



T.C.

BARTIN ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YONGA LEVHA ÜRETİMİNDE YÜZEY YONGA ORANI VE LEVHA
YOĞUNLUĞUNUN BAZI ÖZELLİKLER ÜZERİNE ETKİSİ

COŞKUN KURŞUN

DANIŞMAN

DOÇ. DR. SAADETTİN MURAT ONAT

İKİNCİ DANIŞMAN

DR. ÖĞR. ÜYESİ ORHAN KELLEÇİ

BARTIN-2024



T.C.

BARTIN ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**YONGA LEVHA ÜRETİMİNDE YÜZEY YONGA ORANI VE LEVHA
YOĞUNLUĞUNUN BAZI ÖZELLİKLER ÜZERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Coşkun KURŞUN

JÜRİ ÜYELERİ

Danışman :

Üye :

Üye :

Üye :

Üye :

BARTIN-2024

BEYANNAME

Bartın Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre Doç. Dr. Saadettin Murat Onat ve Dr. Öğr. Üyesi Orhan Kelleci danışmanlığında hazırlamış olduğum “YONGA LEVHA ÜRETİMİNDE YÜZEY YONGA ORANI VE LEVHA YOĞUNLUĞUNUN BAZI ÖZELLİKLER ÜZERİNE ETKİSİ” başlıklı yüksek lisans tezimin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

02.05.2024

Coşkun KURŞUN

ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimim boyunca desteğini esirgemeyen çok değerli hocalarım Doç. Dr. Saadettin Murat ONAT ve Dr. Öğr. Üyesi Orhan KELLEÇİ'ye teşekkür ederim. Deney örneklerinin hazırlanmasında, laboratuvar deneylerinin gerçekleştirilmesinde, sonuçların analiz edilmesinde ve istatistiğinin yapılması konusunda yardımlarını esirgemeyen çok değerli hocam Prof. Dr. Deniz AYDEMİR'e, Orman Endüstri Mühendisi Samet BÜYÜK'e ve Tesis Müdürü Orman Endüstri Mühendisi Birkan ÜMÜT'e teşekkür ederim.

Malzeme temini konusunda yardımcı olan Yıldız Entegre Mudurnu Sunta Fabrikası sahip ve yöneticilerine çok teşekkür ederim.

Her zaman yanımda olan eşim Öznur KURŞUN'a, her zaman desteklerini yanımda hissettiğim aileme sonsuz şükranlarımı sunarım.

Yaptığımız bu çalışmayı ülkemizin bölünmez bütünlüğünü koruyan gazi ve şehitlerimize armağan olsun.

Coşkun KURŞUN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YONGA LEVHA ÜRETİMİNDE YÜZEY YONGA ORANI VE LEVHA YOĞUNLUĞUNUN BAZI ÖZELLİKLER ÜZERİNE ETKİSİ

Coşkun KURŞUN

Bartın Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Saadettin Murat ONAT

İkinci Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Orhan KELLEÇİ

Bartın-2024, sayfa: 90

Artan insan nüfusunun odun ihtiyacını karşılayacak orman kaynağı sınırlıdır. Bu sebeple sanayi atığı ve tomruk üretiminden arta kalan odunlar ahşap kompozit üretiminde değerlendirilmektedir. En fazla üretilen ahşap kompozitler orta yoğunlukta lif levha (MDF) ve yonga levhadır. Bu levhalar son 20 yılda dünya levha pazarına hakim duruma gelmiştir. Levha üretiminde yaşanan bu artış üreticilerin odun hammaddesine ulaşımını zorlaştırmıştır. Bu sebeple üreticiler rekabet güçlerini artırmak için düşük yoğunlukta levha üreterek daha az odun hammaddesi kullanımı yoluna gitmiştir. Düşük yoğunlukta levha üretmek ise levha üst yüzeyinin laminant kaplanmasında kalite sorunlarına yol açmaktadır. Bu sebeple düşük yoğunlukta üretilen üç tabakalı yonga levhaların yüzey (Surface Layer: SL) ve orta (Core Layer: CL) tabaka oranlarının optimum ayarlanması gerekir. Çünkü SL tabakası oranı arttıkça yüzey düzgünlüğü artar fakat maliyetler de artar. Ayrıca yüzey düzgünlüğünü etkileyen önemli faktörlerden birisi de zımpara payıdır. Zımpara payı mümkün olduğunca düşük tutulmalıdır. Bu ise her zaman mümkün olmamaktadır. Bu sebeple en iyi yüzey

düzgünlüğü sağlayan SL miktarı ve zımpara payı belirlenmelidir. Bunu bilebilmek için ise farklı yoğunluklarda üretilen yonga levhalarda farklı SL oranlarının ve farklı zımpara paylarının levhanın mekanik ve fiziksel özellikleri yanında melamin pres sonrasında aşınma çizilme, renk değişimi ve leke tutma mukavemetlerinin analiz edilmesi gerekir.

Bu çalışma da yukarıda bahsedilen optimum levha üretimi için iki farklı yoğunlukta, üç farklı SL/CL tabaka oranında ve iki farklı zımpara toleransında ($2 \times 3 \times 2 = 12$) 12 levha örneği üretilmiştir. Levhaların fiziksel ve mekanik karakterizasyonları Türk Standartları'nın ilgili standartlarına göre yapılmıştır. Levhaların laminant kaplandıktan sonra aşınma, çizilme ve leke tutma mukavemetleri analiz edilmiştir. SPSS paket programı kullanılarak örnekler arasındaki anlamlı farklılıklar One-way Anova analizi ile ortaya konulmuştur. Örnekler arasında en iyi örneğin tespiti için çok kriterli karar verme yöntemlerinden GRİ analiz yöntemi kullanılmıştır. Yapılan analiz sonuçlarında en iyi örneğin 560 yoğunlukta, % 32 SL- % 68 CL oranında ve 18 mm zımpara sonrası kalınlığa sahip levha olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Melamin kaplama, üre formaldehit, yoğunluk, yonga levha, yüzey tabaka.

Bilim kodu: 120502, 120506

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

THE EFFECT OF THE BOTTOM-TOPS LAYER CHIP RATIO AND SANDING ALLOWANCE ON THE BOARD PROPERTIES IN THE SURFACE COATING PROCESS OF LOW DENSITY PARTICLE BOARDS

Coşkun KURŞUN

Bartın University

Graduate School

Department of Forest Industry Engineering

Thesis Advisor: Assoc. Prof. Dr. Saadettin Murat ONAT

Second Advisor: Assist Prof. Dr. Orhan KELLEÇİ

Bartın-2024, pp: 90

Forest resources to meet the wood needs of the increasing human population in the world are limited. For this reason, industrial waste and wood left over from log production are used in wood composite production. The most commonly produced wood composites are medium density fiberboard (MDF) and particleboard. These boards have dominated the world board market in the last 20 years. This increase in board production has made it difficult for manufacturers to access wood raw materials. For this reason, manufacturers have chosen to use less wood raw material by producing low density boards in order to increase their competitiveness. Producing low density boards causes quality problems in the laminate coating of the top surface of the board. For this reason, the surface (Surface Layer: SL) and core (Core Layer: CL) layer ratios of three-layer chipboards produced at low density must be optimally determined. Because as the SL layer ratio increases, surface quality increases, but costs also increase. Additionally, one of the important factors affecting surface quality

is sanding tolerance. Sanding tolerance should be kept as low as possible. This is not always possible. For this reason, the amount of SL and sanding tolerance that provides the best surface quality should be determined. In order to determine this, it is necessary to analyze the mechanical and physical properties of the board with different SL ratios and different sanding tolerances in particleboard produced at different densities, as well as the abrasion, scratching, color change and stain resistance after melamine pressing.

In this study, 12 particleboard samples were produced in two different densities, three different SL/CL layer ratios and two different sanding tolerances ($2 \times 3 \times 2 = 12$) for the optimum board production mentioned above. Physical and mechanical characterizations of the boards were made according to the relevant Turkish Standards. After the boards were coated with laminate, their abrasion, scratch and stain resistance were analyzed. Significant differences between the samples were revealed by One-way Anova analysis using the SPSS package program. To determine the best example among the samples, the GRAY analysis method, one of the multi-criteria decision-making methods, was used. As a result of the analysis, it was determined that the best sample was with a density of 560, a ratio of 32 % SL – 68 % CL and a thickness of 18 mm after sanding.

Keywords: Density, melamine press, particle board, surface layer, urea formaldehyde.

Bilim kodu: 120502, 120506

İÇİNDEKİLER

BEYANNAME	ii
ÖNSÖZ.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
TABLolar DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Yonga Levha Tanımı ve Sınıflandırılması.....	3
1.2. Kullanım Yerlerine Göre Yonga Levhaların Sınıflandırılması	5
1.3. Yonga Levhalar İçin Renkli İşaretleme	8
1.4. Yonga Levhanın Tarihçesi	8
1.5. Yonga Levha Üretim Teknolojisi.....	10
1.5.1 Kabuk Soyma.....	10
1.5.2 Yongalama	11
1.5.3 Kurutma İstasyonu	13
1.5.4 Dozajlama ve Tutkallama.....	14
1.5.5 Serme.....	15
1.5.6 Sıcak ve Soğuk Pres	15
1.5.7 Soğutma ve İstifleme.....	16
1.5.8 Zımparalama.....	17
1.5.9 Melamin Pres	18
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	20
3. MATERYAL VE METOT.....	23
3.1. Materyal.....	23
3.1.1 Odun Hammaddesi ve Yonga Hazırlama	23
3.1.2 Tutkal.....	23
3.1.3 Sertleştirici	24
3.1.4 Dekor Kağıdı.....	25

3.2. Metot	26
3.2.1 Yonga Levha Üretimi	26
3.2.2 Fiziksel Analizler	28
3.2.2.1 Rutubet Analizi	29
3.2.2.2 Kalınlığına Şişme Miktarı Analizi.....	29
3.2.2.3 Su Alma Miktarı Analizi.....	30
3.2.2.4 Yoğunluk Analizi	30
3.2.2.5 Renk Analizi.....	30
3.2.2.6 Kenar Yoğunluk Profili Analizi	32
3.2.3 Mekanik Analizler	32
3.2.3.1 Eğilme ve Eğilmede Elastikiyet Analizi.....	33
3.2.3.2 Yüzeye Dik Çekme Analizi	34
3.2.3.3 Yüzey Sağlamlığı Analizi	34
3.2.3.4 Vida Tutma Mukavemeti Analizi.....	35
3.2.4 Laminant Yüzey Analizleri.....	36
3.2.4.1 Aşınmaya Karşı Mukavemet	36
3.2.4.2 Çizilmeye Karşı Mukavemet	37
3.2.4.3 Lekelenmeye Karşı Mukavemet	39
3.2.4.4 Sigara Ateşine Mukavemet.....	40
3.2.4.5 Porozite Analizi.....	41
3.2.4.6 Asit Dayanımı Analizi.....	42
3.2.5 Entropi Temelli Gri İlişkisel Analiz ile Optimum Sonucun Belirlenmesi..	43
3.2.6 İstatistiksel Yöntem	46
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	47
4.1. Fiziksel Özellikler	47
4.1.1 Rutubet Analizi.....	48
4.1.2 Kalınlığına Şişme Miktarı	50
4.1.3 Su Alma Miktarı	53
4.1.4 Yoğunluk Analizi	55
4.1.5 Renk Analizi.....	56
4.1.6 Kenar Yoğunluk Profili Analiz Sonuçları.....	58
4.2. Mekanik Analiz Sonuçları.....	60

4.2.1 Eğilme ve Eğilmede Elastikiyet Modülü	61
4.2.2 Yüzeye Dik Çekme Direnci.....	62
4.2.3 Yüzey Sağlamlığı.....	63
4.2.4 Vida Tutma Direnci	65
4.3. Laminant Yüzey Analizleri	66
4.3.1 Aşınma Analizi.....	67
4.3.2 Çizilme Analizi.....	68
4.3.3 Lekelenmeye Karşı Mukavemet.....	69
4.3.4 Sigara Ateşine Mukavemet.....	70
4.3.5 Porozite Analizi.....	71
4.3.6 Asit Dayanımı.....	73
4.4. Çok Kriterli Karar Verme Analizi.....	73
4.4.1 Entropi Ağırlıklarının Belirlenmesi	74
4.4.2 Gri İlişkisel Analiz	76
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	78
KAYNAKLAR	84

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
No	No
1.1: Türkiye’de son 27 yıldaki yonga levha üretim arışı (FAOSTAT, 2024).....	2
1.2: Tamburlu yongalayıcılar (a) kapalı tamburlu, uzun bıçaklı (b) açık tamburlu, kısa bıçaklı (Spinelli vd., 2015).....	12
1.3: (a) üç geçişli yonga kurutucu, (b) tek geçişli yonga kurutucu	13
3.1: Örneklerin yüzeylerini kaplamada kullanılan emprenyeli dekor kağıdı.....	25
3.2: Analiz örneği kesim planı	27
3.3: Renk uzayı grafiği (Parnian Khajehdizaj vd., 2014)	31
3.4: PCE-CSM 5 renk ölçüm cihazı (Foto: Kurşun, 2024).....	32
3.5 Eğilme mukavemeti analizi	33
3.6: Yüzeye dik çekme analizi	34
3.7: Yüzey sağlamlığı analizi (a) analiz örnekleri, (b) test düzeneği	35
3.8: Vida tutma mukavemeti (a) kenar vida tutma, (b) yüzey vida tutma	36
3.9: Taber aşındırıcı test cihazı.....	37
3.10: Çizilme mukavemeti tayini analiz cihazı	39
3.11: Lekelenme mukavemeti analizi	40
3.12: Sigara ateşine mukavemet analizi.....	41
3.13: Porozite analizi	42
3.14: Asit çözeltisinin bulunduğu alan ve derecelendirme, (a) 1. derece, (b) 2. derece, (c) 3. derece, (d) 4. derece, (e) 5. derece.....	43
4.1: 520 kg/m ³ levhaların rutubet analizleri.....	49
4.2: 560 kg/m ³ levhaların rutubet analizleri.....	49
4.3: 520 kg/m ³ yoğunlukta üretilen levhaların SL miktarına (a) ve zımpara kalınlığına göre kalınlığına şişme miktarındaki değişim, (b) SL:14-14, (c) SL: 15-15, (d) SL: 16-16.....	51
4.4: 560 kg/m ³ yoğunluktaki levhaların kalınlığına şişme miktarları (a) yüzey tabaka miktarının şişme miktarına etkisi, (b) SL: 14-14, (c) SL: 15-15, (d) SL: 16-16	52
4.5: 520 kg/m ³ yoğunluktaki levhaların su alma miktarları (a) yüzey tabaka miktarının su alma miktarına etkisi (b) SL 14-14, (c) SL 15-15, (d) SL16-16	54
4.6: 560 kg/m ³ yoğunluktaki levhaların su alma miktarları (a) yüzeytabaka miktarının	

su alma miktarına etkisi, (b) SL 14-14, (c) SL 15-15, (d) 16-16.....	54
4.7: Levha kalınlığının ve yüzey tabaka miktarının 520 kg/m ³ ve 560 kg/m ³ yoğunluktaki levhalardaki etkisi.....	55
4.8: Farklı yüzey tabaka oranı ve levha kalınlığının levha yoğunlukları üzerindeki etkisi (a) yoğunluk 520, SL: 14-14, (b) yoğunluk 520, SL: 15-15, (c) yoğunluk 520, SL: 16-16, (d) yoğunluk 560, SL: 14-14, (e) yoğunluk 560, SL: 15-15, (f) yoğunluk 560, SL: 16-16.....	56
4.9: Renk analizi sonuçları.....	58
4.10: Eğilme ve eğilmede elastikiyet modülü analiz sonuçları.....	61
4.11: Yüzeye dik çekme analiz sonuçları.....	63
4.12: Yüzey sağlamlığı analiz sonuçları.....	64
4.13: Levhaların yoğunlukları (a), yüzey tabaka oranları (b), ve zımpara sonrası levha kalınlıkları (c)'na göre vida tutma dirençleri	65
4.14: (a) 300 mm x 300 mm ölçülerinde levhaların preslendiği sıcak pres (b) üretilen levha deney örnekleri.....	66
4.15: Aşınma analiz sonuçları	67
4.16: Leke tutma analizi göz ile muayene sonuç diyagramı	70
4.17: Porozite sonuçları diyagramı.....	72

TABLolar DİZİNİ

Tablo	Sayfa
No	No
1.1: Yonga levhaların kullanım yerlerine göre sınıflandırılması	6
1.2: Ahşap esaslı levhalar için müşterek renkli işaretleme sistemi	8
3.1: SL ve CL tabakalarında kullanılan tutkal parametreleri	24
3.2: SL ve CL tabakasında kullanılan AS sertleştirici miktarları.....	25
3.3: Levha üretim parametreleri	26
3.4: Melamin pres üretim parametreleri.....	28
3.5: Analiz örnekleri deseni	28
3.6: Renk değişimi kıyaslama kriterleri (DIN 5033, 2017)	31
3.7: ΔL , Δa , Δb ve ΔE değerlerine ait tanımlamalar (Lange, 1999).....	31
3.8: Aşınma analizi değerlendirme tablosu.....	37
3.9: Çizilme analizi değerlendirme tablosu.....	38
3.10: Leke analizinde kullanılan derecelendirme tablosu	39
3.11: Sigara ateşine dayanıklılık analizi derecelendirme tablosu.....	40
3.12: Porozite analizi derecelendirme tablosu.....	41
4.1: Fiziksel analiz sonuçları.....	47
4.2: Renk analizi sonuçları.....	57
4.3: Kenar yoğunluk profili analiz sonuçları.....	59
4.4: Mekanik analiz sonuçları	60
4.5: Laminant yüzey Taber aşınma analiz ((IP + FP)/2) sonuçları.....	67
4.6: Laminant yüzey göz ile muayene çizilme sonuçları	69
4.7: Laminant yüzey leke tutma analizi göz ile muayene sonuçları.....	70
4.8: Sigara ateşine mukavemet göz ile yapılan analiz sonuçları	71
4.9: Kurşun kalem ile yapılan porozite analiz sonuçları.....	72
4.10: Asit dayanımı derecelendirme sonuçları	73
4.11: Normalize veriler	74
4.12: Kriter ağırlıklarının belirlenmesi	75
4.13: Normalize edilmiş veriler.....	76
4.14: Gri ilişki katsayıları ve alternatiflerin sıralanması.....	77

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

N	: Newton
lt	: litre
m	: metre
mm	: milimetre
mm ²	: milimetre kare
m ²	: metrekare
m ³	: metreküp
p	: korelasyon katsayısı
r	: serbestlik derecesi
χ^2	: ki kare dağılımı

KISALTMALAR

SL	: Surface Layer (Yüzey Tabaka)
CL	: Core Layer (Orta Tabaka)
SUNTA	: Suni Tahta
MDF	: Medium Density Fiberboard (Orta Yoğunlukta Lif Levha)
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
BM	: Birleşmiş Milletler
YL	: Yonga levha
UF	: Üre formaldehit
MF	: Melamin formaldehit
FF	: Fenol formaldehit

1. GİRİŞ

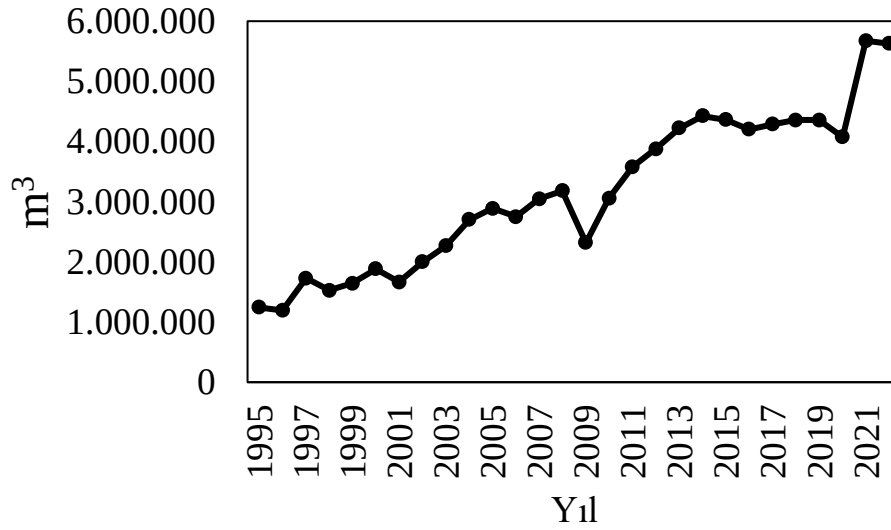
İnsan nüfusunun hızla artması orman ürünleri tüketiminin de hızla artmasına neden olmuştur. Bu artış ormanlar üzerindeki baskıyı artırmış ve ekolojik dengenin olumsuz yönde etkilenmesine neden olmuştur (Ekizoğlu, 2009; Zengin, 2009). Özellikle sanayi devriminden sonra insanların üretim ve tüketim anlayışında hızlı bir değişim yaşanmıştır (Akbulut ve Ayrılmış, 2024). Önceleri üretime dayalı tüketim anlayışı hakim iken günümüzde tüketime dayalı üretim anlayışı hakimdir. Bu anlayış çerçevesinde ihtiyaç duyulan ürünlerin üretimine odaklanmak, ihtiyaçları pazarlama stratejileri ile yönlendirmek, üretimde ekolojik dengenin etkilenmemesine özen göstermek, daha çevreci, insan sağlığına zarar vermeyen ürünleri üretmek gibi stratejiler geliştirilmiştir (Ekizoğlu, 2009).

Daha çevreci ürünlerin üretiminin gerçekleştirilmesi aynı zamanda doğal kaynakların korunması anlamına gelmektedir. Bu kapsamda orman kaynaklarının korunmasına yönelik gerçekleştirilen üretimler ön plana çıkmaktadır. Bilinçli tüketiciler de satın aldıkları ürünlerin üretim öncesi ve tüketim sonrası çevre ile etkileşimlerine dikkat etmektedir. Aldıkları mobilyalarda kullanılan odun materyalinin orman kaynaklarını ne ölçüde etkilediği hem tüketicilerin ilgisini çekmekte hemde orman işletmecilerinin çalışma konusu haline gelmektedir. Orman ürünleri sektörü ise artan üretimlerini orman işletmelerindeki artan odun üretimi ile karşılamaya çalışmaktadırlar. Bu ise ormanda ağaçların idari süresi tamamlanmadan üretiminin gerçekleşmesi sonucunu doğurmaktadır. Ormandan uygun işletme teknikleri ile üretimi gerçekleştirilmeyen odun hammaddesi orman alanlarının azalmasına neden olmaktadır (Zengin, 2009).

Ülkemizde orman işletmelerinin üzerindeki odun üretimlerini artırması konusundaki psikolojik baskı artmaktadır. Bu baskının azaltılması için ülkemizde ve dünyada endüstrinin ihtiyacı olan odun hammaddesinin karşılanması için hızlı gelişen orman ağaçları ile endüstriyel plantasyonlar yapılmaktadır. Bunun yanında orman ürünlerine olan ihtiyaç ahşap kompozit ürünler ile karşılanmaya çalışılmaktadır (Yıldırım, 2011).

Günümüzde dünyada ve ülkemizde ahşap kompozit malzeme olarak en fazla üretimi gerçekleştirilen malzemelerden birisi de yonga levhadır. Dünyada son 20 yılda 2,3 milyar

m³ yonga levha üretimi ve yaklaşık 141 milyar dolar değerinde ithalat-ihracatı gerçekleşmiştir (FAOSTAT, 2024). Yonga levhalar masif ahşap malzemeye göre fiziksel kusurlarının daha az olması ve istenilen ebatlarda üretilebilmesi gibi özellikleriyle mobilya endüstrisinde sıklıkla tercih dilmektedir. Özellikle mutfak dolabı, gardırop, yemek masası, sehpa, kitaplık vb. ürünlerin yapımı yonga levha kullanımı ile daha kolay hale gelmiştir. İstenilen renk ve desende bulunabilmesi, yüzey işlemlerinin gerekmemesi mobilya sektöründe üreticileri yonga levha kullanımına yönlendirmiştir. Bu sebeple ülkemizde yonga levha üretiminde son 27 yıl içerisinde önemli artış gerçekleşmiştir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1: Türkiye’de son 27 yıldaki yonga levha üretim artışı (FAOSTAT, 2024)

Yonga levha üreticilerinin birbirleri ile rekabet etmeleri yonga levha ürün çeşitliliğinin ve kalitesinin artmasına neden olmuştur. Levha üreticileri pazar hakimiyetlerini korumak için son 20 yıl içerisinde üretim kapasitelerini ciddi oranda artırmışlardır. Üretim kapasitesindeki artış levha üreticilerinin odun hammaddesi alımı konusunda da rekabet etmelerine neden olmuştur. Bunun neticesinde orman işletmeleri üzerindeki odun üretimi baskısı da artmış ve işletmelerin tam kapasite ile üretim yapmalarına neden olmuştur. Odun üretimi konusunda yapılabilecekler orman kaynaklarının miktarı ile sınırlıdır ve bu sınıra ulaşılmış durumdadır. Bu sebeple levha üreticileri yonga levha üretiminde odun hammaddesine ikame olabilecek yeni ligno-selülozik materyaller aramaktadırlar. Fakat odun dışında kullanılan ligno-selülozik malzemeler odun materyali kadar kaliteli olmamaktadır. Bu da firmaların rekabet gücünü azaltmaktadır (İstek vd., 2017; Kelleci vd., 2022; Koksall ve Kelleci, 2023). Bu

sebeple üreticiler odun hammaddesi problemini daha az odun hammaddesi kullanarak düşük yoğunluklu yonga levha üretimi ile aşmaya çalışmışlardır (Boruszewski vd., 2022; Kawai ve Sasaki, 1986; Regmi vd., 2022; Rowell vd., 1989). Düşük yoğunluklu levha üretiminin de bazı dezavantajları mevcuttur. Yüzeye dik çekme direnci ve vida tutma direncinin düşük olması, rutubetli ortamlarda kalınlığına şişme miktarının fazla olması düşük yoğunluklu yonga levhaların dezavantajları arasında sayılabilir .

Düşük yoğunluklu levhaların en önemli dezavantajlarından birisi de yüzey kaplama sırasında oluşan renk dalgalanmaları, tutkal lekeleri gibi hatalardır. Bu hataların giderilebilmesi için levhaların üst yüzey yoğunluklarının olabilecek en yüksek seviyede tutulması gerekir. Bunu sağlamanın en kolay yolu yüzey tabakada kullanılan ince yongaların miktarını artırmaktır. Bu da daha fazla hammadde kullanımına neden olur. Bu sebeple en yüksek yüzey yoğunluğu en az odun hammaddesi kullanımı ile sağlanmak zorundadır. Bunun sağlanması için ise yüzey tabakada kullanılan yonga miktarının ve zımpara işlemi sonrasında levha yüzeyinden temizlenen tabaka kalınlığının en iyi şekilde ayarlanması gerekmektedir (Kelleci, 2013).

Bu çalışmada en az odun miktarı ile en yüksek yüzey yoğunluğu sağlanmaya çalışılmıştır. Ayrıca yüzey tabakada kullanılan odun miktarının ve zımpara sonrası levha kalınlıklarının üst yüzey kaplama işlemleri üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Böylece en az odun kullanımı ile en yüksek yüzey yoğunluğuna sahip levha üretiminin gerçekleştirilmesi ve sonucunda yüzey kaplama işlemlerinin sorunsuz şekilde yapılabilmesi amaçlanmıştır.

1.1. Yonga Levha Tanımı ve Sınıflandırılması

Yonga levha odun ve odunlaşmış ligno selülozik malzemelerden üretilen yongaların çeşitli sentetik yapıştırıcılar ile yapıştırılarak sıcaklık ve basınç altında şekillendirilmesiyle oluşan levhalardır (Özen ve Kalaycıoğlu, 1980a). Ülkemizde yonga levhaların tarif ve sınıflandırması Türk standartları enstitüsü tarafından TS EN 309 (2008) standardında yapılmıştır. Bu standarda göre yonga levha “odun parçalarından (odun yongaları, testere talaşı, rende talaşı vb.) ve/veya diğer lignoselülozik malzemelerden (keten, kenevir ipliği, kendir ipliği, suyu çıkarılmış şeker kamışı posası vb. odunlaşmış bitkilerden) elde edilen

yongaların tutkallandıktan sonra, sıcak preslenmesiyle elde edilen levhalar” olarak tanımlanmaktadır (TS EN 309, 2008). Presleme tekniğine göre kalıplanmış (OKAL) yonga levhalar ise TS EN 14755 (2008)’e göre “odun ve/veya talaşlarının sentetik reçine tutkalı ile karıştırılıp sıcaklık etkisi altında preslenmesi ile elde edilen ve yongaları genellikle levha yüzeyine dik olan delikli ya da deliksiz kaplanmamış bir levhadır” şeklinde tanımlanmıştır.

Yonga levha yoğunluğuna, yonga büyüklüğüne ve geometrisine, presleme tekniklerine, tabaka sayısına ve içerisinde kullanılan tutkal çeşidine göre sınıflandırılmaktadır.

Yonga levhalar özgül kütlelerine göre,

- Düşük yoğunluklu yonga levhalar (yoğunluk $< 590 \text{ kg/m}^3$),
- Orta yoğunluklu yonga levhalar ($590 \text{ kg/m}^3 < \text{yoğunluk} < 800 \text{ kg/m}^3$),
- Yüksek yoğunluklu yonga levhalar ($800 \text{ kg/m}^3 < \text{yoğunluk}$).

Üretim şekillerine göre yonga levhalar (TS EN 14755, 2008),

- Yatay olarak kalıplanmış,
- Dik bir kalıba dökülerek kalıplanmış,
 - Delikli,
 - Deliksiz.

Levha yüzeyinin durumuna göre (İstek vd., 2017),

- Pres sonrası herhangi bir işlem görmemiş (zımparalanmamış),
- Zımparalanarak kalınlık kalibrasyonu yapılmış veya planyalanarak yüzeyi alınmış,
- Yüzey işlemi yapılmış (sıvı kaplayıcılar ile, örneğin renkli vernik ile),
- Preslenerek katı yüzey kaplayıcılar kullanılarak yüzeylendirilmiş (dekoratif lamine kaplayıcılar, emprenye edilmiş dekor kağıtları vb.).

Yüzey veya kenar işlemlerine göre (Akkılıç, 2004),

- Sade (İşlem görmemiş),
- Yüzeyi profilli,
- Kenarı profilli.

Yonga geometrisine göre levhalar (Kalaycıoğlu, 1997),

- 0,2 – 4 mm arası yongalardan üretilen levhalar,

- Şerit halinde yongaların birbirine dik yönlendirilmesi ile katman oluşturularak üretilen levhalar (OSB),
- Şekillendirilmiş yonga levhalar,
- Lignoselülozik bitkilerden yapılan panolar.

Yapı ve tabaka sayılarına göre (TS EN 309, 2008),

- Bir tabakadan oluşan levhalar,
- Birden fazla tabakadan oluşan levhalar,
- Sınıflandırılmış,
- Kalıplanarak üretilmiş (OKAL) levhalar,

Kullanım amaçlarına göre levhalar (Bozkurt ve Göker, 1990),

- Genel amaçlı levhalar,
- Nemli olmayan kapalı ortamlarda kullanılan,
- Yapılarda taşıma amaçlı kullanılan,
 - Aşırı yük taşıyabilen,
 - Biyotik faktörlere karşı dayanıklı hale getirilmiş,
 - Yanmaya karşı dayanıklı,
 - Isı ve ses izolasyonu sağlayan,
 - Diğer.

1.2. Kullanım Yerlerine Göre Yonga Levhaların Sınıflandırılması

Çeşitli kullanım yerlerine özel yonga levhalar üretilmektedir. Kullanıldığı yerin rutubet ve nem durumuna göre veya kullanım amacına göre levhalar özel olarak tasarlanmış ve bu tasarımlar standartlaştırılmıştır. Kullanım yerlerine göre yonga levhaların standardizasyonu TSE tarafından Tablo 1.1’de belirtildiği şekilde gerçekleştirilmiştir (TS 2129, 2012; TS EN 312, 2005).

Tablo 1.1: Yonga levhaların kullanım yerlerine göre sınıflandırılması

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

Kullanım yerlerinin ortam şartlarının açıklaması ise TSE tarafından aşağıda belirtildiği şekildedir.

- *Kuru şartlar,*

Havadaki rutubet oranının yalnızca yılın birkaç haftasında % 65'i geçtiği ve sıcaklığın 20 °C olduğu ortam içerisinde bulunan bir malzemenin rutubet miktarı ile karakterize edilmiştir. Bu tip levhalar yalnızca TS EN 335-3 (1997)'e göre 1. derece biyolojik tehlike arz eden yerlerde kullanılmaya uygundur.

- *Rutubetli şartlar,*

Havadaki rutubet oranının yalnızca yılın birkaç haftasında % 85'i geçtiği ve sıcaklığın 20 °C olduğu ortam içerisinde bulunan bir malzemenin rutubet miktarı ile karakterize edilmiştir. Bu tip levhalar yalnızca TS EN 335-3 (1997)'e göre 1. ve 2. derece tehlike arz eden yerlerde kullanılmaya uygundur.

- *Dış şartlar,*

Bozuk hava şartları, su, su buharı veya rutubete maruz kalan veya havalandırılabilen yerler olarak ifade edilirler. Bu tip levhalar, yalnızca TS EN 335-3 (1997)'e göre 1. 2. ve 3. derece biyolojik tehlike arz eden yerlerde kullanılmaya uygundur.

- *Genel amaçlı kullanım,*

Taşıma amaçlı olmayan bütün uygulamalar örneğin; mobilya ve dahili (iç) kullanımlar (TS EN 309, 2008).

- *Taşıyıcı olarak kullanım,*

Taşıyıcı bir konstrüksiyondaki kullanımlar. Örneğin; tasarlanan yapıdaki sağlamlığı ve mekanik dirençleri gerçekleştirmek için kullanılan bağlantı elemanlarının birleştirilmesinde kullanılırlar (TS EN 12369-1, 2005).

Yukarıda bahsedilen yonga levhalar sentetik (Termoset) reçineler kullanılarak üretilen yonga levhalar için kullanılan sınıflandırmalar için geçerlidir. Yonga levha üretiminde üretilen formaldehit (UF), melamin formaldehit (MF) ve fenol formaldehit (PF) yaygın olarak kullanılan reçinelerdir. Bunların yanında en fazla kullanılan yapıştırıcı malzeme çimentodur. Piyasada çimentolu yonga levha olarak bilinmektedir. TSE çimentolu yonga levhalar için çeşitli standartlar ve sınıflandırmalar belirlemiştir. Çimentolu yonga levhaların en yaygın sınıflandırılmaları aşağıdaki gibidir (TS EN 634-2, 2007).

- *Bağlayıcıya göre,*
 - Portland çimentosu (PC) ile yapıştırılan,
 - Magnezyum esaslı çimentolar (örneğin magnezit) ile yapıştırılan.
- *Yüzey durumlarına göre,*
 - Sıkıştırılmış,
 - Kumla kaplanmış,
 - Kaplanmış sıvı veya toz,
 - Levha malzeme yüzeyli (örneğin dekoratif lamine plastik levha, emprenyeli dekoratif kağıt, metal levha, sır).
- *Renklendirmeye göre,*
 - Tamamen renklendirilmiş,
 - Renksiz.
- *Şekillerine göre,*
 - Dik kenarlı ve düz yüzeyli,

- Profillendirilmiş yüzeyli,
- Profillendirilmiş yüzeyli.

1.3. Yonga Levhalar İçin Renkli İşaretleme

Yonga levhaların işaretlenmesi sırasıyla TS EN 312-2 (2005), TS EN 312-7 (2005)'ye uygun olmalıdır. Her durumda iki renk kullanılır. Birinci renk levhanın genel amaçlar için veya taşıyıcı amaçlar için (renkten bir veya iki çizgi kullanılır) olduğunu gösterir. İkinci renk, levhanın ıslak alanlarda veya kuru alanlarda kullanılabileceğini gösterir.

Aşağıdaki renkler kullanılır.

- İlk renk beyaz : Genel Amaçlı,
- İlk renk sarı : Taşıyıcı Levhalar,
- İkinci renk mavi: Kuru Şartlar için,
- İkinci renk yeşil: Islak Şartlar için.

Ahşap esaslı levhalar için müşterek bir renkli işaretleme sistemi getirilmiştir. Yonga levhaların işaretleme sistemi Tablo 1.2’de verilmiştir.

Tablo 1.2: Ahşap esaslı levhalar için müşterek renkli işaretleme sistemi

Özellikler	Renk kodu	TSE standardı
Genel Kullanım	Beyaz, Beyaz, Mavi	TS EN
İç Düzenleme, Kuru	Beyaz, Mavi	TS EN 312-2
Taşıyıcı, Kuru	Sarı, Sarı, Mavi	TS EN 312-3
Taşıyıcı, Islak	Sarı, Sarı, Yeşil	TS EN 312-4
Taşıyıcı, Aşırı Yüklenen Kuru	Sarı, Mavi	TS EN 312-5
Taşıyıcı, Aşırı Yüklenen, Islak	Sarı. Yeşil	TS EN 312-6

Bu çalışmada üretilen yonga levhalar iç düzenleme, kuru şartlar (TS EN 312-2) standardı kapsamında üretilmiştir.

1.4. Yonga Levhanın Tarihçesi

On dokuzuncu yüzyılda, kompozit levhalar üreterek talaş ve talaş da dahil olmak üzere

kereste fabrikası yan ürünlerinden yararlanmaya yönelik birçok girişimde bulunulmuştur; yonga levha benzeri ahşap kompozitlerin üretim süreçlerine ilişkin kavramsal referanslar 1887 yılına kadar uzanmaktadır (Katlan, 1994). 1935 yılında Farley ve Loetscher Manufacturing Co., yonga levha üreten ilk tesis olmuştur (Bucher, 2012). 1940'lar boyunca yonga levha endüstrisi hızlı bir gelişim göstermiştir (Rowell, 2012).

1932'de Max Himmelheber (1936), ahşap liflerini yapıştırıcıyla tamamen emprenye etmeden yonga levha yapma işleminin patentini almıştır. İlk yonga levhalar, sanayi artığı planya talaşı, testere talaşı gibi atık ürünlerle, çekiçli değirmenlerde öğütülerek talaş haline getirilmiş ve bir fenolik reçine ile birbirine bağlanarak üretilmişlerdir. Çekiçli değirmen, malzemenin bir elekten geçebilecek hale gelinceye kadar giderek daha küçük parçalara bölerek öğütür. İlk yonga levha üreticilerinin çoğu, genellikle biraz farklı reçinelerle de olsa benzer işlemler ile yonga levha üretimi gerçekleştirmişlerdir. 1941 yılından sonra yonga levha üreten tesisler hızla artmaya başlamış ve 1978 yılında dünyada yonga levha üretimi 55 katına Avrupa'da 32 katına çıkmıştır (Ekizoğlu, 1986).

Yonga levha sektörü ilk olarak Batı Almanya, İsviçre ve İngiltere'de kurulmuş, daha sonra Fransa, Belçika, Hollanda, Avusturya, İtalya, Doğu Almanya, Finlandiya ve İskandinav ülkelerinde gelişmiştir. Avrupa dünya yonga levha üretiminin üçte ikisinden fazlasını sağlamaktadır. Avrupa'daki yonga levha üretimi Kuzey Amerika kıtasından daha fazladır. Hammaddede genellikle odun atığıdır, ancak giderek artan miktarda yuvarlak kereste kullanılmaktadır. Yonga levha artık ahşabın alternatifi değil, kendi özelliklerine sahip, bazen onu masif ahşaba göre üstün, bazen de aşağı kılan yeni bir malzeme türüdür (Borgin, 1958). Türkiye'de ilk kurulan yonga levha fabrikası İstanbul Kartal'da 1955 yılında faaliyete geçmiştir. Yonga levhalar piyasaya suni tahta anlamına gelen SUNTA adı ile sunulduğundan ülkemizde yonga levha adı günümüzde sunta olarak bilinmektedir. 1967 yılında ise Modern Kontrplak ve Suni Tahta Sanayii Ltd. Şirketi yonga levha üretim tesisi açmıştır. Bu iki tesis ülkemizde öncü yonga levha üretim tesisleri olmuştur.

Ülkemizde yonga levha üretimi son yıllarda oldukça hızlı bir büyüme katetmiştir. 2021 verilerine göre ülkemizde 37 adet yonga levha üretimi gerçekleştiren tesis bulunmaktadır (Özertan ve Coşkun, 2021). Türkiye yonga levha üretiminde dünyada dördüncü Avrupa'da

ise üçüncü durumdadır. Dünyada yıllık yonga levha üretim miktarlarına bakıldığında Çin 27.5 milyon m³, Rusya 7.5 milyon m³, Almanya 5.8 milyon m³, Türkiye 5 milyon m³, ABD ise 4.2 milyon m³ yonga levha üretmektedir (Özertan ve Coşkun, 2021).

1.5. Yonga Levha Üretim Teknolojisi

Yonga levha endüstrisi orman ürünleri sektörünün vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir. Orman ürünleri atıklarının değerlendirilmesinin yanında orman işletmelerinde yakacak odun ve kağıtlık tomruk gibi düşük kalitedeki ürün grubunun da mobilya üretiminde değerlendirilmesi imkanını sunmaktadır. Günümüzde mobilya üretiminde yonga levhalar masif ahşap malzemeden daha fazla kullanılmaktadır. Daha büyük boyutlarda levha üretilebilmesi, budak, kıvrık lif yapısı gibi kusurların bulunmayışı, kullanım yerine göre farklı özelliklerde üretilebilmesi ve üst yüzey işlemlerinin kolay yapılabilmesi gibi özellikleri ile ahşap malzemeye üstünlük sağlamıştır. Yonga levha üretim teknolojisindeki gelişmeler sektörün gelişmesini artırmıştır. Özellikle katlı preslerin yerini continue preslerin alması yonga levha üretim kapasitesini oldukça artırmıştır. Yonga levha endüstrisindeki bu gelişmeler mobilya endüstrisine de yansımıştır. Mobilya üretimi daha kolay ve hızlı hale gelmiştir. Özellikle büyük firmaların modüler mobilya üretimine pazar payları ciddi oranda artmıştır (Chapman, 2006).

Yonga levha adından da anlaşılacağı üzere odun yongalarının sentetik reçineler kullanılarak sıcaklık ve basınç altında yapıştırılması ve belirli kalınlıklarda levha haline getirilmesiyle elde edilmiş bir üründür. Genel olarak odunların kabuklarının soyulması, yongalama, kurutma, tutkallama, serme, presleme, ebatlama, soğutma, zımparalama ve üst yüzey (boya, laminant kaplama vb.) gibi işlem sırasına göre üretilirler.

1.5.1 Kabuk Soyma

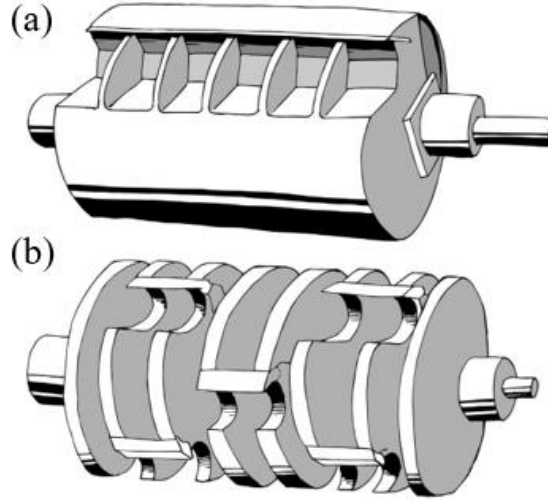
Yonga levha üretiminde ağaç kabukları levha kalitesini düşürmektedir. Bu nedenle yongalama işlemi öncesinde odunların kabuklarının soyulması gerekir. Kabuk soyma işlemi üretimin ilk aşamasını oluşturur. Sonraki aşamalarda yonga kalitesinin etkilenmemesi için kabuk soyma ve yongaların içerisinden kabukların ayrılması verimli şekilde yapılmalıdır.

İlk yongalama işlemi sonrasında az da olsa yongaların içerisinde kabuk bulunabilir. Bu kabukların disk elekler kullanılarak yonga hacmine göre ayrılması sağlanır. Kabuk odun yongalarına göre daha düşük hacimde olacağı için disk eleklerde ayrılır ve katı yakıt kazanına yanmaya gönderilir (Kalaycıoğlu, 1997).

Kabuk ve yonga levha kalitesi üzerine çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmalarda odun kabuklarının levhanın formaldehit emisyon değerini azalttığı belirlenmiştir (Çolakoğlu vd., 1993; Prasetya ve Roffael, 1991; Roffael, 1982). Ayrıca yapılan bir çalışmada odun kabuklarının levhanın mekanik özelliklerini düşürürken kalınlığına şişme miktarını ve formaldehit emisyon miktarını iyileştirdiği rapor edilmiştir (Nemli ve Çolakoğlu, 2005; Yemele vd., 2008).

1.5.2 Yongalama

Levha üretiminde kullanılacak, kabukları soyulmuş odunlar 2 aşamalı yongalama işlemine tabi tutulurlar. Birinci aşamada kaba yongalama yapılarak odunlar 4 mm kalınlığına kadar yongalanır. Bu işlem için genelde tamburlu yongalayıcılar kullanılır (Şekil 1.2) . Günümüze tamburlu yongalayıcılar arasında en çok tercih edileni HACKER yongalayıcılardır. Hacker yongalama makinaları genellikle büyük ve sağlam olur ve tambur çapları 2.4 m'ye kadar olabilir. Rastgele uzunluk ve çapta kütükleri parçalayabilirler; kütükler hatta bükülmüş veya kıvrılmış olabilir. Kütükler tambura uçtan beslenir, bu nedenle yongaların boyutu besleme hızını ayarlayarak büyük ölçüde kontrol edilir (20-36 m/dakika). Üretilen yongalar kalın (<10 mm) ve uzun (<40-80 mm) olup geniş bir boyut dağılımına sahiptir: % 15'i ince (<5 mm) ve % 10'u fazla büyük (>50 mm). Bıçaklar genellikle iki ila beş tanedir ve tambura yaylı olarak monte edilir, böylece büyük bir taş kesim bölgesine girdiğinde bıçak hasarı en aza indirilir (Bozkurt ve Göker, 1990; Kalaycıoğlu, 1997)



Şekil 1.2: Tamburlu yongalayıcılar (a) kapalı tamburlu, uzun bıçaklı, (b) açık tamburlu, kısa bıçaklı (Spinelli vd., 2015).

Yongalamanın kalitesi burada önemlidir. Odunların yongalanırken bıçaklar tarafından kesilerek yongalanması gerekir. Bıçakların keskin olmaması durumunda odunun kesme yerine parçalama yaparak odunu yongalaması odun yongalarının kalitesini düşürür. Aynı zamanda yongalama işlemi sırasında toz oluşumuna neden olur. Bu sebeple yongalama işleminde bıçakların kalitesine, kesme açısının doğru ayarlanmasına, bileme işleminin kalitesine ve keskin bıçak ile kör bıçak arasındaki aralık mesafesine özen göstermek gereklidir. Yongalamanın kalitesi üretilecek olan levhanın kalitesini de büyük oranda etkilemektedir (İstek ve Sıradağ, 2013; Özen ve Kalaycıoğlu, 1980a; Youngquist, 1999).

Yongalama aşamasında bir diğer dikkat edilmesi gereken husus odun rutubeti ve odun içerisinde olabilecek taş veya metal parçalarıdır. Odun rutubetinin düşük olması yonga kalitesini düşürmektedir. Bu sebeple kuru odunların yaş odunlar ile karışım halinde yongalanması gerekir. Yongalama öncesinde odunların içerisinde olabilecek metal parçalar metal dedektörü ile tespit edilmeli ve odundan uzaklaştırılmalıdır (U. Aydın, 2016).

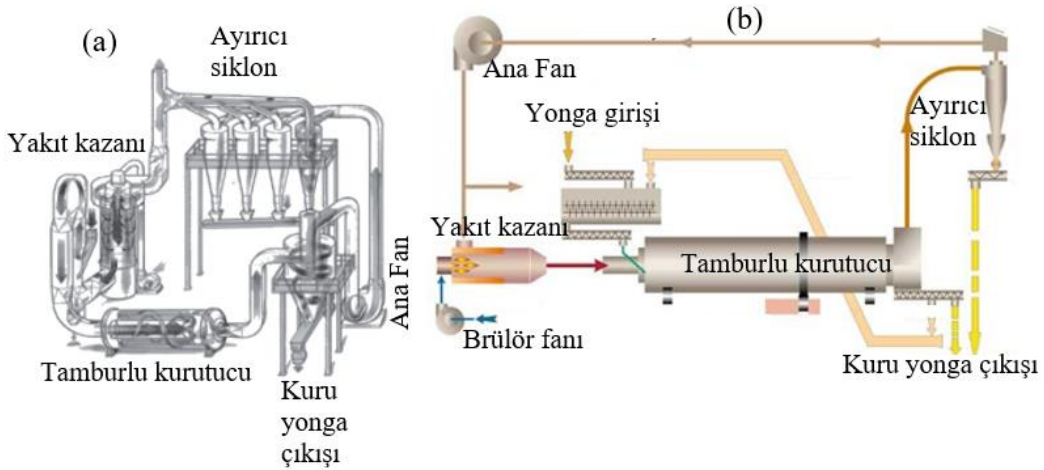
İlk yongalama sonrasında elde edilen odun yongalarının yumuşak odun yongaları ve sert odun yongaları olmak üzere iki farklı şekilde depo edilmesi gerekir. Bu sayede istenilen sert odun yumuşak odun karışımı ayarlanabilir. Sert odunun yumuşak oduna göre maliyeti daha yüksek olduğu için yongalama işleminde çoğunlukla karaçam, sarıçam, göknar vb. iğne

yapraklı odunlar kullanılır. Bunların dışında yongalama işleminde yapraklı ağaç türlerinden kayın, kavak ağırlıkta olmak üzere söğüt ve yemiş odunları da kullanılmaktadır. Sanayi artığı odun talaşları, paletler ve tomruk kapak tahtaları da levha üretiminde kullanılmaktadır (Gümüş, 2021).

İlk yongalama sonrasında 4 mm kalınlığa kadar yongalanan odun yongaları ikinci bir yongalama işlemine tabi tutulur. Bu aşamada yüzüklü değirmenler kullanılarak odun yongaları 0,6-1 mm bıçak aralığında yongalanır. Bu işlem sonrasında yongalar kurutma istasyonuna gönderilir (Kalaycıoğlu ve Özen, 2012).

1.5.3 Kurutma İstasyonu

Yongama işleminden sonra yonga rutubetinin % 1-2 arasına düşürülmesi gerekir. Hem tutkallamanın etkili yapılabilmesi hemde sıcak pres aşamasında levhadan aşırı buhar çıkışı ile tabakalar arası yarılmalar meydana gelmemesi için yongalar kurutulmalıdır (İstek vd., 2017). Yongaların kurutulmasında üç geçişli veya tek geçişli kurutma makinaları kullanılarak yongalar sıcak hava içerisine bırakılarak sürekli kurutma sağlanır.



Şekil 1.3: (a) üç geçişli yonga kurutucu, (b) tek geçişli yonga kurutucu

Şekil 1.3, üç geçişli bir kurutucunun temellerini göstermektedir. Parçacıklar, genellikle gaz, yağ veya odun artıkları tarafından beslenen doğrudan bir alevle ısınabilen merkezi tüpe yerleştirilir. Çoğu kurutucu, birden fazla ısı kaynağı tarafından ısıtılacak şekilde

tasarlanmıştır, böylece parçacık kurutma yıl boyunca gerçekleşebilir. Merkezi tüpteki koşullar oldukça zorlu olabilir; sıcaklıklar 250 ila 850 °C arasında değişir (genellikle 700 °C tipiktir) ve hava hızları genellikle 8 m/s kadar yüksektir. İkinci tüpte hava akışı tersine çevrilir. Su buharlaşması ve daha büyük tüp hacmi kombinasyonu, hava sıcaklığını ve hızını düşürür. Son dış tüpte hava akışı tekrar tersine çevrilir ve hava sıcaklığı 60 ila 100 °C arasında düşer (Akbulut ve Ayrılmış, 2024).

1.5.4 Dozajlama ve Tutkallama

Yonga levha üretiminde yongaların homojen şekilde tutkallanması, levhaların dayanıklılığını doğrudan etkiler. Tutkalın eşit bir şekilde yayılması, yonga yüzeyini tamamen kaplaması, levhaların dayanıklılığını artırır (Bozkurt ve Göker, 1990). Yongalar, tutkallama blendırlarının üzerindeki dozajlama bunkerlerine taşınır. Bunkerlerde, bant altına 1 m'lik mesafede konumlandırılmış olan bir yük ölçer kullanılarak bant üzerinden geçen yonganın zamana göre miktarı tespit edilir. Üretim hızına göre, dakikada geçen yonga miktarı kadar yongalar tutkal blendırlarına iletilir (Akbulut ve Ayrılmış, 2024).

Blendırın üst kısmından kuru yongalar bir metal boğaz kullanılarak blendır içerisine alınır. Blendır içerisindeki açılı olarak konumlandırılmış kürek biçimindeki karıştırıcılar yongaları blendırın bir ucundan diğer ucuna doğru karıştırarak hareket ettirir. Blendırın baş kısmında birden fazla enjektör kullanılarak blendırın iç kısmına tutkal karışımı püskürtülür. Blendır içerisinde enjektörlerden püskürtülen tutkal karışımı ile karışan ve yüzeyleri tutkallanan yongalar blendırın diğer ucundaki alt kısmından dışarı tahliye edilir. Yüzey tabaka ve orta tabaka yongaları ayrı ayrı blendırlar kullanılarak tutkallanırlar. Yüzeyde kullanılan yongalar ile ortada kullanılan yongaların boyutları farklı olduğu için yüzey alanları da farklıdır. Yüzey tabaka yongaları daha küçük parçalardan oluştuğu için daha fazla yüzey alanına sahiptirler. Bu sebeple orta tabakaya göre daha fazla tutkal kullanılarak yüzeylerinin tutkallanması sağlanır. Bu durum aynı zamanda yüzeyde kullanılan yongaların rutubetinin de yüksek olmasına neden olur. (Bozkurt ve Göker, 1990; Sancar, 2019). Tutkallama işleminin verimi levha kalitesini etkileyen en önemli faktörlerden birisidir. Blendır içerisinde, yongaların tutkalı daha iyi emmesini ve tutkalın eşit bir şekilde yayılmasına yardımcı olan hareket sağlanır (Kalaycıoğlu ve Özen, 2012; Sancar, 2019). Bu hareket blendır tasarımında etkilidir.

1.5.5 Serme

Tutkallama sonrasında yongaların homojen bir şekilde serilmesi ve sıcak pres sürecine hazır hale getirilmesi, yonga levha üretiminin en kritik aşamasını oluşturur. Serme işlemi sonraki istasyon için belirleyici bir işlemdir. Yongaların serilmesinde oluşan hatalar soğuk pres ve sıcak pres aşamalarında kalite problemlerine neden olur. Bu kalite problemleri yoğunluk dalgalanmaları, levhanın kenar kısımlarının orta kısımlarına göre daha kalın olması gibi problemler olarak ortaya çıkar. Serme işlemi ister pnömotik ister mekanik olarak yapılsın serme bandı üzerine enine yönde serilen yonga miktarının miktarı serme bandının her metrekaresinde mümkün olduğunca eşit olmalıdır. Serme bandına eşit olarak serilemeyen yonga levha taslağında yoğunluk dalgalarının oluşması kaçınılmazdır (U. Aydın, 2016; Bozkurt ve Göker, 1990). Serme bandı üzerine serilen levha taslağının kalınlığı, levha kalınlığının 3 ila 20 katı arasında değişir. Serme istasyonunda levhanın kalınlık ve yoğunluk ayarlamaları da gerçekleştirilir. Üretilen levhaların kalınlıklarına göre serme yoğunlukları da değişir. Üretilen levha kalınlığı arttıkça kullanılan orta tabaka miktarı artar, levha kalınlığı azaldıkça kullanılan yüzey tabaka miktarı da artar. Yüzey tabaka orta tabakaya göre daha fazla tutkal ve rutubet içerir. Bu durum hem levhanın üst tabakasının daha sert ve yoğun olmasını hem de sıcak pres altında ısının levha yüzeyinden orta kısımlara iletilmesini sağlar. Rutubetin fazla olması durumunda ise aşırı buhar oluşumu meydana gelir ve sıcak pres altında levhanın kenar kısımlarından ikiye ayrılmasına neden olur. Bu durum 10 mm ve altında üretilen levhalarda daha çok görülür. Çünkü yüzey tabaka miktarlarının fazla olması levha toplam rutubet miktarının da fazla olmasına neden olur. Bu da levhanın sıcak pres altında ortadan yarılmaya neden olur (U. Aydın, 2016; Bozkurt ve Göker, 1990; Kalaycıoğlu ve Özen, 2012).

1.5.6 Sıcak ve Soğuk Pres

Serme işlemi sonrasında belirli bir rutubete sahip olan levha taslağı ön pres işlemi ile sıkıştırılır. Bu sıkıştırma işleminde levha taslağının kalınlığı yaklaşık % 30-40 oranında azalır. Kalınlıktaki bu azalma levha taslağının daha sıkı bir form kazanması sağlar. Bu sayede, levha taslağı sürekli (continue) levha üretim hattında, serme bandından sıcak presin çelik bandına aktarılırken formunu korur. Katlı preslerde ise ön pres işlemi sıcak presin

kapanması esnasında sıcak presin hızla kapanması sırasında levha yüzeyinden yongaların hava akımı ile uzaklaşmasını önlemektedir (Akbulut ve Ayrılmış, 2024).

Continue preslerde ön pres işleminde levha taslağı yeterince sıkıştırılarak form kazandırılmaz ise serme bandından çelik banda aktarım aşamasında levha taslağının alt yüzeyindeki yongaların yüzeyden ayrılmasına neden olur.

Ön pres işlemi ile yeterli forma kavuşturulan levha taslağı sıcak prese alınır. Continue preslerde levha taslağı sürekli hareket eden ve aynı zamanda sıcaklık ve basınç uygulayan iki çelik bant arasında çelik bant ile birlikte hareket eder. Bu hareketin süresi levhanın her mm kalınlığı için yaklaşık 4-5 saniye kadardır. Örneğin pres çıkışı 18,4 mm üretilen levha pres girişinden itibaren 92 (18,4 mm x 5 s) saniye sonra presten çıkar. Bu süre içerisinde levha üzerinde her cm² için yaklaşık 30-35 bar basınç uygulanır. Katlı preslerde de benzer mantıkla levha üretimi gerçekleştirilir (Akbulut ve Ayrılmış, 2024). Levha üretimi;

- Sıcak presin kapanması,
- Basınç uygulanması,
- Basıncın boşaltılması,
- Presin açılması ve
- Yeni levha taslağının sıcak pres altına alınması,

için geçen 5 farklı zamanın tekrarlanması şeklinde gerçekleşir (Akbulut ve Ayrılmış, 2024; Kelleci, 2013; Sancar, 2019). Bu çalışmada fabrika ortamında continue pres kullanılarak levha üretimi gerçekleştirilmiştir.

1.5.7 Soğutma ve İstifleme

Pres çıkışında levhaların sıcaklıkları 100 °C civarındadır. Bu sıcaklıkta iken levhaları istiflemek mümkün değildir. Bu sebeple levha sıcaklıklarının oda sıcaklığına kadar düşürülmesi gerekir. Aksi durumda sıcak olarak üst üste blok olarak istiflenen levhalarda orta kısımlar sıcak kalırken hava ile temas eden kenar kısımlar soğuyacak ve böylece levhada boyutsal değişmelere neden olacaktır. Bu durum levhaların hem zımparalama aşamasında hem de üst yüzey kaplanması aşamasında kalite problemlerine neden olabilmektedir. Bu sebeple sıcak pres çıkışında levhaların kenar ve boyuna kesimleri tamamlandıktan sonra

levhalar teker teker yıldız soğutucu olarak adlandırılan makinaya alınır ve sıcaklıkları 20-30 °C sıcaklığa kadar düşürülür. Levhaların blok yükseklikleri 18 mm ve üzeri levha üretiminde genelde 85 cm olarak belirlenir. 18 mm altında ise blok yükseklikleri 85 cm altında yaklaşık 40-60 cm arasında belirlenir (Akbulut ve Ayrılmış, 2024). Bu sayede bloklar üst üste konulduğunda aralarda konulan ahşap takozların levha yüzeyine iz yapması ve levhaların yamulması gibi sorunların önüne geçilir. Levhalar zımparalama öncesinde ham levha depolarında en az 48 saat bekletilerek kalınlıklarının stabil hale gelmesi beklenir. Çünkü levha sıcak presten çıktıktan sonra yaklaşık 48 saatlik süre içerisinde levha kalınlıkları 0,1-0,2 mm arasında azalır. Bu da zımpara sonrasında kalınlık problemlerinin oluşmasına neden olabilir. Ham levhalar blok halinde üst üste en fazla 6 blok olacak şekilde forklift yardımı ile istif edilir. Bu aşamada blok aralarına konulan 10 cm x 10 cm ahşap takozların bloklar arasında aşağıdan yukarıya doğru aynı hizada yerleştirilmesine özen gösterilir. Aksi halde levhalarda takoz izleri meydana gelebilir (Akbulut ve Ayrılmış, 2024; Kalaycıoğlu ve Özen, 2012; Kelleci, 2013; Sancar, 2019).

1.5.8 Zımparalama

Sıcak pres sonrasında levhasının kenarlarında ve orta kısmında kalınlık farklılıkları oluşabilmektedir. Bu sebeple levhanın kenar ve orta kısımlarının eşit kalınlığa getirilmesi için zımpara işlemi yapılır. Zımpara işlemi ile levhanın kalınlık kalibrasyonu sağlanmış olunur. Bu sayede hem melamin preste levhaların üst yüzeylerinin dekor kağıdı ile kaplanması aşamasında problemlerin yaşanmasının önüne geçilir, hemde levha üretildikten sonra mobilya üretimi için gönderilen marangoz atölyelerinde kesim esnasında problemlerin yaşanmasının önüne geçilir (Akbulut ve Ayrılmış, 2024; Kalaycıoğlu ve Nemli, 1996).

Zımpara aşaması levhaların yüzey kalitelerinin belirlenmesinde önemli bir aşamadır. Sıcak pres sonrasında levhadaki kalite problemleri zımpara aşamasında ortaya çıkmaktadır. Bu sebeple zımparalama işlemine ham levha üretiminin kalite kontrol birimi de denilebilir. Zımpara işleminde levhanın yüzeyindeki SL tabakası uzaklaştırıldığı için zımpara payı ve zımpara sonrası levha kalınlıkları önem kazanmaktadır. SL tabakası levhanın yoğun ve sert olan üst tabakasını oluşturur. Bu tabakanın yoğunluğunun 1000 kg/m³ altına düşmesi yüzey kalitesinin bozulmasına neden olur. Levha yüzeyindeki sert ve yoğun olan SL tabakasının

levhanın kalınlık kalibrasyonu esnasında uzaklaştırılması levha kalitesini olumsuz etkilemektedir. Bu sebeple zımpara işlemi ile levha kalınlık kalibrasyonu gerçekleştirilirken mümkün olduğunca az zımpara payı kullanılmalıdır. Bu sayede sert ve yoğun olan SL tabaka yüzeyde kalacak ve levha yüzey kalitesini artıracaktır (Kelleci, 2013).

Bu sebeple zımpara toleranslarının levha yüzey kalitesini hangi oranda etkilediğini ölçmek gerekir. Örneğin 18,3 mm kalınlığındaki bir ham levhanın zımpara işlemi sonrasında 18 mm'ye veya 17,8 mm'ye düşürülmesi levha yüzey kalitesini farklı oranlarda etkiler. Bu etkinin ölçülmesi ve ortaya konulması önemli bir konudur (Akbulut ve Ayrılmış, 2024; Kalaycıoğlu ve Nemli, 1996; Kelleci, 2013; Özen ve Kalaycıoğlu, 1980b; Sancar, 2019). Bu çalışmada, zımpara sonrası levha kalınlıklarının levhanın yüzey kalitesini nasıl etkilediği, levhaların yüzeyleri dekor kağıdı ile melamin preste kaplandıktan sonra, yüzey analizleri yapılarak tespit edilmiştir.

1.5.9 Melamin Pres

Bu aşamada ham levhaların yüzeyleri dekor kağıdı ile kaplanır. Zımpara sonrası kalınlıklar bu aşamada kalite üzerinde etkili olurlar. Zımpara sonrasında yüzeyde kalan kaba yongalar, ağaç kabukları gibi hatalar bu aşamada levhada yüzey kalitesinin bozulmasına neden olur. Zımpara sonrasında levha kalınlıklarının fazla düşürülmesi yüzeyde kaba yonga oluşmasına ve yüzey yoğunluğunun azalmasına neden olur. Yüzey yoğunluğunun azalması ise dekor kağıdı ile levha yüzeyinin melamin pres altında basınç ve sıcaklık etkisi ile kaplanması sırasında levha yüzeyinde tutkal lekelerinin oluşmasına neden olur (Nazerian, 2013; Nemli ve Çolakoğlu, 2005).

Melamin pres aşamasında levha yüzeyinin her cm^2 'sine yaklaşık 30-40 bar basınç uygulanır. Bu basınç esnasında pres ısıtma plakasının sıcaklığı 180-200 °C arasındadır. Levha yaklaşık 15-30 saniye arasında sıcaklık ve basınç etkisi altında kalarak üst yüzey kaplama işlemi gerçekleştirilir. Üst yüzey kaplama işleminde kalitenin belirlenmesi için lekelenme mukavemeti, aşınma mukavemeti, çizilme mukavemeti ve porozite gibi analizler öne çıkmaktadır. TSE tarafında belirlenen standartların altında üretilen levhalar son kullanım yerinde müşteri şikayetlerine neden olabilir (Kalaycıoğlu ve Nemli, 1996). Bu sebeple

levhaların üst yüzey kaliteleri dikkatlice ölçülmelidir. Bu ölçümler sonucunda levha üst yüzey kalitesinin istenilen değerler arasında olması için ise levhanın zımpara sonrası kalınlıklarının, üst yüzeydeki SL yonga miktarının ve levha yoğunluklarının levha kalitesini nasıl etkilediğini bilmek gerekir. Bu şekilde üretim yönlendirilerek kalitenin artırılması sağlanır (Akbulut ve Ayrılmış, 2024; Kalaycıoğlu ve Nemli, 1996; Kelleci, 2013; Sancar, 2019). Bu çalışmada ham levhaların üst yüzeyleri 30 cm x 30 cm ölçülerindeki numune pres kullanılarak dekor kağıdı ile kaplanmıştır.



2. LİTERATÜR ÖZETİ

Bu bölümde; sorunun doğuşundan bugünkü bilgi düzeyine gelinceye kadar, yayın taraması yoluyla elde edilen bilgiler, tarih sırasına göre kısa ve öz olarak aktarılmıştır. Yonga levha üretiminde yüzey tabaka ve orta tabaka oranları, levha yoğunlukları, dekor kağıtları ile yapılan laminasyon üzerine yapılan araştırmalar verilmiştir.

İstek vd. (2017), yonga levha yüzey tabaka miktarı üzerine yaptıkları çalışmada 590 kg/m^3 yoğunlukta üç katlı yonga levhaların üst-alt yüzey tabaka yonga oranlarının levha özelliklerine etkisi incelemiştir. Analizler sonucunda, su alma, kalınlığına şişme değerleri ve vida tutma direncinin yüzey tabaka kalınlığına bağlı olarak diğer özelliklerden daha fazla etkilendiği ve en uygun oranın % 18,5-18 alt-üst tabaka oranında olduğunu rapor etmişlerdir. Bu sonuçlar, yonga levha üretiminde kullanılan malzemelerin ve oranların, levha özellikleri üzerinde önemli bir etkisi olduğunu göstermektedir.

Korkmaz (2020) yonga levha üretiminde kullanılan iğne yapraklı ve yapraklı ağaç yongalarının yoğunlukları ile levha yoğunluğunun kalınlığa bağlı mekanik ve fiziksel özelliklere olan etkisini incelemiştir. Araştırma sonuçları levha yoğunluklarının mekanik ve fiziksel özellikleri etkileyen ana faktörlerden biri olduğu belirlenmiştir. Levha kalınlıklarının levha özelliklerini etkileyen bir değişken olmadığı belirlenmiştir. Yüzey tabaka yongasının yoğunluğundaki artış, belirli yüzey özelliklerinde iyileşme gösterirken, diğer bazı özellikleri olumsuz etkilemiştir. Orta tabaka yongalarının yoğunluğunun artması levhanın iç yapışma gibi mekanik dirençlerinin artmasını sağlamıştır.

İstek vd. (2010); farklı gramaj ve desene sahip ağaç desenli dekor kâğıtları kullanarak yüzeylerini kapladığı yonga levhaların üst yüzey mekanik ve lekelenmeye karşı mukavemet analizlerini yapmıştır. Dekor kağıtlarının emprenye işleminde de farklı oranda sentetik reçine kullanarak tutkal miktarı ve çeşidinin yüzeydeki etkisini incelemiştir. Sonuç olarak farklı tutkallar ile emprenye edilmiş dekor kâğıdı özelliklerinin tutkal yapısına ve özelliklerine bağlı olduğunu, kâğıdın gramajının laminasyon işlemi sonrasında kaliteyi etkilediğini ve dekor kâğıtlarının gramaj, porozite, rutubet, direnç gibi özelliklerinin yanında emprenye işleminde kullanılan tutkalın; sıcaklığı, viskozitesi, sertleşme süresi, yoğunluk

gibi özelliklerinin de önemli olduğunu rapor etmiştir.

Kawai ve Sasaki (1993) izosiyanat reçineleri kullanarak yonga levhaların yoğunluğunu düşürme sınırını ve yongaların türü (yoğunluğu) ve konfigürasyonu, reçine içeriği ve reçine bileşenleri gibi çeşitli faktörlerin düşük yoğunluklu yonga levhanın özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Sonuç olarak levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerinin yoğunluk artışı ile doğru orantılı olarak arttığını rapor etmişlerdir. Örneklerin şişme miktarı yoğunluk artışı ile artmıştır.

Wang ve Sun (2002), düşük yoğunluklu yonga levha üretmek için yenilenebilir hammadde kaynağı olarak buğday sapı ve mısır koçanı kullanmışlardır. Düşük yoğunluklu yonga levhanın yapıştırıcı, pres süresi, saman parçacık boyutuna göre çekme mukavemetini (TS) ve basınç mukavemetini (CS) analiz etmişlerdir. Yonga levhanın TS ve CS'si yoğunluk arttıkça artmıştır. Levha yoğunluğu 0,30 g/cm³'ten 0,34 g/cm³'e çıktığında TS ve CS'nin sırasıyla 2,11 MPa ve 3,01 MPa'dan 3,24 MPa ve 4,29 MPa'ya yükseldiğini rapor etmişlerdir.

Korai ve Miyatake (2023) yonga levhanın eğilme direnci üzerine etki eden faktörleri orta tabaka yongalarının dış (yüzeye yakın) kısmındaki yonga narinliğine göre değerlendirmiştir. Orta tabaka yongalarının uzun lif yapısı sayesinde eğilme direncince daha etkili olduğu ve yüzey tabaka yongalarının lif uzunluğunun kısa olması sebebiyle eğilme direncini fazla etkilemediğini rapor etmiştir.

Nemli vd. (2007) tarafından zımpara bandının, besleme hızının ve zımpara kafalarının besleme gücünün yonga levha panellerin yüzey pürüzlülüğüne etkisi araştırılmıştır. Analizde levha yüzeylerinden elde edilen ortalama pürüzlülük (R-a) ve ortalama tepe-taban yüksekliği (R-z) olmak üzere iki yüzey pürüzlülük parametresi kullanmışlardır. Zımparalama faktörlerinin yonga levhanın yüzey pürüzlülüğü üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur. 40 m/dk besleme hızı, 40-60-80-120 tane büyüklüğü ve zımpara kafalarının 67 kW besleme gücü ile daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Cabbar (2019) yaptığı bir çalışmada emprenyeli kâğıt ile kaplanmış yonga levhaların antibakteriyel ve teknolojik karakteristiklerini incelemiştir. MUF ile emprenye edilen dekor

kağıtlarını yonga levhanın yüzey kaplamasında kullanmış ve levhaların antibakteriyel özelliği yanında leke tutma, porozite, aşınma ve çizilme gibi yüzey özelliklerini değerlendirmiştir. Analizler sonucunda tüm örnek gruplarının antibakteriyel özellik taşıdığı ve yüzey özelliklerinin standartlar içerisinde olduğunu rapor etmiştir.

Gökay vd. (2005) yaptıkları bir araştırmada yonga levha yüzey düzgünlüğünün pres basıncı, yüzeydeki yonga miktarı ve yoğunluk arttıkça iyileştiğini belirlemişlerdir. Ayrıca yüzeyde kayın yongası kullanımının çam kullanımına göre daha düzgün yüzey oluşturduğunu rapor etmişlerdir.

Hızıroğlu ve Graham (1998), yonga levhanın yüzey düzgünlüğünü etkileyen faktörler üzerine çalışmıştır. Bizim çalışmamızdan farklı olarak pres koşullarının levha yüzey düzgünlüğüne etkilerini araştırmışlardır. Aynı levha kalınlıklarında 45 saniyelik pres kapatma süresi kullanılarak yapılan yonga levhaların, 36 saniyelik pres kapatma süresi kullanılarak yapılanlara göre daha pürüzlü yüzeylerle sonuçlandığını belirlemişlerdir. Farklı kalınlıklarda üretilen levhalarda ise 17,9 mm kalınlığa sahip levhalar, 18,2 mm kalınlığa sahip levhalara kıyasla daha pürüzlü yüzeyler vermişlerdir.

Levha taslağının rutubet miktarının levha yüzey düzgünlüğü üzerine etkisini inceleyen Hızıroğlu ve Suchsland (1993), yonga levhanın nem içeriğinin artmasının yüksek yüzey pürüzlülüğü değerlerine neden olduğunu bildirmiştir.

3. MATERİYAL VE METOT

Bu bölümde; araştırmada kullanılan materyal ve yöntemler ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Araştırma verileri, çalışmaların nasıl yürütüldüğü ve verilerin hangi yöntemlerle değerlendirildiği aşağıda verilmiştir.

3.1. Materyal

Çalışmada materyal olarak iğne yapraklı ve yapraklı ağaç odunu, yapıştırıcı olarak termoset tutkal, tutkal sertleşme süresini kısaltmak için sertleştirici kimyasal ve yüzey kaplama malzemesi olarak dekor kağıdı kullanılmıştır. Bu bölümde, kullanılan malzemelerin bazı özellikleri verilmiştir.

3.1.1 Odun Hammaddesi ve Yonga Hazırlama

Odun hammaddesi olarak Türkiye’de orman ürünleri sanayinde sıkça kullanılan karaçam (% 45), sarıçam (% 30), kayın (% 10) ve kavak (% 15) odunları kullanılmıştır. Odun hammaddesi orman işletmelerinden ihale yolu ile satın alınarak temin edilmiştir. Odunlar kabukları soyulduktan sonra primer yongalama makinesinde 4 mm kalınlıkta yongalanmıştır. İlk yongalama işleminden sonra yongalar sekonder yongalama makinesinde 0,65 mm keskin bıçak kör bıçak mesafesinde yongalanarak kurutma istasyonuna gönderilmiştir. Yaklaşık % 65 rutubette olan yongaların kurutma işlemi sonrasında rutubet değerleri % 1,5’a getirilmiştir. Kurutma işleminden sonra yongalar sarsak elek kullanılarak orta tabaka (CL) ve yüzey tabaka (SL) olmak üzere iki kısma ayrılmıştır. CL ve SL yongaları tutkalanmak üzere dozajlama istasyonuna gönderilmiştir.

3.1.2 Tutkal

Çalışmada tutkal olarak üre formaldehit (UF) tutkalı kullanılmıştır. UF tutkalı orman ürünleri sektöründe sıkça kullanılan termoset (sıcaklıkla sertleşen) reçinelerdendir. UF Yıldız Entegre firmasından temin edilmiştir. Çalışmada 3 tabakalı yonga levha üretimi gerçekleştirildiği için CL ve SL tabakalarına farklı oran ve konsantrasyonda UF reçinesi

kullanılmıştır. UF reçinesinin bazı teknik özellikleri ve CL ve SL tabakaları için kullanılan tutkal reçetesi Tablo 3.1’de verilmiştir. UF reçinesi tutkal pompası kullanılarak blendıra gönderilmiştir. Dozaj bunkerinde dakikada geçen yonga miktarına göre tutkal pompası devri orantılanarak tutkal / yonga dozajlaması gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3.1: SL ve CL tabakalarında kullanılan tutkal parametreleri

Parametreler	Birim	Yüzey tabaka (SL)	Orta tabaka (CL)
Tutkal sıcaklığı	°C	21	22
Tutkal katı madde	%	65	65
Tutkal yoğunluğu	g/cm ³	1,29	1,29
Tutkal / Kuru yonga kullanım oranı	%	14	7,5
Tutkal jelleşme süresi	s	77	44
Tutkallama sonrası Yonga Rutubeti	%	13	5

3.1.3 Sertleştirici

SL ve CL tabakalarında kullanılan tutkal sıcak pres altında eşit sürede eşit sıcaklıklara maruz kalamayacağı için CL tabakasında reaksiyon süresini kısaltmak için sertleştirici olarak amonyum sülfat ((NH₄)₂SO₄)(AS) kullanılmıştır. Levha üretimi sırasında pres faktörü olarak 5 s/mm kullanılmıştır. Üretim kalınlığı sıcak pres çıkışı için 18,3 mm olarak ayarlanmıştır. Ayarlanan pres faktörüne göre levhanın her milimetre kalınlığı için sıcak pres içerisinde kalacağı süre Eşitlik 1’e göre hesaplandığında 91,5 saniyedir. Bunun anlamı levha üretimi gerçekleştirilirken levhanın sıcak pres altında kaldığı süre içerisinde tutkalın reaksiyonunu tamamlaması yani sertleşmesi gerekmektedir. Bunu sağlamak için kullanılan tutkalın jell-time süresi SL tabakası için 77 saniye CL tabakası için 44 saniye olarak ayarlanmıştır. SL ve CL tabakasında farklı oranlarda AS kullanılmıştır. SL ve CL tabakalarında kullanılan AS miktarları Tablo 3.2’de verilmiştir.

$$Pres\ faktörü = \frac{L}{v \times A} = s/mm \quad (1)$$

Burada;

L: Pres uzunluğu (mm),

V: Pres hızı (mm/s),

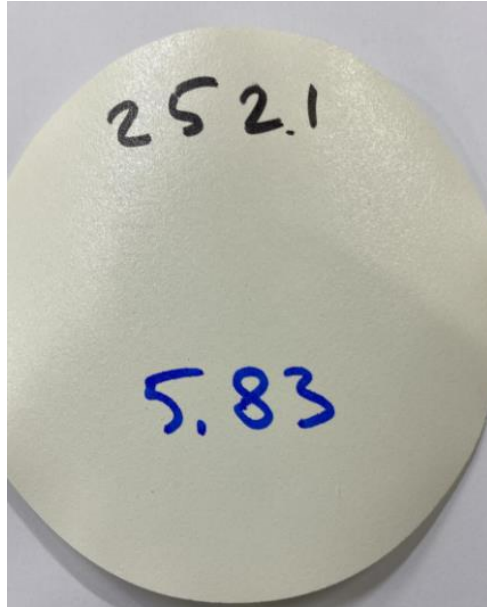
A: levha kalınlığı (mm).

Tablo 3.2: SL ve CL tabakasında kullanılan AS sertleştirici miktarları

Parametre	Birim	SL	CL
Sertleştirici konsantrasyon	%	10	30
Sertleştirici yoğunluk	g/cm ³	1,1	1,17
100 kg katı tutkala ilave edilen sertleştirici	kg	1,3	3,5

3.1.4 Dekor Kağıdı

Çalışmada yonga levhaların yüzey kaplamasında dekor kağıdı kullanılmıştır. Dekor kağıdı Yıldız Entegre Mudurnu firmasından temin edilmiştir. 150 g/m² ağırlıktaki ham dekor kağıdının emprenye edildikten sonraki ağırlığı 252 g/m² ve rutubeti % 5,83'tür (Şekil 3.1). Renk olarak piyasada en çok tercih edilen renk olan beyaz renk kullanılmıştır.



Şekil 3.1: Örneklerin yüzeylerini kaplamada kullanılan emprenyeli dekor kağıdı

3.2. Metot

Yonga levhaların üretimi fabrika ortamında gerçek üretim koşullarında gerçekleştirilmiştir. 1000 m³/gün yonga levha üretim kapasitesine sahip tesiste üretim parametreleri değiştirilerek üretilen levhalardan deney örnekleri alınmış ve levhaların mekanik, fiziksel ve yüzey analizleri gerçekleştirilmiştir. Levha üretim yöntemi, üst yüzey kaplama işlemi (melamin pres) ve üretilen örneklerin karakterizasyonu için yapılan analiz yöntemlerinin detayları aşağıda açıklanmıştır.

3.2.1 Yonga Levha Üretimi

Kurutma ünitesinde % 1-2 rutubetteki kuru yongalar tutkallama istasyonunda yüzey tabaka (SL) ve orta tabaka (CL) yonga ağırlıklarına göre dozajlanarak tutkallama işlemi gerçekleştirilmiştir. Tutkallanan SL ve CL yongaları ayrı ayrı serme makinaları kullanılarak form bandı üzerine serme işlemine tabi tutulmuştur. SL yonga serme işlemi pnömotik olarak CL yonga serme işlemi ise mekanik olarak gerçekleştirilmiştir. Serme istasyonunda SL ve CL yonga rutubetleri farklıdır. SL yongaları CL yongalarına göre daha küçük olduğu için daha fazla yüzey alanına sahiptir. Bu sebeple daha fazla tutkal içermektedir. Bu sebeple tutkallı SL yongalarının rutubeti % 13-15 arasında iken tutkallı CL yongalarının rutubeti % 6-7 arasında idi. Serme bandı üzerine serilen levha taslağı sıcak pres öncesinde ön (soğuk) pres işleminden geçirilmiştir. Bu aşamada kalıplanan levha taslağı (mat) sıcak pres içerisine alınmıştır. Sıcak preste levha kalınlığının her mm'si için 5 sn boyunca 190 °C sıcaklık ve 32 kg/cm² basınç uygulanmıştır. Levhaların üretimi aşamasında kullanılan değerler Tablo 3.3'de verilmiştir.

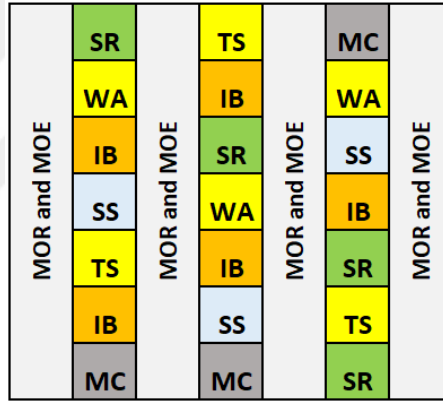
Tablo 3.3: Levha üretim parametreleri

Parametreler	Birim	560 kg/m ³ levha üretimi için	520 kg/m ³ levha üretimi için
Pres çıkış kalınlık	mm	18,22	18,22
Pres hızı	mm/s	360	350
Isıtma faktörü	s/mm	4,4	4,5
Isıtma girişi	°C	265	265
Isıtma çıkış	°C	253	250

Tablo 3.3: (devam ediyor)

Levha taslak (Mat) yoğunluğu	kg/m ³	187 (SL), 155 (CL)	183 (SL), 142 (CL)
Yonga serme miktarı	kg/dk	112 (SL), 293 (CL)	115 (SL), 284 (CL)
Isıtma plakası	°C	230-225-222-190-180	230-225-222-190-180

Sıcak pres sonrasında yaklaşık 100 °C sıcaklık ve 18,3 mm kalınlığındaki levhalardan 1 m uzunluğunda 2,1 m genişliğine deney numuneleri alınmıştır. Analiz örnekleri oda sıcaklığına gelinceye kadar bekletilmiş daha sonrasında zımpara ünitesine alınarak önce 18 mm kalınlığa daha sonra da 17,8 mm kalınlığa kadar zımparalanmıştır. Ham levhaların analiz örneklerinin kesim işlemleri daire testere kullanılarak TS EN 326-3'e göre yapılmıştır. Şekil 3.2'deki kesim planına göre kesilerek analiz örnekleri hazırlanmıştır.



Şekil 3.2: Analiz örneği kesim planı

Üst yüzey kaplama işlemi için dekor kağıdı kullanılmıştır. Melamin formaldehit ile emprenye edilen dekor kağıtları ile melamin pres kullanılarak üst yüzey kaplama işlemi gerçekleştirilmiştir. Melamin pres aşamasında kullanılan sıcak pres parametreleri Tablo 3.4'de verilmiştir.

Analizler ham levhalara ve üst yüzey işlemi gerçekleştirilen levhalara ayrı ayrı yapılmıştır. Ham levhalara fiziksel (rutubet, kalınlığına şişme, su alma, yoğunluk ve renk) ve mekanik (eğilme ve eğilmede elastikiyet, yüzeye dik çekme, yüzey sağlamlığı ve vida tutma) analizleri yapılırken üst ve alt yüzeyi dekor kağıdı ile kaplanan levhalara yüzey (aşınmaya, çizilmeye, lekelenmeye, sigara ateşine karşı mukavemet ve porozite) analizleri

uygulanmıştır. Üretilen levha örnekleri ve kodları Tablo 3.5’de verilmiştir.

Tablo 3.4: Melamin pres üretim parametreleri

Pres süresi	Saniye	35
Pres sıcaklığı	C	185
Pres basıncı	N/cm ²	550
Dekor kağıdı ismi	Renk	110 pastel white
Dekor kağıdı ilk ağırlık	g/m ²	110
Dekor kağıdı emprenye sonrası ağırlık	g/m ²	252
Dekor kağıdı Rutubeti	%	5,83

Tablo 3.5: Analiz örnekleri deseni

Örnek kodu	Hedef Yoğunluk (kg/m ³)	Üst yüzey SL miktarı (%)	Alt yüzey SL miktarı (%)	Zımpara sonrası kalınlık (mm)
L1	520	14	14	17,8
L2	520	14	14	18
L3	520	15	15	17,8
L4	520	15	15	18
L5	520	16	16	17,8
L6	520	16	16	18
L7	560	14	14	17,8
L8	560	14	14	18
L9	560	15	15	17,8
L10	560	15	15	18
L11	560	16	16	17,8
L12	560	16	16	18

3.2.2 Fiziksel Analizler

Zımparalanmış ham levhaların fiziksel karakterizasyonları rutubet, kalınlığına şişme, su alma, yoğunluk ve renk analizleri ile gerçekleştirilmiştir. Analiz yöntemleri aşağıda açıklanmıştır.

3.2.2.1 Rutubet Analizi

Örneklerin rutubet miktarları TS EN 322 (1999)'e göre gerçekleştirilmiştir. 50 x 50 mm ölçülerinde kesilen 20 adet örneğin ağırlık ölçümleri ± 0.01 g duyarlılıkta hassas terazide yapılmıştır. Örneklerin tam kuru ağırlıklarının belirlenmesi için 103 ± 2 °C sıcaklıkta ağırlıklarında değişim meydana gelmeyinceye kadar fırında bekletilmiştir. Örneklerin rutubet miktarı (r) hesaplamaları Eşitlik 2'ye göre yapılmıştır.

$$r = \frac{Mr - M_0}{M_0} \times 100 \quad (2)$$

Burada;

r = Rutubet (%)

Mr = Rutubetli örnek ağırlığı (g)

M_0 = Tam kuru örnek ağırlığı (g)

3.2.2.2 Kalınlığına Şişme Miktarı Analizi

Örneklerin kalınlığına şişme miktarlarının tayini TS EN 317 (1999) standardına göre gerçekleştirilmiştir. 50 mm x 50 mm ölçülerinde kesilen 10 adet örnekler 20 ± 2 °C ve % 65 ± 5 bağıl neme sahip iklimlendirme odasında klimatize edilmiştir. Örnek ilk kalınlıkları (T_1) 0,01 mm hassasiyetle ölçüm yapabilen kumpas ile ölçülüp kaydedilmiştir. Örnekler 25 mm derinlikte su içerisinde 2 ve 24 saat bekletilmiştir. Su içerisinde çıkarılan örnekler kuru bir bez ile silinerek üzerindeki fazla su uzaklaştırılmıştır. Örneklerin son kalınlıkları (T_2) ilk kalınlık ölçümü yapılan noktadan tekrar ölçüm yapılarak kaydedilmiştir. Ölçülen T_1 ve T_2 Eşitlik 3'te yerine konarak örneklerin 2 saatlik ve 24 saatlik kalınlığına şişme miktarları belirlenmiştir.

$$\text{Kalınlığına şişme miktarı (\%)} = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100 \quad (3)$$

Burada, T_1 ilk kalınlık, T_2 son kalınlıktır.

3.2.2.3 Su Alma Miktarı Analizi

Örneklerin su alma miktarlarının tayini ASTM 1037 standardına göre gerçekleştirilmiştir. 10 adet örnek üzerinden ölçüm yapılmıştır. Örnekler % 65±5 bağıl nem ve 20 ±2 °C sıcaklıkta klimatize edilmiştir. Örneklerin ilk ağırlıkları (M1) 0,001 g hassasiyetle ölçülüp kaydedilmiştir. Örnekler 25 mm derinlikte su içerisinde 2 ve 24 saat bekletilmiştir. Örnekler su içerisinde çıkarıldıktan sonra kuru bir bez ile üzerindeki fazla su alınmıştır ve tekrar tartılarak son ağırlıkları (M2) ölçülerek kaydedilmiştir. Örneklerin su alma miktarlarının belirlenmesi için M1 ve M2 Eşitlik 4'te yerine konularak 2 saatlik ve 24 saatlik su alma miktarları belirlenmiştir.

$$\text{Su alma miktarı (\%)} = \frac{M2 - M1}{M1} \times 100 \quad (4)$$

Burada, *M1* ilk ölçülen ağırlık, *M2* son ölçülen ağırlıktır.

3.2.2.4 Yoğunluk Analizi

Örneklerin yoğunluk (*d*) analizleri TS EN 323/1 standardına göre gerçekleştirilmiştir. Ölçümler 10 adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. Örnekler % 65±5 bağıl nem ve 20±2 °C sıcaklıktaki ortamda 2 saat süre ile bekletilerek klimatize edilmiştir. Örneklerin hacimlerinin (*V*) belirlenmesi için en (*e*), boy (*b*) ve kalınlık (*k*) ölçümleri 0,01 mm hassasiyetle ölçüm yapan kumpas ile ölçülüp kaydedilmiştir. Örneklerin ağırlıkları (*M*) 0,001 g hassasiyetle ölçüm yapan terazi ile ölçülüp kaydedilmiştir. Örnek yoğunlukları hesaplanmasında kaydedilen değerler Eşitlik 5'te yerine konularak hesaplanmıştır.

$$\text{Yoğunluk (g/cm}^3\text{)} = \frac{M}{e \times b \times k} \quad (5)$$

Burada, *e* en *b* boy ve *k* kalınlıktır. Uzunluk ölçü birimi olarak milimetre (mm) kullanılır.

3.2.2.5 Renk Analizi

Sıcak presin, SL miktarına ve zımpara sonrası levha kalınlığına göre levha yüzeyinde

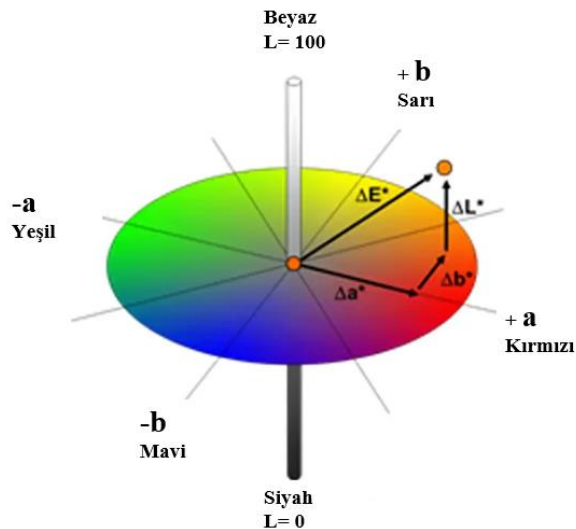
meydana getirdiği renk değişimleri renk ölçümü renk diyagramına (Şekil 3.3) göre PCE-CSM 5 renk ölçüm cihazı (Şekil 3.4) ile gerçekleştirilmiştir. Her örnek yüzeyinin 7 farklı noktasından ölçüm yapılarak a, b ve L değerleri için ortalamaları alınmıştır. 12 örnekten elde edilen renk değerleri arasında anlamlı farklılıklar olup olmadığı One-way ANOVA ($P<0,05$) test metodu ile istatistiksel olarak incelenmiştir. Sonuçlar Tablo 3.6 ve 3.7'ye göre değerlendirilmiştir.

Tablo 3.6: Renk değişimi kıyaslama kriterleri (DIN 5033, 2017)

Toplam renk farkı (ΔE^*)	Görsel renk puanı farkı
<0,2	Algılanamaz
0,2 ila 0,5	Çok zayıf
0,5 ila 1,5	Zayıf
1,5 ila 3,0	Belirgin
3,0 ila 6,0	Çok belirgin
6,0 ila 12,0	Güçlü
> 12,0	Çok güçlü

Tablo 3.7: ΔL , Δa , Δb ve ΔE değerlerine ait tanımlamalar (Lange, 1999)

Parametre	Pozitif durumda	Negatif durumda
ΔL	Referanstan daha açık	Referanstan daha koyu
Δa	Referanstan daha kırmızı	Referanstan daha yeşil
Δb	Referanstan daha sarı	Referanstan daha mavi
ΔE	Referanstan daha net, daha parlak	Mat, referanstan daha bulanık



Şekil 3.3: Renk uzayı grafiği (Parnian Khajehdizaj vd., 2014)



Şekil 3.4: PCE-CSM 5 renk ölçüm cihazı (Fotoğraf: Coşkun Kurşun, 2024)

3.2.2.6 Kenar Yoğunluk Profili Analizi

Örneklerin kenar yoğunluk profilinin belirlenmesi için x-ray cihazı kullanılmıştır. Yoğunluk profili analizi lamine edilmiş yonga levhalara uygulanmıştır. 50 x 50 mm ölçülerindeki 4 adet örnek cihaza yerleştirilerek ölçümler gerçekleştirilmiştir. Ölçüm sonucunda örneklerin maksimum üst ve alt tabaka yoğunlukları, minimum yoğunluğun olduğu kalınlık, zirve yoğunluklar arasındaki kalınlık ölçüsü, ortalama yoğunluk merkez yoğunluğun ortalama yoğunluğa oranı, en düşük yoğunluğun merkez yoğunluğa oranı, merkez yoğunluklar tespit edilmiştir.

3.2.3 Mekanik Analizler

Örneklerin mekanik karakterizasyonun belirlenmesi için TS EN 310'a göre eğilme ve eğilmede elastikiyet modülü analizi, TS EN 319'a göre yüzeye dik çekme mukavemet analizi, TS EN 311'e göre yüzey sağlamlığı analizi ve TS EN 320'e göre vida tutma mukavemet analizleri gerçekleştirilmiştir. Analiz yöntemleri aşağıda açıklanmıştır.

3.2.3.1 Eğilme ve Eğilmede Elastikiyet Analizi

Örnekler % 65±5 bağıl nem ve 20±2 °C sıcaklıkta 2 saat süre bekletilerek klimatize edilmiştir. 10 adet örnek üzerinden eğilme ve eğilmede elastikiyet modülü ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Mesnetler arası uzunluk (L), levha kalınlığı (d)'nin 20 katının 50 mm fazlası ve eni (b) 50 mm olarak alınmıştır (Şekil 3.5). Örneklerin eğilme mukavemeti (F) Eşitlik 6 ve eğilmede elastikiyet modülü Eşitlik 7'ye göre hesaplanmıştır.



Şekil 3.5 Eğilme mukavemeti analizi

$$\text{Eğilme mukavemeti (F)} \left(\frac{N}{mm^2} \right) = \frac{3 \times F_{max} \times L}{2 \times b \times d^2} \quad (6)$$

$$\text{Eğilmede elastikiyet modülü} \left(\frac{N}{mm^2} \right) = \frac{L^3 \times (F_2 - F_1)}{4 \times b \times d^3 \times (t_2 - t_1)} \quad (7)$$

Burada;

F_{max} : Kırılma anındaki en yüksek kuvvet,

$F_2 - F_1$: Yük sehim bölgesindeki yük artışı,

$t_2 - t_1$: kuvvet artışları nedeniyle deney parçası uzunluğunun ortasında meydana gelen sehim artışıdır.

3.2.3.2 Yüzeye Dik Çekme Analizi

Örneklerin yüzeye dik çekme dirençlerinin belirlenmesi için 10 örnek üzerinden ölçüm gerçekleştirilmiştir. Örnekler % 65±5 bağıl nem ve 20±2 °C sıcaklıkta klimatize edilmiştir. 50 mm eninde (a) ve 50 mm boyunda (b) kesilen örnekler sıcak silikon yapıştırıcı kullanılarak alüminyum takozlara yapıştırılmıştır. Analiz örnekleri 5 tonluk Universal tez cihazına yerleştirilerek test işlemleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.6). Kopma anındaki maksimum kuvvet (Fmax) kaydedilmiştir. Örneklerin yüzeye dik çekme dirençleri Eşitlik 8'e göre hesaplanmıştır.

$$\text{Yüzeye dik çekme mukavemeti} \left(\frac{N}{mm^2} \right) = \frac{F_{max}}{b \times a} \quad (8)$$



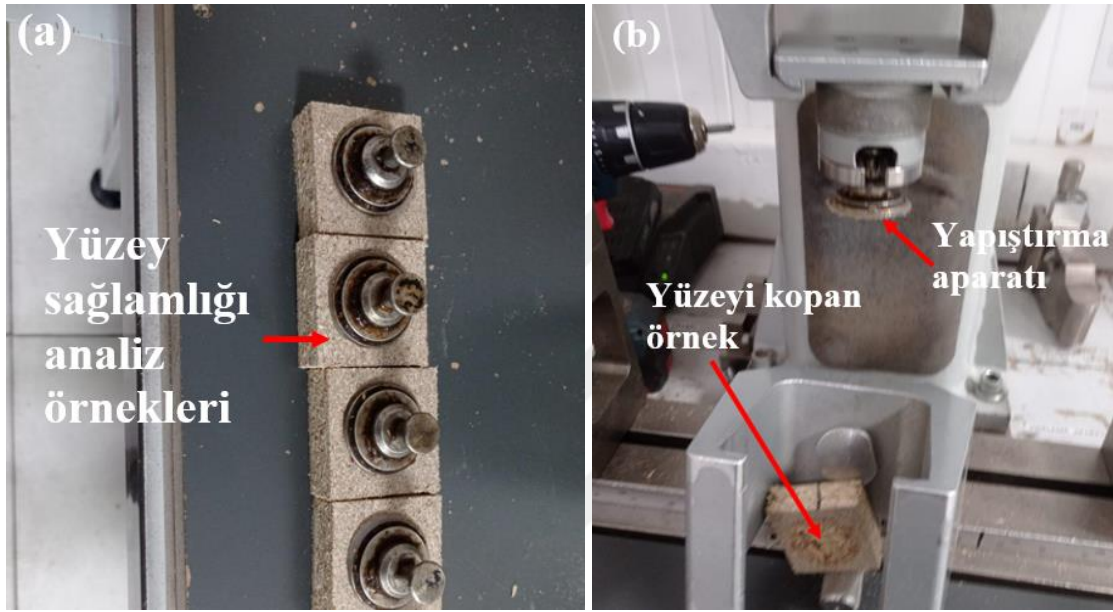
Şekil 3.6: Yüzeye dik çekme analizi

3.2.3.3 Yüzey Sağlamlığı Analizi

Örneklerin yüzey sağlamlık analizleri 10 örnek üzerinden gerçekleştirilmiştir. 50 mm x 50 mm ölçülerinde kesilen örnekler 65±5 bağıl nem ve 20±2 °C sıcaklıkta klimatize edilmiştir. Örneklerin üzerine 32 mm çapında panç ile 2 mm derinliğinde iz açılmıştır. Açılan izin alanı (A) hesaplanarak kaydedilmiştir. Açılan bu alana sıcak silikon kullanılarak yüzey sağlamlığı ölçüm aparatı yapıştırılmıştır. Ölçümler beş tonluk Universal marka test cihazında

gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.7). Yapıştırılan alanda meydana gelen kopma anındaki maksimum kuvvet (Fmax) kaydedilmiştir. Kaydedilen değerler Eşitlik 9’da yerine konularak yüzey sağlamlığı hesaplanmıştır.

$$\text{Yüzey sağlamlığı} \left(\frac{N}{mm^2} \right) = \frac{F_{max}}{A} \quad (9)$$

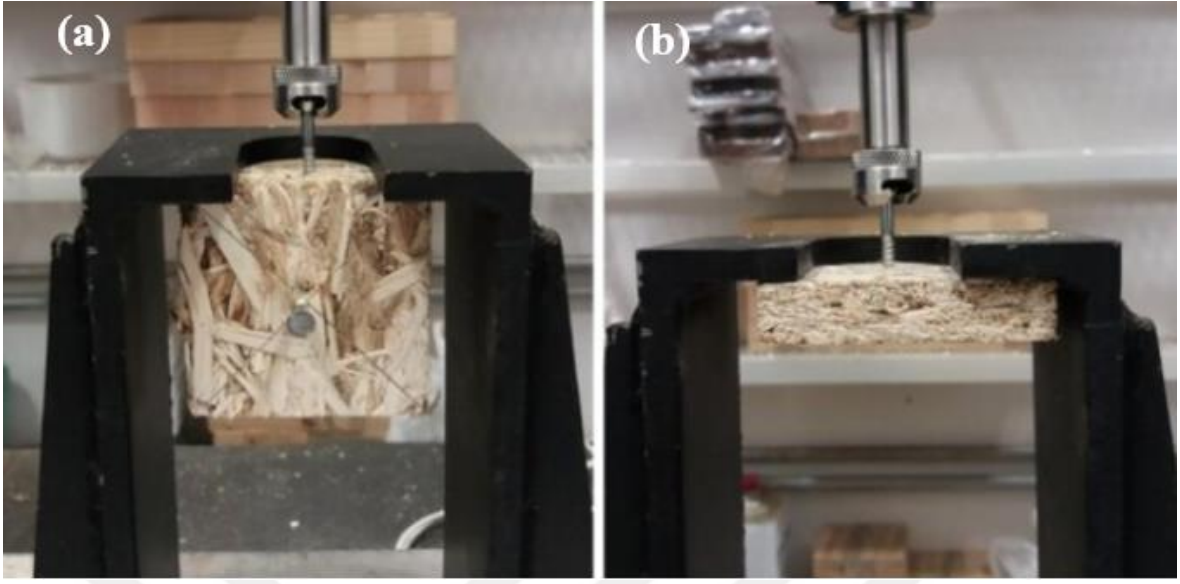


Şekil 3.7: Yüzey sağlamlığı analizi (a) analiz örnekleri, (b) test düzeneği

3.2.3.4 Vida Tutma Mukavemeti Analizi

Vida tutma mukavemeti analizi 10 örnek üzerinde ölçüm yapılarak gerçekleştirilmiştir. 50 mm x 50 mm ölçülerinde kesilen örnekler 65±5 bağıl nem ve 20±2 °C sıcaklıkta değişmez ağırlığa gelinceye kadar klimatize edilmiştir. Vida olarak 4,2 mm çapında (d) x 38 mm uzunluğunda alüminyum vida kullanılmıştır. Vida örnek yüzeyine açılan deliğe 15 mm derinliğinde (L) vidalanmıştır. Ölçümler 5 tonluk Universal test cihazında gerçekleştirilmiştir. Cihaza bağlanan örnekler 2-3 mm / dk hızla geri çektilmiştir. Kopma anındaki Fmax ölçülerek kaydedilmiştir (Şekil 3.8). Vida tutma mukavemeti Eşitlik 10’a göre hesaplanmıştır.

$$\text{Vida tutma mukameti} \left(\frac{N}{mm^2} \right) = \frac{F_{max}}{d \times L} \quad (10)$$



Şekil 3.8: Vida tutma mukavemeti (a) kenar vida tutma, (b) yüzey vida tutma

3.2.4 Laminant Yüzey Analizleri

Yoğunlukların, SL miktarının ve zımpara sonrası levha kalınlıklarının levhaların üst yüzeyini dekor kağıdı ile kaplanması işleminde yüzeyleri nasıl etkileyeceği leke tutma, sigara ateşine dayanıklılık, porozite ve asit dayanımı analizleri ile belirlenmiştir. Analiz yöntemleri aşağıda açıklanmıştır.

3.2.4.1 Aşınmaya Karşı Mukavemet

Aşınma analizi, örnek yüzeylerinin, yüzeylerinde aşınma gerilimi olarak da bilinen mekanik gerilime maruz kaldığında dayanıklılığını değerlendirmek için gerçekleştirilmiştir. Bu yöntem, yaygın olarak kullanılan laminantlara uygulanır. Test, Taber 5135 Abraser Aşındırıcı cihazı (Şekil 3.9) kullanılarak TS EN 14323 standardına göre gerçekleştirilmiştir. 100 mm x 100 mm ölçülerinde kesilen örnekler kurşun kalem kullanılarak üst kısmın köşeleri birleşecek şekilde çizilerek dört eşit alana bölündü ve 200 g ağırlığa sahip aşındırıcı tekerleklerle kalibre edilmiş zımpara kağıdının tutturulduğu cihaza takıldı. Tekerlekler numunenin üzerine yerleştirilerek sabit hızla döndürüldü ve 200 devirden sonra zımpara kağıdı yenilendi. İlk aşınma noktasına (IP), iki çeyrekte en az 0,60 mm²'lik aşınmış noktalar ve üçüncü çeyrekte eşit derecede büyük bir nokta görüldüğünde ulaşılmıştır. Son aşınma

noktasına (FP) ise örneklerin yüzeyinde % 95'lik aşınma (dekor kağıdı yüzeyinin altındaki ham kağıt görünümü) meydana geldiğinde ulaşılmıştır. Değerlendirme Tablo 3.8'e göre gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3.8: Aşınma analizi değerlendirme tablosu

Aşınma dayanımı	$IP^* \geq 50$ devir
	$(IP + FP^{**})/2 \geq 150$ devir

* IP: initial point (İlk aşınma başlangıç devir sayısı), ** FP: final point (Son aşınma devir sayısı)



Şekil 3.9: Taber aşındırıcı test cihazı

3.2.4.2 Çizilmeye Karşı Mukavemet

Çizilmeye karşı mukavemet ölçümleri TS EN 14323 (2006)'e göre gerçekleştirilmiştir. Her

örnek için 6 ölçüm yapılmıştır. Örneklerin çizilme mukavemetinin belirlenmesi için Erichsen marka Universal Scratch Test 413 çizilme tayini test cihazı (Şekil 3.10) kullanılmıştır. Numune, 5 dakikada bir tur standart dönüş hızına sahip bir (yatay yönde) 360° döner tabla üzerine dik olarak sabitlenmiştir. Cihaz üzerinde yer alan, konumu ayarlanabilen bir yük kolu üzerinde yer alan 0 N-10 N arası yük ile örneklerin yüzeyi çizilmiştir. Örnek yüzeyi ilk olarak 5 N yük ile çizilmiştir. Çizilme meydana gelmiş ise yük 4 N'a düşürülerek tekrar çizilmiştir. Eğer çizilme meydana gelmemiş ise 5 N yükten sonra yük 0,1 N azaltılarak ölçüme devam edilmiştir. Örneklerin çizilme ölçümleri göz ile yapılmıştır. Numuneler 70 watt'lık floresan beyaz ışık altında görsel olarak incelenmiştir. Numune, gözden 1 m uzakta, 45°'lik bir açıyla, göz hizasında tutulmuştur. Işık altında tam daire şeklinde bir çizik görüldüğünde çizikin Newton değeri kaydedilmiştir. Örneklerin çizilme mukavemetleri Tablo 3.9'e göre değerlendirilmiştir.

Tablo 3.9: Çizilme analizi değerlendirme tablosu

Derece (Çizilme)	Işık altında bakıldığında sürekli olmayan çizgiler görülür.	Işık altında bakıldığında çizik tam daire olarak görülür.
5.	6 Newton	≥ 6 Newton
4.	4 Newton	6 Newton
3.	2 Newton	4 Newton
2.	1 Newton	2 Newton
1.	-	1 Newton



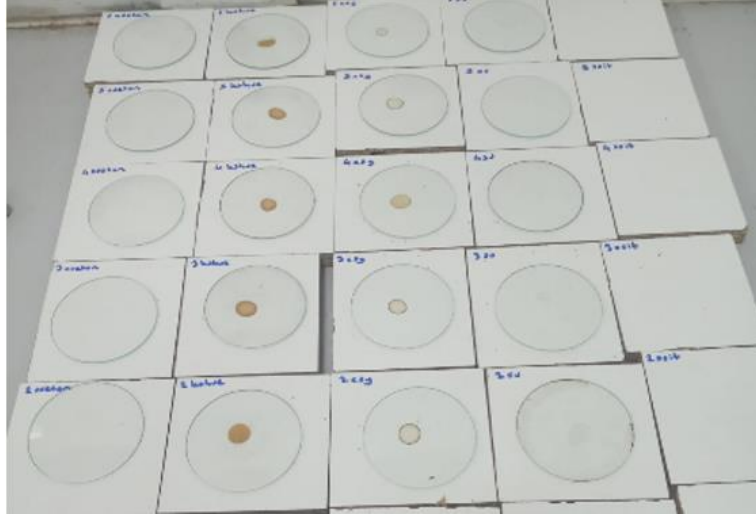
Şekil 3.10: Çizilme mukavemeti tayini analiz cihazı

3.2.4.3 Lekelenmeye Karşı Mukavemet

Test yapılacak levhadan uygulanacak kimyasal miktarı dikkate alınarak uygun ölçüde kesilmiştir. Deneye tabi tutulacak yüzey deney numunesine zarar vermeyecek şekilde temizlenmiştir. TS EN 14323 (2006) Standardında leke dayanımı için belirlenen malzemeler uygun aralıklar ile numunenin deneyi yapılacak yüzeyine uygulanmıştır. TS EN 14323 (2006)'te belirtilen sürelerde, üzeri uygun bir kap ile kapatılarak malzemeler numunenin üzerinde bekletilmiştir (Şekil 3.11). Bu süre sonunda yüzeye zarar vermeyecek uygun bir bez ve su yardımı ile levha yüzeyinden temizlenmiştir. Leke oluşturma maddelerinin her biri için Tablo 3.10'deki değerlendirme kriterlerine göre yüzey 1 den 5 e kadar değerlendirilmiştir.

Tablo 3.10: Leke analizinde kullanılan derecelendirme tablosu

Derecelendirme	Açıklama
5	Gözlenebilir bir değişim yok
4	Göz ile bakıldığında parlaklık ve/veya renginde hafif değişim
3	Parlaklık ve/veya renginde orta derecede değişiklik
2	Parlaklık ve/veya renginde gözle görülür derecede belirgin değişiklik
1	Yüzeyde buruşukluklar ve kabarcık oluşması



Şekil 3.11: Lekelenme mukavemeti analizi

3.2.4.4 Sigara Ateşine Mukavemet

Test yapılacak örneklerden 1 adet 100x100 mm deney numunesi kesilmiştir. Farklı 3 marka sigaradan alınan 3 adet sigara 10 mm yandıktan sonra numune üzerine bırakılarak 2cm yanması sağlanmıştır (Şekil 3.12). Daha sonra yüzey etanol ile ıslatılmış yumuşak bir bez ile silinmiştir. Deney çıplak gözle kontrol edilerek renk değişimi, çatlama veya kabarıklık gösterip göstermediği belirlenmiştir Tablo 3.11'e göre derecelendirilerek kayıt altına alınmıştır.

Tablo 3.11: Sigara ateşine dayanıklılık analizi derecelendirme tablosu

Derecelendirme	Açıklama
5	Gözlenebilir bir değişim yok
4	Belirli bir açıdan bakıldığında parlaklıkta çok az bir değişim ve/veya
3	Parlaklıkta orta derecede bir değişim ve veya orta şiddetli kahverengi
2	Koyu kahverengi leke mevcut fakat yüzey yapısında bozulma yok
1	Kırılma ve/veya kabarma mevcut



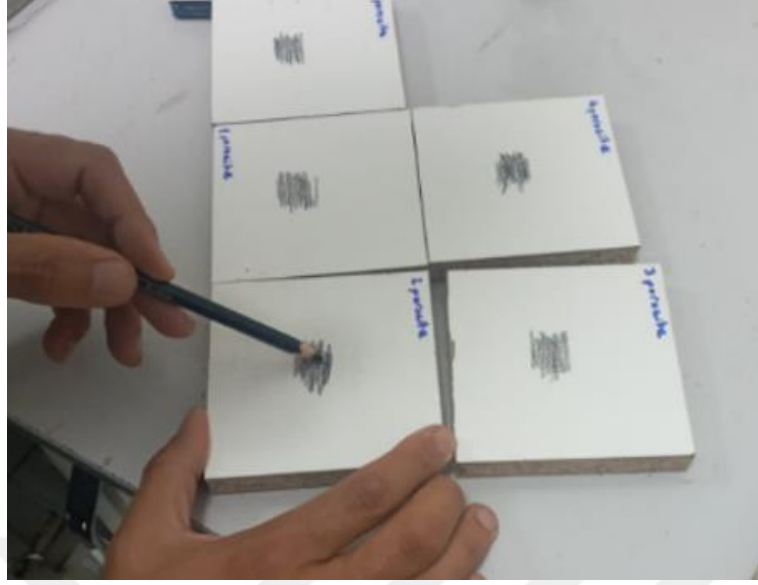
Şekil 3.12: Sigara ateşine mukavemet analizi

3.2.4.5 Porozite Analizi

Porozite Testi uygulanacak levhanın dekoratif yüzeyi ASETAT kalem ile yaklaşık 3 cm x 3 cm'lik alanı karalanmıştır (Şekil 3.13). Karalanmış yüzey silgi ile silinmiş ve Tablo 3.12'teki kriterlere göre 1 den 5 e kadar derecelendirilmiştir.

Tablo 3.12: Porozite analizi derecelendirme tablosu

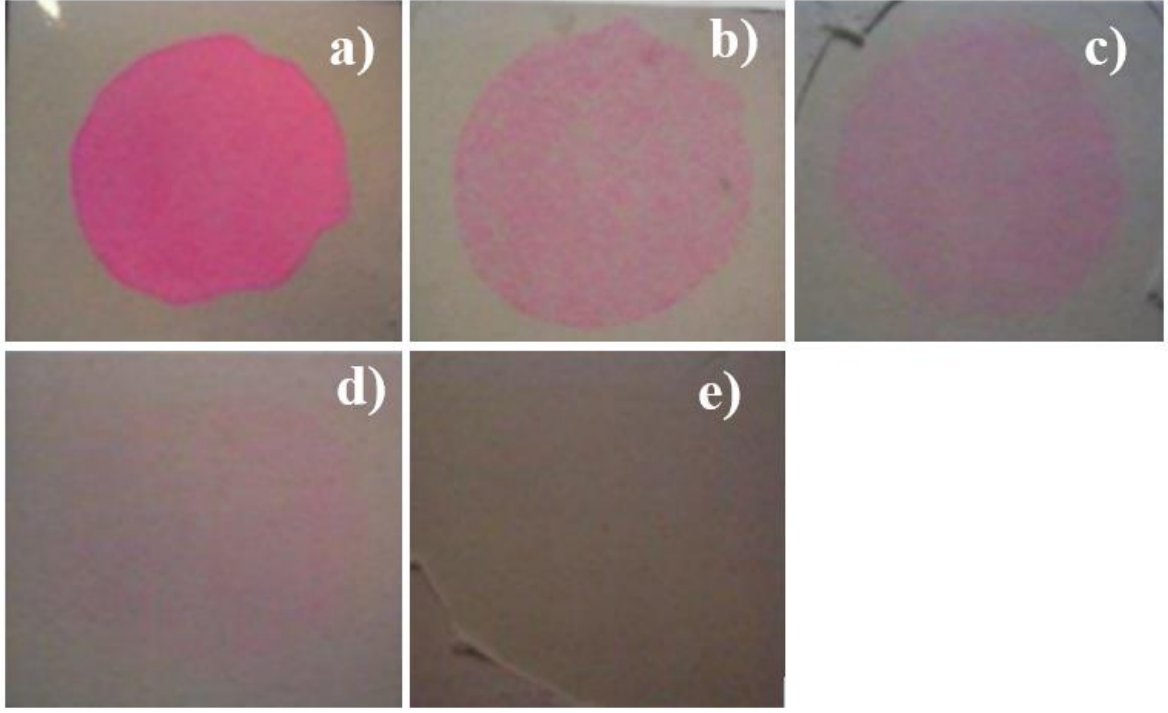
Derecelendirme	Açıklama
5	Gözlenebilir bir değişim yok
4	Küçük ve birbirinden ayrı lekeler
3	Tüm alanda küçük ve birbirinden ayrı lekeler
2	Tüm alanda geniş lekeler
1	Tüm alanı boyanmış, engebeli yüzey



Şekil 3.13: Porozite analizi

3.2.4.6 Asit Dayanımı Analizi

1 lt hidroklorik asit içerisinde, 30mg rhodamine B olacak şekilde asit çözeltisi hazırlanmıştır. Hazırlanan çözelti 100ml'lik şişeye doldurulmuş ve şişe 'asit çözeltisi' olarak etiketlenmiştir. Deneye tabi tutulacak preslenmiş plaka 5-10 dakika kadar ortam şartlarında bekletilerek, ortam sıcaklığına ulaşması beklenmiştir. Uygun bir kalem ile belirlenen daire içerisine, hazırlanan çözeltiden pipet yardımıyla birkaç damla damlatılmıştır. Asit çözeltisinin üzerine buhar çıkışını engelleyecek ve asit çözeltisine değmeyecek şekilde uygun bir kapak kapatılarak kronometre çalıştırılmıştır. Bu şekilde 5 dakika süresince beklenmiştir. Ardından Asit çözeltisi üzerine kapatılan kapak kaldırılarak levha yüzeyinde asit çözeltisi uygun bir bez ve su yardımı ile levha yüzeyinden temizlenmiştir. Asit çözeltisinin bulunduğu alan görsel olarak Şekil 3.14'deki şablona göre 1' den 5' e kadar derecelendirilmiştir.



Şekil 3.14: Asit çözeltisinin bulunduğu alan ve derecelendirme, (a) 1. derece, (b) 2. derece, (c) 3. derece, (d) 4. derece, (e) 5. derece

3.2.5 Entropi Temelli Gri İlişkisel Analiz ile Optimum Sonucun Belirlenmesi

Üretilen yonga levha analiz örnekleri arasında en iyi örneğin seçilmesinde entropi temelli Gri ilişkisel analiz yöntemi kullanılmıştır. Kriterlerin ağırlıklandırılmasında Entropi yönteminden yararlanılmıştır. Entropi yöntemi, birçok farklı kriterin ağırlıklarını belirlemek için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde, her kriterin ne kadar önemli olduğunu belirlemek için entropi değeri kullanılır. Yöntem farklı kriterler arasındaki ilişkiyi ve etkileşimleri dikkate alarak ağırlıkların objektif bir şekilde belirlenmesini sağlar. Karmaşık ve çok boyutlu veri setlerinde ağırlıkların belirlenmesinde etkili bir yöntemdir. Şu aşamalardan oluşur (T. Wang ve Lee, 2009).

1.Aşama: Entropi yönteminde ilk olarak X karar matrisi Eşitlik 11 kullanılarak oluşturulur.

$$D = \begin{matrix} & X_1 & X_2 & \dots & X_j & \dots & X_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_i \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1j} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2j} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{ij} & \dots & x_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mj} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (11)$$

Burada; x_{ij} , i^{th} kritere göre ulaşılan j^{th} alternatif değeri ifade etmektedir. $i = 1, 2, \dots, m$ ve $j = 1, 2, \dots, n$.

2. Aşama: Karar matrisinin normalizasyonu Eşitlik 12 yardımı ile hesaplanır.

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} , i = 1, 2, \dots, m , j = 1, 2, \dots, n. \quad (12)$$

Burada, i : alternatifler, j : kriterler, p_{ij} : normalize edilmiş değerler, x_{ij} : verilen fayda değeridir.

3. Aşama: Her bir kriter için Entropi değeri Eşitlik 13 ile hesaplanır.

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m r_{ij} \ln r_{ij}, \quad j = 1, 2, \dots, n . \quad (13)$$

Burada, $k : (\ln(n))^{-1}$, k : entropi katsayısı, e_j : entropi değeri, p_{ij} : normalize edilmiş değerlerdir.

4. Aşama: Her bir kriterin ağırlık değerinin hesaplanması Eşitlik 14 ile yapılır.

$$w_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{p=1}^n (1 - e_p)} , \quad j = 1, 2, \dots, n . \quad (14)$$

Burada, w_j : ağırlıklı değerleri, e_j : entropi değerleridir. Eşitlik 14 ile kriter ağırlıkları

hesaplanır. Burada ağırlıklar toplamı bire eşittir. Diğer bir deyişle $\sum_{j=1}^n w_j = 1$ 'dir.

Gri İlişkisel Analiz yöntemi birden fazla performans özelliğinin optimizasyonunu sağlamak için kullanılan yaygın bir yöntemdir. Bu yöntemde kullanılan adımlar (Khan vd., 2012; Panda vd., 2016; Pawade ve Joshi, 2011);

1. Deney tasarımının yapılması ve uygulanması: elde edilen verilerden (x_0) oluşan n boyutlu seri Eşitlik 15' deki gibi ifade edilmektedir.

$$x_0 = (x_0(1), x_0(2), x_0(3), \dots, x_0(n)) \quad (15)$$

2. Verilerin normalizasyonu yapılar ve normalleştirilmiş verilerin ağırlıklandırılır. Normalize edilirken problemin ihtiyacına uygun denklem kullanır. Bu denklemler, Büyük-Daha İyi, Daha Küçük-Daha İyi ve Nominal Daha İyi 'dir. Eğer kriter değerinin normalize işleminin sonrası büyük çıkması daha uygun ise, Eşitlik 16 kullanılır.

$$x_i(k) = \frac{x_i^0(k) - \min x_i^0(k)}{\max x_i^0(k) - \min x_i^0(k)} \quad (16)$$

Kriter değerinin normalize işleminin sonrası küçük çıkması daha uygun ise Eşitlik 17 kullanılır.

$$x_i(k) = \frac{\max x_i^0(k) - x_i^0(k)}{\max x_i^0(k) - \min x_i^0(k)} \quad (17)$$

Burada, $i = 1, \dots, m$; $k = 1, \dots, n$, m deneysel veri sayısı, n ise yanıt sayısıdır. $x_i^0(k)$ orijinal diziyi, $x_i^0(k)$ veri ön işlemlerinden sonraki diziyi, $\max x_i^0(k)$, $x_i^0(k)$ 'nin en büyük değerini, $\min x_i^0(k)$, $x_i^0(k)$ 'nin en küçük değerini belirtir ve x istenen değerdir.

3. Normalize edilmiş karar matrisi Eşitlik 18 kullanılarak oluşturulur.

$$x_i = (x_i(j)) \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (18)$$

4. Faktörlerin veya seçeneklerin sıralama puanları Eşitlik 19 ile hesaplanır.

$$\xi_i(k) = \frac{\Delta_{min} + \xi \Delta_{max}}{\Delta_{0i}(k) + \xi \Delta_{max}} \quad (19)$$

Burada; [0.1] aralığında yer alan ξ , ayırıcı katsayı veya zıtlık kontrol katsayısı olarak tanımlanır. $\xi = 0.5$ yaygın olarak kullanılmaktadır. Δ_{min} ve Δ_{max} , tüm karşılaştırma dizilerinin mutlak farklılıklarının (Δ_{0i}) minimum ve maksimum değerleridir (Eşitlik 20).

$$\begin{aligned} \Delta_{0i}(k) &= |x_0(k) - x_j(k)| \\ \Delta_{min} &= \min_i \min_j \Delta_{0i}(k) \\ \Delta_{max} &= \max_i \max_j \Delta_{0i}(k) \end{aligned} \quad (20)$$

5. Gri ilişkisel derece hesaplanır. Eğer karar matrisindeki kriterlerin önem dereceleri eşit düzeyde ise Eşitlik 21 yardımıyla gri ilişkisel derece (Γ_{0i}) bulunur.

$$\Gamma_{0i} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n w_j \xi_i(k) \quad (21)$$

3.2.6 İstatistiksel Yöntem

Analiz sonuçları SPSS paket programı kullanılarak istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Verilerin analiz edilmesinde One-Way Anova analiz yöntemi ($P < 0,05$) kullanılmıştır. Aynı grupta yer alan örneklerin tespiti için DUNCAN analizi yapılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde üretilen yonga levhaların fiziksel, mekanik ve yüzey özelliklerinin analiz bulguları verilmiş ve sonuçlar tartışılmıştır. Sonuçlar dört alt başlıkta verilmiştir. Araştırmada elde edilen bulgular hem kendi içinde hem de daha önce bilinenlerle karşılaştırılmış ve bilime ve uygulamaya katkısı ortaya konulmuştur.

4.1. Fiziksel Özellikler

Fiziksel karakterizasyona ait sonuçlar Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1: Fiziksel analiz sonuçları

Örnek kodu	Rutubet (%)	Şişme 2 saat (%)	Şişme 24 saat (%)	Su alma 2 saat (%)	Su alma 24 saat (%)	Yoğunluk (kg/m ³)
L1	5,4 B* (±0,07)**	10,3 G (±0,6)	17,2 C (±1)	56,3 G (±5,8)	96 E (±4,7)	515 A (±18)
L2	5,1 A (±0,02)	7,0 E (±1)	16,4 B (±0,7)	48,6 F (±2,3)	87 CD (±2,5)	523 A (±3,3)
L3	6,5 G (±0,03)	4,7 CD (±1)	15,8 B (±1,1)	36,7 B (±5,6)	82 ABC (±6)	515 A (±12)
L4	6,0 D (±0,1)	3,6 AB (±0,8)	15,8 B (±0,7)	33,4 AB (±4,5)	81 ABC (±8,7)	525 A (±17)
L5	6,4 F (±0,1)	4,0 BC (±0,9)	15 A (±0,9)	40,9 C (±5,4)	87 CD (±4,7)	513 A (±10)
L6	6,9 I (±0,1)	3,1 A (±0,08)	15,7 B (±0,3)	42,4 CD (±0,7)	86 BCD (±7,1)	523 A (±12)
L7	6,1 E (±0,06)	7,4 EF (±0,7)	18,6 D (±0,2)	46,3 EF (±5,3)	89 D (±5)	553 B (±7,7)
L8	5,8 C (±0,08)	7,8 F (±1)	19 D (±0,9)	47,1 F (±5,5)	90 D (±4)	562 B (±12)
L9	6,0 D (±0,07)	4,0 BC (±0,4)	16,4 B (±0,2)	31,8 A (±3,9)	77 A (±4,6)	558 B (±13)
L10	6,7 H (±0,1)	5,3 D (±0,6)	17,2 C (±0,1)	34,8 AB (±3,7)	81 AB (±5)	547 B (±8,8)
L11	6,7 H (±0,1)	5,4 D (±0,4)	17,3 C (±0,4)	35,3 AB (±1,1)	79 A (±1,1)	561 B (±6,6)
L12	6,7 H (±0,1)	5,4 D (±0,5)	17,3 C (±0,4)	35,3 AB (±3,2)	79 A (±1,1)	561 B (±5,9)

* Duncan analiz grupları, ** Standart sapma

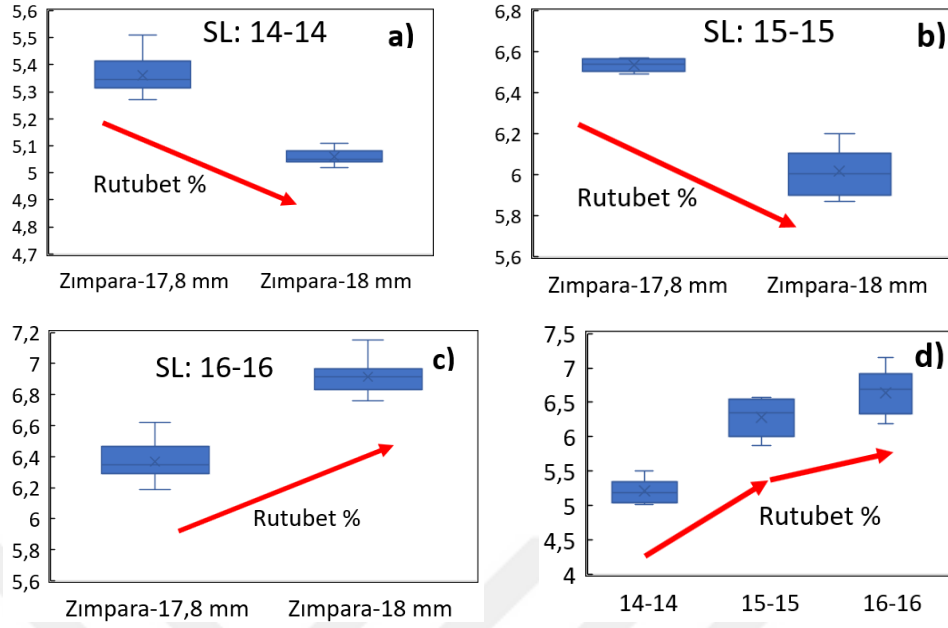
Örneklerin fiziksel karakterizasyonun belirlenmesi için rutubet, yoğunluk, 2 ve 24 saat su içerisinde bekletilen örneklere kalınlığına şişme ve su alma miktarı analizleri gerçekleştirilmiştir. 520 kg/m^3 ve 560 kg/m^3 yoğunlukta üretilen levhaların alt ve üst yüzey tabakalarında kullanılan yonga miktarlarındaki değişimin levhanın fiziksel özellikleri üzerine etkileri ortaya konulmuştur.

Levhaların kalınlık kalibrasyonu yapılırken zımparalanan levha kalınlığının levha fiziksel özellikleri üzerine etkileri yapılan analizler ile incelenmiştir. Yapılan fiziksel analiz sonuçları Tablo 4.1’de verilmiştir.

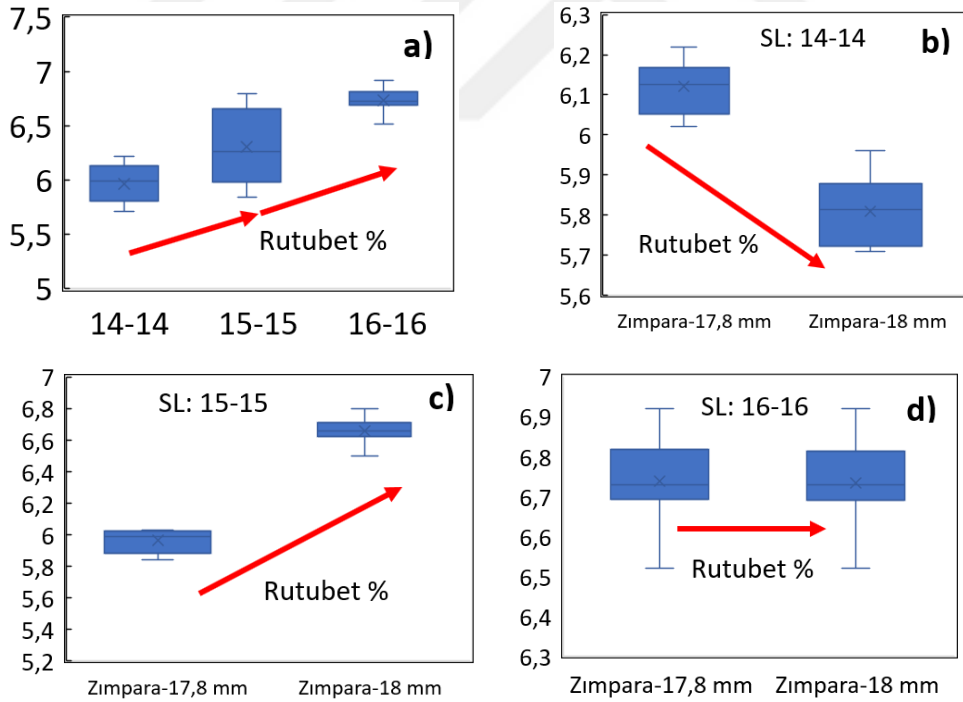
4.1.1 Rutubet Analizi

520 kg/m^3 yoğunlukta üretilen levhaların zımpara miktarı ve yüzey tabaka yonga miktarına göre rutubet miktarlarındaki değişim Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Levhaların rutubet miktarları incelendiğinde yüzeyde kullanılan yonga miktarının artması ile levha rutubetlerinin de arttığı görülmektedir (Şekil 4.1d). Yüzeyde kullanılan yongaların tutkallanmasında daha fazla sulu tutkal çözeltisi kullanılmasından dolayı bu artış beklenen bir durumdur. Zımpara işleminde $17,8 \text{ mm}$ ’ye zımparalanan levhaların rutubetleri 18 mm ’ye zımparalananlardan yüksektir (Şekil 4.1a, Şekil 4.1b). Bu durum yüzeyde 16-16 yonga kullanılan örnek için geçerli değildir (Şekil 4.1c). Levhalar $17,8 \text{ mm}$ kalınlığa zımparalandıklarında yüzeyde kullanılan rutubetli ve yoğun tabaka alınmaktadır. Bu durumda levhaların yüzey yoğunluklarının ve rutubet miktarlarının azalması beklenir.

Şekil 4.1a ve Şekil 4.1b’de $17,8 \text{ mm}$ ’ye zımparalanan levhaların 18 mm ’ye zımparalananlara göre rutubetin daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bu durum beklenilmeyen farklı bir sonuçtur. Şekil 4.1c’de levha kalınlığının artması ile rutubet miktarı artması normal bir durum iken Şekil 4.1a ve Şekil 4.1b’de beklenmedik bir şekilde rutubet miktarı düşmüştür. Bu durum şu şekilde açıklanabilir. Levha yüzeyinde kullanılan yonga miktarı %15-15 üzerine çıktığında levhalar melamin pres öncesinde beklerken daha fazla rutubet kaybetmektedir.



Şekil 4.1: 520 kg/m³ levhaların rutubet analizleri



Şekil 4.2: 560 kg/m³ levhaların rutubet analizleri

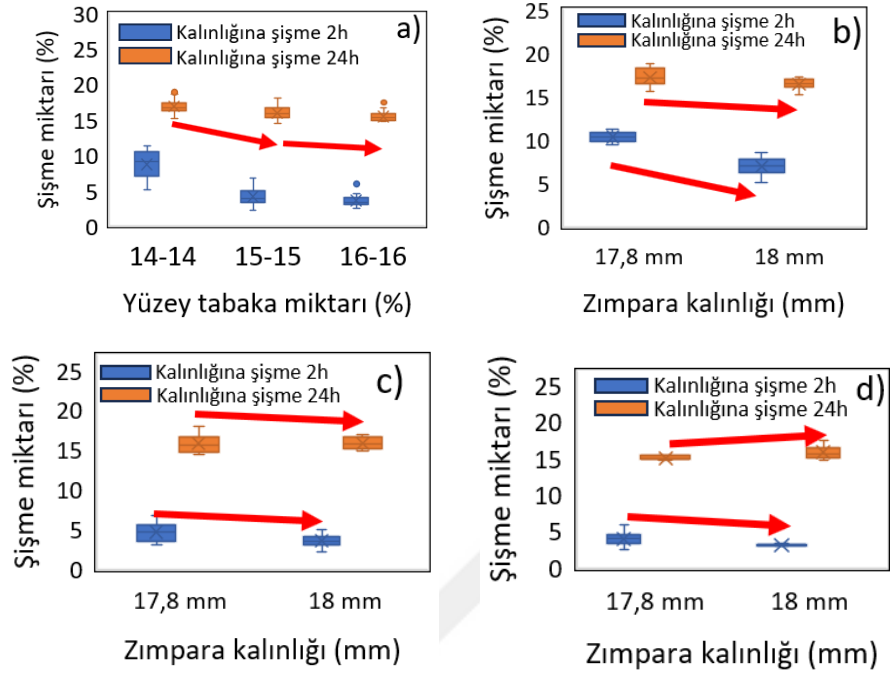
Şekil 4.2'de 560 kg/m³ yoğunlukta üretilen levhaların zımpara kalınlıklarına ve yüzeyde kullanılan yonga miktarlarına göre rutubet analizleri verilmiştir. 520 kg/m³ yoğunluktaki

levhalara benzer şekilde 560 kg/m^3 yoğunluktaki levhalarda da yüzey tabaka yonga miktarı arttıkça rutubet miktarlarında artış tespit edilmiştir (Şekil 4.2a). Zımpara kalınlıklarındaki değişim rutubet miktarını farklı şekilde etkilemiştir. Yüzeyde % 14 yonga kullanılan levhada $17,8 \text{ mm}$ 'ye zımparalanan 18 mm 'ye zımparalanmıştan daha rutubetli olarak bulunmuştur (Şekil 4.2b). % 15 kullanılanda ise tam tersidir (Şekil 4.2c). 18 mm 'ye zımparalan levha daha rutubetlidir. % 16 kullanılan da ise anlamlı bir değişiklik olmamıştır (Şekil 4.2d). 560 kg/m^3 yoğunlukta üretilen levhaların zımpara kalınlıkları ile rutubet arasında anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir. Levha rutubetlerini zımpara payı ve yüzeyde kullanılan yonga miktarı etkilemektedir. Yüzeyde kullanılan yonga miktarı arttıkça rutubet artmaktadır. Bunun sebebini şu şekilde açıklayabiliriz. Yongalar küçüldükçe yüzey alanları artmaktadır. Artan yüzey alanı sebebiyle tutkallanması gereken daha fazla yüzey alanı oluşur. Bu sebeple SL tabakasında daha fazla tutkal kullanmak zorunda kalırız. Bu ise rutubet miktarının artmasına neden olur. Çünkü kullanılan tutkalın % 35'i sudur.

Levha rutubet miktarı levha üretim esnasında ve son kullanım yerinde önemli bir parametredir. Aydın (2016) 600 kg/m^3 yoğunlukta ürettiği yonga levhalarda taslak rutubetinin yonga levhanın fiziksel ve mekanik özelliklere etkisini incelemiş ve optimum levha taslak rutubetinin SL için % 14 CL için % 6-7 arasında olması gerektiğini bildirmiştir.

4.1.2 Kalınlığına Şişme Miktarı

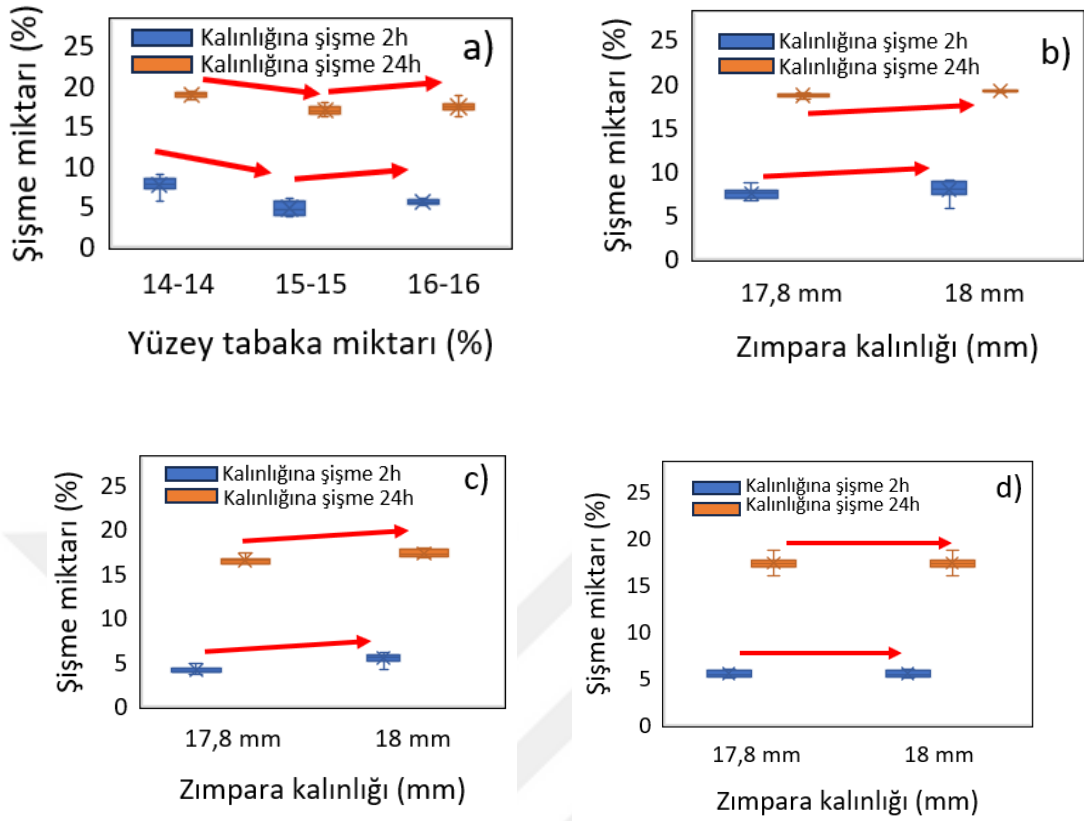
Şekil 4.3'de örneklerin kalınlığına şişme miktarları verilmiştir. Yüzeyde kullanılan yonga miktarı arttıkça kalınlığına şişme miktarının azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 4.3a). 520 kg/m^3 yoğunluktaki levhaların yüzey tabaka miktarı arttıkça kalınlığına şişme miktarının azaldığı tespit edilmiştir. Aynı durum 560 kg/m^3 yoğunluktaki levhalar için geçerli değildir. 560 kg/m^3 yoğunluktaki levhalarda SL miktarı % 14'ten % 15'e çıkarıldığında kalınlığına şişme miktarı azalmış fakat % 16'ya çıkarıldığında artmıştır (Şekil 4.3a).



Şekil 4.3: 520 kg/m³ yoğunlukta üretilen levhaların SL miktarına (a) ve zımpara kalınlığına göre kalınlığına şişme miktarındaki değişim, (b) SL:14-14, (c) SL: 15-15, (d) SL: 16-16

Zımpara kalınlıklarına göre levhaların kalınlığına şişme miktarları incelendiğinde genel olarak levha kalınlığı 18 mm'ye zımparalandığında 17,8 mm'ye göre kalınlığına şişme miktarlarının azaldığı tespit edilmiştir (Tablo 4.4b). Buna SL tabakasının daha yoğun ve daha fazla tutkal içermesinin neden olduğu düşünülmektedir. Orta tabakaya göre daha yoğun ve daha fazla tutkal içeren SL tabakasının 18 mm'den 17 mm'ye zımparalanması levhanın kalınlığına şişme miktarını artırmıştır. (Şekil 4.3b, 4.3c, 4.3d).

560 kg/m³ yoğunlukta üretilen levhalarda zımpara kalınlıkları 18 mm'den 17,8 mm'ye düşürüldüğünde SL: 14-14 ve SL: 15-15 olan levhalarda kalınlığına şişme miktarlarında azalma tespit edilmiştir (Şekil 4.4b, Şekil 4.4c). Bu durum 520 kg/m³ yoğunluktaki levhalar ile karşılaştırıldığında tam tersi bir durum meydana gelmiştir. Bu durumda yoğunluktaki artışın kalınlığına şişme miktarlarında artışa neden olduğu söylenebilir.



Şekil 4.4: 560 kg/m³ yoğunluktaki levhaların kalınlığına şişme miktarları (a) yüzey tabaka miktarının şişme miktarına etkisi, (b) SL: 14-14, (c) SL: 15-15, (d) SL: 16-16

Bu artış tüm SL miktarlarında değil SL: 14-14 ve SL: 15-15 oranlarında tespit edilmiştir. SL: 16-16 oranında ise kalınlığına şişme miktarında önemli bir değişim tespit edilmemiştir. Yoğunluğun artması ile kullanılan odun miktarı artmıştır. Bu durum levhalarda kalınlığına şişme miktarının da artmasına (Şekil 4.4b, Şekil 4.4c) ya da aynı kalmasına (Şekil 4.4d) neden olmuştur.

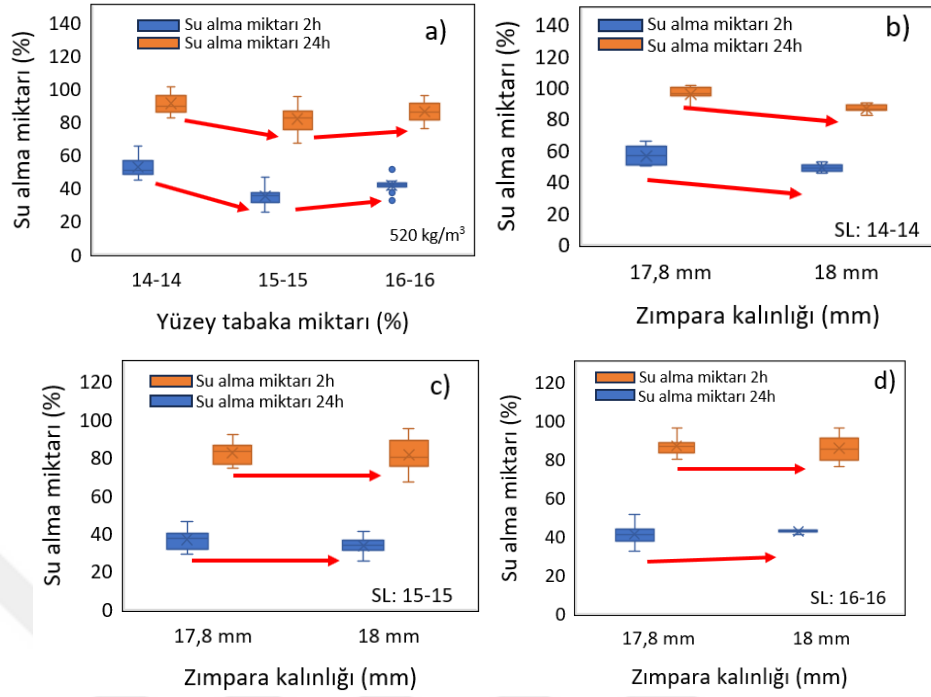
Genel olarak levhaların kalınlığına şişme miktarları değerlendirildiğinde SL miktarının artması ile 520 kg/m³ yoğunluktaki levhalarda şişme miktarının azaldığı 560 kg/m³ yoğunluktaki levhalarda ise önce azaldığı sonra arttığı tespit edilmiştir. Zımpara işlemi ile levha kalınlığının azalması şişme miktarını 520 kg/m³ yoğunluktaki levhalarda artırmış 560 kg/m³ yoğunluktaki levhalarda ise azaltmıştır.

4.1.3 Su Alma Miktarı

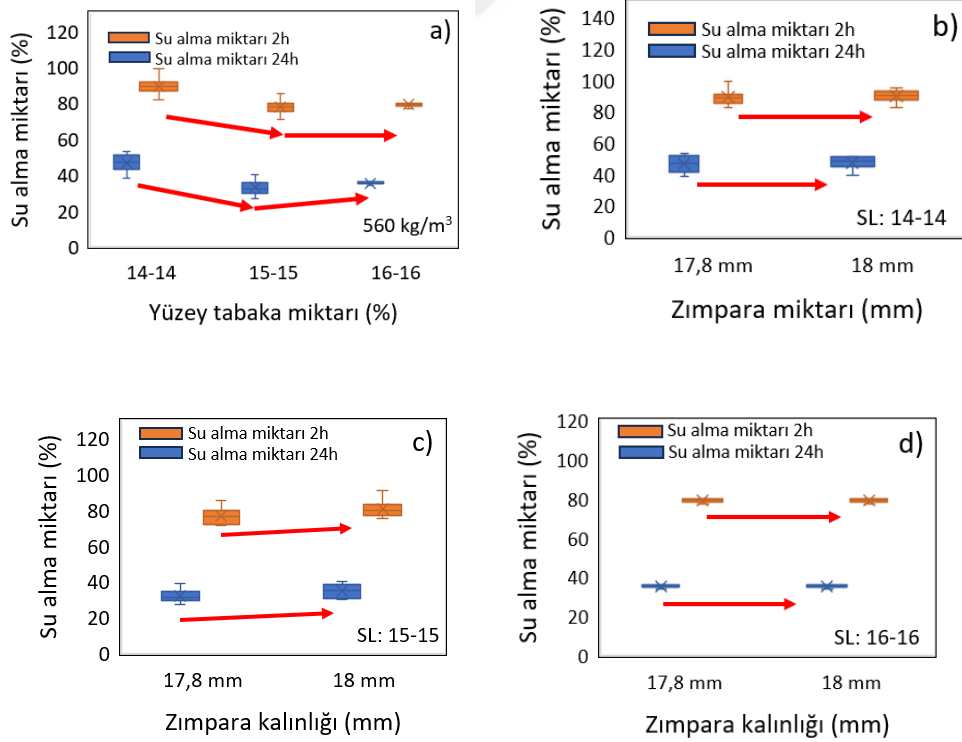
SL miktarına göre levhaların su alma miktarları incelendiğinde (Şekil 4.5a) 520 kg/m³ yoğunluktaki levhaların su alma miktarlarında SL:14-14'ten SL:15-15'e azalış SL:15-15'ten SL: 16-16'ya doğru ise bir artış tespit edilmiştir. Su alma miktarı 520 kg/m³ yoğunluktaki levhalarda SL miktarındaki artışa göre önce azalmış sonra artmıştır. Bu durumun 560 kg/m³ yoğunluktaki levhalarda tam tersi olduğu belirlenmiştir. SL miktarı arttıkça önce artmış sonra azalmıştır (Şekil 4.6a).

560 kg/m³ yoğunluktaki örneklerin su alma miktarları incelendiğinde en yüksek su alma miktarı SL:14-14 örneklerinde tespit edilmiştir (Şekil 4.6a). SL:15-15 ve SL:16-16 örneklerinde su alma miktarları arasında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Benzer şekilde zımpara sonrası kalınlıklar örneklerin su alma miktarlarını önemli ölçüde etkilememiştir (Tablo 4.6d). Hem 520 kg/m³ hemde 560 kg/m³ yoğunluktaki örneklerde en yüksek su alma miktarının SL:14-14 örneklerinde olduğu belirlenmiştir. Bu durumda SL miktarındaki azalmanın levhaların daha fazla su absorbe etmesine neden olduğu sonucuna varılabilir. 560 kg/m³ yoğunluktaki örneklerde zımpara kalınlıklarının su alma miktarlarında önemli farklara neden olmadığı belirlenmiştir (Şekil 4.6b, Şekil 4.6c, Şekil 4.6d).

520 kg/m³ yoğunlukta üretilen levhaların zımpara sonrası kalınlıklarına göre su alma miktarları incelendiğinde yalnızca SL:14-14 örneğinde kalınlık azaldıkça su alma miktarında artış tespit edilmiştir (Şekil 4.5b). SL:15-15 ve SL:16-16 örneklerinde su alma miktarlarında önemli bir değişim tespit edilmemiştir (Şekil 4.5b, Şekil 4.5c). Bu durumda yüzey tabaka miktarındaki azalmanın levhanın su alma miktarında etkili olduğu ve kalınlığın düştükçe su alma miktarının arttığı sonucuna varılabilir.



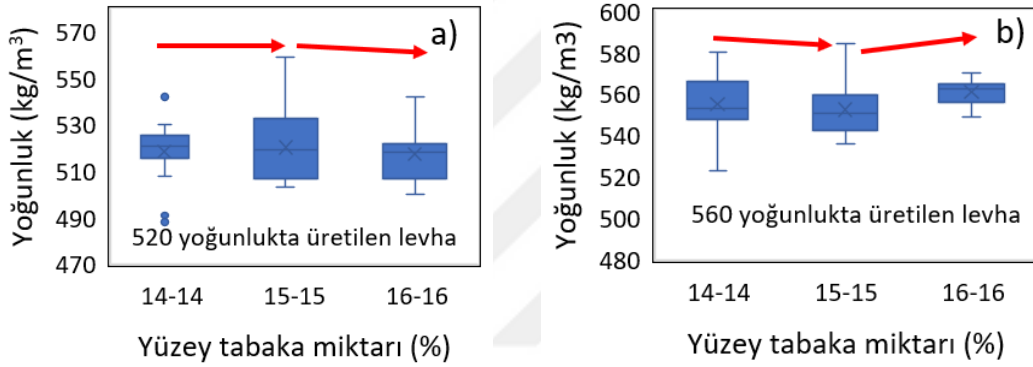
Şekil 4.5: 520 kg/m³ yoğunluktaki levhaların su alma miktarları a) yüzey tabaka miktarının su alma miktarına etkisi (b) SL 14-14, c) SL 15-15, d) SL16-16



Şekil 4.6: 560 kg/m³ yoğunluktaki levhaların su alma miktarları a) yüzey tabaka miktarının su alma miktarına etkisi, b) SL: 14-14, c) SL: 15-15, d) SL: 16-16

4.1.4 Yoğunluk Analizi

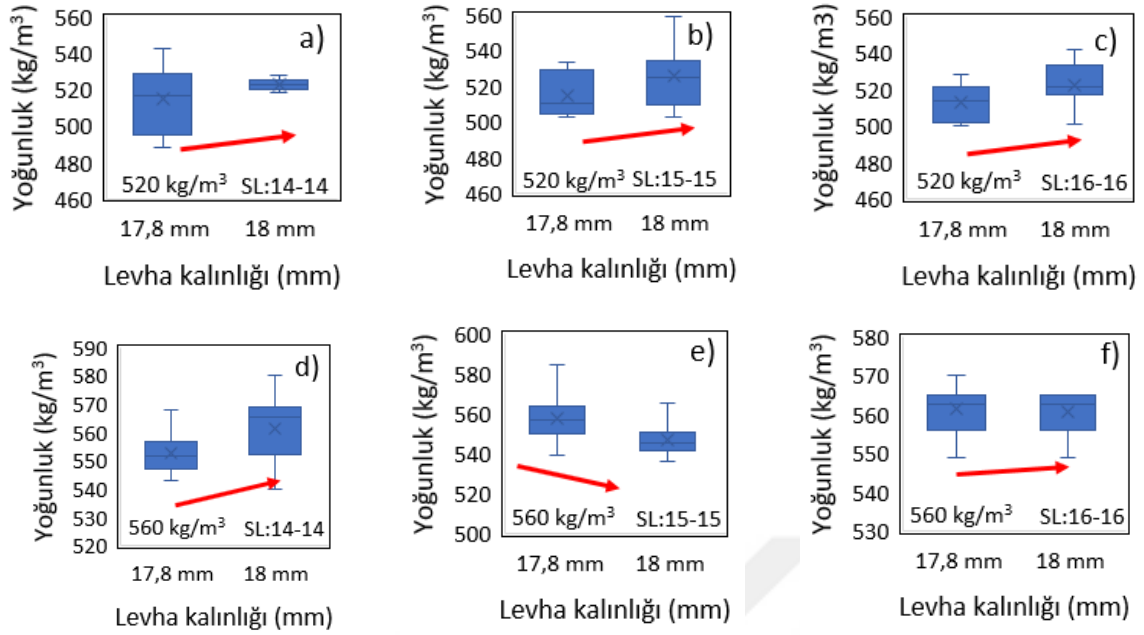
Örneklerin yoğunluk analiz sonuçları incelendiğinde 520 kg/m³ yoğunluktaki örnekler (Şekil 4.7a) arasında ve 560 kg/m³ yoğunluktaki örnekler (Şekil 4.7b) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir. SL miktarlarındaki değişim (SL:14-14, SL:15-15 ve SL:16-16)'in ve zımpara sonrası levha kalınlıklarının (17,8 mm ve 18 mm) levhanın yoğunluklarında anlamlı bir farklılığa neden olmadığı belirlenmiştir. 520 kg/m³ yoğunluktaki örnekler (Şekil 4.8a, Şekil 4.8b, Şekil 4.8c) incelendiğinde zımpara sonrası levha kalınlıkları arttığında levha yoğunluklarında da artış meydana geldiği görülmektedir.



Şekil 4.7: Levha kalınlığının ve yüzey tabaka miktarının 520 kg/m³ ve 560 kg/m³ yoğunluktaki levhalardaki etkisi

560 kg/m³ yoğunluktaki örneklerin zımpara sonrası kalınlıklarına göre yoğunluk dağılımları (Şekil 4.8d, Şekil 4.8f) incelendiğinde SL:15-15 örneği (Şekil 4.8e) hariç levha kalınlığı arttıkça levha yoğunluğunun arttığı belirlenmiştir.

SL tabakası CL tabakasına göre yaklaşık iki kat daha fazla yoğunluğa sahiptir. Bu nedenle zımpara sonrası levha kalınlıklarındaki azalmanın yoğunlukları da düşürmesi beklenen bir sonuçtur. 560 kg/m³ yoğunluktaki SL:15-15 örneği haricinde levha kalınlığı azaldıkça yoğunluklar da azalmıştır fakat bu farklılık istatistiki bakımdan anlamsızdır. Yonga levhalarda yüzey tabakanın kalitesi melamin pres aşamasında yüzey kaplama işleminde levha kalitesini etkileyen en önemli faktörlerden birisidir (İstek vd., 2017; Kelleci vd., 2022).



Şekil 4.8: Farklı yüzey tabaka oranı ve levha kalınlığının levha yoğunlukları üzerindeki etkisi (a) yoğunluk 520, SL: 14-14, (b) yoğunluk 520, SL: 15-15, (c) yoğunluk 520, SL: 16-16, (d) yoğunluk 560, SL: 14-14, (e) yoğunluk 560, SL: 15-15, (f) yoğunluk 560, SL: 16-16

Levhadaki yüzey yoğunluğunun azalması yüzeyin dekor kağıdı kaplanmasında yüzeyde tutkal lekelerinin oluşmasına ve dekor kağıdının levha yüzeyine güçlü şekilde yapışmasına engel olur. Bu da levhanın daire testerede kesim işlemi sırasında kenarlarda çıtlama diye anılan soruna neden olur (Köksal ve Kelleci, 2020).

4.1.5 Renk Analizi

Örneklerin renk analizi sonuçları (Tablo 4.2) istatistiksel olarak incelendiğinde 520 kg/m³ yoğunluktaki örnekler arasında 3. ve 5. örnekler haricinde tüm örneklerin farklı renk gruplarında olduğu belirlenmiştir. Buna göre SL miktarlarının ve zımpara kalınlıklarının yüzeyi dekor kağıdı ile kaplanan yonga levhaların renklerinde belirgin ($3 > \Delta E > 2$) farklılığa neden olduğu sonucuna varılabilir.

Tablo 4.2: Renk analizi sonuçları

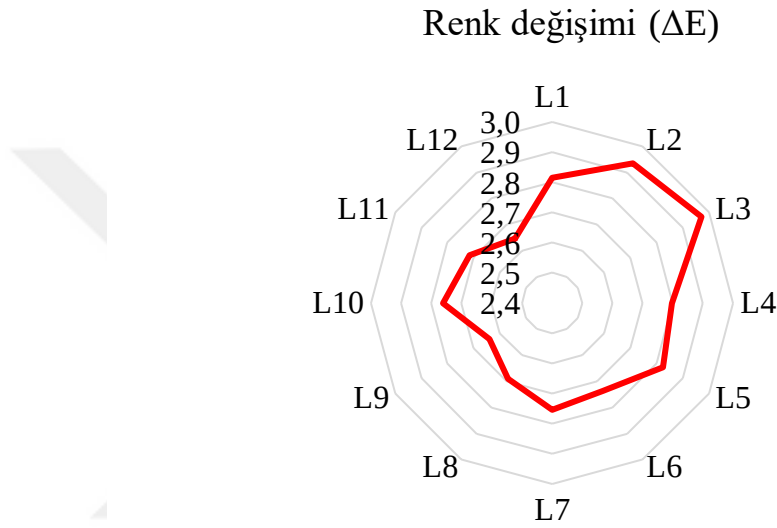
	ΔL	Δa	Δb	ΔE
L1	-1,81 c ($\pm 0,01$)	-0,96 cd ($\pm 0,06$)	-1,93 c ($\pm 0,04$)	2,81 g ($\pm 0,01$)
L2	-1,84 b ($\pm 0,02$)	-0,97 c ($\pm 0,02$)	-2,07 b ($\pm 0,01$)	2,93 h ($\pm 0,03$)
L3	-1,87 a ($\pm 0,01$)	-0,87 f ($\pm 0,01$)	-2,14 a ($\pm 0,06$)	2,97 h ($\pm 0,01$)
L4	-1,78 d ($\pm 0,01$)	-1,04 a ($\pm 0,09$)	-1,89 d ($\pm 0,04$)	2,80 f ($\pm 0,0$)
L5	-1,86 a ($\pm 0,01$)	-0,89 e ($\pm 0,04$)	-1,93 c ($\pm 0,01$)	2,82 g ($\pm 0,01$)
L6	-1,74 e ($\pm 0,03$)	-1,02 ab ($\pm 0,06$)	-1,85def ($\pm 0,03$)	2,74 g ($\pm 0,05$)
L7	-1,81 bc ($\pm 0,01$)	-0,98 c ($\pm 0,09$)	-1,83 ef ($\pm 0,02$)	2,75 e ($\pm 0,01$)
L8	-1,74 e ($\pm 0,03$)	-1,02 b ($\pm 0,07$)	-1,78 ef ($\pm 0,01$)	2,69 c ($\pm 0,09$)
L9	-1,66 f ($\pm 0,02$)	-0,93 d ($\pm 0,04$)	-1,83 f ($\pm 0,01$)	2,64 a ($\pm 0,01$)
L10	-1,78 d ($\pm 0,01$)	-0,96 cd ($\pm 0,07$)	-1,88 de ($\pm 0,07$)	2,76 e ($\pm 0,01$)
L11	-1,73 e ($\pm 0,02$)	-0,98 c ($\pm 0,01$)	-1,85 ef ($\pm 0,01$)	2,72 d ($\pm 0,08$)
L12	-1,67 f ($\pm 0,01$)	-0,89 ef ($\pm 0,04$)	-1,85 ef ($\pm 0,01$)	2,65 a ($\pm 0,09$)

560 kg/m³ yoğunluktaki örneklerin SL miktarlarına ve zımpara kalınlıklarına göre renk değişimleri incelendiğinde L8 ile L11 ve L9 ile L12 örneklerinin aynı renk grubunda yer aldığı belirlenmiştir. Diğer örneklerde ise yüzey tabaka ve zımpara kalınlıklarındaki değişimin melamin pres sonrasında levha yüzeylerinde renk değişimine neden olduğu sonucuna varılmıştır.

Şekil 4.9 incelendiğinde renk farklılıklarının 2. ve 3. örneklerde daha belirgin olduğu görülmektedir. Tüm örneklerde melamin pres sonrasında yüzeylerde yaklaşık % 1-2'lik (ΔL) siyaha kayma olduğu belirlenmiştir. Bu renk değişimindeki farklılık istatistiksek olarak anlamsızdır. Örneklerin Δa (Yeşil-kırmızı arası renk kayması) değerine bakıldığında % 1-1,5'lik yeşile kayma tespit edilmiştir. Bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı değildir. Örneklerin Δb (mavi-sarı arası renk kayması) değerleri incelendiğinde levha yüzeylerinde melamin pres sonrasında % 1-2'lik mavi renge kayma tespit edilmiştir. Bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı değildir.

Sonuçlar ışığında, SL miktarlarındaki ve zımpara sonrasında levha kalınlıklarındaki değişimin melamin pres sonrasında yüzeyleri beyaz dekor kağıdı ile kaplanan levhalarda renk değişimine neden olmadığı tespit edilmiştir. Yüzeyde kullanılan SL miktarı %14-15-16 arasında değiştirilmesi levha yüzeyinde renk değişimine neden olmamıştır. Zımpara

sonrası levha kalınlıklarının çift zımpara yapılarak 17,8'e düşürülmesi levha yüzeylerinde melamin pres sonrasında yüzeylerin beyaz dekor kağıdı ile kaplanmasında herhangi bir renk değişimine neden olmamıştır. Renk değişiminin levhaların preste ısı etkisi altında kalma süresi ile ilgili olduğu söylenebilir. Uzun süre ısı ve basınç altında kalan yüzey kaplama malzemesi ısı ve basıncın etkisi ile renk değişimine uğrayabilir. Bu durum pres süresinin uzaması ile daha da artabilir.



Şekil 4.9: Renk analizi sonuçları

Analiz sonuçlarına göre SL miktarındaki değişimin pres süresine etki etmediği söylenebilir çünkü SL değişimleri aynı sürede preslenen levhaların yüzeylerinde renk değişimine neden olmamıştır. Levha yüzeylerindeki renk farklılıklarının SL miktarı ve zımpara sonrası levha kalınlıkları arasındaki farklılıklardan çok levhada kullanılan dekor kağıdı gramajı, emprenyede kullanılan tutkal çeşidi ve miktarı gibi faktörlere bağlı olduğu sonucuna varabiliriz.

4.1.6 Kenar Yoğunluk Profili Analiz Sonuçları

Örneklere uygulanan x-ray ile ölçülen yoğunluk profili sonuçları Tablo 4.3'de verilmiştir. Örneklerin maksimum sol (alt yüzey) yoğunluk ortalaması 1410 kg/m^3 sağ (üst tabaka) 1100 kg/m^3 olarak kaydedilmiştir. Sonuçlara göre laminant presin alt ve üst yüzey yoğunlukları etkilediği söylenebilir. Alt yüzey üst yüzeye göre % 28 daha yoğundur. Bu sonuç tüm

örneklerin ortalaması için geçerlidir. L7-L12 arası örneklerin yüzey tabaka yoğunlukları L1-L6 arası örneklerden % 1-2 daha fazladır. Bu fark istatistiksel olarak anlamsızdır. L1-l6 arası örneklerin minimum yoğunluk, ortalama yoğunluk peak-peak / yoğunluk, merkez yoğunluk/ ortalama yoğunluk (%) ve minimum yoğunluk/merkez yoğunluk değerleri (%) L7-L12 arası örneklerden yaklaşık % 1-2 daha fazladır. Örnek yoğunluğundaki artış (520'den 560'a) orta tabaka yoğunluğunun azalmasına, yoğunluğun yüzeylere yakın bölgelerde artmasına neden olmuştur. Yonga levha üretiminde yüzey yoğunluğunun fazla, orta tabaka yoğunluğunun düşük olması istenir. Bu durumda levha yoğunluğunun artması kaliteyi artırır fakat maliyetinde yükselmesine neden olur. Bu durumda optimum orta tabaka ve yüzey tabaka miktarının belirlenmesi gereklidir. Levha yüzey yoğunluğunun zımparalanmış levha yüzeyinde 1000 kg/m³ ün üzerinde olması istenilir. Bunu sağlayacak SL miktarı, zımpara toleransı ve levha yoğunluğunun belirlenmesi üretim maliyetlerinin azaltılması bakımından son derece önemlidir.

Tablo 4.3: Kenar yoğunluk profili analiz sonuçları

	* ¹ Max. Sol yoğ. (kg/m ³)	* ² Min. Yoğ. (kg/m ³)	* ³ Max. Sağ yoğ. (kg/m ³)	* ⁴ Peak- peak Yoğ. (mm)	* ⁵ Ort. Yoğ. (kg/m ³)	* ⁶ M. Yoğ. /Ort. Yoğ. (%)	* ⁷ Min. Yoğ. Nok. (mm)	* ⁸ M. Yoğ. (kg/m ³)	* ⁹ Min. Yoğ./M. Yoğ. (%)
L1	1373	490	1200	15,40	627	79	7,8	497	78
L2	1428	565	1086	15,50	645	80	7,45	513	78
L3	1417	499	1273	15,40	644	80	8,20	512	77
L4	1371	462	1106	14,75	602	79	7,7	473	77
L5	1409	487	1015	14,85	627	79	7,4	495	78
L6	1391	492	1104	15,30	627	81	9,1	510	78
L7	1445	498	1175	16,00	649	78	7,3	506	77
L8	1398	496	1069	16,25	629	82	5,6	517	79
L9	1432	485	1088	15,40	626	79	7,6	492	77
L10	1435	498	1106	15,95	645	79	8,35	506	77
L11	1401	484	1113	15,05	639	77	8,15	492	76
L12	1395	480	1154	15,65	634	77	7,45	489	76

*1: Maksimum Sol yoğunluk (kg/m³), *2: Minimum yoğunluk (kg/m³), *3: Maksimum sağ yoğunluk (kg/m³), *4: Zirve-Zirve yoğunluk (mm), *5: Ortalama yoğunluk (kg/m³), *6: Merkez yoğunluk /Ortalama Yoğunluk (%), *7: Minimum yoğunluk noktası (mm), *8: Merkez Yoğunluk (kg/m³), *9: Minimum yoğunluk/Merkez Yoğunluk (%)

Levhanın orta tabaka yoğunluğu kenar vida tutma direncini standartlar içerisinde kalmak

koşulu ile mümkün olduğunca düşürülebilir. Orta tabaka yoğunluklarının düşürülmesi levhanın fiziksel özelliklerini de önemli ölçüde etkiler. Su alma ve kalınlığına şişme miktarları orta tabaka yoğunluğunun azalması ile artış gösterir bu ise istenilmeyen bir durumdur. Bu durumu engellemek için levha orta tabakası içerisinde kullanılan tutkal içerisinde (% 1-3) parafin kullanılmaktadır.

4.2. Mekanik Analiz Sonuçları

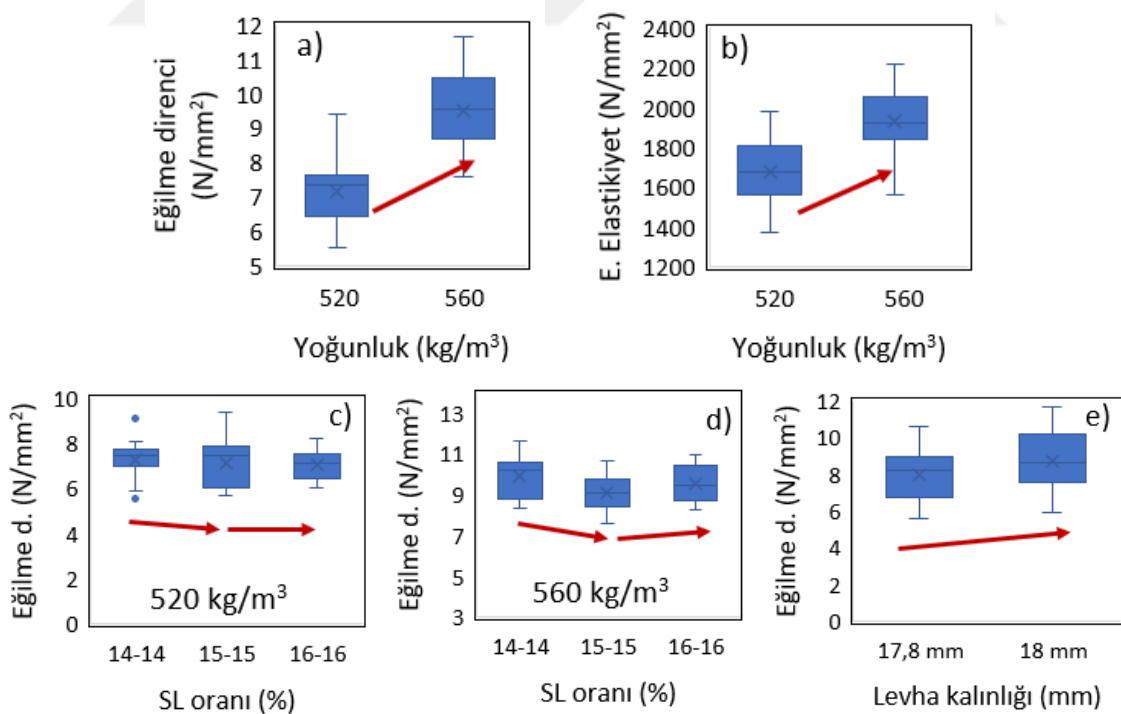
Levhaların mekanik karakterizasyonu eğilme mukavemeti, eğilmede elastikiyet modülü, yüzeye dik çekme, yüzey sağlamlığı, yüzey vida tutma ve kenar vida tutma analizleri ile gerçekleştirilmiştir. Örneklerin mekanik analiz sonuçları Tablo 4.4’de verilmiştir.

Tablo 4.4: Mekanik analiz sonuçları

Örnekler	Eğilme (N/mm ²)	Elastikiyet (N/mm ²)	Yüzeye dik çekme (N/mm ²)	Yüzey sağlamlığı (N/mm ²)	Vida tutma- Yüzey (Newton)	Vida tutma- Kenar (Newton)
L1	6,7 A (±0,9)	1683 A (±126)	0,29ABC (±0,03)	0,68 AB (±0,07)	662 AB (±48)	238 A (±82)
L2	7,8 BC (±0,5)	1845 (±97)	0,29ABC (±0,01)	0,72 BC (±0,04)	712ABC (±36)	434 CDE (±30)
L3	6,8 A (±1,0)	1605 A (±161)	0,26 A (±0,02)	0,66 AB (±0,04)	662 AB (±61)	428 CD (±54)
L4	7,4 AB (±1,0)	1712 AB (±154)	0,27 AB (±0,04)	0,67 AB (±0,04)	712ABC (±49)	466 DEF (±30)
L5	6,8 A (±0,5)	1593 A (±91)	0,26 A (±0,02)	0,62 A (±0,13)	675 AB (±37)	447 CDE (±53)
L6	7,5 AB (±0,9)	1636 A (±156)	0,31 C (±0,04)	0,76 C (±0,06)	638 A (±65)	405 CD (±54)
L7	9,6 CDE (±1,0)	1908 C (±169)	0,26 A (±0,01)	0,98 E (±0,07)	792 DE (±81)	528 F (±72)
L8	10,3 E (±0,8)	1997 C (±163)	0,28ABC (±0,02)	0,99 E (±0,07)	722 BC (±79)	388 C (±84)
L9	9 CD (±0,7)	1864 BC (±128)	0,28ABC (±0,2)	0,93 DE (±0,07)	729 BC (±89)	299 B (±73)
L10	9,2 CD (±0,9)	1928 C (±145)	0,26 A (±0,1)	0,87 D (±0,02)	760 CDE (±114)	529 F (±72)
L11	9 C (±0,7)	1910 C (±208)	0,30 BC (±0,3)	0,96 E (±0,09)	829 E (±73)	497 EF (±42)
L12	10 DE (±0,8)	1997 C (±121)	0,29ABC (±0,2)	0,96 E (±0,09)	829 E (±73)	497 EF (±42)

4.2.1 Eğilme ve Eğilmede Elastikiyet Modülü

560 kg/m³ yoğunlukta üretilen örneklerin (L6-L12 arası) eğilme direnci ortalaması 560 kg/m³ yoğunlukta üretilen (L1-L6 arası) örneklerin ortalamasından % 39 (7,1 N/mm²'den 9,9 N/mm²'e) daha fazladır (Şekil 4.10a). Eğilme direnci arttıkça elastikiyet modülünün de aynı oranda arttığı belirlenmiştir (Şekil 4.10b). SL miktarı arttıkça örneklerin eğilme dirençlerinde önemli bir farklılık tespit edilmemiştir (Şekil 4.10c, 4.10d). Zımpara sorası kalınlık farklılıklarının ise eğilme direncini önemli oranda etkilediği belirlenmiştir. SL: 14-14 örneklerinde eğilme direnci 17,8 mm'ye zımparalanan örneklerde 6,7 N/mm² iken 18 mm'de 7,8 N/mm² olarak ölçülmüştür. 0,2 mm kalınlık farkı levhanın eğilme direncinde yaklaşık % 16 farka sebep olmuştur. Yüzey tabakada kullanılan yongaların kalınlıkları 0,2-1 mm arasında olduğu için 1-4 mm arası kalınlığa sahip CL yongalarına göre daha fazla tutkal (UF) içermektedir. Yongalar küçüldükçe yüzey alanları artmaktadır. Artan yüzey alanı ise daha fazla tutkalın yüzeylere yapışmasına ve dolayısı ile levhanın yüzey tabakasının daha yoğun olmasına neden olmaktadır (Lee vd., 2022).



Şekil 4.10: Eğilme ve eğilmede elastikiyet modülü analiz sonuçları

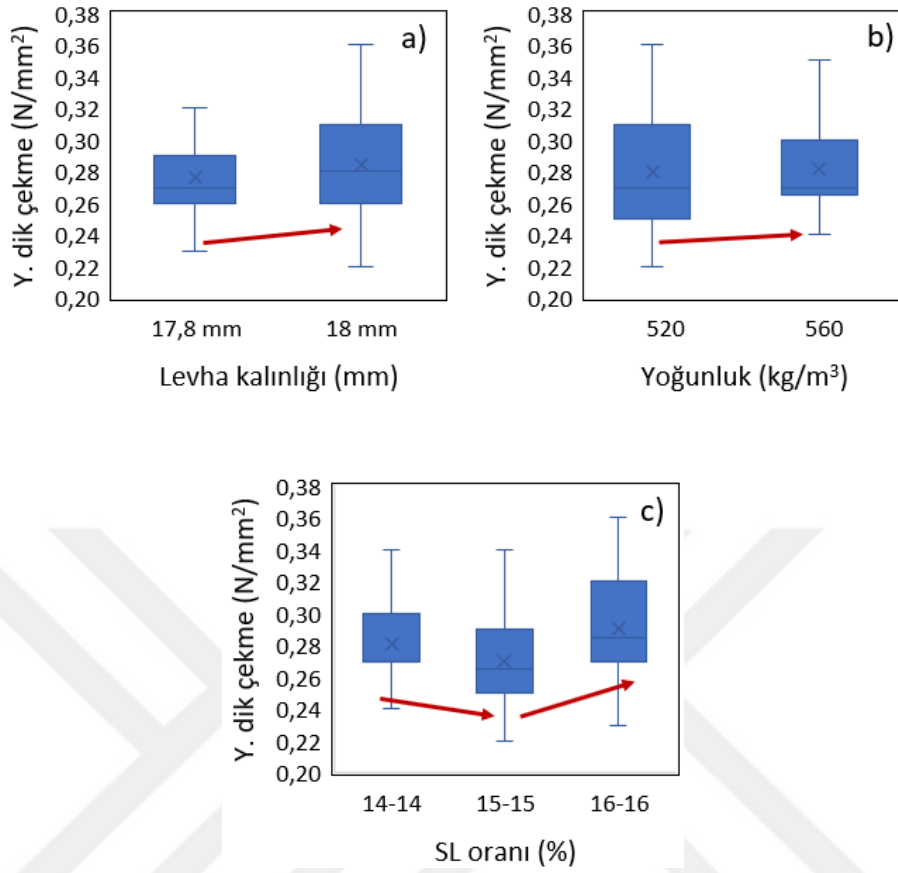
Çalışmamızda üretilen levhalar (L1-L12 arası) P2 standardını karşılamamaktadır. Fakat P1 standardını karşılamaktadır.

Levhanın yüzey tabakası levhanın görsel kısmını oluşturduğu için hataları daha fazla belli etmektedir. Levha yüzey yoğunluğunun azalmış olması, yüzeyde zımpara hatalarının bulunması, yüzeyde ağaç kabuklarının bulunması gibi hatalar melamin pres aşamasında levha yüzeyde kalite problemlerine neden olmaktadır (İstek vd., 2010). Bu sebeple zımpara ile yapılan kalınlık kalibrasyonu esnasında levhanın yüzeyden kaç mm zımparalanacağı önemli bir konudur (İstek vd., 2017; Köksal ve Kelleci, 2020). Bu çalışmada zımpara işlemi esnasında levha yüzeyden fazla derine (18 mm'den 17,8 mm'ye) inilmesi sert ve yoğun olan SL tabakasının sıyrılıp alınmasına neden olmuştur. Bu da levhada eğilme direncinin ve eğilmede elastikiyet modülünün azalmasına neden olmuştur (Şekil 4.10e). Aydın (2016) 600 kg/m³ yoğunlukta ürettiği yonga levhalarda eğilme direncini 13,3 N/mm², eğilmede elastikiyet modülünü 2466 N/mm², yüzeye dik çekme direncini 0,44 N/mm² olarak bulmuştur. Bu değerler P2 standardının üzerindedir.

4.2.2 Yüzeye Dik Çekme Direnci

Yüzeye dik çekme direnci zımpara sonrası levha kalınlıklarına (Şekil 4.11a) göre, levha yoğunluğuna göre (Şekil 4.11b) ve SL miktarına (Şekil 4.11c) göre analiz edilmiştir. Zımpara sonrası levha kalınlıklarının yüzeye dik çekme direncinde anlamlı farklılıklara neden olmadığı belirlenmiştir. 520 kg/m³ ile 560 kg/m³ yoğunlukta örneklerin yüzeye dik çekme dirençleri arasında önemli farklılıklar olmadığı belirlenmiştir. Örnekler arasında % 7,5'lik bir yoğunluk farkı olmasına rağmen yüzeye dik çekme direncinde farklılık olmadığı belirlenmiştir. Fakat 520 kg/m³ yoğunlukta örneklerde yoğunluk dalgalanmalarının daha fazla olduğu ve buna bağlı standart sapmanın yüksek olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.11b).

SL oranlarındaki değişikliğin ise örneklerin yüzeye dik çekme dirençlerinde SL: 14-14'ten SL: 15-15'e azalmaya SL: 15-15'ten SL: 16-16'ya artışa neden olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.11c). En yüksek yüzeye dik çekme direnci (0,29 N/mm²) SL: 16-16 örneklerinde en düşük (0,27 N/mm²) ise SL: 15-15 örneklerindedir. Yüzeye dik çekme direncinin levha yoğunluğu ile doğru orantılı olması beklenir.



Şekil 4.11: Yüzeye dik çekme analiz sonuçları

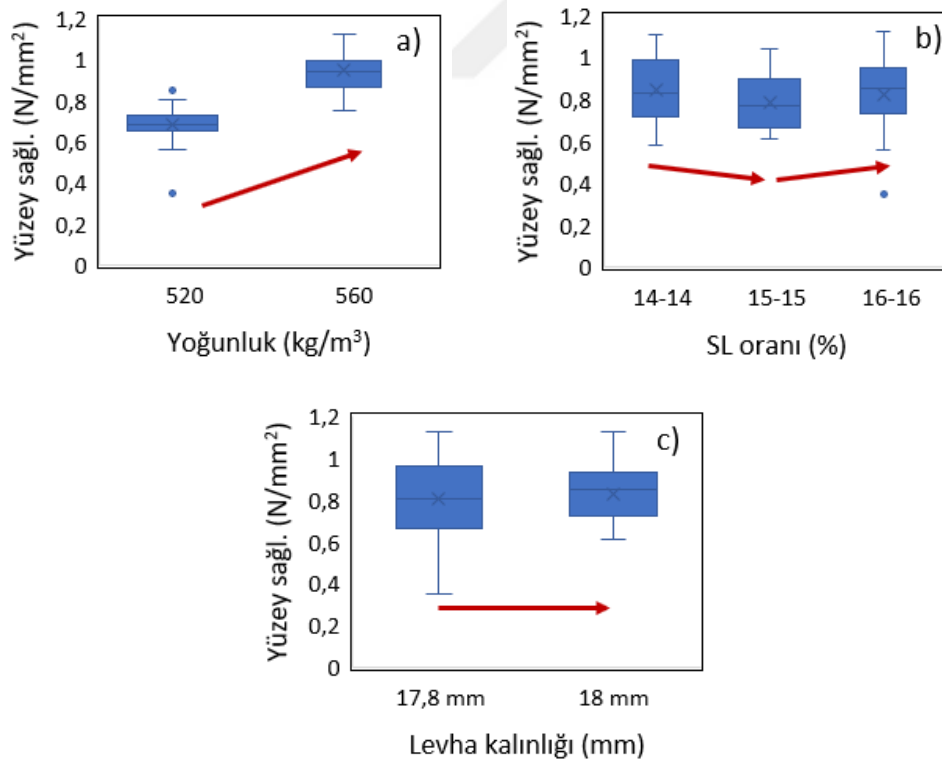
Fakat bu çalışmada levha yoğunluğu artırılmasına rağmen yüzeye dik çekme direncinde değişiklik kaydedilmemiştir. Buna rağmen SL miktarlarındaki değişiklik yüzeye dik çekme direncini az da olsa (% 3-5) etkilemiştir. Benzer şekilde zımpara sonrası levha kalınlıklarının levhanın yüzeye dik çekme direncini etkilemesi beklenilmez. Fakat bu çalışmada az da olsa (% 1-2) etkilemiştir.

4.2.3 Yüzey Sağlamlığı

Zımpara sonrasında örnekler yüzey sağlamlığı analizi yapılmıştır. Levhaların yoğunluklarına (Şekil 4.12a) göre, SL oranlarına (Şekil 4.12b) göre ve zımpara sonrası kalınlıklarına (Şekil 4.12c) göre yüzey sağlamlıkları analiz edilmiştir. Analiz sonuçları incelendiğinde 520 kg/m³ yoğunluktan 560 kg/m³ yoğunluğa çıkıldığında örneklerin yüzey sağlamlıklarında % 38'lik bir artış kaydedilmiştir. Benzer artış eğilme dirençlerinde de kaydedilmiştir. SL oranlarındaki değişim ise örneklerin yüzey sağlamlıklarında önemli

değişikliklere neden olmamıştır. SL: 14-14'ten SL: 15-15'e örneklerin yüzey sağlamlıklarında % 1-2 düşüş kaydedilmiştir. SL: 15-15'ten SL: 16-16'ya ise yüzey sağlamlığında % 1-2 artış kaydedilmiştir (Şekil 4.12b).

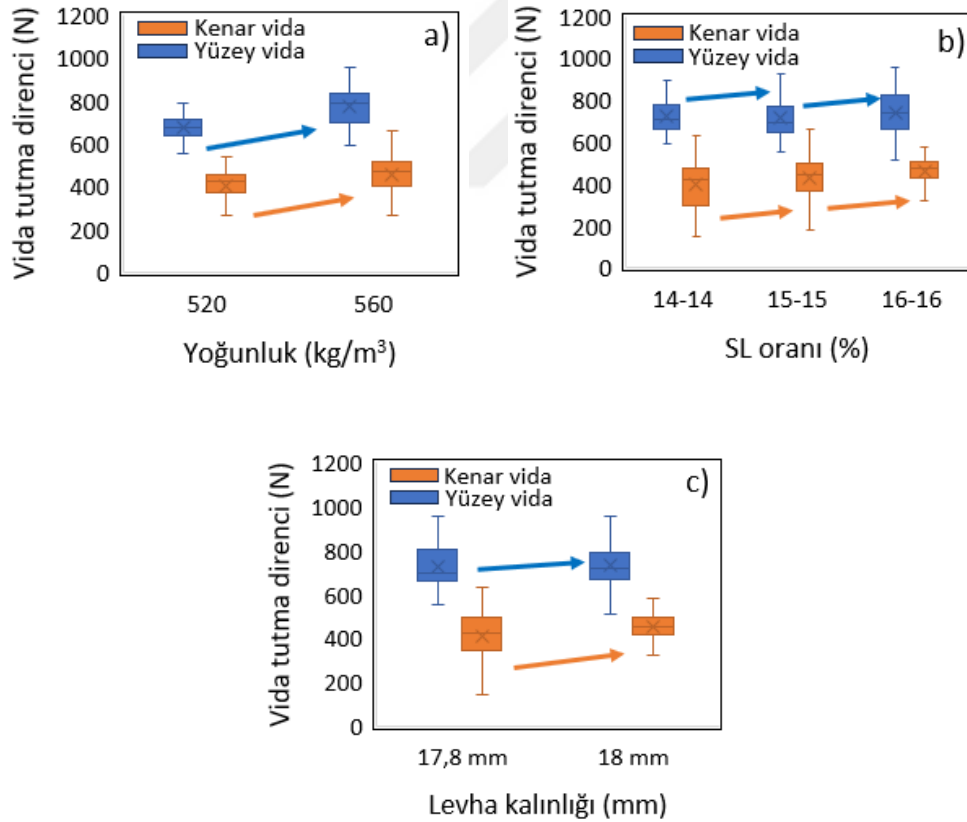
Zımpara sonrası levha kalınlıklarının yüzey sağlamlığına etkisi incelendiğinde levha kalınlıklarının zımpara işlemi sonrasında 0,2 mm düşürülmesi yüzey sağlamlığında % 1-2'lik düşüşe neden olmuştur (Şekil 4.12c). Zımpara işlemi ile levhanın yoğun olan üst tabakası incelmektedir. Bu da yüzey sağlamlığını azaltmaktadır. Yüzey sağlamlığının yüksek olması için mümkün olduğunca levhanın üst tabakası inceltilmemelidir. Fakat bazı yüzey hataları zımpara ile giderilmeye çalışılmaktadır. Bu durumda zımpara toleransı mümkün olduğunca (0,1 mm – 0,3 mm) az tutulmalıdır. Bu çalışmada zımpara toleransının 0,2 mm olması durumunda yüzey sağlamlıklarında anlamlı bir farklılık oluşmadığı belirlenmiştir.



Şekil 4.12: Yüzey sağlamlığı analiz sonuçları

4.2.4 Vida Tutma Direnci

Levhaların yoğunluğuna (Şekil 4.13a), yüzey tabaka oranına (Şekil 4.13b) ve zımpara sonrası levha kalınlığına (Şekil 4.13c) göre vida tutma dirençleri incelenmiştir. Yoğunluklara göre örneklerin vida tutma dirençleri incelendiğinde yoğunluğun 520 kg/m³'ten 560 kg/m³'e artması yüzey vida tutma direncinde % 15'lik kenar vida tutma direncinde ise % 13 artışa neden olmuştur. Yoğunlukların artması ile vida tutma dirençlerinin artması beklenen bir durumdur. Artan yonga miktarı ve buna bağlı olarak artan tutkal miktarı vida tutma direncini artırmıştır. Yoğunlukta % 7,5'luk düşüş vida tutma direncinde yaklaşık % 13-15 azalışa neden olmuştur. Odun hammaddesi ve tutkal sarfiyatı maliyetlerinden tasarruf edilmek istendiğinde, TSE standartlarını karşılamak kaydıyla, bu düşüş göz ardı edilebilir.



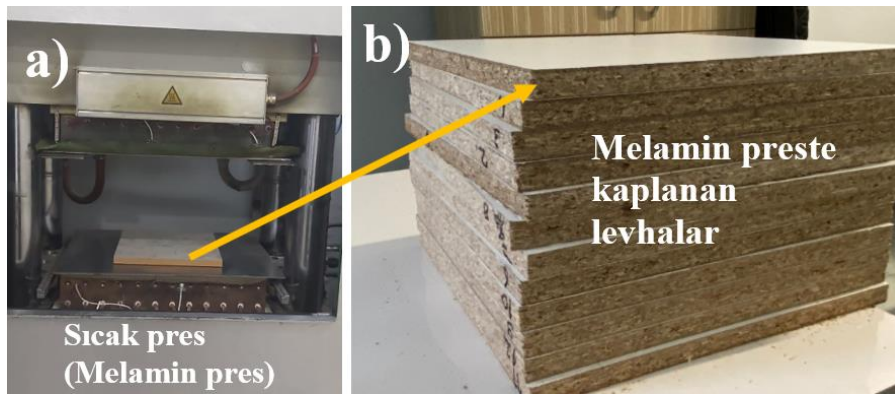
Şekil 4.13: Levhaların yoğunlukları (a), yüzey tabaka oranları (b), ve zımpara sonrası levha kalınlıkları (c)'na göre vida tutma dirençleri

Örneklerin SL miktarlarına bağlı olarak vida tutma dirençleri incelendiğinde SL miktarındaki artışın vida tutma direncini artırdığı belirlenmiştir. SL: 14-14'ten SL:15-15'e artırıldığında yüzey vida tutma direnci yaklaşık % 1 azalmasına rağmen SL: 15-15'ten SL: 16-16'ya artırıldığında yaklaşık % 4 artmıştır. Kenar vida tutma direnci SL: 14-14'ten SL: 15-15'e % 8 artmış, SL: 15-15'ten SL: 16-16'ya ise yaklaşık % 7 artmıştır.

Genel olarak örneklerin SL miktarının artmasının yüzey ve kenar vida tutma direncini artırdığı sonucuna varılabilir. Zımpara sonrası levha kalınlıklarının vida tutma direncine etkisi incelendiğinde kalınlıktaki düşüşün vida tutma direncinde hafif (728 N'dan 724 N'a) düşüşe neden olduğu belirlenmiştir. Yoğun olan yüzey tabakanın zımpara işlemi ile uzaklaştırıldığı düşünüldüğünde bu durum beklenen bir sonuçtur.

4.3. Laminant Yüzey Analizleri

Levha yoğunlukları, yüzey tabaka miktarları ve zımpara sonrası kalınlıkların yüzey kalitesine etkilerinin araştırılması için yonga levha yüzeyleri 0,18 mm kalınlığında 210 g/m² beyaz renkli dekor kağıdı ile kaplanmıştır (Şekil 4.14). Yüzeyleri melamin preste kaplanan yonga levhalara aşınma, çizilme, leke tutma, sigara ateşine mukavemet ve porozite analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar istatistiki açıdan değerlendirilip sonuçlar karşılaştırmalı olarak aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.14: (a) 300 mm x 300 mm ölçülerinde levhaların preslendiği sıcak pres (b) üretilen levha deney örnekleri

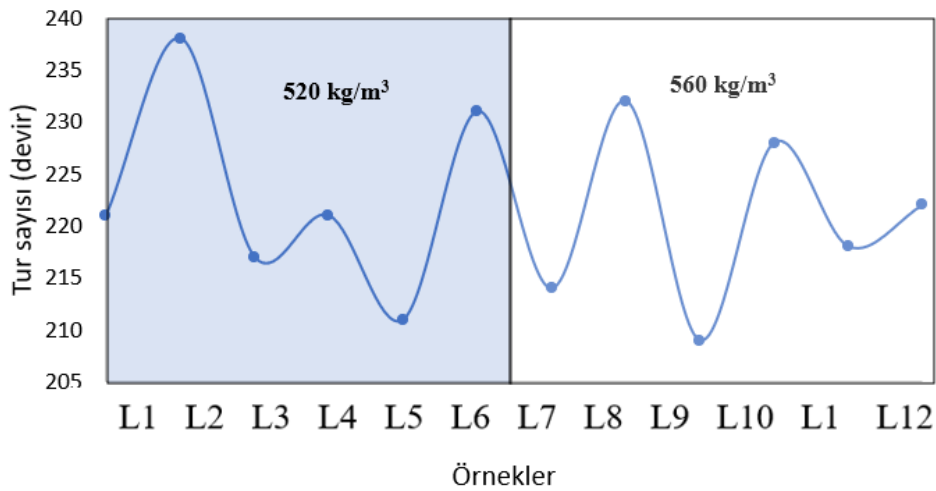
4.3.1 Aşınma Analizi

Tablo 4.5 incelendiğinde tüm örneklerin aşınma değerlerinin 200-240 devir arasında olduğu belirlenmiştir. Şekil 4.15'e bakıldığında en yüksek aşınma dayanımının örnek 2, 4, 6, 8, 10 ve 12 olduğu görülmektedir. Bu örnekler zımpara sonrası kalınlığı 18 mm olan örneklerdir. Bu durumda zımpara ile levha kalınlığının azaltılması yüzeydeki yoğunluğu yüksek, sert tabakanın uzaklaştırılmasına neden olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumun ise levhaların yüzey aşınma dirençlerinin azalttığı tespit edilmiştir.

Tablo 4.5: Laminant yüzey Taber aşınma analiz ((IP + FP)/2) sonuçları

Örnek	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12
Devir	221	238	217	221	211	231	214	232	209	228	218	222
(tur)	(±2)	(±4)	(±7)	(±5)	(±3)	(±8)	(±9)	(±8)	(±5)	(±2)	(±3)	(±7)
	B	B	A	B	AB	B	AB	B	AB	B	B	B

Aşınma analizi sonuçları yoğunluklara göre değerlendirildiğinde, levha yoğunluklarının aşınma dirençlerinde önemli bir değişime neden olmadığı anlaşılmıştır. Aşınma dirençlerinde levha yoğunluklarından çok levhanın yüzey tabaka yoğunluğu ve sertliğinin etkili olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç Şekil 4.15'de 18 mm'ye zımparalanan levhaların aşınma dayanımlarının 17,8 mm levhalara göre daha fazla yüzey dayanımına sahip olması ile ortaya konmuştur.



Şekil 4.15: Aşınma analiz sonuçları

SL miktarları bakımından aşınma dirençleri değerlendirildiğinde anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir. SL: 14-14'ten SL: 15-15'e aşınma dirençlerinin bir miktar azaldığı fakat SL: 16-16'ya doğru tekrar yükseldiği belirlenmiştir. Bu durumda yüzey aşınma direncinde SL miktarında ve yoğunluktaki değişimlerden ziyade zımpara sonrası kalınlıkların daha fazla etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Özdemir vd., (2014) benzer bir çalışmada melamin üre formaldehit (MUF) kullanarak 70 g/m² dekor kağıdı emprenye etmiş ve yonga levhaların yüzeyini kaplamıştır. Aşınma analizi sonucunda örnek yüzeyinin aşınma devir sayısını 428 rpm olarak kaydetmişlerdir. Bu değer piyasada kullanılan yonga levhalar için oldukça yüksek bir değerdir. Bizim çalışmamızda bu değerlerin yaklaşık yarısına ulaşılabilmiştir (211-238 rpm). Başka bir çalışmada İstek vd., (2010) MUF kullanarak emprenye edilen dekor kağıtları ile yonga levha yüzeyini kaplamışlar ve aşınma değerini bizim kullandığımız formüle göre hesapladıklarında 167 rpm olarak kaydetmişlerdir. Bu değer 150 rpm değerinin üzerinde olmasından dolayı standartlar içerisinde değildir. Bu çalışma bizim çalışmamız ile benzer değerlere sahiptir. Dekor kağıtlarının emprenyesinde kullanılan reçine türü de aşınma direnci üzerinde önemli etkiye sahiptir. Yapılan bir çalışmada UF ile yapılan, emprenye edilen dekor kağıdı ile kaplanan yonga levhanın aşınma değeri 325 rpm iken MUF ile emprenye edilenin 375-450 arası olduğu belirtilmiştir (Bardak vd., 2011).

4.3.2 Çizilme Analizi

Tablo 4.6 incelendiğinde tüm örneklerin çizilme mukavemetlerinin aynı olduğu görülmektedir. TSE standartlarına göre yonga levhaların yüzey çizilme mukavemetlerinin 3 N ve üzeri olması istenmektedir. Bu bakımdan, tüm örneklerin çizilme mukavemetlerinin standartlar içerisinde olduğu söylenebilir. Yoğunluk, SL miktarı ve zımpara sonrası kalınlıklar bakımından örneklerin çizilme mukavemetleri değerlendirildiğinde, örnekler arasında anlamlı bir farklılığın olmadığı tespit edilmemiştir. Bu durumda laminant yüzeyin çizilme mukavemetinin yoğunluk, SL miktarı ve yüzeydeki dekor kağıdının kalitesine bağlı olduğu söylenebilir.

Tablo 4.6: Laminant yüzey göz ile muayene çizilme sonuçları

Örnek	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12
Çizilme dayanımı (N)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Özdemir vd., (2014) yaptıkları çalışmada aşınma değerlerini yüksek (428 rpm) bulmalarına rağmen yüzeyleri dekor kağıdı ile kaplamış yonga levhaların çizilme mukavemetlerini bizim çalışmamıza göre daha düşük (3,48 N) bulmuşlardır. Buna dekor kağıdı emprenyesi sırasında uygulanan yöntem farklılıkları neden olmuş olabilir. İstek vd., (2010) benzer çalışmada çizilme değerini 2-4 N arası tespit etmişlerdir. Bu değerler standartlara göre normal değerlerdir. Özlüsoylu vd., (2022) presleme süresinin ve sıcaklığın laminant kaplanmış yonga levhaların çizilme mukavemeti üzerine yaptıkları bir araştırmada çizilme mukavemetini 18, 20, 22 saniye için 3 N fakat 24 saniye pres süresi için 2,5 N tespit etmişlerdir. Bu sonuçlar ışığında, yüzeyleri dekor kağıdı ile kaplanan yonga levhaların yüzey sağlamlıklarını presleme süresi, pres sıcaklıkları ve pres basınçları gibi faktörlerin etkilediği söylenebilir.

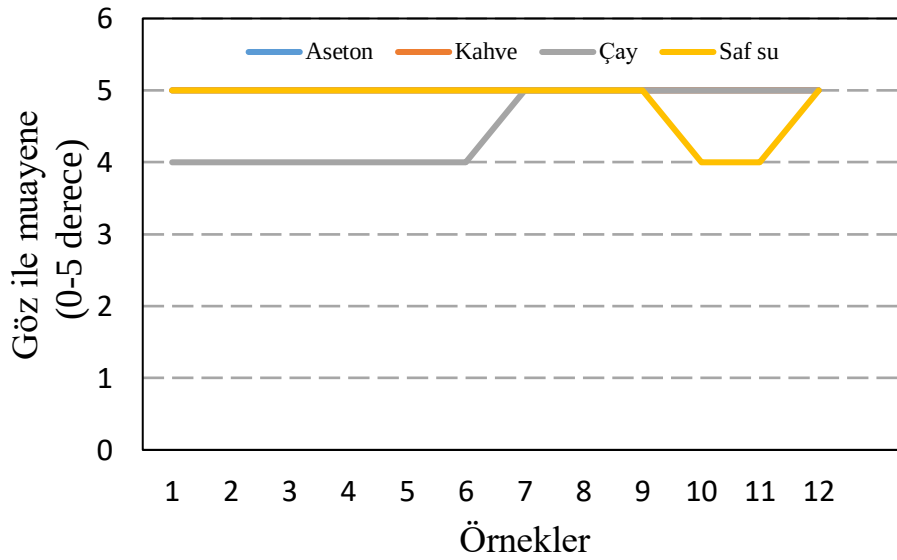
4.3.3 Lekelenmeye Karşı Mukavemet

Tablo 4.7’da örneklerin lekelenmeye karşı mukavemet değerleri incelendiğinde aseton ve kahve lekesine karşı oldukça dayanıklı olduğu, levha yüzeyinde herhangi bir gözle görülür değişim olmadığı belirlenmiştir. Üzerine çay dökülen 520 kg/m^3 yoğunluktaki levhalara belirli bir açıdan bakıldığında parlaklık ve renginde hafif değişim olduğu tespit edilmiştir. Aynı değişim 560 kg/m^3 yoğunluktaki örneklerde tespit edilmemiştir. Çay, kahve ve aseton lekelenmesine karşı mukavemette SL miktarının ve zımpara sonrası kalınlıkların herhangi bir etkisi tespit edilmemiştir (Şekil 4.16).

Saf su lekesi sadece 560 kg/m^3 yoğunluktaki SL: 15-15 ve SL: 16-16 örneklerinde tespit edilmiştir. Bu durum, örneklerle belirli bir açıdan bakıldığında parlaklık ve renginde hafif değişim olduğu için örnekler arasında önemli bir farklılığa neden olmamıştır.

Tablo 4.7: Laminant yüzey leke tutma analizi göz ile muayene sonuçları

Örnek	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12
Aseton	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Kahve	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Çay	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5
Saf su	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5



Şekil 4.16: Leke tutma analizi göz ile muayene sonuç diyagramı

4.3.4 Sigara Ateşine Mukavemet

Tablo 4.8 incelendiğinde örneklerin sigara ateşine mukavemet derecelerinin hepsinde aynı olduğu görülmektedir. Örnek yüzeylerinde koyu kahverengi leke mevcut olduğu fakat yüzey yapısında bozulma olmadığı tespit edilmiştir. Benzer bir çalışmada Muğla (2010) MDF yüzeylerini farklı kaplama malzemeleri ile kaplamış ve dekor kağıdının MDF yüzey üzerindeki sigara ateşine dayanıklılık derecesinin 2. Derecede olduğunu bildirmiştir. Bizim çalışmamızda ise yonga levha yüzeyleri beyaz dekor kağıdı ile lamine edilmiştir. Fakat sonuçlar MDF levha ile aynı çıkmıştır. Bu durumda levha türünün sigara ateşine dayanıklılık üzerine etki etmediği söylenebilir. Fakat bu durumun daha fazla analiz yapılarak ortaya konulması gereklidir.

Tablo 4.8: Sigara ateşine mukavemet göz ile yapılan analiz sonuçları

Örnek	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12
Leke tutma	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Örneklerin SL tabakalarındaki değişim, yoğunluklarındaki değişim ve zımpara sonrası kalınlıklarındaki değişim sigara ateşine dayanıklılık analizinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar oluşturmamıştır. Levha yüzey yoğunluğunun yüksek olması laminasyon işleminde levha yüzeyinde tutkal lekeleri oluşması gibi kalite problemlerini ortadan kaldırır. Fakat sonrasında levha yüzeyinin leke tutma direnci üzerinde etkisi olmadığı söylenebilir. Levhaların leke tutma direncinin levhadan çok yüzeyde kullanılan dekor kağıdına ve emprenyede kullanılan tutkal türü ve miktarına bağlı olduğu söylenebilir. Özdemir vd., (2014) benzer bir çalışmada dekor kağıdı ile kapladıkları yonga levhaların sigara ateşine karşı dayanıksız olduğunu rapor etmişlerdir. Bizim çalışmamızda da benzer sonuçlar bulunmuştur. Genel olarak, sigara ateşine karşı levha yüzeyinin dayanıklı olabilmesi için yüksek yoğunlukta ve yüksek basınçta preslenmesi gerektiği söylenebilir.

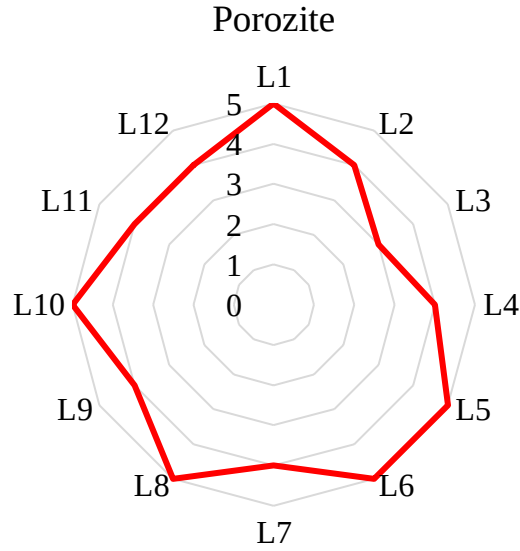
Mobilya yüzeylerinde kullanılan selülozik, sentetik, poliester ve poliüretan verniklerin hiçbiri sigara ateşine tamamen dayanıklı olmamakla birlikte, performansları farklılık gösterebilirler. En dayanıklı vernik olarak poliester vernik öne çıkarken, bunu sırasıyla poliüretan, sentetik ve selülozik vernikler takip etmesine rağmen hiç birisi laminat yüzeyler kadar sigara ateşine dayanıklı değildir (Döngel vd., 2015).

4.3.5 Porozite Analizi

Tablo 4.9’da örnek yüzeylerinin porozite değerleri incelendiğinde 520 kg/m^3 yoğunluktaki örneklerin yüzey porozitesinin daha fazla olduğu belirlenmiştir. Yüzey porozitesi en yüksek olan 1, en düşük olan 5 arasında derecelendirmiştir. SL: 15-15 ve zımpara sonrası kalınlığı 17,7 mm olan örneğin yüzeyinin tüm alanında küçük ve birbirinden ayrı lekeler (porozite derecesi: 3) tespit edilmiştir. Diğer örneklerin ise porozite dereceleri 4-5 arasında değiştiği belirlenmiştir (Şekil 4.17).

Tablo 4.9: Kurşun kalem ile yapılan porozite analiz sonuçları

Örnek	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12
Porozite	5	4	3	4	5	5	4	5	4	5	4	4



Şekil 4.17: Porozite sonuçları diyagramı

İstek ve Özlüsoylu (2021) laminasyon işleminde sıcaklık ve süre değişiminin MDF özelliklerine etkisini incelemiş ve porozitenin 205 °C ve 18 s, 20 s şartlarında 3 seviyesinde, diğer şartlarda ise 4 seviyesinde olduğunu belirlemişlerdir. Bizim çalışmamızda ise tüm levhaların üretiminde aynı sıcaklık ve basınç kullanılmıştır. Levhaların SL miktarları, yoğunlukları ve zımpara sonrası kalınlıklarının laminasyon sonrasında anlamlı bir farklılık oluşturmadığı görülmüştür. Bu durum şu şekilde açıklanabilir 520 kg/m³ yoğunluktaki levhalarda %14-14, %15-15 ve %16-16 arasında doğrusal bir değişim gözlemlenmemiştir. Porozite önce azalmış sonrasında artmıştır. Bu sonuç SL miktarındaki değişimle açıklanamaz. Benzer şekilde porozite 560 kg/m³ yoğunluktaki levhalarda, özellikle %16-16 olan levhalarda daha düşük çıkmıştır. Başka bir çalışmada Gündüz ve Masraf (2005) yonga levha üretiminde pres süresinin uzadıkça ve pres basıncı arttıkça levha yüzeylerindeki porozitenin azaldığını ve bunun iyi bir sonuç olduğunu bildirmişlerdir.

4.3.6 Asit Dayanımı

Örnekler arasında en fazla farklılık asit lekesine mukavemette olmuştur. 520 kg/m³ yoğunluktaki örneklerde SL:15-15 ve zımpara sonrası kalınlığı 17,8 mm olan örnek haricinde örneklerin yüzeyinde 3. dereceden asit zararı tespit edilmiştir (Tablo 4.10). SL: 15-15 ve zımpara sonrası 17,8 mm kalınlıktaki örneğin ise asit dayanım derecesi 4. derece olarak kaydedilmiştir. 560 kg/m³ yoğunluktaki örneklerin asit dayanım dereceleri incelendiğinde ise 520 kg/m³ yoğunluktakilere göre daha fazla dayanıklı oldukları belirlenmiştir. SL oranları bakımından asit dayanımları incelendiğinde örnekler arasında anlamlı bir farklılık belirlenmemiştir. Zımpara sonrası kalınlıklara göre örneklerin asit dayanım dereceleri incelendiğinde 18 mm kalınlıktaki örneklerin asit zararına karşı daha dayanıklı olduğu belirlenmiştir. Bu durumda, zımpara sonrası kalınlıkların levhaların üst yüzey kalitesini etkileyen en önemli faktörlerden birisi olduğu söylenebilir.

Tablo 4.10: Asit dayanımı derecelendirme sonuçları

Örnek	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12
Asit	3	3	4	3	3	3	4	3	4	3	3	4

Levha yüzeylerinin üst yüzey işlemleri için hazırlanması aşamasında yüzeylerin yoğunluklarının yüksek olması, yüzeyin dekor kağıdı ile kaplanması işleminde levha kalitesini artırdığı düşünüldüğünde zımpara toleransının minimuma indirilmesi gerektiği sonucu çıkarılabilir.

4.4. Çok Kriterli Karar Verme Analizi

Farklı yoğunluklarda, yüzey tabaka oranında ve zımpara payında üretilen yonga levha örnekleri arasında en iyi levhanın belirlenmesi için çok kriterli karar verme yönteminden faydalanılmıştır.

4.4.1 Entropi Ağırlıklarının Belirlenmesi

Farklı ölçü birimlerinin bir arada kullanılmasına olanak tanımak maksadıyla, başlangıç karar matrisindeki tüm elemanlar standartlaştırılarak normalize edilmiştir (Tablo 4.11).

Tablo 4.11: Normalize veriler

	Eğil- me	Elas- tikiyet	Yüz- eye Dik çekme	Yüzey Sağ- lam- lığı	Vida Tutma (yüzey)	Vida Tutma (kenar)	Rutu- bet	Kalınlı- ğına Şişme 2 saat	Kalınlı- ğına Şişme 24 saat	Su Alma 2 saat	Su Alma 24 saat	Yoğun- luk	ΔL	Δa	Δb	ΔG	Aşın- ma	Çay leke	Su leke	Asit leke	Kur- Şun Kalem leke
L1-ort	0,067	0,078	0,085	0,070	0,076	0,046	0,072	0,152	0,085	0,115	0,095	0,080	0,085	0,083	0,085	0,084	0,083	0,074	0,086	0,075	0,096
L2-ort	0,078	0,085	0,086	0,074	0,082	0,084	0,068	0,102	0,081	0,099	0,086	0,081	0,086	0,084	0,091	0,082	0,089	0,074	0,086	0,075	0,077
L3-ort	0,068	0,074	0,077	0,068	0,076	0,083	0,088	0,069	0,078	0,075	0,081	0,080	0,088	0,076	0,094	0,080	0,082	0,074	0,086	0,100	0,058
L4-ort	0,074	0,079	0,081	0,068	0,082	0,090	0,081	0,052	0,078	0,068	0,080	0,081	0,084	0,090	0,083	0,081	0,084	0,074	0,086	0,075	0,077
L5-ort	0,068	0,073	0,078	0,063	0,077	0,087	0,086	0,059	0,074	0,084	0,086	0,079	0,087	0,077	0,085	0,082	0,080	0,074	0,086	0,075	0,096
L6-ort	0,074	0,075	0,093	0,078	0,073	0,079	0,093	0,046	0,078	0,087	0,085	0,081	0,082	0,089	0,081	0,086	0,087	0,074	0,086	0,075	0,096
L7-ort	0,096	0,088	0,078	0,100	0,091	0,102	0,082	0,109	0,092	0,095	0,088	0,086	0,085	0,085	0,080	0,083	0,080	0,093	0,086	0,100	0,077
L8-ort	0,103	0,092	0,084	0,101	0,083	0,075	0,078	0,115	0,094	0,096	0,088	0,087	0,082	0,089	0,078	0,085	0,087	0,093	0,086	0,075	0,096
L9-ort	0,089	0,086	0,084	0,095	0,084	0,058	0,080	0,058	0,081	0,065	0,076	0,086	0,078	0,081	0,080	0,082	0,079	0,093	0,086	0,100	0,077
L10-ort	0,091	0,089	0,078	0,089	0,087	0,103	0,090	0,078	0,085	0,071	0,080	0,085	0,084	0,083	0,082	0,086	0,085	0,093	0,069	0,075	0,096
L11-ort	0,090	0,088	0,090	0,098	0,095	0,096	0,091	0,080	0,086	0,072	0,078	0,087	0,081	0,085	0,081	0,085	0,082	0,093	0,069	0,075	0,077
L12-ort	0,100	0,092	0,085	0,098	0,095	0,096	0,091	0,080	0,086	0,072	0,078	0,087	0,078	0,077	0,081	0,083	0,083	0,093	0,086	0,100	0,077

Veriler normalize edildikten sonra eşitlikler kullanılarak entropi ağırlık değerleri belirlenmiştir (Tablo 4.12).

Tablo 4.12: Kriter ağırlıklarının belirlenmesi

r_{ij}/ln_{ij}																					
L1-ort	-0,181	-0,198	-0,209	-0,185	-0,196	-0,142	-0,190	-0,286	-0,210	-0,249	-0,223	-0,202	-0,210	-0,207	-0,209	-0,209	-0,207	-0,193	-0,211	-0,194	-0,225
L2-ort	-0,199	-0,210	-0,211	-0,192	-0,205	-0,208	-0,183	-0,233	-0,204	-0,229	-0,210	-0,204	-0,212	-0,208	-0,218	-0,204	-0,215	-0,193	-0,211	-0,194	-0,197
L3-ort	-0,183	-0,193	-0,198	-0,182	-0,196	-0,207	-0,214	-0,184	-0,200	-0,195	-0,204	-0,202	-0,214	-0,195	-0,222	-0,203	-0,205	-0,193	-0,211	-0,230	-0,165
L4-ort	-0,193	-0,201	-0,204	-0,183	-0,205	-0,217	-0,204	-0,154	-0,200	-0,183	-0,202	-0,204	-0,207	-0,217	-0,206	-0,204	-0,207	-0,193	-0,211	-0,194	-0,197
L5-ort	-0,182	-0,192	-0,199	-0,174	-0,198	-0,212	-0,211	-0,166	-0,193	-0,208	-0,210	-0,201	-0,213	-0,198	-0,209	-0,205	-0,201	-0,193	-0,211	-0,194	-0,225
L6-ort	-0,193	-0,195	-0,221	-0,199	-0,191	-0,200	-0,221	-0,141	-0,199	-0,212	-0,209	-0,204	-0,205	-0,215	-0,204	-0,211	-0,212	-0,193	-0,211	-0,194	-0,225
L7-ort	-0,225	-0,214	-0,200	-0,230	-0,218	-0,233	-0,206	-0,241	-0,219	-0,223	-0,214	-0,210	-0,210	-0,210	-0,202	-0,207	-0,202	-0,220	-0,211	-0,230	-0,197
L8-ort	-0,234	-0,220	-0,208	-0,232	-0,206	-0,195	-0,199	-0,248	-0,223	-0,226	-0,215	-0,212	-0,205	-0,215	-0,199	-0,210	-0,213	-0,220	-0,211	-0,194	-0,225
L9-ort	-0,216	-0,211	-0,209	-0,223	-0,207	-0,165	-0,202	-0,166	-0,204	-0,178	-0,196	-0,212	-0,199	-0,203	-0,202	-0,204	-0,200	-0,220	-0,211	-0,230	-0,197
L10-ort	-0,219	-0,215	-0,200	-0,215	-0,213	-0,234	-0,216	-0,200	-0,210	-0,188	-0,201	-0,209	-0,207	-0,207	-0,206	-0,211	-0,209	-0,220	-0,184	-0,194	-0,225
L11-ort	-0,217	-0,214	-0,217	-0,227	-0,224	-0,225	-0,218	-0,202	-0,210	-0,190	-0,199	-0,212	-0,204	-0,210	-0,204	-0,210	-0,205	-0,220	-0,184	-0,194	-0,197
L12-ort	-0,231	-0,220	-0,209	-0,227	-0,224	-0,225	-0,218	-0,202	-0,210	-0,190	-0,199	-0,212	-0,200	-0,198	-0,204	-0,207	-0,207	-0,220	-0,211	-0,230	-0,197
Toplam	-2,473	-2,482	-2,483	-2,470	-2,481	-2,464	-2,481	-2,425	-2,483	-2,470	-2,483	-2,484	-2,484	-2,483	-2,484	-2,485	-2,484	-2,479	-2,482	-2,475	-2,474
$E_{ij}(K=0. 0,402)$																					
E_{ij}	0,995	0,999	0,999	0,994	0,999	0,991	0,998	0,976	0,999	0,994	0,999	1,000	1,000	0,999	0,999	1,000	1,000	0,998	0,999	0,996	0,996
Dij																					
d_{ij}	0,005	0,001	0,001	0,006	0,001	0,009	0,002	0,024	0,001	0,006	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,002	0,001	0,004	0,004
Ağırlık değerleri																					
w	0,066	0,019	0,009	0,083	0,020	0,121	0,024	0,346	0,013	0,088	0,011	0,004	0,004	0,009	0,008	0,002	0,004	0,036	0,018	0,056	0,061

4.4.2 Gri İlişkisel Analiz

Kriter ağırlıkları belirlendikten sonra gri ilişkisel analiz yöntemiyle en uygun alternatif belirlenmiştir. İlk olarak veriler yöntem kısmında verilen Eşitlik 13 ve 14 kullanılarak normalize edilmiştir (Tablo 4.13).

Tablo 4.13: Normalize edilmiş veriler

Eğil- me	Elas- tikiyet	Yüze- ye Dik çekme	Yüzey Sağ- lam- lığı	Vida Tutma (yüzey)	Vida Tutma (kenar)	Rutu- bet	Kalınlı- ğına Şişme 2 saat	Kalınlı- ğına Şişme 24 saat	Su Alma 2 saat	Su Alma 24 saat	Yoğun- luk	ΔL	Δa	Δb	ΔG	Aşın- ma	Çay leke	Su leke	Asit leke	Kur- Şun Kalem leke
0,000	0,221	0,476	0,172	0,124	0,000	0,836	0,000	0,464	0,000	0,000	0,962	0,286	0,471	0,583	0,303	0,481	0,000	1,000	0,000	1,000
0,298	0,624	0,571	0,275	0,386	0,673	1,000	0,466	0,658	0,315	0,483	0,797	0,143	0,412	0,194	0,808	1,000	0,000	1,000	0,000	0,500
0,028	0,030	0,000	0,119	0,124	0,652	0,205	0,784	0,804	0,797	0,702	0,954	0,000	1,000	0,000	1,000	0,310	0,000	1,000	1,000	0,000
0,202	0,295	0,238	0,129	0,387	0,783	0,483	0,939	0,797	0,934	0,768	0,741	0,429	0,000	0,694	0,909	0,490	0,000	1,000	0,000	0,500
0,019	0,000	0,048	0,000	0,194	0,719	0,295	0,878	1,000	0,628	0,477	1,000	0,048	0,882	0,583	0,707	0,090	0,000	1,000	0,000	1,000
0,205	0,107	1,000	0,391	0,000	0,574	0,000	1,000	0,819	0,567	0,536	0,797	0,619	0,118	0,806	0,000	0,838	0,000	1,000	0,000	1,000
0,807	0,778	0,071	0,964	0,805	0,998	0,428	0,408	0,121	0,409	0,364	0,179	0,286	0,353	0,861	0,505	0,162	1,000	1,000	1,000	0,500
1,000	0,999	0,429	1,000	0,437	0,515	0,596	0,349	0,000	0,373	0,324	0,000	0,619	0,118	1,000	0,202	0,867	1,000	1,000	0,000	1,000
0,622	0,670	0,452	0,821	0,477	0,210	0,514	0,881	0,653	1,000	1,000	0,077	1,000	0,647	0,861	0,808	0,000	1,000	1,000	1,000	0,500
0,677	0,830	0,071	0,679	0,637	1,000	0,140	0,693	0,457	0,878	0,801	0,297	0,429	0,471	0,722	0,000	0,638	1,000	0,000	0,000	1,000
0,639	0,785	0,833	0,901	1,000	0,889	0,096	0,677	0,440	0,857	0,874	0,005	0,667	0,353	0,806	0,202	0,300	1,000	0,000	0,000	0,500
0,921	1,000	0,476	0,901	1,000	0,889	0,098	0,677	0,440	0,857	0,874	0,018	0,952	0,882	0,806	0,505	0,481	1,000	1,000	1,000	0,500

Tablo 4.14: Gri ilişki katsayıları ve alternatiflerin sıralanması

Gri İlişki Katsayıları																						Gri ilişki derecesi	SIRA
weights	0,066	0,019	0,009	0,083	0,020	0,121	0,024	0,346	0,013	0,088	0,011	0,004	0,004	0,009	0,008	0,002	0,004	0,036	0,018	0,056	0,061		
	Eğil- Me Direnci	Elastikiyet	Çekme- Direnci	Yüzey Sağ- Lam- lılığı	Yüzey vida	Kenar vida	Rutu- bet	k. şiş- me 2 saat	k. şiş- me 24 saat	Su Alma 2 saat	Su Alma 24 saat	Yoğun- luk	ΔL	Δa	Δb	ΔG	Aşınma	Çay	Su	Asit	Kalem		
L1-ort	0,333	0,391	0,488	0,377	0,363	0,333	0,754	0,333	0,482	0,333	0,333	0,929	0,412	0,486	0,545	0,418	0,491	0,333	1,000	0,333	1,000	0,411	12
L2-ort	0,416	0,571	0,538	0,408	0,449	0,604	1,000	0,483	0,594	0,422	0,492	0,712	0,368	0,459	0,383	0,723	1,000	0,333	1,000	0,333	0,500	0,495	11
L3-ort	0,340	0,340	0,333	0,362	0,363	0,589	0,386	0,699	0,719	0,711	0,627	0,915	0,333	1,000	0,333	1,000	0,420	0,333	1,000	1,000	0,333	0,595	10
L4-ort	0,385	0,415	0,396	0,365	0,449	0,697	0,492	0,891	0,711	0,883	0,683	0,659	0,467	0,333	0,621	0,846	0,495	0,333	1,000	0,333	0,500	0,669	5
L5-ort	0,338	0,333	0,344	0,333	0,383	0,640	0,415	0,804	1,000	0,573	0,489	1,000	0,344	0,810	0,545	0,631	0,355	0,333	1,000	0,333	1,000	0,630	8
L6-ort	0,386	0,359	1,000	0,451	0,333	0,540	0,333	1,000	0,735	0,536	0,519	0,712	0,568	0,362	0,720	0,333	0,755	0,333	1,000	0,333	1,000	0,694	3
L7-ort	0,722	0,693	0,350	0,932	0,720	0,996	0,466	0,458	0,363	0,458	0,440	0,379	0,412	0,436	0,783	0,503	0,374	1,000	1,000	1,000	0,500	0,651	7
L8-ort	1,000	0,998	0,467	1,000	0,471	0,507	0,553	0,435	0,333	0,444	0,425	0,333	0,568	0,362	1,000	0,385	0,789	1,000	1,000	0,333	1,000	0,606	9
L9-ort	0,570	0,603	0,477	0,737	0,489	0,388	0,507	0,807	0,590	1,000	1,000	0,351	1,000	0,586	0,783	0,723	0,333	1,000	1,000	1,000	0,500	0,728	2
L10-ort	0,608	0,746	0,350	0,609	0,580	1,000	0,368	0,619	0,479	0,804	0,716	0,416	0,467	0,486	0,643	0,333	0,580	1,000	0,333	0,333	1,000	0,685	4
L11-ort	0,581	0,700	0,750	0,834	1,000	0,818	0,356	0,607	0,472	0,778	0,799	0,334	0,600	0,436	0,720	0,385	0,417	1,000	0,333	0,333	0,500	0,655	6
L12-ort	0,864	1,000	0,488	0,834	1,000	0,818	0,357	0,608	0,472	0,778	0,799	0,337	0,913	0,810	0,720	0,503	0,491	1,000	1,000	1,000	0,500	0,731	1

Veriler normalize edildikten sonra yöntem kısmında verilmiş olan Eşitlik 16 ve 17 yardımıyla öncelikle referans sayısı ile sıra değerleri arasındaki fark alınarak Gri İlişki Katsayı farklılıkları hesaplanmıştır ve hesaplanan değerler bu değerler kullanılarak her bir kriter ve alternatif için Gri İlişki Katsayıları hesaplanmıştır. Son olarak entropi yöntemiyle belirlenen ağırlık değerleri eşitlik 18 kullanılarak Gri İlişki Derecesi hesaplanmış ve alternatiflerin önem sıralaması yapılmıştır (Tablo 4.14). Buna göre en iyi alternatif 0,731 ilişki derecesi ile “L12” olarak belirlenmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada iki farklı ($520 - 560 \text{ kg/m}^3$) yoğunlukta, üç farklı yüzey tabaka (%14-14, %15-15 ve %16-16) oranı kullanılarak yonga levha üretilmiştir. Levhalar iki farklı zımpara sonrası (17,8 mm ve 18,0 mm) kalınlığa zımparalanmış ve analizler gerçekleştirilmiştir. Zımpara sonrasında ham levha örneklerine fiziksel ve mekanik analizler gerçekleştirilmiştir. Levha yüzeyleri dekor kağıdı ile melamin preste kaplandıktan sonra levhaların yüzey analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- Çalışma kapsamında, yüzeyde kullanılan yonga miktarının artması ile levha rutubetleri de artış göstermiştir. Zımpara işleminde 17,8 mm'ye zımparalan levhaların rutubetleri 18 mm'ye zımparalananlardan yüksektir. 560 kg/m^3 yoğunluktaki levhalarda da yüzey tabaka yonga miktarı arttıkça rutubet miktarlarında artmıştır. Yüzeyde % 14 yonga kullanılan levhada 17,8 mm'ye zımparalan 18 mm'ye zımparalanmıştan daha rutubetlidir. Bu durumda şu sonuca varılabilir zımpara toleransı ve yüzey tabaka miktarı arttıkça levha rutubetleri de artmaktadır. Benzer bir çalışmada Akkılıç (2004) kaplanmamış yonga levha rutubetini % 8,18 ve melamin kaplanmış yonga levhanın rutubetini % 8,19 bulmuştur. Levha rutubetlerinde önemli olan faktörlerden birisi de kullanılan sertleştirici miktarıdır. Fazla kullanılması durumunda levha rutubetleri aşırı düşmektedir. Nitekim bir çalışmada Kelleci vd. (2022) yonga levha üretiminde normal miktarın üzerinde sertleştirici (AS) kullanmış ve levha rutubetlerini % 2,5-3,5 arasında bulmuştur. Bu durumda levhaların kalınlığına şişme ve su alma miktarları da normalin üzerinde çıkmaktadır. Bu durumun önlenmesi için kullanılan sertleştirici miktarının mümkün olduğunca az kullanılmasını önermekteyiz.
- Yüzeyde kullanılan yonga miktarı arttıkça kalınlığına şişme miktarı azalmıştır. 520 kg/m^3 yoğunluktaki levhaların yüzey tabaka miktarı arttıkça kalınlığına şişme miktarı azalmıştır. Aynı durum 560 kg/m^3 yoğunluktaki levhalar için geçerli değildir. 560 kg/m^3 yoğunluktaki levhalarda SL miktarı % 14'ten % 15'e çıkarıldığında kalınlığına şişme miktarı azalmış fakat % 16'ya çıkarıldığında artmıştır. Zımpara kalınlıklarına göre levhaların kalınlığına şişme miktarları incelendiğinde genel olarak levha kalınlığı 18

mm'ye zımparalandığında 17,8 mm'ye göre kalınlığına şişme miktarları azalmıştır. Buna SL tabakasının daha yoğun ve daha fazla tutkal içermesi neden olmuştur. Orta tabakaya göre daha yoğun ve daha fazla tutkal içeren SL tabakasının 18 mm'den 17 mm'ye zımparalanması levhanın kalınlığına şişme miktarını artırmıştır. 560 kg/m^3 yoğunlukta üretilen levhalarda zımpara kalınlıkları 18 mm'den 17,8 mm'ye düşürüldüğünde SL: 14-14 ve SL: 15-15 olan levhalarda kalınlığına şişme miktarları azalmıştır. Yonga levhalarda kalınlığa şişme miktarının mümkün olduğunca düşük olması istenir. TS EN 317' e göre ise en fazla % 8 olması istenir. Çalışmamızda yüzeyde kullanılan yonga miktarı ve zımpara kalınlıklarının levhanın kalınlığına şişme miktarını etkilediği sonucuna varılmış ve optimum yüzey tabaka ve zımpara kalınlığının tespit edilebilmesi için önemli bilgiler elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yüzey tabaka miktarının % 15-15'ten aşağı düşürülmemesini önermekteyiz. Zımpara sonrası levha kalınlıklarının da 18 mm'nin altına düşürülmemesi önerilmektedir. Benzer sonuçlar Nemli (2003) tarafından da elde edilmiştir. Yüzey tabaka miktarını %15-15'ten % 22,5-22,5'a artığında levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerin iyileştiğini rapor etmişlerdir. Fakat yüzey tabaka miktarının artırılmasının olumsuz yanlarından birisi tutkal sarfiyatını artırmasıdır. Bu sebeple çalışmamızda elde edildiği üzere yüzey tabaka miktarının %15-15 olması levha fiziksel ve mekanik özelliklerinin optimum değerde olmasını sağlayacaktır.

- SL miktarına göre levhaların su alma miktarları 520 kg/m^3 yoğunlukta levhalarda SL:14-14'ten SL:15-15'e azalmış SL:15-15'ten SL: 16-16'ya doğru ise artmıştır. 520 kg/m^3 yoğunlukta üretilen levhaların zımpara sonrası su alma miktarları yalnızca SL:14-14 örneğinde kalınlık azaldıkça artmıştır. SL:15-15 ve SL:16-16 örneklerinde önemli bir değişim tespit edilmemiştir. Zımparalama işlemi genel olarak levha kalınlığını eşit hale getirmek, yüzey işlemleri için hazırlık, yüzeydeki ölü tabakanın uzaklaştırılmasıdır. Bu işlem yapılırken optimum zımpara toleransı belirlenmelidir çünkü zımparalama işlemi sırasında yoğun olan üst tabaka uzaklaştırılmaktadır. Bu ise levha yoğunluklarında değişime sebep olurken su alma gibi fiziksel özelliklerin de olumsuz etkilenmesine neden olur (İstek vd., 2017; Nemli vd., 2005). Çalışmamızda zımpara sonrası kalınlıklar ve yüzey tabaka oranları yonga levha sektöründe önemli bir konu

olan zımpara işlemi konusunda işletmeleri yönlendirebilecektir. Bu sayede yonga levha üreticileri optimum zımpara toleranslarını belirleyebileceklerdir.

- 520 kg/m³ ve 560 kg/m³ yoğunluktaki örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir. Fakat gruplar içerisinde SL miktarlarındaki değişim ve zımpara sonrası levha kalınlıkları levhanın yoğunluklarında anlamlı bir farklılığa neden olmamıştır. Yalnız levhaların yüzey yoğunluklarında değişimlere neden olmuştur. Benzer sonuçlar farklı araştırmacılar tarafından da tespit edilmiştir (İstek vd., 2017; İstek vd., 2017; Korkmaz, 2020; Nemli vd., 2005).
- Örneklerin renk analizi sonuçları istatistiksel olarak incelendiğinde 520 kg/m³ yoğunluktaki örnekler arasında 3. ve 5. örnekler haricinde tüm örneklerin farklı renk gruplarında olduğu belirlenmiştir. Buna göre SL miktarlarının ve zımpara kalınlıklarının yüzeyi dekor kağıdı ile kaplanan yonga levhaların renklerinde farklılığa neden olduğu sonucuna varılabilir. İstek vd. (2010) dekor kağıtları ile kaplanmış yonga levha yüzeyleri üzerine yaptıkları araştırmada emprenye işleminde kullanılan reçine ve dekor kağıdı tipinin yüzey kalitesini doğrudan etkilediği, yüzeyde renk değişimlerine neden olduğu sonucuna varmıştır. Bu bakımdan levhadan kaynaklanan renk değişimlerinin sadece yüzey tabaka miktarı ve zımpara toleransı ile açıklanması uygun olmayacaktır. Bu sebeple dekor kağıdı ve reçine tipinin de dahil edildiği bir çalışma ile renk değişimleri üzerine etkinin incelenmesi gerekir.
- Levha yoğunluğu 520 kg/m³'ten 560 kg/m³'e çıkarıldığında eğilme direncinde % 32 artma olmuştur. Eğilme direnci arttıkça elastikiyet modülü de aynı oranda artmıştır. SL miktarı arttıkça örneklerin eğilme dirençlerinde önemli bir farklılık olmamıştır. Zımpara sonrası kalınlık farklılıkları eğilme direncini önemli oranda etkilemiştir. SL: 14-14 örneklerinde eğilme direnci 17,8 mm'ye zımparalanan örneklerde 6,7 N/mm² iken 18 mm'de 7,8 N/mm² olarak ölçülmüştür. 0,2 mm kalınlık farkı levhanın eğilme direncinde yaklaşık % 16 farka sebep olmuştur. Benzer sonuçlar farklı araştırmacılar tarafından da elde edilmiştir (İstek vd., 2017; Korkmaz, 2020; Nemli vd., 2007).

- Zımpara sonrası levha kalınlıkları yüzeye dik çekme direncinde anlamlı farklılıklara neden olmamıştır. 520 kg/m³ ile 560 kg/m³ yoğunluktaki örneklerin yüzeye dik çekme miktarları arasında önemli farklılıklar meydana gelmemiştir. Örnekler arasında % 7,5'lik bir yoğunluk farkı olmasına rağmen yüzeye dik çekme direncinde farklılık olmamıştır. Fakat 520 kg/m³ yoğunluktaki örneklerde yoğunluk dalgalanmalarının daha fazla olduğu ve buna bağlı standart sapmanın yüksek olduğu belirlenmiştir. Yüzeye dik çekme direnci levhaların orta tabakasında kullanılan tutkal tipi, miktarı ve sertleştirici oranına bağlıdır (İstek vd., 2018). Bu sebeple yüzey tabaka miktarının ve zımpara sonrası kalınlıkların yerine levha yoğunluklarının yüzeye dik yapışma dirençlerini etkilediğini söyleyebiliriz. Nitekim çalışmamızda da bu şekilde bir sonuç elde edilmiştir.
- Levhaların yoğunluklarına göre, SL oranlarına göre ve zımpara sonrası kalınlıklarına göre yüzey sağlamlıkları incelendiğinde 520 kg/m³ yoğunluktan 560 kg/m³ yoğunluğa çıkıldığında örneklerin yüzey sağlamlıklarında % 38'lik bir artış olduğu kaydedilmiştir. Benzer artış eğilme dirençlerinde de kaydedilmiştir. SL oranlarındaki değişim ise örneklerin yüzey sağlamlıklarında önemli değişikliklere neden olmamıştır. Bu beklenen bir durum değildir. Halbuki yüzey tabaka miktarı arttıkça yüzey yoğunluklarının artması ve yüzey sağlamlığının artması beklenir (İstek vd., 2017; Kelleci, 2013). Fakat çalışmamızda beklenenden çok daha az değişiklikler kaydedilmiştir. SL: 14-14'ten SL: 15-15'e örneklerin yüzey sağlamlıklarında % 1-2 düşüş, SL: 15-15'ten SL: 16-16'ya ise yüzey sağlamlığında % 1-2 artış kaydedilmiştir.
- Vida tutma dirençleri incelendiğinde yoğunluğun 520 kg/m³'ten 560 kg/m³'e artması yüzey vida tutma direncinde % 15'lik, kenar vida tutma direncinde ise % 13 artışa neden olmuştur. Yoğunlukların artması ile vida tutma dirençlerinin artması beklenen bir durumdur (Çamlıbel, 2021; Nemli vd., 2004). Artan yonga miktarı ve buna bağlı olarak artan tutkal miktarı vida tutma direncini artırmıştır. Yoğunlukta % 7,5'luk düşüş vida tutma direncinde yaklaşık % 13-15 azalışa neden olmuştur. Odun hammaddesi ve tutkal sarfiyatı maliyetlerinden tasarruf edilmek istendiğinde, TSE standartlarını karşılamak kaydıyla, bu düşüş göz ardı edilebilir. Levhaların vida tutma dirençlerini artırmak için orta tabakada kullanılan tutkal ve yonga geometrisi iyi düşünülmelidir. Tutkal

miktarının artırılması vida tutma direncini artırır fakat maliyetleri de artırır. Bu sebeple tutkal miktarından ziyade tutkallama metotlarının ve yonga geometrilerinin gözden geçirilerek vida tutma dirençlerinin artırılmasını öneririz. Benzer tavsiye Köksal ve Kelleci (2020) ve Kelleci vd. (2022), tarafından da yapılmıştır.

- Örneklerin aşınma değerleri 200-240 devir arasındadır. En yüksek aşınma dayanımı zımpara sonrası kalınlığı 18 mm olan L2, L4, L6, L8, L10 ve L12 örnekleridir. Bu durumda zımpara ile levha kalınlığının azaltılması yüzeydeki yoğunluğu yüksek, sert tabakanın uzaklaştırılmasına neden olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumun ise levhaların yüzey aşınma dirençlerini azalttığı söylenebilir. Aşınma analizi sonuçları yoğunluklara göre değerlendirildiğinde, levha yoğunluklarının aşınma dirençlerinde önemli bir değişime neden olmadığı söylenebilir. SL miktarları arttıkça aşınma dirençlerinin artması beklenir fakat bu çalışmada böyle olmamıştır. SL miktarından çok zımpara sonrası kalınlıklar aşınma dirençlerinde önemli farklılıklar oluşturmuştur. Bu bakımdan zımpara sonrası kalınlıkların 18 mm'nin altına düşürülmemesi önerilir. Sıcak pres kalınlık toleransının (zımpara payının) mümkün olduğunca düşük olmasını önermekteyiz. Zımpara payı ne kadar düşük bırakılırsa levha yüzeyi o kadar yüksek olacaktır bu sayede melamin preste kalite problemi yaşanmayacaktır (A. Aydın ve Nemli, 2023).
- Tüm örnekler çizilmeye karşı aynı mukavemet değerine sahipti. Aseton ve kahve örnek yüzeyinde leke oluşturmamıştır. Levha yüzeyinde herhangi bir gözle görülür değişim olmamıştır. Üzerine çay dökülen 520 kg/m³ yoğunluktaki levhalara belirli bir açıdan bakıldığında parlaklık ve renginde hafif değişim oluşmuştur. Aynı değişim 560 kg/m³ yoğunluktaki örneklerde tespit edilmemiştir. Çay, kahve ve aseton lekelenmesine karşı mukavemette SL miktarının ve zımpara sonrası kalınlıkların herhangi bir etkisi olmadığı söylenebilir. Farklı yüzey kaplamaları ve farklı kaplama yöntemleri levhaların leke tutma direncini etkilemektedir. Yüzey yoğunluğu en yüksek olan levha çeşitlerinin yüzeyleri daha dayanıklı olmaktadır (Nemli ve Kalaycıoğlu, 2006). Bu sebeple yonga levha üretiminde yüzey yoğunluklarının mümkün olduğunca yüksek (SL >1000 kg/m³) tutulmasını önermekteyiz.

- Saf su lekesi sadece 560 kg/m³ yoğunluktaki SL: 15-15 ve SL: 16-16 örneklerinde oluşmuştur. Bu durum, örnekler belirli bir açıdan bakıldığında parlaklık ve renginde hafif değişim olduğu için örnekler arasında önemli bir farklılığa neden olmamıştır. Örneklerin sigara ateşine mukavemet dereceleri aynıdır. Örnek yüzeylerinde koyu kahverengi leke mevcut fakat yüzey yapısında bozulma yoktur. Bu örneklerin TS 4756 standardını sağladığını göstermektedir. Örnek yüzeylerinin porozite değerleri 520 kg/m³ yoğunluktaki örneklerde daha fazladır. SL: 15-15 ve zımpara sonrası kalınlığı 17,7 mm olan örneğin yüzeyinin tüm alanında küçük ve birbirinden ayrı lekeler (porozite derecesi: 3) oluşmuştur. Diğer örneklerin ise porozite dereceleri 4-5 arasında değişmiştir. Örnekler arasında en fazla farklılık asit lekesine mukavemette olmuştur. 520 kg/m³ yoğunluktaki örneklerde SL:15-15 ve zımpara sonrası kalınlığı 17,8 mm olan örnek haricinde örneklerin yüzeyinde 3. dereceden asit zararı meydana gelmiştir. SL: 15-15 ve zımpara sonrası 17,8 mm kalınlıktaki örneğin ise asit dayanım derecesi 4. derece olarak kaydedilmiştir. 560 kg/m³ yoğunluktaki örneklerin asit dayanım dereceleri 520 kg/m³ yoğunluktakilere göre daha fazladır. SL oranları bakımından asit dayanımları arasında anlamlı bir farklılık yoktur. Zımpara sonrası kalınlıklara göre örneklerin asit dayanım dereceleri incelendiğinde 18 mm kalınlıktaki örneklerin asit zararına karşı daha dayanıklı olduğu sonucuna varılmıştır. Bu durumda, zımpara sonrası kalınlıkların levhaların üst yüzey kalitesini etkileyen en önemli faktörlerden birisi olduğu söylenebilir. Tüm örnekler yonga levha P2 standardının leke tutma mukavemetini sağlamaktadır. Fakat direnç özellikleri bakımından P1 standardındadır. Bu durumda orta tabakada kullanılan tutkalın yapışma gücü artırıldığında düşük yoğunluklu (520-560 kg/m³) yonga levha üretilebilmesi mümkündür.
- Tüm sonuçlar ışığında en iyi örnek seçimi çok kriterli karar verme yöntemi ile yapılmıştır. Farklı örnek gruplarının olduğu ve fiziksel mekanik ve morfolojik analizlerin yapıldığı çalışmalarda en iyi örneğin belirlenmesi oldukça zordur. Bunun için mutlaka bazı yöntemlerin kullanılmasını önerilmektedir (Kelleci vd., 2022; Koçak, 2014). Çalışmamızda 2 x 3 x 2 örnek grubu bulunmaktadır. Bu örnek grupları arasında en iyi örneğin L12 olduğu sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Akbulut, T. ve Ayrılmış, N. (2024). *Yongalevha Endüstrisi*. İstanbul Üniversitesi–Cerrahpaşa Yayınevi. <https://doi.org/10.5152/4500>
- Akkılıç, H. (2004). Farklı yüzey malzemeleri ile kaplanan yonga levhaların teknolojik özellikleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 54(2), 109-126.
- Aydın, A. ve Nemli, G. (2023). Yongalevha endüstrisinde zımparalama sorunlarının ve çözüm önerilerinin belirlenmesine yönelik bir çalışma. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 19(2), 319-327. <https://doi.org/10.58816/duzceod.1394936>
- Aydın, U. (2016). *Yonga geometrisi ve taslak rutubet değişimlerinin yonga levha özelliklerine etkisi*, Yüksek Lisans Tezi. Bartın Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim dalı, Bartın, 110.
- Bardak, S., Sarı, B., Nemli, G., Kırıcı, H. ve Baharoğlu, M. (2011). The effect of decor paper properties and adhesive type on some properties of particleboard. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 31(6), 412-415. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2011.02.008>
- Borgin, K. (1958). Development of the particle board industry in Europe. *Journal of the South African Forestry Association*, 32(1), 56-71. <https://doi.org/10.1080/03759873.1958.9630878>
- Boruszewski, P., Borysiuk, P., Jankowska, A. ve Pazik, J. (2022). Low-Density Particleboards Modified with Blowing Agents—Characteristic and Properties. *Materials*, 15(13), 4528. <https://doi.org/10.3390/ma15134528>
- Bozkurt, A. ve Göker, Y. (1990). *Yonga levha Endüstrisi*. İstanbul Üniversitesi Yayın No: 3311, Orman Fakültesi Yayın No: 372, İstanbul, Türkiye.
- Bucher, C. (2012). Dating Twentieth-Century Buildings by Means of Construction Materials. *The Journal of Preservation Technology*, 43(2/3), 71-76.
- Cabbar, Ö. (2019). *Emprenyeli kağıt ile kaplanmış yonga levhaların antibakteriyel ve teknolojik karakteristikleri*. Yüksek lisans, Karadeniz Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- Chapman, K. M. (2006). Wood-based panels: particleboard, fibreboards and oriented strand board. *Primary Wood Processing* içinde (427-475). Netherland: Springer https://doi.org/10.1007/1-4020-4393-7_12
- Çamlıbel, O. (2021). Yonga levha üretiminde çok katlı sıcak pres parametrelerinin mekanik özelliklere etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 8(3), 800-807.

- Çolakoğlu, G., Kalaycıoğlu, H. ve Örs, Y. (1993). Kızılçam Kabuklarının Yonga Levha ve Kontrplak Üretiminde Değerlendirilmesi. *Uluslararası Kızılçam Sempozyumu Bildirileri*, 18-23 Ekim, Muğla, 700-711.
- DIN 5033. (2017). *Colorimetry - Part 1: Basic terms of colorimetry*. Deutsches Institut für Normung, Germany.
- Döngel, N., Küreli, İ. ve Söğütlü, C. (2015, Nisan 10). Ahşap ve Ahşap Esaslı Döşeme Kaplama Malzemelerinin Aşınma ve Çizilme Direnci ile Sigara Ateşine Dayanıklılıklarının Belirlenmesi . *UMK-2015 Ulusal Mobilya Kongresi*, 10-12 Nisan, Konya, 10-12.
- Ekizoğlu, A. (2009). *Orman Endüstri Politikası Ders Notları* (Basılmamış).
- FAOSTAT. (2024). *Food and Agriculture Organization of the United Nation* <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FO> (24.03.2024).
- Gümüş, N. (2021). Üre-formaldehit reçinesi kullanılarak üretilen yonga levhalara farklı alev geciktiricilerin etkilerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Polimer Bilim ve Teknolojisi Ana Bilim Dalı, Kocaeli, 116.
- Gündüz, G. ve Masraf, Y. (2005). Üç tabakalı yatık yongalı yongalevha üretiminde üretim şartlarının değiştirilmesinin levhaların mekanik ve fiziksel özellikleri üzerine etkisi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 7(8), 58-71.
- Himmelheber, M. (1936). *Pretreatment of moulding material for increasing resistance to swelling by humidity*. Patent, USA.
- Hiziroglu, S. ve Graham, M. (1998). Effect of press closing time and target thickness on surface roughness of particleboard. *Forest Products Journal*, 48(3), 50-54.
- Hiziroglu, S. ve Suchsland, O. (1993). Linear expansion and surface stability of particleboard. *Forest products journal*, 43(4), 31.
- İstek, A., Kurşun, C., Aydemir, D., Köksal, S.E. ve Kelleci, O. (2017). The effect of particle ratios of surface layers on particleboard properties. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(1), 182-186.
- İstek, A., Aydemir, D. ve Aksu, S. (2010). The effect of decor paper and resin type on the physical, mechanical, and surface quality properties of particleboards coated with impregnated decor papers. *BioResources*, 5(2), 1074-1083.
- İstek, A., Gözalan, M. ve Özlüsoylu, İ. (2017). Yonga levha özelliklerine yüzey kaplama veya boyama işlemlerinin etkisi. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 17(4), 619-629. <https://doi.org/10.17475/kastorman.180279>
- İstek, A., Kurşun, C., Aydemir, D. ve Kelleci, O. (2017). Yüzey Tabaka Yonga Oranının Yonga Levha Özelliklerine Etkisi The Effect of Particle Ratios of Surface Layers

- on Particleboard Properties. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 19(1), 182-186. <https://doi.org/10.24011/barofd.307497>
- İstek, A. ve Özlüsoylu, İ. (2021). Laminasyon İşleminde Sıcaklık ve Süre Değişiminin MDF Özelliklerine Etkisi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 23(3), 899-905. <https://doi.org/10.24011/barofd.1005593>
- İstek, A., Özlüsoylu, İ. ve Gozalan, M. (2017). *The effects of surface coating and painting process on particleboard properties*, 17(4), 619-629.
- İstek, A., Özlüsoylu, İ., Bakar, S. ve Öz, E. (2018). Tutkal çözeltisine üre ilavesinin formaldehit emisyonu ve levha özelliklerine etkisi. *II. Uluslararası Bilimsel ve Mesleki Çalışmalar Kongresi*, 28 Haziran - 08 Temmuz, Nevşehir, 824-830.
- İstek, A. ve Sıradağ, H. (2013). The effect of Density on Particleboard Properties. *ICFS, International Caucasion Forestry Symposium*, 24-26 Ekim, Artvin, 932-938.
- Kalaycıoğlu, H. (1997). OSB Levhaları (Yönlendirilmiş Yongalevhalar). *Faculty of Forestry, Spring term seminar serial*, 12-14 Kasım, Trabzon, 120-125.
- Kalaycıoğlu, H. ve Nemli, G. (1996). Yongalevhada laminasyon. *Mobilya Dekorasyon Dergisi*, 12, 30-47.
- Kalaycıoğlu, H. ve Özen, R. (2012). *Yonga levha Endüstrisi Ders Notları*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayın No: 89, Trabzon.
- Katlan, A. W. (1994). Early Wood-Fiber Panels: Masonite, Hardboard, and Lower-Density Boards. *Journal of the American Institute for Conservation*, 33(3), 301-306. <https://doi.org/10.1179/019713694806083005>
- Kawai, S. ve Sasaki, H. (1986). Production technology for low-density particleboard I-Forming a density gradient and its effect on board properties. *Mokuzai Gakkaishi, Journal of Japan Wood Research Society*, 32(5), 324-330.
- Kawai, S. ve Sasaki, H. (1993). Low-Density Particleboard. *Recent Research on Wood and Wood-Based Materials* içinde (33-41). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-1-4831-7821-9.50009-5>
- Kelleci, O. (2013). Silan ile modifiye edilen üreformaldehit kullanılarak üretilmiş yongalevhaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bartın, 100.
- Kelleci, O., Aydemir, D., Altuntas, E., Oztel, A., Kurt, R., Yorur, H. ve İstek, A. (2022). Thermoplastic composites of polypropylene/biopolymer blends and wood flour: Parameter optimization with fuzzy-grey relational analysis. *Polymers and Polymer Composites*, 30, 096739112211009. <https://doi.org/10.1177/09673911221100968>
- Kelleci, O., Koksall, S., Aydemir, D. ve Sancar, S. (2022). Eco-friendly particleboards with low formaldehyde emission and enhanced mechanical properties produced with

- foamed urea-formaldehyde resins. *Journal of Cleaner Production*, 379(2), 134785. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134785>
- Khan, Z.A., Siddiquee, A.N. ve Kamaruddin, S. (2012). Optimization of in-feed centreless cylindrical grinding process parameters using grey relational analysis. *Pertanika J. Sei. & Technol*, 20(2), 257-268.
- Koçak, D. (2014). Mobilya sektöründe en uygun tedarikçi seçimi için çok kriterli karar verme tekniğinin uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Kayseri, 126.
- Köksal, S. ve Kelleci, O. (2023). Enhanced Screw Withdrawal Strength of Polyurethane (PU) Composites for Wood Sandwich Panel Core Layer. *Innovative Research In Agriculture, Forest And Water Issues* içinde (107-123). İzmir: Duvar Publishing. <https://doi.org/10.59287/irafwi.477>
- Korai, H. ve Miyatake, A. (2023). Effect of outer core-layer density on bending properties of commercial particleboard. *Wood Material Science & Engineering*, 18(3), 943-951. <https://doi.org/10.1080/17480272.2022.2091950>
- Korkmaz, M.C. (2020). Birim hacimdeki yonga miktarının yonga levha kalitesine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın, 96.
- Köksal, S.E. ve Kelleci, O. (2020). Yonga Levha (Sunta) ve MDF Kullanan Mobilya-Dekorasyon Firmalarının Sorunları; Bolu Örneği. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 22(1), 133-143. <https://doi.org/10.24011/barofd.631703>
- Lange, D.R. (1999). *Fundamentals of colourimetry-application report No. 10e. DR Lange: New York, NY, USA.*
- Lee, S.H., Lum, W.C., Boon, J.G., Kristak, L., Antov, P., Pędzik, M., Rogoziński, T., Taghiyari, H.R., Lubis, M.A.R., Fatriasari, W., Yadav, S.M., Chotikhun, A. ve Pizzi, A. (2022). Particleboard from agricultural biomass and recycled wood waste: a review. *Journal of Materials Research and Technology*, 20, 4630-4658. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2022.08.166>
- Muğla, K. (2010). *Farklı yüzey kaplama malzemelerinin MDF levhaların yüzey özellikleri üzerine etkileri*. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın, 69.
- Nazerian, M. (2013). The lamination influence on properties of agro-based particleboard. *Wood Material Science & Engineering*, 8(2), 129-138. <https://doi.org/10.1080/17480272.2012.719932>
- Nemli, G. (2003). Effects of some manufacturing factors on the properties of particleboard manufactured from alder (*Alnus glutinosa* subsp. *Barbata*). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 27(2), 99-104.

- Nemli, G., Akbulut, T. ve Kalyacıoğlu, H. (2004). Pres çeşidinin yonga levha teknik özellikleri üzerine etkisi. *Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 1(2), 89-95.
- Nemli, G., Akbulut, T. ve Zekoviç, E. (2007). Effects of some sanding factors on the surface roughness of particleboard. *Silva Fennica*, 41(2), 373-378, <https://doi.org/10.14214/sf.302>
- Nemli, G. ve Çolakoğlu, G. (2005). The influence of lamination technique on the properties of particleboard. *Building and Environment*, 40(1), 83-87. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2004.05.007>
- Nemli, G. ve Çolakoğlu, G. (2005). Effects of mimosa bark usage on some properties of particleboard. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 29(3), 227-230.
- Nemli, G. ve Kalaycıoğlu, H. (2006). The resistances of several types of overlaying materials against cigarette burn, scratch, and abrasion. *Building and Environment*, 41(5), 640-645. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.02.024>
- Nemli, G., Ozturk, I. ve Aydin, I. (2005). Some of the parameters influencing surface roughness of particleboard. *Building and Environment*, 40(10), 1337-1340. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2004.12.008>
- Ozdemir, T., Nemli, G. ve Akbulut, T. (2014). Yongalevhanın bazı kalite özellikleri üzerine yüzey kaplama çeşidinin etkisi. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 55(2), 87-89.
- Özen, R. ve Kalaycıoğlu, H. (1980a). Yonga Levha Endüstrisi Ders Notları. *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayın (30)*. Trabzon.
- Özen, R. ve Kalaycıoğlu, H. (1980b). *Yonga Levha Endüstrisi Ders Notları (C. 30)*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi .
- Özertan, G. ve Coşkun, A. (2021). *Masif Ahşap Sektörü Raporu*. Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul. 127 s.
- Özlüsoylu, İ. ve İstek, A. (2022). Effects of surface lamination process parameters on medium density fiberboard (MDF) properties. *BioResources*, 18(1), 767-777. <https://doi.org/10.15376/biores.18.1.767-777>
- Panda, A., Sahoo, A.K. ve Rout, A.K. (2016). Multi-attribute decision making parametric optimization and modeling in hard turning using ceramic insert through grey relational analysis: A case study. *Decision Science Letters*, 5(4), 581-592. <https://doi.org/10.5267/j.dsl.2016.3.001>
- Parnian Khajehdizaj, F., Taghizadeh, A. ve Baghbanzadeh Nobari, B. (2014). Effect of feeding microwave irradiated sorghum grain on nutrient utilization, rumen fermentation and serum metabolites in sheep. *Livestock Science*, 167, 161-170. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.06.004>

- Pawade, R.S. ve Joshi, S.S. (2011). Multi-objective optimization of surface roughness and cutting forces in high-speed turning of Inconel 718 using Taguchi grey relational analysis (TGRA). *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 56(1-4), 47-62. <https://doi.org/10.1007/s00170-011-3183-z>
- Prasetya, B. ve Roffael, E. (1991). Untersuchungen über das Verhalten extraktstoffreicher Rinden in Holzspanplatten. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 49(9), 341-344. <https://doi.org/10.1007/BF02662698>
- Regmi, S., Bajwa, D., Igathinathane, C. ve Nahar, N. (2022). High fiber fraction DDGS – A functional filler for manufacturing low-density particleboards. *Industrial Crops and Products*, 181, 114793. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114793>
- Roffael, E. (1982). Die Formaldehyd-Abgabe von Spanplatten und anderen Werkstoffen. *DRW-Verlag Weinbrenner*, Germany.
- Rowell, R. (Ed.). (2012). *Handbook of wood chemistry and wood composites*, Boca Raton USA, CRC press.
- Rowell, R., Imamura, Y., Kawai, S. ve Norimoto, M. (1989). Dimensional stability, decay resistance, and mechanical properties of veneer-faced low-density particleboards made from acetylated wood. *Wood and Fiber Science*, 21(1), 67-79. <http://wfs.swst.org/index.php/wfs/article/view/1019>
- Sancar, S. (2019). Yonga levhaların depolama süresinin teknolojik özelliklerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Düzce Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Düzce, 59.
- Spinelli, R., Cavallo, E., Eliasson, L., Facello, A. ve Magagnotti, N. (2015). The effect of drum design on chipper performance. *Renewable Energy*, 81, 57-61. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.03.008>
- TS 2129. (2012). Odun lifi levhaları ve yonga levhaları - Terimler ve tarifler. Türk standartları enstitüsü, Ankara.
- TS EN 309. (2008). Yonga levhalar tarif ve sınıflandırma. Türk standartları enstitüsü, Ankara.
- TS EN 312. (2005). Particleboards - Specification. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 335-3. (1997). Ahşap ve ahşap esaslı malzemenin dayanıklılığı; Biyolojik tahribat derecesine ait tehlike sınıflarının tarifi bölüm 3: Ahşap ve ahşap esaslı levhalara uygulanması. Türk standartları enstitüsü, Ankara.
- TS EN 634-2. (2007). Çimentolu yonga levhalar-Özellikler-Bölüm 2: Kuru , nemli ve açık hava şartlarında kullanılan pordland çimentosu (pç) ile yapıştırılmış yonga levhaların özellikleri. Türk standartları enstitüsü, Ankara.

- TS EN 12369-1. (2005). Ahşap esaslı levhalar - Yapısal amaçlı tasarım için karakteristik değerler - Bölüm 1: Osb, yonga levhalar ve lif levhalar. Türk standartları enstitüsü, Ankara.
- TS EN 14323. (2006). Ahşap esaslı levhalar - İç mekân kullanımları için melamin yüzölçümlü levhalar - Deney metotları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 14755. (2008). Kalıplanmış yonga levhalar - Özellikler. 1-12. Türk standartları enstitüsü, Ankara.
- TSE EN 317. (1999). Yonga levhalar ve lif levhalar-Su içerisine daldırma işleminden sonra kalınlığına şişme tayini. Türk standartları enstitüsü, Ankara.
- TSE EN 322. (1999). Ahşap Esaslı Levhalar-Rutubet Miktarının Tayini. Türk standartları enstitüsü, Ankara.
- Wang, D. ve Sun, X.S. (2002). Low density particleboard from wheat straw and corn pith. *Industrial Crops and Products*, 15(1), 43-50. [https://doi.org/10.1016/S0926-6690\(01\)00094-2](https://doi.org/10.1016/S0926-6690(01)00094-2)
- Wang, T. ve Lee, H. (2009). Developing a fuzzy TOPSIS approach based on subjective weights and objective weights. *Expert Systems with Applications*, 36(5), 8980-8985. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.11.035>
- Yemele, M.C.N., Blanchet, P., Cloutier, A. ve Koubaa, A. (2008). Effects of bark content and particle geometry on the physical and mechanical properties of particleboard made from black spruce and trembling aspen bark. *Forest Products Journal*, 58(11), 48-56.
- Yıldırım, H. (2011). Türkiye’de Orman İşletme Müdürlerinin Odun Üretimine Yönelik Görüşleri ve Politika Önerileri. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 61(2), 67-84.
- Youngquist, J.A. (1999). Wood-based Composites and Panel Products. *United States Department of Agriculture Wood handbook – Wood as An Engineering Material*, USDA, içinde (10-31), USA: Madison WI.
- Zengin, H. (2009). Yonga levha ve lif levha endüstrisinde odun hammaddesi sağlanması sorunları ve çözüm yolları. İstanbul Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 86.