

**KARAKAVAK (*Populus nigra* L.) ODUNUNUN  
YÖNLENDİRİLMİŞ YONGALEVHA (OSB)  
ÜRETİMİNDE KULLANILMASININ  
ARAŞTIRILMASI**

**2014  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MOBİLYA VE DEKORASYON EĞİTİMİ**

**Abdulkadir YILDIZ**

**KARAKAVAK (*Populus nigra* L.) ODUNUNUN YÖNLENDİRİLMİŞ  
YONGALEVHA (OSB) ÜRETİMİNDE KULLANILMASININ  
ARAŞTIRILMASI**

**Abdulkadir YILDIZ**

**Karabük Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalında  
Yüksek Lisans Tezi  
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK  
Ocak 2014**

Abdulkadir YILDIZ tarafından hazırlanan “KARAKAVAK (*Populus nigra* L.) ODUNUNUN YÖNLENDİRİLMİŞ YONGALEVHA (OSB) ÜRETİMİNDE KULLANILMASININ ARAŞTIRILMASI” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Şeref KURT



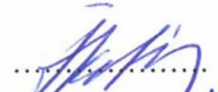
Tez Danışmanı, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 10/01/2014

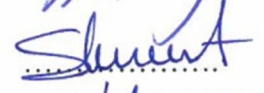
Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

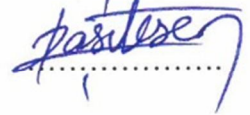
Başkan : Doç. Dr. Fatih YAPICI (OMÜ)



Üye : Doç. Dr. Şeref KURT (KBÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Raşit ESEN (KBÜ)



...../...../2014

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Mustafa BOZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*

Abdulkadir YILDIZ

## ÖZET

**Yüksek Lisans Tezi**

### **KARAKAVAK (*Populus nigra* L.) ODUNUNUN YÖNLENDİRİLMİŞ YONGALEVHA (OSB) ÜRETİMİNDE KULLANILMASININ ARAŞTIRILMASI**

**Abdulkadir YILDIZ**

**Karabük Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı:**

**Doç. Dr. Şeref KURT**

**Ocak 2014, 96 Sayfa**

Bu çalışmada, yönlendirilmiş yongalevhaların bazı fiziksel ve mekanik özelliklerine üretim koşullarının etkileri araştırılmıştır. Üretimde kullanılacak yonga (strand) boyutları literatür dikkate alınarak ortalama 80 mm uzunluğunda, 20 mm genişliğinde ve 0,6 mm kalınlığında olacak şekilde karakavak (*Populus nigra* L.) odunundan üretilmiştir. Yapıştırıcı madde % 47'lik fenol formaldehit tutkal çözeltisinden tam kuru yonga ağırlığına göre % 3-6-9 ve 12 olacak şekilde uygulanmıştır. Ayrıca, üretimde pres süresi 3-6-9 dakika, pres sıcaklığı 175-185-195°C ve pres basıncı ise 40 kg/cm<sup>2</sup> olarak uygulanmıştır.

Üretimi gerçekleştirilen deneme levhalarının hava kurusu yoğunluğu, denge rutubet miktarı, kalınlığına şişme ve su alma miktarları (24 saat), ısı iletkenlik katsayısı değeri, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü ve levha yüzeyine dik vida tutma

direnç değerleri belirlenmiştir. Elde edilen değerler SPSS paket programı ile ANOVA ve DUNCAN testi kullanılarak üretim parametrelerinin levhaların özelliklerine etkileri belirlenmiştir.

Yapılan deneyler sonucunda üretilen levhalarda ortalama denge rutubet miktarları % 6,79, ortalama yoğunluk değerleri 0,59-0,70 gr/cm<sup>3</sup>, ağırlık artışı değerleri % 43,81-92,86 arasında, kalınlık artışı değerleri % 11,50-44,62 arasında, ısı iletkenliği değerleri 0,179 W/mK ile 0,260 W/mK arasında, mekanik özelliklerden eğilme direnci 13,63 N/mm<sup>2</sup> ile 38,89 N/mm<sup>2</sup> arasında, eğilmeye elastikiyet modülü değeri 1387,50 N/mm<sup>2</sup> ile 6791,22 N/mm<sup>2</sup> arasında, levha yüzeyine dik vida tutma direncinin ise 453,75 N ile 1103,50 N arasında değiştiği gözlemlenmiştir.

Özellikle artan pres süresi ve pres sıcaklığının levhaların özelliklerini iyileştirici etki yaptığı görölmüştür. Tutkal oranının arttırılması ile aynı şekilde levha özelliklerinin iyileştiği ancak bu oranın % 12 kadar çıkartılması ile bazı mekanik özelliklerde tekrardan düşüşlerin olduğu gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler :** Yönlendirilmiş yongalevha (OSB), karakavak, fenol formaldehit, fiziksel özellikler, mekanik özellikler.

**Bilim Kodu** : 711.3.023

## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

### **THE INVESTIGATION OF USING POPLAR ON (OSB) ORIENTED STRAND BOARD PRODUCTION**

**Abdulkadir YILDIZ**

**Karabük University**

**Graduate School of Natural and Applied Sciences**

**Department of Furniture and Decoration Education**

**Thesis Advisor:**

**Assoc. Prof. Dr. Şeref KURT**

**January 2014, 96 Page**

In this study, the effects of production conditions on some physical and mechanical properties of oriented strand board were investigated. Chips are produced from poplar (*Populus nigra* L.) with average 80 mm height, 20 mm width and 0,6 mm thickness by taking into account the related literature. 47 % phenol formaldehyde is applied as % 3, 6, 9 and 12 relative to dry chip weight. In the process, moreover, 3-6-9 minute press time, 175-185-195°C press temperatures and 40 kg/cm<sup>2</sup> pressures were applied.

The produced OSB sample's air-dry density, equilibriummoisture content, the amount of increment in thickness, the amount of water intake after 24 hours, coefficient of thermal conductivity, the modulus of rupture, the modulus of elasticity and the holding strength of screw perpendicular to OSB surface values were

determined. The effects of production parameters of panels features were defined with SPSS software by using ANOVA and DUNCAN tests.

According to results of the experiments on produced boards; the average moisture content value is 6,79 %, the average density value between 0,59 g/cm<sup>3</sup> and 0,70 g/cm<sup>3</sup>, weight gain values between 43,81 % and 92,86 %, the increment of thickness values between 11,50 % and 44,62 %, thermal conductivity values between 0,179 W/mK and 0,260 W/mK, modulus of rupture values between 13,63 N/mm<sup>2</sup> and 38,89 N/mm<sup>2</sup>, modulus of elasticity values between 1387,50 N/mm<sup>2</sup> and 6791,22 N/mm<sup>2</sup>, screw holding values (perpendicular to board surface) between 453,75 and 1103,50 N were found.

It was observed that increasing press time and press temperature, especially, has a positive effect on prosperities of OSB. Moreover, it was observed that as adhesive ratio increase, the properties of OSB increase, but it was noticed that some mechanical properties of OSB decrease when the adhesive ratio reached 12 %.

**Keywords** : Oriented strand board (OSB), poplar, phenol formaldehyde, physical properties, mechanical properties.

**Science Code** : 711.3.023



## TEŞEKKÜR

“KARAKAVAK (*Populus nigra* L.) ODUNUNUN YÖNLENDİRİLMİŞ YONGA LEVHA (OSB) ÜRETİMİNDE KULLANILMASININ ARAŞTIRILMASI” adlı bu çalışma Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez danışmanlığımı üstlenerek araştırma konusunun seçimi ve yürütülmesi sırasında değerli bilimsel uyarı ve önerilerinden yararlandığım değerli hocam Doç. Dr. Şeref KURT’a ve tez savunmama katılarak bizlere bilimsel katkı sağlayan 19 Mayıs Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği öğretim üyesi Doç. Dr. Fatih YAPICI’ ya teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Tezimin hazırlanması sırasında vermiş oldukları katkılarından dolayı değerli hocalarım Yrd. Doç. Dr. Suat ALTUN’a, Yrd. Doç. Dr. Cemal ÖZCAN’a, Yrd. Doç. Dr. Raşit ESEN’e, Yrd. Doç. Dr. Metin ZEYVELİ’ye teşekkür ederim. Ayrıca tezimin hazırlanmasında yardımcı olan tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Ayrıca, 1110290 no'lu kariyer projesi kapsamında hazırlanan bu çalışmaya verdiği destekten dolayı Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK), Tarım, Ormanlık ve Veterinerlik Araştırma Destek Grubu (TOVAG)’na teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<b><u>Sayfa</u></b>
KABUL.....	iv
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xv
BÖLÜM 1.....	1
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.....	4
AHŞAP ESASLI KOMPOZİT MALZEMELER VE SINIFLANDIRILMASI.....	4
2.1. YÖNLENDİRİLMİŞ YONGALEVHA (ORIENTED STRAND BOARD-OSB).....	6
2.1.1. Yönlendirilmiş Yongalevhaların (Oriented Strand Board-OSB) Tanımı ve Sınıflandırılması.....	6
2.1.2. OSB'nin Tarihsel Gelişimi.....	9
BÖLÜM 3.....	11
OSB ÜRETİMİNDE KULLANILAN HAMMADDELER.....	11
3.1. ODUN HAMMADDESİ.....	11
3.2. YAPIŞTIRICI MADDELER (Tutkallar).....	12
3.2.1. Fenol Formaldehit Tutkalı.....	12
3.2.2. İzosiyanat Tutkalı.....	14
3.2.3. Melamin-Üre Formaldehit (MÜF) Tutkalı.....	14
3.3. KATKI MADDELERİ.....	15
3.4. HİDROFOBİK MADDELER.....	15
3.5. SERTLEŞTİRİCİ MADDELER.....	16

	<u>Sayfa</u>
3.6. KORUYUCU MADDELER.....	17
BÖLÜM 4 .....	18
OSB ÜRETİM TEKNOLOJİSİ.....	18
4.1. KABUK SOYMA .....	18
4.2. TOMRUKLARIN DEPOLANMASI.....	19
4.3. YONGALAMA.....	19
4.4. KURUTMA.....	21
4.5. ELEME.....	23
4.6. TUTKALLAMA .....	23
4.7. SERME .....	24
4.7.1. Diskli Serme Makinesi.....	25
4.7.2. Elektrostatik Sistem .....	27
4.8. PRESLEME .....	28
4.9. PRES SONRASI İŞLEMLER.....	30
BÖLÜM 5 .....	32
OSB’NİN FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER.....	32
5.1. LEVHA YOĞUNLUĞU .....	32
5.2. AĞAÇ TÜRÜ VE YOĞUNLUĞU .....	33
5.3. pH FAKTÖRÜ .....	34
5.4. TUTKAL TÜRÜ VE MİKTARI.....	35
5.5. RUTUBET MİKTARI.....	35
5.6. YÖNLENDİRME DERESESİ.....	35
5.7. YONGA GEOMETRİSİ.....	36
5.8. VAKSLAR.....	37
5.9. PERMABİLİTE.....	37
5.10. EKSTRAKTİF MADDELER .....	37
5.11. PRESLEME SÜRESİ VE SICAKLIĞI.....	37
5.12. OSB’NİN KULLANIM YERLERİ.....	38

	<b><u>Sayfa</u></b>
BÖLÜM 6 .....	42
MATERYAL VE METOD .....	42
6.1. MATERYAL.....	42
6.1.1. Ağaç Malzeme .....	42
6.1.1.1.Karakavak ( <i>Populus nigra</i> L.).....	42
6.1.2. Yapıştırıcı Madde.....	43
6.2. METOD .....	43
6.2.1. Strandlerin Elde Edilmesi.....	43
6.2.2. Eleme.....	45
6.2.3. Kurutma.....	45
6.2.4. Tutkallama .....	46
6.2.5. Serme.....	47
6.2.6. Presleme .....	48
6.2.7. Pres Sonrası İşlemler .....	49
6.3. TESTLERİN YAPILMASI.....	51
6.3.1. Fiziksel Özellikler .....	51
6.3.1.1. Denge Rutubet Miktarı .....	51
6.3.1.2. Yoğunluk.....	51
6.3.1.3. Kalınlığına Şişme .....	52
6.3.1.4. Su Alma Miktarı (Ağırlık Artışı).....	52
6.3.1.5. Isı İletkenlik Katsayısı Tayini .....	53
6.3.2. Mekanik Özellikler.....	54
6.3.2.1. Eğilme Direnci.....	54
6.3.2.2. Eğilmede Elastikiyet Modülü.....	56
6.3.2.3. Levha Yüzeyine Dik Vida Tutma Direnci .....	56
6.4. İSTATİKSEL ANALİZ.....	57
BÖLÜM 7 .....	58
BULGULAR VE İRDELEME.....	58
7.1. LEVHALARIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNE AİT BULGULAR .....	58
7.1.1. Denge Rutubet Miktarı.....	58
7.1.2. Yoğunluk Değeri.....	60

	<b><u>Sayfa</u></b>
7.1.3. Kalınlık Artış Oranı (Kalınlığına Şişme) .....	61
7.1.4. Ağırlık Artışı (Su alma) Oranı .....	63
7.1.5. Levhaların Isı İletim Katsayısı.....	66
7.2. LEVHALARIN MEKANİK ÖZELLİKLERİNE AİT BULGULAR.....	69
7.2.1. Eğilme Direnci.....	69
7.2.2. Eğilmede Elastikiyet Modülü .....	73
7.2.3. Levha Yüzeyine Dik Yönde Vida Tutma Direnci .....	76
BÖLÜM 8 .....	80
SONUÇLAR.....	80
KAYNAKLAR.....	88
ÖZGEÇMİŞ.....	96

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa</u></b>
Şekil 2.1. Ahşap esaslı kompozit malzemelerin üretim yöntemi ve yoğunluğa bağlı değişim. ....	4
Şekil 4.1. OSB üretim teknolojisi .....	18
Şekil 4.2. Strand üretiminde kullanılan diskli strander .....	20
Şekil 4.3. Silindirik kaba yongalama makinesi ve halkalı flaker.....	20
Şekil 4.4. Tamburlu kurutucu .....	22
Şekil 4.5. Yongaların tutkalandığı karıştırıcı (Blender).....	24
Şekil 4.6. Diskli serme makinesi.....	25
Şekil 4.7. OSB üretiminde serme işlemi .....	27
Şekil 4.8. Yongaların yönlendirilmesinde kullanılan sistem.....	28
Şekil 5.1. İnşaat sektöründe OSB'nin çatı ve inşaat uygulamalarında kullanımı .....	39
Şekil 5.2. Yalıtım malzemesi olarak OSB'nin kullanımı.....	40
Şekil 5.3. Mobilya sektöründe OSB'nin kullanımı.....	40
Şekil 6.1. Yönlendirilmiş yonga levha (OSB) üretiminde kullanılacak strandlerin elde edilme işlemleri .....	44
Şekil 6.2. Diskli yongalayıcı (Strander) .....	44
Şekil 6.3. Diskli yongalayıcı ve yongalar (Strander ve strandler) .....	45
Şekil 6.4. Kurutma kabini.....	46
Şekil 6.5. Tutkallama işlemi .....	47
Şekil 6.6. OSB serme ve presleme işlemleri.....	48
Şekil 6.7. Levha taslağının preslenmesi .....	49
Şekil 6.8. İklimlendirme dolabı.....	50
Şekil 6.9. Isı iletim katsayı ölçüm cihazı.....	54
Şekil 6.10. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü deney düzeneği.....	55
Şekil 6.11. Levha yüzeyine dik vida tutma direnci deney düzeneği.....	57
Şekil 7.1. Kalınlığına şişme miktarına ilişkin değişim.....	66
Şekil 7.2. Su alma miktarına ilişkin değişim .....	66
Şekil 7.3. Isı iletim katsayısı değerlerine ilişkin değişim.....	69

	<b><u>Sayfa</u></b>
Şekil 7.4. Eğilme direnci değerlerine ilişkin değişim .....	73
Şekil 7.5. Eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ilişkin değişim.....	76
Şekil 7.6. Levha yüzeyine dik vida tutma direnci değerlerine ilişkin değişim.....	79

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa

Çizelge 2.1.	OSB'nin genel özellikleri. ....	7
Çizelge 2.2.	Kullanım yerine göre OSB levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri. ....	8
Çizelge 2.3.	Rutubetli şartlarda kullanılacak OSB levhalarının mekanik özellikleri. ....	8
Çizelge 6.1.	Deneme levhası üretim koşulları. ....	50
Çizelge 7.1.	Rutubet değerleri (%). ....	59
Çizelge 7.2.	Yoğunluk değerleri (%). ....	60
Çizelge 7.3.	Örneklerin 24 saat suda bekletme sonucu kalınlık artış değerleri. ....	62
Çizelge 7.4.	Kalınlığına şişme ile ilgili varyans analizi sonuçları. ....	62
Çizelge 7.5.	Faktörlerin kalınlığına şişme miktarına etkisine ait Duncan testi sonuçları. ....	62
Çizelge 7.6.	Levhaların 24 saat suda bekletilmesi sonucu meydana gelen su alma miktarları (%). ....	64
Çizelge 7.7.	Deneme levhalarında 24 saat suda bekletme sonucu meydana gelen ağırlık artışı miktarına ait Çoklu Varyans analiz sonuçları ....	65
Çizelge 7.8.	Deneme levhalarında 24 saat suda bekletme sonucu ağırlık artışı miktarına ait Duncan testi sonuçları ....	65
Çizelge 7.9.	Isı iletim katsayısı değerleri (W/mK). ....	67
Çizelge 7.10.	Isı iletim katsayısına ilişkin varyans analizi sonuçları. ....	68
Çizelge 7.11.	Isı iletim katsayısına ilişkin Duncan testi sonuçları. ....	68
Çizelge 7.12.	Örneklerin eğilme direnci değerleri (N/mm <sup>2</sup> ). ....	70
Çizelge 7.13.	Eğilme direncine ait Çoklu Varyans analizi sonuçları. ....	72
Çizelge 7.14.	Eğilme direncine ait Duncan testi sonuçları. ....	72
Çizelge 7.15.	Eğilmede elastikiyet modülü değerleri (N/mm <sup>2</sup> ). ....	74
Çizelge 7.16.	Eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait varyans analizi sonuçları. ....	75
Çizelge 7.17.	Eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait Duncan testi sonuçları. ....	75
Çizelge 7.18.	Levha yüzeyine dik yönde vida tutma direnci değerleri (N). ....	77
Çizelge 7.19.	Levha yüzeyine dik yönde vida tutma direnci ile ilgili varyans analizi sonuçları. ....	79



**Sayfa**

Çizelge 7.20. Levha yüzeyine dik yönde vida tutma direncine ait Duncan testi sonuçları. ....79

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Dünya genelinde mevcut orman varlığının azalması, ahşap ve ahşap esaslı malzemelerin kullanılmasında değişik ürün çeşitliliği sağlamıştır. Hem orman varlığımızı korumak, hem de ahşap ürün çeşitliliğini arttırmak için bu ürünlerin içerisinde ahşap kompozit malzemeler de yer almaya başlamıştır. Gerek uygulama alanlarının genişliği gerekse teknik özelliklerinin çok olması nedeniyle mobilya sektöründe çok önemli bir yere sahip kompozit malzemelerin kullanılması ağaç malzemenin tüketiminde tasarruf sağlamıştır. Bu kompozit malzemeler içerisinde yönlendirilmiş yongalevhelerde önemli bir yer edinmiş, iç ve dış mekanlar da kullanılmaya başlamıştır. Yönlendirilmiş yongalevhalar, üretiminde kullanılan odun hammaddesi açısından yakacak odun olarak tabir edilen ve endüstriyel kullanıma pek uygun olmayan odun hammaddesinin kullanılarak değerlendirilmesine imkan sağlamıştır.

Yongalevha üretiminde çeşitli ağaç türleri kullanılabilir. Batı Avrupa'da başlangıçta ladin, çam, göknar gibi iğne yapraklı ağaç odunları tercih edilmiş olup daha sonraları ekonomik olmaları ve kolay temin edilebilmeleri sebebiyle huş, kayın, kavak, kızılâğaç ve söğüt gibi yapraklı ağaç türleri de kullanılmaya başlanmıştır (Nemli, 2000).

Doğal bir malzeme olmasından dolayı masif odunun zararlı organizmalar tarafından tahrip edilmesi mümkündür. Ağaç malzemeyi tahrip eden bu organizmalara karşı direnç sağlamak için kompozit levha üretiminde kimyasal maddeler kullanılmaktadır. Ayrıca, ahşap kompozit malzemelerin üretiminde kullanılan odun ham maddesinin kusurlarını gidermek ve daha iyi verim sağlamak için farklı üretim yöntemleri geliştirilmiştir. Bunlar; tabakalı, lifli ve yongalı ağaç malzeme üretim yöntemleri olarak adlandırılmaktadır. Bu sayede üretilen levhalar geniş yüzeyli, odundaki doğal

kusurlardan kısmen arınmış, daha homojen ve daha izotrop özellikler gösterir (Özen, 1982). Yüzey izotropisi normal yongalevhelerde homojenlik gösterirken, kalınlık yönünden ise farklı özellikler göstermektedir. Bazı kullanım alanlarında kalınlık doğrultusunda malzemenin aynı özellikte olması istenmektedir. Bu istekler doğrultusunda, istenen özelliklere sahip ve daha ucuz yongalı ağaç malzeme olan yönlendirilmiş yongalevhalar (Oriented strand board-OSB) geliştirilmiştir (Kalaycıoğlu, 1997).

Yönlendirilmiş yongalevhalar (OSB) odun esaslı malzemeler içerisinde önem taşımaktadır. Bu levhalar genellikle odun (odun yongası, testere talaşı vs.) ve/veya diğer lignoselülozik lifli materyallerin (keten, kenevir lifleri, şeker kamışı vs.) hammaddelerinden elde edilen yonga veya küçük parçacıkların sentetik bir reçine ya da uygun bir yapıştırıcı ile ısı ve basınç altında geniş veya büyük yüzeyli levhalar haline yongaların yönlendirilmesi ile oluşan ve gerek bina yapımında gerekse mobilya yapımında kullanılan bir malzemedir (TS EN 300, 2008).

Ahşap esaslı levhalar Türkiye’de genellikle mobilya endüstrisinde kullanılmaktadır. OSB levhaları ise; yapı endüstrisinde duvarlarda, iç mekânlarda, mobilya uygulamalarında ve özellikle çatı kaplamalarında kullanılmaktadır. OSB levhalar üzerinde yapılan araştırma ve geliştirme çalışmalarının başlıca konuları, OSB levhalarının fiziksel ve mekanik özellikleri ile yüzey kalitesinin iyileştirilmesi, değişik kimyasal maddeler ilave edilerek yangın, termit ve çürümeye karşı dayanımının artırılması gibi konular üzerine yoğunlaşmıştır. OSB levhaların üretimi bulunduğu ilk yıllarda kavak gibi düşük yoğunluğa sahip ağaç türlerinden yapılırken, günümüzde düşük, orta, hatta yüksek yoğunluğa sahip ağaç türleride OSB levha üretiminde karışık olarak kullanılmaktadır. Özellikle de çam ve düşük özgül kütleye sahip yapraklı ağaç türleri OSB levha üreticileri tarafından tercih edilmektedir (APA, 1986).

Çehreli (1981), OSB levhalar ile kontrplakların kullanım alanlarının birbiriyle paralellik gösterdiğini, OSB levhaların çok daha düşük kalitedeki ince tomruklardan elde edildiğini, kontrplak endüstrisinde ise hammadde olarak daha kaliteli

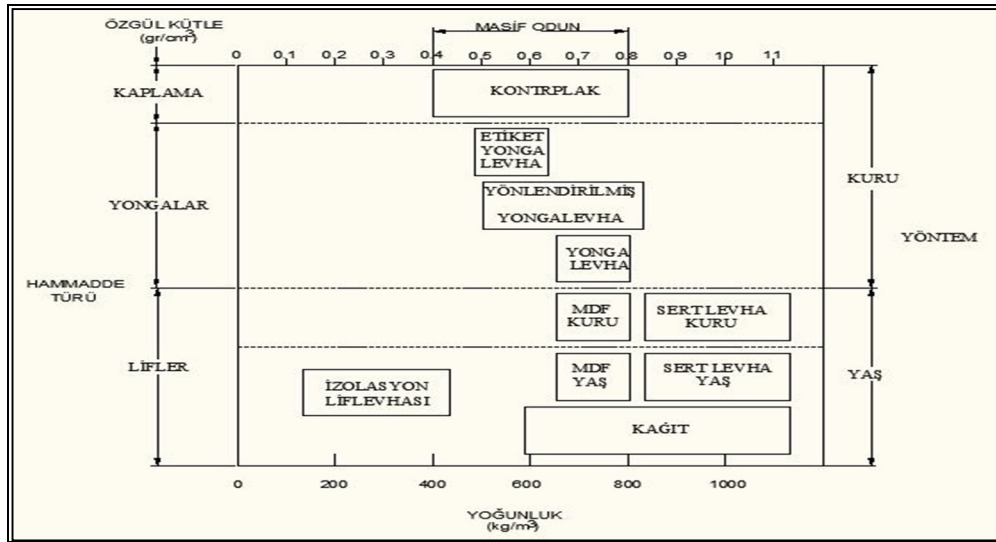
tomrukların kullanıldığını ve OSB levhaların bir çok ülkede inşaat sektöründe kontrplağın yerine kullanılmaya başladığını belirtmiştir.

Irvine (2002), OSB levhaları odun esaslı diğer levha ürünlerinde kullanılan materyallerden daha büyük ve uzun odun yongalarının, sentetik reçine ile tutkalandıktan sonra uygun sıcaklıklarda preslenmesiyle elde edilen mühendislik malzemesi olarak tanımlamıştır.

## BÖLÜM 2

### AHŞAP ESASLI KOMPOZİT MALZEMELER VE SINIFLANDIRILMASI

Kompozit terimi genel olarak; iki veya daha fazla materyalin, farklı bağlayıcılar ile bir araya getirilmesi sonucu oluşturulan malzemeleri ifade etmektedir (Maloney, 1986). Kompozit malzeme ifadesi levha ürünlerinin dışında kullanım amacına uygun kalıplarla şekillendirilmiş ürünleri ya da odun ve diğer malzemelerin kombinasyonu sonucu oluşturulan ürünleri de ifade etmektedir (FPL, 2000). Literatürde ahşap kompozit malzemeleri ile ilgili değişik sınıflandırmalar yapılmıştır. Genel olarak ahşap kompozit malzemeler üretiminde kullanılan yonga boyutu, üretim tipi ve levha yoğunluğuna göre Şekil 2.1'deki gibi sınıflandırılmaktadır (Suchsland and Woodson, 1986).



Şekil 2.1. Ahşap esaslı kompozit malzemelerin üretim yöntemi ve yoğunluğa bağlı değişim.

Akyıldız (2003), Yongalevha üretiminde kullanılan odun hammaddesinin doğal kusurlarından arındırılarak, izotrop ve homojen bir yapıda endüstriyel olarak üretimine 1940'lı yıllarda başlanıldığını, Türkiye'de ise ilk yongalevha tesisinin

1955, liflevha tesisinin de 1958 yılında kurulduğunu belirtmiştir. Ağaç malzemenin, eski çağlardan bu yana çeşitli şekillerde kullanıldığını, 18., 19. ve 20. yüzyıllarda, dünya uygarlığının gelişmesine paralel olarak orman ve orman ürünlerinin en çok kullanıldığı yıllar olduğunu, gelişen teknolojiye paralel olarak geliştirilen ikame ürünlerle ağaç malzemenin kullanılırken sarf edilmesinden daha çok korunması ve gözetilmesinin ön planda tutulması gerektiğini belirtmiştir. 1900'lü yılların modern zamanların başlangıcı olarak kabul edildiğini ve bu yıllar boyunca kalın çaplı ve düzgün gövdeli uzun tomrukların ahşap malzemelerin üretiminde kullanıldığını, 1950'li yıllardan sonra ise gelişen teknoloji ile şekil ve boyut bakımından düşük değerlerde olan hammaddelerin teknik yollarla özelliklerinin değiştirilerek kereste ve kontrplağa ikame olmasının sağlanarak bu sayede endüstri artıklarının da bu şekilde değerlendirilebildiğini belirtmiştir.

Kubler (1980), Avrupa da ortaya çıkan kereste sıkıntısı nedeniyle yongalevha üretimine ilk kez II. Dünya Savaşı yıllarında başlanıldığını, küçük boyutlu ve nispeten düşük değerli tomruklar kullanılarak, geniş boyutlu levhaların elde edilmesiyle yongalevhaların geniş kullanım alanı bulduğunu belirtmiştir.

Yongalevhalar sınıflandırılırken; yoğunluk, presleme teknikleri ve tabaka sayısı gibi değişik özelliklerine bakılır (Özen, 1980). Bu özelliklerden biri de yonga büyüklüğüdür. Yongalevha üretiminde farklı boyutlarda yongalar kullanılabilmekte olup yonga büyüklüklerine göre ahşap kompozit levhalar aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir (Akbulut, 1991).

Normal Yongalevha: Bu tip levhalarda genel olarak yonga kalınlıkları 0,25-0,40 mm, yonga genişlikleri 2-6 mm ve yonga uzunlukları 10-25 mm kadardır.

Etiket Yongalı Levha (Waferboard): Yonga kalınlıkları 0,5-0,7 mm, yonga genişlikleri 25-40 mm ve yonga uzunluğu 35-75 mm'dir.

Şerit Yongalı Levha (Flakeboard): Yonga kalınlığı 0,5-0,7 mm, yonga genişliği 25-40 mm ve yonga uzunluğu 9-10 mm civarındadır.

Yönlendirilmiş Yongalevha (OSB): Yonga kalınlığı genellikle 0,4-0,6 mm, yonga genişliği 20 mm ve yonga uzunluğu 80 mm civarındadır.

## **2.1. YÖNLENDİRİLMİŞ YONGALEVHA (ORIENTED STRAND BOARD-OSB)**

Strand adı verilen yongalara tutkal ilavesi yapıldıktan sonra yönlendirilerek hazırlanan levha taslağının belirli sıcaklık ve basınç altında preslenmesi ile üretilen levhalara yönlendirilmiş yongalevha (OSB) denir (Çehreli, 1981).

Kalaycıoğlu (2001), OSB üretim teknolojisinin genel olarak küçük çaplı yuvarlak odun hammaddesinin boyuna yönde yongalanması ile elde edilen yongaların, tutkal ve vaks ilave edildikten sonra yönlendirilmesi sonucu elde edilen taslakların belirli basınç ve sıcaklık altında yapıştırılması esasına dayanarak üretildiğini belirtmiştir.

### **2.1.1. Yönlendirilmiş Yongalevhaların (Oriented Strand Board-OSB) Tanımı ve Sınıflandırılması**

OSB levhalarında dış tabaka yongaları levha boyuna yönde yönlendirilirken orta tabaka yongaları ise genelde dış tabaka yongalarına dik açı yapacak şekilde yönlendirilirler. TS EN 300 (2008)'e göre tüm OSB tiplerinin sahip olması gereken genel özellikler Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. OSB'nin genel özellikleri.

No	Özellikler	Kullanılan Standart No	Tolerans Aralığı
1	Boyut Toleransları,	EN 324 -1	$\pm 0.8$ mm
	Kalınlık Toleransları (Zımparalanmamış)		$\pm 0.3$ mm
	Kalınlık Toleransları (Zımparalanmış)		$\pm 3.0$ mm
	Uzunluk ve Genişlik		
2	Kenar Düzgünlüğü Toleransı	EN 324-2	1,5 mm/m
3	Levha İçinde Yoğunluk Toleransı	EN 323	$\pm \% 10$
4	Dik Açıdan Sapma Toleransı	EN 324-2	2 mm/m
5	Rutubet İçeriği	EN 322	$\% 2$ - $\% 12$
	OSB-1, OSB-2		
	OSB-3, OSB-4		$\% 5$ - $\% 12$
6	Formaldehit Emisyonu	EN 120	$\leq 8$ mg/100 g
	Sınıf E1		
	Sınıf E2		$< 8$ mg/100 $\geq 30$ mg/100

TS EN 300 (2008), OSB levhalar kullanım yerine göre OSB-1, OSB-2, OSB-3 ve OSB-4 olmak üzere dört farklı sınıfa ayrılır. Bunlar;

OSB-1: Kuru hava şartlarında iç bölme ve mobilya üretimi gibi amaçlar için kullanılan yönlendirilmiş yongalevhalar.

OSB-2: Kuru hava şartlarında yük taşıyabilecek nitelikteki yönlendirilmiş yongalevhalar.

OSB-3: Rutubetli şartlarda yük taşıyabilecek nitelikteki yönlendirilmiş yongalevhalar.

OSB-4: Rutubetli şartlarda ağır yük taşıyabilecek nitelikteki yönlendirilmiş yongalevhalar.



TS EN 300 (2008)'e göre OSB-1, OSB-2, OSB-3 ve OSB-4'ün sahip olması gereken fiziksel ve mekanik özellikler Çizelge 2.2'de verilmiştir. Tüm OSB levhalar aynı zamanda Çizelge 2.2'de gösterilen OSB'nin özelliklerine de sahip olmalıdır.

Çizelge 2.2. Kullanım yerine göre OSB levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri.

Özellik		Eğilme Direnci // (N/mm <sup>2</sup> )	Eğilme Direnci ⊥ (N/mm <sup>2</sup> )	Eğilmede Elastikiyet Modülü // (N/mm <sup>2</sup> )	Eğilmede Elastikiyet Modülü ⊥ (N/mm <sup>2</sup> )	Yüzeye Dik Çekme Direnci (N/mm <sup>2</sup> )	Kalınlık Şişmesi 24 saat (%)	
Levha Tipi		EN 310	EN 310	EN 310	EN 310	EN 319	EN 317	
OSB-1	Levha Kalınlığı (mm)	6-10	10	2500	1200	0,30	25	
		>10<18	18	9	2500	1200	0,28	25
		18-25	16	8	2500	1200	0,26	25
OSB-2	Levha Kalınlığı (mm)	6-10	11	3500	1400	0,34	20	
		>10<18	20	10	3500	1400	0,32	20
		18-25	18	9	3500	1400	0,30	20
OSB-3	Levha Kalınlığı (mm)	6-10	11	3500	1400	0,34	20	
		>10<18	20	10	3500	1400	0,32	20
		18-25	18	9	3500	1400	0,30	20
OSB-4	Levha Kalınlığı (mm)	6-10	16	4800	1900	0,50	12	
		>10<18	28	15	4800	1900	0,45	12
		18-25	26	14	4800	1900	0,40	12

Not //: Levha uzunluğuna paralel yön, ⊥: Levha uzunluğuna dik yön

TS EN 300 (2008)'e göre rutubetli şartlarda kullanılacak OSB levhalarına uygulanacak periyodik ve kaynatma testinden sonra öngörülen eğilme direnci ve levha yüzeyine dik çekme direncine ait değerler Çizelge 2.3'te verilmiştir.

Çizelge 2.3. Rutubetli şartlarda kullanılacak OSB levhalarının mekanik özellikleri.

Özellik	OSB-3			OSB-4			Standart No
	Beklenen Değer			Beklenen Değer			
	Levha Kalınlığı (mm)			Levha Kalınlığı (mm)			
	6-10	>10<18	18-25	6-10	>10<18	18-25	
Periyodik testten sonra Eğilme Direnci // (N/mm <sup>2</sup> )*	9	8	7	15	14	13	EN 32 + EN310
Yüzeye Dik Çekme Direnci (N/mm <sup>2</sup> ) Periyodik testten sonra* Kaynatma testinden sonra	0,18 0,15	0,15 0,13	0,13 0,12	0,21 0,17	0,17 0,15	0,15 0,13	EN 319-EN 319 EN 1087-1-EN 319

Periyodik Test: 20°C ve % 65 bağıl nem şartlarında kondisyonlama, 72 saat 20°C'de suda bekletme, 24 saat -12°C'de dondurma, 72 saat 70°C'de bekletme, 20°C ve % 65 bağıl nem şartlarında kondisyonlanma işlemleridir.

Kaynatma Testi: 20°C ve % 65 bağıl nem şartlarında kondisyonlama, pH 7±0,5 ve 20±5°C suda bekletme, 90±10 dakika içerisinde suyun sıcaklığını 100°C'ye çıkartma, 120±5 dakika kaynatma, 20±5°C su içerisinde bekletme, 70±2°C fırında 960±15 dakika bekletme, oda sıcaklığına kadar soğutulma işlemleridir.

### 2.1.2. OSB'nin Tarihsel Gelişimi

Yönlendirilmiş yongalevha (OSB) üretimi için yapılan ilk çalışmalar Amerika'da Almendorf'un ve Almanya'da W. Klauditz'in çalışmalarına dayanmaktadır. Elmendorf'un 1946 yılında Kaliforniya da başlattığı araştırmalarda şerit halindeki yongaları kullanarak çimento bağlantılı levha üretmiştir. W. Klauditz ve arkadaşları ise 1952 yılında başlattıkları çalışmalar sonucunda yönlendirilmiş yongalı levhalarla (OSB) ilgili ilk patenti 1954 yılında almışlardır. Elmendorf 1962 yılında kurduğu bir pilot tesiste yaptığı çalışmalar sonucunda 1965 yılında bu konuda yeni bir patent daha alarak ilk defa "*Synthetic Plywood*" ifadesi kullanılmıştır (Çehreli, 1981).

Kanadalı iş adamları 1961 yılında titrek kavak (*Populus tremulaides.*) kullanarak waferboard üretimine başlamış ve aynı yılın bahar ayında "aspenit" ticari ismi ile pazarda yer almıştır. Bunu Grand rabids, Minesota'daki Blain ağaç ürünleri şirketinin etiket yongalı levha (waferboard) fabrikası izlemiştir. Amerikan yapı konseyinin 1980 yılında yayımlanmış olduğu MRB-108 numaralı raporda kontrplak ve kompozit levhaların yapılarda güvenli bir şekilde kullanılabilceği belirtilmiştir. 1981 yılında Potlatch yonga yönlendirmesinin patentlerini satın alarak Mineseto'da büyük bir OSB fabrikası kurmuştur. 1981 yılı sonlarında 12 tane waferboard ve OSB fabrikalarında 0,7 milyon m<sup>3</sup> panel üretmiştir. On yıllık süreçten sonra Kuzey Amerika'da OSB fabrikalarının sayısı 45'i bulmuştur. Bunlar 1994 yılında 9,6 milyon m<sup>3</sup>'lük üretim sağlamışlardır (Baştürk, 1999). Odun kompozit levhaları arasında OSB'nin özellikle yapı sektöründeki kullanımını her geçen gün artmıştır (Howard, 2000).

Özellikle son yıllarda OSB üretiminde büyük artış görülmüş olup, Avrupa'da 1997 yılı itibari ile OSB üretimi 15,5 milyon m<sup>3</sup> civarında gerçekleşmiştir (Wu and Suchland, 1997). Günümüzde OSB endüstrisi pazarda önemli bir yere sahip olup, bu alan her geçen gün hızla büyümektedir. 2001 yılı itibarı ile dünyada 70 OSB fabrikası ortalama olarak 1,7 milyar m<sup>2</sup> (9,5 mm bazında) üretim kapasitesine sahiptir (Anonim, 2000). Özellikle ABD, Kanada ve Avrupa da kurulan birçok tesiste 2004 yılı sonunda dünyadaki OSB üretimi 22 milyon m<sup>3</sup>/yıl'a ulaşmıştır (Dönmez, 2005).

Ülkemizde kullanılan OSB levhaların büyük bir kısmı ihracat yoluyla tedarik edilmektedir. Ancak 2010 yılında SFC-KRONOSPAN'ın girişimleriyle 20.000 m<sup>3</sup>/yıl OSB levha üretimine başlanmış ve mevcut talebin karşılanması için 2013 yılı itibariyle bu üretim kapasitesi 60.000 m<sup>3</sup>/yıl'a çıkarılmıştır (Kılınç, 2013).

## BÖLÜM 3

### OSB ÜRETİMİNDE KULLANILAN HAMMADDELER

#### 3.1. ODUN HAMMADDESİ

Farklı ağaç türlerinin yongalevha üretiminde değerlendirilmesi ile ilgili birçok araştırma yapılmıştır. Kalaycıoğlu (1991), Sahil çamı (*Pinus pinaster* Ait), Baştürk (1993), Boylu ardıç odunu (*Juniperrus excelsa* Bieb), Nacar (1997), Okaliptus (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) odunlarının yongalevha üretiminde kullanılabileceği belirlemiştir. Güler (2001), Ahşap kompozit levha üretiminde çeşitli ağaç türlerinden faydalandığını ve bu ağaç türlerini iğne yapraklı (çam, ladin, göknar) ağaç türleriyle geniş yapraklı (kavak, kızılâğaç, söğüt, kayın, huş) ağaç türlerinin oluşturduğunu belirtmiştir.

Göker vd. (1984), Yongalevha üretiminde kullanılan odunlarda; küçük çaplı budaklar, böcek yeniği, eğrilik ve çatlaklara yer verilebileceğini belirtmişlerdir. Üretimi yapılacak levhalarda kullanılan odun hammaddesinin kabuk içermesi istenmemekte fakat yongalar genellikle kabuğu soyulmamış odunlardan elde edilmekte olup, kabuk miktarı; ağaç türü, yaşı, yetiştirme ortamına bağlı olarak yaklaşık % 10-15'e kadar değişebilmektedir. Bunun yanında ince yuvarlak odunların kabuğunun soyulmasının zor ve pahalı bir iş olduğu belirlenmiştir (Özen, 1980).

Kullanılan hammaddenin yoğunluğu, levha yoğunluğunu ve levha özelliklerini etkileyen en önemli faktörlerden birisi olması sebebiyle OSB üretiminde genellikle düşük yoğunluklu ağaç türleri tercih edilir (Hse, 1975; Vital, 1980). Yönlendirilmiş yongalevha (OSB) üretiminde de yonga ve liflevha üretiminde kullanılan ağaç türleri kullanılabilmektedir. İşleme ve taşıma maliyetlerinin yüksek olmasından dolayı OSB üretiminde yüksek yoğunluğa sahip odun hammaddesi tercih edilmez (Baştürk, 1999). Uygun yonga boyutlarını elde etmede yuvarlak odundan başka; kapak tahtası,

kereste endüstrisi artıkları, iri yongalar ve kontrplak fabrikası artıkları kullanılabileceği yapılan çalışmalar sonucu belirlenmiştir (Çehrelî, 1981).

### **3.2. YAPIŞTIRICI MADDELER (Tutkallar)**

Yapıştırıcı madde, malzemelerin yüzeylerini birleştirerek bir arada tutabilme yeteneğine sahip madde olarak tanımlanmaktadır (Vick, 1999). Yapıştırıcılar ahşap esaslı levha endüstrisinde odundan sonra gelen en önemli hammaddedir. Yapıştırıcılar; sentetik, bitkisel ve hayvansal olmak üzere üçe ayrılırlar. Levha sanayinde sentetik tutkallar kullanılmakta olup, sıcak presleme sırasında kimyasal reaksiyon sonucu sertleşmekte ve tekrar ısıtıldıkları zaman bozulmamaktadırlar (Özen, 1980).

Dış hava koşullarına dayanıklı olması dolayısıyla genellikle fenol formaldehit tutkalı OSB üretiminde tercih edilmektedir (Avradimis and Smith, 1989). Bunun yanında izosiyanat tutkalı geniş kullanım alanına sahip iken, melamin-üre formaldehit tutkalı da OSB üretiminde kullanılan tutkal türlerindedir (Skinner, 2000).

#### **3.2.1. Fenol Formaldehit Tutkalı**

Fenol formaldehit tutkalı, fenol ile formaldehitin katalizörler yardımıyla kondenzasyonu sonucu elde edilmektedir. Ancak, reaksiyona giren fenol ile formaldehit oranları ve katalizör ortamının alkali ya da asidik olmasına göre, fenol formaldehit tutkalları iki sınıfa ayrılır (Huş, 1977).

(Formaldehit/fenol)<1: Fenol ile formaldehit asidik katalizörler yardımıyla kondanse edilmesiyle elde edilen fenol reçinesine “novalak” adı verilmektedir. Novalak tipi FF tutkalları, asidik ortamda ve molar olarak fenol’ün formaldehitten fazla olduğu kondenzasyon içerisinde üretilirler. Katalizör olarak; paratoluen, sülfonik asit, oksalik asit ve sülfirik asit gibi kuvvetli asitler kullanılır. Novalak tutkallar termoplastiktir. Organik çözücülerde çözünebilir ve eriyebilir. Bu özelliğini, kullanmadan önce uzun süre koruyabilir. Kullanılacağı zaman sertleştirici olarak paraformaldehit veya hegzametilentetramin katılır (Huş, 1977).

(Formaldehit/fenol) >1 (1,5-2 civarında): Fenol ile formaldehitin alkali katalizörlerle kondanse edilmesinden elde edilen fenol reçinesine “resol” adı verilmektedir (Huş, 1997). Resol, bazik ortamda oluşan düşük kondenzasyon derecesine sahip kırmızı renkli bir sıvıdır. Bu, fenol alkolünün kristalleşebilir durumunun aksine reçinemi karakteri ifade etmektedir. Bazı tipleri suda, bazı tipleri ise organik çözücülerde çözülebilir. Sıvı halde iken ısı ya da asit etkisiyle sertleşen reçine bu defa “resit” olarak adlandırılmaktadır. Bu duruma gelen reçine artık sıcaklığın yükselmesiyle yumuşamaz, erimez bir durum alır ve nihayet kömürleşir. Resol ve resit durumları arasındaki bir aşamada reçine “resitol” adını alır, burada yumuşak ve termoplastik bir niteliğe sahip olup organik çözücülerde çözünemez. Sertleşmenin bu kademeleri arasında kesin bir sınır koymak mümkün değildir, zira kondenzasyon olayı sürekli (Özen, 1980).

Fenol formaldehit reçineleri; kaplama, kontrplak ve mobilya sanayinde, odun ve metalin yapıştırılması, levhaların üzerine metal levhaların kaplanmasında, odun ile sentetik madde ve sentetik maddelerle metalin birleştirilmesi suretiyle elde edilen malzemenin yapımında yaygın olarak kullanılmaktadır (Huş, 1977). Özellikle Kuzey Amerika’da kontrplak, etiket yongalı levha, yönlendirilmiş yongalevha, lamine edilmiş keresteler gibi ahşap esaslı kompozit malzemelerde yaygın olarak kullanılmaktadır (Sellers, 1985).

Fenol formaldehit tutkalı koyu renkli, su ve açık hava koşullarına karşı dayanıklı bir yapışma sağlamaktadır. Tutkala mum, parafin ve bitkisel yağlar gibi hidrofobik maddeler katılabilir. Tutkallama sırasında yonga rutubetinin % 4-8 arasında olması gerekir. Fenol formaldehit tutkalının sertleşme sıcaklığı üre formaldehit tutkalının sertleşme sıcaklığından daha yüksek olup, yonga rutubetinin % 6’nın altında olması halinde bu sıcaklık 150°C den yüksek olmalıdır (Huş, 1977).

Fenolik tutkallar üre tutkallarından daha yavaş sertleşirler ve daha yüksek pres sıcaklığı isterler. Katalizör kullanımı pres süresini kısaltır. Sıcaklık etkisi ile sertleştiğinde mükemmel bir boyutsal stabilize sağlar (Pizzi, 1994; Kalaycıoğlu, 2003).

Fenol formaldehit tutkalı sertleştikten sonra rutubet, su, yağ, organik çözücüler, birçok asit, mantar ve bakterilere karşı son derece dayanıklıdır. Dolayısı ile bu zararlılara karşı dayanıklılığın arandığı mobilya, kaplama, kontrplak, yongalevha üretiminde, eğmeçli yüzeylerin kaplanmasında ve ahşap yüzeylere metal kaplamada kullanılmaktadır (Nemli, 2003).

### **3.2.2. İzosiyanat Tutkalı**

İzosiyanat tutkalı olarak bilinen difenilmetan-diizosiyanatın özelliği, her iki ucunda bulunan izosiyanat (NCO) grupları vasıtasıyla odundaki hidroksil ( $\text{OH}^-$ ) grupları ile reaksiyona girerek üretan zincirleri oluşturmasıdır. Amino ve fenoplast tutkallarda yapışma spesifik adezyonla gerçekleşirken, izosiyanat tutkalında gerçek kimyasal bağ oluşmaktadır. İzosiyanat tutkalı su ihtiva etmediğinden ve kullanılan tutkalın tümü bağlayıcılık görevini yaptığından dolayı iyi bir yapışma sağlar. Tutkallamada yonga rutubeti artmaz ve presleme süresini olumlu yönde etkiler. İzosiyanat tutkalı sulu çözelti halinde de kullanılabilir (Özen, 1980).

Dönmez (2005), İzosiyanat tutkallarının, OSB üretiminde fenol formaldehit tutkalından sonra en yaygın olarak kullanılan tutkal türü olduğunu, presleme esnasında fenol formaldehit tutkalına göre daha hızlı sertleşme gösterdiğini ve izosiyanat tutkalının daha uzun ömürlü olduğunu belirtmiştir.

### **3.2.3. Melamin-Üre Formaldehit (MÜF) Tutkalı**

Pizzi (1994), Genellikle laminant kaplamaların üretiminde kullanılan bu tutkalların termoset polimerlerden olduğunu, toz veya çözelti halindeki üre ile melamin formaldehitin belirli oranlarda karıştırılmasıyla elde edildiğini, piyasada ise genellikle toz halinde satılan bu tutkalın su ve dış hava şartlarına, rutubetli iç mekân şartlarına karşı dirençli bir tutkal olduğunu belirtmiştir.

### 3.3. KATKI MADDELERİ

Kalaycıoğlu (1991), Levhaların özelliklerini iyileştirmek için ilave edilen bu maddelerin görevlerini řu şekilde sıralamıştır. Bunlar; stabilite sağlama, asit kontrolü, plastikleştirme, tutkal sürme niteliklerinde reçinenin yapısal olarak iyileştirilmesi, tutkalın dağılma özelliğinin iyileştirilmesi, yanmayı geciktirme, koku giderme, renklenmeyi önlemek, malzeme yüzeyinde toz birikmesini önlemek, sıcak preste tutkaldan gaz çıkışını dengelemek, bitkisel ve hayvansal zararlara karşı levhaları korumalarıdır.

### 3.4. HİDROFOBİK MADDELER

Hidrofobik maddeler, yonga ve lif levhanın boyutsal stabiltesini sağlamak, rutubetli bir ortamda veya su ile temas etmesi halinde levhanın çalışmasını azaltmak amacıyla kullanılır. Ticari parafin mumları  $C_nH_{2n+2}$  formülünde düz zincirli hidrokarbonlar olup, erime dereceleri 50-100°C arasında değişmektedir. Parafin ve mumlar polar olmadıklarından kimyasal yönden aktif değildir. Hidrofobik etkileri, liflerin kılcal boşluklarına girerek su moleküllerinin bu boşluklara girmelerini engelleme şeklindedir (Eroğlu ve Usta, 2000).

Parafin kullanılması belli bir dereceye kadar su itici özellik sağlamakla birlikte levhanın su almasını tamamen önleyemez. Sadece su alma hızını yavaşlatır. Levha üretiminde hem orta tabakada hem de dış tabakada parafin kullanılabilir. Ancak son zamanlarda genel amaçlar için üretilen levhalarda ya hiç kullanılmamakta ya da sadece dış tabaka yongalarında kullanılması önerilmektedir (Özen, 1980).

Parafinin genellikle iğne yapraklı ağaçlarda tam kuru yonga ağırlığına oranla % 0,3-0,5, yapraklı ağaçlarda ise % 0,5-1 oranında uygulanmaktadır. Ancak, parafinin % 1-2'nin üzerinde kullanılması halinde tutkallamayı olumsuz etkilemekte ve levhanın direnç özelliklerini düşürmektedir (Özen, 1979; Eroğlu ve Usta, 2000).



### 3.5. SERTLEŞTİRİCİ MADDELER

Ahşap levha endüstrisinde kullanılan tutkal türüne göre sertleştirici maddeler değişiklik göstermektedir. Sertleştirici maddeler bazı tutkal türleri için gerekliyken, bazı tutkallar için ise gerekli değildir.

Üre formaldehit tutkalının sertleşmesi için mutlaka bir sertleştirici gereklidir. Isı etkisi ile sertleşme hızlanmaktadır. Ancak ısı, tek başına sertleştirme ve suda çözünmezlik için yeterli değildir. Pratikte bütün asitler ve tuzlar sertleştirici olarak kullanılabilir. Çok kullanılmamakla beraber fazla tepki gösteren sertleştiricilerle 80-100°C gibi düşük sıcaklıklarda bir polikondenzasyon sağlanabilir. Daha az etkili sertleştiriciler kullanıldığında sıcaklık 140-170°C olmalıdır. Düşük sıcaklıklar polikondenzasyonu geciktiren çok yüksek sıcaklıklarda da başarısızlığa sebep olur. Bunun nedeni 160-170°C'den yüksek sıcaklıklarda odunun hidroksil grupları sertleşir ve reçine ile iyi bağ oluşturamaz, daha yüksek sıcaklıklarda ise karbonlaşma eğilimi gösterir.

Günümüzde üre formaldehit tutkalı için sertleştirici madde olarak en çok amonyum klorür ve amonyum sülfat tercih edilmektedir. Sadece asit kullanılması durumunda sertleşme çok hızlı olmakta ve levha taslağı daha prese gelmeden önce sertleşmektedir. Bu yüzden daima tamponlanmış karışımlar kullanılır. Amonyak, levha taslağının sıcak prese gelmeden önce oluşan asidi nötrale etmek suretiyle tutkalın sertleşmesine durdurmaktadır. Sıcak preste amonyak, hızlı bir şekilde buharlaşarak havaya uçar. Böylece çözeltide amonyak, kalmayınca oluşan asit tutkalın sertleşmesini sağlamaktadır. Sertleştirici olarak hegzametilentetramin de kullanılabilir. Az miktardaki amonyum klorür ile kombinasyonu ise daha iyi sonuçlar vermektedir. Hegzametilentetramin sıcak preste sıcaklığın etkisiyle amonyak ve formaldehite ayrışır. Amonyak buharlaşarak levhayı terk eder, formaldehit ise amonyum klorür ile reaksiyona girerek sertleştirici asidi oluşturur. Hegzametilentetraminin dezavantajı oldukça pahalı olmasıdır. Levha üretiminde sertleştirici olarak amonyum klorürün kullanımı, amonyum sülfattan daha yaygındır. Çünkü amonyum klorür kullanıldığında meydana gelen tuz asidi (HCl) uçucu olması dolayısıyla levha taslağının her tarafına homojen bir şekilde yayılır. Amonyum sülfat

kullanılması halinde ortaya çıkan sülfürik asit ( $H_2SO_4$ ) uçucu olmadığı için levhaya homojen olarak yayılmaz ve sertleşmede düzensizlikler olur.

Alkali fenol-formaldehit tutkalı, herhangi bir sertleştiriciye gerek kalmaksızın sadece ısının etkisiyle sertleşir. Pres sıcaklığı fenol formaldehit tutkalının reaktifliğine bağlı olarak 135-155°C arasında bulunmaktadır. Fenol formaldehit tutkalında sertleştirici kullanmak suretiyle, hem sıcaklığın düşürülmesi hem de sertleşmenin hızlandırılabilmesi mümkündür. Paraformaldehit kullanılması ile sertleşme sıcaklığı 110-125°C'ye indirilebilmektedir. Daha düşük sıcaklıklara ise rezorsin kullanılmak suretiyle ulaşılabilir. Paraformaldehit ile birlikte rezorsin kullanılması halinde 90-110°C'de iyi bir sertleşme elde edilebilir. Sertleştirici olarak ayrıca potasyum karbonat da tutkal katı maddesinin % 5'i kadar kullanılabilir. Ancak, potasyum karbonat daha sonra levha yüzeylerinde lekeler oluşmasına neden olabilir (Ayrılmış, 2000).

### **3.6. KORUYUCU MADDELER**

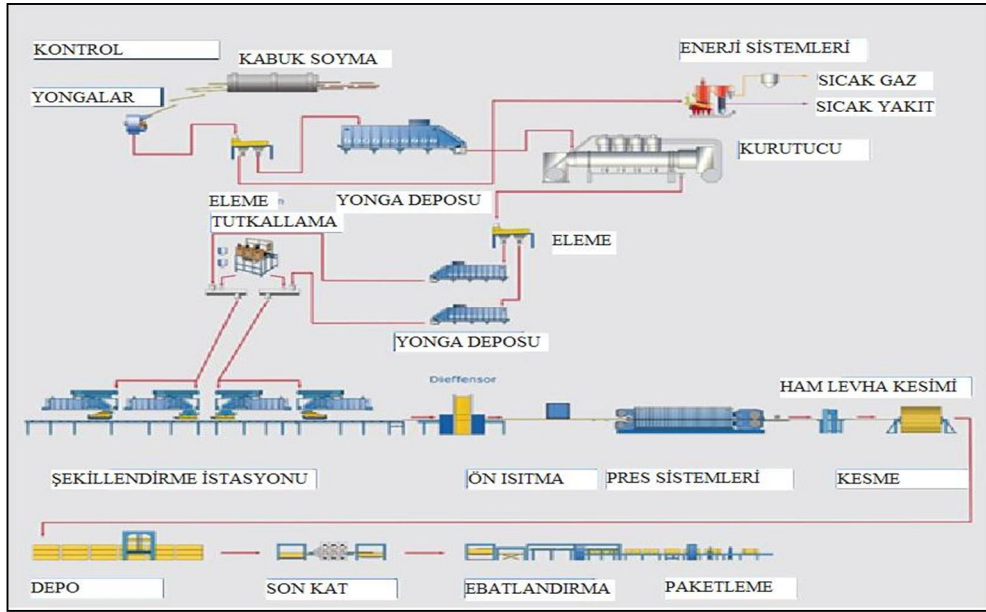
Ahşap esaslı malzemelerin kullanım yerinde maruz kaldıkları biyolojik bozunmaya ve böceklere karşı, kimyasal maddeler ile muamele edilmesi oldukça önemlidir (Lei and Wu, 2006). Bunun için, ahşap ve ahşap esaslı kompozit malzemeler çeşitli kimyasal bileşiklerle modifiye edilmektedir. OSB levhalarının kullanım süresini uzatmak için yongalar borlu bileşikler ile modifiye edilmektedir (Dönmez ve Kalaycıoğlu, 2005).

Odun kökenli levha ürünlerinin mantar ve böceklere karşı korunması için; pentaklor fenol, krom bakır arsenat (CCA-Tip C) ile amonyaklı bakır arsenit gibi kimyasal maddeler kullanılmaktadır. Yangın geciktiriciler olarak çinko, arsenik, bakır, boraks, borik asit, borat içeren maddeler kullanılmaktadır (Bozkurt ve Göker, 1990). Levhaları üretimden sonrada koruyucu maddelerle emprenye etmek mümkün olmaktadır. Ancak, bu şekildeki uygulamada koruyucu maddelerin basınç yoluyla levhaya nüfuz ettirilmesi üretim sırasındaki uygulamadan daha pahalıdır. Ayrıca levhaların koruyucu maddeler ile birlikte su alması problemi de söz konusu olabilir. Bu durumda suda çözünen koruyucular kullanılabilir (Özen, 1980).

## BÖLÜM 4

### OSB ÜRETİM TEKNOLOJİSİ

OSB levhalar; kesme ile soyma arası işlem sonucu elde edilen ve strand adı verilen odun yongalarının kurutulmasından sonra tutkal ilave edilerek hazırlanan taslağın belirli süre, basınç ve sıcaklık altında preslenmesi ile oluşur (Kubler, 1980). OSB için oluşturulmuş genel üretim teknolojisi diğer odun kökenli levhaların (yongalevha) üretim teknolojileri ile benzer olup, genel olarak OSB üretim aşamaları Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. OSB üretim teknolojisi.

#### 4.1. KABUK SOYMA

Düşük yoğunlukta, kısa lifli ve mukavemeti az olmasından dolayı kabuk levha üretiminde istenmemektedir. Levha üretiminde kullanılacak tomruklar, kabukları ormanda kesimden sonra soyularak ya da nadiren de olsa ormanda yongalama

yapılarak fabrikaya getirilebilir. Ancak, genellikle odunlar fabrikaya kabuklu olarak geldiğinden kabuklarının soyulması gereklidir (Eroğlu,1988; İstek, 1999).

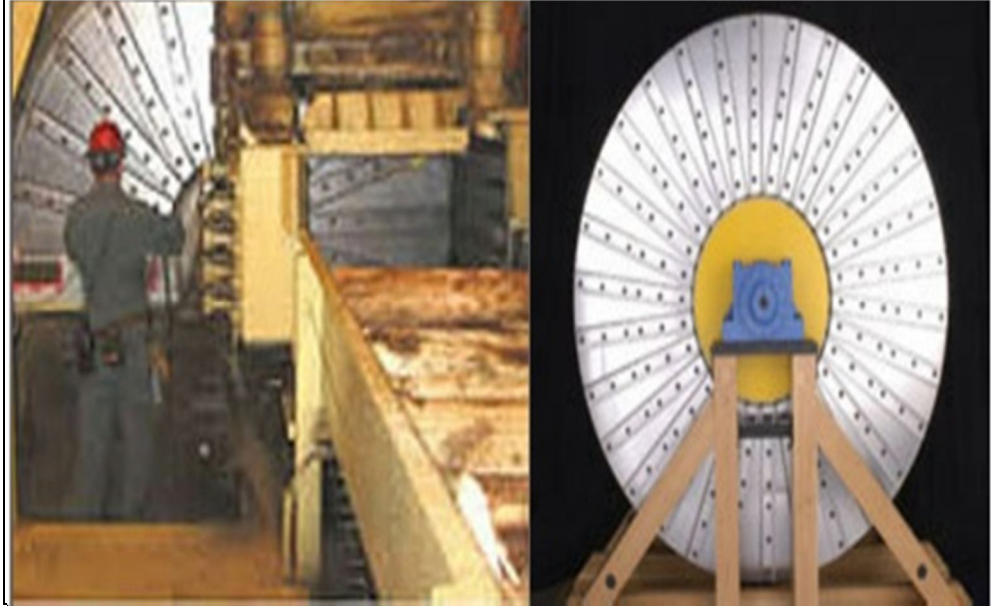
Odunda kabuğun soyulması halinde % 10-15 oranında organik madde uzaklaşmakta, dolayısı ile verim düşmektedir. Kabuğu tamamen uzaklaştırmak her zaman ekonomik olmadığı gibi çoğu zaman mümkünde olmaz (Suchland and Woodson, 1986). Kabuk soymadaki kayıplar, kullanılan makine, yöntem, operatörün dikkat ve bilgisine bağlı olarak değişmektedir. Genellikle kabuk soyma ile ağırlık olarak % 7-10, hacim olarak ise % 10-15 oranında hammadde kaybı olmaktadır (Bostancı, 1987).

#### **4.2. TOMRUKLARIN DEPOLANMASI**

Yongalevha fabrikalarında üretimin kesintisiz bir şekilde devam ettirilebilmesi için yeterli miktarda odun hammaddesi depo edilmelidir. Depoların zemini temiz ve uygun koruma koşulları sağlanmalıdır. Aksi halde ağaç malzemede çürüme, mantar ve böcek zararları, mavi renklenme ve hoş olmayan koku oluşabilir. Ayrıca hammaddenin su içerisinde depolanması, yağmurlama sistemi ya da değişik zararlılara karşı koruyucu kimyasal maddelerle muamele edilmesi de söz konusu olabilir (Özen, 1979-1981).

#### **4.3. YONGALAMA**

Yongalama makinesine gelen tomruklar “flaker” veya “strander” olarak adlandırılan özel yongalama makinesinde kesme ile soyma arası bir hareketle yongalanmaktadır. Ağaç malzeme diskli ya da silindirli yongalama makinelerinde ya doğrudan “flak” veya “strand” olarak yongalanır ya da önce kaba yongalanma işlemine tabi tutulduktan sonra, halkalı tip flakerlarda OSB üretimine uygun boyutlara getirilir. (Dönmez, 2005). Şekil 4.2’de diskli strander ve disk detayları, Şekil 4.3’te ise silindirli bir yongalama makinesi ve halkalı tip (yongalayıcı), gösterilmiştir. İki kademeli yongalama işlemi küçük endüstriyel atıklar ve ince çaplı tomrukların dahi OSB üretiminde kullanımına imkan sağlamaktadır.



Şekil 4.2. Strand üretiminde kullanılan diskli strander.



Şekil 4.3. Silindirik kaba yongalama makinesi ve halkalı flaker.

Yongalama işleminin iyi yapılması sadece yonga boyutlarının homojen olmasını değil aynı zamanda yonganın kalitesinin de daha iyi olmasını sağlar. Yongalama sırasında odunun yongalara ayrılması ve kesilmesi için bıçağın kesme kuvvetinin odunun direncinden fazla olması gerekir. Yongalama makinelerinde yongalama işleminde; kesme, itme ve kırma olmak üzere 3 etki söz konusudur. Odunda kesme lif yönüne paralel yapılıyorsa kesme kuvveti ihtiyacı en az, lif yönüne dik ise kesme

kuvveti ihtiyacı en fazla olup buda enerji giderleri için önemli bir etkidir (Özen, 1979).

Optimum özelliklerde OSB levhalarının üretilmesinde yonga geometrisi büyük önem taşımaktadır. Yonga uzunluğunun yonga kalınlığına oranı narinlik derecesi olarak ifade edilmekte olup, en uygun narinlik derecesinin belirlenmesi için birçok araştırma yapılmıştır (Nelson, 1997). OSB üretiminde kullanılan odunun yoğunluğuna bağlı olarak 0,4-0,6 mm kalınlığında yongalar tercih edilmektedir. Narinlik derecesinin 150 olabilmesi için yonga uzunluğunun 60-90 mm, yonga genişliğinin ise 5-12 mm arasında olması gerekmektedir. Bu boyutlardaki yongaları silindirik yongalama makinelerinde kolayca üretmek mümkündür. Yuvarlak odunların yongalanması sırasında istenilenden daha geniş yongalar meydana gelebilir. Bunlar, özel makinelerde yeniden parçalanarak üretime alınırlar veya üretim hattı boyunca kendiliğinden parçalanırlar (Çehreli, 1981).

Nitelikli yonga elde edebilmek için odun rutubetinin lif doygunluğu noktasının üzerinde yaklaşık olarak % 60 oranında olması gerekir. Rutubetin az olması durumunda fazla miktarda toz oluşur ve yonga verimi düşerek maliyet artar. Rutubetin fazla olmasında ise elde edilen yongaların yüzeyi bozuk ve uçları lifli olur. Bu durumda da yongaların kurutma ve tutkallama masrafları artar. Lifli yongalar yapışmanın hatalı olmasına neden olur. Kuruduktan sonra orta tabaka yongalarının rutubeti % 3-5, dış tabakaların ise % 5-7 olması, tutkallanmış yongaların rutubeti ise orta tabaka için % 10-13, dış tabaka için % 15-18'i geçmemesi gerekmektedir (Lee and Chung, 1984).

#### **4.4. KURUTMA**

Rutubetli yongalar tutkallanmadan önce mutlaka kurutulmalıdır. Yüksek rutubet içeren levha taslağı presleme esnasında sorunlara neden olmaktadır. Üretimde tutkal çözelti halinde kullanılacak ise, yongalar % 3 değerine kadar kurutulmalıdır (Sellers, 1985; Simulski, 1997).

Ağaç türü, yoğunluğu, yonga boyutları, yonganın başlangıç rutubeti, kurutma makinesinin tipi ve çalışma sistemi gibi faktörlerin kurutma üzerine önemli etkisi vardır. Artan yonga rutubeti ile birlikte eğilme direnci ve yüzeye dik çekme direnci artarken, kalınlık artımı değeri azalmaktadır (Roffael, 1987).

Rutubet miktarının OSB özellikleri üzerindeki etkisinin belirlenmesi için yapılan bir çalışmada rutubet oranının % 2'den % 5'e ve daha sonra % 8'e kadar çıkartılması ile hem elastikiyet modülü hem de levha yüzeyine dik çekme direncinin önemli ölçüde azaldığı belirlenmiştir (Winistorfer and Dicarlo, 1988).

Kurutma amacıyla genelde 660°C gibi yüksek giriş sıcaklığına sahip döner silindirik kurutucular kullanılmaktadır. Bunlardan en yaygın olanı üç geçişli silindirik kurutuculardır. Bunlar büyük hacimli ve yüksek giriş sıcaklığına sahip olmalarının yanı sıra kağıt hamuru, odun lifi, küçük boyutlu ve büyük boyutlu yongaları (flaker) kurutmak için dört farklı tipi vardır. Bu tip kurutucular kullanıldıklarında, uzun yongaları korumak için yongalevha üretimindeki kullanımlarına nazaran daha yavaş döndürülmelidir. Kurutucuya % 80-120 rutubet değerinde giren yongalar % 1-3 rutubete kadar kurumuş olarak çıkarlar. Ayrıca, OSB üretiminde uzun yongaları düşük sıcaklıkta kurutmak için konveyör tipi kurutucularda kullanılmaktadır (Anonim, 2003). Şekil 4.4'te geniş hacimli tamburlu kurutucu gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Tamburlu kurutucu.

#### 4.5. ELEME

Kurutma ünitesinden çıkan yongaların içinde çok büyük ya da çok küçük materyaller bulunabilir. Eleme normal boyuttaki yongaları aşırı boyutlu yongalardan ve çok ince materyallerden ayırmak için yapılır. Geniş yongalar yüzey tabakasında, daha küçük yongalar ise orta tabakada kullanılmak üzere sınıflandırılır. Yonga elekleri; döner silindirik, titreşimli veya sallantılı (sarsıntılı) tipte olabilir (Lamarche, 1969; Eroğlu ve Usta, 2000).

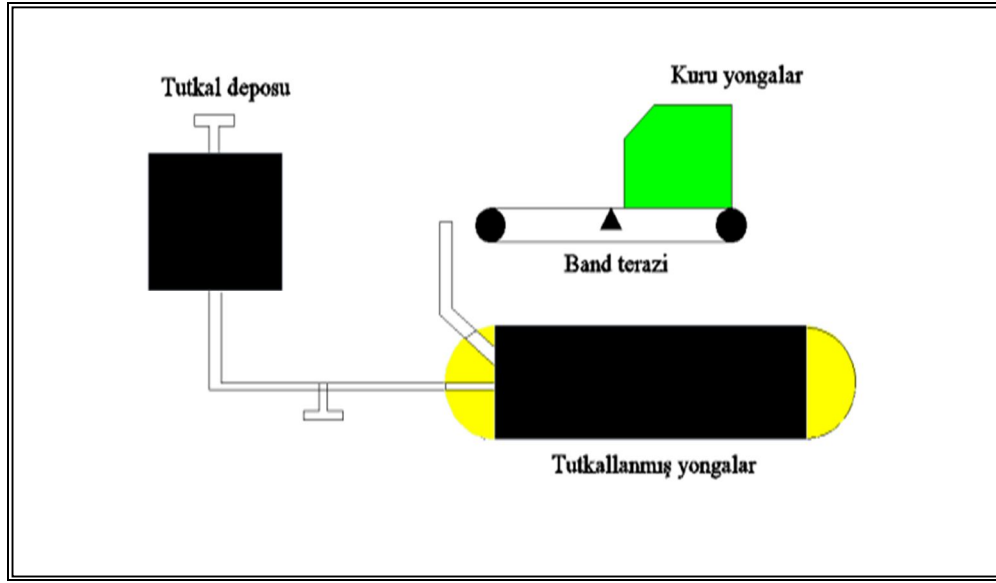
#### 4.6. TUTKALLAMA

Tutkallamanın homojen bir şekilde yapılması levhaların direnç özelliklerini artırmaktadır. Homojen bir şekilde tutkallama işlemi yapılabilmesi için değişik yöntemler geliştirilmiştir. Bunlardan en uygun olanı noktasal uygulama olup, bu yöntemle tutkal çözeltisi yonga üzerine eşit şekilde dağıtılmaktadır. Bu amaçla yüksek basınçlı, hava girdaplı enjektörler veya vantilatörler kullanılmaktadır. Tutkallamada yüzey ve orta tabaka katmanları için farklı tutkal formülasyonları uygulanır. Bu nedenle silolardan gelen yongalar yüzey ve orta tabakalar için ayrı tutkallama makinesine gönderilir. Dış tabakalar için sıvı ya da güçlendirilmiş fenolik reçineler, orta tabaka yongaları için fenolik reçineler ya da izosiyanat kullanılmaktadır. Ağaç malzemedeki daha hızlı tepkime ve daha yüksek bir rutubet oranına imkan verdiği için sıvı fenolik reçineler tercih edilmektedir (Smulski, 1997; Kalaycıoğlu, 2001).

Yonga boyutlarının korunması önemli olup, bunun için yongaların tutkallanmasında dönme hızı düşük olan tutkallama makineleri tercih edilmektedir. Yapıştırıcı maddenin tipi ve miktarı levhalarda istenilen özelliklere bağlıdır. OSB üretiminde üretilen melamin ve fenol formaldehit tutkalları saf veya karışık olarak kullanılabilir. Tutkal oranı olarak, tam kuru yongaya oranla % 3 oranında toz halinde fenol formaldehit veya % 5,5-6 tutkal çözeltisi yeterlidir (Brinkmann, 1979).



OSB üretiminde çoğunlukla fenol formaldehit tutkalı genelde toz olarak kullanılır ve tutkal yongalara genellikle bir dönme silindiri içinde karıştırılır. Eğer kullanılan tutkal çözelti halinde ise yüksek basınçlı püskürtücüler kullanılarak uygulanabilir (Baştürk, 1999). Şerit şeklindeki yongaların tutkallanmasında dönme hızı az olan tutkallama makineleri tercih edilmelidir. Yonga boyutlarının korunması bakımından dönme hızının az olması gerekmektedir (Ayla, 2001). Şekil 4.5’de yongaların tutkallandığı karıştırıcı gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Yongaların tutkallandığı karıştırıcı (Blender).

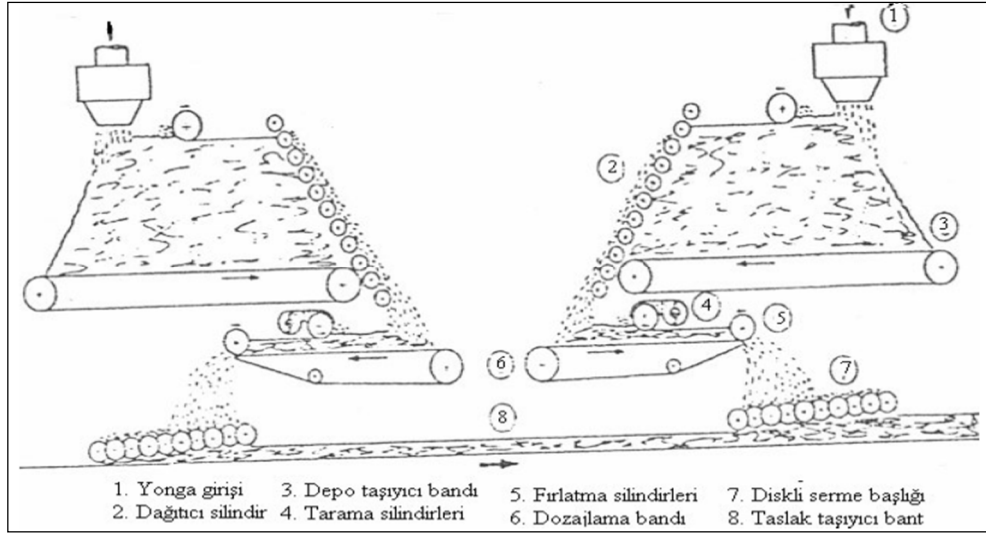
#### 4.7. SERME

Kaliteli levha üretmek için homojen bir serme gereklidir. Özgül kütledeki değişimler levhanın direnç özelliklerini de etkilemektedir. Bunun için yongalar serilirken hata yapılmamasına dikkat edilmeli, serme işlemi levhanın ortasından geçen yatay düzleme göre simetrik olmalıdır (Özen, 1980).

Normal yongalevha ile yönlendirilmiş levha arasındaki en önemli fark serme işlemindedir. OSB üretiminin en önemli aşaması levha taslağının oluşturulduğu serme işlemi olup, levhalar tüm özelliğini burada kazanır. Levha taslağının oluşturulmasında kullanılan serme makineleri mekanik ve elektrostatik olmak üzere iki farklı yöntemle çalışır.

#### 4.7.1. Diskli Serme Makinesi

Bu tip makinelerde yapılan ayarlamalar ile yongalar arzu edilen şekilde yönlendirilebilmekte, ince materyalin levhanın alt ve üst tabakalara, kalın materyalin ise orta tabakaya gelmesi sağlanabilmekte ya da bu işlemlerin tersi yapılabilmektedir. Siempelkamp firması tarafından geliştirilen diskli serme makinesi çalışma prensibi şematik olarak Şekil 4.6'da gösterilmiştir (Çehreli, 1981).



Şekil 4.6. Diskli serme makinesi.

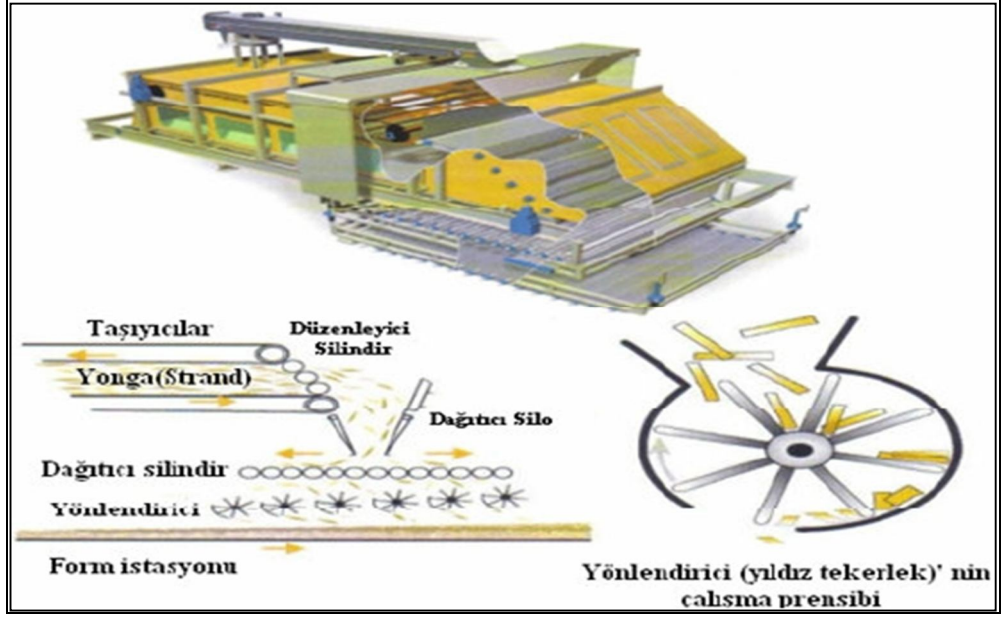
Diskli serme makinesinde form istasyonunun deposuna yongalar boyuna ve enine yönde hareket edebilen başlık aracılığıyla aktarılır. Depodaki yonga seviyesi seviye kontrol aygıtı ile belirlenir. Geri aktarma silindiri depo içerisindeki yonga seviyesini sabit bir yükseklikte kalmasını sağlar. Deponun ön kısmında bulunan ve dönme hızları sabit olan iğneli silindirlere bir cephe oluşturulmuştur. Deponun taban bandının hızı kademesiz bir şekilde artırılabilir. Bandın görevi yonga yığını iğneli silindirlere taşımaktır. Yongalar iğneli silindirlere dozaj bandının üzerine düşmektedir. Dozaj bandı üzerinde tarayıcı bir başka silindir bulunmaktadır. Bu silindir, dozaj bandı üzerine düşen fazla miktardaki yonga yığını yanındaki enine silindire iletir. Bu son silindirin görevi fazla materyali tekrar form istasyonu deposuna geri göndermektir. Dozaj bandının sonunda fırlatma silindiri bulunmaktadır. Fırlatma silindirinin gevşeterek fırlattığı yongalar diskli serme başlığı üzerine düşer (Çehreli, 1981).

Bu sistemde, yongaları yönlendirmede makinenin en önemli parçası diskli serme başlığıdır. Serme başlığı art arda gelen ve bunların üzerinde yan yana paralel dizilmiş disklerden oluşur. Ardı ardına gelen silindirler üzerindeki diskler birbiri içine geçmiş durumdadır.

Diskler arasındaki açıklığın az olduğu taraftan ince materyal, çok olduğu taraftan ise kaba materyal sermektedir. Diskler üzerine düşen yongaların arasındaki ince materyal alta geçerken, büyük boyutlu yongalar ise diskler tarafından öne taşınır ve daha geniş olan bu aralıklardan bandın üzerine serilerek yönlendirilirler.

Yongaların serme başlığı boyunca optimal dağılımını sağlamak üzere, her bir silindirin dönme hızı birbirinden bağımsız olarak ayarlanabilir. Son silindir, daha önceki diskler arasından aşağıya düşmemiş olan büyük boyutlu yongaları geri götürmek için ters yönde döner.

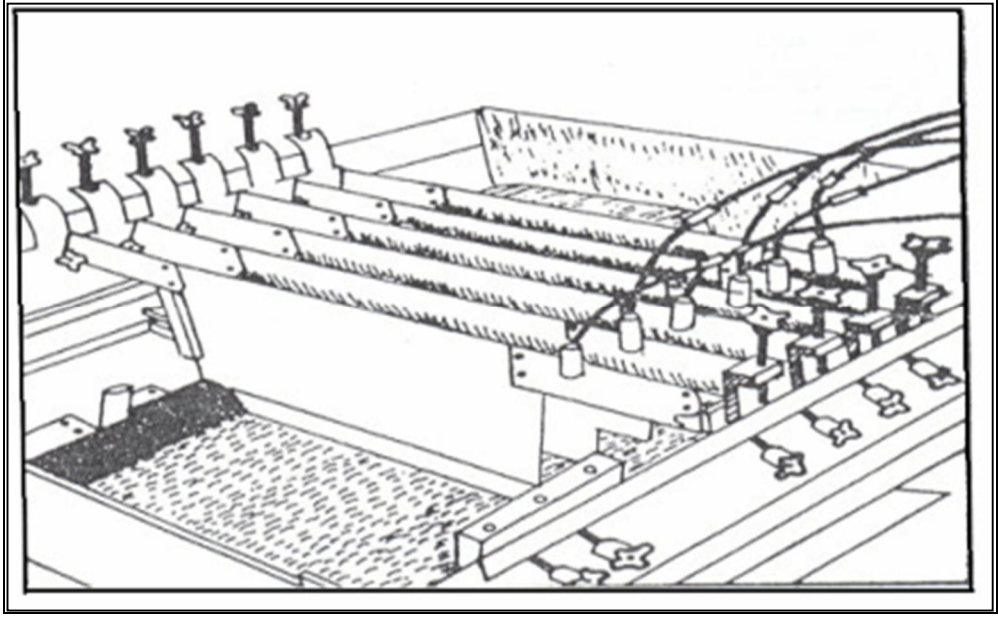
Serme başlığı boyunca diskler arasında farklı açıklıkların olması, yongaları yönlendirmenin yanında, sınıflandırılmasını da yaparak ince yongaların dış tabakaya, kalın ve uzun yongaların ise orta tabakaya gelmesini sağlamakta ve böylece levhanın optimal eğilme direncine ulaşılması gerçekleştirilebilmektedir. Serme başlığının banttın yüksekliği ve yükseliş açısı ayarlanabilmektedir. Bu sayede yönlendirme tam yönlendirme ile zayıf yönlendirme arasında arzulandığı şekilde yapılabilir (Çehrelî, 1981). Şekil 4.7’de genel olarak serme istasyonu gösterilmiştir (Kalaycıoğlu, 2008).



Şekil 4.7. OSB üretiminde serme işlemi.

#### 4.7.2. Elektrostatik Sistem

Yongaların yönlendirilmesi yukarıda açıklandığı gibi mekanik olarak yapılabildiği gibi elektrostatik olarak da yapılabilmektedir. Elektrostatik serme konusundaki çalışmalara 1960'lı yıllarda başlanılmıştır. Bu sistemde yongalar iki kutuplu olarak etkilenmektedir. Etkin bir elektrostatik yönlendirmede yongalar düşey konumda bulunan pozitif ve negatif elektrik yüklü elektrot plakaları arasından geçerler. Yongaların elektrotların arasından geçirilmesi yani düşey olarak bırakılması ile gerçekleşir. Elektrostatik serme yapabilmek için yongaların mutlaka belirli bir rutubette olması gereklidir. Burada yongaların yüzey rutubet değeri toplam rutubet değerinden daha önemli olup % 5'in altında rutubete sahip yongaların yönlendirilmesi oldukça zordur. Şekil 4.8'de yongaların yönlendirilmesinde kullanılan elektrostatik sistem gösterilmiştir.



Şekil 4.8.Yongaların yönlendirilmesinde kullanılan sistem (Çehreli, 1981).

OSB üretiminde kullanılan elektrostatik serme düzeneği oldukça pahalı ve karmaşık yapıya sahip bir sistemdir. Yongaların yönlendirilmesinde mekanik ya da elektrostatik yöntemler uygulanabildiği gibi, her iki yöntemin kombinasyonu da kullanılabilir (Brinkmann, 1979; Smulski, 1997).

Yönlendirilmiş yongalardan üretilen levhaların direnç ve elastik özellikleri, rastgele yönlendirilmiş levhalardan 2,5 kat daha fazladır. Bu yüzden kullanılan yonga boyutlarının yönlendirmeye elverişli olması gerekir. İnce-uzun yongalar yani narinlik oranı yüksek olan yongalar yönlendirmeye daha elverişlidir (Akbulut, 1991).

#### **4.8. PRESLEME**

Presleme işlemi, OSB üretim sürecinin en önemli aşamalarından biridir. Presleme şartları, kullanılan tutkal tür ve miktarına, levha yoğunluk, kalınlık ve rutubet içeriğine bağlıdır. Levha taslağının levha halini alması için preslenmesi gerekir. Serme ile oluşturulan taslağın taşıma sırasında bozulmaması için sarsılmadan taşınması gerekir. Presleme safhası ön presleme ve sıcak presleme olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

Ön pres, sıcak preslemede taslağın yapısının bozulmaması için gereklidir. Levha taslağının kalınlığı odun cinsine ve serbestlik derecesine bağlı olarak değişir. Serme kalınlığı levha kalınlığının yaklaşık olarak 15-20 katı kadar olup ön preste bu 1/3'ü oranında azalır. Böylece, sıcak preslemede pres katları arasındaki açıklık ve pres kapanma süresi azalacağı için presten daha iyi yararlanılabilir (Ayrılmış, 2000).

Ön presten çıkan levha taslağının yoğunluğu, yoğunluk ölçme cihazı ile sıcak prese girmeden önce üretim hattına dik yönde yerleştirilmiş ve tüm levhayı ölçebilecek şekilde ölçülür. Ardından metal detektörü serme bandı genişliğince tüm taslak yüzeyini tarayarak levha taslağının içinde metal parçacık olup olmadığını belirler. Taslak içerisinde bir metale rastlanırsa taslağı taşıyan bant otomatik uyarıcılar yardımı ile durdurularak bu parçanın geri dönüşüm hattına dökülmesi sağlanır.

OSB taslağı, levha özelliğini ancak sıcak preste kazanır. Sıcak preste taslağın levha haline gelmesi, levha kalınlığına kadar sıkıştırılması için gerekli basınç ve tutkalın sertleşmesi için gerekli sıcaklığın sağlanmasına bağlıdır. Bu sırada sıcaklık etkisiyle tutkal sertleşir ve stabil bir malzemenin elde edilmesi sağlanır. Pres sıcaklığı, basıncı ve süresi kullanılan hammaddenin fiziksel ve mekanik özelliklerine göre belirlenir. Sıcak presleme sonucunda levhalar önemli özellikler kazanmaktadır (Özen, 1979).

Levha taslağının preslemesi fasıllı (tek veya çok katlı) ve fasılsız (sürekli) çalışan preslerde gerçekleşmektedir. Sermeden sonra taslak tek veya çok katlı preste preslenecek ise önce standart levha uzunluğunda daire testere ile kesilmektedir (Kalaycıoğlu vd., 2003). Tek katlı preslerde her presleme periyodunda sadece bir tane levha preslenirken çok katlı preslerde pres katlarının sayısı 4-22 arasında değişir. Preslerde (tek veya çok katlı) basınç hidrolik olarak sağlanır. Pres plakaları sıcak su, buhar, kızgın yağ ya da yüksek frekans ile ısıtılabilir. Pres sıcaklığı, kullanılan tutkal türüne bağlı olarak 150-220°C arasında değişir. Süre tutkalın sertleşme süresi ve levhanın kalınlığına göre 3-7 dakika arasında olmaktadır (Akbulut, 2000). Presin kapanma süresi (pres plakalarının taslağı levha kalınlığına kadar sıkıştırması için geçen süre) levha direnç özellikleri bakımından önemlidir. Bu sürenin kısa olması yüzey tabakalarının normalden daha yüksek yoğunlukta, orta tabakanın ise daha düşük yoğunlukta olmasını sağlar. Bu durum, yüzey düzgünlüğü

ve eğilme direnci bakımından faydalıdır. Fakat yüzeye dik çekme direnci olumsuz etkilenir. Spesifik basınç, sıcaklık ve sürenin yetersiz olması levhaların patlamasına neden olur.

Çok katlı preslerde, levha kalınlığı katlar arasına konulan kalınlık takozları veya elektronik çalışan pistonlar yardımıyla ayarlanır. Çok katlı preslerde bütün katların aynı anda kapanmasını sağlamak için eş zamanlı açma-kapama mekanizması kullanılır. Fasilasız preslerde levha sonsuz bir bant halinde elde edilmektedir. Daha sonra istenilen boyutlarda kesilmektedir. Bu tip presler uzun olup, hazırlanan taslak ısıtılan çelik levhalar veya etrafı çelik levhalarla kenetlenmiş silindirler arasından geçmektedir (Akbulut, 2000).

Sürekli (Continue) preslerde bilgisayar odasındaki operatör, bilgisayara preste uygulanacak sıcaklığı, basıncı, presleme faktörü gibi değerleri girerek sistemin otomatik olarak yürümesini sağlamak ve monitörden üretimi devamlı olarak kontrol altında tutmaktadır. Sürekli presleri katlı preslerden ayıran en önemli özellik üretimin kesintisiz olmasıdır. Sürekli sistemde taslak prese girmeden önce boyutlandırılmamakta, presten sonra yer alan daire testere levhayı standart uzunluklarda kesmektedir (Ayrılmış, 2000).

#### **4.9. PRES SONRASI İŞLEMLER**

Presleme ve pres öncesi işlemlerin hatasız olarak yapılmış olması levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerinin istenen değerde olması açısından oldukça önemlidir. Presten çıkan levhaların sıcaklığının 70°C'nin üzerinde üst üste istiflenmesi halinde üre formaldehit tutkalı rutubetin etkisiyle hidroliz olmakta ve direnç değerlerinde düşüş görülmektedir. Bu nedenle üre formaldehit tutkalı kullanılarak üretilen levhalar 70°C altında sıcaklık değerlerine kadar soğutulduktan sonra üst üste istiflenmelidir. Fenol formaldehit tutkalı kullanılarak üretilen levhalarda sıcak istiflenmeden dolayı bir sakınca oluşmamaktadır (Güler, 2001).

Levhaların soğutulma işlemi; soğutma kanalı ve daha çok soğutma yıldızları kullanılarak yapılır. Klimatize işlemi ile levhanın sıcaklığı ve rutubeti dengelenmekte

ve tutkalın tam olarak sertleşmesi sağlanmaktadır. Yan alma işlemi levhaların soğutulmasından sonra yapılmalıdır. Bu amaçla daire testereler kullanılmaktadır. Daha sonra düzgün yüzeyli levhalar elde etmek için levhaların alt ve üst yüzeyleri zımparalanmaktadır. Zımparalanan levhalar satış için depolara alınır (Güler, 2001).



## BÖLÜM 5

### OSB'NİN FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Ahşap kompozit levhaların özelliklerini; kullanılan ağaç türü ve yoğunluğu, yonga geometrisi, tutkal türü ve miktarı, presleme şartları, levhanın yoğunluğu ve taslak yapısı gibi faktörler etkilemektedir (Göker ve ark.,1993). Tüm faktörler birbiri ile ilişkilidir. Bireysel olarak tek bir faktörün değiştirilmesi istenilen özellikte levha üretilmesi için yeterli olmayabilir. Kullanım yeri isteklerine uygun nitelikte levha üretilmesi için bu faktörlerin levha özelliklerine etkilerinin bilinmesi önemlidir (Maloney, 1993).

#### 5.1. LEVHA YOĞUNLUĞU

Levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri en çok etkileyen faktörlerden biri levha yoğunluğudur (Kollmann and Cote 1968). Gerek hammadde maliyeti gerekse üretim kontrolü bakımından levhada yatay yoğunluk değişimi çok küçük değerde olmalıdır. Çünkü yatay yoğunluk değişimi sıcak presleme işleminde levha taslağına gerekli pres basıncının dağılımını direkt etkilemektedir (Dai and Steiner, 1994). Ayrıca levha yoğunluğu değişimi sıcak preslemede; ısı ve rutubet transferini önemli derecede etkilemektedir (Humphrey and Bolton, 1989; Haas et al., 1998).

Düşük özgül ağırlıktaki levhalarda yongalar arasındaki boşluklarda fazla miktarda tutkal kaybolur. Eğer levha yüksek yoğunluğa kadar sıkıştırılırsa bu boşluktaki tutkal etkili bir biçimde kullanılarak yongalar arasındaki teması güçlendirilir. Yoğunluğun artmasıyla hem tutkal etkili bir biçimde kullanılır hem de levhanın mekanik özellikleri arttırılmış olur. Ancak yoğunluğun fazla miktarda arttırılması levhanın işlemlerini zorlaştırır (Akbulut, 1991).

Hsu and Kirincic (1997), Titrek kavaktan 0,5 mm kalınlığındaki yongalar kullanılarak üretilen levhaların yoğunluğunun 0,64 gr/cm<sup>3</sup>'ten 0,54 gr/cm<sup>3</sup>'e düşürülmesiyle levhanın mekanik özelliklerinin azaldığını belirtmiştir. Ancak 2 ve 24 saat suda bekletme sonucu levhalarda meydana gelen kalınlığına şişme miktarının levha yoğunluğunun azalmasıyla önemli ölçüde değişmediğini tespit etmiştir.

## 5.2. AĞAÇ TÜRÜ VE YOĞUNLUĞU

En iyi yonga kalitesini yeknesak anatomik yapısı olan ağaç türleri vermektedir. Kavak (*Populus*), söğüt (*Salix*), kızılbaş (*Alnus*), akçaağaç (*Acer*), çınar (*Platanus*), ladin (*Picea*), göknar (*Abies*) gibi türler yonga üretimine en uygun ağaç türleridir. Ayrıca ilkbahar ve yaz odunları arasında özgül ağırlık kontrastı varsa bu tür odunlardan çok dar yongalar meydana gelmektedir. Ancak bu durum büyük sakınca teşkil etmemektedir (Brinkmann, 1979).

OSB teknolojisi düşük yoğunluğa sahip ağaç türlerinin kullanımından gelişmiştir. Hammadde olarak kullanılan malzemenin yoğunluğu, levha yoğunluğunu ve levhanın diğer birçok özelliklerini kontrol etmede oldukça önemli bir faktördür (Maloney 1996). Hafif ve ağır odundan aynı yoğunlukta üretilmiş levhalardan hafif olanlarının eğilme direnci daha yüksektir (Deppe ve Ernst, 1964). Bu durum, lümen çapı 5 mikrondan daha büyük olan hücrelerin pres sırasında ezilerek özellikle dış tabakalarda yoğunluğu artırılması ile açıklanmaktadır (Schneider, 1982).

Hafif odundan üretilmiş yongalar preslenirken sıkıştırma faktörü yüksek seçilebilir. Bunun sonucu levhanın yoğunluğunun düşük olmasına rağmen direnç değeri yükseltilmiş olur. Daha yüksek yoğunluğa sahip odun hammaddesi kullanılması durumunda aynı sıkıştırma faktörüne ulaşmak için daha yüksek basınç ve daha fazla yonga gerekmektedir. Ancak, bu durumda direncin artması ile birlikte levhanın yoğunluğu da artmaktadır (Özen, 1980). Yoğunluğu çok düşük olan odun, pahalı bir hammadde olan tutkalı fazla emmesi dolayısıyla maliyeti arttırması ve istenilen boyutlarda yongalanamamasından dolayı (küt yongalar vermesi) arzu edilmemektedir. Bu nedenlerle yongalevha üretiminde kullanılan odunun

yoğunluğunun 400 kg/m<sup>3</sup>'ten az ve 700 kg/m<sup>3</sup>'ten fazla olmaması istenir (Göker, 1978).

Levhalarda maksimum yapıştırma sağlamak için gerekli olan basınç miktarı, levha yoğunluğunun üretimde kullanılan ağaç türünün yoğunluğuna oranına bağlıdır. Buna sıkıştırılma oranı denir. Eğer bir türden orta yoğunlukta yongalevha üretilecekse sıkıştırma oranının 1-1,3 civarında olması beklenir. Bu kullanılacak ağaç türünün uygunluğunu belirlemek için iyi bir göstergedir. Yüksek yoğunluktaki levhalar düşük yoğunluğa sahip türden üretilecekse, sıkıştırma oranı büyük miktarda artar. Nispeten düşük yoğunluktaki ağaç türlerinin tercih edilmesinin sebebi, onların orta yoğunluktaki levha üretimi için kolayca sıkıştırılabilmeleridir. Çünkü böylece iyi bir yapışma elde etmek için sıcak presleme sırasında yongalar arasında yeterli temas alanı sağlanmaktadır. Yüksek yoğunluktaki türler, iyi bir şekilde yapıştırılmış orta yoğunluktaki levha üretimi için kolayca sıkıştırılamayabilir (Baştürk, 1999).

### **5.3. pH FAKTÖRÜ**

Ağaç türünün pH değeri tutkalın sertleşmesi üzerine etki eder. Bunun için hazırlanacak tutkal reçetesi hammadde türünün pH değerine göre ayarlanmalıdır. Üretimde mümkün olduğu kadar aynı hammadde türü veya pH değerleri birbirine yakın türlerin kullanılması tercih edilir. Üretim içerisinde aynı ağaç türü veya aynı pH değerine sahip türler kullanılıyorsa, odun asiditesinin levha özellikleri üzerine etkisi azaltılabilir. Bu durumda odunun asiditesi sıcak preste tutkalın sertleşme süresini etkilese bile, sertleştirici miktarını ayarlanması ile sertleşme süresi istenilen seviyeye getirilecektir. Farklı pH değerlerine sahip ağaç türleri kullanılırsa sertleştirici miktarı en yüksek pH değerine göre ayarlanmalıdır. Bu durumda, düşük pH derecesine sahip ağaç türlerinden elde edilen yongalarda erken sertleşme oluşur. Bu da levhanın direnç değerlerinin azalmasına sebep olur. İyi bir yapıştırma elde etmek için ağaç türünün pH'nın 4-5 civarında olması arzu edilir (Göker ve Akbulut, 1992). Bununla birlikte kullanılan odun hafif asidikse (pH değeri yüksek ise) sertleşmeyi sağlamak için sertleştirici ilave edilebilir. Sertleştiriciler aynı zamanda orta tabakanın sertleşme hızını yükseltme için de kullanılır (Akbulut, 1991).

#### **5.4. TUTKAL TÜRÜ VE MİKTARI**

Dış hava koşullarına maruz kalan yerlerde kullanılacak yongalevhalar için fenolik tutkallar ile izosiyanat tutkalı, iç kısımlarda ve kapalı mekanlarda kullanılacak genel amaçlı levhalarda ise üre formaldehit tutkalı kullanılmalıdır. Kullanılan tutkal miktarının artmasıyla levhanın direnç özellikleri ve boyut stabilitesi iyileşmektedir. Yongaların tutkallanması sırasında, tutkal taneciklerinin büyüklüğü ve yongalar üzerine yeknesak bir şekilde dağılması yongalar arasındaki yapışmayı önemli ölçüde etkilemektedir. Küçük tanecikler daha iyi yapışma alanı oluşturdukları için levhanın direnç özelliklerini arttırır (Göker ve Akbulut, 1992).

#### **5.5. RUTUBET MİKTARI**

Rutubet miktarı, levha üretiminde ve özellikleri üzerindeki etkisi önemlidir. Rutubetin başlıca kaynağı odun yongalarında bulunan nem ve tutkal çözeltisinden gelen sudur. Panellerde mevcut olan rutubet miktarının ve özellikle de sıcak presleme sırasındaki rutubetin davranışı birçok araştırmanın konusu olmuştur (Yapıcı, 2008).

Üretimde presleme işleminden önce hazırlanan levha taslağı üzerine dikey rutubet akışını hızlandırmak için su püskürtülür. Bu işlem, strandlerde plastikleştirici işlevi de görür. Ayrıca yüzeye püskürtülen su levhanın yüzey kısmının yoğunluğu artırarak eğilme direnci, vida tutma gücü gibi bazı mekanik özelliklerini de iyileştirmektedir (Stickler, 1959; Kamke and Casey, 1988). Dış tabakanın rutubet oranının orta tabakadan daha fazla olmasını sağlamanın bir başka yolu ise dış tabaka yongalarının % 1-3 kadar daha fazla rutubette kurutulması veya tutkallama sırasında dış tabaka tutkal çözeltisinin konsantrasyonunun % 1-3 kadar daha fazla tutulmasıdır. Bu durumda kurutma için gerekli enerji ihtiyacı da azalacaktır (Kalaycıoğlu, 2008 ).

#### **5.6. YÖNLENDİRME DERECESESİ**

OSB'nin özelliklerini etkileyen en önemli faktörlerden biri serme işlemi sırasında yongaların yönlendirilmesidir. Yönlendirme işlemi, OSB'yi atası olan waferboar'dan

ayırان en önemli özellik olup, levhanın mekanik özelliklerini iyileştirici yönde etki yapmaktadır (Harris and Johnson, 1982). OSB üç katlı simetrik lamine malzemeye benzer. Dış tabaka yongaları boyuna yönde serilirken, orta tabaka yongaları ise dış tabaka yongalarına belirli açı oluşturacak biçimde serilmektedir (Gren and Hernandez, 1998).

Yongaların levha içerisinde yönlendirilmesiyle levhanın direnç özellikleri değiştirilebilir. Yönlendirme derecesi ne kadar yüksek olursa, yönlendirme istikametinde direnç özellikleri de o derece yüksek olmaktadır. İnce ve uzun yongalar (narinlik derecesi yüksek) yönlendirilmeye en uygun yongalardır (Özen, 1980). Yönlendirme derecesinden kasıt yongaların serildiği yönden 45 dereceden daha fazla sapma göstermeyen miktarı anlaşılmaktadır. Levhanın yüksek dirençte üretilebilmesi için, diğer parametrelerin yanında yönlendirme derecesinin önemi büyüktür. OSB levhalarda yüksek direnç sağlayabilmek için yönlendirme derecesinin de yüksek olması gerekmektedir. Yönlendirilmiş yongalardan üretilen levhaların direnç ve elastik özellikleri, rastgele yönlendirilmiş levhalardan daha fazladır. Burada yonga boyutlarının yönlendirmeye elverişli olması gerekir. İnce-uzun yongalar (narinlik oranı yüksek) yönlendirmeye daha uygundur (Çehrelı, 1981). Ayrıca eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerleri yüzey tabakalarındaki yongaların yönlendirme doğrultusunda iyileştirmektedir. Fakat kalınlığına şişme, doğrusal genişleme ve levha yüzeyine dik çekme direnci ise yongaların yönlendirmesinden etkilenmemektedir (Mc Natt et al., 1992).

## **5.7. YONGA GEOMETRİSİ**

Optimum özelliklere sahip levha üretebilmek için yonga geometrisi oldukça önemlidir. Yonga uzunluğunun, yonga kalınlığına oranı narinlik olarak ifade edilir. Yapılan çalışmalarda genelde narinlik oranı kullanılmaktadır (Nelson, 1997). Narinlik oranının artması ile eğilme direnci artmaktadır (Post, 1958; Meyers, 2001). Narinlik oranı ile levha yoğunluğu ve levha yüzeyindeki strandlerin (yongaların) yönelimi arasında yakın ilişki vardır. Buna göre 0,06 cm kalınlığında ve 5-10 cm arasındaki uzunlukta strandler için optimum narinlik oranınının 87-163 arasında olduğunu belirtmişlerdir (Wang and Lam, 1999).

## **5.8. VAKSLAR**

Vakslar levhanın rutubet ve suya karşı dayanıklılığını artırmak için katılır. Bu maddeler levhanın bazı direnç özelliklerini düşürebilir. Ancak, bu maddelerin miktarının tam kuru yonga ağırlığına oranla % 1 veya daha az ise levhanın direnç özelliklerini etkilemez (Göker ve Akbulut, 1992). Katılan vaks oranı genellikle tam kuru yonga ağırlığının % 1,5'dan az olmalıdır. Birçok OSB üreticisi petrol rafinelisinin yan ürünü olan gevrek vaks kullanır. OSB üreticileri değişik kullanım yerleri için seçimlerini, gevrek vaksın yağ içeriği, viskozitesi, erime noktası ve tutuşma noktasına göre yapar (Alvur, 2001).

## **5.9. PERMABİLİTE**

Levha özelliklerini etkileyen diğer bir faktörde kullanılacak odun hammaddesinin permabilitesidir. Levha tutkalandığı zaman amaç yonga yüzeyi üzerinde tutkalı muhafaza etmektir. Özellikle yonga enine kesitleri tarafından absorbe edilen tutkal, yapıştırma işleminde telafi edilemez bir kayıptır. Odunun permabilitesi kullanılan tutkalın yeterli olması ya da olmaması bakımından fark oluşturabilir (Akbulut, 1991).

## **5.10. EKSTRAKTİF MADDELER**

Ekstraktif maddeler, tutkal tüketimi ve sertleşmesi üzerinde önemli rol oynamaktadır. Bazı ağaç türleri doğal reçine ya da mum gibi ekstraktif maddelere sahiptirler. Bu tür maddeler levhaya bir dereceye kadar su iticilik kazandırır. Fazla permeabil ağaç türlerinin kullanılması durumunda tutkal sarfiyatı artar. Buda ekonomik açıdan istenmeyen bir durumdur (Göker ve Akbulut, 1992).

## **5.11. PRESLEME SÜRESİ VE SICAKLIĞI**

Preslemede en önemli değişkenler, presin sıcaklığı, kapanma süresi, basıncı ve süresidir. Sıcaklık, sertleşme süresi, basınç ve tutkal miktarının yetersiz olması durumunda levhada patlamalar ve ayrılmalar meydana gelebilir. Aynı özellikler, levhanın presten çıktıktan sonra geriye yaylanmasına (kalınlık artımı) da neden

olabilir. Pres süresinin aşılması durumunda 170°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda önemli ölçülerde direnç azalmasına sebep olan termik bozulmalar meydana gelebilir. Yongalevhanın genel olarak bütün özellikleri pres süresinin artmasıyla genel olarak artar. Levha kalınlığı boyunca özgül kütle değişimi, özgül kütle profili olarak adlandırılmaktadır. Homojen özgül kütle profili olan (orta ve yüzey tabakalarının özgül kütlesi aynı) levha üretmek çok zordur. Homojen özgül kütle profiline sahip levhalarda; eğilme direnci ve elastikiyet modülü artar. Yüksek özgül kütle profilinin olması yüzeye dik yöndeki çekme direncini azaltır (Özen, 1980).

Pres kapanma süresi, pres plakalarının taslak yüzeyiyle temas ettiği andan istenilen levha kalınlığına sıkıştırılana kadar geçen süre olup levha özelliklerini belirlemede en önemli faktörlerden biridir. Pres kapanma süresinin ayarlanmasıyla değişik özgül ağırlık profilleri elde edilebilir (Akbulut, 1991). Presin kapanma süresi başta levhaların yoğunluk profilini etkiler. Hızlı kapanan pres plakaları yoğunluk profilini arttırır ve eğilme direncini iyileştirir. Ancak yüzeye dik çekme direncini, vida tutma gücünü düşürür ve levhaların kenar düzgünlüğünü bozar (Baştürk, 1999).

## **5.12. OSB'NİN KULLANIM YERLERİ**

Kusursuz, budaksız ve iyi bir yüzey kalitesine sahip olan OSB levhalar kontrplak yerine kullanılabilirler. Yönlendirilmiş yongalevhaların en önemli avantajı kullanım yerleri isteklerine uygun şekilde üretilme imkanlarının olmasıdır. Üre formaldehit reçinesi ile üretilen yönlendirilmiş yongalevhalar özellikle döşeme malzemesi, yük taşıyıcı elemanlar ve mobilya üretiminde kullanılırlar. Üre, melamin ve formaldehit tutkalı ile üretilenler ise özellikle deprem riski olan bölgelerde prefabrik ve Amerikan tarzı binalarda; özellikle ısı iletkenlik katsayılarının düşük olması nedeniyle iç ve dış duvar, kaplama, döşeme ve çatı malzemesi olarak kullanım alanı bulmuştur. Fenol formaldehit tutkalı ile üretilenlerde ise genellikle gemi taşımacılığı için ambalaj sandığı üretiminde kullanılır. Ayrıca yüzeyleri kaplanmış levhalar ise kontrplak ve kontrtablanın kullanıldığı tüm alanlarda kullanılabilirler (Kalaycıoğlu, 2001).

OSB levhaları; boya ve vernik gibi maddeler ile renginin değiştirilebilir olması, kolay işlenebilmesi, çivi ve vida tutma gücünün iyi olması gibi birçok üstün özelliklere sahiptir. Bu gibi üstün özelliklerinden dolayı OSB kullanıcıya birçok avantajlar sunmaktadır. Bu nedenle, günümüzde OSB kendine birçok alanda kullanım yeri bulmuştur. OSB'nin başlıca kullanım alanları aşağıdaki gibi sıralanabilir. Bunlar; Özellikle deprem riski olan yerlerde inşa edilen binalarda, çatılarda kiremit ve hafif çatı malzemeleri (shingle) altlarında, prefabrik yapılarda, inşaatlarda beton kalıplarında, yer döşemelerinde parke ve fayans altında, duvar ve ev ara bölmelerinde, yat ve tekne dekorasyonunda, araç kasası, ambalaj ve sandık yapımında, fuar standı uygulamalarında, askeri kışla, baraka yapımında, dekoratif tavan yapımında ve mobilya endüstrisinde kullanılmaktadır. OSB'nin çeşitli kullanım yerlerine ait uygulamalar Şekil 5.1-5.2-5.3'de gösterilmiştir.



Şekil 5.1. İnşaat sektöründe OSB'nin çatı ve inşaat uygulamalarında kullanımı.





Şekil 5.2.Yalıtım malzemesi olarak OSB'nin kullanımı.



Şekil 5.3. Mobilya sektöründe OSB'nin kullanımı.

Kaplama olarak kullanılacak levhalar tüm yanlardan ve uçlardan 3 mm boşluk kalacak şekilde destekler üzerine konmalıdır. Özellikle çatı kaplaması olarak kullanılacak OSB levhaların direkt olarak yağmur ile temas etmesi önlenmelidir. Duvar kaplaması olarak OSB levhaları dikey ya da yatay olarak kullanılabilir (Alvur, 2001).

OSB levhaları mekanlarda izolasyon sağlamak amacıyla da kullanılabilir. Bu tür levhalar enerji verimliliği bakımından oldukça önemlidir. İzolasyon amaçlı kullanımlarda dış kısmı OSB iken orta kısmında poliüretan kullanılmaktadır. Ayrıca OSB, her türlü ihtiyaca cevap vermek amacıyla panel boyutları, kalınlığı, yoğunluğu, esnekliği, üretici tarafından kullanıcının isteklerine göre ayarlanabilecek şekilde üretilir.

Günümüzde OSB levhalar, çam gibi yüksek kalitedeki iğne yapraklı ağaçlardan üretilmektedir. İğne yapraklı ağaç türleri (çam, ladin, göknar vb.) dışında, geniş yapraklı (kavak, kızılâğaç, kayın vb.) ağaç türlerinin ahşap kompozit malzeme üretiminde kullanıldığı literatürde belirtilmiştir. OSB levha üretiminde kullanılan kavak odununun bir çeşidi olan ve ülkemizde de doğal olarak yetişen karakavak (*Populus nigra* L.) odunu yapılan bu çalışmada hammadde olarak seçilmiştir. Karakavak odunundan elde edilen yongalar kurutulduktan sonra % 47'lik fenol formadehit tutkalı belirli oranlarda kullanılarak (%3-6-9-12), belirli sürelerde (3-6-9 dak.), belirli pres sıcaklıklarda (175-185-195±3°C) ve pres basıncı 40 kg/cm<sup>2</sup> olacak şekilde üretilmiştir. Bu çalışmada üretilen yönlendirilmiş yongalevhaların bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin istatistiksel yöntemler kullanılarak değerlendirilip günümüzdeki OSB levha üretim koşullarının iyileştirilmesi amaçlanmıştır.

## BÖLÜM 6

### MATERYAL VE METOD

#### 6.1. MATERYAL

##### 6.1.1. Ağaç Malzeme

Bu çalışmada, üretimi yapılacak yönlendirilmiş yongalevhalar için gerekli olan yongalar (strand) ülkemizde de doğal olarak yetişen karakavak (*Populus nigra* L.) odunundan elde edilmiştir.

##### 6.1.1.1. Karakavak (*Populus nigra* L.)

Karakavak (*Populus nigra* L.), söğütgiller (*Salicaceae*) familyasından anavatani Avrupa, güneybatı ve Orta Asya olan ve Türkiye'de doğal olarak bulunan bir kavak türüdür. Ülkemizde yetiştirilen kavak türleri içerisinde yer alan karakavak (*Populus nigra* L.) odunu İç Anadolu ve kısmen Kuzeydoğu Anadolu dışındaki tüm bölgelerde yetişmektedir. Diri odunu beyazımsı-gri, sarımsı-beyaz, öz odunu açık-gri-yeşilimsi kahverengi rengini alabilmektedir. Yıllık halka genişlikleri çok geniş, sınırı belirgin, yaz odunu dardır. Beyaz öz lekesi olabilmektedir. Tekstürü ince, tekdüze, lifler düzgün, ipek gibi parlak, dekoratif olmayan yumuşak ve hafif odunu vardır. Dağınık trahelere sahiptir. Traheler çok sayıda olup mm<sup>2</sup>'de 100 adet, tek tek, ilk bahar odununda 2-3, yaz odununda 5-7 adet, radyal sıralı, çapları 80-100 µm, yaz odununda 50 µm'den küçüktür. Bazen tüller görülebilmektedir. Tam kuru yoğunluğu 0,41 g/cm<sup>3</sup>, hava kurusu yoğunluğu 0,45 g/cm<sup>3</sup>, radyal daralma % 5,2, teğet daralma % 8,3, hacimce daralma % 13,8'dir. Basınç direnci 35 N/mm<sup>2</sup>, eğilme direnci 65 N/mm<sup>2</sup>, elastikiyet modülü 8800 N/mm<sup>2</sup>, çekme direnci 77 N/mm<sup>2</sup>, makaslama direnci 6 N/mm<sup>2</sup>, dinamik eğilme 0,5 kN/cm değerlerindedir. İşlenme özelliği orta, kurutulması kolay, dayanıklılığı az olan bu odun türü kibrit,

kaplama, kontrplak, ambalaj malzemesi, yapı malzemesi, kurşun kalem ve mobilya yapımında kullanılabilir.

### **6.1.2. Yapıştırıcı Madde**

Çalışmada; % 47'lik fenol formaldehit tutkalı kullanılmıştır. Yapıştırıcı madde üretici firmanın önerdiği bilgiler doğrultusunda % 3-6-9 ve 12 oranlarında uygulanmıştır.

## **6.2. METOD**

### **6.2.1. Strandlerin Elde Edilmesi**

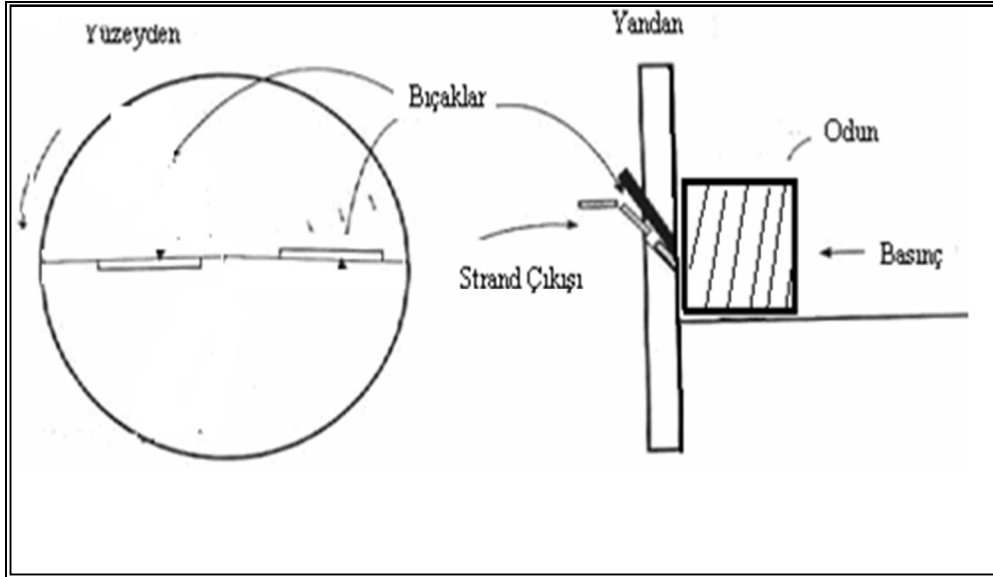
Çalışmada kullanılan yongaların elde edilmesi için; Karabük Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü atölyesinde mevcut olan torna makinesinin başlığına uygun boyutlarda diskli yongalayıcı tespit edilmiştir. Daha sonra diskli yongalayıcı üzerine planya bıçak açısına uygun olarak 42°'lik açıyla 4 mm genişliğinde 2 adet kanal açılmıştır. Açılan kanallara 120 mm uzunluğunda 2 adet planya bıçağı havşa başlı vidalar ile monte edilmiştir. Deneme levhalarının üretiminde kullanılacak optimum strand boyunu belirlemek için literatür incelenmesi yapılarak optimum yonga geometrisi saptanmış ve strandlerin ortalama olarak 0,6 mm kalınlığında, 20 mm genişliğinde ve 80 mm uzunluğunda üretilmesine karar verilmiştir.

Piyasadan temin edilen kavak latalar çalışmada kullanılacak strandlere uygun boyutta prizmalar şeklinde kesilmiştir. Strand geometrisinin hem yüzey özelliklerinin daha homojen olması hem de yongalayıcı bıçağın körleşme süresinin daha uzun olması için elde edilen prizmalar su içerisinde yaklaşık % 60 rutubet değerine kadar bekletildikten sonra yongalama işlemine tabi tutulmuştur. Yönlendirilmiş yongalevha (OSB) üretiminde kullanılacak strandleri elde edilme işlemleri Şekil 6.1'de gösterilmiştir.



Şekil 6.1. Yönlendirilmiş yongalevha (OSB) üretiminde kullanılacak strandlerin elde edilme işlemleri.

Strandlerin üretilmesinde kullanılan diskli yongalayıcı ve bıçakların disk üzerine yerleşimi Şekil 6.2’de gösterilmiştir.



Şekil 6.2. Diskli yongalayıcı (Strander).

Çalışmada kullanılan ve torna makinesinin başlığına takılan diskli yongalayıcı (strander) ve elde edilen yongalar Şekil 6.3’de gösterilmiştir.



Şekil 6.3. Diskli yongalayıcı ve yongalar (Strander ve strandler).

### 6.2.2. Eleme

Tasnif için yongalar elenerek üst kısmında kalan yongalar el ile muayene edilerek yongaların istenilen boyutlarda olup olmadığı kontrol edilmiştir. Üretilen yongalardan ince kırıntılar ayrılmıştır. Ortalama yonga boyutunu belirlemek için rastgele alınan yongaların uzunlukları ve genişlikleri milimetrik olarak ölçülmüş ve ortalaması alınmıştır. Buna göre ortalama yonga uzunlukları 80,12 mm, genişlikleri 19,25 mm ve kalınlıkları ise 0,62 mm olduğu tespit edilmiştir.

### 6.2.3. Kurutma

Elde edilen yongalar laboratuvar tipi kurutma fırınında ortalama % 2-3 rutubet değerine ulaşınca kadar kurutulmuştur. Yongaların kurutulduğu kurutma kabini Şekil 6.4'de gösterilmiştir.



Şekil 6.4. Kurutma kabini.

#### 6.2.4. Tutkallama

Levhaların üretilmesinde yapıştırıcı madde olarak % 47'lik fenol formaldehit tutkalından yararlanılmıştır. Tutkallama işlemi yongalar döner karıştırıcı mixer içerisine atılmış ve tutkal püskürtme işlemi manuel olarak vernik tabancası ile yapılmıştır. Homojen bir tutkallama yapmak için dış ve orta tabaka yongaları ayrı olarak tutkallanmıştır. Tüm denemelerde tutkallama işleminin aynı olabilmesi için eşit püskürtme yapılmıştır. Deneme levhalarının üretimde; tutkal oranı tam kuru yonga ağırlığına göre % 3-6-9 ve 12 olacak şekilde uygulanmıştır. Tutkallama işlemi Şekil 6.5'de gösterilmiştir.



Şekil 6.5. Tutkallama işlemi.

#### 6.2.5. Serme

Levha taslağının hazırlanmasında 55x50 cm boyutlarında şekillendirme kalıbı ve 12 mm kalınlığında kalınlık çıtaları kullanılmıştır. Önce pres sacı temiz ve düz bir zemine yerleştirilerek üzerine şekillendirme kalıbı konulmuştur. Tutkallanmış strandler kalıp çerçeve içerisinde el yardımı ile homojen bir şekilde serme yönüne göre üç tabakalı olarak serilmiştir. Dış tabaka yongaları levha boyuna paralel yönde serilirken orta tabaka yongaları ise levha boyuna dik yönde serildikten sonra taslak kalıbı içerisine sığabilecek tabla ile bastırılarak levha taslağı oluşturulmuştur. Daha sonra sıkıştırma tablası basılı tutularak kalıplandırma çerçevesi yavaşça kaldırılmıştır. Kalınlık takozları taslağın her iki yanına yerleştirildikten sonra ahşap tabla alınarak yerine ikinci pres sacı yerleştirilmiştir. Böylelikle prese hazır levha taslağı oluşturulmuştur. Üretilen levhaların yoğunlukları  $0,65 \text{ g/cm}^3$  olarak planlanmış ve levha taslağını oluşturmada orta ve dış tabakada kullanılan strandlerin oranı % 50-50 olarak uygulanmıştır. Şekil 6.6'da OSB'nin serme işlemi ve presleme işlemine girmeden önceki taslak hali gösterilmiştir.





Şekil 6.6. OSB serme ve presleme işlemleri.

#### 6.2.6. Presleme

Hazırlanan levha taslağının preslenmesinde laboratuvar tipi, elektrikle ısıtılan tek katlı hidrolik pres kullanılmıştır. Pres pistonu altta olup, 180 ton kapasiteli ve 60x60 cm ebatlarında tablolara sahiptir. Deneme levhalarının üretimde, pres basıncı  $40 \text{ kg/cm}^2$ , pres süresi 3-6-9 dakika ve pres sıcaklığı  $175-185-195 \pm 3^\circ\text{C}$  olarak uygulanmıştır. Pres koşulları ile ilgili değişiklikler preste bulunan kumanda paneli ile yapılmıştır. Şekil 6.7’de levha presleme işlemi gösterilmiştir.



Şekil 6.7. Levha taslağının preslenmesi.

#### 6.2.7. Pres Sonrası İşlemler

Presleme işleminden sonra tutkalın sertleşmeye devam etmesini sağlamak için levhalar pres sacları arasında sıcaklığı düşünceye kadar bekletilmiştir. Tüm levhalar için bekletme süresi eşit tutulmuştur. Belirli bir sıcaklığa kadar soğutulan levhalar özel olarak hazırlanan kutuda tamamen soğuyuncaya kadar bekletilmiştir. Tamamen soğuyan levhalar, sıcaklığı  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$  ve bağıl nemi  $\% 65\pm 5$  olan iklimlendirme dolabında dört hafta süre ile TS 642-ISO 554 (1997)'de belirtilen esaslara göre klimatize edilmiştir. Klimatize edilen levhalar yapılacak olan testler için gerekli örnek boyutlarında kesilmiştir. Levhaların klimatize edildiği iklimlendirme dolabı Şekil 6.8'de verilmiştir.



Şekil 6.8. İklimlendirme dolabı.

Üretilen levhaların hava kurusu yoğunluk değerleri, denge rutubet miktarı, 24 saat suda bekletme sonucu meydana gelen kalınlık ve ağırlık artışı miktarları, ısı iletkenlik katsayı değeri, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü ve levha yüzeyine dik vida tutma direnci belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan levha üretim koşulları Çizelge 6.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.1. Deneme levhası üretim koşulları.

L.N	P.T.S (dak.)	P.S (°C)	T.O (%)	L.N	P.T.S (dak.)	P.S (°C)	T.O (%)
1	3	195	12	19	3	185	6
2	6	195	12	20	6	185	6
3	9	195	12	21	9	185	6
4	3	195	9	22	3	185	3
5	6	195	9	23	6	185	3
6	9	195	9	24	9	185	3
7	3	195	6	25	3	175	12
8	6	195	6	26	6	175	12
9	9	195	6	27	9	175	12
10	3	195	3	28	3	175	9
11	6	195	3	29	6	175	9
12	9	195	3	30	9	175	9
13	3	185	12	31	3	175	6
14	6	185	12	32	6	175	6
15	9	185	12	33	9	175	6
16	3	185	9	34	3	175	3
17	6	185	9	35	6	175	3
18	9	185	9	36	9	175	3

L.N: Levha no, P.T.S: Preste tutma süresi, P.S: Pres sıcaklığı, T.O: Tutkal oranı

## 6.3. TESTLERİN YAPILMASI

### 6.3.1. Fiziksel Özellikler

#### 6.3.1.1. Denge Rutubet Miktarı

Rutubet miktarı tayini TS-EN 322 (1999)'da belirlenen esaslara göre yapılmıştır. Levhanın rutubet miktarı, her bir levha grubu için 10 adet olmak üzere standarda uygun olarak 50x50xlevha kalınlığı (mm) boyutlarda hazırlanan örnekler kullanılarak belirlenmiştir. Örnekler  $\pm 0,01$  gr duyarlılıktaki terazide tartıldıktan sonra kurutma fırınında  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  'de değişmez ağırlığa ulaşınca kadar kurutulmuştur. 6 saat ara ile yapılan tartımlarda birbirini izleyen iki tartım arasındaki ağırlık farkının, deney parçası ağırlığının % 1'inden fazla olmaması durumuna geldiğinde bu ağırlık değişmez ağırlık kabul edilir. Daha sonra örnekler kurutma fırınından çıkarılarak desikatörde soğutulduktan sonra  $\pm 0,01$ gr hassasiyette tartılmıştır. Örneklerin rutubet miktarları aşağıda verilen eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır.

$$r = \frac{M_r - M_o}{M_o} \times 100 \quad (6.1.)$$

Burada;

r : Rutubet miktarı (%)

$M_r$  : % r rutubetteki ağırlık (gr)

$M_o$  : Tam kuru ağırlık (gr)

#### 6.3.1.2. Yoğunluk

Çalışmada üretilecek levhaların  $0,65 \text{ g/cm}^3$  yoğunlukta olması planlanmıştır. Levhalarda planlanan yoğunluk değeri ile gerçekleşen değer arasındaki ilişkiyi belirlemek için deneme levhalarının yoğunluk değerleri ölçülmüştür. Levha yoğunluklarının belirlenmesinde farklı örnek hazırlanmamış, eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerini belirlemek için hazırlanan örneklerden yararlanılmıştır. Test örneklerinin yoğunluklarının belirlenmesinde hava kuru su

yoğunluk değerleri esas alınmıştır. Yoğunluk tayini için TS-EN 323-1 (1999)'de belirtilen esaslara göre yapılarak, yoğunluklar verilen eşitlik yardımı ile belirlenmiştir.

$$\delta_r = \frac{M_r}{V_r} \text{ (gr/cm}^3\text{)} \quad (6.2.)$$

Burada;

$\delta_r$  : Hava kurusu yoğunluk (gr/cm<sup>3</sup>)

$M_r$  : Hava kurusu ağırlık (gr)

$V_r$  : Hava kurusu hacim (cm<sup>3</sup>)

### 6.3.1.3. Kalınlığına Şişme

Deneme levhalarındaki kalınlıkça şişme miktarının belirlenmesinde TS EN 317 (1999)'de belirtilen esaslara uygun olarak 50x50xlevha kalınlığı (mm) boyutlarında örnekler hazırlanmıştır. Örnekler, kalınlıkları tam orta noktasından  $\pm 0,01$  mm hassasiyetli kumpas ile ölçülerek 24 saat suda bekletilmiştir. Daha sonra sudan çıkartılan örneklerin fazla suları bir bez yardımı ile alınarak kalınlıkları tekrar ölçülmüş ve aşağıda verilen eşitlik yardımı ile kalınlık artış oranları yüzde olarak (%) hesaplanmıştır.

$$K_a = \frac{e_s - e_0}{e_0} \times 100 \quad (6.3.)$$

Burada;

$K_a$  = Kalınlığına şişme miktarı (%)

$e_s$  = Suda bekletilen örneklerin son kalınlığı (mm)

$e_0$  = Klimatize edilmiş örnek kalınlığı (mm)

### 6.3.1.4. Su Alma Miktarı (Ağırlık Artışı)

Örneklerin 24 saatte su alma miktarının belirlenmesinde ASTM-D 1037 (1998) standardında belirtilen esaslara uygun olarak 50x50xlevha kalınlığı (mm) ebatlarında

örnek kullanılmıştır. Örnekler  $\pm 0,01$  gr duyarlıkta terazide tartıldıktan sonra 24 saat suda bekletildikten sonra dışarı alınıp bir bez ile fazla suyu alınmış ve bu durumdaki ağırlıkları aynı hassasiyetle ( $\pm 0,01$  gr) tartılmıştır. Deney örneklerinin su alma miktarı aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$SA = \frac{M_2 - M_1}{M_2} \times 100 \quad (6.4.)$$

Burada;

SA= Su alma miktarı (%)

$M_1$  = Örneklerin suya daldırmadan önceki ağırlığı (gr)

$M_2$  = Örneklerin suya daldırıldıktan sonraki ağırlığı (gr)

### 6.3.1.5. Isı İletkenlik Katsayısı Tayini

İki yüzey arasındaki sıcaklık farkı  $d_t = t_2 - t_1$ , kalınlığı  $e$ , yüzey alanı  $A$  olan bir malzemenin  $z$  zamanında geçen ısı miktarı  $Q$ , malzemenin ısı iletkenlik katsayısı  $\lambda$ 'dır. Isı iletkenlik katsayısı  $d_t$ ,  $A$ , ve  $z$  ile doğru orantılı, kalınlık ile ters orantılıdır.

Buna göre;

$Q = \lambda [(A.z.d_t)/e]$  yazılabilir.

Buradan malzemenin ısı iletkenliği katsayısı için;

$$\lambda = \frac{Q.e - M_1}{A.z.d} \times 100 \quad (W / mK) \text{ eşitliği elde edilir.}$$

Numunelerin ısı iletkenlik katsayı değerleri QTM-500 cihaz ile sıcak tel metodu kullanılarak ölçülmüş olup ölçüm yapılan ısı iletim katsayı cihazı Şekil 6.9'da gösterilmiştir.



Şekil 6.9. Isı iletim katsayısı ölçüm cihazı.

### 6.3.2. Mekanik Özellikler

Levhaların kullanım yerlerinde maruz kalacakları mekanik zorlanmalara karşı yeterli dirence sahip olması gerekir. Bu yönüyle kullanım yerlerinde özellikle eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü önem kazanır. Ayrıca levha yüzeyine dik çekme direnci ve vida tutma direnci gibi özellikleri de oldukça önemlidir. Bu sebeple üretilen deneme levhaları eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, levha yüzeyine dik çekme direnci, levha yüzeyine dik vida tutma direnci deneyleri yapılmıştır. Mekanik deneyler için 5000 kg kapasiteli Zwick/Roell Z050 marka üniversal test makinesi kullanılmıştır.

#### 6.3.2.1. Eğilme Direnci

Eğilme direnci deneyleri TS EN 310 (1999)'da belirtilen esaslara uygun olarak yapılmıştır. Örnek boyutları 300x50xlevha kalınlığı (mm) olarak alınmıştır. Deney numuneleri %  $65\pm 5$  bağıl nem ve  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$  sıcaklık şartlarında değişmez ağırlığa gelinceye kadar klimatize edilmiştir. 6 saat ara ile yapılan tartımlarda birbirini izleyen iki ölçme arasındaki farkın, deney parçası kütlesinin % 0,1'inden fazla olmaması durumuna geldiğinde, bu kütle değişmez olarak kabul edilmiştir.

Örneklerin genişlikleri yükün uygulanacağı yaklaşık bir noktadan, kalınlıklarda ise yüklemenin yapıldığı hat üzerinde iki noktadan  $\pm 0,01$  mm duyarlılıkta kumpasla ölçülerek ortalaması alınmıştır. Eğilme direncinin belirlenmesinde yükleme mekanizması, kırılmanın yükleme anından itibaren 60-90 saniye arasında meydana gelmesini sağlayacak şekilde 6 mm/dak. hızla çalıştırılmıştır. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülünün belirlenmesinde kullanılan deney düzeneği Şekil 6.10'da verilmiş olup, eğilme direncinin hesaplanmasında aşağıda verilen eşitlikten yararlanılmıştır.

$$F_m = \frac{3 \times F_{\max} \times L}{2 \times b \times d^2} \quad (N/mm^2) \quad (6.5.)$$

Burada;

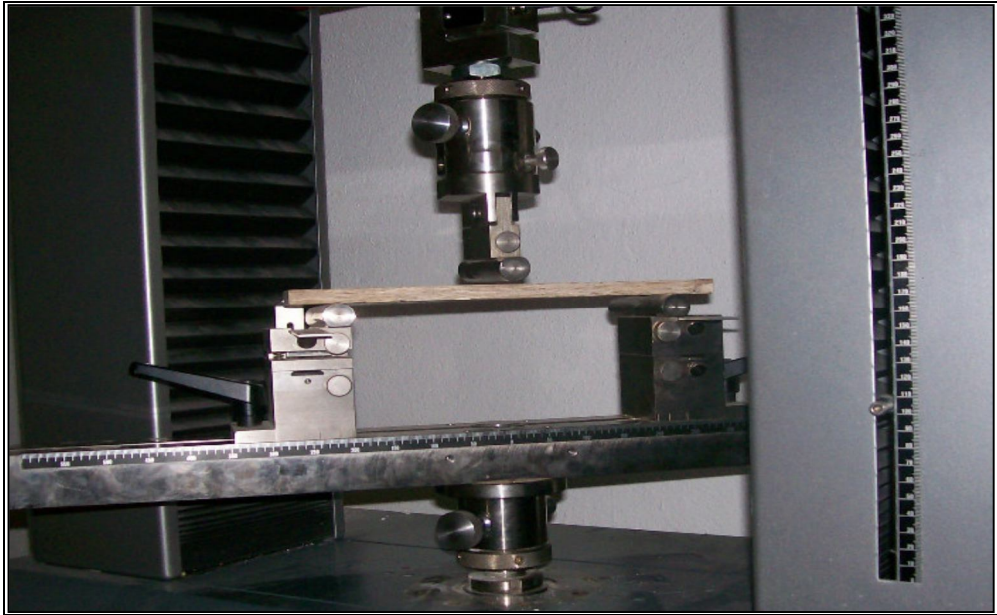
$F_m$  = Eğilme direnci ( $N/mm^2$ )

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

$L$  = Dayanak eksenleri arasındaki mesafe (mm)

$b$  = Deney örneğinin genişliği (mm)

$d$  = Deney örneğinin kalınlığı (mm)



Şekil 6.10. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü deney düzeneği.



### 6.3.2.2. Eğilmede Elastikiyet Modülü

Eğilmede elastikiyet modülü TS EN 310 (1999)'da belirtilen standartlara uygun olarak belirlenmiştir. Hazırlanan örnekler, % 65±5 bağıl nem ve 20±2°C sıcaklık şartlarında değişmez ağırlığa ulaşınca kadar kondisyonlanmıştır. Deneysel örneklerinin eğilme direnci deneyleri yapılırken deformasyon bölgesindeki eğilme miktarı ±0,01 mm duyarlıdaki tensometre ile ölçülmüştür. Eğilmede elastikiyet modülü aşağıda verilen eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır

$$E_m = \frac{l_1^3 \times (F - F_1)}{4 \times b \times t^3 \times (a_2 - a_1)} \quad (N/mm^2) \quad (6.6.)$$

Burada;

$E_m$  = Eğilmede elastikiyet modülü (N/mm<sup>2</sup>)

$l_1$  = Dayanak eksenleri arasındaki mesafe (mm)

$b$  = Örnek genişliği (mm)

$t$  = Örnek kalınlığı (mm)

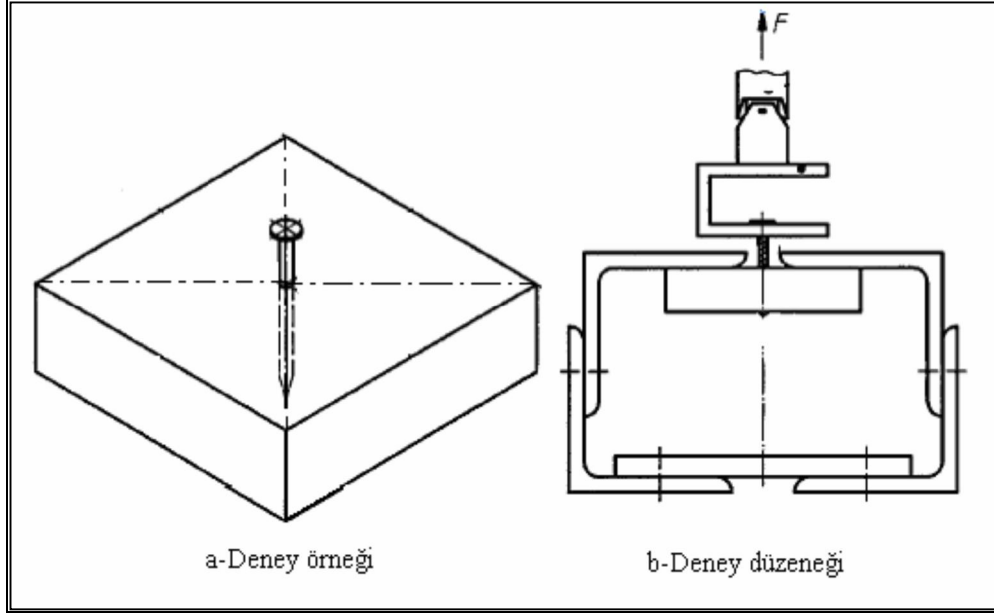
$F_2 - F_1$  = Yük-sehim diyagramı oranlılık bölgesindeki yük artışı (N)

$a_2 - a_1$  = Kuvvet artışları nedeniyle örnek uzunluğunun ortasında meydana gelen sehim farkıdır (mm).

### 6.3.2.3. Levha Yüzeyine Dik Vida Tutma Direnci

Levha yüzeyine dik vida tutma direncini belirlemek için TS EN 13446 (2005)'ya göre 50x50xlevha kalınlığı (mm) boyutlarında hazırlanan örnekler iklimlendirme dolabında % 65±5 bağıl nem ve 20±2°C sıcaklıkta değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletilmiştir. Levha yüzeyine dik vida tutma gücünün belirlenmesinde bağlantı elemanı olarak çelik, tepe açısı 60±6° olan 3,5x50 mm'lik havşa başlı vida kullanılmıştır. Örneklerin köşegenleri çizilerek kesişme noktalarından levha yüzeyine tam dik olacak şekilde vidalanmıştır. Ayrıca her vida için kılavuz deliği açılmıştır. Hazırlanan örnekler 5 ton kapasiteli universal test cihazında düzenli olarak sabit bir hızla çekme işlemine tabi tutularak bağlantı elemanlarının çıkması 60-90 saniyede gerçekleşecek şekilde yapılmış ve vidanın çıkma anındaki maksimum

kuvvet okunarak N olarak kaydedilmiştir. Levha yüzeyine dik vida tutma direncinin ölçülmesinde kullanılan örnek ve deney düzeneği Şekil 6.11’de gösterilmiştir.



Şekil 6.11. Levha yüzeyine dik vida tutma direnci deney düzeneği.

#### 6.4. İSTATİKSEL ANALİZ

Deneylelerden elde edilen veriler SPSS paket programı yardımıyla değerlendirilmiştir. Araştırma kapsamında incelenen etki faktörleri arasındaki farkın belirlenmesinde Çoklu varyans analizi (ANOVA) kullanılmış ve gruplar arasındaki farkların anlamlı ( $P < 0,05$ 'e göre) bulunması durumunda Duncan testi uygulanmış, belirlenen sonuçlar çizelge ve grafikler halinde gösterilmiştir.

## **BÖLÜM 7**

### **BULGULAR VE İRDELEME**

#### **7.1. LEVHALARIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNE AİT BULGULAR**

##### **7.1.1. Denge Rutubet Miktarı**

Üretilen deneme levhalarından hazırlanan örneklerde belirlenen hava kuru haldeki denge rutubet miktarlarına ait ortalama ( $X_{ort}$ ) değerleri Çizelge 7.1’de verilmiştir.

Çizelge 7.1. Rutubet değerleri (%).

Üretim Koşulları			Rutubet (%)
Süre (dak.)	Sıcaklık (°C)	Tutkal (%)	
3	175	3	7,35
		6	9,01
		9	6,13
		12	7,26
	185	3	7,34
		6	7,97
		9	8,60
		12	9,37
	195	3	7,32
		6	6,98
		9	5,02
		12	9,61
6	175	3	6,21
		6	6,40
		9	7,41
		12	8,31
	185	3	5,91
		6	6,05
		9	7,59
		12	6,85
	195	3	6,52
		6	5,49
		9	5,98
		12	6,86
9	175	3	5,25
		6	6,59
		9	5,91
		12	6,56
	185	3	5,57
		6	6,59
		9	6,27
		12	6,66
	195	3	6,55
		6	6,79
		9	5,18
		12	5,32

TS EN 312 (2012)'ye göre levhalarda gerçekleşecek rutubet miktarı % 5-13 arasında olması gerekmektedir. Üretilen levhalarda tespit edilen hava kurusu denge rutubet miktarı en yüksek % 9,61, en düşük ise % 5,02 olarak belirlenmiştir. Tüm levhalardan elde edilen ortalama hava kurusu denge rutubet miktarları ise % 6,79 olarak elde edilmiş ve bu değer ilgili standart tarafından öngörülen değerler arasında olduğu belirlenmiştir.

### 7.1.2. Yoğunluk Değeri

Deneme levhalarında belirlenen hava kuru yoğunluk değerlerine ait ortalama ( $X_{ort}$ ) değerleri Çizelge 7.2’de verilmiştir.

Çizelge 7.2. Yoğunluk değerleri.

Üretim Koşulları			Yoğunluk (%)
Süre (dak.)	Sıcaklık (°C)	Tutkal (%)	
3	175	3	0,64
		6	0,59
		9	0,65
		12	0,69
	185	3	0,64
		6	0,59
		9	0,62
		12	0,68
	195	3	0,68
		6	0,64
		9	0,70
		12	0,70
6	175	3	0,67
		6	0,65
		9	0,67
		12	0,65
	185	3	0,65
		6	0,61
		9	0,63
		12	0,66
	195	3	0,69
		6	0,69
		9	0,66
		12	0,66
9	175	3	0,70
		6	0,69
		9	0,61
		12	0,70
	185	3	0,67
		6	0,64
		9	0,67
		12	0,67
	195	3	0,70
		6	0,69
		9	0,66
		12	0,70

Ahşap esaslı kompozit levhalarda tolere edilen yoğunluk değişimi  $\pm\% 10$  dur (TS EN 323-1, 1999). Deneme levhalarında planlanan yoğunluk değeri  $0,65 \text{ g/cm}^3$  olup, belirlenen hava kuru yoğunluk değerlerinin  $0,59\text{-}0,70 \text{ g/cm}^3$  arasında değiştiği belirlenmiştir. Deneme levhalarının tamamının ortalama yoğunluk değeri  $0,66 \text{ g/cm}^3$  olarak tespit edilmiştir. Elde edilen yoğunluk değerleri ilgili standardın öngördüğü tolerans sınırı içerisindedir.

Levha yoğunluğu, daha çok üretimde kullanılan yonga miktarına bağlı olarak değişmektedir. Yoğunluğun artması ile hem yongalar arasındaki etkileşim kuvvetli olmakta, hem de tutkalin adezyon bağımlı daha etkili bir biçimde kurduğu düşünülmektedir (Akbulut, 1991).

### 7.1.3. Kalınlık Artış Oranı (Kalınlığına Şişme)

Üretilen deneme levhalarından hazırlanan örneklerde pres süresi, pres sıcaklığı ve tutkal oranına bağlı olarak 24 saat suda bekletme sonucu meydana gelen kalınlık artış oranı ile ilgili ortalama ( $X_{ort}$ ) ve standart sapma ( $S_{td}$ ) değerleri Çizelge 7.3'te verilmiştir.

Çizelge 7.3. Örneklerin 24 saat suda bekletme sonucu kalınlık artışı değerleri (%).

Üretim Koşulları			Kalınlık Artışı (%)	
Süre (dak.)	Sıcaklık (°C)	Tutkal (%)	Ortalama	Std. Sp.
3	175	3	42,38	4,99
		6	31,90	3,50
		9	26,58	2,20
		12	22,47	1,36
	185	3	40,28	4,23
		6	24,84	3,68
		9	24,04	4,18
		12	14,71	1,82
	195	3	40,43	2,80
		6	24,95	2,73
		9	26,74	3,78
		12	20,47	2,31
6	175	3	42,52	3,25
		6	25,60	3,27
		9	16,71	1,87
		12	16,63	0,53
	185	3	44,62	3,19
		6	23,63	3,56
		9	19,84	3,08
		12	15,61	1,37
	195	3	39,69	4,07
		6	24,78	3,19
		9	17,89	2,86
		12	16,71	1,77
9	175	3	43,11	4,22
		6	22,03	2,93
		9	14,95	2,73
		12	14,76	2,91
	185	3	40,12	2,78
		6	20,09	2,57
		9	15,29	2,49
		12	11,50	1,71
	195	3	30,58	3,52
		6	22,97	3,82
		9	15,48	1,56
		12	12,30	1,48

Üretilen deneme levhalarının ortalama kalınlık artışı değerleri % 11,50 ile % 44,62 arasında değişiklik göstermiştir. Üretim koşullarında sıcaklığın 185°C alınması, tutkal oranının % 3'den % 12'ye çıkarılması ile kalınlık artışı değerlerinin pres süresinin 3 dakika uygulandığı örneklerde % 63,48 azaldığı, 6 dakika uygulandığı örneklerde % 65,01 azaldığı, 9 dakika uygulandığı örneklerde ise % 71,33 azaldığı görülmüştür. Pres süresi ve tutkal oranının artırılması kalınlık artışını düşürmektedir. Pres süresi, pres sıcaklığı ve tutkal oranının kalınlık artışı üzerine etkisini belirlemek için yapılan Çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 7.4'te verilmiştir.

Çizelge 7.4. Kalınlığına şişme ile ilgili varyans analizi sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Hesap	Önem Düzeyi (P<0,05)
Süre (A)	1224,56	2	612,28	67,67	0,00
Sıcaklık (B)	186,62	2	93,31	10,31	0,00
Tutkal (C)	15488,79	3	5162,93	570,59	0,00
A * B	179,95	4	44,99	4,97	0,00
A * C	349,83	6	58,31	6,44	0,00
B * C	328,23	6	54,71	6,05	0,00
A * B * C	247,18	12	20,60	2,28	0,01
Hata	1302,95	144	9,05		
Toplam	133610,81	180			

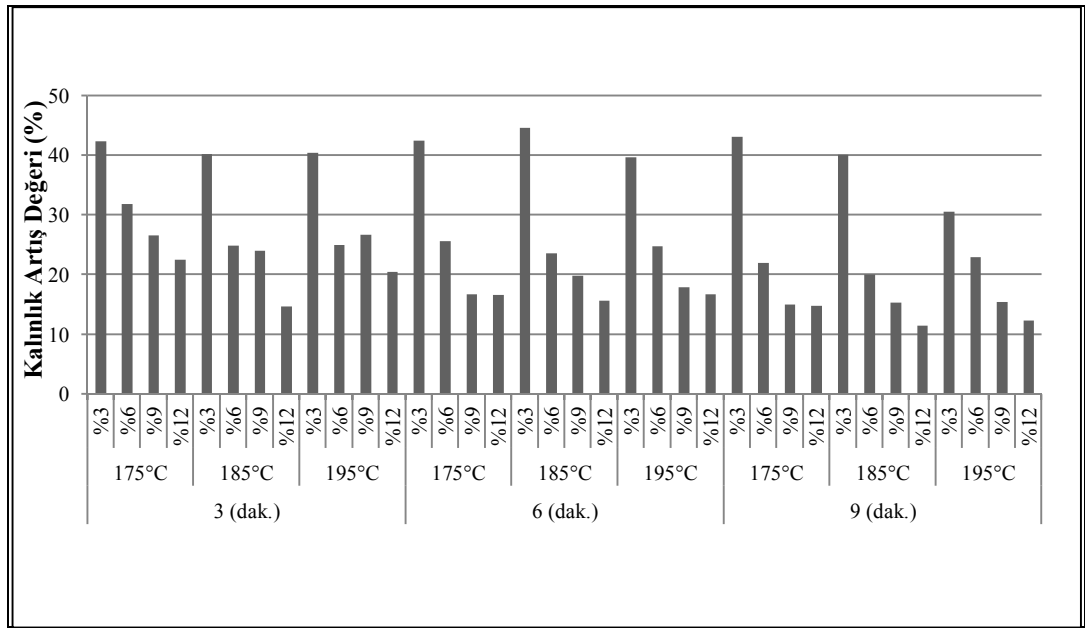
Çoklu Varyans analizi sonuçlarına göre pres süresi, pres sıcaklığı ve tutkal oranlarının % 95 güven aralığında levhaların kalınlık artışına etkisinin istatistiksel açıdan anlamlı olduğu belirlenmiştir. Saptanan farklılıkların önem derecesini belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 7.5'te verilmiştir.

Çizelge 7.5. Faktörlerin kalınlığına şişme miktarına etkisine ait Duncan test sonuçları.

Üretim Koşulları		Ortalama	Homojenlik Grubu
Pres Süresi ( dak.)	3	28,32	C
	6	25,35	B
	9	21,93	A
Pres Sıcaklığı (°C)	175	26,64	B
	185	24,55	A
	195	24,42	A
Tutkal Oranı (%)	3	40,41	D
	6	24,53	C
	9	19,72	B
	12	16,13	A

Duncan testi sonucuna göre, levhaların kalınlık artışı dikkate alındığında pres süresi ve kullanılan tutkal oranları arasında % 95 güven düzeyinde anlamlı bir fark tespit

edilmiş ve belirlenen bu farklılıklar ayrı homojenlik gruplarında verilmiştir. Ancak pres sıcaklıklarından 185°C ve 195°C olarak uygulanarak üretilen örneklerin ise kalınlık artış değerlerinin aynı homojenlik grubunda yer aldığı belirlenmiştir. Duncan testine göre üretilen levhalarda en fazla kalınlık artışı değeri tutkal oranı % 3 olan örneklerde (% 40,41) bulunmuş, en az ise tutkal oranı % 12 olarak uygulanan örneklerde (% 16,13) tespit edilmiştir. Üretim faktörlerine bağlı olarak deneme levhalarının kalınlığına şişme miktarına ilişkin değişim Şekil 7.1 de gösterilmiştir.



Şekil 7.1. Kalınlığına şişme miktarına ilişkin değişim.

#### 7.1.4. Ağırlık Artışı (Su alma) Oranı

Üretilen deneme levhalarından hazırlanan örneklerde belirlenen 24 saat suda bekletme sonucu su alma miktarı ile ilgili ortalama ( $X_{ort}$ ), standart sapma ( $S_{td}$ ) değerleri Çizelge 7.6'da verilmiştir.



Çizelge 7.6. Levhaların 24 saat suda bekletilmesi sonucu meydana gelen su alma miktarları (%).

Üretim Koşulları			Ağırlık Artışı (%)	
Süre (dak.)	Sıcaklık (°C)	Tutkal (%)	Ortalama	Std. Sp.
3	175	3	83,51	1,49
		6	75,58	4,68
		9	74,26	4,20
		12	64,04	3,37
	185	3	92,07	9,36
		6	80,91	3,98
		9	77,89	1,87
		12	59,71	6,55
	195	3	81,98	3,03
		6	86,21	4,50
		9	62,76	3,45
		12	52,09	1,62
6	175	3	90,75	1,30
		6	67,05	2,96
		9	51,44	5,37
		12	50,69	2,80
	185	3	81,92	4,48
		6	71,52	2,75
		9	63,68	4,21
		12	48,28	5,50
	195	3	82,41	2,29
		6	77,79	7,49
		9	49,48	3,71
		12	52,07	5,79
9	175	3	92,86	4,31
		6	63,99	3,35
		9	62,72	4,89
		12	54,97	2,43
	185	3	87,14	14,75
		6	70,81	3,98
		9	51,16	4,97
		12	43,81	6,05
	195	3	78,78	2,20
		6	66,84	4,21
		9	49,58	1,17
		12	47,94	10,63

Üretilen deneme levhalarının ortalama ağırlık artışı değerlerinin % 43,81 ile % 92,86 arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Üretim koşullarında sıcaklığın 175°C alınması, tutkal oranının % 3'den % 12'ye çıkarılması ile ağırlık artışı değerlerinin pres süresinin 3 dakika uygulandığı örneklerde % 23,31 azaldığı, 6 dakika uygulandığı örneklerde % 44,14 azaldığı, 9 dakika uygulandığı örneklerde ise % 40,80 azaldığı görülmüştür. Sıcaklığın 185°C alınması, tutkal oranının % 3'den % 12'ye çıkarılması ile ağırlık artışı değerlerinin pres süresinin 3 dakika uygulandığı örneklerde % 35,14 azaldığı, 6 dakika uygulandığı örneklerde % 41,06 azaldığı, 9 dakika uygulandığı örneklerde ise % 49,72 azaldığı görülmüştür.

Tutkal oranının, pres süresi ve pres basıncının artırılması durumunda levhaların su alma miktarlarının azaldığı tespit edilmiştir. Tutkal oranının % 3'den, % 4,5'e çıkartılması ile su alma miktarı % 17,32, tutkal oranının % 6'ya çıkartılması ile levhaların su alma miktarının % 25,29 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Uygulanan pres süresinin 3 dakikadan 7 dakikaya çıkartılması ile levhaların su alma miktarının % 11,90 oranında azaldığı belirlenmiştir (Yapıcı, 2008).

Pres süresi, pres sıcaklığı ve tutkal oranının ağırlık artışı miktarı üzerine etkisini belirlemek için yapılan Çoklu Varyans analizine ilişkin sonuçlar Çizelge 7.7'de verilmiştir.

Çizelge 7.7. Deneme levhalarında 24 saat suda bekletme sonucu meydana gelen ağırlık artışı miktarına ait Çoklu Varyans analizi sonuçları.

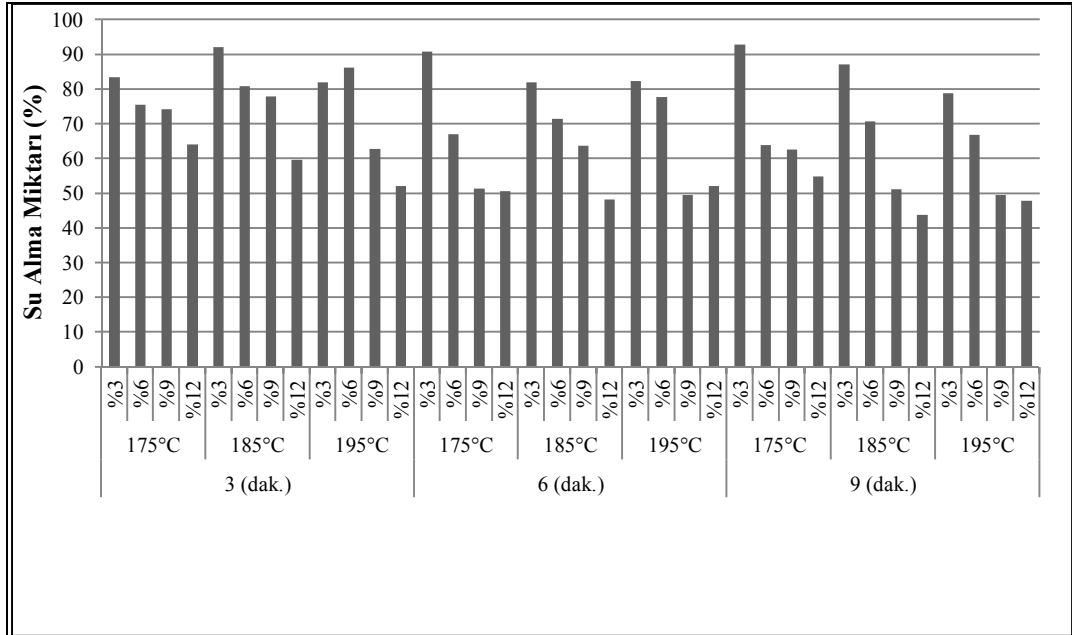
Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Hesap	Önem Düzeyi (P<0,05)
Süre (A)	3551,57	2	1775,79	65,94	0,00
Sıcaklık (B)	502,23	2	251,12	9,32	0,00
Tutkal (C)	28726,26	3	9575,42	355,55	0,00
A * B	636,65	4	159,16	5,91	0,00
A * C	1603,76	6	267,29	9,92	0,00
B * C	1810,61	6	301,77	11,21	0,00
A * B * C	1235,98	12	103,00	3,82	0,00
Hata	3878,13	144	26,93		
Toplam	874745,26	180			

Çoklu Varyans analizi sonuçlarına göre tüm üretim faktörleri ve onların karşılıklı etkileşimlerinin levhalarda meydana gelen ağırlık artışı miktarları üzerine etkisi istatistiksel açıdan % 95 güven aralığında önemli bulunmuştur. Farklılıkların gruplar arasında önem derecesini belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 7.8'de verilmiştir.

Çizelge 7.8. Deneme levhalarında 24 saat suda bekletme sonucu ağırlık artışı miktarına ait Duncan testi sonuçları.

Üretim Koşulları		Ortalama	Homojenlik Grubu
Pres Süresi ( dak.)	3	74,25	B
	6	65,59	A
	9	64,22	A
Pres Sıcaklığı (°C)	175	69,32	B
	185	69,08	B
	195	65,66	A
Tutkal Oranı (%)	3	85,71	D
	6	73,41	C
	9	60,33	B
	12	52,62	A

Duncan testi sonucunda tutkal oranları arasında % 95 güven düzeyinde anlamlı bir fark olduğu tespit edilmiş ve bu farklılıklar farklı homojenlik gruplarında gösterilmiştir. Ancak pres sürelerinden 6-9 dakika, pres sıcaklıklarından 175-185°C olan faktörler aynı homojenlik grubunda yer almıştır. Duncan testi sonuçlarına göre üretilen levhalarda en fazla ağırlık artışı değeri tutkal oranı % 3 olan örneklerde (% 85,71) bulunmuş, en az ise tutkal oranı % 12 olarak uygulanan örneklerde (% 52,62) tespit edilmiştir. Tutkal oranının artırılması durumunda levhalarda ağırlık artışı miktarlarının azaldığı tespit edilmiştir. Levhalarının su alma miktarına ilişkin değişim Şekil 7.2 de gösterilmiştir.



Şekil 7.2. Su alma miktarına ilişkin değişim.

### 7.1.5. Levhaların Isı İletim Katsayısı

Isı iletim katsayılarına ait ortalama ( $X_{ort}$ ) ve standart sapma ( $S_{td}$ ) değerleri Çizelge 7.9'da gösterilmiştir.

Çizelge 7.9. Isı iletim katsayısı değerleri (W/mK).

Üretim Koşulları			Isı İletim Katsayısı (W/mK)	
Süre (dak.)	Sıcaklık (°C)	Tutkal (%)	Ortalama	Std. Sp.
3	175	3	0,247	0,008
		6	0,223	0,007
		9	0,223	0,008
		12	0,254	0,007
	185	3	0,231	0,004
		6	0,208	0,021
		9	0,227	0,004
		12	0,222	0,011
	195	3	0,188	0,004
		6	0,179	0,009
		9	0,223	0,048
		12	0,216	0,051
6	175	3	0,249	0,015
		6	0,195	0,004
		9	0,249	0,004
		12	0,260	0,010
	185	3	0,257	0,014
		6	0,217	0,002
		9	0,194	0,004
		12	0,229	0,004
	195	3	0,254	0,031
		6	0,226	0,024
		9	0,200	0,024
		12	0,224	0,016
9	175	3	0,239	0,022
		6	0,210	0,015
		9	0,187	0,007
		12	0,240	0,007
	185	3	0,231	0,004
		6	0,187	0,004
		9	0,206	0,010
		12	0,207	0,014
	195	3	0,244	0,033
		6	0,208	0,020
		9	0,209	0,012
		12	0,223	0,006

Üretilen levhaların ısı iletkenliği katsayısı değerlerinin 0,179 W/mK ile 0,260 W/mK arasında değiştiği tespit edilmiştir. Isı iletkenlik katsayı değerini etkileyen en önemli faktörlerden biri yoğunluk değeridir. Yoğunluğun artmasıyla ısı iletim katsayısı artış gösterir. Bozkurt ve Göker (1985), ahşap esaslı kompozit levhalarda, özgül kütlenin artmasının ısı iletim katsayısını arttıracakını belirtmiş, yaptıkları çalışmada belirlenen ısı iletkenliği katsayı değerlerinin 0,105 W/mK ile 0,205 W/mK arasında değiştiğini tespit etmişlerdir.

Pres süresi, pres sıcaklığı ve tutkal oranının örneklerin ısı iletim katsayısına etkisini belirlemek için yapılan Çoklu Varyans analizine ilişkin sonuçlar Çizelge 7.10'da verilmiştir.

Çizelge 7.10. Isı iletim katsayısına ilişkin varyans analizi sonuçları.

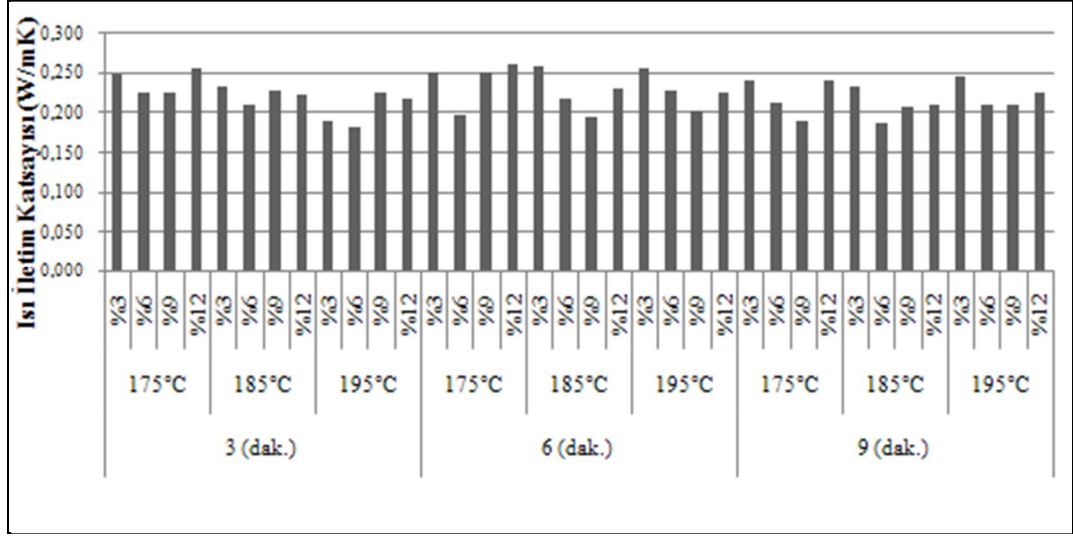
Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Hesap	Önem Düzeyi (P<0,05)
Süre (A)	0,004	2	0,002	5,481	0,01
Sıcaklık (B)	0,005	2	0,002	7,720	0,00
Tutkal (C)	0,018	3	0,006	18,546	0,00
A * B	0,005	4	0,001	4,073	0,00
A * C	0,005	6	0,001	2,629	0,02
B * C	0,003	6	0,000	1,528	0,18
A * B * C	0,011	12	0,001	2,889	0,00
Hata	0,023	72	0,000		
Toplam	5,390	108			

Çoklu Varyans analizi sonuçlarına göre sıcaklık ve tutkal faktörlerinin karşılıklı etkileşimleri istatistiksel açıdan % 95 güven aralığında anlamsız bulunurken, diğer tüm faktörler ve bunların karşılıklı etkileşimlerinin levhalarda meydana gelen ısı iletim katsayısına etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. Farklılıkların gruplar arasında önem derecesini belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 7.11’de verilmiştir.

Çizelge 7.11. Isı iletim katsayısına ilişkin Duncan testi sonuçları.

Üretim Koşulları		Ortalama	Homojenlik Grubu
Pres Süresi ( dak.)	3	0,220	A
	6	0,230	B
	9	0,216	A
Pres Sıcaklığı (°C)	175	0,231	B
	185	0,218	A
	195	0,216	A
Tutkal Oranı (%)	3	0,238	B
	6	0,206	A
	9	0,213	A
	12	0,231	B

Duncan testi sonucuna göre levhalar arasındaki en yüksek ısı iletim katsayısı 0,238 W/mK ile % 3 oranında tutkal ilave edilmiş deney örneklerinde, en düşük ısı iletim katsayısı ise 0,206 W/mK ile % 6 tutkal kullanılarak üretilen deney örneklerinde belirlenmiştir. Pres süresinden 3-9 dakika, pres sıcaklığından 185-195°C, tutkal oranlarından ise % 3-12 ve % 6-9 aynı homojenlik gruplarında yer almıştır. Üretim faktörlerine bağlı olarak deneme levhalarının ısı iletim katsayısı değerine ilişkin değişim Şekil 7.3’de gösterilmiştir.



Şekil 7.3. Isı iletim katsayısı değerlerine ilişkin değişim.

## 7.2. LEVHALARIN MEKANİK ÖZELLİKLERİNE AİT BULGULAR

### 7.2.1. Eğilme Direnci

Üretim koşullarına bağlı olarak deneme levhalarının eğilme direncine ait ortalama ( $X_{ort}$ ) ve standart sapma ( $S_{td}$ ) değerleri Çizelge 7.12’de verilmiştir. Deneme levhalarının eğilme direnci değerleri hem levha yönüne paralel hem de levha yüzeyine dik olacak şekilde ayrı ayrı belirlenerek ortalamaları alınmış ve tek bir değer olarak verilmiştir.

Çizelge 7.12. Örneklerin eğilme direnci değerleri (N/mm<sup>2</sup>).

Üretim Koşulları			Eğilme Direnci (N/mm <sup>2</sup> )	
Süre (dak.)	Sıcaklık (°C)	Tutkal (%)	Ortalama	Std. Sp.
3	175	3	18,25	3,06
		6	23,89	7,76
		9	28,57	2,54
		12	14,61	2,00
	185	3	16,20	1,09
		6	20,99	3,20
		9	28,62	4,07
		12	20,03	2,01
	195	3	15,71	2,49
		6	24,09	1,99
		9	20,71	2,16
		12	15,42	3,94
6	175	3	13,63	2,82
		6	23,37	4,45
		9	29,40	5,03
		12	19,80	1,85
	185	3	20,47	3,46
		6	24,31	4,56
		9	23,98	1,74
		12	17,34	3,07
	195	3	19,01	3,77
		6	36,29	4,51
		9	38,50	1,46
		12	30,19	3,91
9	175	3	23,49	1,33
		6	36,80	4,36
		9	33,03	3,45
		12	27,45	7,71
	185	3	22,59	2,45
		6	36,67	3,15
		9	38,89	4,28
		12	38,24	4,94
	195	3	23,48	2,96
		6	30,65	5,59
		9	36,11	1,22
		12	34,68	2,70

Deneme levhalarının eğilme direnci değerlerinin 13,63 N/mm<sup>2</sup> ile 38,89 N/mm<sup>2</sup> arasında değiştiği belirlenmiştir. Deneme levhalarında ortalama eğilme direnci değerlerinde pres süresinin 9 dakika, pres sıcaklığının 185°C olarak sabit alınması durumunda sadece tutkal oranının % 3'den % 9'a çıkarılması durumunda örneklerde görülen eğilme direnci değerlerinin % 41,91 N/mm<sup>2</sup> arttığı görülmüştür. Üretim koşullarından tutkal oranının % 3, pres sıcaklığının 195°C, pres süresinin 6 dakika olarak alınması ve sadece tutkal oranının % 3'den % 9'a çıkarılması durumunda ise örneklerde belirlenen eğilme direnci değerlerinde % 50,62 N/mm<sup>2</sup>'lik bir artış görülmüştür. Genel olarak tüm pres süresi ve pres sıcaklık değerlerinde tutkal oranının % 12'ye çıkartılması ile levhaların eğilme direnci değerlerinde belirgin azalmaların olduğu tespit edilmiş, ancak, artan presleme süresi ile bu düşüş daha az değerde

gerçekleşmiştir. Bunda artan presleme süresi ile kullanılan tutkalın prizlenmesinin sağlanmış olması etkili olabilir.

Kılınç (2013), Sarıçam odunu kullanılarak üretilen OSB levhalarının eğilme direnci değerleri  $11,34 \text{ N/mm}^2$  ile  $50,53 \text{ N/mm}^2$  arasında değiştiği belirlenmiştir. Deneme levhalarında ortalama eğilme direnci değerlerinde pres süresinin 6 dakika, pres sıcaklığının  $195^\circ\text{C}$ , pres basıncının ise  $50 \text{ kg/cm}^2$  olarak sabit alınması durumunda sadece tutkal oranının % 6'dan % 9'a çıkarılması durumunda örneklerde görülen eğilme direnci değerleri  $8,37 \text{ N/mm}^2$  arttığı görülmüştür. Üretim koşullarından tutkal oranının % 9, pres sıcaklığının  $175^\circ\text{C}$ , süresinin 6 dakika olarak sabit alınması ve sadece pres basıncının  $30 \text{ kg/cm}^2$ 'den  $50 \text{ kg/cm}^2$ 'ye çıkması durumunda örneklerde belirlenen eğilme direnci değerlerinde  $1,15 \text{ N/mm}^2$ 'lik bir artış görülmüştür. Alvir (2001), 12 mm kalınlığındaki OSB levhalarının levha boyuna paralel eğilme direncinin  $17-40 \text{ N/mm}^2$  arasında değiştiğini belirtmiştir. Okino et al. (2004), üretimde kullanılan tutkal oranı levhaların eğilme direnci değerlerini arttırıcı yönde etki yapmaktadır. Çam odunlarından  $0,7 \times 20 \times 70$  mm boyutlarında strandlere kuru yonga ağırlığına oranla % 5 oranında fenol formaldehit tutkalı kullanılarak,  $175^\circ\text{C}$  pres sıcaklığı,  $40,78 \text{ kg/cm}^2$  pres basıncı ve 10 dakika presleme süresinde  $0,75 \text{ g/cm}^3$  yoğunluğunda ve 13 mm kalınlığında üretilen OSB levhalarının levha boyuna paralel yönde eğilme direnci değerini yaklaşık  $47,7 \text{ N/mm}^2$  olduğunu rapor etmişlerdir. Tutkal oranının % 5'den % 8 çıkartılması ile levhaların boyuna paralel yönde eğilme direnci değerinin % 10,27 'lik bir artışın olduğu benzer bir çalışmada belirtilmiştir.

Deneme levhalarının eğilme direncine pres basıncı, pres süresi, pres sıcaklığı ve tutkal oranının etkisini belirlemek için yapılan Çoklu Varyans analizine ilişkin sonuçlar Çizelge 7.13'te verilmiştir.



Çizelge 7.13. Eğilme direncine ait Çoklu Varyans analizi sonuçları.

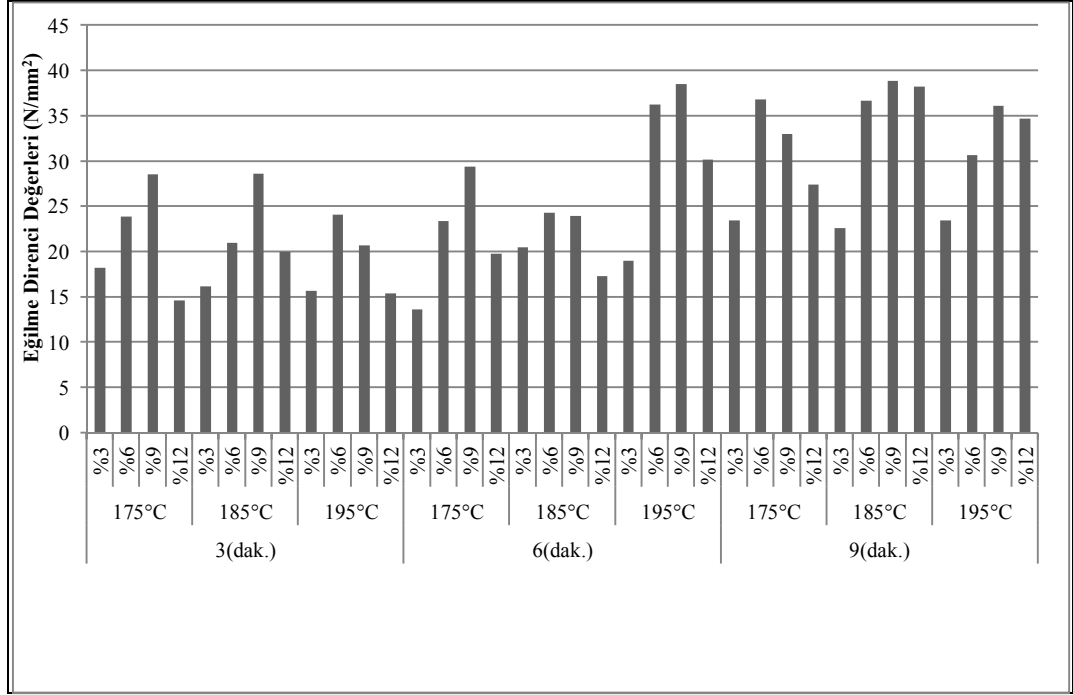
Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Hesap	Önem Düzeyi (P<0,05)
Süre (A)	3887,63	2	1943,82	141,18	0,00
Sıcaklık (B)	221,15	2	110,58	8,03	0,00
Tutkal (C)	3571,79	3	1190,60	86,47	0,00
A * B	1214,42	4	303,60	22,05	0,00
A * C	447,89	6	74,65	5,42	0,00
B * C	192,13	6	32,02	2,33	0,04
A * B * C	881,12	12	73,43	5,33	0,00
Hata	1982,61	144	13,77		
Toplam	131355,82	180			

Çoklu varyans analizi sonuçlarına göre, üretim faktörlerinin tek tek hepsi ve bunların karşılıklı etkileşimlerinin levhaların eğilme direncine etkisinin istatistiksel olarak % 95 güven aralığında anlamlı olduğu görülmüştür. Farklılıkların gruplar arasında önem derecesini belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 7.14'te verilmiştir.

Çizelge 7.14. Eğilme direncine ait Duncan testi sonuçları.

Üretim Koşulları		Ortalama	Homojenlik Grubu
Pres Süresi ( dak.)	3	20,59	A
	6	24,69	B
	9	31,84	C
Pres Sıcaklığı (°C)	175	24,36	A
	185	25,69	A
	195	27,07	B
Tutkal Oranı (%)	3	19,20	A
	6	28,56	C
	9	30,87	D
	12	24,20	B

Duncan testi sonucuna göre üretim faktörlerinin levhaların eğilme direncine etkisi dikkate alındığında pres süresi ve kullanılan tutkal oranları arasında % 95 güven düzeyinde anlamlı bir fark tespit edilmiş ve bu farklılıklar farklı homojenlik gruplarında verilmiştir. Ancak pres sıcaklıklarının 175°C ve 185°C olarak kullanılması durumunda üretilen örneklerin aynı homojenlik grubunda yer aldığı belirlenmiştir. Duncan testine göre üretilen levhalarda en fazla eğilme direnci değeri tutkal oranı % 9 olan örneklerde (30,87 N/mm<sup>2</sup>) bulunmuş, en az ise tutkal oranı % 3 olarak uygulanan örneklerde (19,20 N/mm<sup>2</sup>) tespit edilmiştir. Üretim faktörlerine bağlı olarak deneme levhalarının eğilme direncindeki değişim Şekil 7.4'te gösterilmiştir.



Şekil 7.4. Eğilme direnci değerlerine ilişkin değişim.

### 7.2.2. Eğilmede Elastikiyet Modülü

Deneme levhalarının eğilmede elastikiyet modülü değerleri hem levha yönüne paralel hem de levha yüzeyine dik olacak şekilde ayrı ayrı belirlenerek ortalamaları alınmış ve tek bir değer olarak verilmiştir. Üretim koşullarına bağlı olarak deneme levhalarının eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait ortalama ( $X_{ort}$ ) ve standart sapma ( $S_{td}$ ) değerleri Çizelge 7.15'te verilmiştir.

Çizelge 7.15. Eğilmede elastikiyet modülü değerleri (N/mm<sup>2</sup>).

Üretim Koşulları			Eğilmede Elastikiyet Modülü (N/mm <sup>2</sup> )	
Süre (dak.)	Sıcaklık (°C)	Tutkal (%)	Ortalama	Std. Sp.
3	175	3	3289,87	418,01
		6	3354,49	779,34
		9	3559,44	471,56
		12	1695,78	178,95
	185	3	3326,63	227,95
		6	3380,15	197,15
		9	3465,16	336,11
		12	3638,38	144,58
	195	3	2275,66	97,53
		6	3349,80	210,13
		9	3293,86	549,76
		12	1927,53	239,95
6	175	3	5088,11	614,19
		6	3504,70	185,45
		9	4708,05	1014,27
		12	2908,61	421,64
	185	3	3003,92	584,41
		6	3493,52	355,99
		9	1387,50	274,50
		12	4893,09	894,89
	195	3	2985,05	570,48
		6	2773,46	147,92
		9	6791,22	688,11
		12	4791,23	305,80
9	175	3	6098,48	346,24
		6	6282,92	669,33
		9	4391,58	394,80
		12	5444,15	305,86
	185	3	4282,27	1148,76
		6	5603,02	806,41
		9	5407,44	771,73
		12	6062,56	896,52
	195	3	4671,88	272,55
		6	4499,52	1251,00
		9	5545,78	1025,14
		12	5614,39	748,28

Üretilen levhalarda eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin 1387,50 N/mm<sup>2</sup> ile 6791,22 N/mm<sup>2</sup> arasında değiştiği görülmektedir. Üretim koşullarında % 6 tutkal oranı ve 175°C pres sıcaklığına tabi tutularak üretilen levhaların eğilmede elastikiyet modülü değeri pres süresi 3 dakika uygulandığında 3354,49 N/mm<sup>2</sup> değerini verirken, bu değer pres süresinin 6 dakikaya çıkarılmasıyla % 4,28 artmış, 9 dakikaya çıkarılmasıyla da 3 dakika preste bekleyen levhalara göre % 42,60 artış göstermiştir. Pres süresinin 3 dakika, pres sıcaklığının 185°C uygulandığı levhalarda ise tutkal oranının % 3'ten % 12'ye çıkarılması ile eğilmede elastikiyet modülü değerlerini % 8,56 arttığı görülmüştür. Örneklerin eğilmede elastikiyet modülü değerlerine pres süresi, pres sıcaklığı ve tutkal oranının etkisini belirlemek için yapılan Çoklu Varyans analizine ilişkin sonuçlar Çizelge 7.16'da verilmiştir.

Çizelge 7.16. Eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait varyans analizi sonuçları.

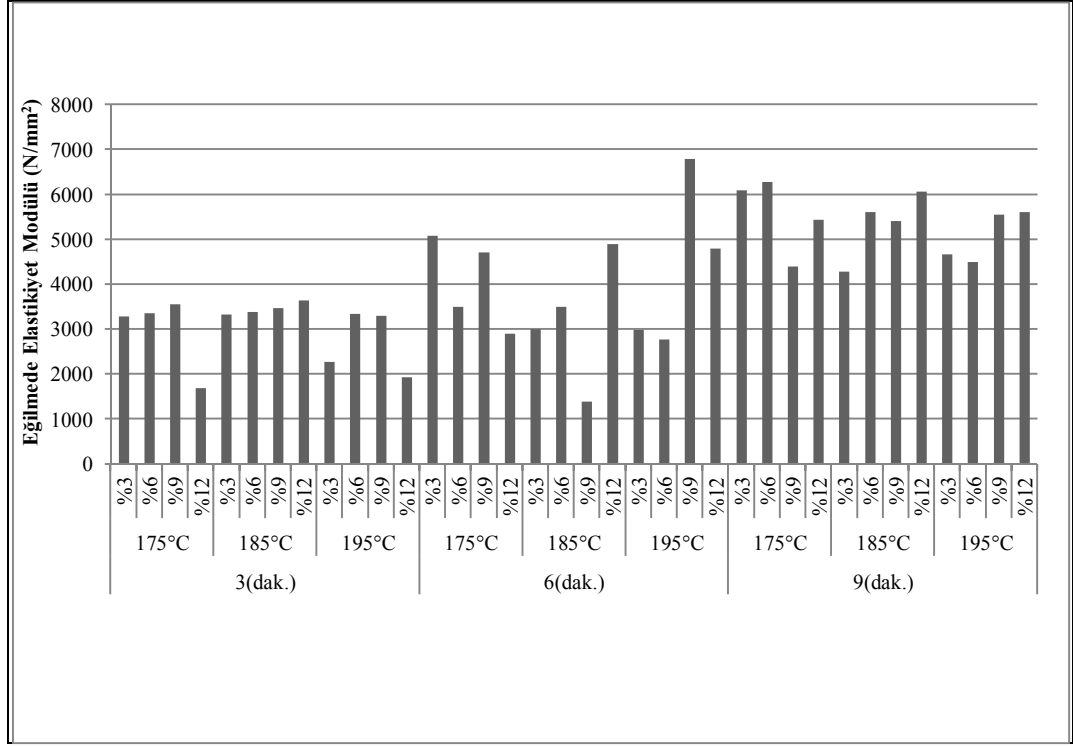
Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Hesap	Önem Düzeyi (P<0,05)
Süre (A)	160035805,82	2	80017902,91	221,79	0,00
Sıcaklık (B)	1287855,39	2	643927,69	1,78	0,17
Tutkal (C)	3624956,23	3	1208318,74	3,35	0,02
A * B	20696699,59	4	5174174,90	14,34	0,00
A * C	21136327,69	6	3522721,28	9,76	0,00
B * C	65760955,28	6	10960159,21	30,38	0,00
A * B * C	52620850,90	12	4385070,91	12,15	0,00
Hata	51953122,64	144	360785,57		
Toplam	3369767117,35	180			

Çoklu Varyans analizi sonuçlarına göre, sıcaklık faktörünün % 95 güven düzeyinde anlamsız olduğu tespit edilirken, diğer tüm üretim faktörleri ve bunların karşılıklı etkileşimlerinin eğilmede elastikiyet modülü değerleri üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur. Gruplar arasında önem derecesini belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 7.17’de verilmiştir.

Çizelge 7.17. Eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait Duncan testi sonuçları.

Üretim Koşulları		Ortalama	Homojenlik Grubu
Pres Süresi ( dak.)	3	3046,40	A
	6	3860,71	B
	9	5325,33	C
Pres Sıcaklığı (°C)	175	4193,85	A
	185	3995,30	A
	195	4043,28	A
Tutkal Oranı (%)	3	3891,32	A
	6	4026,84	AB
	9	4283,34	B
	12	4108,41	AB

Duncan testi sonuçlarına göre, levhaların eğilmede elastikiyet modülü değerlerine pres sürelerinin etkisinin % 95 güven aralığında anlamlı bir fark oluşturduğu belirlenmiş ve bu farklılıklar farklı homojenlik gruplarında gösterilmiştir. Ancak sıcaklık faktörlerinin herhangi bir farklılık göstermediği ve aynı homojenlik grubunda yer aldıkları, tutkal oranlarından % 6-12 olanların ise geçiş grubunda oldukları tespit edilmiştir. Yapılan Duncan testi sonucuna göre levhalar arasında eğilmede elastikiyet modülü değerinde en yüksek değer 5325,33 N/mm<sup>2</sup> ile 9 dakika preste bekletilen levhalarda, en düşük değer ise 3046,40 N/mm<sup>2</sup> ile 3 dakika preste bekletilmiş levhalarda tespit edilmiştir. Eğilmede elastikiyet modülü değerine ilişkin değişim Şekil 7.5’te verilmiştir.



Şekil 7.5. Eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ilişkin değişim.

### 7.2.3. Levha Yüzeyine Dik Yönde Vida Tutma Direnci

Üretim koşullarına bağlı olarak deneme levhalarının levha yüzeyine dik yönde vida tutma direncine ait ortalama ( $X_{ort}$ ) ve standart sapma ( $S_{td}$ ) değerleri Çizelge 7.18'de verilmiştir.

Çizelge 7.18. Levha yüzeyine dik yönde vida tutma direnci değerleri (N).

Üretim Koşulları			Vida Tutma Direnci (N)	
Süre (dak.)	Sıcaklık (°C)	Tutkal (%)	Ortalama	Std. Sp.
3	175	3	507,13	42,08
		6	581,25	65,49
		9	531,97	52,30
		12	779,43	72,10
	185	3	495,96	45,55
		6	674,99	77,64
		9	602,10	30,93
		12	732,61	66,23
	195	3	494,39	64,63
		6	538,94	26,63
		9	453,75	39,41
		12	777,36	76,89
6	175	3	459,22	25,70
		6	913,16	69,81
		9	971,27	55,56
		12	686,00	51,52
	185	3	517,80	88,67
		6	859,27	35,00
		9	574,43	22,57
		12	747,13	70,43
	195	3	849,38	71,79
		6	941,03	37,80
		9	892,36	126,45
		12	1023,34	145,81
9	175	3	648,18	29,73
		6	759,81	35,55
		9	1088,50	167,12
		12	1068,74	70,31
	185	3	622,16	65,33
		6	747,56	44,93
		9	933,55	39,13
		12	1074,86	80,96
	195	3	800,46	71,33
		6	572,52	81,29
		9	842,36	112,43
		12	1103,50	88,44

Üretilen deneme levhalarında ortalama levha yüzeyine dik vida tutma direnci değerleri 453,75 N ile 1103,50 N arasında değişim göstermiştir. Tutkal oranının % 12, pres sıcaklığının 185°C olarak sabit alınması durumunda pres süresi 3 dakika uygulanan örneklerde levha yüzeyine dik vida tutma direnci 732,61 N değerini verirken pres süresinin 6 dakikaya çıkarılmasıyla % 1,94, pres süresinin 9 dakikaya çıkarılmasıyla da pres süresi 3 dakika uygulanan örneklere göre ortalama levha yüzeyine dik vida tutma direnci değerleri % 31,84 artış göstermiştir. Pres süresi 6 dakika, tutkal oranının % 3 alınmasıyla pres sıcaklığının 175°C'den 195°C'ye çıkarılması durumunda örneklerde görülen levha yüzeyine dik vida tutma direncinin % 45,93 arttığı görülmüştür. Üretim koşullarından pres süresinin 9 dakika, pres sıcaklığının 185°C uygulandığı örneklerde tutkal oranının % 3'den % 12'ye

çıkartılmasıyla levha yüzeyine dik vida tutma direnci değerleri % 42,11 artış göstermiştir. Burada artan tutkal oranı levha yüzeyine dik vida tutma direnci değerlerinde arttırıcı yönde etki yaptığı görülmektedir.

Özçifçi ve Doğanay (1999), 18 mm kalınlığındaki etiket yongalı levhada, levha yüzeyine dik yönde vida tutma direncini 7,22 N/mm<sup>2</sup> olarak tespit etmişlerdir.

Pres basıncı, pres süresi, pres sıcaklığı ve tutkal oranının levha yüzeyine dik yönde vida tutma direnci üzerine etkisini belirlemek için yapılan Çoklu Varyans analizine ilişkin sonuçlar Çizelge 7.19’da verilmiştir.

Çizelge 7.19. Levha yüzeyine dik yönde vida tutma direnci ile ilgili varyans analizi sonuçları.

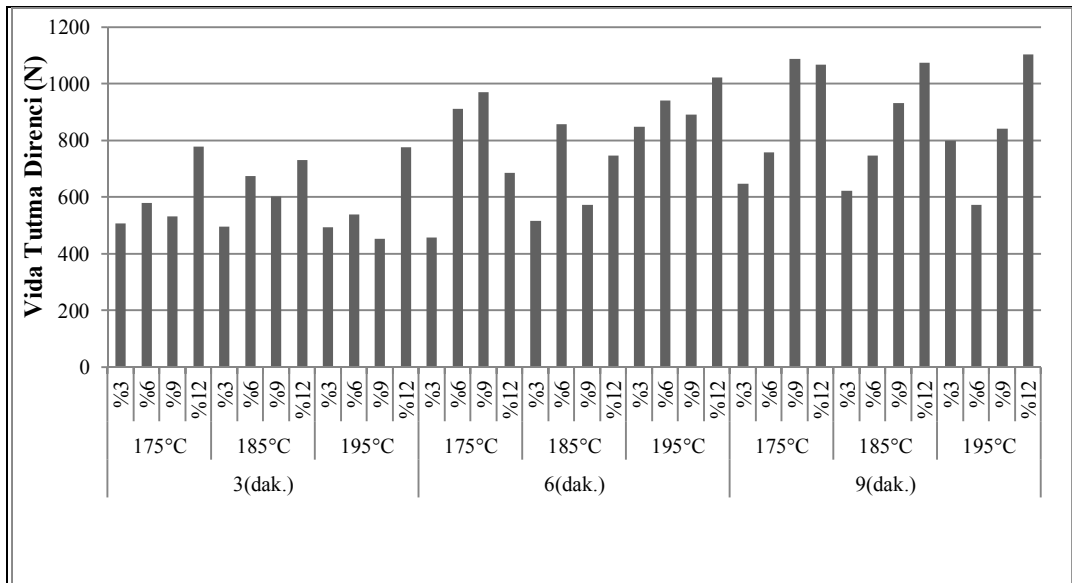
Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Hesap	Önem Düzeyi (P<0,05)
Süre (A)	2135522,91	2	1067761,46	201,25	0,00
Sıcaklık (B)	105088,44	2	52544,22	9,90	0,00
Tutkal (C)	1901739,50	3	633913,17	119,48	0,00
A * B	632064,00	4	158016,00	29,78	0,00
A * C	1157182,98	6	192863,83	36,35	0,00
B * C	613683,14	6	102280,52	19,28	0,00
A * B * C	345334,97	12	28777,91	5,42	0,00
Hata	764019,60	144	5305,69		
Toplam	107905636,96	180			

Varyans analizi sonuçlarına göre pres süresi, pres sıcaklığı ve tutkal oranı ve bunların karşılıklı etkileşimlerinin levha yüzeyine dik yönde vida tutma direncine etkisinin istatistiksel olarak % 95 güven aralığında anlamlı olduğu görülmüştür. Anlamlı bulunan bu farklılıkların gruplar arasındaki önem derecesini belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 7.20’de verilmiştir.

Çizelge 7.20. Levha yüzeyine dik yönde vida tutma direncine ait Duncan testi sonuçları.

Üretim Koşulları		Ortalama	Homojenlik Grubu
Pres Süresi ( dak.)	3	597,49	A
	6	786,20	B
	9	855,18	C
Pres Sıcaklığı (°C)	175	749,56	B
	185	715,20	A
	195	774,12	B
Tutkal Oranı (%)	3	599,41	A
	6	732,06	B
	9	765,59	C
	12	888,11	D

Duncan testi sonucuna göre üretim faktörlerinin levhaların levha yüzeyine dik yönde vida tutma direncine etkisi dikkate alındığında pres süresi ve kullanılan tutkal oranları arasında % 95 güven düzeyinde anlamlı bir fark tespit edilmiş ve bu farklılıklar farklı homojenlik gruplarında verilmiştir. Pres sıcaklıklarının 175°C ve 195°C olarak kullanılması durumunda üretilen örneklerin ise aynı homojenlik grubunda yer aldığı belirlenmiştir. Duncan testine göre üretilen levhalarda en fazla levha yüzeyine dik yönde vida tutma direnci değeri tutkal oranı % 12 olan örneklerde (888,11 N) bulunmuş, en az ise pres süresi 3 dakika uygulanan örneklerde (597,49 N) tespit edilmiştir. Üretim faktörlerine bağlı olarak deneme levhalarının levha yüzeyine dik vida tutma direnci değerine ilişkin değişim Şekil 7.6'da gösterilmiştir.



Şekil 7.6. Levha yüzeyine dik vida tutma direnci değerlerine ilişkin değişim.



## BÖLÜM 8

### SONUÇLAR

Bu çalışmada, hammadde olarak ülkemizde de doğal olarak yetişen karakavak (*Populus nigra* L.) odunundan elde edilen yongalarla, fenol formaldehit tutkalı kullanılarak üretilen yönlendirilmiş yongalevhaların bazı fiziksel ve mekanik özellikleri ilgili standartlara göre belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar istatistiksel yöntemler kullanılarak değerlendirilmiş olup üretilen deneme levhalarının bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine tutkal oranı, pres süresi, pres sıcaklığının genel olarak etkili olduğu tespit edilmiştir.

Üretilen deneme levhalarının hava kurusu denge rutubet miktarlarının % 5,02 ile % 9,61 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Standart gereği yongalevhalarda hava kurusu denge rutubet miktarlarının % 5-13 arasında olması istenmektedir. Deneme levhalarında elde edilen hava kurusu denge rutubet miktarlarının ilgili standart ile uyum içerisinde olduğu görülmüştür.

Yoğunluk değeri OSB levhalarının fiziksel, mekanik ve teknolojik özelliklerini etkileyen en önemli faktördür. Levhaların kullanım yerinde maruz kalacakları yük ve kuvvetlere karşı koyabilmeleri için yüksek direnç değerlerine sahip olması istenmektedir. Levha yoğunluğu, daha çok üretimde kullanılan yonga miktarına bağlı olarak değişmektedir (Yapıcı, 2008).

Yapılan bu çalışmada üretilen levhalarda hava kurusu yoğunluk değerleri esas alınmış olup, levhalarda planlanan yoğunluk değeri  $0,65 \text{ g/cm}^3$  olarak belirlenmiştir. Üretilen deneme levhalarında en düşük hava kurusu yoğunluk değeri  $0,59 \text{ g/cm}^3$  olarak, en yüksek hava kurusu yoğunluk değeri ise  $0,70 \text{ g/cm}^3$  olarak belirlenmiştir. TS EN 323-1 (1999)'e göre ahşap esaslı levhalarda tolere edilen yoğunluk değişimi  $\pm\% 10$  olup üretilen deneme levhalarının tamamının ortalama yoğunluk değeri

0,66 g/cm<sup>3</sup> olarak tespit edilmiştir. Öngörülen yoğunluk değeri ile gerçekleşen yoğunluk değerleri arasında maksimum %  $\pm 7$ 'lik bir fark vardır. Bu fark ise standardın öngördüğü tolerans sınırı içerisindedir.

Üretilen deneme levhalarının ortalama kalınlığına şişme miktarları % 11,50 ile % 44,62 arasında değişiklik göstermiştir. Üretim koşullarında sıcaklığın 185°C alınması, tutkal oranının % 3'den % 12'ye çıkarılması ile kalınlık artışı değerlerinin pres süresinin 3 dakika uygulandığı örneklerde % 63,48 azaldığı, 6 dakika uygulandığı örneklerde % 65,01 azaldığı, 9 dakika uygulandığı örneklerde ise % 71,33 azaldığı görülmüştür. Çalışmada belirlenen kalınlık artışına dair değerlerin literatür ile uyum sağladığı tespit edilmiştir.

Wilson (1980), OSB levhalarının kalınlığına şişme miktarını üzerine tutkal oranı direkt olarak etki etmekte olup aynı üretim koşullarından sadece tutkal oranının % 3'den % 12'ye yükseltilmesi ile kalınlık artış oranının % 45,58 azaldığını tespit etmiştir. Wang and Winistorfer (2002), fenol formaldehit tutkalı kullanılarak 12 mm kalınlığında üretilen OSB panellerinden hazırlanan örneklerde 24 saat suda bekletilmesi sonucu kalınlığına şişme değerini % 23,81 olarak tespit etmiştir. Biblis et al. (1996), % 85 sarıçam (*Pinussylvestris* L.) odunu yongaları ve % 15 yapraklı ağaçlardan elde edilen yongalar kullanılarak üretilen 1,2 mm kalınlığındaki OSB levhaların yüzeylerinin kaplanarak elde edilen kompozit malzemelerde 48 saat suda bekletilmesi sonucu su alma miktarının % 33,2, kalınlığına şişme oranının % 26,3 olarak tespit etmişlerdir. Kılınç (2013), Sarıçam odunu kullanarak elde ettiği örneklerde kalınlık artışı miktarını en fazla, % 3 tutkal oranı, 6 dakika presleme süresi, 175°C pres sıcaklığı ve 50 kg/cm<sup>2</sup> pres basıncı uygulanarak üretilen levhalarda % 44,74 olarak, en düşük kalınlık artışı miktarını ise % 12 tutkal oranı, 9 dakika presleme süresi 185°C pres sıcaklığı ve 50 kg/cm<sup>2</sup> pres basıncı uygulanarak üretilen deneme levhalarında (% 10,90) belirlemiştir.

Üretilen deneme levhalarının ortalama ağırlık artışı değerlerinin % 43,81 ile % 92,86 arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Üretim koşullarında sıcaklığın 175°C alınması, tutkal oranının % 3'den % 12'ye çıkarılması ile ağırlık artışı değerlerinin pres süresinin 3 dakika uygulandığı örneklerde % 23,31 azaldığı, 6 dakika

uygulandığı örneklerde % 44,14 azaldığı, 9 dakika uygulandığı örneklerde ise % 40,80 azaldığı görülmüştür. Deneme levhalarının su alma miktarı üzerine tutkal oranının etkili olduğu görülmüştür. Artan tutkal oranı ve pres süresi ile levhaların ağırlık artışı değerlerinin azaldığı gözlemlenmiştir.

Papadopoulos and Traboulay (2002), Pres sıcaklığı 180°C, presleme süresi 5 dakika, levha yoğunluğu 0,65 g/cm<sup>3</sup> ve % 5 oranında fenol formaldehit tutkalı kullanılarak üretilen 12,5 mm kalınlığındaki OSB levhalarının 24 saat suda bekletilmesi sonucu meydana gelen su alma miktarının % 92,3 olduğunu belirtmişlerdir. Dönmez (2005), kuru yonga ağırlığına oranla % 9 fenol formaldehit tutkalı, 140°C pres sıcaklığı, 9 dakika presleme süresi, 0,65 g/cm<sup>3</sup> yoğunluğunda üretilen 18 mm kalınlığında üretilen OSB levhaların 24 saat suda bekletilmesi sonucu meydana gelen su alma miktarını % 69,08 olarak tespit etmiştir. Tang et.al (1984); Avramidis and Smith, (1989), tutkal oranının % 4'den % 5'e sonra da % 6'ya çıkarılması ile OSB levhaların su alma miktarının azaldığını tespit etmişlerdir. Yapıcı (2008), Örneklerin su alma miktarları en fazla % 79,50 ile % 3'lük tutkal oranı ile üretilen deneme levhalarında, en düşük ise % 59,39 ile % 6 oranında tutkal kullanılarak üretilen deneme levhalarında belirlenmiştir. Tutkal oranının, pres süresi ve pres basıncının artırılması durumunda levhaların su alma miktarlarının azaldığı tespit edilmiştir. Tutkal oranının % 3'den, % 4,5'e çıkartılması ile su alma miktarı % 17,32, tutkal oranının % 6'ya çıkartılması ile levhaların su alma miktarının % 25,29 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Uygulanan pres süresinin 3 dakikadan 7 dakikaya çıkartılması ile levhaların su alma miktarının % 11,90 oranında azaldığı belirlenmiştir.

Üretilen levhaların ısı iletkenliği katsayısı değerlerinin 0,179 W/mK ile 0,260 W/mK arasında değiştiği tespit edilmiştir. Isı iletkenlik katsayı değerini etkileyen en önemli faktörlerden biri yoğunluk değeridir. Yoğunluğun artmasıyla ısı iletim katsayısı artış gösterir. Duncan testi sonucuna göre levhalar arasındaki en yüksek ısı iletim katsayısı 0,238 W/mK ile % 3 oranında tutkal ilave edilmiş deney örneklerinde, en düşük ısı iletim katsayısı ise 0,206 W/mK ile % 6 tutkal kullanılarak üretilen deney örneklerinde belirlenmiştir.

OSB levhaların kullanım yerlerinden biride yalıtım amaçlı olarak yapı sektöründe kullanımındır. Yapısal ahşap kompozit malzeme olan OSB levhalarında, ısı iletim katsayı değeri özellikle enerji verimliliği bakımından oldukça önemlidir. Isı iletim katsayısı levha içerisindeki hava boşluğu ile alakalı olup, yoğunluğun azalması ısı iletim katsayı değerini iyileştirici yönde etki yapmaktadır. Ayrıca levhaların yüzeylerinin kaplamalı veya kaplamasız oluşu, kaplamada kullanılan malzemenin özellikleri levhaların ısı iletim katsayı değerinde oldukça etkili faktörlerdendir (Yapıcı, 2008). Ligno-selülozik bir malzeme olan odunun ısı iletim katsayı değeri, sıcaklık, rutubet, selüloz zincirlerinin kristal yapısına bağlı olarak değişmektedir (Suleiman et al., 1999). Nemli ve Kalaycıoğlu (2002), % 50 kayın, % 40 çam ve % 10 kavak yongalarından üre formaldehit tutkalı kullanarak ürettikleri  $0,66 \text{ g/cm}^3$  yoğunluğundaki 1,8 cm kalınlığındaki yonga levhaların ısı iletim katsayı değerlerini  $0,106 \text{ W/mK}$  olarak tespit etmişlerdir. Yapılan çalışmada elde edilen ısı iletim katsayı değerlerinin literatür ile uyum içinde olduğu tespit edilmiştir.

Yapıcı (2008), birçok kullanım yerinde OSB levhaların eğici kuvvetlerin etkisi altında kalmasıyla OSB levhaların maruz kaldıkları bu eğici kuvvetlere karşı koyabilecek dirence sahip olması gerektiğini belirtmiştir. Ayrıca eğilme direncinin, üretimde kullanılan ağaç türüne, tutkal türü ve miktarına, presleme şartlarına, levha yoğunluğuna göre değişebileceğini belirtmiştir.

Üretimi yapılan deneme levhalarının eğilme direnci değerlerinin  $13,63 \text{ N/mm}^2$  ile  $38,89 \text{ N/mm}^2$  arasında değiştiği belirlenmiştir. Deneme levhalarında ortalama eğilme direnci değerlerinde pres süresinin 9 dakika, pres sıcaklığının  $185^\circ\text{C}$  olarak sabit alınması durumunda sadece tutkal oranının % 3'den % 9'a çıkarılması durumunda örneklerde görülen eğilme direnci değerlerinin %  $41,91 \text{ N/mm}^2$  arttığı görülmüştür. Üretim koşullarından tutkal oranının % 3, pres sıcaklığının  $195^\circ\text{C}$ , pres süresinin 6 dakika olarak alınması ve sadece tutkal oranının % 3'den % 9'a çıkarılması durumunda ise örneklerde belirlenen eğilme direnci değerlerinde %  $50,62 \text{ N/mm}^2$ 'lik bir artış görülmüştür. Genel olarak tüm pres süresi ve pres sıcaklık değerlerinde tutkal oranın % 12'ye çıkartılması ile levhaların eğilme direnci değerlerinde belirgin azalmaların olduğu tespit edilmiş, ancak, artan presleme süresi

ile bu düşüş daha az değerde gerçekleşmiştir. Bunda artan presleme süresi ile kullanılan tutkalin prizlenmesinin sağlanmış olması etkili olabilir.

Kılınç (2013), Sarıçam odunu kullanılarak üretilen OSB levhalarının eğilme direnci değerlerinin 11,34 N/mm<sup>2</sup> ile 50,53 N/mm<sup>2</sup> arasında değiştiğini belirlemiştir. Üretimde kullanılan pres basıncı, pres sıcaklığı ve tutkal oranının levhaların eğilme direncine etkisini % 5 hata payı ile anlamlı olduğunu, tutkal oranının arttırılması ile birlikte levhalardaki eğilme direnci değerlerinde büyük bir artışın olduğunu tespit etmiştir. Ancak tutkal oranının % 12 ye çıkarılması durumunda eğilme direnci değerlerinde düşüşün olduğunu bunda; artan tutkal oranı ile yongalar arasındaki tutkal film kalınlığının artmasından dolayı yongalar arasındaki bağın daha kırılğan bir hale gelerek kohezyon kuvvetinin zayıflamış olmasından kaynaklanacağını belirtmiştir. Dönmez (2005), yapmış olduğu çalışmada fenol formaldehit tutkalı kullanarak elde ettiği OSB levhaların ortalama eğilme direnci değerlerinin 12,83 N/mm<sup>2</sup> ile 22,03 N/mm<sup>2</sup> arasında değiştiğini belirlemiştir. Alvur (2001), 12 mm kalınlığındaki OSB levhalarının levha boyuna paralel yönde eğilme direncinin 17-40 N/mm<sup>2</sup>, levha boyuna dik yönde eğilme direncinin ise 10-25 N/mm<sup>2</sup> arasında değiştiğini belirtmiştir. Yapıcı (2008), levha boyuna paralel ve dik yönde eğilme direncine tutkal oranı, pres süresi ve pres basıncının etkili olduğu tespit etmiş, levha boyuna paralel yönde en düşük eğilme direnci değerini 24,83 N/mm<sup>2</sup>, en yüksek ise 46,82 N/mm<sup>2</sup> olarak tespit etmiştir. Levha boyuna dik yönde ise en düşük eğilme direnci değerini 15,99 N/mm<sup>2</sup>, en yüksek ise 29,26 N/mm<sup>2</sup> olarak tespit etmiştir.

Genel olarak malzemeye uygulanan kuvvet yada yük ile meydana gelecek şekil değiştirmelerin geri dönüşümlü olduğu yük sınırına kadar malzemenin davranışına elastiklik denir. Malzeme üzerindeki etki eden yük veya kuvvet kaldırıldığı zaman malzeme ilk haline geri dönemez ve şekil değişikliği kalıcı olması durumuna malzemenin plastiklik hali adı verilir. Malzemelerin pek çoğunda belli bir yük sınırına kadar elastik davranış görülmektedir. Bu sınırın üzerinde ise plastik deformasyon meydana gelir (Savaşkan, 2004).

TS EN 300 (2008)'de >10<18 mm kalınlığındaki OSB levhalarının levha boyuna paralel yönde eğilmede elastikiyet modülü değerlerini OSB-1 için 2500 N/mm<sup>2</sup>, OSB-2 için 3500 N/mm<sup>2</sup>, OSB-3 için 3500 N/mm<sup>2</sup>, OSB-4 için 4800 N/mm<sup>2</sup> olması öngörülmektedir. Levha boyuna dik yönde eğilmede elastikiyet modülü değerlerini ise OSB-1 için 1200 N/mm<sup>2</sup>, OSB-2 için 1400 N/mm<sup>2</sup>, OSB-3 için 1400 N/mm<sup>2</sup>, OSB-4 için 1900 N/mm<sup>2</sup> olarak öngörülmektedir. Üretim koşullarına bağlı olarak pres süresinin 9 dakika, pres sıcaklığının 175-185-195°C, tutkal oranının % 3-6-9-12 olarak uygulanmasıyla elde edilen örneklerin OSB-1, OSB-2, OSB-3, OSB-4 için eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin istenilen değerlerden yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Üretimi yapılan deneme levhalarının eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin 1387,50 N/mm<sup>2</sup> ile 6791,22 N/mm<sup>2</sup> arasında değiştiği görülmektedir. Üretim koşullarında % 6 tutkal oranı ve 175°C pres sıcaklığına tabi tutularak üretilen levhaların eğilmede elastikiyet modülü değeri pres süresi 3 dakika uygulandığında 3354,49 N/mm<sup>2</sup> değerini verirken, bu değer pres süresinin 6 dakikaya çıkarılmasıyla % 4,28 artmış, 9 dakikaya çıkarılmasıyla da 3 dakika preste bekleyen levhalara göre % 42,60 artış göstermiştir. Pres süresinin 3 dakika, pres sıcaklığının 185°C uygulandığı levhalarda ise tutkal oranının % 3'ten % 12'ye çıkarılması ile eğilmede elastikiyet modülü değerlerini % 8,56 arttırdığı görülmüştür.

Kılınç (2013), Sarıçam odunundan yapmış olduğu çalışmada, eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin 1386,84 N/mm<sup>2</sup> ile 8943,46 N/mm<sup>2</sup> arasında değiştiği görülmektedir. En yüksek eğilmede elastiklik modülü değeri ise 8943,46 N/mm<sup>2</sup> ile pres süresinin 9 dakika, tutkal oranının % 9 ve pres basıncının 40 kg/cm<sup>2</sup> ve pres sıcaklığının 185°C olarak uygulanan deneme levhalarında belirlenmiştir. Rebollar et al. (2005), 16-15 mm kalınlığındaki OSB levhalarının levha boyuna paralel yönde eğilmede elastikiyet modülünü 5700±1400 MPa, levha boyuna dik yönde eğilmede elastikiyet modülü değerini ise 2000±500 MPa olarak saptadıklarını ifade etmektedirler. Generalla et al. (1989), ticari OSB levhalarının özellikleri üzerine tutkal oranının etkisi araştırmışlardır. Yaptıkları çalışmada, 0,07x0,95x7,62 cm boyutlarında yongalara kuru ağırlığına oranla % 4,5 fenol formaldehit tutkalı kullanılarak 1,1 cm kalınlığındaki OSB levhaların levha boyuna paralel yönde

eğilmede elastikiyet modülü değerini 795,48 psi, levha boyuna dik yönde eğilmede elastikiyet modülü değerini ise 275,940 psi olarak saptadıklarını ifade etmektedirler. Dönmez (2005), yapmış olduğu çalışmada fenol formaldehit tutkalı kullanarak kavak odunundan ürettiği OSB levhalarının eğilmede elastikiyet modülü değerlerini 1820 N/mm<sup>2</sup> ile 2400 N/mm<sup>2</sup> arasında değiştiğini bulmuştur. Kılınç (2013), Eğilmede elastikiyet modülü üzerine pres süresi etkili olup, pres basıncı 30 kg/cm<sup>2</sup> ve tutkal oranının % 6 olarak sabit alınması ve sadece presleme süresinin 3 dakikadan 6 dakikaya çıkartılması ile eğilmede elastikiyet modülü değerinde % 10 oranında bir artış, pres süresinin 9 dakikaya çıkartılması ile de % 2 lik bir artışın olduğu belirlenmiştir. Bunun, pres süresinin uzaması ile tutkalın sertleşmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Yapılan çalışmada levhaların eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin literatüre uygunluk gösterdiği saptanmıştır.

Örneklerin levha yüzeyine dik yönde vida tutma direnci değerleri TS EN 13446 (2005)'ya göre belirlenmiştir. Üretilen deneme levhalarında ortalama levha yüzeyine dik vida tutma direnci değerleri 453,75 N ile 1103,50 N arasında değişim göstermiştir. Tutkal oranının % 12, pres sıcaklığının 185°C olarak sabit alınması durumunda pres süresi 3 dakika uygulanan örneklerde levha yüzeyine dik vida tutma direnci 732,61 N değerini verirken pres süresinin 6 dakikaya çıkarılmasıyla % 1,94, pres süresinin 9 dakikaya çıkarılmasıyla da pres süresi 3 dakika uygulanan örneklerle göre ortalama levha yüzeyine dik vida tutma direnci değerleri % 31,84 artış göstermiştir. Pres süresi 6 dakika, tutkal oranının % 3 alınmasıyla pres sıcaklığının 175°C' den 195°C' ye çıkarılması durumunda örneklerde görülen levha yüzeyine dik vida tutma direncinin % 45,93 arttığı görülmüştür. Üretim koşullarından pres süresinin 9 dakika, pres sıcaklığının 185°C uygulandığı örneklerde tutkal oranının % 3'den % 12'ye çıkarılmasıyla levha yüzeyine dik vida tutma direnci değerleri % 42,11 artış göstermiştir. Burada artan tutkal oranı levha yüzeyine dik vida tutma direnci değerlerinde arttırıcı yönde etki yaptığını göstermektedir.

Kılınç (2013), Örneklerin levha yüzeyine dik yönde vida tutma direnci en düşük değeri 359,73 N olarak % 3 tutkal oranı, 9 dakika presleme süresi, 175°C pres sıcaklığı ve 30 kg/cm<sup>2</sup> pres basıncı uygulanarak üretilen levhalarda, en yüksek değeri ise 1315,09 N olarak % 12 tutkal oranı, 6 dakika presleme süresi, 195°C pres

sıcaklığı ve 50 kg/cm<sup>2</sup> pres basıncı uygulanarak üretilen levha gruplarında tespit etmiştir. Tutkal oranının ve pres süresinin levha yüzeyine dik vida tutma direncine etkili olduğunu belirterek, artan tutkal oranı ve pres süresinin yongalar arasındaki mekanik etkileşimini olumlu yönde etkilenmesiyle levhaların vida tutma direnci değerlerinin arttırdığını tespit etmiştir. Özçifçi ve Doğanay (1999), 18 mm kalınlığındaki etiket yongalı levhanın levha yüzeyine dik yönde vida tutma direnci değerini 7,22 N/mm<sup>2</sup> olarak tespit etmişlerdir. Alvur (2001), 12 mm kalınlığındaki OSB levhalarının levha yüzeyine dik yönde çivi tutma gücünün 25-323 N, levha yüzeyine dik yönde vida tutma gücünün ise 512-1471 N arasında değiştiği rapor edilmiştir. Çalışmada, levha yüzeyine dik yönde vida tutma direnci ile elde edilen değerlerin literatür ile uyum içerisinde olduğunu belirtmişlerdir.

Özellikle artan pres süresi ve pres sıcaklığının levhaların özelliklerini iyileştirici etki yaptığı görülmüştür. Tutkal oranının arttırılması ile aynı şekilde levha özelliklerinin iyileştiği ancak bu oranın % 12 kadar çıkartılması ile bazı mekanik özelliklerde tekrardan düşüşlerin olduğu gözlemlenmiştir. Bunda özellikle düşük pres süresi ve düşük pres sıcaklığında kullanılan tutkal oranının tamamen sertleşmemesinin etkisi olduğu düşünülmektedir. Ayrıca yüksek sıcaklık ve uzun pres süresi uygulansa dahi sertleşen tutkal filmi kalınlığının kohezyon kuvvetini düşürücü etki yaptığı söylenebilir.

OSB levhalar birçok yerde farklı amaçlarla kullanılmaktadır. Kullanıldıkları yerde levhalardan istenen özellikler farklılık arz edebilir. Bu levhaların kimi yerde eğilme direncine karşı etkili olması istenirken, kimi yerde de suya karşı direnç göstermeleri istenmektedir. Bu yüzden kullanım yerine uygun levha özellikleri belirlendikten sonra üretim parametrelerinin belirlenmesinde bu bir ölçüt olacaktır. Dolayısıyla istenilen özelliklere uygun levha üretebilmek için farklı özellikte tutkal kullanarak levha üretimi yapılabilir.



## KAYNAKLAR

Akbulut, T., “Orüs vezir köprü yongalevha fabrikasında üretilen levhaların teknolojik özellikleri”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (1991).

Akbulut , T., “Yongalevha endüstrisi”, *Laminart Mobilya Dekorasyon Sanat Tasarım Dergisi*, (7): 112-119 (2000).

Akyıldız, M. H., “Türkiye de yongalevha ve liflevha endüstrisinin yapısı ve sorunları”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2003).

Alvur, F., “Yönlendirilmiş yongalevhaların üretimi, özellikleri ve kullanım yerleri üzerine araştırmalar”, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2001).

American Playwood Association, “Performance standarts and policies for APA structural use panels”, *APA*, Tacoma, Wash., (1986).

Anonim, “OSB performance by design, OSB in wood frame construction”, *Structural Board Association Canadian edition*, Canada, (2000).

Anonim, “Oriented Strand Board (OSB) ”, *Wood-Based panel products Technology*, Canada, (2003).

ASTM D 1037, “American society for testing and materials, standard test methods for evaluating properties of wood-base fiber and particle panel materials”, *ASTM D 1037- 96 a. Philadelphia, PA.*, (1998).

Avramidis S. and Smith L. A., “The effect of resin content and face-to-core ratio on some properties of OSB”, *Holzforschung*, 43 (2): 131-133 (1989).

Ayla, C., “OSB üretim teknolojisi”, *Laminant Dergisi*, İstanbul, (2001).

Ayrılmış, N., “MDF’nin teknolojik özellikleri üzerine ağaç türünün etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2000).

Baştürk, M. A., “Boylu ardıç odununun yongalevha üretimine uygunluğu üzerine araştırmalar”, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, İstanbul, (1993).

Baştürk, M. A., “Improvements of the oriented strand board with chitosan treatments of the strands”, Doktoral Thesis, *Syracuse, New York, USA*, (1999).

Bostancı, S., “Kağıt hamuru üretimi ve ağartma teknolojisi ders kitabı”, Trabzon, (1987).

Bozkurt, A. Y., Göker, Y., “Yongalevha endüstrisi ders kitabı”, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi*, İstanbul, (1985).

Biblis, J. E., Grigoriou, A., Carino, H., “Flexural properties of veneer-overlaid OSB composite panels from Southern yellow pine”, *Forest Products Journal*, 46 (4): 59-62 (1996).

Brinkmann, E., “OSB Platten, ihre eigenschaften, verwendung und herstellungstechnologie”, *Holz als Roh-und Werkstoff*, (1979).

Çehreli, H. T., “Yönlendirilmiş yongalevhaların (Oriented Strand Board (OSB)) üretimi, teknolojik özellikleri ve kullanım yerleri”, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Trabzon, 4 (1): 98-121 (1981).

Dai, C., Steiner, P. R., “Spatial sructure of wood composite in relation to processing and performance characteristics. Rationale for model development”, *Wood Science and Technology*, 1 (28): 45-51 (1994).

Deppe, H., Ernst, K., “Technologie des spanplatten”, *Holz-Zentralblatt Verlags*, GmbH, Stuttgart, (1964).

Dönmez, A., “Bazı borlu bilesiklerle muamele edilmiş Melez Kavak (*Populus euroamericana* cv.) yongaları ve kraft lignin fenol formaldehit tutkalı kullanılarak üretilen yönlendirilmiş yongalevhaların (OSB) teknolojik özellikleri”, Yüksek Lisans Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi*, Trabzon, (2005).

Dönmez, A., Kalaycıoğlu, H., “Fenol formaldehit tutkalı kullanılan yönlendirilmiş yongalevhalarda (OSB) çinko borat kullanımı”, *I. Ulusal Bor Çalıştayı Bildiriler Kitabı*, Ankara, 27-31 (2005).

Eroğlu, H., “Lif levha endüstrisiders notları”, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi*, Trabzon, (1988).

Eroğlu, H., Usta, M., “Lif levha üretim teknolojisi”, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi*, Trabzon, (2000).

Forest Products Laboratory., “Wood Handbook”, *U. S. Department of Agriculture, Forest Service*, Madison, WI USA, (2000).

Generalla, N., C., Biblis, E., J., and Carino, H. F., “Effect of two resin levels on the properties of commercial southern OSB”, *Forest Products Journal*, (6): 64-68 (1989).

Göker, Y., “Türkiye’de kontrplak, kontrtabla ve yongalevhaları sanayi gelişme olanakları, bu malzemelerin teknolojik özellikleri hakkında araştırmalar”, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, İstanbul, (1978).

Göker, Y., Akbulut, T., “Yongalevha ve kontrplağın özelliklerini etkileyen faktörler”, “ORENKO 92” *I. Ulusal Orman Ürünleri Endüstri Kongresi*, Bildiri metinleri, Trabzon, (1): 269-287 (1992).

Göker, Y., As, N., Akbulut, T., “Kalitesiz orman emvalinin yongalevha ve kontrplak üretiminde kullanılmasının sakıncaları ve levha kalitesi üzerine etkileri”, *I.Ormancılık Şurası*, Ankara, (3): 392-398 (1993).

Göker, Y., Kantay, R., Kurtoglu, A., “Üç tabakalı ve okal tipi yongalevhaların teknolojik özellikleri üzerine araştırmalar”, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi*, İstanbul, (1984).

Green, D. W., Hernandez, R., “Standards for structural wood Products and Their use in the united states”, *A Journal of contemporary wood Engineering*, 9 (3): 8-9 (1998).

Güler, C., “Pamuk saplarından (*Gossypium hirsutum* L.) yongalevha üretimi olanaklarının araştırılması”, Doktora Tezi, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bartın, (2001).

Harris, R. A., Johnson, J. A., “Characterization of flake orientation in flakeboard by the von mises probability distribution function”, *Wood and Fiber*, 14 (4): 254-266 (1982).

Haas, G., Steffen, A., Frühwald, A., “Untersuchungen zur permeabilitat von faser, Spanund OSB-Matten für Gase”, *Holz Roh-Werkstoff*, (56): 386-392 (1998).

Howard, J. L., “U.S. Forest products annual market review and prospects”, FPL-RN-0278, USDA Forest Serv., *Forest Products Laboratory*, Madison, (2000).

Hse, C. Y., “Properties of flakeboards from hardwoods growing on southern pine sites”, *Forest Products Journal*, 25 (3): 48-53 (1975).

Hsu, W. E., Kirincic, S., “OSB quality enhancement and cost reduction”, *Proceedings 31 st International Particleboard, Composite Material Symposium, Washington State University*, Washinton, 91-99 (1997).

Humphrey, P. E., Bolton, A. J., “The hot pressing of dry-formed wood based composites. A simulation model for heat and moisture transfer and typical resluts”, *Holzforschung*, 2 (43): 199-206 (1989).

Huş, S., “Ağaç malzeme tutkalları”, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi*, İstanbul, (1977).

Irvine, D., Flett, B. S., “EPSS 6, Atlantic Crossing, A history of Oriented Strand Board”, *European Panel Products Symposium, Proceeding of Symposium, England*, October 141-147 (2002).

İnternet: ABİS2001, “Ağaç malzeme teknolojisi bilgi sistemi/Türler/*Populus nigra* L.”, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği*, <http://www.orman.istanbul.edu.tr/node/10014> (2013).

İnternet: *Carmanah design and manufacturing inc.*, “OSB customers”, <http://www.carmanahdesign.com/subpage/parts--service/osb-customers/> (2013).

İnternet: *Building science insights* “OSB sheathing”, <http://www.buildingscience.com/documents/insights/bsi-038-mind-the-gap-eh> (2013).

İnternet: *Siempelkamp maschinen und-anlagenbeu*, “Wood-based panel plants/ OSB plants/Production of strands”, <http://www.siempelkamp.com/index.php?id=783&L=0> (2013).

İstek, A., “Buğday saplarından (*Triticum aestivum* L.) orta yoğunlukta lif levha (MDF) üretimi”, Doktora Tezi, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Zonguldak, (1999).

Kalaycıoğlu, H., “Neden OSB”, *Laminant Mobilya ve Dekorasyon ve Sanat ve Tasarım Dergisi*, (2001).

Kalaycıoğlu, H., “Sahil Çamı (*Pinus pinaster* Ait.) odunlarının yongalevha üretiminde kullanılması imkanları”, Doktora Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon, (1991).

Kalaycıoğlu, H., “OSB levhaları (Yönlendirilmiş yongalevhalar)”, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Seminerleri*, Trabzon, (1997).

Kalaycıoğlu, H., “Yongalevha endüstrisi ders notları”, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği*, Trabzon, (2008).

Kalaycıoğlu, H., Çolakoğlu, G. ve Nemli, G., “Orman endüstrisine giriş ders notları”, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları*, Trabzon, (2003).

Kamke, F. A., Casey, L., “Gas pressure and temperature in the mat during flakeboard manufacture”, *Forest Products Journal*, 38 (3): 41-43 (1988).

Kılınç, İ., “Üretim faktörlerinin yönlendirilmiş yongalevhaların bazı özellikleri üzerine etkilerinin araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 1-86 (2013).

Kollmann, F., Cote, W., “A principles of wood science and technology”, *Springer Verlag*, Berlin Heidelberg; New York, (1968).

Kubler, H., “Wood as building and hobby material”, *Wiley and Sons Incorporated Publisher*, Canada, (1980).

Lamarche, F. E., “Preparation of pulpwood, in: Mc Donald, R. G. ed. Pulp and Paper Manufacture”, *The Pulping of Wood*, Mc Graw-Hill, New York, (1): 73-147 (1969).

Lee, W., Chung, G., “Effect of pres temperature and time on physical properties of larch particleboard”, *Journal of Korean Forestry Society*, 63 (5): 12-20 (1984).

Lei, Y., Wu, Q., “Cure kinetics of aqueous phenol-formaldehyde resin used for oriented strandboard manufacturing”, *Effect of Zinc Borate, Journal of Applied Polymer Science*, (101): 3886-3894 (2006).

Maloney, T. M., “Terminology and products definitions a suggested approach to uniformity worldwide. In proceedings”, *18 th International Union of Forest Research Organization World Congress*, Yugoslavia, September (1986).

Maloney T. M., “Modern Particleboard and Dry Process Fiberboard Manufacturing”, *Updated ed. Miller Fireman Inc.*, San Francisco, (1993).

Maloney T. M., “The family of wood composite materials”, *Forest Products Journal*, 46 (2): 19-26 (1996).

Meyers, K. L., “Impact of strand geometry and orientation on mechanical properties of strand composites”, *Washington State University*, (2001).

Mc Natt et al., *D. L. Bach and R. W., Wellwood*, “Contribution of flake alignment to performance of strandboard”, *Forest Products Journal*, 42 (3): 45-50 (1992).

Nacar, M., “*Eucalyptus Camaldulensis* Dehn. odunlarının yongalevha üretiminde kullanılması imkânları”, Yüksek Lisans Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon, (1997).

Nelson, S., “Structural Composite Lumber”, *Engineered Wood Products, A Guide for Specifiers, Designers and Users, PFS Research Foundation, Wisconsin of University*, Madison, 147-172 (1997).

Nemli, G., “Yüzey kaplama malzemeleri ve uygulama parametrelerinin yongalevha teknik özellikleri üzerine etkileri”, Doktora Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon, (2000).

Nemli, G., “Sentetik laminant endüstrisi ders teksirleri serisi”, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları*, Trabzon, (71): 91-111 (2003).

Nemli, G., Kalaycıoğlu, H., “Effects of surface coating materials on the thermal conductivity and combustion properties of particleboard”, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, (26): 155-160 (2002).

Okino, E. Y. A., Teixeira, D. E., Souza, M.R., Santana, M. A. E., Sousa, M. E., “Properties of oriented strandboard made of wood species from Brazilian planted forests: 80 mm-long strands of *Pinus teada* L.”, (2004).

Özçifçi, A., Doğanay, S., “Etiket yongalı levha ile Doğu kayını ve ladin odunlarının vida ve çivi tutma dirençleri”, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23 (5): 1207-1213 (1999).

Özen, R., “Kaplama ve tabakalı ağaç malzeme ders kitabı”, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları*, Trabzon, (1979).

Özen, R., “Yongalevha endüstrisi ders notları”, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Ders Notları*, Trabzon, (1980).

Özen, R., “Çeşitli faktörlerin kontrplağın fiziksel ve mekaniksel özelliklerine yaptığı etkilere ilişkin araştırmalar”, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi*, Trabzon, (1981).

Özen, R., “Waferboard-etiket yongalevha üretimi”, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Trabzon, (1): 135-150 (1982).

Papadopoulos, A.N. and Traboulay, E., “Dimensional stability of OSB made from acetylated fir strands”, *Holz als Roh- und Werkstoff*, Berlin, (60): 84-87 (2002).

Pizzi, A., “Advanced wood adhesive technology”, *Marcel Dekker*, New York USA, 10-120 (1994).

Post, P. W., “The effect of particle geometry and resin content on bending strength of particleboard”, *Forest Products Journal*, 8 (10): 317-322 (1958).

Rebollar, M., Perez, R., and Vidal, R., “Comparison between oriented strand boards and other wood-based panels for the manufacture of furniture”, *Materials and Design*, (2005).

Roffael, E., “Wie wirkt sich die trocknung von kiefernholz spanen auf die festigkeit non spanplatten aus”, *Teil 1: Bildung von Holzpanen mit PMDI-Klebstoffen Adhesion*, (5): 37-4 (1987).

Savaşkan, T., “Malzeme bilgisi ve muayenesi”, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü*, (3): 70-75 (2004).

Schneider, A., “Untersuchungen über die Poren-Struktur von spanplatten mit hilfe der Quecksilber-Porosimetrie”, *Holz als Roh-und Werkstoff*, Berlin, (40): 415-420 (1982).

Sellers, T. J., “Playwood and adhesive technology”, *Marcel Dekker*, New York (1985).

Skinner, C., “Status of release technology of orientated strand board bonded with MDI based binders”, *Wood Adhesives 2000*, Nevada, June Lake Tahoe, 22-23 (2000).

Smulski, S., “Engineered Wood Products: A guide for specifiers, designers and users”, *Post-Finasteride Syndrome Research Foundation*, (1997).

Suchland, O., Woodson, E., “Fiberboard manufacturing practices in the united states”, *United States of Department of Agriculture, Agriculture Handbook*, USA, (1986).

Suleiman, B. M., Larfeldt, J., Leckner, B., Gustavsson, “Thermal conductivity and diffusivity of wood”, *Wood Science and Technology*, (33): 465-473 (1999).

Tang, R. C., Hse, C. Y., Zhou, Z. J., “Effect of flake-cutting patterns and resin contents on dimensional changes of flakeboard under cyclic hygroscopic treatment”, *Forest Service general technical report SO United States Southern Forest Experiment Station*, (53): 43-51 (1984).

TS EN 300, “Yönlendirilmiş yongalevhaları tarifler, sınıflandırma ve özellikler”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (2008).

TS EN 310, “Ahşap esaslı levhalar, eğilme ve eğilme direnci elastikiyet modülünün tayini”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (1999).

TS EN 312, “Yongalevhalar-Özellikler”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (2012).

TS EN 317, “Yongalevhalar ve lif levhalar-Su içerisine daldırma işleminden sonra kalınlığına şişme tayini”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (1999).

TS EN 319, “Yongalevhalar ve lif levhalar-Levha yüzeyine dik çekme dayanımının tayini”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (1999).

TS EN 322, “Ahşap levhalar-Rutubet miktarının tayini”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (1999).

TS EN 323-1, “Ahşap yongalevhalar, özgül kütle tayin edilmesi”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (1999).

TS 642/ISO 554, “Kondisyonlama ve/veya deney için standard atmosferler özellikler”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (1997).

TS EN 13446, “Ahşap esaslı levhalar-Bağlayıcıların geri çıkma kapasitesinin tayini”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (2005).

Vick, C. B., “Adhesive Bonding of wood materials”, *in wood Handbook-wood as An Engineering material chapter 9. FPC-5TR-113*, Madison, (1999).

Vital, B. R., “Dimensional stability and water adsorption of flakeboard and particleboard as related to furnish geometry, board specific gravity, and resin type”, Ph. D. Thesis, *Oregon State University, USD*, (1980).

Wang, K., Lam, F., “Quadratic RSM models of processing parameters for three layer oriented flakeboard”, *Wood and Fiber Science*, 31 (2): 173-186 (1999).

Wang, S., Winistorfer, P., “Process and system for determination of layer thickness swell of wood composites”, *U.S. Patent*, (6): 396-590 (2002).

Wilson, J. B., “Isocyanate adhesives as binders for composition board wood adhesives research, application, and needs symposium”, *University of Wisconsin*, (1980).

Winistorfer, P. M., Dicarlo, D., “Furnish moisture content, resin nonvolatile content, and assembly time effects on properties of mixed hardwood strandboard”, *Forest Products Journal*, 38 (11/12): 57-62 (1988).

Wu, Q., Suchland, O., “Effect of moisture on the flexural properties of commercial oriented strandboard”, *Wood and Fiber Science*, 29 (1): 47-57 (1997).

Yapıcı, F., “Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odununun OSB üretiminde kullanılmasında bazı üretim faktörlerinin levha özellikleri üzerine etkisi”, Doktora Tezi, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bartın, 1-112 (2008).



## ÖZGEÇMİŞ

Abdulkadir YILDIZ 1986 yılında Elazığ'da doğdu. İlk ve Ortaöğrenimini Elazığ Tuncay Küçüközer İlköğretim Okulun'da, lise öğrenimi Elazığ Lisesi'nde tamamladı. Öğrencilik yıllarında çelik eşya imalatı ve mobilya imalatı üzerine özel sektörde çalıştı. 2005 yılında Fırat Üniversitesi Teknik Bilimler MYO Mobilya ve Dekorasyon Teknikerliği bölümünü kazanıp buradaki eğitimini 2007 yılında bölüm birincisi olarak tamamladı. 2007 DGS sınavı ile Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya ve Dekorasyon Öğretmenliği bölümünü kazandı ve 2010 yılında bu bölümden Yüksek Onur Öğrencisi derecesinde bölüm ikincisi olarak mezun oldu. 2011 yılında 337. K.D. olarak vatani görevini tamamladı. 24/12/2011 İş Güvenliği Uzmanlığı sınavında Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığınca onaylı C sınıfı İş Güvenliği Uzmanı olmaya hak kazandı. 2012 yılının Şubat ayında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mobilya ve Dekorasyon Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başlayan Abdulkadir YILDIZ buradaki eğitimini Ocak 2014 yılında tamamlamıştır.

### **ADRES BİLGİLERİ**

Adres: : Sarayatik Mh. Öğr. Cemil Meriç Cad. Öktem Apt. No: 11/12  
Merkez/ELAZIĞ  
Tel: : 0534 525 54 24  
E-Posta: : [yildiz\\_abdulkadir@hotmail.com.tr](mailto:yildiz_abdulkadir@hotmail.com.tr)