



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

**İZOSİYANAT İLAVELİ MELAMİN ÜRE FORMALDEHİT (MÜF)
TUTKALININ YONGALEVHA ENDÜSTRİSİNDE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

VOLKAN ÇAVDAR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ODUN MEKANİĞİ VE TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
DR. ÖĞR. ÜYESİ HALİL İBRAHİM ŞAHİN**

DÜZCE, 2019

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İZOSİYANAT İLAVELİ MELAMİN ÜRE FORMALDEHİT (MÜF)
TUTKALININ YONGALEVHA ENDÜSTRİSİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ

Volkan ÇAVDAR tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANSTEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Halil İbrahim Şahin
Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi Halil İbrahim ŞAHİN
Düzce Üniversitesi

Prof. Dr. Cengiz GÜLER
Düzce Üniversitesi

Doç. Dr. Zeki CANDAN
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Tez Savunma Tarihi: 26/07/2019

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

26 Temmuz 2019

Volkan ÇAVDAR

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimimde ve bu tez çalışmasının hazırlanmasında gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Sayın Dr. Öğretim Üyesi Halil İbrahim ŞAHİN'e en içten dileklerle teşekkür ederim. Deneme levhalarının üretilmesinde ve ürün testlerinin gerçekleştirilmesinde yardımcı olan laboratuvar görevlisi arkadaşlarıma minnettarım.

Tez çalışmam sırasında, özellikle istatistiksel analizlerin gerçekleştirilmesinde ve tezin şekil ve düzen bakımından enstitü yazım kurallarına göre hazırlanmasında yardımlarını esirgemeyen Yüksek Orman Endüstri Mühendisi Harun GÖRGÜN'e de teşekkürü borç bilirim.

Bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen sevgili aileme ve çalışma arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

26 Temmuz 2019

Volkan ÇAVDAR

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
KISALTMALAR.....	xii
ÖZET.....	xiii
ABSTRACT	xiv
1. GİRİŞ.....	1
1.1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.2. YONGALEVHA TEKNOLOJİSİ.....	4
1.2.1. Yongalevha	4
1.2.2. Yonga Levhaların Sınıflandırılması.....	4
1.2.2.1. <i>Yongalevhaların Genel Sınıflandırılması.....</i>	<i>4</i>
1.2.2.2. <i>Yongalevhaların TS EN 309'a Göre Sınıflandırılması.....</i>	<i>5</i>
1.3. YONGALEVHALARIN GENEL ÖZELLİKLERİ	5
1.4. DÜNYA'DA YONGALEVHA ENDÜSTRİSİNİN GELİŞİMİ	6
1.5. TÜRKİYE'DE YONGALEVHA ENDÜSTRİSİNİN GELİŞİMİ	6
1.6. YONGALEVHANIN ÜRETİM AŞAMASINDA KULLANILAN HAMMADDE VE ÖZELLİKLERİ	7
1.6.1. Odun.....	8
1.6.2. Orman Artıkları.....	9
1.6.3. Yıllık Bitkiler	9
1.6.4. Sanayi Artığı.....	9
1.6.4.1. <i>Kereste Fabrikası Artıkları</i>	<i>9</i>
1.6.4.2. <i>Kaplama Levha Üretim Artıkları</i>	<i>10</i>
1.6.4.3. <i>Planyalardan Elde Edilen Artıklar</i>	<i>10</i>
1.7. YONGALEVHA ÜRETİMİNDE KULLANILAN YAPIŞTIRICI MADDE TÜRLERİ	10
1.7.1. Fenol Formaldehit Tutkalı.....	10
1.7.2. Üre Formaldehit Tutkalı	11
1.7.2.1. <i>Formaldehit Emisyonu ve Oluşumu</i>	<i>11</i>
1.7.3. Melamin Formaldehit Tutkalı	13
1.7.4. Resorsin Formaldehit Tutkalı.....	14
1.7.5. İzosiyanat Tutkalı	14
1.7.5.1. <i>İzosiyanat Tutkalının Avantajları.....</i>	<i>15</i>
1.7.5.2. <i>İzosiyanat Tutkalının Dezavantajları</i>	<i>15</i>
1.7.6. Termoplastik Tutkallar	17

1.8. YONGALEVHA ÜRETİM TEKNİĞİ	17
1.8.1. Yongalama	17
1.8.2. Yongaların Kurutulması	20
1.8.3. Yongaların Elenmesi.....	21
1.8.4. Yongaların Depolanması.....	21
1.8.5. Yongaların Tutkallaması	22
1.8.6. Yongaların Sermesi.....	23
1.8.7. Yongaların Preslenmesi.....	23
1.8.7.1. <i>Ön Pres (Soğuk Pres).....</i>	<i>24</i>
1.8.7.2. <i>Sıcak Pres</i>	<i>24</i>
1.8.8. Yongalevhaların Klimatize Edilmesi	25
1.8.9. Yongalevhaların Boyutlandırılması	26
1.8.10. Yongalevhaların Zımparalanması.....	26
1.8.11. Yongalevhaların İstiflenmesi	27
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	29
2.1. MATERYAL	29
2.2. YÖNTEM.....	30
2.2.1. Yongalevhaların Fiziksel Özellikleri.....	30
2.2.1.1. <i>Yoğunluk (Birim Hacim Ağırlığı)</i>	<i>31</i>
2.2.1.2. <i>Yongalevhaların Rutubet Miktarı</i>	<i>32</i>
2.2.1.3. <i>Su Alma Oranı</i>	<i>32</i>
2.2.1.4. <i>Kalınlık Artımı (Şişme).....</i>	<i>33</i>
2.2.2. Yongalevhaların Mekanik Özellikleri	34
2.2.2.1. <i>Eğilme Direnci</i>	<i>34</i>
2.2.2.2. <i>Eğilmede Elastikiyet Modülü.....</i>	<i>35</i>
2.2.2.3. <i>Yüzeye dik çekme direnci.....</i>	<i>36</i>
2.2.2.4. <i>Yüzey Sağlamlığı Değeri</i>	<i>37</i>
2.2.2.5. <i>Vida Tutma Direnci</i>	<i>37</i>
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	39
3.1. FİZİKSEL ÖZELLİKLERE AİT BULGULAR.....	39
3.1.1. <i>Yoğunluk (Birim Hacim Ağırlığı).....</i>	<i>39</i>
3.1.2. <i>Rutubet Miktarı.....</i>	<i>43</i>
3.1.3. <i>Su Alma Oranı</i>	<i>48</i>
3.1.4. <i>Kalınlık Artışı (Şişme)</i>	<i>57</i>
3.2. MEKANİK ÖZELLİKLERE AİT BULGULAR.....	67
3.2.1. <i>Eğilme Direnci</i>	<i>68</i>
3.2.2. <i>Eğilmede Elastikiyet Modülü</i>	<i>72</i>
3.2.3. <i>Yüzeye Dik Çekme Direnci.....</i>	<i>76</i>
3.2.4. <i>Yüzey Sağlamlığı Değeri.....</i>	<i>81</i>
3.2.5. <i>Vida Tutma Direnci</i>	<i>86</i>
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	92
5. KAYNAKLAR.....	97
ÖZGEÇMİŞ.....	102

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Yongalevha.....	4
Şekil 1.2. Fabrika odun depo sahasından bir görüntü.....	8
Şekil 1.3. Ticari olarak kullanılan izosiyanatlar.....	16
Şekil 1.4. Yongalevha üretimine ait iş akış şeması.....	18
Şekil 1.5. Yongalama makinası.....	19
Şekil 1.6. Kaba yongaların genel görünümü.....	20
Şekil 1.7. Pall elek.....	21
Şekil 1.8. Tutkallama makinası.....	22
Şekil 1.9. Yongaların serilmesi.....	23
Şekil 1.10. Soğuk pres.....	24
Şekil 1.11. Sıcak pres.....	25
Şekil 1.12. Yıldız soğutma ünitesi.....	25
Şekil 1.13. Boyutlandırma ünitesi.....	26
Şekil 1.14. Zımpara makinası.....	27
Şekil 1.15. Yongalevhaların istiflenmesi.....	27
Şekil 2.1. Yoğunluk deneyinde örnek boyutlarının ölçümü.....	32
Şekil 2.2. Suda 2 saat beklemiş deney örneğinin tartımı.....	33
Şekil 2.3. Kalınlık artışı (şişme) örneği.....	34
Şekil 2.4. Test levhalarına ait eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü deneyi... 35	35
Şekil 2.5. Yongalevhaların yüzeye dik çekme direnci deney görüntüsü.....	37
Şekil 2.6. Vida tutma deneyi.....	38
Şekil 3.1. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların ortalama yoğunluk değerleri (kg/m^3).....	40
Şekil 3.2. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların ortalama yoğunluk değerleri (kg/m^3)... 42	42
Şekil 3.3. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların ortalama rutubet değerleri.....	45
Şekil 3.4. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların ortalama rutubet değerleri.....	47
Şekil 3.5. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların 2 saatlik su alma oranları.....	49
Şekil 3.6. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların 24 saatlik su alma oranları.....	51
Şekil 3.7. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 2 saatlik su alma oranları.....	54
Şekil 3.8. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 24 saatlik su alma oranları.....	56
Şekil 3.9. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların 2 saatlik kalınlık artışı değerleri.....	59
Şekil 3.10. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların 24 saatlik kalınlık artışı değerleri.....	61
Şekil 3.11. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 2 saatlik kalınlık artışı değerleri.....	64
Şekil 3.12. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 24 saatlik kalınlık artışı değerleri.....	66
Şekil 3.13. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların ortalama eğilme direnci değerleri (N/mm^2).....	69
Şekil 3.14. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların ortalama eğilme direnci değerleri (N/mm^2).....	71
Şekil 3.15. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların ortalama eğilmede elastikiyet modülü değerleri (N/mm^2).....	74
Şekil 3.16. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların ortalama eğilmede elastikiyet modülü değerleri (N/mm^2).....	76

Şekil 3.17. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların ortalama yüzeye dik çekme direnci değerleri (N/mm ²).	78
Şekil 3.18. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların ortalama yüzeye dik çekme direnci değerleri (N/mm ²).	80
Şekil 3.19. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların ortalama yüzey sağlamlığı değerleri (N/mm ²).	83
Şekil 3.20. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların ortalama yüzey sağlamlığı değerleri (N/mm ²).	85
Şekil 3.21. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların ortalama vida tutma direnci değerleri (N).	88
Şekil 3.22. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların ortalama vida tutma direnci değerleri (N).	90



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. Türkiye’de 2010-2017 yılları arasında üretilen yongalevha miktarı (m ³ /yıl).	2
Çizelge 1.2. Türkiye’de 2010-2017 yılları arasında ithal edilen yongalevha miktarı (m ³ /yıl).	2
Çizelge 1.3. Türkiye’de 2010-2017 yılları arasında ihracat edilen yongalevha miktarı (m ³ /yıl).	3
Çizelge 1.4. Yongalevha üretiminde kullanılan hammaddeler.	7
Çizelge 2.1. MÜF tutkalının teknik özellikleri.	29
Çizelge 2.2. MÜF Tutkalı levhaların üretim parametreleri.	30
Çizelge 2.3. PMDI tutkalı levhaların üretim parametreleri.	31
Çizelge 3.1. MÜF tutkalı ile üretilen yongalevhaların ortalama yoğunluk değerleri (kg/m ³).	39
Çizelge 3.2. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların yoğunluk değerlerine ait varyans analiz sonuçları.	40
Çizelge 3.3. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların ortalama yoğunluk değerleri (kg/m ³).	41
Çizelge 3.4. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların yoğunluk değerlerine ait varyans analiz sonuçları.	41
Çizelge 3.5. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların yoğunluk değerlerine ait Duncan Testi sonuçları.	42
Çizelge 3.6. Levhaların yoğunluk değerlerine ait Bağımsız T-Testi analiz sonuçları.	43
Çizelge 3.7. MÜF tutkalı ile üretilmiş levhaların ortalama rutubet değerleri.	43
Çizelge 3.8. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların rutubet değerlerine ait varyans analiz sonuçları.	44
Çizelge 3.9. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların rutubet değerlerine ait Duncan testi sonuçları.	44
Çizelge 3.10. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların rutubet değerleri (%).	45
Çizelge 3.11. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların rutubet değerlerine ait varyans analiz sonuçları.	46
Çizelge 3.12. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların rutubet miktarı değerlerine ait Duncan testi sonuçları.	46
Çizelge 3.13. MÜF ve PMDI tutkalı ile üretilen levhaların rutubet değerlerine ait Bağımsız T-Testi analiz sonuçları.	47
Çizelge 3.14. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların 2 saatlik su alma oranları (%).	48
Çizelge 3.15. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların 2 saatlik su alma oranlarına ait varyans analiz sonuçları (%).	48
Çizelge 3.16. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların 24 saatlik su alma oranları (%).	49
Çizelge 3.17. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların 24 saatlik su alma oranlarına ait varyans analiz sonuçları.	50

Çizelge 3.18. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların 24 saatlik su alma oranlarına ait Duncan Testi sonuçları.....	51
Çizelge 3.19. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 2 saatlik su alma oranları (%).....	52
Çizelge 3.20. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 2 saatlik su alma oranlarına ait varyans analiz sonuçları.	52
Çizelge 3.21. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 2 saatlik su alma oranlarına ait Duncan Testi sonuçları.....	53
Çizelge 3.22. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 24 saatlik su alma oranları (%).....	54
Çizelge 3.23. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 24 saatlik su alma oranlarına ait varyans analiz sonuçları.	55
Çizelge 3.24. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 24 saatlik su alma oranlarına ait Duncan Testi sonuçları.....	55
Çizelge 3.25. MÜF ve PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 2 saatlik su alma oranlarına ait Bağımsız T-Testi analiz sonuçları.....	56
Çizelge 3.26. Levhaların 24 saatlik su alma oranlarına ait Bağımsız T-Testi analiz sonuçları.	57
Çizelge 3.27. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların 2 saatlik kalınlık artışı değerleri (%).....	57
Çizelge 3.28. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların 2 saatlik kalınlık artışı değerlerine ait varyans analiz sonuçları (%).	58
Çizelge 3.29. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların 2 saatlik kalınlık artışı değerlerine ait Duncan Testi sonuçları.....	58
Çizelge 3.30. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların 24 saatlik kalınlık artışı değerleri (%).....	59
Çizelge 3.31. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların 24 saatlik kalınlık artışı değerlerine ait varyans analiz sonuçları.	60
Çizelge 3.32. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların 24 saatlik kalınlık artışı değerlerine ait Duncan Testi sonuçları.....	60
Çizelge 3.33. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 2 saatlik kalınlık artışı değerleri (%).....	62
Çizelge 3.34. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 2 saatlik kalınlık artışı değerlerine ait varyans analiz sonuçları.	62
Çizelge 3.35. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 2 saatlik kalınlık artışı değerlerine ait Duncan Testi sonuçları.....	63
Çizelge 3.36. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 24 saatlik kalınlık artışı değerleri (%).....	64
Çizelge 3.37. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 24 saatlik kalınlık artışı değerlerine ait varyans analiz sonuçları.	65
Çizelge 3.38. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 24 saatlik kalınlık artışı değerlerine ait Duncan Testi sonuçları.....	65
Çizelge 3.39. Levhaların 2 saatlik kalınlık artışı değerlerine ait Bağımsız T-Testi analiz sonuçları.....	66
Çizelge 3.40. Levhaların 24 saatlik kalınlık artışı değerlerine ait Bağımsız T-Testi analiz sonuçları.....	67
Çizelge 3.41. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların eğilme direnci değerleri (N/mm ²)....	68
Çizelge 3.42. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların eğilme direnci değerlerine ait varyans analiz sonuçları.	68
Çizelge 3.43. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların eğilme direnci değerleri (N/mm ²). ..	70
Çizelge 3.44. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların eğilme direnci değerlerine ait varyans analiz sonuçları.	70

Çizelge 3.45. Levhaların eğilme direnci değerlerine ait Bağımsız T-Testi analiz sonuçları.	71
Çizelge 3.46. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların eğilmede elastikiyet modülü değerleri (N/mm ²).	72
Çizelge 3.47. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait varyans analiz sonuçları.	73
Çizelge 3.48. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların eğilmede elastikiyet modülü değerleri (N/mm ²).	74
Çizelge 3.49. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait varyans analiz sonuçları.	75
Çizelge 3.50. Levhaların eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait Bağımsız T-Testi analiz sonuçları.	76
Çizelge 3.51. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların yüzeye dik çekme direnci değerleri (N/mm ²).	77
Çizelge 3.52. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların yüzeye dik çekme direnci değerlerine ait varyans analiz sonuçları.	77
Çizelge 3.53. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların yüzeye dik çekme direnci değerlerine ait Duncan Testi sonuçları.	78
Çizelge 3.54. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların yüzeye dik çekme direnci değerleri (N/mm ²).	79
Çizelge 3.55. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların yüzeye dik çekme direnci değerlerine ait varyans analiz sonuçları.	79
Çizelge 3.56. Levhaların yüzeye dik çekme direnci değerlerine ait Bağımsız T-Testi analiz sonuçları.	81
Çizelge 3.57. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların yüzey sağlamlığı değerleri (N/mm ²).	82
Çizelge 3.58. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların yüzey sağlamlığı değerlerine ait varyans analiz sonuçları.	82
Çizelge 3.59. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların yüzey sağlamlığı değerlerine ait Duncan Testi sonuçları.	83
Çizelge 3.60. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların yüzey sağlamlığı değerleri.	84
Çizelge 3.61. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların yüzey sağlamlığı değerlerine ait varyans analiz sonuçları.	84
Çizelge 3.62. Levhaların yüzey sağlamlığı değerlerine ait Bağımsız T-Testi analiz sonuçları.	86
Çizelge 3.63. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların vida tutma direnci değerleri (N).	86
Çizelge 3.64. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların vida tutma direnci değerlerine ait varyans analiz sonuçları.	87
Çizelge 3.65. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların ortalama vida tutma değerleri (N).	88
Çizelge 3.66. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların vida tutma direnci değerlerine ait varyans analiz sonuçları (N).	89
Çizelge 3.67. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların vida tutma direnci Duncan Testi sonuçları.	90
Çizelge 3.68. Levhaların vida tutma direnci değerlerine ait Bağımsız T-Testi analiz sonuçları.	91

KISALTMALAR

°	Derece
%	Yüzde
C	Santigrat
°C	Santigrat derece
Cm	Santimetre
Cm ³	Santimetreküp
Co ₂	Karbondioksit
Gr	Gram
H	Hidrojen
Kg	Kilogram
MDF	Medium density fiberboard
MÜF	Melamin üre formaldehit
m ²	Metrekare
m ³	Metreküp
mm	Milimetre
N	Newton
OAİB	Orta anadolu ihracatçı birlikleri
PMDI	Polimetrik metilen difenilin izosiyanat
ppm	Parts per million
T.C	Türkiye Cumhuriyeti
TS	Türkiye standardı

ÖZET

İZOSİYANAT İLAVELİ MELAMİN ÜRE FORMALDEHİT (MÜF) TUTKALININ YONGALEVHA ENDÜSTRİSİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ

Volkan ÇAVDAR
Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Halil İbrahim ŞAHİN
Temmuz 2019, 101 sayfa

Gelişen teknoloji ve değişen şartlara işletmelerin uyum sağlaması kaçınılmazdır. İşletmeler levha sektöründe kendini bu gelişime ve değişime ayak uydurması zorunlu hale gelmiştir. Firmalar pazar payını artırıcı önlemler almakta ve yenilikler yapmaktadır. Kullanım koşullarına uygun levhalar yapmak ve bu levhaları dünya standartlarına uygun hale getirmek için birtakım kimyasallar kullanılmaktadır. Bu kimyasallardan en fazla önem arz edeni PMDI tutkalıdır. Bu çalışmada; izosiyanat ilaveli MÜF tutkalı ile yongalevha üretimi yapılmıştır. Levhaların su alma, kalınlık (şişme) ve formaldehit testleri için istenilen şartlar PMDI tutkalı ile sağlanmaktadır. Bu çalışmada kullanılan odun karışımı %15 ladin, %50 çam, %20 meşe, %10 kapak, %5 talaş kullanılarak 18 mm kalınlıkta üretilen yongalevhalar kullanılmıştır. Levhaların üretiminde MÜF ve PMDI tutkalı kullanılmış olup, yapmış olduğumuz çalışmada MÜF tutkalı ile PMDI tutkallarının değerlendirilmesi yapılmıştır. MÜF tutkalı ve PMDI tutkalı için beş ürün (her ürün için 5 deneme) elde edilmiştir. Yapılan denemelerde PMDI tutkalı %0, 0,5, 0,75, 1, 1,5, 2 oranında kullanılmış olup elde edilen levhaların yoğunluk değeri, rutubet miktarı, su alma oranı, kalınlığına şişme, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü değeri, yüzeye dik çekme direnci, yüzey sağlamlığı değeri, vida tutma direnci değerleri belirlenmiştir. Sonuçların değerlendirilmesinde SPSS 18.0 istatistik analiz metodu ile varyans analizleri (ANOVA) yapılmıştır. MÜF tutkalı ile PMDI tutkalının levhalar üzerindeki etkisi varyans analizi ile %95 güven aralığında istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı belirlenmiştir. Farklılık gösteren grup veya grupları belirlemek ve birbirinden farklı ve eşit kabul edilebilecek alt grupları tespit etmek için levha gruplarına ait ortalamalar Duncan Testi ile sorgulanmıştır. MÜF tutkalı ile PMDI tutkalının karşılaştırılması amacıyla Bağımsız T-Testi uygulaması yapılmıştır. Sonuç olarak, üretimi gerçekleştirilmiş olan MÜF ve PMDI ilaveli levhaların tüm fiziksel ve mekanik özelliklerine ait değerler, TS EN 312 (2012) standardında belirtilen P3 tipi (nemli şartlarda kullanılan yük taşıyıcı olmayan levhalar) uygulama alanlarında aranan alt sınır veya üst sınır değerlerini karşıladığı tespit edilmiştir.

Anahtar sözcükler: Tutkal, Üre formaldehit, Yongalevha.

ABSTRACT

THE EVALUATION OF MELAMINE UREA FORMALDEHYDE (MUF) GLUE IN PARTICLEBOARD INDUSTRY WITH ISOCYANATE

Volkan CAVDAR
Duzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Wood Mechanics and
Technology

Master's Thesis

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Halil Ibrahim SAHIN

July 2019, 101 pages

Developing technology and changing conditions are inevitable. Businesses have become obliged to keep up with this development and change in the plate industry. Firms take measures to increase their market share and make innovations. A number of chemicals are used to make plates that are suitable for the conditions of use and to make them suitable for world standards. The most important of these chemicals is PMDI glue. In this study; isocyanate added MUF glue and particleboard production. PMDI glue is used for water intake, thickness (swelling) and formaldehyde tests. The wood mixture used in this study was 15% spruce chip, 50% pine, 20% oak, 10% cover, 5% chip and 18 mm thick were used. In the production of plates, MUF and PMDI adhesives were used. In our study, PMDI adhesives were evaluated with MUF adhesive. Five products (5 trials for each product) were obtained for the MUF glue and PMDI glue. PMDI glue was used in 0%, 0,5, 0.75, 1, 1,5, 2% of the tests, and the density, moisture content, water absorption, thickness swelling, modulus of rupture and modulus of elasticity in bending, internal bond, surface soundness and screw holding performance were tested. Variance analysis (ANOVA) was performed with SPSS 18.0 statistical analysis method. The effect of MUF glue and PMDI glue on the plates was determined to be statistically significant in the 95% confidence interval by the analysis of variance. In order to identify different groups or groups and to identify subgroups that could be considered different and equal, the averages of the plate groups were questioned by the Duncan Test. The Independent T-Test was applied for the comparison of MUF adhesive and PMDI glue. As a result, it has been determined that the values of all physical and mechanical properties of the manufactured MUF and PMDI added particleboard meet the lower limit or upper limit values required in the application areas of P3 type (non-load bearing plates used in humid conditions) specified in TS EN 312 (2012) standard.

Keywords: Glue, Particleboard, Urea formaldehyde.

1. GİRİŞ

Ağaç malzemeler masif ve odun kompozitleri farklı alanlarda değerlendirilmektedir. Masif ağaçtan teknik yollarla ahşap levhalar, lif levha, yongalevha, kontrplak gibi levhalar üretilmektedir.

Gelişen teknoloji ve değişen şartlara işletmelerin uyum sağlaması kaçınılmazdır. İşletmeler levha sektöründe kendini bu gelişime ve değişime ayak uydurması zorunlu hale gelmiştir. Firmalar pazar payını arttırıcı önlemler almakta ve yenilikler yapmaktadır. Kullanım koşullarına uygun levhalar yapmak ve bu levhaları dünya standartlarına uygun hale getirmek için birtakım kimyasallar kullanılmaktadır. Bu kimyasallardan en fazla önem arz edeni PMDI tutkalıdır.

Odunun maddesinden temin edilen yongalevha ya da küçük odun parçacıklarının sentetik reçine ile veya yapıştırıcı yardımıyla geniş alanlı levhalar şekline getirilerek ortaya çıkan ve bina yapımında, mobilyada kullanılmakta olan bir malzemedir. Yongalevhanın son kullanım alanları yapı işleri (duvarlar, sabit dolaplar, döşemeler, özellikle konser salonlarındaki duvar levhaları), raf ve mobilya (raflar, iç mekân mobilyaları, ofis mobilyaları, mutfak dolapları), kapı imalatı ve kapı göbeklerinde, radyo-tv-müzik seti imalatında, prefabrik evler, emprenye edilmiş olarak çiftlik evleri ve kırsal konut dış yüzeylerini kapsamaktadır. Yonga levhaların içerisine çeşitli katkı maddeleri katılarak özellikle prefabrik yapımında kullanılan çeşitleri de bulunmaktadır [2].

1.1. GENEL BİLGİLER

Orta Anadolu İhracatçı Birlikleri (OAİB)'nin levha üretim sektörü için 2015 yılında yayınlamış olduğu raporda; Türkiye'nin, Dünyada beşinci sırada olduğu, Avrupa ülkeleri arasında ikinci sırada olduğu belirtilmiştir. Avrupa'da Almanya levha üretim sektöründe ilk sırada geldiği belirtilmiştir. MDF levha üretim sektöründe Türkiye Avrupa ülkeleri arasında birinci sırada yer alırken, Dünyada ise ikinci sırada olduğu belirtilmiştir. Yongalevha üretiminde ise Türkiye, Avrupa ülkeleri arasında üçüncü sırada iken, Dünyada ise beşinci sırada yer almaktadır. Türkiye laminat parke

sektöründe Avrupa ülkeleri arasında ikinci sırada, Dünyada ise üçüncü olduğu belirtilmiştir [3].

Türkiye’de 2010-2017 yılları arasında üretilen yongalevha üretim miktarları FAOSTAT’ın 2018 verilerine göre Çizelge 1.1’de görülmektedir.

Çizelge 1.1. Türkiye’de 2010-2017 yılları arasında üretilen yongalevha miktarı (m³/yıl).

Üretim Yılı	Üretim Miktarı
2010	3.060.000
2011	3.580.000
2012	3.875.000
2013	4.225.000
2014	4.425.000
2015	4.361.000
2016	4.202.000
2017	4.286.000

2010 yılında 3.060 milyon m³ iken, 2017 yılında 4.286 milyon m³ olduğu görülmektedir. Türkiye’nin 2010-2017 yılları arasında ithal edilen yongalevha miktarları Çizelge 1.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 1.2. Türkiye’de 2010-2017 yılları arasında ithal edilen yongalevha miktarı (m³/yıl).

Yıl	İthalat Miktarı
2010	206.000
2011	140.000
2012	286.000
2013	234.000
2014	77.100
2015	63.000
2016	78.000
2017	78.000

Çizelge 1.2’de Türkiye’de 2010-2017 yılları arasında ithal edilen yongalevha miktarlarına bakıldığında; 2010 yılında ithal edilen üretim 206.000 m³ iken, bu oran 2017 yılında 78.000 m³’e kadar inmiştir. 2013 yılından itibaren ithal edilen yongalevha miktarlarında düşüş olduğu görülmektedir.

Türkiye’nin 2010-2017 yılları arasında ihraç edilen yongalevha miktarları Çizelge 1.3’te görülmektedir.

Çizelge 1.3. Türkiye’de 2010-2017 yılları arasında ihracat edilen yongalevha miktarı (m³/yıl).

Yıl	İhracat Miktarı
2010	260.400
2011	314.000
2012	315.000
2013	303.935
2014	478.951
2015	558.403
2016	737.534
2017	737.000

Türkiye’de 2010-2017 yılları arasında yongalevha ihracat miktarlarına bakıldığında; 2010 yılında 260.400 m³ iken, 2017 yılında ise yongalevha ihracat miktarı 737.000 m³ olduğu görülmektedir. Çizelge 1.3’e göre, 2010-2017 yılları arasında yongalevha ihracat miktarlarında artış olduğu görülmektedir.

Odunun hammaddesinin ülkemizde daha pahalı olması nedeniyle yongalevha üretimi için temin edilen odun hammaddesi, ithal odun ve odun yongası ile karşılanmaktadır. Yongalevha üretimi için ortaya odun açığı sorunu çıkmaktadır. Bu sorunu çözmek için odun hammaddenin iç kaynaklardan temin edilerek ihracat oranı azalacak olup, Türkiye’de var olan yasanın düzeltilmesi ve ülkemizde uygulanan vergi oranlarının azaltılması ile hammadde temini sağlanmış olur.

1.2. YONGALEVHA TEKNOLOJİSİ

1.2.1. Yongalevha

TS EN 309 standardı yongalevha; odun parçacıklarına (ince odun parçacıkları, yonga, talaş, testere tozu vb.) veya yonga şeklindeki diğer lignoselülozik malzemelere (keten kırıntıları, kendir kırıntıları, suyu çıkarılmış şeker kamışı kırıntıları, saman vb.) polimerik yapıştırıcı eklenerek ısı ve basınç uygulaması ile imal edilen levha olarak tanımlanmaktadır [4].

Yongalevha; odunsu bitkilerden veya odundan üretilen belirli özelliği olan yongaların sentetik reçine ile veya yapıştırıcı yardımıyla tutkallaması ve bu yongalar belirli bir basıncın ve sıcaklığı etkisinde elde edilen malzemelerdir [5].

Başka bir tanımda ise yongalevha; odun parçalarından, lignoselülozik lifli malzemelerin yapıştırıcı yardımıyla şekillendirilmesi sonucu oluşan levhalardır [6] olarak tanımlanmıştır. Yongalevhanın genel görünümü Şekil 1.1’de gösterilmektedir.



Şekil 1.1. Yongalevha.

1.2.2. Yonga Levhaların Sınıflandırılması

Yongalevhaların üretim sistemlerine ve standartlara göre sınıflandırılması aşağıda verilmiştir [7].

1.2.2.1. Yongalevhaların Genel Sınıflandırılması

- 1) Kullanılan hammadde türüne göre yongalevhalar
- 2) Levhanın emprenye edilmesine göre yongalevhalar

- 3) Özgül ağırlıkları bakımından yongalevhalar
- 4) Presleme yöntemlerine göre yongalevhalar
- 5) Tabaka sayılarına göre yongalevhalar
- 6) Yonga büyüklüğü ve geometrisine göre yonga levhalar
- 7) Üretimde kullanılan bağlayıcı türüne göre yongalevhalar
- 8) Üretimde kullanılan metoda göre yongalevhalar (Kalıplaşmış yongalevhalar)
- 9) Kaplanmış yongalevhalar;

1.2.2.2. *Yongalevhaların TS EN 309'a Göre Sınıflandırılması*

- 1) Üretim işlemlerine göre yongalevhalar
- 2) Yüzey durumlarına göre yongalevhalar
- 3) Şekil ve formlarına göre yongalevhalar;
- 4) Parçaların şekil ve ölçülerine göre yongalevha;
- 5) Yapılarına göre levhalar;
- 6) Kullanım yerlerine göre levhalar.

1.3. YONGALEVHALARIN GENEL ÖZELLİKLERİ

- Kullanılan odun hammaddesinin tamamını yongaya dönüştürüldüğünde yongadan fire vermeden istenilen boyutlarda levhalar üretimi yapılır.
- Yongalar preslemeden önce ya da preslendikten sonra suda çözülebilir özellik kazandırılabilir.
- Düzgün kesit yüzeyleri elde etmek için daire testereler ile yüksek devirli şerit r-testereler kullanılabilir.
- Böcek, yangın ve mantarlara karşı yongalar koruyucu hammaddeler ile emprenye edilebilir.
- Yonga istenilen kalınlıkta, geniş yüzeyli ve özel amaçlı levha üretiminde kullanılabilir.
- Önceden hazırlanmış kalıplar ile istenilen şekillerde levha üretimi yapılabilir.

- Kaplanma levhalar için yüzey korucu malzemeler kullanılırsa daha iyi özellikler gösterir.
- Yongalevhalar matkap ve lamba zıvana ile kolaylıkla çalışılabilir.
- Yongalevhaların işlenmesi sırasında zayıtı düşük, iş verimi yüksektir.
- Akustik özellikleri iyidir [8].

1.4. DÜNYA'DA YONGALEVHA ENDÜSTRİSİNİN GELİŞİMİ

1887 tarihinde Ernst Hubbard Odun Artıklarının Değerlendirilmesi isimli yayınında ilk olarak yongalevhadan bahsetmiştir. Testere talaşı ve kan albümin yapıştırıcısından yararlanan Ernst Hubbard, basınç ve ısı uygulaması ile yongalevha üretimini gerçekleştirmiştir. Amerikalı Watson 1905 yılında ince odun parçacıklarını presleyerek levha haline getirmek üzere patent almıştır. Alman Freundeberg 1926 yılında planya talaşlarını tutkalla işlemek suretiyle yongalevha üretileceğini ortaya koymuştur. Freundeberg'in ortaya koyduğu metottaki tutkal miktarı günümüzde yongalevha üretiminde kullanılmakta olan oranlarla eşit miktarlardadır. Amerikalı Carson 1936 yılında rutubet oranı %12 olan iri testere talaşlarını, boyutlandırdıktan sonra ahşap zararlılarından korumak için emprenye etmiş ve sıcak preslemeden sonra meydana gelen levha sentetik reçineler yardımıyla ısıtıldıktan sonra yumuşayabilen bir örtü ile kaplayarak patent almıştır [9].

1.5. TÜRKİYE'DE YONGALEVHA ENDÜSTRİSİNİN GELİŞİMİ

1955 yılında SUNTA T.A.Ş. tarafından Türkiye'de ilk yongalevha fabrikası İstanbul Kartal'da kurulmuş olup, kuruluş aşamasında üretim kapasitesi yılda 3000 m³, kuruluşundan sonraki yıllarda ise kapasite 90.000 m³'e kadar yükselmiştir. Modern Kontrplak ve Suni Tahta Sanayi Ltd. şirketleri 1960 yılında İstanbul'un Halkalı semtinde kurulmuştur. 1967 yılında yongalevha fabrikası kurulmuştur. Kartal ve Halkalı'daki yongalevha fabrikaları yongalevha üretiminde önder firmalar olmuştur. 1972 yılında Orma Orman Mahsulleri Entegre Sanayi T.A.Ş. tarafından üç yongalevha fabrikası kurulmuş olup, bu fabrikalarda üretilen yongalevhalar üç tabakalıdır. Bu üç tabakada da çam yongalar kullanılmıştır. Bursa'da İnegöl Sanayi Tesisleri T.A.Ş., Kastamonu'da Ağaç Sanayi ve T.A.Ş. tarafından iki yongalevha fabrikası kurulmuş

olup, Kastamonu yongalevha fabrikasında üretilen Yongapan adlı levhalarda odun hammaddesi yanında kenevir artıkları da değerlendirilmiştir [10], [11].

1.6. YONGALEVHANIN ÜRETİM AŞAMASINDA KULLANILAN HAMMADDE VE ÖZELLİKLERİ

Yongalevha endüstrisinde odun, orman atıkları, yıllık bitkiler, sanayi artığı (kapak, çıtalar, testere talaşı, planya talaşı) maddeler kullanılmaktadır. Çizelge 1.4'te yongalevha endüstrisinde çeşitli amaçlarla kullanılan veya kullanma imkânı bulunan hammaddeler görülmektedir.

Çizelge 1.4. Yongalevha üretiminde kullanılan hammaddeler.

Hammaddeler	Ağaç Malzemeler	Odun		
		Sanayi Artığı	Kapak-Çıtalar	
			Testere talaşı-Planya talaşı	
		Orman Atıkları		
		Yıllık Bitkiler		
	Tutkal	Organik (Sentetik) Tutkallar	Üre Formaldehit	
			Melamin Formaldehit	
			Fenol Formaldehit	
			Resorsin Formaldehit	
		İzosiyanat Tutkalı		
		Termoplastik Tutkallar		
		Doğal Tutkallar	Hayvansal Tutkallar	Kazein
				Glutin (Kan albümini)
			Bitkisel Tutkallar	Tanen
Sülfat atık suyu				
Anorganik Tutkallar	Çimento			
	Magnezit			
	Alçı			
Katı Maddeler	Hidrofobik Maddeler	Parafin		
		Alkil keten dimer		
	Sertleştirici Maddeler	Alüminyum klorür		
		Alüminyum sülfat		
		Paraformaldehit		
		Potasyum karbonat		
		Potasyum persülfat		
Koruyucu Maddeler	Fenol			
	Pentaklorfenol tuzları			
	Kromlu bakır arsenat			
	Amonyaklı bakım arsenat			
Yanmayı Geciktirici Maddeler	Amonyum fosfat			
	Arsenik			
	Bakır tuzları			
	Boraks			
	Borat			

1.6.1. Odun

Yongalevha üretiminde kullanılan odun TS 1351'de; iğne ve sert yapraklı olarak iki gruba ayrılmıştır. Yarma şekilli odunların uzunluğu 1-2 m, uzunluğun ortasındaki maksimum uzunluk en çok 20 cm olmaktadır. Yuvarlak odunların uzunluğu ise 50 ile 100 cm ve 150 ile 200 cm arasında olup, ince uç çapları ise 4 ile 20 cm arasındadır [12]. Şekil 1.2'de fabrika depo sahasında bulunan odun örnekleri gösterilmiştir.



Şekil 1.2. Fabrika odun depo sahasından bir görüntü.

Yongalevha üretim aşamasında birçok ağaç türü kullanılmaktadır. Yongalevha üretiminde kullanılan iğne yapraklı ağaçlar; sedir, ladin, göknar ve çam ağaçlarıdır. Kavak, kızılbaş, kayın, ıhlamur ve söğüt ağacı geniş yapraklı ağaç türleridir. Yapılan araştırmalarda; okaliptüs, yalancı akasya, titrek kavak, ormangülü, sahil çamı, boylu ardıç yongalevha üretimi için de kullanılabilenleri belirtilmiştir [11].

Yongalevhaların yüzeylerinin düzgün olması için odun rutubetinin %30-60 arasında olmalıdır. Yongalevha üretiminde rutubet %30'un altında olması durumunda; yongalama işleminde ve eleme işleminde toz miktarı arttığı için çok kuru yongalar tutkalı çok emdiğinden dolayı kolay yapışmaz. Eğer rutubet miktarının %60'ın üzerinde olursa; elde edilen yongaların yüzeyi pürüzleşir, bu durumda yongaların kurutma işleminde enerji masrafı artmaktadır. Pürüzleşen yüzeylerin emilmesinde normalinden fazla tutkal emilmesine neden olur. Bu durumda yongalar tutkalı çok emdiğinden dolayı kolay yapışmaz [13].

1.6.2. Orman Artıkları

Ormanlarda bulunan eğri ve ince gövdeli odunların taşınmasında yaşanan sıkıntılar nedeniyle odunlar yongalanarak değerlendirilmektedir. Yapılan araştırmalarda; ormanlardaki iğne yapraklı ağaçların dal ve yaprakları ile birlikte yongalandığı görülmüştür. Bazı eleme işlemlerinden geçtikten sonra kullanıma uygun olan yongalar değerlendirildiği görülmüştür. Üretim aşamasında ya da yongaların taşınması kum, toz ve taş parçaların neden olduğu problemler meydana gelmektedir [14].

1.6.3. Yıllık Bitkiler

Şeker kamışı kompozit panel üretimi için çok önemlidir. Yapılan bir çalışmada 0,74 g/cm³ özgül kütleyle sahip 10 mm kalınlığında yüksek kalitede levha üretmek için %92 şeker kamışı ve %8 üre formaldehit kullanıldığı tespit edilmiştir [15].

Yapılan bir araştırmada yongalevha ve lif levha üretiminde muz saplarının kullanıldığı görülmektedir. Araştırmanın sonucunda; 590-640 kg/m³ ve 670-720 özgül kütleli yongalevhalar üretildiği tespit edilmiştir. Bir araştırmada; yüksek özgül kütlede, %10 üre formaldehit reçinesi kullanılarak üretilen levhaların mekanik ve fiziksel özellikleri arttığı tespit edilmiştir [16].

Yapılan bir çalışmada; kenaf (*Hibiscus Cannabinus* L.) lifleri ile üretimi yapılan kompozit levhalar, temel sert lif levha standartlarına uygun olduğu belirtilmiştir [15].

Güler (2001) yapmış olduğu bir çalışmada; pamuk sapları kullanılarak yongalevha üretmiş ve üretilen yongalevhaların bazı teknolojik özellikleri araştırmıştır. Araştırmanın sonucunda elde edilen yongalevhaların standartlara uygunluğu tespit edilmiştir [15].

Yapılan bazı çalışmalarda, yongalevha üretiminde yıllık bitkilerden; göl kamışı, keten, kenevir, pamuk, mısır, asma ve ayçiçeği sapları, pirinç çeltiği, çay fabrikası atıkları, bambu kamışı bitkilerinin sert ve sağlam kısımları kullanılmıştır [17].

1.6.4. Sanayi Artığı

1.6.4.1. Kereste Fabrikası Artıkları

Kereste fabrikası artıklarının sadece %75'i yongalevha üretiminde kullanılabilen olup, bunların yongalanması suretiyle yatık yongalı levhalarda 20-60 mm uzunluk (en uygun 40 mm), kalınlık 30 mm azami, okal tipi yonga levhalarda ise 5-40 mm (optimal

uzunluk 20 mm), azami kalınlık ise 30 mm olarak hazırlanmalıdır [18].

Kereste fabrikası atıklarının üretiminden elde edilen yongalarda %5'e kadar çürüklüğe, %12'ye kadar kabuğa müsaade edilmektedir. Yüksek kaliteli yongalevha üretilmesi için taslaklarda kabuk oranı %32'ü aşmaması gerekmektedir [18].

1.6.4.2. *Kaplama Levha Üretim Artıkları*

Soyma kaplama levha üretim atıkları takriben %5 kadar olup, özellikle orta kısımdan çıkan yuvarlak artıklardan yonga elde edilmektedir. Levha olarak artıklar ise sadece orta tabaka için önemlidir. Soyma kaplama levha artıklarında kabul oranı %12'yi aşmamalıdır [18].

1.6.4.3. *Planyalardan Elde Edilen Artıklar*

Üç tabakalı levhalarda özellikle iğne yapraklı ağaçlardan elde edilen levhaların orta kısımlarında planyalardan elde edilen atıklar kullanılması söz konusu değildir. Sert yapraklı ağaçların planyalama sonucu talaşlar orta tabakada %30'a kadar kullanılmaktadır. Ağaç işleyen makinalardan elde edilen diğer yongalar okal tipi yongalevhelerde kullanılmaktadır [18].

1.7. YONGALEVHA ÜRETİMİNDE KULLANILAN YAPIŞTIRICI MADDE TÜRLERİ

1.7.1. Fenol Formaldehit Tutkalı

Fenol ile formaldehitin reaksiyonu ile üretilen yapay reçinedir. Fenol yapay reçinesi kimyasal yollarla elde edilir. Fenol tutkalı suya, mantar ve böcek zararlarına, asit, yağ ve organik çözücülerin etkilerine karşı dayanıklıdır. Fenol formaldehit tutkalı meydana geliş biçimine göre novalak, resitol ve resit gibi isimler almaktadır. Tutkallama amacıyla genellikle resol kullanılır. 1 mol fenol ile 1.1–2 mol formaldehitin alkali ortamlarda işlem görmesiyle fenol formaldehit oluşur. Fenol renksiz ve aşırı zehirli bir kimyasal maddedir. Fakat fenol formaldehit tutkalının rengi şarap rengine (koyu) benzemektedir. Fenol formaldehit tutkalı suya ve kaynatma işlemine karşı oldukça dayanıklıdır. Bu nedenle Fenol formaldehit kullanılarak elde edilen kompozit levha ürünleri dış hava şartlarına karşı oldukça dayanıklıdır. İlave bir sertleştirici katılmaksızın 135–155 °C arasında sertleşmektedir. Sertleşme süresi melamin ve üreye göre daha uzun olduğu için sıcak preslemede daha yüksek sıcaklık ve süre

uygulanmalıdır. Resorsin sertleştirici olarak kullanıldığında daha düşük sıcaklıkta sertleşme sağlanır. Fakat resorsinin fiyatı yüksek olduğu için bunun yerine potasyum karbonat kullanılır. Potasyum karbonat kullanımını da bazı olumsuz etkilere sahiptir. Örneğin, sıcak presleme sonrasında levha yüzeylerinde bazı lekelenmelere sebep olmaktadır [19], [20].

1.7.2. Üre Formaldehit Tutkalı

Odun esaslı levhalarda en çok kullanılan tutkal türüdür. Bunun nedeni üre formaldehit tutkalının fiyatı diğer tutkallara göre daha ucuz olması ve sıcak preste sertleşme süresi daha kısa olmasıdır. Üre formaldehit bazı dezavantajları bulunmaktadır. Üre formaldehit tutkal, dış hava şartlarına dayanıklı levhaların üretiminde kullanılmamakta ve zamanla ham levhalardan serbest formaldehit emisyonu meydana gelmektedir ve havalandırılmanın az olduğu kapalı alanlarda kullanılması ile insan sağlığını olumsuz etkilemektedir [21].

Genel olarak üre formaldehit tutkalı rutubetli koşullara dayanıklı olmadığından dolayı iç mekânlarda uygulanacak ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır. Üre formaldehit tutkalındaki formaldehit oranı azaltılarak, üretilecek levhanın formaldehit emisyonu azaltılabilir. Fakat bu durumda, tutkalın preste sertleşme süresinin uzamasına ve fabrikanın kapasitesinin düşmesine neden olmaktadır. Levhanın formaldehit emisyonunun yüksek olması sağlık açısından sakıncalıdır. Ahşap esaslı levhalarda formaldehit TS EN 13986 standardına göre sınıflandırılmıştır. Avrupa Birliği tarafından diğer ülkelerden odun esaslı ürün alımlarında E1 sınıfı zorunlu tutulmaktadır. Formaldehit mol oranı düşürülerek formaldehit emisyonu düşük tutkallar üretilebilmektedir. Ülkemizde ihracat yapan levha fabrikaları E1 sınıfı tutkal kullanmakta, bu levhaları hammadde olarak kullanan mobilya üreticileri de E1 tutkalı ile üretilen levhalardan üretim yapmaktadırlar [22], [23].

1.7.2.1. Formaldehit Emisyonu ve Oluşumu

Formaldehit (CH_2O); rengi olmayan, kokusu keskin, zayıf asidik, suyla karışabilen, akışkan ve zehirli sıvıdır. Havada normal olarak 0,003 ppm'den daha az miktarda bulunmaktadır. Formaldehit; orman endüstrisi sektörü yanında boyalarda, kozmetik ürünlerinde, izolasyon malzemelerinde, tekstil ürünlerinde, deri ürünlerinde bulunmakta ve hatta çok küçük miktarda da insan vücudunda besinlerin yanması ortaya çıkmaktadır.

Aynı zamanda otomobillerin egzoz dumanında, sigara dumanında, odun yanmasında, doğal gazın yanmasında da orta çıkmaktadır [24].

Yüksek sıcaklık ve yüksek rutubet içeriği ÜF tutkalları ile üretilmiş MDF ve yonga levhaların içinde bulunduğu odada kötü koku problemi meydana getirmektedir. ÜF tutkalı kullanılarak üretilen levha ürünlerinde formaldehitin açığa çıkması iki faktör nedeniyle olabilir. İlki reaksiyona girmemiş ve levha yapısında var olan serbest formaldehitten olup, ikincisi ise sıcaklık ve rutubet etkisiyle aminoplastik bağların hidrolizi sonucu oluşan formaldehitten ileri gelebilir. Formaldehitin açığa çıkış şekillerinden ilki olan yonga levha ve MDF'lerde formaldehit emisyonunu birçok faktör etkilemektedir. Bunlardan en önemlileri üre ile formaldehitin mol oranı, pres sıcaklığı, çevre sıcaklığı ve kullanım yerindeki rutubet içeriğidir [25].

MDF' den ayrılan formaldehit miktarı, yapıştırıcıda kullanılan üre-formaldehit tutkalının Üre/Formaldehit (Ü/F) mol oranının bir işlevidir. Ü/F mol oranının azalması özellikle 1,10'un altına düşmesi halinde levha daha fazla şişmekte ve yüzeye dik çekme direnci azalmaktadır. Bu azalmayı telafi etmek için daha fazla tutkal ve hidrofobik madde ya da üre-formaldehit tutkalını melamin veya fenol ile modifiye etmek gerekmektedir. Ü/F mol oranının düşük olduğu üre-formaldehit tutkallarında tutkal miktarının artması formaldehit emisyonunu daha fazla artırmaktadır [24].

Odun esaslı levhalar TS EN 13986 standardına göre E1 ve E2 olmak üzere iki grupta sınıflandırılmıştır. E1; direnç ve su bağlantıları açısından uluslararası standartları karşılayan, sağlık yönünden çalışanlarda alerjik astım ve kanser olma riski bulunmayan yani insan sağlığını olumsuz etkilemeyen ürün anlamına gelmektedir [21], [22].

Levha taslağının sıcak presleme aşamasında gerek yarıda kalan kondenzasyon reaksiyonu gereği metilenol üre yapıları arasında ve gerekse de polimerleşen tutkal ile odunu oluşturan lif yüzeylerindeki karbonhidratların C6'daki OH, halka oksijeni ve köprü oksijeni arasında bağlanma kurulacaktır. Bu yapılar arasında kurulan bağlar kondenzasyon reaksiyonunun gereği olarak ya sadece su ya da su ile formaldehit açığa çıkaracaktır. Burada ortaya çıkan formaldehit kondenzasyon reaksiyonunun sonucu olarak metilenol üre yapıları arasında $-CH_2-$ şeklindeki bağlanmayla gerçekleşir. Bu oluşum pres sıcaklığı, pres basıncı ve ortam pH'ına bağlı olarak gerçekleşir. Oysa üretilen tutkalın mol oranına ve üretim sonrası uygulanan vakumun büyüklüğüne ve uygulama şekline bağlı olarak da tutkal içerisinde bir miktar formaldehit kalmaktadır.

Sonuç olarak gerek tutkal üretim aşamasında levha içerisinde kalan formaldehit gerekse de preste devam ettirilen kondenzasyon reaksiyonu sonucu oluşan formaldehit üretimden hemen sonra levhadan çevreye yayılan formaldehitin ana kaynağını oluşturmaktadır. Ayrıca, üretilen levhaların kullanım sırasında rutubete maruz kalmaları sonucu özellikle, selülozun C6'daki OH grubuyla polimerleşen bağlanmalarda formaldehit bozulmaları söz konusu olacaktır. Rutubet ve sıcaklık formaldehit yayılımının en önemli tetikleyici iki unsurudur [25].

Sertleştiricilerin türü, tutkal miktarı, kullanılan odunun cinsi, Ü/F mol oranı, presleme şartları ve depolama süresi formaldehit emisyonuna etki eden faktörlerdir. Formaldehit sağlık açısından merkezi sinir sistemini bozmaktadır. Uzun zincirli aldehitlerde uyuşturucu etkisi daha çok olmasına rağmen kısa zincirlerde tahrip edici etkisi daha çok görülmektedir. Üst solunum yollarında formaldehitin tahrip edici etkisi görülmektedir [26].

Yapılan çalışmalara göre, insanların çoğu genellikle 0.4 ppm formaldehit konsantrasyonu altındaki değerlerden rahatsız olmaktadır. Alerjik insanlar için bu sınır 0.25 ppm olarak belirtilmektedir. Düşük konsantrasyonlarda gözlerde hafif tahrişe neden olurken artan konsantrasyonlarda göz yanması, boğazlarda yanma ve tahriş oluşumu ortaya çıkmaktadır. 3.5 ppm'in üzerindeki konsantrasyonlar; çalışanların öksürmesine, gözlerinin yaşarmasına ve nefes alamamalarının neden olmaktadır [27].

1.7.3. Melamin Formaldehit Tutkalı

Melamin ile formaldehitin etkileşimi sonucunda melamin formaldehit üretilmekte olup, ortaya çıkan bu reçine, 90 ile 140°C arasındaki sıcaklıklarda sertleştirici katılmadan sertleşebilmektedir. Bu tutkalın elde edilmesi için; kömür ile kireç 2200 °C'de birleştirilerek kalsiyum karbür (karpit) elde edilir. Kalsiyum karbür 1000 °C sıcaklıkta havada azot ile birleşerek kalsiyum siyanamide dönüştürülmektedir. Dönüşümden sonra, alkali bir ortamda karbonik asit gönderilerek ısıtılır ve hidrolize olur, sonunda disiyanamid ortaya çıkmaktadır. Disiyanamid bazı fiziksel ve kimyasal şartlar ile melamine dönüşür. 1 mol melamin, 6 mol formaldehit ile tepkimeye girer ve trimetilol melamin meydana gelir. Kondenzasyon 5–6 pH ortamında oluşmaktadır. Nötrleştirme yolu ile kondenzasyon ürünü yeterli derecede çözülerek işleme son verilir. Melamin tutkalı, üre tutkalı kadar depolama işlemine elverişli değildir. Serin ve kuru bir yerde bulunduğu takdirde toz halindeki reçine 1 yıl dayanabilmektedir. Melamin formaldehit

tutkalının, üre formaldehite göre bazı avantajları bulunmaktadır. Melamin formaldehit tutkalı suya dirençli olup, ısı stabilitesi daha yüksek olup, düşük sıcaklıklı ortamlarda sertleştirici madde katılmadan sertleşebilir [28].

1.7.4. Resorsin Formaldehit Tutkalı

Bu tutkal reçinesi; 1 molresorsinin, 1 mol'den az formaldehit ile birleştirilmesiyle elde edilmekte olup, düşük sıcaklıklarda bile etkileşime girmektedir. Bu nedenle kullanılmaya elverişli bir tutkalın elde edilebilmesi için kondenzasyon reaksiyonu 3.5–4.5 pH'lık bir ortamda yavaş, fakat gerek daha asidik gerekse alkali ortamda hızlı bir şekilde oluşmaktadır. Nötr ortamda ise resorsin en stabil durumdadır. Resorsin tutkalı maliyetli olduğundan, bu tutkal yerine oranı %50'den daha fazla öğütülmüş odun talaşı, nişasta, fındikkabuğu ve soya fasulyesi unu gibi maddeler ilave edilerek kullanılmaktadır. Bu tutkal reçinesi saf olarak özel amaçlar için kullanılmaktadır. Genellikle diğer tutkallara fenol formaldehite eklenir. Fenol formaldehit ile karıştırıldığında sıcaklığı düşük ortamda sertleşir ve depolama süresi artmaktadır. Bu tutkal açık hava koşullarına ve kaynamış suya karşı dayanıklı olup, uçakların ağaç malzeme bölümleri ile gemi tutkallamasında kullanılmaktadır [29].

1.7.5. İzosiyanat Tutkalı

İki veya daha fazla NCO grubundan olan bu tutkal, poliüretan oluşumu için gerekli ana bileşenlerdendir. Aromatik, alifatik ve sikloalifatik olarak üçe ayrılır. Bu bileşenlerin arasında en önemli grubu, aromatikler oluşturmaktadır. Çünkü, aromatik yapılı izosiyanatların diğer gruplara göre daha aktiftir. Aromatik yapılı izosiyanatlar ticari olarak daha kolay bulunabilirler. Alifatik yapılı izosiyanatlar, nihai üründe belirli bazı özellikler elde edilmek için kullanılmaktadır. Örneğin ışık haslığı yüksek poliüretanlar, genellikle alifatik izosiyanatlarla üretilmektedir [30].

İzosiyanat tutkalı, fenoplastik tutkallar ile amino reçineler sadece adhezyon ile yapıştırılarak elde edilir. İzosiyanat tutkalı diğer tutkal türlerine göre pahalı olup, içeriğinde su bulunmamaktadır. İzosiyanat tutkalının tamamı yapıştırıcı madde olarak kullanılmaktadır. Rutubete dayanıklılığı, fenol formaldehit ile eşdeğer olup, yapışma etkisi ise fenol formaldehit tutkalına göre daha yüksektir. Bu tutkal, alüminyum ve çeliğe yapışarak transportör ve preslerde soruna neden olmaktadır. Daha önce yapılan çalışmada; etil metilen difenilizosiyanat tutkalının kullanımı sonucu üretilen levhaların teknolojik özellikleri, polimetilendi izosiyanat tutkalı ile üretilenlere kıyasla daha

yüksek bulunduğu tespit edilmiştir [31].

İzosiyanat tutkalının endüstriyel alanda kullanım sürecinin uzun olmasının nedeni bazı faktörlere bağlıdır. Bunlar;

- Buhar basıncının düşük ve toksin özellik göstermesi,
- Yongalevhanın pres plakalarına yapışması, yongalevhaların dış tabakalarında farklı yapıştırıcıların kullanılmasının gerekliliği,
- %100 sıvı halde olduğundan dolayı suyla seyreltilmesinin mümkün değildir, (Bu sorun emülsiyon olarak üretilmeleri ile kısmen çözülmüştür),
- Kontrplak üretimine uygunluğunun tartışılır olması
- Yüksek bir dirence sahip olmamalarıdır
- Maliyetli olmasıdır [32].

1.7.5.1. İzosiyanat Tutkalının Avantajları

- a. Yüksek yapışma ve kohezyon direncinin yüksek olması,
- b. Formülasyonunun esnek olması,
- c. Su bazlı olarak hazırlanabilir olması,
- d. Sertleşme sıcaklığının ve sertleşme hızının değiştirebilir olması,
- e. Yapısal özelliğinin iyi olması,
- f. Rutubet içeri yüksek olan ürünlerde kullanılabilir olması,
- g. Formaldehit emisyonunun olmaması,
- h. Islatabilme özelliğinin olması ve su almanın az olması izosiyanat tutkalının avantajları arasında sayılmaktadır [33]

1.7.5.2. İzosiyanat Tutkalının Dezavantajları

- a. Yüksek reaktiviteli olması; İzosiyanatlar metallerle ilişki kurabildiği için ve üre formaldehit ve fenol formaldehit reçinelerine göre kullanılabilme süresi önemli ölçüde kısılabilmektedir [33].
- b. Maliyetinin yüksek olması: üre formaldehit ve fenol formaldehit reçineleri ile karşılaştırıldığında izosiyanat tutkalının maliyeti oldukça yüksektir.
- c. Dayanımının sınırlı oluşu: izosiyanatlarla yapıştırılmış yaş halindeki örneklerin kuru

halindeki mukavemeti daha azdır.

d. Depolanma ve taşımadaki zorunluluklar: PMDI hava rutubeti ile etkileşerek katılaştır ve çözülme-yen poliüre ve karbondioksit (CO₂) yapıştırıcı çözeltinin yüzeyinde bir kabuk tabakası meydana gelir. Depolama tesislerinde mevcut havalandırma deliklerinde kurutma filtresi bulunmalıdır (kurutma maddeleri; silika jel veya kalsiyum klorür).

İzosiyanat tutkalının taşınması; dış hava şartlarından etkilenmeyecek şekilde izole edilmiş araçlarla yapılmalıdır. Tutkalın depolanması; kuru ve oda sıcaklığında en az 6 ay kalabilmelidir [34]. Şekil 1.3'te ticari olarak kullanılan izosiyanatlar görülmektedir.

Genel ismi	Formülü	Yapısı	Molekül Ağırlığı	Erime Noktası (°C)	Kaynama Noktası (°C)	Yoğunluk (g/l)
Toluen 2,4-diizosiyanat (TDI)	C ₉ H ₆ O ₂ N ₂		174,2	21,8	121 (10 mm Hg)	1,061 (20°C)
Toluen 2,6-diizosiyanat (TDI)	C ₉ H ₆ O ₂ N ₂		174,2	18,2	120 (10 mm Hg)	1,2271 (20°C)
65:35 karışım; tolüen 2,4 and 2,6-diizosiyanat (TDI-65/35)	C ₉ H ₆ O ₂ N ₂		174,2	5,0	121 (10 mm Hg)	1,222 (20°C)
4,4'-difenil metan diizosiyanat (MDI)	C ₁₅ H ₁₀ O ₂ N ₂		250,3	39,5	208 (10 mm Hg)	1,183 (50°C)
2,4'- difenil metan diizosiyanat (MDI)	C ₁₅ H ₁₀ O ₂ N ₂		250,3	34,5	154 (1,3 mm Hg)	1,192 (40°C)
2,2'- difenil metan diizosiyanat (MDI)	C ₁₅ H ₁₀ O ₂ N ₂		250,3	46,5	145 (1,3 mm Hg)	1,188 (50°C)
heksametilen diizosiyanat (HDI)	C ₈ H ₁₂ O ₂ N ₂	OCN-(CH ₂) ₆ -NCO	168,2	-67	127 (10 mm Hg)	1,047 (20°C)
İsoforon diizosiyanat (IPDI)	C ₁₂ H ₁₈ O ₂ N ₂		222,3	-60	158 (10 mm Hg)	1,061 (20°C)
m-tetra metilksilen diizosiyanat (m-TMXDI)	C ₁₄ H ₁₆ N ₂ O ₂		244,3	-	150 (50 mm Hg)	1,05 (20°C)
Disikloheksilmetan 4,4'-diizosiyanat (HMDI)	C ₁₅ H ₂₂ O ₂ N ₂		262,3	19-23	179 (10 mm Hg)	-
Trifenilmetan-4,4',4''-triizosiyanat	C ₂₂ H ₁₃ O ₃ N ₃	HC-(C ₆ H ₄ NCO) ₃	367,4	91	-	-
Naftalen 1,5-diizosiyanat (NDI)	C ₁₂ H ₆ O ₂ N ₂		210,2	127	183 (10 mm Hg)	1,450 (20°C)
p-fenilen diizosiyanat (PPDI)	C ₈ H ₄ O ₂ N ₂		160,1	96	111 (12 mm Hg)	1,441 (20°C)

Şekil 1.3. Ticari olarak kullanılan izosiyanatlar.

1.7.6. Termoplastik Tutkallar

Termoplastik tutkallar ısıtılmak suretiyle yumuşayabilen, soğuduktan sonra sertleşen tutkallardır. Termoplastik tutkalın avantajlı yanları; bu tutkal soğuk olarak uygulanmakta ve yüzeylerin üzerine kolaylıkla sürülmektedir. Tutkal kokusuzdur ve yanmaz özellik taşımaktadır. Termoplastik tutkalın kullanıldığı yongaların işlenmesinde işleme aletlerini yıpratmaz ve yongada lekeleme kusuru olmaz. Termoplastik tutkalların sakıncalı yanı, sıcaklık 70 °C 'den sonra yonga ile yapışma özelliğini yitirmesidir.

1.8. YONGALEVHA ÜRETİM TEKNİĞİ

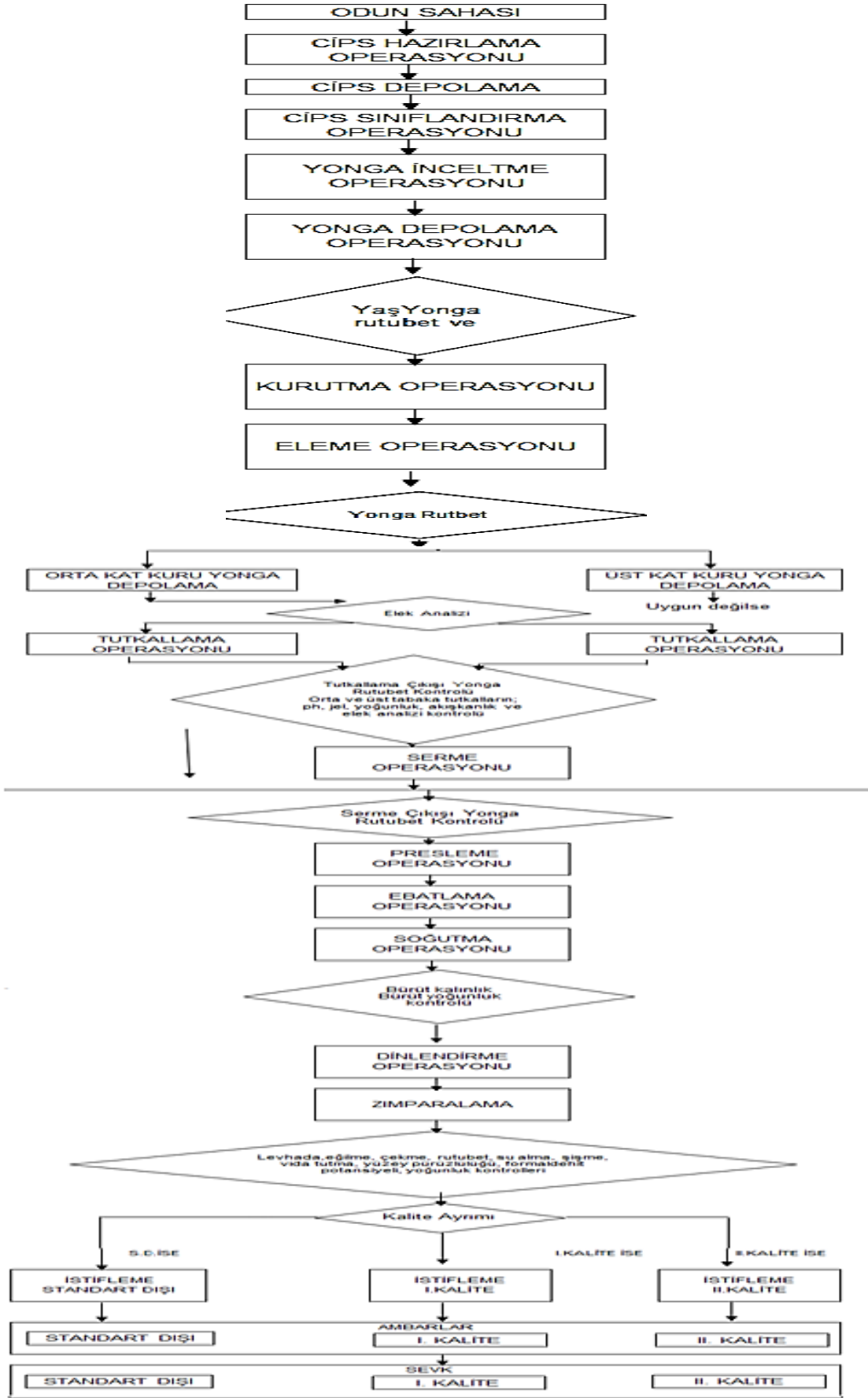
Depolama işlemi yongalevha üretiminin ilk aşamasını oluşturmaktadır. Yongalevha üreten fabrikalar ortalama 2-3 aylık üretimi kapsayacak kadar hammaddeyi deposunda bulundurması gerekmektedir. Depolama aşamasında depoların zemininin temiz ve düzgün olması gerekmektedir. Depolarda ağaç malzemenin deforme olmaması için hayvansal ve bitkisel zararlılara karşı kimyasal maddeler kullanılmalıdır. Şekil 1.4'te yongalevha üretimine ait iş akış şeması görülmektedir.

1.8.1. Yongalama

Yongalama aşamasında odun liflerinin ezilmemesi, zarar görmemesi gerekmektedir. Yongalama işleminin düzgün yapılması liflerin kalitesini etkilemektedir. Yongalama işleminde bıçaklar keskin olmalı ve odun rutubetinin %30'dan az olmaması gerekmektedir. Eğer rutubet düşük olursa odun liflerinin kırılması ve ezilmesi yardımıyla liflerin kalitesi azalır, enerji tüketimi artacaktır.

Yonga uzunlukları 20-25 mm, genişliği 15-20 mm ve boyutları 4-5 mm kalınlıkta olup, 4 mm'nin altı ve 40 mm'nin üzerinde olmamalıdır.

Yongalamada aşamasında yongaların boyutları eşit büyüklükte olmalı. Aksi takdirde yongaların boyutlarının farklı olması durumunda yongaların pişirme dereceleri de farklı olmaktadır. Boyutları küçük olan yongalar kazanda uzun süre pişirilirse liflenir ve liflenmeye karşı direnç gösterir.



Şekil 1.4. Yongalevha üretimine ait iş akış şeması.

Kabukları soyulmuş ince tomrukların yongalama makinesi ile eleme yapılmadan üretimde kullanılacak yüksek kapasiteli yongalar üretilmektedir. [35]. Yongalama makinası Şekil 1.5'te görülmektedir.



Şekil 1.5. Yongalama makinası.

Yongaların uzunlukları kaba yongalama makinelerinde üretimde kullanım yerine göre ayarlanmaktadır. Yongaların uzunlukları 30-60 mm arasında değişmektedir. Yonga boyutları levha özellikleri için önemli olduğundan, standartlara uygun boyutlarda yonga üretmek firmaların ilk amacıdır. Uygun standartlarda yonga üretimi kaba yongalama ile başlayarak kaba yongalar üretilmektedir. Yongalama makinesinin bıçakları uygun olarak bilinmelidir. Kaba yongalama makinasından elde edilen kaba yongalar Şekil 1.6'da görülmektedir [36].



Şekil 1.6. Kaba yongaların genel görünümü.

1.8.2. Yongaların Kurutulması

Yongaların rutubeti tutkalamadan önce %2-3 olması gerekmektedir. Tutkallama işleminden sonra yongaların rutubeti %10 ile %18 arasındadır. Yongaların rutubet miktarları, üretimde kullanılacak tutkalın çeşidine, miktarına ve pres öncesi yüzey tabakalarının nemlendirme derecesine bağlı olarak farklılık göstermektedir.

Yongaların kurutulmasında ısı transferleri; direk temas yolu ile kurutma, konveksiyon yoluyla kurutma ve radyasyon yoluyla yapılan bir yöntemdir. Temas yoluyla kurutma; çok basit bir yöntem olmasına rağmen kurutma süresi uzudur. Bu yöntemde, yongaya temas eden yüzey kurutulmaktadır.

Konveksiyon yoluyla kurutma; temas yolu kurutma işlemine kıyasla yongaların başlangıç rutubeti, yongaların kalınlığına, büyüklüğüne, üretim aşamasındaki havanın sıcaklığı ile üretim hızına bağlıdır.

Radyasyon yoluyla kurutma; yongaların kuruması uzun olup diğer yöntemlere göre daha maliyetlidir. Bu sistem; levhaların konveksiyon yoluyla kurutma kurallarına uygun olarak iki aşamada yapılır; ilk aşamada lümenlerdeki serbest su (kapiler) uzaklaşır, ikinci aşamada ise higroskopik yani bağlı su uzaklaşmaktadır [37].

1.8.3. Yongaların Elenmesi

Kurutucudan çıkan %3-5 rutubet aralığındaki karışık haldeki yongaların üretimde kullanılabilmesi için tasnif edilmesi gerekmektedir. Bu sebeple yongalar mekanik ya da pnomatik tasnif sistemleri kullanılarak ayrılırlar. Şekil 1.7’de görülen Pall eleklerden geçen yongalar tekrar başka bir pnomatik havalı ayırıcıya geçerler. Bu havalı ayırıcılarda yongaların içlerindeki kum, metal, çakıl vb. yabancı cisimler hava yardımıyla yongadan ayrılırlar [5].



Şekil 1.7. Pall elek.

1.8.4. Yongaların Depolanması

Homojen boyutlardaki yongalar dış tabaka ve orta tabaka silolarına sevk edilerek depolanırlar. Silonların görevleri; yongaların işlemler arasındaki akışı kontrol etmek, istenilen miktarda kullanılacak hammaddelerin akışını sağlamaktır. Tutkallama işlemi yapılan yongalar toplanarak düzenli bir şekilde serme makinesine verilmesini sağlamaktır. Silonların bir başka görevi ise; doldurma hızını eşit hale getirerek, ilk olarak depoya giren yongaların ilk olarak çıkmasını sağlamaktır [37].

Silonlarda aranan özellikler;

- a. Ana depo olarak belli hacimlerdeki yongaları depolamak.
- b. Yongaların giriş çıkışı otomatik olmalıdır.
- c. Silo içinde yonga seviyesinin değişmesiyle birlikte birim hacim ağırlığının değişmemesi.

- d. Yongaların silodan çıkışı siloya giriş sırasına göre olmalıdır.
- e. Bir tesisteki tüm silolar aynı yapıda olmalıdır.
- f. Siloların tamir ve bakımı kolay yapılabilmelidir [37].

1.8.5. Yongaların Tutkallaması

Levha kalitesini, kullanılan ağaç türü ile birlikte tutkallamada kullanılacak yapıştırıcı madde de etkilemektedir. Levhalarda tutkallamada kullanılan yapıştırıcı kaliteli ve yapışma direncinin yüksek ve tutkallama işlemi kusursuz olmalıdır.

1 m² yonga yüzeyi için 8-12 gr sıvı tutkal gerekmektedir. Tutkallama işleminde yongalar birbirine benzer bir şekilde yapılması levhanın direnç özelliklerini arttırmaktadır. Yongaların tutkallanmasında en uygun yöntem noktasal tutkallama yöntemidir. Bu yöntemde tutkalın çözeltisinin büyüklüğü eşit olup, tutkal taneciklere ayırarak yonganın yüzeyine aynı ölçüde dağıtılmaktadır. Tutkal taneciklerinin boyutları küçüldükçe, birim ağırlıktaki tutkaldan üretilen tane sayısı ve yonga yüzeylerinin tutkalla örtülme imkânı artmaktadır. Yonga kalınlığının artması, yonganın ölçüsünün normalinden fazla büyümesi, levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerini kötüleştirir. Şayet kullanılan tutkal taneciğinin çapı çok küçülürse tutkal havaya yayılır ve yonganın yüzeyindeki tutkal oranının tespiti zordur [38]. Tutkallama makinası Şekil 1.8'de verilmiştir.



Şekil 1.8. Tutkallama makinası.

1.8.6. Yongaların Sermesi

Yongalevha üretiminin en önemli aşaması; tutkallama makinelerinden çıkan yongaların tamamı ayı yapıda ve bir taslak halinde serilerek ve presleme işlemine hazır hale getirilmesidir. Serme işlemi eğer uygun bir şekilde yapılmaz ise elde edilen levhanın fiziksel özelliklerinin değişmesine neden olduğu gibi, buna bağlı olarak da uygun preslemenin yapılmamasına neden olmaktadır. Yongalevhanın özgül ağırlığındaki değişimler, levhaya ait mekanik özelliklerin değişmesine neden olur. [39].

Tek tabakalı homojen levhalarda yongaların serme işlemi, ince ve kaba yongaların karışık olarak serilmesi şeklinde olmaktadır. Çok katlı veya katları belirsiz levhalarda ise ayrılmış yonga büyüklüklerini koruma açısından uygun serme başlıkları kullanılmaktadır. Bu başlıklar; atma veya fırlatma çarkı, çift yıldız çarkı ve üç yıldız çarkıdır. Bu başlıkların verimli bir şekilde çalışması ise dozajlama ünitelerinin çalışmasına bağlıdır. Dozajlama üniteleri; yongaların, serme başlıklarına aynı miktarda gönderilmesini sağlamaktır. Dozajlama üç esasa göre yapılmakta; bunlar hacim, ağırlık ve hacim ağırlıktır [40]. Şekil 1.9'da yongaların serilmesi görülmektedir.



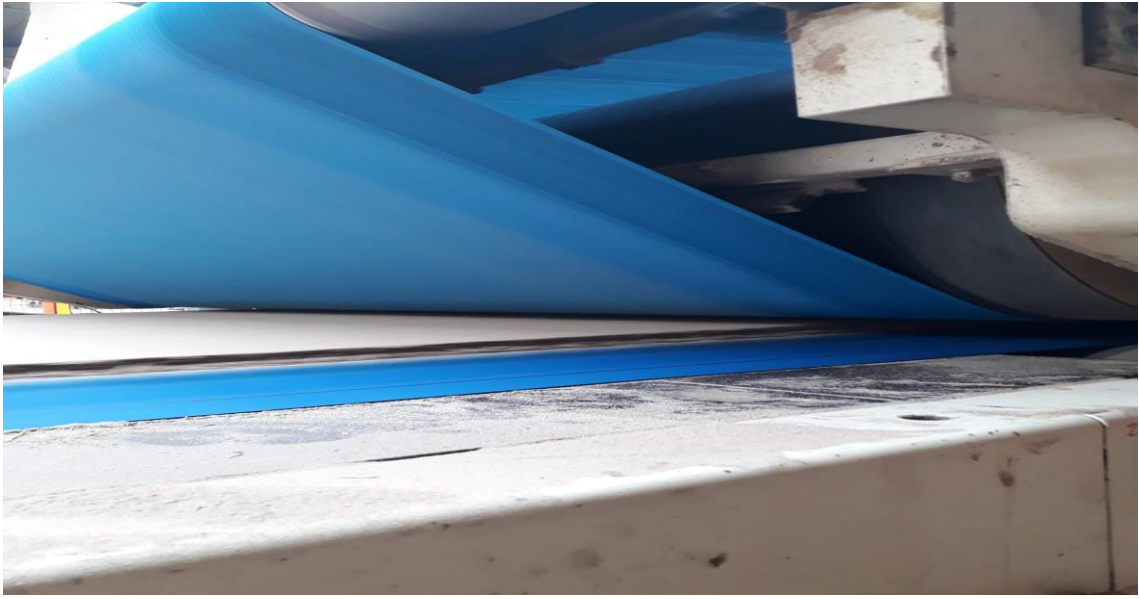
Şekil 1.9. Yongaların serilmesi.

1.8.7. Yongaların Preslenmesi

Yongalevha endüstrisinde presleme soğuk pres ve sıcak pres olarak uygulanmaktadır. Levha direk olarak sıcak prese verilmesi durumunda, pres katlarındaki mesafe artar, presin kapanma süresi uzayarak ısı kaybına neden olmaktadır. Bu durumda levhanın yüzey düzgünlüğü bozulur ve ince yongalar sarsıntı ile alt tabakaya kayarak levhanın simetrisi bozulur [39].

1.8.7.1. Ön Pres (Soğuk Pres)

Serilen yongaların taslakları soğuk preste sıkıştırılır. Yongaların serilmesi işlemi yapılırken bazı yongalar taslak içerisinde eğimli olarak bulunmaktadır. Levhaların eğimli olması uygulanacak sıcak pres için sorun olmaktadır. Bu durumda taslağa düşük basınçta soğuk pres uygulanarak eğimli olan levhalar düzeltilir. Levha örneği soğuk pres yapılmadan direk olarak sıcak presleme yapılırsa, elde edilen levhanın yüzeyi bozulmaktadır [15]. Şekil 1.10'da levhaların soğuk presten geçirilmesi görülmektedir.



Şekil 1.10. Soğuk pres.

1.8.7.2. Sıcak Pres

Bu preslemede levha istenilen kalınlıkta sıkıştırılarak gerekli basınç ortamı oluşturulur. Levhaya uygulanan tutkal sertleşmesi için istenilen sıcaklıkta ısıtılır ve yongalar yapıştırılır. Yongalevha üretimi aşamasında tek ve çift katlı presler uygulanmaktadır. Tek katlı preslerde her presleme periyodunda sadece bir tane levha preslenirken çok katlı preslerde pres katlarının sayısı 4-22 arasında değişir. Preslerde (tek veya çok katlı) basınç hidrolik olarak sağlanır. Pres plakaları sıcak su, buhar, kızgın yağ ya da yüksek frekans ile ısıtılabilir. Pres sıcaklığı, kullanılan tutkal türüne bağlı olarak 150–220 °C arasında değişmektedir. Bu süre tutkalın sertleşme süresi ve levhanın kalınlığına göre 3–7 dakika arasında olmaktadır [41]. Şekil 1.11'de levhaların sıcak presten geçişi görülmektedir.



Şekil 1.11. Sıcak pres.

1.8.8. Yongalevhaların Klimatize Edilmesi

Preslenen levhalar üst üste istiflenirse, levha sıcaklığı 70 °C'nin üzerinde olması durumunda, levhanın yapıştırılması için kullanılan üre formaldehit tutkalı oluşan tutkal nedeniyle yapışma direnci azalmaktadır. Levhaların yapıştırılması için fenol formaldehit tutkalı kullanılan levhalarda direnç değerleri azalmaz ve rahat istiflenmektedir. Üre formaldehit tutkalı ile üretilen levhalar üst üste istiflenmesi durumunda levhalar arasına lata konulur. Levhalar 68–70 °C'ye kadar soğutulduktan sonra istifleme işlemi yapılmalıdır. İşletmelerde levhaların soğutma işlemi soğutma kanallarında, soğutma presi ile soğutma yıldızlarında yapılmaktadır. Klimatize işlemi ile levhanın sıcaklığı ve rutubeti dengelenerek tutkal daha iyi sertleşmektedir [39]. Şekil 1.12'de levhaların yıldız soğutucuda soğutulması görülmektedir.



Şekil 1.12. Yıldız soğutma ünitesi.

1.8.9. Yongalevhaların Boyutlandırılması

Bu aşama presleme yapıldıktan sonra ya da levhaların klimatize edilmesinden sonra yapılmaktadır. Eğer levhalar klimatize aşamasından sonra sıcak iken boyutlandırma yapılır ise bu işlem yararlı olmaz. Yongalevhaların yan alma işi, levhaların soğutulmasından önce yapılırsa kenarlar kaba görülmektedir. Boyutlandırma işlemi soğutma işleminden sonra yapılmaktadır. Şekil 1.13'te yongalevhaların boyutlandırma ünitesi görülmektedir.



Şekil 1.13. Boyutlandırma ünitesi.

1.8.10. Yongalevhaların Zımparalanması

Presleme işleminden sonra çıkan yonganın yüzeyleri pürüzlü olup, kalınlıkları homojen değildir. Yongaların kalınlıklarında oluşan hataları giderebilmek için yongalar zımpara makineleri ile zımparalanmaktadır. Zımpara makinasının genel görünüşü Şekil 1.14'te görülmektedir.



Şekil 1.14. Zımpara makinası.

1.8.11. Yongalevhaların İstiflenmesi

Yongalevhalar preslendikten sonra kalınları ölçülür ve üretilen levhaların kalınlık sapmaları $\pm 0,3$ mm'den çok ise elde edilen levhalar 2.inci sınıf levha olarak kabul edilir. Levhaların sıcaklığı 18 °C ile 24 °C arasında ve rutubet oranı %60 ile %65 olan depolarda zımparalandırma işlemi yapılır. Levhalar düz bir zeminde istiflenmelidir [39]. Levhaların depolarda stoklanması Şekil 1.15'te görülmektedir



Şekil 1.15. Yongalevhaların istiflenmesi.

Yongalevha üretiminde birçok yapıştırıcı madde kullanılmaktadır. En yaygın olarak kullanılanlar, fenol formaldehit, üre formaldehit, melamin formaldehit, resorsin formaldehit, izosiyanat ve termoplastik tutkallarıdır. Bu çalışma kapsamında, MÜF ve PMDI ilaveli yongalevhalar üretilerek birbiri ile karşılaştırılmıştır. Levhaların orta tabakasında kullanılan melamin üre formaldehit (MÜF) tutkalına farklı oranlarda izosiyanat tutkalı (PMDI; polymeric methane diphenyl diisocyanate) ilave edilerek yongalevhaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla doğrultusunda, fabrika ortamında on bir farklı grupta yongalevha üretilerek sonuçlar değerlendirilmiştir.



2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. MATERYAL

Bu çalışma kapsamında kullanılan deneme levhaları Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi Gebze fabrikasında fabrikasyon ortamda elde edilmiştir. Bu çalışmada odun karışımı olarak %15 ladin, %50 çam, %20 meşe, %10 kapak, %5 talaş kullanılarak, 18 mm kalınlıkta üretilen yongalevhalar kullanılmıştır. Üretilen levhaların hedef yoğunluğu 630 kg/m³'tür. Levhaların üretiminde MÜF ve PMDI tutkalı kullanılmış olup, bu tez çalışmasında MÜF tutkalı ile PMDI tutkallarının değerlendirilmesi yapılmıştır. MÜF ve PMDI tutkallarından üretilmiş levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesinde toplam 11 adet 1830x3660 mm boyutlarında yongalevha kullanılmıştır. Yapılan denemelerde %0 (kontrol), 0,5, 0,75, 1, 1,5, 2 oranında PMDI tutkalı kullanılmıştır. MÜF tutkalı ile elde edilen tüm levhaların orta tabaka tutkal oranı %8,5 alınmış iken, dış tabakalarda kullanılan MÜF tutkal oranı sırası ile %11, %11,5, %12, %12,5 ve %13,5 olarak kullanılmıştır. Tutkalın yongaya katılım oranı orta tabaka için %70, dış tabakada ise %30 oranındadır. Tam kuru tutkal ağırlığına oranla, parafin miktarı %0,40 olarak kullanılmıştır.

Levha üretiminde kullanılan MÜF tutkalı, Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi'nden temin edilmiştir. MÜF tutkalının sahip olduğu teknik özellikler Çizelge 2.1'de görülmektedir.

Çizelge 1.5. MÜF tutkalının teknik özellikleri.

Tutkal Özellikleri	MÜF
Katı Madde (%)	65,37
Yoğunluk g/cm ³	1,285
Viskozite (cps)	562
pH	8,52
Jelleşme süresi (sn)	50
Su toleransı	-
Mol oranı	0,95
Melamin oranı (%)	23

MÜF ve PMDI tutkallarından elde edilen yongalevhaların üretim parametreleri Çizelge 2.2 ve Çizelge 2.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 1.6. MÜF Tutkallı levhaların üretim parametreleri.

Tutkal Çeşitleri / Levha Grupları		A	B	C	D	E
MÜF Tutkalı Oranı (%)	Orta	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
	Dış	11	11,5	12	12,5	13,5
Yonga Katılım Oranı (%)	Orta	70	70	70	70	70
	Dış	30	30	30	30	30
Tutkal Mol Oranı		0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Melamin Oranı (%)		21,5	21,5	21,5	21,5	21,5
Parafin Oranı (%)		0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Üretim Hızı (mm/dk)		340	340	340	340	340
Kalınlık		18	18	18	18	18

2.2. YÖNTEM

2.2.1. Yongalevhaların Fiziksel Özellikleri

Bu çalışma kapsamında; Kastamonu Entegre Ağaç Sanayinin Gebze fabrikası laboratuvarında MÜF ve PMDI tutkalları ile üretilen levhaların fiziksel özelliklerden yoğunluk (birim hacim ağırlık) değeri, rutubet miktarı, kalınlık artış oranı ve su alma oranları tespit edilmiştir.

Çizelge 1.7. PMDI tutkallı levhaların üretim parametreleri.

Tutkal Çeşitleri / Levha Grupları		Kontrol	A	B	C	D	E
PMDI Tutkalı Oranı (%)	Orta	0	0,5	0,75	1	1,5	2
MÜF Tutkalı Oranı (%)	Orta	7,65	7,65	7,65	7,65	7,65	7,65
	Dış	12	12	12	12	12	12
Yonga Katılım Oranı (%)	Orta	70	70	70	70	70	70
	Dış	30	30	30	30	30	30
Melamin Oranı (%)		21,5	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5
Parafin Oranı (%)		0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Sertleştirici Oranı (%)		2	2	2	2	2	2
Üretim Hızı (mm/dk)		550	550	550	550	550	550
Kalınlık		18	18	18	18	18	18

2.2.1.1. Yoğunluk (Birim Hacim Ağırlığı)

Yoğunluk değerlerinin belirlenmesinde eğilme direnci ile eğilmeye elastikiyet modülü testlerinde kullanılan örneklerden hazırlanmıştır. Bu çalışma kapsamında TS EN 323 standardında, 100x100 mm boyutlarında 20 adet deney örneği kullanılmıştır. TS EN 326-1 standardında belirtildiği üzere levhalar 20 °C sıcaklık ve %65 bağıl nem ortamında yongalevhaların ağırlıkları değişmeyinceye kadar bekletilmiştir. Elde edilen numunelerin üç yönde boyutları 0,01 duyarlılıkta kumpasla belirlenmiş, daha sonra ağırlıkları da 0,01 hassaslıktaki terazide tartılarak belirlenmiştir [42], [43]. Bu veriler ışığında yongalevhaların yoğunlukları tespit edilmiştir. Levhaların yoğunluk değerlerinin belirlenmesinde hava kurusu özgül kütle değerleri esas alınmıştır. Birim hacim ağırlık (δ) aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır.

$$\delta = \frac{m}{V} \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad (2.1)$$

$$\delta = \text{Birim hacim ağırlık (g/cm}^3\text{)}$$

$$m = \text{Alınan örneğin ağırlığı (g)}$$

$$V = \text{Alınan örneğin hacmi (cm}^3\text{)}$$

Şekil 2.1’de yoğunluk deney örneklerinin boyutlarının ölçülmesi görülmektedir.



Şekil 1.16. Yoğunluk deneyinde örnek boyutlarının ölçümü.

2.2.1.2. Yongalevhaların Rutubet Miktarı

TS EN 322 standardında belirtilen esaslara göre levhaların rutubet miktarlar belirlenmiştir. Levhaların rutubet miktarının belirlenmesi için, her bir levha grubu için 5 adet 50x50 mm boyutlarında deney örnekleri hazırlanmıştır. TS EN 326-1 standardına uygun olarak hazırlanan numuneler önce hassas terazide tartılıp, daha sonra 103±2 °C’de ağırlığı değişmeyinceye kadar kurutma işlemi yapılmıştır. Tartımlar 6 saat ara ile yapılmış olup, iki tartım arasındaki fark deney numunesi ağırlığının 0,01’den fazla olmaması durumunda, bu ağırlık değişmez ağırlık olarak kabul edilmiştir. [43], [44]. Rutubet miktarı, aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır.

$$H = \frac{M_H - M_0}{M_0} \times 100 \quad (2.2)$$

H: Rutubet (%)

M_H: Deney parçasının numunenin alınması sırasındaki ağırlığı (g)

M₀: Deney parçasının kurutmadan sonraki ağırlığı (g).

2.2.1.3. Su Alma Oranı

2 saatlik ile 24 saatlik su alma oranlarının belirlenmesi için 50x50 mm ebadında yüzeyi zımparalanmış ve uçları düzgün ebatlarda kesilen 5’er adet örnekten yararlanılmıştır. Her örneğin ağırlığı ± 0,01 mg duyarlılıkta analitik terazide tartılmıştır. Kullanılan numuneler 20±2 °C sıcaklığındaki temiz suya 2 saatlik ve 24 saatlik zaman zarfında hazırlanan numune, 25 mm suyun yüzeyinin altına bastırılmıştır. Numuneler hiçbir yere değmeden suya bastırılmıştır. 2 saat ve 24 saat sonunda numuneler suyun içinden çıkartılmıştır. Numunelerin ağırlıkları ± 0,01 mg duyarlılıkta analitik terazide

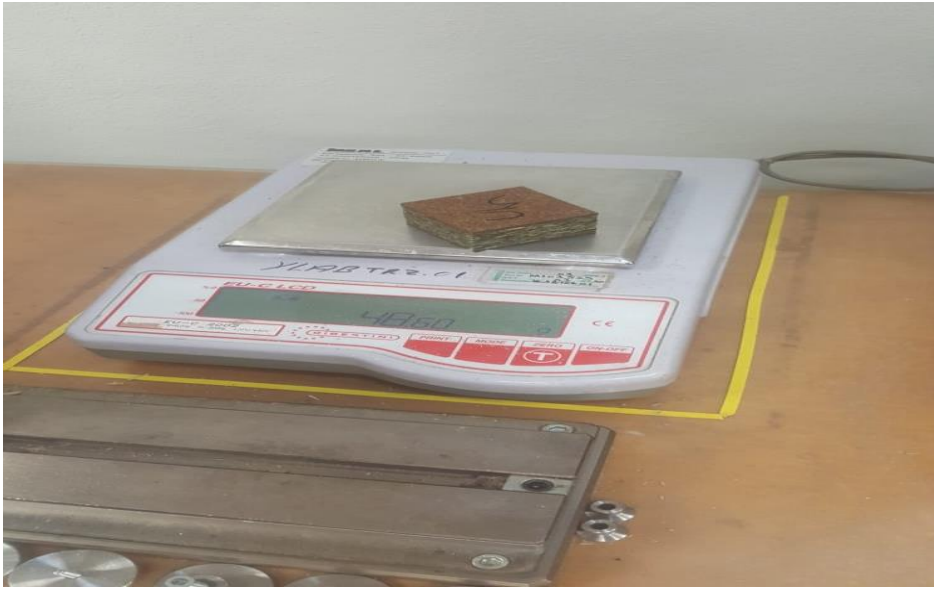
belirlenmiştir. Su alma miktarı aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır. Şekil 2.2’de 2 saat su banyosunda kalmış deney örneğinin laboratuvar çalışmaları görülmektedir [45].

$$S_a = \left[\frac{(m_y - m_k)}{m_k} \right] \times 100 \quad (\%) \quad (2.3)$$

S_a = Numunelerin su alma oranı (%)

m_y = Yaş numune ağırlığı (g)

m_k = Klimatize edilmiş durumdaki numunelerin ağırlığı (g).



Şekil 1.17. Suda 2 saat beklemiş deney örneğinin tartımı.

2.2.1.4. Kalınlık Artımı (Şişme)

Levhaların şişme ile su alma miktarları TS EN 317 standardına göre hesaplanmıştır. Her bir gruptan 50x50±0,3 mm ebadında yüzeyi zımparalanmış ve uçları düzgün ebatlarda 5'er adet numune elde edilmiştir. Elde edilen numuneler hassas bir terazi yardımıyla (±0,01) ve dijital kumpas (±0,01) ile ölçülmüştür. Numuneler 2 saat ve 24 saat suyun içerisinde bekletildikten sonra levhaların şişme oranları belirlenmiştir. Sürelerin sonunda deney parçasının üzerindeki fazla suyu kuru bir bezle silinmiştir. Her deney parçasının kalınlığı köşegenlerin kesişme noktasından ± 0.01 mm duyarlılıkta kumpasla ölçülmüştür [45].

Kalınlık artışları aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır. Şekil 2.3’te kalınlık artışı

laboratuvar çalışması görülmektedir.

$$KA = \left[\frac{(e_y - e_k)}{e_k} \right] \times 100 (\%) \quad (2.4)$$

$KA =$ Levhaların kalınlık artımı (şişme) (%)

$e_y =$ Suyun içindeki numunelerin kalınlığı (mm)

$e_k =$ Klimatize edilmiş durumdaki numunelerin kalınlığı (mm).



Şekil 1.18. Kalınlık artışı (şişme) örneği.

2.2.2. Yongalevhaların Mekanik Özellikleri

Bu tez çalışması kapsamında; MÜF ve PMDI tutkalı ile üretilen levhaların mekanik özelliklerden eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, yüzeye dik çekme direnci, vida tutma direnci ve yüzey sağlamlığı testleri yapılmıştır.

2.2.2.1. Eğilme Direnci

Bu çalışma kapsamında TS EN 310 standardına göre yapılan eğilme direnci deneyinde kullanılan deney örneğinin boyutları 420x50x18 mm olarak belirlenmiştir. Deney örnekleri %65 bağıl nem ve 20±2 °C sıcaklıktaki iklimlendirme odasında her bir gruptan beşer adet örnek klimatize edildikten sonra genişlik bir noktadan, kalınlıklar ise yükleme işleminin yapıldığı hat üzerinde iki noktadan 0.01 mm duyarlılıkta kumpasla ölçülerek ortalaması alınmıştır. Eğilme direnci aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır [44]. Şekil 2.4'te eğilme direnci laboratuvar çalışması görülmektedir.

$$\delta_e = \frac{3}{2} \times \frac{F \times L_3}{b \times d^3} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2.5)$$

δ_e = Eğilme direnci (N/mm²)

F = Levhanın kırılma aşamasında uygulanan en yüksek kuvvet (N)

L_s = Dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm)

B = Levha genişliği (mm)

D = Levha kalınlığı (mm).



Şekil 1.19. Test levhalarına ait eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü deneyi.

2.2.2.2. Eğilmede Elastikiyet Modülü

Eğilmede elastikiyet modülü değeri TS EN 310 standardına uygun olarak belirlenmiş olup, deney örnekleri %65 bağıl nem ve 20±2 °C sıcaklıktaki iklimlendirme odasında klimatize edilmiştir. Örneklerin eğilme direnci deneyleri yapılırken deformasyon bölgesinde eğilme miktarı 0.01 mm duyarlılıktaki tensometre ile kırılma anındaki kuvvet 1 kg duyarlılıkla belirlenmiştir. Yükleme başlığının hızı 60±30 saniyede en büyük kuvvete ulaşacak şekilde ayarlanmıştır. Yapılan deneylerde yükleme hızı sabit tutulmuştur [46]. Eğilmede elastikiyet aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır.

$$E = \frac{F \times L_3^3}{4 \times \Delta_e \times b \times d^3} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2.6)$$

E = Eğilmede elastikiyet modülü (N/mm²)

F = Deformasyonu sağlayan kuvvet (N)

L_s = Dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm)

Δ_e = Eğilme miktarı (sehim) (mm)

b = Örnek genişliği (mm)

d = Örnek kalınlığı (mm).

2.2.2.3. Yüzeye dik çekme direnci

Bu deney TS EN 319 standardına göre yapılmış olup, numunelerinin temin edilmesinde ve numunelerin kesiminde TS EN 326-1 standardı uygulanmıştır. Her bir gruptan ayrı ayrı altı adet 50x50 mm ebatlarındaki numuneler TS EN 325 standardına uygun olarak 0,01 duyarlıklı mikrometre ile ölçülerek hazırlanmıştır. Numunelerin her iki yüzüne standartlarda belirtilen profillere sahip olan kayın takozları polivinil asetat tutkalı (PVAc) kullanılarak yapıştırılmıştır. Yapıştırılan numuneleri 5-10 dk bekletilmiş olup, deney makinesinin kavrama çenelerine numuneler yerleştirilmiştir. Numune yüzeyine dik yönde çekme kuvveti uygulandıktan sonra, numunenin yüzeyinde dik yönde kırılma olana kadar, numuneye benzer bir çekme kuvveti uygulanmıştır. Bu durumda numunelerin yüzeye dik yönde dayanıklılığı test edilmiştir. Numunenin kopması için uygulanan kuvvet %1 hassasiyette ölçüm yapan üniversal test cihazında otomatik kaydedilmiştir. Yüzeye dik çekme direnci, kırılma anındaki maksimum çekme kuvvetinin, numunenin enine kesit alanına bölünmesi ile hesaplanmıştır [43], [47], [48]. Yüzeye dik çekme direncinin hesaplanması aşağıdaki gibi yapılmıştır. Şekil 2.5'te yongalevhaların yüzeye dik çekme direnci deney görüntüsü verilmiştir.

$$Y_{dc} = \frac{F_{max}}{A} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2.7)$$

Y_{dc} = Yüzeye dik çekme direnci (N/mm²)

F_{max} = Levanın kırılma anındaki uygulanan maksimum kuvvet (N)

A = Numunenin enine kesit alanı (mm²).



Şekil 1.20. Yongalevhaların yüzeye dik çekme direnci deney görüntüsü.

2.2.2.4. Yüzey Sağlamlığı Değeri

Yüzey sağlamlığı değerinin belirlenmesinde, TS EN 311 standardı dikkate alınarak numune boyutları hazırlanmıştır. Her bir gruptan üretilen levhalardan 50x50x18 mm boyutlarında altışar adet numune alınmıştır. Numunelerin tam orta kısmından freze ile 0,3±0,1 mm derinlik açıldı. Numuneler %65 bağıl nem ve 20±2 °C sıcaklıktaki iklimlendirme odasına bırakıldı ve numunenin kütlesi değişmeyinceye kadar klimatize edildi. Numuneler iklimlendirme odasında çıkartıldıktan 1 saat sonra deneye tabi tutuldu. Yapılan deney sonucu alınan örnekler sıcak test aparatına ortalanarak, maksimum 0,3 gram MÜF tutkal ile numune levha yüzeye yayararak yapıştırıldı. Numune üzerine 0,1-0,2 N/mm² kuvvet uygulandı [49]. Yapılan deney sonucunda tutkal soğuduktan sonra numune makineye yerleştirildikten 30-90 saniye sürede kopma gerçekleşmiştir. Numunenin kopması için uygulanan maksimum kuvvet %1 hassasiyetle ölçülmüştür.

$$YS = \frac{F}{A} (N/mm^2) \quad (2.8)$$

F = Kopma anındaki kuvvet (Newton)

A = Yüzey alanı (1000 mm²).

2.2.2.5. Vida Tutma Direnci

TS EN 320 standardına göre lif levhalarda vida tutma direnci kabiliyeti esaslarına göre hazırlanmıştır. Her bir gruptan üçer adet 50x50x18 mm ebatlarında numune alındı. Numuneler %65 bağıl nem ve 20±2 °C sıcaklıkta iklimlendirme odasında numunelerin

ağırlıkları değişmeyinceye kadar bekletilmiştir. Numuneler 24 saat süre zarfında tartılmıştır. Yapılan iki ölçüm arasındaki kütle farkı, alınan numune kütlesinin %0,1 den az olması durumunda bu kütle değişmez kütle olarak kabul edilmiştir [50]. Yapılan vida tutma direnci deneyinde; TS 61-4 standardına uygun, çapı 4 mm, uzunluğu ise 40 mm olan yıldız başlı vidalar kullanılmıştır. Vidalar, levha yüzeyinin ve komşu iki kenarın tam ortalarına gelecek şekilde 15 ± 0.5 mm'lik kısmı içeri girecek şekilde vidalama işlemi gerçekleştirilmiştir [51]. Şekil 2.6'da vida tutuma direnci laboratuvar çalışması görülmektedir.



Şekil 1.21. Vida tutma deneyi.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. FİZİKSEL ÖZELLİKLERE AİT BULGULAR

MÜF tutkalı ve PMDI tutkalı ile üretilen yongalevhaların; yoğunluk (birim hacim ağırlığı), kalınlık artımı (şişme), su alma oranlarına ait ortalama, standart sapma, standart hata ile maksimum, minimum ve varyasyon değerleri aşağıdaki çizelgelerde gösterilmiştir.

3.1.1. Yoğunluk (Birim Hacim Ağırlığı)

MÜF tutkalı ile üretilen levhaların ortalama yoğunluk değerleri (X), standart sapması (S) ve standart hata (S.E) değerleri, minimum (Min.), maksimum (Max.) ve varyasyon katsayısı (V) değerlerine ait veriler Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. MÜF tutkalı ile üretilen yongalevhaların ortalama yoğunluk değerleri (kg/m³).

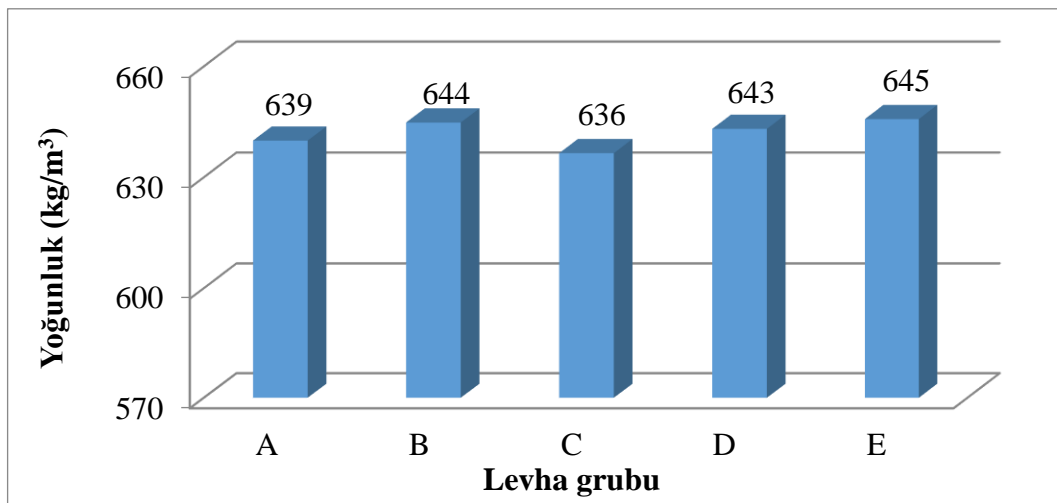
Levha Grupları	X	S	S.E	Min.	Max.	V
A	639	12,9	2,76	620	674	0,02
B	644	9,4	2,11	628	665	0,01
C	636	8,1	1,83	620	650	0,01
D	643	9,6	2,15	624	665	0,01
E	645	13,5	3,02	619	669	0,02

MÜF tutkalı ile üretilen levhalarının ortalama yoğunluğa ait varyans analiz sonuçları Çizelge 3.2’de görülmektedir.

Çizelge 3.2. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların yoğunluk değerlerine ait varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Gruplar Arası	1149	4	287	2,454	0,051
Gruplar İçi	11128	95	117		
Toplam	12278	99			

Yapılan analiz sonuçlarında grupların her bir varyasyonun ortalama yoğunluk değerlerinde istatistiksel bir fark olmadığı görülmüştür ($p>0,05$). Bu nedenle yoğunluk değerlerinin dağılımı homojen olup, Duncan testi uygulanmamıştır. Yapılan laboratuvar çalışmalarında, MÜF tutkalı kullanılarak elde edilen levhaların ortalama yoğunluk değerleri (birim hacim ağırlığı) $636-645 \text{ kg/m}^3$ arasında görülmüştür (Çizelge 3.1). MÜF tutkalı kullanılan levhaların en yüksek ortalama yoğunluğu E grubu levhalarda 645 kg/m^3 , en düşük ise C grubu levhalarda 636 kg/m^3 olarak bulunmuştur. Elde edilen yoğunluk değerlerinin TS EN 312'ye göre belirlenen %10'luk sınırlar içerisinde olduğunu göstermiştir. Levhaların ortalama yoğunluk değerlerinin dağılımı Şekil 3.1'de görülmektedir.



Şekil 3.1. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların ortalama yoğunluk değerleri (kg/m^3).

PMDI tutkalı (%0, %0,5, %0,75, %1, %1,5, %2) ile üretilen yongalevhaların ortalama yoğunluk değerlerine ait veriler Çizelge 3.3'te görülmektedir.

Çizelge 3.3. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların ortalama yoğunluk değerleri (kg/m³).

Levha Grupları	X	S	S.E	Min.	Max.	V
KONTROL	634	10,9	2,45	621	689	0,01
A	637	10,8	2,42	620	656	0,01
B	634	12,7	2,84	611	669	0,02
C	648	12	2,68	628	681	0,018
D	633	13,2	2,95	611	651	0,02
E	635	12,8	2,86	616	669	0,02

PMDI tutkalı ile üretilen levhaların yoğunluk değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 3.4'te görülmektedir.

Çizelge 3.4. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların yoğunluk değerlerine ait varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Gruplar Arası	3304	5	660	4,486	0,001
Gruplar İçi	16794	114	147		
Toplam	20099	119			

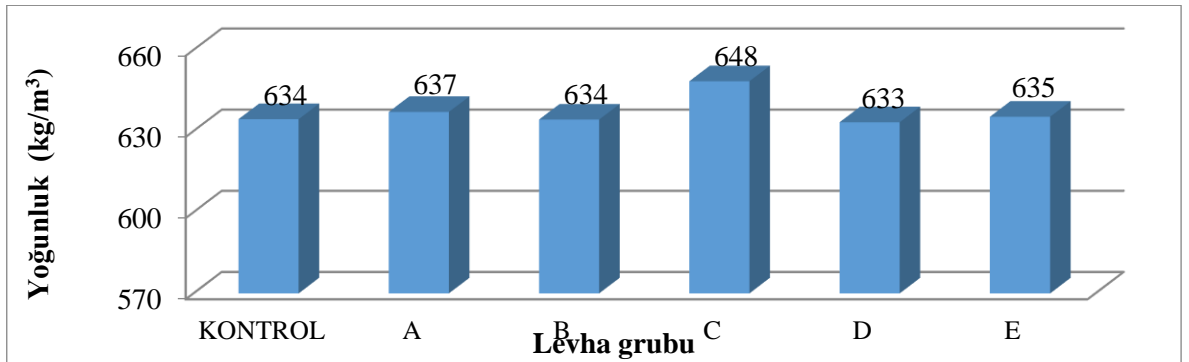
PMDI tutkalı ile üretilen levhaların yoğunluk değerlerine ait varyans analiz sonuçlarına göre, grupların her bir varyasyonun ortalama yoğunluk değerlerinde istatistiksel olarak bir fark olduğu görülmüştür ($p < 0,05$). Bu çalışmada kullanılacak olan yongalevhaların

hedef yoğunluk değerleri 630 kg/m^3 olarak belirlenmiştir. PMDI tutkalı kullanılarak elde edilen levhaların ortalama yoğunluk değerleri ise $633\text{-}648 \text{ kg/m}^3$ arasında olduğu görülmüştür. Elde edilen yoğunluk değerleri TS EN 312'ye göre belirlenen %10'luk sınırlar içinde olduğu görülmüştür. PMDI tutkalının artışına bağlı olarak yoğunluk değerlerinde farklılık gözlenmiştir. Yoğunluk değerlerinin dağılımı homojen olup, gruplar arasındaki fark Duncan Testi ile tespit edilmiş olup, Çizelge 3.5'te verilmiştir.

Çizelge 3.5. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların yoğunluk değerlerine ait Duncan Testi sonuçları.

Levha Grupları	N	1	2
KONTROL	20	634	
A	20	637	
B	20	634	
C	20		648
D	20	633	
E	20	635	

Çizelge 3.5'te Duncan testi sonuçlarına göre A, B, D, E ve Kontrol grubu levhalar bir grup, C grubu levhalar diğer tüm levha gruplarından farklı olduğu görülmüştür ($p < 0,05$). Şekil 3.2'de PMDI ilaveli levhaların ortalama yoğunluk değerlerinin dağılımı görülmektedir.



Şekil 3.2. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların ortalama yoğunluk değerleri (kg/m^3).

MÜF tutkalı ve PMDI tutkalı ile üretilen levhaların yoğunluk değerlerine ait Bağımsız T-Testi sonuçları Çizelge 3.6’da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Levhaların yoğunluk değerlerine ait Bağımsız T-Testi analiz sonuçları.

Tutkal Çeşitleri	N	Mean	Std. Sapma	Std. Hata	F	Df	Sig.
MÜF	100	637	13,3	1,33	4,353	198	0,038
PMDI	100	642	11,1	1,11			
Bağımsız T-Testi							

Bağımsız T-Testi sonuçlarına göre her bir testin ortalama yoğunluk değerlerinde istatistiksel bir fark olduğu görülmüştür ($p < 0,05$). MÜF tutkalı ile üretilen levhaların yoğunluğu, PMDI tutkalı ile üretilen levhaların yoğunluğundan daha yüksek olduğu görülmüştür. Grigoriou (2000) yapmış olduğu çalışmada, farklı tutkal türü (ÜF, PMDI, ÜF/PMDI) ve tarımsal atık-endüstriyel odun karışımı kullanarak 650-700 kg/m³ yoğunluğunda yongalevha üretimi yapmıştır [52].

3.1.2. Rutubet Miktarı

MÜF tutkalı ile üretilen yongalevhaların rutubet miktarına ait veriler Çizelge 3.7’de görülmektedir.

Çizelge 3.7. MÜF tutkalı ile üretilmiş levhaların ortalama rutubet değerleri.

Levha Grupları	X	S	S.E	Min.	Max.	V
A	7,6	0,14	0,08	7,5	7,8	0,01
B	7,33	0,18	0,10	7,1	7,5	0,02
C	7,17	0,09	0,04	7,1	7,3	0,01
D	7,45	0,07	0,03	7,4	7,5	0,01
E	7,74	0,3	0,17	7,4	8	0,03

MÜF tutkalı ile üretilen levhaların rutubet değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 3.8’de verilmiştir.

Çizelge 3.8. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların rutubet değerlerine ait varyans analiz sonuçları.

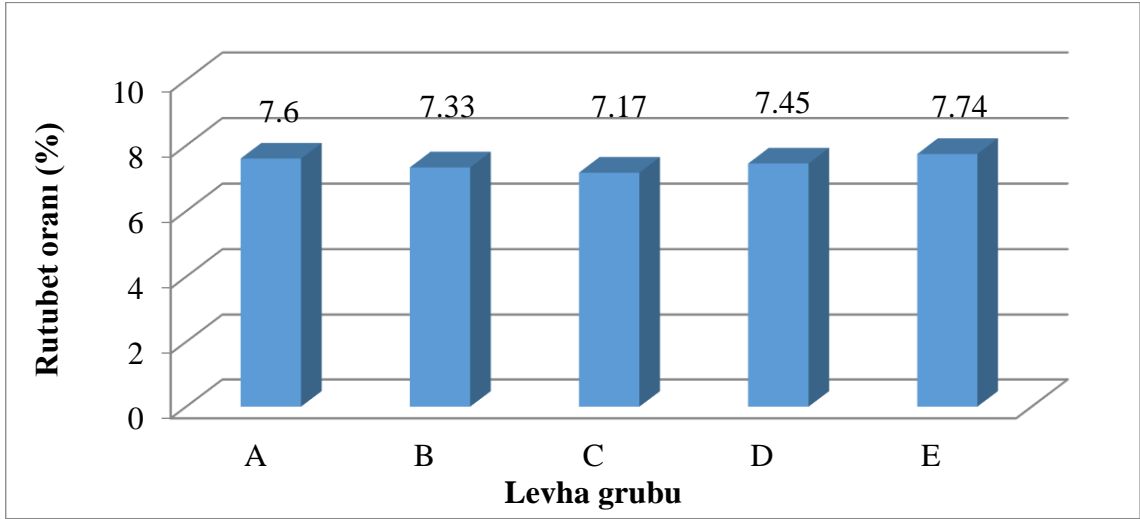
Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Gruplar Arası	0,60	4	0,15	4,879	0,019
Gruplar İçi	0,30	10	0,03		
Toplam	0,90	14			

Varyans analiz sonuçlarına göre grupların her bir varyasyonunun ortalama rutubet değerlerinde istatistiksel bir fark olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Yapılan laboratuvar çalışmalarında, farklı oranlarda MÜF tutkalı kullanılarak elde edilen levhaların rutubet miktarları %7,17-7,74 arasında değiştiği görülmüştür. MÜF tutkalı kullanılan levhaların ortalama rutubet miktarı en yüksek E grubu levhalarda %7,74, en düşük ise C grubu levhalarda %7,17 olarak bulunmuştur. Rutubet miktarının dağılımı homojen olup, gruplar arasındaki fark Duncan Testi ile tespit edilerek, Çizelge 3.9’da verilmiştir.

Çizelge 3.9. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların rutubet değerlerine ait Duncan testi sonuçları.

Levha Grupları	N	1	2	3
A	5		7,60	7,60
B	5	7,32	7,32	
C	5	7,17		
D	5	7,45	7,45	7,45
E	5			7,74

Çizelge 3.9'daki Duncan Testi sonuçlarına göre B, C ve D grubu levhalar arasında, A, B ve D grubu levhalar arasında, A, D ve E grubu levhaların ortalama rutubet değerleri arasında istatistiksel olarak fark olmadığı tespit edilmiştir. Ancak C grubu levhalara ait rutubet değerleri, A ve E grubu levhalardan, E grubu levhalar ise B ve C grubu levhalardan farklı olduğu söylenebilir ($p < 0,05$). Şekil 3.3'te MÜF tutkalı ile üretilen levhaların ortalama rutubet miktarının dağılımı görülmektedir.



Şekil 3.3. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların ortalama rutubet değerleri.

PMDI tutkalı (%0, %0,5, %0,75, %1, %1,5, %2) ile üretilen yongalevhaların ortalama rutubet değerleri Çizelge 3.10'da görülmektedir.

Çizelge 3.10. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların rutubet değerleri (%).

Levha Grupları	X	S	S.E	Min.	Max.	V
KONTROL	6,93	0,18	0,10	6,81	7,13	0,02
A	7,1	0,1	0,06	6,99	7,2	0,01
B	6,76	0,17	0,10	6,56	6,89	0,02
C	7,51	0,04	0,02	7,47	7,55	0,01
D	6,42	0,2	0,12	6,2	6,60	0,03
E	6,21	0,13	0,07	6,09	6,35	0,02

PMDI tutkalı ile üretilen levhaların rutubet miktarı değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 3.11’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.11. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların rutubet değerlerine ait varyans analiz sonuçları.

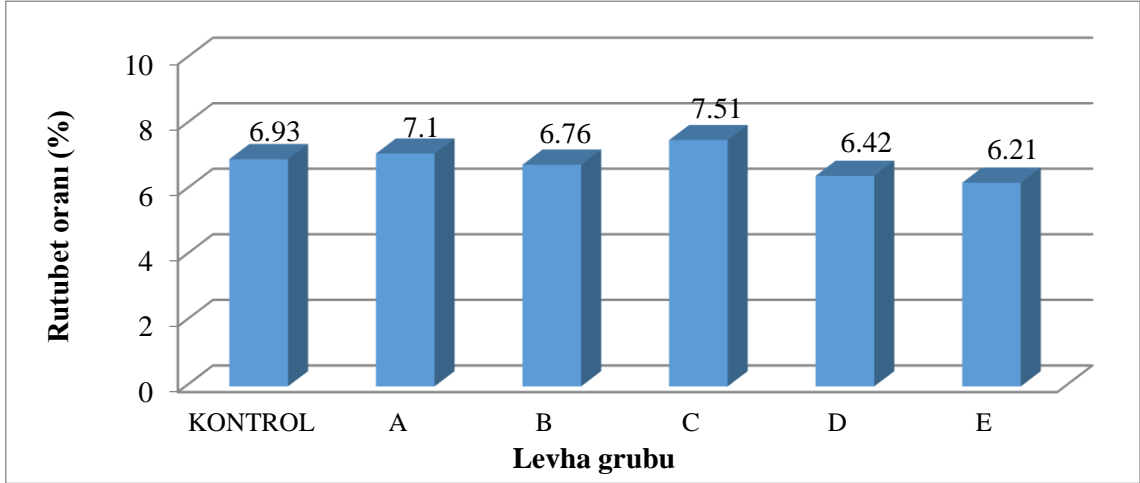
Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Gruplar Arası	3,35	5	0,67	30,539	0,000
Gruplar İçi	0,26	12	0,02		
Toplam	3,61	17			

PMDI tutkalı ile üretilen levhaların rutubet değerlerine ait varyans analiz sonuçlarına göre, grupların her bir varyasyonun ortalama rutubet değerlerinde istatistiksel bir fark olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre C grubu levhalara ait rutubet değerleri diğer tüm gruplardan farklı olduğu görülmüştür. Üretilen levhaların rutubet değerleri ise %6,21-7,51 arasında olduğu görülmüştür. Rutubet miktarının dağılımı homojen olup, gruplar arasındaki fark Duncan Testi sonucu Çizelge 3.12’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.12. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların rutubet miktarı değerlerine ait Duncan testi sonuçları.

Levha Grupları	N	1	2	3	4
KONTROL	5		6,93	6,93	
A	5			7,10	
B	5		6,75		
C	5				7,51
D	5	6,41			
E	5	6,21			

Çizelge 3.13'teki Duncan Testi sonuçlarına göre D, E grubu levhalar kendi arasında, Kontrol ve B grubu levhalar arasında, Kontrol ve A grubu levhaların rutubet değerleri arasında istatistiksel bir fark olmadığı görülmüştür. C grubu levhaların diğer levha gruplarından farklı görülmüştür. Şekil 3.4'te PMDI tutkalı ile üretilen levhaların rutubet miktarının dağılımı görülmektedir.



Şekil 3.4. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların ortalama rutubet değerleri.

MÜF tutkalı ve PMDI tutkalı ile üretilen levhaların rutubet değerlerine ait Bağımsız T-Testi analiz sonuçları Çizelge 3.13'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.13. MÜF ve PMDI tutkalı ile üretilen levhaların rutubet değerlerine ait Bağımsız T-Testi analiz sonuçları.

Tutkal Çeşitleri	N	Mean	Std. Sapma	Std. Hata	F	Df	Sig.
MÜF	25	7,5	0,25	0,65	9,582	28	0,004
PMDI	25	6,8	0,50	0,13			
Bağımsız T-Testi							

Bağımsız T-Testi analiz sonuçlarına göre her bir testin ortalama rutubet değerleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu anlaşılmıştır ($p < 0,05$). MÜF tutkalı ile üretilen levhaların rutubet miktarı, PMDI tutkalı

ile üretilen levhaların rutubet miktarından fazla çıkmıştır. TS EN 312 standardı, levhaların genel rutubet değerlerinin %5-13 arasında olması gerektiğini ifade etmektedir. Bu bakımdan üretilen tüm levhaların rutubet değerleri, standartların belirttiği aralık içerisinde kalmaktadır. Daha önce yapılmış birçok çalışmada benzer sonuçlar rutubet değerleri için belirtilmiştir [53], [54].

3.1.3. Su Alma Oranı

MÜF tutkalı ile üretilen yongalevhalarla ait 2 saatlik su alma oranlarına ait veriler Çizelge 3.14’te verilmiştir.

Çizelge 3.14. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların 2 saatlik su alma oranları (%).

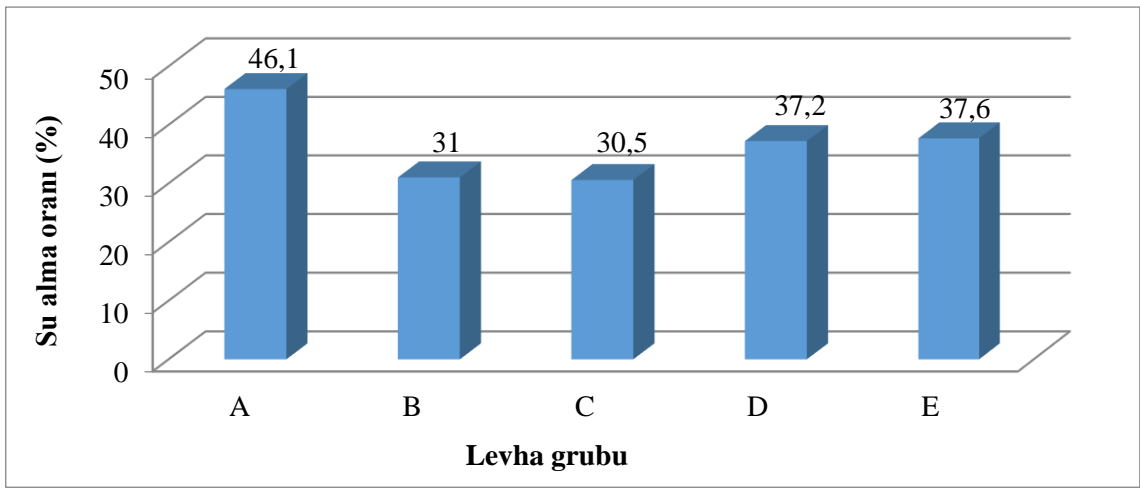
Levha Grupları	X	S	S.E	Min.	Max.	V
A	46,1	5,43	2,43	37,1	51,6	0,11
B	31	4,28	1,91	25,2	34,8	0,13
C	30,5	5,38	2,40	24,6	38,6	0,17
D	37,2	7,23	3,23	28,6	45,4	0,19
E	37,6	5,77	2,58	31,9	45,14	0,15

MÜF tutkalı ile üretilen levhaların 2 saatlik su alma oranlarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 3.15’te gösterilmiştir.

Çizelge 3.15. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların 2 saatlik su alma oranlarına ait varyans analiz sonuçları (%).

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Gruplar Arası	431	4	107	2,375	0,085
Gruplar İçi	954	20	45		
Toplam	1386	24			

MÜF tutkalı ile üretilen levhaların 2 saatlik su alma oranlarına ait varyans analiz sonuçlarına göre grupların her bir varyasyonunun ortalama 2 saatlik su alma değerleri arasında istatistiksel bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). 2 saatlik su alma değerlerinin dağılımı homojen olup, Duncan testi uygulanmamıştır. MÜF tutkalı kullanılan levhaların ortalama 2 saatlik su alma oranı en yüksek A grubu levhalarda %46,1 iken, en düşük ise C grubu levhalarda %30,5 olarak tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre levhaların su alma oranları TS EN 312 standardına uygun olduğu görülmüştür. Şekil 3.5'te MÜF tutkalı ile üretilen levhaların 2 saatlik su alma oranlarına ait dağılım görülmektedir.



Şekil 3.5. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların 2 saatlik su alma oranları.

MÜF tutkalı ile üretilen yongalevhaların 24 saatlik su alma oranlarına ait veriler Çizelge 3.16'da verilmiştir.

Çizelge 3.16. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların 24 saatlik su alma oranları (%).

Levha Grupları	X	S	S.E	Min.	Max.	V
A	72,5	4,25	1,9	65,1	76,1	0,05
B	61,9	3,37	1,5	58,3	65,2	0,05
C	55,9	4,45	1,9	51	62,5	0,07
D	55,6	2,17	0,9	53,7	58,1	0,03
E	49,2	2,8	1,2	46,7	53,8	0,05

MÜF tutkalı ile üretilen levhaların 24 saatlik su alma oranlarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 3.17’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.17. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların 24 saatlik su alma oranlarına ait varyans analiz sonuçları.

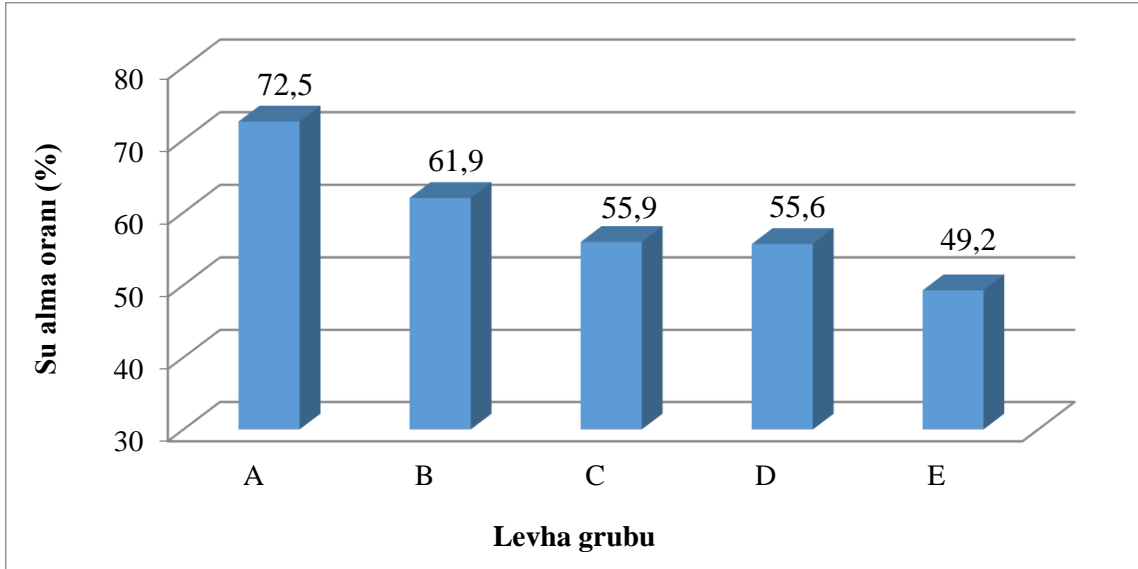
Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Gruplar Arası	2788	5	557	44,069	0,000
Gruplar İçi	303	24	12		
Toplam	3092	29			

MÜF tutkalı ile üretilen levhaların 24 saatlik su alma oranlarına ait varyans analiz sonuçlarına göre grupların her bir varyasyonunun ortalama 24 saatlik su alma değerlerinde istatistiksel bir farklılık olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$). MÜF tutkalı ile üretilen levhaların 24 saatlik su alımı en yüksek A grubu levhalarda %72,5 iken, en düşük ise E grubu levhalarda %49,2 olarak bulunmuştur. MÜF tutkalı katılım oranındaki artışa bağlı olarak su alma oranlarında da dikkate değer oranda azalmalar görülmüştür. Hse et al.(2008) yapmış oldukları çalışmalarında melamin içeriğinin tutkal özelliklerini ve yapışma direncini önemli derecede etkilediği, levha üretiminde kullanılan tutkal içeriğindeki melamin oranının artmasına bağlı olarak su alma oranlarının da azaldığı ifade edilmiştir [55]. 24 saatlik su alma oranı değerlerine ait dağılım homojen olup, gruplar arasındaki fark Duncan Testi ile tespit edilmiş ve Çizelge 3.18’de verilmiştir.

Çizelge 3.18. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların 24 saatlik su alma oranlarına ait Duncan Testi sonuçları.

Levha Grupları	N	1	2	3	4
A	5				72,5
B	5			61,9	
C	5		55,9		
D	5		55,6		
E	5	49,2			

Çizelge 3.18'deki sonuçlara göre C grubu ile D grubu levhaların 24 saatlik su alma oranları arasında istatistiksel olarak farklılık olmadığı görülmüştür. A, B ve E grubu levhalara ait 24 saatlik su alma değerleri diğer levha gruplarından farklı olduğu görülmüştür. Şekil 3.6'da MÜF tutkalı ile üretilen levhaların ortalama 24 saatlik su alma oranlarının dağılımı görülmektedir.



Şekil 3.6. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların 24 saatlik su alma oranları.

PMDI tutkallı (%0, %0,5, %0,75, %1, %1,5, %2) ile üretilen yongalevhalarla ait ortalama 2 saatlik su alma değerlerine ait veriler Çizelge 3.19'da verilmiştir.

Çizelge 3.19. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 2 saatlik su alma oranları (%).

Levha Grupları	X	S	S.E	Min.	Max.	V
KONTROL	24,5	2,3	1,04	20,1	29,3	0,09
A	24,1	3,6	1,61	20,3	28,2	0,14
B	26,3	1,3	0,59	24,4	27,7	0,05
C	27	1,9	0,27	24,3	29,6	0,07
D	23,4	2,9	1,30	21,1	27,5	0,12
E	32,9	6,2	2,79	27,2	43,1	0,19

PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 2 saatlik su alma oranlarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 3.20’de verilmiştir.

Çizelge 3.20. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 2 saatlik su alma oranlarına ait varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Gruplar Arası	279	4	69	5,275	0,005
Gruplar İçi	264	20	13		
Toplam	543	24			

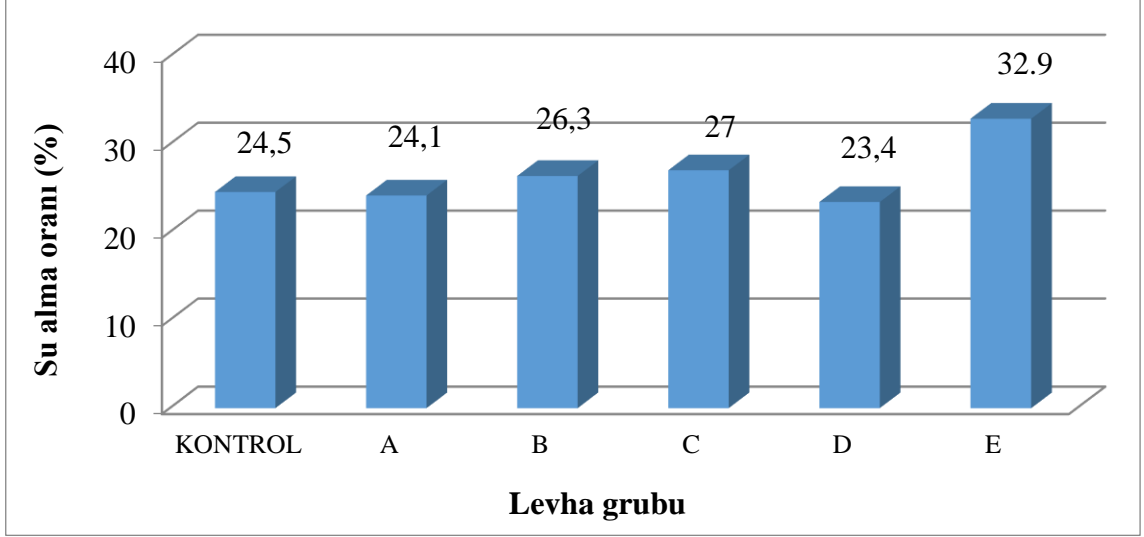
PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 2 saatlik su alma oranlarına ait varyans analiz sonuçlarına göre, grupların her bir varyasyonun ortalama 2 saatlik su alma değerleri arasında istatistiksel bir farkın olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$). PMDI tutkalı kullanılarak üretilen levhaların 2 saatlik su alma miktarları %23,4-32,9 arasında olduğu görülmüştür PMDI tutkalının artışına bağlı olarak 2 saatlik su alma miktarlarında artış

gözlenmiştir. Özellikle %2 PMDI tutkalı kullanılan levhaların su alma miktarları, Kontrol grubu levhalara kıyasla %34,24 oranında artış tespit edilmiştir. Kısa süreli suda bekleme süresine (2 saat) bağlı olarak su alma oranları arasında önemli farklılıklar ortaya çıkmazken, suda bekleme süresinin artışına bağlı olarak su alma oranlarında önemli artışların olduğu gözlenmiştir. Yapılan bir çalışmada levhaların su alma miktarı 2 saat için %37-48 olduğu belirtilmiştir [56]. 2 saatlik su alma oranının dağılımı homojen olup, gruplar arasındaki fark Duncan testi ile tespit edilmiş olup, Çizelge 3.21’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.21. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 2 saatlik su alma oranlarına ait Duncan Testi sonuçları.

Levha Grupları	N	1	2
KONTROL	5	24,5	
A	5	24,1	
B	5	26,3	
C	5	27	
D	5	23,4	
E	5		32,90

Çizelge 3.21’deki Duncan Testi sonuçlarına göre A, B, C, D ve Kontrol grubu levhalar kendi arasında bir grup olduğu, E grubu levhalar diğer tüm levha gruplarından farklı olduğu tespit edilmiştir. Şekil 3.7’de PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 2 saatlik su alma oranlarına ait dağılım görülmektedir.



Şekil 3.7. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 2 saatlik su alma oranları.

PMDI tutkalı (%0, %0,5, %0,75, %1, %1,5, %2) ile üretilen yongalevhalara ait ortalama 24 saatlik su alma oranlarına ait veriler Çizelge 3.22’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.22. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 24 saatlik su alma oranları (%).

Levha Grupları	X	S	S.E	Min.	Max.	V
KONTROL	41,7	3,77	1,68	35,9	46,4	0,09
A	48,5	2,72	1,21	43,8	50,5	0,05
B	73,2	2,78	1,24	69,9	75,9	0,039
C	66,7	4,05	1,81	61,8	71,1	0,06
D	60,9	5,04	2,25	54,1	65,5	0,08
E	48,2	0,99	0,44	46,5	48,9	0,02

PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 24 saatlik su alma oranlarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 3.23’te verilmiştir.

Çizelge 3.23. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 24 saatlik su alma oranlarına ait varyans analiz sonuçları.

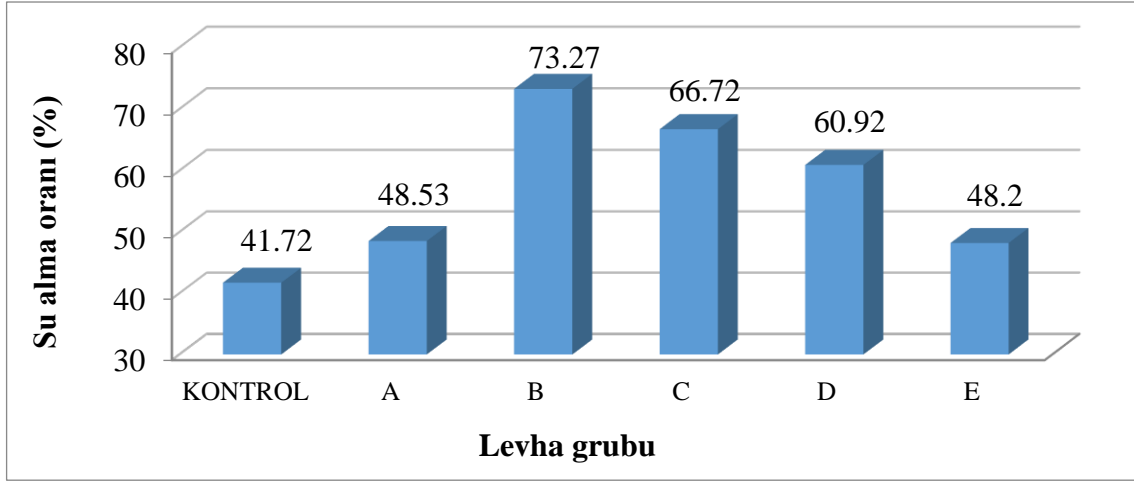
Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Gruplar Arası	2458	4	614	53,008	0,000
Gruplar İçi	231	20	11		
Toplam	2690	24			

PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 24 saatlik su alma değerlerine ait varyans analiz sonuçlarına göre grupların her bir varyasyonun ortalama su alma oranları arasında istatistiksel bir farklılık olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$). PMDI tutkalı kullanılarak elde edilen levhaların 24 saatlik su alma miktarları %41,7-73,2 arasında olduğu görülmüştür. Yapılan bir çalışmada levhaların 24 saat su alma miktarı %60-71 olduğu belirtilmiştir [56]. Ancak yongalevhalara ait su alma oranını sınırlandıran herhangi bir standart bulunmamaktadır. 24 saatlik su alma oranlarının dağılımı homojen olup, gruplar arasındaki fark Duncan testi ile tespit edilmiş olup, Çizelge 3.24'te verilmiştir.

Çizelge 3.24. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 24 saatlik su alma oranlarına ait Duncan Testi sonuçları.

Levha Grupları	N	1	2	3	4
KONTROL	5	41,72			
A	5	48,53			
B	5				73,26
C	5			66,72	
D	5		60,92		
E	5	48,19			

Çizelge 3.24'teki Duncan Testi sonuçlarına göre Kontrol, A ve E grubu levhalar bir grup olduğu, B, C ve D grubu levhalar kendi aralarında ve diğer levha gruplarından farklı olduğu görülmüştür. Şekil 3.8'de PMDI tutkalı ile üretilen levhaların ortalama 24 saatlik su alma oranlarına ait dağılım görülmektedir.



Şekil 3.8. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 24 saatlik su alma oranları.

MÜF ve PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 2 saatlik su alma oranlarına ait Bağımsız T-Testi analiz sonuçları Çizelge 3.25'te verilmiştir.

Çizelge 3.25. MÜF ve PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 2 saatlik su alma oranlarına ait Bağımsız T-Testi analiz sonuçları.

Tutkal Çeşitleri	N	Mean	Std. Sapma	Std. Hata	F	Df	Sig.
PMDI	25	26	4,76	0,95	9,284	48	0,004
MÜF	25	36	7,76	1,55			
Bağımsız T-Testi							

Bağımsız T-Testi analiz sonuçlarına göre her bir testin ortalama 2 saatlik su alma değerleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$). 2 saatlik su alma oranları incelendiğinde MÜF tutkalı ile üretilen levhaların su alma oranları, PMDI tutkalı ile üretilenlerden daha yüksek olduğu görülmüştür.

MÜF tutkalı ve PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 24 saatlik su alma değerlerine ait Bağımsız T-Testi analiz sonuçları Çizelge 3.26’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.26. Levhaların 24 saatlik su alma oranlarına ait Bağımsız T-Testi analiz sonuçları.

Tutkal Çeşitleri	N	Mean	Std. Sapma	Std. Hata	F	Df	Sig.
MÜF	25	59,52	10,58	2,11	4,252	48	0,045
PMDI	25	59,07	8,61	1,72			
Bağımsız T-Testi							

Bağımsız T-Testi analiz sonuçlarına göre her bir testin ortalama 24 saatlik su alma oranları arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). 24 saatlik su alma oranları incelendiğinde MÜF tutkalı ile üretilmiş levhaların su alma oranı PMDI tutkalı ile üretilen levhalarından daha yüksek olduğu görülmüştür.

3.1.4. Kalınlık Artışı (Şişme)

MÜF tutkalı ile üretilen yongalevhalarla ait 2 saatlik kalınlık artımı değerlerine ait sonuçlar Çizelge 3.27’de verilmiştir.

Çizelge 3.27. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların 2 saatlik kalınlık artışı değerleri (%).

Levha Grupları	X	S	S.E	Min.	Max.	V
A	5,76	1,28	0,57	3,82	7,09	0,22
B	2,49	0,48	0,21	1,85	2,9	0,19
C	4,33	2,00	0,89	2,28	7,13	0,46
D	5,69	2,29	1,02	2,33	8,57	0,40
E	8,87	2,42	1,08	6,16	11,55	0,27

MÜF tutkalı ile üretilen levhaların 2 saatlik kalınlık artışı değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 3.28’de verilmiştir.

Çizelge 3.28. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların 2 saatlik kalınlık artışı değerlerine ait varyans analiz sonuçları (%).

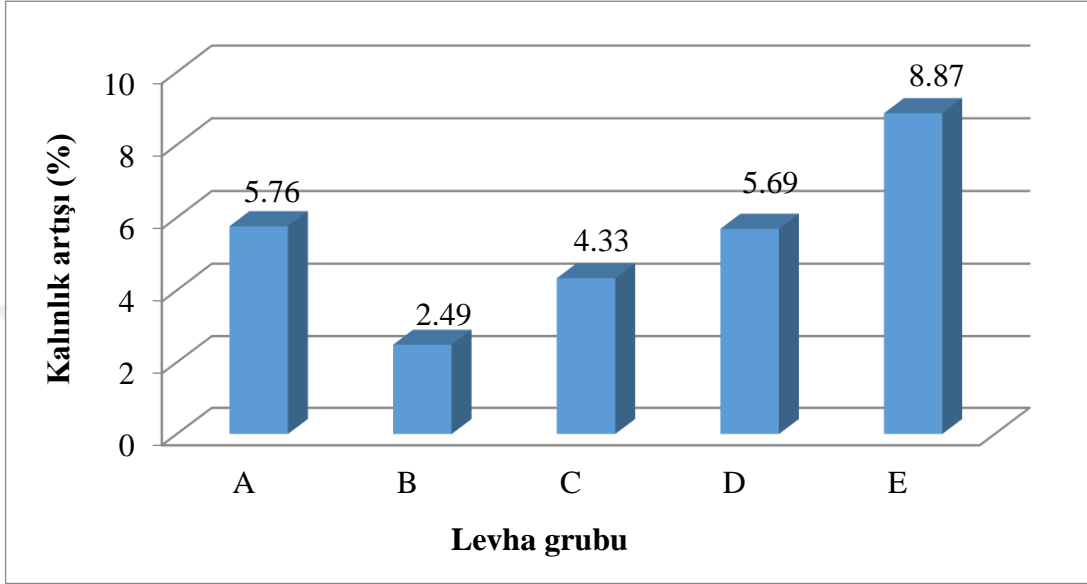
Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Gruplar Arası	149	5	30	10,025	0,000
Gruplar İçi	71	24	3		
Toplam	220	29			

Yapılan laboratuvar çalışmalarında MÜF tutkalı kullanılarak elde edilen levhaların 2 saatlik kalınlık artışı değerlerine ait varyans analiz sonuçlarına göre, grupların her bir varyasyonun ortalama kalınlık artışı değerleri arasında istatistiksel olarak farklılık olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). MÜF tutkalı kullanılan levhaların ortalama 2 saatlik kalınlık artımı en yüksek E grubu levhalarda %8,87, en düşük ise B grubu levhalarda %2,49 olarak bulunmuştur. Kalınlık artışı değerlerinin dağılımı homojen olup, gruplar arasındaki fark Duncan testi ile tespit edilerek, Çizelge 3.29’da verilmiştir.

Çizelge 3.29. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların 2 saatlik kalınlık artışı değerlerine ait Duncan Testi sonuçları.

Levha Grupları	N	1	2	3
A	5		5,75	
B	5	2,48		
C	5	4,32	4,32	
D	5		5,69	
E	5			8,86

Çizelge 3.29'daki Duncan Testi sonuçlarına göre B ve C grubu levhalar arasında, A, C ve D grubu levhaların 2 saatlik kalınlık artış değerleri arasında istatistiksel bir fark olmadığı görülmüştür. E grubu levhalar diğer tüm grup levhalardan farklı olduğu görülmüştür ($p < 0,05$). Şekil 3.9'da MÜF tutkalı ile üretilen levhaların 2 saatlik kalınlık artışı değerlerinin dağılımı görülmektedir.



Şekil 3.9. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların 2 saatlik kalınlık artışı değerleri.

MÜF tutkalı ile üretilen yongalevhalarla ait 24 saatlik kalınlık artışı değerlerine ait veriler Çizelge 3.30'da verilmiştir.

Çizelge 3.30. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların 24 saatlik kalınlık artışı değerleri (%).

Levha Grupları	X	S	S.E	Min.	Max.	V
A	13,2	0,47	0,21	12,8	13,9	0,03
B	11,8	0,73	0,32	11,1	12,9	0,06
C	11,4	0,72	0,32	10,9	12,6	0,06
D	11,7	1,17	0,52	10,3	13,4	0,09
E	10,2	0,38	0,16	9,7	10,8	0,03

MÜF tutkalı ile üretilen levhaların 24 saatlik kalınlık artımı değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 3.31’de verilmiştir.

Çizelge 3.31. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların 24 saatlik kalınlık artışı değerlerine ait varyans analiz sonuçları.

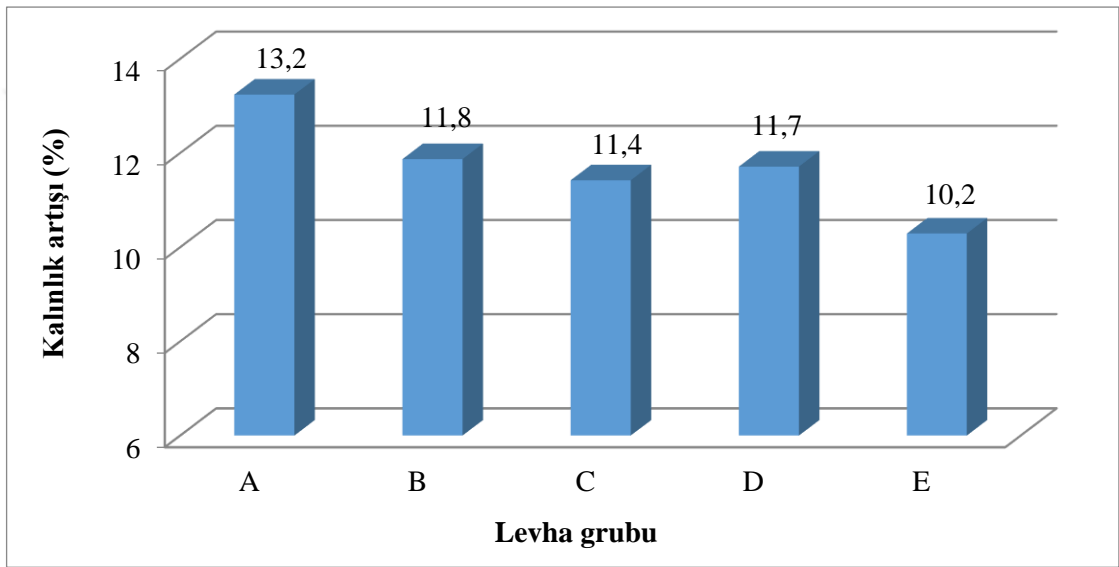
Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Gruplar Arası	62	5	12	13,177	0,000
Gruplar İçi	22	24	0,9		
Toplam	85	29			

MÜF tutkalı ile üretilen levhaların 24 saatlik kalınlık artışı varyans analiz sonuçlarına göre, grupların her bir varyasyonun ortalama 24 saatlik kalınlık artışı değerleri arasında istatistiksel bir farklılık olduğu anlaşılmıştır ($p<0,05$). MÜF tutkalı kullanılan levhaların 24 saatlik kalınlık artımı en yüksek A grubu levhalarda %13,2, en düşük ise E grubu levhalarda %10,2 olarak bulunmuştur. Kalınlık artışı değerlerinin dağılımı homojen olup, gruplar arasındaki fark Duncan Testi sonucu Çizelge 3.32’de verilmiştir.

Çizelge 3.32. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların 24 saatlik kalınlık artışı değerlerine ait Duncan Testi sonuçları.

Levha Grupları	N	1	2	3
A	5			13,31
B	5		12,34	12,34
C	5	11,47	11,47	
D	5	11,52	11,52	
E	5	10,51		

Çizelge 3.32'deki Duncan testi sonuçlarına göre C, D ve E grubu levhalar arasında, B, C ve D grubu levhalar arasında, A ve B grubu levhalar arasında istatistiksel bir farklılık tespit edilmemiştir. Ancak E grubu levhalar A grubu levhalardan farklı olduğu söylenebilir ($P<0,05$). Şekil 3.10'da levhaların ortalama 24 saatlik kalınlık artımı değerlerinin dağılımı görülmektedir. Genel olarak bakıldığında melamin katılım oranının artışına bağlı olarak 24 saatlik kalınlık artış oranlarında önemli azalmaların meydana geldiği görülmüştür. Literatürde benzer sonuçları ifade eden çalışmalar bulunmaktadır [55]. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların 24 saatlik kalınlık artış değerleri, TS EN 312 (2012)'de belirtilen üst limitlerin (%14) altında bulunmuştur.



Şekil 3.10. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların 24 saatlik kalınlık artışı değerleri.

PMDI tutkallı (%0, %0,5, %0,75, %1, %1,5, %2) ile üretilen yongalevhalarla ait 2 saatlik artışı değerlerine ait veriler Çizelge 3.33'te verilmiştir.

Çizelge 3.33. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 2 saatlik kalınlık artışı değerleri (%).

Levha Grupları	X	S	S.E	Min.	Max.	V
KONTROL	3,2	0,92	0,44	2,9	4,3	0,28
A	2,3	0,71	2,76	1,5	3,3	0,30
B	2,1	0,53	2,11	1,6	2,8	0,24
C	1,7	0,41	1,83	1,1	2,0	0,23
D	2,1	0,73	2,15	1,4	3,0	0,34
E	3,7	0,98	3,02	3	5,4	0,26

PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 2 saatlik kalınlık artımı değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 3.34'te verilmiştir.

Çizelge 3.34. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 2 saatlik kalınlık artışı değerlerine ait varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Gruplar Arası	12	4	3	6,109	0,002
Gruplar İçi	9	20	0,4		
Toplam	21	24			

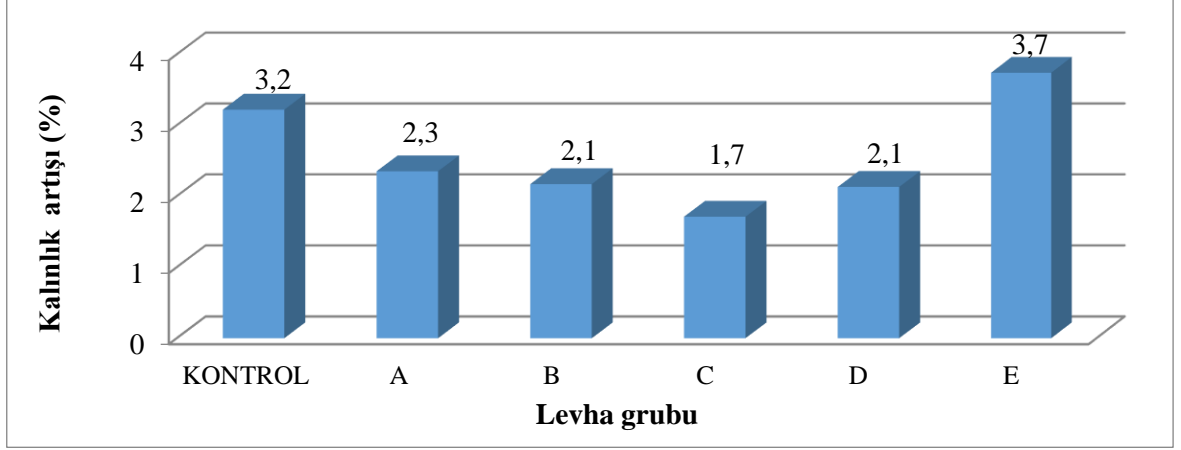
Varyans analiz sonuçlarına göre grupların her bir varyasyonun ortalama 2 saatlik kalınlık artışı değerleri arasında istatistiksel bir farklılık olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$). 2 saatlik kalınlık artışı değerleri %1,7-3,7 arasında değiştiği görülmüştür. PMDI tutkalı kullanımının artışına bağlı olarak 2 saatlik kalınlık artımı değerlerinde azalmalar gözlenmiş, ancak %2 PMDI tutkalı kullanılan levhaların Kontrol grubu

levhalara kıyasla kalınlık artış değerlerinin %15,62 oranında artış gösterdiği tespit edilmiştir. Genel olarak levha gruplarına ait 2 saatlik kalınlık artışı değerleri arasında önemli farklılıklar gözlenmemiştir. Kalınlık artımı değerlerinin dağılımı homojen olup, gruplar arasındaki fark Duncan testi ile tespit edilmiş olup, sonucu Çizelge 3.35'te verilmiştir.

Çizelge 3.35. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 2 saatlik kalınlık artışı değerlerine ait Duncan Testi sonuçları.

Levha Grupları	N	1	2
KONTROL	5		4,62
A	5	2,35	
B	5	2,16	
C	5	1,71	
D	5	2,12	
E	5		3,74

Çizelge 3.35'teki Duncan testi sonuçlarına göre A, B, C, D grubu levhalar arasında, Kontrol ve E grubu levhalar arasında istatistiksel bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Ancak C grubu levhalar Kontrol ve E grubu levhalardan farklı olduğu söylenebilir ($p < 0,05$). şekil 3.11'de PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 2 saatlik kalınlık artışına ait dağılım görölmektedir.



Şekil 3.11. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 2 saatlik kalınlık artışı değerleri.

PMDI tutkallı (%0, %0,5, %0,75, %1, %1,5, %2) ile üretilen yongalevhalara ait 24 saatlik kalınlık artışı değerlerine ait veriler Çizelge 3.36'da verilmiştir.

Çizelge 3.36. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 24 saatlik kalınlık artışı değerleri (%).

Levha Grupları	X	S	S.E	Min.	Max.	V
KONTROL	7,9	1	0,33	6,7	9,3	0,12
A	9,7	0,53	0,23	9,0	10,3	0,05
B	13,9	0,98	0,43	13,0	15	0,07
C	12,2	0,62	0,27	11,5	13	0,05
D	11,8	1,2	0,53	10,3	13,1	0,10
E	8,5	0,47	0,21	7,9	9,2	0,05

PMDI tutkallı (%0, %0,5, %0,75, %1, %1,5, %2) ile üretilen yongalevhaların 24 saatlik kalınlık artışı değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 3.37'de verilmiştir.

Çizelge 3.37. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 24 saatlik kalınlık artışı değerlerine ait varyans analiz sonuçları.

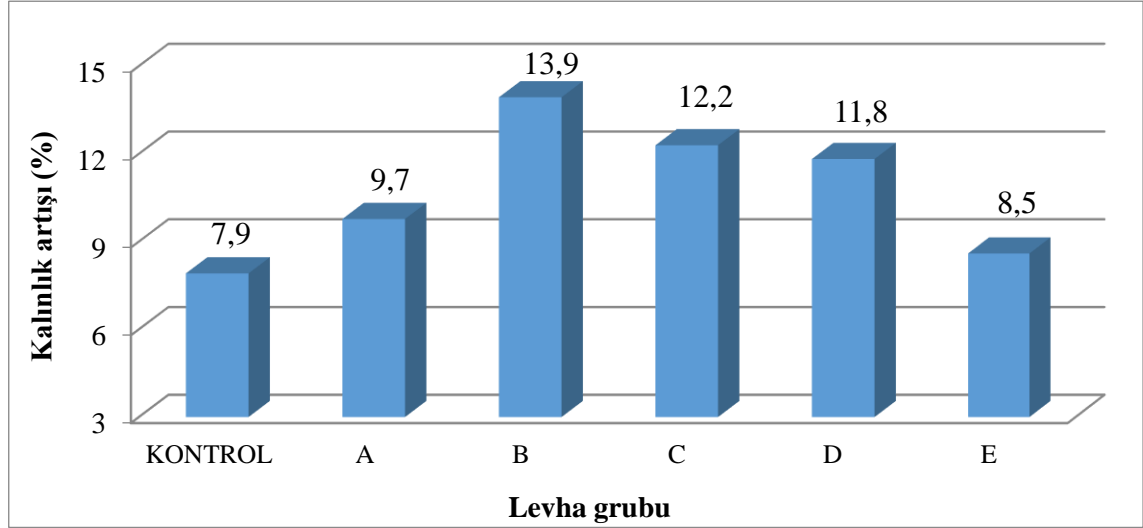
Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Gruplar Arası	89	4	22	33,806	0,000
Gruplar İçi	13	20	0,6		
Toplam	102	24			

Varyans analiz sonuçlarına göre grupların her bir varyasyonun ortalama 24 saatlik kalınlık artımı değerleri arasında istatistiksel bir farklılık tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Farklı oranlarda PMDI tutkalı kullanılarak üretilen levhaların 24 saatlik kalınlık artımı değerleri %7,9- 13,9 arasında değiştiği görülmüştür. PMDI tutkalı kullanılan levhaların 24 saatlik kalınlık artışı en yüksek B grubu levhalarda %13,9, en düşük ise Kontrol grubu levhalarda %7,9 olarak bulunmuştur. 24 saatlik kalınlık artışına ait dağılım homojen olup, gruplar arasındaki fark Duncan Testi sonucu Çizelge 3.38’de verilmiştir.

Çizelge 3.38. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 24 saatlik kalınlık artışı değerlerine ait Duncan Testi sonuçları.

Levha Grupları	N	1	2	3	4
KONTROL	5	8,72			
A	5		9,77		
B	5				13,92
C	5			12,29	
D	5			11,82	
E	5	8,58			

Çizelge 3.38’deki Duncan testi sonuçlarına göre A ve E grubu levhalar arasında, C ve D grubu levhalar arasında istatistiksel bir farklılık olmadığı tespit edilmemiştir. A grubu ve B grubu levhalar diğer levha gruplarından farklı bulunmuştur. Ancak B grubu levhalar diğer tüm levha gruplarından farklı olduğu söylenebilir ($p<0,05$). Şekil 3.12’de levhaların ortalama 24 saatlik kalınlık artışı değerlerine ait dağılım görülmektedir.



Şekil 3.12. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 24 saatlik kalınlık artışı değerleri.

MÜF tutkalı ve PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 2 saatlik kalınlık artımı değerlerine ait Bağımsız T-Testi analiz sonuçları Çizelge 3.39’da verilmiştir.

Çizelge 3.39. Levhaların 2 saatlik kalınlık artışı değerlerine ait Bağımsız T-Testi analiz sonuçları.

Tutkal Çeşitleri	N	Mean	Std. Sapma	Std. Hata	F	Df	Sig.
MÜF	25	11,34	1,5	0,3	6,426	48	0,015
PMDI	25	11,28	2	0,4			
Bağımsız T-Testi							

Bağımsız T-Testi analiz sonuçlarına göre her bir testin ortalama kalınlık artımı değerleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). 2

saatlik kalınlık artımı değerleri incelendiğinde; MÜF tutkalı kullanılan levhaların, PMDI tutkalı kullanılan levhaların ortalama kalınlık artışından daha yüksek değerler verdiği görülmüştür. MÜF tutkalı ve PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 24 saatlik kalınlık artışı değerlerine ait Bağımsız T-Testi analiz sonuçları Çizelge 3.40'ta verilmiştir.

Çizelge 3.40. Levhaların 24 saatlik kalınlık artışı değerlerine ait Bağımsız T-Testi analiz sonuçları.

Tutkal Çeşitleri	N	Mean	Std. Sapma	Std. Hata	F	Df	Sig.
PMDI	25	11,28	2,1	0,4			
MÜF	25	11,71	1,2	0,2			
Bağımsız T-Testi					11,380	48	0,001

Bağımsız T-Testi analiz sonuçlarına göre her bir testin ortalama kalınlık artımı değerleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$). 24 saatlik kalınlık artımı değerleri incelendiğinde; MÜF tutkalı kullanılan levhaların, PMDI tutkalı kullanılarak üretilen levhaların ortalama kalınlık artışı değerlerinden bir miktar daha yüksek olduğu görülmüştür. Tüm PMDI ve MÜF tutkalı uygulamalarında elde edilen sonuçlar TS EN 312 (2012) standardında belirlenen üst limitin (%14) altında olduğu görülmüştür. Literatürde PMDI ve MÜF tutkalı kullanarak yongalevha üretilen birçok çalışmada benzer sonuçlar ortaya konulmuştur [57]-[60].

3.2. MEKANİK ÖZELLİKLERE AİT BULGULAR

MÜF ve PMDI tutkalı ile üretilen yongalevhaların; eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, yüzeye dik çekme direnci, yüzey sağlamlığı değerleri ve vida tutma direncine ait ortama değerler çizelgeler halinde gösterilmiştir.

3.2.1. Eğilme Direnci

MÜF tutkalı ile üretilen yongalevhaların eğilme direnci değerlerine ait sonuçlar Çizelge 3.41’de verilmiştir.

Çizelge 3.41. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların eğilme direnci değerleri (N/mm²).

Levha Grupları	X	S	S.E	Min.	Max.	V
A	14,09	1,95	0,79	11,72	17,14	0,13
B	14,19	1,82	0,74	11,96	16,13	0,12
C	15,21	0,97	0,39	14,04	15,77	0,06
D	15,56	1,33	0,54	14,06	17,4	0,08
E	14,02	2,23	0,90	11,51	16,2	0,15

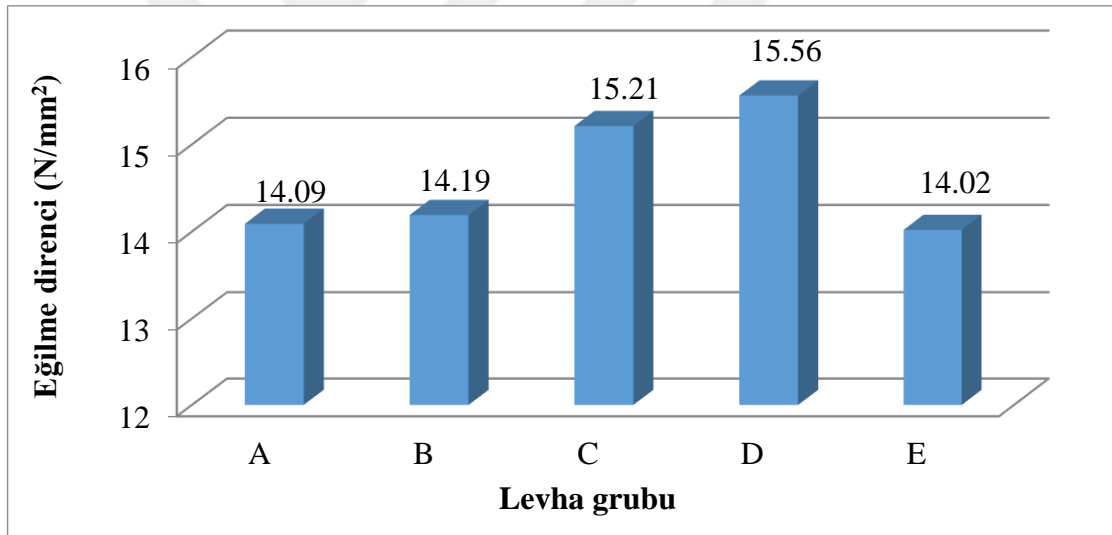
MÜF tutkalı ile üretilen levhaların eğilme direnci değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 3.42’de verilmiştir.

Çizelge 3.42. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların eğilme direnci değerlerine ait varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Gruplar Arası	12	4	3,1	1,042	0,406
Gruplar İçi	74	25	2,9		
Toplam	86	29			

MÜF tutkalı ile üretilen levhaların eğilme direnci değerlerine ait varyans analiz sonuçlarına göre grupların her bir varyasyonun ortalama eğilme direnci değerleri arasında istatistiksel bir farklılık olmadığı tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Eğilme direnci

değerlerinin dağılımı homojen olup, Duncan testi uygulanmamıştır. Yapılan laboratuvar çalışmalarında MÜF tutkalı kullanılarak elde edilen levhaların eğilme direnci değerleri 14,02-15,56 N/mm² arasında olduğu görülmüştür. MÜF tutkalı kullanılan levhaların ortalama eğilme direnci değeri en yüksek D grubu levhalarda 15,56 N/mm², en düşük ise E grubu levhalarda 14,02 N/mm² tespit edilmiştir. TS EN 312 (2012) standardı, P3 tipi için bu değer minimum 14 N/mm² olması gerektiğini belirtmektedir. Elde edilen bu sonuçlara göre levhaların eğilme direnci sonuçları, standardın belirttiği P3 tipi (nemli şartlarda kullanılan yük taşıyıcı olmayan levhalar) kullanım alanları için uygun olduğu görülmüştür. Yapılan bir araştırmada MÜF tutkalı kullanılarak üretilen levhaların eğilme direnci değeri 13,5 N/mm² olduğu ifade edilmiştir [61]. Başka bir araştırmada MÜF tutkalı ile üretilen yongalevhaların eğilme direnci değerleri genel amaçlı paneller için gerekli olan değerlerin üzerinde bulunmuştur [62]. Levhaların ortalama eğilme direnci değerlerinin dağılımı Şekil 3.13'te verilmiştir.



Şekil 3.13. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların ortalama eğilme direnci değerleri (N/mm²).

PMDI tutkalı (%0, %0,5, %0,75, %1, %1,5, %2) ile üretilen yongalevhaların ortalama eğilme direnci değerlerine ait veriler Çizelge 3.43'te verilmiştir.

Çizelge 3.43. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların eğilme direnci değerleri (N/mm²).

Levha Grupları	X	S	S.E	Min.	Max.	V
KONTROL	14,53	1,86	0,75	11,97	16,32	0,06
A	14,59	0,93	0,37	13,08	15,06	0,06
B	15,55	1,92	0,78	12,57	16,74	0,13
C	14,94	2,07	0,84	9,61	15,42	0,17
D	15,58	2,15	0,87	11,43	16,84	0,15
E	16,77	2,12	0,86	10,93	16,64	0,15

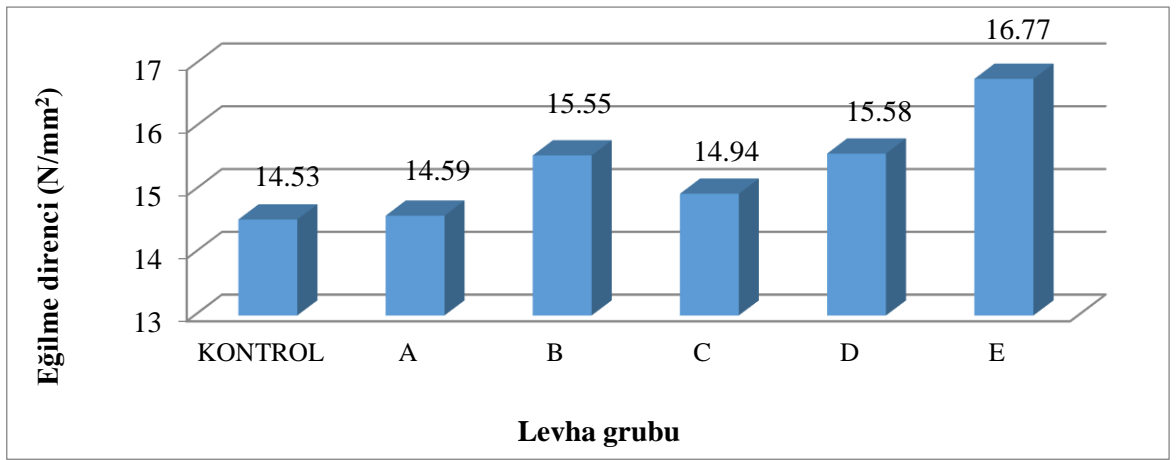
PMDI tutkalı ile üretilen levhaların eğilme direnci değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 3.44'te verilmiştir.

Çizelge 3.44. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların eğilme direnci değerlerine ait varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Gruplar Arası	38	5	7	2,165	0,085
Gruplar İçi	107	30	3		
Toplam	145	35			

Varyans analiz sonuçlarına göre grupların her bir varyasyonun ortalama eğilme direnci değerleri arasında istatistiksel olarak farklılık olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). PMDI tutkalı kullanılarak elde edilen levhaların ortalama eğilme direnci değerleri 14,94-16,77 N/mm² arasında olduğu görülmüştür. PMDI tutkalının artışına bağlı olarak eğilme

direnci değerlerinde genel anlamda bir artışın olduğu gözlenmiştir. Özellikle %2 oranında PMDI tutkalı kullanılan levhaların eğilme direnci değerleri, Kontrol grubu levhalarından %15,41 oranında yüksek olduğu tespit edilmiştir Benzer sonuçlar, PMDI tutkalı kullanılarak şeker kamışı sapından üretilmiş yongalevhalar da tespit edilmişin [64]. Ayrıca literatürde yapılan bazı çalışmalarda, levha üretimi sırasında kullanılan PMDI tutkalı katılım oranının artışına bağlı olarak levhaların mekanik özelliklerinin önemli ölçüde arttığı ifade edilmiştir [52], [57], [64]. Eğilme direnci değerlerinin dağılımı homojen olup, Duncan Testi uygulanmamıştır. Şekil 3.14'te levhaların ortalama eğilme direnci değerlerinin dağılımı görülmektedir.



Şekil 3.14. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların ortalama eğilme direnci değerleri (N/mm²).

MÜF ve PMDI tutkalı ile üretilen levhaların eğilme direnci değerlerine ait Bağımsız T-Testi analiz sonuçları Çizelge 3.45'te verilmiştir.

Çizelge 3.45. Levhaların eğilme direnci değerlerine ait Bağımsız T-Testi analiz sonuçları.

Tutkal Çeşitleri	N	Mean	Std. Sapma	Std. Hata	F	Df	Sig.
MÜF	30	14	1,7	0,31	1,174	56,164	0,046
PMDI	30	15	2	0,37			
Bağımsız T-Testi							

Bağımsız T-Testi analiz sonucunda her bir testin ortalama eğilme direnci değerleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$). PMDI tutkalı kullanılan levhaların, MÜF tutkalı kullanılan levhalara göre eğilme direnci daha yüksek bulunmuştur. Yapılan araştırmalarda, yapıştırıcı grupları arasındaki mekanik özellikler bakımından en yüksek direnç özellikleri amino grup reçinelerin, daha sonra fenolik bazlı tutkallar ile sağlandığı belirtilmiştir. Özellikle epoksi, PVAc ve izosiyanat içerikli yapıştırıcılardan elde edilen levhaların direnç özellikleri formaldehit esaslı tutkallardan daha düşük bulunmaktadır [65], [66]. Bu durum çalışma sonuçları ile uyum göstermektedir.

3.2.2. Eğilmede Elastikiyet Modülü

MÜF tutkalı ile üretilen yongalevhaların eğilmede elastikiyet modülü değerleri Çizelge 3.46'da verilmiştir.

Çizelge 3.46. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların eğilmede elastikiyet modülü değerleri (N/mm^2).

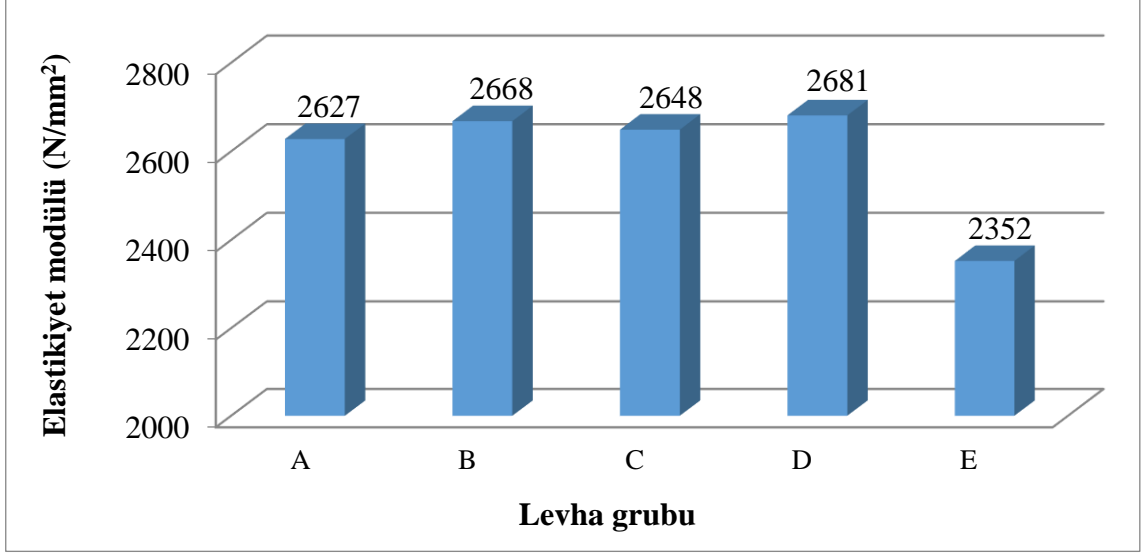
Levha Grupları	X	S	S.E	Min.	Max.	V
A	2627	308	126	2346	3119	0,11
B	2668	233	95	2386	3008	0,08
C	2648	220	89	2374	2800	0,08
D	2681	344	140	2236	3010	0,12
E	2352	291	118	1998	2759	0,12

MÜF tutkalı ile üretilen levhaların eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 3.47'de verilmiştir.

Çizelge 3.47. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Gruplar Arası	453125	4	113281	1,410	0,260
Gruplar İçi	2009125	25	80365		
Toplam	2462250	29			

Varyans analiz sonuçlarına göre grupların her bir varyasyonun ortalama eğilmede elastikiyet modülü direnci değerleri arasında istatistiksel bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). Yapılan laboratuvar çalışmalarında MÜF tutkalı kullanılarak elde edilen levhaların ortalama eğilmede elastikiyet modülü değerleri 2352-2681 N/mm² arasında olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre levhaların eğilmede elastikiyet modülü sonuçları TS EN 310 standardına uygun olduğu bulunmuştur. MÜF tutkalı kullanılan levhaların ortalama elastikiyet modülü en yüksek D grubu levhalarda 2681 N/mm², en düşük ise E grubu levhalarda 2352 N/mm² olarak tespit edilmiştir. Çolak et al. (2007) MÜF tutkalı ve farklı parametreler kullanarak 650 kg/m³ yoğunluğunda üretmiş olduğu yongalevhaların elastikiyet modülü değerlerini 2042-2080 N/mm² olarak tespit etmişlerdir [62]. Tez çalışmasında elde edilen ortalama eğilmede elastikiyet modülü değerleri bu değerlerin üzerinde bulunmuştur. Eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin dağılımı homojen olup, Duncan testi uygulanmamıştır. Şekil 3.15'te levhaların ortalama eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin dağılımı görülmektedir.



Şekil 3.15. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların ortalama eğilmede elastikiyet modülü değerleri (N/mm²).

PMDI tutkalı (%0, %0,5, %0,75, %1, %1,5, %2) ile üretilen yongalevhalara ait ortalama eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait veriler Çizelge 3.48’de verilmiştir.

Çizelge 3.48. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların eğilmede elastikiyet modülü değerleri (N/mm²).

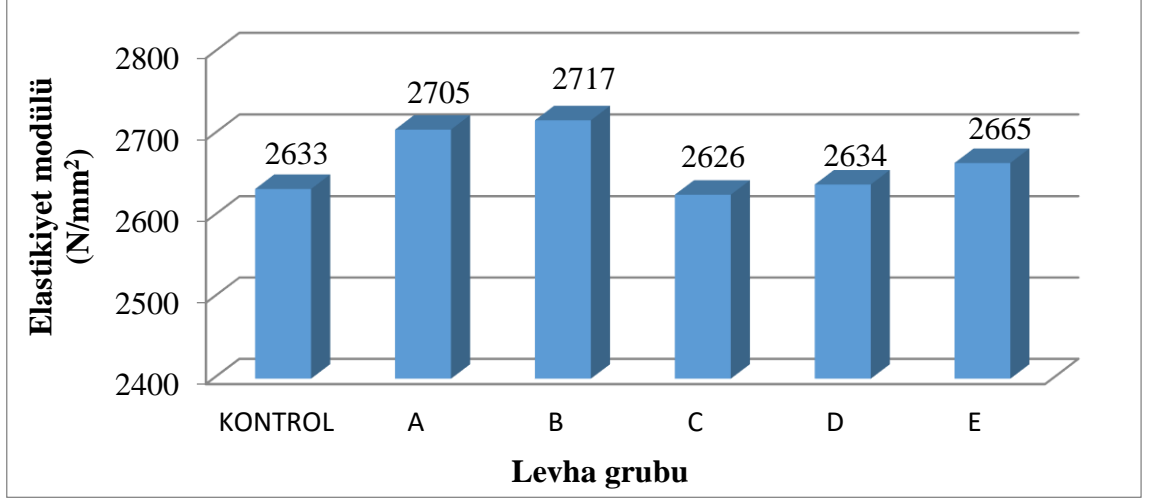
Levha Grupları	X	S	S.E	Min.	Max.	V
KONTROL	2633	348	142	2192	3097	0,13
A	2705	284	116,	2386	3055	0,10
B	2717	350	143	2355	3244	0,12
C	2626	410	167	2225	3312	0,16
D	2638	386	157	2226	3178	0,14
E	2665	374	152	2311	3116,	0,114

PMDI tutkalı ile üretilen levhaların eğilmede elastikiyet modülü değerleri varyans analiz sonuçları Çizelge 3.49’da verilmiştir.

Çizelge 3.49. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Gruplar Arası	45639	5	9128	0,070	0,996
Gruplar İçi	391325	30	130441		
Toplam	3958898	35			

PMDI tutkalı ile üretilen levhaların eğilmede elastikiyet modülü varyans analiz sonuçlarına göre grupların her bir varyasyonun ortalama eğilmede elastikiyet modülü değerleri arasında istatistiksel bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). Farklı oranlarda PMDI tutkalı ilave edilerek üretilen levhaların eğilmede elastikiyet modülü değerleri 2626-2717 N/mm² arasında olduğu tespit edilmiştir. PMDI tutkalı kullanımının artışına bağlı olarak eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde önemli değişimler gözlemlenmemiştir. Özellikle %0,75 oranında PMDI tutkalı kullanılan levhaların eğilmede elastikiyet modülü değerleri, Kontrol grubu levhalara kıyasla %3,19 oranında artış gösterdiği tespit edilmiştir. %2, 4 ve 6 oranında PMDI ve EMDI tutkalları kullanılarak üretilmiş yongalevhaların elastikiyet modülü değerleri bu çalışma sonuçları ile uyumlu bulunmuştur [57]. Eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin dağılımı homojen olup Duncan testi sonucu uygulamamıştır. Şekil 3.16'da PMDI tutkalı ile üretilen levhaların ortalama eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin dağılımı görülmektedir.



Şekil 3.16. PMDI tutkalı bile üretilen levhaların ortalama eğilmede elastikiyet modülü değerleri (N/mm²).

MÜF tutkalı ve PMDI tutkalı kullanılan levhaların eğilmede elastikiyet değerlerine ait Bağımsız T-Testi analiz sonuçları Çizelge 3.50’de verilmiştir. Bağımsız T-Testi analiz sonuçlarına göre her bir testin ortalama eğilmede elastikiyet modülü değerleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı olmadığı anlaşılmıştır ($p>0,05$). PMDI tutkalı ile üretilen levhaların eğilmede elastikiyet değerleri, MÜF tutkalı ile üretilen levhaların elastikiyet değerlerinden yüksek çıkmıştır.

Çizelge 3.50. Levhaların eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait Bağımsız T-Testi analiz sonuçları.

Tutkal Çeşitleri	N	Mean	Std. Sapma	Std. Hata	F	Df	Sig.
MÜF	30	2595	291	53	2,811	56,69	0,099
PMDI	30	2670	339	62			
Bağımsız T-Testi							

3.2.3. Yüzeye Dik Çekme Direnci

MÜF tutkalı ile üretilen yongalevhaların yüzeye dik çekme direnci değerleri Çizelge 3.51’de verilmiştir.

Çizelge 3.51. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların yüzeye dik çekme direnci değerleri (N/mm²).

Levha Grupları	X	S	S.E	Min.	Max.	V
A	0,67	0,06	0,25	0,62	0,76	0,09
B	0,55	0,03	0,01	0,51	0,59	0,05
C	0,59	0,05	0,22	0,52	0,66	0,08
D	0,63	0,05	0,02	0,58	0,72	0,07
E	0,56	0,08	0,03	0,46	0,65	0,14

MÜF tutkalı ile üretilen levhaların yüzeye dik çekme direnci değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 3.52’de verilmiştir.

Çizelge 3.52. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların yüzeye dik çekme direnci değerlerine ait varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Gruplar Arası	0,07	4	0,02	4,870	0,005
Gruplar İçi	0,08	25	0,003		
Toplam	0,15	29			

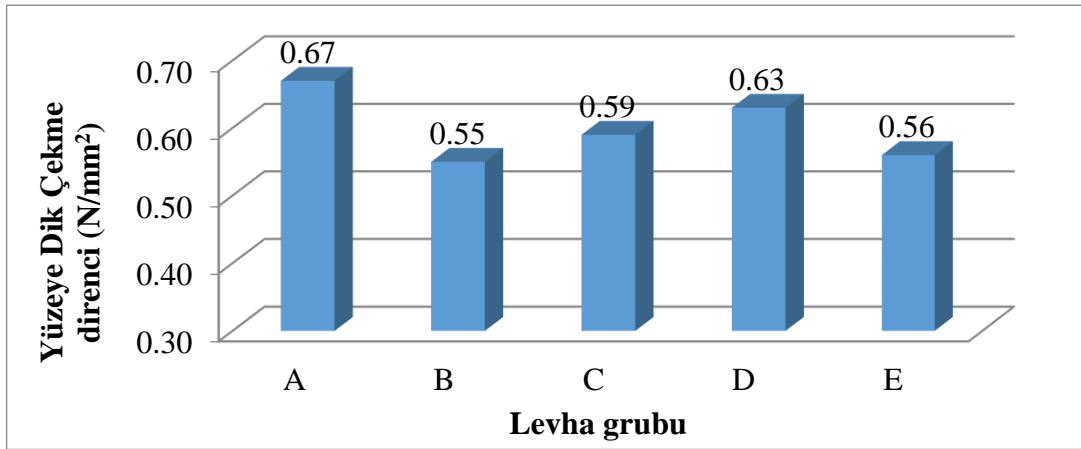
MÜF tutkalı kullanarak elde edilen levhaların yüzeye dik çekme direnci değerlerine ait varyans analiz sonuçlarında grupların her bir varyasyonunun ortalama yüzeye dik çekme direnci değerleri arasında %95 güven düzeyinde istatistiksel bir farklılık tespit edilmiştir ($p < 0,05$). MÜF tutkalı kullanılan levhaların yüzeye dik çekme direnci en yüksek A grubu levhalarda 0,67 N/mm², en düşük ise B grubu levhalarda 0,55 N/mm² olarak tespit edilmiştir. Yapılan bir çalışmada, farklı tutkal mol oranı, pres sıcaklığı ve

pH değerleri kullanılarak MÜF tutkalı ile üretilen levhaların yüzeye dik çekme direnci değerleri istatistiksel olarak anlamlı olup, 0,40-0,74 N/mm² arasında değiştiği ifade edilmiştir [55]. Yüzeye dik çekme direnci değerlerinin dağılımı homojen olup, gruplar arasındaki fark Duncan testi ile tespit edilmiş olup, Çizelge 3.53'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.53. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların yüzeye dik çekme direnci değerlerine ait Duncan Testi sonuçları.

Levha Grupları	N	1	2	3
A	6			0,67
B	6	0,55		
C	6	0,58	0,58	
D	6		0,63	0,63
E	6	0,55		

Çizelge 3.53'teki Duncan testi sonuçlarına göre B, C ve E grubu levhalar arasında, C ve D grubu levhalar arasında, A ve E grubu levhalar arasında yüzeye dik çekme direnci değerleri bakımından istatistiksel olarak fark olmadığı tespit edilmiştir. Levhaların ortalama yüzeye dik çekme değerlerinin dağılımı Şekil 3.17'de verilmiştir.



Şekil 3.17. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların ortalama yüzeye dik çekme direnci değerleri (N/mm²).

PMDI tutkalı (%0, %0,5, %0,75, %1, %1,5, %2) ile üretilen yongalevhaların ortalama yüzeye dik çekme direnci değerlerine ait veriler Çizelge 3.54’te verilmiştir.

Çizelge 3.54. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların yüzeye dik çekme direnci değerleri (N/mm²).

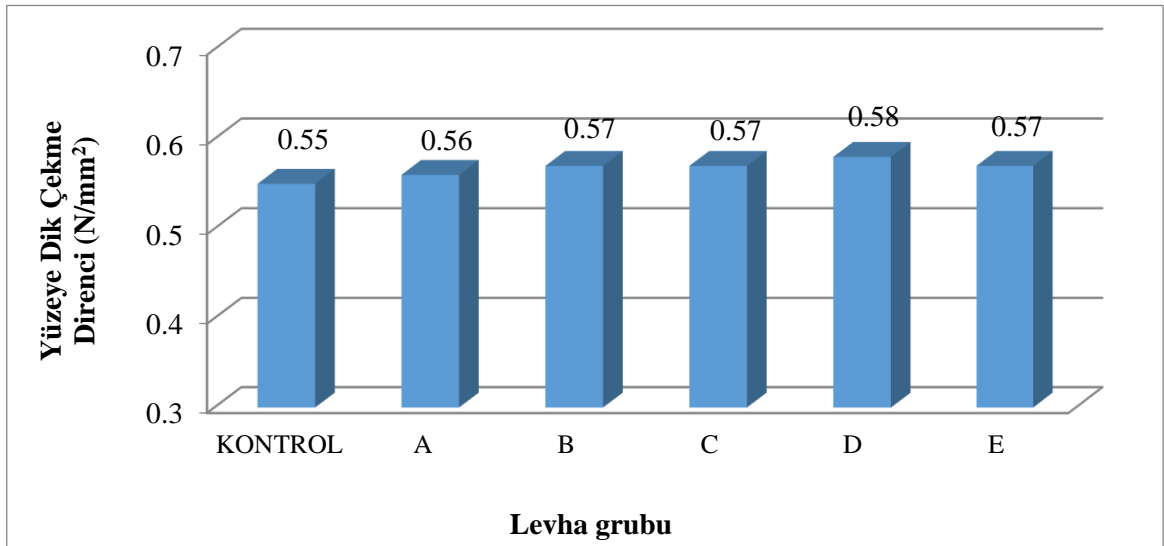
Levha Grupları	X	S	S.E	Min.	Max.	V
KONTROL	0,55	0,1	0,041	0,42	0,71	0,18
A	0,56	0,08	0,031	0,47	0,67	0,14
B	0,57	0,02	0,006	0,55	0,59	0,03
C	0,57	0,03	0,011	0,54	0,61	0,05
D	0,58	0,04	0,016	0,51	0,62	0,07
E	0,57	0,07	0,028	0,46	0,65	0,12

PMDI tutkalı ile üretilen levhaların yüzeye dik çekme direnci varyans analiz sonuçları Çizelge 3.55’te verilmiştir.

Çizelge 3.55. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların yüzeye dik çekme direnci değerlerine ait varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Gruplar Arası	0,003	5	0,001	0,139	0,982
Gruplar İçi	0,120	30	0,004		
Toplam	0,123	35			

PMDI tutkalı ile üretilen levhaların yüzeye dik çekme direnci değerlerine ait varyans analiz sonuçlarına göre grupların her bir varyasyonun ortalama yüzeye dik çekme direnci değerleri arasında istatistiksel bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). Yüzeye dik çekme direnci değerlerinin dağılımı homojen olup, Duncan Testi uygulanmamıştır. PMDI tutkalı kullanılan levhaların yüzeye dik çekme direnci değerleri $0,55-0,58 \text{ N/mm}^2$ arasında olduğu görülmüştür. PMDI tutkalının artışına bağlı olarak yüzeye dik çekme direnci değerlerinde bir miktar artış gözlenirse de istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Analiz sonuçları %1,5 PMDI tutkalı kullanılan levhaların Kontrol grubu levhalara kıyasla %5,45 oranında artış gösterdiği tespit edilmiştir. Tüm deneme levhalarına ait yüzeye dik çekme direnci değerleri TS EN 312 standardının belirttiği en düşük değerleri karşılamaktadır. PMDI tutkalının, düşük oranlarda bu kadar yüksek yapışma direnci vermesi birkaç gerekçe ile açıklanmaktadır Özellikle levha üretimi sırasında oluşan, hidrojen (H) ve poliüretan bağları yolu ile kimyasal bağlanmanın artması ayrıca PMDI tutkalının izosiyanat grupları ile odun yongasındaki rutubetin reaksiyona girerek daha yüksek mekanik bağlanma için çapraz bağlı poliüreleri oluştururlar [67]. Hafıdz ve ark.; kauçuk odunu ve EMDİ tutkalı kullanarak farklı üretim hızlarında elde ettikleri yongalevhaların üretim hızının yükselmesine bağlı olarak yüzeye dik çekme direnci gibi bazı mekanik özelliklerinde azalmalar meydana geldiğini bildirmişlerdir [68]. Şekil 3.18’de PMDI tutkalı ile üretilen levhaların ortalama yüzeye dik çekme direnci değerlerinin dağılımı görülmektedir.



Şekil 3.18. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların ortalama yüzeye dik çekme direnci değerleri (N/mm^2).

MÜF ve PMDI tutkalı kullanılan levhaların yüzeye dik çekme direnci değerlerine ait Bağımsız T-Testi analiz sonuçları Çizelge 3.56’da verilmiştir.

Çizelge 3.56. Levhaların yüzeye dik çekme direnci değerlerine ait Bağımsız T-Testi analiz sonuçları.

Tutkal Çeşitleri	N	Mean	Std. Sapma	Std. Hata	F	Df	Sig.
MÜF	30	0,60	0,05	0,01			
PMDI	30	0,57	0,07	0,013			
Bağımsız T-Testi					4,050	58	0,049

Bağımsız T-Testi analiz sonucunda her bir testin ortalama yüzeye dik çekme direnci değerleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$). PMDI tutkalı ile üretilen levhaların yüzeye dik çekme direnci MÜF tutkalı ile üretilen levhaların yüzeye dik çekme direncine göre düşük çıktığı görülmüştür. Her iki tutkal türü ile üretilmiş yonga levhaların yüzeye dik çekme direnci değerleri (MÜF-0,60 ve PMDI-0,57 N/mm², Çizelge 3.56). TS EN 312 (2012) standardında belirtilen P3 tipi (nemli şartlarda kullanılan yük taşıyıcı olmayan levhalar) uygulama alanlarında aranan alt sınır değerlerini ($>0,45$ N/mm²) karşıladığı görülmektedir.

3.2.4. Yüzey Sağlamlığı Değeri

MÜF tutkalı ile üretilen yongalevhaların ortalama yüzey sağlamlığı değerlerine ait veriler Çizelge 3.57’de verilmiştir.

Çizelge 3.57. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların yüzey sağlamlığı değerleri (N/mm²).

Levha Grupları	X	S	S.E	Min.	Max.	V
A	1,26	0,17	0,07	1,01	1,51	0,13
B	1,5	0,06	0,03	1,42	1,57	0,04
C	1,53	0,09	0,04	1,39	1,63	0,06
D	1,53	0,04	0,02	1,48	1,59	0,03
E	1,54	0,07	0,03	1,46	1,59	0,04

MÜF tutkalı ile üretilen levhaların yüzey sağlamlığı değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 3.58’de verilmiştir.

Çizelge 3.58. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların yüzey sağlamlığı değerlerine ait varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Gruplar Arası	0,35	4	0,9	8,902	0,000
Gruplar İçi	0,24	25	0,1		
Toplam	0,59	29			

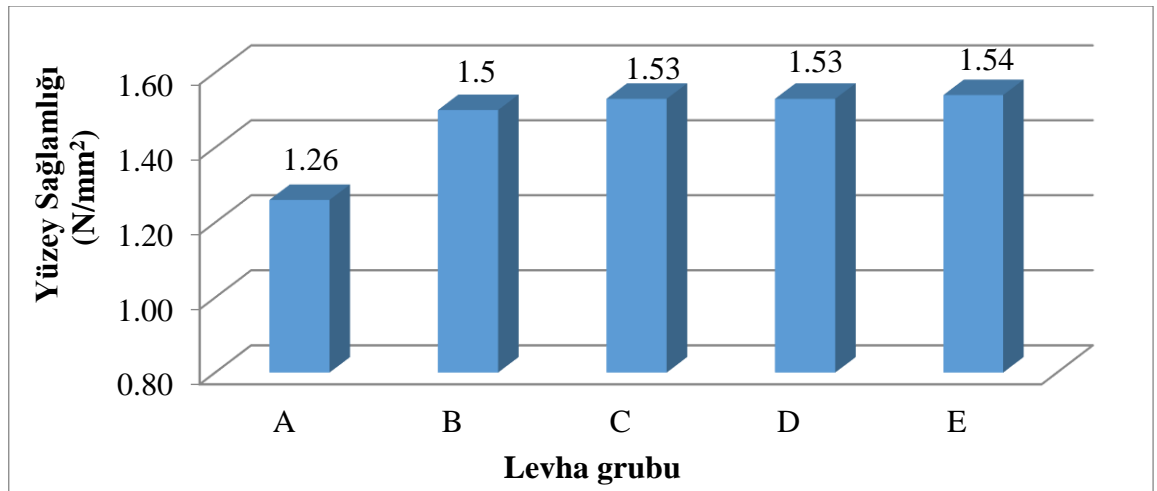
MÜF tutkalı ile üretilen levhaların yüzey sağlamlığı değerlerine ait varyans analiz sonuçlarında grupların her bir varyasyonun ortalama yüzey sağlamlığı değerleri arasında istatistiksel olarak farklılık olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Yapılan laboratuvar çalışmalarında MÜF tutkalı kullanılarak elde edilen levhaların yüzey sağlamlığı değerleri 1,26-1,54 N/mm² arasında olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre levhaların yüzey sağlamlığı sonuçları TS EN 311 standardına uygun olduğu görülmüştür. MÜF tutkalı kullanılan levhaların ortalama yüzey sağlamlığı en

yüksek E grubu levhalarda 1,54 N/mm², en düşük ise A grubu levhalarda 1,26 N/mm² olarak tespit edilmiştir. Yüzeysel sağlamlığı değerlerinin dağılımı homojen olup, gruplar arasındaki fark Duncan testi ile tespit edilmiş olup, Çizelge 3.59’da verilmiştir.

Çizelge 3.59. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların yüzeysel sağlamlığı değerlerine ait Duncan Testi sonuçları.

Levha Grupları	N	1	2
A	6	1,26	
B	6		1,50
C	6		1,53
D	6		1,52
E	6		1,54

Çizelge 3.59’deki Duncan Testi sonuçlarına göre, B, C, D ve E grubu levhaların yüzeysel sağlamlık değerleri arasında istatistiksel bir fark görülmemiştir. A grubu levhalar diğer levha gruplarından farklı olduğu görülmüştür. Şekil 3.19’da levhaların ortalama yüzeysel sağlamlığı değerlerinin dağılımı verilmiştir.



Şekil 3.19. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların ortalama yüzeysel sağlamlığı değerleri (N/mm²).

PMDI tutkalı (%0, %0,5, %0,75, %1, %1,5, %2) ile üretilen yongalevhaların ortalama yüzey sağlamlığı değerleri Çizelge 3.60’da verilmiştir.

Çizelge 3.60. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların yüzey sağlamlığı değerleri.

Levha Grupları	X	S	S.E	Min.	Max.	V
KONTROL	1,58	0,12	0,05	1,45	1,75	0,08
A	1,36	0,2	0,08	1,14	1,61	0,15
B	1,47	0,08	0,03	1,33	1,55	0,05
C	1,44	0,13	0,05	1,23	1,61	0,09
D	1,48	0,07	0,03	1,39	1,58	0,05
E	1,61	0,14	0,06	1,42	1,78	0,09

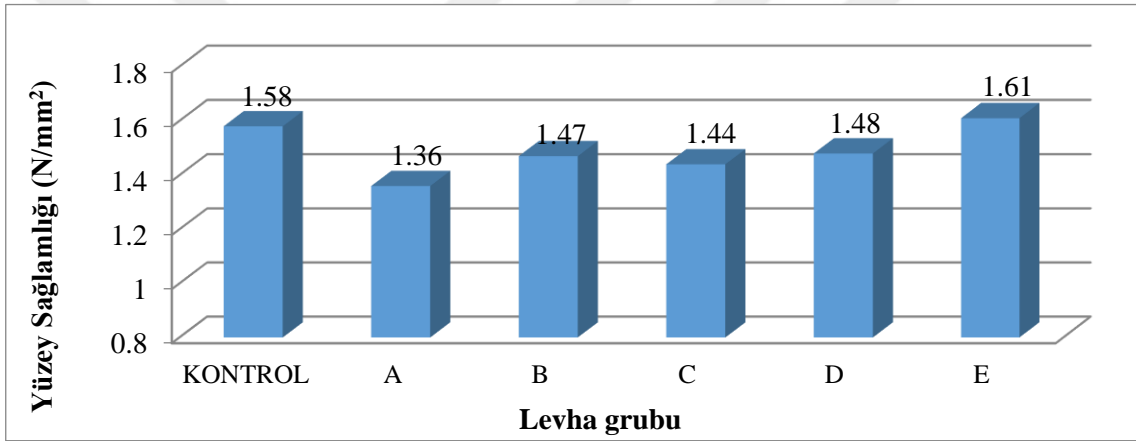
PMDI tutkalı ile üretilen levhaların yüzey sağlamlığı değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 3.61’de verilmiştir.

Çizelge 3.61. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların yüzey sağlamlığı değerlerine ait varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Gruplar Arası	0,24	5	0,05	2,454	0,056
Gruplar İçi	0,58	30	0,02		
Toplam	0,82	35			

PMDI tutkalı ile üretilen levhaların yüzey sağlamlığı değerlerine ait varyans analiz sonuçlarında grupların her bir varyasyonun ortalama yüzey sağlamlığı değerleri

arasında istatistiksel bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). PMDI tutkalı kullanılarak elde edilen levhaların yüzey sağlamlığı değerleri $1,36-1,61 \text{ N/mm}^2$ arasında olduğu görülmüştür. En yüksek yüzey sağlamlığı değerleri %2'lik PMDI tutkalı kullanılan varyasyonda görülmüş olup, bu değer Kontrol grubuna çok yakın çıkmıştır. PMDI tutkalının artışına bağlı olarak yüzey sağlamlığı değerlerinde bir miktar artış gözlenmiş olup, levha grupları arasında önemli bir farklılık görülmemiştir ($p<0,05$). Ancak, %2 PMDI tutkalı kullanılan levhaların Kontrol grubu levhalara kıyasla % 1,90 oranında artış gösterdiği tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre levhaların yüzey sağlamlığı sonuçları TS EN 311 standardına uygun olduğu görülmüştür. Yüzey sağlamlığı değerlerinin dağılımı homojen olup, Duncan testi uygulanmamıştır. Levhaların ortalama yüzey sağlamlık değerlerinin dağılımı Şekil 3.20'de verilmiştir.



Şekil 3.20. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların ortalama yüzey sağlamlığı değerleri (N/mm^2).

MÜF ve PMDI tutkalı kullanılan levhaların yüzey sağlamlığı değerlerine ait Bağımsız T-Testi analiz sonuçları Çizelge 3.62'de verilmiştir.

Çizelge 3.62. Levhaların yüzey sağlamlığı değerlerine ait Bağımsız T-Testi analiz sonuçları.

Tutkal Çeşitleri	N	Mean	Std. Sapma	Std. Hata	F	Df	Sig.
MÜF	30	1,5	0,14	0,03	17,581	58	0,000
PMDI	30	1,3	0,4	0,07			
Bağımsız T-Testi							

Bağımsız T-Testi analiz sonuçlarına göre her bir testin ortalama yüzey sağlamlığı değerleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu anlaşılmıştır ($p < 0,05$). PMDI tutkalı ile üretilen levhaların yüzey sağlamlığı değerleri MÜF tutkalı ile üretilen levhaların yüzey sağlamlığı değerlerine göre daha düşük çıktığı görülmüştür. Ancak her iki tutkal türü ile üretilmiş yongalevhaların yüzey sağlamlığı değerleri (Çizelge 3.62, MÜF- 1,5 ve PMDI-1,3 N/mm²) TS EN 311 (2012) standardında belirtilen P3 tipi (nemli şartlarda kullanılan yük taşıyıcı olmayan levhalar) uygulama alanlarında aranan alt sınır değerlerini karşılamaktadır.

3.2.5. Vida Tutma Direnci

MÜF tutkalı ile üretilen yongalevhaların vida tutma direnci değerleri Çizelge 3.63'te verilmiştir.

Çizelge 3.63. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların vida tutma direnci değerleri (N).

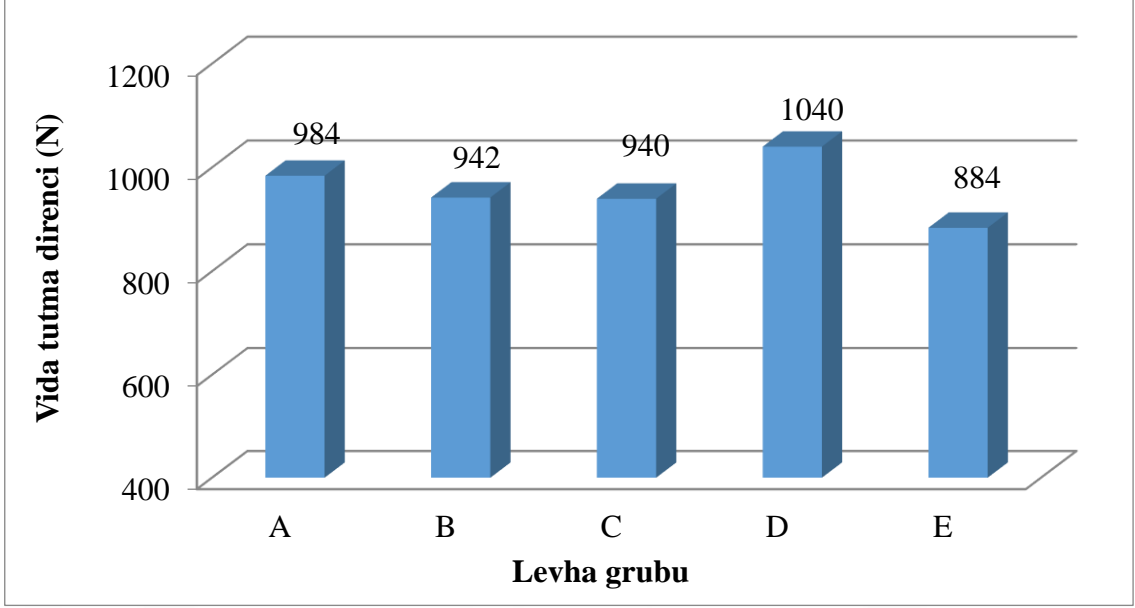
Levha Grupları	X	S	S.E	Min.	Max.	V
A	984	48,1	27,79	941	1036	0,05
B	942	73,9	42,71	883	1025	0,08
C	940	43,9	25,33	905	989	0,05
D	1040	70,7	40,82	963	1102	0,07
E	884	110	67,76	789	1005	0,12

MÜF tutkalı ile üretilen levhaların vida tutma direnci varyans analiz sonuçları Çizelge 3.64'te verilmiştir.

Çizelge 3.64. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların vida tutma direnci değerlerine ait varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Gruplar Arası	40220	4	10138	1,884	0,190
Gruplar İçi	53823	10	5382		
Toplam	94043	14			

MÜF tutkalı ile üretilen levhaların vida tutma direnci değerlerine ait varyans analiz sonuçlarına göre grupların her bir varyasyonunun ortalama vida tutma direnci değerleri arasında istatistiksel bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). Yapılan laboratuvar çalışmalarında MÜF tutkalı kullanılarak elde edilen levhaların vida tutma direnci değerleri 884-1040 N arasında olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre levhaların vida tutma direnci sonuçları TS EN 320 standardına uygun olduğu görülmüştür (min. 650 N). MÜF tutkalı kullanılan levhaların ortalama vida tutma direnci en yüksek D grubu levhalarda 1040 N, en düşük ise E grubu levhalarda 884 N olarak tespit edilmiştir. Vida tutma direnci değerlerinin dağılımı homojen olup, Duncan testi uygulanmamıştır. Şekil 3.21'de levhaların ortalama vida tutma direnci değerlerinin dağılımı görülmektedir.



Şekil 3.21. MÜF tutkallı ile üretilen levhaların ortalama vida tutma direnci değerleri (N).

PMDI tutkallı (%0, %0,5, %0,75, %1, %1,5, %2) ile üretilen yongalevhaların ortalama vida tutma direnci değerlerine ait veriler Çizelge 3.65’te verilmiştir.

Çizelge 3.65. PMDI tutkallı ile üretilen levhaların ortalama vida tutma değerleri (N).

Levha Grupları	X	S	S.E	Min.	Max.	V
KONTROL	995	43	43,58	965	1045	0,04
A	896	95	54,84	855	1005	0,11
B	914	85	85,19	819	983	0,09
C	690	106,	61,26	578	789	0,15
D	937	92	53,01	859	1.038	0,1
E	898	135	77,98	786	1048	0,15

PMDI tutkallı ile üretilen levhaların vida tutma direnci varyans analiz sonuçları Çizelge 3.66’da verilmiştir.

Çizelge 3.66. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların vida tutma direnci değerlerine ait varyans analiz sonuçları (N).

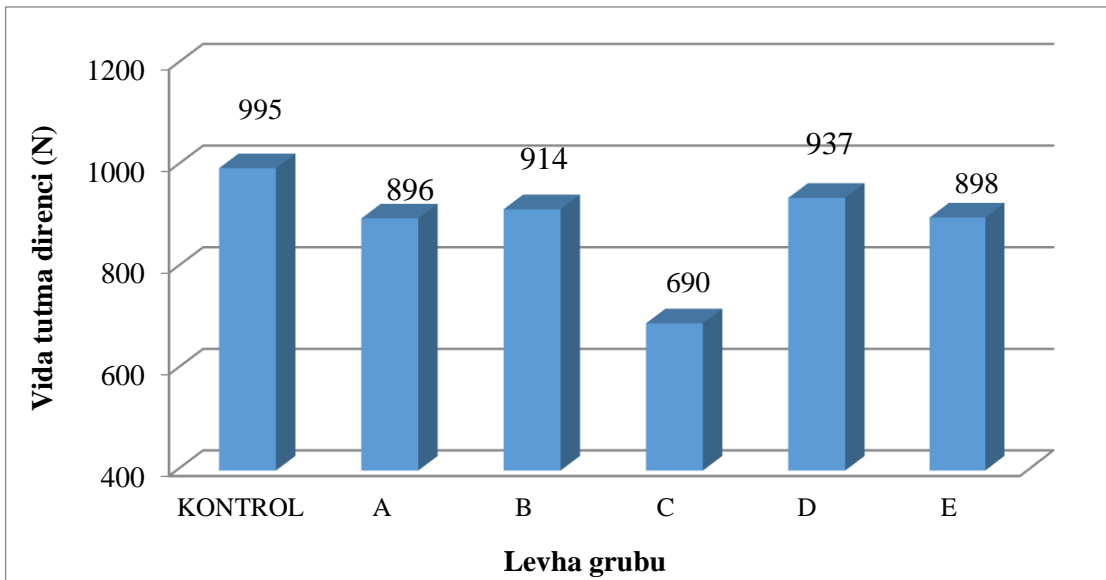
Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Gruplar Arası	161650	5	32330	3,457	0,036
Gruplar İçi	112228	12	9352		
Toplam	273878	17			

PMDI tutkalı ile üretilen levhaların vida tutma direnci değerlerine ait varyans analiz sonuçlarına göre grupların her bir varyasyonun ortalama vida tutma direnci değerleri arasında istatistiksel farklılık tespit edilmiştir ($p < 0,05$). PMDI tutkalı kullanılarak elde edilen levhaların yüzey sağlamlığı değerleri 690-995 N arasında olduğu görülmüştür. PMDI tutkalının artışına bağlı olarak ortalama vida tutma direnci değerlerinde azalmalar gözlenmiştir. Özellikle % 1,5 PMDI tutkalı kullanılan levhaların Kontrol grubu levhalara kıyasla %30,65 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Yapılan bir çalışmada, dönüştürülmüş odun atıklarından PMDI ve fenol formaldehit tutkalları kullanılarak üretilmiş düşük formaldehit emisyonlu yongalevhaların vida tutma değerleri 403-746 N arasında değiştiği ifade edilmiştir [59]. PMDI tutkalı kullanılan levhaların ortalama vida tutma direnci en yüksek Kontrol grubu levhalarda 995 N, en düşük ise C grubu levhalarda 690 N olarak tespit edilmiştir. Vida tutma direnci değerlerinin dağılımı homojen olup, gruplar arasındaki fark Duncan testi ile tespit edilmiş olup, Çizelge 3.67’de verilmiştir.

Çizelge 3.67. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların vida tutma direnci Duncan Testi sonuçları.

Levha Grupları	N	1	2
KONTROL	3		995
A	3		896
B	3		914
C	3	690	
D	3		937
E	3		898

Çizelge 3.67’deki Duncan testi sonuçlarına göre Kontrol, A, B, D ve E grubu levhaların vida tutma direnci değerleri arasında farklılık olmadığı, C grubu levhaların diğer levha gruplarında farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Şekil 3.22’de levhaların ortalama vida tutma direnci değerlerinin dağılımı görülmektedir.



Şekil 3.22. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların ortalama vida tutma direnci değerleri (N).

MÜF ve PMDI tutkalı kullanılan levhaların vida tutma direnci değerlerine ait Bağımsız T-Testi analiz sonuçları Çizelge 3.68’de verilmiştir.

Çizelge 3.68. Levhaların vida tutma direnci değerlerine ait Bağımsız T-Testi analiz sonuçları.

Tutkal Çeşitleri	N	Mean	Std. Sapma	Std. Hata	F	Df	Sig.
MÜF	15	958	82	22			
PMDI	15	867	127	33			
Bağımsız T-Testi					1,772	23,859	0,194

Bağımsız T-Testi analiz sonuçlarında her bir testin ortalama vida tutma değerleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). MÜF tutkalı kullanılan levhaların vida tutma direnci, PMDI tutkalı kullanılan levhaların vida tutma direncinden daha yüksek çıkmıştır. Elde edilen sonuçlara göre her iki tutkal türüne ait levhaların vida tutma direnci değerleri bakımından TS EN 320 standardına uygun olduğu görülmüştür.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, hammadde karışımı %15 ladin, %50 çam, %20 meşe, %10 kapak, %5 talaş olan, 18 mm kalınlığındaki yongalevhalar kullanılmıştır. Levhaların üretiminde MÜF ve PMDI tutkalı kullanılmış olup, bu tez çalışmasında MÜF tutkalı ile PMDI tutkallarının değerlendirilmesi yapılmıştır. MÜF ve PMDI tutkallarından üretilmiş levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesinde toplam 11 adet 1830x3660 mm boyutlarında yongalevha kullanılmıştır. Yapılan denemelerde PMDI tutkalı %0 (Kontrol), 0,5, 0,75, 1, 1,5, 2 oranlarında kullanılmıştır. MÜF tutkalı ile elde edilen tüm levhaların orta tabaka tutkal oranı % 8,5 olup levhaların dış tabakalarında farklı oranlarda MÜF tutkalı kullanılmıştır. A grubu levhaların dış tabaka MÜF tutkal oranı %11, B grubu levhalarda %11,5, C grubu levhalarda %12, D grubu levhalarda %12,5, E grubu levhalarda ise %13,5 olarak uygulanmıştır. Tutkalın yongaya katılım oranı orta tabakada %70, dış tabakada ise %30 oranındadır. Tam kuru tutkal ağırlığına oranla, parafin miktarı %0,40 olarak belirlenmiştir. Üretilen levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiştir.

Yapılan laboratuvar çalışmaları sonucunda, MÜF tutkalı kullanılarak elde edilen levhaların yoğunluk değerleri (birim hacim ağırlığı) ortalama 636-645 kg/m³ arasında olduğu görülmüştür. Hedeflenen levha yoğunluk değeri 630±%10 kg/m³'tür. MÜF tutkalı kullanılan levhaların ortalama yoğunluğu en yüksek E grubu levhalarda, en düşük ise C grubu levhalarda tespit edilmiştir. PMDI tutkalı kullanılarak elde edilen levhaların yoğunluk değerleri ise 633-648 kg/m³ arasında olduğu görülmüştür. PMDI tutkalı kullanılan levhaların yoğunluğu en yüksek C grubu levhalarda, en düşük ise D grubu levhalarda tespit edilmiştir. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların yoğunluğu, PMDI tutkalı ile üretilen levhaların yoğunluğundan bir miktar daha yüksek olduğu görülmüştür. Her iki tutkal türü ile üretilen levhaların yoğunluk değerleri TS EN 312'ye göre belirlenen %10'luk sınır değerleri arasında olduğu görülmüştür.

Yapılan laboratuvar çalışmalarında, MÜF tutkalı kullanılarak elde edilen levhaların ortalama rutubet miktarları %7,17-7,74 arasında olduğu görülmüştür. MÜF tutkalı kullanılan levhaların ortalama rutubet miktarı en yüksek E grubu levhalarda, en düşük

ise C grubu levhalarda bulunmuştur. PMDI tutkalı kullanılan levhaların ortalama rutubet miktarı en yüksek C grubu levhalarda %7,51, en düşük ise E grubu levhalarda %6,21 olarak bulunmuştur. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların ortalama rutubet miktarı, PMDI tutkalı ile üretilen levhaların rutubet miktarından yüksek çıkmıştır. TS EN 312'ye göre, üretilen tüm levhaların rutubet değerleri bu standardın belirttiği sınırlar (%5-13) içerisinde olduğu görülmüştür.

MÜF tutkalı kullanılan levhaların ortalama 2 saatlik su alma değeri en yüksek A grubu levhalarda %46,1, en düşük ise C grubu levhalarda %30,5 olarak tespit edilmiştir. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların 24 saatlik su alma oranı en yüksek A grubu levhalarda %72,5, en düşük ise E grubu levhalarda %49,2 olarak tespit edilmiştir. PMDI tutkalı kullanılan levhaların ortalama 2 saatlik su alma değeri en yüksek E grubu levhalarda %32,9, en düşük ise D grubu levhalarda %23,4 olarak bulunmuştur. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 24 saatlik su alımı en yüksek B grubu levhalarda %73,2, en düşük ise Kontrol grubu levhalarda %41,7 olarak tespit edilmiştir. PMDI tutkalı ile üretilen levhaların 2 saatlik su alma oranları bakımından özellikle A, B, C ve D grubu levhalar arasında önemli bir fark tespit edilmemiştir. Su alma oranları bakımından, 2 ve 24 saatlik su alma ortalamaları incelendiğinde MÜF tutkalı ile üretilen levhaların su alma oranları, PMDI tutkalı ile üretilen levhalardan daha yüksek olduğu görülmüştür.

Yapılan laboratuvar çalışmalarında, MÜF tutkalı kullanılan levhaların ortalama 2 saatlik kalınlık artışı en yüksek E grubu levhalarda %8,87, en düşük ise B grubu levhalarda %2,49 olarak bulunmuştur. MÜF tutkalı kullanılan levhaların 24 saatlik kalınlık artışı en yüksek A grubu levhalarda %13,2, en düşük ise E grubu levhalarda %10,2 olarak tespit edilmiştir. PMDI tutkalı kullanılan levhaların 2 saatlik kalınlık artışı en yüksek E grubu levhalarda %3,7, en düşük ise C grubu levhalarda %1,7 olarak tespit edilmiştir. PMDI tutkalı kullanılan levhaların 24 saatlik kalınlık artımı en yüksek B grubu levhalarda %13,9, en düşük ise Kontrol grubu levhalarda %7,9 olarak tespit edilmiştir. Üretilen tüm levhaların 2 ve 24 saatlik kalınlık artışı değerleri incelendiğinde, MÜF tutkalı kullanılan levhalara ait kalınlık artış değerleri, PMDI tutkalı kullanılan levhaların kalınlık artışı değerlerinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Hem MÜF hem de PMDI tutkalı ile üretilen levhaların kalınlık artış oranları TS EN 312'de belirtilen en üst sınır değerlerinin altında olduğu belirlenmiştir.

Yapılan laboratuvar çalışmalarında, MÜF tutkalı kullanılarak elde edilen levhaların eğilme direnci değerleri 14,02-15,56 N/mm² arasında olduğu görülmüştür. MÜF tutkalı

kullanılan levhaların ortalama eğilme direnci en yüksek D grubu levhalarda, en düşük E grubu levhalarda tespit edilmiştir. Bu levhaların eğilme direnci değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır. PMDI tutkalı kullanılan levhaların ortalama eğilme direnci en yüksek E grubu levhalarda 16,77 N/mm², en düşük ise Kontrol grubu levhalarda 14,53 N/mm² olarak tespit edilmiştir. MÜF tutkalında olduğu gibi PMDI tutkalı ile üretilen levhaların eğilme direnci değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır (p>0,05). PMDI tutkalı kullanılan levhaların, MÜF tutkalı kullanılan levhalara göre eğilme direnci daha yüksek bulunmuştur. Ancak tüm levhaların eğilme direnci değerleri TS EN 312’de belirtilen minimum sınır değerlerini karşılamaktadır.

Eğilmede elastikiyet modülü bakımından, MÜF tutkalı kullanılan levhaların ortalama elastikiyet modülü en yüksek D grubu levhalarda 2681 N/mm², en düşük ise E grubu levhalarda 2352 N/mm² olarak tespit edilmiştir. PMDI tutkalı kullanılan levhaların ortalama eğilmede elastikiyet modülü değeri en yüksek B grubu levhalarda 2717 N/mm², en düşük ise C grubu levhalarda 2626 N/mm² olarak tespit edilmiştir. Levha standartları göz önüne alındığında, eğilmede elastikiyet modülü değerleri bakımından elde edilen sonuçlar, eğilme direnci değerlerine benzerlik göstermiştir. Her iki tutkal türünden elde edilen levhaların eğilmede elastikiyet modülü değerleri arasında önemli bir fark bulunmamıştır (p>0,05).

MÜF tutkalı kullanılarak üretilen levhaların yüzeye dik çekme direnci en yüksek A grubu levhalarda 0,67 N/mm², en düşük ise B grubu levhalarda 0,55 N/mm² olarak tespit edilmiştir. Levhaların yüzeye dik çekme direnci değerleri bakımından gruplar arasında önemli farklılıklar tespit edilmiştir (p<0,05). PMDI tutkalı kullanılan levhaların yüzeye dik çekme direnci en yüksek D grubu levhalarda 0,58 N/mm², en düşük ise Kontrol grubu levhalarda 0,55 N/mm² olarak tespit edilmiştir. PMDI kullanılan levhaların yüzeye dik çekme direnci değerleri arasında önemli bir fark bulunmamıştır (p>0,05). PMDI tutkalı ile üretilen levhaların yüzeye dik çekme direnci değerleri, MÜF tutkalı ile üretilen levhaların yüzeye dik çekme direncine göre düşük çıktığı tespit edilmiştir.

Yapılan laboratuvar çalışmalarında, MÜF tutkalı kullanılarak elde edilen levhaların yüzey sağlamlığı değerleri 1,26-1,54 N/mm² arasında olduğu görülmüştür. MÜF tutkalı kullanılan levhaların ortalama yüzey sağlamlığı en yüksek E grubu levhalarda, en düşük ise A grubu levhalarda tespit edilmiştir. Melamin oranının artışına bağlı olarak yüzey

sağlamlık değerlerinde bir miktar artış gözlenmiştir. PMDI tutkalı kullanılarak elde edilen levhaların yüzey sağlamlığı değerleri 1,36-1,61 N/mm² arasında olduğu görülmüştür. PMDI tutkalı kullanılan levhaların ortalama yüzey sağlamlığı en yüksek E grubu levhalarda, en düşük ise A grubu levhalarda bulunmuştur. MÜF tutkalı ile üretilen levhaların yüzey sağlamlığı değerleri, PMDI tutkalı ile üretilen levhaların yüzey sağlamlığı değerlerine göre daha yüksek çıkmıştır.

Yapılan laboratuvar çalışmalarında MÜF tutkalı kullanılarak elde edilen levhaların vida tutma direnci değerleri 884-1040 N arasında olduğu görülmüştür. MÜF tutkalı kullanılan levhaların ortalama vida tutma direnci en yüksek D grubu levhalarda, en düşük ise E grubu levhalarda tespit edilmiştir. Levhaların vida tutma direnci değerleri arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0,05$). PMDI tutkalı kullanılarak elde edilen levhaların vida tutma değerleri 690-995 N arasında olduğu görülmüştür. PMDI tutkalı kullanılan levhaların ortalama vida tutma direnci en yüksek Kontrol grubu levhalarda, en düşük ise C grubu levhalarda olduğu tespit edilmiştir. İstatistiksel açıdan yapılan analizlere göre, C grubu levhaların dışındaki tüm gruplara ait vida tutma direnci değerleri arasında bir fark olmadığı görülmüştür. MÜF tutkalı kullanılan levhaların vida tutma direnci, PMDI tutkalı kullanılan levhaların vida tutma direncinden daha yüksek çıkmıştır.

Üretimi gerçekleştirilmiş olan kontrol ve test levhalarının tüm fiziksel ve mekanik özelliklerine ait değerler, TS EN 312 (2012) standardında belirtilen P3 tipi (nemli şartlarda kullanılan yük taşıyıcı olmayan levhalar) uygulama alanlarında aranan alt sınır veya üst sınır değerlerini karşıladığı tespit edilmiştir. Buradan da anlaşılacağı üzere, yüksek tutkal maliyetlerini de dikkate alarak yongalevha üretimi sırasında MÜF tutkalına ilave edilecek PMDI tutkalının minimum seviyede (%0,5) kullanılmasının yeterli olacağı söylenebilir.

Özellikle su alma oranı ve kalınlığına şişme değerlerinin çok düşük olması, PMDI ilaveli yongalevhaların banyo, tuvalet, sauna vb. gibi rutubet oranının yüksek olduğu ancak yüksek direnç özellikleri istenmeyen alanlarda da kullanılabileceği anlaşılmıştır.

PMDI tutkalı %100 oranında sıvıdır. Bu tutkal bünyesinde herhangi bir organik çözücü veya su bulundurmamaktadır. Odun yongalarının tutkallanması sırasında yonga rutubeti artmamakta ve presleme süresi kısalmaktadır. Bu nedenlerden dolayı PMDI tutkalı ile yapılan yongalevha üretim hızını artırmak mümkün olacaktır. Ancak PMDI tutkal

maliyetinin MÜF'e göre daha yüksek olduğu da unutulmamalıdır. Bu nedenle, levha üretiminde yapıştırıcı olarak PMDI'nın kullanılması ile üretim hızının artırılması, işletmenin maliyet bakımından elde ettiği avantaj, tutkal maliyetinin üzerinde ise daha yüksek oranlarda PMDI tutkalı kullanımının değerlendirilebileceği ve bu konuda yeni çalışmaların yapılmasının faydalı olacağı düşünülmektedir.

İzosiyanat bazlı tutkallar günümüzde ahşap esaslı malzemelerin (OSB, yongalevha, MDF) üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak bu tutkalların özellikle yongalevha fabrikalarında taşıyıcı konveyörlere ve pres hattında sıcak pres saçlarına yapışması gibi bazı dezavantajları mevcuttur. Bu nedenle genellikle izosiyanat esaslı tutkallar, levhaların metallerle temas etmeyen iç tabakalarında kullanılmaktadır. Yapılacak Ar-Ge çalışmaları ile bu tutkalın levhaların dış tabakalarında kullanılabilme imkanları da araştırılmalıdır.

5. KAYNAKLAR

- [1] Orta Anadolu İhracatçılar Birliği. (2015, 24 Eylül). *Levha sanayi raporu*. [Online]. Erişim: http://www.turkishwood.org/Eklenti/12,levha7.pdf?0&_tag1=090751409E70A236B119C5664A96FCE477D436BC&crefer=D80E63366DC7F4F1DDE9F3ABD5C606D845808E3BCA3C9BB21B42D02020B65E81.
- [2] H. Juslin and L. Lintu, “Responces to changes in demand, supply of forest products through improved marketing,” *XI. World Forestry Congress*, 1997, pp.121-135.
- [3] Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2019, 21 Mart). [Online]. Available: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FO>.
- [4] *Yonga levhalar-tarif ve sınıflandırma*, Türk Standartlar Enstitüsü TS EN 309, 2008.
- [5] R. Özen, *Yongalevha endüstrisi, Ders Notları*, Trabzon, 1980.
- [6] *Methods of test for wood chipboard and other particleboard*, British Standarts Institution BS 1811, 1969.
- [7] Y. Göker, “Değişik yöntemlerle üretilmiş yonga levhaların kullanım yerleri,” *Laminart Mobilya ve Dekorasyon ve Sanat ve Tasarım Dergisi*, c. 7, ss. 128-133, 2000.
- [8] S. Dayanıklıoğlu, “Türkiye’de lif levha ve yonga levha sektörünün durumu, Avrupa Birliği ülkeleriyle karşılaştırılması, problemleri ve çözüm yolları,” Yüksek lisans tezi, Orman Endüstri Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2004.
- [9] A. Y. Bozkurt ve Y. Göker, *Yonga Levha Endüstrisi*, İstanbul, Türkiye: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, 1985, ss. 263.
- [10] Y. Z. Erdil ve E. Avcı, “Türkiye’de üretilen yonga ve lif levhaların bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin TS EN standartlarına uygunluğunun ve tutarlılığının belirlenmesi,” Yüksek lisans tezi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla Üniversitesi, Muğla, Türkiye, 2009.
- [11] A. Y. Bozkurt, *Odun Anatomisi Ders Kitabı*, İstanbul, Türkiye: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, İstanbul Üniversitesi Yayınları, 1992, ss. 230-440.
- [12] *Lif, yonga ve talaş yapımında kullanılan odun*, Türk Standartlar Enstitüsü TS 1351, 1974.
- [13] S. Bardak, “Bazı faktörlerin yonga levhanın teknolojik özellikleri üzerine etkileri,” *III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi*, Artvin, Türkiye, 2010, ss. 1031-1037.
- [14] A. Y. Bozkurt ve Y. Göker, *Yonga Levha Endüstrisi Ders Kitabı*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, İstanbul, Türkiye, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, 1990, ss. 263.

- [15] C. Güler, “Pamuk (*Gossypiumhirsutum* L.) saplarından yonga levha üretimi olanaklarının araştırılması,” Doktora tezi, Orman Endüstri Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak, Türkiye, 2001.
- [16] A. Pablo, R. L. Geimer ve J. E. Geimer, “Wood proceedings, inorganic-bonded wood and fiber composite materials,” *Forest Protection Society*, c. 4, pp. 98-102,1994.
- [17] H. Işık, “Alkil Keten Dimer Kimyasalının Yonga Levhada Parafine İkame Olarak Kullanımının Araştırılması,” Yüksek lisans tezi, Orman Endüstri Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye, 2014.
- [18] C. Başyigit, O. Çankıran ve H. H. Taş., “Yonga levha üretiminde kullanılan hammaddeler ve ahşap artıklarının bu amaçla kullanılması,” *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, c. 4, sayı 1, ss. 26-31, 2000.
- [19] M. Yeniocak, “Bağ budama artıklarının yonga levha üretiminde değerlendirilmesi,” Yüksek lisans tezi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi, Muğla Üniversitesi, Muğla, Türkiye, 2008.
- [20] Z. Candan, “Bazı üretim değişkenlerinin MDF’nin dikey yoğunluk profili ve teknolojik özellikleri üzerine etkisi,” Yüksek lisans tezi, Orman Endüstri Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2007.
- [21] N. Ayrılmış, “MDF’nin teknolojik özellikleri üzerine ağaç türünün etkisi,” Yüksek lisans tezi, Orman Endüstri Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2000.
- [22] *Yapılarda kullanılan ahşap esaslı levhalar-karakteristikler, uygunluğun değerlendirilmesi ve işaretleme*, Türk Standartları Enstitüsü TS EN 13986, 2007.
- [23] G. Çolakoğlu, “Kontoplak üretim şartlarının formaldehit emisyonu ve teknik özelliklere etkisi,” Doktora tezi, Orman Endüstri Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, 1993.
- [24] M. Gündüz, “Bazı ahşap esaslı levhaların oda ve gaz analiz metoduna göre formaldehit emisyonlarının belirlenmesi,” Yüksek lisans tezi, Mobilya Dekorasyon, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye, 2015.
- [25] S. Boran, “Orta yoğunlukta lif levha üretiminde kullanılan üre formaldehit tutkalına farklı kimyasal maddeler ilave edilerek serbest formaldehit içeriğinin azaltılması,” Doktora Tezi, Orman Endüstri Mühendisliği, Fen Bilimleri Endüstrisi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, 2010.
- [26] A. Kurtoğlu ve H. Uçar, “Orman ürünleri sanayiinde formaldehit ayrışması ve çevre sağlığına etkileri,” *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, c. 35, sayı 3, ss. 27-36, 1985.
- [27] H. Kalaycıoğlu, G. Çolakoğlu, “Çeşitli ağaç türlerinden üretilmiş kontoplak ve yongalevhalarından üretim şartlarına bağlı olarak formaldehit çıkışının sınırlandırılması imkanları,” TÜBİTAK, Türkiye, Proje No: TOAG-935, 1994.
- [28] G. Nemli, S. Çolak, “Laminat endüstrisinde üre ve melamin formaldehit tutkalları, ağaç makineleri,” *Mobilya Dekorasyon Dergisi*, c. 47, sayı 4, ss. 46-48, 2002.

- [29] S. Huş, *Ağaç Malzeme Tutkalları*, İstanbul, Türkiye: Kutulmuş Matbaası, 1997, ss. 592.
- [30] G. Oertel, *Polyurethane Handbook*, New York, U. S.A.: Hanser Press, 1993.
- [31] A. N. Papadopoulos, C. A Hill and E. Traboulay, "Isocyanate resins for particleboard; PMDI and EMDI," *Holz als Roh und Werkstoff*, c. 60, sayı 2, ss. 81-83, 2002.
- [32] A. Pizzi, *Advanced wood adhesive technology*, 1. baskı, Newyork, U.S.A: CPR Press, 1994, ss. 304.
- [33] J. B. Wilson, "Isocyanate adhesives as binders for composition board, wood adhesives-research, application, and needs symposium," *University of Wisconsin Symposium Wisconsin*, 1980, pp. 244.
- [34] E. Schriever, *Diisocyanat und Polyurethanklebstoffe für Holz und Holzwerkstoffe*, 2. überarbeitete Auflage. Nr. 14, Braunschweig, Deutschland: FhG-WKI-Bericht, 1986, pp. 423-427.
- [35] T. Akbulut ve N. Ayrılmış, "MDF üretiminde dikkate alınması gereken hususlar," *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, c. 51, sayı 2, 2001.
- [36] R. Özen, "Dikey yongalı levhalar," *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, c. 25, sayı 2, 1975.
- [37] A. İstek, Yonga levha endüstrisi, *Ders Notları*, Bartın, 2010.
- [38] P. Usta, "Çay bitkisi atıklarından elde edilen kompozit levhanın mekanik ve fiziksel özellikleri üzerine bir araştırma," Yüksek lisans tezi, Yapı Eğitimi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye, 2011.
- [39] A. Y. Bozkurt ve Y. Göker, "*Tabakalı Ağaç Malzeme Teknolojisi Ders Kitabı*," İstanbul, Türkiye: İstanbul Üniversitesi Yayınları, 1986, ss. 316.
- [40] A. Biçer, "Sodyum karboksimetilselüloz (Na-Cmc) modifiyeli yonga levha üretimi," Yüksek lisans tezi, Orman Endüstri Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın Üniversitesi, Bartın, Türkiye, 2014.
- [41] T. Akbulut, "Dünya'da ve Türkiye'de MDF endüstrisinin genel durumu," *Laminart Mobilya ve Dekorasyon ve Sanat ve Tasarım Dergisi*, c. 3, ss. 44-47, 2000.
- [42] *Ahşap esaslı levhalar-birim hacim ağırlığının tayini*, Türk Standartlar Enstitüsü TS EN 323, 1999.
- [43] *Ahşap esaslı levhalar-numune alma, kesme ve muayene-bölüm 1: deney numunelerinin seçimi kesimi ve deney sonuçlarının gösterilmesi*, Türk Standartlar Enstitüsü TS EN 326-1, 1999.
- [44] *Ahşap esaslı levhalar-rutubet miktarının tayini*, Türk Standartlar Enstitüsü TS EN 322, 1999.
- [45] *Yonga levhalar ve lif levhalar-su içerisine daldırma işleminden sonra kalınlığına şişme tayini*, Türk Standartlar Enstitüsü TS EN 317, 1999.
- [46] *Ahşap esaslı levhalar-eğilme dayanımı ve eğilmede elastikiyet modülünün tayini*, Türk Standartlar Enstitüsü TS EN 310, 1999.

- [47] *Yonga levhalar ve lif levhalar-levha yüzeyine dik çekme dayanımının tayini*, Türk Standartlar Enstitüsü TS EN 319, 1999.
- [48] *Ahşap esaslı levhalar-deney parça boyutlarının tayini*, Türk Standartlar Enstitüsü TS EN 325, 2012.
- [49] *Ahşap esaslı levhalar-yüzey sağlamlığı-deney metodu*, Türk Standartlar Enstitüsü TS EN 311, 2005.
- [50] *Lif levhalar-vida tutma kabiliyetinin (mukavemetinin) tayini*, Türk Standartlar Enstitüsü TS EN 320, 1999.
- [51] *Vida dişleri-ISO genel amaçlı, metrik-bölüm 4: 0,5 mm ince adımlı-anma çapı 3,5 mm ile 90 mm olan vida dişleri için anma ölçüleri*, Türk Standartlar Enstitüsü TS 61-4, 2016.
- [52] A. H. Grigoriou, "Straw-wood Composites Bonded With Various Adhesive Systems", *Wood Science and Technology*, c. 4, sayı 34, ss. 355-365, 2000.
- [53] C. Güler, H. İ. Şahin and S. Yeniay, "The potential For using corn stalks as a raw material for production particleboard with industrial wood chips," *Wood Research*, c. 61, sayı 2, ss. 299-306, 2016.
- [54] H. İ. Şahin, M. Yalçın ve N. Yağlıca, "Orta tabakası kompost atığı ilaveli yongalevhaların vida tutma gücü ve ısı iletkenlik değerlerinin belirlenmesi," *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, c. 2, sayı 18, ss. 121-129, 2017.
- [55] C. Y. Hse, F. Fu and H. Pan, "Melamine-modified urea formaldehyde resin for bonding particleboards," *Forest Products Journal*, c. 58, sayı 4, ss. 56-61, 2008.
- [56] H. Kalaycıoğlu, "Bitkisel atıkların yongalevha endüstrisinde değerlendirilmesi," *Ulusal Orman Ürünleri Endüstri Kongresi*, Trabzon, Türkiye, 1992, ss. 288-292.
- [57] A. N. Papadopoulos, C. A. S. Mili, E. Tıaboulay and J. R. B. Ilague, "İsocyanate resins for particleboard: PMDI and EMDİ," *European Journal of Wood and Wood Products*, c. 60, sayı 2, pp. 81-83, 2002.
- [58] A. Papadopoulos, "Property comparisons and bonding efficiency of UF and PMDI bonded particleboards as affected by key process variables," *Bio Resources*, c. 1, sayı 2, ss. 201-208, 2006.
- [59] S. Y. Wang, T. H. Yang, L. T. Lin, C. J. Lin and M. J. Tsai, "Fire-retardant-treated low- formaldehyde-emission particleboard made from recycled wood-waste," *Bioresource Technology*, c. 99, sayı 6, ss. 2072-2077, 2008.
- [60] M. J. Saad and I. Kamal, "Mechanical and physical properties of low density kenaf core particleboards bonded with different resin," *Journal of Science and Technology*, c. 4, sayı 1, ss. 17-32, 2012.
- [61] J. Konnerth, G. Hahn and W. Gindl, "Feasibility of particle board production using bone glue", *European Journal of Wood and Wood Products*, c. 67, sayı 2, ss. 243-245, 2009.
- [62] S. Çolak, G. Çolakoğlu, I. Aydın ve H. Kalaycıoğlu, "Effects of steaming process on some properties of eucalyptus particleboard bonded with UF and MUF adhesives," *Building and Environment*, c. 42, sayı 1, ss. 304,309, 2007.
- [63] M. Dunky, *Adhesives in the wood industry*, In: A. Pizzi, K L Mittal (eds.), 1. baskı, New York, U.S.A.: Handbook of Adhesive Technology, 2013, pp. 872-941.

- [64] S. Y. Wang, T. H. Yang, L T Lin, C. J, Lin and M J, Tsai, "Properties of low-formaldehyde emission particleboard made from recycled wood-waste chips sprayed with PMDI/PF resin," *Building and Environment*, c. 42, sayı 7, ss. 2472-2479, 2007.
- [65] F. Stoeckel, J. Konnerth and W. Gindl-Altmatter, "Mechanical properties of adhesives for bonding wood-A review," *International Journal of Adhesion and Adhesives*, c. 45, ss. 32-41, 2013.
- [66] J. Konnerth, A. Jäger, J. Eberhardsteiner, U. Müller and W. Gindl, "Elastic properties of adhesive polymers. II. Polymer films and bond lines by means of nanoindentation," *Journal of Applied Polymer Science*, c. 102, sayı 2, ss. 1234-1239, 2006.
- [67] W. Chelak and W. H. Newman, "MDI high moisture content bonding mechanism parameters and benefits using MDI in composite wood products," *Proceedings of the 25th International Symposium of Washington State University on Particleboard/Composite Material Symposium*, Washington, ABD, 1991, pp. 205-229.
- [68] M. Y. Ab Hafidz, A. E Mohd and M Zulkifli, "Mechanical properties and formaldehyde emission of rubberwood particleboard using emulsified methylene diphenyl diisocyanate (emdi) binder at different press factor continuous press" *International Journal of Engineering and Technology*, c. 7, sayı 4, ss. 335-338, 2018.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Volkan ÇAVDAR
Doğum Tarihi ve Yeri : 31.12.1980
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : vcavdar61@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Orm.End.Müh	Düzce Üniversitesi	2019
Lisans	Orm.End.Müh.	Karadeniz Teknik Üniversitesi	2004
Lise	Fen	Trabzon Affan Kitapçıoğlu Lisesi	1997

YAYINLAR

1. H. İ. Şahin, ve V. Çavdar, "PMDI ilaveli melamin üre formaldehit (MÜF) tutkalının yongalevha endüstrisinde değerlendirilmesi," *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2019, Kabul edildi.