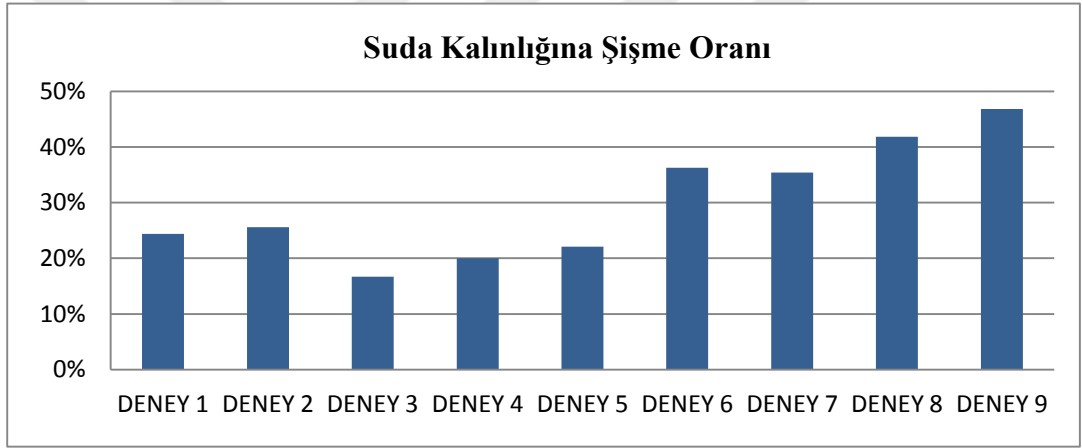
Tablo 4.10. Çürüklük Testi Değerleri

Deney No	İlk Ağırlık (g)	Son Ağırlık (g)	Kayıp (%)	Deney No	İlk Ağırlık (g)	Son Ağırlık (g)	Kayıp (%)
1	0,6647	0,6348	4,50	6	0,5974	0,5886	1,47
	0,9523	0,9328	2,05		0,5681	0,5622	1,04
	0,8312	0,7811	6,03		0,7025	0,6811	3,05
	0,9606	0,9095	5,32		0,9052	0,8998	0,60
	0,9021	0,8127	9,91		0,8348	0,7411	11,22
	0,8996	0,8186	9,45		0,8237	0,7184	12,78
2	1,0172	0,6814	33,01	7	0,7204	0,6464	10,27
	1,0068	0,7428	26,22		0,7287	0,6238	14,40
	1,0983	0,7985	27,30		0,7159	0,6767	5,48
	0,8671	0,5992	30,90		0,6369	0,6068	4,73
	1,0436	0,5947	43,01		0,9657	0,8743	9,46
	0,9192	0,6317	31,28		0,9321	0,8702	6,64
3	0,9309	0,728	21,80	8	0,8185	0,7326	10,49
	0,7024	0,7002	25,15		0,7519	0,7207	4,15
	0,8160	0,6018	26,25		0,9848	0,942	4,35
	0,9542	0,8025	15,90		0,6562	0,6396	2,53
	0,7615	0,6766	11,15		0,9211	0,8836	4,07
	0,7903	0,6731	14,83		0,5130	0,4353	15,15
4	1,0611	0,9978	5,97	9	1,0348	0,9834	4,97
	1,0963	1,056	3,68		1,0007	0,8798	12,08
	1,0541	0,9854	6,52		0,9647	0,8503	11,86
	0,8142	0,7474	8,20		0,6964	0,6141	11,82
	1,3464	1,2115	10,02		0,5893	0,5891	0,03
	0,7723	0,7572	1,96		0,6161	0,5862	4,85
5	0,7344	0,6614	9,94				
	0,6460	0,5327	17,54				
	0,8734	0,7288	16,56				
	0,6867	0,6241	9,12				
	0,8081	0,7147	11,56				
	0,7731	0,7096	8,21				

5. TARTIŞMA

5.1. Suda Kalınlığına Şişme Testi

Üç farklı tutkal türü ile yapılan deney numunelerinin 24 saatlik kalınlığına şişme yüzdelerini karşılaştırmak amacıyla varyans analizi ve duncan testi gerçekleştirilmiş olup en yüksek suda kalınlığına şişme oranı orta tabakada %10 P-MDI tutkalı içeren ÜF tutkalı ile üretilen 9 numaralı deney numunelerinde gerçekleşmiştir (Grafik 5.1). En düşük kalınlığına şişme oranı ise P-MDI tutkalı içeren 3 numaralı deney numunelerinde olmuştur.



Grafik 5.1. Suda kalınlığına şişme oranı

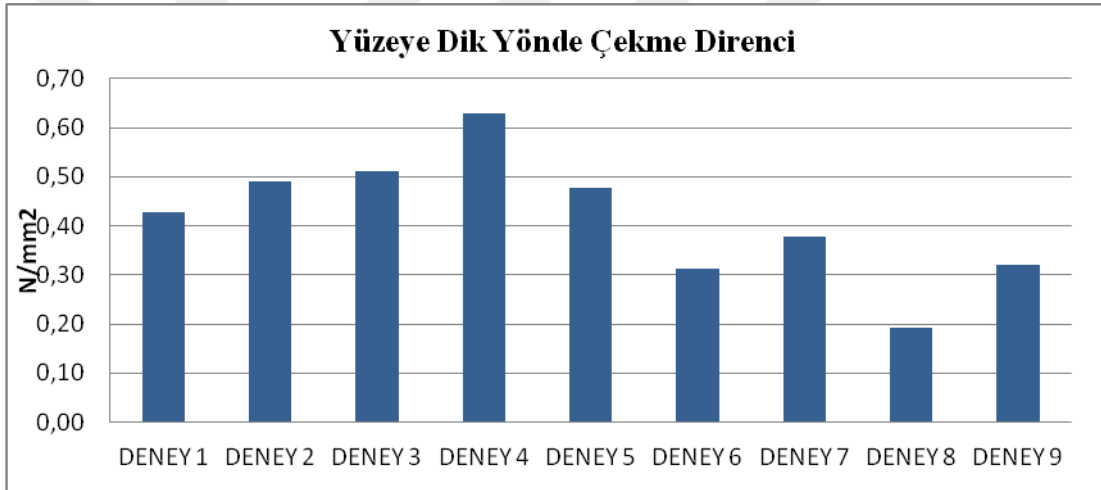
Yalnızca ÜF tutkalı ile yapılan deney numunelerinin kalınlığına şişme oranı %25 iken, orta tabakasına P-MDI tutkalı ilave edilmesi sonucunda şişme oranında artış meydana gelmiştir. %5 P-MDI ilaveli 8 nolu deney numunelerinde bu oran %42 iken %10 P-MDI ilaveli 9 nolu deney numunelerinde bu oran %47'ye çıkmıştır. Aynı şekilde yalnızca MÜF tutkalı ile yapılan deney numunelerinin şişme oranı %24 iken %5 ve %10 P-MDI tutkalı ilaveli deney numunelerinde bu oran sırasıyla %36 ve %35 olmuştur.

Bu değerlere bakıldığında MÜF ve ÜF tutkallarının orta tabakada P-MDI tutkalı ile belirli oranlarda karıştırılarak yapılan deney numunelerinin kalınlığına şişme yüzde oranlarının arttığı görülmektedir. MÜF ve ÜF tutkalına P-MDI tutkalı ilave edilerek

üretilen OSB'lerin suya karşı direncinin azaldığı tespit edilmiştir. Buna karşın orta tabakada yalnızca P-MDI tutkalı kullanılarak üretilen OSB'lerde suya karşı direncin yüksek olduğu tespit edilmiştir.

5.2. Yüzeye Dik Yönde Çekme Direnci

Üç farklı tutkal türü ile yapılan yüzeye dik yönde çekme direnci testi sonuçları birbiri ile karşılaştırıldığında en yüksek değer orta tabakada P-MDI tutkalı yüzey tabakalarında ise ÜF tutkalı kullanılarak üretilen 4 nolu OSB'ler de, en düşük yüzeye dik yönde çekme direnci ise orta tabakasında %5 oranında P-MDI tutkalı bulunduran ÜF tutkalı ile üretilen 8 nolu OSB'ler de elde edilmiştir (Grafik 5.2).



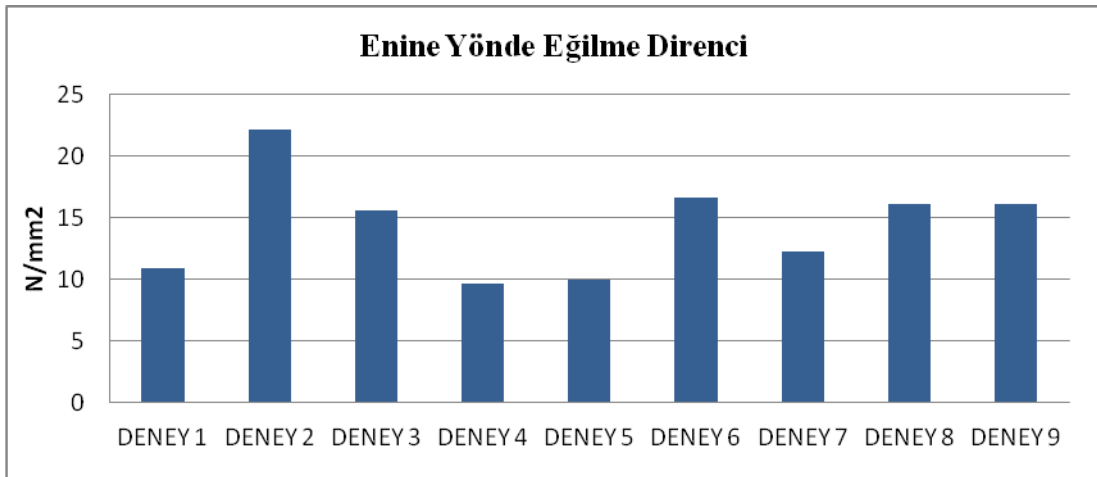
Grafik 5.2. Yüzeye dik yönde çekme direnci

Yalnızca MÜF tutkalının kullanıldığı 1 nolu OSB numunelerinde yüzeye dik yönde çekme direnci ortalaması $0,42 \text{ N/mm}^2$ olmasına karşın orta tabakada kullanılan MÜF tutkalı içerisinde %5 ve %10 oranında P-MDI tutkalı ilave edildiğinde yüzeye dik yönde çekme direncinde düşüş gözlenmiş olup ortalamalar sırasıyla $0,31 \text{ N/mm}^2$ ve $0,38 \text{ N/mm}^2$ değerlerine düşmüştür. Yalnızca ÜF tutkalı kullanılarak yapılan 2 nolu OSB numunelerinde yüzeye dik yönde çekme direnci ortalama $0,49 \text{ N/mm}^2$ olarak belirlenmesine rağmen orta tabakada kullanılan ÜF tutkalı içerisinde %5 ve %10 oranında P-MDI tutkalı ilave edildiğinde yüzeye dik yönde çekme direncinde düşüş gözlenmiş olup bu ortalamalar $0,19 \text{ N/mm}^2$ ve $0,32 \text{ N/mm}^2$ olarak tespit edilmiştir.

Orta tabakada kullanılan tutkal içerisinde %5 ve %10 P-MDI tutkalı ilave edilerek yapılan 6, 7, 8 ve 9 nolu OSB numunelerinde yüzeye dik yönde çekme direnci değerleri incelendiğinde %5 oranında P-MDI tutkalı ilave edilen deney numunelerinin yüzeye dik yönde çekme direnci değerlerinin, %10 oranında P-MDI tutkalı ilave edilerek yapılan deney numunelerinden daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

5.3. Eğilme Direnci

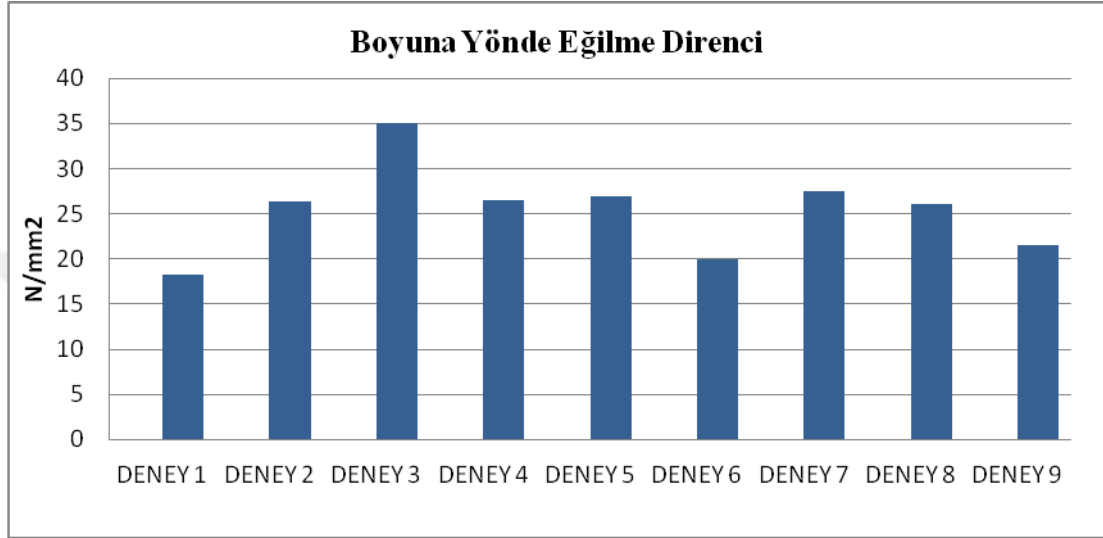
Üç farklı tutkal türü ile yapılan deney numunelerinin eğilme direnci değerleri birbiri ile karşılaştırıldığında enine eğilme direncinin en yüksek değerleri ÜF tutkalı ile üretilen OSB levhalarından elde edilmiştir. Orta tabakasında P-MDI tutkalı, yüzey tabakalarında ise ÜF tutkalının kullanıldığı 4 nolu deney numunelerinin enine eğilme direncilerinin ise en düşük olduğu belirlenmiştir. Orta tabakada kullanılan MUF tutkalı içerisinde %5 ve %10 oranında P-MDI tutkalı ilave edilerek yapılan 6 ve 7 nolu deney levhalarının enine eğilme direnci değerinin arttığı buna karşın orta tabakada kullanılan UF tutkalı içerisine %5 ve %10 oranında P-MDI tutkalı ilave edilerek yapılan 8 ve 9 nolu deney levhalarında ise enine eğilme direnci değerinin düştüğü görülmüştür (Grafik 5.3).



Grafik 5.3. Enine yönde eğilme direnci

Boyuna yönde eğilme direnci değerleri incelendiğinde P-MDI tutkalı kullanılarak üretilen 3 nolu OSB levhalarının boyuna yönde eğilme direnci değerinin en yüksek olduğu belirlenmiştir. MUF tutkalı kullanılarak üretilen 1 nolu OSB levhaları ile

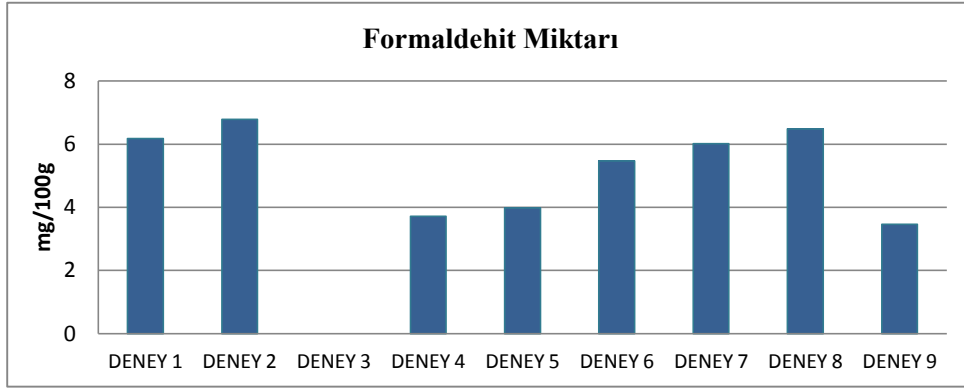
birlikte %5 P-MDI içerikli 6 nolu OSB levhaları ve %10 P-MDI içerikli 9 nolu OSB levhalarında boyuna yönde eğilme direncinin düşük olduğu belirlenmiştir. Orta tabakada kullanılan MÜF tutkalı içerisine %10 oranında P-MDI tutkalı ilave edilerek yapılan 7 nolu OSB levhalarının enine yönde eğilme direnci değerinin arttığı belirlenmiştir. (Grafik 5.4).



Grafik 5.4. Boyuna yönde eğilme direnci

5.4. Formaldehit Miktarının Tayini

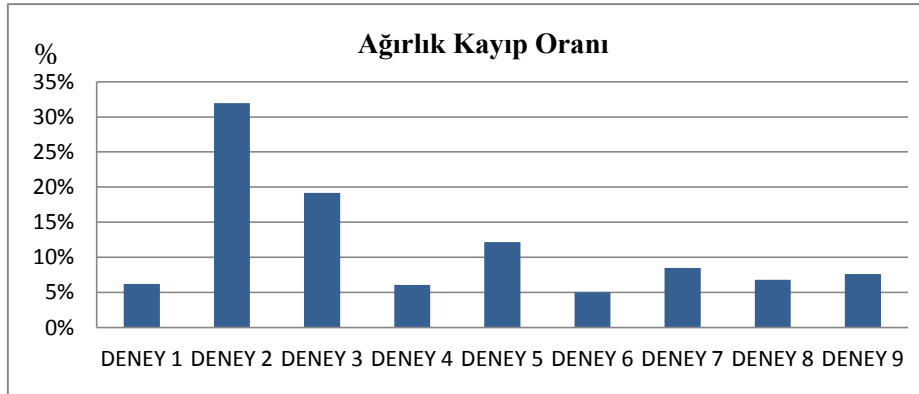
Üç farklı tutkal türü ile yapılan deney numunelerinin formaldehit içeriği birbiri ile karşılaştırıldığında en yüksek değer 2 nolu deney numunelerinde yani ÜF tutkalı kullanılarak yapılan levhalardan elde edilmiştir. En düşük formaldehit içeriği ise 4 nolu deney numunelerinde yani orta tabakasında yalnızca P-MDI tutkalı ve yüzey tabakalarında ise ÜF tutkalı kullanılarak yapılan deney numunelerinden elde edilmiştir (Grafik 5.5). Orta tabakasında MUF tutkalı içerisine %10 oranında P-MDI tutkalı ilave edilerek yapılan 9 nolu deney numunelerinde formaldehit oranının azaldığı görülmektedir.



Grafik 5.5. Formaldehit miktarı

5.5. Çürüklük Testi

Üç farklı tutkal türü ile yapılan deney numunelerinin çürüklük testi ağırlık kayıp oranları birbiri ile karşılaştırıldığında en yüksek ağırlık kaybı 2 nolu deney numunelerinde yani ÜF tutkalı kullanılarak yapılan OSB'lerden elde edilmiştir (Grafik 5.6).



Grafik 5.6. Ağırlık kayıp oranı

Orta tabakada kullanılan ÜF tutkalı içerisinde %5 ve %10 oranlarında P-MDI tutkalı ilave edilerek üretilen 8 ve 9 nolu deney levhalarında ağırlık kaybının belirgin şekilde azaldığı tespit edilmiştir. Yalnızca MÜF tutkalı kullanılarak üretilen 1 nolu deney levhaları ile orta tabakasında P-MDI ilaveli MÜF tutkalı kullanılarak üretilen

6 ve 7 nolu deney levhaları karşılaştırıldığında ise belirgin bir fark tespit edilememiştir.

ÜF tutkalı ve P-MDI tutkalı yalnız başına kullanıldığı zaman levhanın çürüklük direncinin düşük olduğu görülmüştür. Ancak bu tutkallar belirli miktarda karıştırılarak OSB üretiminde kullanıldığı zaman çürüklük direncinin arttığı tespit edilmiştir.



6. SONUÇ

Ülkemizde OSB tüketimi her geçen gün artmaktadır. Bu artış ile birlikte OSB'lerin formaldehit emisyonu ve çevre faktörü de önem kazanmaktadır. Dünyada ve ülkemizde levha üretimi ve kullanımı süresince meydana gelen formaldehit emisyonunu azaltmak amaçlanmaktadır.

Bu çalışmada farklı tutkal ve karışımları kullanılarak laboratuvar şartlarında üretilen yönlendirilmiş yonga levhaların (OSB) bazı fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değişimler incelenmiştir. Ayrıca üretilen OSB'lerin formaldehit emisyonu miktarının azaltılması amacıyla üretilen levhaların orta tabakasında kullanılan tutkal içerisine %5 ve %10 oranlarında P-MDI tutkalı ilave edilmiştir.

Deney sonuçlarına bakıldığında OSB levhalarının orta tabakasında kullanılan tutkalı P-MDI tutkal miktarı arttıkça formaldehit emisyonu azalmaktadır. Dolayısıyla kapalı alanlarda kullanılacak OSB'lerin üretiminde P-MDI tutkalı yada belirli miktarda P-MDI tutkalı ilave edilmiş tutkallar tercih edilebilir. OSB üretiminde yaygın olarak kullanılan UF tutkalına %10 oranında P-MDI tutkalı ilave edildiğinde formaldehit emisyonunun azaldığı belirlenmiştir.

Yüzeye dik yönde çekme mukavemet değerleri incelendiğinde yalnızca P-MDI, ÜF ve MÜF kullanılarak üretilen OSB'lerin mukavemet değerlerinin yüksek olduğu fakat orta tabakada %5 oranında P-MDI tutkalı ilave edilerek üretilen OSB'lerin mukavemet değerlerinin azaldığı, P-MDI oranının %10'a çıkarıldığında ise tekrar artış gösterdiği belirlenmiştir. Bu nedenle mukavemet gerektiren kullanım alanlarında %10 ve üzerinde P-MDI tutkalı ilave edilerek üretilen OSB levhaları tercih edilebilir.

Suda kalınlığına şişme oranları incelendiğinde yalnızca P-MDI tutkalı kullanarak üretilen OSB'lerin suya karşı en fazla direnç gösteren levhalar olduğu belirlenmiştir. P-MDI tutkalı suya karşı oldukça dirençli olmasına rağmen orta tabakada MÜF ve ÜF tutkalına ilave edilerek üretilen OSB'lerin suya karşı direnci azalmaktadır. Suya karşı direncin azalması OSB'lerin açık alanlarda kullanılmasını olumsuz

etkileyecektir. Bu nedenle dış ortamlarda kullanılacak OSB'lerin orta tabakasında yalnızca P-MDI tutkalının kullanılması önerilebilir. Üretilen OSB'lerin orta tabakasında P-MDI ilaveli tutkal kullanılması levhaların çürüklüğe karşı direncini artmıştır ve ağırlık kaybı oranları azalmıştır. Yalnızca ÜF tutkalı ile üretilen OSB'lerin çürüklük direnci çok az iken orta tabakada ÜF tutkalı ile P-MDI karıştırılarak kullanıldığında OSB'lerin çürüklüğe karşı direnci artmıştır.



7. KAYNAKLAR

- Anonim (2004). *TM 422 – OSB Design Manual: Construction Sheathing and Design Rated Oriented Strand Board*, Ontario: Structural Board Association.
- Ansell, M. P. (2015). *Wood Composites*. Cambridge, UK: Woodhead Publishing.
- Bertaud, F. (2012). Development of Green Adhesives for Fiberboard Manufacturing, Using Tannins and Lignin from Pulp Mill Residues. *Cellulose Chemistry and Technology*, 46(7-8), 449-455.
- Bowyer, J. L., Shmulsky R. (2007). *Forest Products and Wood Science: An Introduction*. Blackwell Publishing: Iowa.
- Chen, S., ChunGui D., Wellwood R. (2010). Effect of panel density on major properties of oriented strandboard. *Wood and Fiber Science*, 42(2), 177-184.
- Cogliano, V. J., Grosse, Y. & Baan, R. A. (2005). Meeting report: summary of IARC monographs on formaldehyde, 2-butoxyethanol, and 1-tert-butoxy-2-propanol. *Environmental Health Perspectives*, 113(9), 1205-1208.
- Cognard, P. (2005). *Handbook of Adhesives and Sealants: Basic Concepts and High Tech Bonding*. Oxford : Elsevier Ltd.
- Çavuş, V. (2008). I-214 (Populus X Euramericana) Melez Kavak Klonundan Fenol Formaldehit Ve Üre Formaldehit Tutkalı Kullanılarak Üretilmiş Paralel Şerit Kerestelerinin (Pşk) Bazı Fiziksel Ve Mekanik Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Kahramanmaraş
- Çolak, S. (2003). Sentetik Fenolik Tutkallara Alternatif Olarak Tanenli Yapıştırıcılar. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 4(1), 76-82.
- Douglas, D., Qinglin, Guangping H. (2013). *Introduction to Wood and Natural Fiber Composites*. West Sussex: John Wiley & Sons.
- Fechtal, M., Riedl, B. & Calve, L. (1993). Modeling of tannins as adhesives. I. Condensation of the (+)-catechin with formaldehyde. *Holzforschung-International Journal of the Biology, Chemistry, Physics and Technology of Wood*, 47(5), 419-424.
- Fidan, S. M., Ertaş, M. & Alma, H. M. (2010). Orman Ürünleri Sanayisinde Sentetik Tutkallara Alternatif Olarak Doğal Tutkalların Kullanılması. *III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi*, 1743-1753.
- Frihart, C.R. (2005). Wood Adhesion and Adhesives. R. Rowell (Eds.), *Handbook of wood chemistry and wood composites* (pp. 255-321). New York: CRC Press.

- Frihart, C.R., Hunt, C.G. & Birkeland, M.J. (2014). Soy Proteins as Wood Adhesives. W. Gutowski & H. Dodiuk (Eds.), *Recent Advances in Adhesion Science and Technology* (pp. 277-295). New York: CRC Press.
- Güller, B. (2001). Odun Kompozitleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2, 135-160.
- Heitner, C., Dimmel, D. & Schmidt, J. (2010). *Lignin and Lignans: Advances in Chemistry*. New York: CRC Press.
- Hoong, Y. B., Paridah, M. T. & Loh, Y. F. (2011) A new resource of natural adhesive: Acacia mangium bark extracts co-polymerized with phenol-formaldehyde for bonding Mempisang (Annonaceae spp.) veneers. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 31(3), 164–167.
- Hu, L., Pan H., Zhou Y. & Zhang, M. (2011). Methods to Improve Lignin's Reactivity as a Phenol Substitute and as Replacement for other Phenolic Compounds: A Brief Review. *BioResources*, 6(3), 1-11.
- Huş, S., (1977). *Ağaç Malzeme Tutkalları*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi.
- Irlle, M. A., Barbu, M. C., Reh, R., Bergland, L. & Rowell, M. R. (2013). Wood Composites. Rowell, R. M. (Eds.). *Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites, Second Edition* (pp 321-413). New York: CRC Press.
- Kalaycıoğlu, H. & Özen, R. (2007). *Yonga Levha Endüstrisi Ders Notları*. Trabzon: KTÜ Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü.
- Lambuth, A. (2013). Protein adhesives for wood. A. Pizzi & K.L. Mittal (Eds.), *Handbook of Adhesive Technology, Revised and Expanded*. New York: CRC Press.
- Maloney, T. M. (1993). *Modern particleboard and dryprocess fibreboard manufacturing*. San Francisco, CA: Miller Freeman Inc.
- Mankar, S. S., Chanudhari, A. R. & Soni, I. (2012). Lignin in Phenol-Formaldehyde Adhesives. *International Journal of Knowledge Engineering*, 3(1), 116-118.
- Minford, J.D. (1991). *Treatise on Adhesion and Adhesives*. New York: CRC Press.
- Mulik, A. I., Fauzi, F. (2013). Properties of Oriented Strand Board (OSB) Made from Mixing Bamboo. *ARNP Journal of Science and Technology*, 3 (9),
- Pizzi, A. (1994). *Advanced wood adhesives technology*. New York: CRC Press.
- Pizzi, A. (2008). Tannins: major sources, properties and application. A. Gandini & M.N. Belgacem (Eds.), *Monomer, polymers and composite from renewable resources* (pp. 179-200). Amsterdam: Elsevier.

- Özen, R. (1981). Çeşitli Faktörlerin Kontrplağın Fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Yaptığı Etkilere İlişkin Araştırmalar, KTÜ, *Orman Fakültesi Yayınları*, Fakülte yayın No:120, S:168. Trabzon
- Schmidt, R. G. (1998). Aspects of wood adhesion: applications of ¹³C CP/MAS NMR and fracture testing. PhD Thesis. *Virginia Polytechnic Institute and State University*. Virginia.
- Skovbo, H. (2015). *OSB: Technical Information Sheet*. Brussels: European Panel Federation.
- Suarez, J. C. (2011). Bioadhesives. Lucas, F. M. da Silva, A. Ochsner, R. Adams *Handbook of Adhesion Technology* (pp.1385-1409). Berlin: Springer-Verlag.
- Suchland, O., Woodson, G.E. (1991). *Fiberboard Manufacturing Practices in the United States*. U.S. Louisiana: Department of Agriculture.
- FSuzuki, S., Takeda, K. (2000). Production and properties of Japanese oriented strand board I: effect of strand length and orientation on strength properties of sugi (*Cryptomeria japonica*) oriented strand board. *J Wood Sci* 46: 289-295.
- Thoemen, H., Irlle, M., Sernek, M. (2010). *Wood-Based Panels*. London: Brunel University Press.
- Zerbe JI.; Cai Z. Harpole GB. (2015). *An evolutionary history of oriented strandboard (OSB)*. *General Technical Report FPL-GTR-236*. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture.
- URL-1. Huber Blue composition and certification, 15/09/2015 tarihinde <http://www.huberwood.com/other-products/huber-blue> adresinden alınmıştır.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Yasin Koç
Doğum Yeri ve Yılı : Ankara 1986
Medeni Hali : Evli
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : yasinn_koc@hotmail.com



Eğitim Durumu

Lise : Mamak Lisesi
Lisans : Karadeniz Teknik Üniversitesi

Mesleki Deneyim

İş Yeri : SFC Entegre Orman Ürünleri A.Ş 09.08.2011-(Halen)