



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

**AŞINDIRICI SU JETİ İLE KESİLMİŞ LİF LEVHA (MDF) VE BAZI
AĞAÇ MALZEMELERİN YÜZEY KALİTESİNE İŞLEME
PARAMETRELERİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

ÖZKAN YAMAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
AĞAÇ İŞLERİ ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
DR. ÖĞR. ÜYESİ HÜSEYİN PELİT**

DÜZCE, 2018

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AŞINDIRICI SU JETİ İLE KESİLMİŞ LİF LEVHA (MDF) VE BAZI
AĞAÇ MALZEMELERİN YÜZEY KALİTESİNE İŞLEME
PARAMETRELERİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Özkan YAMAN tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin PELİT
Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin PELİT (Danışman)
Düzce Üniversitesi

Prof. Dr. Mehmet BUDAKÇI
Düzce Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Abdullah Cemil İLÇE
Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 27/06/2018

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.

27 Haziran 2018

Özkan YAMAN

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimimde ve bu tezin hazırlanmasında gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin PELİT'e, teşvik ve desteklerini benden esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Mehmet BUDAKÇI'ya, tez çalışmam boyunca değerli katkılarını esirgemeyen CT Kesme Teknolojileri ve Makine Sanayi Tic. Ltd. Şti. yönetici ve çalışanlarına en içten dileklerle teşekkür ederim.

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

Bu tez çalışması, Düzce Üniversitesi BAP-2017-07-01-521 numaralı Bilimsel Araştırma Projesiyle desteklenmiştir

27 Haziran 2018

Özkan YAMAN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ŞEKİL LİSTESİ.....	VII
ÇİZELGE LİSTESİ.....	VIII
KISALTMALAR.....	XIV
SİMGELER.....	XV
ÖZET.....	XVI
ABSTRACT.....	XVII
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. SU JETİ TEKNOLOJİSİ.....	3
2.1.2. Aşındırıcılı Su Jeti (ASJ) Yöntemi.....	5
2.1.3. ASJ Sisteminin Avantajları.....	7
2.1.4. ASJ Sisteminin Dezavantajları.....	8
2.1.5. ASJ Makinesinde Kullanılan Aşındırıcılar.....	9
2.1.6. ASJ Uygulamaları.....	10
2.1.6.1. Frezeleme.....	10
2.1.6.2. Tornalama.....	10
2.1.6.3. Delme.....	11
2.2. AĞAÇ MALZEMEDE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ.....	11
2.2.1. Yüzey Pürüzlülüğü Parametreleri.....	13
2.2.2. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçme Yöntemleri.....	15
2.2.3. Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Etkili Olan Faktörler.....	17
2.3. AĞAÇ MALZEME VE LİF LEVHA (MDF).....	19
2.3.1. Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> Lipsky).....	19
2.3.2. Doğu Kayını (<i>Fagus orientalis</i> Lipsky).....	20
2.3.3. Sapsız Meşe (<i>Quercus petraea</i> Lieble).....	22
2.3.4. Lif Levha (MDF).....	23

3. LİTERATÜR ÖZETİ	26
4. MATERYAL VE YÖNTEM	32
4.1. MALZEME	32
4.1.1. Ağaç Malzeme ve Lif Levha.....	32
4.1.2. Deney Örneklerinin Hazırlanması	32
4.2. YÖNTEM	33
4.2.1. Örneklerin ASJ Makinesinde Kesilmesi.....	33
4.2.2. Yüzey Pürüzlülük Özelliklerinin Belirlenmesi	36
4.2.3. Verilerin Değerlendirilmesi	37
5. BULGULAR VE VERİ ANALİZİ	39
5.1. ON NOKTA PÜRÜZLÜLÜĞÜ ORTALAMASI (RZ)	39
5.1.1. Sarıçamda Rz Değeri.....	39
5.1.2. Doğu Kayınında Rz Değeri	48
5.1.3. Sapsız Meşede Rz Değeri.....	55
5.1.4. Orta Yoğunluklu Lif Levhada (MDF) Rz Değeri	62
5.2. ARİTMETİK ORTALAMA SAPMALARIN KAREKÖKÜ (RQ)	68
5.2.1. Sarıçamda Rq Değeri	68
5.2.2. Doğu Kayınında Rq Değeri.....	75
5.2.3. Sapsız Meşede Rq Değeri	82
5.2.4. Orta Yoğunluklu Lif Levhada (MDF) Rq Değeri.....	89
5.3. ORTALAMA PÜRÜZLÜLÜK (RA)	95
5.3.1. Sarıçamda Ra Değeri.....	95
5.3.2. Doğu Kayınında Ra Değeri	101
5.3.3. Sapsız Meşede Ra Değeri	109
5.3.4. Orta Yoğunluklu Lif Levhada (MDF) Ra Değeri.....	116
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	122
6.1. ON NOKTA PÜRÜZLÜLÜĞÜ ORTALAMASI (RZ)	122
6.2. ARİTMETİK ORTALAMA SAPMALARIN KAREKÖKÜ (RQ)	124
6.3. ORTALAMA PÜRÜZLÜLÜK (RA)	125
7. KAYNAKLAR.....	130
ÖZGEÇMİŞ.....	137

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. Su jeti sisteminin şematik görünümü	4
Şekil 2.2. Su jeti makinesinin şematik görünümü	5
Şekil 2.3. Su jeti ile malzeme işlenmesi	5
Şekil 2.4. ASJ sisteminin şematik görünümü	6
Şekil 2.5. ASJ sisteminde kullanılan kesme kafası	6
Şekil 2.6. Aşındırıcıların geometrik şekilleri	9
Şekil 2.7. ASJ ile tornalama işlemi	10
Şekil 2.8. ASJ ile iş parçasının delinmesi	11
Şekil 2.9. İşlenmiş yüzeylerdeki yüzey pürüzlülük profili.	12
Şekil 2.10. Yüzey karakteristiklerinin şematik görünümü	13
Şekil 2.11. Profil sapmalarının ortalaması	14
Şekil 2.12. Çukur ve tepe yüksekliklerinin mutlak değeri ortalaması	14
Şekil 2.13. En büyük pürüzlülük değeri	15
Şekil 2.14. Ağaç malzemenin işlenmesinde yüzey pürüzlülüğünü etkileyen faktörler.	17
Şekil 2.15. Meşe odununun kör ve keskin bıçakla işlenmesi sonucu yüzey profilinin durumu	18
Şekil 4.1. Farklı kalınlıkta ve radyal yönde hazırlanmış ağaç malzeme örnekleri.	33
Şekil 4.2. Farklı kalınlıkta hazırlanmış lif levha (MDF) örnekleri.	33
Şekil 4.3. Örneklerin kesilmesinde kullanılan ASJ makinesi.	34
Şekil 4.4. Örneklerin ASJ makinesinde kesilmesi.	35
Şekil 4.5. Kenar fazlalıkları kesilmiş örnekler.	35
Şekil 4.6. Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı.	36
Şekil 4.7. Yüzey pürüzlülük ölçümü.	36
Şekil 4.8. Ağaç Malzeme kalınlıklarına göre pürüzlülük ölçüm yerleri (hattı).	37

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 2.1. SJ ve ASJ sistemi ile kesilebilen bazı malzemeler.	7
Çizelge 2.2. Farklı yüzey pürüzlülük yöntemlerinin özellikleri.	16
Çizelge 2.3. İğne taramalı ve lazer yöntemlerin karşılaştırılması.....	16
Çizelge 2.4. Sarıçam odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri.	20
Çizelge 2.5. Doğu kayını odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri.	21
Çizelge 2.6. Meşe odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri.	23
Çizelge 4.1. ASJ yönteminde uygulanan kesme parametreleri.	34
Çizelge 5.1. Sarıçamda Rz değerlerine ait aritmetik ortalamalar (μm).	39
Çizelge 5.2. Sarıçamda Rz değerlerinin varyans analizi sonuçları.	40
Çizelge 5.3. Kesim yönü ve kalınlık düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).....	41
Çizelge 5.4. İlerleme hızı düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	41
Çizelge 5.5. Aşındırıcı oranı düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	41
Çizelge 5.6. Su basıncı düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	42
Çizelge 5.7. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı ikili etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	42
Çizelge 5.8. Kesim yönü ve kalınlık-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	43
Çizelge 5.9. Kesim yönü ve kalınlık-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	43
Çizelge 5.10. İlerleme hızı-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	44
Çizelge 5.11. Aşındırıcı oranı-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	44
Çizelge 5.12. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-aşındırıcı oranı üçlü etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	45
Çizelge 5.13. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	46
Çizelge 5.14. Kesim yönü ve kalınlık-aşındırıcı oranı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	46
Çizelge 5.15. İlerleme hızı-aşındırıcı oranı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	47
Çizelge 5.16. Doğu kayınında Rz değerlerine ait aritmetik ortalamalar (μm).	48
Çizelge 5.17. Doğu kayınında Rz değerlerinin varyans analizi sonuçları.	49
Çizelge 5.18. Kesim yönü ve kalınlık düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).....	49
Çizelge 5.19. İlerleme hızı düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	50

Çizelge 5.20. Aşındırıcı oranı düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	50
Çizelge 5.21. Su basıncı düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	50
Çizelge 5.22. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı ikili etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	51
Çizelge 5.23. Kesim yönü ve kalınlık-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	51
Çizelge 5.24. Kesim yönü ve kalınlık-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	52
Çizelge 5.25. İlerleme hızı-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	52
Çizelge 5.26. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-aşındırıcı oranı üçlü etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	53
Çizelge 5.27. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	54
Çizelge 5.28. İlerleme hızı-aşındırıcı oranı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	54
Çizelge 5.29. Sapsız meşede Rz değerlerine ait aritmetik ortalamalar (μm).....	55
Çizelge 5.30. Sapsız meşede Rz değerlerinin varyans analizi sonuçları.	56
Çizelge 5.31. Kesim yönü ve kalınlık düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).....	56
Çizelge 5.32. İlerleme hızı düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	57
Çizelge 5.33. Aşındırıcı oranı düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	57
Çizelge 5.34. Su basıncı düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	57
Çizelge 5.35. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı ikili etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	58
Çizelge 5.36. Kesim yönü ve kalınlık-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	58
Çizelge 5.37. Kesim yönü ve kalınlık-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	59
Çizelge 5.38. İlerleme hızı-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	59
Çizelge 5.39. İlerleme hızı-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	60
Çizelge 5.40. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-aşındırıcı oranı üçlü etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	60
Çizelge 5.41. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	61
Çizelge 5.42. MDF örneklerde Rz değerlerine ait aritmetik ortalamalar (μm).	62
Çizelge 5.43. MDF örneklerde Rz değerlerinin varyans analizi sonuçları.	62
Çizelge 5.44. Kalınlık düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	63
Çizelge 5.45. İlerleme hızı düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	63
Çizelge 5.46. Aşındırıcı oranı düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	64

Çizelge 5.47. Su basıncı düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	64
Çizelge 5.48. Kalınlık-ilerleme hızı ikili etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	64
Çizelge 5.49. Kalınlık-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	65
Çizelge 5.50. İlerleme hızı-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	65
Çizelge 5.51. İlerleme hızı-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	66
Çizelge 5.52. Aşındırıcı oranı-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	66
Çizelge 5.53. Kalınlık-ilerleme hızı-aşındırıcı oranı üçlü etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	67
Çizelge 5.54. Sariçamda Rq değerlerine ait aritmetik ortalamalar (μm).	68
Çizelge 5.55. Sariçamda Rq değerlerinin varyans analizi sonuçları.	69
Çizelge 5.56. Kesim yönü ve kalınlık düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	69
Çizelge 5.57. İlerleme hızı düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	70
Çizelge 5.58. Aşındırıcı oranı düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	70
Çizelge 5.59. Su basıncı düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	70
Çizelge 5.60. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı ikili etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	71
Çizelge 5.61. Kesim yönü ve kalınlık-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	71
Çizelge 5.62. İlerleme hızı-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	72
Çizelge 5.63. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-aşındırıcı oranı üçlü etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	72
Çizelge 5.64. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	73
Çizelge 5.65. Kesim yönü ve kalınlık-aşındırıcı oranı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	74
Çizelge 5.66. Doğu kayınında Rq değerlerine ait aritmetik ortalamalar (μm).	75
Çizelge 5.67. Doğu kayınında Rq değerlerinin varyans analizi sonuçları.	76
Çizelge 5.68. Kesim yönü ve kalınlık düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	76
Çizelge 5.69. İlerleme hızı düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	77
Çizelge 5.70. Aşındırıcı oranı düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	77
Çizelge 5.71. Su basıncı düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	77
Çizelge 5.72. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı ikili etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	78
Çizelge 5.73. Kesim yönü ve kalınlık-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	78

Çizelge 5.74. Kesim yönü ve kalınlık-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	79
Çizelge 5.75. İlerleme hızı-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	79
Çizelge 5.76. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-aşındırıcı oranı üçlü etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	80
Çizelge 5.77. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	81
Çizelge 5.78. İlerleme hızı-aşındırıcı oranı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	81
Çizelge 5.79. Sapsız meşede Rq değerlerine ait aritmetik ortalamalar (μm).	82
Çizelge 5.80. Sapsız meşede Rq değerlerinin varyans analizi sonuçları.	83
Çizelge 5.81. Kesim yönü ve kalınlık düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	84
Çizelge 5.82. İlerleme hızı düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	84
Çizelge 5.83. Aşındırıcı oranı düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	84
Çizelge 5.84. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı ikili etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	85
Çizelge 5.85. Kesim yönü ve kalınlık-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	85
Çizelge 5.86. Kesim yönü ve kalınlık-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	86
Çizelge 5.87. İlerleme hızı-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	86
Çizelge 5.88. İlerleme hızı-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	87
Çizelge 5.89. Aşındırıcı oranı-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	87
Çizelge 5.90. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-aşındırıcı oranı üçlü etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	88
Çizelge 5.91. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	88
Çizelge 5.92. MDF örneklerde Rq değerlerine ait aritmetik ortalamalar (μm).	89
Çizelge 5.93. MDF örneklerde Rq değerlerinin varyans analizi sonuçları.	90
Çizelge 5.94. Kalınlık düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	90
Çizelge 5.95. İlerleme hızı düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	91
Çizelge 5.96. Aşındırıcı oranı düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	91
Çizelge 5.97. Su basıncı düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	91
Çizelge 5.98. Kalınlık-ilerleme hızı ikili etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	92
Çizelge 5.99. Kalınlık-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	92
Çizelge 5.100. İlerleme hızı-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	93

Çizelge 5.101. Aşındırıcı oranı-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	93
Çizelge 5.102. Kalınlık-ilerleme hızı-aşındırıcı oranı üçlü etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	94
Çizelge 5.103. İlerleme hızı-aşındırıcı oranı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	94
Çizelge 5.104. Sarıçamda Ra değerlerine ait aritmetik ortalamalar (μm).	95
Çizelge 5.105. Sarıçamda Ra değerlerinin varyans analizi sonuçları.	96
Çizelge 5.106. Kesim yönü ve kalınlık düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	96
Çizelge 5.107. İlerleme hızı düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	97
Çizelge 5.108. Aşındırıcı oranı düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	97
Çizelge 5.109. Su basıncı düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	97
Çizelge 5.110. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı ikili etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	98
Çizelge 5.111. Kesim yönü ve kalınlık-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	98
Çizelge 5.112. İlerleme hızı-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	99
Çizelge 5.113. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-aşındırıcı oranı üçlü etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	99
Çizelge 5.114. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	100
Çizelge 5.115. İlerleme hızı-aşındırıcı oranı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	101
Çizelge 5.116. Doğu kayınında Ra değerlerine ait aritmetik ortalamalar (μm).	101
Çizelge 5.117. Doğu kayınında Ra değerlerinin varyans analizi sonuçları.	102
Çizelge 5.118. Kesim yönü ve kalınlık düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	103
Çizelge 5.119. İlerleme hızı düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	103
Çizelge 5.120. Aşındırıcı oranı düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	103
Çizelge 5.121. Su basıncı düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	104
Çizelge 5.122. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı ikili etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	104
Çizelge 5.123. Kesim yönü ve kalınlık-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	105
Çizelge 5.124. Kesim yönü ve kalınlık-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	105
Çizelge 5.125. İlerleme hızı-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	106
Çizelge 5.126. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-aşındırıcı oranı üçlü etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	106
Çizelge 5.127. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	107

Çizelge 5.128. İlerleme hızı-aşındırıcı oranı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	108
Çizelge 5.129. Sapsız meşede Ra değerlerine ait aritmetik ortalamalar (μm).	109
Çizelge 5.130. Sapsız meşede Ra değerlerinin varyans analizi sonuçları.	110
Çizelge 5.131. Kesim yönü ve kalınlık düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	110
Çizelge 5.132. İlerleme hızı düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	111
Çizelge 5.133. Aşındırıcı oranı düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	111
Çizelge 5.134. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı ikili etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	111
Çizelge 5.135. Kesim yönü ve kalınlık-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	112
Çizelge 5.136. Kesim yönü ve kalınlık-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	112
Çizelge 5.137. İlerleme hızı-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	113
Çizelge 5.138. İlerleme hızı-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	113
Çizelge 5.139. Aşındırıcı oranı-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	114
Çizelge 5.140. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-aşındırıcı oranı üçlü etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	114
Çizelge 5.141. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	115
Çizelge 5.142. MDF örneklerde Ra değerlerine ait aritmetik ortalamalar (μm).	116
Çizelge 5.143. MDF örneklerde Ra değerlerinin varyans analizi sonuçları.	117
Çizelge 5.144. Kalınlık düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	117
Çizelge 5.145. İlerleme hızı düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	118
Çizelge 5.146. Aşındırıcı oranı düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	118
Çizelge 5.147. Su basıncı düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	118
Çizelge 5.148. Kalınlık-ilerleme hızı ikili etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	119
Çizelge 5.149. Kalınlık-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	119
Çizelge 5.150. İlerleme hızı-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	120
Çizelge 5.151. Aşındırıcı oranı-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	120
Çizelge 5.152. Kalınlık-ilerleme hızı-aşındırıcı oranı üçlü etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	121
Çizelge 5.153. İlerleme hızı-aşındırıcı oranı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	121

KISALTMALAR

ASJ	Aşındırıcı Su Jeti
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ANSI	Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü
ANOVA	Analysis of Variance
CAD	Bilgisayar Destekli Tasarım
CNC	Bilgisayar Kontrollü Makine
Dk	Dakika
FF	Fenol Formaldehit
HG	Homojenlik Grubu
ISO	International Standart Organization
LSD	En Küçük Önemli Aralık
MDF	Orta Yoğunluklu Lif Levha
MF	Melamin Formaldehit
OSB	Yönlendirilmiş Yonga Levha
OPK	Odun Plastik Kompozit
PVA	Polivinil Asetat
StS	Standart Sapma
SJ	Su Jeti
TS EN	Türk Standartları Enstitüsü Euro Norm
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
ÜF	Üre Formaldehit

SİMGELER

cm	Santimetre
D_0	Tam Kuru Yoğunluk
D_{12}	Hava Kuru Yoğunluk
E-mod	Elastikiyet Modülü
g	Gram
mm	Milimetre
MPa	Megapaskal
N	Newton
Ra	Ortalama Pürüzlülük
Rmax	En Büyük Pürüzlülük Değeri
Rz	On Nokta Pürüzlülüğü
Rq	Aritmetik Ortalama Sapmaların Karekökü
μm	Mikron (0,001 mm)
\bar{x}	Aritmetik ortalama
Yp	En Yüksek Tepe
Yv	En Derin Çukur
σ_E	Eğilme Direnci
σ_C	Çekme Direnci
σ_B	Basınç Direnci

ÖZET

AŞINDIRICI SU JETİ İLE KESİLMİŞ LİF LEVHA (MDF) VE BAZI AĞAÇ MALZEMELERİN YÜZEY KALİTESİNE İŞLEME PARAMETRELERİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Özkan YAMAN

Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin PELİT

Haziran 2018, 136 sayfa

Bu çalışmada; bilgisayar kontrollü Aşındırıcı Su Jeti (ASJ) yöntemi kullanılarak kesilmiş lif levha (MDF) ve bazı ağaç malzemelerin yüzey pürüzlülük özellikleri üzerine farklı kesme parametreleri etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu maksatla, sarıçam (*Pinus Sylvestris* L.), Doğu kayını (*Fagus Orientalis* L.) ve sapsız meşe (*Quercus petraea* L.) odunlarından teğet ve radyal kesit olarak elde edilen ağaç malzemeler ile MDF örnekler üç farklı kalınlıkta (18, 36 ve 54 mm) hazırlanmıştır. Daha sonra örnekler, ASJ makinesinde üç farklı ilerleme hızı (50, 100 ve 200 mm/dk), üç farklı aşındırıcı kütle akış oranı (200, 300 ve 450 gr/dk) ve iki farklı kesici sıvı (su) basıncı (3000 ve 3800 bar) uygulanarak kesilmiştir. Kesme parametrelerinin örneklerin yüzey kalitesine etkisini belirlemek için TS 6212 EN ISO 4288 esaslarına göre yüzey pürüzlülük özellikleri (Rz, Rq ve Ra) incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, MDF ve ağaç malzemelerin yüzey pürüzlülük değerleri malzeme kalınlığı ve ASJ ilerleme hızı artışına paralel olarak artış göstermiştir. Diğer taraftan, aşındırıcı oranı artışına bağlı olarak örneklerin yüzey pürüzlülük değerleri azalmış ve yüzey düzgünlüğü artmıştır. Ayrıca, su basıncındaki artış çok belirgin olmamakla birlikte örneklerin yüzey kalitesini iyileştirmiştir. Genel olarak MDF ve ağaç malzemelerin yüzey pürüzlülük özellikleri üzerinde malzeme kalınlığı ve ASJ ilerleme hızı etkisinin birinci derecede öneme sahip olduğu, aşındırıcı oranı ve su basıncı etkisinin ise daha az öneme sahip olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar sözcükler: Ağaç malzeme, Aşındırıcı su jeti, Lif levha, Yüzey pürüzlülüğü.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF MACHINING PARAMETERS ON THE SURFACE QUALITY OF FIBERBOARD (MDF) AND SOME WOOD MATERIALS CUTTING WITH ABRASIVE WATER JET

Özkan YAMAN

Duzce University

Institute of Science and Technology, Department of Wood Products Industrial

Engineering

Master's Thesis

Supervisor: Assist. Prof. Dr Hüseyin PELİT

June 2018, 136 pages

In this study; it is aimed to determine the effect of different cutting parameters on surface roughness properties of fiberboard (MDF) and some wood materials which were cut by using computer controlled Abrasive Water Jet (AWJ) method. For this purpose, MDF samples were prepared in three different thicknesses (18, 36 and 54 mm), with samples obtained as tangential and radial cross section from scots pine (*Pinus Sylvestris* L.), Eastern beech (*Fagus Orientalis* L.) and sessile oak (*Quercus petraea* L.) woods. The samples were then cut in the ASJ machine by applying three different feed rates (50, 100 and 200 mm/min), three different abrasive mass flow rates (200, 300 and 450 gr/min) and two different cutting fluid (water) pressures (3000 and 3800 bar). Surface roughness properties (Rz, Rq and Ra) were investigated according to TS 6212 EN ISO 4288 to determine the effect of cutting parameters on surface quality. According to the results of the research, surface roughness values of MDF and wood materials increased in parallel with the increase of material thickness and AWJ feed speed. On the other hand, depending on the increase in abrasive ratio, the surface roughness values of the samples decreased and the surface smoothness increased. In addition, the increase in water pressure is not very obvious, but improves the surface quality of the samples. In general, it was observed that the material thickness and AWJ feed speed have a significant effect while the the abrasive ratio and water pressure have less effect on the surface roughness properties of MDF and wood materials.

Keywords: Abrasive water jet, Fiberboard, Surface roughness, Wood material.

1. GİRİŞ

Ağaç işleri endüstrisinde ahşap ve ahşap esaslı malzemelerin işlenmesinde kullanılan geleneksel makineler (daire testere, şerit testere, freze vb.) gün geçtikçe önemini kaybetmektedir. Gelişen teknoloji ile birlikte bu makinelerin yerini tam otomatik ve bilgisayar kontrollü makineler almaktadır. Üretimde kullanılan bu yeni nesil makineler iş gücünün azalmasına, ürün çeşitliliğine, üretim hattının hızlanmasına ve zaman tasarrufuna olanak sağladığı için ürün maliyetlerinin aşağı çekilmesinde işletmeler açısından büyük bir öneme sahiptir.

Bilgisayar kontrollü Su Jeti (SJ) ve Aşındırıcılı Su Jeti (ASJ), yakın geçmişteki dönem içerisinde çeşitli endüstri kollarında temizleme, kesme, delik açma gibi işlemlerde kullanım alanı bulmuş teknolojik makinelerdir. SJ teknolojisi 1970'li yılların başında yüksek hızlı su jetlerinin kullanılması ile başlamıştır. Bu teknoloji yumuşak malzemelerin işlenmesinde ideal bir çözüm olmasına rağmen metal, seramik ve ahşap gibi daha sert malzemelerin işlenmesinde çok verimli olamamıştır. SJ teknolojisi zaman içerisinde geliştirilmiş ve kesici sıvı içerisine değişik özellikteki aşındırıcı taneciklerin ilave edilmesiyle daha verimli bir kesim metodu (ASJ teknolojisi) olarak karşımıza çıkmıştır [1], [2].

ASJ teknolojisi; gün geçtikçe kullanımı yaygınlaşan, geniş bir uygulama alanına sahip ve endüstriyel uygulamalarda birçok avantaj sağlayan modern bir kesme metodudur. Bu teknoloji özellikle gelişmiş ülkelerde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Günümüzde ASJ teknolojisi; mermer, metal, cam, plastik, ahşap, kumaş, kâğıt gibi değişik özellikteki birçok malzemenin kesilmesinde kullanılan avantajlı bir kesme yöntemi olmuştur. Kesim işlemi esnasında, toz, talaş, sıcaklık etkisi, zehirli gazlar veya kimyasal kirlilik oluşmaması bu teknolojinin bazı önemli avantajlarından [3], [4].

ASJ sisteminde, yüzeye çarpan basınçlı su jeti hüzmesi ile oluşturulan kesme kuvveti, malzemedan parçacık kopararak kesme işlemini gerçekleştirir. Aşındırma ile kesim alanından uzaklaştırılan parçacık oranı; su jeti içerisine eklenen aşındırıcı malzeme (katkı maddesi) oranına, kesici sıvı basıncına, ilerleme hızına ve kesilecek malzemenin özelliklerine bağlıdır [5]-[8]. Diğer taraftan, ASJ ile kesimi yapılan malzeme yüzeylerinin

kalitesi (yüzey düzgünlüğü) kesim sürecinde uygulanan işleme parametrelerine ve malzeme kalınlığına bağlı olarak değişiklik gösterir [3].

Yapılan literatür araştırmasında, ahşap ve ahşap esaslı malzemelerin ASJ makinesi ile kesilmesine yönelik ülkemizde yapılmış herhangi bir bilimsel çalışmaya rastlanmamıştır. Uluslararası literatürde ise, konu ile ilgili sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu nedenle ASJ teknolojisi ile işlenmiş ahşap ve ahşap esaslı malzemelerin yüzey özelliklerine ait literatür bilgisi oldukça sınırlıdır. ASJ teknolojisinin metal veya mermer/taş işleme sektörlerinde kullanılmasına yönelik daha fazla sayıda bilimsel çalışma bulunmaktadır.

Bu çalışmada, ASJ sistemi ile farklı parametreler (ilerleme hızı, kesici sıvı (su) basıncı, aşındırıcı kütle akış oranı, malzeme kalınlığı ve kesim yönü) kullanılarak kesilen bazı yerli masif ahşap malzemeler ile orta yoğunluklu lif levha (MDF) malzemenin yüzey düzgünlüğüne seçilmiş parametrelerin etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Çalışma kapsamında; sarıçam (*Pinus Sylvestris* L.), Doğu kayını (*Fagus Orientalis* L.) ve sapsız meşe (*Quercus petraea* L.) odunu örnekleri ile MDF örnekler üç farklı kalınlıkta (18, 36 ve 54 mm) hazırlanmıştır. Hazırlanan örnekler, ASJ makinesi ile üç farklı ilerleme hızı (50, 100 ve 200 mm/dk), üç farklı aşındırıcı kütle akış oranı (200, 300 ve 450 gr/dk) ve iki farklı kesici sıvı (su) basıncı (3000 ve 3800 bar) parametreleri uygulanarak kesilmiştir. Deney örneklerinin yüzey kalitesi üzerine işleme parametrelerinin etkisini tespit etmek için TS 6212 EN ISO 4288 standartlarına göre Rz, Rq ve Ra yüzey pürüzlülük özellikleri belirlenmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

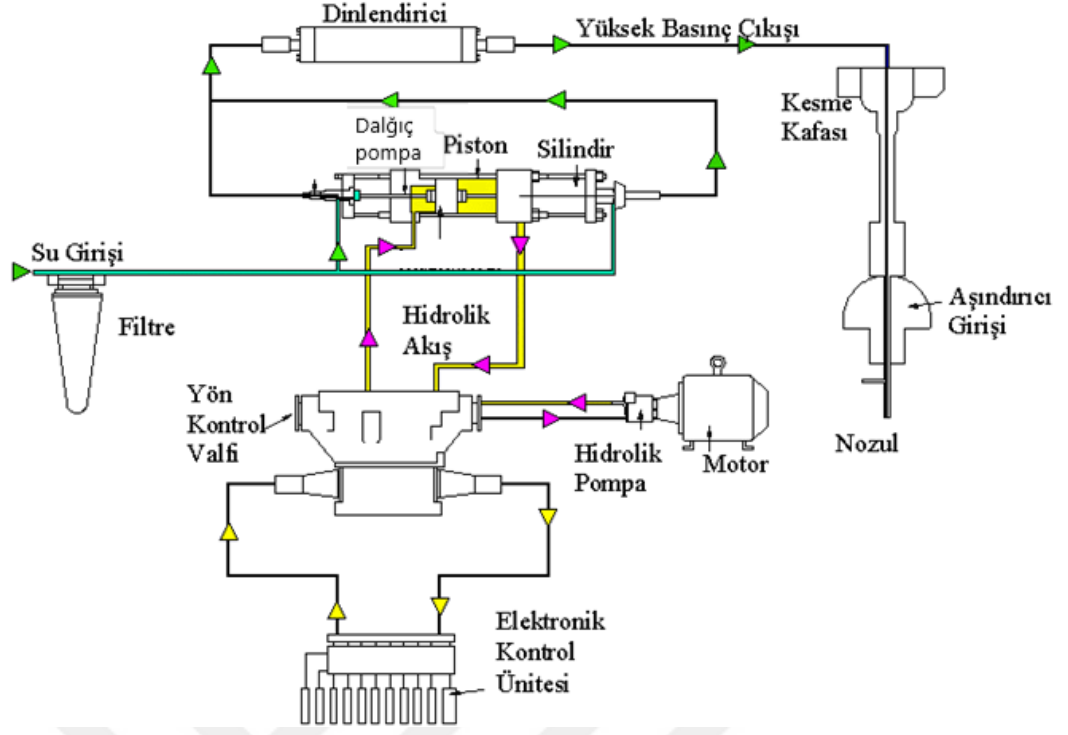
2.1. SU JETİ TEKNOLOJİSİ

2.1.1. Su Jetinin Tarihçesi

Su Jeti (SJ) makineleri ticari anlamda ilk olarak 1970 ortalarında oluklu mukavva kesimi ile endüstriye girmiştir. Genellikle sabit basınç altında işlenebilen sertliği düşük malzemeler ile suyun iletildiği basıncın etkisiyle yapısında mikro düzeyde kırıklar meydana gelebilecek gevrek malzemelerin işlenmesinde kullanılmaktadır [1].

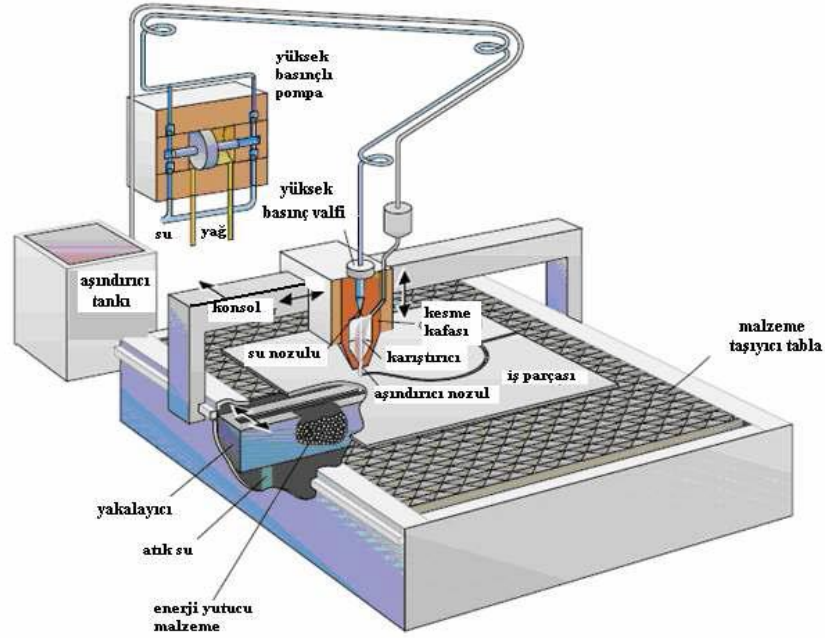
SJ ile kesme işlemi Sovyetler Birliği ve Yeni Zelanda'daki madencilik çalışmalarına kadar gitmektedir. Akarsu akıntılarında elde edilen su, taş madenlerin yüzeylerine püskürtülerek yüzey temizlenmesi sağlanmıştır. Aynı yöntem daha sonra Güney Afrika'daki altın madenlerinde patlatma suretiyle oluşan kaya parçalarının çalışma sahasından bir toplama alanına taşınması için kullanılmıştır. Basıncı su ilk defa 1853-1886 yılları arasında yumuşak altın taşlarının maden kazım yüzeylerinden çıkarılması amacıyla California Gold Country (ABD) şirketi tarafından kullanılmıştır. Basıncı su sayesinde yıkanması istenilen maden yüzeyinde yeterli temizlik sağlanmıştır. Bu işlem taşla patlatılma anında tehlikeden uzak kalınması sebebiyle madenciye daha fazla güvenlik sağlamaktadır. Bu metot 1900'lü yıllar öncesinde Prusya ve Rusya'da patlatılmış kömür taşlarının yıkanması amacıyla da kullanılmıştır. 1930'larda Rusya basınçlandırılmış su jetini kesme amacıyla kullanma denemesinin yapıldığı ilk ülke olmuştur. 1970'lerde, ABD'de, bu teknoloji 4000 barlık basıncın elde edilebildiği bir şekilde geliştirilmiştir. Yüksek basınçla delme işlemlerinin kullanıldığı maden işletmeleri yaygınlaşmıştır [1], [2].

Profesör Norman Franz, 1972'de Michigan Üniversitesi'nde Mc. Cartney Manufacturing Company (ABD) ile çalışarak ilk endüstriyel su jeti kesim tesisini üretmişlerdir. Anılan kesim düzeni daha sonra ABD'de Alton Boxboard tesislerinde de kullanılmıştır. Daha sonra Flow Industries (ABD) su jeti ile kesme ekipmanlarının pazarlamasına başlamıştır. İlk defa basınçlı suyun içerisinde kum taneciklerinin kullanılması Flow Industries tarafından metal yüzeyinde parlak bir bitim işlemi yapılması amacıyla yapılmıştır. Bu işlemin sonunda su jetinin metaller ve seramikleri kesebileceği ortaya konmuştur [1].

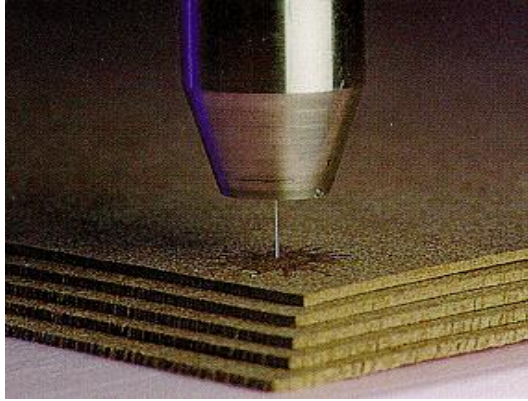


Şekil 2.1. Su jeti sisteminin şematik görünümü [9].

Araştırmacı Dr. Franz, hızı artırılmış bir su huzmesi sayesinde aşırı derecede yüksek kesme gücüne sahip uygulamalar elde edilebileceğini iddia etmiştir. Modern jet teknolojisinin, su jeti ile kesmeye ait patentli ilk araştırmanın Michigan Üniversitesi'nde Profesör Norman Franz tarafından yapıldığı bilinmektedir. ABD'deki Flow Research'de çalışan araştırmacı Dr. Mohamed Hashish, 1979 yılında su jetinin kesme gücünün artırılması ve bu sayede metaller ve diğer sert malzemelerin kesimlerinin gerçekleştirilmesi üzerine araştırmalar yapmıştır. Araştırmacı Dr. Mohamed Hashish, SJ'nin içine aşındırıcı tanecikler eklemek düşüncesini ortaya koyan ve "Aşındırıcılı Su Jeti (ASJ)'nin babası" olarak bilinen kişidir. Genellikle zımpara kâğıtlarında kullanılan lüle taşı tozlarını SJ'ye eklemiştir. 1980'lere gelindiğinde ASJ ilk defa çelik, cam ve beton kesmede kullanılmıştır. 1983 yılında ise otomobil camının kesilmesi amacıyla ilk ASJ makinesi satılmıştır. ASJ teknolojisini, inconel, paslanmaz çelik, titanyum ve o dönemde sadece askeri uçaklarda şimdi ise yolcu uçaklarında da kullanım alanı olan karbon-fiber gibi yüksek dayanımlı hafif malzemelerin kesimleri için mükemmel bir sistem olarak gören havacılık ve uzay sanayi olmuştur. O günden beri iş atölyelerinde, havacılık, taş, kiremit, jet motorları, nükleer ve denizcilik gibi birçok sahada kullanım alanı bulmuştur[1].



Şekil 2.2. Su jeti makinesinin şematik görünümü [10].

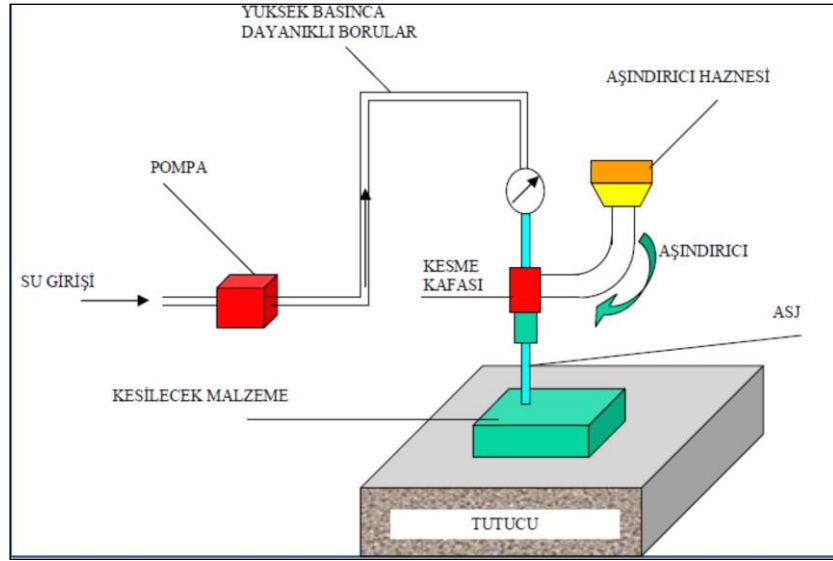


Şekil 2.3. Su jeti ile malzeme işlenmesi [6].

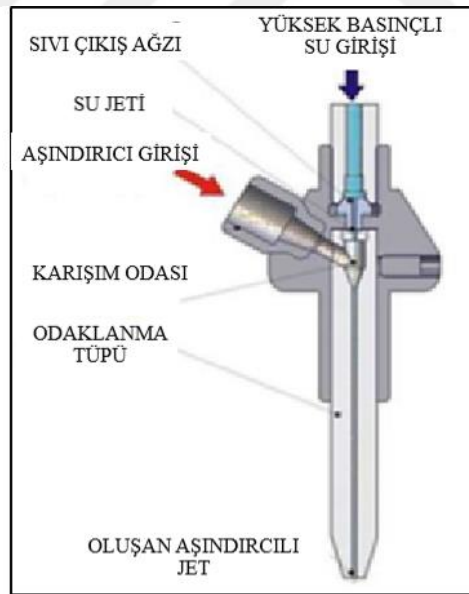
2.1.2. Aşındırıcılı Su Jeti (ASJ) Yöntemi

Su jeti ile kesme işlemi; Saf Su Jeti (SJ) ve Aşındırıcılı Su Jeti (ASJ) ile kesme olarak iki değişik yöntemle yapılmaktadır. Her iki yöntemde de oldukça yüksek hız kazandırılmış su jeti kullanılmakta ancak aşındırıcılı su jeti ile işlemede basınçlı suya küçük boyutlardaki aşındırıcı parçacıklar ilave edilmektedir [11], [12]. ASJ, SJ'nin içerisine aşındırıcı tanecikler ilave edilmesi suretiyle elde edilen bir kesme yöntemidir. Tanecik ilavesi kesici su jetindeki kesme etkisini artırmaktadır [13]. SJ; metal, seramik, kompozit vb. malzemeleri kesme işleminde yeterli değildir. Bu türde ki sert malzemelerin kesimi için ASJ makineleri kullanılmaktadır. Aşındırıcılı sistem kesme kabiliyetinin yüksek oluşu nedeniyle katmanlarına ayrılmayan malzemeler hariç hemen tüm malzemelerin

işlenmesinde kullanılabilir. Aşındırıcısız sistemler ise daha düşük mukavemetli (tekstil ürünleri, sentetik elyaf, gıda ürünleri, plastik, ahşap, kâğıt vb.) malzemelerin işlenmesinde kullanılmaktadır [1]. ASJ sisteminin ve bu sistemde kullanılan kesme kafasının şematik görünümü Şekil 2.4 ve Şekil 2.5'te gösterilmiştir.



Şekil 2.4. ASJ sisteminin şematik görünümü [1].



Şekil 2.5. ASJ sisteminde kullanılan kesme kafası [9].

ASJ sisteminde, basınçlandırılmış su, sıvı çıkış ağzı memeden (orifisten) geçtikten sonra karıştırma odasına gelir, burada yüksek basıncın sağladığı emiş kuvvetinin etkisiyle aşındırıcıyla karışır. Bu dar karıştırma odasında suyun momentumunun bir kısmının aşındırıcıya transferiyle aşındırıcı, yüksek hızlar kazanarak çok çeşitli malzemeyi

kesilebilecek kabiliyete erişir. ASJ ile SJ arasındaki temel farklılıklar, ASJ sisteminde fazladan bir karıştırma odasının ve aşındırıcı besleme mekanizmasının olmasıdır [14].

Çizelge 2.1. SJ ve ASJ sistemi ile kesilebilen bazı malzemeler.

SJ memesi (nozulu) ile kesilebilecekler	ASJ memesi (nozulu) ile kesilebilecekler	
Yumuşak lastik/kauçuk	Titanyum	Plastik
Sünger	Alüminyum	Naylon
Folyo	Sert lastik	Grafit
Plastik tabanlı halı	Sert plastik	Seramik
Kâğıt, mukavva vb.	Pirinç	Karbon fiber
Mum	İnconel	Kompozitler
Çocuk alt bezi	Bakır	Granit
Yumuşak veya ince ahşap	Yumuşak çelikler	Mermer - Taş
Tüm yumuşak malzemeler	Paslanmaz çelikler	Sert ve kalın ahşaplar

2.1.3. ASJ Sisteminin Avantajları

ASJ sisteminin diğer kesim sistemleri ile karşılaştırıldığında bazı önemli avantajları aşağıda verilmiştir[15].

- Farklı üretim bantlarına entegre olabilir.
- Soğuk bir proses olması sayesinde termik nedenlerden kaynaklanabilecek yanma, damlacık oluşması (erime), sertleşme şekil değiştirme gibi sorunlar yaşanmaz.
- Laser ile kesilemeyecek farklı yanma veya erime sıcaklıklarına sahip malzemeler ve sandviç malzemeler bu sistem ile kesilebilir.
- Malzeme yanması veya erimesi olmadığından, işlem sırasında hiçbir kimyasal kirlilik oluşmaz. Bu avantajı sayesinde gaz emme, arıtma, filtrasyon gibi ek yatırıma gerek duyulmaz.
- Kesim izi aralığının çok dar (mak. 1,1 mm) olması sayesinde malzeme kayıpları en aza indirilir.
- Su jeti hüzmeye çapına bağlı olarak, çok dar ve keskin köşelerin işlenmesi (kesilmesi) mümkündür.
- Diğer yöntemlerle kesilemeyecek petek dokulu tüm malzemeler, bu sistem ile kesilebilir.

- Metal malzemelerin kesiminde, alt veya üst tarafında çapak oluşmaz, böylelikle ek bir taşlama, düzeltme işlemi gerekmez.
- Aynı kesme donanımı ile hiçbir değişiklik yapmaksızın, yalnızca kesme hızlarını değiştirmek suretiyle bir malzemedan diğer malzemeye geçilebilir, böylelikle, özellikle fason amaçlı kesimde makine ve donanım ayar zamanları tamamen ortadan kaldırılmış olur.
- Malzeme ile kesme ucu arasındaki toleransın nispeten büyük olması sayesinde özellikle üç boyutlu (hacimsel) kesimlerde mesafe kontrol hatalarından oluşabilecek kesim düzensizlikleri oluşmaz [15].
- Kesme işlemine malzeme yüzeyinin herhangi bir noktasından başlanabilir. Termik yöntemlerdeki gibi kesime malzeme kenarından başlama zorunluluğu yoktur [10].
- Kesim aletlerinin bilenmesi gibi ek işlemler gerektirmez.
- Diğer yöntemlerde kalıp veya takım tertibat için belirli süre beklemek gerektiği halde su jeti ile üretimde çizimlerden hemen işe başlanılabilmektedir.
- Nükleer santral gibi yerlerde yangın tehlikesini ortadan kaldırdığından güvenlik sağlamaktadır. Zararlı gazlar, sıvılar veya yağlar gerekmediğinden çevreyi koruyucu özelliği bulunmaktadır [16].

2.1.4. ASJ Sisteminin Dezavantajları

ASJ kesim metodu diğer kesme metotları ile karşılaştırıldığında birçok avantaj sunan ve oldukça faydalı bir yöntemdir. Ancak ASJ sisteminde bazı dezavantajlı durumlarda mevcuttur. Bu durumlara ilişkin örnekler aşağıda verilmiştir.

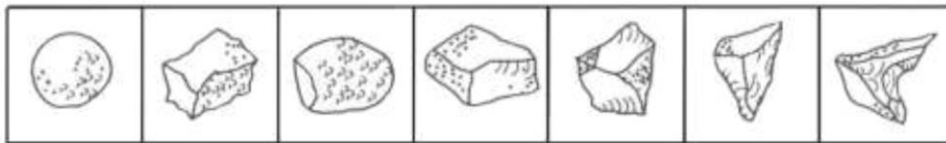
- En önemli dezavantajlarından birisi ekonomik olarak kesilebilecek malzeme çeşidinin sınırlı olmasıdır. Çelik ve diğer sert malzemeleri keserken kesme hızı oldukça düşmekte ve kesilecek malzemeye harcanan zaman uzamaktadır. Bu durumda maliyeti arttırmaktadır.
- Çok kalın parçalarda tam olarak boyutsal doğruluk sağlanamamaktadır. Eğer parça çok kalınsa su huzmesi bir miktarda dağınıklık göstermekte ve çapraz kesim olmakta ya da parçanın alt yüzeyinde üst yüzeyine nazaran daha geniş bir kesim ağızı oluşabilmektedir. Ayrıca malzemenin alt tarafında dalgalı yüzeyler meydana gelebilmektedir.
- Kalın malzemelerde ince uç kısmı da bir problem teşkil etmektedir. Su jetinin ucundaki ince uç parçaya değişik açılarda girebilmekte ve boyutsal hassasiyetin

bozulmasına neden olmaktadır. Halen bu bir problem olarak görülmesine rağmen kesici kafa ilerleme hızının düşürülmesi ile bu sorunun önüne geçilebilmektedir.

- ASJ tezgâhının özellikle basınç artırıcılarının bakım maliyeti yüksektir.
- ASJ makinesinin ürettiği gürültü şiddeti diğer tezgâhlara göre daha fazladır [1].
- ASJ sistemlerine yapılacak ilk yatırım maliyetinin yüksek olması tercih edilmeme nedenleri arasında sayılabilmektedir.
- Malzemenin çok kalın olması halinde kesme yüzeyinin alt kısımlarında dalgalı desen oluşumu söz konusu olmaktadır. Çok kalın malzemelerin ASJ ile kesiminde konik kerf oluşumu meydana gelmektedir.
- ASJ ile kesme işlemi esnasında ortamda hem mekanik hem de aerodinamik gürültü oluşmaktadır [9].

2.1.5. ASJ Makinesinde Kullanılan Aşındırıcılar

Aşındırıcılı sistemlerde özel olarak şekillendirilmiş ve sınıflandırılmış, silis (kuvars) kumu, silisyum karbid (karbür), cam, çelik, titanyum ve grena (garnet) taşı tanecikleri kullanılır. Silisin akciğer kanserine neden olduğu bilindiğinden silis içerikli aşındırıcıların özellikle tercih edilmemesi tavsiye edilmektedir [17]. Ayrıca, aşındırıcılı sistemlerde yeniden kazanım üniteleri kullanılarak aşındırıcı maliyetleri düşürülebilmektedir [15]. Bunların yanında, bor karbür / boron karbid (B_4C) iyi bir aşındırıcıdır ancak pahalıdır. Silisyum karbür (SiC) ve doğal alüminyum oksit (korund- Al_2O_3) diğer aşındırıcılardandır. Silikon karbür, alüminyum oksit, garnet veya diğer seramik aşındırıcıların kâğıt veya kumaşa tutturulmasıyla elde edilen aşındırıcıda tane boyutu dağılımı daha önemlidir [14]. Akışkan olarak ise sudan başka benzen, gliserin ve mineral yağlarda kullanılabilir. Piyasada garnet diye isimlendirilen ve su jeti uygulamalarında en çok kullanılan aşındırıcı tipi genelde Avustralya'daki alüvyal yataklarından elde edilmektedir [18], [14].



Şekil 2.6. Aşındırıcıların geometrik şekilleri [14].

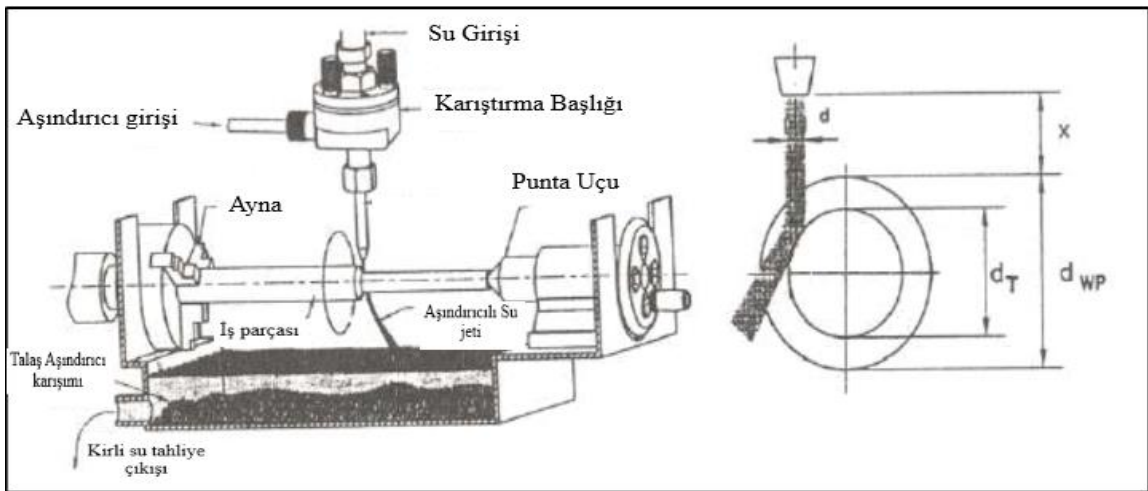
2.1.6. ASJ Uygulamaları

2.1.6.1. Frezeleme

Frezeleme işleminde amaç, istenilen ölçüde bir oyuk oluşturmaktır. ASJ ile frezeleme, jetin malzemeyi tamamen delmesini engelleyip istenen derinliğe kadar girmesini sağlayarak gerçekleştirilir. Bu, jetin nispeten büyük bir hızla hareket ettirilmesiyle sağlanır [16]. ASJ ile frezelemede yüzeylerden bahsederken en önemlisi, dip yüzeydir. Oluşan dip yüzey, değişken kesme performansının bir sonucu olan, derinlik düzensizlikleriyle karakterize edilir. Derinlikteki sapmalar yüksek ilerleme hızlarında ve jetin enerji yoğunluğunun düşük olduğu durumlarda ortaya çıkmaktadır [19].

2.1.6.2. Tornalama

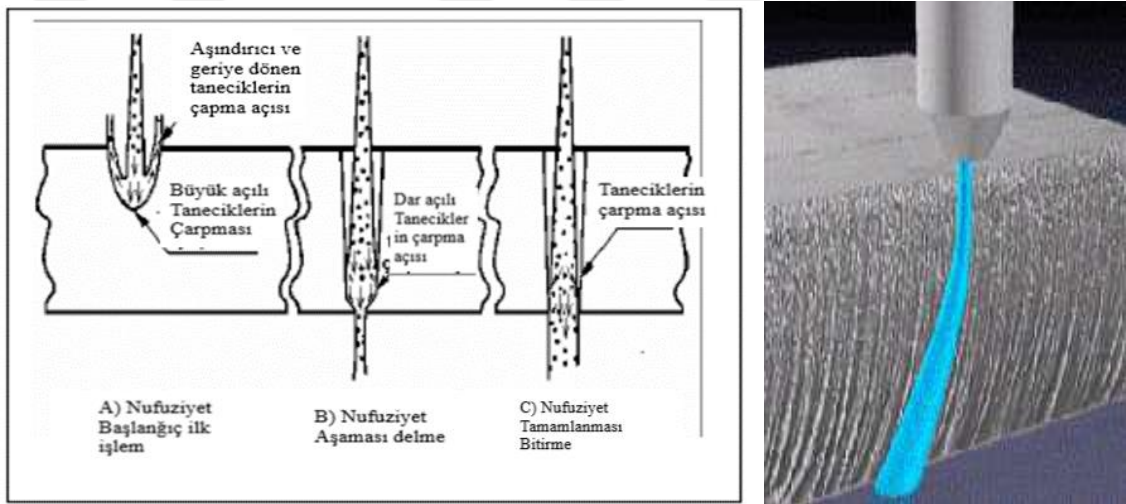
Düz yüzeylerde yapılan kesme ve frezeleme işlemleri gibi, dönmekte olan iş parçalarına Aşındırıcı su jeti uygulanabilir. Bu durumda jet, torna kalemı şeklinde davranır. Çok sert alaşımlar, seramikler ve karmaşık metal kompozitleri gibi kesilmesi zor metallere döner simetrilerin üretimini kolaylaştırabilir. İşleme; jetin, bir x-y- z modelinde sürekli kaydırılması sırasında çalışılan parçanın döndürülmesiyle gerçekleştirilir. ASJ tornalamasının önemli bir avantajı, işlenmesi zor malzemelerden yapılan hassas millerin (çubukların) çok küçük çaplara kadar işlenmesine olanak tanıyan zayıf kesme kuvvetleridir. Gerilme deneyleri, ASJ ile işlenmiş millerde, malzemenin gerilme karakteristiğinde değişiklik olmadığını göstermiştir. Parametrik optimizasyon: Frezelemede olduğu gibi tornalamada da işlem sonuçları; su basıncı, aşındırıcı akış oranı, İlerleme hız oranı gibi işleme parametrelerinin kararlılığına bağlıdır. Genellikle ilerleme hızını arttırmanın, yüzey dalgalılığını arttırdığı gözlenmiştir [16].



Şekil 2.7. ASJ ile tornalama işlemi [17].

2.1.6.3. Delme

Delik açmada iki değişik yöntem uygulanmaktadır. Eğer açılacak delik çapı, aşındırıcı su jetinin çap ölçüleri içindeyse, iş parçası üzerinde herhangi bir hareket olmaksızın açma kapama (jetin) yapılarak delik açılır. Bu işlem, 0,6 mm'den daha küçük çaplardaki deliklerin açılmasını sağlar. Eğer açılacak deliğin çapı, jet çapını aşıyorsa, bir daire kesilerek deliğin üretilmesi gerçekleştirilebilir. Malzemenin gevrekliğine bağlı olarak delme basıncının değiştirilmesi zorunludur. Özellikle delme işleminin başlangıcında doğru basıncın seçilmesi büyük önem taşımaktadır. Yüksek delme basıncı yardımıyla aşırı gerilim (stres) üretilmesi, malzemenin kırılmasına yol açacaktır. Eğer basınç seviyesi doğru saha içerisinde korunursa, geleneksel yöntemlerle delinemeyen klor, flor ve karbon atomlarından oluşan Organik Bileşen Malzemeler (CFC) bile delinebilir [16].



2.2. AĞAÇ MALZEMEDE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ

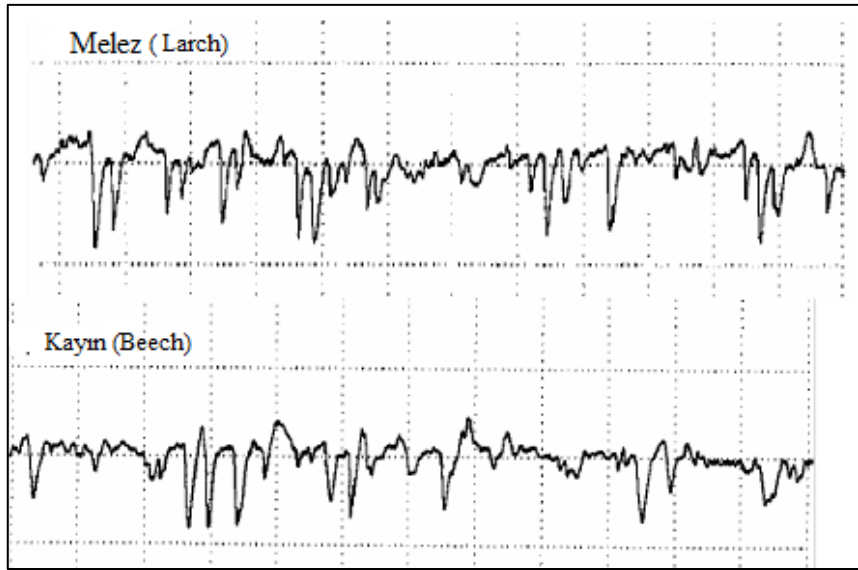
Yüzey pürüzlülüğü, malzemenin işlenmesinde uygulanan üretim teknikleriyle veya diğer başka faktörler sonucu ortaya çıkan oldukça küçük aralıklı yüzey düzensizlikleridir [20]. Yüzeydeki pürüzlülükler, uygulanan imalat metoduna bağlı olarak gözle görülebilir yada dokunulduğunda elle hissedilebilir olabileceği gibi, hassas elektronik cihazlarla belirlenen değerlerde de olabilir [21].

Amerikan Ulusal Standartları Enstitüsü (ANSI) tarafından yüzey tekstürü; üç boyutlu bir yüzey topografyası ortaya çıkaracak şekilde nominal yüzeyden, pürüzlülük, dalgalanmalar ve küçük çatlakları kapsayan tekrarlamalı veya gelişigüzel sapmalar olarak

ifade edilmiştir [22]. Yüzey pürüzlülüğü, mobilya ve dekorasyon endüstrisinde ürün kalitesine doğrudan etki ettiği için önemli bir faktördür. Özellikle masif mobilya üretiminde, ağaç malzemenin çeşitli makinelerle işlenmesi esnasında kullanılan yöntemlerin farklılık göstermesi nedeniyle meydana gelen yüzey düzensizliklerinin ölçülebilir ve kontrol edilebilir olması son derece önemlidir [23].

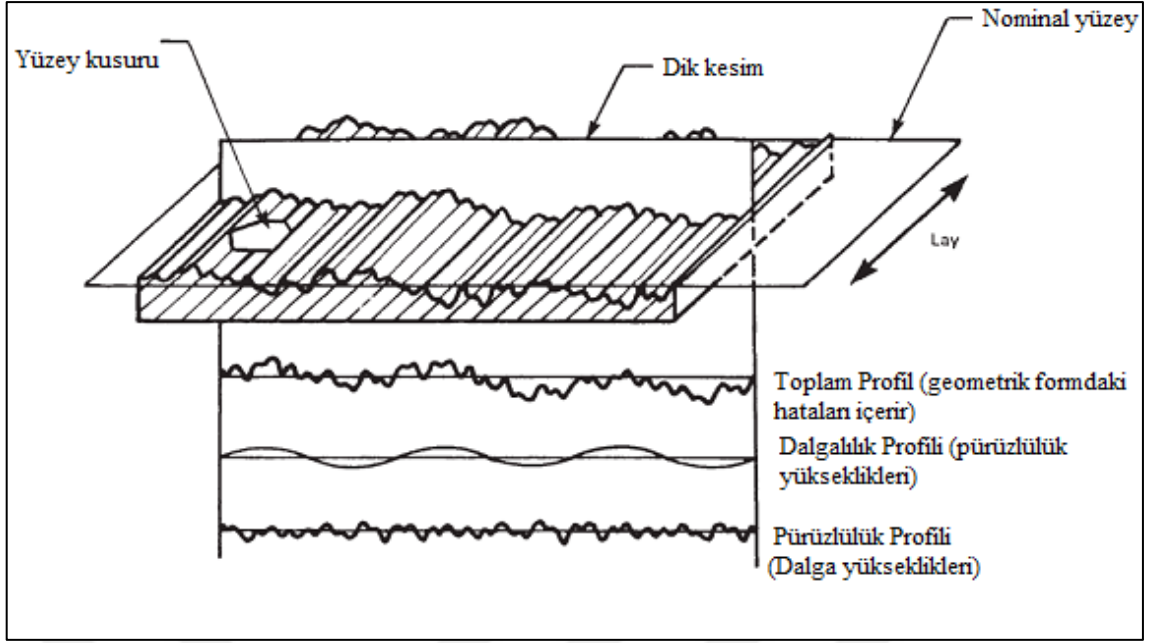
Ahşap ve ahşap esaslı malzemelerin işlenmesinde yüzey tekstürü; ürünün sınıfını, kalitesini, yüzey uygulamaları için işleme kolaylığını ve sonraki üretim süreçlerini doğrudan etkilemektedir. Yüzey pürüzlülük derecesi malzemenin kendi içinde ve malzeme tipleri arasında değişiklikler gösterir [24].

Ağaç malzemedeki ve ahşap esaslı levhalarda yüzey düzgünlüğü, yapışma direnci ve yüzey işlemleri gibi üretim aşamalarını etkileyen en önemli faktörlerin başında gelir [25], [26]. İşlenmiş bir malzemenin yüzey kalitesini ortaya koyan en büyük gösterge yüzey pürüzlülüğüdür. Pürüzlülük, kontrol edilemeyen veya kontrol edilebilen işleme parametrelerinin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır [26]. Yüzey pürüzlülüğü; işleme parametreleri ve işlenecek malzemenin anatomik yapısına bağlı olarak malzeme yüzeyinde meydana gelen tepe ve çukur biçimindeki düzensizliklerdir. İşlenmiş melez ve kayın odununda meydana gelen yüzey pürüzlülük profili (tepe ve çukur) Şekil 2.9'da gösterilmektedir [27].



Şekil 2.9. İşlenmiş yüzeylerdeki yüzey pürüzlülük profili.

Yüzey tectürü; işlenmiş yüzeydeki pürüzlülük, dalgalanmalar ve küçük çatlakları da içine alan profil sapmaları olarak tanımlanmaktadır (Şekil 2.10) [28].



Şekil 2.10. Yüzey karakteristiklerinin şematik görünümü [23], [28], [30].

Yüzey pürüzlülüğü ile ilgili yapılan çalışmalar ilk olarak 1939 yılında metal malzemelerde başlamıştır. Ağaç malzemede yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesi ile ilgili çalışmalar ise 1950'li yıllarda başlamıştır [28]. İşlenmiş ağaç malzeme yüzeyinin pürüzlülüğünün kalite kontrolüne ihtiyaç duyulmuştur. Ancak bu yıllarda yüzey pürüzlülük ölçümü için bir standart geliştirilememiştir [30].

2.2.1. Yüzey Pürüzlülüğü Parametreleri

Yüzey pürüzlülük parametreleri; belirlenen yüzey profili ortalama çizgisine göre yüzeyin iki boyutlu profilini gösteren, yüzey düzlemine dik girinti ve çıkıntıların oluşturduğu düzensizlikleri ifade etmektedir. Ağaç malzemede yüzey pürüzlülüğünün sayısal olarak ifade edilmesinde; genel olarak Ra (ortalama pürüzlülük değeri), Rmax (en büyük pürüzlülük değeri) ve Rz (10 noktanın ortalama pürüzlülük değeri) parametrelerinden faydalanılmaktadır [28]. Yüzey pürüzlülük ölçümlerinde en sık kullanılan parametreler Ra, Rq, Rz, ve Rmax'dır.

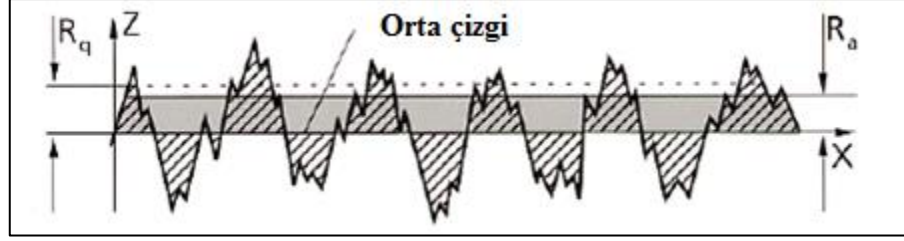
Ortalama pürüzlülük değeri (Ra); ölçülen örnek uzunluğu içerisinde profil sapmaları mutlak değerinin aritmetik ortalamasıdır [29], [32].

$$Ra = \frac{1}{l} \int_0^l |Z(x)| dx \quad (2.1)$$

l: Örnek uzunluğu, Z(x): pürüzlülük profilinin profil ordinat değeridir.

Kareler ortalamasının karekökü (Rq); Aritmetik ortalama sapmaların karekökü anlamına gelmektedir.

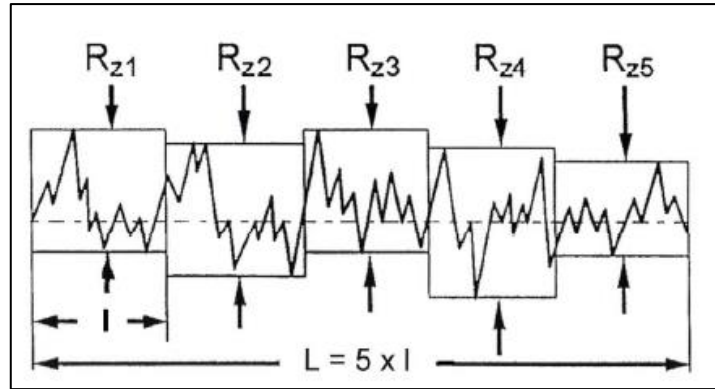
$$Rq = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l |Z^2(x)| dx} \quad (2.2)$$



Şekil 2.11. Profil sapmalarının ortalaması ve formülü [21], [32].

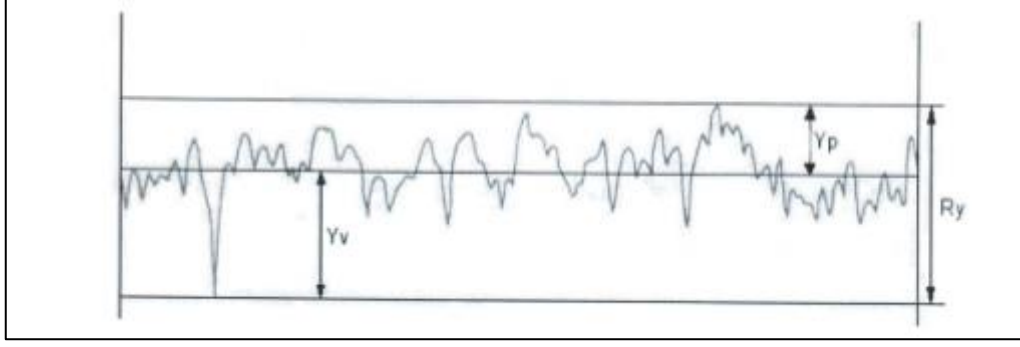
On nokta pürüzlülük değeri (Rz); ölçülen örnek uzunluğu içerisinde en derin beş profil çukurluk derinliği ile en yüksek beş profil tepe yüksekliğinin mutlak değerlerinin ortalamasıdır [21], [32].

$$Rz = \frac{R_{z1} + R_{z2} + R_{z3} + R_{z4} + R_{z5}}{5} \quad (2.3)$$



Şekil 2.12. Çukur ve tepe yüksekliklerinin mutlak değeri ortalaması ve formülü [21], [32].

En büyük pürüzlülük değeri (Ry, Rmax); ölçülen örnek uzunluğu içerisindeki profilin en yüksek ile en çukur noktası arasında kalan mesafedir [21], [32]. Diğer bir ifade ile pürüzlülük profili boyunca, ortalama profil çizgisine göre en yüksek tepe (Yp) ile en derin çukurun (Yv) toplamını ifade etmektedir (Şekil 2.13) [32].



Şekil 2.13. En büyük pürüzlülük değeri Rmax.

En büyük pürüzlülük değeri Rmax hesaplama Formülü; $R_{max} = R_y = Y_p + Y_v$

2.2.2. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçme Yöntemleri

Yüzey pürüzlülüğü, işlemede kullanılan takımın durumunu ve işleme kalitesini gösterdiği için önemli bir parametredir. İşlenmiş malzemede yüzey pürüzlülüğünü belirlemek için farklı yaklaşımlar ortaya konmuştur. Yüzey pürüzlülük ölçümü ilk olarak duyuşal (dokunma ve gözlemlene) metodlar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ancak, bu metodlar çok objektif olmadığı için farklı ölçme yöntemleri geliştirilmiştir [27].

Ahşap malzemelerin üretim süreçlerinde, işleme parametrelerinin ve ürün kalitesinin belirlenmesi için yüzey pürüzlülük ölçümü gerekmektedir. Ahşabın dokunmalı aletler kullanılarak yüzey pürüzlülük ölçümleri iğne taramalı, akustik ve pinomatik ölçüme dayanırken, temassız aletlerle yapılan pürüzlülük ölçümleri ise nirengi tabanlı tek nokta lazer veya ultrasonik sistemler ve görsel denetimler ile yapılabilmektedir [24], [33].

Son yıllarda pürüzlülük ölçümleri için kullanılan yöntemlere alternatif olarak görüntü analiz sistemleri uygulanmaya başlamıştır. Bu sistem ile malzemenin işlenmesinden kaynaklanan pürüzlülük ile odun anatomisinden kaynaklanan pürüzlülük ayırt edilebilmektedir [28].

Yıllardan beri farklı yüzey pürüzlülük ölçme metotları karşılaştırılmış ve en iyi yöntemin iğne taramalı (stylus) yüzey pürüzlülük ölçme yöntemi olduğu belirtilmektedir [24], [34], [35]. Bunun yanı sıra her bir yöntemin faydaları ve sakıncaları bulunmaktadır. Akustik emisyon yöntemi ile iğne taramalı ölçüm yöntemi karşılaştırıldığında, akustik yöntem ile çok hızlı tarama yapılmasına rağmen yüzeylerin gerçek profili elde edilememekte, fakat iğne taramalı ölçüm yöntemi ile yavaş tarama yapılmasına rağmen gerçek yüzey profili

elde edilebilmektedir [33]. Çizelge 2.2’de bazı yüzey pürüzlülük ölçme tekniklerinin faydaları ve sakıncaları belirtilmektedir [34], [35].

Çizelge 2.2. Farklı yüzey pürüzlülük yöntemlerinin özellikleri.

Yöntem	Faydalar	Sakıncalar
İğne taramalı	Yüksek çözünürlük	Hızı yavaş, dokunmalı metod, 2 boyutlu analiz, lif ayrılmalarına karşı hassas değil
Pnömatik	Liflere hassas, 3 boyutlu analiz	Poroziteye karşı hassas, dokunmalı metod, gerçek profil vermez
Akustik emisyon	Liflere hassas, 3 boyutlu analiz, hızı yüksek	Dokunmalı metod, gerçek profil vermez
Lazer sistem	Hız yüksek, dokunmasız system, yüksek çözünürlük	Dar örnekleme alanı, liflere karşı hassas değil

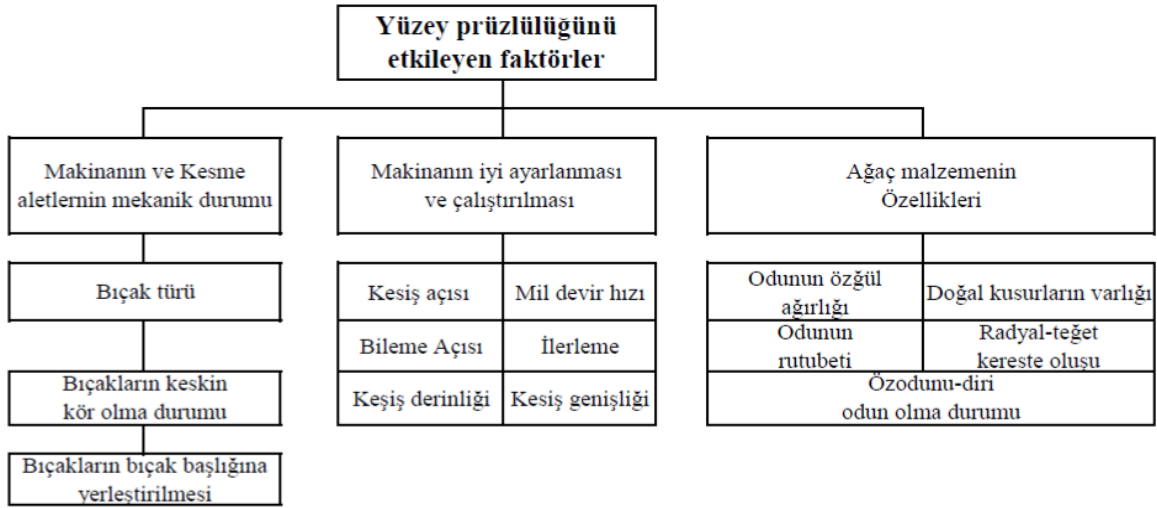
Dokunmasız yüzey pürüzlülük ölçüm metotlarından olan optik metotlar, hızlı ölçüm yapabildiği için yüzey tektürünün belirlenmesinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu metotların en önemli avantajı temassız olması nedeniyle yüzeylerde tahribat oluşturmamasıdır. Bu yöntem, mikroskobik ve görüntü tabanlı olması nedeniyle dokunmalı yöntemlere kıyasla daha hızlıdır [35]. Dokunmalı iğne taramalı yöntem mekanik yöntemler içinde en yaygın kullanıma sahiptir. Bu yöntemde hassas uçlu bir iğne ile tarama yapıldığı için pürüzlülük ölçümlerine uygun tarama iğnesinin kullanılması gerekmektedir [28]. Çizelge 2,3’te optik ve tarama ile ölçüm yapan yöntemler karşılaştırılmış ve bu yöntemlerin avantajlı özellikleri belirtilmiştir [27], [36].

Çizelge 2.3. İğne taramalı ve lazer yöntemlerin karşılaştırılması.

İğne taramalı yöntem	Lazer yöntem
Yüzeye zarar verebilir	Yüzeye zarara vermez
Geometriyi ölçer	Optik yolu ölçer
Uç boyutu ve açı değişmez	Uç çözünürlüğü ve açı değişir
Tarama iğnesi kırılabilir	Yüzeye temas olmadığı için kırılmaz
Tarama yavaş	Tarama hızlı
Yüzeylerde istenmeyen durumları ölçmez	Yüzeylerdeki iyi kötü herşeyi ölçer
Sürtünme ve sertlik gibi geometrilerin yanı sıra fiziksel parametreleri de ölçmek için kullanılabilir	Sadece optik yolu ölçer
Pürüzlülük kalibrasyonu kolaydır	Standlarla kalibrasyonu zordur
Yüzey eğrilğine karşı hassas değildir	Sınırlı eğriliklere izin verebilir.

2.2.3. Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Etkili Olan Faktörler

Ağaç malzeme heterojen yapıya sahip doğal bir kompozit malzemedir. Bu nedenle işlemede yüzey pürüzlülüğü üzerine ağaç türü, yıllık halka genişliği, ilkbahar-yaz odunu oranı, rutubet miktarı, lif yönü gibi malzeme özellikleri ile ilerleme hızı, devir hızı, kesiş derinliği, bıçak geometrisi gibi işleme özelliklerini içeren birçok faktörün etkisi bulunmaktadır [27], [37]-[39]. Şekil 2.14’de odunun işlenmesinde yüzey pürüzlülüğünü etkileyen işleme ve ağaç malzemenin özellikleri ile ilgili faktörler belirtilmektedir. Amaca uygun bir işleme yapabilmek için kullanılacak hammaddenin özelliklerinin ve işleme parametrelerinin iyi bilinmesi gerekmektedir [27], [37].



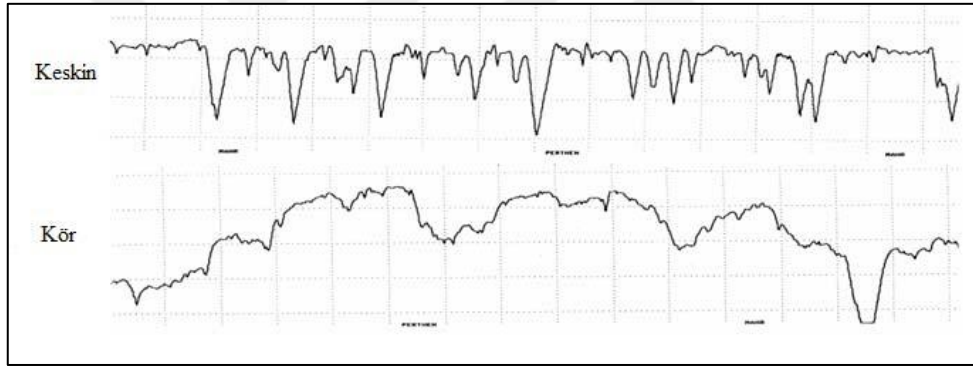
Şekil 2.14. Ağaç malzemenin işlenmesinde yüzey pürüzlülüğünü etkileyen faktörler.

Ağaç türleri bakımından işleme özellikleri (planlayama, zımparalama, tornalama, frezeleme vb.) değerlendirildiğinde, yapraklı ağaçlar daha yüksek yoğunluğa sahip olduğu için iğne yapraklı ağaçlara göre daha yüksek işleme performanslarına sahiptirler. Yapraklı ağaçlardan kayın daha yüksek işleme özelliklerine sahipken, Anadolu kestanesi ve kavak daha budaklı bir odun yapısına ve düşük yoğunluğa sahip olmaları nedeniyle daha düşük işleme özelliklerine sahiptir [40]. Yaz odununun yoğunluğu daha fazla olduğu için ilkbahar odununa göre daha düşük yüzey pürüzlülük değeri vermektedir [41]. Dağınık traheli odunlarda halkalı traheli odunlara göre daha düşük yüzey pürüzlülük değerlerinin elde edildiğini belirtmişlerdir. Ayrıca teğet ve radyal yönde işlemede yüzey pürüzlülük karşılaştırıldığında, teğet yönde işlemede daha düşük yüzey pürüzlülük değeri elde edilmektedir [41], [42].

Odunun işleme anındaki rutubet miktarı da yüzey pürüzlülüğünü etkileyen en önemli faktörlerden birisidir. Genellikle odun %6 rutubette daha iyi işlenmektedir. Çok fazla rutubet içeriğine sahip ağaç türlerinde kalkık liflilik, pürüzlü liflilik ve yongalı liflilik gibi yüzey kusurları meydana gelmektedir [37].

Planyalama işlemlerinde bıçak sayısının, besleme oranının ve kesme derinliğinin yüzey pürüzlülük üzerine önemli bir etkisi bulunmaktadır. Kesme derinliği ve besleme oranı arttıkça işlemenin kötüleştiği, bıçak sayısındaki artışla yüzeylerin daha iyi olduğu belirtilmektedir [43].

Bıçakların aşınması, işleme esnasında oluşan ısıdan ve mekanik gerilmelerden meydana gelmekte ve zamanla körelmekte ya da kırılmaktadır. Bıçağın aşınıp körleşmesi ile aşırı titreşimler meydana gelmekte ve yüzey kalitesinin giderek kötüleşmesine neden olmaktadır [27], [44]. Şekil 2.15'te keskin ve kör bıçak kullanılarak işlenmiş meşe odununun yüzey profili gösterilmektedir.



Şekil 2.15. Meşe odununun kör ve keskin bıçakla işlenmesi sonucu yüzey profilinin durumu [27], [39].

CNC ile işlemede besleme oranı ve devir sayısı yüzey kalitesi üzerine önemli derecede etki etmektedir. Yüksek devir hızında ve düşük besleme oranında yüzey pürüzlülüğünün azaldığı belirtilmiştir [45]. Kesme derinliği dolaylı olarak yüzey kalitesine etki etmektedir. Kesme derinliğini arttırmak, kesme direncinin ve titreşim şiddetinin artmasına sebep olmakta ve aynı zamanda kesme sıcaklığı da artmaktadır. Aynı zamanda kesme genişliği de bıçak çapına göre değişmekte ve kesme derinliği ile aynı etkiye sahip olmaktadır. Aynı yönlü işlemede (climb-cut milling) zıt yönlü işlemeye (conventional milling) göre daha düzgün yüzeyler elde edilmektedir [27], [44], [46].

Besleme hızı, tercih edilen ağaç malzemeye ve yüzey kalitesine göre işlemede aşırı zorlamaya neden olmayacak şekilde seçilmelidir. Yüksek besleme hızı güç tüketiminin yanında yüzey pürüzlülüğünü de arttırmaktadır. Bu nedenle ağaç malzemede işlemede düşük besleme hızlarının seçilmesi hem daha düşük maliyetli bir işlemin gerçekleştirilmesi için hem de daha düzgün ağaç malzeme yüzeyleri elde edilmesi bakımından önemlidir [47]. Kaba tekstürlü ağaç malzemeler ince tekstürlülere göre daha pürüzlü yüzeyler vermektedir. Pürüzlülük, radyal yönde daha yüksek olup, biçmeye katılan diş sayısı ile ters orantılıdır. Bu nedenle kaba tekstürlü ağaç malzemelerin, kesici diş sayısı artırılarak biçilmesi önerilmektedir [48].

2.3. AĞAÇ MALZEME VE LİF LEVHA (MDF)

2.3.1. Sarıçam (*Pinus sylvestris* Lipsky)

Ülkemizde sarıçam Kuzey Anadolu, Bursa, Eskişehir, Kütahya, Akdağ madeni ve Kayseri-Maraş arasında görülmektedir. 30-45 m boy, 0,6-1,0 m çap yapmakta, gövde şekli düzgün ve dolgun, kullanılabilir gövde uzunluğu 18-20 m'dir [49], [50].

Diri odun 5 – 10 cm genişlikte, sarımsı beyaz renkte, öz odun kırmızımsı sarı, kırmızımsı kahverengindedir. Kesimden sonra daha koyulaşır. Yıllık halka sınırları belirgin ve hafif dalgalıdır. Yaz odunu koyu renkli olup, açık renkli ilkbahar odunu ile kontrast yaratır. İlkbahar odunundan yaz oduna geçiş ani, bazen yavaştır. Yetiştirme muhitine bağlı olarak yıllık halkalar dar veya geniş olabilir. Radyal kesitte yaz odunu tabakası birbirine paralel şeritler halinde görülür. Öz ışınları çıplak gözle görülmez fakat sadece yaz odununda belirgin olabilir ve radyal kesitte enine yönde uzanan çok ince bantlar oluştururlar. Boyuna paransimler yoktur. Reçine kanalları ladin ve melezen büyük ve çok sayıdadır. Reçine kanalları enine kesitte yaz odununda açık, ilkbahar odununda koyu lekeler halinde, radyal ve teğet kesitte boyuna çizikler şeklinde görülür. Odunu parlak değil mattır. Oldukça sert ve orta ağırlıktaki odunu dekoratif bir görünüşte ve taze halde iken reçine kokuludur [50].

Yıllık halka sıraları belirgin, yaz odunu traheidleri radyal çok yassılaştırmış, kalın çeperli, dar lümenlidir. Traheidlerin teğet çapı 10-50 µm, uzunlukları 1800-4500 µm'dir. İlkbahar odunundan yaz odununa geçiş oldukça hızlı, ilkbahar odunu traheidlerinin radyal çeperlerinde kenarlı geçitlerin çapları büyük olup tek sıralıdır. Öz ışını paransim hücrelerinin çeperleri ince, enine ve uç çeperlerinde geçitler az sayıdadır. Karşılaşma yeri

geçitleri 1 – 2 adet ve pencere tipindedir. Boyuna reçine kanalları çoğunlukla tek tek ve genellikle yaz odunu içerisinde yer alırlar. Epitel hücrelerinin çeperleri incedir. Sarıçam odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 2.4’te verilmiştir [50].

Çizelge 2.4. Sarıçam odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri.

Özellik	Sembol	Değer	Birim
Yoğunluk	D_o	0,49	g/cm^3
	D_{12}	0,52	g/cm^3
Daralma yüzdesi	β_r	4,0	%
	β_t	7,7	%
	β_v	12,1	%
Elastikiyet modülü	E-Mod	11 700	N/mm^2
Eğilme direnci	σ_e	98	N/mm^2
Basınç direnci	$\sigma_b//$	54	N/mm^2
Çekme direnci	$\sigma_t//$	102	N/mm^2
Dinamik eğilme direnci	a	3,9-7,0	kN/cm

Kolay kurutulur, çatlamaya ve dönüklüğe eğilimi azdır. İyi işlenir ve yapıştırılır. Yüzey işlemlerinde reçine sızıntısı nedeniyle güçlük çıkar. Güç cilalanır. Tozları ekzamaya neden olabilir. Öz odunu oldukça dayanıklı, diri odunu mantar ve böceklerle karşı hassas, odunun rutubeti % 25’den fazla olduğu hallerde, 20 – 25 °C sıcaklıklarda mavi renk oluşumu meydana gelir. Öz odun orta derecede güç, diri odun kolay empenye edilmektedir. Binalarda iç ve dış mekanlarda, pencere doğramalarında, empenye edildiğinde toprak ve su tahkimatında, maden direği, tel direği, ve travers olarak, kaplama levha, kontrplak, lif ve yonga levha ile kağıt endüstrisinde ve mobilya yapımında kullanılmaktadır [50].

2.3.2. Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky)

Ülkemizde Doğu kayınının en geniş yayılış alanı Karadeniz ormanlarında görülür. Ayrıca Kuzey, Batı ve Güney Anadolu ile Marmara Bölgesinde lokal olarak bulunmaktadır. Ağaç boyu 30-40 m, gövde orta çapı 1,0-1,5 m, kullanılabilir gövde uzunluğu 15-20 m kadardır [49], [50].

Diri odun ile öz odun arasında renk farkı yoktur. Odunu kırmızımsı beyaz renktedir. Olgun odun özelliklerine sahiptir. 80 yaşın üzerindeki ağaçlarda kırmızımsı kahverenginde düzensiz şekilli, iç kısımda dalgalı şeritli ve kırmızı yürek oluşumu adı verilen bir öz odun bulunur. Dağınık traheli, yıllık halka sınırları yaz odunu tabakasında trahelerin az sayıda olması nedeniyle belirgindir. Traheler küçük çaplıdır. Geniş öz

ışınları çıplak gözle dahi görülebilir, enine kesitte 0.5 – 0.1 mm aralıklarla uzanır ve yıllık halka sınırında daha da genişler, radyal yüzeylerde koyu renkli geniş aynacıklar, teğet kesitte kırmızımsı iğ şeklinde lekeler halinde görülürler. Odunu sert ve ağırdır [50].

Dağınık traheli, trahelerin sayısı yaz odununa doğru gidildikçe azalmakta, çapları küçülmektedir. Trahe sayısı fazla olup mm²'de 80 – 180 adet, teğet çapları 60 – 80 (100) µm, şekilleri yuvarlak, oval ya da köşelidir. Perforasyon tablaları basit ve yaz odunundaki küçük çaplı trahelerde 20 bölmeye kadar merdivenimsidir. Traheler arası geçitler horizontal sıralı ya da bazen merdivenimsidir. Öz odunundaki trahelerin içleri yabancı maddelerle dolu olabildiği gibi tüller de bulunabilir. Boyuna paranzimler çok sayıda, apotraheal dağınık ve teğet sıralıdır. Öz ışınları iki tipte, geniş öz ışınları 15 – 25 hücre genişlikte, birkaç mm yükseklikte ve homojen (homoselüler) yapıda olup, nadiren heterojen (heteroselüler) öz ışınlarına rastlanır. Öz ışınları ile trahelerin karşılaşma yerlerinde geçitler büyüktür. Dar öz ışınları 1 – 5 hücre genişlikte, 500 µm kadar yüksekliktedir. Esas doku genellikle kalın çeperli libriform liflerinden oluşur ve az miktarda da lif traheidleri bulunur. Doğu kayını odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 2.5'te verilmiştir [50].

Çizelge 2.5. Doğu kayını odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri.

Özellik	Sembol	Değer	Birim
Yoğunluk	D _o	0,68	g/cm ³
	D ₁₂	0,72	g/cm ³
Daralma yüzdesi	β _r	5,8	%
	β _t	11,8	%
	β _v	17,9	%
Elastikiyet modülü	E-Mod	15 700	N/mm ²
Eğilme direnci	σ _e	120	N/mm ²
Basınç direnci	σ _b //	60	N/mm ²
Çekme direnci	σ _ç //	132	N/mm ²
Dinamik eğilme direnci	a	0,98	kN/cm

Çatlamaya ve dönüklüğe eğilimi olduğundan dikkatli kurutulmalıdır. İşlenmesi kolaydır. Kesici takımları körleştirme etkisi orta derecededir. Soyulabilir, kesilebilir, çok iyi tornalanabilir. Yapıştırma ve yüzey işlemlerinde güçlük yoktur. Boyanması iyi değildir, ancak iyi renk verilebilir ve iyi cila kabul eder. Tozları dermatitis ve astıma neden olabilir. Böcek ve mantarlara karşı çok hassas olup dayanıksızdır ve çabuk ardaklanır. Diri odun kolay emprenye edilir. Öz odun kısmı varsa çok güç emprenye edilir. Geniş bir kullanım alanına sahiptir. Masif mobilya, bükme mobilya, spor aletleri, alet sapları, tornacılıkta,

kontrplak, kaplama levha, parke, fiçı sanayiinde, karoser yapımı, yonga levha, lif levha ve kağıt odunu olarak emprenye edildiği taktirde travers yapımında kullanılır. Ayrıca odun kömürü yapımında da değerlendirilmektedir [50].

2.3.3. Sapsız Meşe (*Quercus petraea* Lieble)

Genele yayılışı Avrupa, Balkanlar, Trakya ve Anadolu'dur. Yetiştirme yeri istekleri açısından gölgeye dayanıklı ve nem istemi azdır. Bu nedenle tepelik kesimlerde ve kurakçıl alanlarda da yetişebilir [51]. 25 m boya ve 2 m gövde çapına erişebilen geniş tepeli ağaçlardan 3-5 m boya sahip çalılara kadar değişen yaklaşık 400 adet türleri vardır. Bu bitkilerin gövdeleri düzgün, kabuk önceleri düzgün, sonraları kalın ve yırtılmış durumda olup, esmer renktedir. Göbek odunlu ağaçlar grubundandır (Bozkurt 1992). Ağaç boyu 20-40m, gövde çapı 1 m (2 m' ye kadar), kullanılabilir gövde uzunluğu 10-20 m'dir [49].

Diri odun çoğunlukla dar, 2-5 cm genişlikte, sarımsı beyaz renkte, öz odun açık kahverengi ile sarımsı kahverengindedir. İlbahar odunu trahelerin çok büyük, çıplak gözle görülebilir ve 1-5 adet genişlikte bir halka oluşturur. Yaz odunu traheleri çok sayıda, küçük, doku içerisinde alev şeklinde yayılmışlardır ve lup altında görülebilirler. Tekstür kaba, iğne çizikli, genellikle düzgün bazen düzensiz lifli, parlak, dekoratif, sert ve ağır bir odunu vardır [49].

Traheler halkalı dizilişte, ilkbahar odun traheleri çok büyük, teğet çapı 400 µm kadar, tek tek veya çoklu kümeler oluştururlar. Yaz odunu traheleri küçük, 30-140 µm kadar, çok sayıda ve yıllık halka sınırına doğru çaplar azalmaktadır. Öz ışınları homojen yapıda ve iki ayrı genişlikte. Tek sıralılar 25 hücre yüksekliğinde ve aralarında mesafe düzensiz, geniş olanlar 20 hücreden daha geniş (0.5-1.0 mm) ve birkaç cm yükseklikte. Daimi yeşil meşelerde trahe dağılışı halkalı traheli yapıdan çok, dağınık traheli yapıya benzemekte ve traheler radyal sıralar teşkil etmektedir. Meşe odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 2.6'da verilmiştir [49].

Çizelge 2.6. Meşe odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri.

Özellik	Sembol	Değer	Birim
Yoğunluk	D_0	0.65	g/cm^3
	D_{12}	0.69	g/cm^3
Daralma yüzdesi	β_r	4	%
	β_t	7.8	%
	β_v	12.2	%
Elastikiyet modülü	E-Mod	11500	N/mm^2
Eğilme direnci	σ_e	86	N/mm^2
Basınç direnci	$\sigma_b//$	60	N/mm^2
Çekme direnci	$\sigma_{\phi}//$	88	N/mm^2
Dinamik eğilme direnci	a	0.59	kN/cm

Kurutmada şekil değişimleri ve çatlama meydana gelebileceği için çok yavaş bir program uygulanmalıdır. İşlenme özellikleri yıllık halka genişliğine göre değişir. Yapıştırılması iyidir. Metallerle temasta mavi renklenme olur. Kolay verniklenebilmektedir. Diri odun az dayanıklı, öz odun dayanıklıdır. Odunu su altında da çok dayanıklıdır. Öz odun çok güç, diri odun kolay Emprenye edilir. Tül oluşumu çok az görülen kırmızı meşelerin öz odunları kolay Emprenye edilebilmektedir [49].

Meşenin çok geniş kullanım alanı vardır. Yapı ve konstrüksiyon malzemesi, köprü, vagon yapımı, merdiven basamağı, parke, masif mobilya, kutu, sandık, palet, küçük gemi yapımı, tarım aletleri, alet sapları, alkollü madde fiçileri ve travers olarak kullanılır. Dar yıllık halkalılar mobilya, tornacılık ve çok değerli kesme kaplama levha yapımında kullanılır [49]. Ayrıca, iskele, tavan ve taban kaplamada da kullanılmaktadır [52].

2.3.4. Lif Levha (MDF)

Termomekanik olarak odun veya diğer lignoselüozik hammaddelerden elde edilen liflerin, sentetik yapıştırıcı ilavesiyle belirli bir rutubet derecesine kadar kurutulduktan sonra oluşturulan levha taslağının sıcaklık ve basınç altında preslenmesiyle elde edilen bir üründür. MDF kelime anlamı ile orta yoğunlukta lif levha anlamına gelmekte ve İngilizce karşılığı olan Medium Density Fiberboard kelimelerinin baş harflerinden oluşmaktadır. MDF yaş yöntemle, yarı kuru yöntemle ve kuru yöntemle üretilmektedir. Bugün Dünya’da MDF büyük oranda kuru yöntemle üretilmektedir[53].

TS EN 316 standardına göre MDF, “orta sertlikte bir lif levha olup, ısı ve basınç uygulanarak ligno selüozik liflerden imal edilmiş, liflere bir sentetik yapıştırıcı madde

ilave edilerek elde edilen anma kalınlığı en az 1,5 mm olan levhalardır” olarak tanımlanmaktadır. Lif levhalar en az %80 oranında bitkisel lif içerdiklerinden ağaç malzemede olduğu gibi yüksek değerlerde mekanik ve teknolojik özelliklere sahiptirler. Üstelik ağaç malzemede bulunmayan bazı özellikler de sahiptirler. Masif ağaç malzemenin aksine direnç özellikleri değişik yönlerde farklı değildir ve dolayısı ile homojen yapıda bir malzemedir. Ayrıca budak, çürüklük, lif kıvrıklığı gibi kusurlar bulunmamaktadır. Üç değişik yönde farklı çalışması sonucu masif ağaç malzemede görülen çarpılma, çatlama gibi sakıncalar söz konusu olmamaktadır. Diğer taraftan fabrikasyonda uygulanan çeşitli teknikler yardımı ile direnç, sertlik, özgül ağırlık gibi teknolojik özelliklerle boyutların istendiği gibi ayarlanması mümkündür. Odun esaslı bu ürünlerin avantajlarının yanında içerdiği formaldehit gibi kimyasallar bulundurması gibi dezavantajları da vardır. Bunlara ilaveten, işlenmesi daha kolay olup geniş yüzeyleri düzenli olarak kaplanabilmektedir [54].

Üç ayrı yöntemle lif levha üretilmektedir; birincisi yaş yöntemle lif levha üretimi, bu yöntemle levha taslağının oluşturulması, tutkal ve diğer katkı maddelerinin katılarak ön prese taşınması sulu bir ortamda yapılmaktadır. Taslak rutubeti %100’den fazladır. Bu yöntemle üretilen lif levhaların %90 veya daha fazlasını odun veya diğer ligno-selülozik maddeler oluşturmaktadır. Yaş yöntemle lif levha üretiminde genelde yapışmayı sağlayan orta lameldeki lignin olup, levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerini artırmak amacıyla isteğe bağlı olarak %1-3 oranında sentetik tutkal (fenol-formaldehit) veya kuruyan yağlar katılabilmektedir. Levhanın rutubetli ortamda çalışmasını önlemek amacıyla da parafin kullanılmaktadır. Levhaların yüzeyleri %7-12 oranında kuruyan ve bazı sertleşen yağlar ile kaplandığında ekstra sert lif levhalar elde edilmektedir [55].

İkincisi; yarı kuru yöntemle lif levha üretimi, bu yöntemle levha taslağı su yerine hava veya mekanik araçlar ile oluşturulmaktadır. Taslağın tutkal ve diğer katkı maddeleri katıldıktan sonra rutubeti %12-45 arasındadır [55] .

Üçüncüsü ve günümüzde en çok tercih edilen kuru yöntemle lif levha üretimidir. Bu yöntemde de levha taslağı hava veya mekanik araçlarla oluşturulmaktadır. Taslağın tutkal ve diğer katkı maddeleri katıldıktan sonraki rutubeti %9-11 arasındadır. Yarı kuru ve kuru yöntemde tutkal olarak tam kuru lif ağırlığına oranla %10 oranında sentetik tutkal katılmaktadır. Levhanın yaklaşık %80-90’ını odun hammaddesi oluşturmaktadır [55]. Bu sistemde genellikle üre formaldehit tutkalı tercih edilmektedir. Bunun dışında, üretilecek levhanın kullanım yeri ve özelliğine göre Melamin Formaldehit (MF), Melamin – Üre

Formaldehit (MÜF), Fenol Formaldehit (FF) reçineleri de kullanılmaktadır. Tutkal oranı; tutkalın cinsi, levhanın cinsi, levha yoğunluğu vb. faktörlere göre değişiklik göstermektedir [56].

Bu tutkalların kullanımı yanında fenolik tutkallar ve izosiyanat tutkallarda kullanılmaktadır. Bu tutkallar rutubete ve suya karşı dayanıklıdır. Dış hava şartlarına maruz kalan yerlerde kullanılacak MDF'ler için bu tutkallar uygundur. Levhanın özelliklerini etkileyen diğer faktörler sabit tutulduğu takdirde, kullanılan tutkal miktarının artması bir taraftan levhanın bütün direnç özellikleri ve stabilitesi iyileştirirken diğer taraftan tutkal miktarının % olarak artması levhanın kalınlık artımını olumsuz etkilemektedir. Fakat levhada uygun direnç özellikleri elde etmek için gerekli olan miktarlardan fazla tutkal kullanılması ekonomik nedenlerden dolayı arzu edilmemektedir [55]. MDF yapısı itibariyle her noktasının homojen yoğunlukta olması, standart boyutlarda elde edilebilmesi, freze işlemlerindeki mükemmelliği, yüzey ve kenarlardan uygulanan vidaları iyi tutması nedeniyle tercih edilmektedir. MDF lake boya uygulamaları için mükemmel bir yapıya sahiptir. Hem sağlam olması hem yüzeyinin pürüzsüz olması nedeniyle lake boya işlemi için uygundur. Boya işlemi haricinde vida tutma gücü sunta türüne göre daha iyidir [57].

MDF'lerin masif malzemelere göre bazı üstünlükleri vardır. Masif ağaç malzemenin aksine direnç özellikleri farklı yönlerde değişik olmayıp homojen bir yapıya sahiptir. Masif odunda bulunan budak, çürüklük ve lif kıvrıklığı gibi kusurlar ile üç değişik yönde farklı çalışması sonucu görülen çarpılma ve çatlaklar MDF'lerde söz konusu olmamaktadır. Bununla birlikte, MDF üretiminde uygulanan bazı yöntem ve tekniklerle, direnç, sertlik ve yoğunluk gibi teknolojik özelliklerinin yanında boyutların da istenildiği gibi değiştirilmesi mümkündür [58].

3. LİTERATÜR ÖZETİ

Su jeti teknolojisinin yumuşak ve gevrek malzemelerin işlenmesinde kullanıldığı zaman su basıncının etkisiyle, bu malzemelerin yapısında mikro düzeyde kırıklar meydana geldiği bildirilmiştir. Kesilecek malzemede su ile temasın olumsuz etkilerinin görülmesi durumunda, su yerine bitkisel yağ veya alkol gibi diğer kesme sıvılarının kullanılabilceği ve bu şekilde gerçekleştirilen kesme işleminin sıvı jet ile kesme olarak isimlendirmenin daha uygun olacağı belirtilmiştir [59].

Su jeti ile kesilmiş masif ahşapların rutubet alımı, kesim genişliği ve yüzey pürüzlülüğünün araştırıldığı çalışmada, genel olarak ahşap rutubet miktarının önemli derecede artmadığı, kesim genişliğinin geleneksel ahşap kesme araçlarından önemli derecede daha düşük bulunduğu, besleme hızının artışı ile yüzey pürüzlülüğünün arttığı ancak, planyalanmış veya biçilmiş yüzeylerin pürüzlülüğünden daha düşük olduğu bildirilmiştir [60].

Aşındırıcı su jeti yöntemi ile kesilen MDF örneklerde kesme genişliği üzerine işleme parametrelerinin etkisinin araştırıldığı çalışmada, teknik ve teknolojik parametrelere, malzeme özelliklerine ve kesme yöntemine bağlı olarak kesme genişliğini belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, teknik ve teknolojik parametrelerin uygun kombinasyonu ile kullanılması durumunda MDF malzemelerin kesilmesi için su jeti kullanımının uygun bir yöntem olacağı, bu teknolojinin en önemli yararının ise diğer kesme yöntemlerine kıyasla dar kesim genişliği olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, kullanılan teknolojik parametreler açısından 400 mm/dk besleme hızı ve 350 gr/dk aşındırıcı akış oranının en ideal sonucu verdiği ve 44 mm'den fazla kalınlıklarda bu yöntemin veriminin düştüğü bildirilmiştir [61].

Farklı kalınlıklarda hazırlanmış MDF, Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB) ve kontraplak levhalarının yüzey kalitesi üzerinde aşındırıcı su jetinin farklı ilerleme hızı ve aşındırıcı kütle akış oranının etkisinin araştırıldığı çalışmada, daha yüksek ilerleme hızında OSB levhada yüzey kalitesinin daha kötü ancak kontraplak levhada yüzey kalitesinin iyileştiği; aşındırıcı akış oranının etkisinin sadece kontraplak levhada önemli olduğu ve daha yüksek aşındırıcı akış miktarında pürüzlülüğün daha yüksek olduğu bildirilmiştir [62].

Yapı ve doğrama endüstrisinde masif ahşapların kesimi için Aşındırıcı Su Jeti (ASJ) yönteminin potansiyel kullanımı ile ilgili konuların ele alındığı çalışmada, ASJ ile farklı parametrelerde kesilen iğne yapraklı ve geniş yapraklı ağaç odunlarında kesme (kerf) genişliği ve bitmiş yüzey düzensizlikleri belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, ASJ yönteminin masif ahşapların kesimi için uygun bir yöntem olduğu, sonuçların değerlendirilmesinde kesme parametrelerinden çok ahşabın anizotrop yapısının hesaba katılması gerektiği ve ahşabın anizotrop yapısı nedeniyle, kalite indekslerinde (kesme genişliği ve bitmiş yüzey düzensizliği) kesme modeline bağlı olarak farklı değerler elde edildiği belirtilmiştir. Ayrıca, maksimum su basıncı 400 megapaskal (MPa) olan ASJ yönteminde 50 mm'den daha kalın malzemelerin kesilemeyeceği, eşdeğer yüzey kalitesinin 25 mm kalınlığa kadar elde edilebileceği, en uygun aşındırıcı kütle akış hızının 350 g/dk olduğu ve bu parametredeki artışın yüzey kalitesinin iyileşmesinde beklenen etkiye neden olmadığı bildirilmiştir [63].

Aşındırıcı su jeti ile Kesilmiş Lif Lefha (MDF), Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB) ve kontraplak levhalarında yüzey dalgalanması üzerine su jetinin farklı ilerleme hızı ve aşındırıcı akış oranı ile malzeme kalınlığı ve kesim yönünün etkisinin araştırıldığı çalışma sonuçlarına göre, MDF levhalar üzerinde bu parametrelerin etkisinin önemsiz olduğu, daha yüksek ilerleme hızında Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB) levhada daha düşük yüzey kalitesinin elde edildiği oysa, yüksek ilerleme hızında kontraplak levhada yüzey kalitesinin iyileştiği, daha yüksek aşındırıcı akış oranının daha düşük yüzey kalitesine neden olduğu ve boyuna yöndeki kesime göre enine yöndeki kesimde yüzey kalitesinin gerilediği belirtilmiştir [64].

Birleştirilmiş bambuların aşındırıcı su jeti ile kesimi sırasında basınç, ilerleme hızı ve aşındırıcı kütle akış hızının yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerinin araştırıldığı çalışmada, iki farklı kalınlıkta (10 mm ve 15 mm) hazırlanan birleştirilmiş bambular, aşındırıcı su jeti ile boyuna ve enine yönde kesilmiştir. Tüm deneyler tepki yüzey metodolojisi kullanılarak düzenlenmiş ve yüzey pürüzlülüğünü temsil etmek için Ra parametresi seçilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, Ra değerinin su jeti ilerleme hızı ve aşındırıcı kütle akış hızı artışına bağlı olarak arttığı, ancak basınçtaki artışa bağlı olarak azaldığı, ayrıca yüzey pürüzlülüğünün enine yöndeki kesime göre boyuna yöndeki kesimde daha düşük olduğu bildirilmiştir [65].

36 mm çapındaki Odun Plastik Kompozitlerde (OPK) dönen örneklerin parçalanmaması için su jeti ve aşındırıcı su jeti uygulamalarının uygunluğunun araştırıldığı çalışmada,

seçilen teknolojik faktörlerin (kesme kafasının ilerleme hızı ve aşındırıcı parteküllerin boyutu) malzeme yüzeylerinin topografyası üzerindeki etkileri incelenmiştir. Yüzey topografisi ve kalitesi konfokal mikroskop ve optik profilometre yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, OPK ve benzeri kompozit malzemelerin kaba şekilde işlenmesinde aşındırıcı su jeti teknolojisinin uygun olduğu, bu teknolojinin uygulanması durumunda polimer matrisindeki erimenin ve kesme aletinin fonksiyonel parçalarına yapışması probleminin önlendiği bildirilmiştir [66].

Endüstriyel olarak yaygın kullanım alanı bulunan farklı kalınlıktaki metalik malzemelerin ASJ ile kesilmesinden sonra yüzey özelliklerinin incelendiği çalışmada, ilerleme hızı değişken diğer parametreler sabit tutulmuştur. Çalışma sonuçlarına göre, kesilen yüzeylerin üst bölgesinde daha düzgün yüzeylerin elde edildiği, alt bölgelerde ise eğrisel-çizgisel izler şeklinde dalgalanmaların oluştuğu, kesilen malzemelerde ısıdan etkilenmiş bir bölge olmamasının ve malzemelerin orijinal yapısında bir bozulmanın yaşanmamasının bu yöntemin en önemli avantajı olduğu belirtilmiştir [19].

Beş farklı kökenden doğal taşın aşındırıcı su jeti makinesi ile kesme performansının araştırıldığı çalışmada, kesme sisteminin çalışma parametreleri olan kesme hızı, meme-örnek mesafesi, aşındırıcı oranı ve pompa basıncının kesme derinliği, kesme genişliği, yüzey dalgalılığı ve kesilen yüzeylerin kalitesine etkileri incelenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, düşük kesme hızı ve daha az meme-örnek mesafesi değerlerinde yüksek kesme performansının elde edildiği, kesme genişliği artarken kesme derinliğinin azaldığı, diğer taraftan kesme hızı ve meme-örnek mesafesinin artışı ile kesilen örneklerin yüzey kalitelerinin kötüleştiği, aşındırıcı oranının artışının ise kesme derinliğini artırdığı ancak kesme genişliği ve kesilen yüzeylerin kalitelerinin kötüleşmesine neden olduğu bildirilmiştir [6].

ASJ ile kesmede, kolemanit ve zeolit tozlarının aşındırıcı olarak kullanılabilirliğinin incelendiği çalışmada, kolemanit ve zeolit mineralleri öğütülerek aşındırıcı olarak kullanılmış ve garnet aşındırıcı performansı referans alınarak performansları değerlendirilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, zeolit tozunun karbon prepreg tabakalı kompozit malzeme dışında hiçbir malzemenin kesiminde başarı sağlayamadığı, bununda zeolit tozunun düşük sertliğinden kaynaklandığı, kolemanit tozunun garnet tozuna göre düşük ilerleme hızlarıyla ve yüksek aşındırıcı debileriyle çalışılmasına rağmen cam ve titanyum kesiminde başarı sağlayamadığı, kesbildiği diğer malzemeler için ise, yine daha düşük ilerleme hızları ve yüksek aşındırıcı debileri ile garnet performansını

yakalayabildiği belirtilmiştir. Ayrıca, kolemanit tozu ile yapılan kesimlerde düşük ilerleme hızları ile hem kesme aşınma bölgesinde hem de deformasyon aşınma bölgesinde daha düşük yüzey pürüzlülüğü ve yüzey dalgalılığı değerlerinin elde edildiği ve düşük ilerleme hızının aynı zamanda küçük koniklik açıları oluşturduğu bildirilmiştir [14].

Dokuz farklı granitin aşındırıcılı su jeti ile kesilebilirliğinin incelendiği çalışmada, kesme parametrelerinin ve kullanılan granitlerin fiziko-mekanik ve minerolojik özelliklerinin kesme derinliği üzerine etkileri belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, granitlerin özellikle tane boyutlarındaki değişime bağlı olarak kesilebilirliğe etki eden kesme parametrelerinin değişkenlik gösterdiği, genel olarak değerlendirildiğinde ise granitlerin tane boyutu, mikro sertlik, özgül ağırlık ve aşınma miktarı özelliklerinin; kesme parametrelerinden ise aşındırıcı boyutu ve kesme hızının kesilebilirlik üzerinde etkili olduğu belirtilmiştir [67].

ASJ ile kayaç kesmede, parametrik değişimlerin ve malzeme dokusal özelliklerinin kesme performansı üzerindeki etkilerinin araştırıldığı çalışmada, kesme performans göstergeleri olarak; kesme ve kesme aşınma bölgesi derinliği, kesme genişliği, kesme açısı ve yüzey pürüzlülüğü belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, parametrik değişimlerin performans göstergeleri üzerindeki etkilerinin literatürdeki mevcut araştırma sonuçları ile uyumlu olduğu, bu göstergeler üzerinde istatistiksel olarak anlamlılık derecesi yüksek olan faktörlerin kesme hızı, aşındırıcı boyutu ve meme-örnek mesafesi olduğu, ayrıca kesme performans ölçütlerinin kayaç tane boyutundan ve tanelerin diziliminden önemli ölçüde etkilendiği bildirilmiştir [8].

Farklı çelik malzemelerin yüzey kalitesine ASJ makinesinde kesme parametreleri etkilerinin araştırıldığı çalışma sonuçlarına göre, ASJ ile kesimde kaliteli bir yüzeyin elde edilmesi ve dolayısıyla taşlama, raspalama vb. gibi ikincil işlemlerden uzak kalarak daha maliyet-etkin üretimlerin gerçekleşmesi için; küçük çaplı nozul kullanarak, düşük ilerleme hızında ve düşük basınç değerlerinde kesim işlemlerinin yapılması önerilmiştir[1].

ASJ teknolojisi kullanılarak farklı takviye oranlarına sahip alüminyum kompozit malzemelerde kesme işlemi uygulanan çalışmada, takviye oranlarının ve kesme parametrelerinin yüzey kalitesine etkisi belirlenmiştir. Yüzey kalitesinin incelenmesi için yüzey pürüzlülük ölçümleri, mikro yapı incelemeleri için Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) kullanılmıştır. Sonuç olarak, hem kalite hem de maliyet açısından aşındırıcılı su

jeti teknolojisinin kompozit malzeme kesme ve biçimlendirme işlemlerinde başarı ile kullanılabileceği belirtilmiştir [12].

AISI 1050 çeliğinin aşındırıcılı su jeti ile tormalama işleminde işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülük değerine ve talaş kaldırma oranına etkilerinin araştırıldığı çalışma sonuçlarına göre, yüzey pürüzlülüğünün en düşük değeri için düşük ilerleme hızı, yüksek aşındırıcı akış oranı, yüksek torna devir hızı, düşük nozul (meme) yaklaşma mesafesi ve düşük nozul çapı değerinde olması gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca, talaş kaldırma oranının yüksek olması için düşük ilerleme hızı, yüksek aşındırıcı akış oranı, yüksek torna devir sayısı, nozulun parçaya yaklaşma mesafesi ve büyük nozul çapı değerinin de kullanılması gerektiği, önerilen bu parametre değerlerinin işleme kalitesi ve maliyet açısından büyük önem arz ettiği bildirilmiştir [9].

Odun yüzey profilinin çok değişik teknikler kullanılarak belirlenebileceğini ve bunlardan en önemlilerinin görüntülü (visual), ışıklı ve iğne taramalı yöntemler olduğunu; hem yöntem hem de yüzey standardı bakımından hiçbir sistemin yeterli olmadığını ve incelemede kolay kullanımlı güvenilir sonuçlar verebilen bir yöntemin geliştirilmesi gerektiğini; kabul görmüş yüzey ölçme yöntemlerinin üretime, kalite kontrole ve araştırmalara katkıda bulunabileceğini, bu konunun odunun gelecekteki kullanımında önem kazanacağı ifade edilmiştir [21].

Yüzey profillerinin dokunmalı iğneli taramalı yüzey pürüzlülük ölçme aleti ile ölçüldüğünde, hissedilen profil olduğunu ve iğne ucun hiç bir zaman odunun içine girmediğini, bu nedenle kayıt edilen profillerin yüzeyin geometrisine bağlı olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca iğne ucun ağırlığından dolayı yüzeyi zedelemesi halinde elde edilen profilin gerçek yüzey profilini etkilemediğini ifade etmişlerdir [68].

Rendeleme ve zımparalama işlemlerinin Doğu kayını ve sarıçam örneklerin kesiş yönüne, rutubet değişimine ve uygulanan besleme hızlarına göre yüzey pürüzlülüğüne etkileri araştırılmıştır. Doğu kayını odununun sarıçam odununa göre daha pürüzsüz yüzeyler verdiği ayrıca, radyal kesite göre teğet kesitte, düşük besleme hızında ve düşük rutubet miktarında daha pürüzsüz yüzeyler elde edildiği belirtilmiştir [69].

Kayın ve karaçam örnekler rendeleme makinesinde işlemiş; rendeleme makinelerinin ilerleme hızı, kesme hızı ve kesici sayısına bağlı olarak ahşabın yüzey pürüzlülük değişimleri incelenmiştir. Yüzey kalite faktörü olarak yüzey düzgünlüğü, yüzey çentikliliği ve pürüzlülüğü, bıçak izi, yanık oluşumu, yüzeyde yaz odunu ezilmesi, lif

uçları uzaması gibi değerlendirmeler yapılmıştır. Pürüzsüz ve düzgün yüzey elde etmek için, ilerleme hızının düşürülmesi, kesme hızının ve kesici sayısının artırılması gerektiği belirtilmiştir [70].

Rendelemede bıçak sayısı ve zımparalamada zımpara bant numarasının kızılçam ve MDF örneklerin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bıçak sayısı ve zımpara numarası arttıkça daha düzgün yüzeyler elde edilebileceği belirtilmiştir. Ayrıca, Türkiye’de üretim yapan üç firmanın ürettiği MDF numuneler arasında önemli bir pürüzlülük farkının bulunmadığı bildirilmiştir [71].

Doğu kayını, sarıçam, meşe ve akasya odunu örneklerinde rendeleme ve zımparalama işlemlerinin yüzey düzgünlüğüne etkilerinin araştırıldığı çalışmada, teğet kesitin radyal kesite göre ve 4 bıçakla işlenen yüzeylerin 2 bıçakla işlenen yüzeylerden daha düzgün yüzeyler verdiği belirtilmiştir [72].

Farklı diş sayısına sahip daire testereler ile kesilen ısıtılmış işlem uygulanmış ağaç malzemelerin yüzey pürüzlülüğünün araştırıldığı çalışmada; sarıçam, Doğu kayını, Uludağ köknarı ve sapsız meşe odunu örnekleri 140 ve 160 °C’de 3, 5 ve 7 saat süreyle ısıtılmış işlem tabii tutulmuştur. Ardından örnekler 28, 48, 60, 72 ve 96 dişli daire testereler ile kesildikten sonra yüzey pürüzlülük değerleri belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, ısıtılmış işlemli örneklerde yüzey pürüzlülüğünün arttığı ve örneklerin renginin değiştiği belirtilmiş olup, ağaç malzemelerde daha pürüzsüz yüzeyler elde etmek için ısıtılmış işlem uygulanmadan 28 dişli daire testere ağzı ile kesimin yapılması tavsiye edilmiştir [73].

Isıtılmış işlem görmüş ağaç malzemelerin yüzey pürüzlülüğüne yatay freze makinesinde kullanılan farklı kesicilerin etkisinin belirlendiği çalışmada; sarıçam, Doğu kayını, Uludağ köknarı ve sapsız meşe örnekleri 140 ve 160 °C’de 3, 5 ve 7 saat süreyle ısıtılmış işlem tabii tutulmuştur. Daha sonra örnekler yatay freze makinesinde yıldız ve jilet bıçaklar kullanılarak işlenmiş ve yüzey pürüzlülük özellikleri incelenmiştir. Isıtılmış işlem tabii tutulan örneklerde sertlik değerlerinin ve yüzey pürüzlülüğünün arttığı tespit edilmiştir. Yıldız ve jilet bıçaklarla işlenmiş örneklerin yüzey pürüzlülük değerlerinde bir farklılık olmadığı, bu nedenle her iki tip bıçağın da ısıtılmış işlem görmüş veya görmemiş ağaç malzemelerin işlenmesinde etkili bir şekilde kullanılabileceği belirtilmiştir [74].

4. MATERYAL VE YÖNTEM

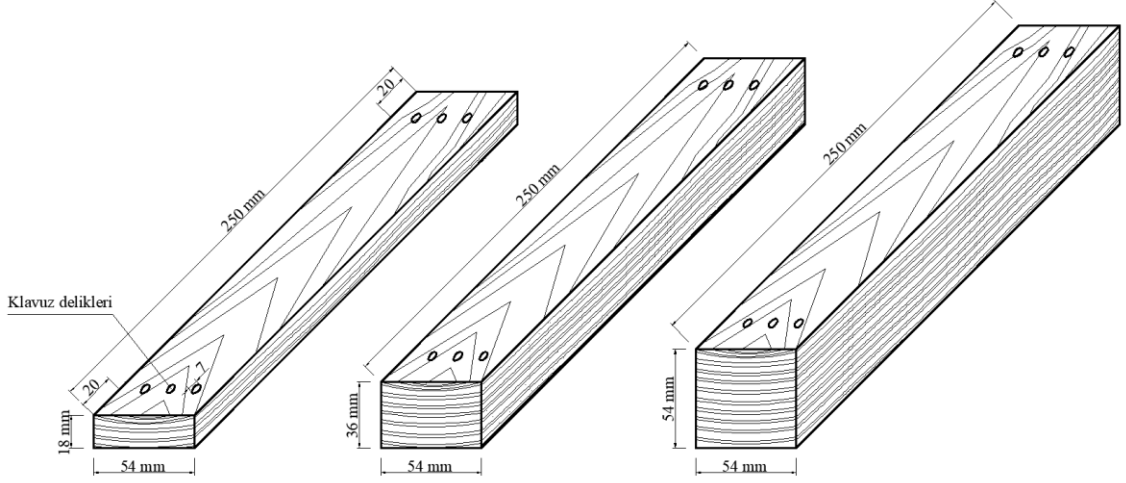
4.1. MALZEME

4.1.1. Ağaç Malzeme ve Lif Levha

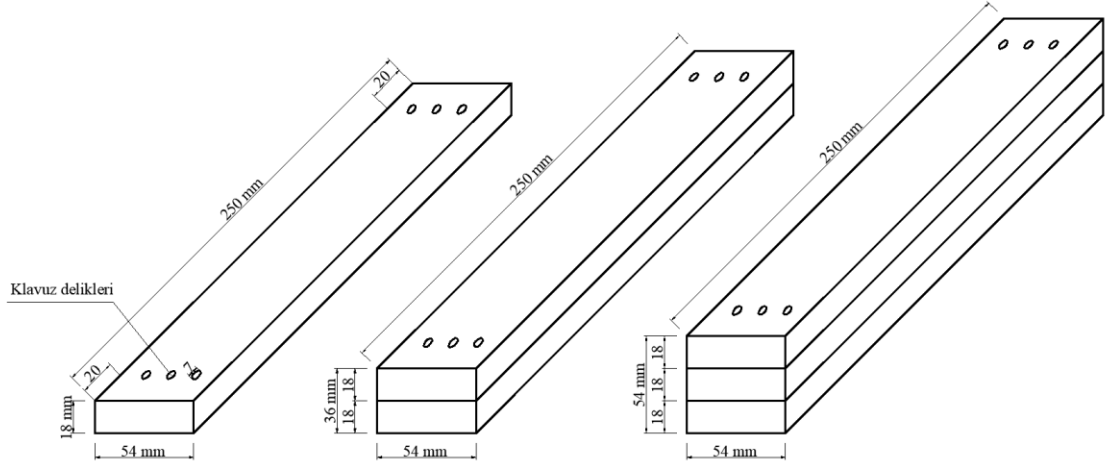
Bu çalışmada, ülkemizde ağaç işleri endüstrisi ve mobilya-dekorasyon uygulamalarında yaygın kullanımlarından dolayı sarıçam (*Pinus sylvestris* Lipsky), doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky), sapsız meşe (*Quercus petraea* Lieble) odunları ve orta yoğunluklu lif levha (MDF) deney materyali olarak tercih edilmiştir. Ağaç malzemeler, Düzce ilindeki bir kereste işletmesinden tesadüfi örnekleme yöntemine göre hava kurusu rutubete sahip birinci sınıf keresteler halinde temin edilmiştir. Ağaç malzemelerin büyüme kusuru içermeyen, çürüksüz, sağlam ve diri odunu oranının yüksek olmasına dikkat edilmiştir. Diğer taraftan çalışmada, Kastamonu Entegre firmasına ait 18 mm kalınlığında ve birinci sınıf kalite MDF malzeme kullanılmıştır.

4.1.2. Deney Örneklerinin Hazırlanması

Ağaç malzemeler, hava kurusu rutubete sahip kerestelerin diri odunu kısmından 550×65×65 mm (boyuna yön×teğet yön×radyal yön) ölçülerinde ve yeterli sayıda taslak olarak kesilmiştir [75]. 18 mm kalınlığındaki MDF panel malzeme ise, 550×200 mm taslak ölçülerinde yeterli sayıda kesildikten sonra Polivinil Asetat (PVAc) tutkalı ile iki ve üç katlı olacak şekilde yapıştırılarak lamine yapılmıştır. Taslak ölçülerinde hazırlanan ahşap ve MDF örnekler 20±2 °C sıcaklık ve %65±3 bağıl nem koşullarında değişmez ağırlığa ulaşınca kadar bekletilmiştir [76]. Daha sonra ağaç malzemeler 250×54 mm (boyuna yön×teğet yön veya radyal yön) ölçülerinde ve hem teğet yön hemde radyal yönde üç farklı kalınlıkta (18 mm, 36 mm ve 54 mm) kesilmiştir (Şekil 4.1). MDF örneklerde, 250×54 mm ölçülerinde ve üç farklı kalınlıkta (18 mm, 36 mm ve 54 mm) olacak şekilde hazırlanmıştır (Şekil 4.2). Bu durumdaki örneklerin enine kesit kenarlarından 20 mm içeride olacak şekilde klavuz delikler (çap=7 mm) açılmıştır.



Şekil 4.1. Farklı kalınlıkta ve radyal yönde hazırlanmış ağaç malzeme örnekleri.



Şekil 4.2. Farklı kalınlıkta hazırlanmış lif levha (MDF) örnekleri.

4.2. YÖNTEM

4.2.1. Örneklerin ASJ Makinesinde Kesilmesi

Deney örneklerinin farklı parametrelerde kesilmesinde “*su jeti S-HP*” model konsol tip bilgisayar kontrollü ASJ makinesi kullanılmıştır (Şekil 4.3). Örneklerin kesim işlemleri CT Kesme Teknolojileri ve Makina San. Tic.Ltd. Şti.’nde yapılmıştır.



Şekil 4.3. Örneklerin kesilmesinde kullanılan ASJ makinesi.

Hazırlanan ağaç malzeme ve MDF örnekler, ASJ yöntemi ile farklı kesme parametreleri kullanılarak kesilmiştir. Kesim işlemlerinde uygulanan parametreler Çizelge 4.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. ASJ yönteminde uygulanan kesme parametreleri.

Malzeme kalınlığı	18 mm, 36 mm, 54 mm
Kesim yönü (ahşap örnekler için)	Teğet yön, radyal yön
ASJ ilerleme hızı	50 mm/dk, 100 mm/dk, 200 mm/dk
Aşındırıcı kütle akış oranı	200 g/dk, 300 g/dk, 450 g/dk
Kesici sıvı (su) basıncı	3000 bar, 3800 bar
ASJ meme (nozül) çapı	0,76 mm
ASJ meme uzunluğu	80 mm

Kesim işlemleri esnasında deney örneklerinin hareket etmesini ve titreşimi önlemek amacıyla, kesilecek örnekler daha önceden hazırlanmış olan kanallar (cep) arasına yerleştirilerek sabitlenmiştir. Kesme işlemleri, örneklerin enine kesit kenarlarından 20 mm içeride daha önceden açılmış olan klavuz deliklerde başlamış ve bitirilmiştir (Şekil 4.4). Kesme işlemlerinde, ASJ meme ucu örnek yüzeyinden 5 mm yüksekte olacak şekilde ayarlanmıştır. Su jetinde aşındırıcı olarak sertliği 7,5-8 Mohs arasında olan garnet/granat kullanılmıştır.



Şekil 4.4. Örneklerin ASJ makinesinde kesilmesi.

Kesim işlemlerinden sonra ağaç malzeme ve MDF örnekler normal oda koşullarında beş hafta süre ile bekletilmiştir. Ardından örneklerin baş (kenar) kısımlarındaki fazlalıklar daire testere makinesinde kesilmiştir (Şekil 4.6). Bu durumdaki örnekler 20 ± 2 °C sıcaklık ve $\%65\pm 3$ bağıl nem koşullarında değişmez ağırlığa ulaşuncaya kadar bekletilmiş ve yüzey pürüzlülüğü özelliklerinin belirlenmesi için hazır duruma getirilmiştir.



Şekil 4.5. Kenar fazlalıkları kesilmiş örnekler.

4.2.2. Yüzey Pürüzlülük Özelliklerinin Belirlenmesi

Örneklerinin yüzey pürüzlülük özellikleri TS 6212 EN ISO 4288 esaslarına uyularak belirlenmiştir [77], [78]. Yüzey pürüzlülük ölçümleri, ardışık profil değişikliklerini ölçebilen dokunmalı (iğneli) Mitutoyo Surftest SJ-301 portatif yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.7).



Şekil 4.6. Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı.

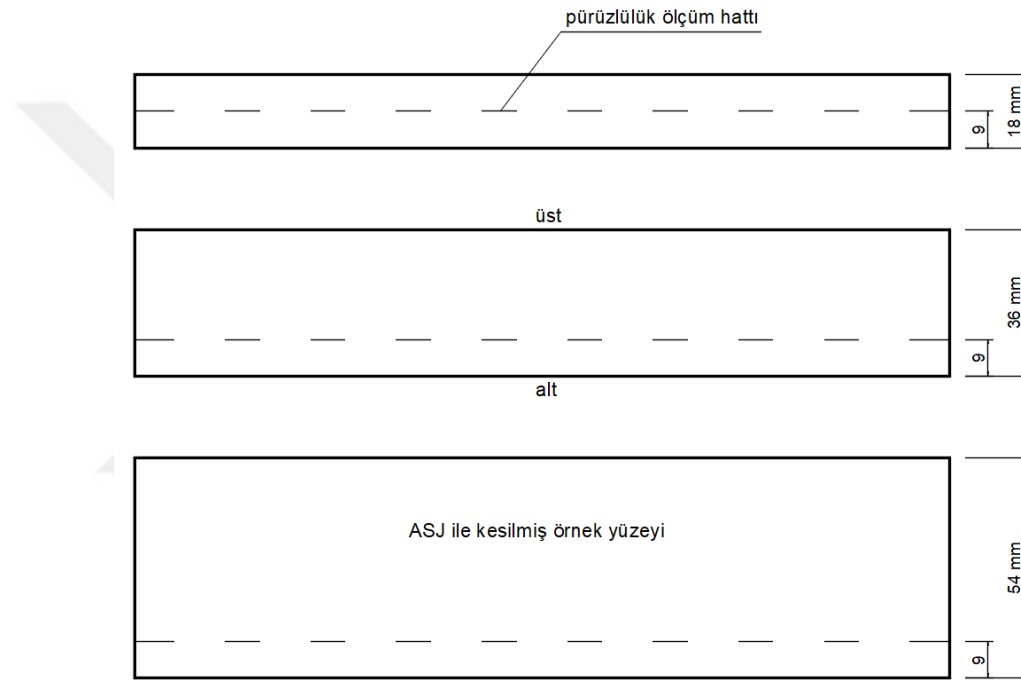
Pürüzlülük ölçüm cihazı, 5 μm çaplı elmas ucunu örnek yüzeyinde aşağıya ve yukarıya doğru hareket ettirerek yüzeydeki girinti ve çıkıntıların profilini çıkartmak suretiyle ölçüm yapmaktadır [79]. Pürüzlülük ölçüm cihazı 15 mm/dk ölçme hızı, 2,5 mm ölçme adımı ve 5 ölçme sayısına ayarlandıktan sonra, her bir deney koşulu için kesilen örnek yüzeylerinin belirli bir hat üzerindeki sekiz ayrı noktadan ($n=8$) ve lifler yönünde (ASJ kesme kafası ilerleme yönü) yüzey pürüzlülük değerleri ölçülmüştür (Şekil 4.8).



Şekil 4.7. Yüzey pürüzlülük ölçümü.

Malzeme kalınlıklarına göre, pürüzlülük ölçümlerinin yapıldığı hat ölçüsel olarak (Şekil 4.9)'te gösterilmiştir. Ölçüm hattının belirlenmesinde MDF örneklerin orta noktaları referans alınmıştır. Ancak, 54 mm kalınlığında hazırlanmış ve ASJ ile kesilmiş bazı masif

ahşap yüzeylerinde deformasyonlar oluştuğu için bu örneklerde, belirlenen hat üzerinde pürüzlülük ölçümü alınamamıştır. Bu nedenle 54 mm kalınlığındaki tüm ağaç malzemelerde pürüzlülük ölçümleri 45 mm yerine 35 mm derinlik hattında alınmıştır. Literatürde, su jeti hüzmelerinin örneğe girdiği noktadan itibaren derinliği arttıkça sapma miktarında artış gösterdiği, bu duruma bağlı olarak kesilen örnek kalınlığının artmasıyla yüzeyde oluşan pürüzlülüğün deformasyona/dalgallığa dönüştüğü belirtilmiştir [80], [81]. Pürüzlülük ölçümlerinde hassasiyetin sağlanması için, cihazın yer düzlemine paralelliğinin kontrolü yapılmış ve her 48 ölçümden sonra cihaza ait kalibrasyon levhasında kontrol ölçümleri alınmıştır.



Şekil 4.8. Ağaç Malzeme kalınlıklarına göre pürüzlülük ölçüm yerleri (hattı).

ASJ ile kesilen masif ahşap ve MDF örneklerin yüzey pürüzlülük özellikleri; R_z (on nokta pürüzlülük değeri), R_q (ortalama pürüzlülük sapmalarının karekökü) ve R_a (ortalama pürüzlülük değeri) pürüzlülük parametrelerine göre belirlenmiştir.

4.2.3. Verilerin Değerlendirilmesi

ASJ ile kesimi yapılan her bir ağaç türünde; 2 kesim yönü (teğet yön ve radyal yön) \times 3 malzeme kalınlığı (18 mm, 36 mm ve 54 mm) \times 3 ilerleme hızı (50 mm/dk, 100 mm/dk ve 200 mm/dk) \times 3 aşındırıcı oranı (200 g/dk, 300 g/dk ve 450 g/dk) \times 2 su basıncı \times 8 ölçüm tekrarı olmak üzere 864 adet ölçüm alınmıştır. Üç ağaç türü için toplamda 2592 adet ölçüm alınmıştır.

MDF örneklerde ise tek kesim yönü uygulanmış ve bu örneklerde toplamda 432 adet ölçüm alınmıştır.

Çalışmada, ASJ makinesinde farklı kesme parametrelerinin ağaç malzeme ve MDF malzemelerin yüzey pürüzlülük özellikleri üzerine etkisini belirlemek için her bir malzemedeki ayrı ayrı istatistiksel analizler yapılmıştır. Ayrıca her bir pürüzlülük özelliği de (R_z , R_q ve R_a) kendi içerisinde ayrı bir şekilde analiz edilmiştir.

Ölçümler sonucu elde edilen verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde, MSTAT-C paket programı kullanılmıştır. ASJ yöntemi kullanılarak kesimi yapılan çam, kayın ve meşe odunları ile MDF'nin yüzey pürüzlülük özellikleri üzerine seçilmiş kesme parametrelerinin etkisini belirlemek için Çoklu Varyans Analizi (ANOVA) yapılmıştır. Faktörlerin kendi içerisindeki ve birbirleri arasındaki fark önemli çıktığında, Duncan testleri ile En Küçük Önemli Fark (LSD) değerine göre homojenlik gruplarına ayrılarak karşılaştırılmıştır.

5. BULGULAR VE VERİ ANALİZİ

5.1. ON NOKTA PÜRÜZLÜLÜĞÜ ORTALAMASI (Rz)

Aşındırıcı Su Jeti (ASJ) yöntemi ile farklı parametreler kullanılarak kesilmiş olan sarıçam, doğu kayını, sapsız meşe ve lif levha (MDF) deney örneklerinin; Rz değerlerine ait yüzey pürüzlülük özellikleri bu bölümde verilmiştir.

5.1.1. Sarıçamda Rz Değeri

Sarıçam örneklerin Rz değerlerinin aritmetik ortalamaları Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Sarıçamda Rz değerlerine ait aritmetik ortalamalar (μm).

Su basıncı	Kesim yönü ve kalınlık	İlerleme hızı	Aşındırıcı oranı					
			200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
			\bar{x}	St.S	\bar{x}	St.S	\bar{x}	St.S
3000 bar	R-18 mm	50 mm/dk	37,60	4,65	36,86	4,57	35,98	4,63
		100 mm/dk	40,56	4,54	38,57	4,15	39,85	4,46
		200 mm/dk	41,14	5,83	48,26	4,48	47,55	3,03
	R-36 mm	50 mm/dk	35,24	4,40	34,03	4,31	35,59	3,82
		100 mm/dk	39,87	6,11	42,72	5,67	42,28	4,42
		200 mm/dk	51,98	3,89	60,77	4,10	51,72	5,34
	R-54 mm	50 mm/dk	40,48	5,30	39,46	5,14	38,29	3,35
		100 mm/dk	52,28	4,06	46,74	2,80	42,72	5,66
		200 mm/dk	61,88	3,60	67,28	4,04	61,47	2,91
	T-18 mm	50 mm/dk	41,49	6,08	38,39	4,18	37,65	4,11
		100 mm/dk	45,15	3,58	34,53	3,32	40,55	5,95
		200 mm/dk	43,27	5,39	45,56	7,69	39,80	3,82
	T-36 mm	50 mm/dk	37,08	4,30	39,37	4,91	39,02	4,08
		100 mm/dk	40,52	6,06	38,74	4,88	44,25	5,02
		200 mm/dk	52,18	5,37	54,04	7,17	47,54	7,47
	T-54 mm	50 mm/dk	41,20	3,16	40,43	4,23	40,06	6,58
		100 mm/dk	51,83	5,14	43,96	3,93	49,61	2,04
		200 mm/dk	75,35	6,44	72,19	5,27	64,34	5,66
3800 bar	R-18 mm	50 mm/dk	37,88	4,20	35,67	4,08	35,43	3,92
		100 mm/dk	39,58	2,97	34,39	5,14	38,18	4,65
		200 mm/dk	41,53	3,56	39,23	3,55	38,32	2,41
	R-36 mm	50 mm/dk	34,65	3,00	32,24	2,51	33,48	3,22
		100 mm/dk	42,70	4,33	38,90	4,92	38,59	4,02
		200 mm/dk	54,14	5,95	47,57	7,42	45,94	5,16
	R-54 mm	50 mm/dk	39,89	2,96	35,16	4,21	36,86	2,86
		100 mm/dk	53,48	3,76	47,64	2,87	42,99	3,45
		200 mm/dk	58,99	3,80	57,73	5,76	56,06	3,82

Çizelge 5.1. (devam). Sarıçamda Rz değerlerine ait aritmetik ortalamalar (μm).

3800 bar	T-18 mm	50 mm/dk	39,78	4,75	35,02	5,01	36,22	4,81
		100 mm/dk	36,43	6,04	35,60	4,74	33,01	2,19
		200 mm/dk	41,51	3,50	41,80	4,29	38,95	5,63
	T-36 mm	50 mm/dk	37,87	3,81	33,17	4,30	36,87	5,68
		100 mm/dk	42,80	5,92	41,93	6,62	40,08	3,55
		200 mm/dk	53,16	7,36	54,04	6,33	43,79	5,37
	T-54 mm	50 mm/dk	40,76	3,09	37,50	3,76	37,96	5,17
		100 mm/dk	45,56	5,85	52,24	4,31	43,85	2,88
		200 mm/dk	78,97	6,23	79,91	3,54	63,01	8,08

\bar{x} : Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma, R: Radyal yön, T: Teğet yön

Kesim yönü ve kalınlık, ilerleme hızı, aşındırıcı oranı ve su basıncı gibi kesme parametrelerinin sarıçam örneklerin Rz değeri üzerinde ki önemini belirlemek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 5.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Sarıçamda Rz değerlerinin varyans analizi sonuçları.

Faktör	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	$P \leq 0,05$
Kesim yönü ve kalınlık (A)	5	22937,208	4587,442	197,7674	0,0000*
İlerleme hızı (B)	2	38638,214	19319,107	832,8585	0,0000
Aşındırıcı oranı (C)	2	1323,257	661,629	28,5232	0,0000
Su basıncı (D)	1	856,437	856,437	36,9215	0,0000
Etkileşim (AB)	10	14828,042	1482,804	63,9246	0,0000
Etkileşim (AC)	10	598,177	59,818	2,5788	0,0045
Etkileşim (AD)	5	296,656	59,331	2,5578	0,0263
Etkileşim (BC)	4	1261,618	315,405	13,5973	0,0000
Etkileşim (BD)	2	90,258	45,129	1,9455	Ns
Etkileşim (CD)	2	254,185	127,093	5,4790	0,0043
Etkileşim (ABC)	20	1303,350	65,167	2,8094	0,0000
Etkileşim (ABD)	10	892,670	89,267	3,8484	0,0000
Etkileşim (ACD)	10	868,930	86,893	3,7460	0,0001
Etkileşim (BCD)	4	455,142	113,785	4,9054	0,0007
Etkileşim (ABCD)	20	668,960	33,448	1,4420	Ns
Hata	756	17536,285	23,196		
Toplam	863	102809,387			

*: 0,05’e göre önemli, Ns: Önemsiz

Varyans analizi sonucuna göre, sarıçam örneklerin Rz değeri üzerinde BD ikili etkileşimi ile ABCD dörtlü etkileşimi önemsiz, diğer faktörler ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri önemli bulunmuştur ($P \leq 0,05$). Kesim yönü ve kalınlık, ilerleme hızı, aşındırıcı oranı ve su basıncı faktörleri düzeyinde, Rz değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan. Duncan testi karşılaştırma sonuçları sırası ile Çizelge 5.3, Çizelge 5.4, Çizelge 5.5 ve Çizelge 5.6’da verilmiştir.

Çizelge 5.3. Kesim yönü ve kalınlık düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kesim yönü ve kalınlık	\bar{x}	HG
R-18 mm	39,25	D
R-36 mm	42,36	C
R-54 mm	48,98	B
T-18 mm	39,15	D
T-36 mm	43,14	C
T-54 mm	53,26	A*
LSD: $\pm 1,114$		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rz değeri, R: Radyal yön, T: Teğet yön

Çizelgeye göre; en yüksek Rz değeri, teğet yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (53,26 μm), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere radyal ve teğet yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (39,25 μm ve 39,15 μm) elde edilmiştir.

Çizelge 5.4. İlerleme hızı düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

İlerleme hızı	\bar{x}	HG
50 mm/dk	37,35	C
100 mm/dk	42,36	B
200 mm/dk	53,36	A*
LSD: $\pm 0,7879$		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rz değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rz değeri, 200 mm/dk ilerleme hızında (53,36 μm), en düşük ise 50 mm/dk ilerleme hızında (37,35 μm) elde edilmiştir.

Çizelge 5.5. Aşındırıcı oranı düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Aşındırıcı oranı	\bar{x}	HG
200 g/dk	45,80	A*
300 g/dk	44,49	B
450 g/dk	42,78	C
LSD: $\pm 0,7879$		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rz değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rz değeri, 200 g/dk aşındırıcı oranında (45,80 μm), en düşük ise 450 g/dk aşındırıcı oranında (42,78 μm) elde edilmiştir.

Çizelge 5.6. Su basıncı düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Su basıncı	\bar{x}	HG
3000 bar	45,35	A*
3800 bar	43,36	B
LSD: $\pm 0,6433$		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rz değeri

Çizelgeye göre; Rz değeri, 3000 bar basınçta yüksek (45,35 μm), 3800 bar basınçta daha düşük (43,36 μm) bulunmuştur.

Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı ikili etkileşimi düzeyinde, Rz değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.7’de verilmiştir.

Çizelge 5.7. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı ikili etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kesim yönü ve kalınlık	İlerleme hızı					
	50 mm/dk		100 mm/dk		200 mm/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
R-18 mm	36,57	I	38,52	GH	42,67	E
R-36 mm	34,20	J	40,85	EF	52,02	C
R-54 mm	38,36	G-I	48,00	D	60,57	B
T-18 mm	38,09	G-I	37,55	HI	41,82	E
T-36 mm	37,23	HI	41,38	EF	50,79	C
T-54 mm	39,65	FG	47,84	D	72,29	A*
LSD: $\pm 1,930$						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rz değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rz değeri, 200 mm/dk ilerleme hızında teğet yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (72,29 μm), en düşük ise 50 mm/dk ilerleme hızında radyal yönde kesilen 36 mm kalınlığındaki örneklerde (34,20 μm) elde edilmiştir.

Kesim yönü ve kalınlık-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde, Rz değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.8’de verilmiştir.

Çizelge 5.8. Kesim yönü ve kalınlık-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kesim yönü ve kalınlık	Aşındırıcı oranı					
	200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
R-18 mm	39,72	HI	38,83	IJ	39,22	IJ
R-36 mm	43,10	E-G	42,71	E-G	41,27	GH
R-54 mm	51,17	B	49,01	C	46,75	D
T-18 mm	41,27	GH	38,48	IJ	37,70	J
T-36 mm	43,93	E	43,55	EF	41,93	FG
T-54 mm	55,61	A*	54,37	A*	49,80	BC
LSD: $\pm 1,930$						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rz değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rz değeri, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 200 g/dk ve 300 g/dk aşındırıcı oranı ile teğet yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (55,61 μm ve 54,37 μm), en düşük ise 450 g/dk aşındırıcı oranı ile teğet yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (37,70 μm) elde edilmiştir. Kesim yönü ve kalınlık-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde, Rz değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.9'da verilmiştir.

Çizelge 5.9. Kesim yönü ve kalınlık-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kesim yönü ve kalınlık	Su basıncı			
	3000 bar		3800 bar	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
R-18 mm	40,71	E	37,80	F
R-36 mm	43,80	D	40,91	E
R-54 mm	50,03	B	47,92	C
T-18 mm	40,71	E	37,59	F
T-36 mm	43,64	D	42,63	D
T-54 mm	53,22	A*	53,31	A*
LSD: $\pm 1,576$				

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rz değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rz değeri, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 3000 bar ve 3800 bar su basıncı ile teğet yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (53,22 μm ve 53,31 μm), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 3800 bar su basıncı ile radyal ve teğet yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (37,80 μm ve 37,59 μm) elde edilmiştir. İlerleme hızı-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde, Rz değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.10'da verilmiştir.

Çizelge 5.10. İlerleme hızı-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

İlerleme hızı	Aşındırıcı oranı					
	200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
50 mm/dk	38,66	E	36,44	F	36,95	F
100 mm/dk	44,23	C	41,33	D	41,51	D
200 mm/dk	54,51	A*	55,70	A*	49,87	B
LSD: $\pm 1,365$						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rz değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rz değeri, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 200 g/dk ve 300 g/dk aşındırıcı oranı kullanılarak 200 mm/dk ilerleme hızında kesilen örneklerde (54,51 μm ve 55,70 μm), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 300 g/dk ve 450 g/dk aşındırıcı oranı kullanılarak 50 mm/dk ilerleme hızında kesilen örneklerde (36,44 μm ve 36,95 μm) elde edilmiştir.

Aşındırıcı oranı-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde, Rz değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.11’de verilmiştir.

Çizelge 5.11. Aşındırıcı oranı-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Su basıncı	Aşındırıcı oranı					
	200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
3000 bar	46,06	A*	45,66	A*	44,33	B
3800 bar	45,54	A*	43,32	B	41,22	C
LSD: $\pm 1,114$						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rz değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rz değeri, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 200 g/dk ve 300 g/dk aşındırıcı oranı kullanılarak 3000 bar su basıncında kesilen örneklerde (46,06 μm ve 45,66 μm) ve 200 g/dk aşındırıcı oranı kullanılarak 3800 bar su basıncında kesilen örneklerde (45,54 μm), en düşük ise 450 g/dk aşındırıcı oranı kullanılarak 3800 bar su basıncında kesilen örneklerde (41,22 μm) elde edilmiştir. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-aşındırıcı oranı üçlü etkileşimi düzeyinde, Rz değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.12’de verilmiştir.

Çizelge 5.12. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-aşındırıcı oranı üçlü etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kesim yönü ve kalınlık	İlerleme hızı	Aşındırıcı oranı					
		200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
		\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
R-18 mm	50 mm/dk	37,74	O-W	36,27	T-X	35,70	U-X
	100 mm/dk	40,07	K-S	36,48	T-W	39,01	M-U
	200 mm/dk	41,34	I-M	43,74	G-J	42,93	H-K
R-36 mm	50 mm/dk	34,94	V-X	33,13	X	34,53	WX
	100 mm/dk	41,29	I-N	40,81	I-P	40,44	J-Q
	200 mm/dk	53,06	D	54,17	D	48,83	E
R-54 mm	50 mm/dk	40,18	K-R	37,31	Q-W	37,58	P-W
	100 mm/dk	52,88	D	47,20	EF	43,92	F-I
	200 mm/dk	60,43	BC	62,51	B	58,76	C
T-18 mm	50 mm/dk	40,63	I-Q	36,70	T-W	36,93	R-W
	100 mm/dk	40,79	I-P	35,06	V-X	36,78	S-W
	200 mm/dk	42,39	H-L	43,68	G-J	39,37	L-T
T-36 mm	50 mm/dk	37,47	P-W	36,27	T-X	37,95	N-V
	100 mm/dk	41,66	I-M	40,33	K-Q	42,16	I-M
	200 mm/dk	52,67	D	54,04	D	45,67	E-H
T-54 mm	50 mm/dk	40,98	I-O	38,97	M-U	39,01	M-U
	100 mm/dk	48,69	E	48,10	E	46,73	E-G
	200 mm/dk	77,16	A*	76,05	A	63,67	B

LSD: $\pm 3,343$

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rz değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rz değeri, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 200 g/dk ve 300 g/dk aşındırıcı oranı kullanılarak 200 mm/dk ilerleme hızında teğet yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (77,16 μm ve 76,05 μm), en düşük ise 300 g/dk aşındırıcı oranı kullanılarak 50 mm/dk ilerleme hızında radyal yönde kesilen 36 mm kalınlığındaki örneklerde (33,13 μm) elde edilmiştir.

Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde, Rz değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.13'te verilmiştir.

Çizelge 5.13. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Su basıncı	Kesim yönü ve kalınlık	İlerleme hızı					
		50 mm/dk		100 mm/dk		200 mm/dk	
		\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
3000 bar	R-18 mm	36,82	O-R	39,66	K-N	45,65	I
	R-36 mm	34,95	RS	41,63	JK	54,82	E
	R-54 mm	39,41	K-O	47,15	HI	63,54	C
	T-18 mm	39,17	K-O	40,08	K-M	42,88	J
	T-36 mm	38,49	L-Q	41,17	J-L	51,25	F
	T-54 mm	40,56	J-L	48,46	GH	70,63	B
3800 bar	R-18 mm	36,33	P-R	37,38	M-R	39,69	K-N
	R-36 mm	33,45	S	40,06	K-M	49,22	F-H
	R-54 mm	37,31	N-R	48,85	F-H	57,59	D
	T-18 mm	37,01	N-R	35,01	RS	40,76	J-L
	T-36 mm	35,97	Q-S	41,60	JK	50,33	FG
	T-54 mm	38,74	L-P	47,22	HI	73,96	A*
LSD: $\pm 2,729$							

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rz değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rz değeri, 200 mm/dk ilerleme hızında 3800 bar su basıncı ile teğet yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (73,96 μm), en düşük ise 50 mm/dk ilerleme hızında 3800 bar su basıncı ile radyal yönde kesilen 36 mm kalınlığındaki örneklerde (33,45 μm) elde edilmiştir. Kesim yönü ve kalınlık-aşındırıcı oranı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde, Rz değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.14’te verilmiştir.

Çizelge 5.14. Kesim yönü ve kalınlık-aşındırıcı oranı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Su basıncı	Kesim yönü ve kalınlık	Aşındırıcı oranı					
		200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
		\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
3000 bar	R-18 mm	39,77	J-L	41,23	I-K	41,13	I-K
	R-36 mm	42,36	H-J	45,84	D-G	43,20	G-I
	R-54 mm	51,55	B	51,16	B	47,40	D
	T-18 mm	43,30	G-I	39,49	KL	39,33	KL
	T-36 mm	43,26	G-I	44,05	F-H	43,60	F-I
	T-54 mm	56,13	A*	52,19	B	51,33	B
3800 bar	R-18 mm	39,66	J-L	36,43	M	37,31	LM
	R-36 mm	43,83	F-I	39,57	KL	39,34	KL
	R-54 mm	50,79	BC	46,85	DE	46,11	D-F
	T-18 mm	39,24	KL	37,47	LM	36,06	M
	T-36 mm	44,61	E-H	43,04	HI	40,25	JK
	T-54 mm	55,10	A*	56,55	A*	48,27	CD
LSD: $\pm 2,729$							

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rz değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rz değeri, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 200 g/dk ve 300 g/dk aşındırıcı oranı kullanılarak 3800 bar su basıncında teğet yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (55,10 μm ve 56,55 μm) ve 200 g/dk aşındırıcı oranı kullanılarak 3000 bar su basıncında teğet yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (56,13 μm), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 300 g/dk aşındırıcı oranı kullanılarak 3800 bar su basıncında radyal yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (36,43 μm) ve 450 g/dk aşındırıcı oranı kullanılarak 3800 bar su basıncında teğet yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (36,06 μm) elde edilmiştir.

İlerleme hızı-aşındırıcı oranı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde, Rz değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.15'te verilmiştir.

Çizelge 5.15. İlerleme hızı-aşındırıcı oranı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Su basıncı	İlerleme hızı	Aşındırıcı oranı					
		200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
		\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
3000 bar	50 mm/dk	38,85	IJ	38,09	IJ	37,77	JK
	100 mm/dk	45,04	E	40,88	GH	43,16	EF
	200 mm/dk	54,30	B	58,02	A*	52,07	C
3800 bar	50 mm/dk	38,47	IJ	34,79	L	36,14	KL
	100 mm/dk	43,42	EF	41,79	FG	39,85	HI
	200 mm/dk	54,72	B	53,38	BC	47,68	D
LSD: $\pm 1,930$							

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rz değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rz değeri, 300 g/dk aşındırıcı oranında 200 mm/dk ilerleme hızı ile 3000 bar su basıncında kesilen örneklerde (58,02 μm), en düşük ise 300 g/dk aşındırıcı oranında 50 mm/dk ilerleme hızı ile 3800 bar su basıncında kesilen örneklerde (34,79 μm) elde edilmiştir.

5.1.2. Doğu Kayınında Rz Değeri

Doğu kayını örneklerin Rz değerlerinin aritmetik ortalamaları Çizelge 5.16’da verilmiştir.

Çizelge 5.16. Doğu kayınında Rz değerlerine ait aritmetik ortalamalar (μm).

Su basıncı	Kesim yönü ve kalınlık	İlerleme hızı	Aşındırıcı oranı					
			200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
			\bar{x}	St.S	\bar{x}	St.S	\bar{x}	St.S
3000 bar	R-18 mm	50 mm/dk	26,99	4,38	26,96	3,42	31,75	3,53
		100 mm/dk	30,30	4,59	30,80	4,14	25,70	2,34
		200 mm/dk	32,89	5,43	31,78	4,38	31,19	4,19
	R-36 mm	50 mm/dk	26,35	2,97	26,76	3,73	28,82	6,89
		100 mm/dk	35,08	6,79	34,10	3,64	31,74	6,17
		200 mm/dk	44,50	6,65	43,30	4,78	36,73	5,43
	R-54 mm	50 mm/dk	29,40	6,06	29,79	4,67	33,31	4,53
		100 mm/dk	42,49	6,24	38,94	2,03	32,74	4,42
		200 mm/dk	60,14	4,51	56,92	3,50	56,81	6,35
	T-18 mm	50 mm/dk	26,04	3,72	24,27	4,17	28,15	4,67
		100 mm/dk	32,35	4,39	31,94	7,21	27,92	3,60
		200 mm/dk	37,14	6,45	33,58	5,24	29,12	5,23
	T-36 mm	50 mm/dk	32,61	5,93	27,14	3,84	28,99	4,51
		100 mm/dk	35,88	5,65	34,03	4,89	31,93	5,15
		200 mm/dk	45,05	9,31	39,63	6,49	35,33	3,15
	T-54 mm	50 mm/dk	32,26	3,40	30,03	6,62	29,02	3,67
		100 mm/dk	46,06	5,65	40,90	5,60	37,11	2,96
		200 mm/dk	60,92	8,48	47,34	5,53	45,93	4,43
3800 bar	R-18 mm	50 mm/dk	37,47	3,12	34,03	4,66	30,68	5,41
		100 mm/dk	34,00	5,80	35,43	6,48	34,18	6,42
		200 mm/dk	37,26	3,97	35,49	4,88	36,09	3,79
	R-36 mm	50 mm/dk	35,17	4,33	29,83	3,99	32,36	3,87
		100 mm/dk	37,52	5,32	39,55	3,08	35,57	5,12
		200 mm/dk	48,18	6,19	41,21	5,66	41,01	5,98
	R-54 mm	50 mm/dk	38,13	1,87	35,13	3,34	30,39	5,31
		100 mm/dk	53,64	4,03	46,86	4,48	41,84	5,45
		200 mm/dk	60,79	3,86	54,71	4,60	58,69	5,52
	T-18 mm	50 mm/dk	24,98	2,69	25,08	3,86	24,56	4,21
		100 mm/dk	33,82	4,66	30,68	3,55	26,99	4,44
		200 mm/dk	37,19	5,95	35,99	2,82	31,43	4,96
	T-36 mm	50 mm/dk	26,06	3,73	25,44	7,75	25,04	2,69
		100 mm/dk	33,77	2,80	36,00	2,68	29,32	3,07
		200 mm/dk	50,74	5,63	43,40	4,19	40,96	3,03
	T-54 mm	50 mm/dk	32,01	2,11	30,31	3,65	26,16	4,93
		100 mm/dk	41,91	2,85	41,67	2,73	34,91	1,48
		200 mm/dk	62,49	4,69	56,58	4,22	51,50	4,39

\bar{x} : Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma, R: Radyal yön, T: Teğet yön

Kesim yönü ve kalınlık, ilerleme hızı, aşındırıcı oranı ve su basıncı gibi kesme parametrelerinin kayın örneklerin Rz değeri üzerinde ki önemini belirlemek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 5.17’de verilmiştir.

Çizelge 5.17. Doğu kayınında Rz değerlerinin varyans analizi sonuçları.

Faktör	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	P ≤ 0,05
Kesim yönü ve kalınlık (A)	5	2187,566	4357,513	188,8645	0,0000*
İlerleme hızı (B)	2	31499,035	15749,518	682,6197	0,0000
Aşındırıcı oranı (C)	2	3143,005	1571,502	68,1125	0,0000
Su basıncı (D)	1	1200,250	1200,250	52,0216	0,0000
Etkileşim (AB)	10	9477,688	947,769	41,0784	0,0000
Etkileşim (AC)	10	695,074	69,507	3,0126	0,0010
Etkileşim (AD)	5	963,743	192,749	8,3542	0,0000
Etkileşim (BC)	4	1059,364	264,841	11,4788	0,0000
Etkileşim (BD)	2	117,331	58,665	2,5427	Ns
Etkileşim (CD)	2	56,554	28,277	1,2256	Ns
Etkileşim (ABC)	20	864,711	43,236	1,8739	0,0117
Etkileşim (ABD)	10	1426,443	142,644	6,1825	0,0000
Etkileşim (ACD)	10	302,460	30,246	1,3109	Ns
Etkileşim (BCD)	4	363,991	90,998	3,9440	0,0036
Etkileşim (ABCD)	20	522,473	26,124	1,1323	Ns
Hata	756	17442,561	23,072		
Toplam	863	90922,250			

*: 0,05'e göre önemli, Ns: Önemsiz

Varyans analizi sonucuna göre, kayın örneklerin Rz değeri üzerinde BD ve CD ikili etkileşimleri, ACD üçlü etkileşimi ve ABCD dördümlü etkileşimi önemsiz, diğer faktörler ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri önemli bulunmuştur ($P \leq 0,05$).

Kesim yönü ve kalınlık, ilerleme hızı, aşındırıcı oranı ve su basıncı faktörleri düzeyinde, Rz değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları sırası ile Çizelge 5.18, Çizelge 5.19, Çizelge 5.20 ve Çizelge 5.21'de verilmiştir.

Çizelge 5.18. Kesim yönü ve kalınlık düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kesim yönü ve kalınlık	\bar{x}	HG
R-18 mm	32,39	E
R-36 mm	35,99	C
R-54 mm	44,49	A*
T-18 mm	30,07	F
T-36 mm	34,52	D
T-54 mm	41,51	B
LSD: $\pm 1,111$		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rz değeri, R: Radyal yön, T: Teğet yön

Çizelgeye göre; en yüksek Rz değeri, radyal yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (44,49 μm), en düşük ise teğet yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (30,07 μm) elde edilmiştir.

Çizelge 5.19. İlerleme hızı düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

İlerleme hızı	\bar{x}	HG
50 mm/dk	29,49	C
100 mm/dk	35,77	B
200 mm/dk	44,22	A*
LSD: $\pm 0,7858$		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rz değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rz değeri, 200 mm/dk ilerleme hızında (44,22 μm), en düşük ise 50 mm/dk ilerleme hızında (29,49 μm) elde edilmiştir.

Çizelge 5.20. Aşındırıcı oranı düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Aşındırıcı oranı	\bar{x}	HG
200 g/dk	38,93	A*
300 g/dk	36,27	B
450 g/dk	34,28	C
LSD: $\pm 0,7879$		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rz değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rz değeri, 200 g/dk aşındırıcı oranında (38,93 μm), en düşük ise 450 g/dk aşındırıcı oranında (34,28 μm) elde edilmiştir.

Çizelge 5.21. Su basıncı düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Su basıncı	\bar{x}	HG
3000 bar	35,31	B
3800 bar	37,67	A*
LSD: $\pm 0,6416$		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rz değeri

Çizelgeye göre; Rz değeri, 3800 bar basınçta yüksek (37,67 μm), 3000 bar basınçta daha düşük (35,31 μm) bulunmuştur.

Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı ikili etkileşimi düzeyinde, Rz değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.22'de verilmiştir.

Çizelge 5.22. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı ikili etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kesim yönü ve kalınlık	İlerleme hızı					
	50 mm/dk		100 mm/dk		200 mm/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
R-18 mm	31,31	HI	31,73	G-I	34,11	EF
R-36 mm	29,88	I	35,59	E	42,49	C
R-54 mm	32,69	F-H	42,75	C	58,01	A*
T-18 mm	25,51	K	30,62	I	34,07	EF
T-36 mm	27,55	J	33,49	FG	42,52	C
T-54 mm	9,97	I	40,43	D	54,13	B
LSD: $\pm 1,925$						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rz değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rz değeri, 200 mm/dk ilerleme hızında radyal yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (58,01 μm), en düşük ise 50 mm/dk ilerleme hızında teğet yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (25,51 μm) elde edilmiştir.

Kesim yönü ve kalınlık-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde, Rz değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.23'de verilmiştir.

Çizelge 5.23. Kesim yönü ve kalınlık-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kesim yönü ve kalınlık	Aşındırıcı oranı					
	200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
R-18 mm	33,15	G-I	32,41	HI	31,60	IJ
R-36 mm	37,80	D	35,79	EF	34,37	FG
R-54 mm	47,43	A*	43,72	B	42,30	BC
T-18 mm	31,92	IJ	30,26	J	28,03	K
T-36 mm	37,35	DE	34,27	F-H	31,93	IJ
T-54 mm	45,94	A*	41,14	C	37,44	DE
LSD: $\pm 1,925$						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rz değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rz değeri, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 200 g/dk aşındırıcı oranı kullanılarak radyal ve teğet yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (47,43 μm ve 45,94 μm), en düşük ise 450 g/dk aşındırıcı oranı kullanılarak teğet yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (28,03 μm) elde edilmiştir.

Kesim yönü ve kalınlık-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde, Rz değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.24’de verilmiştir.

Çizelge 5.24. Kesim yönü ve kalınlık-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kesim yönü ve kalınlık	Su basıncı			
	3000 bar		3800 bar	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
R-18 mm	29,81	E	34,96	D
R-36 mm	34,15	D	37,82	C
R-54 mm	42,28	B	46,69	A*
T-18 mm	30,06	E	30,08	E
T-36 mm	34,51	D	34,53	D
T-54 mm	41,06	B	41,95	B
LSD: $\pm 1,572$				

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rz değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rz değeri, 3800 bar su basıncı ile radyal yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (46,69 μm), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 3000 bar su basıncı ile radyal ve teğet yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (29,81 μm ve 30,06 μm) ve 3800 bar su basıncı ile teğet yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (30,08 μm) elde edilmiştir. İlerleme hızı-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde, Rz değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.25’te verilmiştir.

Çizelge 5.25. İlerleme hızı-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

İlerleme hızı	Aşındırıcı oranı					
	200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
50 mm/dk	30,62	F	28,73	G	29,10	G
100 mm/dk	38,07	D	36,74	D	32,50	E
200 mm/dk	48,11	A*	43,33	B	41,23	C
LSD: $\pm 1,361$						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rz değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rz değeri, 200 g/dk aşındırıcı oranı kullanılarak 200 mm/dk ilerleme hızında kesilen örneklerde (48,11 μm), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 300 g/dk ve 450 g/dk aşındırıcı oranı kullanılarak 50 mm/dk ilerleme hızında kesilen örneklerde (28,73 μm ve 29,10 μm) elde edilmiştir.

Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-aşındırıcı oranı üçlü etkileşimi düzeyinde, Rz değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.26'da verilmiştir.

Çizelge 5.26. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-aşındırıcı oranı üçlü etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kesim yönü ve kalınlık	İlerleme hızı	Aşındırıcı oranı					
		200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
		\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
R-18 mm	50 mm/dk	32,23	O-R	30,50	P-T	31,21	P-S
	100 mm/dk	32,15	O-R	33,11	N-R	29,94	Q-U
	200 mm/dk	35,07	K-O	33,63	M-P	33,64	M-P
R-36 mm	50 mm/dk	30,76	P-T	28,30	S-W	30,59	P-T
	100 mm/dk	36,30	J-N	36,83	J-M	33,65	M-P
	200 mm/dk	46,34	EF	42,26	G	38,87	H-J
R-54 mm	50 mm/dk	33,77	M-P	32,46	O-R	31,85	O-R
	100 mm/dk	48,07	E	42,90	G	37,29	J-L
	200 mm/dk	60,46	AB	55,82	C	57,75	BC
T-18 mm	50 mm/dk	25,51	WX	24,67	X	26,35	V-X
	100 mm/dk	33,09	N-Q	31,31	P-S	27,46	T-X
	200 mm/dk	37,16	J-L	34,79	L-O	30,28	Q-U
T-36 mm	50 mm/dk	29,33	R-V	26,29	V-X	27,02	U-X
	100 mm/dk	34,83	K-O	35,01	K-O	30,62	P-T
	200 mm/dk	47,90	E	41,52	GH	38,14	I-K
T-54 mm	50 mm/dk	32,14	O-R	30,17	Q-U	27,59	T-X
	100 mm/dk	43,98	FG	41,28	G-I	36,01	J-N
	200 mm/dk	61,70	A*	51,96	D	48,72	DE

LSD: $\pm 3,334$

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rz değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rz değeri, 200 g/dk aşındırıcı oranı kullanılarak 200 mm/dk ilerleme hızında teğet yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (61,70 μm), en düşük ise 300 g/dk aşındırıcı oranı kullanılarak 50 mm/dk ilerleme hızında teğet yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (24,67 μm) elde edilmiştir. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde, Rz değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.27'de verilmiştir.

Çizelge 5.27. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Su basıncı	Kesim yönü ve kalınlık	İlerleme hızı					
		50 mm/dk		100 mm/dk		200 mm/dk	
		\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
3000 bar	R-18 mm	28,56	P-R	28,93	PQ	31,95	L-O
	R-36 mm	27,31	Q-S	33,64	J-L	41,51	EF
	R-54 mm	30,83	M-P	38,06	GH	57,95	A*
	T-18 mm	26,15	RS	30,74	M-P	33,28	K-M
	T-36 mm	29,58	O-Q	33,94	J-L	40,01	FG
	T-54 mm	30,44	N-P	41,36	EF	51,39	B
3800 bar	R-18 mm	34,06	J-L	34,54	J-L	36,28	H-J
	R-36 mm	32,45	K-N	37,54	G-I	43,47	DE
	R-54 mm	34,55	J-L	47,45	C	58,07	A*
	T-18 mm	24,87	S	30,50	N-P	34,87	I-K
	T-36 mm	25,51	S	33,03	K-N	45,04	CD
	T-54 mm	29,49	O-Q	39,50	FG	56,86	A*
LSD: $\pm 2,722$							

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rz değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rz değeri, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 200 mm/dk ilerleme hızında 3000 bar ve 3800 bar su basıncı ile radyal yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (57,95 μm ve 58,07 μm) ve 3800 bar su basıncı ile teğet yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (56,86 μm), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 50 mm/dk ilerleme hızında 3800 bar su basıncı ile teğet yönde kesilen 18 mm ve 36 mm kalınlığındaki örneklerde (24,87 μm ve 25,51 μm) elde edilmiştir. İlerleme hızı-aşındırıcı oranı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde, Rz değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.28’de verilmiştir.

Çizelge 5.28. İlerleme hızı-aşındırıcı oranı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Su basıncı	İlerleme hızı	Aşındırıcı oranı					
		200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
		\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
3000 bar	50 mm/dk	28,94	LM	27,49	M	30,00	KL
	100 mm/dk	37,03	FG	35,12	GH	31,19	JK
	200 mm/dk	46,77	B	42,09	D	39,18	E
3800 bar	50 mm/dk	32,30	IJ	29,97	KL	28,20	LM
	100 mm/dk	39,11	E	38,36	EF	33,80	HI
	200 mm/dk	49,44	A*	44,56	C	4,28	CD
LSD: $\pm 1,925$							

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rz değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rz değeri, 200 g/dk aşındırıcı oranında 200 mm/dk ilerleme hızı ile 3800 bar su basıncında kesilen örneklerde (49,44 µm), en düşük ise 300 g/dk aşındırıcı oranında 50 mm/dk ilerleme hızı ile 3000 bar su basıncında kesilen örneklerde (27,49 µm) elde edilmiştir.

5.1.3. Sapsız Meşede Rz Değeri

Sapsız meşe örneklerin Rz değerlerinin aritmetik ortalamaları Çizelge 5.29’da verilmiştir.

Çizelge 5.29. Sapsız meşede Rz değerlerine ait aritmetik ortalamalar (µm).

Su basıncı	Kesim yönü ve kalınlık	İlerleme hızı	Aşındırıcı oranı					
			200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
			\bar{x}	St.S	\bar{x}	St.S	\bar{x}	St.S
3000 bar	R-18 mm	50 mm/dk	32,81	2,77	28,90	2,76	28,52	3,03
		100 mm/dk	33,39	3,35	34,17	4,69	31,28	4,35
		200 mm/dk	34,44	6,30	35,35	5,46	30,63	4,40
	R-36 mm	50 mm/dk	37,36	4,97	30,38	5,04	31,28	4,40
		100 mm/dk	38,23	5,37	40,13	4,81	35,10	2,70
		200 mm/dk	43,95	6,42	44,21	4,50	41,16	4,37
	R-54 mm	50 mm/dk	36,68	3,25	33,92	5,50	35,24	3,92
		100 mm/dk	51,11	4,53	52,99	5,66	37,84	2,77
		200 mm/dk	61,00	7,42	59,03	5,18	45,59	3,10
	T-18 mm	50 mm/dk	33,12	1,94	30,59	4,32	34,11	3,60
		100 mm/dk	36,47	3,23	34,81	4,15	34,06	4,87
		200 mm/dk	36,01	4,60	37,07	4,17	36,85	3,45
	T-36 mm	50 mm/dk	31,15	3,14	33,90	5,74	32,43	4,09
		100 mm/dk	38,62	5,18	39,49	5,12	36,40	3,32
		200 mm/dk	47,75	4,64	48,21	5,60	43,54	5,04
	T-54 mm	50 mm/dk	36,47	5,99	39,44	5,34	36,98	5,74
		100 mm/dk	53,69	4,24	56,57	5,37	52,38	4,84
		200 mm/dk	68,22	6,70	63,19	5,61	53,50	3,78
3800 bar	R-18 mm	50 mm/dk	33,49	4,27	30,06	4,29	31,00	4,13
		100 mm/dk	30,80	3,69	31,32	5,87	31,81	4,46
		200 mm/dk	32,81	4,16	33,37	2,53	33,71	3,81
	R-36 mm	50 mm/dk	31,94	4,10	29,78	2,94	27,90	1,46
		100 mm/dk	37,31	4,68	38,11	5,62	31,37	3,46
		200 mm/dk	43,71	5,75	44,56	3,73	40,46	3,98
	R-54 mm	50 mm/dk	36,70	4,03	34,41	2,86	31,75	3,64
		100 mm/dk	42,06	2,37	46,18	6,05	34,75	3,86
		200 mm/dk	54,41	4,29	54,09	2,08	50,76	3,06
	T-18 mm	50 mm/dk	29,42	4,97	27,30	5,02	33,70	5,76
		100 mm/dk	35,04	5,07	33,54	5,37	29,88	3,37
		200 mm/dk	36,18	4,09	36,36	7,32	32,66	2,38
	T-36 mm	50 mm/dk	29,94	5,11	33,26	4,36	38,69	4,55
		100 mm/dk	40,36	5,89	38,54	4,89	37,20	5,44
		200 mm/dk	51,13	7,58	44,76	5,60	43,34	2,45
	T-54 mm	50 mm/dk	35,16	6,07	36,33	3,96	41,62	2,60
		100 mm/dk	53,79	5,55	51,43	3,64	44,59	4,29
		200 mm/dk	78,79	6,13	69,02	8,16	63,41	2,51

\bar{x} : Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma, R: Radyal yön, T: Teğet yön

Kesim yönü ve kalınlık, ilerleme hızı, aşındırıcı oranı ve su basıncı gibi kesme parametrelerinin meşe örneklerin Rz değeri üzerinde ki önemini belirlemek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 5.30’da verilmiştir.

Çizelge 5.30. Sapsız meşede Rz değerlerinin varyans analizi sonuçları.

Faktör	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	P ≤ 0,05
Kesim yönü ve kalınlık (A)	5	39101,389	7820,278	362,6666	0,0000*
İlerleme hızı (B)	2	25351,751	12675,687	587,8457	0,0000
Aşındırıcı oranı (C)	2	2005,196	1002,598	46,4956	0,0000
Su basıncı (D)	1	154,365	154,365	7,1587	0,0076
Etkileşim (AB)	10	11080,226	1108,023	51,3847	0,0000
Etkileşim (AC)	10	1243,894	124,389	5,7686	0,0000
Etkileşim (AD)	5	585,001	117,000	5,4259	0,0001
Etkileşim (BC)	4	1477,729	369,432	17,1325	0,0000
Etkileşim (BD)	2	440,576	220,288	10,2159	0,0000
Etkileşim (CD)	2	112,602	56,301	2,6110	Ns
Etkileşim (ABC)	20	1763,638	88,182	4,0894	0,0000
Etkileşim (ABD)	10	938,218	93,822	4,3510	0,0000
Etkileşim (ACD)	10	350,713	35,071	1,6264	Ns
Etkileşim (BCD)	4	116,115	29,029	1,3462	Ns
Etkileşim (ABCD)	20	668,416	33,421	1,5499	Ns
Hata	756	16301,833	21,563		
Toplam	863	101691,663			

*: 0,05’e göre önemli, Ns: Önemsiz

Varyans analizi sonucuna göre, meşe örneklerin Rz değeri üzerinde CD ikili etkileşimi, ACD ve BCD üçlü etkileşimleri ve ABCD dörtlü etkileşimi önemsiz, diğer faktörler ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri önemli bulunmuştur (P ≤ 0,05).

Kesim yönü ve kalınlık, ilerleme hızı, aşındırıcı oranı ve su basıncı faktörleri düzeyinde, Rz değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları sırası ile Çizelge 5.31, Çizelge 5.32, Çizelge 5.33 ve Çizelge 5.34’te verilmiştir.

Çizelge 5.31. Kesim yönü ve kalınlık düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (µm).

Kesim yönü ve kalınlık	\bar{x}	HG
R-18 mm	32,10	F
R-36 mm	37,05	D
R-54 mm	44,36	B
T-18 mm	33,73	E
T-36 mm	39,37	C
T-54 mm	51,92	A*
LSD: ± 1,074		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rz değeri, R: Radyal yön, T: Teğet yön

Çizelgeye göre; en yüksek Rz değeri, teğet yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (51,92 μm), en düşük ise radyal yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (32,10 μm) elde edilmiştir.

Çizelge 5.32. İlerleme hızı düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

İlerleme hızı	\bar{x}	HG
50 mm/dk	33,21	C
100 mm/dk	39,58	B
200 mm/dk	46,48	A*
LSD: $\pm 0,7597$		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rz değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rz değeri, 200 mm/dk ilerleme hızında (46,48 μm), en düşük ise 50 mm/dk ilerleme hızında (33,21 μm) elde edilmiştir.

Çizelge 5.33. Aşındırıcı oranı düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Aşındırıcı oranı	\bar{x}	HG
200 g/dk	41,21	A*
300 g/dk	40,41	B
450 g/dk	37,65	C
LSD: $\pm 0,7597$		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rz değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rz değeri, 200 g/dk aşındırıcı oranında (41,21 μm), en düşük ise 450 g/dk aşındırıcı oranında (37,65 μm) elde edilmiştir.

Çizelge 5.34. Su basıncı düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Su basıncı	\bar{x}	HG
3000 bar	40,18	A*
3800 bar	39,33	B
LSD: $\pm 0,6203$		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rz değeri

Çizelgeye göre; Rz değeri, 3000 bar basınçta yüksek (40,18 μm), 3800 bar basınçta daha düşük (39,33 μm) bulunmuştur.

Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı ikili etkileşimi düzeyinde, Rz değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.35'te verilmiştir.

Çizelge 5.35. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı ikili etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kesim yönü ve kalınlık	İlerleme hızı					
	50 mm/dk		100 mm/dk		200 mm/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
R-18 mm	30,80	L	32,13	J-L	33,38	IJ
R-36 mm	31,44	KL	36,71	FG	43,01	E
R-54 mm	34,78	HI	44,15	E	54,15	B
T-18 mm	31,37	KL	33,97	IJ	35,85	GH
T-36 mm	33,23	I-K	38,43	F	46,45	D
T-54 mm	37,67	FG	52,07	C	66,02	A*
LSD: $\pm 1,861$						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rz değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rz değeri, 200 mm/dk ilerleme hızında teğet yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (66,02 μm), en düşük ise 50 mm/dk ilerleme hızında radyal yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (30,80 μm) elde edilmiştir.

Kesim yönü ve kalınlık-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde, Rz değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.36'da verilmiştir.

Çizelge 5.36. Kesim yönü ve kalınlık-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kesim yönü ve kalınlık	Aşındırıcı oranı					
	200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
R-18 mm	32,95	F-H	32,19	GH	31,16	H
R-36 mm	38,75	DE	37,86	E	34,55	F
R-54 mm	47,00	BC	46,77	C	39,32	DE
T-18 mm	34,37	F	33,28	FG	33,54	FG
T-36 mm	39,82	D	39,69	DE	38,60	DE
T-54 mm	54,35	A*	52,66	A*	48,75	B
LSD: $\pm 1,861$						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rz değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rz değeri, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 200 g/dk ve 300 g/dk aşındırıcı oranı ile teğet yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (54,35 μm ve 52,66 μm), en düşük ise 450 g/dk aşındırıcı oranı kullanılarak radyal yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (31,16 μm) elde edilmiştir. Kesim yönü ve kalınlık-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde, Rz değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.37'de verilmiştir.

Çizelge 5.37. Kesim yönü ve kalınlık-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kesim yönü ve kalınlık	Su basıncı			
	3000 bar		3800 bar	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
R-18 mm	32,16	H	32,04	H
R-36 mm	37,98	F	36,13	G
R-54 mm	45,93	C	42,79	D
T-18 mm	34,79	G	32,67	H
T-36 mm	39,05	EF	39,69	E
T-54 mm	51,16	B	52,68	A*
LSD: $\pm 1,519$				

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rz değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rz değeri, 3800 bar su basıncı ile teğet yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde ($52,68 \mu\text{m}$), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 3800 bar su basıncı ile radyal ve teğet yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde ($32,04 \mu\text{m}$ ve $32,67 \mu\text{m}$) ve 3000 bar su basıncı ile radyal yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde ($32,16 \mu\text{m}$) elde edilmiştir.

İlerleme hızı-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde, Rz değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.38’de verilmiştir.

Çizelge 5.38. İlerleme hızı-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

İlerleme hızı	Aşındırıcı oranı					
	200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
50 mm/dk	33,69	F	32,35	G	33,60	FG
100 mm/dk	40,91	D	41,44	D	36,39	E
200 mm/dk	49,03	A*	47,43	B	42,97	C
LSD: $\pm 1,316$						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rz değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rz değeri, 200 g/dk aşındırıcı oranı kullanılarak 200 mm/dk ilerleme hızında kesilen örneklerde ($49,03 \mu\text{m}$), en düşük ise 300 g/dk aşındırıcı oranı kullanılarak 50 mm/dk ilerleme hızında kesilen örneklerde ($32,35 \mu\text{m}$) elde edilmiştir.

İlerleme hızı-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde, Rz değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.39’da verilmiştir.

Çizelge 5.39. İlerleme hızı-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Su basıncı	İlerleme hızı					
	50 mm/dk		100 mm/dk		200 mm/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
3000 bar	33,51	D	40,93	B	46,09	A*
3800 bar	32,91	D	38,23	C	46,86	A*
LSD: $\pm 1,074$						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rz değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rz değeri, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 200 mm/dk ilerleme hızı ile 3000 bar ve 3800 bar su basıncında kesilen örneklerde (46,09 μm ve 46,86 μm), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 50 mm/dk ilerleme hızı ile 3000 bar ve 3800 bar su basıncında kesilen örneklerde (33,51 μm ve 32,91 μm) elde edilmiştir.

Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-aşındırıcı oranı üçlü etkileşimi düzeyinde, Rz değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.40'da verilmiştir.

Çizelge 5.40. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-aşındırıcı oranı üçlü etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kesim yönü ve kalınlık	İlerleme hızı	Aşındırıcı oranı					
		200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
		\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
R-18 mm	50 mm/dk	33,15	P-U	29,48	WX	29,76	V-X
	100 mm/dk	32,09	R-X	32,75	Q-X	31,54	R-X
	200 mm/dk	33,63	N-T	34,36	N-S	32,17	M-R
R-36 mm	50 mm/dk	34,65	M-R	30,08	U-X	29,59	V-X
	100 mm/dk	37,77	H-M	39,12	H-J	33,24	P-U
	200 mm/dk	43,83	FG	44,38	F	40,81	GH
R-54 mm	50 mm/dk	36,69	I-O	34,16	N-S	33,49	O-T
	100 mm/dk	46,59	EF	49,58	E	36,29	I-P
	200 mm/dk	57,71	C	56,56	CD	48,17	E
T-18 mm	50 mm/dk	31,27	S-X	28,94	X	33,90	N-S
	100 mm/dk	35,76	L-Q	34,17	N-S	31,97	R-X
	200 mm/dk	36,10	J-P	36,71	I-O	34,75	L-R
T-36 mm	50 mm/dk	30,55	T-X	33,58	N-T	35,56	L-Q
	100 mm/dk	39,49	HI	39,01	H-K	36,80	I-N
	200 mm/dk	49,44	E	46,48	EF	43,44	FG
T-54 mm	50 mm/dk	35,82	K-Q	37,89	H-L	39,30	H-J
	100 mm/dk	53,74	D	54,00	D	48,48	E
	200 mm/dk	73,50	A*	66,11	B	58,46	C
LSD: $\pm 3,223$							

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rz değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rz değeri, 200 g/dk aşındırıcı oranı kullanılarak 200 mm/dk ilerleme hızında teğet yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (73,50 μm), en düşük ise 300 g/dk aşındırıcı oranı kullanılarak 50 mm/dk ilerleme hızında teğet yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (28,94 μm) elde edilmiştir.

Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde, Rz değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.41’de verilmiştir.

Çizelge 5.41. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Su basıncı	Kesim yönü ve kalınlık	İlerleme hızı					
		50 mm/dk		100 mm/dk		200 mm/dk	
		\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
3000 bar	R-18 mm	30,08	ST	32,95	O-R	33,47	N-R
	R-36 mm	33,00	N-R	37,82	H-J	43,11	F
	R-54 mm	35,28	J-O	47,31	DE	55,21	C
	T-18 mm	32,61	P-S	35,11	K-P	36,64	H-M
	T-36 mm	32,49	P-T	38,17	HI	46,50	E
	T-54 mm	37,63	H-L	54,21	C	61,64	B
3800 bar	R-18 mm	31,52	Q-T	31,31	R-T	33,30	N-R
	R-36 mm	29,87	T	35,60	I-N	42,91	F
	R-54 mm	34,29	M-P	41,00	FG	53,09	C
	T-18 mm	30,14	ST	32,82	H-M	35,07	L-P
	T-36 mm	33,96	N-Q	38,70	GH	46,41	E
	T-54 mm	37,71	H-K	49,94	D	70,41	A*
LSD: $\pm 2,632$							

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rz değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rz değeri, 200 mm/dk ilerleme hızında 3800 bar su basıncı ile teğet yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (70,41 μm), en düşük ise 50 mm/dk ilerleme hızında 3800 bar su basıncı ile radyal yönde kesilen 36 mm kalınlığındaki örneklerde (29,87 μm) elde edilmiştir.

5.1.4. Orta Yoğunluklu Lif Levhada (MDF) Rz Değeri

MDF örneklerin Rz değerlerinin aritmetik ortalamaları Çizelge 5.42’de verilmiştir.

Çizelge 5.42. MDF örneklerde Rz değerlerine ait aritmetik ortalamalar (μm).

Su basıncı	Kalınlık	İlerleme hızı	Aşındırıcı oranı					
			200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
			\bar{x}	St.S	\bar{x}	St.S	\bar{x}	St.S
3000 bar	18 mm	50 mm/dk	53,34	6,29	48,41	6,28	48,75	3,61
		100 mm/dk	52,66	2,61	50,62	2,64	52,12	3,04
		200 mm/dk	59,00	5,88	58,79	4,72	55,56	2,25
	36 mm	50 mm/dk	54,49	5,30	49,09	5,49	50,68	5,29
		100 mm/dk	52,50	5,57	51,52	5,41	53,54	4,07
		200 mm/dk	68,08	5,03	65,30	3,53	59,50	4,99
	54 mm	50 mm/dk	53,50	4,23	55,28	3,49	57,51	4,29
		100 mm/dk	62,04	3,52	58,73	2,71	54,70	4,93
		200 mm/dk	78,58	4,31	82,71	4,89	63,05	3,45
3800 bar	18 mm	50 mm/dk	52,43	5,64	46,55	4,08	48,53	3,14
		100 mm/dk	48,77	3,47	47,38	2,06	51,80	2,76
		200 mm/dk	52,36	3,57	51,44	4,00	55,01	4,71
	36 mm	50 mm/dk	52,11	5,23	46,98	4,13	48,36	4,47
		100 mm/dk	49,57	1,80	48,85	4,91	52,85	3,14
		200 mm/dk	59,44	3,92	61,17	4,99	58,37	3,46
	54 mm	50 mm/dk	54,65	6,63	53,21	5,51	55,71	2,24
		100 mm/dk	58,02	2,01	55,33	3,09	57,56	2,75
		200 mm/dk	74,48	3,07	80,29	4,16	62,14	3,92

\bar{x} : Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma

Kalınlık, ilerleme hızı, aşındırıcı oranı ve su basıncı gibi kesme parametrelerinin MDF örneklerin Rz değeri üzerinde ki önemini belirlemek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 5.43’te verilmiştir.

Çizelge 5.43. MDF örneklerde Rz değerlerinin varyans analizi sonuçları.

Faktör	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	$P \leq 0,05$
Kalınlık (A)	2	8069,567	4034,784	222,4981	0,0000*
İlerleme hızı (B)	2	12179,177	6089,589	335,8104	0,0000
Aşındırıcı oranı (C)	2	562,568	281,284	15,5114	0,0000
Su basıncı (D)	1	658,502	658,502	36,3131	0,0000
Etkileşim (AB)	4	2330,206	582,551	32,1248	0,0000
Etkileşim (AC)	4	713,338	178,334	9,8343	0,0000
Etkileşim (AD)	2	38,641	19,320	1,0654	Ns
Etkileşim (BC)	4	1455,941	363,985	20,0720	0,0000
Etkileşim (BD)	2	131,156	65,578	3,6163	0,0278
Etkileşim (CD)	2	197,996	98,998	5,4592	0,0046
Etkileşim (ABC)	8	1409,440	176,180	9,7154	0,0000
Etkileşim (ABD)	4	22,247	5,562	0,3067	Ns
Etkileşim (ACD)	4	23,068	5,767	0,3180	Ns
Etkileşim (BCD)	4	135,851	33,963	1,8729	Ns

Çizelge 5.43. (devam). MDF örneklerde Rz değerlerinin varyans analizi sonuçları.

Etkileşim (ABCD)	8	77,692	9,712	0,5655	Ns
Hata	378	6854,656	18,134		
Toplam	431	34860,046			

*: 0,05'e göre önemli, Ns: Önemsiz

Varyans analizi sonucuna göre, MDF örneklerin Rz değeri üzerinde AD ikili etkileşimi, ABD, ACD ve BCD üçlü etkileşimleri ile ABCD dörtlü etkileşimi önemsiz, diğer faktörler ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri önemli bulunmuştur ($P \leq 0,05$).

Kalınlık, ilerleme hızı, aşındırıcı oranı ve su basıncı faktörleri düzeyinde, Rz değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları sırası ile Çizelge 5.44, Çizelge 5.45, Çizelge 5.46 ve Çizelge 5.47'de verilmiştir.

Çizelge 5.44. Kalınlık düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kalınlık	\bar{x}	HG
18 mm	39,25	C
36 mm	42,36	B
54 mm	48,98	A*
LSD: $\pm 0,9868$		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rz değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rz değeri, 54 mm kalınlığındaki örneklerde (48,98 μm), en düşük ise 18 mm kalınlığındaki örneklerde (39,25 μm) elde edilmiştir.

Çizelge 5.45. İlerleme hızı düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

İlerleme hızı	\bar{x}	HG
50 mm/dk	51,64	C
100 mm/dk	53,25	B
200 mm/dk	63,63	A*
LSD: $\pm 0,9868$		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rz değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rz değeri, 200 mm/dk ilerleme hızında (63,63 μm), en düşük ise 50 mm/dk ilerleme hızında (51,64 μm) elde edilmiştir.

Çizelge 5.46. Aşındırıcı oranı düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Aşındırıcı oranı	\bar{x}	HG
200 g/dk	57,56	A*
300 g/dk	56,20	B
450 g/dk	54,76	C
LSD: $\pm 0,9868$		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rz değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rz değeri, 200 g/dk aşındırıcı oranında (57,56 μm), en düşük ise 450 g/dk aşındırıcı oranında (54,76 μm) elde edilmiştir.

Çizelge 5.47. Su basıncı düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Su basıncı	\bar{x}	HG
3000 bar	57,41	A*
3800 bar	54,94	B
LSD: $\pm 0,8057$		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rz değeri

Çizelgeye göre; Rz değeri, 3000 bar basınçta yüksek (57,41 μm), 3800 bar basınçta daha düşük (54,94 μm) bulunmuştur.

Kalınlık-ilerleme hızı ikili etkileşimi düzeyinde, Rz değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.48'de verilmiştir.

Çizelge 5.48. Kalınlık-ilerleme hızı ikili etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kalınlık	İlerleme hızı					
	50 mm/dk		100 mm/dk		200 mm/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
18 mm	49,67	F	50,56	EF	55,56	D
36 mm	50,29	EF	51,47	E	61,98	B
54 mm	54,97	D	57,73	C	73,54	A*
LSD: $\pm 1,709$						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rz değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rz değeri, 200 mm/dk ilerleme hızında kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (73,54 μm), en düşük ise 50 mm/dk ilerleme hızında kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (49,67 μm) elde edilmiştir.

Kalınlık-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde, Rz değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.49'da verilmiştir.

Çizelge 5.49. Kalınlık-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kalınlık	Aşındırıcı oranı					
	200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
18 mm	53,09	DE	50,53	F	51,96	EF
36 mm	56,03	C	53,82	D	53,88	D
54 mm	63,54	A*	64,26	A*	58,44	B
LSD: $\pm 1,709$						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rz değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rz değeri, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 200 g/dk ve 300 g/dk aşındırıcı oranı kullanılarak kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (63,54 μm ve 64,26 μm), en düşük ise 300 g/dk aşındırıcı oranı kullanılarak kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (50,53 μm) elde edilmiştir. İlerleme hızı-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde, Rz değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.50'de verilmiştir.

Çizelge 5.50. İlerleme hızı-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

İlerleme hızı	Aşındırıcı oranı					
	200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
50 mm/dk	53,42	CD	49,92	F	51,59	EF
100 mm/dk	53,93	C	52,07	DE	53,76	CD
200 mm/dk	65,32	A*	66,62	A*	58,94	B
LSD: $\pm 1,709$						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rz değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rz değeri, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 200 g/dk ve 300 g/dk aşındırıcı oranı kullanılarak 200 mm/dk ilerleme hızında kesilen örneklerde (65,32 μm ve 66,62 μm), en düşük ise 300 g/dk aşındırıcı oranı kullanılarak 50 mm/dk ilerleme hızında kesilen örneklerde (49,92 μm) elde edilmiştir. İlerleme hızı-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde, Rz değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.51'de verilmiştir.

Çizelge 5.51. İlerleme hızı-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Su basıncı	İlerleme hızı					
	50 mm/dk		100 mm/dk		200 mm/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
3000 bar	52,34	D	54,27	C	65,62	A*
3800 bar	50,95	D	52,24	D	61,63	B
LSD: $\pm 1,396$						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rz değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rz değeri, 200 mm/dk ilerleme hızı ile 3000 bar su basıncında kesilen örneklerde (65,62 μm), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 50 mm/dk ilerleme hızı ile 3000 bar ve 3800 bar su basıncında kesilen örneklerde (52,34 μm ve 50,95 μm) ve 100 mm/dk ilerleme hızı ile 3800 bar su basıncında kesilen örneklerde (52,24 μm) elde edilmiştir. Aşındırıcı oranı-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde, Rz değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.52’de verilmiştir.

Çizelge 5.52. Aşındırıcı oranı-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Su basıncı	Aşındırıcı oranı					
	200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
3000 bar	59,35	A*	57,83	B	55,04	C
3800 bar	55,76	C	54,58	C	54,48	C
LSD: $\pm 1,396$						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rz değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rz değeri, 200 g/dk aşındırıcı oranı kullanılarak 3000 bar su basıncında kesilen örneklerde (59,35 μm), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 200 g/dk, 300 g/dk ve 450 g/dk aşındırıcı oranı kullanılarak 3800 bar su basıncında kesilen örneklerde (55,76 μm , 54,58 μm ve 54,48 μm) ve 450 g/dk aşındırıcı oranı kullanılarak 3000 bar su basıncında kesilen örneklerde (55,04 μm) elde edilmiştir.

Kalınlık-ilerleme hızı-aşındırıcı oranı üçlü etkileşimi düzeyinde, Rz değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.53’te verilmiştir.

Çizelge 5.53. Kalınlık-ilerleme hızı-aşındırıcı oranı üçlü etkileşimi düzeyinde Rz değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kalınlık	İlerleme hızı	Aşındırıcı oranı					
		200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
		\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
18 mm	50 mm/dk	52,89	I-L	47,48	P	48,64	N-P
	100 mm/dk	50,71	K-O	49,00	M-P	51,96	J-M
	200 mm/dk	55,68	G-I	55,12	G-I	55,28	G-I
36 mm	50 mm/dk	53,30	H-K	48,04	OP	49,52	M-P
	100 mm/dk	51,03	K-N	50,18	L-P	53,19	H-K
	200 mm/dk	63,76	C	63,24	C	58,93	EF
54 mm	50 mm/dk	54,07	G-J	54,24	G-J	56,61	FG
	100 mm/dk	60,03	DE	57,03	FG	56,13	F-G
	200 mm/dk	76,53	B	81,50	A*	62,59	CD
LSD: $\pm 2,960$							

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rz değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rz değeri, 300 g/dk aşındırıcı oranı ile 200 mm/dk ilerleme hızında kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (81,50 μm), en düşük ise 300 g/dk aşındırıcı oranı ile 50 mm/dk ilerleme hızında kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (47,48 μm) elde edilmiştir.

5.2. ARİTMETİK ORTALAMA SAPMALARIN KAREKÖKÜ (Rq)

Aşındırıcı su jeti (ASJ) makinesi ile farklı parametrelerde kesilmiş olan sarıçam, Doğu kayını, sapsız meşe ve lif levha (MDF) deney örneklerinin; Rq değerlerine ait yüzey pürüzlülük özellikleri bu bölümde verilmiştir.

5.2.1. Sarıçamda Rq Değeri

Sarıçam örneklerin Rq değerlerinin aritmetik ortalamaları Çizelge 5.54’de verilmiştir.

Çizelge 5.54. Sarıçamda Rq değerlerine ait aritmetik ortalamalar (μm).

Su basıncı	Kesim yönü ve kalınlık	İlerleme hızı	Aşındırıcı oranı					
			200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
			\bar{x}	St.S	\bar{x}	St.S	\bar{x}	St.S
3000 bar	R-18 mm	50 mm/dk	8,37	0,64	8,00	0,93	8,21	1,18
		100 mm/dk	9,21	1,24	8,44	0,96	9,06	1,18
		200 mm/dk	9,46	1,06	11,22	0,58	10,48	0,62
	R-36 mm	50 mm/dk	7,98	1,19	7,36	0,72	7,92	0,90
		100 mm/dk	9,06	1,05	9,73	1,49	9,47	1,06
		200 mm/dk	11,90	1,36	13,74	1,26	11,80	1,22
	R-54 mm	50 mm/dk	9,09	0,97	8,94	1,05	8,63	0,87
		100 mm/dk	11,87	1,11	10,45	0,75	10,09	1,61
		200 mm/dk	14,19	0,97	15,41	0,94	13,78	0,60
	T-18 mm	50 mm/dk	8,97	1,28	8,59	1,15	8,44	0,93
		100 mm/dk	9,71	0,65	7,94	1,08	8,91	1,21
		200 mm/dk	9,91	1,61	10,52	1,83	8,68	0,77
	T-36 mm	50 mm/dk	8,51	1,00	8,24	0,89	8,65	1,19
		100 mm/dk	9,14	1,53	8,70	1,03	9,78	1,17
		200 mm/dk	12,45	1,66	12,22	1,46	11,05	1,50
	T-54 mm	50 mm/dk	9,59	1,17	8,75	0,51	9,16	1,33
		100 mm/dk	11,40	1,09	9,99	0,96	10,94	0,58
		200 mm/dk	17,63	1,85	16,49	1,09	14,52	1,14
3800 bar	R-18 mm	50 mm/dk	8,43	0,97	7,83	1,12	7,84	0,92
		100 mm/dk	9,12	0,68	7,71	0,87	8,63	0,96
		200 mm/dk	9,25	0,98	9,12	1,17	8,68	0,57
	R-36 mm	50 mm/dk	7,69	1,00	7,28	0,37	7,72	0,72
		100 mm/dk	9,15	0,99	8,87	0,97	8,88	0,91
		200 mm/dk	11,90	1,49	10,60	1,32	10,52	0,92
	R-54 mm	50 mm/dk	8,86	0,68	8,14	1,19	8,33	0,49
		100 mm/dk	11,88	0,74	10,77	0,73	9,80	0,78
		200 mm/dk	13,04	0,94	13,12	1,12	12,77	0,72
	T-18 mm	50 mm/dk	8,39	1,12	7,40	1,25	7,88	0,97
		100 mm/dk	8,13	1,21	7,41	1,37	7,44	0,54
		200 mm/dk	9,68	1,02	9,57	1,01	8,83	1,34
	T-36 mm	50 mm/dk	8,61	1,05	7,17	1,27	8,32	1,18
		100 mm/dk	9,74	1,08	8,94	1,09	8,97	1,00
		200 mm/dk	12,21	1,80	12,20	1,38	10,20	1,28
	T-54 mm	50 mm/dk	8,93	0,63	8,01	1,04	8,85	1,40
		100 mm/dk	10,27	1,25	11,01	0,92	9,85	0,61
		200 mm/dk	18,27	1,50	18,16	1,01	14,48	1,78

\bar{x} : Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma, R: Radyal yön, T: Teğet yön

Kesim yönü ve kalınlık, ilerleme hızı, aşındırıcı oranı ve su basıncı gibi kesme parametrelerinin sarıçam örneklerin Rq değeri üzerinde ki önemini belirlemek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 5.55'te verilmiştir.

Çizelge 5.55. Sarıçamda Rq değerlerinin varyans analizi sonuçları.

Faktör	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	P ≤ 0,05
Kesim yönü ve kalınlık (A)	5	1244,633	248,927	197,7997	0,0000*
İlerleme hızı (B)	2	2258,805	1129,403	897,4349	0,0000
Aşındırıcı oranı (C)	2	63,818	31,909	25,3552	0,0000
Su basıncı (D)	1	53,631	53,631	42,6155	0,0000
Etkileşim (AB)	10	764,292	76,429	60,7314	0,0000
Etkileşim (AC)	10	27,726	2,773	2,2032	0,0160
Etkileşim (AD)	5	13,633	2,727	2,1666	Ns
Etkileşim (BC)	4	89,558	22,389	17,7908	0,0000
Etkileşim (BD)	2	5,248	2,624	2,0849	Ns
Etkileşim (CD)	2	5,585	2,792	2,2188	Ns
Etkileşim (ABC)	20	70,175	3,509	2,7881	0,0000
Etkileşim (ABD)	10	54,214	5,421	4,3079	0,0000
Etkileşim (ACD)	10	27,263	2,726	2,1664	0,0180
Etkileşim (BCD)	4	11,092	2,773	2,2034	Ns
Etkileşim (ABCD)	20	26,358	1,318	1,0472	Ns
Hata	756	951,410	1,258		
Toplam	863	5667,440			

*: 0,05'e göre önemli, Ns: Önemsiz

Varyans analizi sonucuna göre, sarıçam örneklerin Rq değeri üzerinde AD, BD ve CD ikili etkileşimleri, BCD üçlü etkileşimi ve ABCD dördü etkileşimi önemsiz, diğer faktörler ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri önemli bulunmuştur ($P \leq 0,05$).

Kesim yönü ve kalınlık, ilerleme hızı, aşındırıcı oranı ve su basıncı faktörleri düzeyinde, Rq değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları sırası ile Çizelge 5.56, Çizelge 5.57, Çizelge 5.58 ve Çizelge 5.59'da verilmiştir.

Çizelge 5.56. Kesim yönü ve kalınlık düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μ m).

Kesim yönü ve kalınlık	\bar{x}	HG
R-18 mm	8,83	D
R-36 mm	9,53	C
R-54 mm	11,10	B
T-18 mm	8,69	D
T-36 mm	9,73	C
T-54 mm	12,02	A*
LSD: $\pm 0,2595$		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rq değeri, R: Radyal yön, T: Teğet yön

Çizelgeye göre; en yüksek Rq değeri, teğet yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki

örneklerde (12,02 μm), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere radyal ve teğet yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (8,83 μm ve 8,69 μm) elde edilmiştir.

Çizelge 5.57. İlerleme hızı düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

İlerleme hızı	\bar{x}	HG
50 mm/dk	8,31	C
100 mm/dk	9,47	B
200 mm/dk	12,17	A*
LSD: $\pm 0,1835$		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rq değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rq değeri, 200 mm/dk ilerleme hızında (12,17 μm), en düşük ise 50 mm/dk ilerleme hızında (8,31 μm) elde edilmiştir.

Çizelge 5.58. Aşındırıcı oranı düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Aşındırıcı oranı	\bar{x}	HG
200 g/dk	10,33	A*
300 g/dk	9,95	B
450 g/dk	9,67	C
LSD: $\pm 0,1835$		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rq değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rq değeri, 200 g/dk aşındırıcı oranında (10,33 μm), en düşük ise 450 g/dk aşındırıcı oranında (9,67 μm) elde edilmiştir.

Çizelge 5.59. Su basıncı düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Su basıncı	\bar{x}	HG
3000 bar	10,23	A*
3800 bar	9,73	B
LSD: $\pm 0,1498$		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rq değeri

Çizelgeye göre; Rq değeri, 3000 bar basınçta yüksek (10,23 μm), 3800 bar basınçta daha düşük (9,73 μm) bulunmuştur.

Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı ikili etkileşimi düzeyinde, Rq değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.60'da verilmiştir.

Çizelge 5.60. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı ikili etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kesim yönü ve kalınlık	İlerleme hızı					
	50 mm/dk		100 mm/dk		200 mm/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
R-18 mm	8,11	J	8,69	HI	9,70	E
R-36 mm	7,66	K	9,19	FG	11,74	C
R-54 mm	8,66	HI	10,91	D	13,72	B
T-18 mm	8,28	IJ	8,26	IJ	9,53	EF
T-36 mm	8,25	IJ	9,21	FG	11,72	C
T-54 mm	8,88	GH	10,58	D	16,59	A*
LSD: $\pm 0,4494$						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rq değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rq değeri, 200 mm/dk ilerleme hızında teğet yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (16,59 μm), en düşük ise 50 mm/dk ilerleme hızında radyal yönde kesilen 36 mm kalınlığındaki örneklerde (7,66 μm) elde edilmiştir.

Kesim yönü ve kalınlık-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde, Rq değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.61’de verilmiştir.

Çizelge 5.61. Kesim yönü ve kalınlık-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kesim yönü ve kalınlık	Aşındırıcı oranı					
	200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
R-18 mm	8,97	H-J	8,72	I-K	8,81	IJ
R-36 mm	9,61	F	9,59	F	9,38	F-H
R-54 mm	11,49	C	11,15	C	10,66	D
T-18 mm	9,13	G-I	8,57	JK	8,36	K
T-36 mm	10,11	E	9,58	FG	9,50	FG
T-54 mm	12,68	A*	12,07	B	11,30	C
LSD: $\pm 0,4494$						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rq değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rq değeri, 200 g/dk aşındırıcı oranı ile teğet yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (12,68 μm), en düşük ise 450 g/dk aşındırıcı oranı ile teğet yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (8,36 μm) elde edilmiştir.

İlerleme hızı-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde, Rq değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.62’de verilmiştir.

Çizelge 5.62. İlerleme hızı-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

İlerleme hızı	Aşındırıcı oranı					
	200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
50 mm/dk	8,62	E	7,97	F	8,33	E
100 mm/dk	9,89	C	9,17	D	9,37	D
200 mm/dk	12,49	A*	12,70	A*	11,32	B
LSD: $\pm 0,3178$						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rq değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rq değeri, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 200 g/dk ve 300 g/dk aşındırıcı oranı ile 200 mm/dk ilerleme hızında kesilen örneklerde (12,49 μm ve 12,70 μm), en düşük ise 300 g/dk aşındırıcı oranı ile 50 mm/dk ilerleme hızında kesilen örneklerde (7,97 μm) elde edilmiştir.

Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-aşındırıcı oranı üçlü etkileşimi düzeyinde, Rq değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.63'te verilmiştir.

Çizelge 5.63. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-aşındırıcı oranı üçlü etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kesim yönü ve kalınlık	İlerleme hızı	Aşındırıcı oranı					
		200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
		\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
R-18 mm	50 mm/dk	8,40	S-Z	7,91	X-Z	8,02	W-Z
	100 mm/dk	9,16	N-S	8,08	V-Z	8,84	O-Z
	200 mm/dk	9,35	M-P	10,17	H-L	9,58	K-O
R-36 mm	50 mm/dk	7,83	YZ	7,32	\	7,82	YZ
	100 mm/dk	9,11	N-T	9,3	M-Q	9,18	N-S
	200 mm/dk	11,90	EF	12,17	E	11,16	FG
R-54 mm	50 mm/dk	8,98	O-T	8,54	Q-Y	8,48	S-Z
	100 mm/dk	11,88	EF	10,64	G-I	10,23	H-K
	200 mm/dk	13,62	CD	14,27	BC	13,28	D
T-18 mm	50 mm/dk	8,7	P-X	7,99	W-Z	8,16	U-Z
	100 mm/dk	8,92	O-U	7,67	\	8,18	U-Z
	200 mm/dk	9,80	J-N	10,04	I-M	8,76	P-W
T-36 mm	50 mm/dk	8,56	Q-Y	7,70	Z	8,49	R-Y
	100 mm/dk	9,44	L-P	8,82	O-V	9,38	M-P
	200 mm/dk	12,33	E	12,21	E	10,63	G-I
T-54 mm	50 mm/dk	9,26	N-R	8,38	T-Z	9,05	O-T
	100 mm/dk	10,84	GH	10,50	G-J	10,39	G-J
	200 mm/dk	17,95	A*	17,33	A*	14,50	B
LSD: $\pm 0,7785$							

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rq değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rq değeri, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 200 g/dk ve 300 g/dk aşındırıcı oranı ile 200 mm/dk ilerleme hızında teğet yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (17,95 μm ve 17,33 μm), en düşük ise 300 g/dk aşındırıcı oranı ile 50 mm/dk ilerleme hızında radyal yönde kesilen 36 mm kalınlığındaki örneklerde (7,32 μm) elde edilmiştir.

Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde, Rq değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.64'te verilmiştir.

Çizelge 5.64. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Su basıncı	Kesim yönü ve kalınlık	İlerleme hızı					
		50 mm/dk		100 mm/dk		200 mm/dk	
		\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
3000 bar	R-18 mm	8,19	N-P	8,90	K-M	10,39	I
	R-36 mm	7,75	P	9,42	JK	12,48	DE
	R-54 mm	8,88	K-M	10,74	HI	14,46	C
	T-18 mm	8,67	L-N	8,85	K-M	9,70	J
	T-36 mm	8,46	M-O	9,21	J-L	11,91	EF
	T-54 mm	9,17	J-L	10,78	HI	16,21	B
3800 bar	R-18 mm	8,03	N-P	8,48	M-O	9,01	K-M
	R-36 mm	7,56	P	8,97	K-M	11,01	G-I
	R-54 mm	8,44	M-O	11,09	GH	12,98	D
	T-18 mm	7,89	OP	7,66	P	9,36	JK
	T-36 mm	8,03	N-P	9,21	J-L	11,54	FG
	T-54 mm	8,60	L-N	10,38	I	16,97	A*

LSD: $\pm 0,6356$

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rq değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rq değeri, 200 mm/dk ilerleme hızında 3800 bar su basıncı ile teğet yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (16,97 μm), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 50 mm/dk ilerleme hızında 3000 bar ve 3800 bar su basıncı ile radyal yönde kesilen 36 mm kalınlığındaki örneklerde (7,75 μm ve 7,56 μm) ve 100 mm/dk ilerleme hızında 3800 bar su basıncı ile teğet yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (7,66 μm) elde edilmiştir.

Kesim yönü ve kalınlık-aşındırıcı oranı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde, Rq değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.65'te verilmiştir.

Çizelge 5.65. Kesim yönü ve kalınlık-aşındırıcı oranı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Su basıncı	Kesim yönü ve kalınlık	Aşındırıcı oranı					
		200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
		\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
3000 bar	R-18 mm	9,01	M-P	9,22	K-O	9,25	K-O
	R-36 mm	9,64	H-M	10,28	F-H	9,73	H-L
	R-54 mm	11,72	B	11,60	BC	10,77	D-F
	T-18 mm	9,53	J-N	9,02	M-P	8,68	O-R
	T-36 mm	10,03	G-J	9,72	H-L	9,83	H-K
	T-54 mm	12,87	A*	11,74	B	11,54	BC
3800 bar	R-18 mm	8,93	N-P	8,22	QR	8,31	P-R
	R-36 mm	9,58	I-M	8,91	N-P	9,04	M-O
	R-54 mm	11,26	B-D	10,70	D-F	10,55	E-G
	T-18 mm	8,73	O-Q	8,12	QR	8,05	R
	T-36 mm	10,19	F-I	9,44	J-N	9,16	L-O
	T-54 mm	12,49	A*	12,39	A*	11,06	C-E
LSD: $\pm 0,6356$							

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rq değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rq değeri, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 200 g/dk aşındırıcı oranı ile 3000 bar ve 3800 bar su basıncında teğet yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (12,87 μm ve 12,49 μm) ve 300 g/dk aşındırıcı oranı ile 3800 bar su basıncında teğet yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (12,39 μm), en düşük ise 450 g/dk aşındırıcı oranı ile 3800 bar su basıncında teğet yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (8,05 μm) elde edilmiştir.

5.2.2. Doğu Kayınında Rq Değeri

Doğu kayını örneklerin Rq değerlerinin aritmetik ortalamaları Çizelge 5.66'da verilmiştir.

Çizelge 5.66. Doğu kayınında Rq değerlerine ait aritmetik ortalamalar (μm).

Su basıncı	Kesim yönü ve kalınlık	İlerleme hızı	Aşındırıcı oranı					
			200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
			\bar{x}	St.S	\bar{x}	St.S	\bar{x}	St.S
3000 bar	R-18 mm	50 mm/dk	6,14	0,88	5,93	1,01	6,91	0,94
		100 mm/dk	6,64	0,98	6,66	0,98	5,85	0,60
		200 mm/dk	7,26	1,21	7,32	1,18	6,61	0,94
	R-36 mm	50 mm/dk	5,71	0,65	5,74	0,66	6,40	1,32
		100 mm/dk	8,04	2,06	7,93	1,00	7,13	1,72
		200 mm/dk	10,77	1,66	10,32	1,46	8,51	1,22
	R-54 mm	50 mm/dk	6,61	1,46	6,89	1,04	7,32	1,00
		100 mm/dk	9,54	1,67	8,76	0,54	7,39	1,17
		200 mm/dk	13,98	1,36	13,35	1,03	12,61	1,32
	T-18 mm	50 mm/dk	5,94	1,08	5,31	0,90	6,16	1,29
		100 mm/dk	6,98	0,91	6,85	1,21	5,96	0,53
		200 mm/dk	7,99	1,46	7,64	1,22	6,63	1,35
	T-36 mm	50 mm/dk	7,09	1,40	5,93	0,83	6,04	0,62
		100 mm/dk	7,77	1,24	7,88	1,12	7,37	1,14
		200 mm/dk	9,98	2,41	8,76	1,40	7,80	0,70
	T-54 mm	50 mm/dk	7,16	0,74	7,13	1,78	6,30	0,68
		100 mm/dk	9,95	1,16	9,14	1,01	8,26	0,63
		200 mm/dk	13,30	1,98	10,61	1,16	10,29	1,21
3800 bar	R-18 mm	50 mm/dk	8,06	0,61	7,40	1,21	6,65	1,23
		100 mm/dk	7,58	1,24	7,80	1,33	7,71	1,56
		200 mm/dk	8,00	0,78	7,76	0,84	7,79	1,15
	R-36 mm	50 mm/dk	8,02	1,12	6,66	1,18	6,81	1,11
		100 mm/dk	8,77	1,37	8,47	0,49	8,15	1,75
		200 mm/dk	10,96	1,47	9,27	1,12	9,13	1,48
	R-54 mm	50 mm/dk	8,44	0,61	7,73	1,04	6,96	1,33
		100 mm/dk	12,26	0,85	10,17	0,91	9,52	1,54
		200 mm/dk	13,47	1,14	12,14	0,71	12,88	1,39
	T-18 mm	50 mm/dk	5,46	0,61	5,24	1,09	5,38	1,17
		100 mm/dk	7,51	0,92	6,37	0,56	5,87	1,25
		200 mm/dk	8,00	1,05	8,18	0,78	7,13	1,26
	T-36 mm	50 mm/dk	6,00	1,09	5,84	0,74	5,39	0,65
		100 mm/dk	7,44	0,49	7,67	0,77	6,37	0,73
		200 mm/dk	11,87	1,69	9,68	1,05	9,27	1,02
	T-54 mm	50 mm/dk	7,42	0,55	6,65	0,27	5,71	0,98
		100 mm/dk	9,27	0,59	8,78	0,71	7,59	0,54
		200 mm/dk	14,09	1,01	12,74	1,11	11,66	1,20

\bar{x} : Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma, R: Radyal yön, T: Teğet yön

Kesim yönü ve kalınlık, ilerleme hızı, aşındırıcı oranı ve su basıncı gibi kesme parametrelerinin kayın örneklerin Rq değeri üzerinde ki önemini belirlemek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 5.67’de verilmiştir.

Çizelge 5.67. Doğu kayınında Rq değerlerinin varyans analizi sonuçları.

Faktör	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	P ≤ 0,05
Kesim yönü ve kalınlık (A)	5	1198,555	239,711	183,8701	0,0000*
İlerleme hızı (B)	2	1705,791	852,896	654,2128	0,0000
Aşındırıcı oranı (C)	2	178,625	89,312	68,5071	0,0000
Su basıncı (D)	1	44,727	44,727	34,3074	0,0000
Etkileşim (AB)	10	471,922	47,192	36,1987	0,0000
Etkileşim (AC)	10	34,433	3,443	2,6412	0,0036
Etkileşim (AD)	5	33,618	6,724	5,1573	0,0001
Etkileşim (BC)	4	36,306	9,076	6,9621	0,0000
Etkileşim (BD)	2	3,338	1,669	1,2802	Ns
Etkileşim (CD)	2	4,228	2,114	1,6217	Ns
Etkileşim (ABC)	20	49,390	2,469	1,8942	0,0105
Etkileşim (ABD)	10	111,734	11,173	8,5706	0,0000
Etkileşim (ACD)	10	9,360	0,936	0,7179	Ns
Etkileşim (BCD)	4	18,514	4,628	3,5503	0,0070
Etkileşim (ABCD)	20	27,755	1,388	1,0645	Ns
Hata	756	985,595	1,304		
Toplam	863	4913,890			

*: 0,05’e göre önemli, Ns: Önemsiz

Varyans analizi sonucuna göre, kayın örneklerin Rz değeri üzerinde BD ve CD ikili etkileşimleri, ACD üçlü etkileşimi ve ABCD dördümlü etkileşimi önemsiz, diğer faktörler ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri önemli bulunmuştur (P ≤ 0,05).

Kesim yönü ve kalınlık, ilerleme hızı, aşındırıcı oranı ve su basıncı faktörleri düzeyinde, Rq değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları sırası ile Çizelge 5.68, Çizelge 5.69, Çizelge 5.70 ve Çizelge 5.71’de verilmiştir.

Çizelge 5.68. Kesim yönü ve kalınlık düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (µm).

Kesim yönü ve kalınlık	\bar{x}	HG
R-18 mm	7,11	E
R-36 mm	8,15	C
R-54 mm	10,00	A*
T-18 mm	6,59	F
T-36 mm	7,67	D
T-54 mm	9,23	B
LSD: ± 0,2642		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rq değeri, R: Radyal yön, T: Teğet yön

Çizelgeye göre; en yüksek Rq değeri, radyal yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (10,00 μm), en düşük ise teğet yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (6,59 μm) elde edilmiştir.

Çizelge 5.69. İlerleme hızı düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

İlerleme hızı	\bar{x}	HG
50 mm/dk	6,15	C
100 mm/dk	7,93	B
200 mm/dk	9,94	A*
LSD: $\pm 0,1868$		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rq değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rq değeri, 200 mm/dk ilerleme hızında (9,94 μm), en düşük ise 50 mm/dk ilerleme hızında (6,15 μm) elde edilmiştir.

Çizelge 5.70. Aşındırıcı oranı düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Aşındırıcı oranı	\bar{x}	HG
200 g/dk	8,71	A*
300 g/dk	8,07	B
450 g/dk	7,60	C
LSD: $\pm 0,1868$		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rq değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rq değeri, 200 g/dk aşındırıcı oranında (8,71 μm), en düşük ise 450 g/dk aşındırıcı oranında (7,60 μm) elde edilmiştir.

Çizelge 5.71. Su basıncı düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Su basıncı	\bar{x}	HG
3000 bar	7,90	B
3800 bar	8,35	A*
LSD: $\pm 0,1525$		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rq değeri

Çizelgeye göre; Rq değeri, 3800 bar basınçta yüksek (8,35 μm), 3000 bar basınçta daha düşük (7,90 μm) bulunmuştur.

Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı ikili etkileşimi düzeyinde, Rq değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.72'de verilmiştir.

Çizelge 5.72. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı ikili etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kesim yönü ve kalınlık	İlerleme hızı					
	50 mm/dk		100 mm/dk		200 mm/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
R-18 mm	6,85	HI	7,04	GH	7,46	FG
R-36 mm	6,55	I	8,08	E	9,83	C
R-54 mm	7,32	FG	9,61	C	13,07	A*
T-18 mm	5,58	K	6,59	HI	7,59	F
T-36 mm	6,05	J	7,41	FG	9,56	C
T-54 mm	6,73	HI	8,83	D	12,12	B
LSD: $\pm 0,4576$						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rq değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rq değeri, 200 mm/dk ilerleme hızında radyal yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (13,07 μm), en düşük ise 50 mm/dk ilerleme hızında teğet yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (5,58 μm) elde edilmiştir.

Kesim yönü ve kalınlık-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde, Rq değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.73'te verilmiştir.

Çizelge 5.73. Kesim yönü ve kalınlık-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kesim yönü ve kalınlık	Aşındırıcı oranı					
	200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
R-18 mm	7,28	HI	7,14	I	6,92	IJ
R-36 mm	8,71	E	8,06	FG	7,69	GH
R-54 mm	10,72	A*	9,84	BC	9,45	CD
T-18 mm	6,98	IJ	6,60	JK	6,19	K
T-36 mm	8,36	EF	7,63	GH	7,04	IJ
T-54 mm	10,20	B	9,17	D	8,30	EF
LSD: $\pm 0,4576$						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rq değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rq değeri, 200 g/dk aşındırıcı oranı ile radyal yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (10,72 μm), en düşük ise 450 g/dk aşındırıcı oranı ile teğet yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (6,19 μm) elde edilmiştir.

Kesim yönü ve kalınlık-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde, Rq değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.74'te verilmiştir.

Çizelge 5.74. Kesim yönü ve kalınlık-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kesim yönü ve kalınlık	Su basıncı			
	3000 bar		3800 bar	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
R-18 mm	6,59	F	7,64	E
R-36 mm	7,84	E	8,47	D
R-54 mm	9,61	B	10,40	A*
T-18 mm	6,61	F	6,57	F
T-36 mm	7,62	E	7,73	E
T-54 mm	9,13	C	9,32	BC
LSD: $\pm 0,3736$				

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rq değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rq değeri, 3800 bar su basıncı ile radyal yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (10,40 μm), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 3000 bar su basıncı ile radyal ve teğet yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (6,59 μm ve 6,61 μm) ve 3800 bar su basıncı ile teğet yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (6,57 μm) elde edilmiştir.

İlerleme hızı-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde, Rq değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.75'te verilmiştir.

Çizelge 5.75. İlerleme hızı-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

İlerleme hızı	Aşındırıcı oranı					
	200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
50 mm/dk	6,84	G	6,37	H	6,33	H
100 mm/dk	8,48	D	8,04	E	7,26	F
200 mm/dk	10,81	A*	9,81	B	9,19	C
LSD: $\pm 0,3236$						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rq değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rq değeri, 200 g/dk aşındırıcı oranı ile 200 mm/dk ilerleme hızında kesilen örneklerde (10,81 μm), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 300 g/dk ve 450 g/dk aşındırıcı oranı ile 50 mm/dk ilerleme hızında kesilen örneklerde (6,37 μm ve 6,33 μm) elde edilmiştir. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-aşındırıcı oranı üçlü etkileşimi düzeyinde, Rq değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.76'da verilmiştir.

Çizelge 5.76. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-aşındırıcı oranı üçlü etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kesim yönü ve kalınlık	İlerleme hızı	Aşındırıcı oranı					
		200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
		\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
R-18 mm	50 mm/dk	7,10	N-Q	6,66	Q-T	6,78	P-S
	100 mm/dk	7,11	N-Q	7,23	L-Q	6,78	P-S
	200 mm/dk	7,63	J-O	7,54	K-P	7,20	L-Q
R-36 mm	50 mm/dk	6,86	O-R	6,20	R-V	6,60	Q-T
	100 mm/dk	8,41	H-J	8,20	H-K	7,64	J-O
	200 mm/dk	10,87	D	9,79	E	8,82	F-H
R-54 mm	50 mm/dk	7,52	K-P	7,31	L-Q	7,14	M-Q
	100 mm/dk	10,90	CD	9,46	EF	8,45	G-I
	200 mm/dk	13,73	A*	12,75	B	12,75	B
T-18 mm	50 mm/dk	5,70	VW	5,27	W	5,77	U-W
	100 mm/dk	7,24	L-Q	6,61	Q-T	5,91	T-W
	200 mm/dk	7,99	I-L	7,91	I-M	6,88	O-R
T-36 mm	50 mm/dk	6,54	Q-U	5,88	T-W	5,71	VW
	100 mm/dk	7,60	K-O	7,78	I-N	6,87	O-R
	200 mm/dk	10,93	CD	9,22	E-G	8,53	G-I
T-54 mm	50 mm/dk	7,29	L-Q	6,89	O-R	6,04	S-W
	100 mm/dk	9,611	EF	8,95	F-H	7,93	I-M
	200 mm/dk	13,70	A*	11,67	C	10,98	CD

LSD: $\pm 0,7926$

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rq değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rq değeri, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 200 g/dk aşındırıcı oranı ile 200 mm/dk ilerleme hızında radyal ve teğet yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (13,73 μm ve 13,70 μm), en düşük ise 300 g/dk aşındırıcı oranı ile 50 mm/dk ilerleme hızında teğet yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (5,27 μm) elde edilmiştir.

Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde, Rq değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.77'de verilmiştir.

Çizelge 5.77. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Su basıncı	Kesim yönü ve kalınlık	İlerleme hızı					
		50 mm/dk		100 mm/dk		200 mm/dk	
		\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
3000 bar	R-18 mm	6,32	M-O	6,38	M-O	7,06	J-L
	R-36 mm	5,95	N-P	7,70	H-J	9,86	D
	R-54 mm	6,94	K-M	8,57	EF	13,32	A*
	T-18 mm	5,80	OP	6,60	LM	7,42	H-K
	T-36 mm	6,35	M-O	7,67	H-J	8,85	EF
	T-54 mm	6,86	K-M	9,19	E	11,40	B
3800 bar	R-18 mm	7,37	H-K	7,70	H-J	7,85	GH
	R-36 mm	7,16	I-L	8,46	FG	9,79	D
	R-54 mm	7,71	HI	10,65	C	12,83	A*
	T-18 mm	5,36	P	6,58	L-N	7,77	HI
	T-36 mm	5,74	OP	7,16	I-L	10,28	CD
	T-54 mm	6,59	L-N	8,54	EF	12,83	A*
LSD: $\pm 0,6471$							

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rq değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rq değeri, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 200 mm/dk ilerleme hızında 3000 bar ve 3800 bar su basıncı ile radyal yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (13,32 μm ve 12,83 μm) ve 3800 bar su basıncı ile teğet yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (12,83 μm), en düşük ise 50 mm/dk ilerleme hızında 3800 bar su basıncı ile teğet yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (5,36 μm) elde edilmiştir.

İlerleme hızı-aşındırıcı oranı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde, Rq değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.78’de verilmiştir.

Çizelge 5.78. İlerleme hızı-aşındırıcı oranı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Su basıncı	İlerleme hızı	Aşındırıcı oranı					
		200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
		\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
3000 bar	50 mm/dk	6,44	J	6,15	J	6,52	J
	100 mm/dk	8,15	E	7,87	EF	6,99	HI
	200 mm/dk	10,55	B	9,67	C	8,74	D
3800 bar	50 mm/dk	7,23	GH	6,58	IJ	6,15	J
	100 mm/dk	8,80	D	8,21	E	7,53	FG
	200 mm/dk	11,07	A*	9,96	C	9,64	C
LSD: $\pm 0,4576$							

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rq değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rq değeri, 200 g/dk aşındırıcı oranında 200 mm/dk ilerleme hızı ile 3800 bar su basıncında kesilen örneklerde (11,07 μm), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 200 g/dk ,300 g/dk ve 450 g/dk aşındırıcı oranında 50 mm/dk ilerleme hızı ile 3000 bar su basıncında kesilen örneklerde (6,44 μm , 6,15 μm ve 6,52 μm) ve 450 g/dk aşındırıcı oranında 50 mm/dk ilerleme hızı ile 3800 bar su basıncında kesilen örneklerde (6,15 μm) elde edilmiştir.

5.2.3. Sapsız Meşede Rq Değeri

Sapsız meşe örneklerin Rq değerlerinin aritmetik ortalamaları Çizelge 5.79’da verilmiştir.

Çizelge 5.79. Sapsız meşede Rq değerlerine ait aritmetik ortalamalar (μm).

Su basıncı	Kesim yönü ve kalınlık	İlerleme hızı	Aşındırıcı oranı					
			200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
			\bar{x}	St.S	\bar{x}	St.S	\bar{x}	St.S
3000 bar	R-18 mm	50 mm/dk	6,96	0,36	6,24	0,74	5,97	0,46
		100 mm/dk	7,32	0,85	7,22	1,21	6,64	1,06
		200 mm/dk	7,24	1,13	7,59	1,19	6,81	0,98
	R-36 mm	50 mm/dk	8,16	1,32	6,36	0,75	6,72	1,04
		100 mm/dk	8,41	1,33	8,76	1,04	7,79	0,81
		200 mm/dk	9,81	1,57	9,86	1,24	9,20	1,25
	R-54 mm	50 mm/dk	8,16	0,72	7,59	1,44	7,74	1,29
		100 mm/dk	11,23	1,03	11,39	1,31	8,22	0,56
		200 mm/dk	13,25	1,70	12,93	1,49	10,16	0,97
	T-18 mm	50 mm/dk	7,06	0,48	6,61	1,02	6,97	0,91
		100 mm/dk	7,81	0,62	7,68	0,92	6,98	0,72
		200 mm/dk	8,13	1,33	8,37	1,11	7,64	1,06
	T-36 mm	50 mm/dk	6,79	0,89	7,40	1,75	6,91	0,82
		100 mm/dk	8,72	1,43	8,60	1,05	7,84	0,75
		200 mm/dk	10,15	1,14	10,26	1,29	9,27	1,67
	T-54 mm	50 mm/dk	7,99	1,49	8,77	1,11	8,08	1,28
		100 mm/dk	11,80	1,09	12,40	1,06	11,00	0,82
		200 mm/dk	14,93	1,83	13,83	1,27	11,25	1,17
3800 bar	R-18 mm	50 mm/dk	7,31	1,17	6,66	1,25	6,48	1,18
		100 mm/dk	6,79	0,78	6,67	1,22	6,68	0,96
		200 mm/dk	7,29	0,80	7,19	0,68	7,44	1,06
	R-36 mm	50 mm/dk	6,86	0,82	6,43	0,56	5,92	0,30
		100 mm/dk	8,40	1,03	8,39	1,32	7,14	0,88
		200 mm/dk	9,34	1,21	9,67	1,00	8,94	0,77
	R-54 mm	50 mm/dk	8,39	1,10	7,53	0,76	7,21	1,08
		100 mm/dk	9,38	0,78	10,01	1,26	7,60	0,85
		200 mm/dk	11,84	0,98	11,70	0,73	11,20	0,77
	T-18 mm	50 mm/dk	6,51	1,25	5,93	1,00	6,97	1,47
		100 mm/dk	7,66	1,17	7,39	1,51	6,46	0,85
		200 mm/dk	8,21	1,10	8,09	1,81	6,80	0,74
T-36 mm	50 mm/dk	6,32	1,17	7,37	1,08	8,52	1,09	
	100 mm/dk	9,03	1,43	8,18	1,26	8,27	1,42	
	200 mm/dk	11,21	1,54	9,74	1,51	9,55	0,93	

Çizelge 5.79. (devam). Sapsız meşede Rq değerlerine ait aritmetik ortalamalar (µm).

	T-54 mm	50 mm/dk	7,96	1,57	7,98	0,78	8,91	0,85
		100 mm/dk	11,90	1,35	11,12	1,01	9,79	1,09
		200 mm/dk	17,55	1,55	15,19	2,12	13,62	0,77

\bar{x} : Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma, R: Radyal yön, T: Teğet yön

Kesim yönü ve kalınlık, ilerleme hızı, aşındırıcı oranı ve su basıncı gibi kesme parametrelerinin meşe örneklerin Rq değeri üzerinde ki önemini belirlemek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 5.80’de verilmiştir.

Çizelge 5.80. Sapsız meşede Rq değerlerinin varyans analizi sonuçları.

Faktör	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	P ≤ 0,05
Kesim yönü ve kalınlık (A)	5	1954,329	390,866	302,5823	0,0000
İlerleme hızı (B)	2	1238,304	619,866	479,3065	0,0000
Aşındırıcı oranı (C)	2	131,683	65,841	50,9701	0,0000
Su basıncı (D)	1	2,892	2,892	2,2391	Ns
Etkileşim (AB)	10	474,224	47,422	36,7113	0,0000
Etkileşim (AC)	10	50,187	5,019	3,8852	0,0000
Etkileşim (AD)	5	33,241	6,648	5,1466	0,0001
Etkileşim (BC)	4	61,295	15,324	11,8626	0,0000
Etkileşim (BD)	2	18,612	9,306	7,2040	0,0008
Etkileşim (CD)	2	8,797	4,398	3,4050	0,0337
Etkileşim (ABC)	20	101,731	5,087	3,9377	0,0000
Etkileşim (ABD)	10	49,274	4,927	3,8145	0,0000
Etkileşim (ACD)	10	17,595	1,760	1,3621	Ns
Etkileşim (BCD)	4	4,240	1,060	0,8205	Ns
Etkileşim (ABCD)	20	29,228	1,461	1,1313	Ns
Hata	756	976,228	1,292		
Toplam	863	5152,207			

*: 0,05’e göre önemli, Ns: Önemsiz

Varyans analizi sonucuna göre, meşe örneklerin Rq değeri üzerinde D faktörü, ACD ve BCD üçlü etkileşimleri ile ABCD dördümlü etkileşimi önemsiz, diğer faktörler ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri önemli bulunmuştur ($P \leq 0,05$).

Kesim yönü ve kalınlık, ilerleme hızı ve aşındırıcı oranı faktörleri düzeyinde, Rq değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları sırası ile Çizelge 5.81, Çizelge 5.82 ve Çizelge 5.83’te verilmiştir.

Çizelge 5.81. Kesim yönü ve kalınlık düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kesim yönü ve kalınlık	\bar{x}	HG
R-18 mm	6,92	F
R-36 mm	8,12	D
R-54 mm	9,75	B
T-18 mm	7,29	E
T-36 mm	8,56	C
T-54 mm	11,34	A*
LSD: $\pm 0,2630$		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rq değeri, R: Radyal yön, T: Teğet yön

Çizelgeye göre; en yüksek Rq değeri, teğet yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (11,34 μm), en düşük ise radyal yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (6,92 μm) elde edilmiştir.

Çizelge 5.82. İlerleme hızı düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

İlerleme hızı	\bar{x}	HG
50 mm/dk	7,21	C
100 mm/dk	8,63	B
200 mm/dk	10,15	A*
LSD: $\pm 0,1859$		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rq değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rq değeri, 200 mm/dk ilerleme hızında (10,15 μm), en düşük ise 50 mm/dk ilerleme hızında (7,21 μm) elde edilmiştir.

Çizelge 5.83. Aşındırıcı oranı düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Aşındırıcı oranı	\bar{x}	HG
200 g/dk	9,05	A*
300 g/dk	8,81	B
450 g/dk	8,13	C
LSD: $\pm 0,1859$		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rq değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rq değeri, 200 g/dk aşındırıcı oranında (9,05 μm), en düşük ise 450 g/dk aşındırıcı oranında (8,13 μm) elde edilmiştir.

Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı ikili etkileşimi düzeyinde, Rq değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.84'te verilmiştir.

Çizelge 5.84. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı ikili etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kesim yönü ve kalınlık	İlerleme hızı					
	50 mm/dk		100 mm/dk		200 mm/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
R-18 mm	6,60	K	6,89	JK	7,26	J
R-36 mm	6,74	K	8,15	F-H	9,47	E
R-54 mm	7,77	HI	9,64	DE	11,85	B
T-18 mm	6,67	K	7,33	IJ	7,87	GH
T-36 mm	7,22	J	8,44	F	10,03	D
T-54 mm	8,28	FG	11,34	C	14,40	A*
LSD: $\pm 0,4555$						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rq değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rq değeri, 200 mm/dk ilerleme hızında teğet yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (14,40 μm), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 50 mm/dk ilerleme hızında radyal yönde kesilen 18 mm ve 36 mm kalınlığındaki örneklerde (6,60 μm ve 6,74 μm) ve 50 mm/dk ilerleme hızında teğet yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (6,67 μm) elde edilmiştir.

Kesim yönü ve kalınlık-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde, Rq değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.85'te verilmiştir.

Çizelge 5.85. Kesim yönü ve kalınlık-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kesim yönü ve kalınlık	Aşındırıcı oranı					
	200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
R-18 mm	7,15	GH	6,93	HI	6,67	I
R-36 mm	8,50	DE	8,25	E	7,61	F
R-54 mm	10,37	C	10,19	C	8,69	DE
T-18 mm	7,56	FG	7,35	F-H	6,97	HI
T-36 mm	8,70	D	8,59	DE	8,40	DE
T-54 mm	12,02	A*	11,55	B	10,44	C
LSD: $\pm 0,4555$						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rq değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rq değeri, 200 g/dk aşındırıcı oranı ile teğet yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (12,02 μm), en düşük ise 450 g/dk aşındırıcı oranı ile radyal yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (6,67 μm) elde edilmiştir. Kesim yönü ve kalınlık-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde, Rq değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.86'da verilmiştir.

Çizelge 5.86. Kesim yönü ve kalınlık-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kesim yönü ve kalınlık	Su basıncı			
	3000 bar		3800 bar	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
R-18 mm	6,89	H	6,95	H
R-36 mm	8,34	E	7,90	F
R-54 mm	10,07	C	9,43	D
T-18 mm	7,47	G	7,11	GH
T-36 mm	8,44	E	8,69	E
T-54 mm	11,12	B	11,56	A*
LSD: $\pm 0,3719$				

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rq değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rq değeri, 3800 bar su basıncı ile teğet yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (11,56 μm), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 3000 bar ve 3800 bar su basıncı ile radyal yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (6,89 μm ve 6,95 μm) elde edilmiştir.

İlerleme hızı-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde, Rq değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.87’de verilmiştir.

Çizelge 5.87. İlerleme hızı-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

İlerleme hızı	Aşındırıcı oranı					
	200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
50 mm/dk	7,37	F	7,07	F	7,20	F
100 mm/dk	9,04	CD	8,99	D	7,87	E
200 mm/dk	10,75	A*	10,37	B	9,32	C
LSD: $\pm 0,3221$						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rq değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rq değeri, 200 g/dk aşındırıcı oranı ile 200 mm/dk ilerleme hızında kesilen örneklerde (10,75 μm), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 200 g/dk, 300 g/dk ve 450 g/dk aşındırıcı oranı ile 50 mm/dk ilerleme hızında kesilen örneklerde (7,37 μm , 7,07 μm ve 7,20 μm) elde edilmiştir. İlerleme hızı-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde, Rq değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.88’de verilmiştir.

Çizelge 5.88. İlerleme hızı-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Su basıncı	İlerleme hızı					
	50 mm/dk		100 mm/dk		200 mm/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
3000 bar	7,25	D	8,88	B	10,04	A*
3800 bar	7,18	D	8,38	C	10,26	A*
LSD: $\pm 0,2630$						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rq değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rq değeri, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 200 mm/dk ilerleme hızı ile 3000 bar ve 3800 bar su basıncında kesilen örneklerde (10,04 μm ve 10,26 μm), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 50 mm/dk ilerleme hızı ile 3000 bar ve 3800 bar su basıncında kesilen örneklerde (7,25 μm ve 7,18 μm) elde edilmiştir.

Aşındırıcı oranı-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde, Rq değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.89'da verilmiştir.

Çizelge 5.89. Aşındırıcı oranı-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Su basıncı	Aşındırıcı oranı					
	200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
3000 bar	9,11	A*	8,99	A*	8,06	C
3800 bar	9,00	A*	8,63	B	8,19	C
LSD: $\pm 0,2630$						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rq değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rq değeri, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 200 g/dk ve 300 g/dk aşındırıcı oranı ile 3000 bar su basıncında kesilen örneklerde (9,11 μm ve 8,99 μm) ve 200 g/dk aşındırıcı oranı ile 3800 bar su basıncında kesilen örneklerde (9,00 μm), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 450 g/dk aşındırıcı oranı ile 3000 bar ve 3800 bar su basıncında kesilen örneklerde (8,06 μm ve 8,19 μm) elde edilmiştir.

Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-aşındırıcı oranı üçlü etkileşimi düzeyinde, Rq değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.90'da verilmiştir.

Çizelge 5.90. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-aşındırıcı oranı üçlü etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kesim yönü ve kalınlık	İlerleme hızı	Aşındırıcı oranı					
		200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
		\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
R-18 mm	50 mm/dk	7,14	R-Y	6,45	X-Z	6,23	[
	100 mm/dk	7,06	S-Z	6,95	S-Z	6,66	V-Z
	200 mm/dk	7,27	Q-W	7,39	P-V	7,12	R-Y
R-36 mm	50 mm/dk	7,51	N-T	6,40	YZ	6,32	Z
	100 mm/dk	8,41	J-M	8,58	O-U	7,46	O-U
	200 mm/dk	9,58	F-I	9,77	E-H	9,07	H-J
R-54 mm	50 mm/dk	8,27	K-N	7,56	O-T	7,47	O-U
	100 mm/dk	10,30	D-F	10,70	D	7,91	L-R
	200 mm/dk	12,55	C	12,32	C	10,68	D
T-18 mm	50 mm/dk	6,78	T-Z	6,27	Z	6,97	S-Z
	100 mm/dk	7,73	M-S	7,54	N-T	6,72	U-Z
	200 mm/dk	8,17	K-P	8,23	K-O	7,22	Q-X
T-36 mm	50 mm/dk	6,56	W-Z	7,39	P-V	7,72	M-S
	100 mm/dk	8,88	I-K	8,39	J-M	8,06	L-P
	200 mm/dk	10,68	D	10,00	D-G	9,41	G-I
T-54 mm	50 mm/dk	7,97	L-Q	8,38	J-M	8,49	J-M
	100 mm/dk	11,85	C	11,76	C	10,39	DE
	200 mm/dk	16,24	A*	14,51	B	12,44	C

LSD: $\pm 0,7889$

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rq değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rq değeri, 200 g/dk aşındırıcı oranı ile 200 mm/dk ilerleme hızında teğet yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (16,24 μm), en düşük ise 450 g/dk aşındırıcı oranı ile 50 mm/dk ilerleme hızında radyal yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (6,23 μm) elde edilmiştir.

Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde, Rq değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.91'de verilmiştir.

Çizelge 5.91. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Su basıncı	Kesim yönü ve kalınlık	İlerleme hızı					
		50 mm/dk		100 mm/dk		200 mm/dk	
		\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
3000 bar	R-18 mm	6,39	V	7,06	P-T	7,21	N-S
	R-36 mm	7,08	O-T	8,32	J-L	9,62	F-H
	R-54 mm	7,83	K-N	10,28	E	12,11	C
	T-18 mm	6,88	Q-V	7,49	M-Q	8,05	J-M
	T-36 mm	7,04	Q-U	8,39	I-K	9,89	E-G
	T-54 mm	8,28	J-L	11,73	C	13,34	B

Çizelge 5.91. (devam). Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

3800 bar	R-18 mm	6,82	R-V	6,71	S-V	7,31	NS
	R-36 mm	6,40	UV	7,98	J-M	9,32	GH
	R-54 mm	7,71	L-O	8,99	HI	11,58	C
	T-18 mm	6,47	T-V	7,17	O-S	7,70	L-P
	T-36 mm	7,40	M-R	8,50	IJ	10,17	EF
	T-54 mm	8,29	J-L	10,94	D	15,46	A*
LSD =				0,6441			

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rq değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rq değeri, 200 mm/dk ilerleme hızında 3800 bar su basıncı ile teğet yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (15,46 μm), en düşük ise 50 mm/dk ilerleme hızında 3000 bar su basıncı ile radyal yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (6,39 μm) elde edilmiştir.

5.2.4. Orta Yoğunluklu Lif Levhada (MDF) Rq Değeri

MDF örneklerin Rq değerlerinin aritmetik ortalamaları Çizelge 5.92’de verilmiştir.

Çizelge 5.92. MDF örneklerde Rq değerlerine ait aritmetik ortalamalar (μm).

Su basıncı	Kalınlık	İlerleme hızı	Aşındırıcı oranı					
			200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
			\bar{x}	St.S	\bar{x}	St.S	\bar{x}	St.S
3000 bar	18 mm	50 mm/dk	11,15	1,66	10,25	1,33	10,50	0,86
		100 mm/dk	11,34	0,62	10,97	0,62	11,09	0,71
		200 mm/dk	12,50	1,29	12,15	0,66	11,88	0,40
	36 mm	50 mm/dk	11,50	1,24	10,31	1,19	11,05	1,07
		100 mm/dk	11,08	1,22	11,25	1,18	11,32	0,98
		200 mm/dk	14,82	0,94	14,25	0,88	12,54	1,61
	54 mm	50 mm/dk	11,62	1,15	11,64	0,60	12,45	1,08
		100 mm/dk	13,23	0,78	12,78	0,62	11,88	1,45
		200 mm/dk	16,88	1,11	17,57	0,81	13,39	0,86
3800 bar	18 mm	50 mm/dk	10,85	1,04	9,86	0,88	10,36	0,48
		100 mm/dk	10,36	0,75	10,11	0,60	11,27	0,43
		200 mm/dk	11,36	0,67	11,20	0,94	11,93	1,36
	36 mm	50 mm/dk	10,76	1,31	9,96	0,96	10,43	0,97
		100 mm/dk	10,58	0,59	10,33	0,98	11,18	0,62
		200 mm/dk	12,74	0,77	12,60	0,88	12,88	0,68
	54 mm	50 mm/dk	11,77	1,17	11,00	1,23	11,95	0,62
		100 mm/dk	12,35	0,55	11,76	0,49	12,35	0,45
		200 mm/dk	16,06	0,72	16,99	0,82	13,59	0,94

\bar{x} : Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma

Kalınlık, ilerleme hızı, aşındırıcı oranı ve su basıncı gibi kesme parametrelerinin MDF örneklerin Rq değeri üzerinde ki önemini belirlemek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 5.93'te verilmiştir.

Çizelge 5.93. MDF örneklerde Rq değerlerinin varyans analizi sonuçları.

Faktör	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	P ≤ 0,05
Kalınlık (A)	2	385,469	192,734	212,2751	0,0000*
İlerleme hızı (B)	2	587,505	293,752	323,5352	0,0000
Aşındırıcı oranı (C)	2	18,400	9,200	10,1327	0,0001
Su basıncı (D)	1	32,352	32,352	35,6318	0,0000
Etkileşim (AB)	4	103,675	25,919	28,5466	0,0000
Etkileşim (AC)	4	28,494	7,123	7,8456	0,0000
Etkileşim (AD)	2	2,181	1,091	1,2011	Ns
Etkileşim (BC)	4	62,916	15,729	17,3238	0,0000
Etkileşim (BD)	2	2,211	1,106	1,2178	Ns
Etkileşim (CD)	2	15,105	7,533	8,3183	0,0003
Etkileşim (ABC)	8	59,169	7,396	8,1460	0,0000
Etkileşim (ABD)	4	1,701	0,425	0,4684	Ns
Etkileşim (ACD)	4	0,647	0,162	0,1780	Ns
Etkileşim (BCD)	4	9,752	2,438	2,6853	0,0312
Etkileşim (ABCD)	8	5,000	0,625	0,6883	Ns
Hata	378	343,204	0,908		
Toplam	431	1657,780			

*: 0,05'e göre önemli, Ns: Önemsiz

Varyans analizi sonucuna göre, MDF örneklerin Rq değeri üzerinde AD ve BD ikili, ABD ve ACD üçlü etkileşimleri ile ABCD dördü etkileşimi önemsiz, diğer faktörler ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri önemli bulunmuştur ($P \leq 0,05$).

Kalınlık, ilerleme hızı, aşındırıcı oranı ve su basıncı faktörleri düzeyinde, Rq değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları sırası ile Çizelge 5.94, Çizelge 5.95, Çizelge 5.96 ve Çizelge 5.97'de verilmiştir.

Çizelge 5.94. Kalınlık düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kalınlık	\bar{x}	HG
18 mm	11,06	C
36 mm	11,64	B
54 mm	13,29	A*
LSD: $\pm 0, 2208$		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rq değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rq değeri, 54 mm kalınlığındaki örneklerde (13,29 μm), en düşük ise 18 mm kalınlığındaki örneklerde (11,06 μm) elde edilmiştir.

Çizelge 5.95. İlerleme hızı düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

İlerleme hızı	\bar{x}	HG
50 mm/dk	10,97	C
100 mm/dk	11,40	B
200 mm/dk	13,63	A*
LSD: $\pm 0, 2208$		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rq değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rq değeri, 200 mm/dk ilerleme hızında (13,63 μm), en düşük ise 50 mm/dk ilerleme hızında (10,97 μm) elde edilmiştir.

Çizelge 5.96. Aşındırıcı oranı düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Aşındırıcı oranı	\bar{x}	HG
200 g/dk	12,28	A*
300 g/dk	11,94	B
450 g/dk	11,78	B
LSD: $\pm 0, 2208$		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rq değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rq değeri, 200 g/dk aşındırıcı oranında (12,28 μm), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 300 g/dk ve 450 g/dk aşındırıcı oranında (11,94 μm ve 11,78 μm) elde edilmiştir.

Çizelge 5.97. Su basıncı düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Su basıncı	\bar{x}	HG
3000 bar	12,27	A*
3800 bar	11,73	B
LSD: $\pm 0, 1803$		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rq değeri

Çizelgeye göre; Rq değeri, 3000 bar basınçta yüksek (12,27 μm), 3800 bar basınçta daha düşük (11,73 μm) bulunmuştur.

Kalınlık-ilerleme hızı ikili etkileşimi düzeyinde, Rq değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.98'de verilmiştir.

Çizelge 5.98. Kalınlık-ilerleme hızı ikili etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kalınlık	İlerleme hızı					
	50 mm/dk		100 mm/dk		200 mm/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
18 mm	10,49	F	10,86	EF	11,84	D
36 mm	10,67	EF	10,96	E	13,31	B
54 mm	11,74	D	12,39	C	15,75	A*
LSD: $\pm 0,3825$						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rq değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rq değeri, 200 mm/dk ilerleme hızında kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (15,75 μm), en düşük ise 50 mm/dk ilerleme hızında kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (10,49 μm) elde edilmiştir.

Kalınlık-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde, Rq değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.99'da verilmiştir.

Çizelge 5.99. Kalınlık-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kalınlık	Aşındırıcı oranı					
	200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
18 mm	11,26	DE	10,76	F	11,17	E
36 mm	11,91	C	11,45	DE	11,57	CD
54 mm	13,65	A*	13,62	A*	12,60	B
LSD: $\pm 0,3825$						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rq değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rq değeri, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 200 g/dk ve 300 g/dk aşındırıcı oranı ile kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (13,65 μm ve 13,62 μm), en düşük ise 300 g/dk aşındırıcı oranı ile kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (10,76 μm) elde edilmiştir.

İlerleme hızı-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde, Rq değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.100'de verilmiştir.

Çizelge 5.100. İlerleme hızı-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (µm).

İlerleme hızı	Aşındırıcı oranı					
	200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
50 mm/dk	11,28	CD	10,50	E	11,12	D
100 mm/dk	11,49	CD	11,20	CD	11,51	C
200 mm/dk	14,06	A*	14,13	A*	12,70	B
LSD: ± 0,3825						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rq değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rq değeri, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 200 g/dk ve 300 g/dk aşındırıcı oranı ile 200 mm/dk ilerleme hızında kesilen örneklerde (14,06 µm ve 14,13 µm), en düşük ise 300 g/dk aşındırıcı oranı ile 50 mm/dk ilerleme hızında kesilen örneklerde (10,50 µm) elde edilmiştir.

Aşındırıcı oranı-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde, Rq değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.101'de verilmiştir.

Çizelge 5.101. Aşındırıcı oranı-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (µm).

Su basıncı	Aşındırıcı oranı					
	200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
3000 bar	12,68	A*	12,35	B	11,79	CD
3800 bar	11,87	C	11,53	D	11,77	CD
LSD: ± 0,3123						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rq değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rq değeri, 200 g/dk aşındırıcı oranı ile 3000 bar su basıncında kesilen örneklerde (12,68 µm), en düşük ise 300 g/dk aşındırıcı oranı ile 3800 bar su basıncında kesilen örneklerde (11,53 µm) elde edilmiştir.

Kalınlık-ilerleme hızı-aşındırıcı oranı üçlü etkileşimi düzeyinde, Rq değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.102'de verilmiştir.

Çizelge 5.102. Kalınlık-ilerleme hızı-aşındırıcı oranı üçlü etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kalınlık	İlerleme hızı	Aşındırıcı oranı					
		200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
		\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
18 mm	50 mm/dk	11,00	K-M	10,06	O	10,43	M-O
	100 mm/dk	10,85	K-M	10,54	L-O	11,18	J-L
	200 mm/dk	11,93	GH	11,68	G-J	11,90	G-I
36 mm	50 mm/dk	11,13	J-L	10,14	NO	10,74	K-N
	100 mm/dk	10,83	K-M	10,79	K-N	11,25	I-K
	200 mm/dk	13,78	C	13,42	CD	12,71	EF
54 mm	50 mm/dk	11,70	G-J	11,32	H-K	12,20	E-G
	100 mm/dk	12,79	DE	12,27	E-G	12,11	FG
	200 mm/dk	16,47	B	17,28	A*	13,49	C
LSD: $\pm 0,6624$							

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rq değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rq değeri, 300 g/dk aşındırıcı oranı ile 200 mm/dk ilerleme hızında kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (17,28 μm), en düşük ise 300 g/dk aşındırıcı oranı ile 50 mm/dk ilerleme hızında kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (10,06 μm) elde edilmiştir.

İlerleme hızı-aşındırıcı oranı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde, Rq değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.103'te verilmiştir.

Çizelge 5.103. İlerleme hızı-aşındırıcı oranı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde Rq değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Su basıncı	İlerleme hızı	Aşındırıcı oranı					
		200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
		\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
3000 bar	50 mm/dk	11,42	D-G	10,73	HI	11,33	E-G
	100 mm/dk	11,88	D	11,67	DE	11,43	D-G
	200 mm/dk	14,73	A*	14,66	A*	12,60	C
3800 bar	50 mm/dk	11,13	E-H	10,28	I	10,91	GH
	100 mm/dk	11,10	F-H	10,73	HI	11,60	D-F
	200 mm/dk	13,39	B	13,60	B	12,80	C
LSD: $\pm 0,5409$							

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Rq değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Rq değeri, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 200 g/dk ve 300 g/dk aşındırıcı oranında 200 mm/dk ilerleme hızı ile 3000 bar su basıncında kesilen örneklerde (14,73 μm ve 14,66 μm), en düşük ise 300 g/dk aşındırıcı oranında 50 mm/dk ilerleme hızı ile 3800 bar su basıncında kesilen örneklerde (10,28 μm) elde edilmiştir.

5.3. ORTALAMA PÜRÜZLÜLÜK (Ra)

Aşındırıcı Su Jeti (ASJ) makinesi ile farklı parametrelerde kesilmiş olan sarıçam, Doğu kayını, sapsız meşe ve lif levha (MDF) deney örneklerinin; ortalama pürüzlülük (Ra) değerlerine ait özellikler bu bölümde verilmiştir.

5.3.1. Sarıçamda Ra Değeri

Sarıçam örneklerin Ra değerlerinin aritmetik ortalamaları Çizelge 5.104'te verilmiştir.

Çizelge 5.104. Sarıçamda Ra değerlerine ait aritmetik ortalamalar (μm).

Su basıncı	Kesim yönü ve kalınlık	İlerleme hızı	Aşındırıcı oranı					
			200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
			\bar{x}	St.S	\bar{x}	St.S	\bar{x}	St.S
3000 bar	R-18 mm	50 mm/dk	6,70	0,29	6,46	0,77	6,67	0,97
		100 mm/dk	7,52	1,08	6,73	0,80	7,23	1,09
		200 mm/dk	7,59	0,63	9,22	0,40	8,41	0,47
	R-36 mm	50 mm/dk	6,43	0,96	5,84	0,54	6,39	0,74
		100 mm/dk	7,23	0,82	7,88	1,22	7,65	0,90
		200 mm/dk	9,75	1,27	10,86	0,92	9,42	1,04
	R-54 mm	50 mm/dk	7,38	0,79	7,13	0,74	6,98	0,68
		100 mm/dk	9,59	0,95	8,40	0,71	8,34	1,46
		200 mm/dk	11,51	0,86	12,41	0,72	11,03	0,53
	T-18 mm	50 mm/dk	7,21	1,12	6,95	0,96	6,85	0,74
		100 mm/dk	7,80	0,50	6,24	0,96	7,16	1,03
		200 mm/dk	7,91	1,33	8,53	1,50	6,99	0,64
	T-36 mm	50 mm/dk	6,93	0,94	7,05	0,86	6,84	1,03
		100 mm/dk	7,50	1,36	7,01	0,83	7,87	0,98
		200 mm/dk	10,24	1,51	10,04	1,22	9,10	1,27
	T-54 mm	50 mm/dk	7,88	1,06	7,28	0,82	7,44	1,08
		100 mm/dk	9,26	0,91	7,95	0,77	8,79	0,58
		200 mm/dk	14,30	1,53	13,46	0,83	11,83	1,03
3800 bar	R-18 mm	50 mm/dk	6,74	0,84	6,30	1,01	6,27	0,89
		100 mm/dk	7,36	0,51	6,29	0,71	7,05	0,78
		200 mm/dk	7,51	0,76	7,39	1,05	7,00	0,56
	R-36 mm	50 mm/dk	6,19	0,81	5,85	0,33	6,34	0,67
		100 mm/dk	7,30	0,76	7,16	0,80	7,20	0,72
		200 mm/dk	9,64	1,10	8,57	1,07	8,46	0,62
	R-54 mm	50 mm/dk	7,11	0,58	6,47	0,73	6,75	0,42
		100 mm/dk	9,53	0,60	8,74	0,61	7,98	0,62
		200 mm/dk	10,57	0,67	10,63	0,85	10,28	0,55
	T-18 mm	50 mm/dk	6,70	0,97	5,86	1,07	6,34	0,79
		100 mm/dk	6,83	0,99	5,99	1,14	6,06	0,46
		200 mm/dk	7,88	0,86	7,80	0,95	7,22	1,15
	T-36 mm	50 mm/dk	7,02	0,94	5,74	1,13	6,63	0,96
		100 mm/dk	7,83	0,88	7,18	0,89	7,34	0,90
		200 mm/dk	9,89	1,46	9,74	1,10	8,27	1,03
	T-54 mm	50 mm/dk	7,20	0,50	6,38	0,98	7,23	1,16
		100 mm/dk	8,43	0,93	8,87	0,81	8,04	0,48
		200 mm/dk	14,84	1,25	14,64	1,00	11,79	1,42

\bar{x} : Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma, R: Radyal yön, T: Teğet yön

Kesim yönü ve kalınlık, ilerleme hızı, aşındırıcı oranı ve su basıncı gibi kesme parametrelerinin sarıçam örneklerin Ra değeri üzerinde ki önemini belirlemek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 5.105'te verilmiştir.

Çizelge 5.105. Sarıçamda Ra değerlerinin varyans analizi sonuçları.

Faktör	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	P ≤ 0,05
Kesim yönü ve kalınlık (A)	5	836,555	167,311	189,1768	0,0000
İlerleme hızı (B)	2	1497,499	748,750	846,6036	0,0000
Aşındırıcı oranı (C)	2	43,246	21,623	24,4491	0,0000
Su basıncı (D)	1	35,203	35,203	39,8036	0,0000
Etkileşim (AB)	10	496,762	49,676	56,1684	0,0000
Etkileşim (AC)	10	17,353	1,735	1,9621	0,0347
Etkileşim (AD)	5	5,638	1,128	1,2749	Ns
Etkileşim (BC)	4	61,408	15,408	17,4216	0,0000
Etkileşim (BD)	2	4,600	2,300	2,6004	Ns
Etkileşim (CD)	2	3,575	1,787	2,0210	Ns
Etkileşim (ABC)	20	43,085	2,154	2,4358	0,0005
Etkileşim (ABD)	10	33,753	3,375	3,8164	0,0000
Etkileşim (ACD)	10	13,419	1,342	1,5173	Ns
Etkileşim (BCD)	4	9,275	2,319	2,6217	0,0338
Etkileşim (ABCD)	20	18,572	0,929	1,0499	Ns
Hata	756	668,618	0,884		
Toplam	863	3788,783			

*: 0,05'e göre önemli, Ns: Önemsiz

Varyans analizi sonucuna göre, sarıçam örneklerin Ra değeri üzerinde AD, BD ve CD ikili etkileşimleri, ACD üçlü etkileşimi ve ABCD dörtlü etkileşimi önemsiz, diğer faktörler ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri önemli bulunmuştur ($P \leq 0,05$).

Kesim yönü ve kalınlık, ilerleme hızı, aşındırıcı oranı ve su basıncı faktörleri düzeyinde, Ra değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları sırası ile Çizelge 5.106, Çizelge 5.107, Çizelge 5.108 ve Çizelge 5.109'da verilmiştir.

Çizelge 5.106. Kesim yönü ve kalınlık düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kesim yönü ve kalınlık	\bar{x}	HG
R-18 mm	7,13	E
R-36 mm	7,67	D
R-54 mm	8,97	B
T-18 mm	7,02	E
T-36 mm	7,90	C
T-54 mm	9,75	A*
LSD: $\pm 0,2175$		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Ra değeri, R: Radyal yön, T: Teğet yön

Çizelgeye göre; en yüksek Ra değeri, teğet yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (9,75 µm), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere radyal ve teğet yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (7,13 µm ve 7,02 µm) elde edilmiştir.

Çizelge 5.107. İlerleme hızı düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (µm).

İlerleme hızı	\bar{x}	HG
50 mm/dk	6,71	C
100 mm/dk	7,66	B
200 mm/dk	9,85	A*
LSD: ± 0,1538		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Ra değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Ra değeri, 200 mm/dk ilerleme hızında (9,85 µm), en düşük ise 50 mm/dk ilerleme hızında (6,71 µm) elde edilmiştir.

Çizelge 5.108. Aşındırıcı oranı düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (µm).

Aşındırıcı oranı	\bar{x}	HG
200 g/dk	8,37	A*
300 g/dk	8,03	B
450 g/dk	7,83	C
LSD: ± 0,1538		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Ra değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Ra değeri, 200 g/dk aşındırıcı oranında (8,37 µm), en düşük ise 450 g/dk aşındırıcı oranında (7,83 µm) elde edilmiştir.

Çizelge 5.109. Su basıncı düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (µm).

Su basıncı	\bar{x}	HG
3000 bar	8,28	A*
3800 bar	7,87	B
LSD: ± 0,1256		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Ra değeri

Çizelgeye göre; Ra değeri, 3000 bar basınçta yüksek (8,28 µm), 3800 bar basınçta daha düşük (7,87 µm) bulunmuştur.

Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı ikili etkileşimi düzeyinde, Ra değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.110'da verilmiştir.

Çizelge 5.110. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı ikili etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kesim yönü ve kalınlık	İlerleme hızı					
	50 mm/dk		100 mm/dk		200 mm/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
R-18 mm	6,52	LM	7,03	H-J	7,85	E
R-36 mm	6,17	M	7,40	F-H	9,45	C
R-54 mm	6,97	I-K	8,86	D	11,07	B
T-18 mm	6,51	KL	6,68	J-L	7,72	EF
T-36 mm	6,70	J-L	7,45	FG	9,54	C
T-54 mm	7,23	G-I	8,56	D	13,48	A*
LSD: $\pm 0,3768$						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Ra değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Ra değeri, 200 mm/dk ilerleme hızında teğet yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (13,48 μm), en düşük ise 50 mm/dk ilerleme hızında radyal yönde kesilen 36 mm kalınlığındaki örneklerde (6,17 μm) elde edilmiştir.

Kesim yönü ve kalınlık-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde, Ra değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.111’de verilmiştir.

Çizelge 5.111. Kesim yönü ve kalınlık-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kesim yönü ve kalınlık	Aşındırıcı oranı					
	200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
R-18 mm	7,23	H-J	7,06	I-K	7,10	I-K
R-36 mm	7,75	FG	7,70	FG	7,58	F-H
R-54 mm	9,28	C	8,97	CD	8,64	D
T-18 mm	7,39	G-I	6,90	JK	6,77	K
T-36 mm	8,24	E	7,93	F	7,67	FG
T-54 mm	10,32	A*	9,76	B	9,19	C
LSD: $\pm 0,3768$						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Ra değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Ra değeri, 200 g/dk aşındırıcı oranı ile teğet yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (10,32 μm), en düşük ise 450 g/dk aşındırıcı oranı ile teğet yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (6,77 μm) elde edilmiştir.

İlerleme hızı-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde, Ra değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.112’de verilmiştir.

Çizelge 5.112. İlerleme hızı-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

İlerleme hızı	Aşındırıcı oranı					
	200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
50 mm/dk	6,96	E	6,44	F	6,73	E
100 mm/dk	8,01	C	7,38	D	7,60	D
200 mm/dk	10,14	A*	10,27	A*	9,15	B
LSD: $\pm 0,2664$						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Ra değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Ra değeri, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 200 g/dk ve 300 g/dk aşındırıcı oranı ile 200 mm/dk ilerleme hızında kesilen örneklerde (10,14 μm ve 10,27 μm), en düşük ise 300 g/dk aşındırıcı oranı ile 50 mm/dk ilerleme hızında kesilen örneklerde (6,44 μm) elde edilmiştir.

Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-aşındırıcı oranı üçlü etkileşimi düzeyinde, Ra değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.113'te verilmiştir.

Çizelge 5.113. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-aşındırıcı oranı üçlü etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kesim yönü ve kalınlık	İlerleme hızı	Aşındırıcı oranı					
		200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
		\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
R-18 mm	50 mm/dk	6,72	R-X	6,38	V-Y	6,47	U-Y
	100 mm/dk	7,44	M-Q	6,51	T-X	7,14	N-T
	200 mm/dk	7,55	L-O	8,30	H-K	7,70	K-N
R-36 mm	50 mm/dk	6,31	W-Y	5,85	Y	6,36	V-Y
	100 mm/dk	7,26	M-R	7,52	L-P	7,43	M-Q
	200 mm/dk	9,69	F	9,71	F	8,94	GH
R-54 mm	50 mm/dk	7,24	N-S	6,80	Q-W	6,86	P-W
	100 mm/dk	9,56	FG	8,60	HI	8,40	H-J
	200 mm/dk	11,04	CD	11,52	BC	10,66	DE
T-18 mm	50 mm/dk	6,95	O-W	6,41	V-Y	6,60	S-X
	100 mm/dk	7,31	M-R	6,12	XY	6,61	S-X
	200 mm/dk	7,90	J-M	8,16	I-L	7,10	N-U
T-36 mm	50 mm/dk	6,97	O-V	6,39	V-Y	6,73	R-X
	100 mm/dk	7,67	K-N	7,10	N-U	7,60	L-O
	200 mm/dk	10,07	EF	9,89	F	8,69	HI
T-54 mm	50 mm/dk	7,54	L-O	6,83	Q-W	7,34	M-R
	100 mm/dk	8,84	H	8,41	H-J	8,41	H-J
	200 mm/dk	14,57	A*	14,05	A*	11,81	B
LSD: $\pm 0,6526$							

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Ra değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Ra değeri, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 200 g/dk ve 300 g/dk aşındırıcı oranı ile 200 mm/dk ilerleme hızında teğet yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (14,57 μm ve 14,05 μm), en düşük ise 300 g/dk aşındırıcı oranı ile 50 mm/dk ilerleme hızında radyal yönde kesilen 36 mm kalınlığındaki örneklerde (5,85 μm) elde edilmiştir.

Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde, Ra değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.114'te verilmiştir.

Çizelge 5.114. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Su basıncı	Kesim yönü ve kalınlık	İlerleme hızı					
		50 mm/dk		100 mm/dk		200 mm/dk	
		\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
3000 bar	R-18 mm	6,61	P-S	7,16	K-O	8,40	I
	R-36 mm	6,22	S	7,58	J-L	10,01	DE
	R-54 mm	7,16	K-O	8,71	HI	11,65	C
	T-18 mm	7,02	M-P	7,06	L-P	7,91	J
	T-36 mm	6,93	N-Q	7,46	J-N	9,79	EF
	T-54 mm	7,53	J-M	8,66	HI	13,19	B
3800 bar	R-18 mm	6,43	Q-S	6,90	O-Q	7,30	J-O
	R-36 mm	6,12	S	7,22	K-O	8,89	G-I
	R-54 mm	6,77	O-R	9,00	GH	10,49	D
	T-18 mm	6,30	RS	6,29	RS	7,63	JK
	T-36 mm	6,46	Q-S	7,45	J-N	9,30	FG
	T-54 mm	6,94	N-Q	8,45	I	13,76	A*

LSD: $\pm 0,5328$

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Ra değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Ra değeri, 200 mm/dk ilerleme hızında 3800 bar su basıncı ile teğet yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (13,76 μm), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 50 mm/dk ilerleme hızında 3000 bar ve 3800 bar su basıncı ile radyal yönde kesilen 36 mm kalınlığındaki örneklerde (6,22 μm ve 6,12 μm) elde edilmiştir.

İlerleme hızı-aşındırıcı oranı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde, Ra değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.115'te verilmiştir.

Çizelge 5.115. İlerleme hızı-aşındırıcı oranı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Su basıncı	İlerleme hızı	Aşındırıcı oranı					
		200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
		\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
3000 bar	50 mm/dk	7,09	GH	6,78	HI	6,86	HI
	100 mm/dk	8,15	F	7,37	G	7,81	F
	200 mm/dk	10,22	B	10,75	A*	9,46	D
3800 bar	50 mm/dk	6,82	HI	6,10	J	6,59	I
	100 mm/dk	7,88	F	7,38	G	7,39	G
	200 mm/dk	10,06	BC	9,75	CD	8,84	E
LSD: $\pm 0,3768$							

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Ra değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Ra değeri, 300 g/dk aşındırıcı oranında 200 mm/dk ilerleme hızı ile 3000 bar su basıncında kesilen örneklerde (10,75 μm), en düşük ise 300 g/dk aşındırıcı oranında 50 mm/dk ilerleme hızı ile 3800 bar su basıncında kesilen örneklerde (6,10 μm) elde edilmiştir.

5.3.2. Doğu Kayınında Ra Değeri

Doğu kayını örneklerin Ra değerlerinin aritmetik ortalamaları Çizelge 5.116'da verilmiştir.

Çizelge 5.116. Doğu kayınında Ra değerlerine ait aritmetik ortalamalar (μm).

Su basıncı	Kesim yönü ve kalınlık	İlerleme hızı	Aşındırıcı oranı					
			200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
			\bar{x}	St.S	\bar{x}	St.S	\bar{x}	St.S
3000 bar	R-18 mm	50 mm/dk	4,93	0,67	4,77	0,84	5,46	0,83
		100 mm/dk	5,27	0,80	5,31	0,75	4,73	0,46
		200 mm/dk	5,83	1,02	5,89	0,84	5,18	0,65
	R-36 mm	50 mm/dk	4,49	0,59	4,56	0,48	5,16	0,99
		100 mm/dk	6,34	1,67	6,36	0,85	5,68	1,27
		200 mm/dk	8,81	1,37	8,36	1,32	6,86	0,98
	R-54 mm	50 mm/dk	5,27	1,14	5,60	0,79	5,84	0,82
		100 mm/dk	7,55	1,36	7,00	0,47	5,94	0,85
		200 mm/dk	11,35	1,24	10,79	1,05	10,03	1,00
	T-18 mm	50 mm/dk	4,75	0,87	4,24	0,74	4,94	1,08
		100 mm/dk	5,63	0,72	5,37	0,94	4,74	0,43
		200 mm/dk	6,32	1,21	6,23	1,01	5,40	1,11
	T-36 mm	50 mm/dk	5,58	1,31	4,75	0,64	4,70	0,49
		100 mm/dk	6,22	0,97	6,36	0,97	5,93	0,93
		200 mm/dk	7,94	1,88	6,94	1,19	6,28	0,64
	T-54 mm	50 mm/dk	5,68	0,66	5,91	1,44	4,98	0,56
		100 mm/dk	8,00	0,87	7,28	0,78	6,62	0,52
		200 mm/dk	10,55	1,59	8,53	1,00	8,33	1,01

Çizelge 5.116. (devam). Doğu kayınında Ra değerlerine ait aritmetik ortalamalar (μm).

3800 bar	R-18 mm	50 mm/dk	6,45	0,58	5,95	0,95	5,23	1,02
		100 mm/dk	6,1	0,99	6,18	1,23	6,21	1,33
		200 mm/dk	6,37	0,60	6,11	0,63	6,17	1,07
	R-36 mm	50 mm/dk	6,46	0,97	5,36	1,03	5,40	0,85
		100 mm/dk	7,1	1,14	6,63	0,50	6,68	1,66
		200 mm/dk	8,77	1,32	7,36	0,74	7,24	1,17
	R-54 mm	50 mm/dk	6,78	0,57	6,22	0,88	5,63	1,07
		100 mm/dk	9,90	0,80	8,00	0,85	7,73	1,44
		200 mm/dk	10,75	1,10	9,60	0,44	10,20	1,26
	T-18 mm	50 mm/dk	4,36	0,48	4,16	0,91	4,32	0,97
		100 mm/dk	6,07	0,79	5,07	0,39	4,66	1,05
		200 mm/dk	6,31	0,77	6,58	0,60	5,75	1,03
	T-36 mm	50 mm/dk	4,86	0,92	4,62	0,59	4,24	0,52
		100 mm/dk	5,93	0,48	6,12	0,64	5,07	0,63
		200 mm/dk	9,63	1,28	7,90	0,92	7,57	0,97
	T-54 mm	50 mm/dk	6,05	0,64	5,26	0,25	4,62	0,75
		100 mm/dk	7,44	0,44	6,99	0,56	6,03	0,49
		200 mm/dk	11,29	0,71	10,32	0,87	9,48	1,05

\bar{x} : Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma, R: Radyal yön, T: Teğet yön

Kesim yönü ve kalınlık, ilerleme hızı, aşındırıcı oranı ve su basıncı gibi kesme parametrelerinin kayın örneklerin Ra değeri üzerinde ki önemini belirlemek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 5.117’de verilmiştir.

Çizelge 5.117. Doğu kayınında Ra değerlerinin varyans analizi sonuçları.

Faktör	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	$P \leq 0,05$
Kesim yönü ve kalınlık (A)	5	781,214	156,243	174,3728	0,0000
İlerleme hızı (B)	2	1110,704	555,352	619,7935	0,0000
Aşındırıcı oranı (C)	2	115,282	57,641	64,3292	0,0000
Su basıncı (D)	1	28,755	28,755	32,0913	0,0000
Etkileşim (AB)	10	303,609	30,361	33,8839	0,0000
Etkileşim (AC)	10	21,080	2,108	2,3526	0,0097
Etkileşim (AD)	5	19,137	3,827	4,2716	0,0008
Etkileşim (BC)	4	19,864	4,966	5,5423	0,0002
Etkileşim (BD)	2	1,651	0,825	0,9213	Ns
Etkileşim (CD)	2	4,255	2,127	2,3742	Ns
Etkileşim (ABC)	20	33,565	1,678	1,8730	0,0117
Etkileşim (ABD)	10	87,110	8,711	9,7217	0,0000
Etkileşim (ACD)	10	6,742	0,674	0,7525	Ns
Etkileşim (BCD)	4	12,555	3,139	3,5030	0,0076
Etkileşim (ABCD)	20	19,685	0,984	1,0984	Ns
Hata	756	6777,397	0,896		
Toplam	863	3242,605			

*: 0,05’e göre önemli, Ns: Önemsiz

Varyans analizi sonucuna göre, sarıçam örneklerin Ra değeri üzerinde BD ve CD ikili etkileşimleri, ACD üçlü etkileşimi ve ABCD dördü etkileşimi önemsiz, diğer faktörler ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri önemli bulunmuştur ($P \leq 0,05$). Kesim yönü ve kalınlık, ilerleme hızı, aşındırıcı oranı ve su basıncı faktörleri düzeyinde, Ra değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları sırası ile Çizelge 5.118, Çizelge 5.119, Çizelge 5.120 ve Çizelge 5.121’de verilmiştir.

Çizelge 5.118. Kesim yönü ve kalınlık düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kesim yönü ve kalınlık	\bar{x}	HG
R-18 mm	5,67	E
R-36 mm	6,53	C
R-54 mm	8,01	A*
T-18 mm	5,27	F
T-36 mm	6,15	D
T-54 mm	7,41	B
LSD: $\pm 0,2190$		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Ra değeri, R: Radyal yön, T: Teğet yön

Çizelgeye göre; en yüksek Ra değeri, radyal yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (8,01 μm), en düşük ise teğet yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (5,27 μm) elde edilmiştir.

Çizelge 5.119. İlerleme hızı düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

İlerleme hızı	\bar{x}	HG
50 mm/dk	5,21	C
100 mm/dk	6,34	B
200 mm/dk	7,97	A*
LSD: $\pm 0,1549$		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Ra değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Ra değeri, 200 mm/dk ilerleme hızında (7,97 μm), en düşük ise 50 mm/dk ilerleme hızında (5,21 μm) elde edilmiştir.

Çizelge 5.120. Aşındırıcı oranı düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Aşındırıcı oranı	\bar{x}	HG
200 g/dk	6,98	A*
300 g/dk	6,46	B
450 g/dk	6,08	C
LSD: $\pm 0,1549$		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Ra değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Ra değeri, 200 g/dk aşındırıcı oranında (6,98 μm), en düşük ise 450 g/dk aşındırıcı oranında (6,08 μm) elde edilmiştir.

Çizelge 5.121. Su basıncı düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Su basıncı	\bar{x}	HG
3000 bar	6,32	B
3800 bar	6,69	A*
LSD: $\pm 0,1264$		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Ra değeri

Çizelgeye göre; Ra değeri, 3800 bar basınçta yüksek (6,69 μm), 3000 bar basınçta daha düşük (6,32 μm) bulunmuştur.

Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı ikili etkileşimi düzeyinde, Ra değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.122’de verilmiştir.

Çizelge 5.122. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı ikili etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kesim yönü ve kalınlık	İlerleme hızı					
	50 mm/dk		100 mm/dk		200 mm/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
R-18 mm	5,47	HI	5,63	GH	5,92	FG
R-36 mm	5,24	I	6,46	E	7,90	C
R-54 mm	5,89	FG	7,69	C	10,45	A*
T-18 mm	4,46	J	5,26	HI	6,10	EF
T-36 mm	4,79	J	5,94	FG	7,71	C
T-54 mm	5,42	HI	7,06	D	9,75	B
LSD: $\pm 0,3793$						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Ra değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Ra değeri, 200 mm/dk ilerleme hızında radyal yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (10,45 μm), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 50 mm/dk ilerleme hızında teğet yönde kesilen 18 mm ve 36 mm kalınlığındaki örneklerde (4,46 μm ve 4,79 μm) elde edilmiştir.

Kesim yönü ve kalınlık-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde, Ra değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.123’te verilmiştir.

Çizelge 5.123. Kesim yönü ve kalınlık-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kesim yönü ve kalınlık	Aşındırıcı oranı					
	200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
R-18 mm	5,82	HI	5,70	I	5,50	IJ
R-36 mm	6,99	E	6,44	FG	6,17	GH
R-54 mm	8,60	A*	7,87	BC	7,59	CD
T-18 mm	5,57	IJ	5,28	JK	4,97	K
T-36 mm	6,69	EF	6,11	GH	5,63	IJ
T-54 mm	8,17	B	7,38	D	6,67	EF
LSD: $\pm 0,3793$						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Ra değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Ra değeri, 200 g/dk aşındırıcı oranı ile radyal yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (8,60 μm), en düşük ise 450 g/dk aşındırıcı oranı ile teğet yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (4,97 μm) elde edilmiştir.

Kesim yönü ve kalınlık-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde, Ra değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.124'te verilmiştir.

Çizelge 5.124. Kesim yönü ve kalınlık-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kesim yönü ve kalınlık	Su basıncı			
	3000 bar		3800 bar	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
R-18 mm	5,26	F	6,09	E
R-36 mm	6,29	E	6,78	D
R-54 mm	7,71	B	8,31	A*
T-18 mm	5,29	F	5,25	F
T-36 mm	6,08	E	6,21	E
T-54 mm	7,32	C	7,50	BC
LSD: $\pm 0,3097$				

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Ra değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Ra değeri, 3800 bar su basıncı ile radyal yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (8,31 μm), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 3000 bar su basıncı ile radyal ve teğet yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (5,26 μm ve 5,29 μm) ve 3800 bar su basıncı ile teğet yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (5,25 μm) elde edilmiştir. İlerleme hızı-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde, Ra değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.125'te verilmiştir.

Çizelge 5.125. İlerleme hızı-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

İlerleme hızı	Aşındırıcı oranı					
	200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
50 mm/dk	5,47	G	5,12	H	5,04	H
100 mm/dk	6,79	D	6,39	E	5,83	F
200 mm/dk	8,66	A*	7,89	B	7,37	C
LSD: $\pm 0,2682$						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Ra değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Ra değeri, 200 g/dk aşındırıcı oranı ile 200 mm/dk ilerleme hızında kesilen örneklerde (8,66 μm), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 300 g/dk ve 450 g/dk aşındırıcı oranı ile 50 mm/dk ilerleme hızında kesilen örneklerde (5,12 μm ve 5,04 μm) elde edilmiştir.

Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-aşındırıcı oranı üçlü etkileşimi düzeyinde, Ra değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.126'da verilmiştir.

Çizelge 5.126. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-aşındırıcı oranı üçlü etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kesim yönü ve kalınlık	İlerleme hızı	Aşındırıcı oranı					
		200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
		\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
R-18 mm	50 mm/dk	5,69	O-U	5,36	S-W	5,35	S-X
	100 mm/dk	5,68	O-U	5,75	O-U	5,47	R-V
	200 mm/dk	6,10	M-R	6,01	N-S	5,67	O-U
R-36 mm	50 mm/dk	5,48	R-V	4,96	V-Z	5,28	T-Y
	100 mm/dk	6,72	I-M	6,49	I-N	6,18	L-Q
	200 mm/dk	8,79	CD	7,86	E	7,05	G-J
R-54 mm	50 mm/dk	6,03	N-R	5,91	N-T	5,74	O-U
	100 mm/dk	8,72	D	7,50	E-G	6,83	H-L
	200 mm/dk	11,05	A*	10,20	B	10,12	B
T-18 mm	50 mm/dk	4,56	Z	4,20	I	4,63	YZ
	100 mm/dk	5,85	N-U	5,22	U-Y	4,70	X-Z
	200 mm/dk	6,31	X-Z	6,40	J-N	5,57	Q-V
T-36 mm	50 mm/dk	5,22	Q-V	4,68	YZ	4,47	Z
	100 mm/dk	6,07	M-R	6,24	L-P	5,50	R-V
	200 mm/dk	8,78	CD	7,42	E-H	6,92	G-K
T-54 mm	50 mm/dk	5,87	N-U	5,59	P-V	4,80	W-Z
	100 mm/dk	7,19	EF	7,14	F-I	6,32	K-O
	200 mm/dk	10,93	A*	9,43	C	8,90	CD
LSD: $\pm 0,6570$							

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Ra değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Ra değeri, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 200 g/dk aşındırıcı oranı ile 200 mm/dk ilerleme hızında radyal ve teğet yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (11,05 μm ve 10,93 μm), en düşük ise 300 g/dk aşındırıcı oranı ile 50 mm/dk ilerleme hızında teğet yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (4,20 μm) elde edilmiştir.

Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde, Ra değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.127’de verilmiştir.

Çizelge 5.127. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Su basıncı	Kesim yönü ve kalınlık	İlerleme hızı					
		50 mm/dk		100 mm/dk		200 mm/dk	
		\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
3000 bar	R-18 mm	5,05	L-O	5,11	K-O	5,63	H-K
	R-36 mm	4,74	N-P	6,13	GH	8,01	CD
	R-54 mm	5,57	I-L	6,83	F	10,72	A*
	T-18 mm	4,64	OP	5,25	J-N	5,98	G-I
	T-36 mm	5,01	M-O	6,17	G	7,05	F
	T-54 mm	5,25	I-M	7,30	EF	9,14	B
3800 bar	R-18 mm	5,88	G-I	6,16	GH	6,22	G
	R-36 mm	5,74	G-J	6,80	F	7,79	DE
	R-54 mm	6,21	G	8,54	C	10,19	A*
	T-18 mm	4,28	P	5,27	J-N	6,21	G
	T-36 mm	4,57	OP	5,70	G-J	8,37	C
	T-54 mm	5,31	J-M	6,82	F	10,37	A*

LSD: $\pm 0,5364$

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Ra değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Ra değeri, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 200 mm/dk ilerleme hızında 3000 bar ve 3800 bar su basıncı ile radyal yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (10,72 μm ve 10,19 μm) ve 3800 bar su basıncı ile teğet yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (10,37 μm), en düşük ise 50 mm/dk ilerleme hızında 3800 bar su basıncı ile teğet yönde kesilen 36 mm kalınlığındaki örneklerde (4,28 μm) elde edilmiştir.

İlerleme hızı-aşındırıcı oranı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde, Ra değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.128’de verilmiştir.

Çizelge 5.128. İlerleme hızı-aşındırıcı oranı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Su basıncı	İlerleme hızı	Aşındırıcı oranı					
		200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
		\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
3000 bar	50 mm/dk	5,12	J	4,97	J	5,18	J
	100 mm/dk	6,50	E	6,28	EF	5,61	HI
	200 mm/dk	8,47	B	7,79	C	7,01	D
3800 bar	50 mm/dk	5,83	GH	5,26	IJ	4,91	J
	100 mm/dk	7,09	D	6,49	E	6,06	FG
	200 mm/dk	8,85	A*	7,98	C	7,74	C
LSD: $\pm 0,3793$							

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Ra değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Ra değeri, 200 g/dk aşındırıcı oranında 200 mm/dk ilerleme hızı ile 3800 bar su basıncında kesilen örneklerde (8,85 μm), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 200 g/dk, 300 g/dk ve 450 g/dk aşındırıcı oranında 50 mm/dk ilerleme hızı ile 3000 bar su basıncında kesilen örneklerde (5,12 μm , 3,97 μm ve 5,18 μm) ve 450 g/dk aşındırıcı oranında 50 mm/dk ilerleme hızı ile 3800 bar su basıncında kesilen örneklerde (4,91 μm) elde edilmiştir.

5.3.3. Sapsız Meşede Ra Değeri

Sapsız meşe örneklerin Ra değerlerinin aritmetik ortalamaları Çizelge 5.129'da verilmiştir.

Çizelge 5.129. Sapsız meşede Ra değerlerine ait aritmetik ortalamalar (μm).

Su basıncı	Kesim yönü ve kalınlık	İlerleme hızı	Aşındırıcı oranı					
			200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
			\bar{x}	St.S	\bar{x}	St.S	\bar{x}	St.S
3000 bar	R-18 mm	50 mm/dk	5,61	0,32	5,04	0,62	4,80	0,39
		100 mm/dk	5,91	0,74	5,75	0,98	5,30	0,83
		200 mm/dk	5,75	0,75	6,03	0,86	5,51	0,76
	R-36 mm	50 mm/dk	6,53	1,12	5,10	0,52	5,34	0,78
		100 mm/dk	6,75	1,16	7,08	0,89	6,30	0,76
		200 mm/dk	7,97	1,26	8,00	1,03	7,49	1,06
	R-54 mm	50 mm/dk	6,62	0,63	6,21	1,28	6,22	1,24
		100 mm/dk	9,03	0,83	9,14	1,06	6,61	0,39
		200 mm/dk	10,65	1,26	10,39	1,21	8,25	0,78
	T-18 mm	50 mm/dk	5,63	0,41	5,32	0,87	5,51	0,83
		100 mm/dk	6,27	0,47	6,19	0,78	5,59	0,58
		200 mm/dk	6,56	1,11	6,81	1,01	6,13	0,95
	T-36 mm	50 mm/dk	5,36	0,64	5,91	1,53	5,49	0,56
		100 mm/dk	7,15	1,19	6,94	0,89	6,26	0,61
		200 mm/dk	8,09	0,97	8,12	0,98	7,40	1,45
	T-54 mm	50 mm/dk	6,45	1,31	7,08	0,92	6,46	1,06
		100 mm/dk	9,57	0,90	10,00	0,88	8,80	0,64
		200 mm/dk	11,97	1,52	11,10	0,98	9,00	1,00
3800 bar	R-18 mm	50 mm/dk	5,90	1,02	5,35	1,06	5,15	0,97
		100 mm/dk	5,55	0,63	5,38	0,98	5,34	0,81
		200 mm/dk	5,90	0,63	5,82	0,67	6,00	0,89
	R-36 mm	50 mm/dk	5,47	0,61	5,15	0,45	4,75	0,32
		100 mm/dk	6,70	0,77	6,71	1,07	5,83	0,74
		200 mm/dk	7,54	0,94	7,77	0,81	7,21	0,56
	R-54 mm	50 mm/dk	6,79	0,96	6,03	0,64	5,91	0,89
		100 mm/dk	7,57	0,65	8,03	0,94	6,14	0,72
		200 mm/dk	9,56	0,77	9,43	0,70	9,04	0,60
	T-18 mm	50 mm/dk	5,26	1,05	4,80	0,79	5,56	1,22
		100 mm/dk	6,13	1,02	5,89	1,16	5,21	0,71
		200 mm/dk	6,59	0,70	6,52	1,54	5,42	0,67
	T-36 mm	50 mm/dk	5,08	1,00	5,97	0,92	6,80	0,88
		100 mm/dk	7,27	1,22	6,54	1,05	6,66	1,32
		200 mm/dk	9,06	1,24	7,84	1,28	7,74	0,90
	T-54 mm	50 mm/dk	6,42	1,27	6,46	0,61	7,11	0,76
		100 mm/dk	9,55	1,11	8,88	0,81	7,89	0,98
		200 mm/dk	14,14	1,19	12,23	1,77	10,97	0,74

\bar{x} : Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma, R: Radyal yön, T: Teğet yön

Kesim yönü ve kalınlık, ilerleme hızı, aşındırıcı oranı ve su basıncı gibi kesme parametrelerinin meşe örneklerin Ra değeri üzerinde ki önemini belirlemek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 5.130’da verilmiştir.

Çizelge 5.130. Sapsız meşede Ra değerlerinin varyans analizi sonuçları.

Faktör	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	P ≤ 0,05
Kesim yönü ve kalınlık (A)	5	1272,981	254,596	286,6223	0,0000
İlerleme hızı (B)	2	810,077	405,038	455,9889	0,0000
Aşındırıcı oranı (C)	2	87,524	43,762	49,2667	0,0000
Su basıncı (D)	1	1,532	1,532	1,7245	Ns
Etkileşim (AB)	10	301,915	30,192	33,9894	0,0000
Etkileşim (AC)	10	31,279	3,128	3,5214	0,0001
Etkileşim (AD)	5	23,337	4,667	5,2545	0,0001
Etkileşim (BC)	4	35,528	8,882	9,9993	0,0000
Etkileşim (BD)	2	13,486	6,743	7,5910	0,0005
Etkileşim (CD)	2	6,537	3,269	3,6799	0,0257
Etkileşim (ABC)	20	67,280	3,364	3,7872	0,0000
Etkileşim (ABD)	10	32,729	3,273	3,6846	0,0001
Etkileşim (ACD)	10	10,712	1,071	1,2059	Ns
Etkileşim (BCD)	4	2,208	0,552	0,6214	Ns
Etkileşim (ABCD)	20	16,530	0,827	0,9305	Ns
Hata	756	671,527	0,888		
Toplam	863	3385,181			

*: 0,05’e göre önemli, Ns: Önemsiz

Varyans analizi sonucuna göre, meşe örneklerin Ra değeri üzerinde D faktörü, ACD ve BCD üçlü etkileşimleri ve ABCD dördümlü etkileşimi önemsiz, diğer faktörler ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri önemli bulunmuştur ($P \leq 0,05$).

Kesim yönü ve kalınlık, ilerleme hızı, aşındırıcı oranı ve su basıncı faktörleri düzeyinde, Ra değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları sırası ile Çizelge 5.131, Çizelge 5.132 ve Çizelge 5.133’te verilmiştir.

Çizelge 5.131. Kesim yönü ve kalınlık düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kesim yönü ve kalınlık	\bar{x}	HG
R-18 mm	5,56	F
R-36 mm	6,54	D
R-54 mm	7,87	B
T-18 mm	5,86	E
T-36 mm	6,87	C
T-54 mm	9,12	A*
LSD: $\pm 0,2180$		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Ra değeri, R: Radyal yön, T: Teğet yön

Çizelgeye göre; en yüksek Ra değeri, teğet yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (9,12 μm), en düşük ise radyal yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (5,56 μm) elde edilmiştir.

Çizelge 5.132. İlerleme hızı düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

İlerleme hızı	\bar{x}	HG
50 mm/dk	5,80	C
100 mm/dk	6,94	B
200 mm/dk	8,17	A*
LSD: $\pm 0,1542$		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Ra değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Ra değeri, 200 mm/dk ilerleme hızında (8,17 μm), en düşük ise 50 mm/dk ilerleme hızında (5,80 μm) elde edilmiştir.

Çizelge 5.133. Aşındırıcı oranı düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Aşındırıcı oranı	\bar{x}	HG
200 g/dk	7,29	A*
300 g/dk	7,08	B
450 g/dk	6,53	C
LSD: $\pm 0,1542$		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Ra değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Ra değeri, 200 g/dk aşındırıcı oranında (7,29 μm), en düşük ise 450 g/dk aşındırıcı oranında (6,53 μm) elde edilmiştir. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı ikili etkileşimi düzeyinde, Ra değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.134'de verilmiştir.

Çizelge 5.134. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı ikili etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kesim yönü ve kalınlık	İlerleme hızı					
	50 mm/dk		100 mm/dk		200 mm/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
R-18 mm	5,31	I	5,54	HI	5,83	H
R-36 mm	5,39	I	6,56	FG	7,66	E
R-54 mm	6,30	G	7,75	DE	9,55	B
T-18 mm	5,35	I	5,88	H	6,34	G
T-36 mm	5,77	H	6,80	F	8,04	D
T-54 mm	6,66	FG	9,12	C	11,57	A*
LSD: $\pm 0,3776$						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Ra değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Ra değeri, 200 mm/dk ilerleme hızında teğet yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (11,57 μm), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 50 mm/dk ilerleme hızında radyal yönde kesilen 18 mm ve 36 mm kalınlığındaki örneklerde (5,31 μm ve 5,39 μm) ve 50 mm/dk ilerleme hızında teğet yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (5,35 μm) elde edilmiştir. Kesim yönü ve kalınlık-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde, Ra değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.135'te verilmiştir.

Çizelge 5.135. Kesim yönü ve kalınlık-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kesim yönü ve kalınlık	Aşındırıcı oranı					
	200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
R-18 mm	5,77	GH	5,56	HI	5,35	I
R-36 mm	6,83	DE	6,35	E	6,16	F
R-54 mm	8,37	C	8,21	C	7,03	D
T-18 mm	6,07	FG	5,92	F-H	5,57	HI
T-36 mm	7,00	DE	6,89	DE	6,73	DE
T-54 mm	9,68	A*	9,29	B	8,37	C
LSD: $\pm 0,3776$						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Ra değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Ra değeri, 200 g/dk aşındırıcı oranı ile teğet yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (9,68 μm ve 54,37 μm), en düşük ise 450 g/dk aşındırıcı oranı ile radyal yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (5,35 μm) elde edilmiştir. Kesim yönü ve kalınlık-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde, Ra değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.136'da verilmiştir.

Çizelge 5.136. Kesim yönü ve kalınlık-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kesim yönü ve kalınlık	Su basıncı			
	3000 bar		3800 bar	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
R-18 mm	5,52	H	5,60	H
R-36 mm	6,73	E	6,35	F
R-54 mm	8,13	C	7,61	D
T-18 mm	6,00	G	5,71	GH
T-36 mm	6,75	E	6,99	E
T-54 mm	8,94	B	9,30	A*
LSD: $\pm 0,3083$				

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Ra değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Ra değeri, 3800 bar su basıncı ile teğet yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (9,30 μm), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 3000 bar ve 3800 bar su basıncı ile radyal yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (5,52 μm ve 5,60 μm) elde edilmiştir. İlerleme hızı-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde, Ra değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.137’de verilmiştir.

Çizelge 5.137. İlerleme hızı-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

İlerleme hızı	Aşındırıcı oranı					
	200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
50 mm/dk	5,93	F	5,70	F	5,76	F
100 mm/dk	7,29	CD	7,21	D	6,33	E
200 mm/dk	8,65	A*	8,34	B	7,51	C
LSD: $\pm 0,2670$						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Ra değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Ra değeri, 200 g/dk aşındırıcı oranı ile 200 mm/dk ilerleme hızında kesilen örneklerde (8,65 μm), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 200 g/dk, 300 g/dk ve 450 g/dk aşındırıcı oranı ile 50 mm/dk ilerleme hızında kesilen örneklerde (5,93 μm , 5,70 μm ve 5,76 μm) elde edilmiştir. İlerleme hızı-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde, Ra değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.138’de verilmiştir.

Çizelge 5.138. İlerleme hızı-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Su basıncı	İlerleme hızı					
	50 mm/dk		100 mm/dk		200 mm/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
3000 bar	5,82	D	7,15	B	8,07	A*
3800 bar	5,77	D	6,74	C	8,27	A*
LSD: $\pm 0,2180$						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Ra değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Ra değeri, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 200 mm/dk ilerleme hızı ile 3000 bar ve 3800 bar su basıncında kesilen örneklerde (8,07 μm ve 8,27 μm), en düşük ise 50 mm/dk ilerleme hızı ile 3000 bar ve 3800 bar su basıncında kesilen örneklerde (5,82 μm ve 5,77 μm) elde edilmiştir.

Aşındırıcı oranı-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde, Ra değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.139’da verilmiştir.

Çizelge 5.139. Aşındırıcı oranı-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Su basıncı	Aşındırıcı oranı					
	200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
3000 bar	7,32	A*	7,23	A*	6,47	C
3800 bar	7,25	A*	6,93	B	6,60	C
LSD: $\pm 0,2180$						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Ra değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Ra değeri, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 200 g/dk ve 300 g/dk aşındırıcı oranı ile 3000 bar su basıncında kesilen örneklerde (7,32 μm ve 7,23 μm) ve 200 g/dk aşındırıcı oranı ile 3800 bar su basıncında kesilen örneklerde (7,25 μm), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 450 g/dk aşındırıcı oranı ile 3000 bar ve 3800 bar su basıncında kesilen örneklerde (6,47 μm ve 6,60 μm) elde edilmiştir.

Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-aşındırıcı oranı üçlü etkileşimi düzeyinde, Ra değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.140’da verilmiştir.

Çizelge 5.140. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-aşındırıcı oranı üçlü etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kesim yönü ve kalınlık	İlerleme hızı	Aşındırıcı oranı					
		200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
		\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
R-18 mm	50 mm/dk	5,76	S-Z	5,19	YZ	4,97	[
	100 mm/dk	5,73	S-Z	5,56	T-Z	5,32	X-Z
	200 mm/dk	5,82	R-Y	5,92	Q-X	5,75	S-Z
R-36 mm	50 mm/dk	6,00	Q-W	5,12	Z	5,05	[
	100 mm/dk	6,73	J-N	6,90	J-L	6,06	O-V
	200 mm/dk	7,75	G-I	7,88	GH	7,35	H-J
R-54 mm	50 mm/dk	6,70	J-O	6,12	N-U	6,06	O-V
	100 mm/dk	8,30	E-G	8,58	EF	6,38	L-S
	200 mm/dk	10,11	C	9,91	CD	8,65	E
T-18 mm	50 mm/dk	5,44	V-Z	5,06	[5,54	U-Z
	100 mm/dk	6,20	M-T	6,04	P-W	5,40	W-Z
	200 mm/dk	6,57	K-Q	6,67	K-P	5,78	S-Y

Çizelge 5.140. (devamı). Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-aşındırıcı oranı üçlü etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

T-36 mm	50 mm/dk	5,22	YZ	5,94	Q-X	6,15	M-U
	100 mm/dk	7,21	I-K	6,74	J-N	6,46	L-R
	200 mm/dk	8,57	EF	7,98	F-H	7,57	HI
T-54 mm	50 mm/dk	6,44	L-R	6,77	J-N	6,79	J-M
	100 mm/dk	9,56	CD	9,44	D	8,34	E-G
	200 mm/dk	13,06	A*	11,66	B	9,99	CD
LSD: $\pm 0,6540$							

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Ra değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Ra değeri, 200 g/dk aşındırıcı oranı ile 200 mm/dk ilerleme hızında teğet yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (13,06 μm), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 450 g/dk aşındırıcı oranı ile 50 mm/dk ilerleme hızında radyal yönde kesilen 18 mm ve 36 mm kalınlığındaki örneklerde (33,13 μm) ve 300 g/dk aşındırıcı oranı ile 50 mm/dk ilerleme hızında teğet yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (5,06 μm) elde edilmiştir.

Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde, Ra değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.141'de verilmiştir.

Çizelge 5.141. Kesim yönü ve kalınlık-ilerleme hızı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Su basıncı	Kesim yönü ve kalınlık	İlerleme hızı					
		50 mm/dk		100 mm/dk		200 mm/dk	
		\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
3000 bar	R-18 mm	5,15	Q	5,65	N-Q	5,76	M-P
	R-36 mm	5,65	N-Q	6,71	IJ	7,82	EF
	R-54 mm	6,35	I-L	8,26	DE	9,67	C
	T-18 mm	5,49	O-Q	6,01	K-N	6,50	I-K
	T-36 mm	5,59	O-Q	6,78	HI	7,87	EF
	T-54 mm	6,66	IJ	9,46	C	10,69	B
3800 bar	R-18 mm	5,46	PQ	5,42	PQ	5,90	L-P
	R-36 mm	5,12	Q	6,41	I-L	7,51	FG
	R-54 mm	6,24	J-M	7,25	GH	9,34	C
	T-18 mm	5,20	Q	5,74	M-P	6,18	J-N
	T-36 mm	5,95	L-P	6,82	HI	8,21	E
	T-54 mm	6,66	IJ	8,77	D	12,45	A*
LSD: $\pm 0,5340$							

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Ra değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Ra değeri, 200 mm/dk ilerleme hızında 3800 bar su basıncı ile teğet yönde kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (12,45 μm), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 50 mm/dk ilerleme hızında; 3000 bar su basıncı ile radyal yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (5,15 μm), 3800 bar su basıncı ile radyal yönde kesilen 36 mm kalınlığındaki örneklerde (5,12 μm) ve 3800 bar su basıncı ile teğet yönde kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (5,20 μm) elde edilmiştir.

5.3.4. Orta Yoğunluklu Lif Levhada (MDF) Ra Değeri

MDF örneklerin Ra değerlerinin aritmetik ortalamaları Çizelge 5.142’de verilmiştir.

Çizelge 5.142. MDF örneklerde Ra değerlerine ait aritmetik ortalamalar (μm).

Su basıncı	Kalınlık	İlerleme hızı	Aşındırıcı oranı					
			200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
			\bar{x}	St.S	\bar{x}	St.S	\bar{x}	St.S
3000 bar	18 mm	50 mm/dk	8,86	1,23	8,24	1,03	8,60	0,71
		100 mm/dk	9,15	0,47	8,96	0,64	8,95	0,56
		200 mm/dk	10,06	0,94	9,78	0,46	9,55	0,40
	36 mm	50 mm/dk	9,19	0,91	8,28	1,00	8,94	0,89
		100 mm/dk	8,99	0,98	9,23	0,96	9,20	0,92
		200 mm/dk	11,95	0,69	11,58	0,82	10,14	1,36
	54 mm	50 mm/dk	9,41	0,92	9,38	0,49	10,10	0,87
		100 mm/dk	10,70	0,63	10,46	0,53	9,60	1,30
		200 mm/dk	13,60	0,83	14,21	0,62	10,79	0,72
3800 bar	18 mm	50 mm/dk	8,62	0,82	7,97	0,75	8,42	0,41
		100 mm/dk	8,44	0,70	8,22	0,57	9,07	0,29
		200 mm/dk	9,20	0,52	9,06	0,82	9,68	1,21
	36 mm	50 mm/dk	8,71	1,16	8,03	0,85	8,47	0,81
		100 mm/dk	8,55	0,50	8,37	0,80	9,09	0,47
		200 mm/dk	10,32	0,61	10,15	0,71	10,46	0,63
	54 mm	50 mm/dk	9,47	0,79	8,83	0,96	9,71	0,58
		100 mm/dk	10,02	0,48	9,54	0,42	9,99	0,30
		200 mm/dk	13,01	0,55	13,72	0,64	11,04	0,88

\bar{x} : Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma

Kalınlık, ilerleme hızı, aşındırıcı oranı ve su basıncı gibi kesme parametrelerinin MDF örneklerin Ra değeri üzerinde ki önemini belirlemek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 5.143’te verilmiştir.

Çizelge 5.143. MDF örneklerde Ra değerlerinin varyans analizi sonuçları.

Faktör	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	P ≤ 0,05
Kalınlık (A)	2	255,129	127,565	208,2756	0,0000
İlerleme hızı (B)	2	383,872	191,936	313,3745	0,0000
Aşındırıcı oranı (C)	2	9,487	4,744	7,7449	0,0005
Su basıncı (D)	1	20,328	20,328	33,1891	0,0000
Etkileşim (AB)	4	67,054	16,763	27,3698	0,0000
Etkileşim (AC)	4	18,920	4,730	7,7229	0,0000
Etkileşim (AD)	2	1,423	0,711	1,1614	Ns
Etkileşim (BC)	4	42,000	10,500	17,1432	0,0000
Etkileşim (BD)	2	1,145	0,573	0,9349	Ns
Etkileşim (CD)	2	10,576	5,288	8,6336	0,0002
Etkileşim (ABC)	8	37,384	4,673	7,6296	0,0000
Etkileşim (ABD)	4	1,276	0,319	0,5208	Ns
Etkileşim (ACD)	4	0,403	0,101	0,1643	Ns
Etkileşim (BCD)	4	7,094	1,774	2,8957	0,0220
Etkileşim (ABCD)	8	2,920	0,365	0,5959	Ns
Hata	378	231,518	0,612		
Toplam	431	1090,527			

*: 0,05'e göre önemli, Ns: Önemsiz

Varyans analizi sonucuna göre, MDF örneklerin Ra değeri üzerinde AD ve BD ikili etkileşimleri, ABD ve ACD üçlü etkileşimleri ile ABCD dördümlü etkileşimi önemsiz, diğer faktörler ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri önemli bulunmuştur ($P \leq 0,05$).

Kalınlık, ilerleme hızı, aşındırıcı oranı ve su basıncı faktörleri düzeyinde, Ra değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları sırası ile Çizelge 5.144, Çizelge 5.145, Çizelge 5.146 ve Çizelge 5.147'de verilmiştir.

Çizelge 5.144. Kalınlık düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kalınlık	\bar{x}	HG
18 mm	8,85	C
36 mm	9,25	B
54 mm	11,02	A*
LSD: $\pm 0,1813$		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Ra değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Ra değeri, 54 mm kalınlığındaki örneklerde (11,02 μm), en düşük ise 18 mm kalınlığındaki örneklerde (8,85 μm) elde edilmiştir.

Çizelge 5.145. İlerleme hızı düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

İlerleme hızı	\bar{x}	HG
50 mm/dk	8,85	C
100 mm/dk	9,25	B
200 mm/dk	11,02	A*
LSD: $\pm 0,1813$		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Ra değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Ra değeri, 200 mm/dk ilerleme hızında (11,02 μm), en düşük ise 50 mm/dk ilerleme hızında (8,85 μm) elde edilmiştir.

Çizelge 5.146. Aşındırıcı oranı düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Aşındırıcı oranı	\bar{x}	HG
200 g/dk	9,90	A*
300 g/dk	9,67	B
450 g/dk	9,55	B
LSD: $\pm 0,1813$		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Ra değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Ra değeri, 200 g/dk aşındırıcı oranında (9,90 μm), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 300 g/dk ve 450 g/dk aşındırıcı oranında (9,67 μm ve 9,55 μm) elde edilmiştir.

Çizelge 5.147. Su basıncı düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Su basıncı	\bar{x}	HG
3000 bar	9,92	A*
3800 bar	9,49	B
LSD: $\pm 0,1480$		

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Ra değeri

Çizelgeye göre; Ra değeri, 3000 bar basınçta yüksek (9,92 μm), 3800 bar basınçta daha düşük (9,49 μm) bulunmuştur.

Kalınlık-ilerleme hızı ikili etkileşimi düzeyinde, Ra değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.148'de verilmiştir.

Çizelge 5.148. Kalınlık-ilerleme hızı ikili etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kalınlık	İlerleme hızı					
	50 mm/dk		100 mm/dk		200 mm/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
18 mm	8,45	F	8,80	E	9,55	D
36 mm	8,60	EF	8,91	E	10,77	B
54 mm	9,48	D	10,05	C	12,73	A*
LSD: $\pm 0,3140$						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Ra değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Ra değeri, 200 mm/dk ilerleme hızında kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (12,73 μm), en düşük ise 50 mm/dk ilerleme hızında kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (8,45 μm) elde edilmiştir.

Kalınlık-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde, Ra değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.149'da verilmiştir.

Çizelge 5.149. Kalınlık-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kalınlık	Aşındırıcı oranı					
	200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
18 mm	9,05	E	8,70	F	9,04	E
36 mm	9,62	C	9,27	DE	9,39	CD
54 mm	11,04	A*	11,02	A*	10,21	B
LSD: $\pm 0,3140$						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Ra değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Ra değeri, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 200 g/dk ve 300 g/dk aşındırıcı oranı ile kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (11,04 μm ve 11,02 μm), en düşük ise 300 g/dk aşındırıcı oranı ile kesilen 18 mm kalınlığındaki örneklerde (8,70 μm) elde edilmiştir.

İlerleme hızı-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde, Ra değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.150'de verilmiştir.

Çizelge 5.150. İlerleme hızı-aşındırıcı oranı ikili etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

İlerleme hızı	Aşındırıcı oranı					
	200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
50 mm/dk	9,04	C	8,45	D	9,04	C
100 mm/dk	9,31	C	9,13	C	9,32	C
200 mm/dk	11,36	A*	11,42	A*	10,28	B
LSD: $\pm 0,3140$						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Ra değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Ra değeri, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 200 g/dk ve 300 g/dk aşındırıcı oranı ile 200 mm/dk ilerleme hızında kesilen örneklerde (11,36 μm ve 11,42 μm), en düşük ise 300 g/dk aşındırıcı oranı ile 50 mm/dk ilerleme hızında kesilen örneklerde (8,45 μm) elde edilmiştir.

Aşındırıcı oranı-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde, Ra değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.151’de verilmiştir.

Çizelge 5.151. Aşındırıcı oranı-su basıncı ikili etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Su basıncı	Aşındırıcı oranı					
	200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
3000 bar	10,21	A*	10,01	A*	9,54	BC
3800 bar	9,59	B	9,32	C	9,55	BC
LSD: $\pm 0,2564$						

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Ra değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Ra değeri, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 200 g/dk ve 300 g/dk aşındırıcı oranı ile 3000 bar su basıncında kesilen örneklerde (10,21 μm ve 10,01 μm), en düşük ise 300 g/dk aşındırıcı oranı ile 3800 bar su basıncında kesilen örneklerde (9,32 μm) elde edilmiştir.

Kalınlık-ilerleme hızı-aşındırıcı oranı üçlü etkileşimi düzeyinde, Ra değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.152’de verilmiştir.

Çizelge 5.152. Kalınlık-ilerleme hızı-aşındırıcı oranı üçlü etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Kalınlık	İlerleme hızı	Aşındırıcı oranı					
		200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
		\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
18 mm	50 mm/dk	8,74	K-M	8,11	N	8,51	M-N
	100 mm/dk	8,79	K-M	8,59	L-N	9,01	J-M
	200 mm/dk	9,63	G-I	9,42	H-J	9,62	G-I
36 mm	50 mm/dk	8,95	J-M	8,16	N	8,71	K-M
	100 mm/dk	8,77	K-M	8,80	K-M	9,15	I-K
	200 mm/dk	11,14	C	10,87	CD	10,30	EF
54 mm	50 mm/dk	9,44	H-J	9,10	I-L	9,90	E-H
	100 mm/dk	10,36	DE	10,00	E-G	9,80	F-H
	200 mm/dk	13,31	B	13,96	A*	10,92	C
LSD: $\pm 0,5438$							

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Ra değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Ra değeri, 300 g/dk aşındırıcı oranı ile 200 mm/dk ilerleme hızında kesilen 54 mm kalınlığındaki örneklerde (13,96 μm), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 300 g/dk aşındırıcı oranı ile 50 mm/dk ilerleme hızında kesilen 18 mm ve 36 mm kalınlığındaki örneklerde (8,11 μm ve 8,16 μm) elde edilmiştir.

İlerleme hızı-aşındırıcı oranı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde, Ra değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5.153'te verilmiştir.

Çizelge 5.153. İlerleme hızı-aşındırıcı oranı-su basıncı üçlü etkileşimi düzeyinde Ra değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Su basıncı	İlerleme hızı	Aşındırıcı oranı					
		200 g/dk		300 g/dk		450 g/dk	
		\bar{x}	HG	\bar{x}	HG	\bar{x}	HG
3000 bar	50 mm/dk	9,15	E-H	8,63	IJ	9,21	D-G
	100 mm/dk	9,61	D	9,55	DE	9,25	D-G
	200 mm/dk	11,87	A*	11,85	A*	10,16	C
3800 bar	50 mm/dk	8,93	G-I	8,28	J	8,87	G-I
	100 mm/dk	9,02	F-I	8,71	H-J	9,38	D-F
	200 mm/dk	10,85	B	10,98	B	10,39	C
LSD: $\pm 0,4440$							

\bar{x} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, *: En yüksek Ra değeri

Çizelgeye göre; en yüksek Ra değeri, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 200 g/dk ve 300 g/dk aşındırıcı oranında 200 mm/dk ilerleme hızı ile 3000 bar su basıncında kesilen örneklerde (11,87 μm ve 11,85 μm), en düşük ise 300 g/dk aşındırıcı oranında 50 mm/dk ilerleme hızı ile 3800 bar su basıncında kesilen örneklerde (8,28 μm) elde edilmiştir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, Aşındırıcı Su Jeti (ASJ) ile farklı işleme parametrelerinde kesilmiş olan ahşap ve ahşap esaslı malzemelerin yüzey pürüzlülük özellikleri araştırılmış ve sonuçlara ilişkin sayısal veriler elde edilmiştir. Elde edilen verilerin ışığında varılan sonuçlar yorumlanmış ve uygulamaya yönelik önerilerde bulunulmuştur.

6.1. ON NOKTA PÜRÜZLÜLÜĞÜ ORTALAMASI (Rz)

Ağaç malzeme örneklerinin Rz değeri üzerine kesim yönü ve malzeme kalınlığının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Kesim yönü düzeyinde; sarıçam ve meşe için teğet yönde kesilen örneklerde, kayın için ise radyal yönde kesilen örneklerde Rz değeri daha yüksek tespit edilmiştir. Ağaç malzemelerin yüzey tekstürü ile anatomik yapılarının sonuçlar üzerinde etkili olduğu söylenebilir. Malzeme kalınlığı düzeyinde; en düşük Rz değeri, 18 mm kalınlığındaki örneklerde (sarıçam=39,15 μm , kayın=30,07 μm , meşe=32,10 μm , MDF=51,86 μm), en yüksek ise 54 mm kalınlığındaki örneklerde (sarıçam=53,26 μm , kayın=44,49 μm , meşe=51,92 μm , MDF=62,08 μm) belirlenmiştir. Ağaç malzeme ve MDF örneklerde, malzeme kalınlığı artışına paralel olarak Rz değeri de artış göstermiştir. 18 mm'ye göre 54 mm kalınlığındaki sarıçam, kayın, meşe ve MDF örneklerin Rz değerleri sırası ile %36, %48, %62 ve %20 artmıştır. Kalınlık artışına bağlı olarak Rz değerlerinde meydana gelen bu artışlar, meme ucundan çıkan aşındırıcı katkılı suyun, bu noktadan uzaklaştıkça daha geniş bir alana dağılmasından ve böylece su jetinin temas ettiği yüzeylerde birim alana uygulayacağı aşındırma etkisinin azalmasından kaynaklanmış olabilir. Önceki bir çalışmada, ASJ ile kesilen yüzeylerde, jet huzmesinin ilk temas ettiği üst bölgede daha iyi yüzey özelliklerinin elde edildiği ve kesme derinliğindeki artış sonucu alt bölgelerde paralel çizgiler biçiminde eğrisel izlerin meydana geldiği ve yüzey özelliklerinin bozulduğu belirtilmiştir. Ayrıca, malzeme kalınlığındaki artışa bağlı olarak, yüzeyde eğrisel izler şeklinde oluşan dalgalanmaların derinliğinin arttığı ifade edilmiştir [80].

Çalışmada kullanılan ağaç malzeme ve MDF örneklerinin Rz değeri üzerine, ASJ makinesi ilerleme hızının etkisi önemli bulunmuştur. Tüm örneklerde en yüksek Rz değerleri 200 mm/dk ilerleme hızında (sarıçam=53,36 µm, kayın=44,22 µm, meşe=46,48 µm, MDF=63,63 µm), en düşük ise 50 mm/dk ilerleme hızında (sarıçam=37,35 µm, kayın=29,49 µm, meşe=33,21 µm, MDF=51,64 µm) tespit edilmiştir. ASJ ilerleme hızı artışına bağlı olarak örneklerin Rz değerleri de artış göstermiştir. 50 mm/dk ilerleme hızına göre, 200 mm/dk ilerleme hızında kesilen sarıçam, kayın, meşe ve MDF örneklerin Rz değerleri sırası ile %43, %50, %40 ve %23 artmıştır. Rz değerlerindeki bu artışlar, ASJ ilerleme hızı artışına bağlı olarak kesme işlemine maruz kalan birim alana etki eden aşındırıcı oranının azalması ile açıklanabilir. Literatürde, ASJ ilerleme hızı ile kesme performansı arasındaki ilişkinin en temel haliyle kesilecek malzemenin aşındırma/kesme etkisine maruz kalma süresi olarak ifade edilebileceği bildirilmiştir [6], [81]. Sade su jeti ile kesilmiş masif ahşap malzemelerin yüzey pürüzlülüğünün araştırıldığı çalışmada, SJ ilerleme hızının artışı ile yüzey pürüzlülüğünün de arttığı ifade edilmiştir [60]. Ayrıca, ASJ ile kesilen farklı malzemelere yönelik yapılan çalışmalarda da, ilerleme hızı artışına bağlı olarak yüzey pürüzlülük değerlerinin arttığı bildirilmiştir [1], [6], [7], [12], [81], [82].

Tüm örneklerin Rz değeri üzerinde, basınçlı su içerisine eklenen aşındırıcı oranının etkisi önemli bulunmuştur. Ağaç malzeme ve MDF örneklerinde en yüksek Rz değerleri 200 g/dk aşındırıcı oranında (sarıçam=45,80 µm, kayın=38,93 µm, meşe=41,21 µm, MDF=57,56 µm), en düşük ise 450 g/dk aşındırıcı oranında (sarıçam=42,78 µm, kayın=34,28 µm, meşe=37,65 µm, MDF=54,76 µm) belirlenmiştir. Su içerisine eklenen aşındırıcı oranı artışına bağlı olarak tüm örneklerin Rz değeri azalmıştır. 200 g/dk aşındırıcı oranına göre, 450 g/dk aşındırıcı oranı ile kesilen sarıçam, kayın, meşe ve MDF örneklerin Rz değerleri sırası ile %7, %12, %9 ve %5 oranında azalmıştır. Aşındırıcı oranındaki artış sonucu, kesilen malzeme yüzeylerinde birim alana düşen aşındırıcı miktarının artmasının ve bu duruma bağlı olarak kesme veriminin de artmasının sonuçlar üzerinde etkili olduğu söylenebilir. Farklı bir çalışmada, ASJ ile kesim işleminde aşındırıcı oranının artırılmasının veya ilerleme hızının düşürülmesinin kesilen birim yüzeye çarpacak tane sayısını arttırdığı ve daha kaliteli bir yüzeyin elde edilmesine imkan sağladığı vurgulanmıştır [6].

Ağaç malzeme ve MDF örneklerinin Rz değeri üzerine, su basıncı faktörünün etkisi önemli bulunmuştur. Sarıçam, meşe ve MDF örneklerde Rz değeri, 3000 bar basınçta yüksek (sarıçam=45,35 μm , meşe=40,18 μm , MDF=57,41 μm), 3800 bar basınçta daha düşük (sarıçam=43,36 μm , meşe=39,33 μm , MDF=54,94 μm) olarak tespit edilmiştir. Kayın örneklerde ise Rz değeri, 3800 bar basınçta yüksek (37,67 μm), 3000 bar basınçta daha düşük (35,31 μm) çıkmıştır. Su basıncı artışına bağlı olarak, kayın örnekler dışındaki diğer tüm örneklerde Rz değeri azalmıştır. 3000 bar su basıncına göre, 3800 bar su basıncı uygulanarak kesimi yapılan sarıçam, meşe ve MDF örneklerin Rz değerleri sırası ile %4, %2 ve %4 oranında azalmıştır. Kayın örneklerde ise uygulanan su basıncı artışı ile Rz pürüzlülük değeri artış göstermiştir. 3000 bar su basıncına göre, 3800 bar su basıncında kesilen kayın örneklerin Rz değeri ortalama %7 artmıştır.

6.2. ARİTMETİK ORTALAMA SAPMALARIN KAREKÖKÜ (Rq)

Çalışmada kullanılan ağaç malzemelerin Rq değeri üzerinde kesim yönü (radyal veya teğet) ve malzeme kalınlığının etkisi önemli bulunmuştur. Kesim yönü olarak; sarıçam ve meşe için teğet yönde kesilen örneklerde, kayın için ise radyal yönde kesilen örneklerde Rq değeri daha yüksek çıkmıştır. Malzeme kalınlığı olarak; ağaç malzeme ve MDF örneklerin Rq değeri, en düşük 18 mm hazırlanan örneklerde (sarıçam=8,69 μm , kayın=6,59 μm , meşe=6,92 μm , MDF=11,06 μm), en yüksek 54 mm hazırlanan örneklerde (sarıçam=12,02 μm , kayın=10,00 μm , meşe=11,34 μm , MDF=13,29 μm) tespit edilmiştir. ASJ ile kesilen ağaç malzeme ve MDF örneklerde, malzeme kalınlığı artışına paralel olarak Rq değerleri de artmıştır. 18 mm'ye göre 54 mm kalınlıkta hazırlanan sarıçam, kayın, meşe ve MDF örneklerin Rq değeri sırası ile %38, %52, %64 ve %20 oranında artış göstermiştir.

Ağaç malzeme ve MDF örneklerinin Rq değeri üzerinde, ASJ makinesi ilerleme hızının etkisi istatistiksel olarak önemlidir. Tüm örneklerde Rq değerleri en yüksek 200 mm/dk ilerleme hızında (sarıçam=12,17 μm , kayın=9,94 μm , meşe=10,15 μm , MDF=13,63 μm), en düşük ise 50 mm/dk ilerleme hızında (sarıçam=8,31 μm , kayın=6,15 μm , meşe=7,21 μm , MDF=10,97 μm) tespit edilmiştir. ASJ makinesi ilerleme hızı artışına bağlı olarak örneklerin Rq değerleri de artış göstermiştir. 50 mm/dk ilerleme hızına göre, 200 mm/dk ilerleme hızında kesilen sarıçam, kayın, meşe ve MDF örneklerin Rq değerleri sırası ile %46, %62, %41 ve %24 oranında artmıştır.

Ağaç malzeme ve MDF örneklerinin Rq değeri üzerine, su içerisine eklenen aşındırıcı oranın etkisi önemli bulunmuştur. Ağaç malzemelerde Rq değerleri en yüksek 200 g/dk aşındırıcı oranında (sarıçam=10,33 μm , kayın=8,71 μm , meşe=9,05 μm), en düşük ise 450 g/dk aşındırıcı oranında (sarıçam=9,67 μm , kayın=7,60 μm , meşe=8,13 μm) belirlenmiştir. MDF örneklerde ise, Rq değeri en yüksek 200 g/dk aşındırıcı oranında (12,28 μm), en düşük ise aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsiz olmak üzere 300 g/dk ve 450 g/dk aşındırıcı oranında (11,94 μm ve 11,78 μm) tespit edilmiştir. Basınçlı su içerisine eklenen aşındırıcı oranındaki artışa bağlı olarak tüm örneklerin Rq değeri azalmıştır. 200 g/dk aşındırıcı oranına göre, 450 g/dk aşındırıcı oranında kesilen sarıçam, kayın, meşe ve MDF örneklerin Rq değerleri sırası ile %7, %15, %11 ve %4 oranında azalmıştır.

Sarıçam, kayın ve MDF örneklerin Rq değeri üzerine, su basıncı faktörünün etkisi önemli bulunmuştur. Meşe örneklerde ise, Rq değeri üzerine su basıncının etkisi istatistiksel olarak önemsizdir. Sarıçam, meşe ve MDF örneklerde Rq değeri 3000 bar basınçta yüksek (sarıçam=10,23 μm , meşe=8,72 μm , MDF=12,27 μm), 3800 bar basınçta daha düşük (sarıçam=9,73 μm , meşe=8,61 μm , MDF=11,73 μm) tespit edilmiştir. Kayın örneklerde ise Rq değeri 3800 bar basınçta yüksek (8,35 μm), 3000 bar basınçta daha düşük (7,90 μm) belirlenmiştir. Su basıncındaki artışa bağlı olarak, kayın örnekler dışındaki diğer tüm örneklerde Rq değeri azalmıştır. 3000 bar su basıncına göre, 3800 bar su basıncında kesilen sarıçam, meşe ve MDF örneklerin Rq değeri sırası ile %5, %1 ve %4 oranında azalmıştır. Kayın örneklerde ise su basıncındaki artış Rq değerinin bir miktar artmasına neden olmuştur. 3000 bar su basıncına göre, 3800 bar su basıncında kesilen kayın örneklerin Rq değeri ortalama %6 artmıştır.

6.3. ORTALAMA PÜRÜZLÜLÜK (Ra)

Araştırmada kullanılan tüm ağaç malzemelerin Ra değeri üzerinde kesim yönü (radyal veya teğet) ve malzeme kalınlığının etkisi önemli bulunmuştur. Kesim yönü olarak; sarıçam ve meşe için teğet yönde kesilen örneklerde, kayın için ise radyal yönde kesilen örneklerde Ra değeri daha yüksek elde edilmiştir. Sonuçlar üzerinde, ağaç malzemelerin doğal anatomik yapıları ve yüzey tekstürünün etkili olduğu söylenebilir. Literatürde, ağaç malzemelerin yüzey pürüzlülüğünün birinci derecede anatomik yapıya, ikinci derecede ise odunun işlenmesinde kullanılan makine, işleme parametreleri, işleme yöntemleri ve rutubet gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterdiği belirtilmiştir [47], [83]. Ayrıca,

ağaç malzeme işleme yönünün yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkili olduğu ve teğet kesitin radyal kesite göre genellikle daha düzgün yüzeyler verdiği bildirilmiştir [84]-[86].

Malzeme kalınlığı olarak; MDF ve ağaç malzemelerde en düşük Ra değeri, 18 mm kalınlıkta (sarıçam=7,02 μm , kayın=5,67 μm , meşe=5,86 μm , MDF=8,93 μm), en yüksek ise 54 mm kalınlıkta (sarıçam=9,75 μm , kayın=8,01 μm , meşe=9,12 μm , MDF=10,75 μm) bulunmuştur. ASJ ile kesilen masif ahşap ve MDF örneklerde, malzeme kalınlığının artmasına bağlı olarak Ra değeri de artmıştır. 18 mm'ye göre 54 mm'de hazırlanan sarıçam, kayın, meşe ve MDF örneklerin Ra değeri sırası ile %39, %41, %56 ve %20 artış göstermiştir. Ra değerlerindeki bu artışlar, su jeti nozulundan çıkan yüksek basınçlı su ve aşındırıcı taneciklerin, nozul ucundan uzaklaştıkça daha geniş bir açı oluşturmasından ve daha düzensiz yayılmasından kaynaklanmış olabilir. Ayrıca malzeme yüzeyine çarpan aşındırıcı katkılı yüksek basınçlı suyun zamanla şiddetini kaybetmiş olması da sonuçlar üzerinde etkili olabilir. Önceki çalışmalarda, su jeti hızının örneğe girdiği noktadan itibaren derinliği arttıkça sapma miktarında artış gösterdiği, bu duruma bağlı olarak kesilen örnek kalınlığının artmasıyla yüzeyde oluşan pürüzlülüğün dalgalılığa/çizgisel izlere dönüştüğü bildirilmiştir [80], [81]. Ayrıca, ASJ ile kesmede süreç içerisinde aşındırıcı taneciklerin keskinliğinin ve su jeti basıncının kayıplara uğramasının daha pürüzlü yüzeyi kaçınılmaz bir sonuç olarak ortaya çıkardığı ifade edilmiştir [80], [87].

MDF ve ağaç malzemelerin Ra değeri üzerinde, kesim işlemleri esnasındaki ASJ makinesi ilerleme hızının etkisi önemli bulunmuştur. Tüm örneklerde en yüksek Ra değerleri 200 mm/dk ilerleme hızında (sarıçam=9,85 μm , kayın=7,97 μm , meşe=8,17 μm , MDF=11,02 μm), en düşük ise 50 mm/dk ilerleme hızında (sarıçam=6,71 μm , kayın=5,21 μm , meşe=5,80 μm , MDF=8,85 μm) elde edilmiştir. İlerleme hızı artışına bağlı olarak ölçülen Ra değerleri de artış göstermiştir. 50 mm/dk ilerleme hızına göre, 200 mm/dk ilerleme hızında kesilen sarıçam, kayın, meşe ve MDF örneklerin Ra değerleri sırası ile %47, %53, %41 ve %25 artmıştır. Ra değerlerinde meydana gelen artışların, ASJ ilerleme hızı arttıkça birim yüzeye temas eden basınçlı su ve aşındırıcı oranının azalması ve buna bağlı olarak kesim işlemlerinin zorlaşmasından kaynaklandığı söylenebilir. Literatürde; ASJ ile kesmede ilerleme hızının malzemenin aşındırma/kesme etkisine maruz kaldığı süre olarak tanımlanmıştır. İlerleme hızının azalması malzeme üzerindeki bir noktanın daha uzun süre su jeti etkisinde kalması anlamına geldiği, böylelikle kesilen yüzeyde birim hacme düşen aşındırıcı partikül sayısının arttığı, buna bağlı olarak da kesme aşınma bölgesinin genişlediği ve geriden gelen aşındırıcıların daha

önceki aşamalarda kabaca kesilen kısımları düzelterek yüzey pürüzlülük kalitesini arttırdığı belirtilmiştir [81], [82], [88].

Tüm örneklerin Ra değeri üzerinde, basınçlı su içerisine eklenen aşındırıcı oranının etkisi önemli bulunmuştur. Masif ahşap örneklerde en yüksek Ra değerleri 200 g/dk aşındırıcı oranında (sarıçam=8,37 μm , kayın=6,98 μm , meşe=7,29 μm), en düşük ise 450 g/dk aşındırıcı oranında (sarıçam=7,83 μm , kayın=6,08 μm , meşe=6,53 μm) elde edilmiştir. MDF örneklerde ise en yüksek Ra değerleri yine 200 g/dk aşındırıcı oranında (9,90 μm), en düşük ise aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsiz olmak üzere 300 g/dk ve 450 g/dk aşındırıcı oranında (9,67 μm ve 9,55 μm) tespit edilmiştir. Basınçlı su içerisine eklenen aşındırıcı oranındaki artışa bağlı olarak tüm örneklerin Ra değeri azalmış ve buna bağlı olarak örneklerin yüzey düzgünlüğü artmıştır. 200 g/dk aşındırıcı oranına göre, 450 g/dk aşındırıcı oranında kesilen sarıçam, kayın, meşe ve MDF örneklerin Ra değeri sırası ile %6, %13, %10 ve %4 azalmıştır. Aşındırıcı oranındaki artış sonucu, malzeme kesiminde suyun etkisinin azalarak aşındırıcı taneciklerin etkisinin artmasının Ra değerlerinin düşmesinde rol oynadığı söylenebilir. Ayrıca birim yüzeye düşen aşındırıcı oranının artması ile kesim esnasında malzeme yüzeyinde meydana gelen lif kopmaları ve deformasyonların daha az gerçekleşmiş olması sonuçları etkilemiş olabilir. Önceki bir çalışmada, ASJ ile kesim esnasında artan aşındırıcı oranının birim alana temas edecek aşındırıcı partiküllerin artması anlamına geldiği, böylece yüzeyde oluşacak pürüzlülük ya da dalgalılığın azalmasının beklenen bir durum olduğu ifade edilmiştir [81]. Farklı bir çalışmada, ASJ ile kesilmiş MDF levhaların yüzey pürüzlülüğü üzerine ilerleme hızı, aşındırıcı akış oranı ve malzeme kalınlığı etkisinin önemsiz olduğu belirtilmiştir [64]. Sarıçam, kayın ve MDF örneklerin Ra değeri üzerinde, kesim işlemleri esnasındaki su basıncının etkisi önemli bulunmuştur. Meşe örneklerde ise, Ra değeri üzerine su basıncının etkisi istatistiksel olarak önemsizdir. Sarıçam, meşe ve MDF örneklerde Ra değeri 3000 bar basınçta yüksek (sarıçam=8,28 μm , meşe=7,01 μm , MDF=9,92 μm), 3800 bar basınçta daha düşük (sarıçam=7,87 μm , meşe=6,93 μm , MDF=9,49 μm) elde edilmiştir. Kayın örneklerde ise Ra değeri 3800 bar basınçta yüksek (6,69 μm), 3000 bar basınçta daha düşük (6,32 μm) belirlenmiştir. Su basıncındaki artışa bağlı olarak, kayın örnekler dışındaki diğer tüm örneklerde Ra değeri azalmış ve daha düzgün yüzeyler elde edilmiştir. 3000 bar su basıncına göre, 3800 bar su basıncında kesilen sarıçam, meşe ve MDF örneklerin Ra değeri sırası ile %5, %1 ve %4 azalmıştır.

Kayın örneklerde ise su basıncındaki artış Ra pürüzlülük değerinin bir miktar artmasına neden olmuştur. 3000 bar su basıncına göre, 3800 bar su basıncında kesilen kayın örneklerin Ra değeri ortalama %6 artmıştır.

Örneklerin Ra değeri üzerine (meşe örnekler hariç) su basıncı faktörünün etkisi istatistiksel olarak önemli olmasına rağmen, 3000 ve 3800 bar su basıncı ile kesilen örneklerin Ra değerlerinde birbirine yakın sonuçlar tespit edilmiştir. Bu duruma bağlı olarak, su basıncındaki farklılaşmanın örneklerin Ra değerinde çok belirgin bir değişime sebep olmadığı söylenebilir. ASJ ile kesilmiş farklı malzemelere yönelik yapılan çalışmalarda, su jeti basıncının malzeme yüzey pürüzlülüğünden çok, yüzeyde oluşan çiziklik ya da dalgalılık üzerinde daha etkin olduğunu, çalışma basıncı artışına bağlı olarak, yüzeydeki dalgalılık oranının arttığı ancak, yüzey pürüzlülüğü üzerin de belirgin bir değişime neden olmadığı rapor edilmiştir [81], [89].

MDF ve ağaç malzemelerin yüzey pürüzlülük değerleri malzeme kalınlığı artışına bağlı olarak artış göstermiştir. Özellikle 54 mm kalınlığında hazırlanan bazı örneklerin alt bölgelerinde ASJ ile kesim işlemi sonrası dalgalı ve düzensiz bir yüzey oluşmuştur. Bu bağlamda, ASJ yöntemi ile kesilecek ahşap ve ahşap esaslı malzemelerde daha düzgün yüzeyler elde edebilmek için malzeme kalınlığı faktörünün dikkate alınması önerilebilir.

ASJ ile kesme işleminde su jeti ilerleme hızı artışına bağlı olarak tüm örneklerde pürüzlülük değerleri artmış ve yüzey düzgünlüğü azalmıştır. Buna göre, daha düzgün yüzeyler elde edebilmek için kesim-maliyet faktörü de göz önünde tutularak daha düşük ilerleme hızları (50 mm/dk gibi) tercih edilebilir.

ASJ ile kesme esnasında aşındırıcı oranındaki artışa bağlı olarak örneklerin pürüzlülük değerleri azalmış ve daha düzgün yüzeyler elde edilmiştir. Buna göre, ASJ ile kesmede aşındırıcı besleme oranı yüksek tutularak (350 gr/dk ve 450 gr/dk gibi) ahşap ve ahşap esaslı malzemelerin yüzey kalitesi arttırılabilir.

ASJ ile kesmede uygulanan su basıncındaki artış genel olarak örneklerin yüzey pürüzlülük özelliklerini iyileştirme eğilimindedir. Ancak yüzey özelliklerinde çok belirgin bir değişim gözlenmemiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde, MDF ve ağaç malzemelerin yüzey pürüzlülük özellikleri üzerinde malzeme kalınlığı ve ASJ ilerleme hızı etkisinin birinci derecede öneme sahip olduğu, aşındırıcı oranı ve su jeti basıncı etkisinin ise daha az öneme sahip olduğu söylenebilir.

ASJ sisteminde kesilen malzemelerin suya maruz kalmasından dolayı özellikle ahşap ve ahşap esaslı malzemelerde meydana gelebilecek deformasyonları engellemek veya en aza indirmek için bu tür malzemelerin işleme süresinin minimum düzeyde tutulması önerilebilir. Ayrıca, ASJ sisteminde yüksek su basıncı uygulamalarından dolayı iç kesim yapılan örneklerde (özellikle MDF örnekler) katmanlar-lifler arasında kopmalar meydana gelmektedir. Bu durumu önlemek için, kesim işlemine başlanacak bölgeye klavuz bir delik açılması önerilebilir.

7. KAYNAKLAR

- [1] T. Saraçyakupoğlu. “Aşındırıcı su jeti ile kesmede malzeme, basınç, ilerleme hızı ve su jeti çapının yüzey kalitesine etkisinin analizi,” Doktora tezi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye, 2012.
- [2] J. Bao, “Study of abrasive waterjet nozzle materials and plasma transferred arc welding coatings,” Ph. D. dissertation, Materials Science and Engineering, University of Missouri, Rolla, USA, 2004.
- [3] A. Akkurt, “Su jeti ile kesme sistemleri ve uygulama alanlarının değerlendirilmesi,” *Politek Dergisi*, c. 7, s. 2, ss. 129–139, 2004.
- [4] A. Akkurt, “Ticari saf alüminyum ve Al-6061 alüminyum alaşımı malzemelerin aşındırıcı su jeti ile kesilmesi uygulamalarında kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi,” *Politek Dergisi*, c. 8, s. 1, ss. 69-79, 2005.
- [5] M. Wakuda, Y. Yamauchi, and S. Kanzaki, “Material response to particle impact during abrasive jet machining of alumina ceramics,” *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 132, no. 1–3, pp. 177–183, 2003.
- [6] İ. Karakurt, “Aşındırıcı su jeti kesme sistemlerinin kayaç kesme performanslarının araştırılması,” Yüksek Lisans tezi, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, 2007.
- [7] A. Hasçalık, U. Çaydaş, and H. Gürün, “Effect of traverse speed on abrasive waterjet machining of Ti-6Al-4V alloy,” *Materials and Design*, vol. 28, pp. 1953–1957, 2007.
- [8] İ. Karakurt, “Aşındırıcı su jeti ile kayaç kesmede parametrik değişimlerin ve malzeme dokusal özelliklerinin kesme performansı üzerindeki etkilerinin araştırılması,” Doktora tezi, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, 2011.
- [9] F. Kartal, “A1s1 1050 çeliğinin aşındırıcı su jeti ile tornalanmasında farklı parametrelerin talaş kaldırma oranı ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerinin incelenmesi,” Doktora tezi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye, 2015.
- [10] H. Sevil Ergür, “Aşındırıcı su jetinin teorik analizi ve yapay sinir ağı yöntemiyle modellenmesi,” Doktora tezi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye, 2007.
- [11] M. Hashish, “Characteristics of surfaces machined with abrasive waterjets,” *Journal of Engineering Materials and Technology*, vol. 113, pp.354-362, 1991.
- [12] A. Aksu, “Almg3/Sicp kompozit malzemelerin aşındırıcı su jeti ile kesilmesinde kesme parametrelerinin yüzey kalitesine etkisinin incelenmesi,” Yüksek Lisans tezi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Trakya Üniversitesi, Edirne, Türkiye, 2012.

- [13] A. Kuni, "Su jeti ile kesme makinesinin yoğunlaştırıcı tasarımı," Yüksek Lisans tezi, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, 2008.
- [14] G. Çoşansu, "Aşındırıcılı su jeti ile kesmede kolemanit tozunun aşındırıcı olarak kullanılmasının deneysel incelenmesi," Yüksek Lisans tezi, Makine Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2010.
- [15] CT Kesme teknolojileri. (2017, 12, Haziran). *Aşındırıcı maliyetleri*. (Online). Erişim: <http://www.c-t.com.tr/sujeti-makine>
- [16] A. Akkurt, "Aşındırıcılı Su Jeti Uygulamaları Ve Üretimde Yoğun Kullanıma Sahip Malzemelerin Delinmesi," *Trakya Üniversitesi Journal Of Natural Sciences*, c. 7, s. 2, ss. 161–169, 2006.
- [17] S. Yazıcıoğlu, ve O. Yalçınkaya, "Endüstride aşındırıcılı su jeti tasarımları," *Türk Mühendis ve Mimar Odalar Birliği, Mühendis ve Makine Dergisi*, s. 522, 2003.
- [18] H. Louis and G. Meier, "Methods of process control for abrasive water jets," *Proceedings of the 6th American Water Jet Conference Water Jet Technical Association St. Louis*, pp. 427–437, 1991.
- [19] A. Akkurt, "Çeşitli malzemelerinin aşındırıcı su jeti ile kesilmesinde yüzey özellikleri, sertlik ve mikroyapı değişimlerinin farklı kesme yöntemleriyle karşılaştırılmalı olarak incelenmesi," Doktora tezi, Makine Eğitim Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2002.
- [20] *Geometrik Mamul Özellikleri (GMÖ), Yüzey Yapısı: Profil Metodu-Terimler, Tarifler ve Yüzey Yapısı Parametreleri*, Türk Standardlar Enstitüsü TS6956, 2004.
- [21] E. İltar, C. Çamlıyurt, ve Ö. D. Balkiz, "Uludağ göknarı (*Abies bornmülleriana* Mattf.) odununun yüzey pürüzlülük değerlerinin belirlenmesi üzerine araştırmalar," İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınlar, Türkiye, Rap. 281, 2002.
- [22] İ. Aydın, "Çeşitli ağaç türlerinden elde edilen kaplamaların ıslanabilme yeteneği ve yapışma direnci üzerine bazı üretim şartlarının etkileri," Doktora tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Karadeniz Teknik Üniversitesi Trabzon, Türkiye, 2004.
- [23] H. Efe ve L. Gürleyen, "Rendeleme İşleminde kesiş yönü, kesici sayısı ve devir sayısının bazı ağaç malzemelerin yüzey düzgünlüğüne etkileri," *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, c. 7, s. 1, 2007.
- [24] J. W. Funck, J. B. Forrer, D. A. Butler, C. C. Brunner, and A. G. Maristany, "Measuring surface roughness on wood: a comparison of laser-scatter and stylus-tracing approaches," *Industrial Applications of Optical Inspection Metrology and Sensing*, vol. 1821, pp. 173–185, 1993.
- [25] H. Efe, S. Demirci, ve Y. Kılıç, "Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) odununun rendelenmesinde kesiş yönü, bıçak sayısı, besleme hızı ve kesme derinliğinin yüzey düzgünlüğüne etkisi," *Gazi Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, c. 3, s. 1, ss. 77–87, 2003.
- [26] D. Bajić, B. Lela, and D. Živković, "Modeling of machined surface roughness and optimization of cutting parameters in face milling," *Metalurgija*, vol. 47, no. 4, pp. 331–334, 2008.

- [27] Ü. Karagöz, “Ahşap malzemenin Cnc ile işlenmesinde yüzey kalitesini etkileyen işleme parametrelerinin belirlenmesi,” Yüksek Lisans tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye, 2010.
- [28] G. Aydın ve İ. Çolakoğlu, “Odun yüzeylerinde pürüzlülük ve pürüzlülük ölçüm yöntemleri,” *Kafkas Üniversitesi Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, c. 4, ss.92–102, 2003.
- [29] M. L. Smith, “The analysis of surface texture using photometric stereo acquisition and gradient space domain mapping,” *Image and Vision Computing*, vol. 17, no. 14, pp. 1009–1019, 1999.
- [30] L. Gurau, H. Mansfield-Williams, and M. Irle, “Processing roughness of sanded wood surfaces,” *Holz als Roh-und Werkstoff*, vol. 63, no. 1, pp. 43–52, 2005.
- [31] *Teknik resim yüzey durumlarının gösterilmesi metodu*, Türk Standardlar Enstitüsü, TS2040, TSEN10049, 1999.
- [32] S.-301Mitutoyo. (2018,15, Temmuz), *Yüzey Prüzlülüğü Ölçüm Cihazı*, (Online). Erişim:[https://shop.mitutoyo.eu/web/mitutoyo/tr/mitutoyo/1292249267209/Surfte%20SJ-301/\\$catalogue/mitutoyoData/PR/178-952-4D/index.xhtml](https://shop.mitutoyo.eu/web/mitutoyo/tr/mitutoyo/1292249267209/Surfte%20SJ-301/$catalogue/mitutoyoData/PR/178-952-4D/index.xhtml).
- [33] S. Hızıroğlu, “Surface roughness analysis of wood composites,” *A Stylus Method. Forest Products Journal*, vol. 46, pp.67-72, 1996.
- [34] R. L. Lemaster and F. C. Beal, “The use of dual sensors to measure surface roughness of wood-based composites,” in *Proceedings of the Ninth International Symposium on Nondestructive Testing of Wood. Madison, WI: Forest Products Society*, pp. 123–130, 1993.
- [35] T. V. Vorburger, H.-G. Rhee, T. B. Renegar, J.-F. Song, and A. Zheng, “Comparison of optical and stylus methods for measurement of surface texture,” *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 33, no. 1–2, pp. 110–118, 2007.
- [36] D. Whitehouse, “Surfaces Finish Measurement,” *Surfaces Their Measurement*, London, Britain: Hermes Penton Ltd. Science, 2002, ch. 6, pp. 158–165.
- [37] A. Kurtoğlu, “Odunun işleme özellikleri,” *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, c. 31, s. 2, ss. 179–199, 1981.
- [38] C. L. Coelho, L. M. H. Carvalho, J. M. Martins, C. A. V. Costa, D. Masson, and P. J. Méausoone, “Method for evaluating the influence of wood machining conditions on the objective characterization and subjective perception of a finished surface,” *Wood Science and Technology*, vol. 42, pp. 181–195, 2008.
- [39] E. Magoss, “General regularities of wood surface roughness,” *Acta Silvatica Lignaria Hungarica Magoss*, vol. 4, no. 4, pp. 81–93, 2008.
- [40] A. Malkoçoğlu and T. Özdemir, “The machining properties of some hardwoods and softwoods naturally grown in Eastern Black Sea Region of Turkey,” *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 173, no. 3, pp. 315–320, 2006.
- [41] A. Malkoçoğlu, “Machining properties and surface roughness of various wood species planed in different conditions,” *Building and Environment*, vol. 42, no. 7, pp. 2562–2567, 2007.

- [42] T. Sadoh and K. Nakato, "Surface properties of wood in physical and sensory aspects," *Wood Science and Technology*, vol. 21, no. 2, pp. 111–120, 1987.
- [43] I. Usta, S. Demirci, and Y. Kilic, "Comparison of surface roughness of Locust acacia (*Robinia pseudoacacia* L.) and European oak (*Quercus petraea* (Mattu.) Lieble.) in terms of the preparative process by planing," *Building and Environmen*, vol. 42, no. 8, pp. 2988–2992, 2007.
- [44] P. G. Benardos and G. C. Vosniakos, "Prediction of surface roughness in CNC face milling using neural networks and Taguchi's design of experiments," *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 18, no. 5–6, pp. 343–354, 2002.
- [45] J. P. Davim, V. C. Clemente, and S. Silva, "Surface roughness aspects in milling MDF (medium density fibreboard)," *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 40, no. 1–2, pp. 49–55, 2009.
- [46] P. H. Mitchell and R. L. Lemaster, "Investigation of machine parameters on the surface quality in routing soft maple," *Forest Products Journal;Madison*, vol. 52, no. 6, p. 85, 2002.
- [47] S. Tiryaki, "Odunun İşlenmesinde Yüzey pürüzlülüğü üzerine etkili faktörler," *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, c. 15, ss. 176–182, 2014.
- [48] A. Sönmez ve C. Söğütlü, "Biçme işleminde kesiş yönü ve daire testere dış sayısının ağaç malzeme yüzey pürüzlülüğüne etkisi," *Politek Dergisi*, c. 12, s. 1, ss. 55–6055, 2009.
- [49] N. Erdin ve Y. Bozkurt, "Odunun mikroskopik ve makroskopik yapısı," *Odun Anatomisi Ders Kitabı*, 5. baskı, İstanbul, Türkiye: Dilek Matbası, 2000, böl. 466, ss. 404-592.
- [50] N. Erdin ve Y. Bozkurt, "İğne yapraklı ve yapraklı ağaç odunlarında tanım özellikleri (Odun Anatomisi II)," İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Türkiye, Rap. 3907, 1995.
- [51] R. Anşin, C. Z. Özkan, G. Abay, and Ö. Eminağaoğlu, "New floristic records from AS," *Karadeniz Teknik Üniverstesi Ot Sistemik Botanik Dergisi*, c. 4, ss. 95–98, 1997.
- [52] H. Örs ve Y. Keskin, "Odunun Mikroskopik Yapısı," *Ağaç Malzeme Bilgisi*, 1. Baskı. İstanbul, Türkiye: Atlas Yayıncılık, 2001, böl. 3, ss. 150-165.
- [53] T. Akbulut, "Dünya'da ve Türkiye'de MDF endüstrisinin genel durumu," *Laminart Mobilya Dekorasyon Sanat Tasarım Dergisi*, c. 3, pp. 60–79, 1999.
- [54] T. Gedik, "Orta yoğunlukta lif levha (MDF) üretiminde kalite kontrol," Yüksek Lisans tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, 2005.
- [55] N. Ayrılmis, "The effect of tree species on technological properties of MDF," Yüksek Lisans tezi, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2000.
- [56] Z. Candan, "Bazı üretim değişkenlerinin MDF'nin dikey yoğunluk profili ve teknolojik özellikleri üzerine etkisi," Yüksek Lisans tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2007.

- [57] A. Bozkurt, "Odun Anatomisi, "İstanbul Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Türkiye, Rap. 3652, 1992.
- [58] H.Eroglu, Lif Levha Endüstrisi, *Ders Notları*, Trabzon Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, 1994.
- [59] R. Kovacevic, R. Mohan, and Y. M. Zhang, "Cutting force dynamics as a tool for surface profile monitoring in AWJ," *Journal of Engineering For Industry*, vol. 117, no. 3, pp. 340–350, 1995.
- [60] K. Gerencsér and L. Bejó, "Investigations into the cutting of solid wood," *Wood Research*, vol. 52, no. 2, pp. 57–64, 2007.
- [61] Š. Barčík, M. Kvietková, R. Kminiak, and P. Aláč, "Optimization of cutting process of medium density fibreboards by the abrasive water-jet," *Drvna Industrija*, vol. 62, no. 4, pp. 263-268, 2011.
- [62] M. Kvietková, "Topography of material made by the application of abrasive water jet technology," *Journal Of Forest Science*, vol. 60, no. 8, pp. 318–323, 2014.
- [63] R. Kminiak and M. Gaff, "Fabrication Of Structural Joinery Items Of Solid Wood By The Mean Of Abrasive Water Jet Method," *Wood Research*, vol. 59, no. 3, pp. 499–508, 2014.
- [64] M. Kvietková, Š. Barčík, J. Bomba, and P. Aláč, "Impact of chosen parameters on surface undulation during the cutting of agglomerated materials with an abrasive water jet," *Drewno*, vol. 57, no. 191, 2014.
- [65] R. Li, M. Ekevad, X. Guo, J. Ding, and P. Cao, "Effect of pressure, feed rate, and abrasive mass flow rate on water jet cutting," *Bioresources*, vol. 10, no.1, pp. 499-509, 2015.
- [66] M. HutYROVÁ, Z., Ščučka, J., Hloch, S., Hlaváček, P., Zelenák, "Turning of wood plastic composites by water jet and abrasive water jet," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 84, no. 5-8, pp.1615-1623, 2016.
- [67] S. İnal, "Aşındırıcı katkılı su jeti ile kesmede çalışma parametreleri ve kayaç özelliklerinin kesme kalitesi üzerindeki etkilerinin araştırılması," Yüksek Lisans tezi, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, 2011.
- [68] O. Hızıroglu and S. Suchsland, "Evaluation of surface texture of woodcomposites,"In: Proc. of the 4th. Annual GMI industry Symposium. GMI Engineering and Management Institute. Flint, Michhigan, pp. 55-61,1993.
- [69] İ. Baykan, "Rendelenmiş ve zımparalanmış masif ağaç malzeme yüzeylerinde yüzey pürüzlülüklerine ilişkin araştırmalar," Doktora tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Karadeniz Teknik Üniversitesi , Trabzon, Türkiye, 1996.
- [70] A. Gürtekin, "Ağaç işleri kesme ve ilerleme hızının ahşap yüzey kalitesine etkisi," Yüksek Lisans tezi, Mobilya Dekorasyon Bölümü Anabilim dalı, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, Türkiye, 1996.
- [71] Ü. Dereli, "Kızılçam (Pinus brutta ten) ve orta yoğunluklu lif levhalarda (MDF) yüzey pürüzlülüğünün tayini üzerine araştırmalar," Yüksek Lisans tezi, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 1997.

- [72] L. Gürleyen, "Mobilyada kullanılan masif ağaç malzemelerde yüzey düzgünlüğünün karşılaştırılması," Yüksek Lisans tezi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 1998.
- [73] M. Budakçı, A. C. İlçe, D. S. Korkut, and T. Gurleyen, "Evaluating the surface roughness of heat-treated wood cut with different circular saws," *BioResources*, vol. 6, no. 4, pp. 4247–4258, 2011.
- [74] M. Budakçı, A. C. İlçe, T. Gürleyen, and M. Utar, "Determination of the surface roughness of heat-treated wood materials planed by the cutters of a horizontal milling machine," *BioResources*, vol. 8, no. 3, pp. 3189–3199, 2013.
- [75] *Odunda fiziksel ve mekaniksel deneyler için numune alma metotları ve genel özellikleri*, Türk Standardlar Enstitüsü TS2470, 1976.
- [76] *Odunda, fiziksel ve mekaniksel deneyler için rutubet miktarı tayini*, Türk Standardlar Enstitüsü TS2471, 1976.
- [77] *Geometrik mamul özellikleri (gmö) - Yüzey yapısı: Profil metodu - Temas uçlu (iğneli) ölçme cihazlarının anma karakteristikleri*, Türk Standardlar Enstitüsü TS2495, 2005.
- [78] *Mamulün geometrik özellikleri (gps)- Yüzey yapısı: Profil metodu-Yüzey yapısının değerlendirilmesi için kurallar ve işlemler*, Türk Standardlar Enstitüsü TS6212, 1999.
- [79] S. Korkut, "Kereste üretiminde yüzey kalitesinin iyileştirilmesi üzerine araştırmalar," Yüksek Lisans tezi, Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 1999.
- [80] A. Akkurt, "Aşındırıcılı su jeti uygulamaları ve üretimde yoğun kullanıma sahip malzemelerin delinmesi," *Trakya Üniversitesi Journal of Engineering Science*, c. 7, s. 2, ss. 161–169, 2006.
- [81] I. Karakurt, G. Aydın, ve K. Aydiner, "Aşındırıcılı su jeti ile kesmede kesme parametrelerinin granit yüzey pürüzlülüğüne etkisi," *Hacettepe Üniversitesi Yerbilim Uygulama ve Araştırma Merkez Dergisi*, c. 31, s. 2, ss. 99–110, 2010.
- [82] K. M. Külekçi and A. Akkurt, "Aşındırıcılı su jeti ile kesilerek elde edilen yüzey kalitesinin değerlendirilmesi," *Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilim Dergisi*, c. 5, s. 2, ss. 13–24, 2001.
- [83] R. Sieminski and A. Skarzynska, "Surface roughness of different species of wood after sanding," *Forest Product Journal*, vol. 32, pp. 98–107, 1989.
- [84] Y. Örs ve L. Gürleyen, "Effect of the cutting direction, number of cutter and cutter type to surface smoothness on wood material for planning," *Gazi University Technical Education Faculty Polytechnic Journal*, c. 5, s. 4, ss. 335–339, 2002.
- [85] S. Örs ve Y. Demirci, "Akasya (*Robinia pseudoacacia* L.) ve meşe (*Qercus petraea* L.) odunlarında yüzey düzgünlüğüne kesiş yönü ve zımparalamanın etkisi," *Politeknik Dergisi*, c. 6, s. 2, ss. 491-495, 2003.
- [86] C. Söğütlü, "Bazı yerli ağaç türlerinin künde-kari yapımında kullanım imkânları," Doktora tezi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2004.

- [87] L. Ohlsson, "The theory and practice of abrasive water jet cutting," Ph. D. dissertation, Division of Materials Processing, Lulea University of Technology, Lulea, Sweden, 1995.
- [88] D. Chen, M. Sarumi, S. T. S. Al-Hassani, S. Gan, and Z. Yin, "A model for erosion at normal impact," *Wear*, vol. 205, no. 1–2, pp. 32–39, 1997.
- [89] P. H. Shipway, G. Fowler, and I. R. Pashby, "Characteristics of the surface of a titanium alloy following milling with abrasive waterjets," *Wear*, vol. 258, no. 1–4, pp. 123–132, 2005.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Özkan YAMAN
Doğum Tarihi ve Yeri : 10.06.1984 Sivas / Gürün
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : yaman_58_2@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği	Düzce Üniversitesi	2018
Lisans	Mobilya ve Dekorasyon Öğretmenliği	Abant İzzet Baysal Üniversitesi	2007
Lise	Mobilya ve Dekorasyon	Atatürk End. Mes. Lisesi / Ümraniye	2001

YAYINLAR

Yaman Ö., Pelit H., “Aşındırıcı su jeti ile kesilmiş lif levhanın (mdf) yüzey pürüzlülüğüne işleme parametrelerinin etkisi,” 3. *Uluslararası Mühendislik Mimarlık ve Tasarım Kongresi*, ss. 288-289, 2018.