T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NANOSELÜLOZ VE BOR BİLEŞİKLERİNİN AHŞAP KOMPOZİT LEVHALARIN PERFORMANS ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Mert YILDIRIM

DANIŞMAN
Doç. Dr. Zeki CANDAN

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Orman Endüstri Mühendisliği Programı

İSTANBUL-2019

Bu çalışma 10.05.2019 Tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Endüstri Mühendisliği Programı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

TEZ JÜRİSİ

Doç. Dr. Zeki CANDAN
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Orman Fakültesi
Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü

Doç. Dr. Evren TERZİ
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Orman Fakültesi
Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü

Dr.Öğr.Üyesi Mehmet Safa BODUR
Yeditepe Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Malzeme Bilimi Nanoteknoloji Mühendisliği Bölümü

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa'nın abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Bu tez, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin 31076 numaralı projesi ile desteklenmiştir..

ÖNSÖZ

"Nanoselüloz ve Bor Bileşiklerinin Ahşap Kompozit Levhaların Performans Özelliklerine Etkisi" isimli bu çalışma İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Yüksek Lisans çalışmamın her aşamasında desteğini esirgemeyen, fikir ve tecrübelerinden yararlandığım danışmanım, değerli hocam Doç. Dr. Zeki CANDAN'a teşekkür ederim.

Levhaların üretiminde kullanılan yongaların ve tutkalın temini için Kastamonu Entegre Ağaç San. Tic. A.Ş. Genel Müdürü Sayın Haluk YILDIZ, Teknik Direktör Sayın Yusuf İLERİ ve tezimin bazı deneylerinin yapılmasında katkı sunan Starwood. A.Ş. yönetim kurulu üyesi Sayın Hüseyin YILDIZ, Proje Müdürü Sayın Emir ZEKOVİC ve değerli fabrika çalışanlarına teşekkür ederim. Buna ilaveten, MDF ve Yongalevha Sanayicileri Derneği Genel Sekreteri Sayın Serhat DAYANIKLIOĞLU'na teşekkürlerimi sunarım.

Deney numunelerinin yanma özelliklerini belirlemede laboratuvarlarını kullanma imkanını veren Prof. Dr. Saip Nami KARTAL ve Doç. Dr. Evren TERZİ'ye teşekkür ederim. Ayrıca, deneme levhalarından deney numunelerinin kesilmesinde titizlikle çalışan Fakültemiz marangoz atölyesinden sorumlu teknisyen sayın Öner ÖNAL'a teşekkür ederim.

Tezimin yapılmasında katkılarından dolayı NanoTeam'e teşekkürlerimi sunarım.

Akademi çalışmalarım boyunca beni teşvik eden ve sürekli destek olan değerli Ailem'e şükranlarımı sunarım.

Mayıs 2019 Mert YILDIRIM

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ ..... **iv**
İÇİNDEKİLER ..... **v**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **viii**
TABLO LİSTESİ ..... **xi**
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ ..... **xiii**
ÖZET ..... **xiv**
SUMMARY ..... **xvi**
1. GİRİŞ **1**
2. GENEL KISIMLAR **3**
2.1. NANOBİLİM VE NANOTEKNOLOJİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER 3
2.1.1. Nanoteknolojinin Tanımı 3
2.1.2. Nanoteknolojinin Tarihsel Gelişimi 4
2.1.3. Türkiye'de Nanoteknolojinin Gelişimi 5
2.1.4. Nanoteknolojinin Ahşap Endüstrisindeki Uygulamaları 6
2.2. AHŞAP ESASLI KOMPOZİT LEVHALAR HAKKINDA GENEL BİLGİLER 7
2.2.1. Türkiye'de Ahşap Kompozit Levha Üretiminin Genel Durumu 8
2.3. YONGALEVHALARIN TANIMI VE SINIFLANDIRILMASI 10
2.3.1. Yongalevhaların TS EN 309'a Göre Sınıflandırılması 10
2.3.1.1. Üretim İşlemlerine Göre *10*
2.3.1.2. Yüzey Durumlarına Göre *11*
2.3.1.3. Şekil ve Formlarına Göre *11*
2.3.1.4. Parçaların Şekil ve Yapılarına Göre *11*
2.3.1.5. Yapılarına Göre *11*
2.3.1.6. Kullanımlarına Göre *12*
2.4. YONGALEVHALARIN KALİTE SINIFLARI 12
2.5. YONGALEVHALARIN ÜRETİM TEKNOLOJİSİ 15
2.5.1. Hammadde ve Yardımcı Maddeler 15
2.5.2. Yonga Hazırlama 17
2.5.3. Yongaların Kurutulması 18
2.5.3. Yongaların Sınıflandırılması (Eleme) 18

2.5.4. Yongaların Taşınması ve Depolanması 20
2.5.5. Yongaların Tutkallanması 21
2.5.6. Taslak Hazırlama (Serme) 22
2.5.7. Presleme 23
2.5.8. Bitirme Aşamaları 24
2.6. YONGALEVHA UYGULAMALARI 25
2.7. AHŞAP LEVHALARDA KULLANILAN TERMOSET TUTKALLAR 26
2.7.1. Fenol Formaldehit Tutkalı (PH) 26
2.7.2. Üre Formaldehit Tutkalı (UF) 28
2.7.3. Melamin Üre Formaldehit Tutkalı (MUF) 29
2.8. NANOSELÜLOZ 30
2.9. BOR HAKKINDA GENEL BİLGİLER 32
2.9.1. Borik Asit 35
2.9.2. Boraks 36
3. MALZEME VE YÖNTEM 37
3.1. AHŞAP KOMPOZİT LEVHALARIN ÜRETİMİ 37
3.1.1. Yongalevhaların Üretimi 37
3.1.1.1. Yongalevhaların Üretiminde Kullanılan Kimyasal Maddeler 37
3.1.1.2. Yongalevhaların Üretimi 38
3.2. TEST YÖNTEMLERİ 41
3.2.1. Numunelerin Hazırlanması ve Boyutların Ölçülmesi 41
3.2.2. Fiziksel Testler 44
3.2.2.1. Yoğunluk 44
3.2.2.2. Kalınlığına Şişme Miktarı 45
3.2.2.3. Su Alma Miktarı 46
3.2.3. Mekanik Testler 48
3.2.3.1. Eğilme Direnci 48
3.2.3.2. Elastikiye Modülü 49
3.2.3.3. Yapışma Direnci 50
3.2.4. Serbest Formaldehit Miktarının Tayini 52
3.2.5. Yanma Direnci 53
3.3. İSTATİSTİKSEL ANALİZ YÖNTEMLERİ 55
4. BULGULAR 56
4.1. YOĞUNLUK 56

4.2. KALINLIĞINA ŞİŞME MİKTARI....57
4.3. SU ALMA MİKTARI....71
4.4. EĞİLME DİRENCİ....85
4.5. ELASTİKİYET MODÜLÜ....93
4.6. YAPIŞMA DİRENCİ....101
4.7. SERBEST FORMALDEHİT MİKTARI....109
4.8. YANMA DİRENCİ....111
5. TARTIŞMA VE SONUÇ....113
5.1. YOĞUNLUK....113
5.2. KALINLIĞINA ŞİŞME MİKTARI....113
5.3. SU ALMA MİKTARI....114
5.4. EĞİLME DİRENCİ....115
5.5. ELASTİKİYET MODÜLÜ....115
5.6. YAPIŞMA DİRENCİ....116
5.7. SERBEST FORMALDEHİT MİKTARI....117
5.8. YANMA DİRENCİ....117
5.9. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR....118
KAYNAKLAR....120
ÖZGEÇMİŞ....126

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1: Nano, mikro ve makro boyuttaki cisimler. 3

Şekil 2.2: İlk atomik taramalı tünelleme mikroskobundaki görüntüsü. 4

Şekil 2.3: 19. yüzyıldan günümüze insanlığı derinden etkileyen sanayi devrimleri.....5

Şekil 2.4: 2006-2016 yılları arasında ülkemizde ulusal ve uluslararası yayınlanan makale sayısı. 6

Şekil 2.5: Ahşap kompozit levhaların partikül büyüklüğü, yoğunluk ve proses tipine göre sınıflandırılması. 8

Şekil 2.6: P1 sınıfı yongalevha. 13

Şekil 2.7: P2 sınıfı yongalevha. 13

Şekil 2.8: P7 sınıfı yongalevha. 14

Şekil 2.9: Siyah eko yongalevha. 14

Şekil 2.10: Yongalevha üretimi iş akış şeması. 15

Şekil 2.11: İthal edilen yonga.....16

Şekil 2.12: Kabuk soyma. 16

Şekil 2.13: Hammadde sahası 1. 17

Şekil 2.14: Hammadde sahası 2. 17

Şekil 2.15: Kurutucu. 18

Şekil 2.16: Yüzey ve orta tabaka yongaları. 19

Şekil 2.17: Eleme sistemi. 19

Şekil 2.18: Yonga silosu 1. 20

Şekil 2.19: Yonga silosu 2. 20

Şekil 2.20: Tutkal hazırlama mutfağı. 21

Şekil 2.21: Tutkallama makinesi. 21

Şekil 2.22: Serme istasyonu. 22
Şekil 2.23: Soğuk pres hattı. 23
Şekil 2.24: Sıcak pres hattı. 23
Şekil 2.25: Yıldız soğutucu. 24
Şekil 2.26: Zımparalama. 24
Şekil 2.27: Sevkiyat. 25
Şekil 2.28: Fenol formaldehit tutkalı. 27
Şekil 2.29: Fenol ile formaldehitin alkali ve asidik kondenzasyon reaksiyonu. 27
Şekil 2.30: Üre formaldehit tutkalı 28
Şekil 2.31: Üre ile formaldehitin kondenzasyon reaksiyonu. 28
Şekil 2.32: Melamin üre formaldehit tutkalı. 29
Şekil 2.33: Melamin ile formaldehitin kondenzasyon reaksiyonu. 30
Şekil 2.34: Nanoselüloz. 30
Şekil 2.35: Transmission elektron mikroskobunda a)NFC, b)NCC, c)BCC. 31
Şekil 2.36: Türkiye'deki önemli bor yatakları. 33
Şekil 2.37: Borik asit. 35
Şekil 2.38: Borik Asit'in moleküler yapısı. 36
Şekil 2.39: Boraks. 36
Şekil 2.40: Boraks'ın moleküler yapısı. 36
Şekil 3.1: Tutkalın hazırlanması. 38
Şekil 3.2: Yongaların tutkallanması. 39
Şekil 3.3: Soğuk pres. 39
Şekil 3.4: Sıcak pres. 40
Şekil 3.5: Yanma alma işlemi. 40
Şekil 3.6: Yongalevhaların kesimi. 42
Şekil 3.7: Dijital hassas terazi. 43
Şekil 3.8: Dijital mikrometre. 43

Şekil 3.9: Yongalevhaların kalınlıklarının belirlenmesi. 45

Şekil 3.10: Kalınlık şişme deneyinde kullanılan su banyosu. 46

Şekil 3.11: Yongalevhaların ağırlıkların dijital terzilerde ölçülmesi. 47

Şekil 3.12: Eğilme direnci deneyinin yapılışı. 48

Şekil 3.13: Deney numunelerinin metal bloklara yapıştırılması. 51

Şekil 3.14: Yapışma deneyinin yapılışı. 51

Şekil 3.15: Yanma test cihazının genel görünümü. 53

Şekil 3.16: Deney örneğinin alüminyum folyoya sarılıp test haznesine yerleştirilmesi 54

Şekil 3.17: Yanma test cihazına yerleştirilmiş numune. 54

Şekil 3.18: Yanma direnci deneyinin yapılışı. 55

Şekil 4.1: Yongalevha gruplarının 2 saat sonunda kalınlığına şişme değerlerinin grafiksel gösterimi. 58

Şekil 4.2: Yongalevha gruplarının 24 saat sonunda kalınlığına şişme değerlerinin grafiksel gösterimi. 58

Şekil 4.3: Yongalevha gruplarının 2 saat sonunda su alma miktarı değerlerinin grafiksel gösterimi. 72

Şekil 4.4: Yongalevha gruplarının 24 saat sonunda su alma miktarı değerlerinin grafiksel gösterimi. 72

Şekil 4.5: Yongalevha gruplarının eğilme direnci değerlerinin grafiksel gösterimi. 86

Şekil 4.6: Yongalevha gruplarının elastikiyet modülü değerlerinin grafiksel gösterimi. 94

Şekil 4.7: Yongalevha gruplarının yapışma direnci değerlerinin grafiksel gösterimi. 102

Şekil 4.8: Yongalevha gruplarının serbest formaldehit miktarı değerlerinin grafiksel gösterimi. 110

Şekil 4.9: Yongalevha gruplarının yanma direnci değerlerinin grafiksel gösterimi. 112

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1: Ahşap kompozit levha fabrikaları ve kapasite verileri…. 9

Tablo 2.2: Yongalevha kalite sınıfları. 12

Tablo 2.3: Nanoselüloz türleri. 32

Tablo 2.4: Nanoselüloz kullanıldığı sektörler. 32

Tablo 2.5: Ticari öneme sahip bor mineralleri ve bileşikleri. 35

Tablo 3.1: Deneysel tasarım tablosu. 41

Tablo 4.1: Yongalevha gruplarının yoğunluk değerleri. 56

Tablo 4.2: Yongalevha gruplarının kalınlığına şişme değerleri. 57

Tablo 4.3: Yongalevhaların 2 saat sonunda kalınlığına şişme miktarlarına ait tanımlayıcı istatistik değerler. 59

Tablo 4.4: Yongalevhaların 2 saat sonunda kalınlığına şişme değerlerine ait iki yönlü varyans analizi. 61

Tablo 4.5: Yongalevhaların 2 saat sonunda kalınlığına şişme değerlerine ait tukey, duncan ve scheffe testlerinin sonuçları. 62

Tablo 4.6: Yongalevhaların 24 saat sonunda kalınlığına şişme miktarlarına ait tanımlayıcı istatistik değerler. 65

Tablo 4.7: Yongalevhaların 24 saat sonunda kalınlığına şişme değerlerine ait iki yönlü varyans analizi. 67

Tablo 4.8: Yongalevhaların 24 saat sonunda kalınlığına şişme değerlerine ait tukey, duncan ve scheffe testlerinin sonuçları. 68

Tablo 4.9: Yongalevhaların su alma değerleri. 71

Tablo 4.10: Yongalevhaların 2 saat sonunda su alma miktarına ait tanımlayıcı istatistik değerler. 73

Tablo 4.11: Yongalevhaların 2 saat sonunda su alma miktarına ait iki yönlü varyans analizi. 75

Tablo 4.12: Yongalevhaların 2 saat sonunda su alma miktarına ait tukey, duncan ve scheffe testlerinin sonuçları. 76

Tablo 4.13: Yongalevhaların 24 saat sonunda su alma miktarına ait tanımlayıcı istatistik değerler. 79

Tablo 4.14: Yongalevhaların 24 saat sonunda su alma miktarına ait iki yönlü varyans analizi. 81

Tablo 4.15: Yongalevhaların 24 saat sonunda su alma miktarına ait tukey, duncan ve scheffe testlerinin sonuçları. 82

Tablo 4.16: Yongalevha gruplarının eğilme direnci değerleri. 85

Tablo 4.17: Yongalevhaların eğilme direncine ait tanımlayıcı istatistik değerler. 87

Tablo 4.18: Yongalevhaların eğilme direncine ait iki yönlü varyans analizi. 89

Tablo 4.19: Yongalevhaların eğilme direncine ait tukey, duncan ve scheffe testlerinin sonuçları. 90

Tablo 4.20: Yongalevha gruplarının elastikiyet modülü değerleri. 93

Tablo 4.21: Yongalevhaların elastikiyet modülüne ait tanımlayıcı istatistik değerler. 95

Tablo 4.22: Yongalevhaların elastikiyet modülüne ait iki yönlü varyans analizi. 97

Tablo 4.23: Yongalevhaların elastikiyet modülüne ait tukey, duncan ve scheffe testlerinin sonuçları. 98

Tablo 4.24: Yongalevha gruplarının yapışma direnci değerleri. 101

Tablo 4.25: Yongalevhaların yapışma direncine ait tanımlayıcı istatistik değerler. 103

Tablo 4.26: Yongalevhaların yapışma direncine ait iki yönlü varyans analizi. 105

Tablo 4.27: Yongalevhaların yapışma direncine ait tukey, duncan ve scheffe testlerinin sonuçları. 106

Tablo 4.28: Yongalevha gruplarının serbest formaldehit miktarı değerleri. 109

Tablo 4.29: Yongalevha gruplarının yanma direnci değerleri. 111

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Kısaltmalar	Açıklama
NS	: Nanoselüloz
BA	: Borik Asit
BX	: Boraks
AS	: Amonyum Sülfat
DOE	: Deney Tasarımı
NCC	: Nanokristalin Selüloz
NFC	: Nano Fibrillenmiş Selüloz
BCC	: Bakteriyel Nanoselüloz
ORT	: Ortalama

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NANOSELÜLOZ VE BOR BİLEŞİKLERİNİN AHŞAP KOMPOZİT LEVHALARIN PERFORMANS ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Mert YILDIRIM

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. Zeki CANDAN

Bu tez çalışmasının amacı, yenilenebilir ve doğal bir biyomalzeme olan nanoselüloz ile ülkemizde bol miktarda bulunan bor bileşiklerinin uygun kombinasyonlarda kullanılması ile ahşap kompozit levhaların güçlendirilmesi; elde edilen malzemenin fiziksel, mekanik, serbest formaldehit miktarı ve yanma özelliklerinin tespit edilmesidir.

Ahşap kompozit levhaların bünyesine su alarak şekil değişikliğine uğraması, yanmaya karşı az direnç göstermeleri ve dünyada birçok sağlık örgütü tarafından kanserojen etkisi bilinen formaldehit adlı zehirli gazı yaymaları önemli bir dezavantaj olarak görülmektedir. Sonuçta, levhanın fizyolojik ve teknolojik özelliklerinde önemli kayıplar olabildiği için son kullanım yerindeki performansında azalma söz konusu olmaktadır. Bu olumsuz özellikleri iyileştirmek ve mukavemet değerlerini yükseltmek için ahşap kompozit levhaların üretiminde nanoteknolojinin kullanımı oldukça önemlidir.

Bu çalışmada, üre formaldehit tutkalı nanoselüloz, borik asit ve boraks ile güçlendirilmiştir. Bu tutkalın kullanılmasıyla da yongalevhalar üretilmiştir.

Yongalevhaların yoğunluk, suda bekletme sonucu kalınlığına şişme miktarı, su alma miktarı, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, yapışma direnci, serbest formaldehit miktarı ve yanma direnci özellikleri ilgili ulusal ve uluslararası standartlara göre tespit edilmiştir.

Elde edilen veriler istatistik analizler ile değerlendirilmiştir. Bu sebeple iki yönlü ANOVA analizi yapılmıştır. Farklılık gösteren grup veya grupları belirlemek için Tukey Testi, Duncan Testi ve Scheffe Testi ile karşılaştırılmıştır.

Yapılan test ve analizler sonucunda edilen veriler göz önüne alındığında nanoteknolojinin kullanımıyla, son kullanım yerinde istenilen özellikleri çok uzun süre sağlayabilme kapasitesi bulunacak yongalevhalar üretilmiştir.

Nanoselüloz, borik asit ve boraks oranına bağlı kalmaksızın kalınlığına şişme miktarında maksimum azalma sağlanmıştır. En yüksek mekanik özellikler, boraks oranına bağlı kalmaksızın, nanoselüloz miktarı %1 kullanıldığında elde edilmiştir. Nanoselüloz oranının artmasıyla serbest formaldehit değerlerinde küçük düşüşler olduğu, borik asit ve boraks bulunmasının serbest formaldehit değerleri üzerinde önemli bir etkisi olmadığı tespit edilmiştir. Yongalevhaların yanma direncindeki maksimum iyileşme nanoselüloz oranına bağlı kalmaksızın borik asit miktarı %5 kullanıldığında sağlanmıştır.

Yapılan test ve analizler sonucunda elde edilen verilere göre performansı iyileştirilmiş yongalevhalar üretilmiş olup, kullanım yerlerindeki performansları artacaktır.

Mayıs 2019, 143 sayfa.

Anahtar kelimeler: Yongalevha, Nanoselüloz, Borik Asit, Boraks, Üre Formaldehit Tutkalı

SUMMARY

M.Sc. THESIS

THE EFFECT OF NANOCELLULOSE AND BORON COMPOUNDS ON THE PERFORMANCE PROPERTIES OF WOOD COMPOSITE PANELS

Mert YILDIRIM

Istanbul University-Cerrahpasa

Institute of Graduate Studies

Department of Forest Industry Engineering

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Zeki CANDAN

The aim of this study is to reinforce wood composites with use of nanocellulose, a natural and renewable biomaterial, and boron compounds in feasible combinations and to determine physical, mechanical, formaldehyde emission and combustion properties of the obtained material.

Wood composites have significant disadvantages such as dimensional deformation caused by swelling, lack of resistance to combustion to emission of formaldehyde which is a toxic gas known to be carcinogenic by many healty organizations in the world. As a result of these disadvantages, there is a decrease in the end-use performance as there are important depreviation in the physiological and technological properties of the material. The use of nanotechnology in the production of wood composites is very important in order to enhance their negative features and to increase strength properties.

In this study, urea formaldehyde resin in reinforced with nanocellulose, boric asid and borakx. Particleboards are produced by using this resin.

The density, the amount of swelling and water intake, the modulus of elasticity in bending, the adhesion performance, the determination free formaldehyde and combustion resistance properties of particle boards are determined according to the relevant national and international standards.

The data obtained are evaluated Two-Way ANOVA. The Tukey test is compared to Duncan and Scheffe tests to determine the group or groups showing difference.

The data show that particleboards which have the capacity to provide the desired properties end-use site for a very long time are produced.

The maximum reduction in swelling is achieved regardless the ratio of nanocellulose, boric asid and borakx. The highest mechanical properties obtained when regardless of borakx ratio 1% of nanocellulose is used. It is determined that boric asid and borakx has no significant effect on free formaldehyde while increasing the amount of nanocellulose slightly decreases it. The maximum improvement combustion resistance of the particleboards is achieved when the amount of boric asid is 5% regardless of nanocellulose ratio.

As a result of the tests and analyses performed, performance-improved particleboards are produced and their performance will increase.

May 2019, 143. pages.

Keywords: Particleboard, Nanocellulose, Boric Asid, Borakx, Urea Formaldehyde Resin

1. GİRİŞ

Nanobilim ve nanoteknoloji alanı hızla genişlemektedir. Nanoteknoloji için, devrim niteliğinde bir potansiyele sahip olan ve heyecan verici bir teknoloji olduğu söylenebilir (Jones et al. 2005; Çıracı, 2005). Uluslararası rekabetin artması sonucu yüksek katma değerli ürünlerin üretilmesi açısında nanoteknoloji çok büyük önem arz etmektedir. Nanoteknoloji günümüzde otomotiv, uzay-uçak, tıp-medikal, elektronik ve inşaat alanın yanında malzeme bilimi alanında da oldukça çarpıcı gelişmelere imkân sağlamaya başlamıştır (Mnyusiwalla ve diğ., 2003). Ahşap kompozit levha ve mobilya endüstrisinde yaygın kullanılan tutkallar üzerinde nanoteknoloji uygulamaları ile yeni nesil ürünler geliştirilmektedir. Böylece ahşap kompozit malzemelerin istenmeyen özellikleri giderilmekte, mevcut özelliklerinde önemli iyileştirmeler sağlanabilmektedir.

Ahşap, insanoğlunun ilk çağlardan itibaren yoğun olarak kullandığı, insan yaşantısının önemli bir kısmını oluşturan yenilenebilir bir malzemedir (Arslan ve ark., 2007). Zamanla nüfusun artması, orman varlığının azalması ve buna bağlı olarak hammadde fiyatlarının yükselmesi, ahşap malzemeye olan talebin artmasına neden olmuştur (Ulay ve Güler, 2010). Bunların sonucunda masif malzemeye alternatif olan ahşap esaslı kompozit levhalar (Yongalevha, Liflevha, Kontrplak, OSB, LVL vb.) geliştirilmiştir. Ahşap esaslı kompozit malzemeler günümüzde başta mobilya, inşaat, otomotiv gibi önemli sektörlerde kullanılmaktadır.

Nanoselüloz, lignoselülozik esaslı bütün hammaddelerden elde edilebilmekte olup doğada en çok bulunan organik polimerdir. Yenilenebilir bir nanobiyomalzeme olan nanoselüloz üstün özellikleri nedeniyle ahşap sektöründe de önemli bir hammadde kaynağıdır (Tozluoğlu vd, 2015).

Bor, ülkemiz açısından büyük stratejik öneme sahip bir doğal kaynaktır. Dünya rezervinin %73'üne sahip olan Türkiye'de üretilen bor ürünleri sahip olduğu özellikler nedeniyle orman ürünleri sektöründe sıklıkla tercih edilmektedir (Anonim, 2019a). Bor, ahşap malzemede mantar, böcek ve diğer mikroorganizmaların gelişimini önlemek, alev geciktirici olmak gibi eşsiz özelliklere sahiptir.

Bu tez kapsamında genel olarak nanoteknolojinin kullanımı ile ahşap sektöründeki mevcut ürünlerin özelliklerinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Bunun için yongalevhanın, nanoselüloz ve bor bileşikleri ile güçlendirilmesi, bunların da yongalevha üretiminde değerlendirme imkânları araştırılmıştır.

Bu sayede, yüksek performanslı, formaldehit emisyonu düşük ve yanmaya karşı dirençli ürünlerin elde edilmesi yönünde laboratuvar çalışmaları yapılmıştır. Bu ürünler mobilya endüstrisinde, mimari uygulamalarda ve dekorasyonda kullanılma potansiyeline sahiptir.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. NANOBİLİM VE NANOTEKNOLOJİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER

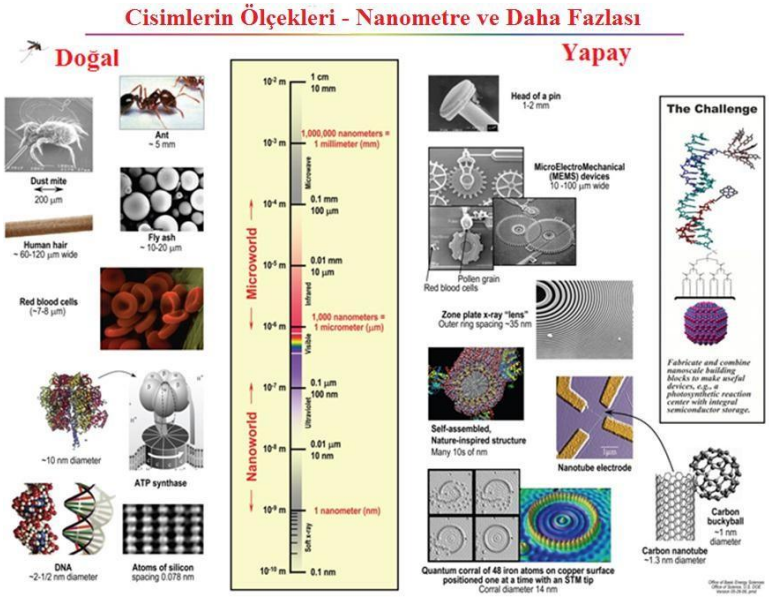
2.1.1. Nanoteknolojinin Tanımı

Nano kelimesi Yunanca nannos kelimesinden gelir ve "cüce" demektir. Günümüzde nano kelimesi teknik bir ölçü birimi olarak kullanılır ve herhangi bir birimin milyarda biri anlamını taşır. Genellikle metre ile birlikte kullanılır. Nanometre, 1 metrenin milyarda biri ölçüsünde bir uzunluğu temsil eder (yaklaşık olarak art arda dizilmiş 5 ila 10 atom) (Poole ve Owens, 2003).

Nanoteknoloji, 1 ile 100 nanometre boyutlarındaki fiziksel, kimyasal ve biyolojik maddelerin anlaşılması, kontrol edilmesi, üretimi ve atomsal seviyede değiştirilip işlevsel hale getirilmesi amacıyla, fonksiyonel materyallerin, cihazların ve sistemlerin geliştirilmesidir. (Poole ve Owens, 2003).

$1m = 10^3$ mm = 10^6 µm = 10^9 nm (El-Samny, M.F. 2008).

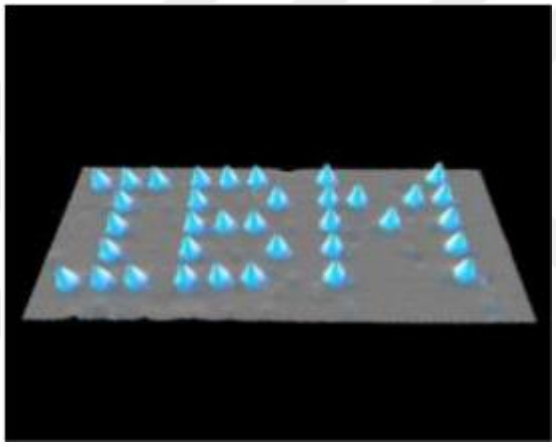
Aşağıdaki şekilde, nano, mikro ve makro boyuttaki cisimler gösterilmiştir.



Şekil 2.1: Nano, mikro ve makro boyuttaki cisimler (USA DOE, 2006).

2.1.2. Nanoteknolojinin Tarihsel Gelişimi

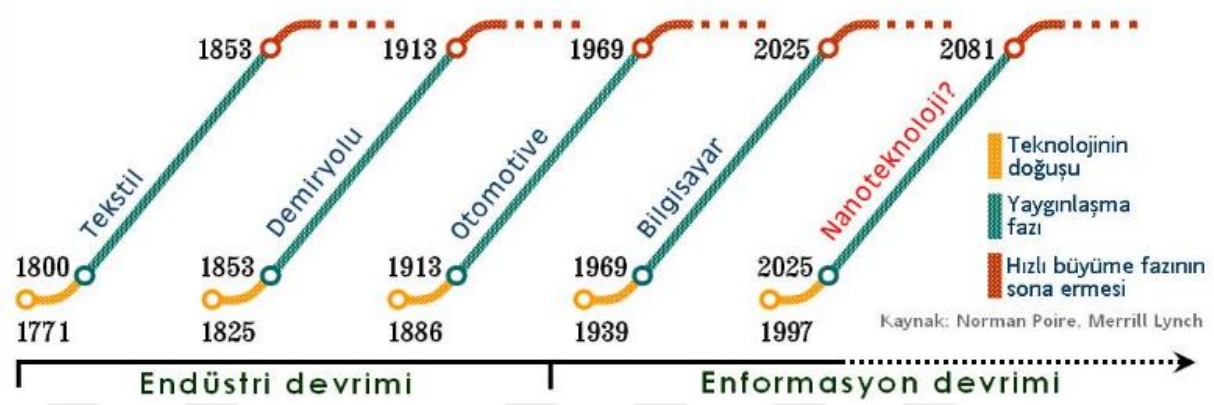
Nanoteknoloji kavramı ilk kez Nobel ödüllü ünlü fizikçi Richard Feynman'ın 1959 yılında Caltech'te Amerikan Fizik Derneğinin (APS) yıllık toplantısında yaptığı "Aşağıda daha çok yer var (There is Plenty of Room at the Bottom)'' adlı konuşmasıyla ortaya çıkmıştır. Feynman, minyatürize edilmiş enstrümanlar ile nano yapıların ölçülebileceği ve yeni amaçlar doğrultusunda kullanılabileceklerini ifade etmiştir. Nanoteknolojide dönüm noktaları; 1981 yılında IBM tarafından yeni bir mikroskop türünün "Taramalı Tünelleme Mikroskobu'' (Scanning Tunneling Microspcope) geliştirilmesidir. İlk atomik taramalı tünelleme mikroskobundaki görüntüsü Şekil 2.2'de gösterilmiştir.



Şekil 2.2: İlk atomik taramalı tünelleme mikroskobundaki görüntüsü (Üner, 2017).

1986'da Taramalı Tünelleme Mikroskobunun bir türevi olan "Atomik Kuvvet Mikroskobu'' (Atomic Force Microscope) geliştirilmesi, 1991 yılında Japon NEC firması araştırmacılarından birinin, Sumio Iijima'nın, karbon nano tüpleri bulması nano boyutta malzemelerin AR-GE açısından oldukça önemli bir yere sahiptir (Taniguchi, 1974; Edwards, 2006).

Şekil 2.3'de, her asırda iki kez insanoğlunun refahını artıran bilim ve teknolojideki temel gelişmeler gösterilmiştir.



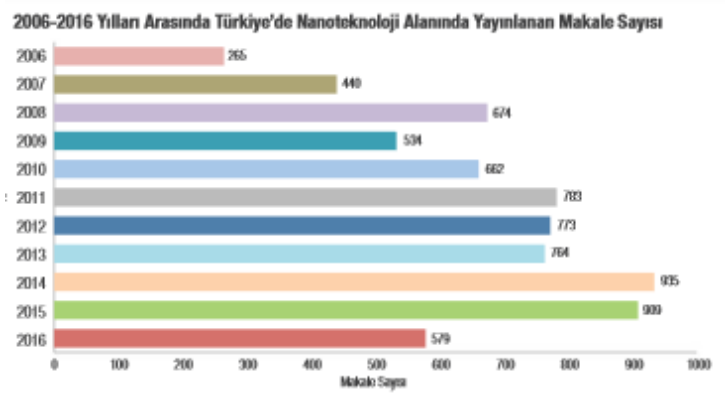
Şekil 2.3: 19. yüzyıldan günümüze insanlığı derinden etkileyen sanayi devrimleri (Çıracı, 2006).

2.1.3. Türkiye'de Nanoteknolojinin Gelişimi

Dünyada hız kesmeden gelişme gösteren nanoteknoloji Türkiye gibi gelişmeye devam eden ülkelerde de ilgi görmektedir. Nanoteknolojinin ülkemizde yaklaşık 10 yıl içerisinde hayatımızı değiştirmesinden bahsedilmektedir. Ülkemizin gelecek hedefleri arasında yer alan nanoteknolojik gelişmeler ile ilgili TÜBİTAK'ın 2023 programında da bir yol haritası belirlenmiştir. Bu alanda yapılan en önemli gelişme ise UNAM'ın (Ulusal Nanoteknoloji Araştırma Merkezi) kurulmasıdır (Çıracı, 2006).

Nanoteknoloji alanında yapılan bilimsel çalışmalar ülkemizde 2000 yılından itibaren başlamıştır. Nanoteknoloji alanında yapılan çalışmalar ülkemizde ki eski teknolojilere de yeni bakış açısı getirmiştir. Nanoteknoloji konusunda araştırma yapan ya da yapma hedefinde olan herkes bu kuruluştan yararlanabilmektedir. Ülkemizde faaliyet gösteren nanoteknoloji şirketi sayısı da 13'e yükselmiştir. Üniversitelerimizde yeterli sayıda nanoteknoloji ile ilgili bölümler bulunmamakta ancak sayılarının günden güne artmasına ve gençlerin ilgisinin bu yöne çekilmesine çalışılmaktadır (T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2017).

Nanoteknoloji ile farklı alanlar arasındaki sınırın esnek olması, pek çok bilim insanını bir araya getirmektedir. Şekil 2.4'de nanoteknoloji alanında ülkemizde ulusal ve uluslararası yayınlanan makale sayısı gösterilmektedir (T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2017).



Şekil 2.4: 2006-2016 yılları arasında ülkemizde ulusal ve uluslararası yayınlanan makale sayısı (T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2017).

Nanoteknoloji alanında üretilen bilimsel yayın durumuna bakıldığında 2016 yılı itibarıyla toplam 2.366 yayın yapıldığı görülmektedir (T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2017).

2.1.4. Nanoteknolojinin Ahşap Endüstrisindeki Uygulamaları

Yeni nesil, çevre dostu, inovatif malzemelerin geliştirilmesi ve mevcut malzemelerin performans özelliklerinin yükseltilmesi için çeşitli nanoteknoloji uygulamaları gerçekleştirilmektedir. Ahşap panel ve mobilya endüstrisinde yaygın olarak kullanılan termoset ve termoplastik tutkallar, boya, vernik vb. malzemeler üzerinde nanoteknoloji uygulamaları yapılarak yeni nesil ürünler geliştirilmektedir. Böylece malzeme iyileştirme ve geliştirme gibi alanlarda önemli fırsatlar sağlanabilmektedir (Candan, 2012).

Nanobilim ve nanoteknoloji uygulamaları ile ahşap kompozit malzemelerin tıp, medikal, otomotiv, uzay, uçak, enerji, inşaat ve elektronik endüstrilerinde kullanılabilecek yüksek katma değere sahip yeni nesil ürünlere dönüştürülmesine yönelik AR-GE çalışmaları sürdürülmektedir.

Nanopartikül takviyesi ile geliştirilen tutkallar günümüzde malzeme biliminde en kritik konular arasında yer almaktadır (May vd., 2010).

Yapılan çalışmalarda polimer malzemelerin nanopartiküller ile takviye edildiğinde yüksek mekanik mukavemet sağlandığı tespit edilmiştir (Licari ve Swanson, 2016).

Ahşap malzemelerde oluşan çizilmeleri önlemek amacıyla nanokaplamaların, ultraviyole ışınları geçirmeme, kolay silinme, kir tutmama gibi her geçen gün geliştirilen özelliklere sahip olması kullanımlarının artmasını sağlamamıştır. Nanokaplamalar yüzeylerin kolay temizlenmesini ve yüzeylerin temiz görünmesini sağlamaktadır (Gür, 2010).

Nanoteknoloji ile yüksek performanslı, suya almaya karşı dayanımı yüksek ve yanmaya karşı dayanıklı malzemeler üretilebilir (Jones et al. 2005). Wegner ve diğ. (2005) tarafından yapılan çalışmada, nanoteknolojinin ahşap endüstrisinde kullanımı ile önemli gelişmelere imkan sağlayacağı belirtilmiştir. Nanoölçekte malzemelerin daha hafif ve daha mukavemetli olması nedeniyle üretimde bu malzemelerin kullanılması maliyetlerin düşmesini sağlamaktadır.

Nanoteknoloji ile kendi kendini temizleyebilen malzemeler üretilebilir. Bu malzemelerin yüzeyleri, suyun damlalar oluşturarak yüzeyden uzaklaştırmasını sağlar (El-Samny, 2008). Bu tür yüzeyler hem hidrofobik (su itici), hem de oleofobik (yağ itici) özelliktedir (Gür, 2010).

2.2. AHŞAP ESASLI KOMPOZİT LEVHALAR HAKKINDA GENEL BİLGİLER

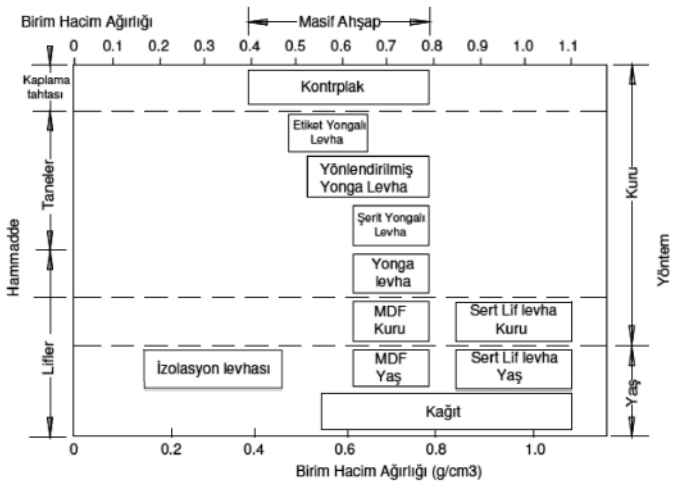
Ahşap esaslı levhalar; ahşap parçacıkların (lif, yonga veya parçacık) yapıştırıcı ilave edilerek belli sıcaklık ve basınç altında ve preslenmesiyle elde edilen malzemelerdir. Kompozit ise faklı iki ya da daha fazla malzemenin istenilen özellikleri sağlayacak şekilde, istenilen oranlarda ve belirli şartlar altında makro düzeyde bir araya getirilmesiyle oluşan malzemeye denir (Mallick, 1997).

Günümüzde faklı özelliklerde çok sayıda ahşap esaslı kompozit levha çeşidi endüstriyel olarak üretilmektedir. Ülkemizde ahşap esaslı levhalar; yongalevha (sunta), MDF (liflevha), ahşap panel vb. isimlerle bilinmektedir.

Yongalevha, ahşap parçalarından (ahşap parçaları, yonga vb.) ve/veya lignoselülozik malzemelerden elde edilen yongaların tutkallandıktan sonra, sıcak preslenmesiyle elde edilen levhalardır (Bozkurt ve Göker, 1986; Göker, 2000).

Liflevha (MDF); termomekanik olarak ahşap veya diğer lignoselüozik hammaddelerden elde edilen liflerin, sentetik yapıştırıcı ilavesiyle belirli bir rutubet derecesine kadar kurutulduktan sonra oluşturulan levha taslağının sıcaklık ve basınç altında preslenmesiyle elde edilen ahşap esaslı levha olarak tanımlanmaktadır (Akbulut, 2001).

Şekil 2.5'de ahşap kompozit malzeme sınıfları verilmiştir.



Şekil 2.5: Ahşap kompozit levhaların partikül büyüklüğü, yoğunluk ve proses tipine göre sınıflandırılması (Suchsland ve Woodson, 1986).

2.2.1. Türkiye'de Ahşap Kompozit Levha Üretiminin Genel Durumu

Türkiye'de ilk yongalevha tesisi 1954 yılına İstanbul Kartal'da SUNTA adı ile kurulmuş ve Tahta Sanayi T.A.Ş.'nin fabrikasında başlamıştır (Şahin, 1997). Liflevha (MDF) tesisi ise Türkiye'de ilk defa 1984 yılında Ordu'da Çamsan A.Ş. tarafından kurulmuştur (Akgül, 2013).

Takribi 400 bin kişiye doğrudan olmak üzere toplam 1 milyon kişiye istihdam sağlayan ahşap levha sektör büyüklüğü 14 milyar dolar civarında olup 2023 yılı hedefi ise 25 milyar dolardır. Sektörün 2023 yılı ihracat hedefi ise 8 milyar dolardır. Ülkemizde yongalevha ve MDF sektörü, Avrupa ve diğer ülkeler ile kıyaslandığında iyi durumdadır. Artan yatırımlarla tesislerin önemli bir kısmı son teknolojik altyapıya ve üretim teknolojisine sahiptir (Anonim, 2019b).

2019 verilerine göre ülkemizde 10 yongalevha fabrikası, 13 MDF fabrikası, 3 OSB fabrikası ve 9 Yonga ve Liflevha fabrikası yer almaktadır (Yonga Levha Sanayicileri Derneği, 2019).

Ülkemizde yer alan yongalevha, liflevha ve OSB fabrikaları ile birlikte kapasite bilgileri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 2.1: Ahşap kompozit levha fabrikaları ve kapasite verileri (Yonga Levha Sanayicileri Derneği, 2019).

YONGA LEVHA -LİF LEVHA-OSB FABRİKALARI MART/ 2019 KURULU KAPASİTE BİLGİSİ				
FİRMA ADI	**FABRİKA YERİ**	**YONGA LEVHA- OSB**	**LİF LEVHA (MDF)**	
1-GENTAŞ A.Ş.	BOLU	96	*	YONGA LEVHA
2-KAST.ENTG.(Balıkesir)	BALIKESİR	1700	*	
3-KAST.ENTG.(Terme-Samsun)	SAMSUN	550	*	
4-KAST.ENTG A.Ş.(Tarsus-MERSİN)	MERSİN	500	*	
5-YIL.ENTG.MUDURNU ŞUBESİ	BOLU	1150	*	
6-YILDIZ ENTEGRE A.Ş.(Akhisar-MANİSA)	MANİSA	1700	*	
7-ORMA A.Ş.	ISPARTA	2100	*	
8-KÜPELİLER A.Ş.	ESKİŞEHİR	300	*	
9-DASAŞ A.Ş.(Devrek-ZONGULDAK) (Faal Değil)	ZONGULDAK	340	*	
10-SERDAR AĞAÇ A.Ş. (Kısmen Faal Değil)	İnegöl-BURSA	300		
11-S.F.C. A.Ş. (OSB -KASTAMONU)	KAST.(OSB TESİSİ)	300	*	OSB
12-SUMAŞ A.Ş. (OSB-Edremit-BALIKESİR)	BALIKESİR	150	*	
13-KÜPELİLER SİMAV (KOYUNCUOĞLU) - (OSB)	KÜTAHYA	300	*	
14-KAST.ENTEGRE A.Ş.(ADANA)	ADANA	*	1.325	LİF LEVHA
15-TEVERPAN MDF A.Ş.	VELİK.TEKİRDAĞ	*	600	
16-TEVERPAN MDF A.Ş.KAPI TESİSİ	VELİK.TEKİRDAĞ	*	175	
17-YILDIZ ENTEGRE A.Ş.(Kartepe-İZMİT)	İZMİT	*	3.600	
18-YILDIZ ENTEGRE A.Ş.(Kapı Tesisi)	İZMİT	*	175	
19-YILDIZ ENTEGRE A.Ş.(Akdeniz Tesisi-MERSİN)	MERSİN/Tarsus	*	1.325	
20-ÇAMSAN POYRAZ A.Ş.(Ordu)	ORDU	*	820	
21-ÇAMSAN ENTEGRE A.Ş.(Hendek-ADAPAZARI)	ADAPAZARI	*	700	
22-ÇAMSAN ENTEGRE A.Ş.(Hendek-ADAPAZARI)	ADAPAZARI Yeni Tesis		1300	
23-DİVAPAN A.Ş.	DÜZCE	*	320	
24-DİVAPAN A.Ş. (YENİ TESİS)	DÜZCE		750	
25-SELOLİT A.Ş.	MANİSA	*	60	
26-SBS A.Ş.	BURSA / M.Kemalpaşa	*	300	
27-AGT A.Ş.	ANTALYA	*	1325	
28-BALKANLAR MDF A.Ş.	KIRKLARELİ	*	200	
29-BEYPAN (MEHTAP) KAYSERİ (Faal Değil)	KAYSERİ	*	300	
30-KAST.ENTG.(Kastamonu)	KASTAMONU	670	1.200	YONGA ve LİF LEVHA
31-KAST.ENTG.(Gebze)	GEBZE	1500	1.350	
32-S.F.C. A.Ş.	KASTAMONU	200	475	
33-S.F.C. A.Ş. (Yeni Tesis)	KASTAMONU		1200	
34-STARWOOD A.Ş.	BURSA	2850	600	
35-STARWOOD A.Ş.	BURSA Yeni Tesis	*	1325	
36-TEVERPAN MDF A.Ş.	ÇERK.TEKİRDAĞ	450	560	
37-VEZİR AĞAÇ A.Ş.(TURANLAR GRUP)	SAMSUN	175	600	
38-YILDIZ SUNTA MDF A.Ş.	İZMİT	1700	1.800	
(m3/gün) TOPLAM		17.031 (m3/gün)	22.385 (m3/gün)	
(m3/yıl) TOPLAM	(320 İŞ GÜNÜ)	5.449.920 (m3/yıl)	7.163.200 (m3/yıl)	

2019 yılı sektörün kurulu kapasitesi yongalevha ve OSB'de 5 milyon 449 bin 920 m^3/yıl, lif levhada (MDF) 7 milyon 163 bin 200 m^3/yıl durumundadır.

2.3. YONGALEVHALARIN TANIMI VE SINIFLANDIRILMASI

Yongalevhalar; TS EN 309 (1999) standardına göre "ahşap parçalarından (ahşap parçaları, yonga vb.) ve/veya lignoselülozik malzemelerden elde edilen yongaların tutkallandıktan sonra, sıcak preslenmesiyle elde edilen levhalardır" şeklinde tanımlanmaktadır. Ayrıca yongalevha genellikle ahşap hammaddesi ve benzerinden elde edilen yonga veya küçük parçacıkların sentetik bir reçine ya da uygun bir yapıştırıcı yardımı ile belli sıcaklık ve basınç altında (izotermik ve izostatik) geniş ve büyük yüzeyli levhalar haline getirilmesi ile oluşan ahşap esaslı levhalar (panel) dir (Bozkurt ve Göker, 1985; Akbulut, 2014). Söz konusu levhalar mobilya, inşaat vb. gibi uygulamalarda kullanılmaktadır.

Yongalevhalar değişik kriterlere göre sınıflandırılmaktadır.

Yongalevhalar yoğunlukları göre üç gruba ayrılırlar (Akbulut, 2014).

a) Düşük yoğunluktaki yongalevhalar: Özgül ağırlığı 0,59 g/cm^3 den daha küçük,

b) Ortada derecede yoğunluktaki yongalevhalar: Özgül ağırlığı 0,59-0,80 g/cm^3 arasında olanlar,

c) Yüksek yoğunluktaki yongalevhalar: Özgül ağırlığı 0,80 g/cm^3'den büyük olan yongalevhalar.

2.3.1. Yongalevhaların TS EN 309'a Göre Sınıflandırılması

2.3.1.1. Üretim İşlemlerine Göre

- Yatık preslenmiş,

- Dik preslenmiş,

- Kalıplanmış.

a) Deliksiz,

b) Delikli.

2.3.1.2. Yüzey Durumlarına Göre

- Preslenmiş (zımparalanmamış),

- Zımparalanmış veya planyalanmış,

- Kaplanmış,

- Basınç altında, katı bir malzeme ile yüzeylendirilmiş.

2.3.1.3. Şekil ve Formlarına Göre

- Düz,

- Yüzeyi profilli,

- Kenarı profilli.

2.3.1.4. Parçaların Şekil ve Yapılarına Göre

- Talaş levha,

- Yaprak levha,

- Şekillendirilmiş levha,

- Odunlaşmış diğer bitkilerden üretilen panolar.

2.3.1.5. Yapılarına Göre

- Tek tabakalı,

- Çok tabakalı,

- Sınıflandırılmış,

- Kalıplanmış (şekillendirilmiş) delikli levhalar.

2.3.1.6. Kullanımlarına Göre

- Genel amaçlı levhalar,

- Kuru şartlarda, kapalı ortamlarda kullanılan (mobilya dahil) levhalar,

- Konstrüksiyonlarda taşıma amaçlı kullanılan levhalar.

a) Aşırı yüklenebilen levhalar,

b) Biyolojik tehlikelere karşı dayanıklılığı geliştirilmiş levhalar,

c) Ateşe dayanıklı levhalar,

d) Ses adsorbe eden levhalar,

e) Diğerleri (Dayanıklıoğlu, 2004).

2.4. YONGALEVHALARIN KALİTE SINIFLARI

Yongalevha sınıfları "P" harfi ve bir rakam kullanılarak ifade edilir. TS EN 312 standardına göre yongalevhalar kullanım şartlarına uygun olacak şekilde P1, P2, P3, P4, P5, P6 ve P7 olarak 7 sınıfa ayrılmıştır (Akbulut, 2014).

Aşağıdaki tabloda yongalevhaların kalite sınıfları gösterilmiştir.

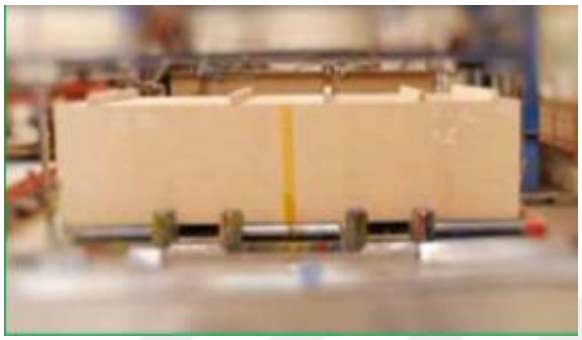
Tablo 2.2: Yongalevha kalite sınıfları (Akbulut, 2014).

Sınıf	Uygulama	Kullanıcı sınıfı
P1	İç mekan için inşaat levhaları	1
P2	İç mekan için mobilya levhaları	1
P3	Yüke dayanımlı olmayan kullanım, standart levhaya göre neme karşı daha dayanıklı olan levha	2
P4	Gerilime karşı dayanabilen levhalar, iç mekan için	1
P5	Gerilime karşı dayanıklı olması gereken uygulamalar için, standart levhaya göre neme daha dayanıklı olan levha	2
P6	Ciddi gerilime karşı dayanabilen zemin levhaları, iç mekan için	1
P7	Ciddi gerilime karşı dayanıklı olması gereken uygulamalar için, standart levhaya göre neme daha dayanıklı olan levha	2

Aşağıdaki şekillerde yongalevhaların bazı kalite sınıfları gösterilmiştir.

P1: Kuru şartlarda kullanılan genel amaçlı levhalardır (Anonim, 2019c).

Aşağıdaki şekilde P1 sınıfı yongalevha gösterilmiştir.



Şekil 2.6: P1 sınıfı yongalevha (Anonim, 2019c).

P2: Kuru şartlarda iç uygulamalarda (mobilya dahil) kullanılan levhalardır (Anonim, 2019c).

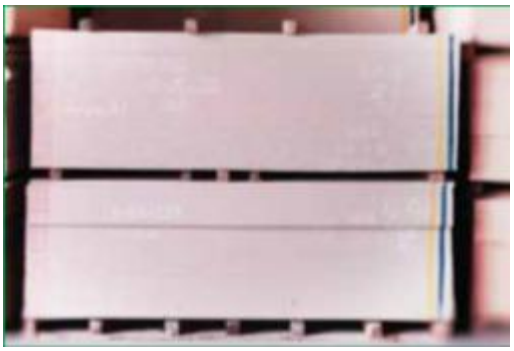
Aşağıdaki şekilde P2 sınıfı yongalevha gösterilmiştir.



Şekil 2.7: P2 sınıfı yongalevha (Anonim, 2019c).

P7: Nemli şartlarda kullanılan ağır yük taşıyıcı, levhalardır (Anonim, 2019c).

Aşağıdaki şekilde P7 sınıfı yongalevha gösterilmiştir.



Şekil 2.8: P7 sınıfı yongalevha (Anonim, 2019c).

Siyah Eko: Genellikle yük taşıyıcı özelliği olmayan mobilya kısımlarında kullanılan levhalardır (Anonim, 2019c).

Aşağıdaki şekilde Siyah Eko yongalevha gösterilmiştir.

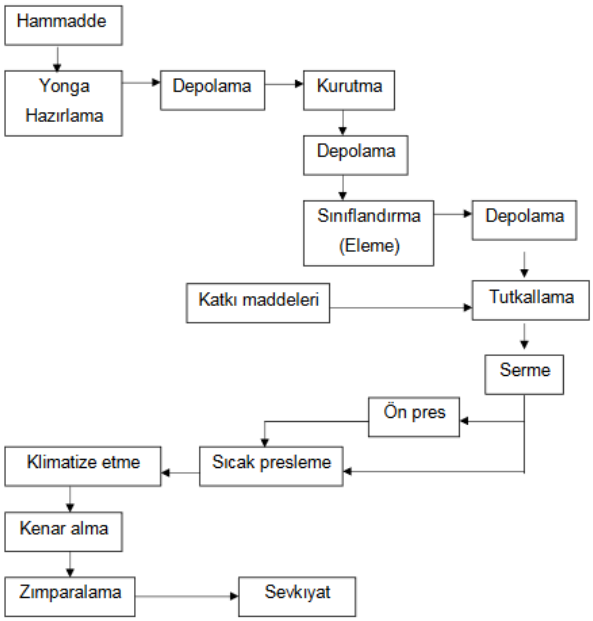


Şekil 2.9: Siyah eko yongalevha (Anonim, 2019c).

2.5. YONGALEVHALARIN ÜRETİM TEKNOLOJİSİ

Yongalevha üretiminde genel olarak üç üretim teknolojisi vardır. Bunlar yatık yongalı levha üretimi, dik yongalı levha üretimi ve kalıplanmış yongalevha üretimidir. Yongalevhalar, presleme öncesi genellikle üç tabakalı üretilirler. Levha üst yüzeyleri ince yongalardan, orta tabaka ise kaba yongalardan oluşmaktadır. Sıcak presten sonra levhaların soğutulması için yıldız soğutucular kullanılmaktadır (Akbulut, 2014).

Şekil 2.10'da, tipik bir yongalevha üretim iş akış şeması özet olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.10: Yongalevha üretimi iş akış şeması (Dayanıklıoğlu, 2004).

2.5.1. Hammadde ve Yardımcı Maddeler

Yongalevha üretiminde hammadde olarak kavak, çam, huş, göknar, akasya, ladin ve mazı türü orman atıkları, masif ve kontrplak üretiminde kullanılamayacak niteliklerdeki tomruklar, dal vb. orman ürünleri, yardımcı maddeler olarak ise tutkal, sertleştirici ve vaks kullanılmaktadır.

Toplam ahşap hammaddesi ihtiyacı ithal yonga (cips) ile karşılanmaktadır.

Aşağıdaki şekilde ithal edilen yonga (cips) gösterilmiştir.



Şekil 2.11: İthal edilen yonga (Foto: Yıldırım, M).

Hammaddenin hazırlanmasında ilk olarak yapılan işlem kabuk soyma olup dış tabakalarda kullanılacak yongalar için bu işlem gerekli olur (Akbulut, 2014).

Aşağıdaki şekilde kabuk soyma hattı gösterilmiştir.



Şekil 2.12: Kabuk soyma (Foto: Yıldırım, M).

Aşağıdaki şekilde hammadde sahası görülmektedir.



Şekil 2.13: Hammadde sahası 1 (Foto: Yıldırım, M).



Şekil 2.14: Hammadde sahası 2 (Foto: Yıldırım, M).

2.5.2. Yonga Hazırlama

Yonga hazırlama aşaması, yongalevha üretiminin ilk, ama en önemli aşamasını oluşturur. Yonga hazırlama aşamasında elde edilen yongalevhaların geometrik özelliklerinin üretilecek yongalevhanın birçok fiziksel özelliği üzerinde etkisi dikkate alınarak işlemleri çok dikkatle gerçekleştirilmelidir.

2.5.3. Yongaların Kurutulması

Yongaların rutubeti %12-150 arasında olabilmektedir. Kaliteli yonga elde edebilmek için yongalanacak odun rutubetinin LDN ve üzerinde olması istenir. Tutkallamadan önce yonga rutubetlerinin üre formaldehit, fenol formaldehit ve melamin üre formaldehit tutkalların kullanılması halinde %1-3'e kadar kurutulması ve düşürülmesi gerekmektedir (Akbulut, 2014).

Aşağıdaki şekilde yonga kurutucu gösterilmiştir.



Şekil 2.15: Kurutucu (Foto: Yıldırım, M).

Yongalevhanın fiziksel özellikleri üzerinde rutubet miktarı önemli etkiye sahip olduğu için kurutma süresince rutubetin kontrol edilmesi oldukça önemlidir.

2.5.3. Yongaların Sınıflandırılması (Eleme)

Üretilen yongalar içerisinde istenmeyen büyüklüklerdeki (çok kaba, kaba ve ince) yongalar da elde edilmektedir. Yongalevhada düzgün bir yüzey elde etmek için yüzey tabakalarında ince yongaların, orta tabakada ise kaba yongaların kullanılması gerekir.

Aşağıdaki şekilde yüzey ve orta tabaka yongaları gösterilmiştir.



Şekil 2.16: Yüzey ve orta tabaka yongaları (Foto: Yıldırım, M).

Bu yüzden hem üretimde kullanılamayacak büyüklüklerdeki yongaları hem alt ve üst tabakalar ile orta tabakalarda kullanılacak yongaları hem de tozların ayrıştırılması için yongaların sınıflandırılması yapılır (Akbulut, 2014).

Yongaların sınıflandırılması (eleme) iki şekilde yapılmaktadır. Bunlar mekanik sistem (eleme) ve pnömatik (havalı) sistemdir. Mekanik sistemde yongalar eleklerde yüzey alanlarına göre sınıflandırılır ve yongalar elek gözeneklerinin büyüklüklerine göre ayrılırlar. Pnömatik sistemde ise hava direnci ile yonga yüzey ağırlığı arasındaki ilişkiye göre sınıflandırılır. Yongalara ters yönde hava verilerek küçük parçacıklar uzaklaştırılır, büyük parçacıkların ise bulunduğu yerden aşağıya düşmesi sağlanmaktadır (Akbulut, 2014).

Aşağıdaki şekilde eleme sistemi gösterilmiştir.



Şekil 2.17: Eleme sistemi (Foto: Yıldırım, M).

2.5.4. Yongaların Taşınması ve Depolanması

Yongaların taşınması işlemi silolar arasında yapılmaktadır. Yongaların taşınması iki şekilde yapılmaktadır. Birincisi mekanik sistem ikincisi ise pnömatik sistemdir. Mekanik sistemler, bantlı taşıyıcılar, vidalı taşıyıcılar zincirli taşıyıcılar, kazıyıcı taşıyıcılar ve titreşimli taşıyıcılar'dır. Pnömatik taşıyıcılar ise düşük maliyetli ve basit bir yapıya sahip olduğundan yongalevha fabrikalarında en çok kullanılan sistemdir. Basınçlı, emişli veya basınç ve emişli tipleri bulunmaktadır (Akbulut, 2014).

Aşağıdaki şekillerde yonga siloları gösterilmiştir.



Şekil 2.18: Yonga silosu 1 (Foto: Yıldırım, M).



Şekil 2.19: Yonga silosu 2 (Foto: Yıldırım, M).

Yongaların depolanması düzenli ve sürekli bir yonga hareketi sağlamak için oldukça önemlidir. Yongalevha farbrikalarında silo sayısı ve hacmi fabrikadan fabrikaya değişiklik göstermektedir (Akbulut, 2014).

2.5.5. Yongaların Tutkallanması

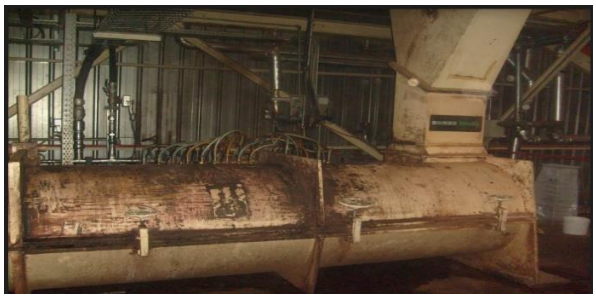
Tutkallama, yongaların preste şekillendirilebilmesi için tutkal ve sertleştiriciler ile karıştırılması işlemi olup levhanın fiziksel ve mekanik özellikleri açısından çok önemlidir. Yongalevha üretiminde kullanılan tutkallar termosettir. Yongalar ile daha hızlı etkileştiği için genellikle sıvı hâldeki tutkallar tercih edilmektedir. Bununla birlikte toz haldeki tutkallarda kullanılabilir. Tutkallama işleminde çok iyi şekilde karıştırma yapılarak yonga ile tutkalın tamamen birbiri ile temas etmesinin sağlanması gerekir.

Aşağıdaki şekilde tutkal hazırlama mutfağı gösterilmiştir.



Şekil 2.20: Tutkal hazırlama mutfağı (Foto: Yıldırım, M).

Aşağıdaki şekilde tutkal makinesi gösterilmiştir.



Şekil 2.21: Tutkallama makinesi (Foto: Yıldırım, M).

Tutkallama makinalarının dönme hızlarının ve dönme süresinin çok iyi tespit edilmesi oldukça önemlidir. Yonga silolarındaki yongalar yürüyen bantlarla tutkallama makinalarının bunkerlerine alınır ve tartılarak tutkallama makinasına aktarılır. Makinaya öngörülen miktarlarda tutkal, sertleştirici ve vaks ilâve edilir. Bununla birlikte belirli hız ile belirli bir süre karıştırılarak yongaların tutkal ile karışması sağlanır. Tutkallama işlemi alt ve üst tabakalarda kullanılacak yongalar ve orta tabakalarda kullanılacak tutkallar için ayrı ayrı olarak gerçekleştirilmektedir (Akbulut, 2014).

2.5.6. Taslak Hazırlama (Serme)

Taslak hazırlamanın (serme) amacı üniform yoğunlukta bit taslak elde etmektir. Yongaların serilmesi kesintili veya sürekli olarak gerçekleştirilebilir. Tutkallama makinasında tutkallanan yongalar, belirli bir taslak kalınlığı elde edilecek miktarda, serme bantları vasıtasıyla belirli bir hızla hareket eden çelik presleme bandı üzerine serilir. Alt, orta ve üst tabakaların serilmesinden sonra soğuk pres ile taslaklar belirli bir kalınlığa kadar sıkıştırılarak sıcak preslemeye hazır hâle getirilir (Akbulut, 2014).

Aşağıdaki şekilde serme istasyonu gösterilmiştir.



Şekil 2.22: Serme istasyonu (Foto: Yıldırım, M).

2.5.7. Presleme

Ön presleme (soğuk pres) ile orta ve yüzey tabakalarının birbirine daha iyi kenetlenmesi sağlanır.

Aşağıdaki şekilde soğuk pres hattı gösterilmiştir.



Şekil 2.23: Soğuk pres hattı (Foto: Yıldırım, M).

Sıcak preslemede ise taslak levhaya dönüştürülür.

Aşağıdaki şekilde sıcak pres hattı gösterilmiştir.



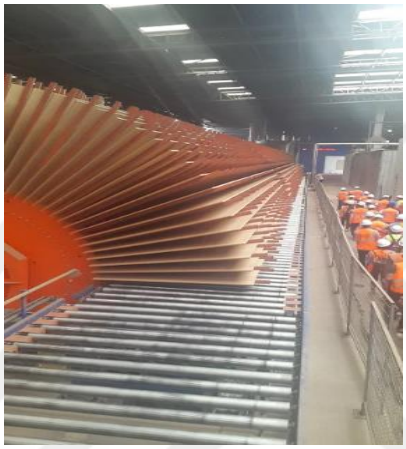
Şekil 2.24: Sıcak pres hattı (Foto: Yıldırım, M).

Sıcak presler statik ve sürekli olmak üzere ikiye ayrılır. Statik presler ise tek katlı ve çok katlı olabilmektedir. Statik preslerde basınç hidrolik ile sağlanmaktadır. Yonga taslağı sıcak presleme aşamasında istenilen levha kalınlığına kadar belli sıcaklık ve basınç altında sıkıştırılır. Sıcaklık ile birlikte tutkalın sertleşmesi sağlanır ve levha elde edilir (Akbulut, 2014).

2.5.8. Bitirme Aşamaları

Presten çıkan levhanın yüzey sıcaklığı ile iç kısımlarının sıcaklığı farklıdır. Sıcaklık farkı levhalarda gerilmelere sebep olacağı ve levhaların mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkileyeceği için depolara alınmadan önce levhaların soğutuculardа soğutulmaktadır. Levhaların soğutulmasında genellikle yıldız soğutucular kullanılmaktadır (Akbulut, 2014).

Aşağıdaki şekilde yıldız soğutucu gösterilmiştir.



Şekil 2.25: Yıldız soğutucu (Foto: Yıldırım, M).

Soğutulan levhalarda boyutlandırma işlemi, levha boyu 2400 mm olacak şekilde daire testere ile kesilerek gerçekleştirilir. Daha sonra zımparalama makinelerinde levanın iki yüzü zımparalanmaktadır (Akbulut, 2014).

Aşağıdaki şekilde zımparalama gösterilmiştir.



Şekil 2.26: Zımparalama (Foto: Yıldırım, M).

Zımparalamadan sonra levhalar görünümlerinde göre 1 ve 2 sınıf olarak ayrılırlar. Ardından levhalar düz bir yerde üst üste konulmak suretiyle istiflenir (Akbulut, 2014).

Şekil 2.27'de sevkiyata hazır olan yongalevhalar gösterilmişir.



Şekil 2.27: Sevkiyat (Foto: Yıldırım, M).

2.6. YONGALEVHA UYGULAMALARI

İnşaatlarda;

- İç kaplama,

- Zeminler,

- Beton kalıplar.

İnşaat Sektöründe;

- Profiller için gövde plakası olarak,

- Demirbaşlar,

- Parke zeminleri için temel malzeme olarak,

- Kaplama şeritleri için temel malzeme olarak.

Mobilya Endüstrisi;

Mobilya iskeletleri,

Diğer Uygulamalar.

- Ambalajlama, sergi ve fuar yapıları.

2.7. AHŞAP LEVHALARDA KULLANILAN TERMOSET TUTKALLAR

Günümüzde, ahşap sektöründe tutkallar en büyük ikinci girdiyi oluşturmaktadır.

Ahşap sektöründe yongalevha, MDF ve kontrplak gibi ürünlerde daha çok formaldehitin değişik kimyasallar ile oluşturduğu kondense tutkallar kullanılmaktadır. Bunlar üre formaldehit, fenol formaldehit, melamin formaldehit tutkallarıdır (Pizzi ve Mittal, 2003).

Termoset tutkallar, çapraz bağ yapısına sahip olup ısı yoluyla sertleşir. Isı ile sertleşen yapıştırıcılar çoğu durumda nispeten yüksek sıcaklıklarda (+100°C'ye kadar) polikondensasyon veya polimerizasyon reaksiyonlarının bir sonucu olarak iyileştirilir (Korucu ve Mengeloğlu, 2007).

2.7.1. Fenol Formaldehit Tutkalı (PH)

Fenol formaldehit tutkalları 19. yüzyılın başlarında geliştirilen en eski tutkallardan biridir (Weber ve Weber, 2010). Fenol Formaldehit tutkalı rutubete, hava koşullarına karşı dayanıklılık gerektiğinde kullanılması tercih edilmektedir. Ancak sertleşmesinin yavaş olması ve fiyatının pahalı olması dezavantajlarıdır.

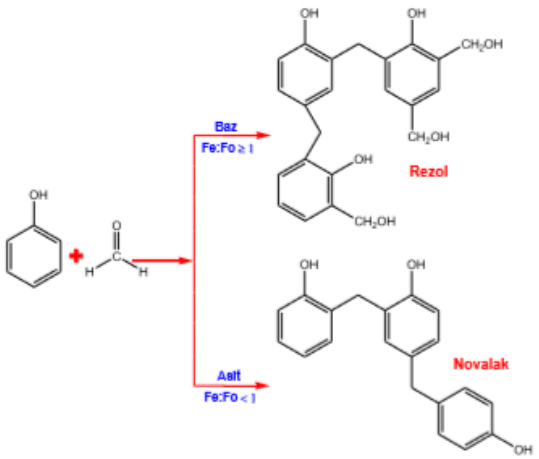
Fenol formaldehit tutkalı, fenol ve formaldehitin katalizör yardımıyla bileşiminden (kondenzasyonunda) oluşur. Fenol ham petrolden elde edilen altı karbonlu aromatik bileşiktir. Fenolün temel bileşenleri ise tolüen ve benzendir. Fenolik formaldehit tutkalların en önemli özelikleri suya dayanıklılığı nedeniyle çok geniş kullanım alanına sahip olmasıdır (Pizzi, 1994).

Aşağıdaki şekilde ahşap levha üretiminde kullanılan fenol formaldehit tutkalı aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 2.28: Fenol formaldehit tutkalı (Anonim, 2019d).

Aşağıdaki şekilde fenol ile formaldehitin alkali ve asidik kondenzasyon reaksiyonu gösterilmiştir.



Şekil 2.29: Fenol ile formaldehitin alkali ve asidik kondenzasyon reaksiyonu (Gönültaş, 2013).

Fenol formaldehit kondenzasyonu asidik veya alkali ortamda olmaktadır.

2.7.2. Üre Formaldehit Tutkalı (UF)

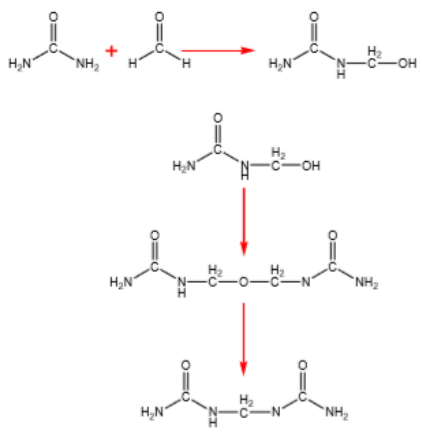
Üre ve formaldehitin sulu çözeltilerinin asit katalizörler ile sıcaklık altında kondenzasyonu ile üretilen üre formaldehit tutkalı, günümüzde en fazla kullanılan tutkaldır. Avrupa'da kullanılan tutkalların %90'ını oluşturmaktadır (Özen ve Kalaycıoğlu, 2012). Üre formaldehit tutkalının, diğer tutkallara göre (fenol formaldehit, melamin formaldehit), kolay kullanımı ve daha düşük presleme sıcaklığına ihtiyaç göstermesi gibi avantajları vardır (Pizzi, 1994).

Mobilya sektöründe yongalevha ve MDF üretiminde kullanılan üre formaldehit tutkalı aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 2.30: Üre formaldehit tutkalı (Anonim, 2019d).

Aşağıdaki şekilde üre ile formaldehitin kondenzasyon reaksiyonu verilmiştir.



Şekil 2.31: Üre ile formaldehitin kondenzasyon reaksiyonu (Gönültaş, 2013).

Üre Formaldehit tutkalının genel özellikleri;

- Asidik sertleşen bir tutkaldır.

- Kapalı ortamlarda kullanılacak levhalar için uygun bir tutkaldır.

- Serbest formaldehit oranı arttıkça levhanın presleme süresi kısalır (Akbulut, 2014).

2.7.3. Melamin Üre Formaldehit Tutkalı (MUF)

Melamin formaldehit diğer tutkallara göre daha pahalı olduğu için genellikle üre formaldehitle belli oranlarda karıştırılarak kullanılmaktadır (Pizzi, 1994). Melamin formaldehit tutkalı, melamin ve formaldehitin kondenzasyonu sonucu elde edilmektedir.

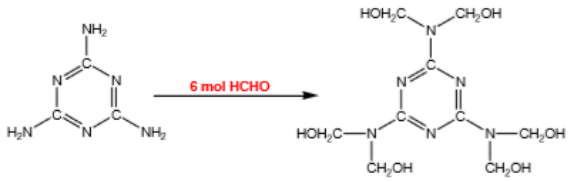
Düşük yanıcılık özelliği, su ve rutubet etkisine karşı yüksek dayanımı gibi avantajlarından dolayı ahşap malzemenin özelliklerini iyileştirmektedir (Gindl vd., 2003).

Aşağıdaki şekilde ahşap levha üretiminde kullanılan melamin üre formaldehit tutkalı aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 2.32: Melamin üre formaldehit tutkalı (Anonim, 2019d).

Aşağıdaki şekilde melamin ile formaldehitin kondenzasyon reaksiyonu gösterilmiştir.



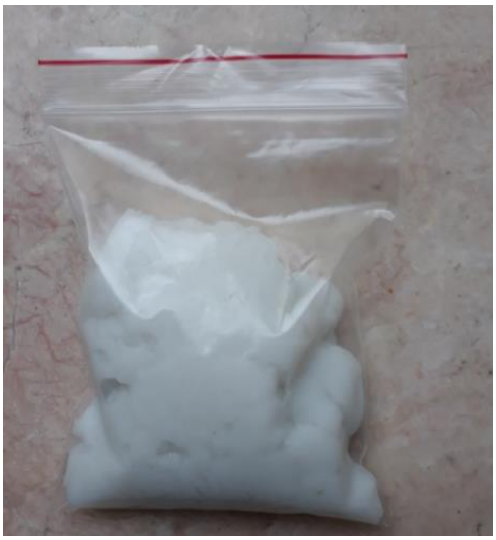
Şekil 2.33: Melamin ile formaldehitin kondenzasyon reaksiyonu (Gönültaş, 2013).

Melamin formaldehit, üre formaldehit gibi sadece asidik koşullar altında değil bununla birlikte nötr ve alkali koşullarda da gerçekleşebilmektedir (Pizzi, 1994).

2.8. NANOSELÜLOZ

Nanoselüloz yeryüzünde en çok bulunan doğal polimer olan, 5-500 nanometre çapında yüzlerce mikrometre uzunluğundaki selülozun kristal veya lifli birimlerini içeren bir nanomalzemedir. Sahip olduğu fiziksel, kimyasal, morfolojik vb. özellikler sebebiyle elde edilen ürünlere üstün özellikler kazandırmaktadır.

Şekil 2.34'de nanoselüloz gösterilmiştir.

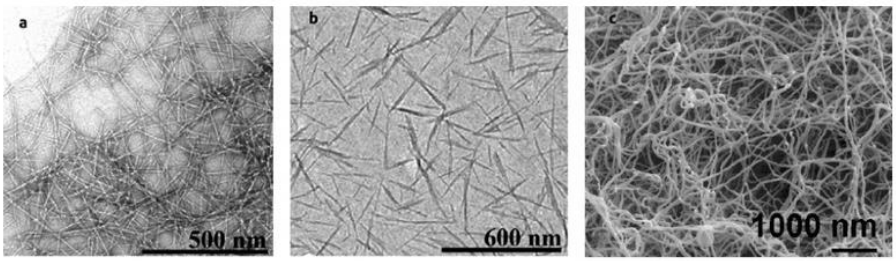


Şekil 2.34: Nanoselüloz (Foto: Yıldırım, M).

Nanoselülozlar, iki farklı yöntem ile elde edilebilir. Bunlar yukarıdan aşağıya (Serkov, 2008) ve aşağıdan yukarı (Picciotto vd., 2007; Balzani, 2008) yöntemidir. Aşağıdan yukarı yönteminde, kimyasal sentez gibi metotlarla atomlar ve moleküller bir araya getirilir (Kelsall vd., 2005). Yukarıdan aşağı yönteminde ise makroskopik malzemeler nanometre boyutuna dönüştürülürler (Kelsall vd., 2005). Nanometre boyutuna dönüştürmede; mekanik (öğütme), kimyasal (kısmi asit veya baz hidrolizi), enzimatik (selüloz, hemiselüloz, pektin ve lignini hidrolize eden enzim muameleleri) ve fiziksel metotlar kullanılmaktadır (Tozluoğlu vd, 2015). Aşağıdan yukarı yöntemi günümüzde fazla kullanılmaz iken çalışmalar genellikle yukarıdan aşağı yöntemi kullanılarak yapılmaktadır (Kelsall vd., 2005).

Ahşabın kimyasal yapı bileşenlerinin temeli olan selülozun nano boyuta indirgenmesi ile elde edilen nanoselülozlar boyutlarına, özelliklerine ve üretim yöntemlerine bağlı olarak nano fibrillenmiş selüloz (NFC), nanokristalin selüloz (NCC) ve bakteriyel nanoselüloz (BCC) şeklinde üç kategoride sınıflandırılabilir (Tozluoğlu vd, 2015).

Aşağıdaki şekilde transmission elektron mikroskobuda nano fibrillenmiş selüloz (NFC), nanokristalin selüloz (NCC) ve bakteriyel nanoselüloz (BNC) gösterilmiştir.



Şekil 2.35: Transmission elektron mikroskobunda a)NFC, b)NCC, c)BCC (Rånby, 1949).

Nano Fibrillenmiş Selüloz (NFC) ve Nanokristalin Selüloz (NCC) nano boyutlu malzemeye selüloz liflerinin parçalanmasıyla üretilir. Bakteriyel Nanoselüloz (BCC) ise düşük moleküler ağırlıklı şekerlerden aerobik bakteriler tarafından biriktirilerek üretilir (Tozluoğlu vd, 2015).

Tablo 2.3'de nanoselüloz türlerinin elde edildiği kaynak, üretim yöntemi ve boyutları hakkında bazı bilgiler mevcuttur.

Tablo 2.3: Nanoselüloz türleri (Tozluoğlu vd, 2015).

Nanoselüloz türü	Literatürde karşılaşılan diğer isimleri	Elde edilen kaynak	Formasyon ve ortalama boyutları
MFC	Mikrofibrillenmiş selüloz, selüloz nanofibrilleri, nanofibrillenmiş selüloz, nanofibriler selüloz ve mikrofibriller	Odun, şeker pancarı, patates, kenevir ve keten	Kimyasal veya enzimatik muamele öncesi ve/veya sonrasında odun hamurunun mekanik bir etki sonucu delaminasyonu (parçalanması) Çap:5-60 nm Uzunluk: birkaç µm
NCC	Selüloz nanokristalleri, kristalitler, selüloz nanokristalitleri (whisker) ve çubuk benzeri selüloz mikrokristalleri	Odun, pamuk, kenevir, keten, buğday sapı, dut kabuğu, hasır ve bakteri veya yosun bazlı selüloz	Selülozun asit hidrolizi Çap: 5-70 nm Uzunluk: 100-250 nm (bitkisel selüloz) 100 nm-birkaç µm (ve bakteri veya yosun bazlı selüloz)
BNC	Bakteriyel selüloz, mikrobiyal selüloz ve biyoselüloz	Düşük moleküler şeker ve alkoller	Bakteriyel sentez Çap: 20-100 nm

Tablo 2.4'de nanoselülozun kullanıldığı multidisipliner sektörler ve orman ürünleri sektörleri listelenmiştir.

Tablo 2.4: Nanoselüloz kullanıldığı sektörler (Yıldırım, 2018).

Multidisipliner Sektörler			Orman Ürünleri Sektörü
3D Üretim	Yapı Malzemeleri	Polimerler	Plastik Mobilya Ürünleri
Tutkallar	Kozmetik	Elektronik	Kâğıt Teknolojileri
Kimyasallar	Savunma	Enerji	Panel Ürünler
Tarım	Araştırma	Plastikler	Paketleme
Otomobil	Filtreleme	Sağlık ve İlaç	Köpük Üretimleri
Biyoteknoloji	Besin Paketleme	Kompozit Malzemeler	Ambalajlama

2.9. BOR HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Bor, kelime kökeni olarak Arapça buraq/baurach ve Farsçada burah kelimelerinden gelen bir elementtir. Yerkabuğunda 51. yaygın element olarak boratlar ve borosilikatlar halinde yer alan bor elementi, yaklaşık 3 ppm'lik konsantrasyon değerine sahiptir. Kimyasal sembolü "B" olup, periyodik cetvelde 13. veya 3A grubunun ilk, en hafif üyesi ve metal olmayan tek elementidir. Temel hal elektron konfigürasyonu $1s^2\ 2s^2\ 2p^1$'dir. Her zaman oksijene bağlı olarak bulunan bor yerkabuğunda serbest halde bulunmamaktadır. Bor'un atom numarası 5, atom ağırlığı 10,81, özgül ağırlığı 2.30-2.46 ve ergime noktası yaklaşık 2300°C olan bir elementtir (Smith A.R., 1995; Baudis ve Fichte, 1995).

Bor elementi 8B, 10B, 11B, 12B, 13B izotoplarından oluşmaktadır. En kararlı izotopları 10B ve 11B'dir. Bu izotopların tabiatta bulunma oranları sırasıyla %19.1-20.3 ve %79.7-80.9'dir (Özkan vd., 1997; Kistler ve Helvacı, 1994).

Önemli bor yatakları Türkiye, ABD, Rusya ve Güney Amerika'da bulunmaktadır. Türkiye'de bor madeni yatakları Batı Anadolu'da; Eskişehir ilinin Seyitgazi ilçesine bağlı Kırka'da, Kütahya ilinin Emet ilçesinde, Bursa ilinin Mustafakemalpaşa ilçesine bağlı Kestelek'te ve Balıkesir ilinin Bigadiç ilçesinde bulunmaktadır (Helvacı, 2003).

Şekil 2.36'da Türkiye'deki önemli bor yatakları gösterilmiştir.



Şekil 2.36: Türkiye'deki önemli bor yatakları (Yenmez, 2009).

Türkiye'de rezerv açısından en çok bulunan bor mineralleri Tinkal ve Kolemanit'tir. Türkiye'de Tinkal yatakları Eskişehir-Kırka'da, kolemanit yatakları ise Kütahya-Emet, Balıkesir-Bigadiç ve Bursa-Kestelek'te bulunmaktadır. Balıkesir-Bigadiç'te ise üleksit rezervi mevcut olup Bursa-Kestelek'te zaman zaman Üleksit yan ürün olarak elde edilmektedir (Anonim, 2019e; Helvacı 2010).

Dünya bor rezervlerinin %73'üne sahip olan Türkiye toplam 3,3 milyar ton rezerv miktarı ile dünya toplam bor rezervi sıralamasında ilk sıradadır. Dünya bor ürünleri tüketimi yaklaşık 4 milyon tondur. 2018 yılında Dünya bor talebinin yaklaşık %59'u Türkiye tarafından karşılanmıştır. 2018 yılında rafine bor ürünleri üretimi 2,43 milyon ton, kurulu kapasite ise 2,7 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Bor satışları 2018 yılında miktar bazında yaklaşık 2,4 milyon ton ve değer bazında ise 1,013 milyar doları aşmıştır. Eti Maden'in toplam satış gelirlerinin %98'i ihracat gelirlerinden oluşmuştur. Türkiye, küresel pazardaki konumunu güçlendirmek amacıyla 2019 yılında 2,4 milyon ton bor ürünü satışı gerçekleştirerek %60'lık pazar payı hedeflemektedir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019).

Bor Kullanım Alanları:

Bor bileşikleri çeşitli kullanım alanlarına sahiptir. Ticari anlamda borlar, içerdikleri B_2O_3 içeriğine göre tanımlanmaktadır. Türkiye'de yaygın olarak bulunan bor mineralleri ise; tinkal, kolemanit ve üleksittir. En fazla ticareti yapılan bor ürünleri "boraks" ve "borik asit" olmaktadır. Kullanım alanları bölgelere göre değişiklikler göstermektedir. Bor ürünleri Türkiye'de; %36 cam, %31 seramik, %9 temizlik- deterjan, %7 tarım, %4 tutkal ve %14 pay ile diğer alanlarda kullanılmaktadır (Anonim, 2019e). Bor bileşiklerinin kullanım alanlarını aşağıdaki gruplara ayırmak mümkündür (Poslu, 1995; Sürücü, 1995; Sarıiz ve Nuhoğlu, 1992; Şarda, 1994):

- Cam Sanayi: Borun en önemli kullanım alanıdır. Binaların ısıya karşı yalıtılmasında tercih edilmektedir (Ediz vd, 2001; Helvacı 2010).

- Seramik Sanayi: Bor, seramik malzemelerin sırlanmasında kullanıldığında, özellikle silisin kolay ergimesini ve seramik yüzeyinde çabuk yayılmasını sağlamaktadır (Ediz vd, 2001; Helvacı 2010).

- Temizleme ve beyazlatma sanayi: Bor bileşikleri; bakteri öldürücü ve su yumuşatıcı özellikleri nedeniyle temizleme ve deterjan sanayinde de kullanılır (Ediz vd, 2001; Helvacı 2010).

- Yanmayı geciktirici maddeler: Alev geciktirici olarak kullanılan en önemli bor bileşikleri borik asit boraks'dır. Borik asit ve boratlar selülozik maddelere, ateşe karşı dayanıklılık sağlarlar (Ediz vd, 2001; Helvacı 2010).

- Tarım: Bitkilerin büyümeleri için bor'a gereksinim duymaktadır. Temel besin maddesi olan bitkilerde bor azlığında, yapraklar kıvrılmakta, sararmakta, çiçek açmamakta ve kök gelişmemektedir. Bor çokluğunda ise, yapraklarda sararmalar, yanmalar oluşmakta bunun sonucunda büyüme durmaktadır (Tolun, 1988; Helvacı 2010).

Ticari önemi olan bor mineralleri ve bileşiklerinin kimyasal formül ve B_2O_3 içerikleri Tablo 2.5'de gösterilmiştir.

Tablo 2.5: Ticari öneme sahip bor mineralleri ve bileşikleri (Ediz vd, 2001).

Mineral Adı	Formülü	B_2O_3 (%)	H_2O (%)	Dünyada Bulunduğu Yer
Tinkal (Boraks)	$Na_2B_4O_7.10H_2O$	36.5	47.2	Türkiye (Kırka), ABD (Boron, Kaliforniya), Arjantin
Tinkalkonit	$Na_2B_4O_7.5H_2O$	47.8	30.9	ABD (Kaliforniya), Türkiye, Arjantin
Kernit	$Na_2B_4O_7.4H_2O$	50.9	26.4	ABD (Boron, Kaliforniya), Arjantin
Üleksit	$NaCaB_5O_9.8H_2O$	43.0	35.6	ABD (Kalıforniya, Nevada), Arjantin, Şili, Peru, Tibet, Türkiye (Bigadiç)
Kolemanit	$Ca_2B_6O_{11}.5H_2O$	50.8	21.9	Türkiye (Emet, Bigadiç, Kestelek), ABD (Kaliforniya, Nevada), Meksika
Pandermit	$Ca_4B_{10}O_{19}.7H_2O$	49.8	18.1	Türkiye
İnyoit	$Ca_2B_6O_{11}.13H_2O$	37.6	42.2	Kazakistan, Arjantin
Hidroborasit	$CaMgB_6O_{11}.6H_2O$	50.5	26.2	Rusya (Kafkaslar), Arjantin
Aşarit	$Mg_2B_2O_5.H_2O$	41.4	10.7	Rusya ve Çin
Datolit	$Ca_2B_2Si_2O_9.H_2O$	21.8	5.6	Kazakistan
Probertit	$NaCaB_5O_9.5H_2O$	49.6	25.6	ABD (Kalifornıya)
Sasolit	H_3BO_3	56.3	43.7	İtalya (Tuscany)
Göl suları				ABD, Şili, Bolivya

2.9.1. Borik Asit

Beyaz, parlak, altıgen pulcuklar halinde kristalleşen ve suda eriyen bir asit olan borik asitin sudaki çözünürlüğü %5.6'dır. Hidrat suyu sıcaklığın 75°C üzerine çıkmasıyla yapıdan uzaklaşmaktadır ve 120°C-130°C arası sıcaklıkta metaborik asit (HBO_2) oluşmaktadır. Sıcaklığın artarak devam etmesi sonucu dehidrasyon devam etmektedir ve 260°C-270°C arasında borik asit oluşmaktadır (Shen ve diğ., 2009).

$2H_3BO_3 \rightarrow 2HBO_2 + 2H_2O \rightarrow B_2O_3 + H_2O$ (Terzi, 2015)

Borik asit, dehidrasyon sıcaklıklarının düşük olması nedeniyle ahşap esaslı kompozit levhalarda yanmayı geciktirici olarak kullanılmaktadır (Shen ve diğ., 2009; Terzi, 2015).

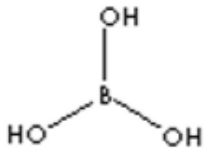
Borik asit alevli ve dumanlı yanmaya karşı etkili bir alev geciktiricidir (Ferm ve diğ., 1994; Shen ve diğ., 2009).

Şekil 2.37'de borik asit gösterilmiştir.



Şekil 2.37: Borik asit (Foto: Yıldırım, M).

Şekil 2.38'de borik asitin moleküler yapısı gösterilmiştir.



Şekil 2.38: Borik Asit'in moleküler yapısı (Ayrılmış, 2006).

2.9.2. Boraks

Dekahidrat bileşiminde olan boraks, soğuk suda az, sıcak suda iyi çözünürken toz halinde olup beyaz renktedir. Yumuşak yapıya sahip renksiz kristallerden oluşur. Oda sıcaklığındaki %1'lik çözeltisinin pH değeri 9.24'tür (Shen ve diğ., 2009).

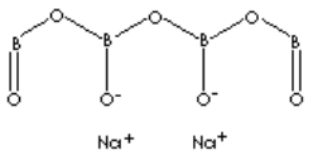
Boraks ahşap esaslı levhalar için yüzey yanıcılığı açısından etkili bir alev geciktiricidir (Hume, 2005; Shen ve diğ., 2009).

Şekil 2.39'da boraks gösterilmiştir.



Şekil 2.39: Boraks (Foto: Yıldırım, M).

Şekil 2.40'da boraksın moleküler yapısı gösterilmiştir.



Şekil 2.40: Boraks'ın moleküler yapısı (Ayrılmış, 2006).

3. MALZEME VE YÖNTEM

Malzeme ve yöntem kısmında, çalışmada kullanılan yongalevhaların üretimi ve burada kullanılan nanoselüloz ve bor bileşikleri hakkında bilgi verilmekte ve üretilen levhalar üzerinde yapılan fiziksel, mekanik, serbest formaldehit miktarı ve yanma testlerinin yöntemleri açıklanmaktadır.

3.1. AHŞAP KOMPOZİT LEVHALARIN ÜRETİMİ

3.1.1. Yongalevhaların Üretimi

3.1.1.1. Yongalevhaların Üretiminde Kullanılan Kimyasal Maddeler

Bu çalışma kapsamında deneme malzemesi olarak kullanılan yongalevhaların üretiminde çeşitli kimyasal maddeler kullanılmıştır. Bunlardan tutkal olarak üre formaldehit (UF) tutkalı ve tutkalın sertleşmesine yardımcı olmak amacıyla amonyum sülfat (AS) çözeltisi kullanılmıştır. Levhaların üretiminde nanoselüloz ve borlu bileşikleri (Borik Asit ve Boraks) kullanılmıştır.

Deneme malzemesi olarak kullanılan bor bileşiklerinin fiziksel ve kimyasal teknik özellikleri aşağıda verilmiştir.

Borik asit:

- Koku: Kokusuz

- Fiziki Görünüş: Renksiz kristal

- Formül Yapısı: H_3BO_3

- pH Değeri: 5.2

- Yoğunluk: 1.435 g/cm³

- Erime noktası: 171°C

Boraks:

- Koku: Kokusuz

- Fiziki Görünüş: Beyaz kristal

- Formül yapısı: $Na_2B_4O_7.10H_2O$

- pH Değeri: 9.2

- Yoğunluk: 1.73 g/cm³

- Erime Noktası: 743°C

3.1.1.2. Yongalevhaların Üretimi

Yongalevha üretiminde kullanılan ahşap hammaddesi yurtiçinden temin edilmiştir. Bunlardan karaçam %45 oranında, göknar %15 oranında, kavak %20 oranında, kayın %10 oranında, sanayi talaşı ise %10 oranında kullanılmıştır. Yongalevha üretiminde kullanılan üre formaldehit tutkalı Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi ve Tic. A.Ş.'nin tutkal fabrikasında üretilmiştir.

Bu çalışma kapsamında nanoselüloz, borik asit ve boraks bileşikleri yongalevha üretiminde kullanılmıştır. Bu amaçla nanoselüloz, borik asit ve boraks üreformaldehit tutkalına belli oranlarda katılmıştır.

Şekil 3.1'de tutkalın hazırlanması işlemi gösterilmiştir.



Şekil 3.1: Tutkalın hazırlanması (Foto: Yıldırım, M).

Tutkal makinesinde yongaların tutkal ile karışması sağlanmıştır. Bu işlem Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2: Yongaların tutkallanması (Foto: Yıldırım, M).

Tutkallanan yongalar serme ünitesine taşınmıştır. Serme işlemi, el ile mümkün olduğu kadar homojen bir şekilde yapılmıştır. Daha sonra, yongalevha taslağı, üzerine bir tabla yerleştirilerek sıkıştırılmıştır (soğuk pres). Ardından, önce şekillendirme çerçevesi, sonra tabla yavaşça ve taslak levhanın kenarlarına zarar vermeden çıkarılmıştır. Bu işlem Şekil 3.3'de gösterilmiştir.



Şekil 3.3: Soğuk pres (Foto: Yıldırım, M).

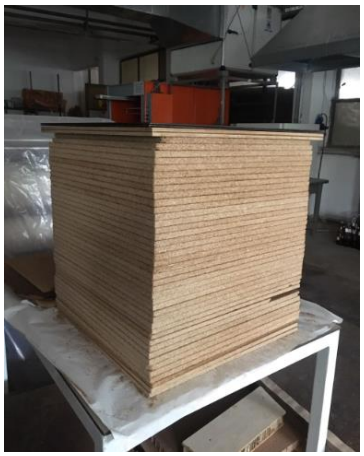
Levhanın homojen kalınlıkta olması için alt pres sacı üzerine kalınlık takozları, levha taslağı üzerine ise üst pres sacı yerleştirilmiştir. Bu işlem Şekil 3.4'de gösterilmiştir.



Şekil 3.4: Sıcak pres (Foto: Yıldırım, M).

Böylece, sıcak prese hazır hale getirilen levha taslağı, hidrolik preste preslenmiştir (sıcak pres).

Sıcak presten çıkarılan yongalevhalar, tutkalın sertleşmeye devam etmesi ve soğuması için pres sacları arasında laboratuvarda bekletilmiştir. Soğuyan levhalar, TS 642'ye göre, sıcaklığı 20+-2 derece ve bağıl nemi %65+-5 olan kondisyonlama odasında bekletildikten sonra, yan alma işlemlerine tabi tutulmuştur. Bu işlem aşağıdaki Şekil 3.5'de gösterilmiştir.



Şekil 3.5: Yanma alma işlemi (Foto: Yıldırım, M).

Yanları alınan levhalar, tekrar aynı şartlardaki ortama konularak, burada, performans özelliklerin belirlenmesinde kullanılacak deneme örnekleri hazırlanıncaya kadar bekletilmiştir.

Katılım oralarını içeren deneysel tasarım, Tablo 3.1'de her bir levha tipi için gösterilmiştir.

Tablo 3.1: Deneysel tasarım tablosu (Yıldırım, M).

DOE			
Grup Numarası	**Nanoselüloz Oranı (%)**	**Borik Asit Oranı (%)**	**Boraks Oranı (%)**
1	0	0	0
2	1	1	0
3	1	3	0
4	1	5	0
5	1	0	1
6	1	0	3
7	1	0	5
8	3	1	0
9	3	3	0
10	3	5	0
11	3	0	1
12	3	0	3
13	3	0	5

3.2. TEST YÖNTEMLERİ

Yapılan bu tez çalışmasında üretilen yongalevhaların fiziksel, mekanik, serbest formaldehit miktarı ve yanma özellikleri incelenmiştir. Bu amaçla üretilen yongalevhalar üzerinde ilgili standartlara uygun bir şekilde gerekli test ve analizler yapılmıştır. Bu bölümde, üretilen yongalevha üzerinde yapılan kalite testlerinin metodolojisi anlatılacaktır.

İlgili standartlar, deney numunesinin hazırlanması, örnek seçimi, deneyin yapılışı ve deneyin yapıldığı makine ve teçhizatlar tanıtılmıştır.

3.2.1. Numunelerin Hazırlanması ve Boyutların Ölçülmesi

Fiziksel ve mekanik testler için daha önce yapılan çalışmalara göre örnek sayısı göz önünde bulundurularak deneyler 15 adet örnek üzerinde yapılmıştır.

Yanma deneylerinde testler 3 tekrarlı yapılmıştır. Üretilen levhalardan deneyler için örnek alımı, TS EN 326 – 1'deki (1999) örnek kesim planına göre yapılmıştır.

Bütün deneme levhaları her bir deney için ilgili standartta belirtilen numune boyutlarına kesilmiştir. Numune kesimleri İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Ahşap Atölyesi'nde yapılmıştır. Kesim işlemlerinden sonra elde edilen deney numuneleri TS EN 325 (1999)'a göre klimatize işlemine tabi tutulmuştur. Klimatize işlemi, bağıl nemi %65 ± 5 ve sıcaklığı 20 ± 2 °C olan iklimlendirme odasında yapılmıştır. Deney numuneleri, ağırlıkları değişmez hale gelinceye kadar iklimlendirme odasında bekletilmiştir. Daha sonra rasgele seçilen numunenin, iklimlendirme odasına konulmadan önce ağırlıkları alınmış ve daha sonra belirli sürelerle yine tartıları alınmıştır.

Şekil 3.6'da deneme levhalarından deney numunelerinin hazırlanması işlemi görülmektedir.



Şekil 3.6: Yongalevhaların kesimi (Foto: Yıldırım, M).

Yongalevhalar üzerinde yapılan fiziksel ve mekanik testler esnasında örneklerin kalınlıklarının ölçülmesinde 0.001 mm hassasiyette dijital mikrometre kullanılmış, uzunluk ve genişlik ölçümleri 0.01 mm hassasiyette dijital kumpas ile yapılmış ve ağırlık ölçümleri ise 0.01 gr hassasiyete sahip otomatik kalibrasyonlu dijital terazide yapılmıştır. Deney numunelerinin boyutlarının tayini, TS EN 325 (1999)'a uygun bir şekilde tamamlanmıştır.

Deneylerde kullanılan dijital hassas terazi Şekil 3.7'de gösterilmektedir.



Şekil 3.7: Dijital hassas terazi (Foto: Yıldırım, M).

Deneylerde kullanılan dijital mikrometre Şekil 3.8'de gösterilmektedir.



Şekil 3.8: Dijital mikrometre (Foto: Yıldırım, M).

3.2.2. Fiziksel Testler

Bu bölümde yongalevhalar üzerinde uygulanan fiziksel testler hakkında bilgi verilmektedir. İlgili standartlara göre deney yöntemleri açıklanmaktadır.

3.2.2.1. Yoğunluk

Yoğunluk, ahşap kompozit malzemelerin kalite değerlerini ve kullanım yeri performansını belirleyen önemli bir performans özelliğidir.

Yoğunluk tespiti TS EN 323 (1999)'a göre yapılmıştır. Deney numunelerinin boyutları 50 mm × 50 mm × levha kalınlığı şeklindedir.

Her bir deney numunesi 0.01 gr hassasiyette dijital terazi ile tartılmış ve ağırlık (m) bulunmuştur. Bunu takiben deney numunesinin kalınlığı 0.001 mm hassasiyette dijital mikrometre ile iki kenarının uzunluğu ise 0.01 mm hassasiyette dijital kumpas ile ölçülerek tespit edilmiştir.

Her bir deney numunesinin hacmi hesaplanmıştır. Deney numunelerinin hava kurusu yoğunlukları aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$D = \frac{m}{V} \tag{3.1}$$

Yukarıdaki formülde;

D = Hava kurusu yoğunluk (g/cm^3)

m = Örneğin ağırlığı (g)

v = Örneğin hacmi (cm^3)

şeklinde adlandırılmaktadır.

3.2.2.2. Kalınlığına Şişme Miktarı

Kalınlığına şişme miktarı, tutkallama kalitesi ve hidrofobiklik kabiliyetini gösterir.

Yongalevhaların kalınlığına şişme miktarının belirlenmesi, TS EN 317 (1999) standardına göre gerçekleştirilmiştir. Suya bırakılmadan önce ve sonra yongalevhaların dijital mikrometre ile kalınlıklarının ölçülmesi Şekil 3.9'da gösterilmektedir.



Şekil 3.9: Yongalevhaların kalınlıklarının belirlenmesi (Foto: Yıldırım, M).

Yongalevhalar üzerinde yapılan kalınlığına şişme deneyinde örneklerin boyutları 50 mm × 50 mm × levha kalınlığıdır.

Deney numuneleri suya konulmuş ve kafes tel aracılığı ile su yüzeyinden 25 mm aşağıda tutulmuştur. Burada deney numunelerinin durumlarına ve birbirlerine temas etmemelerine dikkat edilmiştir.

2 saat sonra deney numuneleri sudan alınmış, kalınlıkları ölçülmüş ve ortalama değerleri bulunmuştur. Ölçülen deney numuneleri tekrar diğer 22 saatlik zaman için suya konulmuştur. Toplam 24 saat sonra tekrar kalınlıkları ölçülerek ortalama değerleri hesaplanmıştır.

Kalınlığına şişme deneyinin yapıldığı su banyosu, Şekil 3.10'da görülmektedir.



Şekil 3.10: Kalınlık şişme deneyinde kullanılan su banyosu (Foto: Yıldırım, M).

Suda 2 saatlik ve 24 saatlik kalınlığına şişme miktarı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$\text{Kalınlığına Şişme Miktarı (\%)} = \frac{t2-t1}{t1} \times 100 \qquad (3.2)$$

Burada;

t_1 = Deney numunesinin suya bırakılmadan önceki kalınlığı (mm)

t_2 = Deney numunesinin suda bekletildikten sonraki kalınlığı (mm) şeklinde adlandırılmaktadır.

3.2.2.3. Su Alma Miktarı

Yongalevhaların su alma miktarının belirlenmesi, ASTM D1037-12 (2012) standardına göre gerçekleştirilmiştir. Su alma deneyi ve kalınlığına şişme deneyi aynı örnekler üzerinde yapılmıştır. Burada farklı olarak deney numunelerin ağırlıkları ölçülmektedir.

Yongalevhaların hassas dijital terazi ile ağırlıklarının ölçülmesi Şekil 3.11'de gösterilmektedir.



Şekil 3.11: Yongalevhaların ağırlıkların dijital terzilerde ölçülmesi (Foto: Yıldırım, M).

Deney numunelerinin ilk ağırlıkları tespit edilmiş, 2 saat ve 22 saat süre ile su banyosuna konulmuştur. Suda bekletme süresi sonunda deney numuneleri sudan çıkarılmış ve ağırlıkları tespit edilmiştir. Su alma miktarı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$\text{Su Alma Miktarı } (\%) = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100 \qquad (3.3)$$

Burada;

m_1 = Deney numunesinin suya atılmadan önceki ağırlığı (g)

m_2 = Deney numunesinin suda bekletildikten sonraki ağırlığı (g)

olarak ifade edilmektedir.

3.2.3. Mekanik Testler

3.2.3.1. Eğilme Direnci

Eğilme direnci, ahşap levhaların kullanım yeri performansını etkileyen önemli bir mekanik özelliktir. Eğilme direnci, malzemenin kendisini eğmeye çalışan etkilere karşı gösterdiği dirençtir.

Tez kapsamında üretilen ahşap kompozit levhaların eğilme direnci deneyleri, Starwood AŞ'nin Bursa ilindeki tesislerinde yer alan "Kalite Laboratuvarında" bulunan bilgisayar kontrollü mekanik test cihazında (IMAL Testing Machine, Italy) yapılmıştır.

Şekil 3.12'de eğilme direnci deneyinin yapıldığı cihaz ve ekipmanları gösterilmektedir.



Şekil 3.12: Eğilme direnci deneyinin yapılışı (Foto: Yıldırım, M).

Yongalevhaların eğilme direncinin belirlenmesi, TS EN 310 (1999) standardına göre gerçekleştirilmiştir.

Yongalevhalar üzerinde yapılan eğilme direnci deneyinde numunelerin boyutları 50 mm × 50 mm × levha kalınlığıdır.

Deney numunelerinin kalınlıkları ve genişlikleri bilgisayar kontrollü mekanik test cihazına entegre olan hassas ekipmanlarla ölçülmüştür.

Mesnet açıklığı levha kalınlığının 20 katı olacak şekilde alınmıştır. Deney numunesi ilgili mesnet açıklığına göre mesnet makaralarının üzerine konmuştur. Deney numunesini kıracak kuvvet 5 mm/dk hızla tatbik edilmiştir. Kırılma genellikle yüzeye dik istikamette olmuştur. Eğer makaslama kopması olmuşsa bu tutkallamanın yetersizliğini veya yetersiz yoğunluktan ya da gizli patlak nedeniyle çekme mukavemetinden dolayı mukavemet eksikliğini gösterir.

Eğilme direnci aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$Fm = \frac{3 \text{ x } Fmax \text{ x } l1}{2 \text{ x } b \text{ x } t2} \qquad (3.4)$$

$Fm = [(3 \text{ x } Fmax \text{ x } l1) / (2 \text{ x } b \text{ x } t^2)]$

Burada;

Fmax = En büyük kuvvet (N)

l = Dayanaklar arası mesafe (mm)

b = Numunenin genişliği (mm)

t = Levha kalınlığı (mm)

şeklinde adlandırılmaktadır.

3.2.3.2. Elastikiye Modülü

Elastikiye modülü gerilim ile genleşme arasındaki tam kısım olarak tanımlanır.

Yongalevhaların elastikiyet modülünün belirlenmesi, TS EN 310 (1999) standardına göre gerçekleştirilmiştir.

Elastikiyet modülü deneyi örneklerinin genişliği 50 mm, uzunluğu ise dayanaklar arası mesafenin 50 mm fazlası olacak şekilde ayarlanmıştır.

Deney örneklerinin kalınlıkları ve genişlikleri bilgisayar kontrollü mekanik test cihazına entegre olan hassas ekipmanlarla ölçülmüştür.

Sandviç levhaların elastikiyet modülü deneyleri, Starwood Orman Ürünleri A.Ş.'nin İnegöl'deki tesislerinde yer alan "Kalite Laboratuvarında" bulunan bilgisayar kontrollü mekanik test cihazında (IMAL Testing Machine, Italy) yapılmıştır.

Az bir kuvvetle kırılmadan iyi ölçülebilir bir eğilme elde etmek için mesnet açıklığı levha kalınlığının en az 20 katı olarak ayarlanmıştır. Deney numunelerinin toplam uzunluğuna 50 mm daha ilave edilmiştir. Genişlik her levha kalınlığı içim 50 mm olarak seçilmiştir.

Elastikiyet modülü aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$Em = \frac{l13 \text{ x } (F2 - F1)}{4 \text{ x } b \text{ x } t3 \text{ x } (a2 - a1)} \times 100 \qquad (3.5)$$

$Em = [\ l1^3 \text{ x } (F2 - F1)\ ] / [4 \text{ x } b \text{ x } t^3 \text{ x } (a2 - a1)]$

Burada;

l = Dayanaklar arası mesafe (mm)

b = Numune genişliği (mm)

t = Levha kalınlığı (mm)

$\Delta F = (F_2 - F_1)$ = Yük-deformasyon grafiği oranlılık bölgesindeki yük artışı F_1 = Maksimum kuvvetin %10'u

F_2 = Maksimum kuvvetin %40'ı

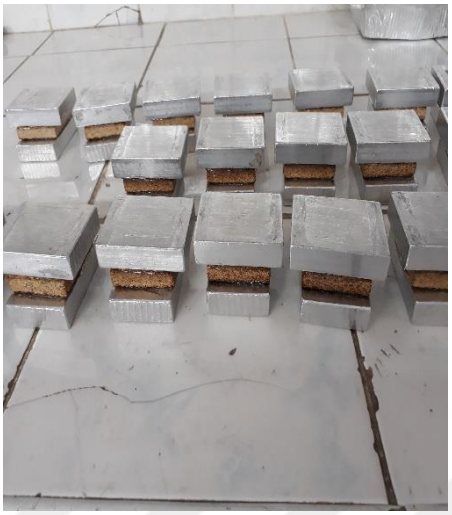
$\Delta a = (a_2 - a_1) = F_2 - F_1$ kuvvet artışları nedeniyle deney numunesi uzunluğunun ortasında meydana gelen deformasyon artışı olarak ifade edilmektedir.

3.2.3.3. Yapışma Direnci

Yongalevhaların yapışma dirençleri TS EN 319 (1999) standardına göre gerçekleştirilmiştir.

Yongalevha yapışma direnci deneyi numunelerinin boyutları 50 mm × 50 mm × levha kalınlığıdır. Her bir levha grubundan en az 15 adet numune hazırlanmıştır. Deney numunelerinin kalınlıkları 0.001 mm hassasiyete sahip dijital mikrometre, Genişlikleri ise 0.01 mm hassasiyette bulunan dijital kumpasla ölçülmüştür.

Deney blokları metalden, özel olarak üretilmiştir. Deney numuneleri metal bloklara hot-melt tutkalı ile yapıştırılmıştır. Bu işlem Şekil 3.13'de gösterilmektedir.



Şekil 3.13: Deney numunelerinin metal bloklara yapıştırılması (Foto: Yıldırım, M).

Şekil 3.14'de yongalevhalarda yapışma deneyinin yapılışı görülmektedir.



Şekil 3.14: Yapışma deneyinin yapılışı (Foto: Yıldırım, M).

Deney numuneleri test makinesinin kavrama çenelerine yerleştirilmiştir. Her bir deneme numunesinin kopması için uygulanan en büyük kuvvet, kopmanın biçimi ve numunedeki yeri belirlenir. Numunelerin orta kısımlarından kopması gerekir.

Deney numunesinin yüzeyine uygulanan maksimum çekme kuvvetinin, örneğin yüzey alanına oranı yardımıyla yapışma direnci hesaplanmaktadır.

Yongalevhalarda yapılan yapışma direnci aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$Ft1 = \frac{Fmax}{a.b} \tag{3.6}$$

Ft_1 = [Fmax / a.b]

Burada;

Fmax = Kopma Yükü (N)

a = Uzunluk (mm)

b = Genişlik (mm)

Bir levha grubunun ortalama yapışma direnci, gruptaki her bir deney numunesi için bulunan değerlerin aritmetik ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

3.2.4. Serbest Formaldehit Miktarının Tayini

Bu çalışma kapsamında tutkalın formaldehit emisyonu üzerine borik asit, boraks ve nanoselülozun etkisini ortaya koymanın kimyasal açıdan en etkin yollarından biri, tutkal formülasyonunda diğer bileşenlerle reaksiyona girmemiş durumda bulunan serbest formaldehit miktarının titrimetrik olarak belirlenmesidir. Dünya'da bu konuda öncü bilim adamları tarafından yapılan çok sayıdaki çalışmada, tutkalın serbest formaldehit miktarı EN ISO 9397-1997 (EN ISO 9397-1997 Plastics-Phenolic Resins-Determination of Free-formaldehyde Content-Hydroxlamine Hydrochloride Method) standardına göre belirlendiği için bu çalışmada ilgili yöntem esas alınmıştır. Hidroksilamin hidroklorür metoduna göre tutkal, metanolde çözüldükten sonra pH'ı 3.5'a ayarlanmıştır. pH 3.5'a sabitlendikten hidroksilamin hidroklorür

eklenmiştir. Ardından çözelti standart NaOH çözeltisi ile titre edilmiştir. Elde edilen sarfiyat gidilerek tutkaldaki serbest formaldehit miktarı belirlenmiştir.

3.2.5. Yanma Direnci

Yongalevhaların yanma direncinin belirlenmesi ISO 13927 (2001) standardına göre yapılmıştır. Bu kapsamda yanma deneyleri İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü Orman Biyolojisi ve Odun Koruma Teknolojisi Anabilim Dalı'nda yer alan Prof. Dr. A. Yılmaz Bozkurt Ağaç Malzeme Yanma Test ve Analiz Laboratuvarı'ndaki Kütle Kaybı Kalorimetresi – MLC (FTT Fire Testing Technology Ltd, United Kingdom) cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Yanma test cihazının genel görünümü, Şekil 3.15'de gösterilmektedir.



Şekil 3.15: Yanma test cihazının genel görünümü (Foto: Yıldırım, M).

Yongalevhaların yanma dirençlerinin tespitinde kullanılan örneklerin boyutları 100 mm x 100 mm x levha kalınlığıdır. Alüminyum folyoya sarılan deney numuneleri, aparata yerleştirilmiştir.

Deney numunesinin aparata yerleştiriliş işlemi Şekil 3.16'da gösterilmektedir.



Şekil 3.16: Deney örneğinin alüminyum folyoya sarılıp test haznesine yerleştirilmesi (Foto: Yıldırım, M).

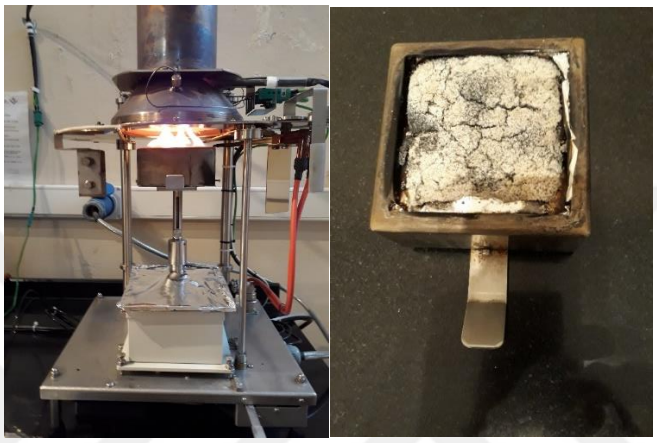
Deney numunesini test haznesine yerleştirildikten sonra, cihazının terazi kısmının üstüne yerleştirilmiştir. Kıvılcım üreten aparat hareket ettirilmiş ve örneğin üzerine gelecek şekilde ayarlanmıştır. Kıvılcım aparatının kıvılcım oluşturması sağlanarak deney başlatılmış ve tutuşmanın meydana geldiği zaman tutuşma süresi olarak kaydedilmiştir. Alev kaynağının örneğin yüzeyine maruz bırakılması sağlanmıştır. Bu süre zarfında cihaza bağlı bilgisayar tarafından örneğin zamana bağlı ağırlık kaybı verileri kaydedilmiştir.

Yanma cihazına yerleştirilen deney numunesi, Şekil 3.17'de gösterilmektedir.



Şekil 3.17: Yanma test cihazına yerleştirilmiş numune (Foto: Yıldırım, M).

Cihazın terazisi ile numunenin ilk ağırlığı kaydedilmiştir. Ateşleme yapılarak alev kaynağının çalışır hale getirilmesi sağlanarak deney başlatılmıştır. Deney süresince örneğin yüzeyine 724°C sabit bir sıcaklık uygulanmıştır. Deneyin bitmesi ile deney numunesinin son ağırlığı kaydedilmiştir. Bunun sonucunda zamana bağlı ağırlık kayıpları belirlenmiştir. Ahşap kompozit levhaların yanma direncinin belirlenmesinde kullanılan cihaz, alev kaynağının uygulanması ve deney sonundaki yanmış örnek, Şekil 3.18'de gösterilmektedir.



Şekil 3.18: Yanma direnci deneyinin yapılışı (Foto: Yıldırım, M).

3.3. İSTATİSTİKSEL ANALİZ YÖNTEMLERİ

Test ve analizler sonucunda elde edilen bütün sayısal değerler istatistiki olarak yorumlanmıştır.

Yongalevhalar üzerinde yapılan deneyler sonucunda elde edilen sayısal veriler, IBM SPSS Statistics 25 isimli istatistik programı kullanılarak bilgisayar ortamında çözümlenmiş ve yorumları yapılmıştır.

İlk önce ilgili gruplara ait sayısal verilerin tanımlayıcı istatistik değerleri hesaplanmıştır. Bununla ilgili ortalama değerler tablolar halinde gösterilmiştir. Yapılan analizlerde güven düzeyi %95 olarak alınmıştır.

Daha sonra gruplar arasında aynı özellik için fark olup olmadığını tespit etmek amacıyla iki yönlü varyans analizi yapılmıştır. Böylece nanaselüloz oranının ve bor bileşikleri çeşidinin hem de bu iki faktörün kombine olarak yongalevhanın performans özellikleri üzerine etkileri ayrı ayrı hesaplanmıştır.

4. BULGULAR

Nanoselüloz, borik asit ve boraks bileşikleri ve kullanım oranının yongalevhaların fiziksel, mekanik, serbest formaldehit miktarı, yanma direnci özellikleri üzerinde etkisini tespit etmek amacıyla üretilen yongalevhalarda yapılan deneylerin sonuçları değerlendirilmiştir. Sonuçlar tablo, şekil ve grafikler yardımıyla bu kısımda ayrıntılı bir şekilde açıklanmaktadır.

4.1. YOĞUNLUK

Yongalevha gruplarına ait aritmetik ortalama (X) değerleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 4.1: Yongalevha gruplarının yoğunluk değerleri.

Grup Numarası	Nanoselüloz Oranı (%)	Borik Asit Oranı (%)	Boraks Oranı (%)	Yoğunluk (g/cm^3)
1	0	0	0	0.60
2	1	1	0	0.48
3	1	3	0	0.51
4	1	5	0	0.61
5	1	0	1	0.53
6	1	0	3	0.56
7	1	0	5	0.56
8	3	1	0	0.52
9	3	3	0	0.52
10	3	5	0	0.52
11	3	0	1	0.49
12	3	0	3	0.49
13	3	0	5	0.52

Tablo 4.1'den görüleceği üzere yongalevhaların yoğunluk değerleri 0.48 g/cm^3 ile 0.61 g/cm^3 arasında değişim göstermektedir. Bu küçük farklılıklar üretim esnasında kontrol edilemeyen sebeplerden kaynaklanmaktadır.

4.2. KALINLIĞINA ŞİŞME MİKTARI

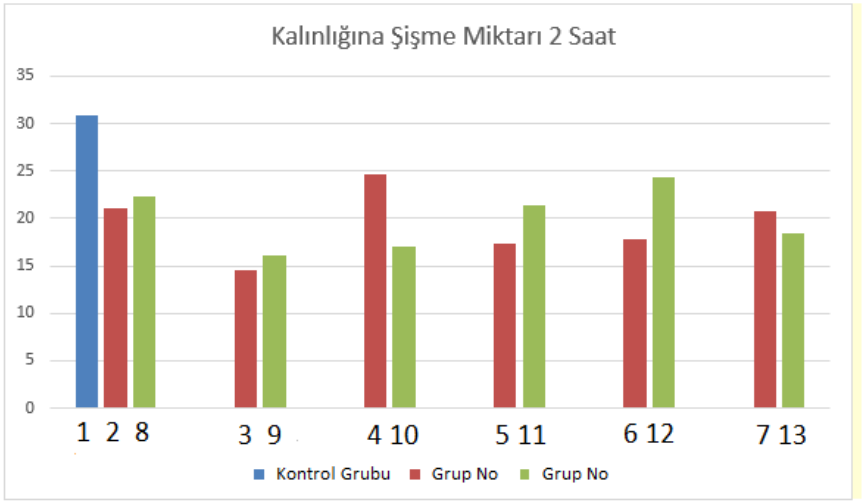
Yongalevhaların 2 saat ve 24 saat suda bekletme sonucu kalınlığına şişme değerleri üzerine nanoselüloz, borik asit ve boraks kullanım oranının etkileri incelenmiştir. Bütün levha gruplarının suda bekletme sonucu kalınlığına şişme miktarı ile ilgili aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri tablo 4.2'de sunulmuştur.

Tablo 4.2: Yongalevha gruplarının kalınlığına şişme değerleri.

Grup Numarası	Nanoselüloz Oranı (%)	Borik Asit Oranı (%)	Boraks Oranı (%)	Aritmetik Ortalama 2 Saat (%)	Aritmetik Ortalama 24 Saat (%)	Standart Sapma 2 Saat	Standart Sapma 24 Saat
1	0	0	0	30.94	35.15	3.75	4.20
2	1	1	0	21.08	23.03	3.24	3.44
3	1	3	0	14.52	15.00	2.41	1.82
4	1	5	0	24.59	25.12	6.73	6.08
5	1	0	1	17.36	18.29	1.83	1.64
6	1	0	3	17.83	19.39	1.70	1.87
7	1	0	5	20.83	22.89	2.99	2.64
8	3	1	0	22.35	24.61	4.19	4.18
9	3	3	0	16.07	19.20	1.90	2.09
10	3	5	0	17.00	19.35	1.63	1.79
11	3	0	1	21.43	25.21	3.07	3.59
12	3	0	3	24.34	27.23	3.76	3.94
13	3	0	5	18.41	21.12	2.38	2.67

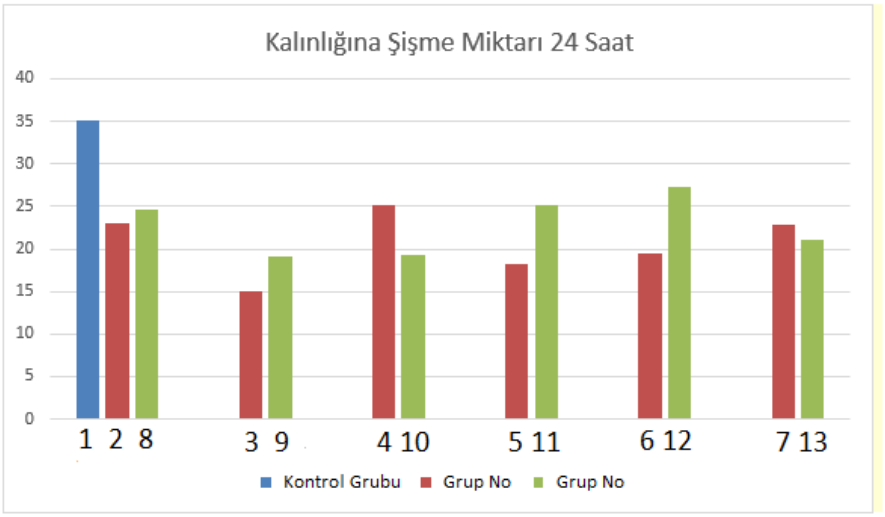
Tablo 4.2'den görüleceği üzere yongalevhaların 2 saat suda bekleme sonucu kalınlığına şişme değerleri %14.52 ile %30.94 arasında, 24 saat suda bekleme sonucu kalınlığına şişme değerleri ise %15.00 ile %35.15 arasında değişim göstermektedir.

Yongalevhaların 2 saat suda bekleme sonucu kalınlığına şişme değerlerinin grafiksel gösterimi, Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1: Yongalevha gruplarının 2 saat sonunda kalınlığına şişme değerlerinin grafiksel gösterimi.

Yongalevhaların 24 saat suda bekleme sonucu kalınlığına şişme değerleri değerlerinin grafiksel gösterimi, Şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.2: Yongalevha gruplarının 24 saat sonunda kalınlığına şişme değerlerinin grafiksel gösterimi.

Yongalevhaların 2 saat sonunda kalınlığına şişme miktarı sonuçlarına ait tanımlayıcı istatistik değerler tablo 4.3'de verilmiştir.

Tablo 4.3: Yongalevhaların 2 saat sonunda kalınlığına şişme miktarlarına ait tanımlayıcı istatistik değerler.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: Kalınlığına Şişme Miktarı 2 Saat

Nanoselüloz	BA	BX	ORT	Standart Sapma	N
,00	,00	,00	30,9367	3,74593	15
		Total	30,9367	3,74593	15
	Total	,00	30,9367	3,74593	15
		Total	30,9367	3,74593	15
1,00	,00	1,00	17,3560	1,83102	15
		3,00	17,8313	1,70328	15
		5,00	20,8307	2,99186	15
		Total	18,6727	2,69405	45
	1,00	,00	21,0820	3,23955	15
		Total	21,0820	3,23955	15
	3,00	,00	14,5233	2,40762	15
		Total	14,5233	2,40762	15
	5,00	,00	24,5913	6,73310	15
		Total	24,5913	6,73310	15
	Total	,00	20,0656	6,11675	45
		1,00	17,3560	1,83102	15
		3,00	17,8313	1,70328	15
		5,00	20,8307	2,99186	15
		Total	19,3691	4,75140	90
3,00	,00	1,00	21,4320	3,06878	15
		3,00	24,3413	3,75648	15
		5,00	18,4120	2,38291	15
		Total	21,3951	3,90979	45
	1,00	,00	22,3473	4,18923	15
		Total	22,3473	4,18923	15
	3,00	,00	16,0740	1,89928	15
		Total	16,0740	1,89928	15
	5,00	,00	16,9960	1,63353	15
		Total	16,9960	1,63353	15

	Total	,00	18,4724	3,92475	45
		1,00	21,4320	3,06878	15
		3,00	24,3413	3,75648	15
		5,00	18,4120	2,38291	15
		Total	19,9338	4,16319	90
Total	,00	,00	30,9367	3,74593	15
		1,00	19,3940	3,23443	30
		3,00	21,0863	4,37872	30
		5,00	19,6213	2,92838	30
		Total	21,5914	5,26554	105
	1,00	,00	21,7147	3,73533	30
		Total	21,7147	3,73533	30
	3,00	,00	15,2987	2,27194	30
		Total	15,2987	2,27194	30
	5,00	,00	20,7937	6,17199	30
		Total	20,7937	6,17199	30
	Total	,00	20,9358	6,45089	105
		1,00	19,3940	3,23443	30
		3,00	21,0863	4,37872	30
		5,00	19,6213	2,92838	30
		Total	20,5195	5,33709	195

2 saat sonunda kalınlığına şişme miktarı üzerine nanoselüloz, bor bileşiği çeşidi ve kullanım oranları ve bu iki faktörün kombine olarak etkili olup olmadığını tespit etmek amacıyla yongalevha grupları iki yönlü varyans analizi (Two-Way ANOVA) ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar tablo 4.4'de verilmiştir.

Tablo 4.4: Yongalevhaların 2 saat sonunda kalınlığına şişme değerlerine ait iki yönlü varyans analizi.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Kalınlığına Şişme Miktarı 2 Saat

Kaynak	Type III Kareler Toplamı	sd	Ortalama Kare	F	p	Kısmi Eta Kare
Corrected Model	3511,463[a]	12	292,622	26,436	,000	,635
Intercept	83841,522	1	83841,522	7574,539	,000	,977
Nanoselüloz	14,348	1	14,348	1,296	,256	,007
BorikAsit	722,083	2	361,042	32,618	,000	,264
Boraks	50,619	2	25,309	2,287	,105	,025
Nanoselüloz * BorikAsit	405,605	2	202,803	18,322	,000	,168
Nanoselüloz * Boraks	319,565	2	159,783	14,435	,000	,137
BorikAsit * Boraks	,000	0	.	.	.	,000
Nanoselüloz * BorikAsit * Boraks	,000	0	.	.	.	,000
Error	2014,533	182	11,069			
Total	87631,030	195				
Corrected Total	5525,996	194				

a. R Squared = ,635 (Adjusted R Squared = ,611)

Yapılan iki yönlü varyans analizi sonucunda nanoselüloz oranı için F değeri 1,296 olarak bulunmuştur. 1,296 değeri, F tablosundan alınan değerden küçük olduğundan dolayı %95 güven düzeyinde ilgili levha grupları arasında kalınlığına şişme miktarı bakımından anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Borik Asit oranı için F değeri 32,618 olarak bulunmuştur. 32,618 değeri, F tablosundan alınan değerden büyük olduğundan dolayı %95 güven düzeyinde ilgili levha grupları arasında kalınlığına şişme miktarı bakımından anlamlı bir farklılık bulunmuştur. Boraks için F değeri 2,287 olarak bulunmuştur. 2,287 değeri, F tablosundan alınan değerden küçük olduğundan dolayı %95 güven düzeyinde ilgili levha grupları arasında kalınlığına şişme miktarı bakımından anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Nanoselüloz-Borik Asit için F değeri 18,322 olarak bulunmuştur. 18,322 değeri, F tablosundan alınan değerden büyük olduğundan dolayı %95 güven düzeyinde ilgili levha grupları arasında kalınlığına şişme miktarı bakımından anlamlı bir farklılık bulunmuştur.

Nanoselüloz-Boraks için F değeri 14,435 olarak bulunmuştur. 14,435 değeri, F tablosundan alınan değerden büyük olduğundan dolayı %95 güven düzeyinde ilgili levha grupları arasında kalınlığına şişme miktarı bakımından anlamlı bir farklılık bulunmuştur.

Farklılık gösteren grup veya grupları belirlemek ve birbirinden farklı ve eşit kabul edilebilecek alt grupları tespit etmek için levha gruplarına ait ortalamalar Tukey Testi, Duncan Testi ve Scheffe Testi ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar tablo 4.5'de sunulmuştur.

Tablo 4.5: Yongalevhaların 2 saat sonunda kalınlığına şişme değerlerine ait tukey, duncan ve scheffe testlerinin sonuçları.

			Subset	
	Nanoselüloz	N	1	2
Tukey HSD[a,b,c]	1,00	90	19,3691	
	3,00	90	19,9338	
	,00	15		30,9367
	Sig.		,765	1,000
Duncan[a,b,c]	1,00	90	19,3691	
	3,00	90	19,9338	
	,00	15		30,9367
	Sig.		,487	1,000
Scheffe[a,b,c]	1,00	90	19,3691	
	3,00	90	19,9338	
	,00	15		30,9367
	Sig.		,784	1,000

Nanoselüloz oranının yongalevhaların 2 saat sonunda kalınlığına şişme değeri üzerine etkisini incelemek için yapılan Duncan testinin sonuçlarına göre %1 ve %3 nanoselüloz kullanılarak üretilen levha grupları arasında %95 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olmadığı, kontrol (nanoselüloz kullanım oranı = %0) grubu arasında ise anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir. Scheffe ve Tukey testinin sonuçları da Duncan testi ile benzerlik arz ettiği görülmektedir.

	BorikAsit	N	Subset 1	Subset 2
Tukey HSD[a,b,c]	3,00	30	15,2987	
	5,00	30		20,7937
	,00	105		21,5914
	1,00	30		21,7147
	Sig.		1,000	,638
Duncan[a,b,c]	3,00	30	15,2987	
	5,00	30		20,7937
	,00	105		21,5914
	1,00	30		21,7147
	Sig.		1,000	,268
Scheffe[a,b,c]	3,00	30	15,2987	
	5,00	30		20,7937
	,00	105		21,5914
	1,00	30		21,7147
	Sig.		1,000	,706

Borik Asit oranının yongalevhaların 2 saat sonunda kalınlığına şişme değeri üzerine etkisini incelemek için yapılan Duncan testinin sonuçlarına göre kontrol grubu levhaları (nanoselüloz kullanım oranı = %0), %1 ve %5 borik asit kullanılarak üretilen levha grupları arasında %95 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olmadığı, diğer levha grubu arasında ise anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir. Scheffe ve Tukey testinin sonuçları da Duncan testi ile benzerlik arz ettiği görülmektedir.

	Boraks	N	Subset 1	Subset 2
Tukey HSD[a,b,c]	1,00	30	19,3940	
	5,00	30	19,6213	
	,00	105	20,9358	
	3,00	30	21,0863	
	Sig.		,135	
Duncan[a,b,c]	1,00	30	19,3940	
	5,00	30	19,6213	19,6213
	,00	105	20,9358	20,9358
	3,00	30		21,0863
	Sig.		,062	,076
Scheffe[a,b,c]	1,00	30	19,3940	
	5,00	30	19,6213	
	,00	105	20,9358	
	3,00	30	21,0863	
	Sig.		,197	

Boraks oranının yongalevhaların 2 saat sonunda kalınlığına şişme değeri üzerine etkisini incelemek için yapılan Duncan testinin sonuçlarına göre %1 ve %3 boraks kullanılarak üretilen levha grupları arasında anlamlı bir farklılık olduğu, kontrol grubu levhaları (boraks kullanım oranı = %0) ve %5 boraks kullanılarak üretilen levha grubunun ise her iki homojen alt grup içinde yer aldığı görülmektedir. Scheffe sonuçlarına göre levha grupları arasında %95 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Bu durumda sadece bir homojen alt grubun oluşmuştur. Tukey testinin sonuçları da Scheffe testi ile benzerlik arz ettiği görülmektedir.

Yongalevhaların 24 saat sonunda kalınlığına şişme miktarı sonuçlarına ait tanımlayıcı istatistik değerler tablo 4.6'da sunulmuştur.

Tablo 4.6: Yongalevhaların 24 saat sonunda kalınlığına şişme miktarlarına ait tanımlayıcı istatistik değerler.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: Kalınlığına Şişme Miktarı 24 Saat

Nanoselüloz	BA	BX	ORT	Standart Sapma	N
,00	,00	,00	35,1527	4,19963	15
		Total	35,1527	4,19963	15
	Total	,00	35,1527	4,19963	15
		Total	35,1527	4,19963	15
1,00	,00	1,00	18,2920	1,64354	15
		3,00	19,3893	1,87383	15
		5,00	22,8913	2,64132	15
		Total	20,1909	2,85146	45
	1,00	,00	23,0307	3,43988	15
		Total	23,0307	3,43988	15
	3,00	,00	14,9953	1,82212	15
		Total	14,9953	1,82212	15
	5,00	,00	25,1247	6,08247	15
		Total	25,1247	6,08247	15
	Total	,00	21,0502	6,00732	45
		1,00	18,2920	1,64354	15
		3,00	19,3893	1,87383	15
		5,00	22,8913	2,64132	15
		Total	20,6206	4,69549	90
3,00	,00	1,00	25,2133	3,58515	15
		3,00	27,2253	3,94381	15
		5,00	21,1207	2,67074	15
		Total	24,5198	4,23160	45
	1,00	,00	24,6133	4,18222	15
		Total	24,6133	4,18222	15
	3,00	,00	19,1973	2,09430	15
		Total	19,1973	2,09430	15
	5,00	,00	19,3467	1,79129	15
		Total	19,3467	1,79129	15

	Total	,00	21,0524	3,80390	45
		1,00	25,2133	3,58515	15
		3,00	27,2253	3,94381	15
		5,00	21,1207	2,67074	15
		Total	22,7861	4,36412	90
Total	,00	,00	35,1527	4,19963	15
		1,00	21,7527	4,46075	30
		3,00	23,3073	5,00837	30
		5,00	22,0060	2,76085	30
		Total	24,1835	6,13927	105
	1,00	,00	23,8220	3,84761	30
		Total	23,8220	3,84761	30
	3,00	,00	17,0963	2,87865	30
		Total	17,0963	2,87865	30
	5,00	,00	22,2357	5,29561	30
		Total	22,2357	5,29561	30
	Total	,00	23,0658	6,95318	105
		1,00	21,7527	4,46075	30
		3,00	23,3073	5,00837	30
		5,00	22,0060	2,76085	30
		Total	22,7379	5,84146	195

24 saat sonunda kalınlığına şişme miktarı üzerine nanoselüloz, bor bileşiği çeşidi ve kullanım oranları ve bu iki faktörün kombine olarak etkili olup olmadığını tespit etmek amacıyla yongalevha grupları iki yönlü varyans analizi (Two-Way ANOVA) ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar tablo 4.7'de verilmiştir.

Tablo 4.7: Yongalevhaların 24 saat sonunda kalınlığına şişme değerlerine ait iki yönlü varyans analizi.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Kalınlığına Şişme Miktarı 24 Saat

Kaynak	Type III Kareler Toplamı	sd	Ortalama Kare	F	p	Kısmi Eta Kare
Corrected Model	4609,383[a]	12	384,115	34,773	,000	,696
Intercept	103236,655	1	103236,655	9345,887	,000	,981
Nanoselüloz	211,033	1	211,033	19,105	,000	,095
BorikAsit	741,638	2	370,819	33,570	,000	,269
Boraks	41,746	2	20,873	1,890	,154	,020
Nanoselüloz * BorikAsit	401,602	2	200,801	18,178	,000	,167
Nanoselüloz * Boraks	421,689	2	210,844	19,087	,000	,173
BorikAsit * Boraks	,000	0	.	.	.	,000
Nanoselüloz * BorikAsit * Boraks	,000	0	.	.	.	,000
Error	2010,411	182	11,046			
Total	107437,130	195				
Corrected Total	6619,794	194				

a. R Squared = ,696 (Adjusted R Squared = ,676)

Yapılan iki yönlü varyans analizi sonucunda nanoselüloz oranı için F değeri 19,105 olarak bulunmuştur. 19,105 değeri, F tablosundan alınan değerden büyük olduğundan dolayı %95 güven düzeyinde ilgili levha grupları arasında kalınlığına şişme miktarı bakımından anlamlı bir farklılık bulunmuştur. Borik Asit oranı için F değeri 33,570 olarak bulunmuştur. 33,570 değeri, F tablosundan alınan değerden büyük olduğundan dolayı %95 güven düzeyinde ilgili levha grupları arasında kalınlığına şişme miktarı bakımından anlamlı bir farklılık bulunmuştur. Boraks için F değeri 1,890 olarak bulunmuştur. 1,890 değeri, F tablosundan alınan değerden küçük olduğundan dolayı %95 güven düzeyinde ilgili levha grupları arasında kalınlığına şişme miktarı bakımından anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Nanoselüloz-Borik Asit için F değeri 18,178 olarak bulunmuştur. 18,178 değeri, F tablosundan alınan değerden büyük olduğundan dolayı %95 güven düzeyinde ilgili levha grupları arasında kalınlığına şişme miktarı bakımından anlamlı bir farklılık bulunmuştur.

Nanoselüloz-Boraks için F değeri 19,087 olarak bulunmuştur. 19,087 değeri, F tablosundan alınan değerden büyük olduğundan dolayı %95 güven düzeyinde ilgili levha grupları arasında kalınlığına şişme miktarı bakımından anlamlı bir farklılık bulunmuştur.

Farklılık gösteren grup veya grupları belirlemek ve birbirinden farklı ve eşit kabul edilebilecek alt grupları tespit etmek için levha gruplarına ait ortalamalar Tukey Testi, Duncan Testi ve Scheffe Testi ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar tablo 4.8'de sunulmuştur.

Tablo 4.8: Yongalevhaların 24 saat sonunda kalınlığına şişme değerlerine ait tukey, duncan ve scheffe testlerinin sonuçları.

			Subset		
	Nanoselüloz	N	1	2	3
Tukey HSD[a,b,c]	1,00	90	20,6206		
	3,00	90		22,7861	
	,00	15			35,1527
	Sig.		1,000	1,000	1,000
Duncan[a,b,c]	1,00	90	20,6206		
	3,00	90		22,7861	
	,00	15			35,1527
	Sig.		1,000	1,000	1,000
Scheffe[a,b,c]	1,00	90	20,6206		
	3,00	90		22,7861	
	,00	15			35,1527
	Sig.		1,000	1,000	1,000

Nanoselüloz oranının yongalevhaların 24 saat sonunda kalınlığına şişme değerleri üzerine etkisini incelemek için yapılan Duncan testinin sonuçlarına göre levha grupları arasında %95 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda üç homojen alt grup oluşmuştur. Scheffe ve Tukey testinin sonuçları da Duncan testi ile benzerlik arz ettiği görülmektedir.

	BorikAsit	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
Tukey HSD[a,b,c]	3,00	30	17,0963		
	5,00	30		22,2357	
	1,00	30		23,8220	
	,00	105		24,1835	
	Sig.		1,000	,063	
Duncan[a,b,c]	3,00	30	17,0963		
	5,00	30		22,2357	
	1,00	30			23,8220
	,00	105			24,1835
	Sig.		1,000	1,000	,643
Scheffe[a,b,c]	3,00	30	17,0963		
	5,00	30		22,2357	
	1,00	30		23,8220	
	,00	105		24,1835	
	Sig.		1,000	,103	

Borik Asit oranının yongalevhaların 24 saat sonunda kalınlığına şişme değerleri üzerine etkisini incelemek için yapılan Duncan testinin sonuçlarına göre göre levha grupları arasında %95 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda üç homojen alt grup oluşmuştur. Scheffe testinin sonuçlarına göre kontrol grubu levhaları (borik asit kullanım oranı = %0) ile %1 ve %5 borik asit kullanılarak üretilen levha grupları arasında %95 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olmadığı, diğer levha grubu arasında ise anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir. Tukey testinin sonuçlarının da Scheffe testi ile benzerlik arz ettiği görülmektedir.

	Boraks	N	Subset 1
Tukey HSD[a,b,c]	1,00	30	21,7527
	5,00	30	22,0060
	,00	105	23,0658
	3,00	30	23,3073
	Sig.		,192
Duncan[a,b,c]	1,00	30	21,7527
	5,00	30	22,0060
	,00	105	23,0658
	3,00	30	23,3073
	Sig.		,069
Scheffe[a,b,c]	1,00	30	21,7527
	5,00	30	22,0060
	,00	105	23,0658
	3,00	30	23,3073
	Sig.		,265

Boraks oranının yongalevhaların 24 saat sonunda kalınlığına şişme değerleri üzerine etkisini incelemek için yapılan Duncan testinin sonuçlarına göre levha grupları arasında %95 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Bu durumda sadece bir homojen alt grubun oluşmuştur. Scheffe ve Tukey testinin sonuçları da Duncan testi ile benzerlik arz ettiği görülmektedir.

4.3. SU ALMA MİKTARI

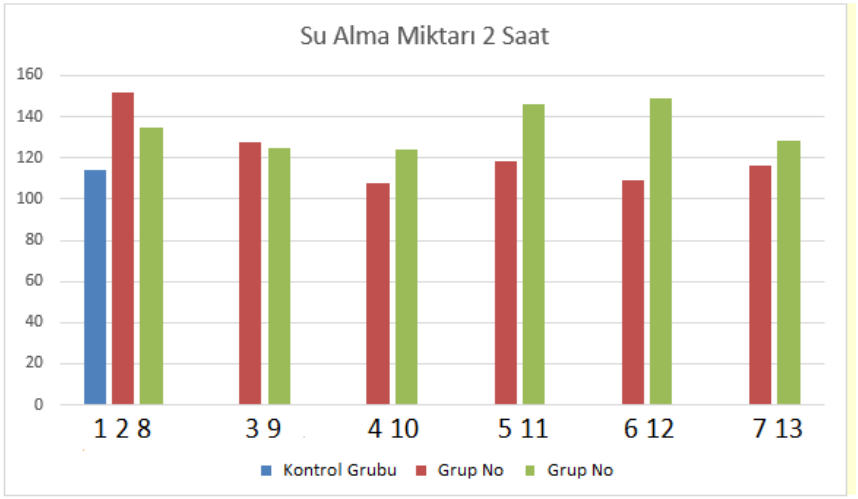
Yongalevha gruplarının suda bekletme sonucu su alma miktarı ile ilgili aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri tablo 4.9'da sunulmuştur.

Tablo 4.9: Yongalevhaların su alma değerleri.

Grup Numarası	Nanoselüloz Oranı (%)	Borik Asit Oranı (%)	Boraks Oranı (%)	Aritmetik Ortalama 2 Saat (%)	Aritmetik Ortalama 24 Saat (%)	Standart Sapma 2 Saat	Standart Sapma 24 Saat
1	0	0	0	113.85	126.04	16.70	16.49
2	1	1	0	151.80	162.83	9.28	9.17
3	1	3	0	127.58	139.53	9.87	9.12
4	1	5	0	107.94	116.51	10.67	13.60
5	1	0	1	118.56	129.51	7.84	7.85
6	1	0	3	108.98	120.49	8.72	8.70
7	1	0	5	116.13	127.28	7.97	8.26
8	3	1	0	134.71	143.49	10.55	10.06
9	3	3	0	124.70	134.97	34.53	35.98
10	3	5	0	124.28	133.41	4.68	4.80
11	3	0	1	145.97	152.16	8.81	7.64
12	3	0	3	149.24	154.99	8.52	9.21
13	3	0	5	128.67	136.07	13.89	13.47

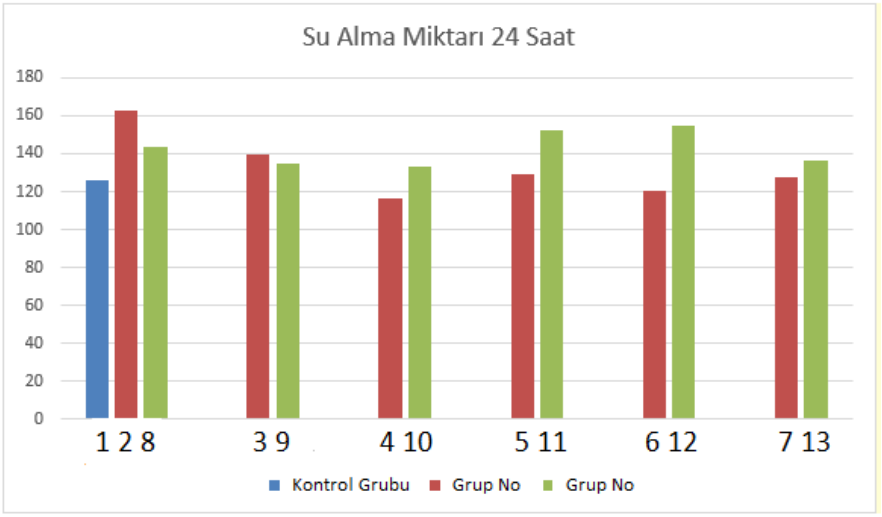
Tablo 4.9'dan görüleceği üzere yongalevhaların 2 saat suda bekleme sonucu su alma değerleri %107.94 ile %151.80 arasında, 24 saat suda bekleme sonucu su alma değerleri ise %116.51 ile %162.83 arasında değişim göstermektedir.

Yongalevhaların 2 saat suda bekleme sonucu su alma değerlerinin grafiksel gösterimi, Şekil 4.3'de verilmiştir.



Şekil 4.3: Yongalevha gruplarının 2 saat sonunda su alma miktarı değerlerinin grafiksel gösterimi.

Yongalevhaların 24 saat suda bekleme sonucu su alma değerlerinin grafiksel gösterimi, Şekil 4.4'de verilmiştir.



Şekil 4.4: Yongalevha gruplarının 24 saat sonunda su alma miktarı değerlerinin grafiksel gösterimi.

Yongalevhaların 2 saat sonunda su alma miktarı sonuçlarına ait tanımlayıcı istatistik değerler Tablo 4.10'da verilmiştir.

Tablo 4.10: Yongalevhaların 2 saat sonunda su alma miktarına ait tanımlayıcı istatistik değerler.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: Su Alma Miktarı 2 Saat

Nanoselüloz	BA	BX	ORT	Standart Sapma	N
,00	,00	,00	113,8507	16,70393	15
		Total	113,8507	16,70393	15
	Total	,00	113,8507	16,70393	15
		Total	113,8507	16,70393	15
1,00	,00	1,00	118,5587	7,83939	15
		3,00	108,9760	8,71970	15
		5,00	116,1333	7,97139	15
		Total	114,5560	8,99386	45
	1,00	,00	151,7967	9,27994	15
		Total	151,7967	9,27994	15
	3,00	,00	127,5787	9,87357	15
		Total	127,5787	9,87357	15
	5,00	,00	107,9400	10,66921	15
		Total	107,9400	10,66921	15
	Total	,00	129,1051	20,58358	45
		1,00	118,5587	7,83939	15
		3,00	108,9760	8,71970	15
		5,00	116,1333	7,97139	15
		Total	121,8306	17,40591	90
3,00	,00	1,00	145,9680	8,81097	15
		3,00	149,2393	8,52230	15
		5,00	128,4647	13,88948	15
		Total	141,2240	13,93801	45
	1,00	,00	134,7080	10,54714	15
		Total	134,7080	10,54714	15
	3,00	,00	124,7020	34,53473	15
		Total	124,7020	34,53473	15
	5,00	,00	124,2807	4,67864	15
		Total	124,2807	4,67864	15

	Total	,00	127,8969	21,10905	45
		1,00	145,9680	8,81097	15
		3,00	149,2393	8,52230	15
		5,00	128,4647	13,88948	15
		Total	134,5604	19,00624	90
Total	,00	,00	113,8507	16,70393	15
		1,00	132,2633	16,16913	30
		3,00	129,1077	22,15914	30
		5,00	122,2990	12,77243	30
		Total	125,8844	18,22641	105
	1,00	,00	143,2523	13,06905	30
		Total	143,2523	13,06905	30
	3,00	,00	126,1403	24,99928	30
		Total	126,1403	24,99928	30
	5,00	,00	116,1103	11,60073	30
		Total	116,1103	11,60073	30
	Total	,00	126,4081	20,78897	105
		1,00	132,2633	16,16913	30
		3,00	129,1077	22,15914	30
		5,00	122,2990	12,77243	30
		Total	127,0921	19,41965	195

2 saat sonunda su alma miktarı üzerine nanoselüloz, bor çeşidi ve kullanım oranları ve bu iki faktörün kombine olarak etkili olup olmadığını tespit etmek amacıyla yongalevha grupları iki yönlü varyans analizi (Two-Way ANOVA) ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar tablo 4.11'de verilmiştir.

Tablo 4.11: Yongalevhaların 2 saat sonunda su alma miktarına ait iki yönlü varyans analizi.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Su Alma 2 Saat

Kaynak	Type III Kareler Toplamı	sd	Ortalama Kare	F	p	Kısmi Eta Kare
Corrected Model	38911,502[a]	12	3242,625	17,231	,000	,532
Intercept	3074840,011	1	3074840,011	16339,152	,000	,989
Nanoselüloz	7292,253	1	7292,253	38,750	,000	,176
BorikAsit	11301,096	2	5650,548	30,026	,000	,248
Boraks	1556,041	2	778,021	4,134	,018	,043
Nanoselüloz * BorikAsit	4222,018	2	2111,009	11,218	,000	,110
Nanoselüloz * Boraks	2931,920	2	1465,960	7,790	,001	,079
BorikAsit * Boraks	,000	0	.	.	.	,000
Nanoselüloz * BorikAsit * Boraks	,000	0	.	.	.	,000
Error	34250,301	182	188,188			
Total	3222877,756	195				
Corrected Total	73161,803	194				

a. R Squared = ,532 (Adjusted R Squared = ,501)

Yapılan iki yönlü varyans analizi sonucunda nanoselüloz oranı için F değeri 38,750 olarak bulunmuştur. 38,750 değeri, F tablosundan alınan değerden büyük olduğundan dolayı %95 güven düzeyinde ilgili levha grupları arasında su alma miktarı bakımından anlamlı bir farklılık bulunmuştur. Borik Asit oranı için F değeri 30,026 olarak bulunmuştur. 30,026 değeri, F tablosundan alınan değerden büyük olduğundan dolayı %95 güven düzeyinde ilgili levha grupları arasında su alma miktarı bakımından anlamlı bir farklılık bulunmuştur. Boraks için F değeri 4,134 olarak bulunmuştur. 4,134 değeri, F tablosundan alınan değerden küçük olduğundan dolayı %95 güven düzeyinde ilgili levha grupları arasında su alma miktarı bakımından anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Nanoselüloz-Borik Asit için F değeri 11,218 olarak bulunmuştur. 11,218 değeri, F tablosundan alınan değerden büyük olduğundan dolayı %95 güven düzeyinde ilgili levha grupları arasında su alma miktarı bakımından anlamlı bir farklılık bulunmuştur. Nanoselüloz-Boraks için F değeri 7,790 olarak bulunmuştur. 7,790 değeri, F tablosundan alınan değerden büyük olduğundan dolayı %95 güven düzeyinde ilgili levha grupları arasında su alma miktarı bakımından anlamlı bir farklılık bulunmuştur.

Farklılık gösteren grup veya grupları belirlemek ve birbirinden farklı ve eşit kabul edilebilecek alt grupları tespit etmek için levha gruplarına ait ortalamalar Duncan Testi ve Scheffe Testi ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar tablo 4.12'de sunulmuştur.

Tablo 4.12: Yongalevhaların 2 saat sonunda su alma miktarına ait tukey, duncan ve scheffe testlerinin sonuçları.

			Subset		
	Nanoselüloz	N	1	2	3
Tukey HSD[a,b,c]	,00	15	113,8507		
	1,00	90		121,8306	
	3,00	90			134,5604
	Sig.		1,000	1,000	1,000
Duncan[a,b,c]	,00	15	113,8507		
	1,00	90		121,8306	
	3,00	90			134,5604
	Sig.		1,000	1,000	1,000
Scheffe[a,b,c]	,00	15	113,8507		
	1,00	90	121,8306		
	3,00	90		134,5604	
	Sig.		,060	1,000	

Nanoselüloz oranının yongalevhaların 2 saat sonunda su alma miktarı üzerine etkisini incelemek için yapılan Duncan testinin sonuçlarına göre levha grupları arasında %95 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda üç homojen alt grup oluşmuştur. Tukey testinin sonuçlarının da Duncan testi ile benzerlik arz ettiği görülmektedir. Scheffe testinin sonuçlarına göre ise kontrol grubu levhaları (nanoselüloz kullanım oranı = %0) ile %1 nanoselüloz kullanılarak üretilen levha grupları arasında %95 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olmadığı, diğer levha grubu arasında ise anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir.

	BorikAsit	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
Tukey HSD[a,b,c]	5,00	30	116,1103		
	,00	105		125,8844	
	3,00	30		126,1403	
	1,00	30			143,2523
	Sig.		1,000	1,000	1,000
Duncan[a,b,c]	5,00	30	116,1103		
	,00	105		125,8844	
	3,00	30		126,1403	
	1,00	30			143,2523
	Sig.		1,000	,937	1,000
Scheffe[a,b,c]	5,00	30	116,1103		
	,00	105		125,8844	
	3,00	30		126,1403	
	1,00	30			143,2523
	Sig.		1,000	1,000	1,000

Borik Asit oranının yongalevhaların 2 saat sonunda su alma miktarı üzerine etkisini incelemek için yapılan Duncan testinin sonuçlarına göre kontrol grubu levhaları (borik asit kullanım oranı = %0) ile %3 borik asit kullanılarak üretilen levha grupları arasında %95 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olmadığı, diğer levha grubu arasında ise anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda üç homojen alt grup oluşmuştur. Scheffe ve Tukey testinin sonuçları da Duncan testi ile benzerlik arz ettiği görülmektedir.

	Boraks	N	Subset 1	Subset 2
Tukey HSD[a,b,c]	5,00	30	122,2990	
	,00	105	126,4081	126,4081
	3,00	30	129,1077	129,1077
	1,00	30		132,2633
	Sig.		,150	,265
Duncan[a,b,c]	5,00	30	122,2990	
	,00	105	126,4081	126,4081
	3,00	30		129,1077
	1,00	30		132,2633
	Sig.		,202	,086
Scheffe[a,b,c]	5,00	30	122,2990	
	,00	105	126,4081	126,4081
	3,00	30	129,1077	129,1077
	1,00	30		132,2633
	Sig.		,216	,347

Boraks oranının yongalevhaların 2 saat sonunda su alma miktarı üzerine etkisini incelemek için yapılan Duncan testinin sonuçlarına göre %1, %3 ve %5 boraks kullanılarak üretilen levha grupları arasında anlamlı bir farklılık olduğu, kontrol grubu levhaları (boraks kullanım oranı = %0) kullanılarak üretilen levha grubunun ise her iki homojen alt grup içinde yer aldığı görülmektedir. Bu durumda iki homojen alt grup oluşmaktadır. Scheffe testinin sonuçlarına göre %1 ve %5 boraks kullanılarak üretilen levha grupları arasında anlamlı bir farklılık olduğu, %0 ve %3 nanoselüloz kullanılarak üretilen levha grubunun ise her iki homojen alt grup içinde yer aldığı görülmektedir. Tukey testinin sonuçları da Scheffe ve testi ile benzerlik arz ettiği görülmektedir.

Yongalevhaların 24 saat sonunda su alma miktarı sonuçlarına ait tanımlayıcı istatistik değerler tablo 4.13'de sunulmuştur.

Tablo 4.13: Yongalevhaların 24 saat sonunda su alma miktarına ait tanımlayıcı istatistik değerler.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: Su Alma Miktarı 24 Saat

Nanoselüloz	BA	BX	ORT	Standart Sapma	N
,00	,00	,00	126,0373	16,49109	15
		Total	126,0373	16,49109	15
	Total	,00	126,0373	16,49109	15
		Total	126,0373	16,49109	15
1,00	,00	1,00	129,5093	7,85446	15
		3,00	120,4873	8,70163	15
		5,00	127,2827	8,25596	15
		Total	125,7598	8,97048	45
	1,00	,00	162,8300	9,16909	15
		Total	162,8300	9,16909	15
	3,00	,00	139,5300	9,12385	15
		Total	139,5300	9,12385	15
	5,00	,00	116,5080	13,59632	15
		Total	116,5080	13,59632	15
	Total	,00	139,6227	21,85886	45
		1,00	129,5093	7,85446	15
		3,00	120,4873	8,70163	15
		5,00	127,2827	8,25596	15
		Total	132,6912	18,01632	90
3,00	,00	1,00	152,1567	7,64335	15
		3,00	154,9860	9,20753	15
		5,00	136,0693	13,46792	15
		Total	147,7373	13,20074	45
	1,00	,00	143,4880	10,06468	15
		Total	143,4880	10,06468	15
	3,00	,00	134,9693	35,98218	15
		Total	134,9693	35,98218	15
	5,00	,00	133,4120	4,79720	15
		Total	133,4120	4,79720	15

	Total	,00	137,2898	21,71561	45
		1,00	152,1567	7,64335	15
		3,00	154,9860	9,20753	15
		5,00	136,0693	13,46792	15
		Total	142,5136	18,62471	90
Total	,00	,00	126,0373	16,49109	15
		1,00	140,8330	13,80698	30
		3,00	137,7367	19,62857	30
		5,00	131,6760	11,85062	30
		Total	135,2184	16,21916	105
	1,00	,00	153,1590	13,64706	30
		Total	153,1590	13,64706	30
	3,00	,00	137,2497	25,89599	30
		Total	137,2497	25,89599	30
	5,00	,00	124,9600	13,20046	30
		Total	124,9600	13,20046	30
	Total	,00	136,6821	21,41292	105
		1,00	140,8330	13,80698	30
		3,00	137,7367	19,62857	30
		5,00	131,6760	11,85062	30
		Total	136,7128	18,96300	195

24 saat sonunda su alma miktarı üzerine nanoselüloz, bor bileşiği çeşidi ve kullanım oranları ve bu iki faktörün kombine olarak etkili olup olmadığını tespit etmek amacıyla yongalevha grupları iki yönlü varyans analizi (Two-Way ANOVA) ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar tablo 4.14'de verilmiştir.

Tablo 4.14: Yongalevhaların 24 saat sonunda su alma miktarına ait iki yönlü varyans analizi.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Su Alma Miktarı 24 Saat

Kaynak	Type III Kareler Toplamı	sd	Ortalama Kare	F	p	Kısmi Eta Kare
Corrected Model	33735,039[a]	12	2811,253	14,202	,000	,484
Intercept	3564892,268	1	3564892,268	18009,288	,000	,990
Nanoselüloz	4341,520	1	4341,520	21,933	,000	,108
BorikAsit	11993,264	2	5996,632	30,294	,000	,250
Boraks	1301,696	2	650,848	3,288	,040	,035
Nanoselüloz * BorikAsit	4982,481	2	2491,240	12,585	,000	,121
Nanoselüloz * Boraks	2484,198	2	1242,099	6,275	,002	,065
BorikAsit * Boraks	,000	0	.	.	.	,000
Nanoselüloz * BorikAsit * Boraks	,000	0	.	.	.	,000
Error	36026,432	182	197,947			
Total	3714385,818	195				
Corrected Total	69761,471	194				

a. R Squared = ,484 (Adjusted R Squared = ,450)

Yapılan iki yönlü varyans analizi sonucunda nanoselüloz oranı için F değeri 21,933 olarak bulunmuştur. 21,933 değeri, F tablosundan alınan değerden büyük olduğundan dolayı %95 güven düzeyinde ilgili levha grupları arasında su alma miktarı bakımından anlamlı bir farklılık bulunmuştur. Borik Asit oranı için F değeri 30,294 olarak bulunmuştur. 30,294 değeri, F tablosundan alınan değerden büyük olduğundan dolayı %95 güven düzeyinde ilgili levha grupları arasında su alma miktarı bakımından anlamlı bir farklılık bulunmuştur. Boraks için F değeri 3,288 olarak bulunmuştur. 3,288 değeri, F tablosundan alınan değerden küçük olduğundan dolayı %95 güven düzeyinde ilgili levha grupları arasında su alma miktarı bakımından anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Nanoselüloz-Borik Asit için F değeri 12,585 olarak bulunmuştur. 12,585 değeri, F tablosundan alınan değerden büyük olduğundan dolayı %95 güven düzeyinde ilgili levha grupları arasında su alma miktarı bakımından anlamlı bir farklılık bulunmuştur. Nanoselüloz-Boraks için F değeri 6,275 olarak bulunmuştur. 6,275 değeri, F tablosundan alınan değerden büyük olduğundan dolayı %95 güven düzeyinde ilgili levha grupları arasında su alma miktarı bakımından anlamlı bir farklılık bulunmuştur.

Farklılık gösteren grup veya grupları belirlemek ve birbirinden farklı ve eşit kabul edilebilecek alt grupları tespit etmek için levha gruplarına ait ortalamalar Tukey Testi, Duncan Testi ve Scheffe Testi ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar tablo 4.15'de sunulmuştur.

Tablo 4.15: Yongalevhaların 24 saat sonunda su alma miktarına ait tukey, duncan ve scheffe testlerinin sonuçları.

			Subset	
	Nanoselüloz	N	1	2
Tukey HSD[a,b,c]	,00	15	126,0373	
	1,00	90	132,6912	
	3,00	90		142,5136
	Sig.		,130	1,000
Duncan[a,b,c]	,00	15	126,0373	
	1,00	90	132,6912	
	3,00	90		142,5136
	Sig.		,054	1,000
Scheffe[a,b,c]	,00	15	126,0373	
	1,00	90	132,6912	
	3,00	90		142,5136
	Sig.		,154	1,000

Nanoselüloz oranının yongalevhaların 24 saat sonunda su alma miktarı üzerine etkisini incelemek için yapılan Duncan testinin sonuçlarına göre kontrol grubu levhaları (nanoselüloz kullanım oranı = %0) ve %1 nanoselüloz kullanılarak üretilen levha grupları arasında %95 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olmadığı, diğer grup arasında ise anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda iki homojen alt grubun oluştuğu söylenebilir. Scheffe ve Tukey testinin sonuçları da Duncan testi ile benzerlik arz ettiği görülmektedir.

	BorikAsit	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
Tukey HSD[a,b,c]	5,00	30	124,9600		
	,00	105		135,2184	
	3,00	30		137,2497	
	1,00	30			153,1590
	Sig.		1,000	,927	1,000
Duncan[a,b,c]	5,00	30	124,9600		
	,00	105		135,2184	
	3,00	30		137,2497	
	1,00	30			153,1590
	Sig.		1,000	,538	1,000
Scheffe[a,b,c]	5,00	30	124,9600		
	,00	105		135,2184	
	3,00	30		137,2497	
	1,00	30			153,1590
	Sig.		1,000	,944	1,000

Borik Asit oranının yongalevhaların 24 saat sonunda su alma miktarı üzerine etkisini incelemek için yapılan Duncan testinin sonuçlarına göre kontrol grubu levhaları (nanoselüloz kullanım oranı = %0) ve %3 borik asit kullanılarak üretilen levha grupları arasında %95 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olmadığı, diğer gruplar arasında ise anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda üç homojen alt grubun oluştuğu söylenebilir. Scheffe ve Tukey testinin sonuçları da Duncan testi ile benzerlik arz ettiği görülmektedir.

	Boraks	N	Subset 1	Subset 2
Tukey HSD[a,b,c]	5,00	30	131,6760	
	,00	105	136,6821	136,6821
	3,00	30	137,7367	137,7367
	1,00	30		140,8330
	Sig.		,258	,589
Duncan[a,b,c]	5,00	30	131,6760	
	,00	105	136,6821	136,6821
	3,00	30	137,7367	137,7367
	1,00	30		140,8330
	Sig.		,083	,238
Scheffe[a,b,c]	5,00	30	131,6760	
	,00	105	136,6821	
	3,00	30	137,7367	
	1,00	30	140,8330	
	Sig.		,055	

Boraks oranının yongalevhaların 24 saat sonunda su alma miktarı üzerine etkisini incelemek için yapılan Duncan testinin sonuçlarına göre %1 ve %5 boraks kullanılarak üretilen levha grupları arasında anlamlı bir farklılık olduğu, kontrol grubu levhaları (boraks kullanım oranı = %0) ve %3 kullanılarak üretilen levha grubunun ise her iki homojen alt grup içinde yer aldığı görülmektedir. Bu durumda iki homojen alt grup oluşmaktadır. Tukey testinin sonuçları da Duncan testi ile benzerlik arz ettiği görülmektedir. Scheffe testinin sonuçlarına göre levhaları (boraks kullanım oranı = %0), %1, %3 ve %5 kullanılarak üretilen levha grupları arasında %95 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Bu durumda sadece bir homojen alt grubu oluşmuştur.

4.4. EĞİLME DİRENCİ

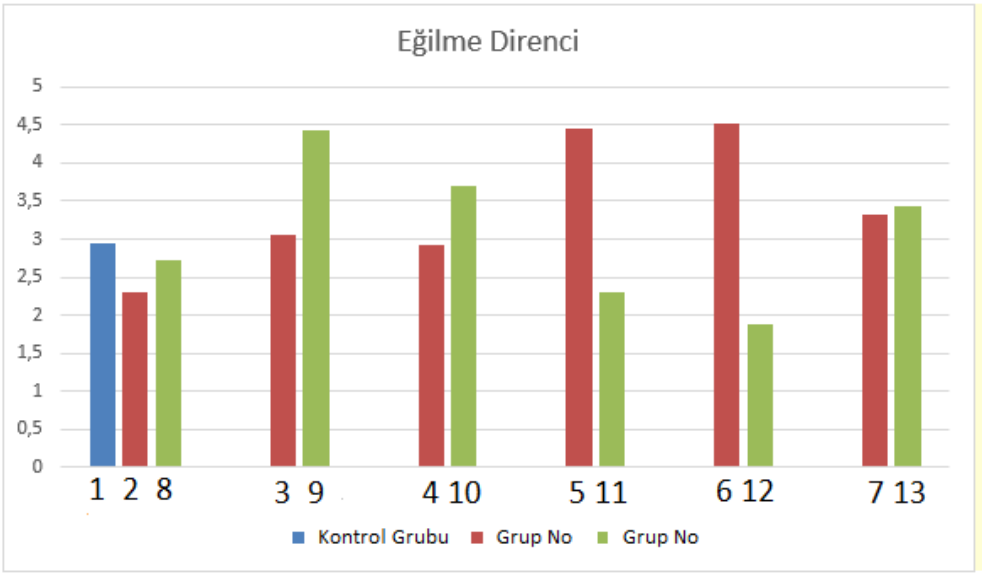
Bütün levha gruplarının eğilme direnci ile ilgili aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 4.16'da sunulmuştur.

Tablo 4.16: Yongalevha gruplarının eğilme direnci değerleri.

Grup Numarası	Nanoselüloz Oranı (%)	Borik Asit Oranı (%)	Boraks Oranı (%)	Eğilme Direnci (N/mm^2)	Standart Sapma
1	0	0	0	2.95	0,37
2	1	1	0	2.30	0,72
3	1	3	0	3.05	0,75
4	1	5	0	2.92	0,47
5	1	0	1	4.45	0,83
6	1	0	3	4.53	0,63
7	1	0	5	3.32	0,66
8	3	1	0	2.72	0,98
9	3	3	0	4.43	0,69
10	3	5	0	3.70	0,56
11	3	0	1	2.29	0,54
12	3	0	3	1.88	0,36
13	3	0	5	3.44	0,60

Tablo 4.16'dan görüleceği üzere yongalevhaların eğilme direnci değerleri 1.88 N/mm^2 ile 4.45 N/mm^2 arasında değişim göstermektedir.

Yongalevhaların eğilme direnci değerlerinin grafiksel gösterimi, Şekil 4.5'de verilmiştir.



Şekil 4.5: Yongalevha gruplarının eğilme direnci değerlerinin grafiksel gösterimi.

Yongalevhaların eğilme direnci sonuçlarına ait tanımlayıcı istatistik değerler tablo 4.17'de verilmiştir.

Tablo 4.17: Yongalevhaların eğilme direncine ait tanımlayıcı istatistik değerler.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: Eğilme Direnci

Nanoselüloz	BA	BX	ORT	Standart Sapma	N
,00	,00	,00	2,9589	,36730	9
		Total	2,9589	,36730	9
	Total	,00	2,9589	,36730	9
		Total	2,9589	,36730	9
1,00	,00	1,00	4,4487	,83298	15
		3,00	4,5293	,62884	15
		5,00	3,3253	,65906	15
		Total	4,1011	,89088	45
	1,00	,00	2,2953	,71959	15
		Total	2,2953	,71959	15
	3,00	,00	3,0520	,75182	15
		Total	3,0520	,75182	15
	5,00	,00	2,9286	,47447	14
		Total	2,9286	,47447	14
	Total	,00	2,7548	,73141	44
		1,00	4,4487	,83298	15
		3,00	4,5293	,62884	15
		5,00	3,3253	,65906	15
		Total	3,4355	1,05664	89
3,00	,00	1,00	2,2915	,54132	13
		3,00	1,8840	,36182	15
		5,00	3,4453	,59559	15
		Total	2,5519	,84320	43
	1,00	,00	2,7207	,98035	15
		Total	2,7207	,98035	15
	3,00	,00	4,4287	,68635	15
		Total	4,4287	,68635	15
	5,00	,00	3,7040	,55553	15
		Total	3,7040	,55553	15

	Total	,00	3,6178	1,02711	45
		1,00	2,2915	,54132	13
		3,00	1,8840	,36182	15
		5,00	3,4453	,59559	15
		Total	3,0969	1,07886	88
Total	,00	,00	2,9589	,36730	9
		1,00	3,4471	1,30009	28
		3,00	3,2067	1,43662	30
		5,00	3,3853	,62021	30
		Total	3,3084	1,11733	97
	1,00	,00	2,5080	,87220	30
		Total	2,5080	,87220	30
	3,00	,00	3,7403	,99520	30
		Total	3,7403	,99520	30
	5,00	,00	3,3297	,64369	29
		Total	3,3297	,64369	29
	Total	,00	3,1698	,94983	98
		1,00	3,4471	1,30009	28
		3,00	3,2067	1,43662	30
		5,00	3,3853	,62021	30
		Total	3,2523	1,05645	186

Eğilme Direnci üzerine nanoselüloz, bor çeşidi ve kullanım oranları ve bu iki faktörün kombine olarak etkili olup olmadığını tespit etmek amacıyla yongalevha grupları iki yönlü varyans analizi (Two-Way ANOVA) ile karşılaştırılmıştır.

Sonuçlar tablo 4.18'de verilmiştir.

Tablo 4.18: Yongalevhaların eğilme direncine ait iki yönlü varyans analizi.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Eğilme Direnci

Kaynak	Type III Kareler Toplamı	sd	Ortalama Kare	F	p	Kısmi Eta Kare
Corrected Model	131,292[a]	12	10,941	25,175	,000	,636
Intercept	1776,058	1	1776,058	4086,659	,000	,959
Nanoselüloz	5,437	1	5,437	12,510	,001	,067
BorikAsit	23,501	2	11,750	27,037	,000	,238
Boraks	,583	2	,292	,671	,512	,008
Nanoselüloz * BorikAsit	3,471	2	1,735	3,993	,020	,044
Nanoselüloz * Boraks	32,482	2	16,241	37,370	,000	,302
BorikAsit * Boraks	,000	0	.	.	.	,000
Nanoselüloz * BorikAsit * Boraks	,000	0	.	.	.	,000
Error	75,186	173	,435			
Total	2173,834	186				
Corrected Total	206,478	185				

a. R Squared = ,636 (Adjusted R Squared = ,611)

Yapılan iki yönlü varyans analizi sonucunda nanoselüloz oranı için F değeri 12,510 olarak bulunmuştur. 12,510 değeri, F tablosundan alınan değerden büyük olduğundan dolayı %95 güven düzeyinde ilgili levha grupları arasında eğilme direnci bakımından anlamlı bir farklılık bulunmuştur. Borik Asit oranı için F değeri 27,037 olarak bulunmuştur. 27,037 değeri, F tablosundan alınan değerden büyük olduğundan dolayı %95 güven düzeyinde ilgili levha grupları arasında eğilme direnci bakımından anlamlı bir farklılık bulunmuştur. Boraks için F değeri ,671 olarak bulunmuştur. ,671 değeri, F tablosundan alınan değerden küçük olduğundan dolayı %95 güven düzeyinde ilgili levha grupları arasında eğilme direnci bakımından anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Nanoselüloz-Borik Asit için F değeri 3,993 olarak bulunmuştur. 3,993 değeri, F tablosundan alınan değerden büyük olduğundan dolayı %95 güven düzeyinde ilgili levha grupları arasında eğilme direnci bakımından anlamlı bir farklılık bulunmuştur. Nanoselüloz-Boraks için F değeri 37,370 olarak bulunmuştur. 37,370 değeri, F tablosundan alınan değerden büyük olduğundan dolayı %95 güven düzeyinde ilgili levha grupları arasında eğilme direnci bakımından anlamlı bir farklılık bulunmuştur.

Farklılık gösteren grup veya grupları belirlemek ve birbirinden farklı ve eşit kabul edilebilecek alt grupları tespit etmek için levha gruplarına ait ortalamalar Tukey Testi, Duncan Testi ve Scheffe Testi ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar tablo 4.19'da verilmiştir.

Tablo 4.19: Yongalevhaların eğilme direncine ait tukey, duncan ve scheffe testlerinin sonuçları.

			Subset	
	Nanoselüloz	N	1	2
Tukey HSD[a,b,c]	,00	9	2,9589	
	3,00	88	3,0969	3,0969
	1,00	89		3,4355
	Sig.		,763	,201
Duncan[a,b,c]	,00	9	2,9589	
	3,00	88	3,0969	3,0969
	1,00	89		3,4355
	Sig.		,484	,087
Scheffe[a,b,c]	,00	9	2,9589	
	3,00	88	3,0969	
	1,00	89	3,4355	
	Sig.		,056	

Nanoselüloz oranının yongalevhaların eğilme direnci üzerine etkisini incelemek için yapılan Duncan testinin sonuçlarına göre kontrol grubu levhaları (boraks kullanım oranı = %0) ve %1 kullanılarak üretilen levha grupları arasında anlamlı bir farklılık olduğu, %3 kullanılarak üretilen levha grubunun ise her iki homojen alt grup içinde yer aldığı görülmektedir. Bu durumda iki homojen alt grup oluşmaktadır. Tukey testinin sonuçları da Duncan testi ile benzerlik arz ettiği görülmektedir. Scheffe testinin sonuçlarına göre levhaları (boraks kullanım oranı = %0), %1, %3 ve %5 kullanılarak üretilen levha grupları arasında %95 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Bu durumda sadece bir homojen alt grubu oluşmuştur.

			Subset		
	BorikAsit	N	1	2	3
Tukey HSD[a,b,c]	1,00	30	2,5080		
	,00	97		3,3084	
	5,00	29		3,3297	
	3,00	30			3,7403
	Sig.		1,000	,999	1,000
Duncan[a,b,c]	1,00	30	2,5080		
	,00	97		3,3084	
	5,00	29		3,3297	
	3,00	30			3,7403
	Sig.		1,000	,891	1,000
Scheffe[a,b,c]	1,00	30	2,5080		
	,00	97		3,3084	
	5,00	29		3,3297	
	3,00	30		3,7403	
	Sig.		1,000	,056	

Borik Asit oranının yongalevhaların eğilme direnci üzerine etkisini incelemek için yapılan Duncan testinin sonuçlarına göre kontrol grubu levhaları (borik asit kullanım oranı = %0) ile %5 borik asit kullanılarak üretilen levha grupları arasında %95 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olmadığı, diğer levha grubu arasında ise anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda üç homojen alt grup oluşmuştur. Tukey testinin sonuçları da Duncan testi ile benzerlik arz ettiği görülmektedir. Scheffe testinin sonuçlarına göre kontrol grubu levhaları (borik asit kullanım oranı = %0), %3 ve %5 borik asit kullanılarak üretilen levha grupları arasında %95 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olmadığı, diğer levha grubu arasında ise anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir.

	Boraks	N	Subset 1
Tukey HSD[a,b,c]	,00	98	3,1698
	3,00	30	3,2067
	5,00	30	3,3853
	1,00	28	3,4471
	Sig.		,290
Duncan[a,b,c]	,00	98	3,1698
	3,00	30	3,2067
	5,00	30	3,3853
	1,00	28	3,4471
	Sig.		,108
Scheffe[a,b,c]	,00	98	3,1698
	3,00	30	3,2067
	5,00	30	3,3853
	1,00	28	3,4471
	Sig.		,373

Boraks oranının yongalevhaların eğilme direnci üzerine etkisini incelemek için yapılan Duncan testinin sonuçlarına göre (boraks kullanım oranı = %0), %1, %3 ve %5 kullanılarak üretilen levha grupları arasında %95 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Bu durumda sadece bir homojen alt grubu oluşmuştur. Scheffe ve Tukey testinin sonuçları da Duncan testi ile benzerlik arz ettiği görülmektedir.

4.5. ELASTİKİYET MODÜLÜ

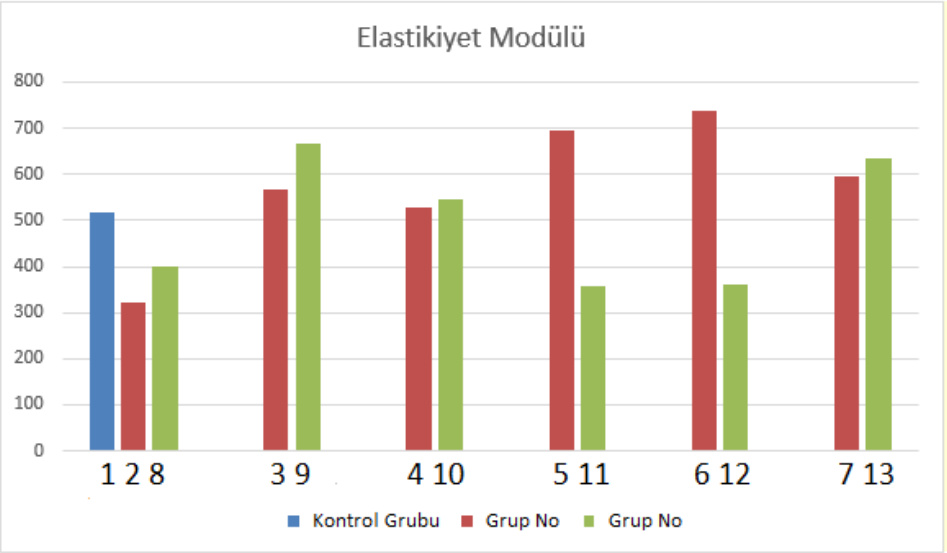
Yongalevha gruplarının elastikiyet modülü ile ilgili aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri tablo 4.20'de sunulmuştur.

Tablo 4.20: Yongalevha gruplarının elastikiyet modülü değerleri.

Grup Numarası	Nanoselüloz Oranı (%)	Borik Asit Oranı (%)	Boraks Oranı (%)	Elastikiyet Modülü (N/mm^2)	Standart Sapma
1	0	0	0	516.52	87.78
2	1	1	0	322.68	110.52
3	1	3	0	565.92	101.81
4	1	5	0	526.92	104.64
5	1	0	1	694.74	89.68
6	1	0	3	737.67	78.40
7	1	0	5	594.62	132.37
8	3	1	0	400.98	135.16
9	3	3	0	666.88	61.73
10	3	5	0	544.92	73.26
11	3	0	1	358.63	73.16
12	3	0	3	361.84	66.43
13	3	0	5	632.87	118.35

Tablo 4.20'den görüleceği üzere yongalevhaların elastikiyet modülü değerleri 322.68 N/mm^2 ile 737.67 N/mm^2 arasında değişim göstermektedir.

Yongalevhaların elastikiyet modülü değerlerinin grafiksel gösterimi, Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.6: Yongalevha gruplarının elastikiyet modülü değerlerinin grafiksel gösterimi.

Yongalevhaların elastikiyet modülü sonuçlarına ait tanımlayıcı istatistik değerler tablo 4.21'de verilmiştir.

Tablo 4.21: Yongalevhaların elastikiyet modülüne ait tanımlayıcı istatistik değerler.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: Elastikiyet Modülü

Nanoselüloz	BA	BX	ORT	Standart Sapma	N
,00	,00	,00	516,5289	87,77655	9
		Total	516,5289	87,77655	9
	Total	,00	516,5289	87,77655	9
		Total	516,5289	87,77655	9
1,00	,00	1,00	694,7400	89,67893	15
		3,00	737,6707	78,39968	15
		5,00	594,9527	132,37174	15
		Total	675,7878	117,24104	45
	1,00	,00	322,6674	110,51951	15
		Total	322,6674	110,51951	15
	3,00	,00	565,8660	101,81720	15
		Total	565,8660	101,81720	15
	5,00	,00	526,9286	104,63528	14
		Total	526,9286	104,63528	14
	Total	,00	470,5682	149,98333	44
		1,00	694,7400	89,67893	15
		3,00	737,6707	78,39968	15
		5,00	594,9527	132,37174	15
		Total	574,3309	168,85400	89
3,00	,00	1,00	358,6362	73,15765	13
		3,00	361,8427	66,42835	15
		5,00	632,8787	118,34972	15
		Total	455,4207	157,93253	43
	1,00	,00	400,9873	135,15657	15
		Total	400,9873	135,15657	15
	3,00	,00	666,8773	61,72941	15
		Total	666,8773	61,72941	15
	5,00	,00	544,9220	73,25919	15
		Total	544,9220	73,25919	15

	Total	,00	537,5956	144,25869	45
		1,00	358,6362	73,15765	13
		3,00	361,8427	66,42835	15
		5,00	632,8787	118,34972	15
		Total	497,4419	155,79757	88
Total	,00	,00	516,5289	87,77655	9
		1,00	538,6918	188,90944	28
		3,00	549,7567	204,02666	30
		5,00	613,9157	124,87137	30
		Total	563,3227	170,89098	97
	1,00	,00	361,8274	127,67836	30
		Total	361,8274	127,67836	30
	3,00	,00	616,3717	97,38058	30
		Total	616,3717	97,38058	30
	5,00	,00	536,2355	88,60270	29
		Total	536,2355	88,60270	29
	Total	,00	505,5669	145,22389	98
		1,00	538,6918	188,90944	28
		3,00	549,7567	204,02666	30
		5,00	613,9157	124,87137	30
		Total	535,1565	163,53000	186

Elastikiyet Modülü üzerine nanoselüloz, bor çeşidi ve kullanım oranları ve bu iki faktörün kombine olarak etkili olup olmadığını tespit etmek amacıyla yongalevha grupları iki yönlü varyans analizi (Two-Way ANOVA) ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar tablo 4.22'de verilmiştir.

Tablo 4.22: Yongalevhaların elastikiyet modülüne ait iki yönlü varyans analizi.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Elastikiyet Modülü

Kaynak	Type III Kareler Toplamı	sd	Ortalama Kare	F	p	Kısmi Eta Kare
Corrected Model	3276896,828[a]	12	273074,736	28,282	,000	,662
Intercept	48455925,23	1	48455925,23	5018,530	,000	,967
Nanoselüloz	278797,317	1	278797,317	28,875	,000	,143
BorikAsit	1014725,224	2	507362,612	52,547	,000	,378
Boraks	119604,762	2	59802,381	6,194	,003	,067
Nanoselüloz * BorikAsit	27018,084	2	13509,042	1,399	,250	,016
Nanoselüloz * Boraks	774857,115	2	387428,557	40,126	,000	,317
BorikAsit * Boraks	,000	0	.	.	.	,000
Nanoselüloz * BorikAsit * Boraks	,000	0	.	.	.	,000
Error	1670384,513	173	9655,402			
Total	58216273,96	186				
Corrected Total	4947281,341	185				

a. R Squared = ,662 (Adjusted R Squared = ,639)

Yapılan iki yönlü varyans analizi sonucunda nanoselüloz oranı için F değeri 28,875 olarak bulunmuştur. 28,875 değeri, F tablosundan alınan değerden büyük olduğundan dolayı %95 güven düzeyinde ilgili levha grupları arasında elastikiyet bakımından anlamlı bir farklılık bulunmuştur. Borik Asit oranı için F değeri 52,547 olarak bulunmuştur. 52,547 değeri, F tablosundan alınan değerden büyük olduğundan dolayı %95 güven düzeyinde ilgili levha grupları arasında elastikiyet modülü bakımından anlamlı bir farklılık bulunmuştur. Boraks için F değeri 6,194 olarak bulunmuştur. 6,194 değeri, F tablosundan alınan değerden büyük olduğundan dolayı %95 güven düzeyinde ilgili levha grupları arasında elastikiyet modülü bakımından anlamlı bir farklılık bulunmuştur. Nanoselüloz-Borik Asit için F değeri 1,399 olarak bulunmuştur. 1,399 değeri, F tablosundan alınan değerden küçük olduğundan dolayı %95 güven düzeyinde ilgili levha grupları arasında elastikiyet modülü bakımından anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Nanoselüloz-Boraks için F değeri 40,126 olarak bulunmuştur. 40,126 değeri, F tablosundan alınan değerden büyük olduğundan dolayı %95 güven düzeyinde ilgili levha grupları arasında elastikiyet modülü bakımından anlamlı bir farklılık bulunmuştur.

Farklılık gösteren grup veya grupları belirlemek ve birbirinden farklı ve eşit kabul edilebilecek alt grupları tespit etmek için levha gruplarına ait ortalamalar Tukey Testi, Duncan Testi ve Scheffe Testi ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar tablo 4.23'de verilmiştir.

Tablo 4.23: Yongalevhaların elastikiyet modülüne ait tukey, duncan ve scheffe testlerinin sonuçları.

			Subset	
	Nanoselüloz	N	1	2
Tukey HSD[a,b,c]	3,00	88	497,4419	
	,00	9	516,5289	516,5289
	1,00	89		574,3309
	Sig.		,792	,123
Duncan[a,b,c]	3,00	88	497,4419	
	,00	9	516,5289	516,5289
	1,00	89		574,3309
	Sig.		,516	,050
Scheffe[a,b,c]	3,00	88	497,4419	
	,00	9	516,5289	516,5289
	1,00	89		574,3309
	Sig.		,809	,147

Nanoselüloz oranının yongalevhaların elastikiyet modülü üzerine etkisini incelemek için yapılan Duncan testinin sonuçlarına göre %1 ve %3 nanoselüloz kullanılarak üretilen levha grupları arasında anlamlı bir farklılık olduğu, kontrol grubu levhaları (boraks kullanım oranı = %0) kullanılarak üretilen levha grubunun ise her iki homojen alt grup içinde yer aldığı görülmektedir. Bu durumda iki homojen alt grup oluşmaktadır. Scheffe ve Tukey testinin sonuçları da Duncan testi ile benzerlik arz ettiği görülmektedir.

	BorikAsit	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
Tukey HSD[a,b,c]	1,00	30	361,8274		
	5,00	29		536,2355	
	,00	97		563,3227	563,3227
	3,00	30			616,3717
	Sig.		1,000	,648	,105
Duncan[a,b,c]	1,00	30	361,8274		
	5,00	29		536,2355	
	,00	97		563,3227	
	3,00	30			616,3717
	Sig.		1,000	,245	1,000
Scheffe[a,b,c]	1,00	30	361,8274		
	5,00	29		536,2355	
	,00	97		563,3227	563,3227
	3,00	30			616,3717
	Sig.		1,000	,714	,160

Borik Asit oranının yongalevhaların elastikiyet modülü üzerine etkisini incelemek için yapılan Duncan testinin sonuçlarına göre kontrol grubu levhaları (borik asit kullanım oranı = %0) ile %5 borik asit kullanılarak üretilen levha grupları arasında %95 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olmadığı, diğer levha grubu arasında ise anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda üç homojen alt grup oluşmuştur. Scheffe testinin sonuçlarına göre %1, %3 ve %5 borik asit kullanılarak üretilen levha grupları arasında anlamlı bir farklılık olduğu, kontrol grubu levhaları (boraks kullanım oranı = %0) kullanılarak üretilen levha grubunun ise her iki homojen alt grup içinde yer aldığı görülmektedir. Tukey testinin sonuçları da Scheffe testi ile benzerlik arz ettiği görülmektedir.

	Boraks	N	Subset 1	Subset 2
Tukey HSD[a,b,c]	,00	98	505,5669	
	1,00	28	538,6918	
	3,00	30	549,7567	
	5,00	30		613,9157
	Sig.		,234	1,000
Duncan[a,b,c]	,00	98	505,5669	
	1,00	28	538,6918	
	3,00	30	549,7567	
	5,00	30		613,9157
	Sig.		,074	1,000
Scheffe[a,b,c]	,00	98	505,5669	
	1,00	28	538,6918	
	3,00	30	549,7567	549,7567
	5,00	30		613,9157
	Sig.		,312	,059

Boraks oranının yongalevhaların elastikiyet modülü üzerine etkisini incelemek için yapılan Duncan testinin sonuçlarına göre kontrol grubu levhaları (nanoselüloz kullanım oranı = %0), %1 ve %3 boraks kullanılarak üretilen levha grupları arasında %95 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olmadığı, diğer grup arasında ise anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir. Tukey testinin sonuçları da Duncan testi ile benzerlik arz ettiği görülmektedir. Scheffe testinin sonuçlarına göre kontrol grubu levhaları (boraks kullanım oranı = %0), %1 ve %5 boraks kullanılarak üretilen levha grupları arasında anlamlı bir farklılık olduğu, diğer levha grubunun ise her iki homojen alt grup içinde yer aldığı görülmektedir. Bu durumda iki homojen alt grup oluşmaktadır.

4.6. YAPIŞMA DİRENCİ

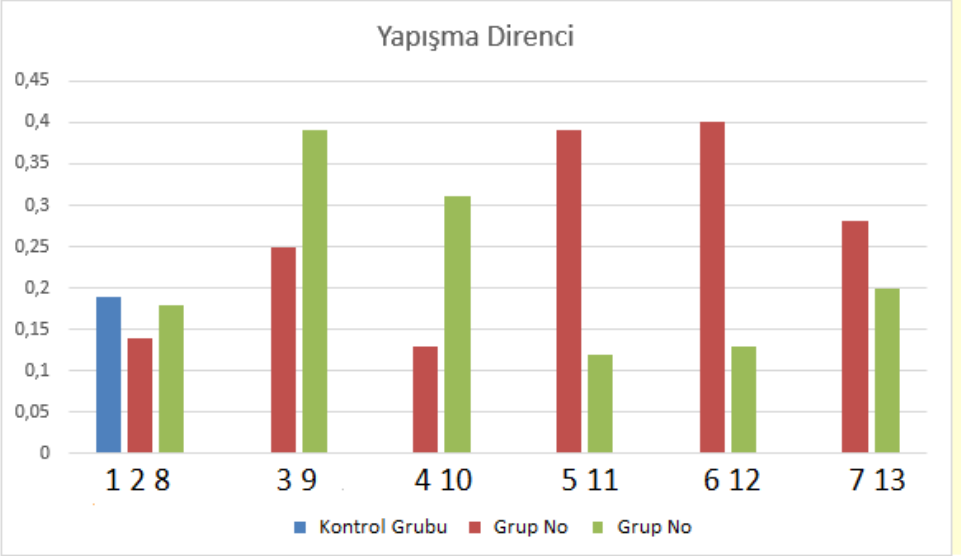
Yongalevha gruplarının yapışma direnci ile ilgili aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri tablo 4.24'de sunulmuştur.

Tablo 4.24: Yongalevha gruplarının yapışma direnci değerleri.

Grup Numarası	Nanoselüloz Oranı (%)	Borik Asit Oranı (%)	Boraks Oranı (%)	Yapışma Direnci (N/mm^2)	Standart Sapma
1	0	0	0	0.19	0.05
2	1	1	0	0.14	0.03
3	1	3	0	0.25	0.06
4	1	5	0	0.13	0.05
5	1	0	1	0.39	0.07
6	1	0	3	0.40	0.10
7	1	0	5	0.28	0.09
8	3	1	0	0.18	0.03
9	3	3	0	0.39	0.10
10	3	5	0	0.31	0.06
11	3	0	1	0.12	0.02
12	3	0	3	0.13	0.03
13	3	0	5	0.20	0.03

Tablo 4.24'den görüleceği üzere yongalevhaların yapışma direnci değerleri 0.12 N/mm^2 ile 0.40 N/mm^2 arasında değişim göstermektedir.

Yongalevhaların yapışma direnci değerlerinin grafiksel gösterimi, Şekil 4.7'de verilmiştir.



Şekil 4.7: Yongalevha gruplarının yapışma direnci değerlerinin grafiksel gösterimi.

Yongalevhaların yapışma direnci sonuçlarına ait tanımlayıcı istatistik değerler tablo 4.25'de verilmiştir.

Tablo 4.25: Yongalevhaların yapışma direncine ait tanımlayıcı istatistik değerler.

Descriptive Statistics

Dependent Variable: Yapışma Direnci

Nanoselüloz	BA	BX	ORT	Standart Sapma	N
,00	,00	,00	,1857	,04611	21
		Total	,1857	,04611	21
	Total	,00	,1857	,04611	21
		Total	,1857	,04611	21
1,00	,00	1,00	,3900	,06885	21
		3,00	,3962	,10457	21
		5,00	,2810	,08665	21
		Total	,3557	,10161	63
	1,00	,00	,1375	,03385	20
		Total	,1375	,03385	20
	3,00	,00	,2552	,05904	21
		Total	,2552	,05904	21
	5,00	,00	,1255	,05052	20
		Total	,1255	,05052	20
	Total	,00	,1741	,07662	61
		1,00	,3900	,06885	21
		3,00	,3962	,10457	21
		5,00	,2810	,08665	21
		Total	,2664	,12798	124
3,00	,00	1,00	,1214	,02435	21
		3,00	,1262	,03309	21
		5,00	,2043	,03355	21
		Total	,1506	,04872	63
	1,00	,00	,1829	,02667	21
		Total	,1829	,02667	21
	3,00	,00	,3862	,09625	21
		Total	,3862	,09625	21
	5,00	,00	,3052	,05802	21
		Total	,3052	,05802	21

	Total	,00	,2914	,10678	63
		1,00	,1214	,02435	21
		3,00	,1262	,03309	21
		5,00	,2043	,03355	21
		Total	,2210	,10876	126
Total	,00	,00	,1857	,04611	21
		1,00	,2557	,14517	42
		3,00	,2612	,15664	42
		5,00	,2426	,07561	42
		Total	,2435	,12377	147
	1,00	,00	,1607	,03778	41
		Total	,1607	,03778	41
	3,00	,00	,3207	,10301	42
		Total	,3207	,10301	42
	5,00	,00	,2176	,10568	41
		Total	,2176	,10568	41
	Total	,00	,2268	,10441	145
		1,00	,2557	,14517	42
		3,00	,2612	,15664	42
		5,00	,2426	,07561	42
		Total	,2390	,11752	271

Yapışma Direnci üzerine nanoselüloz, bor çeşidi ve kullanım oranları ve bu iki faktörün kombine olarak etkili olup olmadığını tespit etmek amacıyla yongalevha grupları iki yönlü varyans analizi (Two-Way ANOVA) ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar tablo 4.26'da verilmiştir.

Tablo 4.26: Yongalevhaların yapışma direncine ait iki yönlü varyans analizi.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Yapışma Direnci

Kaynak	Type III Kareler Toplamı	sd	Ortalama Kare	F	p	Kısmi Eta Kare
Corrected Model	2,760[a]	12	,230	61,212	,000	,740
Intercept	14,893	1	14,893	3964,147	,000	,939
Nanoselüloz	,117	1	,117	31,034	,000	,107
BorikAsit	,553	2	,277	73,618	,000	,363
Boraks	,008	2	,004	1,018	,363	,008
Nanoselüloz * BorikAsit	,095	2	,047	12,623	,000	,089
Nanoselüloz * Boraks	,260	2	,130	34,566	,000	,211
BorikAsit * Boraks	,000	0	.	.	.	,000
Nanoselüloz * BorikAsit * Boraks	,000	0	.	.	.	,000
Error	,969	258	,004			
Total	19,214	271				
Corrected Total	3,729	270				

a. R Squared = ,740 (Adjusted R Squared = ,728)

Yapılan iki yönlü varyans analizi sonucunda nanoselüloz oranı için F değeri 31,034 olarak bulunmuştur. 31,034 değeri, F tablosundan alınan değerden büyük olduğundan dolayı %95 güven düzeyinde ilgili levha grupları arasında elastikiyet bakımından anlamlı bir farklılık bulunmuştur. Borik Asit oranı için F değeri 73,618 olarak bulunmuştur. 73,618 değeri, F tablosundan alınan değerden büyük olduğundan dolayı %95 güven düzeyinde ilgili levha grupları arasında elastikiyet modülü bakımından anlamlı bir farklılık bulunmuştur. Boraks için F değeri 1,018 olarak bulunmuştur. 1,018 değeri, F tablosundan alınan değerden küçük olduğundan dolayı %95 güven düzeyinde ilgili levha grupları arasında elastikiyet modülü bakımından anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Nanoselüloz-Borik Asit için F değeri 12,623 olarak bulunmuştur. 12,623 değeri, F tablosundan alınan değerden küçük olduğundan dolayı %95 güven düzeyinde ilgili levha grupları arasında elastikiyet modülü bakımından anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Nanoselüloz-Boraks için F değeri 34,566 olarak bulunmuştur. 34,566 değeri, F tablosundan alınan değerden büyük olduğundan dolayı %95 güven düzeyinde ilgili levha grupları arasında elastikiyet modülü bakımından anlamlı bir farklılık bulunmuştur.

Farklılık gösteren grup veya grupları belirlemek ve birbirinden farklı ve eşit kabul edilebilecek alt grupları tespit etmek için levha gruplarına ait ortalamalar Tukey Testi, Duncan Testi ve Scheffe Testi ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar tablo 4.27'de verilmiştir.

Tablo 4.27: Yongalevhaların yapışma direncine ait tukey, duncan ve scheffe testlerinin sonuçları.

			Subset		
	Nanoselüloz	N	1	2	3
Tukey HSD[a,b,c]	,00	21	,1857		
	3,00	126		,2210	
	1,00	124			,2664
	Sig.		1,000	1,000	1,000
Duncan[a,b,c]	,00	21	,1857		
	3,00	126		,2210	
	1,00	124			,2664
	Sig.		1,000	1,000	1,000
Scheffe[a,b,c]	,00	21	,1857		
	3,00	126		,2210	
	1,00	124			,2664
	Sig.		1,000	1,000	1,000

Nanoselüloz oranının yongalevhaların yapışma direnci değerleri üzerine etkisini incelemek için yapılan Duncan testinin sonuçlarına göre levha grupları arasında %95 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda üç homojen alt grup oluşmuştur. Scheffe ve Tukey testinin sonuçları da Duncan testi ile benzerlik arz ettiği görülmektedir.

	BorikAsit	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3	Subset 4
Tukey HSD[a,b,c]	1,00	41	,1607			
	5,00	41		,2176		
	,00	147		,2435		
	3,00	42			,3207	
	Sig.		1,000	,147	1,000	
Duncan[a,b,c]	1,00	41	,1607			
	5,00	41		,2176		
	,00	147			,2435	
	3,00	42				,3207
	Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000
Scheffe[a,b,c]	1,00	41	,1607			
	5,00	41		,2176		
	,00	147		,2435		
	3,00	42			,3207	
	Sig.		1,000	,213	1,000	

Borik Asit oranının yongalevhaların yapışma direnci değerleri üzerine etkisini incelemek için yapılan Duncan testinin sonuçlarına göre levha grupları arasında %95 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda dört homojen alt grup oluşmuştur. Scheffe testinin sonuçlarına göre kontrol grubu levhaları (borik asit kullanım oranı = %0) ile %5 borik asit kullanılarak üretilen levha grupları arasında %95 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olmadığı, diğer levha grubu arasında ise anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda üç homojen alt grup oluşmuştur. Tukey testinin sonuçları da Scheffe testi ile benzerlik arz ettiği görülmektedir.

	Boraks	N	Subset 1	Subset 2
Tukey HSD[a,b,c]	,00	145	,2268	
	5,00	42	,2426	,2426
	1,00	42	,2557	,2557
	3,00	42		,2612
	Sig.		,082	,420
Duncan[a,b,c]	,00	145	,2268	
	5,00	42	,2426	,2426
	1,00	42		,2557
	3,00	42		,2612
	Sig.		,192	,150
Scheffe[a,b,c]	,00	145	,2268	
	5,00	42	,2426	,2426
	1,00	42	,2557	,2557
	3,00	42		,2612
	Sig.		,130	,505

Boraks oranının yongalevhaların yapışma direnci değerleri üzerine etkisini incelemek için yapılan Duncan testinin sonuçlarına göre kontrol grubu levhaları (boraks kullanım oranı = %0), %1 ve %3 kullanılarak üretilen levha grupları arasında anlamlı bir farklılık olduğu, %5 kullanılarak üretilen levha grubunun ise her iki homojen alt grup içinde yer aldığı görülmektedir. Scheffe testinin sonuçlarına göre kontrol grubu levhaları (boraks kullanım oranı = %0) ve %3 kullanılarak üretilen levha grupları arasında anlamlı bir farklılık olduğu, %1 ve %5 kullanılarak üretilen levha grubunun ise her iki homojen alt grup içinde yer aldığı görülmektedir. Tukey testinin sonuçları da Scheffe testi ile benzerlik arz ettiği görülmektedir.

4.7. SERBEST FORMALDEHİT MİKTARI

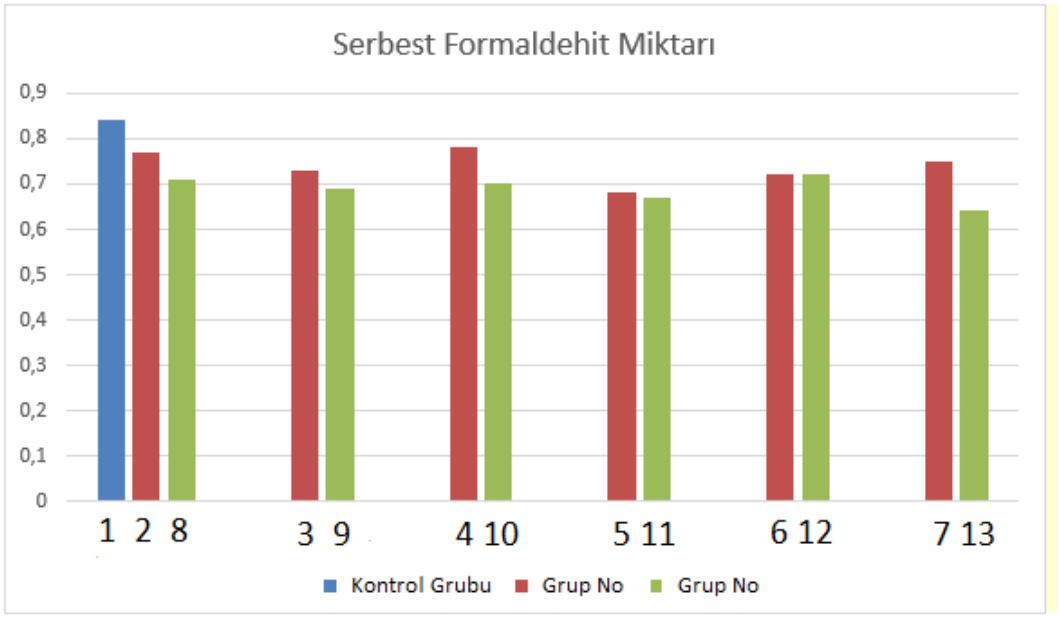
Yongalevha gruplarının serbest formaldehit miktarı ile ilgili aritmetik ortalama değerleri Tablo 4.28'de sunulmuştur.

Tablo 4.28: Yongalevha gruplarının serbest formaldehit miktarı değerleri.

Grup Numarası	Nanoselüloz Oranı (%)	Borik Asit Oranı (%)	Boraks Oranı (%)	Serbest Formaldehit Miktarı (%)
1	0	0	0	0.84
2	1	1	0	0.77
3	1	3	0	0.73
4	1	5	0	0.78
5	1	0	1	0.68
6	1	0	3	0.72
7	1	0	5	0.75
8	3	1	0	0.71
9	3	3	0	0.69
10	3	5	0	0.70
11	3	0	1	0.67
12	3	0	3	0.72
13	3	0	5	0.64

Tablo 4.28'den görüleceği üzere yongalevhaların serbest formaldehit miktarı değerleri %0.64 ile %0.84 arasında değişim göstermektedir.

Yongalevhaların serbest formaldehit miktarı değerlerinin grafiksel gösterimi, Şekil 4.8'de verilmiştir.



Şekil 4.8: Yongalevha gruplarının serbest formaldehit miktarı değerlerinin grafiksel gösterimi.

4.8. YANMA DİRENCİ

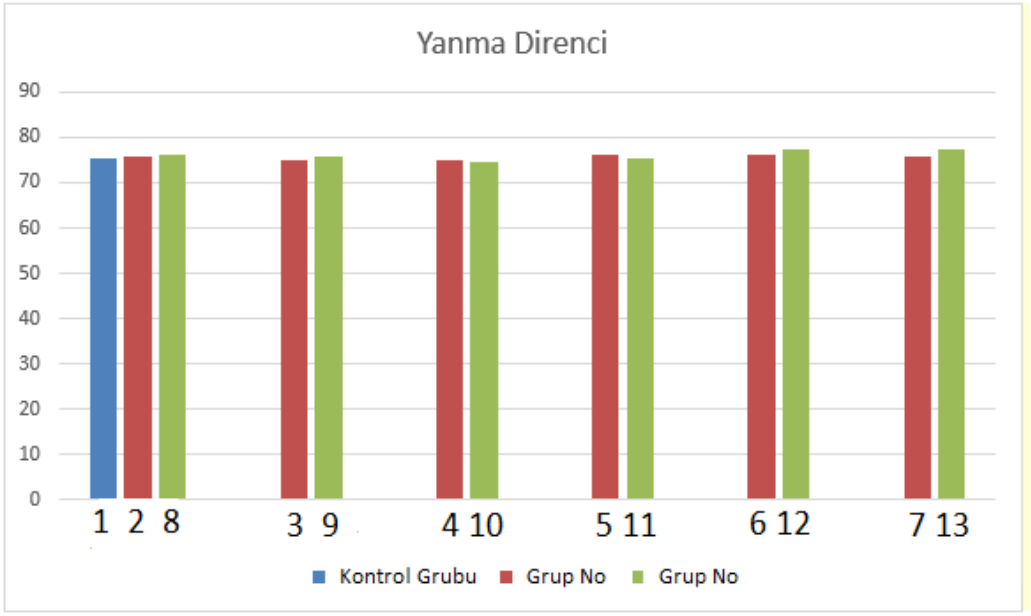
Yongalevha gruplarının yanma direnci ile ilgili aritmetik ortalama değerleri ve deney süreleri Tablo 4.29'da sunulmuştur.

Tablo 4.29: Yongalevha gruplarının yanma direnci değerleri.

Grup Numarası	Nanoselüloz Oranı (%)	Borik Asit Oranı (%)	Boraks Oranı (%)	Ağırlık Kaybı (%)	Deney Süresi (sn)
1	0	0	0	75.4	610
2	1	1	0	75.8	955
3	1	3	0	74.9	979
4	1	5	0	74.8	820
5	1	0	1	76.3	823
6	1	0	3	76.3	753
7	1	0	5	75.6	809
8	3	1	0	76.2	1052
9	3	3	0	75.8	960
10	3	5	0	74.5	980
11	3	0	1	75.4	1080
12	3	0	3	77.3	946
13	3	0	5	77.3	1120

Tablo 4.29'dan görüleceği üzere yongalevhaların yanma analizi sonucunda elde edilen deney süresi değerleri 753 saniye ile 1120 saniye arasında değişim göstermektedir. Deney sonunda ortaya çıkan toplam ağırlık kaybı oranları ise %74 ile %77 arasında değişim göstermektedir.

Yongalevhaların yanma direnci değerlerinin grafiksel gösterimi, Şekil 4.9'da verilmiştir.



Şekil 4.9: Yongalevha gruplarının yanma direnci değerlerinin grafiksel gösterimi.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Yongalevhaların kullanım yerinde önem arz eden belirli fiziksel özellikleri vardır. Bunlar; yoğunluk, suda bekletme sonucu kalınlığına şişme miktarı ve suda bekletme sonucu su alma miktarıdır. Malzemenin biyolojik ve mekanik tüm performanslarını bu fiziksel performanslar direkt olarak etkilemektedir.

5.1. YOĞUNLUK

Yoğunluk, yongalevhaların kalite özelliklerini etkileyen önemli özelliklerinden biridir. Yongalevhaların yoğunluk değerleri, TS EN 323 (1999) standardına göre tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; yongalevhaların yoğunluk değerlerinin 0.48 g/cm^3 ile 0.61 g/cm^3 arasında olduğu tespit edilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre yongalevhaların yoğunluk değerleri üzerinde nanoselüloz ve bor çeşitlerinin önemli bir etkisi bulunmamaktadır. Levha gruplarının arasında küçük farklılıklar mevcuttur. Bunun sebebi ise üretim esnasında kontrol edilemeyen çeşitli sebeplerdir.

Yoğunluk değerlerinde ciddi sapmaların olmaması olumlu bir sonuçtur. Kullanım yerinin istekleri doğrultusunda istenen yoğunlukta levha üretilebilmektedir. Homojen yoğunluğa sahip levhaların üretilmesi de son ürün performansının homojen özellikler göstermesini sağlayacaktır.

5.2. KALINLIĞINA ŞİŞME MİKTARI

Yongalevhaların 2 saat ve 24 saat suda bekletme sonucu kalınlığına şişme değerleri üzerine nanoselüloz, bor bileşikleri çeşidi ve kullanım oranlarının istatistiki olarak anlamlı bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Kalınlığına şişme miktarı artımı 2 saat suda bekletme sonucunda en yüksek kontrol grubu levhalarda (%30.94), en düşük Nanoselüloz (%1) ve Borik Asit (%3) kullanılarak üretilen levhalarda (% 14.52) olarak gerçekleşmiştir. Bunu Nanoselüloz (%3) ve Borik Asit (%3) kullanılarak üretilen levhalar (%16.07) takip etmiştir. 24 saat suda bekletme sonucunda ise en yüksek kontrol grubu levhalarda (%35.15), en düşük Nanoselüloz (%1) ve Borik Asit (%3) kullanılarak üretilen levhalarda (%15.00) olarak gerçekleşmiştir.

2 saat ve 24 saat suda bekletme sonucunda Nanoselüloz-Borik Asit ve Nanoselüloz-Boraks'ın kombin kullanılması durumunda ilgili levha grupları arasında kalınlığına şişme miktarı bakımından anlamlı bir farklılık bulunmuştur.

Çeşitli araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen veriler, hazırlanan yüksek lisans tez çalışması kapsamında kalınlığına şişme miktarı analizinden elde edilen sonuçları desteklemektedir. Var (2000), 24 saat sonunda yongalevhalardan yaptıkları bir çalışmada kalınlığına şişme miktarında ki oranlarda boraks katkılı levhaların, borik asit katkılı levhalara göre daha yüksek olduğunu tespit etmiştir.

5.3. SU ALMA MİKTARI

2 saat suda bekletme sonucunda en yüksek Nanoselüloz (%1) ve Borik Asit (%1) kullanılarak üretilen levhalarda (%151.80), en düşük ise Nanoselüloz (%1) ve Boraks (%3) kullanılarak üretilen levhalarda (%108.98) olarak tespit edilmiştir. 24 saat suda bekletme sonucunda en yüksek Nanoselüloz (%1) ve Borik Asit (%1) kullanılarak üretilen levhalarda (%162.83), en düşük ise Nanoselüloz (%1) ve Boraks (%3) kullanılarak üretilen levhalarda (%120.49) olarak tespit edilmiştir.

2 saat ve 24 saat suda bekletme sonucunda Nanoselüloz-Borik Asit ve Nanoselüloz-Boraks'ın kombin kullanılması durumunda ilgili levha grupları arasında su alma miktarı bakımından anlamlı bir farklılık bulunmuştur.

Nanoselüloz (%1) ve Borik Asit (%5) ve Nanoselüloz (%1) ve Boraks (%3) kullanılarak üretilen levhalar hariç, diğer bütün levhaların su alma miktarı değerlerinin, kontrol grubu levhaların su alma miktarı değerlerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre nanaselüloz ve borlu bileşiklerin kullanımı su almada bir miktar artışa neden olmuştur. Bu artışın sebebi borlu bileşiklerin ahşap ve ahşap esaslı ürünlere daha yüksek higroskopik özellik kazandırması olarak söylenebilir (Bozkurt ve diğ., 1993; Alexiou ve diğ., 1986; Rowell ve diğ., 1984).

5.4. EĞİLME DİRENCİ

Yongalevhalarda en düşük eğilme direnci değeri 1.88 N/mm^2 ile Nanoselüloz (%3) ve Boraks (%3) kullanılarak üretilen levhalarda elde edilirken, kontrol grubu ile kıyaslandığında eğilme direncindeki maksimum yükselme, yaklaşık %55 ile Nanoselüloz (%1) ve Boraks (%3) kullanılması ile üretilen levhalarda elde edilmiştir. Nanoselüloz-Borik Asit ve Nanoselüloz-Boraks'ın kombin kullanılması durumunda ilgili levha grupları arasında eğilme direnci bakımından anlamlı bir farklılık bulunmuştur.

Çeşitli araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen veriler, hazırlanan yüksek lisans tez çalışması kapsamında yapılan eğilme direnci analizinden elde edilen sonuçları desteklemektedir. Dönmez ve Kalycıoğlu (2004) boraks kullanılarak üretilen levhaların; eğilme direnci değerleri borik asit ile üretilen levhalara oranla daha yüksek bulunduğunu tespit etmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada Var (2000) boraks katkılı yongalevhaların borik asit katkılı yongalevhalara oranla eğilme direnci değerlerinin daha yüksek bulunduğunu tespit etmişdir.

5.5. ELASTİKİYET MODÜLÜ

Yongalevhalarda en düşük elastikiyet modülü değeri 321.68 N/mm^2 ile Nanoselüloz (%1) ve Borik Asit (%1) kullanılarak üretilen levhalarda tespit edilirken, en yüksek elastikiyet modülü değeri 737.67 N/mm^2 ile Nanoselüloz (%1) ve Boraks (%3) kullanılarak üretilen levhalarda elde edilmiştir.

Nanoselüloz-Boraks'ın kombin kullanılması durumunda ilgili levha grupları arasında elastikiyet modülü bakımından anlamlı bir farklılık bulunmuştur.

Nanoselüloz oranına bağlı kalmaksızın Borik Asit (%1) kullanılarak üretilen yongalevhalar ve Nanoselüloz (%3) ve Boraks (%1 ve %3) kombini levhalar hariç, diğer bütün levhaların elastikiyet modülü değerlerinin, kontrol grubu sandviç levhaların elastikiyet modülünden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

5.6. YAPIŞMA DİRENCİ

Yapışma direnci levhanın ayrılma ya da yarılmaya karşı olan direncidir. Bununla birlikte tutkalın yapışma dayanımı hakkında da bilgi vermektedir.

Yongalevhalarda en düşük yapışma direnci değeri 0.12 N/mm^2 ile Nanoselüloz (%3) ve Boraks (%1) kullanılarak üretilen levhalarda elde edilirken, kontrol grubu ile kıyaslandığında yapışma direncindeki maksimum yükselme, 0.40 N/mm^2 ile Nanoselüloz (%1) ve Boraks (%3) kullanılması ile üretilen levhalarda elde edilmiştir.

Nanoselüloz-Borik Asit ve Nanoselüloz-Boraks'ın kombin kullanılması durumunda ilgili levha grupları arasında yapışma direnci bakımından anlamlı bir farklılık bulunmuştur.

Elde edilen verilere göre, yongalevhaların yapışma dirençlerinde önemli iyileştirmeler sağlanabilmektedir. Kontrol grubu ile kıyaslandığında boraks oranına bağlı kalmaksızın Nanoselüloz (%1) kullanıldığında yapışma direncinde %100'ün üzerinde artış elde edilmiştir. Aynı zamanda bu değerler ilgili standartlarda öngörülen değerden (TS EN 312-2'de en az 0.24 N/mm^2 ve TS EN 312-3'de en az 0.35 N/mm^2) yüksek çıkmıştır.

Genel olarak Nanoselüloz (%1) ve Boraks (%1 ve %3), levhaların yapışma direnci değerleri üzerinde önemli bir etki meydana getirmiştir. Nanoselüloz oranının artması (%3 olması) homojensizliği arttırdığından dolayı mukavemetin düşmesine neden olduğu söylenebilir. Borik asit pH'ı düşürdüğünden dolayı, hızlı sertleşme yapmakta ve ön sertleşme olduğu için mukavemet azalmaktadır.

Çeşitli araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen veriler, hazırlanan yüksek lisans tez çalışması kapsamında yapılan yapışma direnci analizinden elde edilen sonuçları desteklemektedir. Veigel et al (2012) laboratuvar ortamında UF tutkalını nanoselüloz lifleri ile güçlendirip ürettikleri yongalevhanın mekanik mukavemet özelliklerini incelemişlerdir. Nanoselüloz lifleri ile güçlendirilen UF tutkalı ile üretilen yongalevhaların mekanik mukavemet değerlerinin önemli oranda iyileştiği tespit edilmiştir. Çolakoğlu ve ark. (2003) ise %1'lik borik asit ile işlem gören lamine levhaların elastiklik modülü değerlerinin işlemsiz (kontrol) örneklerine oranla %5.1 azaldığını bildirmişlerdir.

5.7. SERBEST FORMALDEHİT MİKTARI

Tutkal örneklerine ait serbest formaldehit sonuçları incelendiğinde kontrol grubunda belirlenen sonuç beklenen düzeydedir. Sonuçlar incelendiğinde tutkal örneklerinde nanoselüloz oranının artmasıyla serbest formaldehit değerlerinde küçük düşüşler olduğu görülmektedir. %1 borik asit içeren 2 ve 8 numaralı tutkal örnekleri incelenirse örneklerdeki nanoselüloz oranının %1 den (2 numaralı örnek) %3'e çıkmasıyla (8 numaralı örnek) serbest formaldehit değerleri 0.77 değerinde 0.71 değerine indiği belirlenmiştir. Örneklerde borik asit ve boraks bulunmasının serbest formaldehit değerleri üzerinde önemli bir etkisi olmadığı görülmüştür.

Bulunan sonuçlar, Çolakoğlu (2002)'nun yaptığı çalışmada ortaya konulan bulgular tarafından da desteklenmektedir. Yaptığı araştırmada boraksın levhalardan ayrışan formaldehit miktarını azaltıcı bir etki yaptığını tespit etmiştir.

5.8. YANMA DİRENCİ

Elde edilen verilere göre, nanoselüloz oranına bağlı kalmaksızın borik asitin %5 oranında muamele edildiği gruplarda kontrol grubuna oranla bir ağırlık kaybı azalması meydana gelmiştir.

Bulunan sonuçlar Ellis ve ark. (1987)'nin yaptığı çalışmada ortaya konulan bulgular tarafından da desteklenmektedir. Borlu bileşikler odunun piroliz sıcaklığını düşürerek kömürleşme miktarını artırmaktadır.

Yanma direnci testlerinden elde edilen bulgulara paralel sonuçlar, diğer bazı araştırmacılar tarafından da tespit edilmiştir. Örs ve arkadaşları (1999) odunun yanma özelliklerine bazı borlu bileşiklerin etkilerini incelemişler ve borlu bileşiklerin ağırlık kayıplarında en uygun sonucu verdiği bilgisine ulaşmışlardır. Yapılan bir başka çalışmada Yalınkılıç ve diğ. (1998) üre-formaldehit tutkalına borik asit (BA) ve boraks (BX) katarak yongalevha üretmişler ve yongalevhanın yanma direncini tespit etmişlerdir. Çalışma sonucunda borik asitin yanma süresini kısaltırken boraksın yanma süresinin uzattığını, bununla birlikte boraksa oranla borik asit oranı arttıkça ağırlık kaybı azaldığı sonucunda ulaşmışlardır.

Yapılan bir başka çalışmada Le Van ve Tran (1991); borik asit ve boraksın çeşitli karışımları ile birlikte kullanılması durumunda, ağaç malzemenin yanma direncini olumlu yönde arttırdığını belirlemişlerdir. Çolak (2002) ise borik asit ve boraks kimyasallarını kaplamada kullanarak yaptığı çalışmada, borik asit kimyasalının ağırlık kaybı üzerinde daha etkili olduğunu belirtmiştir.

5.9. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu yüksek lisans tez çalışmasının temel amacı; doğal bir nanomalzeme olan nanoselüloz ve çeşitli bor bileşiklerinin kullanılmasıyla termoset tutkalların ve ahşap esaslı kompozit levha ürünlerinin geliştirilmesi; elde edilen yeni malzemelerin fiziksel, mekanik, serbest formaldehit miktarı ve yanma direnci özellikleri üzerine nanoselüloz, borik asit ve boraksın etkilerinin tespit edilmesidir.

Bu kapsamda yapılan test ve analizler sonucunda edilen veriler aşağıda özetle verilmiştir.

21. yüzyılın sanayi devrimi olarak nitelendirilen nanoteknoloji ülkemiz gibi gelişmek ve üretimi artırmak için isteyen bir ülke için büyük önem taşımaktadır. Malzeme bilimi konusunda yaşanacak yeni gelişmeler ciddi anlamda önem arz etmektedir.

Nanoselüloz (%1) ve Borik Asit (%3) kullanımı ile yongalevhaların boyutsal stabilizasyonunda %53 oranında iyileşme sağlanabilir. Böylece, boyutsal kararlılığı daha yüksek yongalevhalar üretilebilmektedir.

Nanoselüloz (%1) ve Boraks (%3) kullanımı ile yongalevhaların eğilme direncinde %55 oranında iyileşme sağlanabilir.

Nanoselüloz (%1) ve Boraks (%3) kullanımı ile yongalevhaların elastikiyet modülünde %43 oranında iyileşme sağlanabilir. Dolap, kitaplık, raf gibi eğilmeye maruz kalan yerlerdeki deformasyonunda önem arz ettiğinden dolayı bu gibi yerlerde elastikiyet modülünün yüksek olması istenmektedir.

Nanoselüloz (%1) ve Boraks (%3) kullanımı ile yongalevhaların yapışma direncinde %100'ün oranında iyileşme sağlanabilir. Mobilya ve aksesuar üretimi için ve özellikle levhaların mekanik araçlarla kenarlarının birleştirilmesinde yapışma direncinin yüksek olması istenmektedir.

Nanoselüloz (%1) ve Boraks (%1) kullanımı ile yongalevhaların serbest formaldehit miktarı değerlerinde %24 oranında azalmalar sağlanabilir. Böylece kanserojen etkisi bilinen "formaldehit" emisyonu düşürülmüş yongalevhalar üretilebilir.

Nanoselüloz (%1) ve Borik Asit (%3) kullanımı ile alev almaya karşı malzemenin direncini yükseltilebilir.

Elde edilen tüm sonuçlar ele alındığında nanoselüloz miktarının borik asit ve boraks ile kombin kullanılması durumunda %1'i geçmemesi önerilir.

Genel olarak ahşap esaslı levhaların (Yongalevha, Liflevha, Kontrplak, OSB, LVL vb) üretim prosesleri birbirlerine benzemektedir. Levha üretiminde iki ana bileşen bulunmaktadır. Bunlar, ahşap esaslı bileşenler ile tutkaldır. Bu bileşen kontrplak ve LVL'de ahşap kaplama levhası, yongalevhada yonga, MDF'de lif, OSB'de şerit yonga (strands / flakes) olarak karşımıza çıkmaktadır.

Diğer bileşen ise tutkal olup malzeme tipi ve kullanım yerine göre UF, MF, MUF, PF olabilmektedir. Bu yüksek lisans tez çalışmasında ahşap esaslı kompozit levhalar içinde önemli bir yeri olan yongalevha üzerine nanoselüloz ve bor bileşenleri kombin olarak kullanılmış olup yukarıdaki kısımda arz edilen somut faydalar elde edilmiştir. Bu da göstermektedir ki burada elde edilen katma değer, üretim süreci benzerliği nedeniyle bütün ahşap esaslı levhalarda uygulanabilme potansiyeline sahip bulunmaktadır. Bu sonuç ise yapılan çalışmanın yaygın etkisinin oldukça geniş olduğuna işaret etmektedir.

Türkiye ahşap levha endüstrisinde Avrupa'da lider durumda olup, Dünya'da ise ilk beşte yer almaktadır. Dolayısıyla bu sanayide ki üretim tesisleri dünyanın en modern teknolojik alt yapısına sahip bulunmaktadır. Bu yönüyle yüksek lisans tezinin rahat bir şekilde bu altyapıyı kullanmak suretiyle ticari bir ürün haline getirilmesi söz konusu olabilecektir.

Bu yüksek lisans tezi kapsamında nanoteknoloji sayesinde geliştirilen yeni nesil tutkalın kullanımıyla üretilecek ahşap levhaların yurtdışına özellikle refah seviyesi yüksek gelişmiş ülkelere ihracatına katkı sunması beklenmektedir. Bu vesileyle ülkemize döviz girdisinin arttırılması sonucu ahşap endüstrisinin gelişimine katkı sunacaktır. Buna ilaveten ülke ekonomisine katma değer yaratacaktır.

KAYNAKLAR

Anonim, 2019a: http://www.boren.gov.tr/expin.htm#rezerv. [Ziyaret Tarihi: 09.03.2019].

Anonim, 2019b: www.turkishwood.org/TR,15268/levha-sanayii-raporu.html [Ziyaret Tarihi: 10.03.2019].

Anonim, 2019c: https://www.starwood.com.tr/download/catalog/levha-kullanim-kilavuzu.pdf [Ziyaret Tarihi: 11.03.2019].

Anonim, 2019d: http://www.gentaskimya.com/TR,4/urunlerimiz.html [Ziyaret Tarihi: 12.03.2019].

Anonim, 2019e: http://www.etimaden.gov.tr/turkiyede-bor [Ziyaret Tarihi: 13.03.2019].

Akbulut, T., 1999, *Dünya'da ve Türkiye'de MDF Endüstrisinin Genel Durumu*, Laminat, Mobilya & Dekorasyon & Sanat & Tasarım Dergisi, Ağustos-Eylül, Sayı 3, İstanbul.

Akbulut, T., 2001, *Liflevha endüstrisi ders notu*, İ.Ü. Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul (Basılmamıştır).

Akbulut, T., 2011, *Yongalevha endüstrisi ders notu*, İ.Ü. Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 142 sayfa, İstanbul (Basılmamıştır).

Akbulut, T., 2014, *Yongalevha Endüstrisi*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Ders Notu.

Akgül M., Çamlıbel O., Gedik T., 2013, *Türkiye ve Dünyadaki MDF Endüstrisine Genel Bir Bakış*, Ormancılık Dergisi 9(2) 117-125.

Alexıou, P.N., Gardner, W.D., Lınd, P., Butler, D. 1986, Efficacy of an Amino Resin Fire Retardant, *Forest Products Journal*, 36(11/12), s. 9-15.

Arslan M.B., Karakuş B., Güntekin E. 2007. Tarımsal Atıklardan Lif ve Yongalevha Üretimi, *ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 9(12), 5462.

Ayrılmış, N., 2006, *Çeşitli Kimyasalların Bazı Ahşap Levha Ürünlerinde Yanma ve Teknolojik Özellikler Üzerine Etkisi,* Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Baudis U., Fichte R., 1995, "*Boron and Boron Alloys*", Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Vol A4, pp 281-293.

Bozkurt, A.Y., Göker, Y., 1985, *Yongalevha endüstrisi*, İstanbul Üniversitesi Rektörlüğü Yayın No: 3311, Orman Fakültesi Yayın No: 372, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 263 sayfa, İstanbul.

Bozkurt, Y., Göker, Y., 1990, *Yongalevha Endüstrisi*, Ders Kitabı, İ.Ü. Yayın No:3614, O.F. Yayın No: 413, İstanbul, 14-170.

Bozkurt, Y., Göker, Y., Erdin, N., 1993, *Emprenye Tekniği*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Yayın No: 3779, Orman Fak. Yayın No: 425, 429 s.

Candan, Z., 2012, *Ahşap Sandviç Panel ve Laminat Parke Üretiminde Nanopartikül Kullanımı ve Teknolojik Özellikler Üzerine Etkisi*, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Çıracı, S., 2005, Metrenin Bir Milyarda Birinde Bilim ve Teknoloji, *Bilim ve Teknik,* Tübitak, Ankara.

Çıracı, S., 2006, Ulusal Nanoteknoloji Araştırma Merkezi (UNAM): Nanobilim ve Nanoteknolojide Türkiye'nin Bir Mükemmeliyet Merkezi, *Bilim ve Teknik,* Tübitak, Ankara.

Çolak, S., 2002, *Kontrplaklarda Emprenye İşlemlerinin Formaldehit ve Asit Emisyonu ile Teknolojik Özelliklere Etkileri,* Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Çolakoğlu, G., Çolak, S., Aydın, İ., Yıldız, Ü.C., Yıldız, S., 2003, *Effect of Boric Acid Treatment on Mechanical Properties of Laminated Beech Veneer Lumber*, Silva Fennica, 37 (4): 505-510.

Dayanıklıoğlu, S., 2004, *Türkiye'de Liflevha ve Yongalevha Sektörünün Durumu, Avrupa Birliği Ülkeleriyle Karşılaştırılması, Problemleri ve Çözüm Yolları*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Dönmez, A., Kalaycıoğlu, H., 2004, *Borik Asit ve Boraks ile Muamele Edilen Kavak Yongalarından Üretilmiş Yonga Levhaların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri*, 2. Uluslararası Bor Sempozyumu, 23-25 Eylül 2004 Eskişehir Türkiye.

Ediz N., Özdağ H., 2001, *Bor Mineralleri ve Ekonomisi*, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Sayı 2.

Edwards, S.A., 2006. *The Nanotech Pioneers*, WILEY-VCH, USA, Pp: 257.

Ellis, D.W., Rowell, M.R., 1989, *Flame Retardent Treatment of Wood with a Diisocynate and an Oligomer Phosphonate*, Wood and Fiber Science, 21(4):367-375

El-Samny, M.F., 2008, *Nanoarchitecture, Nanotechnology and Architecture*, Yüksek Lisans Tezi, University of Alexandria Faculty of Engineering Department of Architecture.

Ferm, D. J., Shen, K. K. and Us, B., 1994, Study on the Permanence of Borates in Cellulosic Insulation, *Proceedings of the 10th international conference on thermal insulation*, 1994.

Gindl, W., Zargar-Yaghubi, F., Wimmer, R., 2003. *Impregnation of softwood cell walls with melamine-formaldehyde resin*, Bioresource Technology, 87, 325–330.

Göker, Y., 2000, *Değişik Yöntemlerle Üretilmiş Yongalevhaların Kullanım Yerleri*, Laminart Mobilya ve Dekorasyon ve Sanat ve Tasarım Dergisi, Sayı:7, İstanbul.

Gönültaş, O., 2004, *Doğu Ladini (Picea Orientalis) ve Meşe (Quercus Spp.) Kabukları Taneninin Biotutkal Üretiminde Kullanılması,* Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Gür, M., 2010, *Nanomimarlık bağlaminda nanomalzemeler*, Uludağ Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, 15(2): 81-90.

Helvacı, C., 2003, *Türkiye Borat Yatakları Jeolojik Konumu, Ekonomik Önemi ve Bor Politikası*. BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 5.1.

Helvacı, C., 2010, Bor madenlerinin oluşum ortamları, Türkiye'nin potansiyeli ve ekonomimizdeki yeri, TÜBA.

Hume, G., 2005, *Fire retardant composite panel product and a method and system for fabricating same*, Google Patents.

Jones, P., Wegner, T. et al. 2005, *In: Nanotechnology For The Forest Products İndustry -Vision And Technology Roadmap,* Based on the Results of the Nanotechnology for the Forest Products Industry Workshop, Landsdowne, Virginia, USA, October 17 - 19, 2004. Atlanta: TAPPI Press, p. 92.

Kalaycıoğlu, H., Özen, R., 2012, *Yongalevha Endüstrisi Ders Kitabı*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon.

Kelsall, R.W., Hamley, I.W., Geoghegan, M., 2005, *Nanoscale Science and Technology*, John Wiley & Sons, West Sussex, Pp: 456.

Kistler R.B., Helvacı C., 1994, "*Boron and Borates*", Industrial Minerals and Rocks, 6th Edition, Society of Mining, Metallurgy and Exploration Inc., pp 171-186.

Klemm, D., Kramer, F., Moritz, S., Lindström, T., Ankerfors, M., Gray, D. And Dorris, A., 2011, *Nanocelluloses: A New Family of Nature-Based Materials*, Angewandte Chemie International Edition, 50(24):5438–66.

Korucu, T., Mengeloğlu F., 2007, *Türkiye Tarımsal Artık Potansiyeli ve Alternatif Kullanım Olanakları*, Tarımsal Mekanizasyon 24.Ulusal Kongresi 5-6 Eylül, sayfa 297-307.

LeVan, S. L, H.C. Tran., 1990, *The role of boron in flame retardant treatments*. Proc. of First Tnt. Conf. On Wood Protection with Diffusible Preservatives, 28-30 Nov., 1990, Tennessee, USA, pp. 39-41.

Licari, J.J., Swanson, D.W., 2016, *Adhesives Technology for Electronic Applications,* ed: Andrew W., Vol:2, Elsevier, USA.

Mallick, P.K., 1997, *Composites Engineering Handbook,* Marcel Dekker,Inc., Newyork USA, 1-5.

Maloney, T.M., 1993, *Modern Particleboard and Dry-Process Fibreboard Manufacturing*, Miller Fremann Publ., Inc., California, USA.

May. M., Wang, H.M., Akid, R., 2010, *Effects of the addition of inorganic nanoparticles on the adhesive strength of a hybrid sol–gel epoxy system*, International Journal of Adhesion and Adhesives, 30 (6): 505–512.

Mnyusiwalla, A., Daar, A. S., Singer, P. A., 2003, Mind the gap: Science and ethics in nanotechnology, *Institute Of Physics Publishing*, *Nanotechnology*, 14, R9-R13.

Örs, Y., Atar, M., Peker, H., 1999, *Sarıçam Odununun Yanma Özelliklerine Bazı Borlu Bileşikler ve Su İtici Maddelerin Etkileri*, Tr. J. of Agriculture and Forestry, 23, 501-509.

Özkan Ş.G., Çebi H., Delice S., Doğan M., 1997, "*Bor Minerallerinin Özellikleri ve Madenciliği*", 2. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir/Türkiye, s. 224-228.

Picciotto H.A., Wissner-Gross A.D., Lavallee, G., Weiss, P.S. 2007, *Arrays of cu21 complexed organic clusters grown on gold nano dots, j. exp. nanosci*., 2(1-2):3–11.

Pizzi, A., 1994, *Advanced Wood Adhesives Technology*, Marcel Dekker Inc., New York, 978-0824-7926-64.

Pizzi, A., Stephanou, A., 1994, Fast vs. slow-reacting non-modified tannin extracts for exterior particleboard adhesives, *Holz als Roh-und Werkstoff*, 52, 218-222.

Pizzi, A., Mittal, K.L., 2003, *Handbook of Adhesive Technology*, Second Edition, Revised and Expanded, Marcel Dekker, New York, 0-8247-0986-1.

Poole, C.P.Jr., Owens, F.J., 2003, *Introduction To Nanotechnology. John Wiley & Sons*, New Jersey, Pp: 400.

Poslu K., Aslan İ.H., 1995, *Dünya Bor Mineralleri ve Bileşikleri Üretiminde Türkiye'nin Yeri*, Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir/Türkiye, s. 33-42.

Rånby, B.G., 1949, *Aqueous Colloidal Solutions of Cellulose Micelles*, Acta Chemica Scandinavica, 3: 649-50.

Rowell, R.M., Susott, R.A., Degroot, W.F., Shafızadeh, F., 1984, Bonding Fire Retardants to Wood. Part 1. Thermal behavior of chemical bonding agents. *Wood and Fiber Science*, 16(2), s. 214-223.

Sarıiz K., Nuhoğlu İ., 1992, "*Endüstriyel Hammadde Yatakları ve Madenciliği*", Anadolu Üniversitesi, Yayın No 636, s. 58-86.

Serkov, A.T., 2008, *Radishevskii, M.B.*, Fibre Chemistry, 40: 32-6.

Shen, K. K., Kochesfahani, S. H. and Jouffret, F., 2009, *Boron-based flame retardants and flame retardancy*, Fire retardancy of polymeric materials, 2nd edition, In: Wilkie, C. A. and Morgan, A. B. (eds.), Taylor & Francis, ISBN: 9781420084009.

Smith R., 1995, "*Boric Oxide, Boric Acid, and Borates*", Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Vol A4, pp 263-280.

SPSS Statistics, 2017, *IBM SPSS Statistics 25*, SPSS Inc., Chicago IL, USA.

Suchsland, O., Woodson, G.E., 1986, *Fiberboard Manufacturing Practices İn The United States*, Agric. Hand, 640, U.S. Department of Agriculture, Washington, DC, USA.

Şahin V., 1997, *Yongalevhanın Türkiye Ekonomisindeki Yeri*, Yüksek Lisans Semineri, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, S:13, Isparta.

Şarda D., 1994, "*Bor Minerallerinden Borik Asit Üretimi*" Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Taniguchi, N., 1974. *On the basic concept of nanotechnology, Proc. Intl. Conf. Prod.*, London, Pp: 245.

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019, Bor, [online], www.enerji.gov.tr [Ziyaret Tarihi: 07.04.2019].

T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Bilim ve Teknoloji Genel Müdürlüğü, 2017, *Türkiye Nanoteknoloji Stratejisi ve Eylem Planı*, Ankara.

Terzi, E., 2015, *Yanmayı Geciktirici Madde Olarak Bor Minerallerinin Odun ve Odun-Plastik Kompozitlerde Kullanımı*, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Tolun R., 1988, "*Anorganik Bor Bileşikleri ve Üretim Teknolojisi*", Tübitak-Mae, Kimya Araştırma Bölümü Yayını, 65 s.

TS EN 309, "Ahşap Yongalevhalar-Tarif ve Sınıflandırma", *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara (1999).

TS EN 310, 1999*, Ahşap esaslı levhalar - Eğilme dayanımı ve eğilme elastikiyet modülünün tayini*, TSE, Ankara.

TS EN 317, 1999, *Yongalevhalar ve lif levhalar - Su içerisine daldırma işleminden sonra kalınlığına şişme tayini*, TSE, Ankara.

TS EN 319, 1999, *Yongalevhalar ve lif levhalar - Levha yüzeyine dik çekme dayanımının tayini*, TSE, Ankara.

TS EN 323, 1999, *Ahşap esaslı levhalar - Yoğunluk tayini*, TSE, Ankara.

TS EN 325, 1999, *Ahşap esaslı levhalar - Deney numunelerinin boyutlarının tayini*, TSE, Ankara.

TS EN 326 – 1, 1999, *Ahşap esaslı levhalar – Numune alma kesme ve muayene, Bölüm 1: Deney numunelerinin seçimi, kesimi ve deney sonuçlarının gösterilmesi*, TSE, Ankara.

Ulay G., Güler C. 2010, *Köpüklü (poliüretan) ve Petekli (honeycomb) Kompozit Lamine Malzemelerin Bazı Teknolojik Özelliklerinin İncelenmesi*, MYO-ÖS 2010-Ulusal Meslek Yüksekokulları Öğrenci Sempozyumu 21-22 Ekim 2010, Düzce.

Usa Doe, 2006, *The scale of things – nanometers and more*, The United States Department of Energy, Office of Basis Energy Sciences, Office of Science, 05-26-06, Unites States of America.

Üner, G., 2007, *3-Aminopropiltrietoksisilan (Apts) ile Modifiye Polimer/Halloysit Nanotüplerinin Tasarımı, Sentezi ve Karakterizasyonu*, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Var, A.A., 2000, *Emprenye Edilmiş Yongalardan Üretilen Yongalevhaların Bazı Teknolojik Özellikleri,* Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 242 s, Trabzon.

Veigel S, Rathke J, Weigl M, Gindl-altmutter W., 2012, *Particle Board and Oriented Strand Board Prepared with Nanocellulose-Reinforced Adhesive.* Journal of Nanomaterials, 2012, 15.

Weber, M., Weber, M., 2010, *Phenols*, In:Phenolic Resins: A Century of Progress, edited by Pilato, L., Springer-Verlag,, Berlin-Heidelberg, 978-3642047138.

Yalınkılıç, M.K., Imamura, Y., Takahashı, M., Demirci, Z., 1998, Effect of Boron Addition to Adhesive and/or Surface Coating on Fire-Retardant Properties of Particleboard, *Wood and Fiber Science*, 30(4), s. 348-359.

Yenmez, N., 2009, *Stratejik Bir Maden Olarak Bor Minerallerin Türkiye İçin Önemi*, İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi, Sayı 19, Sayfa 59-94, İstanbul.

Yıldırım, N, 2018, Nanoteknoloji ve Geleceğin Çevreci Polimeri Nanoselüloz, *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 2018, 5:2, Sayfa 185-195.

Yonga Levha Sanayicileri Derneği, 2019, *Türkiye'deki Yongalevha ve Liflevha Fabrikalarının Kapasite Verileri*, Genel Sekreterlik, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Mert YILDIRIM
Doğum Yeri	Üsküdar
Doğum Tarihi	05.06.1993
Uyruğu	☑ T.C. ❒ Diğer:
Telefon	0539 463 47 87
E-Posta Adresi	yildirimmert1993@gmail.com
Web Adresi	



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Fakülte	Orman Fakültesi
Bölümü	Orman Endüstri Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	09.07.2015

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Enstitü Adı	Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Anabilim Dalı	Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Programı	Orman Endüstri Mühendisliği Programı

Makale ve Bildiriler

Candan Zeki, **Yildirim Mert**, Satir Atanur, Ermeydan Mahmut Ali, Gonultas Oktay (2017). Hydrophobicity Of E-Caprolactone-Modified Wood Materials. COST Action FP1407-3rd Conference Wood Modification Research Applications, 132-133. (Özet Bildiri/Poster)

Ermeydan Mahmut Ali, Gonultas Oktay, **Yildirim Mert**, Candan Zeki (2018). Effect Of Polymerization Temperature During Ɛcaprolactone Modification On Wood Properties. COST Action FP1407 Final Conference: "Living with modified wood", 34-35. (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)