



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**BAZI YERLİ AĞAÇ TÜRÜ ODUNLARININ İŞLENME
ÖZELLİKLERİNİN YÜZEY KALİTESİ ÜZERİNE
ETKİLERİ**

**Orm. End.Yük. Müh. S. Dünder SOFUOĞLU
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Orman Endüstrisi Makinaları ve İşletme Programı**

**Danışman
Prof. Dr. Ahmet KURTOĞLU**

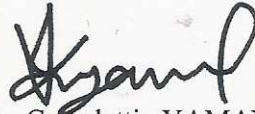
Temmuz, 2008

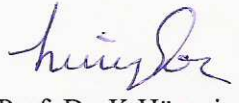
İSTANBUL

Bu çalışma 09/07/2008 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Orman Endüstrisi Makinaları ve İşletme Programı'nda Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

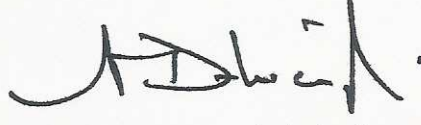
Tez Jürisi


Prof. Dr. Ahmet KURTOĞLU
(Danışman)
İstanbul Üniversitesi


Prof. Dr. Cemalettin YAMAN
Yıldız Teknik Üniversitesi


Prof. Dr. K.Hüseyin KOÇ
İstanbul Üniversitesi


Prof. Dr. Ömer SARAÇOĞLU
İstanbul Üniversitesi


Prof. Dr. Adnan DİKİCİOĞLU
İstanbul Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

“Bazı Yerli Ağaç Türü Odunlarının İşlenme Özelliklerinin Yüzey Kalitesi Üzerine Etkileri” adlı bu çalışma, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Endüstrisi Makinaları ve İşletme Programı’nda Doktora tezi olarak hazırlanmıştır.

Tüm akademik çalışmalarında ve doktora tezi konu seçimi, planlanması, çalışmanın yönlendirilmesi ve değerlendirilmesinde ilgisini esirgemeyen, fikir ve tavsiyelerinden yararlandığım danışman hocam sayın Prof. Dr. Ahmet KURTOĞLU’na en içten dileklerle teşekkür ederim.

Araştırmanın yürütülmesi esnasında bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım hocalarım sayın Prof. Dr. Ramazan KANTAY, sayın Prof. Dr. K. Hüseyin KOÇ, sayın Prof. Dr. Cemalettin YAMAN, sayın Prof. Dr. Nusret AS, sayın Prof. Dr. Ercan TANRITANIR, sayın Prof. Dr. Ömer SARAÇOĞLU, sayın Doç. Dr. Abdülkadir MALKOÇOĞLU, sayın Doç. Dr. Tuncer DİLİK ve sayın Yrd. Doç. Dr. Ersel YILMAZ’ a en içten dileklerle teşekkür ederim.

Çalışmamın çeşitli aşamalarında emeği geçen M. Özgür KUŞCUOĞLU’na en içten dileklerle teşekkür ederim. Yardımlarını esirgemeyen çalışma arkadaşlarım Dr. Emine Seda ERDİNLER, N. Müge GÜNGÖR, Emel ÖZTÜRK ve tüm çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Çalışmamda çeşitli alet ve makine kullanım olanaklarını sağlamalarından dolayı İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Uygulama aşamasında bazı ölçüm cihazlarının ve gereçlerinin kullanımındaki yardımlarından dolayı Odun Mekaniği ve Teknolojisi Anabilim Dalı ve ağaç türlerinin incelemesindeki yardımlarından dolayı Orman Biyolojisi ve Odun Koruma Teknolojisi Anabilim Dalı personeline, Dumlupınar Üniversitesi Simav Teknik Eğitim Fakültesi, Kartal Şehit Öğretmen Hüseyin Ağırman Anadolu Teknik Lise ve Endüstri Meslek Lisesi, Sultanahmet Endüstri Meslek Lisesi, Haydarpaşa Endüstri Meslek Lisesi Mobilya ve Ahşap Teknolojileri alanı çalışanlarına teşekkür ederim.

Tüm yaşantımda olduğu gibi, öğrenim hayatım boyunca da bana daima destek olan AİLEME minnet ve şükranlarımı sunarım. Tez çalışmam süresince manevi desteği ile beni teşvik eden eşime teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmanın, orman ürünleri ve mobilya endüstrisinde çalışan bilim insanlarına ve sanayicilere yararlı olmasını dilerim.

Temmuz 2008, İstanbul

Sait Dündar SOFUOĞLU

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER	II
ŞEKİL LİSTESİ.....	VI
TABLO LİSTESİ	XI
SEMBOL LİSTESİ	XIV
KISALTMALAR	XIV
ÖZET.....	XV
SUMMARY	XVII
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR	6
2.1. AĞAÇ MALZEMENİN İŞLENMESİ İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER	55
2.1.1. Ağaç Malzemenin İşlenmesinin Tarihsel Gelişimi	55
2.1.2. Ağaç Malzeme İşleme Şekilleri	57
2.1.2.1. Planyalama İşlemi	57
2.1.2.2. Frezeleme İşlemi	57
2.1.2.3. Tornalama İşlemi.....	58
2.1.2.4. Delme İşlemi	58
2.1.2.5. Lamba - Zıvana Açma İşlemi	60
2.1.2.6. Zımparalama İşlemi	61
2.1.3. Ağaç Malzemenin İşlenmesini Etkileyen Faktörler	62
2.1.3.1 Makine ve Kesme Aletlerinin Mekanik Durumu	62
2.1.3.2. Makinelerin Ayarlanması ve Çalıştırılması	63
2.1.3.3. Hammadde Odunun Seçimi ve Özellikleri	71
2.2. KESİŞ TEKNİĞİ.....	73
2.2.1 Ağaç Malzemede Kesiş Çeşitleri	73
2.2.2 Kesişin Oluşumu.....	75
2.2.3 Bıçak Geometrisi	81

2.2.4 Yüzey Kesiş Kalitesi Belirleme Kriterleri	84
2.3. AĞAÇ MALZEMENİN İŞLENMESİNDE ORTAYA ÇIKAN HATALAR	91
2.3.1. Masif Ağaç Malzemenin İşlenmesinde Ortaya Çıkan Hatalar	91
2.3.1.1. Kalkık Liflilik	91
2.3.1.2. Pürüzlü Liflilik	93
2.3.1.3. Yongalı Liflilik	94
2.3.1.4. Yonga İzi	95
2.3.1.5. Gevşek Liflilik ve Lif Ayrılması	97
2.3.1.6. Masif Ağaç Malzemenin İşlenmesinde Ortaya Çıkan Hataları Önleme Çareleri	97
2.3.2. Levhaların İşlenmesinde Ortaya Çıkan Hatalar	98
2.4. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ	100
2.4.1. Yüzey Pürüzlülüğü İle İlgili Tanımlamalar	101
2.4.2. Yüzey Pürüzlülüğü Parametreleri	105
2.4.2.1. Ortalama Pürüzlülük Değeri (R_a)	105
2.4.2.2. En Büyük Pürüzlülük Değeri (R_{max})	106
2.4.2.3. On Nokta Pürüzlülüğü Ortalama Değer- On Nokta Yüksekliği (R_z)	107
2.4.3. Başlıca Yüzey Pürüzlülüğü Ölçme Yöntemleri	108
2.4.4. Ağaç Malzemede Yüzey Pürüzlülüğünü Etkileyen Faktörler	109
3. MALZEME VE YÖNTEM	111
3.1. MALZEME	111
3.1.1. Toros sediri (<i>Cedrus libani</i> A.Rich)	111
3.1.1.1 Makroskopik Özellikler	111
3.1.1.2 Mikroskopik özellikler	112
3.1.1.3 Fiziksel ve mekanik özellikleri	113
3.1.1.4 Kurutma ve işlenme özellikleri	113
3.1.1.5 Dayanıklılık ve empenye edilebilme özelliği	113
3.1.1.6 Kullanış yerleri	113
3.1.2. Karaçam (<i>Pinus nigra</i> Arnold)	114
3.1.2.1 Makroskopik özellikler	114
3.1.2.2 Mikroskopik özellikleri	114
3.1.2.3 Fiziksel ve mekanik özellikleri	115
3.1.2.4 Kurutma ve işlenme özellikleri	115
3.1.2.5 Dayanıklılık ve empenye edilebilme özelliği	115
3.1.2.6 Kullanış yerleri	116
3.1.3. Sapsız meşe (<i>Quercus petraea</i> Lieble)	116
3.1.3.1 Makroskopik özellikler	117
3.1.3.2 Mikroskopik özellikler	117

3.1.3.3 Fiziksel ve mekanik özellikleri	118
3.1.3.4 Kurutma ve işlenme özellikleri.....	119
3.1.3.5 Dayanıklılık ve emprenye edilebilme özelliği.....	119
3.1.3.6 Kullanış yerleri	119
3.1.4. Kara kavak (<i>Populus nigra</i> L.)	119
3.1.4.1 Makroskopik özellikler	119
3.1.4.2 Mikroskopik özellikler.....	120
3.1.4.3 Fiziksel ve mekanik özellikleri	121
3.1.4.4 Kurutma ve işlenme özellikleri.....	121
3.1.4.5 Dayanıklılık ve emprenye edilebilme özelliği.....	121
3.1.4.6 Kullanış yerleri	121
3.2. YÖNTEM	122
3.2.1. Deneme Örneklerinin Hazırlanması.....	122
3.2.1.1. Özgül Ağırlık ve Birim Mesafedeki Yıllık Halka Sayısı İçin Numunelerin Hazırlanması	124
3.2.1.2. Planyalama ve Zımparalama İşlemleri İçin Deney Numunelerinin Hazırlanması	125
3.2.1.3.Frezeleme,Delik delme ve Zıvana Açma İşlemleri İçin Deney Numunelerinin Hazırlanması.....	125
3.2.1.4. Tornalama İşlemleri İçin Deney Numunelerinin Hazırlanması	126
3.3. DENEYLERİN YAPILMASINDA KULLANILAN ALET VE MAKİNELER....	127
3.3.1. Dikey Delik Matkabı	127
3.3.2. Zincirli Zıvana Açma Makinesi	128
3.3.3. Yatay (Alt) Freze Makinesi	128
3.3.4. Kalınlık Makinesi	129
3.3.5. Geniş Bant Zımpara Makinesi	130
3.3.6. Torna Makinesi	132
3.4. ÖZGÜL AĞIRLIKLARIN BELİRLENMESİ	134
3.5. BİRİM MESAFEDEKİ YILLIK HALKA SAYILARININ BELİRLENMESİ	135
3.6. DENEMELERİN YAPILMASI	136
3.6.1. Planyalama Denemelerinin Yapılması	136
3.6.2. Frezeleme Denemelerinin Yapılması.....	138
3.6.3. Zıvana Açma Denemelerinin Yapılması.....	140
3.6.4. Delik Delme Denemelerinin Yapılması.....	141
3.6.5. Tornalama Denemelerinin Yapılması	143
3.6.6. Zımparalama Denemelerinin Yapılması	145

3.7. DEĞERLENDİRMEDE KULLANILAN ALET VE YÖNTEMLER.....	146
3.7.1 İşleme Özelliklerinin Belirlenmesi.....	146
3.7.2 Yüzey Pürüzlülüğünün Belirlenmesi.....	147
3.8. KULLANILAN İSTATİSTİKİ YÖNTEMLER	149
4. BULGULAR	150
4.1. KULLANILAN AĞAÇ MALZEMENİN YAPISINA AİT BULGULAR	150
4.1.1. Özgül Ağırlık Miktarları İle İlgili Bulgular.....	151
4.1.2. Birim Mesafedeki Yıllık Halka Sayıları İle İlgili Bulgular.....	155
4.2. AĞAÇ MALZEMEYİ İŞLEMEDE YÜZEY KALİTESİNE AİT BULGULAR ..	158
4.2.1 İşleme Kusurlarına Göre Değerlendirme İle İlgili Bulgular	158
4.2.1.1 Planyalama Özellikleri İle İlgili Bulgular	158
4.2.1.2 Frezeleme Özellikleri İle İlgili Bulgular	166
4.2.1.3 Zıvana Açma Özellikleri İle İlgili Bulgular.....	169
4.2.1.4. Delik Delme Özellikleri İle İlgili Bulgular.....	175
4.2.1.5. Tornalama Özellikleri İle İlgili Bulgular	181
4.2.1.6. Zımparalama Özellikleri İle İlgili Bulgular	183
4.2.2 Pürüzlülük Ölçüm Sonuçlarına Göre Elde Edilen Bulgular	185
4.2.2.1. Pürüzlülük ile Ağaç Türü, Yıllık Halka Sayısı ve Özgül Ağırlık Arasındaki İlişkinin İncelenmesi	185
4.2.2.2 Pürüzlülüğün, Ağaç Türü, İşleme Koşulları ve Ölçüm Yönüne Göre Üç Yönlü Varyans (ANOVA) Analizi.....	186
4.2.2.3. Ölçüm Yönlerine Göre Pürüzlülüğün Bağımsız Örneklerin T Testi İle Analizi	204
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	209
5.1. KULLANILAN AĞAÇ MALZEMENİN YAPISINA AİT BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	209
5.2. AĞAÇ MALZEMEYİ İŞLEMEDE YÜZEY KALİTESİNE AİT BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	210
5.2.1. İşleme Kusurları İle İlgili Bulguların Değerlendirilmesi.....	210
5.2.2. Pürüzlülük Ölçüm Sonuçlarına Ait Bulguların Değerlendirilmesi	221
5.3. GENEL DEĞERLENDİRME	227
5.4. ÖNERİLER.....	230
KAYNAKLAR	232
EKLER.....	239
ÖZGEÇMİŞ.....	243

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1: Farklı kesiş açılarında, liflere paralel ve liflere dik yöndeki planyalamada ortalama ve en yüksek yüzey pürüzlülük değerlerinin karşılaştırılması	21
Şekil 2.2: Kalite sınıfları.....	22
Şekil 2.3: Zımparalamada kusursuz örnek yüzdeleri.....	31
Şekil 2.4: Delik delme işleminde iyi ve mükemmel örnek yüzdeleri	32
Şekil 2.5: Sert masif ağaç malzemenin işlenmesinden sonra elde edilen yüzey	47
Şekil 2.6: Sistemin işleyişi ve üretim esnasındaki kullanımı.	47
Şekil 2.7: Kaucuk ağacı (<i>Hevea brasiliensis</i>) yüzey kalitesine bıçak kesiş açısının etkisi	54
Şekil 2.8: Planyalama işleminin gerçekleştirilmesinde kalınlık makinası örneği	57
Şekil 2.9: Tornalama işleminde kullanılan torna makinesi ve tornalanmış parçalar	58
Şekil 2.10: Çoklu delik delme makinesi	59
Şekil 2.11: Tekli delik delme makinesi	59
Şekil 2.12: İki bıçaklı bir planya başlığında planya bıçağı kesici açıları	64
Şekil 2.13: Kesiş açısının kusursuz örnek yüzdesi üzerine etkisi.....	65
Şekil 2.14: Birim mesafedeki bıçak izi sayısının kusursuz örnek yüzdesi üzerine etkisi	70
Şekil 2.15: Planyalamada birim mesafedeki farklı bıçak izi sayıları.....	70
Şekil 2.16: Lif yönlerine göre ağaç malzemenin işlenmesi	74
Şekil 2.17: Kama ucunda malzemeye temas eden etki kuvveti (F) ile malzeme direnci (Q) ilişkisi.	75
Şekil 2.18: Testereyi etkileyen dirençler	76
Şekil 2.19: Kesiş hareketleri	77
Şekil 2.20: Dairesel kesişte, dönme ve itme yönü arasındaki ilişki ve kesiş türleri	77
Şekil 2.21: Kesiş oluşumu	79
Şekil 2.22: Ağaç malzemenin işlenmesindeki bıçak açıları	81
Şekil 2.23: Şerit ve daire testerelerde diş açıları.....	83
Şekil 2.24: A- Planya topundaki bıçakları tesviye etmeden oluşan bıçak izleri, B- Tesviye edildikten sonraki bıçak izleri	88
Şekil 2.25: Dairesel yongalamada yonga formu.....	90
Şekil 2.26: Amerika karaağacı (<i>Ulmus americana</i>) odununda planyalamada farklı derecelerde kalkık liflilik	92
Şekil 2.27: Söğüt (<i>Salix spp</i>) odununda çeşitli derecelerde pürüzlü liflilik kusuru.....	93
Şekil 2.28: Şeker akçaağacı (<i>Acer saccharum</i>) odununda çeşitli derecelerde yongalı liflilik kusuru.....	95
Şekil 2.29: Lale ağacı (<i>Liriodendron tulipifera</i>) odununda çeşitli derecelerde yonga izi kusuru	96
Şekil 2.30: Ağaç malzemenin işlenmesinde ortaya çıkan gevşek liflilik hatası.....	97
Şekil 2.31: Yüzey karakteristiklerinin şematik diyagramı.	101
Şekil 2.32: Yüzey profili.....	102
Şekil 2.33: Profil elemanı	103
Şekil 2.34: Malzeme uzunluğu	103

Şekil 2.35: Profilin tepe noktasının en fazla yüksekliği	104
Şekil 2.36: En büyük profil çukur nokta derinliği (yüzey pürüzlülüğü profili örneği).....	104
Şekil 2.37: Profil elemanlarının yüksekliği	105
Şekil 2.38: Ortalama pürüzlülük değeri	106
Şekil 2.39: En büyük pürüzlülük değeri	107
Şekil 2.40: On nokta pürüzlülüğü ortalama değeri.....	107
Şekil 2.41: Pürüzlülük profili ile odunun hücresel yapısı arasındaki ilişki	110
Şekil 3.1: Denemelerde kullanılan sedir numunelerinden alınmış mikroskopik kesit (enine-radyal-teğet) görünüşleri.....	113
Şekil 3.2: Denemelerde kullanılan çam numunelerinden alınmış mikroskopik kesit (enine-radyal-teğet) görünüşleri.....	115
Şekil 3.3: Denemelerde kullanılan <i>Quercus petraea</i> (Sapsız meşe) numunelerinden alınmış mikroskopik kesit (enine-radyal-teğet) görünüşleri.	118
Şekil 3.4: Denemelerde kullanılan karakavak numunelerinden alınmış mikroskopik kesit (enine-radyal-teğet) görünüşleri	120
Şekil 3.5: Denemelerde kullanılan Toros sediri (<i>Cedrus libani</i>) tomrukları.....	122
Şekil 3.6: Keresteden deney numunesi elde edilmesinde kullanılan kesim planı	124
Şekil 3.7: İklimlendirme odasında bekletilen planyalama ve zımparalama numuneleri	125
Şekil 3.8: Şerit testerede frezeleme denemelerinde kullanılacak olan kavisin gerçekleştirilmesi	126
Şekil 3.9: Tornalama denemelerinde kullanılacak olan deney numune boyutları.....	126
Şekil 3.10: Denemelerin gerçekleştirilmesinde kullanılan STİLE marka dikey delik delme makinesi.....	127
Şekil 3.11: Zıvana açmada kullanılan Kovancı marka zincirli zıvana açma makinesi.....	128
Şekil 3.12: Freze açma denemelerinde kullanılan yatay (alt) freze makinesi	129
Şekil 3.13: Planyalama denemelerinde kullanılan TÖRK marka K500-X250 model kalınlık makinesi	130
Şekil 3.14: Zımparayı oluşturan elemanlar.....	131
Şekil 3.15: Geniş bantlı zımpara makinesinin şematik görünüşü ve çeşitli varyasyonları	131
Şekil 3.16: Zımpara denemelerinde kullanılan Melkuç Kombi 650 model kalibre ve kontak geniş bant zımpara makinesi	132
Şekil 3.17: Torna makinesinde çalışma prensibi	133
Şekil 3.18: Denemelerde kullanılan yarı otomatik torna makinesi	134
Şekil 3.19: Planya bıçağında bileme açısının elde edilmesi	137
Şekil 3.20: Komparatör yardımıyla planya bıçağının yerleştirilmesi.....	138
Şekil 3.21: Planya bıçağının tersten bilenerak kesiş açısının elde edilmesi.....	138
Şekil 3.22: Frezeleme işleminde kullanılan masif kalıp	139
Şekil 3.23: Frezeleme işleminin gerçekleştirilmesi	139
Şekil 3.24: Frezeleme işlemi uygulanmamış (A) ve freze işlemi uygulanmış (B) deney numunesi	140
Şekil 3.25: Liflere paralel ve liflere dik zıvana açma işlemi ve kullanılan kalıplar	141
Şekil 3.26: Dikey delik makinesinde devir sayısının ayarlanmasında kullanılan kayış- kasnak mekanizması.....	142
Şekil 3.27: Delme işleminde kullanılan matkap uçları.....	143
Şekil 3.28: Delik delme işleminin deney numunesi üzerinde gerçekleştirilmesi	143
Şekil 3.29: Tornalama denemelerinde kullanılan kesici.....	144
Şekil 3.30: Tornalama işleminin gerçekleştirilmesi	144

Şekil 3.31: Torna tezgahının devir sayısının dijital devir ölçer yardımı ile tespit edilmesi	144
Şekil 3.32: Kalibre ve kontak geniş bant zımpara makinesinin zımpara bandı takma mekanizması ve kullanılan zımpara bandı	146
Şekil 3.33: Mitutoyo Surftest SJ 301-yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı	148
Şekil 3.34: Mitutoyo Surftest SJ 301-yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı ile meşe’de liflere dik ölçüm.....	149
Şekil 4.1: Ağaç türlerine göre ortalama özgül ağırlık miktarları ve standart sapmaları	152
Şekil 4.2: Ağaç türlerinin birim mesafedeki yıllık halka sayı ortalamaları ve standart sapmaları	155
Şekil 4.3: Planyalama 1. tip kesiş işleminde ağaç türlerinin kabul edilebilir (kusursuz ve iyi) yüzey kalitesine sahip örnek yüzdeleri	160
Şekil 4.4: Planyalama 2. tip kesiş işleminde ağaç türlerinin kabul edilebilir (kusursuz ve iyi) yüzey kalitesine sahip örnek yüzdeleri	160
Şekil 4.5: Kavak 2. kesiş işlemi tipinde meydana gelen yongalı liflilik kusuru.....	161
Şekil 4.6: Meşe 2. kesiş işlemi tipinde meydana gelen yongalı liflilik kusuru	161
Şekil 4.7: Sedir 2. kesiş işlemi tipinde meydana gelen yongalı liflilik kusuru.....	162
Şekil 4.8: Çam 2. kesiş işlemi tipinde meydana gelen yongalı liflilik kusuru.....	162
Şekil 4.9: Planyalama 3. tip kesiş işleminde ağaç türlerinin kabul edilebilir (kusursuz ve iyi) yüzey kalitesine sahip örnek yüzdeleri	163
Şekil 4.10: Planyalama 4. tip kesiş işleminde ağaç türlerinin kabul edilebilir (kusursuz ve iyi) yüzey kalitesine sahip örnek yüzdeleri	163
Şekil 4.11: Çeşitli koşullarda planyalanan çam ağaç türünde kabul edilebilir (kusursuz ve iyi) yüzey kalitesine sahip örnek yüzdeleri	164
Şekil 4.12: Çeşitli koşullarda planyalanan kavak ağaç türünde kabul edilebilir (kusursuz ve iyi) yüzey kalitesine sahip örnek yüzdeleri	164
Şekil 4.13: Çeşitli koşullarda planyalanan meşe ağaç türünde kabul edilebilir (kusursuz ve iyi) yüzey kalitesine sahip örnek yüzdeleri	165
Şekil 4.14: Çeşitli koşullarda planyalanan sedir ağaç türünde kabul edilebilir (kusursuz ve iyi) yüzey kalitesine sahip örnek yüzdeleri	165
Şekil 4.15: Çeşitli koşullarda planyalanan ağaç türlerine ait ortalama kabul edilebilir (kusursuz ve iyi) yüzey kalitesine sahip örnek yüzdeleri.....	166
Şekil 4.16: Frezeleme işleminde ağaç türlerine göre kusursuz ve az kusurlu (iyi) örnek yüzdeleri.....	167
Şekil 4.17: Liflere paralel frezeleme işlemine örnek deney numuneleri.....	168
Şekil 4.18: Frezeleme işleminde liflere dik yönde kesişlerin meydana geldiği örnek deney numuneleri	168
Şekil 4.19: Liflere dik ve liflere paralel zıvana açma işlemlerinde ASTM’ye göre kabul edilebilir (kusursuz, az kusurlu ve orta derecede kusurlu) örnek yüzdeleri toplamı	169
Şekil 4.20: Liflere dik zıvana açma işleminde ASTM’ye göre kabul edilebilir (kusursuz, az kusurlu ve orta derecede kusurlu) örnek yüzdeleri.....	171
Şekil 4.21: Liflere paralel zıvana açma işleminde ASTM’ye göre kabul edilebilir (kusursuz, az kusurlu ve orta derecede kusurlu) örnek yüzdeleri	171
Şekil 4.22: Meşede liflere paralel zıvana açma işleminde zıvana deliği girişi.....	173
Şekil 4.23: Meşede liflere paralel zıvana açma işleminde zıvana deliği çıkışı	173

Şekil 4.24: Ağaç türlerine göre liflere paralel ve liflere dik zıvana açma işlemlerinde zıvana delik iç kısımları	174
Şekil 4.25: Farklı ağaç türlerinde farklı delme uçları ile yapılan delme işleminde kusursuz (1.sınıf) ve kusursuz (1.sınıf) + iyi (2.sınıf) örnek yüzdeleri.....	176
Şekil 4.26: Farklı ağaç türlerinde tek helisli matkap ucu ile yapılan delme işleminde ve kusursuz (1.sınıf) ve iyi (2.sınıf) örnek yüzdeleri	176
Şekil 4.27: Farklı ağaç türlerinde çift helisli matkap ucu ile yapılan delme işleminde ve kusursuz (1.sınıf) ve iyi (2.sınıf) örnek yüzdeleri	177
Şekil 4.28: Meşe ağaç türünde tek helisli ve çift helisli matkap ucu ile delik delme işleminde delik girişleri (Foto. Sofuoğlu)	179
Şekil 4.29: Çam ağaç türünde çift helisli matkap ucu ile delik delme işleminde delik girişi (Foto.Sofuoğlu).....	179
Şekil 4.30: Tek helisli matkap ucu ile gerçekleştirilen delik delme işleminde delik iç kısımlarına örnekler	180
Şekil 4.31: Çift helisli matkap ucu ile gerçekleştirilen delme işleminde delik iç kısımlarına örnekler	181
Şekil 4.32: Deneme başlangıcında (numunelerin makineye takılması) ya da tornalama esnasında yarılan Toros sediri deney numunelerine örnekler	182
Şekil 4.33: Tornalanmış meşe, çam, kavak ve sedir deney numunelerinden birer örnek	182
Şekil 4.34: Farklı ağaç türlerinde tornalama işleminde ve kusursuz (1.sınıf) ve iyi (2.sınıf) örnek yüzdeleri	183
Şekil 4.35: Farklı ağaç türlerinde zımparalama işleminde kusursuz (1.sınıf) örnek yüzdeleri	184
Şekil 4.36: Kavak odununun zımparalanmasında ortaya çıkan yünümsü pürüzlü görünüm kusuru	184
Şekil 4.37: Çeşitli işleme (kesiş tipi) koşullarına ve ağaç türlerine göre liflere paralel pürüzlülük değerleri	189
Şekil 4.38: Çeşitli işleme (kesiş tipi) koşullarına ve ağaç türlerine göre liflere dik pürüzlülük değerleri	189
Şekil 4.39: Çeşitli işleme (kesiş tipi) koşullarına ve ağaç türlerine göre ortalama pürüzlülük değerleri	190
Şekil 4.40: İşleme (kesiş tipi) koşullarına göre ortalama pürüzlülük değerleri.....	193
Şekil 4.41: Ağaç türlerine göre liflere paralel ve liflere dik ortalama pürüzlülük değerleri.....	198
Şekil 4.42: 1. tip kesiş koşullarında ölçüm yönleri ve ağaç türlerine göre pürüzlülük.	206
Şekil 4.43: 2.tip kesiş koşullarında ölçüm yönleri ve ağaç türlerine göre pürüzlülük..	206
Şekil 4.44: 3. tip kesiş koşullarında ölçüm yönleri ve ağaç türlerine göre pürüzlülük.	207
Şekil 4.45: 4. tip kesiş koşullarında ölçüm yönleri ve ağaç türlerine göre pürüzlülük.	207
Şekil 4.46: Zımparalama işleme (kesiş tipi) koşulunda ölçüm yönleri ve ağaç türlerine göre pürüzlülük grafiği.....	208
Şekil 6.1: Sedir 1.tip kesişte liflere dik pürüzlülüğe örnek profil.....	239
Şekil 6.2: Çam 2.tip kesişte liflere paralel pürüzlülüğe örnek profil.....	239
Şekil 6.3: Çam 2.tip kesişte liflere paralel pürüzlülüğe örnek profil.....	239
Şekil 6.4: Kavak 2.tip kesişte liflere paralel pürüzlülüğe örnek profil.....	240
Şekil 6.5: Kavak 2.tip kesişte liflere paralel pürüzlülüğe örnek profil.....	240
Şekil 6.6: Kavak 2.tip kesişte liflere dik pürüzlülüğe örnek profil.....	240
Şekil 6.7: Meşe 2.tip kesişte liflere paralel pürüzlülüğe örnek profil.....	240
Şekil 6.8: Meşe 2.tip kesişte liflere dik pürüzlülüğe örnek profil.....	241

Şekil 6.9: Sedir 2.tip kesişte liflere paralel pürüzlülüğe örnek profil.....	241
Şekil 6.10: Sedir 2.tip kesişte liflere dik pürüzlülüğe örnek profil.....	241
Şekil 6.11: Çam 120 numaralı zımparalamada liflere dik pürüzlülüğe örnek profil....	241
Şekil 6.12: Kavak 120 numaralı zımparalamada liflere dik pürüzlülüğe örnek profil..	242
Şekil 6.13: Meşe 120 numaralı zımparalamada liflere dik pürüzlülüğe örnek profil...	242
Şekil 6.14: Sedir 120 numaralı zımparalamada liflere dik pürüzlülüğe örnek profil ...	242

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1: İşleme denemelerinin yapıldığı koşullar	6
Tablo 2.2: Frezelenen örneklerde frezeleme kusurlarının oranı (20° ve 30° kesiş açılarında 5 farklı besleme hızında ve kesici başlık hızlarında).	7
Tablo 2.3: Birim mesafedeki bıçak izi sayısının yüzey kalitesine etkisi	8
Tablo 2.4: Besleme hızı, kesici başlık hızının bitirme yüzey kalitesi üzerine etkisi	8
Tablo 2.5: Kesiş açısı ve özgül ağırlıkların etkisi	9
Tablo 2.6: Kesiş açılarının bitirme yüzey kalitesine etkisi	9
Tablo 2.7: Kesiş derinliğinin bitirme yüzey kalitesine etkisi.....	10
Tablo 2.8: Özgül ağırlığın yüzey kalitesine ve güç tüketimine etkisi.....	10
Tablo 2.9: 16 Kanada odununun işlenme özellikleri.....	16
Tablo 2.10: Frezeleme ve delik delmede özet sonuçlar	18
Tablo 2.11: Kesiş açısı ve besleme hızının planyalama özelliklerine etkisi	19
Tablo 2.12: Önemli ağaç türlerine ait işleme özelliklerinin karşılaştırılması.....	19
Tablo 2.13: İncelenen ağaç türleri, birim mesafedeki yıllık halka sayıları ve özgül ağırlıkları	29
Tablo 2.14: Planyalamada optimum kesiş şartları ve kusurlar.....	30
Tablo 2.15: Ağaç malzeme işleme çeşitleri ve değerlendirilecek sınıflar.....	36
Tablo 2.16: Planyalama denemelerindeki işleme koşulları.....	36
Tablo 2.17: Örnekler için en iyi planyalama şartları.....	37
Tablo 2.18: Kaucuk ağacı (<i>Hevea brasiliensis</i>) odununda ortaya çıkan işleme kusurları	54
Tablo 2.19: Bıçak izi boyunun (e)=1 mm olması için makinenin kesici başlığının dakikadaki devir sayısı, malzemeyi itme hızı ve kesiş başlığındaki kesiş katılan bıçak sayısı arasındaki ilişki.....	86
Tablo 2.20: Çeşitli ağaç işleme makinelerinde kesiş hızı ile itme hızı arasındaki ilişki	88
Tablo 2.21: Yüzey perdah sınıfları.....	91
Tablo 2.22: Levha ürünlerinde zımparalama işleminde ortaya çıkan zımparalama hataları ve nedenleri	99
Tablo 3.1: Denemelerde kullanılan tomruklara ait bilgiler	122
Tablo 3.2: TÖRK marka K500-X250 kalınlık makinesinde elde edilen koşullar.....	136
Tablo 3.3: Planyalama denemelerinin gerçekleştirildiği koşullar	137
Tablo 3.4: İşleme özellikleri kalite sınıfları	147
Tablo 3.5: İşleme özelliklerine ait kabul edilebilir kalite sınıflandırmaları.....	147
Tablo 4.1: Korelasyon analizi sonuçları.....	151
Tablo 4.2: Ağaç türlerine göre ortalama özgül ağırlık miktarları ve standart sapmaları	151
Tablo 4.3: Levene'nin hata varyanslarının eşitliği tablosu	152
Tablo 4.4: Ağaç türleri özgül ağırlıklarına ait varyans analizi.....	152
Tablo 4.5: Ağaç türlerine göre özgül ağırlık miktarlarının alt ve üst sınır değerleri ...	153
Tablo 4.6: Ağaç türlerine göre özgül ağırlık miktarları için Tamhane 2 testi sonuçları, çoklu karşılaştırmalar	154

Tablo 4.7: Özgül ağırlık miktarlarına göre alt gruplar	154
Tablo 4.8: Ağaç türlerinin birim mesafedeki yıllık halka sayıları ortalamaları ve standart sapmaları.....	155
Tablo 4.9: Levene'in hata varyansı eşitlik testi tablosu	155
Tablo 4.10: Konular arası etkileşim tablosu.....	156
Tablo 4.11: Ağaç türlerine göre birim mesafedeki yıllık halka sayılarının alt ve üst sınır değerleri.....	156
Tablo 4.12: Ağaç türlerine göre birim mesafedeki yıllık halka sayıları için Tamhane 2 testi sonuçları, çoklu karşılaştırmalar.....	157
Tablo 4.13: Birim mesafedeki yıllık halka sayılarına göre alt kümeler	158
Tablo 4.14: Planyalama işleminde ağaç türlerine göre, çeşitli planyalama koşullarında elde edilen sonuçlar.....	159
Tablo 4.15: Frezeleme işleminde ağaç türlerine göre elde edilen sonuçlar	167
Tablo 4.16: Liflere dik ve liflere paralel zıvana açma işlemlerinde ASTM'ye göre kabul edilebilir (kusursuz, az kusurlu ve orta derecede kusurlu) örnek yüzdeleri toplamı	169
Tablo 4.17: Liflere dik ve liflere paralel zıvana açma işlemlerinde ağaç türlerine göre elde edilen sonuçlar.....	170
Tablo 4.18: Zıvana açma işleminde ortaya çıkan kusurlar ve bulunma yüzdeleri	172
Tablo 4.19: Tek helisli ve çift helisli matkap uçları ile yapılan delme işlemlerinde ağaç türlerine göre elde edilen sonuçlar	175
Tablo 4.20: Delik delme işlemlerinde ortaya çıkan kusurlar ve oranları	178
Tablo 4.21: Farklı ağaç türlerinde tornalama işleminde ağaç türlerine göre elde edilen sonuçlar	182
Tablo 4.22: Farklı ağaç türlerinde zımparalama işleminde ağaç türlerine göre elde edilen sonuçlar	183
Tablo 4.23: Pürüzlülük ile ağaç türleri, birim mesafedeki yıllık halka sayısı ve özgül ağırlık arasındaki korelasyon analizi sonuçları	185
Tablo 4.24: Anova analizine göre analize giren değişken türlerine ait veri sayıları	186
Tablo 4.25: Pürüzlülük değerlerinin ağaç türleri, işleme koşulları ve ölçüm yönüne göre aritmetik ortalama ve standart sapmaları	187
Tablo 4.26: Levene'in Hata varyansı eşitlik testi tablosu	190
Tablo 4.27: Çok yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları.....	191
Tablo 4.28: Tahmin edilen marjinal ortalamalar.....	191
Tablo 4.29: Ağaç türlerine göre ortalama pürüzlülük değerleri, standart hataları ve %95 güven düzeyine göre alt ve üst sınır değerleri.....	191
Tablo 4.30: Pürüzlülük ortalamalarından hareketle ağaç türleri arasında ikili karşılaştırma sonuçları	192
Tablo 4.31: İşleme kesiş tipi koşullarına göre ortalama pürüzlülük değerleri	193
Tablo 4.32: Pürüzlülük ortalamalarından hareketle işleme koşulları arasında ikili karşılaştırma	194
Tablo 4.33: Pürüzlülüğe göre ölçüm yönünün değerlendirilmesi	195
Tablo 4.34: Pürüzlülük ortalamalarından hareketle ölçüm yönleri arasında ikili karşılaştırma	195
Tablo 4.35: Ağaç türü ve işleme koşullarının birlikte etkileşimin pürüzlülük üzerindeki etkileri	196
Tablo 4.36: Ağaç türü ve pürüzlülük ölçüm yönü koşullarının birlikte etkileşimin pürüzlülük üzerindeki etkileri	198

Tablo 4.37: İşleme (kesiş tipi) koşulları ve ölçüm yönü koşullarının birlikte etkileşimin pürüzlülük üzerindeki etkileri	199
Tablo 4.38: Ağaç türü, işleme koşulları ve ölçüm yönü koşullarının birlikte etkileşimin pürüzlülük üzerindeki etkileri	200
Tablo 4.39: Çoklu karşılaştırma tablosu	201
Tablo 4.40: Ağaç türlerini pürüzlülük ortalamalarına göre homojen alt gruplar	202
Tablo 4.41: İşleme (kesiş tipi) koşulları çoklu karşılaştırma	203
Tablo 4.42: İşlem (kesiş tipi) koşullarının pürüzlülük ortalamalarına göre homojen alt gruplar	204
Tablo 4.43: Liflere paralel ve liflere dik ölçüm yönlerine göre pürüzlülük değerleri	204
Tablo 4.44: Ölçüm yönlerine göre pürüzlülük değerleri arasında gerçekleştirilen bağımsız örneklerin t-testi sonuçları	205
Tablo 5.1: İşleme kusurlarına göre değerlendirmede genel sonuçlar.....	227
Tablo 5.2: Pürüzlülük miktarlarına ait genel sonuçlar.....	228

SEMBOL LİSTESİ

D₀	: Tam kuru özgül ağırlık, gr/cm ³
D₁₂	: % 12 rutubet miktarındaki özgül ağırlık, gr/cm ³
R_a	: Ortalama yüzey pürüzlülüğü, µm

KISALTMALAR

AİM	Ağaç işleri makineleri
ANOVA	Analysis of Variance (Varyans analizi)
ANSI	Amerikan Ulusal Standartları Enstitüsü
ASTM	American Society for Testing and Materials
CNC	Computer Numerical Control (Bilgisayarlı Nümerik Kontrol)
DIN	Deutsches Institut für Normung
HP	Horse power (Beygir gücü = BG)
HSS	High Speed Steel (Yüksek hız çeliği)
ISO	International Standart Organization
Max	En yüksek
MDF	Medium-density fiberboard (Orta yoğunlukta lif levha)
Min	En düşük
TSE	Türk Standartları Enstitüsü

ÖZET

BAZI YERLİ AĞAÇ TÜRÜ ODUNLARININ İŞLENME ÖZELLİKLERİNİN YÜZEY KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Çalışmanın amacı; Türkiye’de yetişen bazı yerli ağaç türü odunlarına ait işlenme özelliklerinin yüzey kalitesi üzerine etkisini inceleyerek işlenme özelliklerinin tespiti, iyileştirilmesi ve çeşitli kullanım amaçları ve yerleri için uygunluk düzeylerinin belirlenmesini sağlamaktır.

İşlenme özellikleri genel olarak ağaç malzemenin; planyalanması, frezelenmesi, tormalanması, lamba-zıvana açılması, delinmesi ve zımparalanması işlemleri karşısında gösterdiği performanstır.

Bu kapsamda Türkiye’de doğal olarak yetişen ve geniş kullanım alanı bulunan, iğne yapraklı ağaç türlerinden karaçam (*Pinus nigra Arnold*) ve Toros sediri (*Cedrus libani A.Rich*); yapraklı ağaç türlerinden sapsız meşe (*Quercus petraea Lieble*) ve karakavak (*Populus nigra L.*) deneme materyali olarak seçilmiştir.

İşlenme özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan denemelerde numunelerin hazırlanması, işlenmesi ve değerlendirilmesi ASTM D 1666 (2004) standardından faydalanarak yapılmıştır. Planyalama ve zımparalama numuneleri üzerinde ayrıca liflere paralel ve liflere dik olmak üzere iğne taramalı yöntem kullanılarak pürüzlülük ölçümleri de gerçekleştirilmiştir. Yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesinde TS 6956 EN ISO 4287, TS 971 ve TS 2495 EN ISO 3274’de belirtilen esaslara uyulmuştur.

Denemeler sonucu elde edilen bulgular, denemelerde kullanılan ağaç malzemenin özgül ağırlık ve birim mesafedeki yıllık halka sayısına ilişkin ve ağaç malzemeyi işlemede yüzey kalitesine ait bulgular olarak iki bölümde değerlendirilmiştir.

Planyalama işlemlerinde en iyi yüzey kalitesi karakavak ve sapsız meşede 25°’lik kesiş açısında, karaçam ve Toros sedirinde 15°’lik kesiş açısında elde edilmiştir.

Frezeleme işleminde ilgili standarda göre kabul edilebilir numune oranı en yüksek orandan en düşük orana doğru karaçam, sapsız meşe, Toros sediri, ve kara kavak şeklinde olmuştur. Bu sıralama liflere paralel zıvana açma işlemlerinde karaçam, sapsız meşe, karakavak ve Toros sediri, liflere dik zıvana açma işleminde ise sapsız meşe, karaçam, Toros sediri ve karakavak şeklinde gerçekleşmiştir.

Delme işleminde çift helisli matkap ucu, tek helisli matkap ucuna göre daha yüksek işleme performansı göstermiştir. Ağaç türlerine göre bu sıralama sapsız meşe, karakavak, karaçam ve Toros sediri şeklindedir. Tormalama işlemlerinde ise sıralama

sapsız meşe, karakavak ve karaçam şeklinde olmuştur. Toros sediri numuneleri tornalama esnasında yarılma eğilimi gösterdiklerinden deneme gerçekleştirilememiştir.

Zımparalama işleminde kusursuz yüzey oranı en fazla sapsız meşede elde edilmiş, bunu sırasıyla Toros sediri, karaçam ve karakavak izlemiştir.

Son ürün olarak kullanımlarında yüzey kalitesinin belirlenmesindeki öneminden dolayı planyalama ve zımparalama işlemlerinden sonra yapılan pürüzlülük ölçümlerinde; ortalama pürüzlülük (Ra) değeri en yüksek 6.780 μm . ile sapsız meşede görülmüş, onu 6.338 μm . ile karakavak, 4,836 μm . ile Toros sediri ve 4,740 μm . ile karaçam takip etmiştir. Ağaç türlerine göre liflere dik ve liflere paralel yöndeki ortalama pürüzlülük değeri incelendiğinde en yüksek değerden en düşük değere doğru sapsız meşe, karakavak, karaçam ve Toros sediri şeklinde sıralanmıştır.

İncelenen her ağaç türü farklı işleme koşullarında farklı özellikler göstermektedir. Ancak farklılıkların işleme amacına uygun sınırlar içerisinde tutulabilmesi için her türe ait işleme parametrelerinin belirlenerek detay analizlerinin yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada elde edilen bulguların göz önüne alınması ile mevcut türlerin işlenmesindeki kalite performansının artırılabilceği düşünülmektedir.

SUMMARY

EFFECTS OF WOOD MACHINING PROPERTIES OF SOME NATIVE WOOD SPECIES ON SURFACE QUALITY

Determining and upgrading wood machining properties and defining convenient usage areas for some native wood species of Turkey is important to evaluate effects of wood machining properties on surface quality.

Wood machining is a performance criterium indicated after planing, shaping, turning, mortising, boring and sanding.

European black pine (*Pinus nigra* Arnold) and Cedar of Lebanon (*Cedrus libani* A. Rich) as two softwood species and Sessile Oak (*Quercus petraea* Lieble), Black poplar (*Populus nigra* L.) as two hardwood species widespreadly used and grown in Turkey were selected as experimental material for the study.

Preparation of samples and machining were carried out according to ASTM D 1666 (2004) standart for determining machining properties. Surface roughness was measured by stylus trace metod parallel and perpendicular to grain on planned and sanded samples. TS 6956 EN ISO 4287, TS 971 and TS 2495 EN ISO 3247 standarts were used for measuring surface roughness.

Results were expressed in two parts; (1) density and number of annual rings per unit, (2) surface quality after machining.

Perfect surface quality was obtained for hardwoods *P. nigra* and *Q. petrea* at 25⁰ cutting angle of planing and for softwoods *P. nigra* and *C. libani* at 15⁰ cutting angle of planing.

According to the relevant standard, our study revealed acceptable sample proportion hierarchies of *P.nigra* > *Q. petrea* > *C. libani* > *P. Nigra* in shaping. In paralel to grain, hierarchies in mortizing this alignment was as *P.nigra* > *Q. petrea* > *P. nigra* > *C. libani*, and for cross grain *Q. petrea* > *P.nigra* > *C. libani* > *P. nigra*.

Superior machining performance was obtained in boring by multiple spur bit when compared to ship auger bit. Performance in boring could be ranged as *Q. petrea* > *P. nigra* > *P.nigra* > *C. libani* and performance in turning, on the other hand, could be ranged as *Q. petrea* > *P. nigra* > *P.nigra* Performance in turning was failed in *C. libani* because the samples showed tendency to cleavage.

Excellent (defect-free) surface proportion in sanding was determined in *Q. petrea*, *C. libani*, *P.nigra*, *Pop nigra* in order from best to worst.

Surface roughness values of planned and sanded samples are important for determining surface quality. Average surface roughness (Ra) values were obtained as 6,780 μm , 6,338 μm , 4,836 μm , 4,740 μm , in *Q. petrea*, *P. nigra*, *C. libani*, *P.nigra*, respectively. Cross grain, parallel to grain and average surface roughness values of tree species were found in *Q. petrea*, *P. nigra*, *P.nigra* *C. libani* in order from best to worst

Tested tree species showed different properties in various machining conditions. But in order to limit these differences, it is necessary to determine machining parameters and to prepare detailed analysis for tree species. The results of this study indicate that it is possible to increase current quality performances for tree species used in this study.

1. GİRİŞ

Ağaç malzeme, insanlık tarihinin başlangıcından itibaren yakacak, silah ve barınak olarak insanlara hizmet vermeye başlamış, günümüzde ise gelişen teknolojilerle kullanım yeri sayısı çok artmıştır. Bugün odun hammaddesinin 10.000 civarında kullanım yeri bulunduğu bildirilmektedir. Örneğin; bina yapımı, mobilya ve dekorasyon işleri, parke, müzik aleti, tel direği, travers olarak masif halde kullanıldığı gibi, kaplama levha, kontrplak, yonga levha, lif levha, kağıt ve karton üretiminde de kullanılmaktadır (Bozkurt ve Erdin, 1997).

Dünyada geniş alanlar kaplayan ormanlar, bu kaynaktan elde edilen hammaddelerin kullanımındaki artışın doğal sonucu olarak hızla tüketilmektedir. Orman ürünleri ham ve yarı mamül fiyatları artmakta ve kalite düşmektedir. Bu nedenlerle, hem araştırmacılar hem de üreticiler giderek artan önemli sorunlar ile karşı karşıyadırlar. Bütün bunlar; odundan yeni ürünler elde etme yanında, var olan hammadde veya yarı mamüllerin verimli kullanımını zorunlu kılmaktadır (Malkoçoğlu ve Özdemir, 1999).

Tarih boyunca insanoğlunun yaşamında vazgeçilmez bir hammadde olan ağaç malzemenin; günümüzde giderek azalan orman varlığı nedeniyle, daha verimli işlenmesi ve daha uzun süre kullanımı zorunlu olmuştur.

Yaşamımızda hafif olmasına karşın çeşitli etkilere karşın direncinin yüksek olması, kolay işlenmesi, işlenme sırasında enerji tüketiminin az olması, değişik renk ve desene sahip olması, ses, ısı ve elektriği az iletmesi, kimyasal maddelerden az etkilenmesi, renklendirme, vernikleme gibi yüzey işlemleri uygulanarak daha çekici hale getirilebilmesi ve eskidikçe koyu renk kazanması gibi nedenlerle ağaç malzeme öncelikle ağaç işleri ve mobilya yapımında tercih edilmektedir (Kurtoglu, 2000).

Homojen yapıda olmayışı, çalışması, doğal kusurları içermesi, yanabilmesi, böcek ve mantarlar tarafından tahrip edilebilmesi gibi ağaç malzemenin olumsuz yönleri ise

teknikğine uygun kurutma, kimyasal maddelerle emprenye edilme ve de uygun üst yüzey işlemleri ile ortadan kaldırılabilmekte veya en aza indirilebilmektedir (Kurtoğlu, 2000).

Ağaç malzemelerin yüzey karakteristikleri nihai ürünlerdeki kullanım yerlerinde önemli bir rol oynamakta, özellikle mobilya ve dekorasyon elemanları, döşeme, ahşap aletler vb. ürünlerde daha da fazla önem taşımaktadırlar.

Ağaç malzemelerde düzgün yüzey elde etmenin amacı, yüzey işlemlerinde macunlama, vernikleme veya boyama yanında tutkallama gibi uygulamalarda başarı şansının arttırılmak istenmesidir. (Elmendorf ve Vaughan, 1958). Böylece daha az malzeme kullanımı sonucu ekonomik yarar sağlanması yanında vernik ve boya uygulamalarında daha olumlu sonuçlar alınabilmektedir.

Ağaç malzemelerin alet ve makineler ile işlenmesi sonucu oluşacak yüzeylerin düzgünlüğüne göre parçanın yüzey kalitesi belirlenerek, işleme aşamalarındaki olumsuz etkenler giderilmek suretiyle kalite arttırılabilmektedir. İşlenme özellikleri denilince; genellikle düzgün yüzeyler elde etmek amacıyla, ağaç malzemenin planyalanması, frezelenmesi, tornalanması, lamba-zıvana açılması, delinmesi ve zımparalanması sonucu gösterdiği performans anlaşılmaktadır.

Mobilyanın kalitesinde ağaç malzemelerden son ürün haline gelinceye kadar yapılan işlemler ve üretim araçları etkili olmaktadır. Bunlardan birisi olan üstyüzey işlemleri, mobilya kalitesini etkileyen en önemli işlemdir. Mobilyanın üstyüzey işlemleri aşamasına gelinceye kadar geçirmiş olduğu hazırlık aşamaları üstyüzey işlem kalitesi açısından son derece önemlidir. Kaliteli masif mobilya üretiminde ağaç malzemenin cinsi, yetişme yeri, yaşı, tekstürü, dokusu ve kesiliş yönü vb. birçok faktör etkili olmaktadır.

Ağaç malzemelerin yüzey karakteristikleri onların son ürün üretimi için kullanımlarında önemli bir rol oynamaktadır. Karakteristiklerin anlaşılması ve kontrolü orman endüstrisinde önemli bulunmaktadır. Sertlik, sürtünme ve aşınma gibi diğer bazı özellikler standart yöntemlerle belirlenebilmektedir. Ancak bütün bunlar yeterli olmayabilmektedir. Bu bakımdan son yıllarda yüzey karakteristiklerinden biri olan ve

önemini giderek arttıran yüzey pürüzlülüğü üzerinde durulmaktadır. Bu konuda birçok yöntem ortaya konulmuş ise de henüz uygun test yöntemi ve değerlendirmesinin yerleştirilemediği belirtilmektedir (Malkoçoğlu ve Özdemir, 1999).

Son yıllarda yüzey pürüzlülüğünün önemi bütün endüstri dallarında önemli hale gelmiştir. Aynı eğilim ağaç malzemenin işlenmesi konusunda da gözlemlenmektedir. Metal endüstrisinde geliştirilen ve standardize edilen yüzey pürüzlülüğü ölçme yöntemi masif ağaç malzeme için değiştirilerek yüzey değerlendirilmesinde de uygulanabilmektedir (Jakub ve Martino, 2005).

Odunun kullanım alanlarının genişletilmesi daha az boya, vernik vb. üstyüzey malzemelerinin kullanılması ile birlikte daha az tutkalla daha iyi yapışma imkânlarının sağlanması da gerekmektedir. Bu nedenle daha düzgün, kusursuz ve pürüzsüz yüzeylerin elde edilmesi ile bu olanaklar sağlanabilmektedir (İlter ve ark., 2002).

Ayrıca iyi bir yüzey işlemi uygulaması için ağaç malzeme yüzeyinin düzgün olması şarttır. Bundan dolayı malzemenin rendelenmiş (planyalanmış) olması gerekmektedir. Ancak, rendeleme iyi yapılmazsa ve kaba yüzeyler kalırsa boyama güçleşmektedir. Zımparalama ile hücre boşlukları tıkanmakta, boya nüfuzu azalmakta ve daha az yeknesak bir boya tabakası oluşumuna sebebiyet vermektedir. (Kurtoğlu, 2000).

Ağaç malzemenin işlenmesinin herhangi bir aşamasında kusurlu yüzeylerin oluşumu bir sonraki aşamada ortaya çıkmakta ek bir işleme gereksinim duyulmasına neden olmaktadır. Örneğin planyalama aşamasında kusurlu bir yüzeyin oluşması, daha sonra onun çeşitli zımpara numaralarına sahip zımparalarla zımparalanmasını gerektirmektedir. Bunun sonucunda işgücü, malzeme, zaman vb. konularda kayıplar ortaya çıkabilmektedir. Verimlilik oranında düşme meydana gelebilmektedir.

Bununla birlikte yüzey düzgünlüğünün estetik yönü fonksiyonel yönden daha fazla gündemde kalmıştır. Yüzey düzgünlüğü ahşap malzemelerin değerlendirilmesinde müşterinin kalite kriterleri içerisinde bulunmaktadır. Her zaman yüzey pürüzlülüğünü azaltma çabası bulunmamaktadır. Bazı yenilikçi teknolojiler ve patentler çok pürüzlü ve düzensiz yüzeylerin imalatı için geliştirilmiştir. Özel parkeler, yer ve duvar kaplamaları

buna örnek olarak verilmektedir. Bu yüzeyler tercih edilmekte hatta bazı müşteriler yaşlandırılarak yüzeyi değiştirilmiş ahşaba fazladan para da ödemektedirler (Jakub ve Martino, 2005).

Masif ağaç malzemede yapışma gücü ve odun türlerindeki mekanik özellikler yüzey pürüzlülüğü ile bağlantılıdır. Pürüzlü kaplamalarda yapışma kalitesi pürüzsüz yüzeylere göre daha düşüktür. Masif ağaç malzemelerdeki yüzey pürüzlülüğü aynı zamanda üst yüzey işlemlerinin kalitesini de etkilemektedir (Jakub ve Martino, 2005).

Özellikle masif ağaç malzemede kaliteli ve düzgün yüzeyler elde edilmesinin ve işlenme özelliklerinin bilinmesinin son derece önemli olduğu açıkça görülmektedir.

Bu nedenle Türkiye’de doğal olarak yetişen ve geniş kullanım alanı bulunan 2 adet yapraklı ve 2 adet iğne yapraklı olmak üzere dört ağaç türü odununun işlenme özelliklerinin ve yüzey pürüzlülük değerlerinin belirlenmesi ağaç türlerinin ekonomik değerini belirlemede önemli bir parametre olacaktır. İşlemler sonucu elde edilecek olan düzgün yüzeyler, macunlama, vernikleme ve boyama işlemlerindeki başarıyı da arttıracak ve üstyüzey işlemlerinde daha az malzeme ve işçilik kullanarak düşük maliyette üretim gerçekleştirilebilecektir.

Ağaç türleri seçiminde iğne yapraklı ağaç türlerinden karaçam (*Pinus nigra Arnold*) ve Toros sediri (*Cedrus libani A.Rich*); yapraklı ağaç türlerinden sapsız meşe (*Quercus petaea*) ve karakavak (*Populus nigra L.*) deneme materyali olarak seçilmiştir. Yapraklı ağaç türlerinden sapsız meşe halkalı traheli, karakavak ise dağınık traheli özellik göstermektedir. İğne yapraklı ağaçlardan karaçamda ilkbahar odunundan yaz odununa geçiş ani, Toros sedirinde de ise ilkbahar odunundan yaz odununa geçiş yavaş olmaktadır.

Ağaç malzemenin işlenme özelliklerinin belirlenmesinde ASTM D 1666 (2004) “Standart Methods of Conducting Machining Tests of Wood and Wood Based Materials” adlı standarttan faydalanılmıştır.

Türkiye’de yetişen bazı yerli ağaç türlerine ait odunların işlenme özelliklerinin yüzey kalitesi üzerine etkisini belirleme amaçlı bu çalışma 5 ana bölümden oluşmaktadır.

Çalışmanın giriş bölümünde tezin tanımı yapılmış, konunun önemi ve tez ile ilgili bölümlerin içerikleri hakkında özet bilgiler verilmiştir.

Genel kısımlar bölümünde günümüze kadar yapılan çalışmalar araştırmada gerek duyulduğu ölçüde değerlendirilmiş, literatür taraması şeklinde sunulmuştur. Daha sonra tez ile ilgili çalışmaların altyapısını oluşturacak olan ağaç malzemenin işlenmesi ile ilgili genel bilgilere, masif ağaç malzemenin işlenmesini etkileyen faktörlere, masif ağaç malzemede kesiş tekniğine, işlenmede ortaya çıkan kusurlara ve yüzey pürüzlülüğüne değinilmiş ve gerektiği ölçüde genel bilgiler verilmiştir.

Malzeme ve yöntem bölümünde; kullanılan ağaç türleri ile ilgili genel bilgilere yer verildikten sonra denemelerde kullanılan örneklerin hazırlanması ile ilgili kullanılan yöntemler açıklanmıştır. Denemelerin yapılmasında kullanılan alet ve makineler, özgül ağırlıkların ve birim mesafedeki yıllık halka sayılarının belirlenmesi, denemelerin yapılması, değerlendirmede kullanılan alet ve yöntemler bu bölümün içerisinde yer almaktadır.

Bulgular bölümü iki kısım halinde değerlendirilmiştir. İlk kısımda özgül ağırlık ve birim mesafedeki yıllık halka sayılarına ait bulguları içeren denemelerde kullanılan ağaç malzemenin yapısına ait bulgular, ikinci kısımda ise işleme kusurları ve pürüzlülük ölçüm sonuçlarına göre elde edilen bulgular yer almaktadır.

Tartışma ve sonuç bölümünde ise çalışmanın değerlendirilmesi ile varılan sonuçlar mevcut literatür bilgisi ile yorumlanarak sonuçlar çıkarılmış ve çalışmanın geliştirilmesi için ileride yapılabilecek araştırmalara yönelik önerilerde bulunulmuştur.

2. GENEL KISIMLAR

Ağaç malzemenin işlenmesi ve yüzey kalitesi ile ilgili günümüze kadar farklı bakış açılarından çok çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Davis ve Nelson (1954) çalışmasında; planya makinesi kullanılarak yapılan ağaç malzemenin işlenmesinin kaliteye etkisi, güç tüketimi ve belli başlı işleme faktörlerinin etkisini araştırmıştır. İşleme faktörlerini içine alan; besleme hızı, farklı kombinasyonlardaki kesiş hızı, 2.54 cm'deki kesici iz sayısı, kesiş açıları, kesici materyali ve test malzemesinin rutubet miktarını incelenmiştir. Değerlendirilen ağaç türleri ise sarı huş- yellow birch (*Betula alleghaniensis*), okaliptüs, sıtmaağacı - red gum (*Eucalyptus camaldulensis*), şeker akçaağacı - hard maple (*Acer saccharum*), ak meşe - white oak (*Quercus alba*), lale ağacı - yellow poplar (*Liriodendron tulipifera*) olarak sert ağaç türlerinden beş adet, douglas göknarı - douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*), Ponderosa çamı - Ponderosa pine (*Pinus ponderosa*), bataklık çamı, uzun yapraklı çam, çıralı çam - southern yellow pine (*Pinus palustris*) olmak üzere üç tür yumuşak ağaç değerlendirmiştir. Aşağıdaki tabloda denemelerini yaptığı işleme şartları görülmektedir.

Tablo 2.1:İşleme denemelerinin yapıldığı koşullar (Davis, 1954).

Kesici tipi	Besleme hızı m/dak	Kesici Başlık Hızı (devir/dakika)	Kesiş açısı (°)				
			0	10	20	30	40
Yüksek hız çeliği (HSS)	60	3600	X	X	X	X	X
	80	4800			X	X	
	90	5400	X	X	X	X	X
	100	6000			X	X	
	120	7200	X	X	X	X	X
Karpid uçlu	60	3600		X	X	X	X
	80	4800			X	X	
	90	5400			X	X	X
	100	6000			X	X	
	120	7200			X	X	X

5 Sert ağaç türü %6 rutubet derecesinde, 3 yumuşak ağaç türü ise %6 ve %20 rutubet derecelerinde test edilmiştir

Bu çalışmada birim mesafedeki bıçak izi sayısının, besleme hızının, kesici başlık hızının, kullanılan bıçak türünün (yüksek hız çeliği ve karpid uçu), rutubet miktarının, kesiş derinliğinin, kesiş açılarının, özgül ağırlığının kaliteye ve güç tüketimine etkisi incelenmiş ve Tablolarda verilen değerler elde edilmiştir (Tablo 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8)

Tablo 2.2: Frezelenen örneklerde frezeleme kusurlarının oranı (20° ve 30° kesiş açılarında 5 farklı besleme ve kesici başlık hızlarında) (Davis ve Nelson, 1954).

Rutubet miktarı (%)	Bıçak tipi	Ağaç türü	Kusurlar (%)			
			Kalkık liflilik	Pürüzlü liflilik	Yongalı liflilik	Yonga izi
6	Yüksek hız çeliği	Sarı huş	0	0	22	6
6	Yüksek hız çeliği	Okalıptüs, Sıtmaağacı	0	4	6	1
6	Yüksek hız çeliği	Sert akçaağaç	0	0	38	3
6	Yüksek hız çeliği	Ak meşe	0	0	8	0
6	Yüksek hız çeliği	Lale ağacı	0	1	6	5
6	Carpid	Sarı huş	2	0	19	11
6	Carpid	Okalıptüs, Sıtmaağacı	1	0	4	6
6	Carpid	Şeker akçaağacı	0	0	34	12
6	Carpid	Ak meşe	2	0	8	3
6	Carpid	Lale ağacı	0	1	2	10
6	Yüksek hız çeliği	Douglas göknarı	46	3	29	11
6	Yüksek hız çeliği	Ponderosa çamı	20	1	1	0
6	Yüksek hız çeliği	Bataklık çamı	38	6	6	1
6	Carpid	Douglas göknarı	69	0	18	32
6	Carpid	Ponderosa çamı	37	0	2	2
6	Carpid	Bataklık çamı	67	0	4	11
20	Yüksek hız çeliği	Douglas göknarı	71	1	17	25
20	Yüksek hız çeliği	Ponderosa çamı	47	0	4	6
20	Yüksek hız çeliği	Bataklık çamı	69	0	4	8
20	Carpid	Douglas göknarı	73	60	22	11
20	Carpid	Ponderosa çamı	73	70	1	2
20	Carpid	Bataklık çamı	78	89	7	8

Tablo 2.3: Birim mesafedeki bıçak izi sayısının yüzey kalitesine etkisi (Davis ve Nelson, 1954).

Ağaç türleri	Kusursuz örneklerin bulunma oranı (%)					
	2,54 cm (1 inch)'deki bıçak izi sayısı					
	6	8	10	12	16	20
Sarı huş	16	40	56	64	72	76
Okaliptüs, sıtmaağacı	8	36	56	68	80	88
Şeker akçaağacı	0	20	32	40	56	64
Ak meşe	32	56	64	76	84	88
Lale ağacı	36	44	56	72	88	92
Ortalama	18,4	39,2	52,8	64	76	81,6
Douglas göknarı	0	8	24	32	44	48
Ponderosa çamı	28	68	76	80	88	88
Bataklık çamı	20	40	44	56	52	56
Ortalama	16	38,7	48	56	61,3	64

Tablo 2.4: Besleme hızı, kesici başlık hızının bitirme yüzey kalitesi üzerine etkisi (HSS = High Speed Steel = Yüksek Hız Çeliği) (Davis ve Nelson, 1954).

Rutubet miktarı (%)	Ağaç türü	Kesici çeşidi	Kesiş açısı (°)	Kusursuz örneklerin bulunma oranı (%)				
				Besleme hızı - hız kombinasyonu				
				18,3 m/dak	24,4 m/dak	27,4 m/dak	30,5 m/dak	36,6 m/dak
				3600 devir/dak	4800 devir /dak	5400 devir /dak	6000 devir /dak	7200 devir /dak
6	Sert ağaç	HSS	20	79	82	82	77	80
6	Sert ağaç	HSS	30	80	84	82	80	82
6	Sert ağaç	HSS	Ort.	79,5	83	82	78,5	81
6	Sert ağaç	Karpid	20	78	81	84	81	84
6	Sert ağaç	Karpid	30	76	85	78	78	76
6	Sert ağaç	Karpid	Ort.	77	83	81	79,5	80
6	Yumuşak ağaç	HSS	20	56	63	53	63	56
6	Yumuşak ağaç	HSS	30	51	51	43	45	45
6	Yumuşak ağaç	HSS	Ort.	53,5	57	48	54	50,5
6	Yumuşak ağaç	Karpid	20	36	30	41	31	42
6	Yumuşak ağaç	Karpid	30	35	42	36	43	32
6	Yumuşak ağaç	Karpid	Ort.	35,5	36	38,5	37	37
20	Yumuşak ağaç	HSS	20	39	35	38	37	37
20	Yumuşak ağaç	HSS	30	27	22	24	23	25
20	Yumuşak ağaç	HSS	Ort.	33	28,5	31	30	31
20	Yumuşak ağaç	Karpid	20	2	3	3	3	7
20	Yumuşak ağaç	Karpid	30	7	4	5	6	7
20	Yumuşak ağaç	Karpid	Ort.	4,5	3,5	4	4,5	7

Tablo 2.5: Kesiş açısı ve özgül ağırlıkların etkisi (Davis ve Nelson, 1954).

	Rutubet miktarı (%)	İşleme kusurları	Kesiş açıları				
			0°	10°	20°	30°	40°
			Kusurlu parça yüzdesi (%)				
Sert ağaç	6	Kalkık liflilik	0	0	0	0	0
Sert ağaç	6	Pürüzlü liflilik	1	1	2	0	0
Sert ağaç	6	Yongalı liflilik	1	12	16	17	25
Sert ağaç	6	Yonga izi	0	1	5	2	15
Yumuşak ağaç	6	Kalkık liflilik	11	39	22	47	43
Yumuşak ağaç	6	Pürüzlü liflilik	0	0	7	0	0
Yumuşak ağaç	6	Yongalı liflilik	0	3	13	11	35
Yumuşak ağaç	6	Yonga izi	9	3	2	7	19
Yumuşak ağaç	20	Kalkık liflilik	77	64	52	73	64
Yumuşak ağaç	20	Pürüzlü liflilik	74	61	0	1	2
Yumuşak ağaç	20	Yongalı liflilik	2	3	10	7	14
Yumuşak ağaç	20	Yonga izi	0	0	12	14	19

Tablo 2.6: Kesiş açılarının bitirme yüzey kalitesine etkisi (Davis ve Nelson, 1954).

Ağaç türü	Kusursuz Örnek Yüzdeleri (%)							
	Yüksek Hız Çeliği - Kesiş Açıları					Karpid Bıçak Açıları		
	0°	10°	20°	30°	40°	20°	30°	40°
	Sert Ağaç Türleri (%6 Rutubet Miktarı)							
Sarı huş	100	81	73	76	59	72	75	53
Okaliptüs, sıtmaağacı	99	97	84	93	85	90	88	81
Şeker akçaağacı	100	69	63	60	51	68	58	46
Ak meşe	93	89	94	90	73	90	86	66
Lale ağacı	97	93	86	93	73	92	82	64
Ortalama	98	86	80	82	68	82	78	62
Yumuşak Ağaç Türleri (%6 Rutubet Miktarı)								
Douglas göknarı	69	39	37	23	17	20	15	13
Ponderosa çamı	90	80	77	77	63	57	64	59
Bataklık çamı	82	56	64	41	31	28	34	29
Ortalama	80	58	59	47	37	35	38	34
Sert Ağaç Türleri (%20 Rutubet Miktarı)								
Douglas göknarı	7	19	22	14	21	2	5	5
Ponderosa	9	11	62	35	31	9	11	9
Bataklık çamı	4	7	30	24	17	1	1	1
Ortalama	7	12	38	24	23	4	6	5

Tablo 2.7: Kesiş derinliğinin bitirme yüzey kalitesine etkisi (Davis ve Nelson, 1954).

Örnekler	Kusursuz örnek yüzdesi			
	0,08 cm	0,16 cm	0,24 cm	0,32 cm
Sarı huş	82	74	68	68
Okalıptüs, sıtmaağacı	92	82	80	80
Şeker akçaağacı	72	62	60	56
Ak meşe	96	92	92	88
Lale ağacı	92	84	84	76
Ortalama	86,8	78,8	76,8	73,6
Douglas göknarı	52	34	36	32
Çam				
Ponderosa	92	78	68	72
Bataklık çamı	68	62	44	40
Ortalama	70,4	58	49,3	48

Tablo 2.8: Özgül ağırlığın yüzey kalitesine ve güç tüketimine etkisi (Davis ve Nelson, 1954).

Ağaç türü	Özgül ağırlık (gr/cm ³)	Kusursuz örnek (%)	Güç tüketimi (Kw-saat)
Ponderosa çamı	0,40	77	2,2
Lale ağacı	0,48	89	3,2
Douglas göknarı	0,50	30	2,3
Okalıptüs, sıtmaağacı	0,52	88	2,8
Bataklık çamı	0,54	52	2,8
Sarı huş	0,63	74	3,3
Ak meşe	0,65	92	3,5
Şeker akçaağacı	0,66	61	4,2

Yapılan çalışmalar ışığı altında frezeleme işlemlerinin gerçekleştirilmesinde bazı genel önerilerde bulunulmuştur. Körelmiş bıçak kullanılmasının ve makine ayarlarının düzgün yapılmamış olması nedeniyle meydana gelen kusurların sebeplerinin sadece yukarıda belirtilenler olmadığına, gerektiğinde aşağıda belirtilen uyarılara da dikkat edilmesinde yarar bulunduğuna değinilmiştir.

- 1- Yüzey işlemleri kalitesi 2.54 cm' de 8 veya 10 bıçak izi sayısında yeterli değilse besleme hızı veya kesici başlık hızı değiştirilerek 16 bıçak izi sayısına yükseltilmelidir.

2- Bütün bıçakların kesişe katılmaları sağlanmalı, bıçak başlığına takılan kesicilerde bıçak uçları aynı kesiş dairesi üzerinde olmalı ve yüzey kalitesinde bir olumsuzluk görüldüğünde tekrardan kontrol edilmelidir.

3- Bitiş işlemi planyalamada pratik olarak sıg kesiş şeklinde olmalı ve tercihen 0,16 cm' den daha fazla olmamalıdır. Tek bir derin kesiş değil de iki tane sıg kesiş yapmak daha uygun olmaktadır.

4- Yongalı liflilik çok fazla ise kesicilerdeki kesiş açısı en az 10° azaltılmalıdır. Bu işlem daha fazla kazıma hareketi yapacağından yongalanmayı azaltacaktır.

Davis (1957) ise yongalevhalarda bazı işlenme özelliklerini araştırmıştır. Bu kapsamda yonga levhaların testere ile kesme, planyalama, zımparalama, lamba-zıvana açma, frezeleme, tornalama ve delik delmedeki işlenme özellikleri incelenmiştir. Aşağıdaki sonuçlara ulaşmıştır;

- Yonga levha sıcaklık ve basınç altında reçine ile yongaların birbirine bağlanmasıyla oluştuğundan yapısı ahşaptan farklıdır. Yapısının masif ağaç malzemeden farklı olmasından dolayı işleme ve diğer özellikleri de farklı olmaktadır.
- Yonga levhaların yüzeylerinin kullanım esnasında genellikle örtücü bir malzemeyle kaplanmasından dolayı yüzey kalitesi gereksinimleri de farklıdır.
- Masif ağaç malzeme ve yonga levha aynı koşullarda işlenmeye tabi tutulduğunda yonga levhada elde edilen yüzey kalitesi daha düşüktür fakat elde edilen bu yüzey kalitesi kullanım esnasında genellikle yüzeylerin çeşitli şekillerde örtülmesinden dolayı yeterli bulunmaktadır
- Farklı özelliklere sahip yonga levhaların işlenme özellikleri de birbirlerinden farklıdır. Yapay malzemeler olması ve mühendislik çalışmaları sonucu elde ediliyor olması masif ağaç malzemelere göre daha az değişken sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır.

- Farklı özelliklerdeki yonga levhalarda farklı işleme özelliklerini görsel inceleme ile özellikleri belirleme yeterli bulunmaktadır.
- Kesme işleminde masif ağaç malzemelere göre yonga levhaların işlenmesinde daha fazla güce gereksinim duyulmaktadır ve kesiciler masif ağaç malzemelere göre çabuk körelmektedir.

Davis (1959), “İyi bir işleme kalitesi için üç şart” isimli çalışmasında ağaç malzemenin işlenmesinde iyi bir işleme gerçekleştirilebilmesi için gerekli üç şartı şu şekilde sıralamıştır:

1. Bilenmiş kesicilerle birlikte iyi mekanik özelliklere sahip bir makine,
2. Makinenin ayarlarının düzgün yapılmış olması ve iyi bir şekilde işletilmesi - çalıştırılması,
3. Ağaç malzemenin uygun rutubete kadar kurutulmuş olması ve gereksinimleri karşılayacak şekilde özenle seçilmiş olması.

Ağaç malzemenin işlenmesinde iyi bir işlemeyi üç ayaklı bir tabureye benzeterek bunlardan birisinin eksik olması ile iyi bir işlemenin mümkün olmadığını belirtmiştir. Bunlar;

- Kesicileri de içine alan makineye ait olan mekanik özellikler ve şartlar,
- Kesiş işleminin uzman kişilerce yapılması,
- Uygun malzeme seçimi ve uygun rutubete kadar kurutma işlemi şeklindedir.

Çalışmada bu üç önemli nokta, bıçak açıları, kesiş derinliği, rutubet miktarı, birim mesafedeki yıllık halka sayısı ve özgül ağırlık hakkında ayrıntılı bilgi verilmiştir.

Davis (1960), çalışmasında Ponderosa çamı - Ponderosa pine (*Pinus ponderosa*) ve Douglas Göknarı - Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*) ağaç türlerinde ait bazı işleme özellikleri belirlemiştir. Bu ağaç türleri odunlarına ait işleme özelliklerinin birim mesafedeki yıllık halka sayısı ve özgül ağırlıkla olan ilişkileri incelenmiştir. Bu çalışma kapsamında aynı türe ait yavaş büyüyen ve hızlı büyüyen ağaç türlerine ait işleme özellikleri de karşılaştırmalı olarak yapılmıştır ve yavaş büyüyen ağaç türlerinin hızlı

büyüyen ağaç türlerine göre daha kaliteli yüzeyler verdiğini görmüştür. Douglas göknarı -Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*)’ün Ponderosa çamı - Ponderosa pine (*Pinus ponderosa*)’ e göre işleme özelliklerinin daha düşük olduğu saptanmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre; birim mesafedeki yıllık halka sayısı ve özgül ağırlığının Douglas göknarı (*Pseudotsuga menziesii*) ve Ponderosa çamı (*Pinus ponderosa*) ağaçlarından elde edilen numunelerde işleme özelliklerine etkisi özellikle titizlik isteyen kullanımlarda yüksek öneme sahip bulunmuştur. Douglas göknarı (*Pseudotsuga menziesii*) ve Ponderosa çamı (*Pinus ponderosa*) birim mesafedeki yıllık halka sayısının özgül ağırlığa göre daha fazla öneme sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Stombo (1960) “Kalite ve Ürün (Üretim) Kontrolü İçin Yüzey Tekstürü (Pürüzlülük) Ölçmesi” konulu derleme çalışmasında; yüzey karakteristiklerinin ağaç malzemenin uygulamada kullanım yerini belirleyen önemli bir etken olduğunu ve bundan dolayı bu karakteristikler hakkında bilgi sahibi olmanın ve bunları kontrol etmenin önemli olduğunu belirtmiştir.

Yüzey tekstürü ve ölçümü konusunda temel bazı bilgiler verildikten sonra yüzey tekstürü ölçümünde çok sayıda metodun bulunduğunu belirtmişlerdir. Testere ile kesilmiş yüzeylerde, planyalanmış ve frezelenmiş yüzeylerde, zımparalanmış yüzeylerde yüzey tekstürü başlıkları altında konu ile ilgili kısa bilgiler vermiştir.

Çalışmada testere ile kesişte kesici hızının ve testeredeki diş sayısının artması ile yüzey pürüzlülüğünde azalma meydana geleceği, besleme hızının artması ile pürüzlülükte artış meydana geleceğine değinmiştir. Diş yapısına göre yüzeyde derin çukurluklar ve kabartılar meydana gelebileceğini belirtmiştir.

Çalışmadan elde ettikleri sonuçlara göre planyalama ve frezelemede ise liflere dik kesişte liflere paralel kesişe göre daha fazla pürüzlülük oluşmaktadır. Yumuşak ağaç türlerinde sert ağaç türlerine göre daha fazla pürüzlülük oluşmaktadır. Besleme hızının artması ve kesici başlık hızının ve kesici sayısının azalması ile yüzeyde dalgalanmalar oluşmaktadır.

Zımparalamada ise zımparanın numarası (kum sayısı), zımparalama hızı, besleme hızı vb. zımparalanmış yüzeyin profilinin yüzey düzgünlüğünü etkilediğini belirtmiştir.

Genel olarak körlenmiş kesicilerin yüzey pürüzlülüğünü arttırdığını belirtmişlerdir. Yüzey pürüzlülüğü ölçmelerinde odun kökenli malzemelerin kalitesi de önemli olup, kalitesi yüksek olan bir yüzeyin özellikle tutkallama işleminde ve üstyüzey işlemi uygulamalarında sorunsuz bir işlem gerçekleştirilmesini sağlayacağı sonucuna varmıştır.

Stumbo (1961), “Yüzey tekstür ölçme metotları” isimli çalışmasında genel olarak yüzey tekstürü ölçme yöntemlerini anlatmış, spesifik olarak da ağaç malzeme yüzey tekstürüne değinmiştir. Ayrıca yüzey tekstürü ile odun adhezyonu (yüzeydeki odun dokuları ile odunun kendisi arasındaki kuvvet) ilişkisini incelenmiştir. Yüzey standardının İngiliz BS ve Alman DIN standartlarında nasıl değerlendirildiği kısaca açıklanmıştır. Yüzey tekstürü ölçme yöntemlerini şekillerle açıkladıktan sonra bu yöntemlerin avantaj ve dezavantajlarına değinmiştir.

Davis (1962) “Pürüzlü lifliliği nasıl kontrol edebiliriz? ” isimli çalışmasında pürüzlü lifliliğin planyalamada malzemenin değerinde kayıplara yol açan önemli bir kusur olduğunu belirtmiş ve bu kusurun işlenen malzemedeki rutubet miktarına, bıçak ve kesicilerin durumuna, kesiş derinliğine ve besleme hızına dikkat edilerek azaltılabileceğini belirtmiştir.

Pürüzlü lifliliğin sert ve yumuşak ağaçların her ikisinde planyalanmasında ortaya çıkabildiğini belirtmiştir. Pürüzlü lifliliğin tanımını işleme esnasında liflerin veya lif gruplarının düzgün bir şekilde kopmayıp işlemeden sonra yüzeyin genel seviyesinden daha yüksekte olması olarak yapmıştır. Pürüzlü lifliliğin tutkallamada da olumsuz etkisinin olduğunu belirtmiştir.

Çalışmasında bıçak ve kesici keskinliğinin, rutubet miktarının, kesici açılarının, çekme odunu, kesiş derinliği, besleme (ilerleme) hızı, dönme hızının pürüzlü liflilik oluşumuna etkisini kısa açıklamalarla belirtmiştir.

Cantin (1965), 16 Doğu Kanada odunlarının işlenme özelliklerini belirlemek amacıyla çalışmalarda bulunmuştur. Bu kapsamda 16 ağaç türünün tornalama, planyalama, delik delme, zıvana açma ve frezeleme olarak beş farklı işleme özellikleri araştırılmıştır. Ayrıca bu ağaç türlerinde özgül ağırlığın ve birim mesafedeki yıllık halka sayısının kalite özellikleri üzerine de etkisini incelemiştir. Çalışmalar 10 sert ağaç ve 6 yumuşak ağaçta gerçekleştirilmiştir. Bunlar: beyaz dişbudak - white ash (*Fraxinus americana*), toz ağacı, kavak - largetooth aspen (*Populus grandidentata*), titretek kavak - trembling aspen (*Populus tremuloides*), ıhlamur - basswood (*Tilia Americana*), kayın - beech (*Fagus orientalis*), beyaz huş - white birch (*Betula papyrifera*), sarı huş - yellow birch (*Betula alleghaniensis*), seker akçaağacı - hard maple (*Acer saccharum*), kırmızı akçaağaç - red maple (*Acer rubrum*) ve kırmızı meşe - red oak (*Quercus rubra* L.), pelesenk köknar - balsam fir (*Pinaceae Abies balsamea*), kara ladin - black spruce (*Picea mariana*), ak ladin - white spruce (*Picea glauca*), banks çamı - jack pine (*Pinus banksiana*) ve veymut çamı - white pine (*Pinus strobus*)' dır. Sonuçları görsel olarak değerlendirmiştir.

Çalışmanın sonuçlarına göre; en iyi tornalama özellikleri özgül ağırlığı yüksek ve birim mesafedeki yıllık halka sayısı fazla olan masif ağaç malzemelerde belirlenmiştir.

Planyalamada 1,6 mm kesiş derinliğinde 15°, 20°, 25° ve 30°'lik dört kesiş açısında, her 2.54 cm' de 8, 12, 16 ve 20 bıçak izi sayısı olmak üzere 8 farklı koşulda planyalama özelliği incelemiş ve ortaya çıkan hatalara göre derecelendirmiştir. Genel olarak birim mesafedeki bıçak izi sayısının 8'den 12'ye ve 12'den 16'ya artması ile yüzeyde düzelmeler meydana gelmiştir. En az düzelme 16'dan 20'ye artmasında meydana gelmiştir. Kesici kenarlarının ağaç malzeme ile ne kadar fazla temas ederse bıçakların o kadar çok köreldiğini görmüşlerdir.

Delik delmede dönme hızı yaklaşık olarak 1330 devir/dakika alınarak denemeler gerçekleştirilmiştir. Her bir örnek parçasına iki adet delik delinmiş, delikler ezilme, yırtılma, pürüzlü liflilik ve genel düzgünlük açısından incelenerek beş sınıfa ayrılmıştır. Özgül ağırlığı yüksek olan sert ağaçların yumuşak ağaçlara göre daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Zıvana açmada en çok karşılaşılan kusur ezilme olarak

belirlenmiş ve bütün örneklerde köşelerindeki liflerde ezilmenin meydana geldiğini görülmüştür.

Frezelemede freze bıçağının dönme hızı 4.800 devir/dakika olarak alınmıştır. Frezeleme işlemi test sonuçlarına göre pürüzlü liflilik en sıklıkla meydana gelen ve kaliteyi en olumsuz olarak etkileyen kusur olarak görülmüştür. Yongalı liflilik sıklıkla görülmemiş ve frezelemede kolaylıkla şekillendirme gerçekleştirilmiştir. Fakat liflere karşı olan işlemlerde kusurlu kısımlar meydana geldiğini belirtmişlerdir.

Bazı Kanada ağaç türleri odununu, özgül ağırlık ve beş işlenme özellikleri ile ilgili deneme sonuçları çalışmanın sonunda Tablo halinde verilmiştir. Bu sonuçlar Tablo 2.9'da görülmektedir.

Tablo 2.9: 16 Kanada odununun işlenme özellikleri (Cantin, 1965).

Ağaç türü	Özgül ağırlık gr/cm ³	Tornalama Kusursuz ve az kusurlu örnekler (%)	Planyalama Kusursuz örnekler (%)	Delik delme Kusursuz ve az kusurlu örnekler (%)	Zıvana açma Orta- kusursuz örnekler (%)	Frezeleme Kusursuz ve az kusurlu örnekler (%)
SERT AĞAÇLAR						
Beyaz dişbudak	0,555	60	71	93	100	98
Toz ağacı, kavak	0,410	41	46	82	45	54
Titrek kavak	0,410	43	58	89	67	66
İhlamur	0,320	25	70	80	30	58
Kayın	0,560	93	72	94	100	92
Beyaz huş	0,500	91	58	96	89	88
Sarı huş	0,545	84	58	92	100	84
Şeker akçaağacı	0,605	97	53	90	100	96
Kırmızı akçaağaç	0,535	73	48	51	68	96
Kırmızı meşe	0,545	56	81	98	100	100
YUMUŞAK AĞAÇLAR						
Pelesenk köknar	0,328	4	Test edilmedi	45	18	18
Banks çamı	0,435	44	43	93	56	72
Kızılçam	0,400	90	53	96	68	78
Veymut çamı	0,345	58	56	100	68	68
Kara ladin	0,403	46	Test edilmedi	92	49	58
Ak ladin	0,375	17	46	89	40	36

Peters ve Lutz (1966) yaptıkları çalışmada Hawaii’de yetişen molucca albizzia (*Albizia falcataria*) ve Nepal kızılağacı - Nepal alder (*Alnus nepalensis*) odunlarının işlenme özelliklerini belirlemişler, kereste ve mobilya endüstrisinde kullanımının uygunluğu araştırmışlardır. Bu araştırmada işlenme özellikleri olarak planyalama, frezeleme, tornalama, delik delme ve zıvana açma denemeleri gerçekleştirilmiş ortaya çıkan sonuçlar aynı özgül ağırlığa sahip diğer bazı ağaç türleri ile karşılaştırılmıştır. İncelenen ağaç türlerinin özgül ağırlıkları *Albizia falcataria* için 0,42 – 0,39 gr/cm³ arasında değişmekte ortalama 0,33 gr/cm³; *Alnus nepalensis* için 0,29 – 0,40 gr/cm³ arasında değişmekte ortalama 0,35 gr/cm³ olarak belirlenmiştir.

İşlenen malzemeler kalkık liflilik, pürüzlü liflilik, yongalı liflilik ve yonga izi bulunma durumlarına göre değerlendirilmiş ve 5 sınıfa ayırmışlardır. Planyalama için 1.sınıf (kusursuz), delik delme ve frezeleme için 1. ve 2.sınıf (kusursuz ve az kusurlu), zıvana açma ve tornalama için 3.sınıf (orta) ve daha iyi yüzey kalitesi gösteren örnekler kabul edilmiştir. Derecelendirmede 4: kötü ve 5: çok kötüyu ifade etmektedir

Planyalama işlemi planya makinesinde bıçak başlığı dönme sayısı dakikada 3600 devir olan makinede gerçekleştirilmiş, her iki örnekte de 10° kesiş açısında en iyi sonuçlar elde edilmiştir. Kesiş açısı arttıkça 20° ve 30°’de daha kötü sonuçlar ortaya çıkmıştır.

Besleme hızı 17,7 m/dakika (2,54 cm’de 20 bıçak izi sayısı) ve 26,5 m/dakika (2,54 cm’de 14 bıçak izi sayısı)’da 20° kesiş açısında işleme gerçekleştirilmiştir. Besleme hızı artırıldığında bıçak izi sayısının 2,54 cm’de 20 bıçak izi sayısından 14 bıçak izi sayısına düştüğü ve yongalı liflilik adlı kusur miktarında her iki ağaç türünde de önemli derecede artış olduğunu gözlemlemişlerdir. Bununla birlikte pürüzlü liflilik veya yonga izinin yüksek besleme hızlarında ortadan kalktığı belirtilmiştir.

Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre yongalı liflik her iki ağaç türünde de görülmektedir. Bu kusur genellikle lif gidişatındaki düzensizliklerden meydana gelmektedir. Budak çevresindeki düzensiz liflilikler ve Nepal alder (*Alnus nepalensis*)’deki urlu kısımlar vb. yongalı liflilik oluşumunda etkili olmaktadır. Pürüzlü lifliliğin çekme odununda da görüldüğü gözlemlenmiştir. 30° kesiş açısında her iki ağaç türünde de çok miktarda yonga izleri görülmüştür.

Frezeleme işlemi 5400 devir/dak. dönme hızına sahip bir makinede elle beslemeli olarak, delik delme işlemi ise 2000 devir/dak otomatik beslemeli delme makinesinde gerçekleştirilmiştir. Aşağıdaki Tablo 2.10’ da frezeleme ve delik delme işlemlerinde elde edilen özet sonuçlar görülmektedir.

Tablo 2.10: Frezeleme ve delik delmede özet sonuçlar (Peters ve Lutz, 1966).

İşlem	Örnek sayısı	Kusur çeşidi ve %'si			
		1.sınıf	2.sınıf	3.ve 4.sınıf	1.ve 2.sınıf
		(Kusursuz)	(Az kusurlu)	(yongalı liflilik)	
		%	%	%	
Nepal kızılâğacı (<i>Alnus nepalensis</i>)					
Frezeleme	26	0	54	46	54
Delik delme	52	33	65	2	98
Molucca Albizzia (<i>Albizia falcataria</i>)					
Frezeleme	23	0	91	9	91
Delik delme	46	100	0	0	100

Zıvana açma işleminde zıvana köşelerinde yaygın olarak liflerde kopmalar meydana gelmiştir.

Tornalama denemeleri dönme hızı 3300 devir/dakika’da ve beslemenin elle gerçekleştirildiği bir tornalama makinesinde gerçekleştirilmiştir. Tornalama örneklerinin yarısı %6 diğer yarısının ise %12 rutubet miktarlarına sahip olacak şekilde ayarlanmıştır. Tornalama sonuçlarına bakıldığında %6 rutubette 3.sınıf ve daha iyi örnek numuneleri (1+2+3.sınıf toplamı) Nepal alder - Nepal kızılâğacı (*Alnus nepalensis*) için %86 ve Molucca albizzia (*Albizia falcataria*) için % 69 olarak elde edilmiş, rutubet miktarı % 12’ye çıkarıldığında Nepal alder (*Alnus nepalensis*)’de bu oran %95’ yükselmiş, Molucca albizzia (*Albizia falcataria*)’da ise %47’ye düşmüştür.

Ağaç türlerinin her ikisinin işlenmesinde de kesicilerde aşırı bir körlenme meydana gelmediği görülmüştür. Her iki ağaç türünün düzgün lifli olanlarının iç dekorasyonda kullanımının uygun olduğu, Nepal alder - Nepal kızılâğacı (*Alnus nepalensis*)’in orta değerdeki mobilya elemanları için kullanılabileceği, Molucca albizzia (*Albizia falcataria*)’nın özgül ağırlığının Nepal alder - Nepal kızılâğacı (*Alnus nepalensis*)’den

daha düşük olduğu ve dış kısımlarda kullanılacak olan mobilya parçaları için çok yumuşak olduğu sonucuna varılmıştır. Elde edilen sonuçlardan bazıları tablolar halinde verilmiştir (Tablo 2.11, Tablo 2.12).

Tablo 2.11: Kesiş açısı ve besleme hızının planyalama özelliklerine etkisi (Peters ve Lutz, 1966).

Kesiş açısı	Besleme hızı	Örnek sayısı	Kusur tipi ve yüzdesi					Kusursuz (%)
			Kusursuz (1.sınıf (%))	Kalkık liflilik (2.sınıf (%))	Yongalı liflilik (2-4. sınıf (%))	Pürüzlü liflilik (2.sınıf (%))	Yonga izi (2.sınıf (%))	
Nepal Alder - Nepal kızılğacı (<i>Alnus nepalensis</i>)								
10°	17,7 m/dakika	26	58	0	0	0	42	58
20°	17,7 m/dakika	26	27	0	4	0	69	
20°	26,5 m/dakika	26	42	0	39	0	42	
30°	17,7 m/dakika	26	19	0	4	0	80	
Molucca Albizzia (<i>Albizia falcataria</i>)								
10°	17,7 m/dakika	23	56	0	9	13	22	56
20°	17,7 m/dakika	23	26	9	48	17	39	
20°	26,5 m/dakika	23	30	9	69	9	26	
30°	17,7 m/dakika	23	4	0	65	9	70	

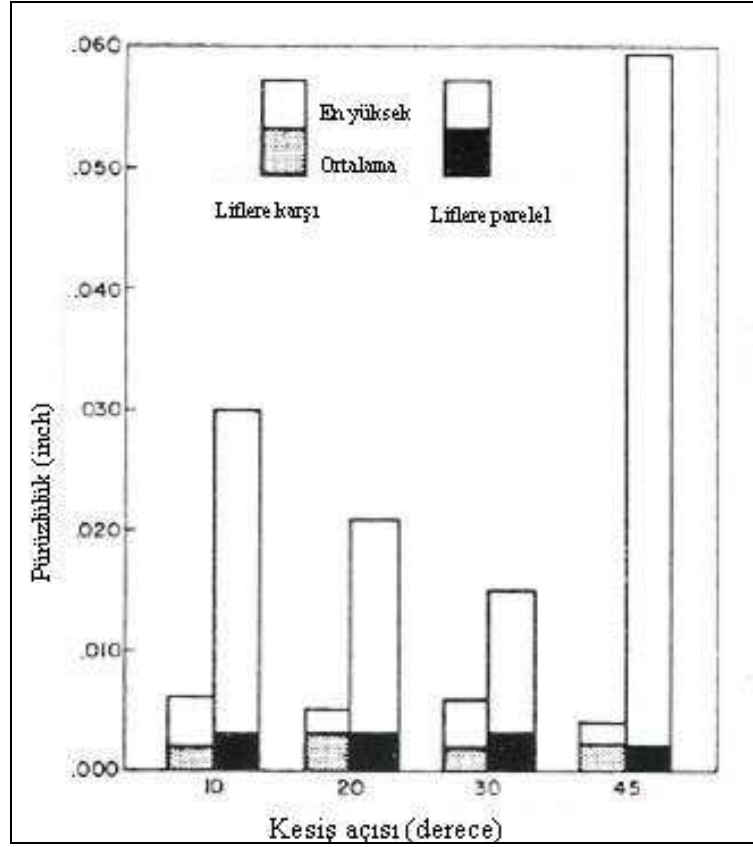
Tablo 2.12: Önemli ağaç türlerine ait işleme özelliklerinin karşılaştırılması (Peters ve Lutz, 1966)

Ağaç türü	Özgül ağırlık (gr/cm ³)	Planyalama	Frezeleme	Tornalama	Delik delme	Zıvana açma
		Kusursuz (1.sınıf) (%)	İyi ve kusursuz (1+2.sınıf) (%)	Orta-kusursuz (1+2+3.sınıf) (%)	İyi – kusursuz (1+2.sınıf) (%)	Orta – kusursuz (1+2+3.sınıf) (%)
Molucca albizzia (<i>Albizia falcataria</i>)	0,33	56	91	69	100	89
Nepal kızılğacı (<i>Alnus nepalensis</i>)	0,35	58	54	86	98	27
Söğüt (<i>Salix Alba</i>)	0,34	52	5	58	71	24
İhlamur (<i>Tilia</i>)	0,35	64	10	68	76	51
Kızılğaç (<i>Alnus rubra</i>)	0,37	61	20	88	64	52
Kavak (<i>Populus</i>)	0,38	21	3	70	70	52
Lale ağacı (<i>Liriodendron tulipifera</i>)	0,42	70	13	81	87	63

Peters ve Cumming (1970) “Odun yüzey düzgünlüğünün ölçülmesi: Bir inceleme” adlı çalışmalarında, odun yüzey düzgünlüğünün ölçülmesi konusunda geniş bir literatür incelemesinde bulunmuşlar, çok çeşitli tekniklerin kullanıldığını belirtmişlerdir. Bu tekniklerden üçünün ön plana çıktığını bunların ise görüntülü, ışıklı ve iğne taramalı teknik olduğunu, yüzey ölçümü konusunda hiçbir tekniğin istenileni tam olarak vermediğini (yeterli olmadığını) bu konuda kullanımı kolay olan, hassas, sonuçları güvenilir bir tekniğin geliştirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Odun yüzeylerinin düzgünlüğünü ölçecek olan cihazların bunun için tasarlanması gerektiğini, böyle bir tekniğin (cihazın) hem araştırma laboratuvarlarında hem de endüstride kullanılabilir olması gerektiğini, iyi bir yöntemin üretime, kalite kontrole, araştırmalara önemli katkılarda bulunacağı, ahşap malzemenin kullanımında yüzey kalitesini (düzgünlüğünü) belirlemenin önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Steward (1970)“Akçaağaç odununda liflere dik yönde planyalama ile yüksek kaliteli yüzeyler ve yongalar üretimi” isimli çalışmasında; belirli boyutlarda hazırlanan ve % 8 rutubet miktarına kadar kurutulan Akçaağaç odunundan elde edilen deney numuneleri liflere paralel ve liflere dik yönde planyalanmıştır. Numuneler 36 farklı işleme kombinasyonlarında 3750 devir/dakika hızındaki planya makinesinde planyalama işlemine tabi tutulmuştur. Deneme için hazırlanan numunelere 4 farklı kesiş açısında (10° , 20° , 30° ve 45°), 3 kesiş derinliğine (0,8 mm, 1,6 mm, 3,2 mm) ve üç farklı besleme hızında 10, 20 ve 30 bıçak izi sayısı/2,54 cm’de planyalama işlemi uygulanmıştır.

Numuneler liflere paralel ve liflere dik planyalandıktan sonra yüzey pürüzlülükleri ölçülerek kaydedilmiştir. Maksimum yüzey pürüzlülüğünün liflere dik yöndeki planyalamada liflere paralel yöndeki planyalamaya göre daha düşük görüldüğü, ortalama pürüzlülük değerleri açısından bakıldığında ise liflere paralel ve liflere dik yönde yaklaşık aynı değerlerin elde edildiği görülmüştür. Ayrıca liflere dik yöndeki planyalama ile yüksek kaliteli yüzeyler ve yonga levha endüstrisinde kullanılabilecek kaliteli yongalar elde edilebileceği ve liflere dik yönde planyalama ile artık miktarının daha düşük olacağı sonucuna varılmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlar Şekil 2.1’de görülmektedir



Şekil 2.1: Farklı kesim açılarında, liflere paralel ve liflere dik yöndeki planyalamada ortalama ve en yüksek yüzey pürüzlülük değerlerinin karşılaştırılması (Steward, 1970).

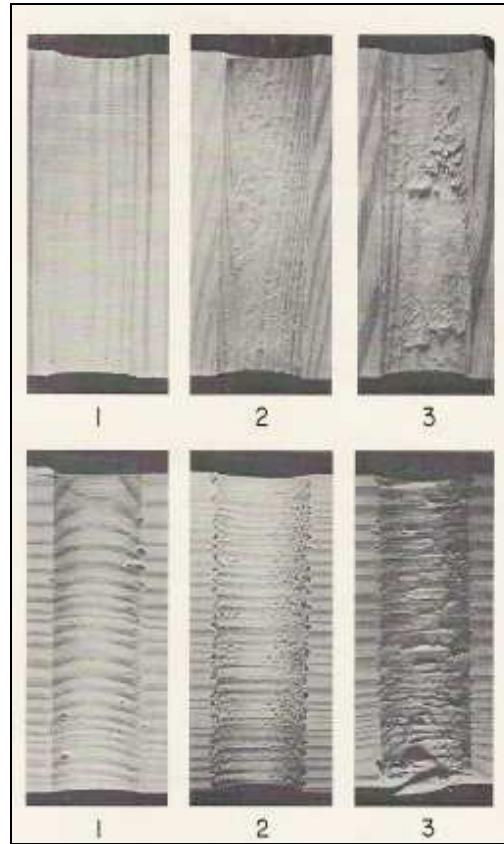
Peters ve Mergen (1971) “Odun yüzey düzgünlüğünün ölçümü: önerilen bir yöntem” adlı çalışmasında odun yüzey düzgünlüğünün ölçülmesinde laboratuvar, araştırmalarda ve imalat endüstrisindeki kalite kontrollerde kullanılmak üzere iğne taramalı yöntemin uygun bir yöntem olduğu bunun için ağaç malzeme yüzeylerinde kullanılmak üzere alet geliştirmeye çalışmışlar çeşitli denemelerde bulunmuşlar ve bu geliştirdikleri aletin odunun yüzey kusurlarının ölçümünde yararlı olabilecek bir başlangıç olduğunu düşünmüşlerdir.

Porter ve arkadaşları (1971) “Hava-akımı metodu ile kereste yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesi” adlı çalışmalarında yüzey pürüzlülüğü ölçümünde kullanılan tekniklerden kısaca bahsetmişler ve yeni bir metodun gerekliliği üzerinde durmuşlardır. Bu amaç doğrultusunda yüzey pürüzlülüğü ölçümünde maliyeti düşük, hava akımı kullanılarak yüzey pürüzlülüğü belirlenmesinde kullanılmak üzere bir cihaz tasarlamışlar ve bu cihazı çeşitli şerit testere ve daire testere ile kesilmiş malzemeler üzerinde test

etmişlerdir. Sonuç olarak bu cihazın kereste üretimi yapan işletmelerde yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesinde kullanılabilir olduğu sonucuna varmışlardır.

Woodson ve Mcmillin (1972) yaptıkları “Güney çamı - Southern pine (*Pinus spp.*)’nda Derin Delik Delme İşlemleri” adlı çalışmalarında ağaç malzemenin işlenmesinde yaygın önemli bir iş safhası olan delik delme işlemi çeşitli açılardan incelenmişlerdir. Bu çalışmada delik delme işleminde tork (dönme momenti), itme gücü ve delik kalitesinin kesici dönme hızı, yonga kalınlığı, ağaç malzemenin özgül ağırlığı ve rutubet miktarı ile olan ilişkisi değerlendirilmiştir. Delikler 26.67 cm derinliğinde ve 2,54 cm çapında lif yönünde ve liflere dik yönde açılmıştır. Yaygın olarak kullanılan iki tip kesici uç kullanılmıştır.

Delik delme işlemlerini özel olarak tasarlanmış bir makinede gerçekleştirmişlerdir. Aşağıdaki resimde gösterilen sınıflandırmaya göre değerlendirme işlemini gerçekleştirmişlerdir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2: Kalite sınıfları (1: iyi kalite, 2: Orta kalite 3: Kötü kalite, Üst gruptaki örnekler liflere paralel delik delme için, alt gruptaki örnekler liflere dik delik delme işlemi için)
(Woodson ve Mcmillin, 1972)

Çalışmada itme gücünün ve torkun özgül ağırlıkla, rutubet miktarıyla, yonga kalınlığıyla, lif yönü vb. ile ilişkisi incelenmiş ve değerlendirilmiştir.

Ortaya çıkan sonuçlara göre liflere paralel yönde yonga kalınlığı ile birlikte torkunda arttığı gözlemlenmişler ve incelenen kalınlıklarda yüksek özgül ağırlıklarda torkun daha fazla olduğu sonucuna varmışlardır.

Delik kalitesi açısından bakıldığında özgül ağırlık, yonga kalınlığı ve dönme hızının delik kalitesine önemli bir etkisinin olmadığını, önemli farklılıkların rutubet miktarı ve kesici tipi değişikliğinde olduğunu gözlemlenmiştir.

Kurtoğlu (1981) “Odunun işleme özellikleri” adlı çalışmalarında odunun işleme özellikleri denildiğinde genellikle planyalama, frezeleme, tornalama, zıvana ve lamba açma, delme, zımparalama ve diğer işleme faaliyetlerinin anlaşıldığını belirtmiş ve bu işlemlerle ilgili kısa tanımlamalarda bulunmuşlardır. Daha sonra odunun işlenmesinde ortaya çıkan hataları kalkık liflilik, pürüzlü liflilik, yongalı liflilik, yonga izi, gevşek liflilik veya lif ayrılması olarak sınıflandırarak açıklamıştır. İyi bir işleme için gerekli koşulları maddeler halinde şu şekilde sınıflandırarak açıklamışlardır.

- 1- Makine ve kesme aletlerinin mekanik durumu
 - Bıçak türünün işleme kalitesi üzerine etkisi,
 - Bıçağın keskinliğinin işleme kalitesi üzerine etkisi,
 - Bıçakların bıçak başlığına yerleştirilmesi.
- 2- Makinenin iyi ayarlanması ve çalıştırılması
 - Kesiş açısının işin kalitesine etkisi,
 - Kesiş derinliği,
 - Bıçak başlığı hızı, malzemeyi itme hızı ve birim mesafedeki bıçak izi sayısı
- 3- Ağaç malzemenin seçimi ve özellikleri
 - Odun rutubetinin işin kalitesi üzerine etkisi,
 - Odunun özgül ağırlığının işlemenin kalitesine etkisi,
 - Büyüme hızı, yıllık halka sayısı ve yaz odununun katılım oranının işin kalitesine etkisi,
 - Çapraz liflilik ve çekme odununun işin kalitesi üzerine etkisi.

Daha sonra işleme faaliyetinde kuvvet gereksinimi konusunda açıklamalarda bulunarak, kuvvet gereksiniminin özgül ağırlık, odunun rutubeti, kesiş açısı, itme hızı ve bıçak başlığı hızı ve bıçak tiplerine bağlı olduğunu belirtmiştir. Çalışmanın sonunda ise odunun işlenmesi esnasında meydana gelen hataların oluşmaması için göz önünde tutulması gereken hususları açıklamışlardır.

Faust ve Rice (1986) “Sarıçam kaplama yüzeylerinin pürüzlülük karakteristikleri” adlı çalışmada kontrplak üretiminde kaplama yüzey pürüzlülüklerini gözlemlemek ve kontrol etmenin kontrplak kalitesinin devamlılığı için zorunlu olduğu ve imalat atıklarını en aza indirmesinde önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Çalışmalarında 30,5 cm x 30,5 cm boyutlarında kare kesitli olarak hazırlanan rutubet miktarı % 6-7 olan Sarıçam’dan üretilmiş kesme kaplama yüzeyleri görsel olarak pürüzlü, orta ve düzgün olmak üzere üç sınıfa ayrılmıştır. Kaplama yüzeylerinin ön ve arka yüzeylerinin pürüzlülüklerini karşılaştırarak farklı olduğunu belirlemişlerdir.

Faust ve Rice (1986) “Sarıçam’dan elde edilen kontraplağın yapışma kalitesi üzerine kaplama yüzey pürüzlülüğünün etkisi” isimli çalışmada, kaplama levhalarının tutkalın bağlanma kalitesini başlıca üç faktöre bağlamışlardır. Bunlar;

- 1- Kaplama (odun) ile ilgili faktörler
 - Rutubet miktarı,
 - Sıcaklık,
 - Yüzey düzgünlüğü,
 - Yoğunluk.
- 2- İmalat şartları
- 3- Tutkal ile ilgili faktörler olarak sıralamışlardır.

Yapılan denemeler sonucunda, pürüzlü yüzeye sahip kaplamaların kontrplak imalinde yapışma kalitesini olumsuz etkilediği ve düşürdüğü sonucuna varılmıştır.

Faust (1987) “Görüntü analizi ile kaplama yüzey pürüzlülüğünün anında ölçülmesi” isimli çalışmada kontrplak kalitesine kullanılan kaplamadaki yüzey pürüzlülüğünün olumsuz etki ettiğini bunun için kaplama yüzey pürüzlülüğünün üretim esnasında

ölçülebilmesinin ürün kalitesini ve imalat kayıplarının azaltılmasında önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Bu çalışmada görüntü analizi kullanılarak kaplama yüzey pürüzlülüğünün dokunmasız bir yöntemle ölçülmesini ve onun görsel değerlendirme ve sınıflandırma teknikleri yanında iğne taramalı yöntem ile ilişkisini incelemeyi amaçlamıştır.

30,5 x 30,5 cm boyutlarındaki 3000 kaplama levha parçası görsel olarak değerlendirilerek pürüzlü, orta pürüzlü ve az pürüzlü olmak üzere üç sınıfa ayırmışlardır. Görsel analiz yöntemi ile yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilebilmesi için her bir pürüzlülük sınıfından 576 adet örnek seçilmiş ve bunların da 20 adeti iğne taramalı yöntem ile ölçüm için kullanılmıştır. Sonuçlar kaplama yüzey pürüzlülüğünün görüntü analizi ile anında ölçülebileceğini göstermiştir.

Çalışmada yüzey pürüzlülüğünü ölçmede iğne taramalı yöntemin laboratuvar koşullarında uygun olduğunu, üretim esnasında birçok iğne taramalı yöntemin düşük hızlarda (3 dakikada 7,62 cm) ölçüm yapabildiğinden kullanılmasının uygun olmadığını belirtmişlerdir.

Ayrıca görüntü analizi yönteminin dakikada 30,48 metre hızındaki imalat esnasında kullanılabileceğini ancak bunun için dikkat edilmesi gereken bazı hususları olduğunu belirtmişler ve bunları kısaca açıklamışlardır.

Örs ve arkadaşları (1990) “Testerelerde diş geometrisinin kereste yüzey kalitesine etkisi” adlı çalışmalarında şerit testere diş geometrisinin kereste yüzey kalitesine (pürüzlülüğüne) etkisini araştırmışlardır. Bunun için 20–30 cm çaplarında sarıçam (*Pinus silvestris* L.) tomrukları, şerit testerelerde 4 farklı grupta hazırlanan diş geometrisine göre biçilerek en uygun diş profili belirlemişlerdir.

- 1 Grup: Tüm dişler ezilmiş ve egalize edilmiş
- 2.Grup: İki diş çaprazlanmış, bir diş düz bırakılmış
- 3.Grup: Dört diş çaprazlanmış, bir diş düz bırakılmış
- 4.Grup: Dört diş ezilmiş ve egalize edilmiş, bir diş düz bırakılmış

Yüzey kalitesini belirlemek amacıyla 2 ölçek üstübeç ve 1 ölçek beziryağı ile hazırlanan macun karışımı spatula ve gönyeler yardımı ile deney alanlarına sürmüşler, her deney alanı için harcanan macun miktarı terazide tartılmış ve düzeltmede kullanılan macun miktarı yüzey kalitesi değerleri için esas alınmıştır

Yapılan laboratuvar deneylerinden elde edilen değerlerin istatistiksel analizleri sonundaki kerestelerin yüzey pürüzlülüğüne malzemenin testereye verilmiş yönünün etki etmediği fakat testere diş profilinin oldukça etkili olduğu belirlenmiştir.

Çalışmanın sonuçlarına göre en iyi yüzey kalitesi tüm dişleri ezilmiş ve egalize edilmiş PV diş (eğri diş) profilli testerele ile biçilen kerestelerde belirlenmiştir. Bunu sırası ile PV dört diş ezilmiş ve egalize edilmiş bir düz bırakılmış, PV iki diş çaprazlanmış, bir diş düz bırakılmış ve PV dört diş çaprazlanmış bir diş düz bırakılmış testerele ile elde edilen keresteler takip etmiştir. En kötü yüzey ise dişlerin kırılmasından dolayı NV (sivri diş) çapraz dişlere sahip testerelele üretilen kerestelerde meydana gelmiştir.

Dişlerine çapraz verilmiş testere ile yapılan biçme işleminde kereste yüzeyi kalitesi zamanın fonksiyonu olarak gittikçe bozulduğunu, bunun nedeninin ise biçilen kereste sayısı arttıkça çapraz miktarlarının bozulması ve diş geometrisinde sapmalar meydana gelmesi olduğunu belirtilmiştir.

Gürtekin (1996) “Ağaçışleri rendeleme makinelerinde kesme ve ilerleme hızının ahşap yüzey kalitesine etkisi” başlıklı yüksek lisans tezinde ağaçışleri endüstrisinde kullanılan rendeleme makinelerinde kesme ve ilerleme hızının rendelenen ahşap yüzeyinde oluşturduğu düzgünlük ve kalite etkisi incelenmiştir. Çalışmada kayın (*Fagus orientalis* L.) ve karaçam (*Pinus nigra* L.) odunlarını deney numunesi olarak kullanmıştır.

Çalışmada rendeleme işlemi için yatay freze makinesindeki top bıçak kullanmıştır. Kesiş hızı yatay freze makinesinde bulunan kayış-kasnak sistemi vasıtasıyla; ilerleme hızı değişikliği ise otomatik sürücü yardımıyla sağlanmıştır.

Kalite faktörü olarak yüzey düzgünlüğü, pürüzlülüğü, bıçak izi, yanık oluşumu vb. kusurların bulunup bulunmamasına göre inceleme gerçekleştirilmiştir..

Çalışmanın sonucunda bıçak sayısının ve kesme hızının artırılması ve besleme hızının azaltılması ile ahşap yüzey kalitesinin düzeldiği sonucuna varılmıştır.

Kurtoğlu (1996), “Ağaç malzemenin işlenmesinde ortaya çıkan hatalar” adlı çalışmasında genellikle masif ağaç malzemenin işlenmesinde kalkık liflik, pürüzlü liflilik, yongalı liflilik, yonga izi ve gevşek liflilik gibi hatalar ortaya çıktığını belirtilmiştir. Bu hataların genellikle planyalama işleminde ortaya çıkmasına rağmen diğer işleme faaliyetlerinde de ortaya çıkabileceğini açıklamışlardır. Çalışmada ağaç malzemenin işlenmesinde ortaya çıkan bu hataları tek tek açıklamışlar, ortaya çıkma olası nedenlerini, hangi ağaç türlerinde daha sıklıkla görüldüklerini ve önlemek için nelere dikkat edilmesi gerektiğinin üzerinde durmuşlardır.

Demirci (1998) “Daire testerelerin masif ağaç malzemelerde yüzey düzgünlüğüne etkileri” isimli Yüksek Lisans tezinde ağaç malzemelerin daire testere kesicileriyle biçildikten sonraki yüzey pürüzlülüklerini karşılaştırmıştır. Çalışmasında doğu kayını (*Fagus orientalis L.*), sarıçam (*Pinus sylvestris L.*), meşe (*Quercus petrae L.*) ve akasya (*Robinia pseudoacacia L.*) odunlarından hazırlanan numunelerinde yüzey pürüzlülüğü değerini; ağaç türü, kesiş yönü, diş sayısı ve besleme hızına göre belirlemiştir.

Çalışmanın sonuçlarında aynı deneme koşullarında ağaç türlerinden en pürüzsüz yüzeyi sarıçam odunu en pürüzlü yüzeyi ise meşe odunu vermiştir. En düzgün yüzeyi radyal yönlerde 5 metre/dakika besleme hızında 24 dişli daire testerede elde etmiştir.

Çalışmada elde edilen sonuçlara göre;

- Radyal kesitler teğet kesitlere göre daha düzgün yüzeyler vermektedir.
- Testerelerin aralarındaki etkileşime göre en iyi sonucu 40 dişli daire testere vermiştir.
- Besleme hızının artması ile yüzey pürüzlülüğü de artmıştır.
- Ağaç türü, kesiş yönü ve diş sayısı etkileşiminde en düzgün yüzeyi sarıçam odununda radyal yönde 24 dişli daire testere, en pürüzlü yüzeyi meşe odununda radyal yönde 40 dişli daire testere vermiştir.

- Doğu kayını odununda 40, sarıçam odununda 24, akasya odununda ise 40 dişli daire testere kullanılarak daha düzgün yüzeyler elde edilebilir.

Meşe odununda yüzey pürüzlülüğü bakımından testereleler arasında önemli bir fark bulunamamıştır.

Gürleyen (1998) “Mobilyada kullanılan masif ağaç malzemelerde yüzey düzlüğünün karşılaştırılması” adlı yüksek lisans tezinde masif ağaç malzemelerin kesicilerle işlem gördükten sonra yüzey düzgünlüğünü karşılaştırmak amacıyla çalışmalarda bulunmuştur. Denemelerinde doğu kayını (*Fagus orientalis L.*), sarıçam (*Pinus sylvestris L.*), meşe (*Quercus petraea L.*), akasya (*Robinia pseudoacacia L.*) ağaç türlerini kullanılmıştır.

Yüzey düzgünlüğünü ağaç türü, kesiş yönü, kesici çeşidi ve bıçak sayısına göre belirlenmiştir.

Denemelerde rendeleme için alt freze makinesini, kesici olarak jilet bıçak ve yaprak bıçakları, 100 mm çapında jilet topunu kullanılmıştır. Ölçümlerde ise yüzey pürüzlülük ölçümünde kullanılan dokunmalı iğne taramalı aletten yararlanılmıştır.

Denemelerden elde edilen sonuçlara göre;

- En düzgün yüzeyi sarıçam odunu, en pürüzlü yüzeyi ise meşe odunu vermiştir,
- Ağaç türü ve bıçak sayısı etkileşiminde en düzgün yüzeyi akasya odununda 4 bıçaklı rendelemede, en pürüzlü yüzeyi ise meşe odununda 2 bıçaklı kesicide vermiştir,
- Teğet kesitlerde radyal kesitlere göre, 4 bıçaklı rendeleme 2 bıçaklı rendelemeye göre daha düzgün yüzeyler elde edilmiştir,
- Kesici yönü ve kesici çeşidi etkileşimleri ise istatistiksel anlamda önemsiz bulunmuştur.

Williams ve Morris (1998) yaptıkları bu çalışmada Kanada’da 15 British Colombia yumuşak ve sert ağaç türlerinin işlenme özellikleri olarak planyalama, tornalama, frezeleme, delik delme, zıvana açma, zımparalama özellikleri ve vida ve çivi tutma

özelliklerinin yıllık halka sayısı ve özgül ağırlık ile bağlantısını incelemişlerdir. İnceledikleri ağaç türlerinin yıllık halka sayısı ve özgül ağırlıkları aşağıdaki Tablo 2.13’de vermişlerdir.

Tablo 2.13: İncelenen ağaç türleri, birim mesafedeki yıllık halka sayıları ve özgül ağırlıkları (Williams ve Morris, 1998).

Yaygın ismi	Latince	2,54 cm’deki yıllık halka sayısı	Özgül ağırlık (gr/cm ³)
Amabilis Fir – Pasifik göknarı	<i>Abies amabilis</i>	35,2	0,43
Douglas fir – Douglas göknarı	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	37,5	0,51
Lodgepole Pine – Contorto çamı	<i>Pinus contorta</i>	15,0	0,46
Sitka Spruce – Sitka ladini	<i>Picea sitchensis</i>	21,8	0,42
Subalpine Fir – Alp göknarı	<i>Abies lasiocarpa</i>	20,3	0,37
W.Hemlock – Pasifik tsugası	<i>Tsuga heterophylla</i>	29,0	0,50
W.Larch – Batı melezi	<i>Larix occidentalis</i>	16,0	0,60
W.Redcedar – Boylu mazi	<i>Thuja plicata</i>	30,3	0,34
W.White Pine – Batı beyaz çamı	<i>Pinus monticola</i>	14,4	0,43
W.White Spruce – Ak ladin	<i>Picea glauca</i>	21,5	0,40
Engelmann Spruce – Engelman ladini	<i>Picea engelmannii</i>		
Yellow Cedar	<i>Chamaecyparis nootkatensis</i>	60,6	0,47
Black Cottonwood – Batı balsam kavağı	<i>Populus trichocarpa</i>	11,5	0,39
Red Alder – Kırmızı kızılğaç	<i>Alnus rubra</i>	10,9	0,49
Trembling Aspen-Amerikan titrek kavağı	<i>Populus Tremuloides</i>	15,5	0,47
W.White Birch	<i>Betula papyrifera</i> var. <i>Commutata</i>	10,0	0,61

Çalışmada yüksek hız çeliği (HSS = High Speed Steel) kesiciler kullanılmış ve birim mesafedeki yıllık halka sayısının sert ağaç odunlarında kaliteyi belirleyen önemli bir faktör olmadığı görülmüştür.

Western white birch (*Betula papyrifera* var. *Commutata*), Lodgepole pine – Contorto çamı (*Pinus contorta*), Yellow cedar (*Chamaecyparis nootkatensis*), Western white pine – Batı beyaz çamı (*Pinus monticola*) ve Red alder – kırmızı kızılğaç (*Alnus rubra*) ağaç türleri odunlarının bütün şartlarda oldukça iyi işlenme özelliği gösterdiğini belirlenmiştir. Amabilis fir – Pasifik göknarı (*Abies amabilis*) % 40 kusursuz örnek

oranıyla çok kötü bir işlenme özelliği göstermiş, tüm örnekler için ortalama % 73 kusursuz örnek elde edilmiştir. % 96 oranında kusursuz ve iyi örnek bulunduğu tespit edilmiştir.

Planyalama denemelerinde 12° kesiş açısında beklenmeyen sonuçların ortaya çıktığı, pürüzlü lifliliğe eğilimli örneklerde (örneğin: Sitka ladini - (*Picea sitchensis*)) daha iyi sonuçların elde edildiği belirtilmiştir. Birim mesafedeki bıçak izi sayısı yüksek örneklerde yüzey kalitesinin daha iyi olması beklenmiş ancak istisna olarak Black cotton wood - Batı balsam kavağı (*Populus trichocarpa*) düşük olan birim mesafedeki 8 bıçak izi sayısında daha iyi yüzey kalitesi gösterdiği sonucuna varılmıştır.

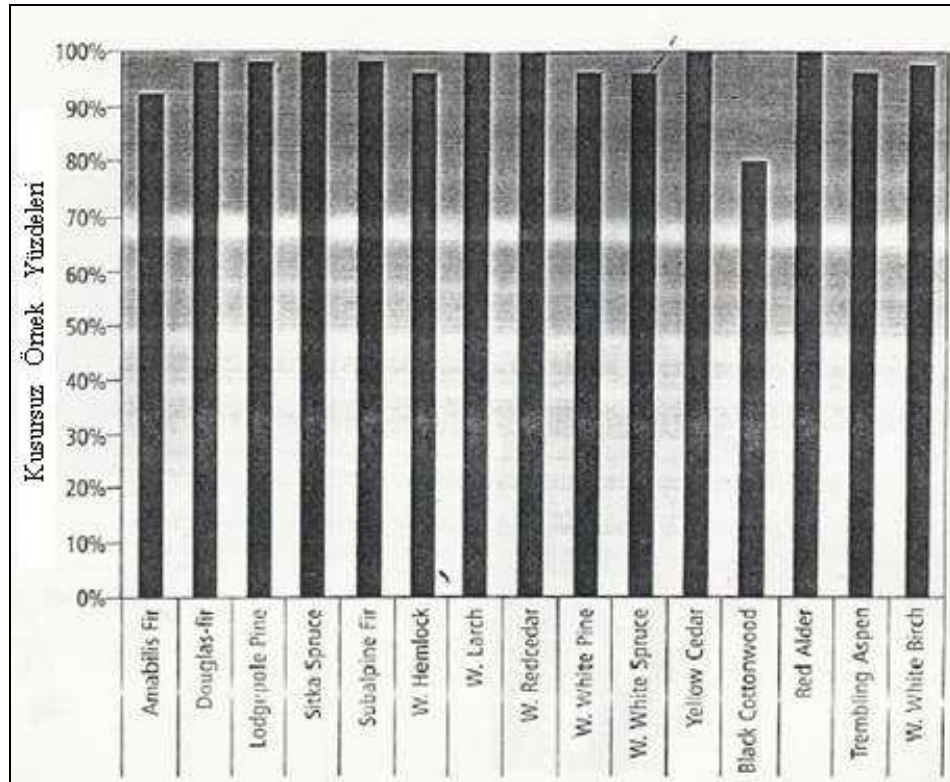
Aşağıdaki Tabloda planyalama işlemi için ağaç türlerine ait optimum kesiş açısı, bıçak izi sayısı ve meydana gelen kusurlar gösterilmektedir.

Tablo 2.14: Planyalamada optimum kesiş şartları ve kusurlar (Williams ve Morris, 1998).

Ağaç türü	Kesim açısı	Bıçak izi sayısı	Meydana gelen kusurlar
Pasifik göknarı	20°	20	Pürüzlü liflilik, kalkık liflilik, yongalı liflilik
Douglas göknarı	20°	20	Kalkık liflilik, pürüzlü liflilik
Concorto çamı	20°	8,12 veya 16	Önemli kusur bulunamadı
Sitka ladini	12°	20	Pürüzlü liflilik, kalkık liflilik
Alp göknarı	20°	20	Kalkık liflilik, pürüzlü liflilik
Pasifik tsugası	12°	20	Pürüzlü liflilik, kalkık liflilik, yonga izi
Batı melezi	20°	16 veya 20	Kalkık liflilik
Boylu mazı	20°	20	Yongalı liflilik, kalkık liflilik, pürüzlü liflilik
Batı beyaz çamı	12° - 20°	20	Önemli kusur bulunamadı
Ak ladin	12° - 20°	20	Kalkık liflilik
Yellow Cedar	20°	8,12,16 veya 20	Önemli kusur bulunamadı
Batı balsam kavağı	20°	8	Pürüzlü liflilik, yongalı liflilik
Kırmızı kızıl ağaç	20°	12,16 veya 20	Önemli kusur bulunamadı
A. titrek kavağı	12°	20	Pürüzlü liflilik
W.White Birch	12°-20°	12,16 veya 20	Önemli kusur bulunamadı

Zımparalama işleminde ise birinci silindirde 80, ikinci başlıkta 120 numaralı Alüminyum oksit zımpara taşı içeren bantlı makinede denemeler gerçekleştirilmiştir. Besleme hızını 6,1 m/dakika olarak alınmıştır. Zımparalama denemelerinde planyama işleminden geçmiş numuneler kullanılmıştır. Değerlendirmeler pürüzlü liflilik ve

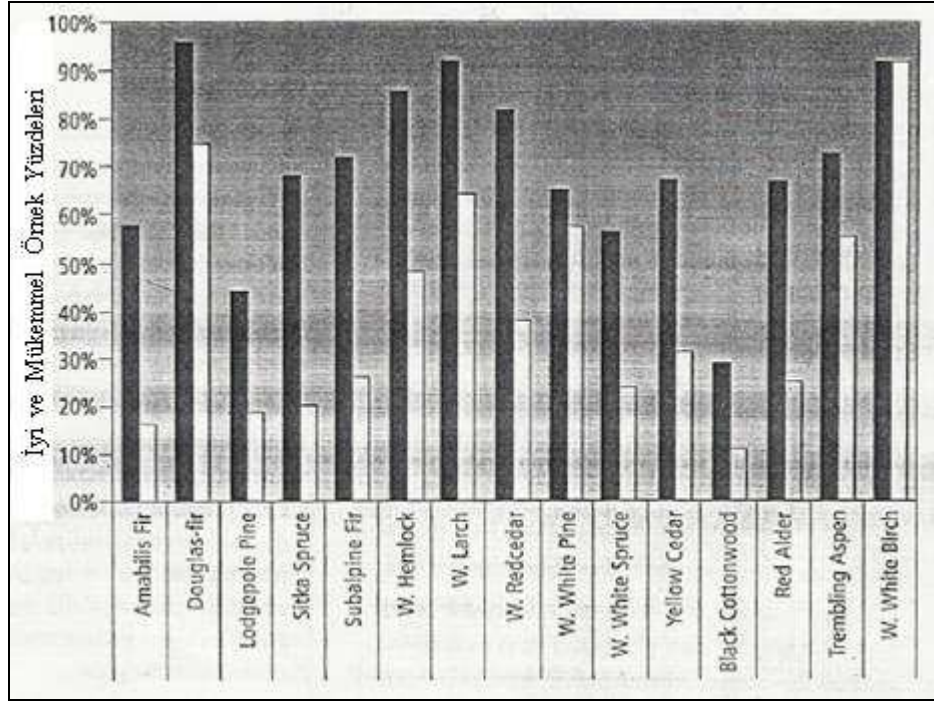
çizilmiş yüzeylerin bulunup bulunmamasına göre yapılmıştır. Black cottonwood – Batı balsam kavağı (*Populus trichocarpa*) dışındaki örneklerde benzer özellikler görülmüş, örneklerin beş tanesinin % 100 kusursuz yüzey verdiği, Black cottonwood - Batı balsam kavağı (*Populus trichocarpa*) %80 kusursuz örnek ile daha düşük yüzey verdiği sonucuna varmışlardır. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre aşağıdaki Tabloda zımparalama işleminde elde edilen ve değerlendirmede kullanılan kusursuz örnek yüzdeleri gösterilmektedir.



Şekil 2.3: Zımparalamada kusursuz örnek yüzdeleri (Williams ve Morris, 1998).

Delik delme denemelerinde çift helisli ve tek helisli olmak üzere iki tip delik delme ucu kullanılmıştır. Denemelerde 1200 devir/dakika dönme hızında, besleme hızı 6 saniyede 2,54 cm (1 inch) ve ½ BG (HP) motora sahip delik delme makinesi kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Delikler ezilme, pürüzlü liflilik, yongalı liflilik ve genel yüzey düzgünlüğü açısından incelenmiş, mükemmel ve iyi örneklerin yüzdesi değerlendirmeye alınmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre delik delme işleminde çift helisli uç daha iyi performans göstermiştir. En kötü işleme kalitesi Black cottonwood Batı balsam kavağı (*Populus trichocarpa*)’da görülmüştür. En yaygın kusur delik

içindeki oluşan yüzey pürüzlülüğü olarak belirlenmiştir. İkinci önemli kusur olarak yongalı liflilik ve diğer kusur olarak ise tutkallama için önemli olan liflerdeki parçalanma olduğu görülmüştür.



Şekil 2.4: Delik delme işleminde iyi ve mükemmel örnek yüzdeleri (Williams ve Morris, 1998).

Zıvana açma işleminde ise örneklerin yarısı matkap uçlu zıvana açma makinesi diğer yarısı ise zincirli zıvana açma makinesi ile işlenmiştir.

Çalışmada matkap uçlu zıvana açma makinesinin dönme hızı 3600 devir/dakika olarak alınmış ve 12,7 mm kare şeklinde zıvana deliği açılmıştır.

Zincirli zıvana açma makinesinde 95–12,7 mm boyutlarında zıvana deliği açılmıştır. Her bir zıvana deliği ezilme, kopma, parçalanma ve genel düzgünlük açısından değerlendirilmiştir.

Matkap uçlu zıvana açma makinesi ile işlenenler zincirli zıvana açma makinesi ile işlenenlere göre daha iyi sonuçlar sağlamıştır. Bunun nedeninin zincirli zıvana açma makinesi ile 7,5 kat daha fazla talaş kaldırılması ve hızının matkap uçlu zıvana açma

makinesine göre daha yüksek olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir. Yapılan çalışmaların ve değerlendirmelerin sonuçlarına göre;

Matkap uçlu zıvana açma makinesi ile 6 yumuşak ağaç ve 3 sert ağaç odununun işlenmesinde %95 orta ve mükemmel sonuçlar verdiği, en kötü değerlerin ise %80 ile boylu mazı - Western red cedar (*Thuja plicata*) ve %73 ile – Batı balsam kavağı - Black cottonwood (*Populus trichocarpa*) türlerinde görüldüğü belirtilmiştir.

Zincirli zıvana açma makinesi ile en iyi işleme kalitesi %100 ile Douglas, %96 Sitka ladini - Sitka spruce (*Picea sitchensis*), %89 Pasifik tsugası - Western hemlock (*Tsuga heterophylla*), en kötü işleme kalitesi %44 ile Amerikan titrek kavağı - Trembling aspen, %48 Batı balsamkavağı - Black cottonwood (*Populus trichocarpa*)’da elde edilmiştir.

Yumuşak ağaç türlerinin sert ağaç türlerine göre ortalamada daha iyi sonuçlar gösterdiği sonucuna varılmıştır. En yaygın işleme kusurunun zincirli zıvana açma makinesinde parçalanma, matkap uçlu zıvana açma makinesinde ise yongalı liflilik olduğu belirlenmiştir.

Frezeleme işleminde dönme hızı 7200 devir/dakika kullanılmış, kalkık ve pürüzlü lifliliğin dokunarak tespit edilmesinin en iyi yöntem olduğu belirtilmiştir.

Sonuç olarak ağaç türlerinden 8’inin kabul edilebilir yüzey kalitesine sahip örnek oranının %90, en kötü kabul edilebilir oranın %35 ile Batı balsam kavağı - black cotton wood (*Populus trichocarpa*)’da olduğu, geri kalan örneklerin kabul edilebilir örnek oranlarının ortalamasının %70 olduğu ve pürüzlü liflilik, kalkık liflilik ve yongalı liflilik kusurlarının oluştuğunu belirtmişlerdir.

Tornalama işleminde dönel çok noktadan kesicili ve boy torna makinesi (tek noktadan kesme işlemini gerçekleştiren) tornalama makineleri kullanılmıştır. Dönme hızı dönel çok noktadan kesicili torna makinesinde 3000 devir/dakika, boy torna makinesinde 3500 devir/dakika olarak alınmıştır. Herbir ağaç türü için 100’er tornalama örneği hazırlanarak ve her iki tornalama yöntemiyle (50’şer adet olmak üzere) işlenmiştir.

Dönen kesicili torna makinesinin boy torna makinesine göre daha iyi yüzey kalitesi verdiği sonucuna varılmıştır.

Tornalama sonuçlarına göre boy torna makinesinde en iyi performans Douglas Göknarı - Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*) (%73), kırmızı kızılâğaç - red alder (*Alnus rubra*) (%52), diğer örneklerin ise uç noktalarda sonuçlar verdiği görülmüştür. Dönel çok noktadan kesicili torna makinesinde beş ağaç türü odunu %90 veya iyiden mükemmele yüzey kalitesi göstermiş en iyi yüzey kalitesi beyaz huş - white birch (*Betula papyrifera*) (%100 kusursuz örnek)'de elde edilmiştir.

Çalışmada tornalamada bazı beklenmeyen sonuçlar da elde etmişlerdir. British Colombia'da tornacılıkta kullanılan Pasifik tsugası - Western hemlock (*Tsuga heterophylla*) %47 oranında iyi ve mükemmel sonuç vermiş, Douglas göknarı - Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*), Batı melezi - Western larch (*Larix occidentalis*), Batı beyaz çamı - Western white pine (*Pinus monticola*) örnekleri tornalamada kullanılmadıkları halde denemelerde tornalama işleminde iyi bir yüzey kalitesi göstermişlerdir. Boylu mazı - Western redcedar (*Thuja plicata*) tornalamada kullanıldığı halde diğer ağaç türleri ile karşılaştırıldığında %34 oranında iyi ve mükemmel özellik göstermiştir.

Korkut (1999) “Kereste üretiminde yüzey kalitesinin iyileştirilmesi üzerine araştırmalar” adlı Yüksek Lisans tezinde kereste yüzey kalitesini etkileyen faktörleri belirlemek için, bu faktörler üzerine teorik ve uygulamalı çalışmalar yaparak optimum yüzey kalitesini sağlayan parametreleri belirlemeyi amaçlamıştır. Bu çalışmasında Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) tomrukları kullanılmıştır.

Bu çalışmada yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesinde talaş ağırlığı metotundan yararlanılmıştır ve kereste yüzey pürüzlülüğüne tomruk rutubet miktarı, testere levhası kullanım süresi, diş tipi, çapraz miktarı ve itme hızının etkilerini değerlendirilmiştir.

Araştırma sonucunda; tomruk rutubetinin artmasıyla kereste yüzey pürüzlülüğünün arttığı, stelitli testere levhasının 0 ile 2,30 saat kullanım süresinde kereste yüzey pürüzlülüğünde önemli bir artışın meydana gelmediği, PV diş tipine sahip testere

levhalarının NV dış tipine sahip testere levhalarına nazaran daha pürüzsüz kereste yüzeyi verdikleri, tek taraflı çapraz miktarı $0,8 \pm 0,05$ mm ve $0,6 \pm 0,05$ mm olan testere levhaları ile kereste üretiminde elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri arasında önemli bir fark olmadığı ve itme hızının artması ile kereste yüzey pürüzlülüğünün arttığı belirlenmiştir.

Lihra ve Ganev (1999) tarafından 9 adet Doğu Kanada yumuşak ağaç odunu, 5 adet Doğu Kanada sert ağaç odunu, Avrupa ve Asya bölgesinde yetişen 3 ağaç odununda işlenme özelliklerinin belirlenmesi amacıyla araştırmalar yapılmıştır.

İncelenen ağaç türleri Banks çamı - Jack pine (*Pinus banksiana*), Amerikan kızılçamı Red pine (*Pinus resinosa*), Veymut çamı - Eastern white pine (*Pinus strobus*), – kara ladin - black spruce (*Picea mariana*), ak ladin - white spruce (*Picea glauca*), balsam göknarı - balsam fir (*Abies balsamea*), Amerikan melezi - Tomarack (*Larix laricina*), Batı mazısı - Eastern white cedar (*Thuja occidentalis*), Amerikan tsugası - Eastern hemlock (*Tsuga canadensis*), kağıt huşu - white birch (*Betula papyrifera*), sarı huş - yellow birch (*Betula alleghaniensis*), kırmızı Akçaağaç - red maple (*Acer rubrum*), sugar maple (*Acer saccharum*), titrete kavak - trembling aspen (*Populus tremuloides*), Avrupa ladini - Norway spruce (*Picea abies*), sarıçam - scots pine (*Pinus silvestris*), Japon kriptomaryası - Japanese sugi (*Cryptomeria japonica*)’ dir.

İşlenme özellikleri olarak planyalama, zımparalama, delik delme, zıvana açma, frezeleme ve tornalama işlemleri esas alınmıştır.

Her bir tür için özgül ağırlıkların ortalamaları alınmış ve standart sapmaları hesaplanmıştır. Yıllık halka genişliği işleme özelliklerine olan etkisi dağınık traheli sert ağaçlarda (Örneğin maple - akçaağaç ve birch - huş) daha düşüktür. Halkalı traheli ağaç odunları bu çalışmada incelenmemiştir.

Tablo 2.15: Ağaç malzeme işleme çeşitleri ve değerlendirilecek sınıflar (Lihra ve Ganev, 1999).

İşlemler	Kalite sınıfları (Performans kriterleri)
Planyalama	Derece 1 ve 2
Zımparalama	Derece 1
Delik delme	Derece 1 ve 2
Zıvana açma	Derece 1, 2 ve 3
Frezeleme	Derece 1 ve 2
Tornalama	Derece 2 ve 3

Yapılan planyalama denemelerinde; yaygın olarak kullanılan 12° ve 20° kesiş açıları ile yüksek hız çeliği bıçaklar kullanılmıştır. Her bir örnek için aşağıdaki (Tablo 2.16) kesişler gerçekleştirilmiş ve kesiş derinliği 2 mm olarak alınmıştır.

Tablo 2.16: Planyalama denemelerindeki işleme koşulları (Lihra ve Ganev, 1999).

Kesiş	Kesiş açısı	Bıçak izi sayısı (adet/2,54 cm)	Besleme hızı (metre/dakika)
1.tip kesiş	20°	8	20
2.tip kesiş	20°	12	12,6
3.tip kesiş	20°	16	9,5
4.tip kesiş	20°	20	7,6
5.tip kesiş	12°	10	7,6

Planyalamada en fazla kusursuz örnek sayısı Amerikan kızılçamı, sarı huş, titrek kavak, veymut çamı, batı mazısında belirlenmiştir. Batı mazısı, Japon kriptomertası çok az iyi sonuç vermiştir. Sert ağaçlar içinde ise sarı huş, titrek kavak ve akçaağaç yüksek işleme kalitesi göstermişlerdir.

En iyi işlenme özellikleri incelenen yumuşak ağaçlar türlerinde 20° 'lik kesiş açısında, Amerikan melezi 20° kesiş açısında, kırmızı akçaağaç ise 12° 'lik kesiş açısında görülmüştür.

Çalışmada birim mesafedeki bıçak izi sayısının yüzey kalitesinde önemli etkiye sahip olduğu görülmektedir. Kalite farkı 8 ile 12 bıçak izi sayısı /2,54 cm arasında en fazla, ancak bütün farklı bıçak izi sayılarında yongalı liflilik kusuru belirlenmektedir. İlginç bir sonuç olarak en iyi yüzey kalitesi 20 bıçak izi sayısı/2,54 cm'de beklendiği halde 16

bıçak izi sayısı/2,54 cm’de bulunmuştur. Yongalı liflilik ve kalkık liflilik bütün kesişlerde görülmektedir. Titrek kavak - trembling aspen (*Populus tremuloides*)’ de pürüzlü liflilik kusuru çok fazla görülmektedir. Bu kusur konusunda 20° lik kesiş açısı 12° lik kesiş açısına göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Çalışmaya göre bütün örnekler için en iyi planyalama şartları Tablo 2.17’ da gibi görülmektedir.

Tablo 2.17: Örnekler için en iyi planyalama şartları (Lihra ve Ganev, 1999).

Ağaç türü	Kesiş açısı (°)	2,54 cm’deki bıçak izi sayısı	Görülen kusurlar
Banks çamı	20	20	Yongalı liflilik, kalkık liflilik
Sarıçam	20	20	Yongalı liflilik, kalkık liflilik, yonga izi
Amerikan kızılçamı	12	16	Önemli bir kusur bulunamadı
Veymut çamı	20	16	Önemli bir kusur bulunamadı
Kara ladin	12	16	Yongalı liflilik, kalkık liflilik
Avrupa ladini	12 veya 20	12 veya 16	Yongalı liflilik, kalkık liflilik, pürüzlü liflilik
Ak ladin	12	20	Yongalı liflilik, kalkık liflilik, pürüzlü liflilik
Balsam göknarı	20	12	Yongalı liflilik, kalkık liflilik
Amerikan melezi	20	12	Yongalı liflilik, kalkık liflilik
Japon kriptomeryası	20	12	Önemli bir kusur bulunamadı
Batı mazısı	20	12	Yongalı liflilik, kalkık liflilik
Amerikan tsugası	12 veya 20	20	Kalkık liflilik, yongalı liflilik, yonga izi
Sarı huş	20	16	Önemli bir kusur bulunamadı
Kağıt huşu	20	16	Yongalı liflilik, kalkık liflilik
Seker akçaağacı	12	20	Yongalı liflilik
Kırmızı akçaağaç	20	16	Yongalı liflilik
Titrek kavak	20	20	Pürüzlü liflilik, Yongalı liflilik

Planyalamada özgül ağırlık ve birim mesafedeki yıllık halka sayısı arasında $\alpha = 0,05$ seviyede önemli bir ilişki bulunamamıştır.

Zımparalama denemelerinde besleme hızı 0.9 m/dakika, kesiş derinliği ise 0,8 mm olarak alınmış ve zımparalamada 120 numaralı Alüminyum oksit zımpara kağıdı kullanılmıştır.

Zımparalamada en iyi yüzey Batı mazısı - white cedar (*Thuja occidentalis* L.), Banks çamı - jackpine (*Pinus banksiana*), Amerikan melezi - Tamarack (*Larix laricina*), şeker

akçaağacı - sugar maple (*Acer saccharum*)’de görülmüştür. Sarıçam - scots pine (*Pinus sylvestris*)’ın ise pürüzlü lifliliğe eğimli olduğunu belirlenmiştir.

Zımparalamada $\alpha = 0.05$ seviyesinde özgül ağırlık ve birim mesafedeki yıllık halka sayısının yüzey kalitesine etkisinin olmadığı görülmüştür.

Bu çalışmadaki delik delme işleminde iki farklı yüksek hız çeliğinden imal edilmiş 2,54 cm çapındaki matkap ucu denemelerde kullanılmıştır. Ucun dönme hızı yaklaşık olarak 3480 devir/dakika olarak alınmıştır. Delik delme işlem kalitesi delik yüzeyinde liflerde ezilme, kopma ve delik giriş ve çıkışlarda parçalanma olup olmamasına göre değerlendirilmiştir.

Delik girişlerinde ve iç yüzeylerde çift helisli matkap ucunun, çoklu kesicili matkap ucu (multiple spur bit) daha yüksek işleme kalitesi verdiğini, çoklu kesicili matkap ucu ile şeker akçaağacı - sugar maple (*Acer saccharum*) ve kırmızı akçaağaç - red maple (*Acer rubrum*) dışındaki türlerde daha düşük değerler saptanmıştır.

Delik delmede çoklu kesicili delik delme ucunda özgül ağırlığın delik kalitesine olumlu bir etkisinin olduğu $\alpha = 0.05$ seviyede tespit edilmiştir.

Zıvana açma işleminde 3460 devir/dakika ve 1.27 mm genişliğinde zıvana açma özelliğine sahip kesici uç kullanılmıştır. En iyi zıvana kalitesini titretek kavak - trembling aspen – (*Populus tremuloides*)’de bulunmuştur. Bu ağaç türünün önemli bir işleme kusuru göstermediği belirlenmiştir.

Amerikan tsugası - Eastern hemlock – (*Tsuga canadensis*), Sugi – Japon kriptomeryası (*Cryptomeria japonica*) ve Eastern white pine – Veymut çamı (*Pinus strobes*)’nda zıvana çıkış noktalarında parçalanmadan dolayı kötü sonuçlar elde edilmiştir. Denemelerde görülen tipik kusur zıvana giriş ve çıkışlarındaki parçalamalar olduğu ve bu kusuru liflerde ezilme ve kopmanın takip ettiği belirlenmiştir. Özgül ağırlığın ve birim mesafedeki yıllık halka sayısının zıvana kalitesine önemli bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır.

Frezeleme işleminde yüksek hız çeliği (HSS) tipi kesiciler kullanmışlardır. Titrek kavak - trembling aspen – (*Populus tremuloides*), Amerikan melezi - Tamarack (*Larix laricina* ve - sarı huş - yellow birch (*Betula alleghaniensis*) de en yüksek yüzey kalitesi değerine; red maple (*Acer rubrum*), balsam göknarı – balsam fir (*Abies balsamea*) de ise en düşük yüzey kalitesi değerine sahip olduğunu belirlenmiştir. Batı mazısı - Easten white cedar (*Thuja occidentalis*), Banks çamı - Jack pine (*Pinus banksiana*) ve Japon kriptomeryası - Sugi (*Cryptomeria japonica*)’nin yaklaşık aynı performansı gösterdiğini görülmüştür. İşleme kalitesi kötü örneklerde frezelemeden sonra köşe kısımlarda parçalanmalar meydana gelmiş, özgül ağırlığın ve birim mesafedeki yıllık halka sayısının frezeleme sonuçlarına etkisinin bulunmadığı belirlenmiştir.

Tornalama işleminde dönüş hızı 2975 devir/dakika olarak alınmıştır. En iyi sonuç - veymut çamı - Easten white pine (*Pinus strobus*)’da elde edilmiştir. Batı mazısı - Eastern white cedar (*Thuja occidentalis*), Amerikan kızılçamı - red pine (*Pinus resinosa*), Banks çamı - jack pine (*Pinus banksiana*), sarıçam - scots pine (*Pinus sylvestris*) ve kara ladin - black spruce (*Picea mariana*) odunlarında oldukça iyi sonuçlar elde edildiği, özgül ağırlık ve birim mesafedeki yıllık halka sayısının tornalamaya etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Bu çalışmada ayrıca MDF ve yonga levhada işleme özelliklerinin belirlenmesi ile ilgili ek bazı çalışmalarda da bulunulmuştur.

Malkoçoğlu ve Özdemir (1999), “Yüzey pürüzlülüğü araştırmalarının tarihi gelişimi” isimli derleme çalışmalarında yüzey pürüzlülüğünün önemine değindikten sonra yüzey pürüzlülüğü ve pürüzlülük ile ilgili tanımlamalarda bulunmuşlardır. Yüzey pürüzlülüğü çalışmalarının ilk olarak metal endüstrisinde başladığını belirterek 1930 yılından itibaren tarihsel gelişimini açıklamışlardır. Daha sonra ağaç malzemede yüzey pürüzlülüğünün oluşumu, yüzey pürüzlülüğünü etkileyen faktörler, yüzey pürüzlülük (tekstür) sınıflarına değindikten sonra yüzey pürüzlülüğünün önemi hakkında bilgi sunmuşlardır.

Çalışmanın sonunda yüzey pürüzlülük konusunun orman ürünleri ve diğer endüstrilerde önemli yer tuttuğunu günümüze kadar, yüzey pürüzlülük ölçümlerinde çok çeşitli

yöntemlerin ortaya konulduğunu, yöntemlerin dokunmalı-dokunmasız veya doğrusal (on-line), doğrusal olmayan (off-line) olarak sınıflandırıldığını belirtmişlerdir. Yüzey pürüzlülük değerlendirmelerinin nitel ve nicel olarak gerçekleştirilebildiğini ve yöntemlerden her birinin ölçme hızı, duyarlılığı, kesin sonuçları sağlayabilmeleri gibi avantaj ve dezavantajlarının bulunduğuna açıklamışlardır.

Örs ve Baykan (1999); “Masif ağaç malzemedeki rendeleme ve zımparalamanın yüzey pürüzlülüğüne etkileri” isimli çalışmalarında doğu kayını ve sarıçam türlerini kullanarak, rendelenmiş ve zımparalanmış masif ağaç malzeme yüzeylerinde, ağaç türü, kesiş yönü, bıçak sayısı, zımpara numarası ve besleme hızlarının yüzey pürüzlülüklerini araştırmışlardır.

Yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesinde iğne taramalı yöntem kullanmışlar ve bu amaç doğrultusunda 48 adet örnek hazırlanmış ve ölçmeleri bu örnekler üzerinde gerçekleştirmişlerdir.

Sonuç olarak; rendeleme ve zımparalama işlemleri sonucu doğu kayınında sarıçama göre daha düzgün yüzeyler elde edilmiş, yüzey pürüzlülük değerleri her iki ağaç türünde yıllık halkalara teğet yönde radyal yöne göre daha küçük bulunmuş, ağaç türü ve rendelemede bıçak sayısı etkileşiminde en düzgün yüzeyi 4 bıçaklı rendelemede doğu kayını, en pürüzlü yüzeyi ise 2 bıçaklı rendelemede sarıçam odunu vermiş, ağaç türü ve zımpara numarası etkileşiminde en düzgün yüzeyler 120 numaralı zımpara ile doğu kayınında elde edilmiş, ağaç türü, kesiş yönü, bıçak sayısı (rendeleme) ve zımpara numarası (zımparalama) etkileşimlerine göre ortalama en küçük yüzey pürüzlülük değeri, doğu kayınında, yıllık halkalara teğet yönde, 4 bıçaklı rendeleme ve 120 numaralı zımparalamada bulunmuş ve yüzey pürüzlülük değerleri, rendelemede 9 m/dak besleme hızında 5 m/dak olanına göre, zımparalamada ise 20 m/dak besleme hızında 5 m/dak olana göre daha büyük bulunmuştur.

Kantay ve Korkut (1999) “Kereste üretiminde yüzey kalitesinin iyileştirilmesi” başlıklı çalışmalarında kereste üretiminde yüzey pürüzlülüğünü etkileyen önemli bazı faktörleri belirlemek ve optimum yüzey kalitesi için bu faktörlerle ilgili en uygun değerleri belirlemeyi amaçlamışlardır.

Araştırmada deneme materyali olarak sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) tomrukları kullanılmıştır. Yüzey pürüzlülüğünü ise “talaş ağırlığı metodu” ile belirlenmiştir. Araştırmada kereste pürüzlülüğünü etkileyen tomruk rutubeti, testere levhası kullanım süresi, diş tipi, çapraz miktarı ve itme hızı ile elde edilen verileri istatistiksel olarak değerlendirmişlerdir.

Sonuç olarak; lif doygunluğu noktasının üzerinde tomruk rutubetinin artması ile yüzey pürüzlülüğünün değişmediği, stelitli testere levhasında 2,5 saate kadar kullanım süresinin yüzey pürüzlülüğünde önemli bir artışa neden olmadığı, PV diş (eğri diş) tipinin NV diş (sivri diş) tipine nazaran daha pürüzsüz bir kereste yüzeyi verdiği, tek taraflı çapraz miktarı 0.8 ± 0.05 mm ile $0,6 \pm 0.05$ mm arasında yüzey pürüzlülük değeri bakımından önemli bir farkın bulunmadığı ve itme hızının artması ile kereste yüzey pürüzlülüğünün arttığını tespit etmişlerdir

Hernandez ve arkadaşları (2001), yapmış oldukları deneysel çalışmalarda plantasyon ormanlarında yetiştirilen ak ladin - white spruce (*Picea glauca*) ağacı odununun işleme özelliklerini tespit etmişlerdir. Bu kapsamda planyalama, frezeleme, delik delme, tornalama ve zıvana açma işlemlerine ait özellikler araştırmışlardır. Denemeler %7 rutubet miktarında gerçekleştirilmiş ve yüzey kalitesi görsel olarak değerlendirilerek beş sınıfa ayrılmıştır. Araştırmanın sonuçlarına göre; plantasyon ormanlarında yetişen bu ağaç türünde planyalamada, frezelemede ve delik delme işlemlerinde iyi bir performans ancak tornalama ve zıvana açma işlemlerinde kötü performans elde edilmiştir. En iyi planyalama yüzey kalitesi koşulları ise 15° (kesiş açısı) ve 2,54 cm’de 20 bıçak izi elde edilebilecek besleme hızında elde edilmiştir. Performans kesiş açısının artması ve birim mesafedeki bıçak izi sayısının azalması ile azalma eğilimi göstermektedir. Daha düşük besleme hızlarında ise daha kaliteli ve düzgün yüzeyler elde edilebilmektedir. Elde edilen verilere göre geleneksel ve yüksek sıcaklıkta kurutma işleminin, farklı kesiciler ile ağaç malzemenin işlenmesinde benzer etkileri gösterdiği belirtilmektedir. Çeşitli doğal ve plantasyon ormanlarından gelen ağaç malzemelerin belirlenen beş işleme özelliğinde kalite açısından bir fark bulunmamaktadır. Bu ağaç türünde özgül ağırlığın bu beş işleme özelliğinin kalitesi üzerinde tutarlı bir etkiye sahip olmadığı görülmüştür. Birim mesafedeki yıllık halka sayısının sadece zıvana açma özelliği üzerindeki etkisi

anlamalı ve önemli bulunmuştur. Sonuç olarak özgül ağırlığı yüksek malzemelerin seçilmesi daha iyi bir işleme kalitesini sağlayabileceğini göstermektedir.

Kantay ve arkadaşları (2001) “Türkiye’de üretilen ceviz ve kayın kesme kaplama levhalarının yüzey pürüzlülüğü üzerine araştırmalar” isimli çalışmalarında ise Türkiye’de ceviz (*Juglans regia L.*) ve kayın (*Fagus orientalis Lipsky*) ağaç türlerinden elde edilen kesme kaplama levhalarının yüzey pürüzlülük değerlerini diğer ülkelerde üretilen kaplama levhaların yüzey pürüzlülük değerleri ile karşılaştırmak amacıyla bu çalışmayı gerçekleştirmişlerdir. Ölçmelerde iğne taramalı yöntem kullanmışlardır.

Türkiye’de, kaplama levha üreten 14 fabrikadan rasgele alınan teğet ve radyal olmak üzere iki farklı yönde kesilmiş levhaların ortalama pürüzlülük değerleri belirlenmiştir. Fabrikalardan temin edilen kaplama levhaların ortalama pürüzlülük değerleri ceviz teğette: $R_a = 8,95 \mu m$, ceviz radyalda $R_a = 10,66 \mu m$, kayın radyalda $R_a = 10,67 \mu m$, kayın teğette: $R_a = 9,33 \mu m$ olarak bulunmuştur.

Teğet (hareli) kesme kaplama levhaların yüzey pürüzlülük değerleri radyal (frize) kaplama levhalardan daha düşük bulunmuştur. Bu sonuçtan kesme kaplama levha üretiminde yıllık halkalara teğet kesmek suretiyle pürüzlülük bakımından daha iyi sonuç elde edilebileceği sonucunu çıkarmışlardır.

Ayrıca ceviz hareli ve kayın radyal ve teğet kesme kaplama yüzey pürüzlülük değerleri arasında farklı fabrikalarda üretilen kaplamalar arasında fark olduğu varyans analizi sonucunda ortaya çıkarmıştır. Bu farkın yetiştirme yeri, yıllık halka yapısı, doğal kusurlar gibi tomruk özelliklerinden, buharlama koşullarından (sıcaklık, süre) kaplama kesme makinesinin aç ve açıklıklarından, kaplama kesme bıçağının keskinliğinden, kesme hızından, kesme esnasında tomruğun sahip olduğu sıcaklık ve rutubetten, kaplama kurutma şartlarından kaynaklanabileceği sonucuna varılmıştır.

Ünsal ve Kantay (2002) “Türkiye’de üretilen meşe ve kayın masif parkelerin yüzey pürüzlülüğü üzerine araştırmalar” başlıklı çalışmaları Türkiye’de meşe ve kayından üretilen masif parkelerin yüzey pürüzlülük değerleri hakkında bilgi edinmek ve diğer ülkelerde üretilen parkelerin yüzey pürüzlülük değerleri ile karşılaştırmalar yapılmasını

sağlamak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesinde iğne taramalı ölçme yöntemi kullanılmışlardır.

Türkiye’de üretilen kayın için 10 ve meşe için 7 fabrikadan rasgele alınan teğet ve radyal masif parkelerin ortalama pürüzlülük değerleri (R_a) belirlenmiştir. Fabrikalar ortalaması meşe teğet parkelerde $R_a = 5,18 \mu m$ ve meşe radyal parkelerde $R_a = 5,07 \mu m$, kayın teğet parkelerde $R_a = 4,73 \mu m$, kayın radyal parkelerde $R_a = 5,19 \mu m$ bulunmuştur. Teğet biçilmiş kayın parkelerin pürüzlülük değerleri radyal biçilmiş olanlardan daha düşük bulunmuştur. Meşe parkelerde iki biçme yönü arasında önemli bir fark olmamasına rağmen, teğet biçilmiş parkelerin yüzey pürüzlülüklerinin daha büyük olduğu belirlenmiştir. İki ağaç türü arasındaki farkın ise genelde dağınık traheli olan kayın ile halkalı traheli olan meşenin anatomik yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çalışmada ayrıca Bulgaristan’dan ithal edilen meşe ve kayın parkelerde de yüzey pürüzlülüğü değerlerinin yerli parkelerden daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

İlter ve arkadaşları (2002) “Uludağ göknarı (*Abies bornmülleriana* Mattf.) odununun yüzey pürüzlülük değerlerinin belirlenmesi üzerine araştırmalar” adlı çalışmalarında; rendelenmiş ve zımparalanmış göknar deneme numunelerinin %12 ve %30 rutubette teğet ve radyal yönde kesildikten sonra, rendeleme ve zımparalama işleminde uygulanan besleme hızlarına göre yüzey pürüzlülüğü dokunmalı iğneli tarama yöntemi ile ölçülerek değerlendirilmesi ve buna bağlı olarak son kullanım kalitesinin yükseltilmesini amaçlamışlardır.

Yüzey pürüzlülüğü ağaç türü, kesiş yönü, bıçak sayısı, zımpara numarası, beslenme hızları ve rutubet değişimlerinin etkilerine göre dokunmalı iğneli tarama yöntemine göre belirlenmiştir.

1,6x5x50 cm boyutlarında numuneler hazırlanmış ve rendeleme işlemi için 512 adet numune kullanılmıştır. 2 bıçaklı, 3 bıçaklı, 5m/dak ve 10 m/dak besleme hızlı olarak rendeleme makinesinde işlenmişlerdir. Zımparalama işlemleri için 256 adet numune 80 ve 100 numaralı zımpara bandı takılı zımparalama makinesinden geçirilmiştir. Sonuç

olarak %12 rutubet, radyal kesit ve 2 bıçaklı, 5 m/dak besleme hızında, rendeleme makinesinde en düzgün yüzeyler elde edilmiştir. Zımpara numarası büyüdükçe daha düzgün yüzeylerin elde edildiği sonucuna varılmıştır.

Efe ve Gürleyen (2003) çalışmalarında yalancı akasya (*Robinia pseudoacacia L.*) ve adi ceviz (*Juglans regia*) ağaç türlerini kullanmışlar ve kesiş yönü, kesici adeti ve devir sayısının yüzey düzgünlüğüne etkilerini araştırmışlardır. Denemeler 4400, 6000, 7800, 10.000 devir/dakikada, 2 ve 4 bıçaklı kesicilerde radyal ve teğet yönlerde gerçekleştirilmiştir.

Denemeler sonunda, ağaç türleri arasında akasyada, kesiş yönleri arasında teğet yönde, devir sayıları arasında 10.000 devir/dakika'da, kesiciler arasında ise dört bıçaklı kesicilerde en iyi sonuçları elde edilmiştir. En pürüzlü yüzey ise akasya ve ceviz odununda radyal yönde 2 bıçaklı kesicilerle 4400 devir/dakikada meydana gelmiştir.

Kılıç ve Demirci (2003) "Sarıçam (*Pinus sylvestris L.*) ve kestane (*Castanea sativa mill.*) odunlarının yüzey pürüzlülük değerlerinin araştırılması" isimli çalışmalarında biçilmiş masif ağaç malzeme yüzeylerinde, ağaç türü, testere diş sayısı ve besleme hızlarının yüzey pürüzlülüğüne etkilerini araştırmışlardır. Bu amaç doğrultusunda geniş kullanım alanları bulunan sarıçam ve kestane ağaç türlerinden yararlanılmışlardır. Yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesinde iğne taramalı yöntem kullanmışlardır.

Deneme sonuçlarına göre en düzgün yüzeyi sarıçam odununda, 40 dişli testere ile elde etmişlerdir. Bu durumun kestane odununun halkalı büyük traheli yapısı ve ilkbahar odunu trahe çaplarının büyük olmasından kaynaklanabileceği belirtilmiştir. Ayrıca aynı biçme koşullarında diş sayısı arttıkça birim zamanda yüzeye değen diş sayısının artmasından da kaynaklanabileceği belirtilmiştir.

En pürüzlü yüzey ise kestane odununda 24 dişli testere ile elde edilmiştir. Sonuç olarak mobilya ve doğrama endüstrisinde yaygın olarak kullanılan sarıçam ve kestane odunlarının, 5 m/dak'lık ilerleme hızında 40 dişli testere ile biçilerek yüzey kalitesinin arttırılabileceği söylenebilir.

Örs ve Demirci (2003) çalışmalarında akasya (*Robinia pseudoacacia L.*) ve meşe (*Quercus petrea L.*) odunlarında yüzey düzgünlüğüne kesiş yönü ve zımparalamanın etkisini incelemişlerdir. Bu çalışmada 40, 60, 80 numaralı zımparalarla kesiliş yönüne göre yüzey pürüzlülük değerlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesinde iğne taramalı yöntemi kullanmışlardır.

Çalışmada aşağıdaki sonuçları elde etmişlerdir.

- Akasya odunu meşeye göre daha düzgün yüzeyler vermiştir. Bunun sebebinin meşe odununun trahe çaplarının büyük ve hücre çeper kalınlığının fazla olmasından kaynaklanabileceği belirtmiştir.
- Teğet yönde zımparalanmış ağaç malzemeler, radyal yöne göre daha düzgün yüzeyler vermiştir. Bunun nedeninin de tekstür farklılıklarından kaynaklanabileceği şeklindedir.
- 80 numaralı zımpara 60 ve 40 numaralı zımparalara göre daha düzgün yüzeyler vermiştir.
- Ağaç türü-kesiş yönü, ağaç türü-zımpara çeşidi, kesiş yönü-zımpara çeşidi etkileşimleri önemsiz çıkmıştır.
- Sonuç olarak en düzgün yüzey Akasya odununda teğet kesitte 80 numaralı zımpara ile elde edilmiştir.

Aslandoğan (2005) “Karaçam (*Pinus nigra Arnold*) odununun yüzey pürüzlülük değerlerinin belirlenmesi üzerine araştırmalar” başlıklı çalışmada, suni olarak yetiştirilen karaçam (*Pinus nigra Arnold*) odununa ait numunelerin, rendeleme ve zımparalama işlemlerinden sonraki, yüzey pürüzlülük değerlerinin belirlenmesi amaçlamıştır.

Bu amaçla, alınan deney numuneleri teğet ve radyal yönlerde biçildikten sonra her iki yönde de 1 ve 3 bıçaklı rendeleme ve 60, 80 numara zımparalar ile zımparalama işlemine tabi tutulmuştur. Her işlem 8 adet örnek ile temsil edilmiştir. Toplam 64 adet numuneden faydalanılmıştır. Araştırmada kalınlık makinesi ve osilasyonlu band zımpara makineleri kullanılmıştır.

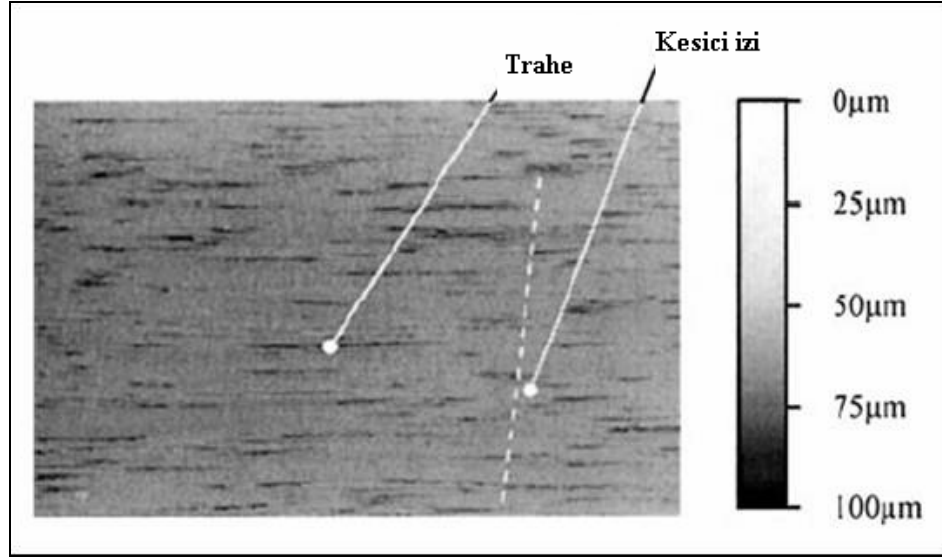
Bu çalışmada ortalama yüzey pürüzlülüğü açısından genel olarak rendeleme işleminde zımpara işlemine oranla daha düzgün yüzeyler elde edilebildiği, 3 bıçaklı rendeleme işlemi sonucu elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri ile 1 bıçaklı rendeleme sonucu elde edilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunamadığı, 1 bıçaklı rendeleme işleminde teğet kesit, radyal kesite oranla daha düzgün yüzey verirken 3 bıçaklı rendeleme işleminde iki kesit arasında yeterli fark tespit edilemediği sonucuna varmıştır.

Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre; suni olarak yetiştirilen karaçamda teğet kesit radyal kesite göre; 80 numara zımpara, 60 numara zımparaya göre ve 3 bıçak 1 bıçağa göre daha düzgün yüzeyler vermiştir. Karaçam odunu, teğet kesitte radyal kesite oranla daha düşük ortalama yüzey pürüzlülük (R_a) değerleri vermiştir.

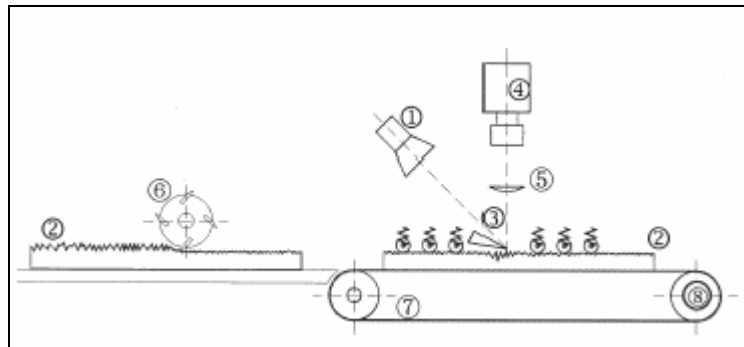
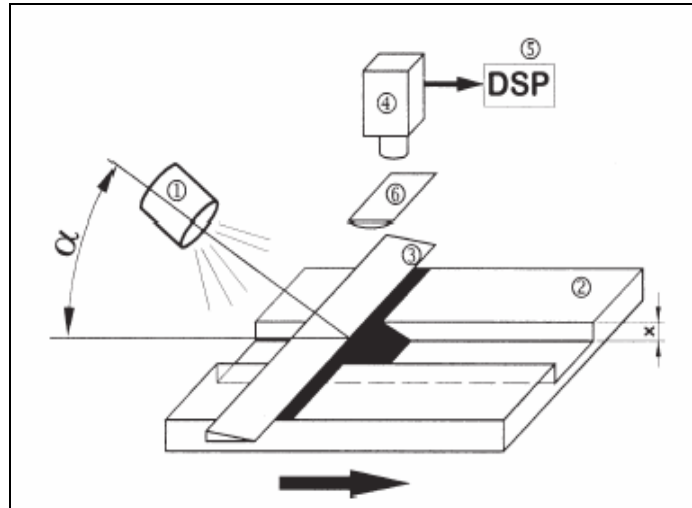
Araştırma sonuçlarına göre uygulanan yüzey düzgünleştirme işlemleri ve kesiş yönlerinin karaçam numunelerinin yüzey pürüzlülüğünü etkilediğini görmüşlerdir. Karaçam numunelerinde en düzgün yüzeylerin teğet yönde yapılan 3 bıçaklı rendeleme işleminde elde edildiği sonucuna varılmıştır.

Sandak ve Tanaka (2005) “Yüzey düzgünlüğünün ışık kaynağı gölge taraması kullanılarak değerlendirilmesi” konulu çalışmalarında 3 boyutlu yüzey geometrik değerlendirilmesinde kullanılabilecek hızlı yeni bir yöntem denemişlerdir. Yüzey düzgünlüğü ölçülecek yüzeye bir ışık kaynağından ışık gönderilmekte ve perdeye yansıyan ışık ve gölgeli kısımlar bir kesit profili oluşturmaktadır. Yerleştirilen bir kamera yardımıyla buradaki görüntü yakalanmakta ve dijital sinyal işleme sistemi kullanılarak elde edilen görüntü sayısallaştırılmaktadır (Şekil 2.5 ve Şekil 2.6).

Şekil 2.5 ve Şekil 2.6’da sistemin işleyişi ve üretim esnasında nasıl kullanılabileceği gösterilmektedir.



Şekil 2.5: Sert masif ağaç malzemenin işlenmesinden sonra elde edilen yüzey (Sandak ve Tanaka, 2005).



Şekil 2.6: Sistemin işleyişi ve üretim esnasındaki kullanımı (DSP: Dijital sinyal işleyicisi 1. Işık kaynağı, 2. İş parçası 3. Perde 4. CCD kamera 5. Silindirik lensler 6. Kesici başlık 7. Taşıyıcı konveyör) (Sandak ve Tanaka, 2005).

Bu metodun hızlı, doğru ve güvenilir bir şekilde çeşitli gözenekli materyallerin (özellikle ahşap, kaplama, kağıt, lif levha, yaprak vb malzemelerde) yüzey düzgünlüğünün değerlendirilmesinde gerek laboratuvar koşullarında gerekse üretim esnasında kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Yaptıkları bu sistemi çeşitli koşullar altında işlenen malzemelerde denemişler ve elde ettikleri görüntüleri değerlendirerek çalışmanın başarılı olduğunu saptamışlardır.

Çalışmanın sonunda bu yöntemin, kurulan bir sistemle üretim esnasında ölçüm yapabilmesi, yüzeye temas etmeden çalışabilmesi, maliyetinin düşük olması ve doğru ve güvenilir bir ölçüm yapabilmesinden dolayı endüstriyel uygulamalarda da rahatlıkla kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Korkut (2005) “Yüzey pürüzlülüğü çalışmaları” adlı incelemesinde yüzey pürüzlülüğü konusunda kısa bir bilgi verdikten sonra yüzey pürüzlülüğü konusunda yurtdışında ve ülkemizde yapılan çalışmaları sıralayarak kısa özet bilgiler vermiştir.

Söğütlü (2005) çalışmasında zımparalanmış ağaç malzeme yüzey pürüzlülüğüne kesiş yönü ve zımpara çeşidinin etkilerini araştırmışlardır. Çalışmalarını ülkemizde yetişen akasya (*Rubinia pseudoacacia L.*), armut (*Pirus communis L.*), kestane (*Castanea sativa Mill.*) sapsız meşe (*Quercus petraea Lieble*) ve Toros sediri (*Cedrus libani A.Rich*) ağaç türleri odunlarında gerçekleştirmiştir. Numuneler 80 ve 120 numaralı zımparalarla işleme tabi tutulmuştur. Araştırmadan aşağıdaki sonuçları elde edilmiştir.

- Yüzey pürüzlülüğü en yüksek meşede elde edilmiş. Bunu sırasıyla kestane, akasya, Toros sediri, ve armut izlemiştir.
- Teğet yönde radyal yöne göre, 80 numaralı zımpara ile 120 numaralı zımparaya göre daha pürüzlü yüzeyler oluşturmuştur. 80 numara zımparalama ile akasyanın teğet yönü ile radyal yönü, kestane ve Toros sedirinin teğet yönü ile meşenin radyal yönü, armudun teğet yönü ile Toros sedirinin radyal yönündeki pürüzlülük değerleri, diğer taraftan 120 numaralı zımparalamada meşenin radyal yönü ile teğet yönü; akasyanın teğet yönü ile Toros sedirinin radyal yönlerine ait pürüzlülük değerleri arasındaki fark

önemsiz bulunmuştur. 120 numara zımpara kullanımında kesiş yönleri arasındaki fark önemsiz çıkmıştır. Ayrıca kaba tekstürlü ağaç malzemelerin ince tekstürlülere göre daha pürüzlü yüzey verdiğini belirtmişlerdir.

Sönmez ve Söğütlü (2005), “Rendeleme işleminin ağaç malzeme yüzey pürüzlülüğüne etkisi” isimli çalışmalarında rendeleme makinesinde işlem görmüş bazı ağaç türlerine ait örneklerin yüzey pürüzlülüklerini incelemişlerdir. Bu çalışmada akasya (*Robinia pseudoacacia L.*), armut (*Pirus communis L.*), kestane (*Castanea sativa Mill.*), sapsız meşe (*Quercus petrea Lieble*) ve Toros sediri (*Cedrus libani A.Rich*) odunlarını kullanmışlardır.

Çalışmanın sonuçlarına göre;

- Yüzey pürüzlülüğü en yüksek meşede, en düşük armutta elde edilmiştir.
- Radyal yön teğet yöne göre, 2 kesicili rendeleme 4 kesicili rendelemeye göre daha pürüzlü yüzeyler vermiştir.
- Toros sedirinde radyal ve teğet yönler arasındaki fark önemsiz çıkmıştır.
- Genel olarak ele alındığında teğet yöndeki pürüzlülük değerleri radyal yöndekinden küçük olmasına karşın, meşe farklı bir durum göstererek teğet yönde daha pürüzlü yüzeyler elde edilmiştir.

Kaba tekstürlü malzemelerin ince tekstürlü malzemelere göre daha pürüzlü yüzeyler verdiğini, pürüzlülüğün radyal yönde daha fazla olduğu ve rendelemeye katılan kesici sayısı ile ters orantılı olduğu ve besleme hızı azaldıkça yüzey pürüzlülüğünün de azaldığı sonucuna ulaşmışlardır.

Malkoçoğlu ve Özdemir (2006) çalışmasında Doğu Karadeniz bölgesinde yetişen doğu kayını - Oriental beech (*Fagus orientalis Lipsky.*), Anadolu kestanesi - Anatolian chestnut (*Castanea sativa Mill.*), sakallı kızılbaş - black alder (*Alnus glutinosa subsp. Barbata (C.A.Mey.) Yalt.*), sarıçam - Scots pine (*Pinus sylvestris L.*) and Doğu ladini - Oriental spruce (*Picea orientalis (L.) Link.*) odunlarının ASTM D-1666 standardına göre işlenme özellikleri belirlenmiştir.

Bu kapsamda planyalama, frezeleme, tornalama, delik delme, zıvana açma ve zımparalama işlemleri uygulanmışlardır. Denemeler % 12 rutubet derecesinde gerçekleştirilmiştir ve sonuçlar iyiden kötüye olmak üzere 1–5 arasında sınıflandırılmıştır. Ladin - Norway spruce- (*Picea abies*) dışındaki bütün ağaç türleri mükemmel ve iyi olarak sınıflandırılmıştır. Ladin iyi ve orta olarak sınıflandırılmıştır. Planyalamada en iyi yüzey kalitesini sert ağaçlarda 15°-10° kesiş açısında, yumuşak ağaçlarda ise 15°, 20° ve 25°’de elde edilmiştir. Aynı şekilden iyi işleme performansı doğu kayınında 25 mm’de 15–20 bıçak izi sayısında ve diğer ağaç türleri için daha düşük besleme hızında yani daha fazla bıçak izi sayısında (20 bıçak izi sayısı’nda) elde edilmiştir.

Bu araştırmada sert ağaçlardan doğu kayını (*Fagus orientalis*) bütün işleme özelliklerinde en iyi derecede performans göstermiştir. Diğer sert ağaçlardan Anadolu kestanesi - Anatolian chestnut (*Castanea sativa* Mill.) ve kızılâğaç (*Alnus glutinosa*) planyalama (1. ve 2.sınıf numuneler alındığında), frezeleme, tornalama ve delik delme işlemlerinde mükemmel performans gösterdiği halde zıvana açma ve zımparalama işlemlerinde nispeten iyi bir performans göstermiştir.

Yumuşak ağaç türlerinden sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) planyalama (1.sınıf, 1. ve 2.sınıf), frezeleme, delik delme ve zımparalama işlemlerinde en iyi (kusursuz, mükemmel) performans gösterdiği halde tornalama ve zıvana açmada aynı performansı gösterememiştir. Aynı zamanda yumuşak ağaç olan doğu ladini - Oriental spruce (*Picea orientalis* (L.) Link.) planyalama, frezeleme, delik delme, zıvana açma ve zımparalama işlemlerinde iyi derecede performans gösterdiği halde diğer işleme özelliklerinde bu performansı gösterememiştir.

Genel olarak değerlendirilirse; sert ağaç türleri yumuşak ağaç türlerine göre daha yüksek kalitede işlenme özellikleri göstermiştir. Sert ağaç türlerinden Anadolu kestanesi ve kızılâğaç küçük bir yüzde farkla daha az derecede işlenme performansı göstermiştir. Bunun sebebi bu ağaç türlerinin budaklı olan yapısı ve düşük özgül ağırlığı olabilir.

Yumuşak ağaç türlerinden sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) budaklı yapısına rağmen yüksek derece kaliteli işlenme özelliği göstermiştir. Bunu sebebi odununun reçineli olması ve

budaklarında kaynamış budak olarak nispeten homojen bir yapıya sahip olmasının sonucu olabilir. ladinde çok düşük işlenme performansı göstermiştir.

Ağaç malzemenin planyalama özelliklerine bakıldığında; en iyi işleme koşulları (kusursuz yani 1. sınıf işleme özelliğine sahip) genellikle düşük kesiş açılarında (15⁰–20⁰) elde edilmiştir. Bununla birlikte doğu kayını ve Anadolu kestanesi dışındakiler mükemmel işleme performansı göstermişlerdir. Yumuşak ağaç türlerinin odunları büyük kesiş açılarından sert ağaç türleri kadar etkilenmemişlerdir. Ağaç malzemenin işlenmesindeki yüzey kalitesi besleme hızının düşürülmesi veya bıçak izi sayısının artırılması ile artış gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Aras ve ark. (2007) “Tornalama tekniğinin ağaç malzeme yüzey pürüzlülüğüne etkisi” başlıklı çalışmalarında tornalama tekniğinin ağaç malzeme yüzey pürüzlülüğüne etkisi araştırmışlardır. Tornacılıkta yaygın olarak kullanılan ceviz (*Juglans regia L.*), Doğu kayını (*Fagus orientalis L.*), ıhlamur (*Tilia grandifolia Ehrh.*) ve kavak (*Populus tremula L.*) odunlarından hazırlanan örnekler kesme ve kazıma tekniği ile tornalama işlemine tabi tutmuşlardır. Elde edilen yüzeylerde pürüzlülük ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Yüzey pürüzlülük ölçümlerinde iğne taramalı yöntemi kullanmayı denemişler ancak yüzeylerin çok pürüzlü olmasından başarılı olamamışlardır. Yüzey değerlendirmesinde gözlensel değerlendirme kriterlerini kullanmışlardır. En düzgün yüzeyi kesme yöntemiyle tornalanmış cevizde, en pürüzlü yüzeyi ise kazıma yöntemi ile tornalanmış kavakta elde etmişlerdir. Kavak ve ıhlamurun yüzey düzgünlük değerlerinde belirgin bir fark olmadığını tespit etmişlerdir. Tornalamada düzgün yüzey elde etmek için kesme yönteminin kullanılmasını, malzeme olarak da cevizin tercih edilmesini önermişlerdir.

Malkoçoğlu (2007) çalışmasında Doğu Karadeniz bölgesinde yetişen doğu kayını - Oriental beech (*Fagus orientalis Lipsky.*), Anadolu kestanesi - Anatolian chestnut (*Castanea sativa Mill.*), adi kızılâğaç - black alder (*Alnus glutinosa subsp. Barbata (C.A.Mey.) Yalt.*), sarıçam - Scots pine (*Pinus sylvestris L.*) ve Doğu ladini - Oriental spruce (*Picea orientalis (L.) Link.*) odunlarının planyalama özellikleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerine çalışmalar yapmıştır. Denemeler ASTM D-1666 ve DIN 4768 standartlarına göre gerçekleştirilmiştir. İşleme özellikleri profil (çoklu yüzey işleme)

makinesinde tespit edilmiştir. Çalışmada kesiş açısının ve besleme hızının işlenme kalitesine etkisini araştırmıştır. Kesiş derinliği 1.6 mm olarak alınmıştır. Örnekler arasında en düşük işlenme özelliğini Oriental spruce – doğu ladini (*Picea orientalis* (L.) Link.) ağaç odunu göstermiştir.

Planyalama özelliklerine bakıldığında; doğu kayını ve sarıçam yüksek, Anadolu kestanesi ve kızılğaç orta derecede ve doğu ladini ise düşük değerler gösterdiği belirlenmiştir. Özellikle, odunun işleme özellikleri (işleme performansı) kesiş açısının düşürülmesi ile artış göstermiştir.

Çalışmaya göre; benzer şekilde farklı kesiş açılarındaki yüzey pürüzlülüğü değerlerine bakıldığında en iyi sonucu düşük pürüzlülük değerleri ile doğu ladini ve sarıçam göstermiştir. Bununla birlikte bütün odun örneklerinde yaz odunu ilkbahar odununa göre daha düşük pürüzlülük değerleri vermiştir. Anadolu kestanesi’de bu farkın oldukça yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Literatürde yüzey pürüzlülük değerleri halkalı traheli odunlara göre dağınık traheli odunlarda daha düşük bulunduğunu belirtilmekte ve elde edilen verilerin, yine literatürdeki sonuçlar ile uyum sağlamakta olduğu görülmektedir.

Yüzey pürüzlülük değerleri düşük kesiş açısında (15°) daha yüksek kesiş açılara göre (20° ve 30°) çok az daha yüksektir. Literatürde de düşük kesiş açılarında daha iyi yüzey kalitesi elde edileceği belirtildiğini ve elde edilen bu sonuçlar literatür ile uyum sağlamakta olduğunu söylemişlerdir. Varyans analizi sonuçlarına göre de yüzey pürüzlülüğü ile kesiş açısı arasında bir ilişki olduğunu tespit etmişlerdir.

Besleme hızlarının planyalama özellikleri üzerine etkisi de araştırılmış ve üç farklı besleme hızındaki (7.6, 12.6, 20 m/dak) planyalama özellikleri değerlendirmişlerdir.

Besleme hızının arttırılması ile planyalama yüzey kalitesinde düşme, besleme hızının düşürülmesi ile de yüzey kalitesinde iyileşme elde edilmektedir.

Değerlendiren ağaç türleri arasında doğu ladini en düşük işleme özelliği gösterdiğini, yüzey kalitesi besleme hızının düşürülmesi ve kesiş açısının düşürülmesi ile olumlu etki gösterdiğini belirtilmiştir.

Sonuç olarak, genellikle, Anadolu kestanesi dışındaki bütün odun örnekleri daha düşük yüzey pürüzlülük değerleri göstermiştir. Kesiş açısının ve besleme hızının etkisi her bir ağaç türü için belirlenmiştir. Kesiş açısının değiştirilmesi yüzey pürüzlülüğünü etkilemektedir ve düşük kesiş açılarında daha düzgün yüzeyler elde edilmektedir. Bununla birlikte besleme hızının yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi ihmal edilebilir (önemsiz) bulunmuştur.

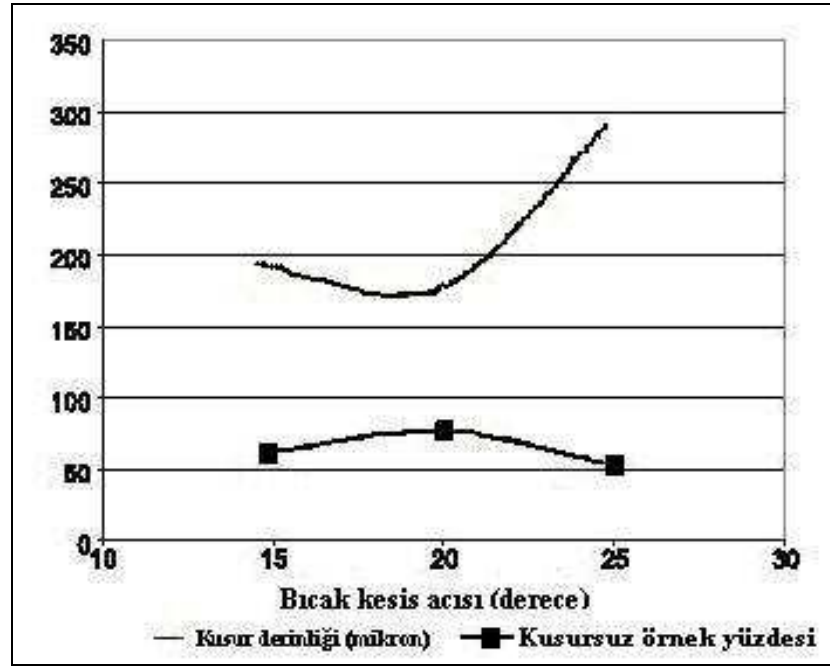
Ratnasingam ve Scholz (2007) “Kaucuk ağacı (*Hevea brasiliensis*) odununun planyalanmasında yüzey işleme kusuru karakteristikleri” adlı çalışmalarında Güneydoğu Asya bölgesinde mobilya endüstrisinde yaygın olarak kullanılan Kauçuk ağacı (*Hevea brasiliensis*) odununun çeşitli koşullar altında planyalanmasında elde edilen yüzey karakteristiklerini incelemiştir.

Çalışmada 30x150x1500 mm boyutlarında %12±2 rutubet miktarına sahip numuneler kullanılmıştır. WEINIG UNIMAT 22A marka ve model, kesici başlığı 120 mm ve kesici başlık dönme hızı 6000 devir/dakika olan çoklu işlem makinesi kullanılmıştır. Besleme hızları 19,2 m/dakika, 24,0 m/dakika, 28,8 m/dakika, 33,6 m/dakika ve 36 m/dakika alınmıştır. Bıçak izi genişlikleri 0,8 mm, 1,0 mm, 1,2 mm, 1,4 mm ve 1,5 mm olarak alınmıştır. 15°, 20°, 25° kesiş açılarında ve 1,5 mm sabit kesiş derinliğinde işlemler gerçekleştirilmiştir. Her bir deneme için 25 adet numune kullanılmıştır. Yüzey kalitesi ASTM D-1666’ya göre ve kusursuz numune oranına göre ve yüzey pürüzlülüğü iğne taramalı yöntem kullanılarak elde edilen maksimum pürüzlülük (R_{max})’ e göre değerlendirilmiştir.

Çalışmada Tablo 2.18 ve Şekil 2.7’de görülen sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 2.18: Kaucuk ağacı (*Hevea brasiliensis*) odununda ortaya çıkan işleme kusurları (Ratnasingam ve Scholz , 2007)

Bıçak izi boyu (mm)	Pürüzlülük indeksi (μm)	İşleme kusuru derecesi (Yüzeyin %'si)	Kusursuz yüzey (%)	Kusur tipi (25 numunede ortalama oran)
0,8	146	9	91	Pürüzlü liflilik
1,0	154	10	90	Yongalı liflilik (1/7) Pürüzlü liflilik (6/7)
1,2	189	11	89	Yongalı liflilik (1/3) Pürüzlü liflilik (2/3)
1,4	214	24	76	Yongalı liflilik (6/7) Pürüzlü liflilik (1/7)
1,5	249	29	71	Yongalı liflilik



Şekil 2.7: Kaucuk ağacı (*Hevea brasiliensis*) yüzey kalitesine bıçak kesiş açısının etkisi (Ratnasingam ve Scholz , 2007)

Çalışmada elde edilen sonuca göre bıçak izi boyunun 1,2 mm ve daha yüksek olduğu ve yüksek kesiş açlarına sahip kesicilerin kullanıldığı işleme koşullarında yüzeylerde yongalı liflilik gibi işleme kusurlarına daha fazla eğilim görüldüğü belirtilmektedir. Ayrıca çalışmada kaucuk ağacı (*Hevea brasiliensis*) odununda en iyi yüzey kalitesi için işleme koşullarının bıçak izi boyunun 1,2 mm ve planya bıçağı kesiş açısının 20° olması önerilmektedir.

2.1. AĞAÇ MALZEMENİN İŞLENMESİ İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER

2.1.1. Ağaç Malzemenin İşlenmesinin Tarihsel Gelişimi

Ağaç işleme makineleri tarih öncesinden beri sürekli bir gelişim göstermektedir. Ettelt (1987)'e göre Yontma Taş çağında baltalar, yabani hayvan diş ve boynuzlarından yapılan kesici aletler (testereler) ve Tunç devrinin sonlarına doğru ise (M.Ö.3000 yıllarında) ilk defa demirden ağaç işleyen aletler geliştirilmiştir. M.Ö.2700 yılında Mısır'da bronz testerenin kullanıldığı bilinmektedir. Eski Mısır'da ve Romalılar ağaç işlerinde kullanılan gövdeleri ve mekanik aksamaları ağaç malzemedan yapılan ağaç işleme makineleri geliştirmişlerdir. M.Ö.70'li yıllarda Mısır'da ilk ağaç tornasının kullanıldığı bilinmektedir. Roma döneminden kalan testerelerin bugünkü kullanılan testerelerin şekline yakın olduğu dikkat çekmektedir. Hizarın Augsburg'da (Almanya) bulunduğu M.S. 1500'lü yıllarda Leonardo Vinci'nin günümüzde kullanılan katrağa benzer krank düzenli katrağı tasarladığı bilinmektedir (Ettelt, 1987; Kurtoğlu, 2004a).

Ağaç İşleri Makineleri (AİM) konusunda gelişmeler 16. yüzyıldan itibaren hızlanmıştır. 18.yüzyılda daire testerenin bilinmesine rağmen, güç ve aktarma eksikliğinden dolayı kullanılmamaktadır. 1977 yılında rüzgar çarkı ile işleyen daire testere patenti alınmıştır. 1803 yılında İngiliz William NEWBERRY ilk şerit testereyi yapmasına karşın buluşunu uygulamaya geçirememiştir. Aynı yıllarda ilk olarak tamamen demir ve çelikten üretilen ktrak, İngiltere'de 1850 yıllarında ise Almanya'da Gebruder Schmaltz makine fabrikası tarafından kare kesitli mile sahip planya makinesi üretilmiştir (Ettelt, 1987; Kurtoğlu, 2004a).

1860 yılında gaz basınçlı ilk motor yapıldıktan sonra Alman Otto ve Langer gaz motorunu ağaç işleri makinelerinde kullanmışlardır. Bu yıllarda A.B.D.'de ise Greenlee kardeşler ilk matkap makinesini yapmışlardır (Ettelt, 1987; Kurtoğlu, 2004a).

1868 yılında ise Berlin Machineworks ve Yates U.S.A. firmaları ortaklaşa çalışma ile zımpara makinesini geliştirmişlerdir. Aynı yıllarda Fransa'da ise Pickels firması otomatik kızaklı ve top bıçaklı bir kalınlık makinesi yapmıştır. Bundan çok kısa bir süre sonra Londra'da günümüzdeki kalınlık makinelerinin çalışma prensiplerine yaklaşan itme ve çekme merdaneleri otomatik olarak çalışan kalınlık makinesi geliştirilmiş ve

transmisyon düzeninden akuple çalışmaya yani motor hareketinin doğrudan bıçak miline aktarılması, 1911 yılında kalınlık ve planya, 1916’ da freze makinelerinde uygulanmaya başlanmıştır (Ettelt, 1987; Kurtoğlu, 2004a).

Yüzyılımızın başlarında iş kazalarına karşı koruma önlemleri olarak 1902 yılında dört kenarlı kare kesit milli planya makinelerinin üretimde kullanılmaması ve ağaç işlemede verimlilik konularında bazı çalışmalarda bulunulmuştur. 1914 yılında bu miller yasaklanarak daire kesitli miller zorunlu olarak kullanılmaya başlanmış ağaç işleme makinelerinde ağaç malzemeden mesnet yapılması yasaklanmıştır (Kurtoğlu, 2004a).

1930’lu yıllarda AIM’ deki ağaç işleme tekniği bakımından gelişim büyük ölçüde tamamlanmıştır. İkinci Dünya Savaşı yıllarından sonra ortaya çıkan gelişmeler ise şu şekilde özetlenebilir (Kurtoğlu, 2004a).

Savaş ekonomisi ve daha sonra ise uzay uçuşları sonucu kullanılan bütün kumanda ve ayarlama teknikleri ağaç işleme makinelerinde de kullanılır olmuştur. Bilgisayar kontrollü (nümerik kontrollü NC veya Bilgisayarlı nümerik kontrol-CNC) makineler maliyetinin yüksek olmasına karşın üretim kapasitesinin yüksek oluşu ve işgücünden kaynaklanan hataların en aza indirilerek kalite sorunlarının çözümünü sağlaması, kayıpların azalması, verimliliğin artması, işlem süresinin azalması, işlem maliyetlerinin düşmesi, çalışan sayısının azalması gibi nedenlerle yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Alet ve takım sektöründe 1927 yılından beri bilinmekte olan sert metaller ile stellite ağaç malzemenin işlenmesinde de kullanılmaya başlanmıştır. Yüksek alaşımlı çelikler kesici bıçak hammaddesi olarak kullanım yeri bulmuştur.

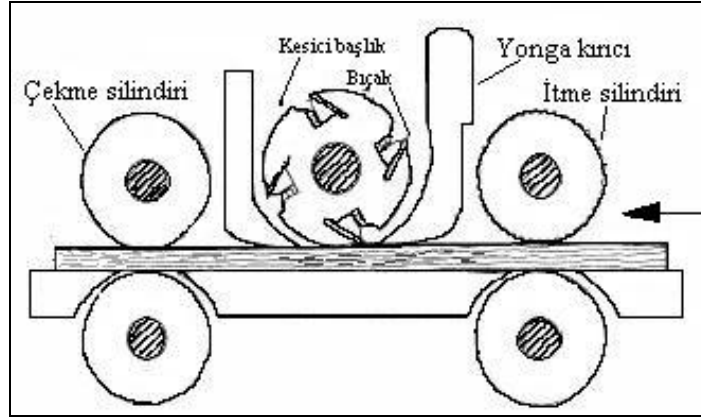
Yongalevha ve yeni ürünlerin gelişmesi, gerek bunların üretiminde ve gerekse işlenmesinde kullanılan yeni makinelerin gelişmesine yol açmıştır (Kurtoğlu, 2004a).

2.1.2. Ağaç Malzeme İşleme Şekilleri

2.1.2.1. Planyalama İşlemi

Bıçme işleminden sonra her türlü düz yüzeye sahip kullanım amaçları için ağaç malzeme yüzeyinin düzeltilmesini sağlayan işleme faaliyetleridir. Daha çok masif ağaç malzeme de uygulanmaktadır. Kaba planyalama ve son planyalama olmak üzere 2 aşamada planyalama işlemi tamamlanmaktadır (Kurtoğlu, 2004b).

Şekil 2.8’de planyama işleminde kullanılan klasik bir kalınlık makinesi örneği görülmektedir.



Şekil 2.8: Planyalama işleminin gerçekleştirilmesinde kalınlık makinesi örneği (Spence ve Griffiths 1995; Davis, 1962).

Planyalama işleminde kesicinin (planya bıçağının) keskinliği, ağaç malzemedeki lif yönü veya lif kıvrıklığı (liflerin ağaç malzeme ekseninden sapması), ağaç malzemenin rutubet miktarı, birim mesafedeki bıçak izi sayısı ve bıçak açıları yüzey kalitesi üzerinde etkili olmaktadır (Lihra ve Ganev, 1999).

2.1.2.2. Frezeleme İşlemi

Geniş ölçüde mobilya ve doğrama üretiminde kullanılmaktadır. Çeşitli kullanım amaçları için değişik özelliklerde freze makineleri (yatay, dikey v.b) ve bıçakları bulunmaktadır. Uygulamada küçük işletmelerde daha çok alışılmış tek milli şekil verme makineleri işlem görmektedir (Kurtoğlu, 2004b).

2.1.2.3. Tornalama İşlemi

Muhtemelen odun işleme faaliyetlerinin en eski geçmişe sahip olanıdır. Tornalama işlemi ile çeşitli mobilya ve ağaç işleri elemanları ile araç gereç kabzaları, makara, bobin, ağaç malzemeden yapılmış sofrta takımları, spor eşyaları, oyuncak vb. yapılmaktadır (Kurtoğlu, 2004b).

Şekil 2.9’da tornalama işleminde kullanılan torna makinesi ve tornalanmış parçalar gösterilmektedir



Şekil 2.9: Tornalama işleminde kullanılan torna makinesi ve tornalanmış parçalar (www.wood-turning-uk.co.uk; <http://images.amazon.com>)

Torna tezgahının basit tek milli tipleri olduğu gibi saatte birkaç yüz tornalama işlemini yapabilen tipleri de bulunmaktadır (Kurtoğlu, 2004b).

2.1.2.4. Delme İşlemi

Delik delme işlemi mobilya birleştirme şekillerinde yaygın olarak kullanılan önemli bir işleme şeklidir. Çivi, vida ve diğer özel bağlantı sistemleri içine alan ağaçişleri ve mobilyacılıkta kullanılan tüm bağlantı sistemlerinde delik delme işlemi kullanılmaktadır ve CNC işleme merkezlerinde uygulanabilmektedir. Masif mobilya üretiminde delik delme işleminin yaygın olarak kullanılmasında bu özelliklerinden dolayı önemli bir yere sahip bulunmaktadır. Deliğin iç yüzeylerinin, delik giriş ve çıkışlarının mümkün

olduğunca kusursuz olması gerekmektedir. Bu gerek yapışma kalitesini, gerekse bağlantı kalitesini önemli derecede etkilemektedir (Lihra, Ganev, 1999) .

Bugün kullanılan bazı delik delme matkapları geçmişte kullanılan matkaplardan fazlaca farklı değildir. Tek milli el itmeli delik delme makineleri olduğu gibi önceden belirlenen derinlik ve açıda, aynı zamanda çok sayıda delme işlemi yapabilen delme otomatları da bulunmaktadır (Kurtoğlu, 2004b). Şekil 2.10’da çoklu delik delme makinesine, Şekil 2.11’de ise tekli delik delme makinesine örnek verilmektedir.



Şekil 2.10: Çoklu delik delme makinesi (<http://www.makelmakina.com>)



Şekil 2.11: Tekli delik delme makinesi (<http://www.retosan.com>)

Delme işlemi esasen dönüsel kesme kapsamına girmektedir. Delikler genelde liflere dik olarak delinmektedir (İlhan ve ark., 1990).

Delik delme işleminde özgül ağırlığın, yonga kalınlığının ve kesicinin dönme hızının delik kalitesi üzerinde önemli bir etkisi bulunmamaktadır. Kaliteyi işlenen masif ağaç malzemenin rutubet miktarı ve delik delmede kullanılan kesicinin tipi daha fazla etkilemektedir (Woodson ve Mcmillin, 1972).

2.1.2.5. *Lamba - Zıvana Açma İşlemi*

Masif ağaç malzemenin işlenmesinde özellikle kapı ve pencerelerde kullanılan birleştirme şekillerinde zıvana açma işlemi sıklıkla kullanılmaktadır. Zıvana deliği dikdörtgen bir forma sahiptir ve zıvana erkek parçasının zıvana deliğine uyumlu olması önemli bulunmaktadır (Lihra, Ganey, 1999).

Lamba ve zıvanalar, geçmişte ve günümüzde çok uzun zamandan beri ağaç malzeme konstrüksiyon elemanlarının birleştirilmesinde yoğun olarak kullanılmaktadır. Geçmişte zıvana yapımında el aletleri kullanılırken günümüzde ise modern mobilya endüstrisinde bu işi genellikle çok çabuk ve titiz olarak gerçekleştirebilen makineler (lamba-zıvana açma makinesi, morsa) yapmaktadır. Dişi geçme parçası tamamen ayrı bir makinede yapılabilmekte, darbe derinliği ve dakikadaki darbe sayısı da ayarlanabilmektedir (Kurtoğlu, 2004b).

Zıvana açma işlemi denemelerinde görülen tipik kusur zıvana giriş ve çıkışlarında meydana gelen parçalanmalardır. Özgül ağırlığın ve birim mesafedeki yıllık halka sayısının zıvana açma işleminde elde edilen yüzey kalitesine önemli bir katkısı bulunmamaktadır (Lihra ve Ganey, 1999).

Zıvana açma işleminde özgül ağırlığı yüksek olan masif ağaç malzemeler düşük özgül ağırlığa sahip olanlara göre daha kaliteli yüzeyler vermektedir. Kalite yumuşak ağaçlarda sert ağaçlara göre daha düşüktür. Zıvana açma işlemlerinde en çok karşılaşılan kusurun liflerde ezilme olduğu belirlenmektedir (Cantin, 1965).

2.1.2.6. Zımparalama İşlemi

Mobilya ve yapı elemanlarının ve diğer fabrikasyon orman endüstrisi ürünlerinin tamamlanmasında yüzeydeki bıçak izlerinin kaldırılması ile boyama, vernikleme ve diğer bitirme işlemlerinin uygulanması için yüzeyin hazırlanmasında bir iş kademesi olarak kullanılmaktadır (Kurtoğlu, 2004b).

Zımparalamanın amacı rendeleme ve sistirelemeden sonra yüzeylerde kalabilecek girinti ve çıkıntıları düzeltmek ve yüzeyi parlatmaktır. Zımparalama, mobilya endüstrisinde yüzey işlemlerinin temel işlemi olarak nitelendirilmektedir. Yüzey kalitesi ve görünüm tamamen zımparalama işlemi vasıtasıyla ağaç malzemenin doğal yapısı ve renk güzellikleri ortaya çıkarılabilmektedir (Kurtoğlu, 2000).

Ağaç malzeme, bir tarafına bir yapıştırıcı vasıtasıyla aşındırıcı malzemelerin yerleştirildiği, esnek bir kağıt veya bez fondan oluşturulan aşındırıcı maddeler ile de işlenebilir. En çok kullanılan aşındırıcılar; alüminyum oksit, çakmaktaşı, lala taşı ve silikon karpit'dir (İlhan ve ark., 1990).

Aşındırıcı taneciklerin keskin kenarları bıçak vazifesi görmektedir. Aşındırıcı banda bir basınç uygulandığı zaman, bu tanecikler ağacın içine doğru bir aşındırma yapmakta ve bandın hareketi boyunca bir kazıma yaparak, ağaçtan ince talaş ve tozlar halinde ince parçacıklar koparmaktadırlar (İlhan ve ark., 1990).

Zımparalama ayrıca mobilyaların tamamlanmış bazı parçalarındaki hafif uyumsuzlukları (kapı veya çekmecenin yüz ve kenarlarında yapıldığı gibi) gidermek için de uygulanmaktadır (Kurtoğlu, 2004b).

Yukarıda belirtilen işleme faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi için ağaç malzemedeki kesiş çeşitleri, kesişin oluşumu ve bıçak açıları, kesişi etkileyen faktörlerin bilinmesinde yarar bulunmaktadır (Kurtoğlu, 2004b).

2.1.3. Ağaç Malzemenin İşlenmesini Etkileyen Faktörler

Genel olarak odunun amacına uygun bir şekilde işlenebilmesini sağlamak için gerekli koşullar üç ana grup halinde toplanabilir (Kurtoğlu, 1981; Kurtoğlu, 2004b).

Bunlar;

- Makine ve kesme aletlerinin mekanik durumu,
- Makinelerin ayarlanması ve çalıştırılması,
- Hammadde odunun seçimi ve özellikleri olarak sıralanabilmektedir.

Bu gruplara giren çeşitli koşulların yerine getirilmemesi veya yeteri kadar önemsenmemesi yapılan işlemeyi doğrudan etkilemektedir. Doğal olarak faaliyetlerinden beklenen kalite, son kullanım amacına göre değişebilmektedir. Bu nedenle burada belirtilen bazı ana kurallar işleme problemlerini en az seviyede tutmak için açıklanmakta olup, ideal durumu ile pratikteki durum arasında karşılaştırma yapılması gerektiği her zaman yararlı görülmektedir (Kurtoğlu, 1981; Kurtoğlu, 2004b).

2.1.3.1 Makine ve Kesme Aletlerinin Mekanik Durumu:

İyi bir işleme kalitesi elde edebilmek için kesicilerin dengeli olarak yerleştirilmesi, bıçak seçimine özen gösterilmesi ve bıçakların sürekli olarak keskin bulundurulmasına gereken önemin verilmesidir. Ayrıca makinenin fazla kullanılan ve tahrip olan parçalarının zamanında değiştirilmesi ve bakımının yapılması da gerekmektedir (Kurtoğlu, 2004b).

a. Bıçak türünün etkisi: Pratik çalışmalarda uzun süre keskin kalması nedeniyle, daha çok ucu sertleştirilmiş, sert metal bıçaklar tercih edilmekte, daha sonra sırasıyla yüksek hız çeliği ve karbon çelik bıçaklar gelmektedir (Kurtoğlu, 2004b).

b. Bıçak keskinliğinin etkisi: İşlemenin kalitesini etkileyen faktörlerden birisi de kesicilerin kör veya keskin olmasıdır. Körlüğün etkisi büyük ölçüde hafif ve yumuşak odunlardaki kesişlerden sonra açıkça görülebilmektedir (Kurtoğlu, 2004b).

Kesicilerin sık aralıklarla bilenip değiştirilmesi zaman kaybına neden olduğu için bazen iyi kalitede bir yüzey, işletme için aslında ekonomik bakımdan kayıp oluşturulabilmektedir (Kurtoğlu, 2004b).

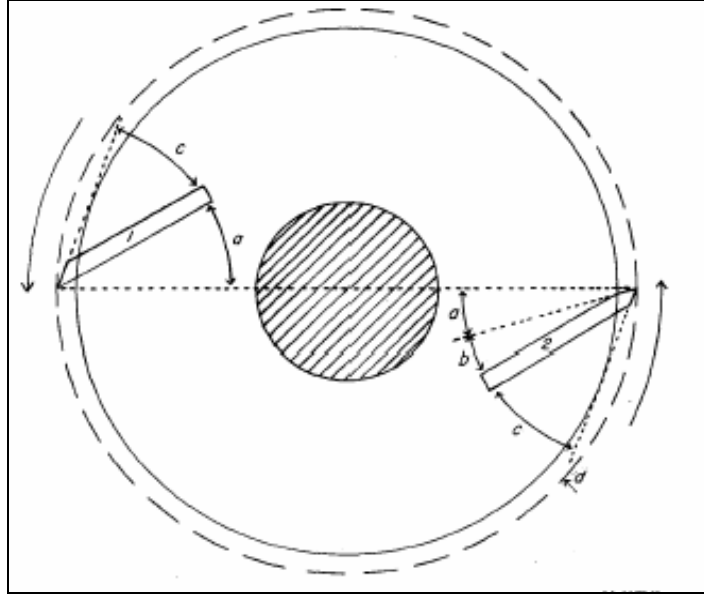
Ağaç malzemenin işlenmesinde uygun bir şekilde bilenmiş ve keskin bıçak kenarına sahip kesicilerle malzemenin işlenmesi yüzey kalitesi üzerinde olumlu etkide bulunmaktadır.

c. Bıçakların bıçak başlığına yerleştirilmesi: Bilemeden sonra bıçaklar bıçak başlığına yerleştirilmektedir. Bütün bıçakların kesişe katılmasını garanti etmek için aynı kesiş dairesine getirilmesi şart olmaktadır. Bıçaklar planya başlığına dengeli yerleştirilmelidir (Kurtoğlu, 2004b).

d. Makinelerin Elemanlarının Mekanik Durumu ve Bakımı: Makine ve elemanlarının mekanik durumu, onların kullanılma sürelerinden daha önemli olup, işleme kalitesini etkilemektedir. Dikkatli kullanılmayan yeni bir makinenin verimi düşmekte, iyi kullanılan ve bakımı yeterli olan eski makineden da en iyi şekilde faydalanılabilmektedir (Kurtoğlu, 2004b).

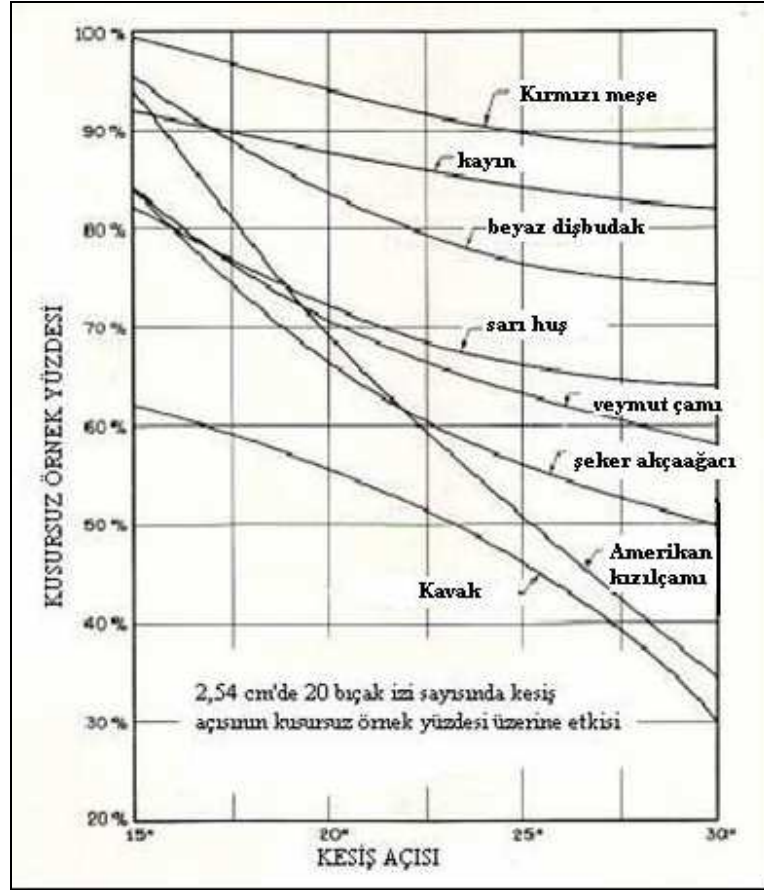
2.1.3.2. Makinelerin Ayarlanması ve Çalıştırılması

a. Kesiş açısı: Cantin (1965)'e göre bütün durumlarda kesiş açısını 30°'den 15°'ye düşürmek örneklerdeki yüzey kalitesini arttırmaktadır. Bununla birlikte kesiş açısının düşürülmesiyle elde edilen bu artışın bütün örneklerde aynı olmadığı görülmüştür. Şekil 2.12'de iki bıçaklı bir planya başlığındaki açılar görülmektedir.



Şekil 2.12: İki bıçaklı bir planya başlığında planya bıçağı kesici açıları (a. kesiş açısı; b. kesiş açısı değişikliği için verilen pah (açı) c. Serbest açı (pah); d. kesiş (uçus) dairesi; 1 ve 2 planya bıçakları) (ASTM D 1666, 2004; Davis, 1962)

Kesiş açısını 30° 'den 25° 'ye düşürülmesi ile yüzey kalitesinde çok az bir değişim ortaya çıkmaktadır. Kesiş açısının 25° 'den 20° 'ye düşürülmesi ile yumuşak ağaç türlerinin yüzey kalitesinde önemli ve olumlu bir değişim meydana gelmiştir. Ancak en büyük değişim kesiş açısının 20° 'den 15° 'ye düşürülmesinde gözlemlenmiştir Şekil 2.13'de kesiş açısının kusursuz örnek yüzdesi üzerine etkisi görülmektedir (Cantın, 1965).



Şekil 2.13: Kesiş açısının kusursuz örnek yüzdesi üzerine etkisi (Cantın, 1965).

b. Kesiş derinliği: Malzeme yüzeyindeki sıg bir kesiş en iyi sonucu vermektedir. Kesiş derinliğinin artması ile sonuçlar kötüleşmektedir. Kesiş derinliği işin kalitesini genel olarak yapraklılarda ibrelilere göre daha az etkilemektedir. Bazı odun türlerinde önce kaba, sonra bunu takip eden sıg bir kesiş yapılmalıdır. (Kurtoğlu, 2004b).

VÖH (1977)'ye göre kural olarak iki derin olmayan kesiş bir derin kesişe göre daha iyi yüzey vermektedir. Çeşitli ülkelerin standartlarında kesiş derinlikleri sınırlandırılmış bulunmaktadır. Avusturya standartlarında en fazla kesiş derinliği olarak 2 mm'ye izin verilmektedir (Kurtoğlu, 2004b).

c. Kesiş hızı: Ağaç malzemenin işlenmesinde kesiş (yüzey) kalitesi üzerinde kesiş faktörlerinden özellikle kesiş (kesme) hızının oldukça büyük etkisi bulunmaktadır.

Kesiş hızı; ağaç malzemeyi işleyen makinenin kesicisinin işlenen malzeme üzerinde birim zamanda (saniyede) metre cinsinden katettiği yola denilmektedir.

Kesiş hızı kesiş hareketi ile sağlanan, yani; malzeme içinde kesiş yönünde bıçakların keserek hareket ettiği hızdır. Bu kesiş hızı gerek kalite ve gerekse randıman (verim) hesaplamaları için çok önemlidir (Kurtoğlu, 2004b).

Kesiş hızları çeşitli diyagramlar ve hesaplamalar yardımı ile çeşitli makineler ve odun türleri için belirlenmiş bulunmaktadır.

Ağaç malzemeyi işleyen makinelerde kesiciler genellikle dönerek (daire testere, planya, freze) kesiş yaptıklarından, kesiş hızı bıçağın çevresel hızı olarak da tanımlanabilmektedir. Bu hız bir daire testere veya planya bıçağı başında (top) belirli bir A noktasının bir saniyede katettiği uzaklıktır. Kesici başın bağlı olduğu milin bir dakikadaki dönüş sayısına devir sayısı adı da verilmektedir.

Çok düşük kesiş hızı ile kaliteli yüzey elde edilememektedir. Kesici başlığındaki bıçak sayısının artması kesiş hızını etkilememekte, ancak kesiş derinliğini etkilemektedir.

Kesiş hızı; kesici ağzın mil merkezinden uzaklığı ile dakikadaki dönme (devir) sayısına bağlıdır.

Bir kesici başlığın mil merkezinden en uzak noktasının (bıçak ucu) çizmiş olduğu daireye uçuş dairesi denilmektedir. Milin bir devir yapmasıyla kesici ağzın aldığı yol, uçuş dairesi çemberinin uzunluğu kadardır ($\pi.D$). Milin bir saniyede yaptığı devir sayısı, dakikadaki devir sayısının altmışta birine eşittir (Kurtoğlu, 2004b).

$$\frac{D.\pi.N}{60} \quad (2.1)$$

Ağaç malzeme işleme makinelerinde kesiş hızının üst sınırı bulunmaktadır. Yüksek kesiş hızlarında oldukça büyük bir savurma kuvveti ortaya çıkmakta ve makinelerdeki sallanmaları engellemek için makinelerin büyük ve stabil olarak üretilmesi ve zemine

tesbiti gerekmektedir. Orman ürünleri ve mobilya endüstrisinde kullanılan makinelerde devir sayısı genelde dakikada 3500 ile 22000 arasında değişmektedir.

Teknolojik gelişime bağlı olarak son yıllarda kesicilerin devir sayısı artırılmış bulunmaktadır.

Kesiş hızı, bir devirde alınan yolun, saniyedeki devir sayısı ile çarpılmasıyla bulunur ve dairesel kesiş yapan makinelerde, kesiş hızı (V) aşağıdaki formül ile bulunmaktadır..

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60 \cdot 1000} \text{ m/sn} \quad (2.2)$$

Formülde $D = 2 r$ = Kesicinin çapı (mm), n = dakikadaki devir sayısını göstermektedir (Kurtoğlu, 2004b; Refa, 1983).

Kesiş hızının bulunmasında kullanılan yukarıda belirtilen formülden devir sayısının (n) belirlenmesinde de yararlanılabilmektedir.

Ağaç malzemeyi işleyen makinelerde kesiş hızı makinenin yapacağı kesiş şekli ve kesici tiplerine göre değişmektedir.

Kazalardan korunmak açısından daire testereler ile normal çalışmalarda 60 metre/saniye kesiş hızı ile çalışılmalıdır. Uzun dişli RS ve grup dişli testerelerde 70m/sn veya daha yüksek hızlara çıkabilir. Sert ağaç odunlarında 50 metre/saniye; çok sert ağaç odunlarında ise 40 metre/saniye ile çalışılabilir. Şerit testerelerde ise kesiş hızı 15 m/sn' dir (Kurtoğlu, 2004b; Refa 1983).

Diğer kesicilerde ise kesiş hızı ortalama olarak 45 m/sn olarak kabul edilmektedir. 40 m/sn kesiş hızında dönüş (devir) sayısının dakikada 4500 deviri aşmaması gerekmektedir. Kesiş hızları planya bıçak başlıklarında 25-40 m/sn, freze bıçaklarında 30-100 m/sn' ye kadar çıkabilmektedir. Tornalama makinelerinde kesiş hızı ortalama 90 m/sn' dir. Matkaplarda kesiş hızı için bir sınırlama bulunmamaktadır (Kurtoğlu, 2004b; Refa, 1983).

Görüldüğü gibi 50-100 m/sn arasında kesiş hızları, farklı özellikteki ağaç malzemelerin işlenmesinde yoğun olarak kullanım bulmaktadır .

Kesiş hızı arttıkça kullanılan kesicilerin (bıçakların) bazı üstün teknik özellikleri taşınması gerekmektedir. Dökme demir veya bronzdan eklentileri olan bıçaklar ile civata ve somunlarla tutturulan komple bıçaklarda merkezkaç kuvvetinin yarattığı sakıncaları önlemek için kesiş hızı 40 m/sn' yi geçmemelidir. Çelikten yapılmış disk bıçaklarında ise kesicinin fırlamasını önleyecek eksiksiz emniyet kuralları uygulansa bile kesiş hızı 60 m/sn' yi geçmemelidir.

Düzgün kesiş yüzeyi elde etmek için 320 mm'ye kadar çapa sahip olan daire testerelerde 5000 devir/dak, daha büyük çaplı daire testerelerde ise 3500 devir/dak. en uygundur. Testereler bilindikçe çapları küçülür. Şayet bilenen bu testereyi aynı devir sayısı ile çalıştırsak kesiş hızı küçülecektir. Normal çalışma olabilmesi için küçük testereler daha büyük devir sayısı ile döndürülmelidir (Kurtoğlu, 2004b).

Ağaç türlerinin optimum kesiş hızı, ağaç türü odunlarının özgül ağırlığı ile bıçak türlerine göre de farklılıklar göstermektedir.

d. Besleme hızı: İtme hızı, işlenecek malzemenin makineye veya makinenin işlenecek malzemeye belirli zaman birimi içindeki itilme (beslenme) miktarını metre/dakika olarak ifade etmektedir.

Kaplama soyma makinelerinde olduğu gibi dönerek işlenen malzemelerin itilmesi m/dönüş sayısı olarak, kesici kısmı yukarı aşağı kalkıp inen katrak gibi makinelerde ise m/kalkış/iniş hareketi olarak tanımlanmaktadır.

İtme (besleme) hızı makinenin randımanının ve dolayısıyla işletmenin verimini doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle pratikte mümkün olduğunca yüksek itme hızı kullanılmaya eğilim gösterilmektedir. Ancak itme hızının üst sınırı sonsuz değildir. Çünkü yüksek itme hızında kesiş (bıçak) izleri uzun ve daha belirgin olmaktadır. İtme hızı özellikle dairesel kesiş yapan makinelerde yüzeyin kalitesi üzerinde oldukça büyük etki yapmaktadır (Kurtoğlu, 2004b).

İtme hızı; otomatik besleme ve itme donanımları olmayan makinelerde insan gücü ile sınırlıdır. Örneğin; el ile beslemeli profil frezeleri ve yüzey planya makinelerinde de üst sınır ortalama 10 m/dakikadır.

Kenarların hazırlanmasında kullanılan planya ve freze makinelerinde ise ortalama 20-25 m/dakika olmaktadır. Çok düşük itme hızında kaliteli kesiş işlemi engellenmektedir. Kesicinin uç kısmı, çizilmekte, körlenmekte ve böylece dayanma süresi de azalmaktadır.

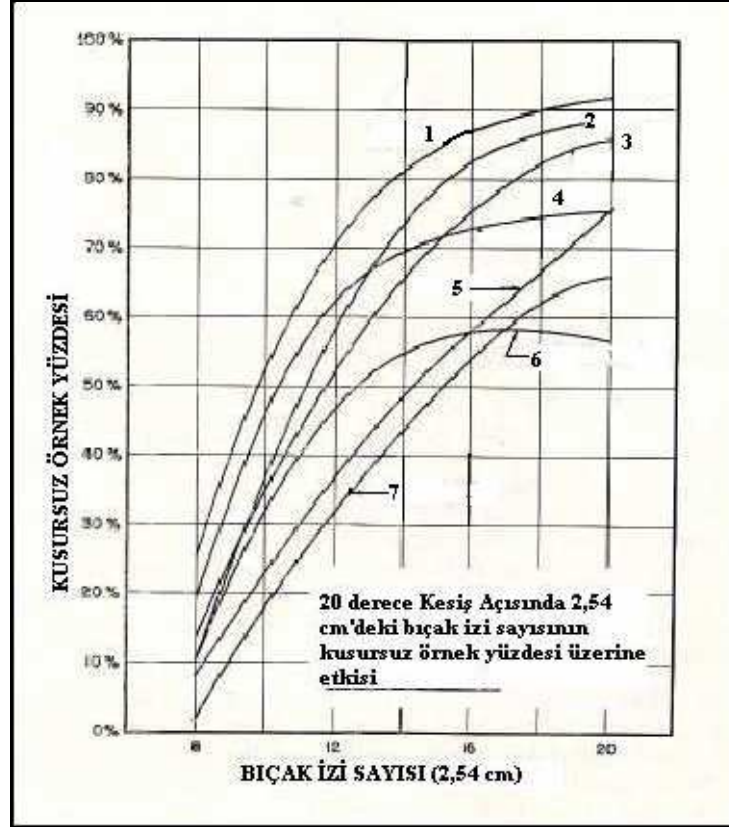
İtme hızı; bıçak sayısı(z), kesiş dairesi çapı (2r), dakikadaki dönüş (devir) sayısı (n) ve yüzey kalitesi kriterleri (bıçak izi derinliği = h) den hesaplanabilmektedir.

$$u = 2 \times z \times n \sqrt{h \times (2 \times r - h)^{-4}} \quad (2.3)$$

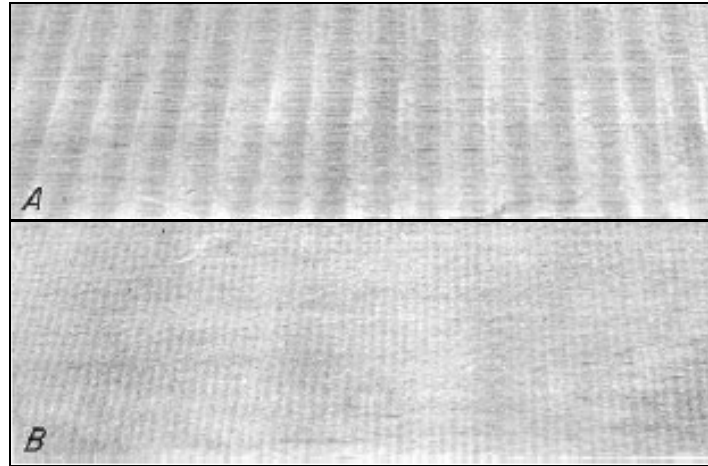
Günümüzde dört taraflı kenar işleme makineleri (profil, freze otomatları) nde hidrolik germe bıçak başlıkları ile itme hızı 220 m/dakikaya çıkabilmektedir. Kesişin oluşumunda belirttiğimiz etki hızı bıçakların ağaç malzeme içinde kesişi sağlayan ve etki hareketi ile cereyan eden hızdır. Pratikte büyük bir öneme sahip değildir. Çünkü kesiş ve itme hızının sonucunda ortaya çıkmaktadır (Kurtoğlu, 2004b).

e. Birim mesafedeki bıçak izi sayısı: Yüzeye verilen paralel ışıkla daha rahat görülebilen bıçak izleri sert ağaç malzemelerde yumuşak ağaç malzemelere göre daha rahat izlenebilmektedir.

Birim mesafedeki bıçak izi sayısının yüzey kalitesini belirlemede önemli etkiye sahip olduğu bilinmektedir. Cantin (1965)'e göre genellikle yüzey kalitesindeki en büyük artış birim mesafedeki (2,54 cm) bıçak izi sayısının 8'den 12'ye ve 12'den 16'ya çıkarılması ile meydana gelmektedir. Bu artış 2,54 cm'de 16 bıçak izi sayısından 20 bıçak izi sayısına çıkarılmasında ise oldukça küçüktür. Lihra ve Ganev (1999)'in araştırmasında en iyi yüzey kalitesi 2,54 cm'de 20 bıçak izin sayısında beklendiği halde 10 bıçak izi sayısında bulunmuştur. Yüzey kalitesi değişimi en fazla 2,54 cm'de 8 ile 12 bıçak izi sayısı arasında ortaya çıkmıştır.



Şekil 2.14: Birim mesafedeki bıçak izi sayısının kusursuz örnek yüzdesi üzerine etkisi (1.kırmızı meşe; 2. beyaz dişbudak; 3. kayın; 4. ıhlamur; 5. beyaz huş; 6. kavak; 7. şeker akçaağacı)(Cantin, 1965).



Şekil 2.15: Planyalamada birim mesafedeki farklı bıçak izi sayıları A- Kesişin bir bıçakla gerçekleştirilmesi durumunda B- Kesişin dört bıçakla gerçekleştirilmesi durumunda (Davis 1962).

2.1.3.3. *Hammadde Odunun Seçimi ve Özellikleri*

Hammadde odunun seçimi ve sahip oldukları özellikler yüzey işleme kalitesini önemli derecede etkilemektedir. Odunun yüzey işleme kalitesini etkilediği özellikleri aşağıda verilmektedir.

a. Odun rutubetinin işleme özellikleri üzerine etkisi: Rutubet değişimlerinde ağaç malzeme çalışmaktadır ve boyutlarında daralma ve genişleme ile değişim olmaktadır. Bu yüzeydeki yapıyı da etkilemektedir. Odunun rutubet miktarlarındaki küçük değişiklikler bile yüzey geometrisinin değişmesinde etkiye sahip bulunmaktadır ve buda sonuç olarak yüzey düzgünlüğünü, yüzeydeki pürüzlülüğü ve düzlüğü etkilemektedir (Jakub ve Martino 2005).

Odunun rutubeti yüzey işleme kalitesini etkilemektedir. Genellikle düşük odun rutubetinde, yüksek odun rutubetine göre daha iyi işleme ve yüzey kalitesi sağlanmaktadır.

Odun yüksek rutubet içerdiği zaman işlendiğinde genellikle, çok fazla kalkık liflilik, pürüzlü liflilik ve yongalı liflilik oluşmaktadır. Yonga izi, diğer rutubet miktarlarına göre % 20 ve daha fazla odun rutubetlerinde daha az meydana gelmektedir. Yapraklı ağaç odunlarında ise özgül ağırlığı fazla olanlar, rutubet artışı etkisinden daha az etkilenmektedir. Ortalama olarak odun % 6 odun rutubetinde % 12'ye göre % 25, % 20 odun rutubetine göre % 50'nin üstünde daha hatasız işlenmektedir (Davis, 1962; Kurtoğlu, 2004b).

b. Özgül ağırlığın işleme özellikleri üzerine etkisi: Yumuşak ve sert ağaçlarda en önemli karakteritiklerden biri özgül ağırlıktır. Ortalama yıllık halka genişliği ve birim mesafedeki yıllık halka sayısı yumuşak ağaçların kalitesinin belirlenmesinde bir gösterge olmaktadır ve mekanik ve işlenme özellikleri üzerinde önemli etkiye sebep olmaktadır (Lihra ve Ganev, 1999).

Odunun işlenme özellikleri özgül ağırlıkla değişmektedir. Kural olarak ağır odunlar düzgün yüzey vermekte ve hafif odunlara göre daha iyi işlenmektedir (Kurtoğlu, 2004b).

c. Büyüme hızı, yıllık halka genişliği ve yaz odunu katılım oranının işleme özellikleri üzerine etkisi: Büyüme özellikleri odunun enine kesitinde boyuna kesitine göre daha belirgindir. Büyüme hızının etkisi özgül ağırlıktan daha önemli bulunmaktadır. Dağınık traheli odunlar halkalı trahelilere göre bu faktörden daha az etkilenmektedirler (Kurtoğlu, 2004b).

Yıllık halka genişliğinin işlenme özelliklerine olan etkisi dağınık traheli sert ağaçlarda (Örneğin; akçaağaç ve huş) daha düşük bulunmaktadır (Lihra ve Ganev, 1999).

d. Odun kusurlarının işleme özellikleri üzerine etkisi: Ağaç malzemenin makineyle işlenme güçlüğüne artıran faktörlerden birisi de çapraz lifliliiktir. Hemen her kereste parçası az veya çok çapraz liflilik içermektedir. Çapraz lifliliğin az olduğu durumlarda pek önemli değildir. Fakat belirgin olması halinde gözönünde bulundurulması gerekmektedir (Kurtoğlu, 2004b).

Çapraz lifliliğin üç türü bulunmaktadır.

1. Diyagonal liflilik : Ağaç malzemenin bir eğri boyunca veya tomruğun kabuğa paralel değil eksene paralel olarak biçilmesi sonucu meydana gelebilir. Çapraz lifliliğin en az ekstrem tipidir. Az veya çok bütün kerestelerde bulunur.

2. Spiral liflilik : Liflerin gövde çevresinde düşey doğrultuda uzaması yerine spiral olarak yer almasından kaynaklanmaktadır. Diyagonal liflilikten daha belirgindir. Diyagonal liflilik ile aynı kerestelerde bulunabilir.

3. Grift (dolanık) liflilik : Birkaç sert ağaç türü odununda görülmektedir. Diğerlerinde ise ender olarak rastlanır. En önemli çapraz liflilik tipidir. Liflerin birbiri üzerine binmesinden kaynaklanmaktadır. Grift liflilik diğer çapraz liflilik türlerine göre odunun işlenmesinde daha büyük etkiye sahiptir. Grift lifli malzemenin işlenmesinde kesiciler malzemenin bazı kesimlerinde ister istemez liflere dik yönde dönerler ve çoğunlukla yongalı lifliliğe ve yonga izine sebep olurlar. Çekme odunu yapraklı ağaç türü odunlarında meydana gelmekte ve genellikle pürüzlü liflilikle birlikte bulunmaktadır (Kurtoğlu 2004b).

2.2. KESİŞ TEKNİĞİ

2.2.1 Ağaç Malzemede Kesiş Çeşitleri

Ağaç malzemenin kusursuz bir şekilde işlenebilmesi için odunun özellikle büyüme özelliklerinin göz önünde tutulması gerekmektedir. Ağaç malzemenin işlenmesinde çeşitli anatomik yönlerdeki direnç, elastikiyet, rutubet ile sertlik miktarlarındaki farklılıklar ile özgül ağırlık, birim mesafedeki yıllık halka sayısı, yaz odunu katılım oranı, çapraz liflilik gibi özelliklerin etkisi büyüktür (Kurtoğlu, 2004b).

Ağaç malzemenin farklı anatomik yönlerde işlenmesinde değişiklikler bulunmaktadır. Örneğin, liflere paralel yönde, liflere dik yöne göre % 40 daha kolay işlenme sağlanabilmektedir (Refa, 1983; Kurtoğlu, 2004b).

Ağaç malzemenin işlenmesinde esas itibarıyla talaşlı (planyalama, frezeleme, tornalama vb.), talaşsız (kaplama kesme vs.) kesiş şekilleri bulunmaktadır. Ayrıca son yıllarda lazer ışını, su ışını, diamant testere, kama ve kızgın tel ile kesiş gibi alternatif yöntemler de denenmektedir (Kurtoğlu, 2004b).

Ağaç malzemenin talaşlı işlenmesinde kesici ile malzeme arasında nisbi bir hareketi şarttır. Burada makine ve/veya malzeme hareket edebilir. Genelde kesicinin hareket üç yönde olmaktadır.

- 1 yönde doğrusal (şerit testere, bantlı zımpara)
- 2 yönde doğrusal (katrak ve odun unu makinesi)
- 1 yönde dairesel (planya, daire testere)

Ağaç malzemenin işlenmesi, kesiş yönüne göre farklı sayıda çeşitli gruplarda incelenmektedir.

Blankenstein (1962) ve Refa (1983)'e göre, lif yönlerine göre ağaç malzemenin işlenmesi beş gruba ayrılmaktadır.

a- Liflere Paralel Boyuna Yönde Kesiş: İşleme kolay, düzgün kesiş yüzeyi elde edilmektedir.

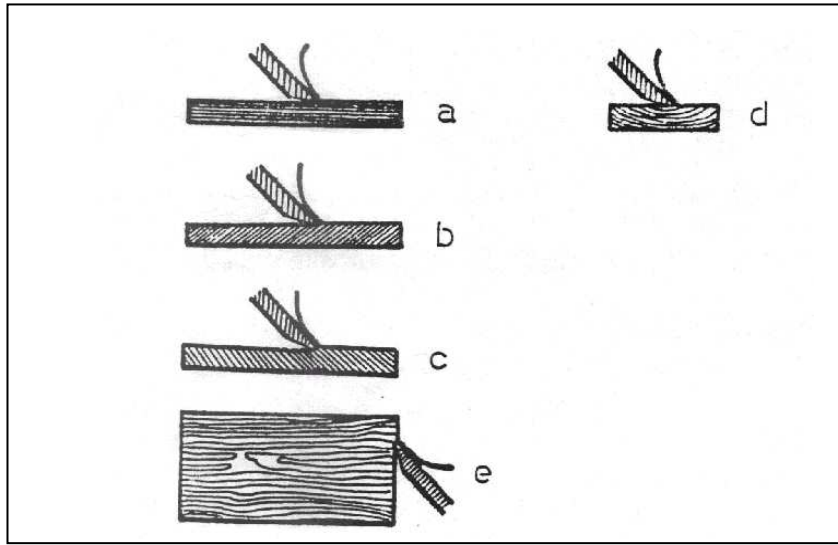
b- Liflerle Aynı Yukarı Yönde Kesiş: Kesiş yönü kesiş yüzeyi boyunca, fakat lifler kesiş hareketinin yönüne paralel olmayıp, aşağıdan yukarıya doğru ancak kesiş hareketi ile aynı yöndedir. İşleme kolay ve düzgün kesiş yüzeyi elde edilmektedir.

c- Liflere Karşı Aşağıya Kesiş: Kesiş yönü kesiş yüzeyi boyunca, yalnız lifler kesiş hareketinin yönünde olmayıp, yukarıdan aşağıya doğru ve kesiş hareketine karşı yöndedir. Kesiş direnci yüksek, malzemede yırtılma görülmektedir.

d- Enine Liflere Dik Yönde Kesiş: Kesiş yönü ile lifler aynı düzlemde, fakat lifler kesiş yönüne dik olup, işleme kolay, ancak pürüzlü yüzey oluşmaktadır.

e- Alın İşlemesi: Kesiş yönü enine kesitte liflere 90°'lik bir açı ile olmaktadır, işleme zordur (Kurtoğlu 2004b).

Aşağıdaki şekilde lif yönlerine göre ağaç malzemenin işlenmesi şematik olarak gösterilmektedir.



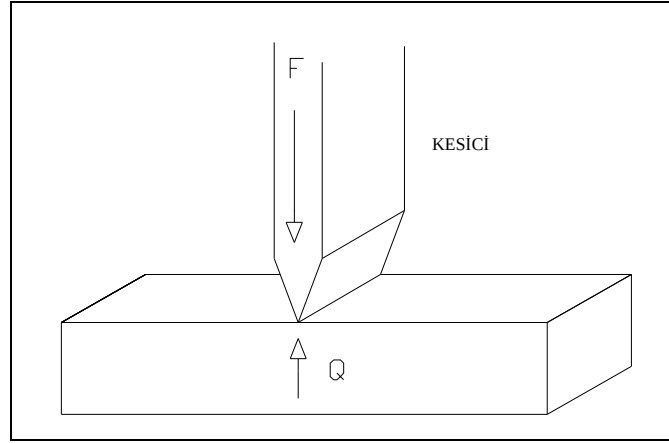
Şekil 2.16: Lif yönlerine göre ağaç malzemenin işlenmesi (a-Liflere paralel, b-Liflerle aynı yönde, c-Liflere karşı, d-Enine yönde, e-Alın işlemesi) (Blankenstein, 1969; Refa, 1983; Kurtoğlu, 2004b).

Kwımaa (1952)' ye göre ise ağaç malzemenin işlenmesinde üç esas kesiş yönü geçerlidir (Kurtoğlu, 2004b).

Ağaç malzemede kesme (biçme) ve işleme işlemlerinde kama şeklindeki bıçağın ağaç malzemeye nüfuz etmesi ve odun liflerinin yongalamaya zorlanması ile kesiş olayı meydana gelmektedir.

2.2.2 Kesişin Oluşumu

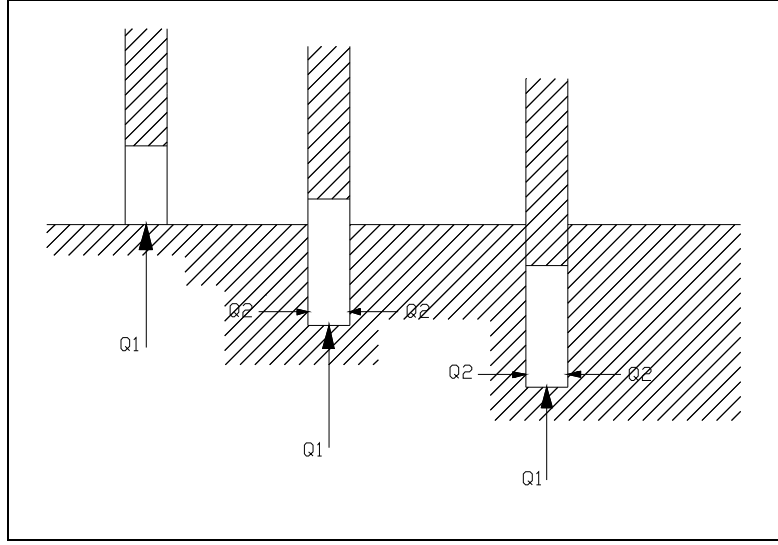
Ağaç malzemenin işlenmesinde kullanılan kesicilerin ağız yapısı kama etkisi ile kesiş işlemine uygun bulunmaktadır. Böylece herhangi bir malzemeye uygulanan kuvvetleri çok küçük bir yüzeyde toplamak suretiyle etki kuvvetini arttırmak amaçlanmaktadır. Bıçağın ağaç malzemenin içine doğru ilerleyebilmesi için, malzemenin direncini yenecek bir şekilde F etki kuvvetini arttırmak zorunlu olacaktır (Şekil 2.17) (Kurtoğlu, 2004b).



Şekil 2.17: : Kama ucunda malzemeye temas eden etki kuvveti (F) ile malzeme direnci (Q) ilişkisi.

Bu durumda uygulanacak olan malzemenin direncinden daha büyük herhangi bir etki kuvveti uygulaması kesicinin malzeme içine doğru ilerlemesini sağlayacaktır. Böylece etki kuvveti uygulamasından sonra kesici malzeme içine girecektir.

Ağaç malzemenin testere ile kesilmesi işleminde testere, kesiş işlemi sırasında malzeme içinde dar bir kanal açmaktadır. Çaprazsız bir testere ile kesim işlemi yapılacak ise iki ayrı dirençle karşılaşılacaktır (Şekil 2.18). Bunlardan biri, kanalın tabanında beliren ve malzemenin kesilmeye karşı koyan (Q_1) direncidir (Kurtoğlu, 2004b).



Şekil 2.18: Testereyi etkileyen dirençler (Anonim,1976; Kurtoğlu, 2004b).

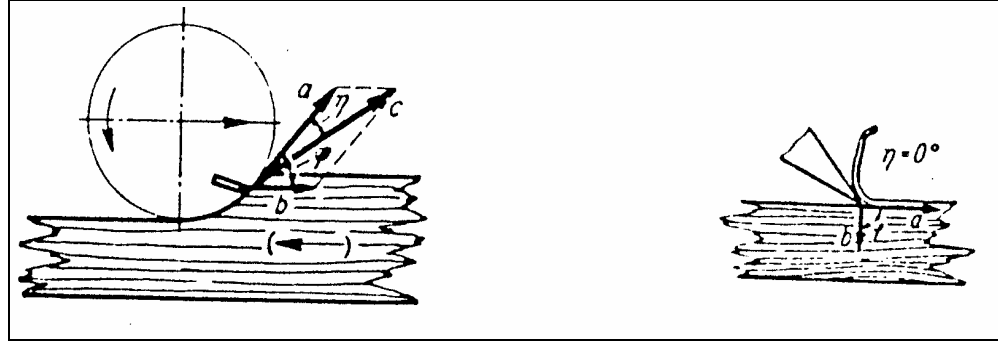
Bu direncin büyüklüğü kesilen malzemenin anatomik yapısına, sertliğine, rutubet derecesine bağlı olarak değişmektedir. Fakat belirli bir malzemenin kesilmesi süresince sabit kalmaktadır. Karşılaşılan ikinci direnç ise kesiş kanalının yan yüzeylerinin testere lamasını sıkıştırmasından oluşmaktadır (Q2). Kesiş işleminin gerçekleşebilmesi için testereye uygulanacak olan etki kuvvetinin bu iki direnç $F > Q1 + Q2$ ’ den daha büyük olması gerekmektedir.

Kesiş işleminin başında sıfır olan Q2 direnci, testere laması ilerleyip kertiğin yanal yüzeyleri arttıkça, gittikçe büyümekte ve bir süre sonra testere lamasını hareket edemez duruma getirebilmektedir. Gittikçe artan Q2 direncini aşmak için F kuvvetini de arttırmak gerekmektedir (İlhan ve ark 1990; Kurtoğlu, 2004b).

Verimli kesiş işlemi yapabilmek için darbe kuvvetini azaltmak ve daha az güç sarf etmek önemlidir. Bunun için de karşılaşılan dirençleri düşürmek zorunludur. Bunun için;

- a-Testere laması kalınlığının düşük olması,
- b-Uygun testere dişi tipi,
- c-Uygun çapraz verilmesi ve
- d-Bileme açısının küçültülmesi yararlı bulunmaktadır.

Daha önce de belirtildiği gibi ağaç malzemenin işlenmesinde doğrusal ve dairesel kesiş şekilleri bulunmaktadır (Şekil 2.19) (Kurtoğlu, 2004b).

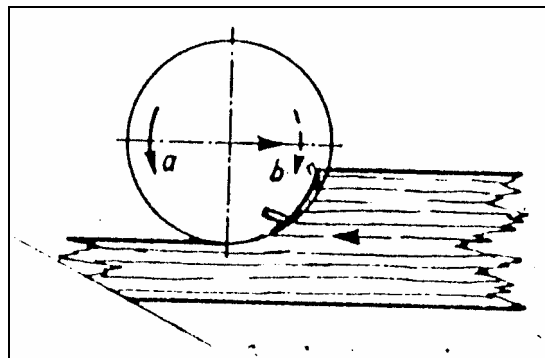


Şekil 2.19: Kesiş hareketleri (Anonim, 1976).

(Dairesel kesiş (karşı yönde kesen frezede) ve doğrusal kesiş (el rendesi $\eta = 0^\circ$))
 (a) Kesiş yönünde kesiş hareketi, b) İtme hareketi, c) Etki yönündeki etki hareketi $\varphi =$ İtme yönü açısı $\eta =$ etki yönü açısı.)

En basit kesiş türü doğrusal kesiştir. Bu tip kesişte bıçak doğrusal (el rendesi, el testeresi vb.) hareket etmektedir. Doğrusal kesişin en önemli türü el ile rendelemedir. Eğer kesiş ve etki hareketi aynı yönde ve itme yönü açısı $\varphi = 90^\circ$ ise bu durum söz konusudur. Bu durum, kesiş ve itme hareketi sırasında kesiş olmaktadır.

Eğer kesişte bıçaklar daireysel yol izliyorsa (freze, planya, daire testere, zincirli testere) daireysel yongalama (kesiş) cereyan etmektedir. Dairesel kesiş yapan makineler de aynı yönde ve karşı yongalama (kesiş) olarak iki tür kesiş ayırt edilmektedir (Şekil 2.20).



Şekil 2.20: Dairesel kesişte, dönme ve itme yönü arasındaki ilişki ve kesiş türleri a) Karşı yönde kesiş b) Aynı yönde kesiş (Anonim, 1976).

Aynı yönde kesişte düşük itme kuvveti gerekmemekte ve genellikle düzgün kesiş yüzeyi oluşmaktadır. Bıçağın dayanma süresi karşı yönde kesişe göre nispeten biraz daha büyük, kesiş kuvveti gereksinimi ise daha düşüktür. Bu kesiş türü mekanik ve otomatik

itme tertibatlı makinelerde yapılmaktadır. Çünkü bıçağın ağaç malzemeyi kendine çekme olasılığı bulunmamaktadır (Anonim, 1976, Kurtoğlu, 2004b).

Karşı yönde kesişte ise yüksek kesiş kuvveti gereksinimi bulunmakta ve genellikle bıçakla dayanma süresi kısa olmaktadır. Kesiş yüzeyi elverişsiz lif yönü (liflere karşı kesiş) nedeniyle düzgün değildir. İtme kuvveti yüksektir. Eğer malzeme emniyetsiz verilirse geriye tepme tehlikesi bulunmaktadır.

Doğrusal kesişte kesiş yönündeki kesiş hareketi, etki yönündeki etki hareketine eşittir. Doğrusal kesişte etki yönü açısı $\eta = 0$ olduğu için buna düzeltme hareketi de denilmektedir. Kesiş hareketi bıçağın kendi hareketi olup kesiş yönünde cereyan etmektedir.

Dairesel kesişte ise kesiş işlemi, makinenin kesicisinin hareketi vasıtasıyla (kalınlık, şerit testere) ya da malzemenin hareket ettirilmesi (tornalama) suretiyle yürütülmektedir (Anonim, 1976, Kurtoğlu, 2004b).

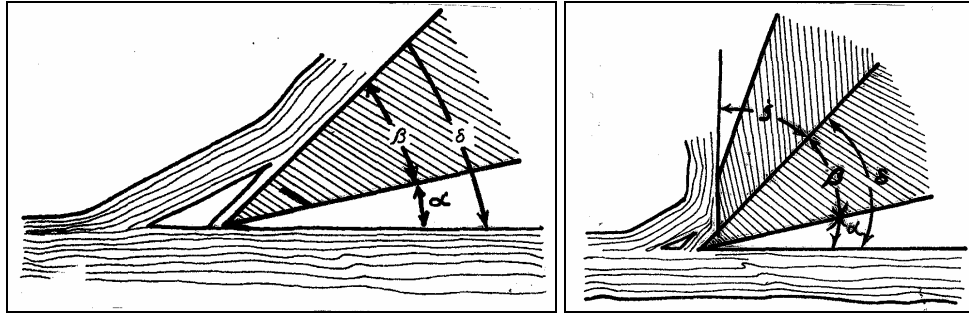
İtme hareketi, itme yönünde cereyan etmektedir. Bu, makine kesiciye karşı malzemenin hareketi (kalınlık, planya vb.) malzemenin hareketi veya malzemeye karşı makine kesicinin (torna makinesi) hareketi şeklindedir.

Ayarlama veya düzeltme hareketi itme hareketine dik yönde etki etmekte ve bunun yanında sürekli değil kademeli olarak cereyan etmektedir. Bunun için pratikte kesiş derinliği esas alınarak ayarlama yapılmaktadır. Düzeltme ya kesicilerin değiştirilmesi (torna kesicisinin değiştirilmesi) yada malzemenin (örneğin, kalınlık makinesi masasının ayarlanması) durumunun değiştirilmesi ile olmaktadır (Anonim, 1976; Kurtoğlu, 2004b).

Özellikle masif ağaç malzemenin kama etkisiyle kesilmesinde ibreli ağaç odunlarında liflerin yarılmaya karşı direnci az olup aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi “ön yarıma” yani kesicinin yarma etkisinin “daha önden gitmesi” ortaya çıkmaktadır.

Masif ağaç malzeme dışındaki ağaç malzemelerde birbiri ile bağlı lif seyri bulunmadığı için çok belirgin değildir.

Şekil 2.21’de görüldüğü gibi, yonga önce bıçak ağzı vasıtasıyla ayrılmakta daha sonra ise yonga malzeme yüzeyinden yukarı itilmekte, böylece kama etkisi ile deforme olmaktadır (Kurtoğlu, 2004b).



Şekil 2.21: Kesiş oluşumu

(1- Ön yarılma, 2-Yarılmanın sona ermesi ve yonga kırıcı, α = Serbest açısı, β = Bileme (kama açısı), δ = Kesiş açısı $\tilde{\delta}$ = Yanak (kapak) açısı) (Blankenstein, 1969; Refa, 1983; Kurtoğlu, 2004b)

Kama etkisi bununla birlikte bıçaktan önce yarılmayı hızlandırmaktadır. Bu nedenle bıçak ağzının çalışmasına gerek kalmamaktadır. Deformasyonun çok artması (maksimum eğilme gereksinmesinin aşılmasında) ile yonga kırılmakta ve bu olay tekrar tekrar; yonganın ayrılması, deformasyon, ön yarılma, kırılma, yonganın ayrılması sırasıyla yenilenmektedir (Kurtoğlu, 2004b).

Ön yarılma olayı, esas kesiş olayı devam ettikçe yukarıdaki sıra ile devam etmektedir. Bıçak sırtında yonganın kayması yarılma etkisini daha da artırmaktadır. Bundan dolayı kaymaya karşı bir direnç gerekmektedir. Bunun için de bıçak sırtına yonga kırıcı yanak konulmaktadır.

Ön yarılma, kesişte harcanan kuvveti azaltmakta, ancak yüzey pürüzlülüğünü ise artırmaktadır (Kurtoğlu, 2004b).

Ön yarıлма nedeniyle kesiş işleminde bıçakların dayanma süresi daha uzun bulunmaktadır. Çünkü; bıçaklar daha az kesiş işlemine katılmaktadır. Bunun yanında düşük kesiş ve itme kuvvetine gereksinim vardır. Yarılmada kesmeye nazaran daha az kuvvete ihtiyaç duyulmaktadır.

Yarılmanın olumsuz yönü ise pürüzlü bir kesiş yüzeyi oluşumudur. Çünkü; yarıлма lif yönünü takip etmektedir.

Bu sakıncanın mümkün olduğunca ortadan kaldırılabilmesi için aşağıdaki önlemler kullanılabilir (Kurtoğlu, 2004b).

1-Büyük kesiş açısı (δ); Böylece yonga hemen deforme olmaktadır. Fazla kuvvet tüketimi ve büyük kesiş açısı ile kesişin nedeni ön yarılmayı önlemek içindir.

2-Küçük kesiş açısı muhafaza edilerek yonga kırıcı ile aynı etki sağlanabilmektedir.

3-Bıçak yönünde baskı demiri ile basınç etkisi suretiyle örneğin; kaplama kesme ve soyma makinelerinde olduğu gibi aynı etki sağlanabilir.

4-Küçük yonga kalınlığı ile de önlenabilmektedir.

Çünkü yonga çabuk kırılmakta, dezavantajı ise fazla oranda (spesifik) kesiş kuvveti gerekmektedir.

5-Yüksek kesiş hızı kesicinin malzemeye nüfus kuvvetini büyötmektedir. Böylece ön yarıлма önlenabilmektedir.

Şekil 2.21’de gösterildiği gibi yonga, yonga kırıcıdaki yanak açısı ($\check{S}$) vasıtası ile kırılmakta ve böylece yüzey daha pürüzsüz olmaktadır. Yongaların bükölme ve yarılması, kitlelerini kabartmakta ve kıvrık formları nedeniyle büyük hacimli yonga oluşturmaktadır. Bu da gevşeme (kabarma) faktörü (r) ile ifade edilmektedir.

$$\text{Gevşeme faktörü } (r) = \frac{\text{Yonga hacmi}}{\text{Yongalanmış ağaç malzeme hacmi}} \quad (2.4)$$

formölü ile hesaplanmaktadır (Kurtoğlu, 2004b).

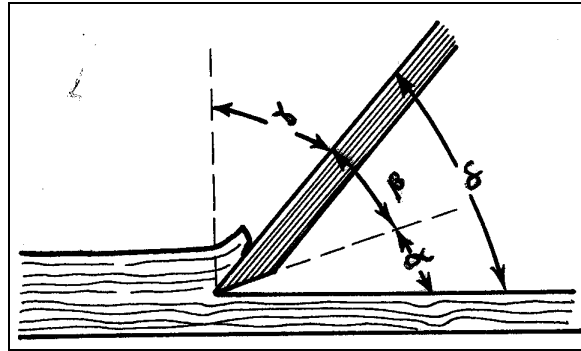
Gevşeme (kabarma) faktörünün alt ve üst sınırı 1,2 ile 10 arasında değişmektedir. Kabarma faktörü; ağaç türüne, odunun rutubet miktarına, lif yönüne, işleme türüne, kesiş açısına (δ) ve yanak açısına bağlı bulunmaktadır (Kurtoğlu, 2004b).

Kesişten önce yonga hacminin hesaplanmasında kabarma faktörünün büyüklüğü mutlaka göz önünde tutulmalıdır. Kabarma faktörü en az olarak liflere dik yönde yapraklı ağaç odunlarının daire testere ile kesilmesinde, en yüksek olarak ise frezeleme ve planyalama da yumuşak odun türlerinde olmaktadır.

Ağaç malzemenin işlenmesinde yetersiz boyutta yonga boşluğu ise yongaların sıkışmasına sebebiyet vermekte ve böylece bıçağın ısınmasına ve bıçağın erkenden körlenmesine de neden olmaktadır. Ayrıca el itmeli rendeleme makinelerin de geriye fırlayarak kazalara da neden olabilmektedir (Kurtoğlu, 2004b).

2.2.3 Bıçak Geometrisi

Kesişin oluşumunu sağlayan kesici bıçak açılarının açıklanmasında yarar bulunmaktadır (Kurtoğlu, 2004b). Aşağıda Şekil 2.22’de rende bıçağındaki çeşitli açılar gösterilmektedir.



Şekil 2.22: Ağaç malzemenin işlenmesindeki bıçak açıları (Refa, 1983; Kurtoğlu, 2004b; Bozkurt ve Erdin 1989).

α = Serbest açı (sırt açısı)
 $\delta = (\alpha + \beta)$ kesiş (duruş) açısı
 Kesme açısı (DIN)

β = Bileme (kama) açısı
 γ = Göğüs (yonga talaş) açısı
 Göğüs (kesiş) açısı (ASTM)

ASTM’ye göre kesiş açısı DIN’a göre göğüs (yonga-talaş) açısı ile ifade edilmektedir. Çeşitli standartlarda kesici açıları farklı olarak isimlendirilebilmektedir. Bu çalışmada denemeler ASTM D-1666’ya göre gerçekleştirildiğinden kesiş açısı olarak Refa’ya göre

göğüs- talaş açısı kullanılmıştır. Refa'ya göre kesiş açısı serbest (sırt) açısı ile bileme (kama) açısının toplamına eşittir. ASTM'de ise bu toplamı 90° 'ye tamamlayan açı kesiş açısı olarak ifade edilmektedir. ASTM'ye göre γ (göğüs (kesiş) açısı) kesiciye bileme yönünün tersi yönünden açı verilerek düşürülebilmektedir (Şekil 2.12 ve Şekil 3.21). Örneğin γ (ASTM'ye göre kesiş açısı) 30° ise kesiciye tersten 5° 'lik açı verilerek bileme gerçekleştirildiğinde γ açısı 25° olacaktır.

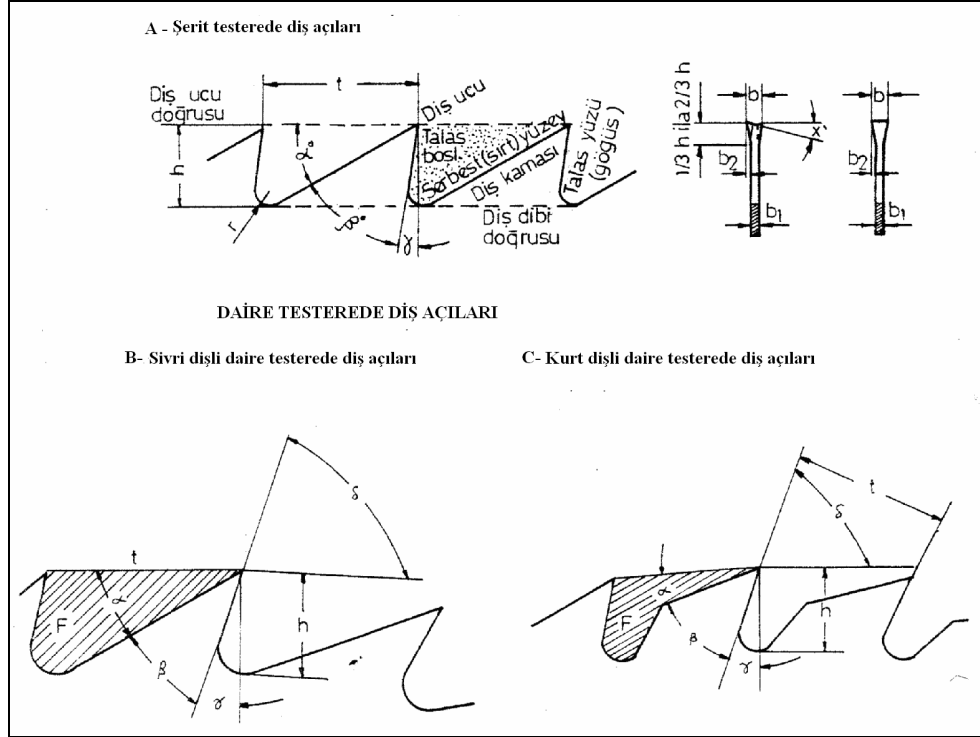
Genelde bileme (kama) ve kesiş (kesme) açıları yumuşak odunlarda sert odunlara göre daha küçüktür. Serbest açı (α), bileme açısı (β) ve göğüs açısı (γ)'nın toplamı doksan derecedir. Göğüs açısı bazen raspalarda görüldüğü gibi negatif olabilmektedir (Kurtoğlu, 2004b).

Genellikle bileme açısı için aşağıdaki değerler geçerlidir (Refa 1983; Kurtoğlu 2004b);

Daire testerelerde

Yumuşak odun, boyuna yönde:	: $35^\circ - 38^\circ$
Sert odun ve enine kesit	: $40^\circ - 50^\circ$
Tabakalı ağaç ve sentetik malzemeler	: $55^\circ - 70^\circ$
Ağaç kaplama levha bıçaklarında	: $19^\circ - 22^\circ$
Ağaç kaplama levha makaslarında	: $20^\circ - 28^\circ$, genellikle 22° ,
Planya ve freze bıçaklarında	: $35^\circ - 43^\circ$, genellikle $38^\circ - 40^\circ$

Bileme açısının küçük olması kuvvet tüketimini azaltmaktadır. Çok küçük bileme açısında ise bıçaklar çabuk körlenmektedir (Kurtoğlu, 2004b). Ağaç malzemenin işlenmesinde bıçak ve testere açıları ve kesişte etkileri aşağıdaki gibi açıklanabilir.



Şekil 2.23: Şerit ve daire testerelerde diş açıları.(Refa, 1983, Kurtoğlu 2004b)

(α : Serbest sırt açısı, β : Kama (Bileme) ve (Diş ucu) açısı, γ : Talaş (Göğüs) açısı, δ : Duruş (Kesiş) açısı, h :Diş yüksekliği, t : Diş aralığı (adım-Diş ucu açıklığı-Hatve), F : Diş boşluğu alanı, b : Çapraz veya kesme genişliği (teorik), b_1 : Testere kalınlığı, b_2 : Çapraz, r : Diş dişi yarıçapı, x° : Çapraz açısı)

Serbest açı (α): Serbest açı (α) büyüdükçe, kama (bileme) açısı daralacağından diş ucu çabuk kornelemektedir. Küçüldükçe ise dişin dayanıklılığı artmaktadır. Özellikle sert ağaç odunlarının kesiminde bu açının küçük olması gerekmektedir (Kurtoğlu, 2004b).

Kama açısı (Bileme açısı) (β): Kama açısı dişin şeklini belirleyen açıdır. Dişin sağlamlığı bu açığa göre değişir. Bu açı büyüdükçe sağlamlık artmaktadır. Yumuşak odunlarda sert odunlara göre daha küçük bulunmaktadır.

Talaş (Göğüs) Açısı (γ): Talaş açısı diş ucundan merkeze uzatılan eksen ile diş önü arasında kalan açıdır. Bu açı büyüdükçe dişin dalıcılığı artmaktadır (Kurtoğlu 2004b).

Dişin yüksekliği (Diş derinliği) (h): Diş derinliği arttıkça dişler büyümekte ve buna bağlı olarak ta kesiş derinliği ve ilerleme hızı artmaktadır. Özellikle yumuşak ve rutubetli ağaç malzeme için büyük diş derinliği tercih edilmelidir.

Diş Aralığı-Diş Ucu Açıklığı-Hatve-Adım (t) :Diş aralığı yan yana duran iki diş ucu arasındaki uzaklıktır. Bu açıklık arttıkça çevre ile orantılı olarak diş sayısı azalmaktadır. Bu nedenle körlenme çabuklaşmakta, ilerleme hızı düşmektedir. Buna karşılık dişler arasındaki boşluk artacağından talaşlar kolay boşalmaktadır (Kurtoğlu, 2004b).

Kural olarak yumuşak ağaç türü odunları için diş boşluğu büyük ve az dişli, sert ağaç odunları için ise diş boşluğu küçük ve sık dişli şerit veya daire testereler kullanılmalıdır.

Kesiş işleminde diğer bir açı ise talaş (göğüs) açısı (γ) olup, bu açının değeri ağaç malzemenin cinsine, rutubetine, çapraz ve ezme miktarına, diş şekline ve kesişin tipine (enine, boyuna, alın kesişi) bağlı olarak değişmektedir.

Ana kural olarak; yumuşak ağaç malzemedede büyük göğüs açısı; küçük bileme açısı (β), sert ağaç malzemedede ise odunlarda ise küçük göğüs açısı ve büyük bileme açısı gereklidir (Kurtoğlu, 2004b).

Ezme dişlerde göğüs (talaş) açısı (γ) yumuşak ağaç odunlarında 24° , sert ağaç odunlarında 20° olmalıdır.

Genişliği 10-60 (mm) arasında olan şerit testerelerde yumuşak ağaç odunları için 12° - 15° , sert ağaç odunları için ise 6° - 8° seçilmesi yararlıdır.

2.2.4 Yüzey Kesiş Kalitesi Belirleme Kriterleri

Ağaç malzemenin işlenmesinde yüzey kesiş kalitesi değişik kriterlere göre belirlenmektedir. Pratikte belirleme kriteri olarak bıçak izi boyu, en basit ve en yeterli ölçü olarak kabul edilmektedir.

Yüzey kesiş kalitesini etkileyen en önemli faktörler; kesişe katılan bıçak sayısı, malzemenin makineye verilme (besleme) hızı ve aletin dakikadaki dönüş (devir) sayısına bağlı olarak değişen bıçak izi boyu veya birim mesafedeki bıçak izi sayısıdır (Kurtoğlu, 2004b).

Bıçak izi boyu (e) aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

$$e = \frac{u.1000}{n.ns} mm \quad (2.5)$$

Formülde;

u = Malzemeyi makineye itme hızını (metre/dakika),

n = Kesicinin dakikadaki devir sayısını (dev/dk.),

ns = Kesişe katılan bıçak sayısını ifade etmektedir (Kurtoğlu 2004b).

Bıçak izi boyu veya birim mesafedeki bıçak izi sayısı makinenin dakikadaki dönme (devir) sayısı sabit tutulup, malzemeyi makineye itme hızı değiştirilerek ayarlanabileceği gibi, itme hızı sabit tutulup, makinenin dakikadaki devir sayısı değiştirilerek de ayarlanabilmektedir (Kurtoğlu, 2004b).

Çeşitli araştırmalara göre genellikle bıçak izi boyunun azaltılması ile yüzey işleme kalitesi düzeltilmektedir (Cantin, 1965).

Planyalanmış bir yüzeyde bıçak izi boyunun 1 mm ve daha küçük olması iyi bir planyalanmayı ifade etmektedir. ÖNORM B. 3020'ye göre ise kereste üretiminde en fazla 3 mm mesafeye 1 bıçak vuruşunun isabet etmesi uygun görülmektedir (VÖH, 1977).

Aşağıdaki Tablo 2.19'da bıçak izi boyunun (e) =1 mm olması için makinenin kesici başlığının dakikadaki devir sayısı, malzemenin itme (besleme) hızı ve kesiş başlığındaki bıçak sayısı arasındaki ilişki gösterilmektedir.

Tablo 2.19: Bıçak izi boyunun (e)=1 mm olması için makinenin kesici başlığının dakikadaki devir sayısı, malzemeyi itme hızı ve kesiş başlığındaki kesişe katılan bıçak sayısı arasındaki ilişki (Refa, 1983; Kurtoğlu, 2004b).

İtme	Kesiş Başlığındaki Bıçak sayısı						
Hızı	2	4	5	6	7	8	9
m/dak	Devir Sayısı Devir/dak						
5	2500	1200	1000	835	713	625	550
6	3000	1500	1200	1000	857	750	668
8	4000	2000	1600	1335	1143	1000	888
10	5000	2500	2000	1664	1425	1250	1113
12	6000	3000	2400	2000	1715	1500	1333
15	7500	3750	3000	2500	2140	1875	1665
20	10000	5000	4000	3330	2860	2500	2200
25	12500	6250	5000	4170	3570	3125	2760
30	16000	7500	6000	5000	4280	3750	3330
35	17500	8750	7000	5960	5000	4375	3880
40	20000	10000	8000	6680	5700	5000	4450
45	22500	11250	9000	7500	6430	5635	5000
50	25000	12500	10000	8350	7140	6250	5330

Bir ahşap işleme makinesinde dakikadaki devir sayısının değiştirilmemesi halinde ilerleme hızı artırılırsa talaş boyunun ve dolayısıyla içbükey girintilerinin daha belirgin olarak büyüdüğü görülecektir (Kurtoğlu, 2004b).

Kesilen bir ağaç malzeme yüzeyinin düzgünlüğü sadece kesiş hızına bağlı değildir. Yüzeyin kesiş kalitesini bıçaktaki kesici ağız (bıçak) sayısı ile ilerleme hızı da etkilemektedir.

Buna göre; her kesicinin bir devri (dönüşü) ne isabet eden ilerleme hızı işlenen yüzeyde arzu edilen kesiş kalitesine göre ayarlanmalıdır. Bıçağın her devirinde meydana gelen ilerleme hızı, işlenen malzemenin dakikadaki ilerleme hızının dakikadaki devir sayısına bölümüne eşittir (Kurtoğlu, 2004b).

Her dönüş için bir mm'nin altındaki bıçak izi boyu (adımı) nu oluşturan ilerleme hızı çok kaliteli bir yüzey vermektedir (Kurtoğlu, 2004b).

Aynı devir ve ilerleme hızındaki bir kesme işleminde kesici ağız sayısı 2-4-6 olarak çoğaltılırsa ağaç malzeme yüzeyinde meydana gelen içbükey izlerin boyu görünmeyecek kadar küçülür.

Örneğin : 6000 dev./dak., 4 ağızlı bir planya bıçağı ile 6 m/dak. ilerleme hızında

$$\text{Bıçak izi boyu (e)} = \frac{6000}{6000.4} = 0,25\text{mm} \text{ olmaktadır.}$$

Normal bir kesiş işleminde ağaç malzemenin ilerleme hızı, bıçak sayısı ve devir sayısına göre ayarlanmalıdır. Bıçak sayısı ve devir sayısı değişmeksizin normalin üzerinde bir ilerleme hızı ile malzeme itilirse devir düşer, motor zorlanır ve kesim güçleşir (Kurtoğlu, 2004b).

Buna karşılık yüksek kesiş hızı ve düşük ilerleme hızı ile yapılan kesiş işlemlerinde her bir bıçak ağaç malzeme yüzeyinde istenilen kesme derinliğine uygun boyutta talaş kaldırılmadan malzeme yüzeyi üzerinden kayar. Bir malzemenin, kesici önünde bir süre bekletilmesi ile meydana gelen parlak ve yanık yüzeyler bu olayın sonucudur. Isınma ve sürtünme kesici bıçak ağzının yanmasına ve çabuk körlenmesine sebep olur. Otomatik iticilerle yapılan kesiş işlemlerinde malzemenin özelliğine göre itme hızı, devir sayısına en uygun duruma getirilmelidir (Kurtoğlu, 2004b).

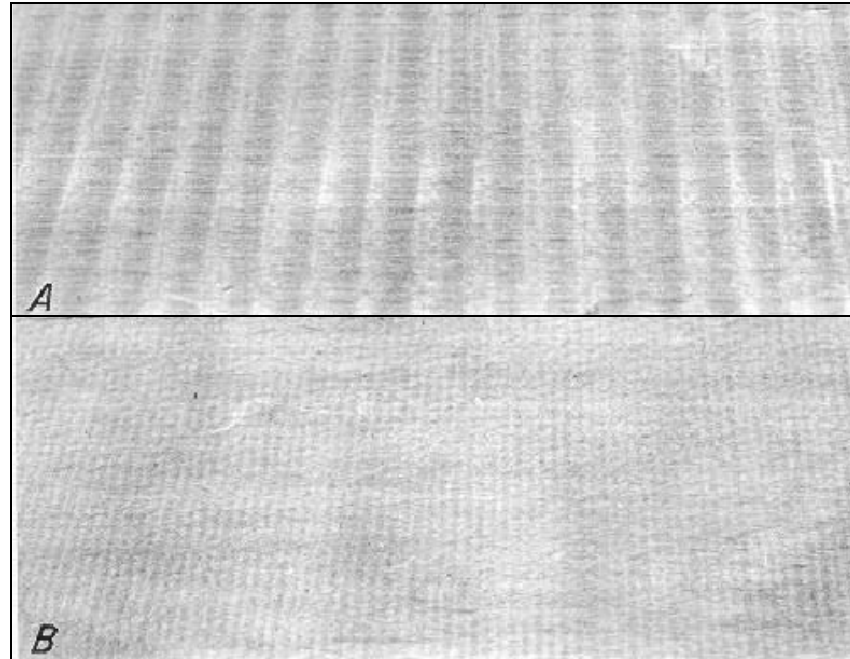
El ile çalışmada ağaç malzemenin kolayca kesilmesi için ilerleme hızı pratik yoldan bulunur. Bu konuda fikir vermek üzere aşağıdaki Tablo 2.20’de çeşitli ağaç işleme makinelerinin uygulamada alışılmış kesiş hızları ile ilerleme hızları gösterilmektedir.

Tablo 2.20: Çeşitli ağaç işleme makinelerinde kesiş hızı ile itme hızı arasındaki ilişki (Kursoğlu, 2004b).

Makine Adı	Kesış Hızı (m/sn)	İtme Hızı (m/dk)
Planya Makinesi	25-30	Elle Besleme
Kalınlık Makinesi	25-50	5-55
Parke Makinesi	30-60	10-75
Otomatik Daire Testere	40-70	5-45
Şerit Testere	20-30	Elle besleme
Yatay Freze	30-100	7-20
Dikey Freze	8-30	Elle besleme
Zıvana Açma Makinesi	4-18	Elle besleme
Dikey ve Yatay Matkap	15	Elle besleme
Torna Makinesi	8-25	Elle besleme
El Zımpara Makinesi	10-25	Elle besleme
Diskli Zımpara	10-15	4-10
Silindirli Zımpara	20-25	4-10

Yüzey işleme kalitesinde dikkat edilecek diğer bir hususta esas itibari ile bütün bıçakların aynı derecede kesişe katılmasının sağlanabilmesidir. Bu husus uygulamada ancak nadiren gerçekleştirilebilmektedir.

Aşağıdaki Şekil 2.24’de kesiş başlığındaki bütün bıçakların kesişe katılmaması (A) veya katılması halinde (B) bıçak izlerinin durumu gösterilmektedir.



Şekil 2.24: A- Planya topundaki bıçakları tesviye etmeden oluşan bıçak izleri, B- Tesviye edildikten sonraki bıçak izleri (Davis, 1962; Kurtoğlu, 2004b).

Yüzey kesiş kalitesinin belirlenmesinde bıçak izinin derinliği de aynı şekilde kriter olarak kabul edilmektedir. Kaliteli yüzeylerde bıçak izi derinlikleri yüzey işlemleri iş safhasında, macun ile doldurulabilmektedir (Kurtoğlu, 2004b).

Bıçak izi derinliği;

$$h = r \cdot \frac{1}{2} \sqrt{4 \cdot r^2 - e^2} \quad (2.6)$$

formülü ile hesaplanmaktadır.

h = Bıçak izi derinliği (mm)

r = Kesiş dairesi yarıçapı (mm)

e = Kesiş izi boyu (mm)

Yüzey kalitesinde ölçü olarak bıçak izi uzunluğu (e) yanında bıçak izi derinliği (h) de verilebilmektedir.

Örneğin; Ettelt (1987)'ye göre;

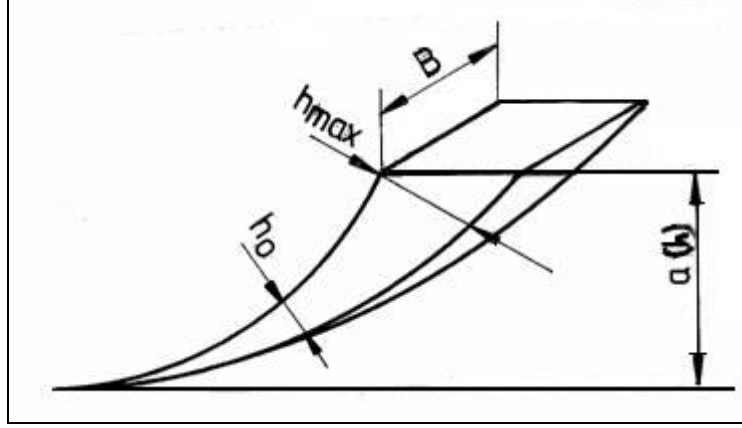
Yüksek kaliteli yüzey : $0.03 \mu\text{m} < h < 0.3 \mu\text{m}$

Orta kaliteli yüzey : $0.3 \mu\text{m} < h < 1.2 \mu\text{m}$

Düşük kaliteli yüzey : $1.2 \mu\text{m} < h < 10 \mu\text{m}$

Eğer yüzey kesiş kalitesinin belirlenmesinde kriter olarak ortalama yonga (talaş) kalınlığı kullanılır ise malzemenin itme hızına bağlı olarak kalınlığı değişen yonga (talaş) dan hareket edilmektedir. Yonga kalınlığı teorik olarak geometrik oranlardan ortaya çıkmaktadır (Kurtoğlu, 2004b).

Yongalar aynı çizgide doğrusal kesişte (düz diskli yongalayıcı) az veya çok kare kesitli; dairesel kesişte ise; aşağıdaki Şekil 2.25'de görüldüğü gibi forma sahiptir. Bu şekilden aynı zamanda yonga kalınlıklarının hesaplanmasında da yararlanılabilmektedir.



Şekil 2.25: Dairesel yongalamada yonga formu (B = Yonga genişliği, h_{max} = Maksimum yonga kalınlığı h_o = Ortalama yonga kalınlığı, h (a) = Kesiş derinliği (bıçak izi derinliği)) (Refa, 1983; Kurtoğlu, 2004b).

Ortalama yonga (talaş) kalınlığı (h_o); bıçak izi boyu (e), kesiş derinliği (h) ve kesiş dairesi çapı (D=2r)'den etkilenmektedir. Ortalama talaş (yonga) kalınlığı (h_o) aşağıdaki formülden hesaplanmaktadır (Refa, 1983, Kurtoğlu, 2004b).

$$h_o = \frac{h}{n.ns} \cdot \frac{u}{d} (mm) \quad (2.7)$$

$$h_o = \frac{u}{n.ns} \cdot \frac{h}{2r} (mm)$$

Formülde;

h_o = Ortalama yonga kalınlığı (mm),

u = Malzemeyi itme hızı m/dakika,

ns = Kesişe katılan bıçak sayısını,

n = Kesicinin dakikadaki devir sayısı,

D (2r) = Kesiş dairesi çapı (mm),

a = h = kesiş derinliği (mm)'ni ifade etmektedir (Kurtoğlu, 2004b).

Talaş (yonga) kalınlığı; önyarılma derecesini ve böylece bıçağın körlenme hızını, kesiş için gerekli kuvveti ve kesiş yüzeyinin düzgünlüğünü etkilemektedir.

Yonga (talaş) kalınlığının artması ile yüzey pürüzlülüğü artmakta, azalması ile yüzeyin kalitesi iyileşmekte bununla beraber bıçakların körlenmesi ise hızlanmaktadır.

En uygun ortalama talaş kalınlığı 0.4 mm olup, 0.5 mm’de ağaç malzeme yarıma eğilimi göstermekte, 0.3 mm’de ise bıçaklar çabuk kirlenmektedir (Refa, 1983)

Pratikte ortalama yonga (talaş) kalınlığı; yüzey kesiş kalitesinin belirlenmesinden daha çok, kesiş için gerekli kuvvetin belirlenmesi için kullanılmaktadır. Çünkü kesiş kuvveti üzerine daha fazla etkiye sahip bulunmaktadır (Kurtoğlu, 2004b).

Ağaç malzemenin işlenmesinde, işlenen yüzeylerde çizgiler, biçmede çizik ve lif deformasyonu, rendeleme ve profillemenden kaynaklanan bıçak izleri veya değişik işleme tiplerinde görülebilen diğer kabalık, liflenme, renklenme ve tüylenme gibi farklı yüzey bozukluklarına zaman zaman rastlamak mümkündür (İlhan ve ark., 1990).

Yüzey perdahı, yüzey bozukluklarının maksimum yüksekliklerinin aritmetik ortalamasını ölçerek tespit edilir ve elde edilen perdah sınıfını belirler. Bu yüksekliklere bağlı olarak perdah sınıfları Tablo 2.21’deki gibi düzenlenebilmektedir.

Tablo 2.21: Yüzey perdah sınıfları (İlhan ve ark., 1990)

Perdah sınıfı	Hmax (mikron)	Perdah sınıfı	Hmax (mikron)
1	1600-1250	6	200-100
2	1250-800	7	100-60
3	800-500	8	60-30
4	500-315	9	30-16
5	315-200	10	16 mikron altı

2.3. AĞAÇ MALZEMENİN İŞLENMESİNDE ORTAYA ÇIKAN HATALAR

2.3.1. Masıf Ağaç Malzemenin İşlenmesinde Ortaya Çıkan Hatalar

2.3.1.1. Kalkık Liflilik

Yıllık halkaların bir kısmında genel yüzeyden daha fazla bir yükselme meydana gelmektedir. Fakat yırtılma ve kopma olmamaktadır. Ağaç malzeme planya veya kalınlık makinelerinde işlenirken, çekme silindirleri tarafından önemli ölçüde basınç altında bırakılmaktadır. Yumuşak olan ilkbahar odunu kısımları yaz odununa göre fazla

oranda sıkışmakta fakat basınç kalktığında genişlemektedir. Bu genişleme genellikle yoğun yaz odunu yüzeyi seviyesinin altında kalmaktadır (Kurtoğlu, 1981; Kurtoğlu, 2004b).

Kalkık lifliliğe neden olan faktörler arasında; bıçakların kör olması, bıçak başlığına çok sayıda bıçağın yerleştirilerek ancak tesviyelerinin iyi yapılmaması ve odunun rutubet oranının yüksek olması bulunmaktadır.

Çok ekstrem olmadıkça zımparalama işlemi ile giderilebilmektedir. Genellikle kalkık lifliliğe engel olabilmek için odunun rutubet miktarının % 6 ve % 12 arasında olması, % 20'nin üstündeki odun rutubetlerinde ağaç malzemenin işleme faaliyetlerinden kaçınılması, bıçakların sık aralıklarla bilenmesi ve bıçak başlığına birden fazla bıçak yerleştirilmesi halinde yerleştirme ve tesviye işlemine özen gösterilmesi gerekmektedir (Kurtoğlu, 1981; Kurtoğlu, 1996; Kurtoğlu, 2004b,).

Şekil 2.26'da ağaç malzemenin işlenmesinde ortaya çıkabilecek olan farklı derecelerdeki kalkık liflilik kusuru görülmektedir.



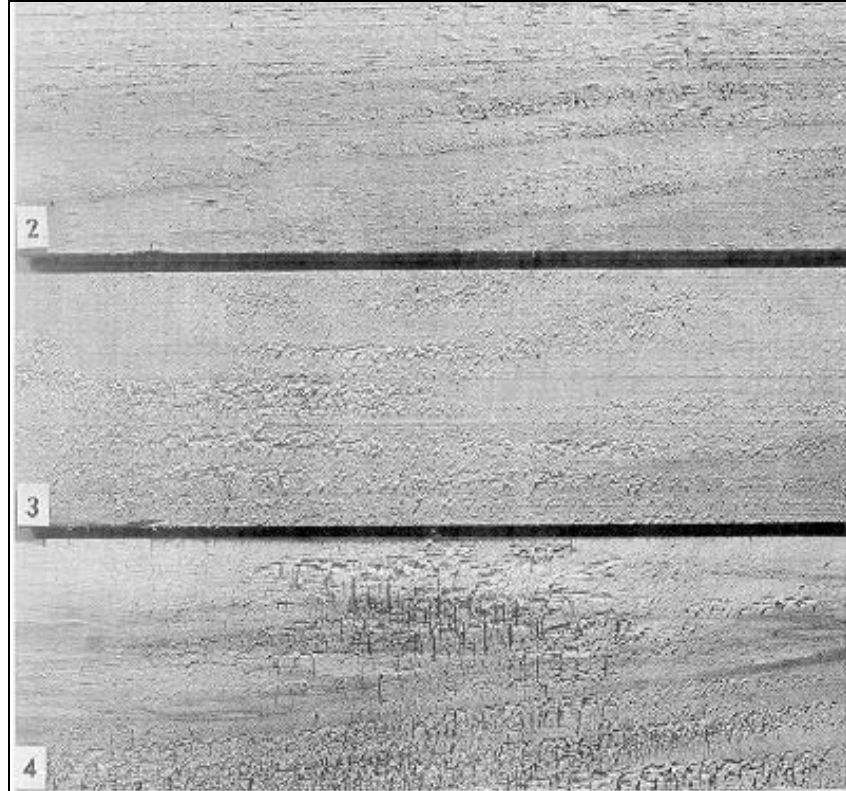
Şekil 2.26: Amerikan karaağacı (*Ulmus americana*) odununda planyalamada farklı derecelerde kalkık liflilik kusuru (Davis, 1962).

Kalkık liflilik, ibreli ağaç odunlarından özellikle göknar, ladin ve çam türlerinde oldukça sık görülmekte, buna karşılık yapraklı ağaç odunlarında strüktüre bağlı olarak seyrek rastlanmaktadır.

Odunun rutubeti yükseldikçe meşe, karaağaç, kavak ve ıhlamur odunları, kalkık lifliliğe oldukça fazla meyletmekte, dişbudak, huş ve akçaağaç odunlarında ise daha az karşılaşılmaktadır (Kurtoğlu, 1996; Kurtoğlu, 2004b).

2.3.1.2.. Pürüzlü Liflilik

İşlenen ağaç malzemedeki reaksiyon odununun (çekme-basınç) bulunması halinde geniş ölçüde pürüzlü liflilik oluşmaktadır. Kesiş esnasında kesici bıçakların liflerle değişik açılar altında kesiş işlemini gerçekleştirmesi veya kör bıçakların kullanılması nedeniyle ortaya çıkmaktadır (Kurtoğlu, 1981; Kurtoğlu, 1996; Kurtoğlu, 2004b) (Şekil 2.27).



Şekil 2.27: Söğüt (*Salix spp*) odununda çeşitli derecelerde pürüzlü liflilik kusuru (Davis, 1962).

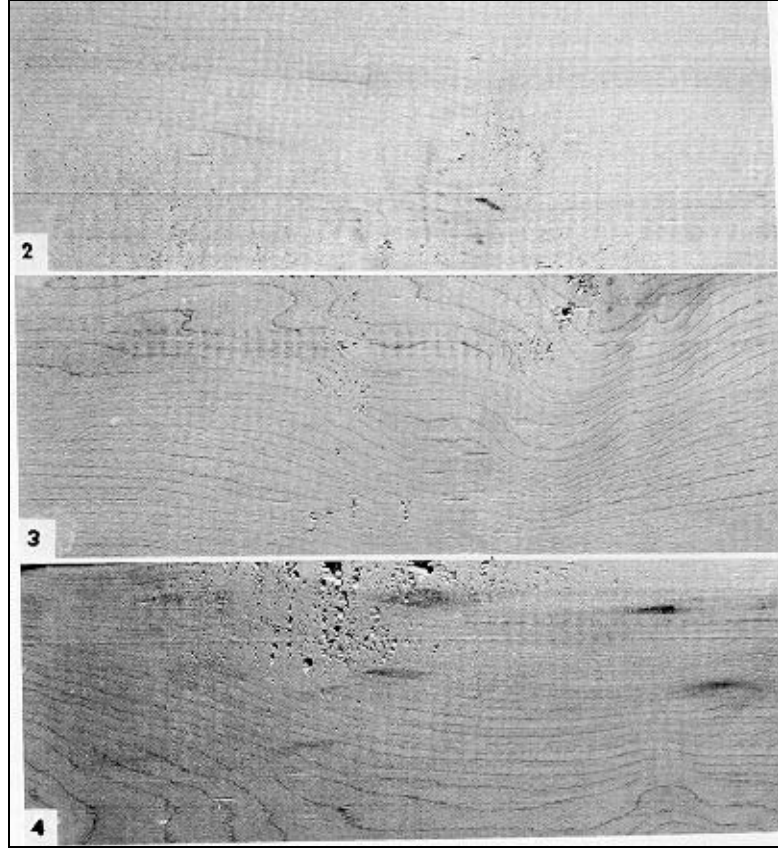
Pürüzlü liflilik bıçakların keskin bulundurulması, kesiş hızının artırılması ve kesiş açısının küçültülmesiyle azaltılabilir. Odunun rutubet miktarı %12'nin üstünde olmamalıdır. Ekstrem olmadıkça zımparalama ile giderilebilmektedir (Kurtoğlu, 1981; Kurtoğlu, 2004b).

Pürüzlü liflilik ağaç türlerinin bir çoğunun odununda az veya çok görülmekle birlikte genellikle kavak, ıhlamur, söğüt ve akçaağaçta sık, meşe ve dişbudakta pek önemli olmayan oranlarda rastlanmaktadır. İbrelili ağaçlardan ladin, göknar ve çam türleri odunlarında yüksek odun rutubetinde ucu sertleştirilmiş (sert metal) bıçaklarla işlenmede sık sık rastlanmaktadır (Davis ve Nelson, 1954; Kurtoğlu, 1996; Kurtoğlu, 2004b).

2.3.1.3. Yongalı Liflilik

Kesiş yüzeyinin altında kırılan çok küçük kısımların, masif ağaç malzeme yüzeyinde bulunması yongalı lifliliği oluşturmaktadır. Genel olarak yongalı liflilik ağaç malzemenin spiral lifli yapısı ile bağlantılı bulunmaktadır. Bıçağın bu dokuyu dik olarak kestiği yerlerde yongalı liflilik ortaya çıkmaktadır (Şekil 2.28).

Tamamen bir yöndeki yongalı liflilik zımparalama işlemi ile önlenebilmekte, fakat bu işlem fabrikasyon mobilya üretiminde uzun süre almaktadır. Yongalı lifliliği önlemede en basit fakat en etkili yöntem birim mesafedeki bıçak izi sayısını arttırmaktır (Kurtoğlu, 1981; Kurtoğlu, 1996; Kurtoğlu, 2004b).



Şekil 2.28: Şeker akçaağacı (*Acer saccharum*) odununda çeşitli derecelerde yongalı liflilik kusuru (Davis, 1962).

Bunun için itme hızının azaltılması veya bıçak başlığı hızının artırılması gerekmektedir. Ayrıca bileme açısını 10 dereceye kadar düşürmekte de yarar bulunmaktadır.

Yongalı liflilik ibrelili ağaç odunlarından ladinde, yapraklı ağaç odunlarından huş ve akçaağaçta etkili olmakta, ıhlamur, söğüt ve kavak gibi ağaç odunlarında ise çok az görülmektedir.

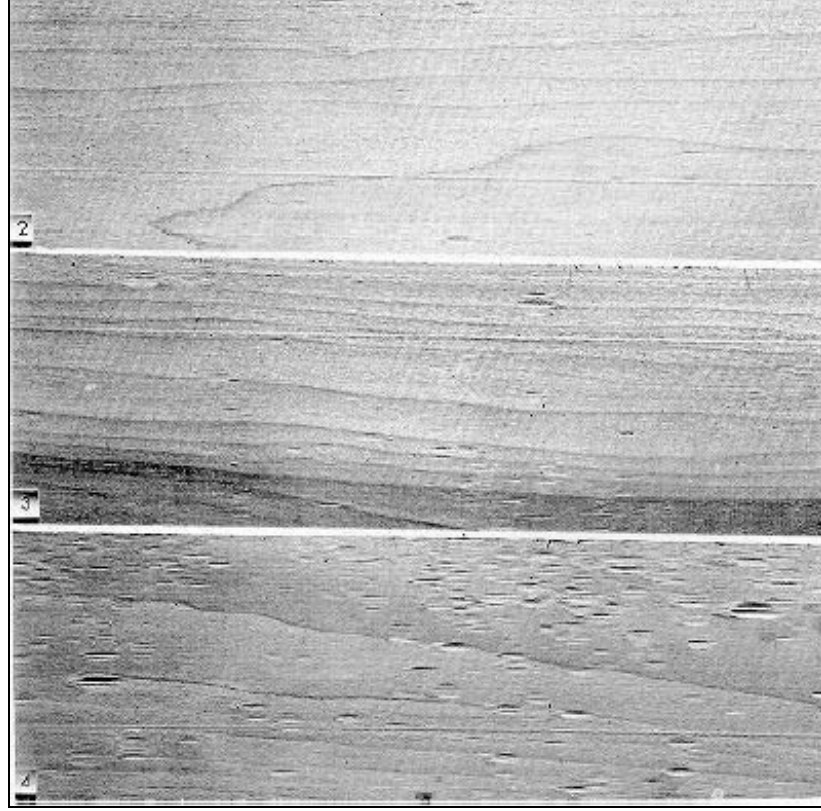
Yongalı liflilikten dolayı yüzeyde genellikle çukurlar meydana gelmektedir. Ortadan kaldırılmaları oldukça zor olup, uzun süreli zımparalama işlemini gerektirmektedir.

2.3.1.4. Yonga İzi

Emme donanımı ile kesiş esnasında oluşan toz ve yongaların uzaklaştırılamaması nedeniyle malzeme yüzeyinde oluşan yüzeysel sığ çukurlardır. Yonga izi yetersiz hava emme sistemi veya çok düşük hava akımından meydana gelebilmektedir. İtme

hızının çok yüksek olması halinde makinede birim zamanda çok fazla hacimde yonga oluşumu ortaya çıkmaktadır (Kurtoğlu, 1981; Kurtoğlu, 1996; Kurtoğlu, 2004b).

Şekil 2.29’de çeşitli derecelerde yonga izi kusuru görülmektedir



Şekil 2.29: Lale ağacı (*Liriodendron tulipifera*) odununda çeşitli derecelerde yonga izi kusuru (Davis, 1962).

Bu hatanın önlenmesi için emme sistemi ve boru çapı amaca uygun ve yeterli olmalı, emme suretiyle yongaları dışarıya alan makinenin borusuyla havalandırma tertibatı dik olmayan bir açı ile bağlanmalıdır. Ayrıca bıçakların keskin olmasına dikkat edilmelidir.

Yapraklı ağaç odunlarından huş ve akçaağaçta, ibrelilerden ise ladinde diğerlerine göre daha fazla oluşmaktadır.

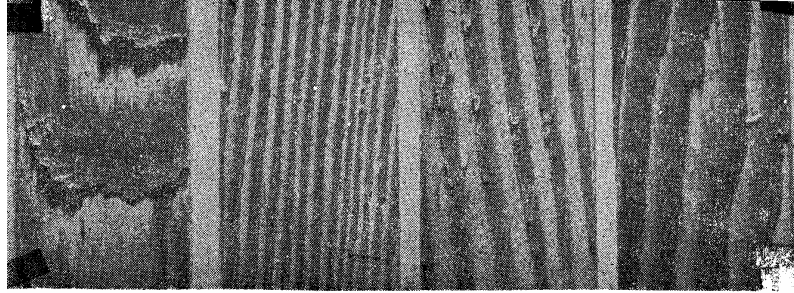
Yongalı liflilik ve yonga izinin oluşumu birkaç damla su ile ayırt edilebilir. Yongalı liflilik bazı kırılmış parçalardan oluştuğu için sudan etkilenmemekte, yonga izinde ise

çukurlar bir ölçüde basınç ile meydana geldiğinden suyu absorbe edip genişlemekte ve daha az göre batıcı olabilmektedir (Kurtoğlu, 1981; Kurtoğlu, 1996; Kurtoğlu 2004b).

2.3.1.5.. *Gevşek Liflilik ve Lif Ayrılması*

Masif ağaç malzemenin planyalanması veya zımparalanması esnasında oluşmaktadır. Özellikle teğet yüzeylerde gözükmemektedir. Bıçakların kör olmasıyla birlikte yeterli olmayan kurutma koşulları nedeniyle ortaya çıkmaktadır (Kurtoğlu, 1981; Kurtoğlu, 1996; Kurtoğlu, 2004b).

Yaz odunu rutubet kaybedince daha fazla çalıştığı için yaz odunu ile ilkbahar odunu arasında yıllık halkanın en geniş ve en uç kısmında yıllık halkanın yaz odunu kısmı bitişiğindeki yıllık halkanın ilkbahar odunu kısmından ayrılmaktadır (Şekil 2.30).



Şekil 2.30: Ağaç malzemenin işlenmesinde ortaya çıkan gevşek liflilik hatası (Davis, 1962).

Bu kusur kesici (bıçak) lerin keskin bulundurulması, odunun rutubet miktarının düşük tutulması suretiyle önlenabilmektedir.

2.3.1.6. *Masif Ağaç Malzemenin İşlenmesinde Ortaya Çıkan Hataları Önleme Çareleri*

Masif odunun işlenmesinde meydana gelen (kalkık liflilik, pürüzlü liflilik, yongalı liflilik, yonga izi ve gevşek liflilik) hataların oluşmaması için aşağıdaki hususların gözönünde bulundurulması gerekmektedir (Kurtoğlu, 1996; Kurtoğlu, 2004b).

1. İyi bir işleme için bıçakların sürekli keskin olmasına dikkat edilmelidir. Kesicilerin zaman kaybına neden olmasına rağmen uygun aralıklarla bilenip değiştirilmesi gerekmektedir.

2. Bıçak başlığına çok sayıda bıçak yerleştirilerek, tesviyelerinin yapıp bütün bıçakların kesişe katılması sağlanmalıdır. Ayrıca, bıçakların yerleştirildiği top ve millerin itinalı bir şekilde makineye yerleştirilmesi ve dengelenerek makine millerinin vibrasyonunun azaltılması da sağlanmalıdır.

3. Ağaç türlerinin değişmesi ile kısa zaman aralıklarında, bileme açılarının değiştirilmesi ekonomik olmadığından, tecrübe ve gözlemlere dayanarak yapraklı ağaç odunları için 20°, ibreli ağaç odunları için 30°'lik göğüs açılarının kullanılması uygun olmaktadır. Yongalı ve pürüzlü liflilik oluşumunda kesiş açısının küçültülmesi gerekmektedir.

4. Genellikle derin olmayan kesişler uygun bulunmaktadır. Kesişler yüzeysel olmalı, bazen ilk olarak kaba kesiş, daha sonra yüzeysel son kesişin yapılması yararlı bulunmaktadır.

5. İşin kalitesini etkileyen faktörlerden birisi de birim mesafedeki bıçak izi sayısıdır. Birim mesafedeki bıçak izi sayısının artması ile yüzey kalitesi yükselmektedir. İşlemede itme hızı düşük, devir sayısı ile yüksek olmalıdır. Malzeme salınımsız, doğru ve lif yönünde itilmelidir.

6. Kalkık ve pürüzlü lifliliği en aza indirmek için mümkün olduğunca ağaç malzeme kurutulmalıdır. Bu kusurların oluşumu için %20 rutubet miktarı oldukça yüksek bulunmaktadır (Davis ve Nelson, 1954).

2.3.2. Levhaların İşlenmesinde Ortaya Çıkan Hatalar

Levha ürünlerinin işlenmesinde ortaya çıkan zımpara izleri, yüzeydeki çıkıntı ve çukurlukların oluşumu, çizikler, yanık izleri, yüzeyin düzgün olmaması, çarpılma ve kalınlık farklılıkları gibi kusurların oluşmaması için en etkili önlem Tablo 2.22'de belirtilen nedenlerin ortadan kaldırılmasıdır.

Tablo 2.22: Levha ürünlerinde zımparalama işleminde ortaya çıkan zımparalama hataları ve nedenleri (Kurtoğlu, 2004b).

Zımpara Hataları	Nedenleri
Zımparalama İzleri	Gereğinden küçük numaralı (büyük tanecikli) zımpara bandı kullanımı
Yüzeyde Çıkıntı Oluşumu	Zımpara bandında oluklaşma ve aşınma, levha yüzeyinde metal vb. parçalar bulunması, yetersiz toz emme sistemi
Yüzeyde Çukur Oluşumu	Zımpara bandı ile baskı silindiri arasında toz birikmesi, aşınma, yetersiz toz emme
Yüzeyde Çizikler	Zımparalama basıncının yüksek olması, zımpara bandında aşırı toz birikmesi, odunda fazla reçine olması ya da fazla tutkal kullanımı
Yüzeylerde Yanık İzleri	Zımparalama basıncının yüksek olması, zımpara bandının körlenmiş olması
Yüzeyin Düzgün Olmaması	Temas ve boş merdanelerin birbirine paralel çalışmaması, levha yoğunluğunun farklı olması
Zımpara İşleminde Sonra Levhada Çarpılma	Levhanın her iki yüzeyine eşit miktarda zımpara işlemi yapılmaması
Heterojen Kalınlık	Levhanın presten eşit kalınlıkta çıkmaması, baskı silindirinde aşınma

Bunun için de, gerek zımpara bandı ve uygulama tekniği ve gerekse malzemedeki uyumsuzlukların yok edilmesi şart olmaktadır.

Adı geçen hatalar, uygun zımpara bantlarının seçilmesi, zımpara bandında oluklaşma ve aşınma olmaması, zımpara bandı ile baskı silindirleri arasında toz birikmemesi, zımpara basıncının yüksek olmaması, zımpara bandının körlenmemiş olması, temas ve boş merdanelerin birbirine paralel çalışması, levhanın iki yüzeyinin eşit zımparalanması, levha yüzeyinde metal, taş ve aşırı toz bulunmaması, yeterli toz emme sistemi tesisinin kurulması gibi hususların özenle yerine getirilmesi gerekmektedir.

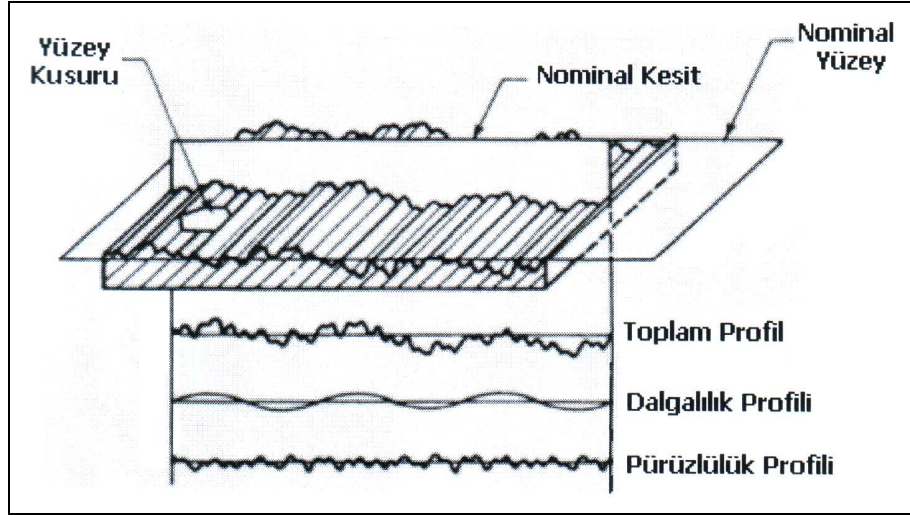
2.4. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ

Stumbo (1963) ve Peters, Cumming (1970)'e göre pürüzlülük üretim yöntemleri sonucu parça yüzeyinde oluşan şekil ve dalgalanma hataları dışında kalan, oldukça küçük ve periyodik olarak tekrarlanan düzgün olmayan yüzeylere denilmektedir. Şekil ve dalgalanma hataları; makine mil ve siperlerindeki titreşim veya kaymalar, kesicilerde kırılma, körelme vb. ile ağaç malzemelerde oluşan büyük kusurlardır. Uygun tekniklerle işleme yöntemleri sonucunda; hassas işleme yapamayan makineler, kesici ve malzemeden oluşan periyodik bir şekilde tekrarlanan hatalar pürüzlülük kapsamındadır ve oldukça sınırlıdır (Malkoçoğlu ve Özdemir, 1999).

Yüzey pürüzlülüğü, kullanılan üretim yöntemleriyle veya diğer etkilerle ortaya çıkan, alışılmış tarzda başka düzensizlikler ile sınırlı olan oldukça küçük aralıklı yüzey düzensizlikleridir (TS 6959). Yüzey pürüzlülükleri, kullanılan imalat metoduna göre gözle görülebilir veya elle hissedilebilir olabileceği gibi, hassas elektronik cihazlarla ölçülebilecek büyüklüklerde de olabilmektedir (İlter ve diğ., 2002).

Amerikan Ulusal Standartları Enstitüsü (ANSI) yüzey tekstürünü; üç boyutlu bir yüzey topografyası ortaya çıkaracak şekilde nominal yüzeyden, pürüzlülük, yüzey dalgalanmaları ve küçük çatlakları da içine alan tekrarlamalı veya gelişigüzel sapmalar olarak tanımlamıştır (Şekil 2.31) (Aydın, 2004).

Funck ve diğ., (1992)' e göre odun esaslı ürünlerin üretiminde yüzey tekstürünün; ürün sınıfını, kalitesini, üst yüzey uygulamaları için işleme kolaylığı ve daha sonraki üretim aşamalarını etkilediği; pürüzlülük derecesinin ürünün kendi içinde ve ürün tipleri arasında farklılıklar gösterdiği bildirilmiştir. Bu yüzden yüzey pürüzlülüğü üretim işleminin, özelliklerinin bir fonksiyonudur (Aydın, 2004).



Şekil 2.31: Yüzey karakteristiklerinin şematik diyagramı (Aydın, 2004)

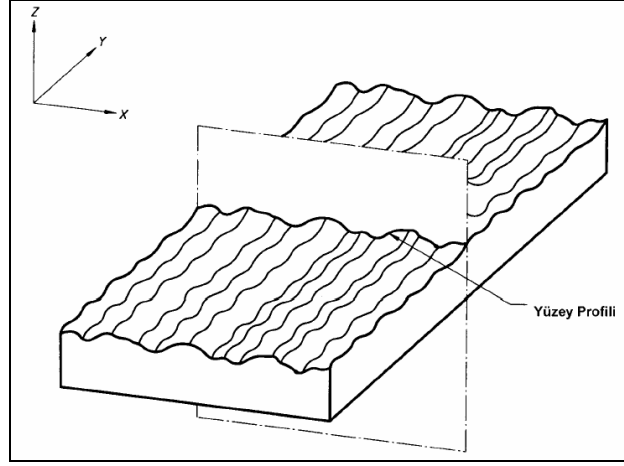
Feist (1994) koruyucu katman oluşturan vernikler ile inorganik tuzlu emprenye maddelerini birlikte kullanmak suretiyle yaptığı dış ortam etkisi sonucu ortaya çıkan ağaç malzemenin yüzey pürüzlülüğünü önemli ölçüde azaltmayı başardığını bildirmiştir.

2.4.1. Yüzey Pürüzlülüğü İle İlgili Tanımlamalar

Yüzey pürüzlülüğü ile ilgili bazı tanımlamalar TS 6956 EN ISO 4287 (2004)' e göre aşağıda verilmektedir:

Gerçek Yüzey: Gövdeyi sınırlayan ve onu çevreleyen ortamdan ayıran yüzey.

Yüzey Profili: Gerçek yüzey ile belirlenen düzlemin kesişmesi sonucu oluşan profil (Şekil 2.32).



Şekil 2.32: Yüzey profili (TS 6956 EN ISO 4287, 2004)

Profilin tepe noktası: Değerlendirilecek profilin, x-ekseni ile kesiştiği yerde birbirini takip eden iki noktası birleştiren dışarıya doğru (malzemedan çevreleyen ortama doğru) kısmıdır.

Profilin çukur noktası: Değerlendirilecek profilin, x-ekseni ile kesiştiği yerde birbirini takip eden iki noktayı birleştiren içeriye doğru (çevreleyen ortamdan malzemeye doğru) kısmıdır.

Yükseklik ve/veya aralık ayırımı: Değerlendirilecek profilin, dikkate alınması gereken profil tepe noktaları ve profil çukur noktaları arasındaki en az yükseklik ve en az aralık.

Profil elemanı: Profilin tepe noktası ve takibeden profil çukur noktası.

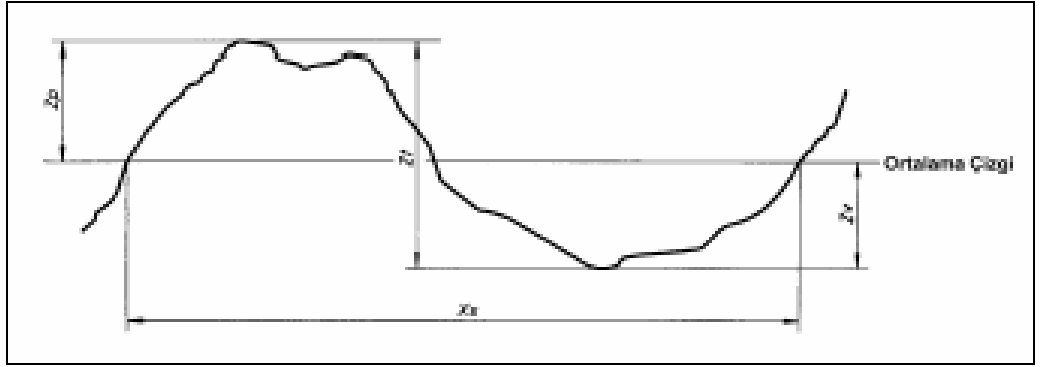
Ordinat değeri (Z_x):Değerlendirilen profilin herhangi bir x konumundaki yüksekliği.

Profil tepe noktasının yüksekliği (Z_p): X-ekseni ile profilin en yüksek tepe noktasının arasında kalan mesafe.

Profil çukur noktasının derinliği (Z_v): X-ekseni ile profilin en çukur noktasının arasında kalan mesafe.

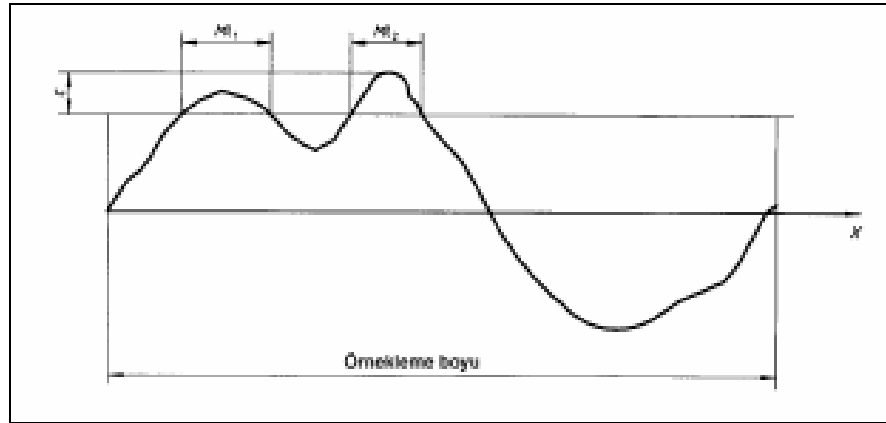
Profil elemanının yüksekliği (Z_t): Profil elemanının tepe noktasının yüksekliği ile çukur noktanın derinliğinin toplamı.

Profil elemanının genişliği (X_s): Profil elemanı ile kesişen X-ekseni parçasının uzunluğu.



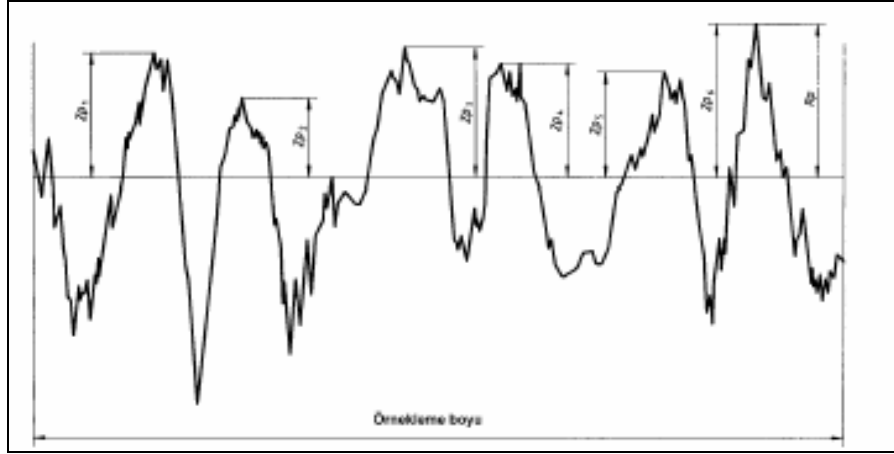
Şekil 2.33: Profil elemanı (TS 6956 EN ISO 4287, 2004).

c seviyesinde profilin malzeme uzunluğu ($M_l(c)$): Verilen bir c seviyesinde X-eksenine paralel çizilen Bir doğru ile profil elemanının kesişiminden elde edilen profil parça uzunluklarının toplamı (Şekil 2.34).



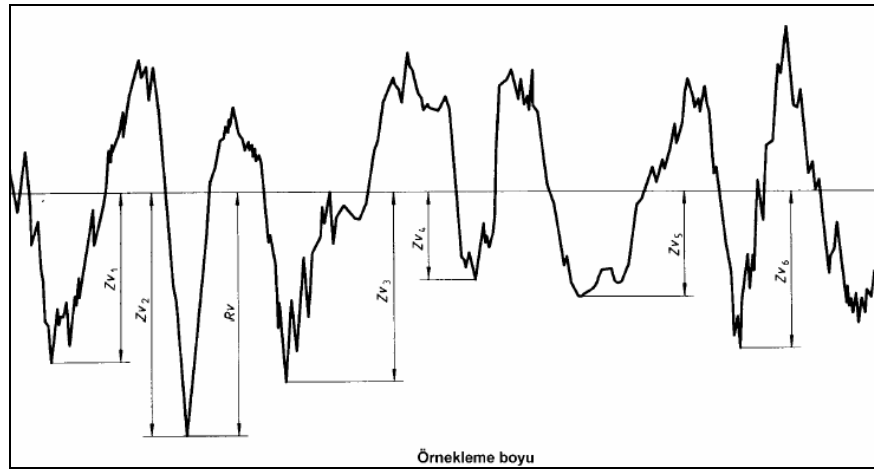
Şekil 2.34: Malzeme uzunluğu (TS 6956 EN ISO 4287, 2004):

En büyük profil tepe noktasının yüksekliği (P_p , R_p , W_p): Örneklem boyu içindeki en büyük profil tepe noktası yüksekliği Z_p (Şekil 2.35).



Şekil 2.35: Profilin tepe noktasının en fazla yüksekliği (yüzey pürüzlülüğü profili örneği) (TS 6956 EN ISO 4287, 2004):

En büyük profil çukur noktası derinliği (Pv, Rv, Wv) (Şekil 2.36)



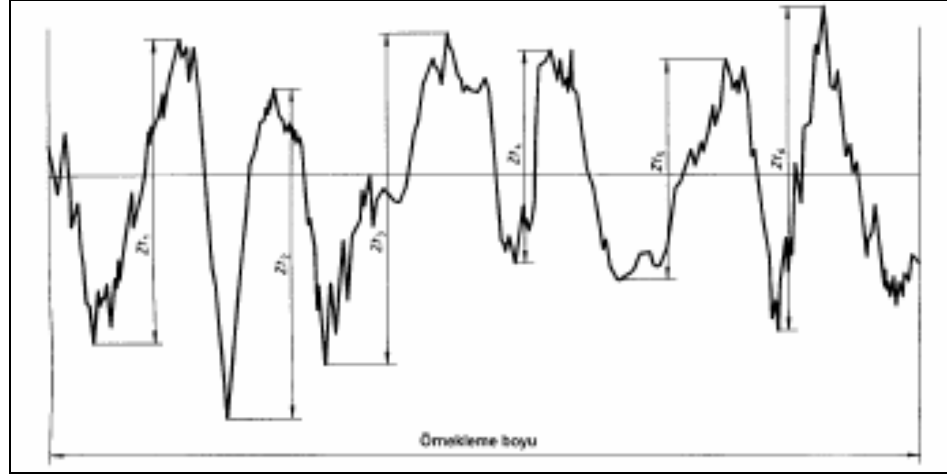
Şekil 2.36: En büyük profil çukur noktası derinliği (yüzey pürüzlülüğü profili örneği) (TS 6956 EN ISO 4287,2004)

Değerlendirilen profilin aritmetik ortalama sapması (Pa, Ra, Wa): Örnekleme boyu içinde, mutlak ordinat değerlerin aritmetik ortalaması $Z(x)$:

$$Pa, Ra, Wa = 1/l \int_0^1 |Z(x)| dx \quad (2.8)$$

Duruma göre, $l = lp, lr$ veya lw dir.

Şekil 2.37’de yüzey pürüzlülük profili örneği verilmektedir.



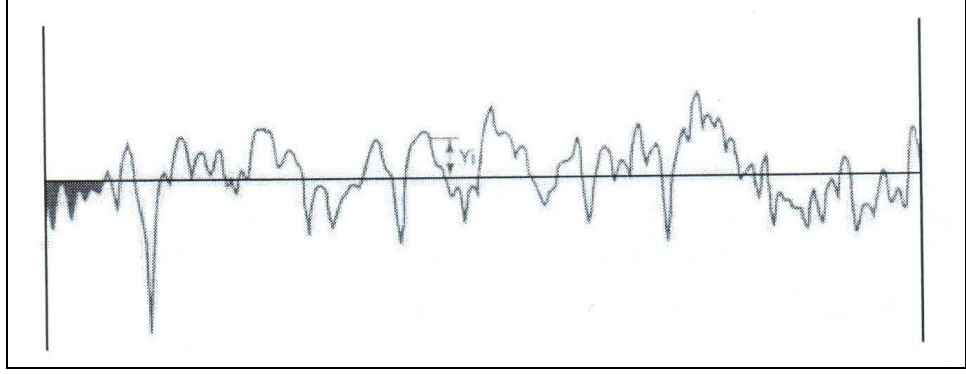
Şekil 2.37: Profil elemanlarının yüksekliği (yüzey pürüzlülük profil örneği)
(TS 6956 EN ISO 4287,2004).

2.4.2. Yüzey Pürüzlülüğü Parametreleri

Korkut (1999) yüzey pürüzlülüğü ile ilgili parametreleri; profil ortalama çizgisine göre yüzeyin iki boyutlu profilini veren, profil yükseklik yönünde veya yüzey düzlemine dik girinti ve çıkıntıların oluşturduğu düzensizlikler olarak ifade etmiş; odun yüzeylerinin pürüzlülüklerinin sayısal olarak ifade edilmesinde; genellikle R_a (ortalama pürüzlülük değeri), R_{max} (en büyük pürüzlülük değeri) ve R_z (10 noktanın ortalama pürüzlülük değeri) parametrelerinden faydalanılmakta olduğunu bildirmiştir.

2.4.2.1. Ortalama Pürüzlülük Değeri (R_a)

Ortalama pürüzlülük (R_a), pürüzlülük profili boyunca profil ortalama çizgisinden sapmalara (Y_i) ilişkin tüm değerlerin aritmetik ortalamasıdır (Mitutoyo SJ 301). R_a , pürüzlülük profili ile bu profilin ortalama çizgisi arasındaki alandır (Şekil 2.38).



Şekil 2.38: Ortalama pürüzlülük değeri (Mitutoyo SJ 301).

Ortalama pürüzlülük aşağıdaki formül ile hesaplanabilmektedir.

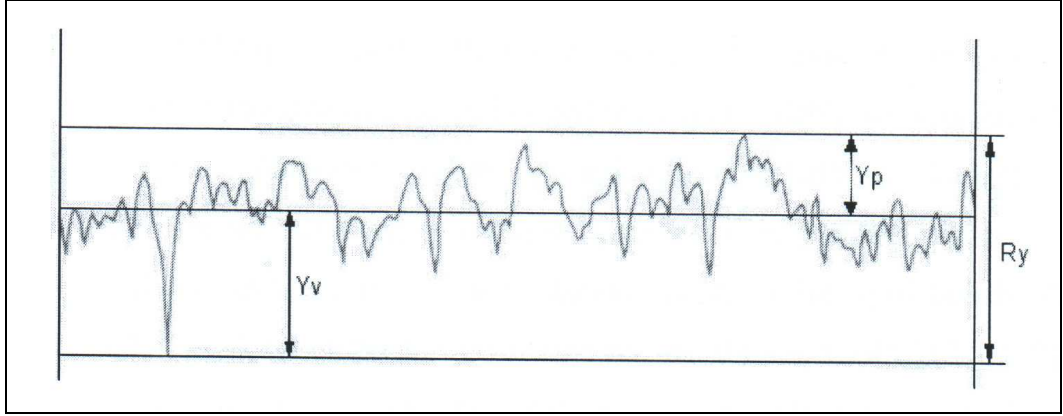
$$Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i| \quad (2.9)$$

n = Münferit profil sapmalarının sayısı

Ortalama pürüzlülük parametresi, yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde en yaygın kullanılan parametredir. Bununla birlikte, ortalama pürüzlülük parametresi yüzeyin yapısı hakkında tam bir bilgi vermek için yeterli değildir.

2.4.2.2. En Büyük Pürüzlülük Değeri (R_{max})

R_{max} , pürüzlülük profili boyunca, ortalama profil çizgisine göre en yüksek tepe (Y_p) ile en derin çukurun (Y_v) toplamını ifade etmektedir. Bu parametre, yüksek uç noktaları ile derin yerleri çok hassas bir şekilde göstermektedir (Şekil 2.39) (Mitutoyo SJ-301; İler ve diğ., 2002).

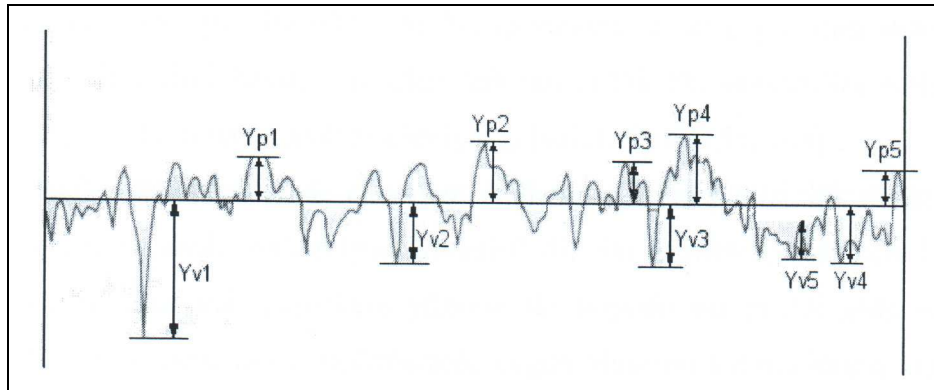


Şekil 2.39: En büyük pürüzlülük değeri (Mitutoyo SJ 301).

$$R_{\max} (R_y) = Y_p + Y_v \quad (2.10)$$

2.4.2.3. On Nokta Pürüzlülüğü Ortalama Değer- On Nokta Yüksekliği (R_z)

On nokta yüksekliği (R_z), belirli bir örnek uzunluğu içerisinde (L), beş en yüksek tepe noktası (Y_p) ve beş en derin çukur noktası (Y_v) arasındaki ortalama mesafedir. Bu değer, ortalama çizgisine paralel fakat pürüzlülüklerin profilini kesmeyen bir referans çizgisinden ölçülmektedir. R_z , on nokta yüksekliğinin ölçülmesinde kullanılan formül aşağıda verilmiştir (İlter ve diğ., 2002) (Şekil 2.40).



Şekil 2.40: On nokta pürüzlülüğü ortalama değeri. (Mitutoyo SJ 301).

$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 |y_{ti}| + \sum_{i=1}^5 |y_{iç}|}{5} \quad (2.11)$$

t_i = i'nci en yüksek profil tepe yüksekliği,

$y_{iç}$ = i'nci en derin profil vadisi derinliği

2.4.3. Başlıca Yüzey Pürüzlülüğü Ölçme Yöntemleri

Yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde kullanılan araçlar temel olarak iki kategoride toplanabilir:

- Dokunmalı aletler (iğne taramalı, pinomatik, kapasitans ölçüm ve akustik ölçüm yöntemleri),
- Dokunmasız aletler (Optik ve ultrasonik yöntemler).

Funck ve diğ. (1992); Peters ve Cumming, (1970)'e göre mekanik yöntemler içinde en yaygın kullanıma sahip pürüzlülük ölçüm yöntemi, “dokunmalı iğne taramalı yöntem (profilometri)’ dir. Bu teknikte hassas uçlu bir iğne ile malzeme yüzeyi taranarak genellikle yüzeyin iki boyutlu bir profili elde edilir. İğne taramalı yöntem ile pürüzlülük ölçümlerinde uygun olmayan tarama iğnesi kullanılması, tarayıcı iğnesinin aşırı basınçla kullanılması, sürtünme nedeniyle yatay direnç oluşması ve sıçrama nedeniyle dikey hareketlerin meydana gelebilmesi, ölçümde hatalı sonuçların ortaya çıkmasına yol açabilmektedir.

Dokunmalı iğne tarama yöntemi ile odun yüzeyi için pürüzlülük ölçümü yapan kişiler çoğunlukla standart olmayan çaplardaki tarama iğneleri kullanmışlar veya tarama ucunun geometrisini geliştirmişlerdir (Aydın, 2004).

Örneğin, tarayıcı uç çapları 2.5 µm den 50 µm ye kadar farklı kullanılmış, ölçüm hızları büyük oranda farklılıklar göstermiş ve ölçümdeki kesme uzunlukları dedektör tarama mekanizmasının bir fonksiyonu olmuştur. Kısaca tarama performansını etkileyen en önemli faktörler; iğne ucu geometrisi ve boyutu, tarama kolu girinti ayarı ve ağırlık dengelemesi olarak belirtilebilir (Korkut, 1999).

Malkoçoğlu ve Özdemir (1999)'e göre son yıllarda, diğer yöntemlerin yanı sıra ultrasonik, video kamera ve taramalı elektron mikroskop yöntemleri ile pürüzlülük ölçümleri üzerinde durulmakta olduğunu; bunlardan taramalı elektron mikroskop yönteminde kullanılan örnek boyutlarının çok küçük olmasından dolayı pürüzlülük değerlendirmeleri için yetersiz olduğunu bildirmişlerdir.

Sieminsky ve Skarzynska (1989) odun yüzeylerinin pürüzlülük ölçümlerinde dokunmalı iğne taramalı yönteminin daha uygun olduğunu bildirmişlerdir.

2.4.4. Ağaç Malzemedeki Yüzey Pürüzlülüğünü Etkileyen Faktörler

Sadov ve Nakato (1987) tarafından odun yüzeylerinin, sahip oldukları anatomik yapıdan kaynaklanan porlar ve hücre boşlukları nedeniyle; her ne kadar zımparalama, planyalama, frezeleme vb. işlemlere tabi tutulmuş olsa da düzgün olmadığını; işlenmiş bir ağaç malzeme yüzeyi büyüteç altında incelendiğinde; yüzeydeki parçalanmış liflerin ve diğer odun elemanlarının, adeta dağlar arasında vadiler oluşmuş gibi bir görüntü ortaya çıkardığını, ağaç malzemenin yüzey pürüzlülüğünü etkileyen pek çok faktörün mevcut olduğu bildirilmiştir (Aydın, 2004).

Sieminsky ve Skarzynska (1989)'ya göre ağaç malzemenin yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkili olan faktörlerin başında, anatomik yapıdan kaynaklanan farklılıklar gelmektedir. Genel olarak yumuşak odunların yüzeyleri sert odunlarınkine göre daha pürüzlüdür. Yıllık halka içerisindeki ilkbahar ve yaz odunu oranı yüzey pürüzlülüğü üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Odundaki doğal büyüme karakteristiklerinden sayılan budaklar, lif kıvrıklıklarının da pürüzlülüğü artırıcı yönde etki ettiğini; zımparalama işleminin liflere paralel yönde yapılması durumunda da, liflere dik yönde yapılmasına nazaran daha az yüzey pürüzlülüğünün oluştuğunu bildirmişlerdir.

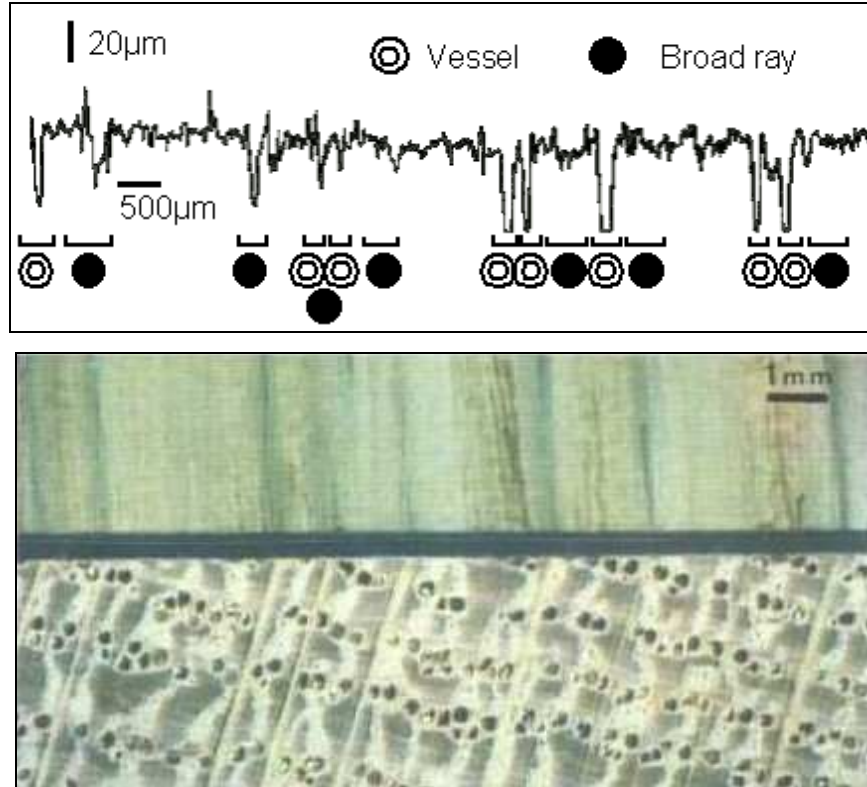
Zımparalamada kullanılan araçlar da yüzey pürüzlülüğünü etkilemektedir. Zımparalama işleminde yüzeyde oluşan pürüzlülüklerin büyüklüğü; zımpara numarası, malzeme besleme hızı ve kesiş derinliğine göre farklılıklar göstermektedir. Aşındırıcı madde boyutunun küçülmesi ve zımpara baskı kuvvetinin artırılması ile daha düzgün yüzeyler elde edilmektedir (İlter ve diğ., 2002) .

Kullanım yerlerine uygun olarak düşük rutubette daha düzgün yüzeyler elde edilebileceği söylenebilir. Baykan (1996) ve Hızıroğlu, Suchsland (1993)'ın çalışmaları da bunu desteklemektedir (İlter ve diğ., 2002).

Sadece kesiş yönü dikkate alındığında, R_a için teğet kesitteki yüzeylerin radyal kesitlere oranla daha düzgün yüzey verdikleri belirlenmiştir. Radyal kesit ve düşük rutubet daha düzgün yüzey elde etmek için uygundur (İlter ve diğ., 2002).

Homojen malzemeler ile karşılaştırıldığında, odun anizotrop bir yapıya sahiptir ve anatomik yapısından dolayı kendine has özellikleri vardır. Odunun makineler ile işlenmesi esnasında, odun hücreleri işleme aleti ile kesilerek trahe, paranşim, reçine kanalları, porlar, lifler vb. Odun elemanlarının boşlukları açığa çıkar. Bu boşlukların boyutları ağaç türüne, ilkbahar odunu ve yaz odunu zonlarının kapladığı alana ve kesit tipine (enine, teğet ve radyal) bağlıdır. Odunun anatomik yapısından kaynaklanan düzensizlikler, makineler ile işlenmesinden bağımsızdır. Sadece odunun işlenmesinin etkisini ortaya koyabilmek için, anatomik yapıdan ve odunun işlenmesinden kaynaklanan etkileri birbirinden ayırt etmek gerekmektedir (Aydın, 2004).

Odunun hücresel yapısı ve pürüzlülük profili arasındaki ilişki Şekil 15’de gösterilmektedir.



Şekil 2.41: Pürüzlülük profili ile odunun hücresel yapısı arasındaki ilişki
(<http://h3news1.kais.kyoto-u.ac.jp>)

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. MALZEME

Çalışma kapsamında kullanılan ağaç türlerinin seçiminde, Türkiye’de doğal olarak yetişen ve geniş kullanım alanı bulunan iğne yapraklı ağaç türlerinden Toros sediri (*Cedrus libani A.Rich*), karaçam (*Pinus nigra Arnold*) ve geniş yapraklı ağaç türlerinden sapsız meşe (*Quercus petraea*) ve karakavak (*Populus nigra L.*) seçilmiştir.

3.1.1. Toros sediri (*Cedrus libani A.Rich*)

Adını “Kozalaklı Ağaç” anlamına gelen “Kedros” sözcüğünden alan sedirler, kışın yaprağını dökmeyen, boylu orman ağaçlarındandır ve tabii ki ömürleri bakımından da birçok iğne yapraklı ağaçlar gibi, çok yaşlanabilmektedirler (Yaltırık ve Efe, 2000).

Çok kıymetli eterik yağlı ve güzel kokulu odunları çok eski çağlardan beri kullanılmaktadır. Normal olarak reçine kanalları yoktur. Diri odun sarımtırak beyaz, öz odun ise daha koyu renklidir ve çok dayanıklıdır (Yaltırık ve Efe, 2000).

Toros sediri (*Cedrus libani a. Rich*) ülkemiz ağaç türleri arasında gerek dünyadaki en geniş yayılış alanının Türkiye’de olması gerekse odununun özellikleri ile ayrıcalıklı bir yere sahiptir (Öktem ve Sözen, 1994).

Ülkemizde doğal olarak yetişmekte, 40 m’ ye kadar boy, 3 m’ ye kadar çap yapabilmektedir (Öktem ve Sözen, 1994).

3.1.1.1 Makroskopik Özellikler:

Diri odun geniş, hafif kırmızımsı ile sarımsı beyaz renkte, öz odun açık sarımsı ile kırmızımsı kahverengidir. Yıllık halka sınırları belirgindir. İlkbahar odunundan yaz odununa geçiş yavaştır. İnce ve sık öz ışınları lup altında görülebilmekte, radyal kesitte

dağınık halde küçük öz ışını levhacıkları fark edilmektedir. Traumatik reçine kanalları vardır. Traumatik kanallar genellikle yaz odunu içerisinde koyu kahverengi renkte teğet sıralar oluştururlar. Odunu orta sert ve orta yoğunlukta olup, özellikle öz odunu hoş kokuludur (Bozkurt ve Erdin, 2000).

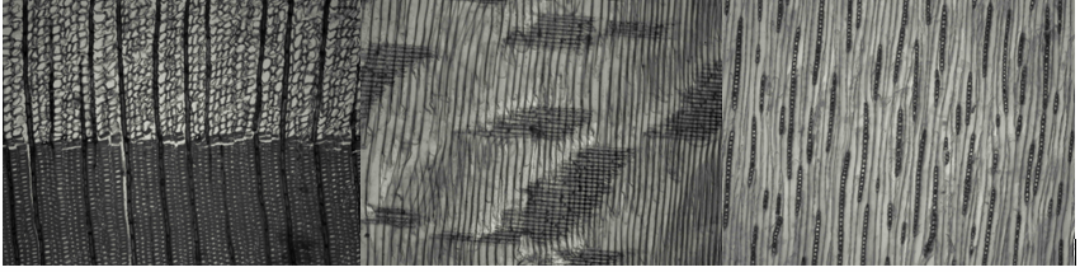
3.1.1.2 Mikroskopik özellikler:

Yıllık halka sınırları belirgin, yaz odunu traheidleri radyal yönde yassılaşmış, kalın çeperlidir. İlkbahar odunundan yaz odununa geçiş yavaştır. Traheid çapları ortalama 35 μm , uzunlukları 3200 μm , mm^2 'de traheid sayısı 1280 adettir. İlkbahar odunu traheidlerinin radyal çeperleri üzerindeki kenarlı geçitler tek sıralı olup, nadiren iki sıralı olanlara rastlanmaktadır. Torusları tek dişlidir (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Boyuna parانشimler yıllık halka sınırında tek tek, bazen birkaçı bir arada teğet sıralıdır (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Öz ışınları heterojen yapıda ve tek sıralıdır. Ancak, iki sıralı öz ışınlarına da rastlanılmaktadır. Reçine kanalı bulunan öz ışınları çok sıralıdır. Öz ışınları 1-30 (80) hücre yüksekliğinde, alt ve üst kısımlarında 1-2 sıralı ve çeperleri düzgün olan öz ışını traheidleri bulunmaktadır. Öz ışını parانشimlerinin uç çeperleri çok geçitli ve düğümlüdür. Öz ışınının uç kısmındaki parانشim hücrelerinde kalsiyum oksalat kristallerine çok rastlanmaktadır. Boyuna ve enine yönde traumatik reçine kanallarına sahiptir. Genellikle yaz odunu içerisinde görülen epitel hücreleri kalın çeperlidir (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Şekil 3.1' de denemelerde kullanılan sedir numunelerinden alınmış enine – radyal ve teğet mikroskopik kesit görünüşleri verilmektedir.



Şekil 3.1: Denemelerde kullanılan sedir numunelerinden alınmış mikroskobik kesit (enine-radyal-teğet) görünüşleri (Foto. Tirak).

3.1.1.3 Fiziksel ve mekanik özellikleri

Yoğunluk	D_0	: 0.43 g/cm ³
	D_{12}	: 0.48 g/cm ³
Daralma yüzdesi	β_r	: %3.3
	β_t	: %5.0
	β_v	: %9.2
Eğilme direnci	σ_E	: 77 N/mm ²
Çekme direnci	$\sigma_{\text{Ç}}//$	: 45 N/mm ²
Basınç direnci	$\sigma_B//$	: 46 N/mm ²
Dinamik eğilme direnci	a	: 0.45 kN/cm (Bozkurt ve Erdin, 2000).

3.1.1.4 Kurutma ve işlenme özellikleri:

Kolay ve çabuk kurutulur. Reçine sızması nedeniyle yüksek sıcaklıkta kurutulması doğru değildir. Kolay işlenir, yarıлма kabiliyeti iyidir. Renk verme ve cilalanması güçtür. Yapıştırılması iyidir (Bozkurt ve Erdin, 2000).

3.1.1.5 Dayanıklılık ve empenye edilebilme özelliği:

Odunu mantarlara karşı dayanıklı, böceklere karşı çok dayanıklıdır. Orta derecede güç empenye edilir (Bozkurt ve Erdin, 2000).

3.1.1.6 Kullanış yerleri:

Travers, tel direği, çit direği, binalarda iç ve dış maksatlarda, kapı ve pencere doğramalarında, cephe kaplaması, bahçe pergolası, çeyiz sandıkları yapımında kullanılmaktadır (Bozkurt ve Erdin, 2000).

3.1.2. Karaçam (*Pinus nigra Arnold*)

Türkiye ormanlarında çamlar (*Pinus nigra var. Pallasiana Arnold*) Karaçam, (*Pinus brutia Henry*) Kızılçam, (*Pinus silvestris L.*) Sarıçam, (*Pinus pinea L.*) Fıstık çamı, ve (*Pinus halepensis Mill*) Halep çamı olmak üzere 5 tür ile temsil edilmektedir (Göker 1969).

Karaçamın Türkiye’de bulunan varyetesi *Pinus nigra var. Pallasiana*’dır. Diğer varyeteler doğal olarak genellikle bulunmaz. *Pinus nigra var. Pallasiana* Anadolu çevresi ve serpili olarak da İç Anadolu’da Trakya’da bulunur. Bu yayılış sahası içerisinde denizin aksi tarafına bakan yamaçları tercih etmektedir (Göker, 1977).

Boylu , birinci sınıf orman ağaçlarındandır. Yaşlı gövdesi derin çatlaklı, kalın ve esmer kabukları vardır (Yaltırık ve Efe, 2000).

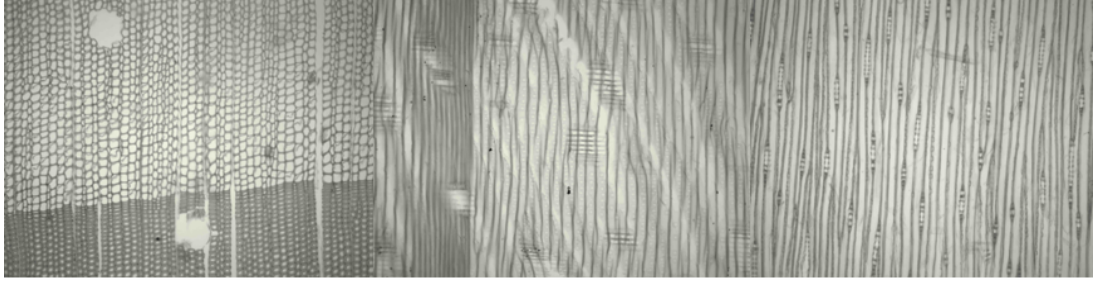
3.1.2.1 Makroskopik özellikler :

Diri odun sarımsı veya kırmızımsı beyaz renktedir. Koyu renkli öz odunu vardır. Diri odun yaşlı ağaçlarda dar, genç ağaçlarda ise oldukça geniştir. Öz odununun dış kenarı keskin ve daireye yakındır. Öz ışınları çok ince olup enine kesitte büyüteçle dahi görülememektedir. Yaz odunu ve ilkbahar odunu sınırları belirli olup yaz odunu tabakası kahverengimsi mor renktedir. Enine kesitte reçine kanalları çoğunlukla yaz odunu içerisinde bulunmaktadır. Radyal kesitte belirli bir parlaklık göze çarpmamaktadır. Taze kesilmiş haldeki odunda belirli bir reçine kokusu bulunmaktadır (Göker, 1977).

3.1.2.2 Mikroskopik özellikleri :

Boyuna ve yatay reçine kanalları bulunmaktadır. Reçine kanallarının çeperleri ince epitel hücreleri ile kaplıdır. Reçine kanalları genellikle tek olarak bulunmaktadır. Nadiren çift reçine kanallarına rastlanmaktadır. Genellikle dar yıllık halkalarda traheidle geniş, çeperleri ince, sayıları ise azdır. Geniş yıllık halkalarda ise traheidler küçük, dar, çeperleri kalın sayıları ise dar yıllık halkalara nazaran çok daha fazladır. Teğet kesitte öz ışınları genel olarak tek sıralı bir diziliş göstermektedir (Göker 1977).

Şekil 3.2’de denemelerde kullanılan çam numunelerinden alınmış enine – radyal ve teğet mikroskopik kesit görünüşleri verilmektedir.



Şekil 3.2: Denemelerde kullanılan çam numunelerinden alınmış mikroskopik kesit (enine-radyal-teğet) görünüşleri (Foto. Tirak)

3.1.2.3 Fiziksel ve mekanik özellikleri :

Yoğunluk	D_0	: 0,52 g/cm ³
	D_{12}	: 0,56 g/cm ³
Daralma yüzdesi	β_r	: 5,58 %
	β_t	: 8,19 %
	β_v	: 13,9 %
Eğilme direnci	σ_E	: 110 N/mm ²
Çekme direnci	$\sigma_{\text{Ç}} //$	: 75 N/mm ²
Basınç direnci	$\sigma_B //$	: 48 N/mm ²
Dinamik eğilme direnci	a	: 0,56 kN/cm (Göker, 1977).

3.1.2.4 Kurutma ve işlenme özellikleri :

İyi bir işlenme özelliğine sahiptir. Orta derece veya kolay kurutma özelliği gösterir (Doğu ve ark., 2001).

3.1.2.5 Dayanıklılık ve emprenye edilebilme özelliği :

Orta derecede emprenye edilebilme özelliğine sahiptir (Doğu ve ark., 2001).

3.1.2.6 Kullanış yerleri :

Karaçam teknolojik özelliklerinin bir neticesi olarak bünyesi değiştirilmeden tel, maden direği, çit kazığı, travers, temel kazık ve direkleri, iskele kazıkları, köprü kiriş ve aksamı, kaldırım parkeleri, ağaç borular, gemi ve ufak teknelerde, bina inşaatında, iç dekorasyonda, mobilya ve imalatında özellikle kullanılabilir. Bunların yanında kuru madde ambalaj fıçılarında, tarım aletlerinde, karoseri, vagon ve spor uçak yapımında vb. kullanım yerlerinde değerlendirilebilir.

Bünyesi değiştirilmek suretiyle ise odun hamuru, yonga levhaları, lif levhaları, selüloz imali, odun kömürü, yakacak odun ve destilasyonda kullanılmaya elverişlidir (Göker, 1997).

3.1.3. Sapsız meşe (*Quercus petraea* Lieble)

Fagaceae familyasından olan *Quercus* cinsi ülkemizde de çok sayıda tür ile temsil edilmektedir. Meşeleri; Ak meşeler, kırmızı meşeler ve daimi yeşil meşeler olmak üzere üç grupta toplamak mümkündür (Bozkurt ve Erdin, 2000). *Quercus cerris* L. (Saçlı meşe), *Q. brantii* Lindl., *Q. ithaburensis* Dene, *Q. trojana* P.B. Webb. (Makedonya meşesi) ve *Q. libani* Oliv. (Lübnan meşesi) kırmızı meşeler grubuna girmektedir. Bu gruptaki türler dayanıklı değildir. *Quercus Cossifera* L. (Kermes meşesi), *Q. aucheri* Jaub. And Spach ve *Q. ilex* L. (Pırnal meşesi) ise, daimi yeşil meşeler grubuna girmektedir. Bu gruptaki meşelerde özgül ağırlık fazla olduğu için kullanım yerleri sınırlıdır. Meşeler içerisinde en değerlisi, akmeşeler grubuna giren meşelerdir (Bozkurt, Erdin 2000). Bu gruba giren ve ülkemizde doğal olarak yetişen meşe türleri şunlardır: *Quercus robur* (Saplı meşe) Kuzeybatı Anadolu, Marmara bölgesi, İç Anadolu, Güney Anadolu'da, *Quercus robur* subsp. *Prdunculiflora* Doğu Anadolu'da, *Quercus petraea* (Sapsız meşe) Marmara bölgesi ve Karadeniz ormanlarında, *Quercus hartwissiana* (ıstıranca meşesi) Istıranca ve Kuzey Anadolu'da, *Quercus frainetto* (Macar meşesi) Marmara bölgesi ve Kuzeybatı Anadolu'da, *Quercus vulvanica* (kasnak meşesi) İç Anadolu ve Gediz – Şaphane dağı'nda, *Quercus pontica* Kuzeydoğu Anadolu'da, *Quercus infectoria* (mazi meşesi) Türkiye'nin hemen her tarafında görülürse de en fazla Güneydoğu Anadolu'da, *Quercus pubescens* (tüylü meşe) Karadeniz ardı ormanları ile Ege çevresinde ve Kocaeli yarımadasında, *Quercus macranthera* subs. *sypsiensis*

Doğu, Kuzey ve İç Anadolu’da, *Quercus virgiliana* Kuzeybatı, Batı Anadolu, Ankara ve Sinop’ta görülmektedir (Bozkurt ve Erdin 1997).

3.1.3.1 Makroskopik özellikler :

Denemelerde kullanılan ak meşeler grubundan *Quercus petraea* (Sapsız meşe)’de diri odun çoğunlukla dar, 2-5 cm genişlikte, sarımsı beyaz renkte, öz odun açık kahverengi ile sarımsı kahverengide, kesimden sonra koyulaşır. Taze halde yetiştirme yeri ile ilgili olarak, bazen kırmızımsı bir renk de sözkonusudur. Yıllık halka sınırları belirgindir. İlkbahar odunu traheleri çok büyük, çıplak gözle görülebilir ve 1-5 adet genişlikte bir halka oluşturur. Saplı meşede özellikle geniş yıllık halkalarda ilkbahar odunu traheleri 4-5 sıralıdır. İlkbahar odunundan yaz odununa geçiş daha yavaş ve traheler elips şeklindedir. Sapsız meşede ilkbahar odunu traheleri 1-2 sıralı, traheler yuvarlak enine kesitte ve geçiş daha hızlıdır. Radyal kesitte traheler kaba iğne çizikli, tül teşekkülü ile doludur. Yaz odunu traheleri çok sayıda küçük, doku içerisinde alev şeklinde yayılmışlardır. Sadece lup altında görülebilirler (Bozkurt, Erdin 2000).

Öz ışınları tek sıralı ve çok sıralı olmak üzere iki çeşittir. Kalın olanlar 1 mm’den daha geniştir. Kalın öz ışınlarının arası 2-6 mm, ince öz ışınlarının arası ise 0.1 mm kadardır. Kalın öz ışınları radyal kesitte kaba aynalar şeklinde, teğet kesitte iğ şeklinde görülürler. Boyuna paransimler enine kesitte lup altında ince, kısa teğet çizgiler halinde tespit edilebilir. Tekstür kaba, iğne çizikli, genellikle düzgün bazen düzensiz lifli, parlak, dekoratif, sert ve ağır bir odunu vardır (Bozkurt ve Erdin, 2000).

3.1.3.2 Mikroskopik özellikler :

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. Perforasyon tablaları basit tiptedir. İçleri fazla miktarda tüllerle doludur. Boyuna paransimler çok sayıdadır.

Öz ışınları homojen yapıda ve iki ayrı genişliktedir. Tek sıralılar 25 hücre yüksekliğinde ve aralarındaki mesafe düzensiz, geniş olanlar 20 hücreden daha geniş (0.5 – 1.0 mm)

ve birkaç cm yüksekliktedirler. Esas doku kalın çeperli (lümen çapının 1/3'ü kadar) libriform lifleri, lif traheleri ve vasisentrik traheidlerden oluşur.

Kırmızı meşelerde yaz odunu traheleri daha büyük çaplı ve daha az sayıda radyal sıralar oluştururlar. Daimi yeşil meşelerde trahe dağılışı halkalı traheli yapıdan çok, dağınık traheli yapıya benzemekte ve traheler radyal sıralar teşkil etmektedirler (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Şekil 3.3'de denemelerde kullanılan *Quercus petraea* (Sapsız meşe) numunelerinden alınmış enine – radyal ve teğet mikroskobik kesit görünüşleri verilmektedir.



Şekil 3.3: Denemelerde kullanılan *Quercus petraea* (sapsız meşe) numunelerinden alınmış mikroskobik kesit (enine-radyal-teğet) görünüşleri (Foto. Tirak).

3.1.3.3 Fiziksel ve mekanik özellikleri :

Yoğunluk	D_0	: 0.65 g/cm ³
	D_{12}	: 0.69 g/cm ³
Daralma yüzdesi	β_r	: %4.0
	β_t	: %7.8
	β_v	: %12.2
Elastikiyet Modülü		: 11 500 N/mm ²
Eğilme direnci	σ_E	: 86 N/mm ²
Çekme direnci	$\sigma_C //$	: 88 N/mm ²
Basınç direnci	$\sigma_B //$	: 60 N/mm ²
Dinamik eğilme direnci	a	: 0.59 kN/cm (Bozkurt ve Erdin, 2000).

3.1.3.4 Kurutma ve işlenme özellikleri :

Kurutmada şekil değişimleri ve çatlama meydana gelebileceği için çok yavaş bir kurutma uygulanmalıdır. İşlenme özellikleri yıllık halka genişliğine göre değişir. Orta ile şiddetli derecede körleştirme etkisi vardır. Yapıştırılması iyidir. Metallerle temasta mavi renklenme olur. Kolay cilalanabilmektedir. Çivilenme kabiliyeti iyidir. Dermatitis ve astıma neden olabilir (Bozkurt ve Erdin, 2000).

3.1.3.5 Dayanıklılık ve emprenye edilebilme özelliği :

Diri odun az dayanıklı, öz odun dayanıklıdır. Diri Odun *Lyctus* ve *Anabium*'lara karşı hassastır. Odunu su altında daha çok dayanıklıdır. Öz odun çok güç, diri odun kolay emprenye edilir. Tül oluşumu çok az görülen kırmızı meşelerin öz odunları kolay emprenye edilmektedir (Bozkurt ve Erdin, 2000).

3.1.3.6 Kullanış yerleri :

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, araba tekerleği, alet sapları, alkollü madde fiçileri ve travers olarak kullanılır. Dar yıllık halkalar mobilya, tornacılık ve çok değerli kesme kaplama levha yapımında kullanılmaktadır (Bozkurt ve Erdin, 2000).

3.1.4. Kara kavak (*Populus nigra* L.)

Populus cinsinin Kuzey yarım küresinde Kuzey Afrika'dan Arktik bölgeye kadar Kuzey Amerika, Avrupa ve Asya'ya yayılmış bulunan yaklaşık 35 türü bulunmaktadır.

Kavaklar ışık ağaçlarıdır. Hızlı büyürler; akarsu kenarlarında ve dolma arazide iyi gelişirler. Durgun sulu yerlerde, ağır topraklarda iyi gelişme göstermezler. Genelde sığ bir kök sistemi kurmaktadır.

3.1.4.1 Makroskopik özellikler :

Kavak odunu yeni kesildiğinde taze halde genellikle açık renklidir. Kuruduktan sonra bütün kavaklarda öz odununun rengi uçuklaşır. Taze halde hoş gitmeyen, tiksindirici

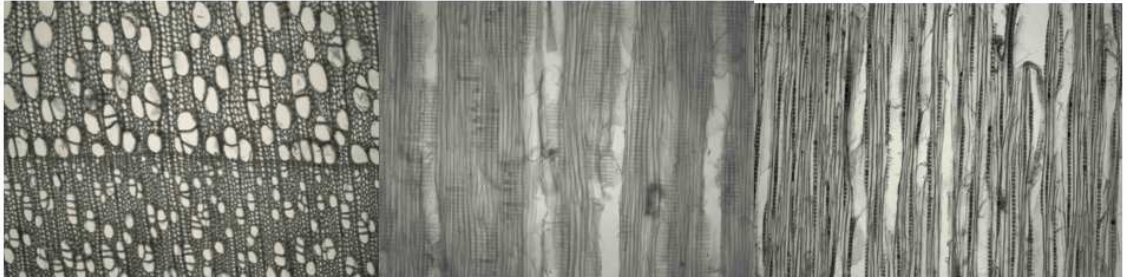
bir koku yaymasına rağmen, kuruduktan sonra bu koku hemen tamamen ortadan kalkar. Kavak odunu genellikle ince veya orta tekstürlü, düzgün lifli bir odundur. Genellikle tekdüze bir yapıya sahiptir. Yıllık halkalarda ilkbahar ve yaz odunları arasında renk bakımından bir fark bulunmamasına karşın, enine kesitte yıllık halkalar kolaylıkla seçilir. Yıllık halka genişlikleri büyük sınırlar içerisinde değişir. Boyuna kesitte yıllık halkalar her zaman kolaylıkla ayırt edilemez (Güler ve ark., 1994).

3.1.4.2 Mikroskopik özellikler :

Dağınık traheli, yıllık halka içerisinde ilkbahar odunundan yaz odununa gittikçe trahelerin sayısında ve çapında yavaş yavaş azalma görülür. Traheler çok sayıda ve mm²'de 100 adet kadar, tek tek, çoğunlukla ilkbahar odununda 2-3 adet, yaz odununda 5-7 adet radyal sıralı, hafif köşelidir. Teğet çapları 80-100 µm kadar, yaz odununda 50 µm'den daha küçüktür. Bazen tüller görülür. Perforasyon tablaları basit tipte, traheler arası geçitler büyük ve çok sayıdadır. Boyuna parانشimler yaz odununda teğet yönde bir sıralı, ya da yıllık halka sınırında devamlı veya kesikli şeritler halinde az miktarda görülür (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Öz ışınlar tek sıralı, yükseklikler çok değişik olup, 3-5 hücre yüksekliğinden 30 hücre yüksekliğe kadar çıkmaktadır. Enine kesitte teğet yöndeki sayıları mm'de 10-12 adet, homojen yapıda, trahelerle öz ışınları arasındaki geçitler büyük ve kenar çeperlerinde görülmektedir. Esas doku ince ve orta kalınlıkta çeperleri olan büyük çaplı libriform liflerden oluşur (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Şekil 3.4'de denemelerde kullanılan kavak numunelerinden alınmış enine – radyal ve teğet mikroskopik kesit görüntüleri verilmektedir.



Şekil 3.4: Denemelerde kullanılan karakavak numunelerinden alınmış mikroskopik kesit (enine-radyal-teğet) görüntüleri (Foto. Tirak).

3.1.4.3 Fiziksel ve mekanik özellikleri :

Yoğunluk	D_0	: 0.41 g/cm ³
	D_{12}	: 0.44 g/cm ³
Daralma yüzdesi	β_r	: %5.2
	β_t	: %8.3
	β_v	: %13.8
E-Mod		: 8 630 N/mm ²
Eğilme direnci	σ_E	: 63 N/mm ²
Çekme direnci	$\sigma_{\text{Ç}} //$	: 75 N/mm ²
Basınç direnci	$\sigma_B //$	: 34 N/mm ²
Dinamik eğilme direnci	a	: 0.49 kN/cm (Bozkurt ve Erdin, 2000).

3.1.4.4 Kurutma ve işlenme özellikleri

Odunu kolay ve çabuk kurutulur. Bunun sebebi, zaten gevşek olan odunun biçme ile daha ince parçalara ayrılması ve neticede rutubetini hızla kaybetmesidir (Güler ve ark. 1994). Ancak, dönüklüğe eğilimi vardır. Özgül ağırlığı az olmasına karşın iyi işlenir. Özellikle çekme odunu oluşmuş malzemede biçme ve işlenme güçtür. Pürüzlü yüzeyler oluşabilir. İyi yapıştırılır, kesilebilir ve soyulabilir. Renklendirme iyi sonuç vermez, boyanma ve cilalanma özellikleri iyidir (Bozkurt ve Erdin, 2000).

3.1.4.5 Dayanıklılık ve empenye edilebilme özelliği

Odunu dayanıksız, mantar ve böceklerle karşı hassastır. Diri odun kolay, öz odun güç empenye edilebilir (Bozkurt ve Erdin, 2000).

3.1.4.6 Kullanış yerleri

Soyma levhalardan kontrplak ve kibrit yapılır. Mobilyada iç kısımlarda, model yapımında ambalaj kutu ve sandıkları, palet, protez yapımında, beton traverslerde selat olarak, yonga levha ve kağıt endüstrisinde kullanılmaktadır (Bozkurt ve Erdin, 2000). Bugün selüloz ve kağıt endüstrisinin kıymetli hammaddesini oluştururlar.

3.2. YÖNTEM

3.2.1. Deneme Örneklerinin Hazırlanması

Bu çalışmada ağaç malzemenin işlenmesi denemelerinde kullanılan karaçam (*Pinus nigra Arnold*), karakavak (*Populus nigra*), Toros sediri (*Cedrus libani A.Rich*) ve sapsız meşe (*Quercus petraea*) tomruklarına ait bilgiler Tablo 3.1’de verilmektedir.

Tablo 3.1: Denemelerde kullanılan tomruklara ait bilgiler

Ağaç Türü	Bölge adı		Yaşı	Çap (cm)	Boy (m)	Kesim Tarihi
Toros sediri <i>Cedrus libani A.Rich</i>	İstanbul	Sarıyer Bahçeköy	75	70	7	Ocak.2004
Karakavak <i>Populus nigra Arnold</i>	Kütahya	Simav Naşa	12	30-35	7	Ağustos.2004
Karaçam <i>Pinus nigra Arnold</i>	Kütahya	Emet	40	70	3	Temmuz.2004
Sapsız meşe <i>Quercus petraea Lieble</i>	İstanbul	Sarıyer Kurtkemer	142	55-60	4 - 2,5	Nisan 2005

Toros sediri numunelerinin hazırlanmasında 1 adet, karakavak numunelerinin hazırlanmasında 6 adet, karaçam numunelerinin hazırlanmasında 4 adet, sapsız meşe numunelerinin hazırlanmasında 2 adet tomruk kullanılmıştır.

Şekil 3.5’de denemelerde kullanılan Toros sediri tomrukları görülmektedir



Şekil 3.5: Denemelerde kullanılan Toros sediri (*Cedrus libani*) tomrukları
(Foto.Sofuoğlu, Sarıyer)

Ağaç malzemenin işlenme özelliklerinin belirlenmesi amacıyla tomruklardan ASTM D 1666 (2004) standardında belirtildiği şekilde keresteler elde edilmiştir. Kerestelerin elde edilmesinde arabalı şerit testere makinesi kullanılmıştır.

Kerestelerden karaçam (*Pinus nigra Arnold*) ve karakavak (*Populus nigra Arnold*) Kütahya'nın Simav ilçesinde, sapsız meşe (*Quercus petraea Lieble*) ve Toros sediri (*Cedrus libani A.Rich*) ise İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi'nde değişmez rutubete gelinceye kadar doğal kurutmaya bırakılmıştır. Kerestelerin zarar görmemesi ve uygun koşullarda kurutulabilmesi için uygun bir mekanda çatalı istif şeklinde istiflenmesi sağlanmıştır. Daha sonra bu keresteler son deney numuneleri haline karaçam ve karakavak Dumlupınar Üniversitesi Simav Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü Araştırma ve Uygulama Atölyesi'nde, sedir ve meşe türleri ise İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü Mobilya ve Ahşap İşleme Atölyesi'nde getirilmiştir. Elde edilen bu numuneler İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi'nde bulunan iklimlendirme odasında % 12 rutubet derecesine ulaşması için % 65 $\pm$ 5 bağıl nemde 20 $\pm$ 2°C'de ağırlığı değişmeyinceye kadar bekletilmiştir. Böylece denemelerde kullanılacak olan numunelerin tümünün eşit rutubette (%12) olması sağlanmıştır.

Şekil 3.6'da ASTM-D 1666 (Reap. 2004)' ya göre keresteden deney numunesi elde edilmesinde kullanılan kesim planı görülmektedir.

3.2.1.2. Planyalama ve Zımparalama İşlemleri İçin Deney Numunelerinin Hazırlanması

Planyalama ve zımparalama deney numuneleri (Şekil 3.6) herbir ağaç türünden standartta belirtildiği şekilde 50' şer adet olarak hazırlanmıştır. Numune boyutları 27 x 102 x 910 mm'dir. Doğal kurutmadan sonra şerit testerede istenilen boyutlara getirilen planyalama-zımparalama deney numuneleri daire testere, planya ve kalınlık makinesi kullanılarak son boyutlarına getirilmiştir. Daha sonra bu numuneler iklimlendirme odasında düzenli bir şekilde istif edilerek % 12 rutubet derecesine ulaşmaları için % 65 $\pm$ 5 nisbi rutubette 20 $\pm$ 2°C'de ağırlığı değişmeyinceye kadar beklemeye alınmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7: İklimlendirme odasında bekletilen planyalama ve zımparalama numuneleri
(Foto.Sofuoğlu, İ.Ü.Orman Fakültesi).

3.2.1.3. Frezeleme, Delik delme ve Zıvana Açma İşlemleri İçin Deney Numunelerinin Hazırlanması

Frezeleme, delik delme ve zıvana açma denemeleri aynı örnekler üzerinde gerçekleştirileceğinden doğal kurutmadan sonra şerit testere yardımıyla kesildikten sonra planya ve kalınlık makinelerinde son boyutlarına getirilmiştir. Numuneler 19 x 76 x 305 mm boyutlarındadır (Şekil 3.6). Numuneler her bir ağaç türü için 50' şer adet olarak hazırlanmıştır. Son olarak frezeleme denemelerine uygun hale gelmesi için gerekli olan kavis şerit testerede elde edilmiştir (Şekil 3.8)

Daha sonra bu numuneler iklimlendirme odasında düzenli bir şekilde istif edilerek % 12 rutubet derecesine ulaşmaları için % 65 $\pm$ 5 bağıl nemde 20 $\pm$ 2°C'de rutubeti değişmeyinceye kadar beklemeye alınmıştır.

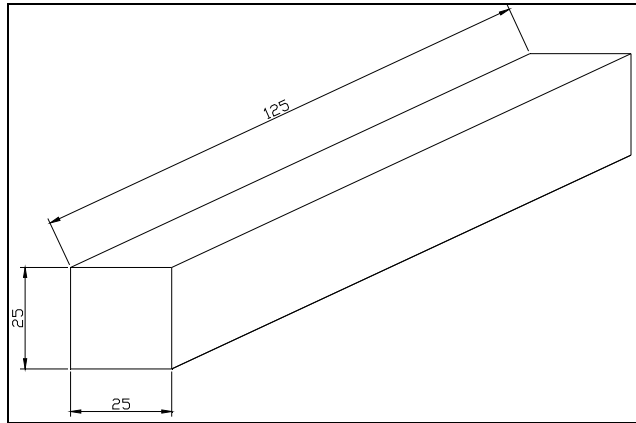


Şekil 3.8 Şerit testerede frezeleme denemelerinde kullanılacak olan kavisin gerçekleştirilmesi
(Foto..Sofuoğlu, İ.Ü. Orman Fak.)

3.2.1.4. Tornalama İşlemleri İçin Deney Numunelerinin Hazırlanması

Tornalama işlemlerinde kullanılacak olan deney numuneleri diğer örneklerin hazırlanmasında olduğu gibi doğal kurutmadan sonra 19 x 19 x 127 mm boyutlarında olmak üzere planya makinesi, kalınlık makinesi ve yatay daire testere makinesi kullanılarak hazırlanmıştır. Deney numuneleri herbir ağaç türünden 50’şer adet olarak elde edilmiştir. Şekil 3.9’da tornalama deney numuneleri görülmektedir.

Daha sonra bu numuneler hava akımı engellenmeyecek şekildeki kutulara yerleştirilerek % 12 rutubete ulaşması için iklimlendirme odasında beklemeye alınmıştır.



Şekil 3.9: Tornalama denemelerinde kullanılacak olan deney numune boyutları

3.3. DENEYLERİN YAPILMASINDA KULLANILAN ALET VE MAKİNELER

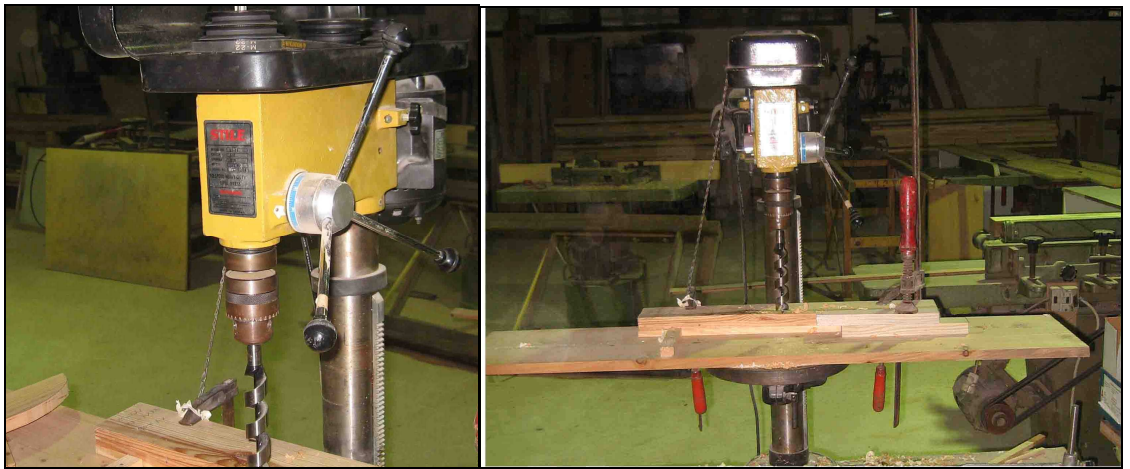
3.3.1. Dikey Delik Matkabı

Delik makinaları (matkaplar) genelde tekli ve çoklu olarak geliştirilmişlerdir. En basitleri tekli dikey delik makinası olup, son yıllarda yatay ve dikey işlemleri istenen genişlik ve aralıkta açılabilen çoklu delik makinaları seri üretimin en önemli parçaları haline gelmiş bulunmaktadır (Kurtoğlu, 2004a).

Delik delme (matkap) makinaları ile delme işleminde esas olarak matkap yönünde itme ve daha sonra çekme işlemi gerçekleştirilmektedir (Kurtoğlu, 2004a).

Dikey tekli matkaplar delik makinalarının en basiti olup, her ağaç işleme atölyesinde delgi işlemleri için kullanılmaktadır. Tekli dikey delik makinası, esasen bir kaide üzerine oturtulmuş bir kolon ve bu kolon üzerinde aşağı – yukarı hareketli tabla ve bir mile bağlı mandren ve matkaptan oluşmaktadır (Kurtoğlu, 2004a).

Çok farklı modelleri olmakla birlikte, çok amaçlı olarak kullanılabilen ve delik delme denemelerinin gerçekleştirilmesinde de kullanılmış olan Stile markalı tek kafalı dikey delik makinası aşağıdaki şekilde (Şekil 3.10) gösterilmektedir.



Şekil 3.10: Denemelerin gerçekleştirilmesinde kullanılan STİLE marka dikey delik delme makinesi (Foto.Sofuoğlu, İ.Ü.Orman Fakültesi)

3.3.2. Zincirli Zıvana Açma Makinesi

Genellikle zincirli delik delme makinası (zincirli freze) kapı kilit ve karşılık yuvalarının, pencere ıspanyolet yuvalarının ve mobilya kilit ve takı malzemelerinin yuvalarının ve zıvana deliklerinin açılmasında kullanılmaktadır (Kurtoğlu, 2004a).

İş parçasının sıkılması zincir sisteminin aşağı – yukarı hareketi özel mekanik sıkma düzenekleriyle olabileceği gibi, pnömatrik – hidrolik kumanda ile de olabilmektedir (Kurtoğlu, 2004a).

Aşağıdaki Şekil 3.11’de İ.Ü.Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Atölyesi’nde bulunan ve zıvana açma denemelerinde kullanılan Kovancı marka zincirli zıvana açma makinesi görülmektedir.



Şekil 3.11: Zıvana açmada kullanılan Kovancı marka zincirli zıvana açma makinesi
(Foto.Sofuoğlu, İ.Ü.Orman Fakültesi)

3.3.3. Yatay (Alt) Freze Makinesi

Bu makine ağaç malzemeye lamba, kuniş, kordon, pah, erkek zıvana, dişi kırılancık kuyruğu, kızak ve kanal açma, kenar şekillendirme ve temizleme gibi çok amaçlı işlemler için kullanılmaktadır. Makinanın motor ve milinin tablanın altında olması nedeniyle alt freze de denilmektedir (Kurtoğlu, 2004a).

Takılan çok çeşitli top ve yıldız bıçaklar vasıtasıyla malzemeye çok değişik şekiller verilmesi mümkün olmaktadır. Bu makinenin en önemli kısımları millere takılarak esas kesiş işlemlerini gerçekleştiren kesici bıçaklar veya freze kafalarıdır (Kurtoğlu, 2004a).

Makinenin başlıca elemanları; tabla (üzerinde siper bağlama ve talaş toplama düzeni ve mil boşluğu bulunur), siper, mil, otomatik sürücü, yardımcı destek, kızaklı gönye siperi şekilde sıralanabilmektedir (İlhan ve ark., 1990).

Şekil 3.12’de denemelerde kullanılan yatay (alt) freze makinesi görülmektedir



Şekil 3.12: Frezeleme denemelerinde kullanılan yatay (alt) freze makinesi
(Foto.Sofuoğlu, İ.Ü.Orman Fakültesi)

3.3.4. Kalınlık Makinesi

Bir yüzü ve bir cumbası planya makinesinde rendelenmiş iş parçalarının, kalınlıklarını ve genişliklerini eşit ve düzgün bir şekilde çıkarmak amacıyla kullanılan bir rendeleme makinesidir. Otomatik sevk düzeni yardımıyla parça besleme hareketi, otomatik olarak yapılmaktadır (İlhan ve ark., 1990).

Kalınlık makinesinin ana elemanları; tabla mil ve bıçaklar, emniyet tırnakları, üst sevk silindirleri, talaş kırıcı, arka baskı kirişi olarak sayılabilmektedir (İlhan ve ark., 1990).

Aşağıdaki Şekil 3.13’de planyalama denemelerinde kullanılan TÖRK marka K500-X250 kalınlık makinesi görülmektedir.

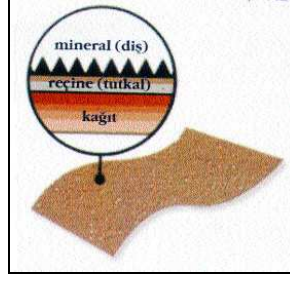


Şekil 3.13: Planyalama denemelerinde kullanılan TÖRK marka K500-X250 model kalınlık makinesi (Foto. Sofuoglu, İ.Ü.Orman Fak.).

3.3.5. Geniş Bant Zımpara Makinesi

Günümüzde mobilya ve ağaç işleri endüstrisinde kullanılan çok çeşitli zımpara makineleri bulunmakta olup, zımpara makinelerini düz yüzeylerin, eğimli yüzeylerin, profilli levhaların ve tornalı ürünlerin zımparalanmasında kullanılan zımpara makineleri olarak sınıflandırmak mümkün olduğu gibi zımpara makinelerini, zımpara kağıdı taşıyıcısının formuna ve zımpara malzemesi ile zımparalanacak malzeme arasındaki hareket ilişkisine bağlı olarak (bandlı, silindirik) sınıflandırmak da mümkündür (Kurtoğlu, 2004b).

Bütün zımparalama makinelerinde kesici eleman olarak zımpara levhası kullanılmaktadır. Bu zımpara levhası, büyütülerek incelendiğinde, levhanın, ince bir taban bandı üzerine yapıştırılmış sivri uçlu sert taneciklerden meydana geldiği görülmektedir (İlhan ve ark., 1990). Zımparayı oluşturan elemanlar aşağıdaki şekilde görülmektedir



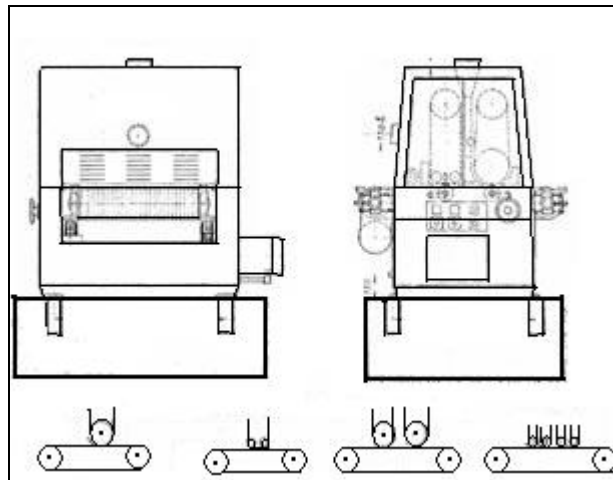
Şekil 3.14: Zımparayı oluşturan elemanlar
(www.standex-tr.com; Kuşcuoğlu ve Sofuoğlu, 2004).

Geniş bantlı zımpara makinelerinin kullanım amacı, silindirik zımpara makineleri ile ulaşabilen hızlarda, yatay bantlı zımpara makinelerinde elde edilen son yüzey işlem kalitesi ile silindirik zımpara makinelerinin ekonomik ölçülendirme ve perdah işlemini bir makinede toplamak suretiyle ulaşmaktır (Kurtoğlu, 2004b).

Bu makinede itme yönü uzun bantlı zımpara makinasının aksine kesiş yönüne paralel veya kesiş (zımpara) yönündedir. Bant genişliği malzeme genişliğinden daha büyüktür (Kurtoğlu, 2004b).

Sonsuz bant en az iki silindir üzerinde dönmektedir. Silindirin biri temas (kontakt) silindiri olup 10-50 cm çapa sahiptir. Üzeri elastik yivli bir katmanla kaplıdır. Genellikle kontakt silindiri baskı pabucu ile techiz edilir. Baskı pabucu adı geçen iki silindir arasında bulunmaktadır (Kurtoğlu, 2004b).

Aşağıdaki şekilde geniş bantlı zımpara makinesi şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 3.15. Geniş bantlı zımpara makinesinin şematik görünüşü ve çeşitli varyasyonları
(Kurtoğlu, 2004b).

Zımparalanacak malzeme sonsuz bantlar veya makaralar üzerinde hareket etmektedir. Bu makineleri sadece alttan veya sadece üstten normal zımparalama ile tek bir yüzey veya çift yüzey de işlem gerçekleştirecek şekilde tasarlanabilmektedir (Kurtoğlu, 2004b).

Geniş bandlı zımpara makineleriyle yüksek ilerleme hızlarında çok sık kesişler yapmak da mümkündür (Kurtoğlu, 2004b).

Şekil 3.16’da zımpara denemelerinde kullanılan kalibre ve kontak geniş bant zımpara makinesi görülmektedir.



Şekil 3.16: Zımpara denemelerinde kullanılan Melkuç Kombi 650 model kalibre ve kontak geniş bant zımpara makinesi (Foto Sofuoğlu, Kartal E.M.L.)

Kaba zımparalama başlıklarında; 50-60 zımpara numaralı, ince zımparalama başlıklarında ise 120 zımpara numaralı bez bandlar kullanılarak 30 m/dak’lık itme hızında bir dönüşte ortalama 0.75 mm’lik kalınlıkta talaş uzaklaştırılabilmektedir.

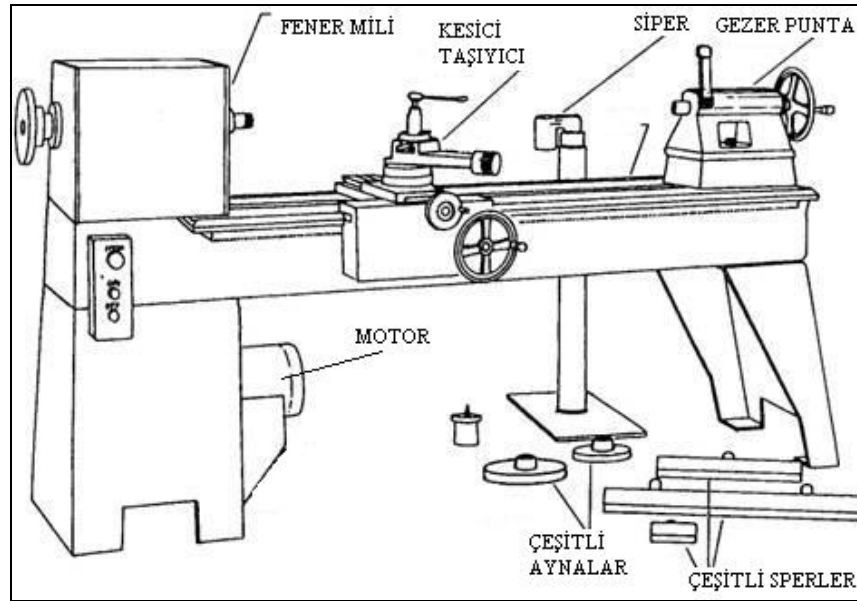
3.3.6. Torna Makinesi

Ağaç malzeme tornalama makineleri özellikle masif ağaç malzemenin işlendiği mobilya endüstrisinde ve yuvarlak şekilli ağaç malzemedен elemanları üreten diğer endüstri dallarında kullanılmaktadır (Kurtoğlu, 2004b).

Tornalanacak ağaç malzeme iki mil (punto) arasına tesbit edilmek suretiyle eksenî etrafında milden aldığı güçle dönerken, şekil verici başlık (kafa) lar ise simetrik olarak tornalama işlemini kesme veya kazıma yöntemleri ile gerçekleştirmektedir (Kurtoğlu, 2004b).

Çalışma sistemleri yönünden diğer şekillendirme makinelerinden farklılık gösteren torna makineleri; her türlü yuvarlak parçaların şekillendirilmesinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bütün makinelerde, kesme işlemi döner kesicilerle gerçekleştirildiği halde torna makinelerinde iş parçası döner, kesiciler elle veya diğer otomatik kavrayıcılar yardımıyla parçaya tutularak çalıştırılmaktadır (İlhan ve ark., 1990).

Aşağıdaki şekilde tornalama makinesinin çalışma prensibi şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 3.17: Torna makinesinde çalışma prensibi (www.waybuilder.net)

Tornalama makineleri çalışma sistemlerine göre iki, yaptıkları işlemlere göre ise dört grupta toplanmaktadır.

- Çalışma sistemlerine göre; elle çalışan tornalama makineleri, otomatik tornalama makineleri

- Yaptıkları işlemlere göre; boy tornalama makineleri, alın tornalama makinesi, burma makinesi, kavela hazırlama (çekme ve ölçülendirme) makinesi.

Tornalama işlemine başlamadan önce hazırlık işlemleri tamamlanıp, işlenecek ağaç türünün özelliklerine, kalınlık ve genişliğine bağlı olarak dönme (devir) hızlarının fener kapağı açılarak ayarlanması gerekmektedir (Kurtoğlu, 2004b).

Şekil 3.18’de denemelerde kullanılmış olan torna makinesi görülmektedir.



Şekil 3.18: Denemelerde kullanılan yarı otomatik torna makinesi (Foto.Sofuoğlu, Simav)

3.4. ÖZGÜL AĞIRLIKLARIN BELİRLENMESİ

Deney numunesi hazırlanmasında kullanılan 32 x 140 x 1400 mm boyutlarındaki kerestelerin uç kısımlarından, deney numunesinde kullanılan her bir keresteden dörder adet olmak üzere 30 x 30 x 40 mm boyutlarında özgül ağırlık ölçümü için numuneler alınmıştır. Alınan bu numuneler numaralandırıldıktan sonra % 12 rutubet miktarına ulaşması için iklimlendirme odasına yerleştirilmiştir. Burada ağırlığı değişmeyinceye kadar bekletildikten sonra Mettler Toledo PB602 marka elektronik terazi ile 0,01 gr hassasiyette tartıldıktan sonra 0,01 mm hassasiyetli Mitutoyo Absolute Digimatic marka dijital kumpasla boyutları ölçülmüştür.

Elde edilen boyutla ilgili üç ölçüm ve ağırlık miktarı MS Excel’e veri olarak girilmiştir. Daha sonra her bir numunenin özgül ağırlığı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır. Ayrıca herbir keresteden alınan dört numunenin ortalama hava kurusu (%12 rutubet

miktarındaki) özgül ağırlığı hesaplanmıştır. Bu değerler ağaç malzemenin işleme özelliklerinin özgül ağırlığa etkisini incelemek amacıyla kullanılmak üzere değerlendirilmiştir. Özgül ağırlık hesaplanmasında kullanılan formüller şu şekildedir (Bozkurt ve Göker, 1987).

$$D_0 = \frac{W_0}{V_0} \quad (3.1)$$

$$D_{12} = \frac{W_{12}}{V_{12}} \quad (3.2)$$

D_0 = Tam kuru özgül ağırlık (gr/cm³)

W_0 = Tam kuru rutubetteki ağırlık (gr)

V_0 = Tam kuru rutubetteki hacim (cm³)

D_{12} = Hava kurusu rutubetteki (%12) özgül ağırlık (gr/cm³)

W_{12} = Hava kurusu rutubetteki (%12) ağırlık (gr)

V_{12} = Hava kurusu rutubetteki (%12) hacim (cm³)

Ayrıca bu elli keresteden elde edilen değerlerin ortalaması alınarak kullanılan ağaç türlerine ait ortalama özgül ağırlık miktarları belirlenmiştir.

3.5. BİRİM MESAFEDEKİ YILLIK HALKA SAYISININ BELİRLENMESİ

Özgül ağırlıkların belirlenmesinde kullanılan %12 rutubet miktarındaki deney numunelerinde ASTM D-1666 (Reap.2004) standardında belirtildiği şekilde birim mesafedeki yıllık halka sayısı ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Birim mesafe standartta belirtildiği şekilde 2,54 cm (1 inch) olarak alınmıştır. Yıllık halkalara dik bir şekilde çizilen 2,54 cm boyundaki bir çizgi üzerinde yıllık halkalar büyüteç ve lup yardımıyla sayılmıştır.

Ölçüm esnasında yıllık halkaların tesbitinde güçlüklerle karşılaşıldığında yıllık halkalar ıslandırılarak ilkbahar ve yaz odununda daha net bir fark ve görüntü belirlenmiş ve sayım gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen veriler MS Excel programına aktarılarak ve gerekli formüller hücrelere girilerek her bir deney numunelerinin elde edileceği keresteler için ortalama birim mesafedeki yıllık halka sayısı ve her bir ağaç türü için birim mesafedeki ortalama yıllık halka sayısı belirlenmiştir.

3.6. DENEMELERİN YAPILMASI

3.6.1. Planyalama Denemelerinin Yapılması

Planyalama denemeleri İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Mobilya ve Ahşap İşleme Atölyesi'nde bulunan TÖRK marka K500-X250 model kalınlık makinesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Makine besleme hızı kayış-kasnak sistemiyle değiştirilebilmekte ve iki farklı hıza ayarlanabilmektedir. Makine bıçak topuna en fazla 4 adet planya bıçağı takılabilmektedir. Aşağıdaki tablodaki işleme koşulları elde edilebilmektedir.

Tablo 3.2: TÖRK marka K500-X250 kalınlık makinesinde elde edilen koşullar

Kesiş tipi	Besleme hızı (metre/dakika)	Bıçak sayısı	Birim mesafedeki bıçak izi sayısı (2,54 cm)
1	8,6	4	12
2	18	4	6
3	8,6	2	6
4	18	2	3

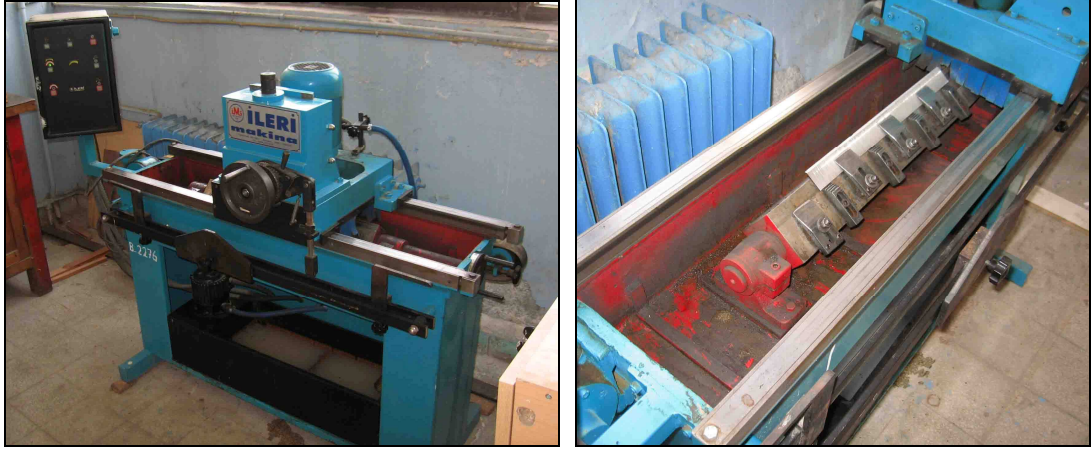
25x102x910 mm boyutlarındaki herbir ağaç türünden hazırlanan % 12 rutubet miktarındaki 50'şer adet deney numunesi çeşitli koşullar altında planyalama işlemine tabi tutulmuştur. Her bir numuneye besleme yönü işaretlenmiş ve bütün kesiş tiplerinde besleme yönünün aynı olması sağlanmıştır. Denemeler numunelerin sadece bir yönünde gerçekleştirilmiştir. Standartta (ASTM D-1666) belirtildiği şekilde bütün kesişlerde kesiş derinliğinin eşit olarak 1,6 mm olması için kalınlık makinesinde kesiş yüksekliği ayarlanmıştır. Kesicinin keskinliğinden deney numunelerinin eşit şekilde etkilenmesi için deney numuneleri her bir ağaç türünden 10'ar adet olmak üzere değiştirilerek işlemenin her ağaç türü için eşit şartlarda gerçekleştirilmesi sağlanmıştır.

Tablo 3.3'de planyalama denemelerinin gerçekleştirildiği koşullar, bileme ve kesiş açıları verilmektedir.

Tablo 3.3: Planyalama denemelerinin gerçekleştirildiği koşullar

Kesiş tipleri	Besleme hızı (m/dak)	Bıçak sayısı	Birim mesafedeki (2,54 cm) bıçak izi sayısı	Bileme açısı	Kesiş açısı
1	8,6	4	12	45 ⁰	25 ⁰
2	18	4	6	45 ⁰	25 ⁰
3	8,6	4	12	45 ⁰	15 ⁰
4	8,6	4	12	45 ⁰	20 ⁰

Planya bıçaklarının bileme açılarının bilenmesi işlemleri Sultanahmet Endüstri Meslek Lisesi Atölye'sinde bulunan İLERİ MAKİNA markalı planya bıçağı bileme makinesinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.19).



Şekil 3.19: Planya bıçağında bileme açısının elde edilmesi
(Fotoğraf. Sofuoğlu, Sultanahmet E.M.L.)

Kesiş açısını değiştirmek amacıyla planya bıçağının kesiş açısının arka yüzeyine standartta belirtildiği şekilde pah (açı) verilmesi işlemi ise Dumlupınar Üniversitesi Simav Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü Atölyesi'nde bulunan bileme makinesine (yatay taşlama tezgahı) çok yönlü, açılı mengene takılarak ve bu mengeneye ise planya bıçağı yerleştirilerek bileme işlemi gerçekleştirilmiştir. Komparatör yardımıyla planya bıçağının uygun yerleştirilmesi sağlanmıştır. Şekil 3.20'de komparatör yardımıyla planya bıçağının yerleştirilmesi, Şekil 3.21'de ise planya bıçağının tersten bilenerek istenen kesiş açısının elde edilmesi görülmektedir.



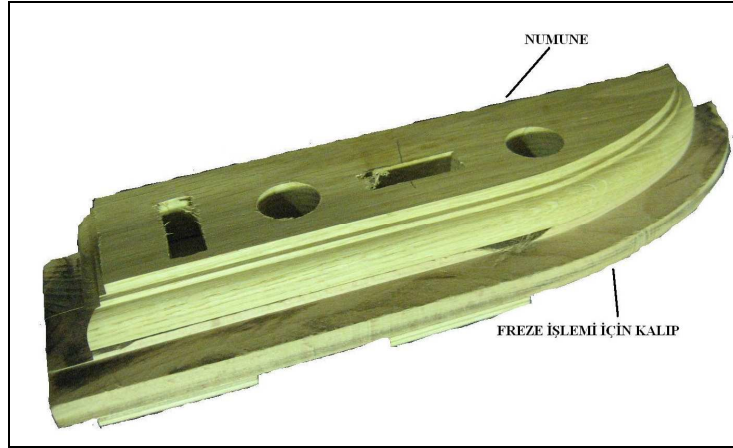
Şekil 3.20: Komparatör yardımıyla planya bıçağının yerleştirilmesi
(Foto.Sofuoğlu, D.P.Ü.,S.T.E.F.)



Şekil 3.21: Planya bıçağının tersten bilenerek kesiş açısının elde edilmesi
(Foto.Sofuoğlu, D.P.Ü.,S.T.E.F.)

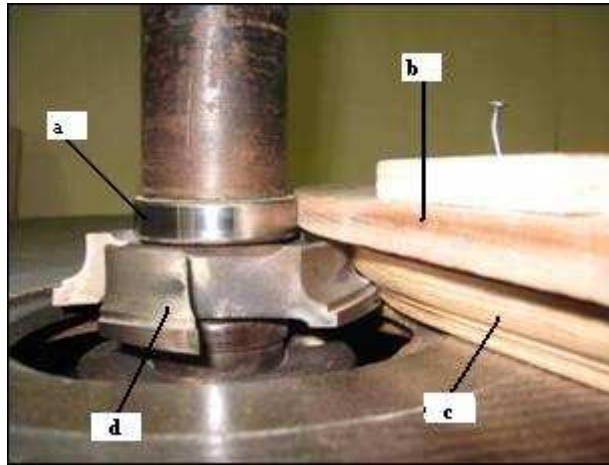
3.6.2. Frezeleme Denemelerinin Yapılması

Frezeleme denemeleri İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Atölyesi'nde bulunan SABRİ YAMAN marka yatay freze makinesinde gerçekleştirilmiştir. Makine bıçak dönme hızı 6400 devir/dakika'ya ayarlanmış, dönme hızı dijital devir ölçer yardımıyla kontrol edilmiştir. İşlenmemiş deney numunesinden eşit kalınlıkta talaş kaldırılabilmesi ve güvenli bir işlem gerçekleştirilebilmesi için masif ağaç malzemeden kalıp hazırlanmıştır (Şekil 3.22).



Şekil 3.22: Frezeleme işleminde kullanılan masif kalıp (Foto.Sofuoğlu)

Kalıbın kullanılabilmesi için iç çapı kesicinin iç çapına eşit ve aynı zamanda yatay freze mil çapına eşit döner rulman kullanılmış ve bu rulmana kalıp dayandırılarak frezeleme işleminin güvenli ve standarttaki profile uygun bir şekilde gerçekleştirilmesi sağlanmıştır (Şekil 3.23).



Şekil 3.23: Frezeleme işleminin gerçekleştirilmesi (Foto.Sofuoğlu).
(a-rulman, b-kalıp, c-deney numunesi ve d-kesici bıçak)

Şekil 3.24’de freze işlemi uygulanmış (standartta belirtilen şekilde profil verilmiş) ve freze işlemi uygulanmadan önceki deney numunesi görülmektedir.



Şekil 3.24: Frezeleme işlemi uygulanmamış (A) ve freze işlemi uygulanmış (B) deney numunesi (Foto.Sofuoğlu)

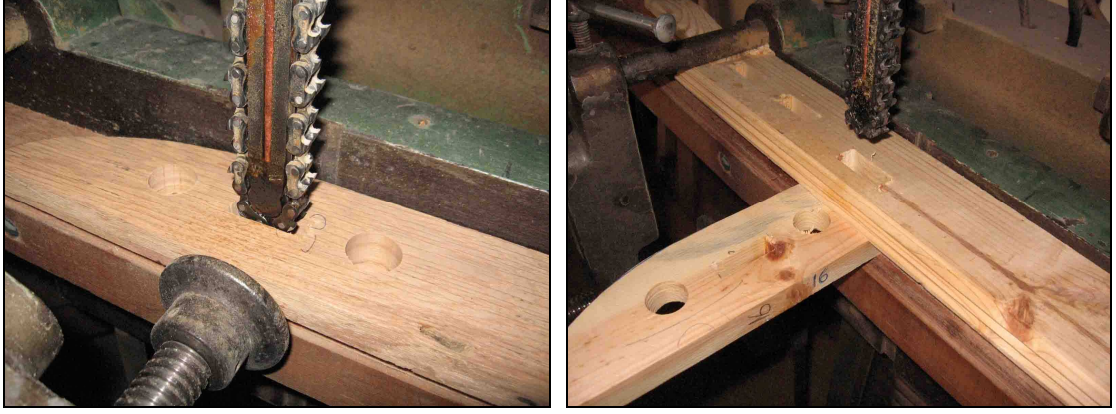
Kesicinin keskinliğinden deney numunelerinin eşit şekilde etkilenmesi için deney numuneleri 10'ar adet olmak üzere değiştirilerek frezeleme işleminin gerçekleştirilmesi sağlanmıştır.

3.6.3. Zıvana Açma Denemelerinin Yapılması

Zıvana açma işlemi İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Mobilya ve Ahşap İşleme Atölyesi'nde bulunan KOVANCI marka zincirli zıvana açma makinesinde gerçekleştirilmiştir. Zıvana açma işlemleri delik delme ve frezeleme işlemlerinde kullanılmış olan deney numuneleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Zıvana açma işlemi esnasında numunelerin sabit bir durumda bulunması ve her bir numunede aynı yerlerden zıvana deliğinin açılması için Şekil 3.25' de görülen kalıplar kullanılmıştır. İşleme elle beslemeli olarak gerçekleştirilmiştir.

Her bir deney numunesine liflere paralel ve liflere dik olmak üzere iki adet zıvana deliği açılmıştır. Şekil 3.25'de liflere paralel ve liflere dik zıvana açma işlemi görülmektedir.



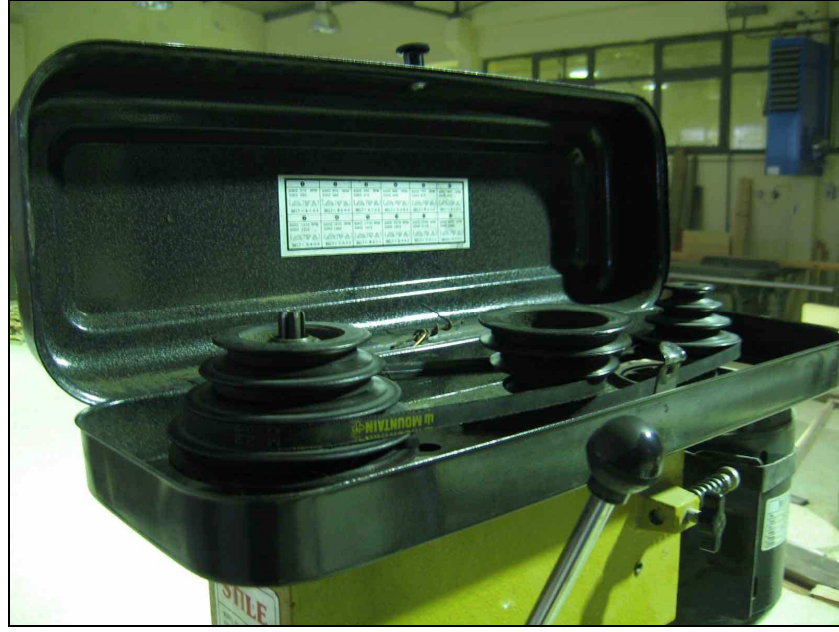
Şekil 3.25: Liflere paralel ve liflere dik zıvana açma işlemi ve kullanılan kalıplar
(Foto.Sofuoğlu)

Kesicinin daima keskin olarak kullanılmasına dikkat edilmiş ve numunelerin kesici keskinliğinden eşit olarak etkilenmesi için numuneler herbir ağaç türünden 10’ar adet olmak üzere değiştirilerek zıvana açma işlemine tabi tutulmuştur.

3.6.4. Delik Delme Denemelerinin Yapılması

Delik delme işlemi İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Mobilya ve Ahşap İşleme Atölyesi’nde bulunan STİLE marka dikey delik matkabı ile gerçekleştirilmiştir.

Dönme hızı standartta daha yüksek belirtilmesine rağmen kesicide aşırı ısınmanın meydana gelmesi ve talaş sıkışmasından dolayı en uygun hız olan yaklaşık 1400 devir/dakikaya ayarlanmıştır. Devir hızı makina üzerinde bulunan kayış-kasnak mekanizması yardımıyla düzenlenmiştir (Şekil 3.26). Devir hızının makine üzerinde gösterilen tablodaki değerle aynı olup olmadığı dijital devir ölçer yardımıyla ölçülerek kontrol edilmiştir.



Şekil 3.26: Dikey delik makinesinde devir sayısının ayarlanmasında kullanılan kayış - kasnak mekanizması (Foto. Sofuoğlu, İ.Ü.Orman Fak.)

İlk olarak tek helisli Sandvik marka delik matkabı ile 25 mm çapında delik açılmıştır. Deliğin her parça için aynı yerde açılabilmesi için kalıp kullanılmıştır. Kesicinin keskinliğinden eşit derecede etkilenmesi için deney numuneleri herbir ağaç türünden 10'ar adet olmak üzere değiştirilerek delme işleminin gerçekleştirilmesi sağlanmıştır.

Daha sonra Bosch marka çift helisli delik matkabı ile 26 mm çapında delik açılmıştır.. Yine tek spiralli delik delme işleminde olduğu gibi deliğin her parça için aynı yerde bulunması için kalıp kullanılmıştır. Kesicinin keskinliğinden eşit derecede etkilenmesi için deney numuneleri 10'ar adet olmak üzere değiştirilerek delme işleminin gerçekleştirilmesi sağlanmıştır.

Şekil 3.27'de delme işleminde kullanılan tek spiralli ve çift spiralli delik matkap uçları görülmektedir.



Tek spiralli Sandvik marka 25 mm çaplı ahşap işlemede kullanılan delik matkabı ucu



Çift spiralli Bosch marka 26 mm çaplı ahşap işlemede kullanılan delik matkabı ucu

Şekil 3.27: Delme işleminde kullanılan matkap uçları (Foto.Sofuoğlu).

Şekil 3.28’ de delik delme işlemi uygulama esnasında görülmektedir.



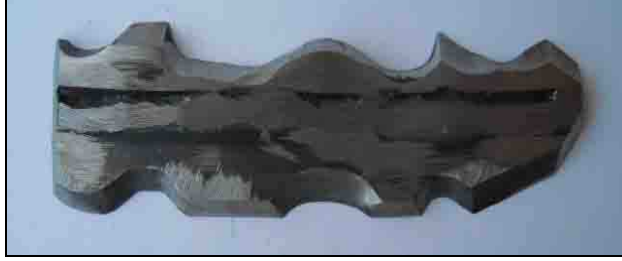
Şekil 3.28: Delik delme işleminin deney numunesi üzerinde gerçekleştirilmesi (Foto.Sofuoğlu)

3.6.5. Tornalama Denemelerinin Yapılması

Tornalama denemeleri Kütahya’nın Simav ilçesinde bulunan yarı otomatik tornalama tezgahında gerçekleştirilmiştir.

Denemelerde kullanılan kesici standartta belirtildiği şekilde profil verilerek Dumlupınar Üniversitesi Simav Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü Araştırma ve Uygulama Atölyesi’nde imal edilmiştir.

Şekil 3.29’da tornalama denemelerinde kullanılan yüksek hız çeliği (HSS)’nden imal edilmiş kesici görülmektedir. Şekil 3.30’de ise tornalama esnasında kesici bıçak ve tornalanan numune görülmektedir.



Şekil 3.29: Tornalama denemelerinde kullanılan kesici (Foto.Sofuoğlu)



Şekil 3.30: Tornalama işleminin gerçekleştirilmesi (Foto.Sofuoğlu)

Torna makinesinin dönme hızı yaklaşık 2000 devir/dakika olarak ayarlanmış ve dönme hızının kontrolü dijital devir ölçer yardımı ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.31).



Şekil 3.31: Torna tezgahının devir sayısının dijital devir ölçer yardımı ile tespit edilmesi (Foto.Sofuoğlu)

Tornalama denemelerinde kesici keskinliğinden her ağaç türünün eşit derecede etkilenmesi için deney numuneleri her ağaç türü için 10'ar adet olmak üzere değiştirilerek işleme gerçekleştirilmiştir.

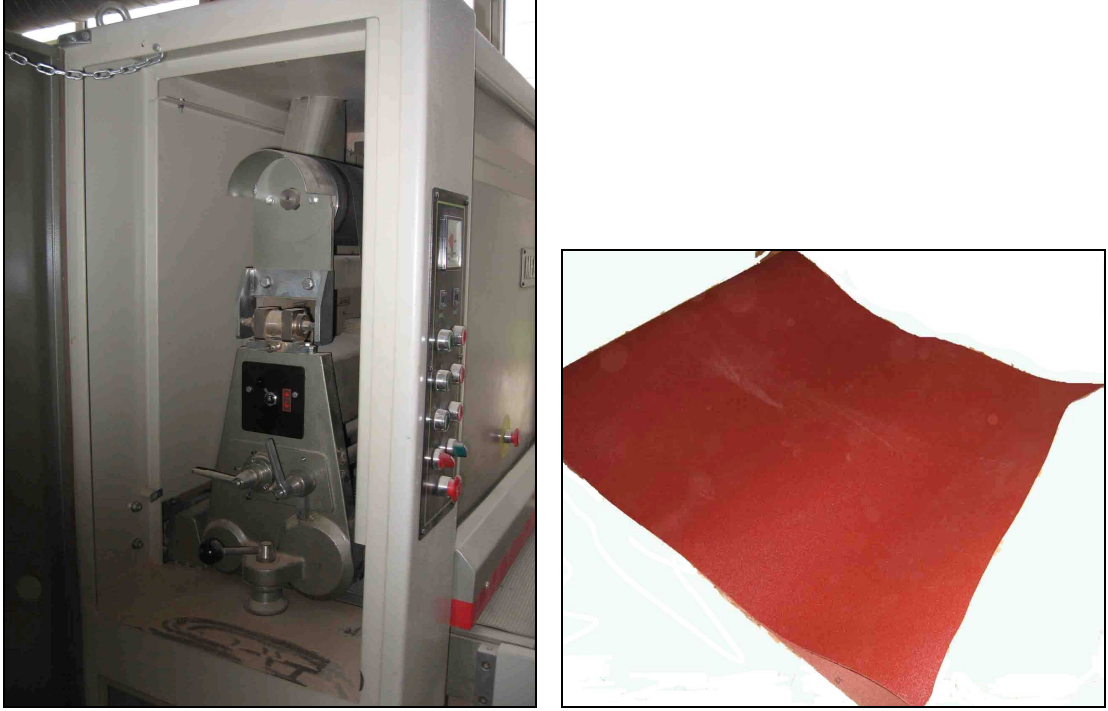
3.6.6. Zımparalama Denemelerinin Yapılması

Zımparalama denemeleri Kartal Şehit Öğretmen H. Ağırman Anadolu Teknik Lise ve Endüstri Meslek Lisesi Mobilya ve Dekorasyon Bölümü Atölyesi'nde gerçekleştirilmiştir.

Zımpara denemelerinde Melkuç markalı Kombi 650 model kalibre ve kontak geniş bant zımpara makinesi kullanılmıştır. Zımpara kesme hızı 5.5 m/dak' ya ayarlanmıştır. Standartta belirtildiği şekilde makineye ilkönce 80 numaralı zımpara bandı takılmış ve daha önce planyalama denemelerinde kullanılmış olan 20x102x910 mm boyutlarındaki örnekler zımparalanmış daha sonra zımpara bandı değiştirilerek 120 numaralı zımpara bandı takılmış ve bütün örnekler tekrar zımparalama işlemine tabi tutulmuştur.

Zımpara bandı keskinliğinden bütün örneklerin eşit etkilenmesi amacıyla örnekler karışık şekilde makineye verilmiştir.

Şekil 3.32'de kalibre ve kontak geniş bant zımpara makinesinin zımpara bandı takma mekanizması ve zımpara işleminde kullanılan 650x1900 mm boyutlarındaki zımpara bandı görülmektedir.



Şekil 3.32: Kalibre ve kontak geniş bant zımpara makinesinin zımpara bandı takma mekanizması ve kullanılan zımpara bandı (Foto. Sofuoğlu, Kartal E.M.L.)

3.7. DEĞERLENDİRMEDE KULLANILAN ALET VE YÖNTEMLER

3.7.1 İşlenme Özelliklerinin Belirlenmesi

İşlenme özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan denemeler ve değerlendirmeler ASTM D 1666-2004 esaslarına göre yürütülmüştür. İşlenme özellikleri kapsamında planyalama, frezeleme, delik delme, zıvana açma ve zımparalama işlemlerini kapsamıştır.

Ağaç türlerine ait deneme örneklerinin rutubet miktarlarının % 12 olması sağlanmıştır.

Yapılan işlemler sonrası örneklerin değerlendirilmesi belirli bir açı ile verilen ışık altında görsel ve dokunmalı olarak ASTM D 1666 (2004) standardında belirtilen tavsiye, kurallar ve skalalara göre değerlendirilmiş işlenme kusurlarının bulunup bulunmaması, miktarı ve büyüklüğü gibi özelliklerine dayandırılarak değerlendirilmiş ve standartta belirtildiği şekilde aşağıdaki Tablo 3.4’de görüldüğü gibi 5 kalite sınıfına ayrılmıştır.

Tablo 3.4: İşlenme özellikleri kalite sınıfları

Kalite sınıfları	Özelliği
1. Sınıf	Kusursuz, mükemmel
2. Sınıf	İyi, az kusurlu
3. Sınıf	Orta, normal
4. Sınıf	Kötü
5. Sınıf	Çok kötü

Her bir işlenme denemesi için işlenme özelliklerinin belirlenmesinde ASTM D- 1666 (2004) standardında belirtilen esaslara göre Tablo.3.5'deki kalite sınıfları değerlendirmeye alınmıştır

Tablo 3.5: İşlenme özelliklerine ait kabul edilebilir kalite sınıflandırmaları

İşleme türü	Kalite sınıfları
Planyalama	1. sınıf ve 2. sınıf (Kusursuz ve az kusurlu örnekler)
Frezeleme	1. sınıf ve 2. sınıf (Kusursuz ve az kusurlu örnekler)
Zıvana açma	1. sınıf , 2. sınıf ve 3. sınıf (Kusursuz, az kusurlu ve orta (normal kusurlu)örnekler)
Delik delme	1. sınıf ve 2. sınıf (Kusursuz ve az kusurlu örnekler)
Tornalama	1. sınıf ve 2. sınıf (Kusursuz ve az kusurlu örnekler)
Zımparalama	1. sınıf (Kusursuz örnekler)

İşlenen numunelerin yukarıdaki tablolara göre değerlendirilmesinden sonra, türlerin işlenme özellikleri, oranlara dayandırıldığı kalite sınıfı ve sınıflarındaki örnek sayıları kullanılarak aşağıdaki formüle göre değerlendirilmiştir. Kesici izleri değerlendirmede kusur olarak göz önüne alınmamıştır.

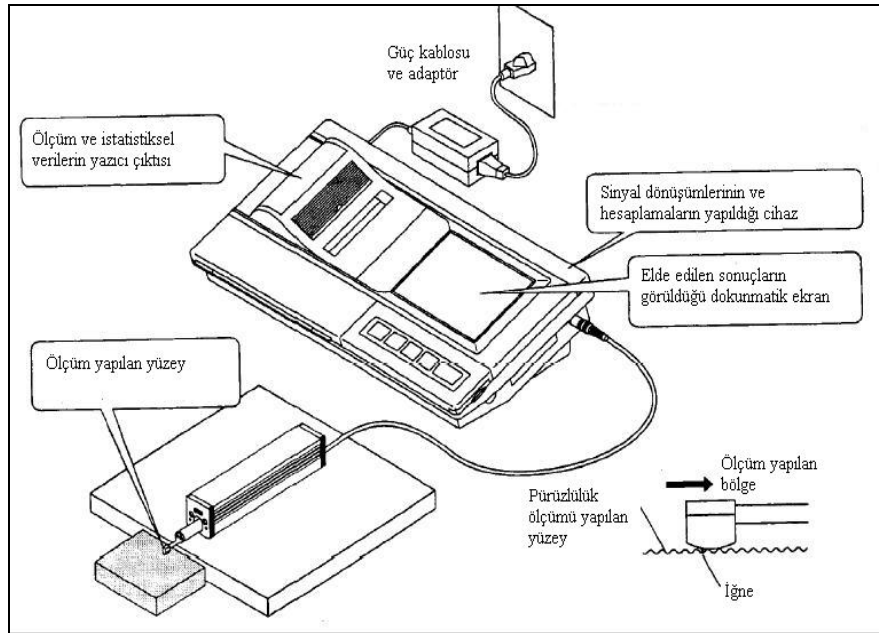
$$\text{Kalite yüzde oranı (\%)} = \frac{\text{Kalite sınıfına ait örneklerin sayısı (adet)}}{\text{Değerlendirilen toplam örnek sayısı (adet)}} \times 100 \quad (3.2)$$

3.7.2 Yüzey Pürüzlülüğünün Belirlenmesi

Yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesinde TS 6956 EN ISO 4287, TS 971 ve TS 2495 EN ISO 3274'de belirtilen esaslara uyularak ölçümler gerçekleştirilmiştir. Yüzey pürüzlülük değerlerinin belirlenmesi için dokunmalı iğne taramalı yonteme göre ölçme işlemini gerçekleştiren ve ardışık profil değişimini ölçebilen Mitutuyo Surfjet SJ 301 tipi yüzey pürüzlülük ölçme cihazı kullanılmıştır.

Ölçmeler liflere paralel ve liflere dik olmak üzere iki farklı yönde gerçekleştirilmiştir. Örneklemme uzunluğu (sınır dalga boyu) = 2,5 mm olarak alınmış değerlendirme uzunluğu (tarama uzunluğu) $L_t = 12.5$ mm olarak seçilmiştir. Yüzey pürüzlülük değerleri ± 0.01 μm hassasiyetle ölçülmüştür. Alet ölçme hızı 10 mm/dak. ölçüm iğnesi çapı 4 μm ve iğne ucu 90° olarak seçilmiştir. Ölçme ortamı gürültü kaynaklarından uzakta tutulmuş, aletin yerleştirildiği masanın titreşimsiz olmasına dikkat edilmiştir. Tarama iğnesi ucu hücre boşluklarına takıldığında ölçüm tekrar edilmiştir. Ayrıca ortam sıcaklığının 18-22 $^\circ\text{C}$ arasında olmasına özen gösterilmiştir. Alet, ölçme öncesi kalibre edilmiş ve kalibrasyonu belirli aralıklarla kontrol edilmiştir.

Şekil 3.33'de pürüzlülük ölçümlerinde kullanılan Mitutoyo Surftest SJ-301 marka ve modelli yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı görülmektedir.



Şekil 3.33: Mitutoyo Surftest SJ 301-yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı

Şekil 3.34'de yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı ile meşede liflere dik ölçüm yapılırken görülmektedir.



Şekil 3.34: Mitutoyo SurfTest SJ 301-yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı ile meşe’de liflere dik ölçüm (Foto Sofuoğlu, İ.Ü.Orman Fakültesi)

3.8. KULLANILAN İSTATİSTİKİ YÖNTEMLER

Elde edilen verilerin istatistiksel açıdan değerlendirilmesinde ve grafiklerin elde edilmesinde Microsoft Excel 2003’ün istatistiksel fonksiyonlarından ve SPSS (Statistical Package for The Social Science) 11,0 versiyon istatistik programından yararlanılmıştır.

Özgül ağırlık ve birim mesafedeki yıllık halka sayılarının değerlendirilmesinde istatistiksel olarak aritmetik ortalama ve standart sapmadan yararlanılmıştır.

Ağaç malzemenin işlenmesinde ASTM D-1666 no’lu standartta göre planyalama, frezeleme, zıvana açma, delik delme, tornalama ve zımparalama işlemlerinin değerlendirilmesinde frekans dağılımlarından yararlanılmıştır.

Pürüzlülük sonuçlarının değerlendirilmesinde korelasyon analizi, üç yönlü varyans analizi (ANOVA) ve ölçüm yönlerine göre pürüzlülük değerleri arasında anlamlı bir farkın olup olmadığını araştırmak amacıyla bağımsız örneklerin t-testi de uygulanmıştır. Sonuçlar tablolar ve grafikler halinde verilmiştir.

4. BULGULAR

Çalışmada elde edilen bulgular iki bölümde değerlendirilmiştir. Bunlar;

- Özgül ağırlık ve birim mesafedeki yıllık halka sayılarına ait bulguları içeren denemelerde kullanılan ağaç malzemenin yapısına ait bulgular,
- İşleme kusurlarına göre değerlendirmeye ait bulguları ve pürüzlülük ölçüm sonuçlarına göre elde edilen bulguları içeren ağaç malzemeyi işlemede yüzey kalitesine ait bulgular olarak sınıflandırılabilir.

İşleme kusurlarına ait bulgular; ağaç malzemenin işlenme özellikleri ASTM D 1666 – 87 (2004) no’lu standartta göre değerlendirilen planyalama, frezeleme, zıvana açma, delik delme, tornalama ve zımparalamaya ait bulguları içermektedir.

ASTM D-1666 no’lu standarta göre değerlendirilen işleme özelliklerinden planyalama ve zımparalama deney numunelerinde liflere paralel ve liflere dik pürüzlülük ölçümleri de gerçekleştirilmiş ve elde edilen bulgular pürüzlülük ölçüm sonuçlarına göre elde edilen bulgular başlığı altında verilmiştir.

Elde edilen bulgular ve istatistiksel değerlendirmeler tablolar ve grafikler şeklinde sunulmuştur.

4.1. KULLANILAN AĞAÇ MALZEMENİN YAPISINA AİT BULGULAR

Ağaç malzemenin yapısına ait bulgular içerisinde özgül ağırlık miktarları ve standartta belirtildiği şekilde birim mesafedeki (2,54 cm) yıllık halka sayılarına ait bulgular değerlendirilmiştir.

Özgül ağırlık ve birim mesafedeki yıllık halka sayıları için ASTM D-1666 no’lu standartlarda belirtildiği şekilde her bir numune için 4’er adet olmak üzere her bir ağaç

türü için 2x2x3 cm boyutlarında 189 adet örnek alınmış, toplamda dört ağaç türü için yaklaşık 800 adet örnek kullanılmıştır. Ölçümler iklimlendirme odasında % 12 rutubet derecesine getirilmiş numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Özgül ağırlık ve birim mesafedeki yıllık halka sayısı için aynı örnekler kullanılmıştır.

Çalışmamızda yıllık halka sayısı ile özgül ağırlık arasında ilişkiyi aramak amacıyla korelasyon analizi yapılmıştır (Tablo 4.1).

Tablo 4.1: Korelasyon analizi sonuçları

		Yıllık halka sayısı	Özgül ağırlık
Yıllık halka sayısı	Pearson correlation	1	0,815
	İki yönlü anlamlılık	,	0

** Korelasyon %1 düzeyinde anlamlıdır.

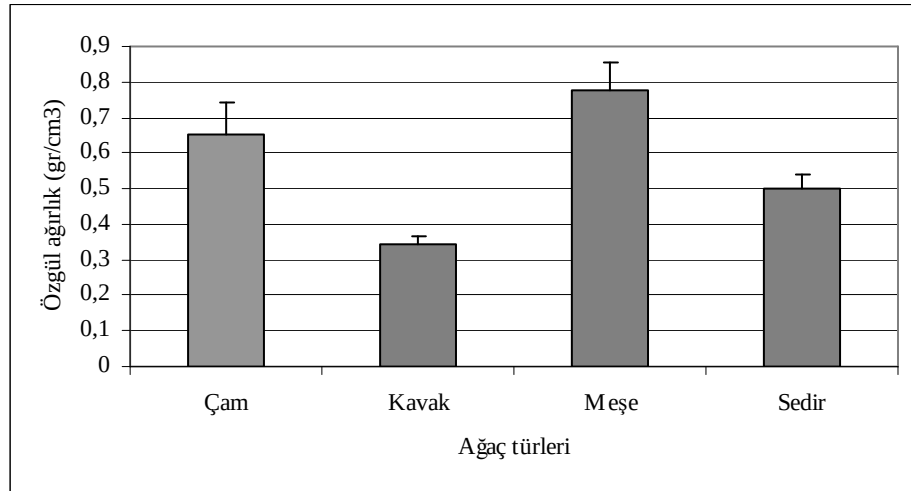
Analiz sonucuna göre ortalama yıllık halka sayısı ile ortalama özgül ağırlık miktarları arasında kuvvetli ($r = 0,815$) pozitif bir ilişki bulunmaktadır.

4.1.1. Özgül Ağırlık Miktarları İle İlgili Bulgular

Ağaç türüne göre özgül ağırlık ortalamalarında anlamlı bir fark olup olmadığını araştırmak amacıyla $\alpha: 0.05$ anlamlılık düzeyinde tek yönlü varyans analizi (ANOVA) yapılmıştır. Tablo 4.1 ve Şekil 4.2’de ağaç türlerine göre ortalama özgül ağırlık miktarları ve standart sapmaları (grafikte sütunların üzerinde) verilmektedir.

Tablo 4.2: Ağaç türlerine göre ortalama özgül ağırlık miktarları ve standart sapmaları

Ağaç türü	Aritmetik ortalama	Standart sapma	N
Çam	0,6526	0,09178	46
Kavak	0,3412	0,02342	49
Meşe	0,7767	0,07636	46
Sedir	0,5019	0,03966	48
Toplam	0,5638	0,17567	189



Şekil 4.1: Ağaç türlerine göre ortalama özgül ağırlık miktarları ve standart sapmaları

Tablo 4.3’de Levene’nin hata varyansı eşitlik tablosu görülmektedir.

Tablo 4.3: Levene’nin hata varyanslarının eşitliği tablosu

Bağımlı değişken: Özgül ağırlık

F	df1	df2	Sig.
20,504	3	185	0,000

Varyans homojenliğini test sonucuna göre Sig:0.000 olduğu için varyansların homojen olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu amaçla gruplar arasında anlamlı bir farkın olup olmadığının araştırılmasında Tamhane 2 testi kullanılarak gruplar arası farklılaşma incelenmiştir (Tablo 4.4).

Tablo 4.4: Ağaç türleri özgül ağırlıklarına ait varyans analizi

Bağımlı değişken: Özgül ağırlık

Kaynak	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi (df)	Kareler ortalaması	F	Anlamlılık (Sig.)	Belirtme katsayısı (r^2)
Ağaç türü	5,060	3	1,687	420,667	0,000	0,872
Hata	0,742	185	0,004			
Düzeltilmiş toplam	5,802	188				

Varyans analizi sonucuna göre ağaç türlerine ait özgül ağırlık miktarlarında Sig:0.000 olduğu için anlamlı bir fark bulunmaktadır. Belirtme katsayısı (Partial Eta squared) değerinde görüldüğü gibi ağaç türlerinin etkisinin 0.872 olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4.5’de ağaç türlerine göre özgül ağırlık miktarlarının alt ve üst sınır değerleri verilmektedir.

Tablo 4.5: Ağaç türlerine göre özgül ağırlık miktarlarının alt ve üst sınır değerleri (%95 güven aralıklarına göre)

Bağımlı değişken: Özgül ağırlık				
Ağaç türü	Aritmetik ortalama	Standart hata	%95’lik Güven Aralıkları	
			Alt sınır değeri	Üst sınır değeri
Çam	0,653	0,009	0,634	0,671
Kavak	0,341	0,009	0,323	0,359
Meşe	0,777	0,009	0,758	0,795
Sedir	0,502	0,009	0,484	0,520

Ağaç türlerine göre özgül ağırlıkların %95 güven düzeyinde alt ve üst sınır değerlerine bakıldığında her bir ağaç türüne ait alt ve üst sınır değerleri birbirleriyle kesişmemekte ve bu durum 4 farklı ağaç türünün ayrı gruplar halinde gösterilebileceğine dair ip uçları vermektedir.

Varyanslar homojen olmadığı için ağaç türlerine göre ortalama özgül ağırlık miktarları arasında anlamlı bir fark olup olmadığı Tamhane 2’ye göre incelenmiştir (Tablo 4.6).

Tablo 4.6: Ağaç türlerine göre özgül ağırlık miktarları için Tamhane 2 testi sonuçları, çoklu karşılaştırmalar

	Ağaç türü (I)	Ağaç türü (J)	Ortalama farkı (I-J)	Standart hata	Anlamlılık (Sig.)	%95'lik güven aralıkları	
						Alt sınır değer	Üst sınır değer
Tamhane	Çam	Kavak	0,3114	0,01394	0,000	0,2732	0,3496
		Meşe	-0,1241	0,01760	0,000	-0,1715	-0,0767
		Sedir	0,1507	0,01469	0,000	0,1108	0,1907
	Kavak	Çam	-0,3114	0,01394	0,000	-0,3496	0,2732
		Meşe	-0,4355	0,01175	0,000	-0,4676	-0,4034
		Sedir	-0,1607	0,00663	0,000	-0,1786	-0,1427
	Meşe	Çam	0,1241	0,01760	0,000	0,767	-0,1715
		Kavak	0,4355	0,01175	0,000	0,4034	0,4676
		Sedir	0,2749	0,01263	0,000	0,2406	0,3091
	Sedir	Çam	-0,1507	0,01469	0,000	-0,1907	-0,1108
		Kavak	0,1607	0,00663	0,000	0,1427	0,1786
		Meşe	-0,2749	0,01263	0,000	-0,3091	-0,2406

Tamhane 2 sonuçlarına göre çam ve kavak türü arasındaki özgül ağırlık miktarlarına ait sig. değeri 0.000 olduğu için çam ve kavak ağaç türü arasında özgül ağırlık miktarı bakımından anlamlı bir fark bulunmaktadır. Ancak çamın özgül ağırlık miktarı ortalaması, kavaktan $0,3114 \text{ gr/cm}^3$ daha yüksektir. Ancak meşenin özgül ağırlık miktarı ortalaması ise çamdan $0,1241 \text{ gr/cm}^3$ daha yüksektir. Çam ve sedir arasında ise, sedirin özgül ağırlık miktarı ortalaması çam ağaç türünün özgül ağırlık miktarı ortalamasından daha düşüktür. Kavak ile meşe özgül ağırlık ortalamaları arasında ise bu fark daha yüksektir. Bu sonuçlar 4 farklı ağaç türünün özgül ağırlık miktarları ortalamalarına göre farklı gruplarda yer alacağını göstermektedir (Tablo 4.7).

Tablo 4.7: Özgül ağırlık miktarlarına göre alt gruplar

Ağaç türü	N	Alt küme			
		1	2	3	4
Kavak	49	0,3412			
Sedir	48		0,5019		
Çam	46			0,6526	
Meşe	46				0,7767

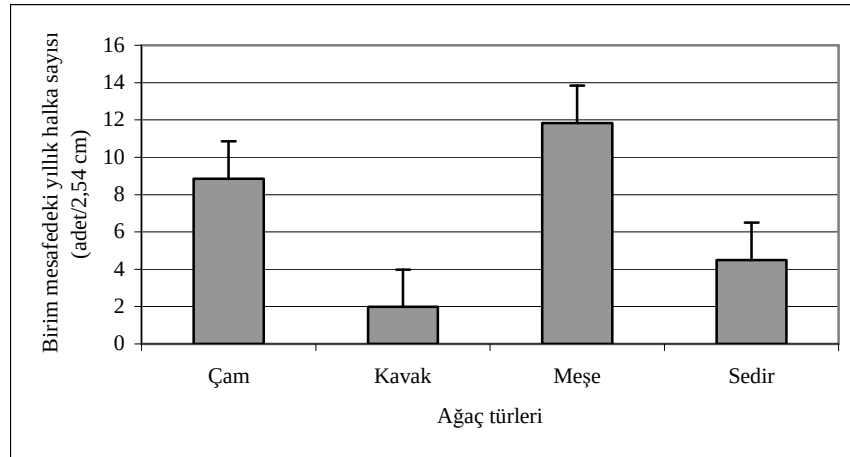
Homojen altkümelerdeki gruplardaki ortalamalar gösterilmiştir

4.1.2. Birim Mesafedeki Yıllık Halka Sayıları İle İlgili Bulgular

Ağaç türlerine göre birim mesafedeki yıllık halka sayılarında anlamlı bir fark olup olmadığını araştırmak amacıyla α : 0,05 anlamlılık düzeyinde tek yönlü varyans analizi (ANOVA) yapılmıştır. Tablo 4.8 ve Şekil 4.2’de ağaç türlerine göre birim mesafedeki ortalama yıllık halka sayıları ve standart sapmaları (grafikte sütunların üzerinde) verilmektedir.

Tablo 4.8: Ağaç türlerinin birim mesafedeki yıllık halka sayıları ortalamaları ve standart sapmaları

Ağaç türü	Aritmetik ortalama	Standart sapma	N
Çam	8,8517	2,25920	47
Kavak	1,9829	0,43481	49
Meşe	11,8365	2,16697	48
Sedir	4,4923	1,37370	48
Toplam	6,7551	4,19482	192



Şekil 4.2: Ağaç türlerinin birim mesafedeki yıllık halka sayı ortalamaları ve standart sapmaları

Tablo 4.9’de Levene’in hata varyansı eşitlik testi tablosu görülmektedir.

Tablo 4.9: Levene’in hata varyansı eşitlik testi tablosu

Bağımlı değişken: Yıllık halka sayısı			
F	df1	df2	Sig.
25,079	3	188	0,000

Varyans homojenliği test sonucuna göre Sig:0.000 olduğu için varyansların homojen olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu amaçla gruplar arasında anlamlı bir farkın olup

olmadığının araştırılmasında Tamhane 2 testi kullanılarak gruplar arası farklılaşma incelenmiştir (Tablo 4.10).

Tablo 4.10: Konular arası etkileşim tablosu

Bağımlı değişken: Yıllık halka sayısı						
Kaynak	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi (df)	Kareler ortalaması	F	Anlamlılık (Sig.)	Belirtme katsayısı (r^2)
Ağaç türü	2807,685	3	935,895	318,026	0,000	0,835
Hata	553,251	188	2,943			
Düzeltilmiş toplam	3360,936	191				

Varyans analizi sonucuna göre Sig:0.000 olduğu için ağaç türlerine göre yıllık halka sayısında anlamlı bir fark bulunmaktadır. Belirtme katsayısı (Partial Eta Squared) değerine bakıldığında ağaç türlerinin etkisinin 0.835 olduğu görülmektedir. Tablo 4.11’de %95 güven düzeyine göre ağaç türlerine göre birim mesafedeki yıllık halka sayılarının alt ve üst sınır değerleri verilmektedir.

Tablo 4.11: Ağaç türlerine göre birim mesafedeki yıllık halka sayılarının alt ve üst sınır değerleri

Ağaç türü	Aritmetik ortalama	Standart hata	%95’lik güven aralıkları	
			Alt sınır değer	Üst sınır değer
Çam	8,852	0,250	8,358	9,345
Kavak	1,983	0,245	1,499	2,466
Meşe	11,836	0,248	11,348	12,325
Sedir	4,492	0,248	4,004	4,981

Ağaç türlerine göre yıllık halka sayılarının %95 güven aralıklarına göre her bir ağaç türüne ait alt ve üst sınır değerleri birbirleriyle kesişmemektedir. Bu sonuç 4 farklı ağaç türünün ayrı gruplar halinde gösterilebileceğine dair ip uçları vermektedir. Varyanslar homojen olmadığı için ağaç türlerine göre yıllık halka sayılarında anlamlı bir fark olup olmadığı Tamhane 2’ye göre incelenmiştir (Tablo 4.12).

Tablo 4.12: Ağaç türlerine göre birim mesafedeki yıllık halka sayıları için Tamhane 2 testi sonuçları, çoklu karşılaştırmalar (*% 5 düzeyinde ortalama farklılığı anlamlıdır)

	Ağaç türü (I)	Ağaç türü (J)	Ortalama farkı (I-J)	Standart hata	Anlamlılık (Sig.)	%95'lik güven aralıkları	
						Alt sınır değer	Üst sınır değer
Tamhane	Çam	Kavak	6,8688	0,33534	0,000	5,9497	7,7880
		Meşe	-2,9848	0,45434	0,000	-4,2062	-1,7633
		Sedir	4,3594	0,38459	0,000	3,3204	5,3984
	Kavak	Çam	-6,8688	0,33534	0,000	-7,7880	-5,9497
		Meşe	-9,8536	0,31888	0,000	-10,7266	-8,9806
		Sedir	-2,5094	0,20778	0,000	-3,0760	-1,9428
	Meşe	Çam	2,9848	0,45434	0,000	1,7633	4,2062
		Kavak	9,8536	0,31888	0,000	8,9806	10,7266
		Sedir	7,3442	0,37033	0,000	6,3450	8,3434
	Sedir	Çam	-4,3594	0,38459	0,000	-5,3984	-3,3204
		Kavak	2,5094	0,20778	0,000	1,9428	3,0760
		Meşe	-7,3442	0,37033	0,000	-8,3434	-6,3450

Tamhane 2 sonuçlarına göre çam ve kavak türü arasında birim mesafedeki yıllık halka sayılarına göre sig:0.000 olduğu için aralarında anlamlı bir fark bulunmaktadır. Ancak çam ağaç türünün birim mesafedeki yıllık halka sayısı ortalaması, kavak ağaç türünden 6,8688 adet/2,54 cm daha yüksektir. Ancak meşenin birim mesafedeki yıllık halka sayısı ortalaması ise çamın birim mesafedeki yıllık halka sayısından 2,9848 adet/2,54 cm daha yüksektir. Çam ve sedir arasında da ise birim mesafedeki yıllık halka sayısı ortalaması çam da daha yüksektir. Kavak ile meşe arasında ise bu farkın daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu sonuçlarda 4 farklı ağaç türünün birim mesafedeki yıllık halka sayısı ortalamalarına göre farklı gruplarda yer alacağını göstermektedir.

Tablo 4.13'de birim mesafedeki yıllık halka sayılarına göre oluşan alt kümeler tablo halinde görülmektedir.

Tablo 4.13: Birim mesafedeki yıllık halka sayılarına göre alt kümeler ($\alpha = 0, 05$)

Ağaç türü	N	Altküme			
		1	2	3	4
Kavak	49	1,9829			
Sedir	48		4,4923		
Çam	47			8,8517	
Meşe	48				11,8365

4.2. AĞAÇ MALZEMEYİ İŞLEMEDE YÜZEY KALİTESİNE AİT BULGULAR

4.2.1 İşleme Kusurlarına Göre Değerlendirme İle İlgili Bulgular

İşleme kusurları ile ilgili bulguların değerlendirilmesi ASTM D 1666 – 87 (Reapproved 2004) standardında belirtildiği şekilde gerçekleştirilmiştir. Aşağıda ağaç malzemenin işlenmesi ile ilgili planyalama, frezeleme, zıvana açma, delik delme, tornalama ve zımparalama işlemleri ile ilgili elde edilen bulgular verilmektedir.

4.2.1.1 Planyalama Özellikleri İle İlgili Bulgular

Ağaç türlerine ait planyalama özellikleri ASTM D-1666 standartında belirtildiği şekilde işleme kusurlarının bulunup bulunmamasına göre değerlendirilmiştir. Adı geçen standarda göre planyalama işleminde kusursuz (1.sınıf) ve az kusurlu (iyi, 2.sınıf) örnekler kabul edilebilir olarak belirtilmiştir. Tablo 4.14’de çeşitli besleme hızlarında (buna bağlı olarak çeşitli bıçak izi sayılarında) ve kesiş açılarında gerçekleştirilen planyalama işleminde elde edilen sonuçlar, 1.ve 2.sınıf toplamı olan kabul edilebilir örnek yüzdeleri ile 3., 4. ve 5. sınıfların toplamı olan kabul edilmeyen örnek yüzdeleri verilmektedir.

Tablo 4.14: Planyalama işleminde ağaç türlerine göre, çeşitli planyalama koşullarında elde edilen sonuçlar (1.sınıf: Kusursuz, 2.sınıf: Az kusurlu, 3.sınıf: Orta derecede kusurlu, 4.sınıf: Kötü, 5.sınıf: Çok kötü)

Ağaç Türü	Kalite sınıfları	1.tip keşiş %	2.tip keşiş %	3.tip keşiş %	4.tip keşiş %	Ortalama %
Karaçam	1.sınıf	54,0	16,3	57,1	36,4	41,0
	2.sınıf	30,0	38,8	30,7	38,6	34,5
	3.sınıf	12,0	32,7	12,2	22,7	19,9
	4.sınıf	2,0	12,2	-	2,3	4,1
	5.sınıf	2,0	-	-	-	0,5
	1+2 sınıf	84,0	55,1	87,8	75,0	75,5
	3+4+5.sınıf	16,0	44,9	12,2	25,0	24,5
	N	50	49	49	44	-
Karakavak	1.sınıf	86,0	42,0	67,3	64,0	64,8
	2.sınıf	8,0	28,0	24,5	22,0	20,6
	3.sınıf	6,0	30,0	8,2	14,0	14,6
	4.sınıf	-	-	-	-	-
	5.sınıf	-	-	-	-	-
	1+2. sınıf	94,0	70,0	91,8	86,0	85,4
	3+4+5.sınıf	6,0	30,0	8,2	14,0	14,6
	N	50	50	49	50	-
Sapsız meşe	1.sınıf	98,0	62,0	86,0	93,5	84,9
	2.sınıf	2,0	24,0	12,0	6,5	11,1
	3.sınıf	-	12,0	2,0	-	3,5
	4.sınıf	-	2,0	-	-	0,5
	5.sınıf	-	-	-	-	-
	1+2 sınıf	100,0	86,0	98,0	100,0	96,0
	3+4+5.sınıf	0,0	14,0	2,0	0,0	4,0
	N	50	50	50	46	-
Toros sediri	1.sınıf	24,0	10,4	26,1	22,4	20,7
	2.sınıf	46,0	14,6	47,8	32,7	35,3
	3.sınıf	28,0	35,4	13,0	26,5	25,7
	4.sınıf	2,0	29,2	13,1	18,4	15,7
	5.sınıf	-	10,4	-	-	2,6
	1+2 sınıf	70,0	25,0	73,9	55,1	56,0
	3+4+5.sınıf	30,0	75,0	26,1	44,9	44,0
	N	50	48	46	49	-

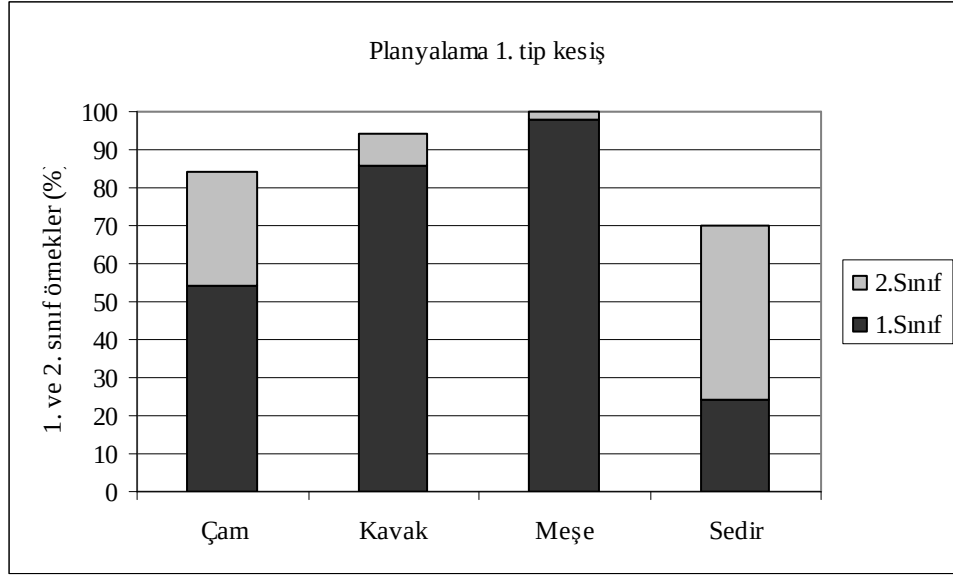
1.tip keşiş: 8,6 m/dak besleme hızında 12 adet/2,54 bıçak izi sayısında, 25° keşiş açısında

2. tip keşiş: 18 m/dak besleme hızında 6 adet/2,54 bıçak izi sayısında, 25° keşiş açısında

3. tip keşiş: 8,6 m/dak besleme hızında 12 adet/2,54 bıçak izi sayısında, 15° keşiş açısında

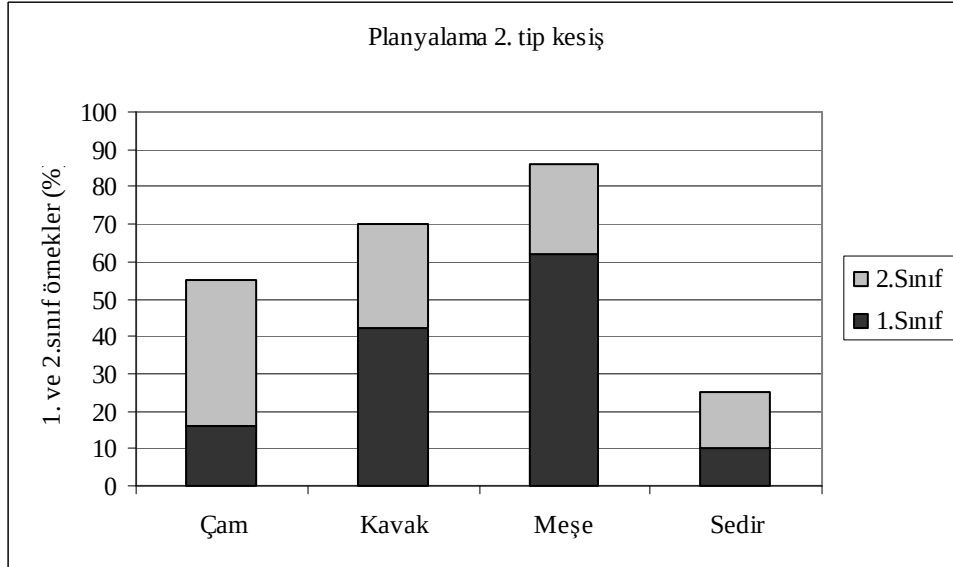
4. tip keşiş: 8,6 m/dak besleme hızında 12 adet/2,54 bıçak izi sayısında, 20° keşiş açısında

Şekil 4.3’de planyalama 1. keşiş işlemi tipinde, Şekil 4.4’de planyalama 2. keşiş işlemi tipinde, Şekil 4.9’de planyalama 3. keşiş işlemi tipinde ve Şekil 4.10’da planyalama 4. keşiş işlemi tipinde ağaç türlerinin kabul edilebilir (kusursuz ve iyi) yüzey kalitesine sahip örnek yüzdeleri grafiksel olarak verilmektedir.



Şekil 4.3: Planyalama 1. tip keşiş işleminde ağaç türlerinin kabul edilebilir (kusursuz ve iyi) yüzey kalitesine sahip örnek yüzdeleri

Planyalama 1. keşiş koşullarında (8,6 m/dak besleme hızında 12 adet/2,54 bıçak izi sayısında, 25° keşiş açısında) gerçekleştirilen işlemede Şekil 4.3’de görüldüğü gibi kabul edilebilir (kusursuz ve iyi) örnek, en yüksek yüzde (%100) olarak meşede görülmüş, onu kavak (%94), çam (%84) takip etmiş, en düşük olarak sedir (%70) bulunmuştur. Sedirde diğer ağaç türlerinden farklı olarak 1.sınıf örnek yüzdesi (%24), ikinci sınıf örnek yüzdesinden (%46) daha düşüktür. Sedir de sadece %24’lük kısım işleme kusurları açısından kusursuz olarak kabul edilmiştir.



Şekil 4.4: Planyalama 2. tip keşiş işleminde ağaç türlerinin kabul edilebilir (kusursuz ve iyi) yüzey kalitesine sahip örnek yüzdeleri

Planyalama 2. tip kesiş koşulunda (18 m/dak besleme hızında 6 adet/2,54 bıçak izi sayısında, 25° kesiş açısında) gerçekleştirilen işlemede Şekil 4.4’de görüldüğü gibi kabul edilebilir (kusursuz ve iyi) örnek yüzdesi en yüksek (%86) olarak meşede görülmüş, onu kavak (%70), çam (%55,1) takip etmiş, en düşük olarak sedir (%25) bulunmuştur. Besleme hızının arttırıldığı (8,6 m/dak’dan 18 m/dak’ya) bu işleme koşulunda, yapılan planyalama işlemleri arasında bütün ağaç türlerinde en kötü yüzeyler (işleme kusurlarının en fazla bulunduğu) meydana gelmiştir.

Şekil 4.5’de kavak ağaç türünde, Şekil 4.6’da meşede, Şekil 4.7’de sedirde ve Şekil 4.8’de çamda planyalamada 2.tip kesiş işleminde ortaya çıkan yongalı liflilik kusuru görülmektedir.



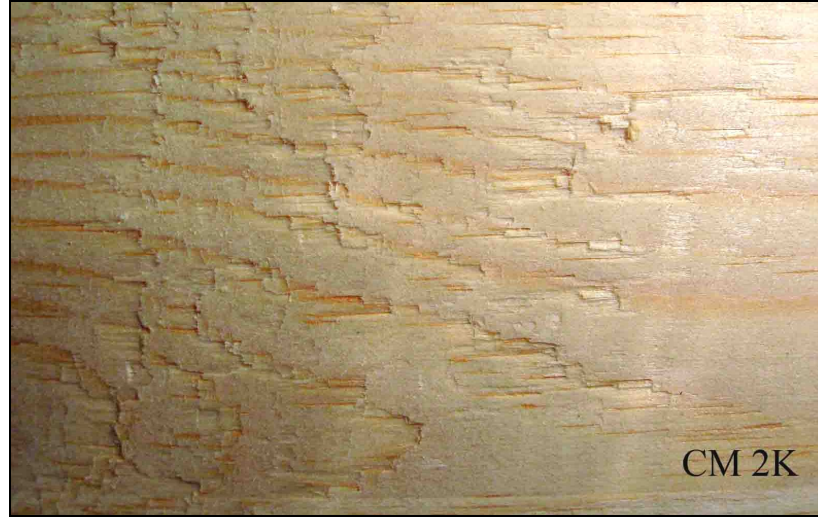
Şekil 4.5: Kavak 2. kesiş işlemi tipinde meydana gelen yongalı liflilik kusuru (Foto.Sofuoğlu)



Şekil 4.6: Meşe 2. kesiş işlemi tipinde meydana gelen yongalı liflilik kusuru (Foto.Sofuoğlu)

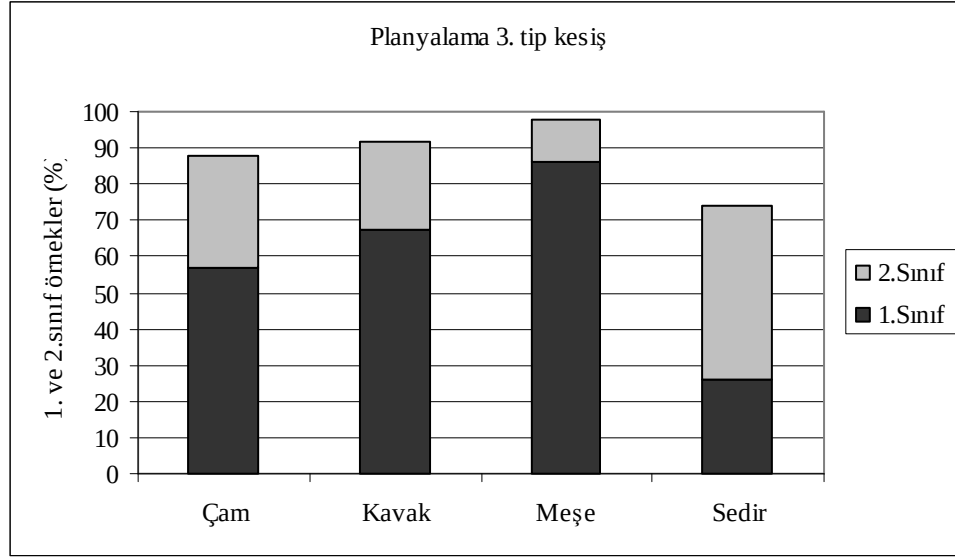


Şekil 4.7: Sedir 2. kesiş işlemi tipinde meydana gelen yongalı liflilik kusuru (Foto.Sofuoğlu)



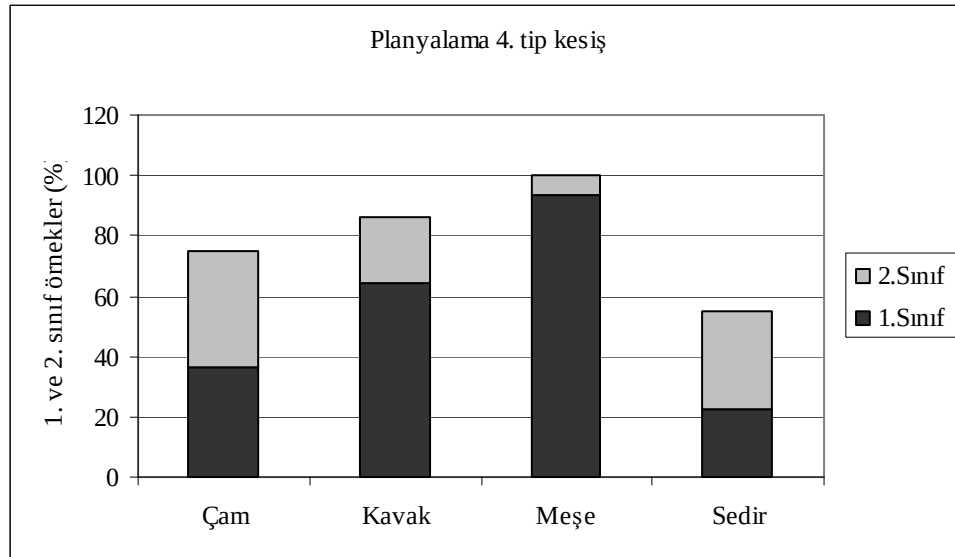
Şekil 4.8: Çam 2. kesiş işlemi tipinde meydana gelen yongalı liflilik kusuru (Foto.Sofuoğlu)

Şekil 4.9’de planyalama 3. tip kesiş işleminde ağaç türlerinin kabul edilebilir (kusursuz ve iyi) yüzey kalitesine sahip örnek yüzdeleri grafik olarak verilmiştir.



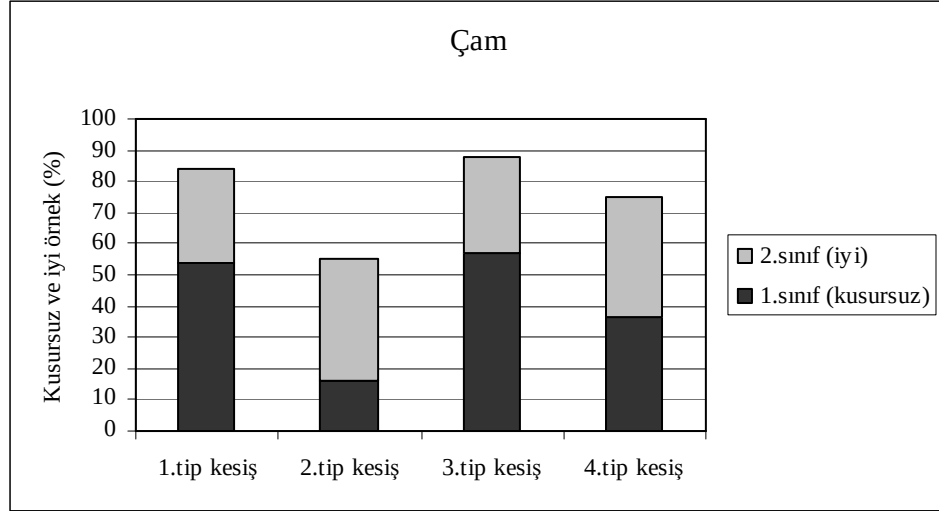
Şekil 4.9: Planyalama 3. tip kesiş işleminde ağaç türlerinin kabul edilebilir (kusursuz ve iyi) yüzey kalitesine sahip örnek yüzdeleri

Planyalama 3. tip kesiş koşulunda (8,6 m/dak besleme hızında 12 adet/2,54 bıçak izi sayısında, 15° kesiş açısında) gerçekleştirilen işlemede Şekil 4.9’da görüldüğü gibi kabul edilebilir (kusursuz ve iyi) örnek yüzdesi en yüksek (%98) olarak meşede görülmüş, onu kavak (%91,8), çam (%87,8) takip etmiş, en düşük olarak sedir (%73,9) bulunmuştur. Sedirde diğer ağaç türlerinden farklı olarak 1.sınıf örnek yüzdesi (%26,1), ikinci sınıf örnek yüzdesinden (%47,8) daha düşüktür. Sedirde sadece %26,1’lik kısım işleme kusurları açısından kusursuz olarak kabul edilmiştir.



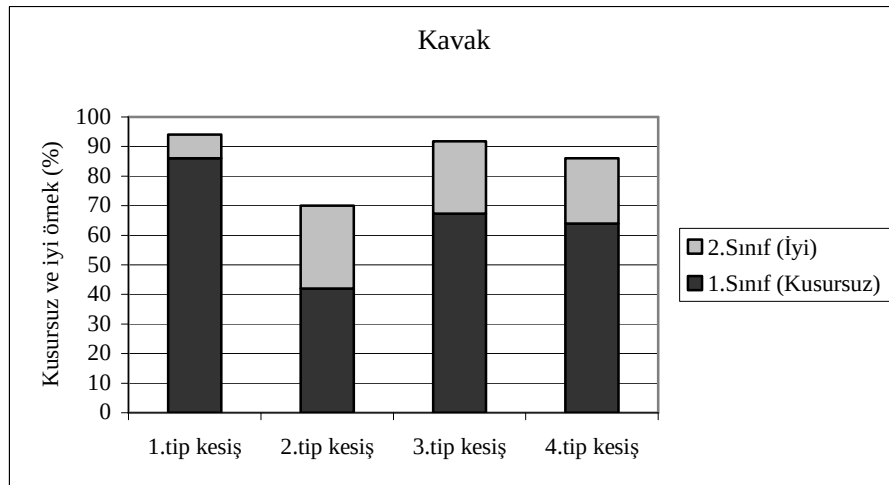
Şekil 4.10: Planyalama 4. tip kesiş işleminde ağaç türlerinin kabul edilebilir (kusursuz ve iyi) yüzey kalitesine sahip örnek yüzdeleri

Planyalama 4. tip kesiş koşulunda (8,6 m/dak besleme hızında 12 adet/2,54 bıçak izi sayısında, 20° kesiş açısında) gerçekleştirilen işlemede Şekil 4.10'da görüldüğü gibi kabul edilebilir (kusursuz ve iyi) örnek yüzdesi en yüksek (%100) olarak meşede görülmüş, onu kavak (%86), çam (%75) takip etmiş, en düşük olarak sedir (%55,1) bulunmuştur. Meşe de 1. sınıf örnek yüzdesi (93,1), kabul edilebilir kısmın (%100) büyük çoğunluğunu oluşturmaktadır.



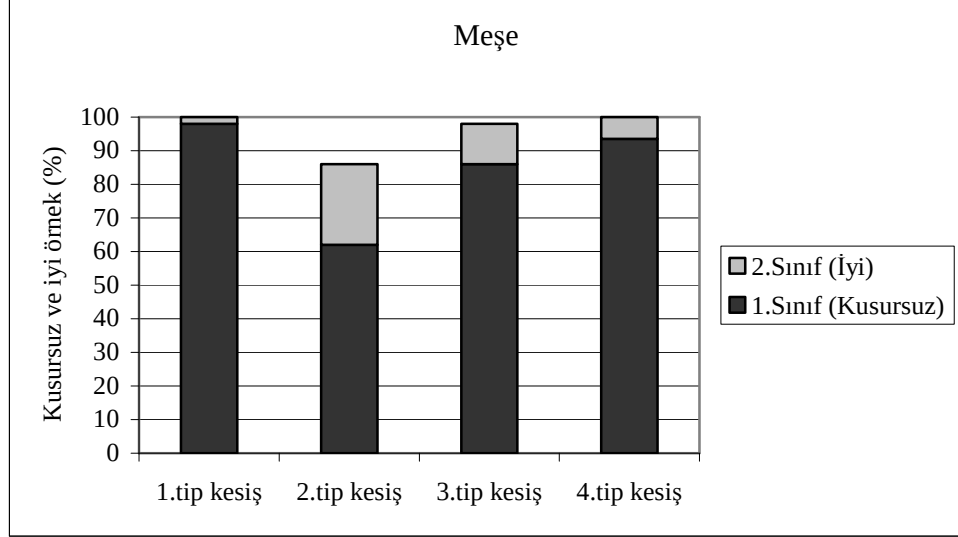
Şekil 4.11: Çeşitli koşullarda planyalanan çam ağaç türünde kabul edilebilir (kusursuz ve iyi) yüzey kalitesine sahip örnek yüzdeleri

Planyalama işlemlerine ağaç türleri açısından bakıldığında çam ağaç türünde kabul edilebilir (1.ve 2.sınıf toplamı) örnek yüzdesi en yüksek orandan en düşük orana doğru 3. tip kesiş, 1.tip kesiş, 4.tip kesiş ve 2. tip kesiş işleme koşulları olarak sıralanabilmektedir (Şekil 4.11).



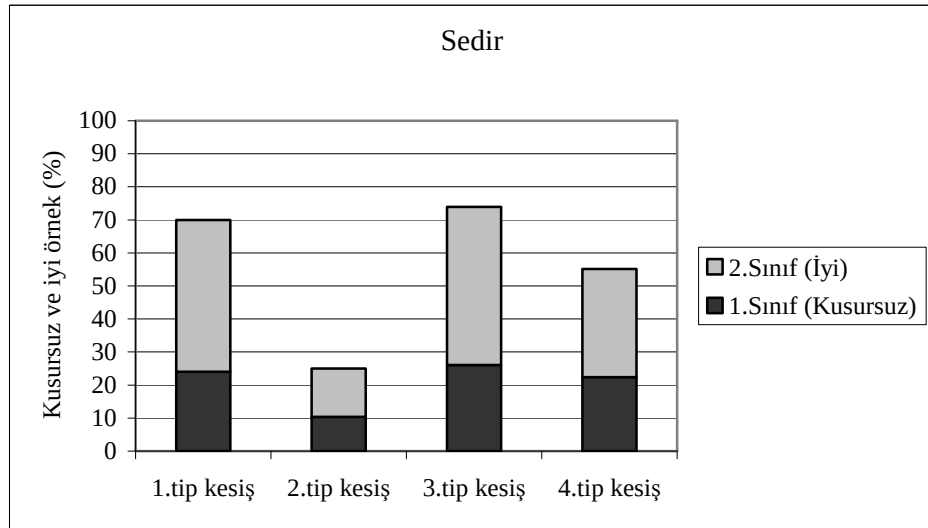
Şekil 4.12: Çeşitli koşullarda planyalanan kavak ağaç türünde kabul edilebilir (kusursuz ve iyi) yüzey kalitesine sahip örnek yüzdeleri

Karakavak ağaç türünde kabul edilebilir (1.sınıf ve 2.sınıf toplamı) örnek yüzdesi en yüksek orandan en düşük orana doğru sıralandığında e 1. tip kesiş, 3.tip kesiş, 4. tip kesiş ve 2. tip kesiş işleme koşulları olarak sıralanmaktadır (Şekil 4.12).



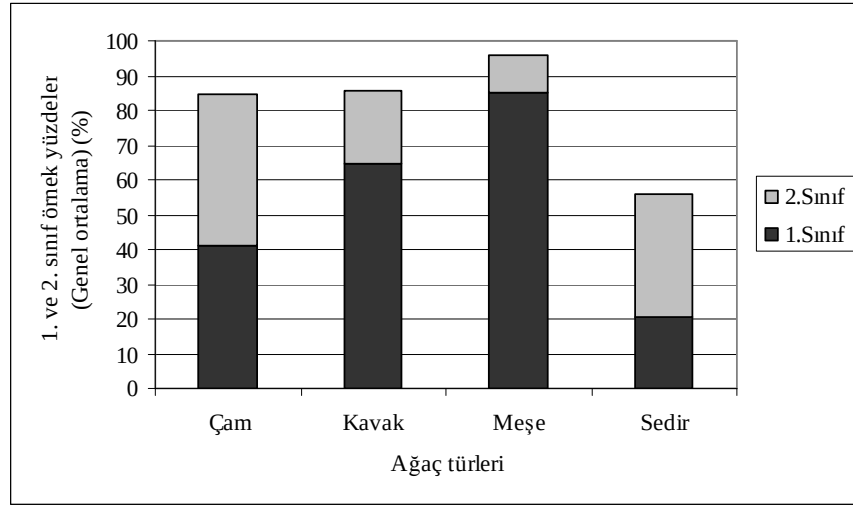
Şekil 4.13 Çeşitli koşullarda planyalanan meşe ağaç türünde kabul edilebilir (kusursuz ve iyi) yüzey kalitesine sahip örnek yüzdeleri

Sapsız meşede kabul edilebilir (1.sınıf ve 2.sınıf toplamı) örnek yüzdesi en yüksek orandan en düşük orana doğru sıralandığında 1. tip kesiş ve 4. tip kesiş %100 kabul edilebilir oranla en yüksek oranda bulunmuş bunu 3. tip kesiş ve 2. tip kesiş sırasıyla takip etmektedir (Şekil 4.13).



Şekil 4.14: Çeşitli koşullarda planyalanan sedir ağaç türünde kabul edilebilir (kusursuz ve iyi) yüzey kalitesine sahip örnek yüzdeleri

Toros sedirinde kabul edilebilir (1.sınıf ve 2.sınıf toplamı) örnek yüzdesi en yüksek orandan en düşük orana doğru sıralandığında 3. tip kesiş, 1. tip kesiş, 4. tip kesiş ve 2. tip kesiş şeklindedir (Şekil 4.14). Sedirde tüm koşullarda kabul edilebilir oranın büyük çoğunluğunu 2. sınıf (az kusurlu) örnekler oluşturmaktadır. Sedirde bütün işleme koşullarında kusursuz numune bulunma oranı oldukça düşüktür. Kabul edilebilir oranın büyük kısmını az kusurlu (2.sınıf) numuneler oluşturmaktadır. Şekil 4.15’de ise bütün işleme koşullarında ortalama olarak kabul edilebilir (kusursuz ve iyi) yüzey kalitesine sahip örnek yüzdeleri verilmektedir.



Şekil 4.15: Çeşitli koşullarda planyalanan ağaç türlerine ait ortalama kabul edilebilir (kusursuz ve iyi) yüzey kalitesine sahip örnek yüzdeleri

Çeşitli koşullarda gerçekleştirilen planyalama işlemlerine genel olarak bakıldığında (Şekil 4.15) kabul edilebilir oran en yüksek (%96) olarak planyalamada en iyi yüzey kalitesi ile meşede en düşük oran ise % 56 ile sedir de çıkmıştır. Kavak ile çamın kabul edilebilir yüzey kalitesine sahip numune oranları birbirine yakın durumdadır. Ancak kavakda kabul edilebilir oranlar içinden 1. sınıf örnek yüzdesi çamdan %10,7 daha yüksektir. Genel ortalama olarak kusursuz örnek yüzdesi meşede %96 ile en çok, meşeyi % 85,5 ile kavak, %75,5 ile çam, % 56 ile sedir takip etmektedir.

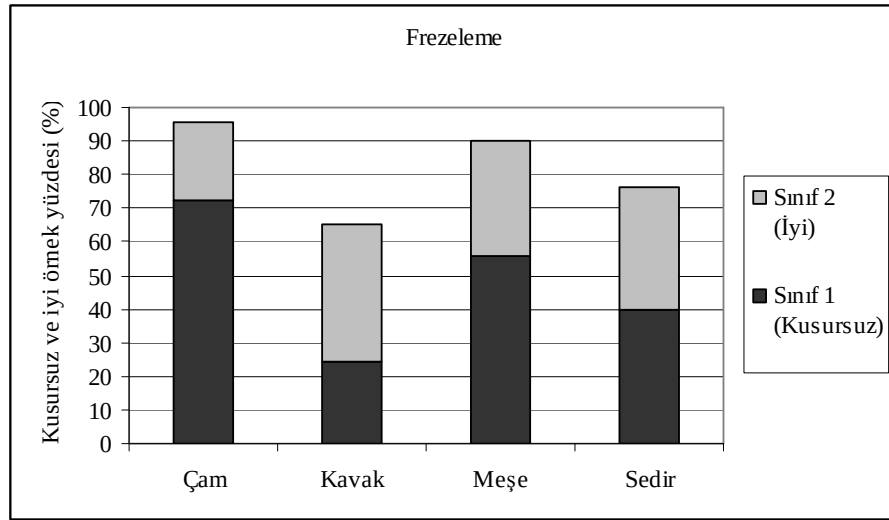
4.2.1.2 Frezeleme Özellikleri İle İlgili Bulgular

ASTM D 1666 – 87 (Reapproved 2004)’ye göre frezeleme işleminde yüzey kusurlarının değerlendirilmesinde kusursuz (1.sınıf) ve az kusurlu (iyi, 2.sınıf) örneklerin yüzde oranları kabul edilebilir olarak görülmüştür. Frezeleme işleminde elde edilen sonuçlar,

1.ve 2.sınıf toplamı olan kabul edilebilir örnek yüzdeleri ve 3+4+5. sınıf toplamı olan kabul edilmeyen örnek yüzdeleri Tablo 4.15’de çizelge halinde Şekil 4.16’da ise grafik olarak verilmiştir.

Tablo 4.15: Frezeleme işleminde ağaç türlerine göre elde edilen sonuçlar (1.sınıf: kusursuz, 2.sınıf: az kusurlu, 3.sınıf: orta derecede kusurlu, 4.sınıf: kötü, 5.sınıf: çok kötü) işleminde ağaç türlerine göre kusursuz, az kusurlu (iyi) örnek yüzdeleri

.Ağaç türleri	Kalite sınıfları					1+2.sınıf %	3+4+5.sınıf %	N
	1.sınıf	2.sınıf	3.sınıf	4.sınıf	5.sınıf			
	%	%	%	%	%			
Çam	72,1	23,2	4,7	-	-	95,3	4,7	43
Kavak	24,5	40,8	32,7	2,0	-	65,3	34,7	49
Meşe	56,0	34,0	10,0			90,0	10,0	50
Sedir	40,0	36,0	24,0			76,0	24,0	50



Şekil 4.16: Frezeleme işleminde ağaç türlerine göre kusursuz ve az kusurlu (iyi) örnek yüzdeleri Tablo 4.16’dan ve Şekil 4.15’de görüleceği üzere frezeleme işleminde kusursuz (1.sınıf) örnek yüzdesi en yüksek değerden en düşük değere çam (%72,10), meşe (%56), sedir (%40) ve kavak (%24,5) olarak sıralanmaktadır. Yine kusursuz ve az kusurlu örneklerin toplamında da aynı sıralama söz konusur. Elde edilen verilere göre bu oranlar çam (%95,3), meşe (%90), sedir (%76) ve kavak (%65,3) şeklindedir.

Şekil 4.17’de çam, kavak, meşe ve sedir ağaç türlerindeki ASTM D 1666 no’lu standartta belirtildiği şekilde hazırlanmış deney numunelerinde gerçekleştirilen frezeleme işlemlerine ait kesit örnekleri (liflere paralel kesişin olduğu kısımlara) verilmektedir. Şekil 4.18’de ise liflere dik frezeleme işlemine ait deney numunelerine örnekler verilmektedir.



Şekil 4.17: Liflere paralel frezeleme işlemine örnek deney numuneleri (1. çam, 2. kavak, 3.meşe, 4. sedir) (Foto.Sofuoğlu)



Şekil 4.18: Frezeleme işleminde liflere dik yönde kesişlerin meydana geldiği örnek deney numuneleri (1.çam, 2.kavak, 3.meşe, 4.sedir) (Foto.Sofuoğlu)

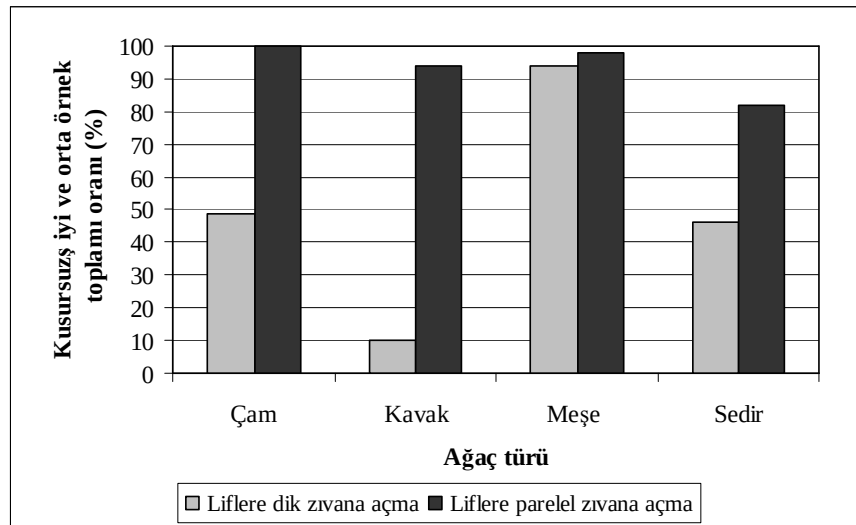
4.2.1.3 Zıvana Açma Özellikleri İle İlgili Bulgular

Zıvana açma işlemi liflere paralel ve liflere dik zıvana açma olarak her bir numunede iki defa gerçekleştirilmiştir. Ağaç türlerine ait zıvana açma özellikleri ASTM D-1666 standartında belirtildiği şekilde işleme kusurlarının bulunup bulunmamasına göre değerlendirilmiştir. Zıvana açma işleminde zıvana deliklerinin girişindeki düzgünlük (kırılma, kopma ve parçalanma olup olmaması), zıvana delik çıkışındaki düzgünlük (kırılma, kopma ve parçalanma olup olmaması) ve delik iç yüzey kalitesinin durumuna göre değerlendirilmiştir. Adı geçen standarda göre zıvana açma işleminde kusursuz (1.sınıf), az kusurlu (iyi, 2.sınıf) ve orta derecede kusurlu (orta, 3.sınıf) düzeyindeki örneklerin toplamı kabul edilebilir olarak belirtilmiştir. Tablo 4.16'da liflere dik ve paralel zıvana açma işleminde kabul edilebilir örnek yüzdeleri verilmektedir.

Tablo 4.16: Liflere dik ve liflere paralel zıvana açma işlemlerinde ASTM'ye göre kabul edilebilir (kusursuz, az kusurlu ve orta derecede kusurlu) örnek yüzdeleri toplamı

Ağaç türü	Liflere dik zıvana açma (%)	Liflere paralel zıvana açma (%)	Ortalama (%)
Çam	48,8	100,0	74,4
Kavak	10,2	93,9	52,1
Meşe	93,9	98,0	96,0
Sedir	46,0	82,0	64,0

Şekil 4.19'de Liflere dik ve paralel zıvana açma işlemlerinde ASTM'ye göre kabul edilebilir (kusursuz, az ve orta derecede kusurlu) kalite sınıfları yüzde oranı toplamı verilmektedir.



Şekil 4.19: Liflere dik ve liflere paralel zıvana açma işlemlerinde ASTM'ye göre kabul edilebilir (kusursuz, az kusurlu ve orta derecede kusurlu) örnek yüzdeleri toplamı

Şekil 4.19'a göre liflere paralel zıvana açma işleminde en kusursuzdan kusurluya göre sıralama yapıldığında çam (%100), meşe (%98), kavak (%93,9), sedir (%82) şeklinde olmakta; liflere dik zıvana açma işleminde ise bu sıralama meşe (%93,9), çam (%48,8), sedir (%46) ve kavak (%10,2) şeklinde değişmektedir.

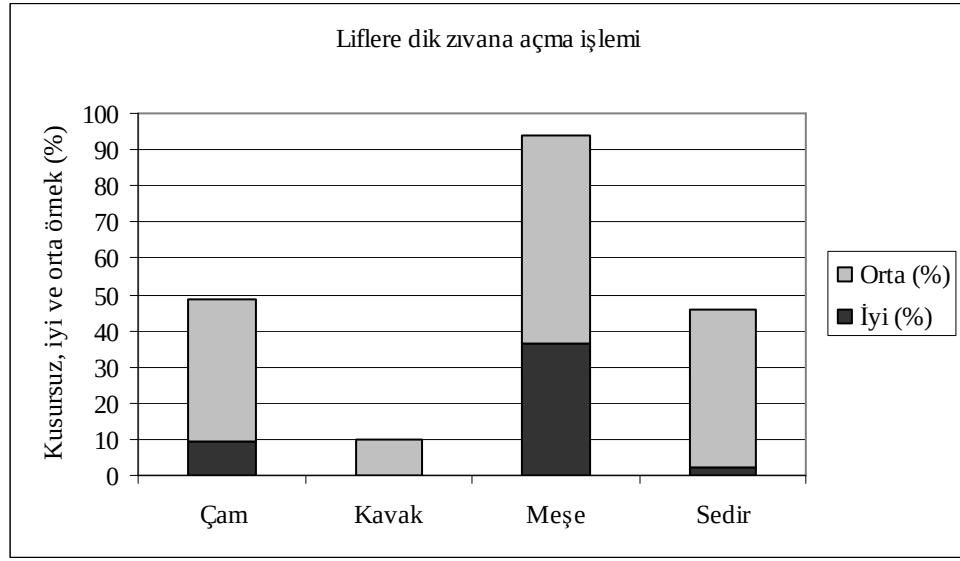
Liflere dik ve liflere paralel zıvana açma işlemlerinde ASTM D-1666'ya göre elde edilen sonuçlar, 1.ve 2.sınıf toplamı olan kabul edilebilir örnek yüzdeleri ve 3+4+5. sınıf toplamı olan kabul edilmeyen örnek yüzdeleri Tablo 4.17'de verilmiştir

Tablo 4.17: Liflere dik ve liflere paralel zıvana açma işlemlerinde ağaç türlerine göre elde edilen sonuçlar (1.sınıf: kusursuz, 2.sınıf: az kusurlu, 3.sınıf: orta derecede kusurlu, 4.sınıf: Kötü, 5.sınıf: çok kötü)işleminde ağaç türlerine göre kusursuz, az kusurlu (iyi) örnek yüzdeleri

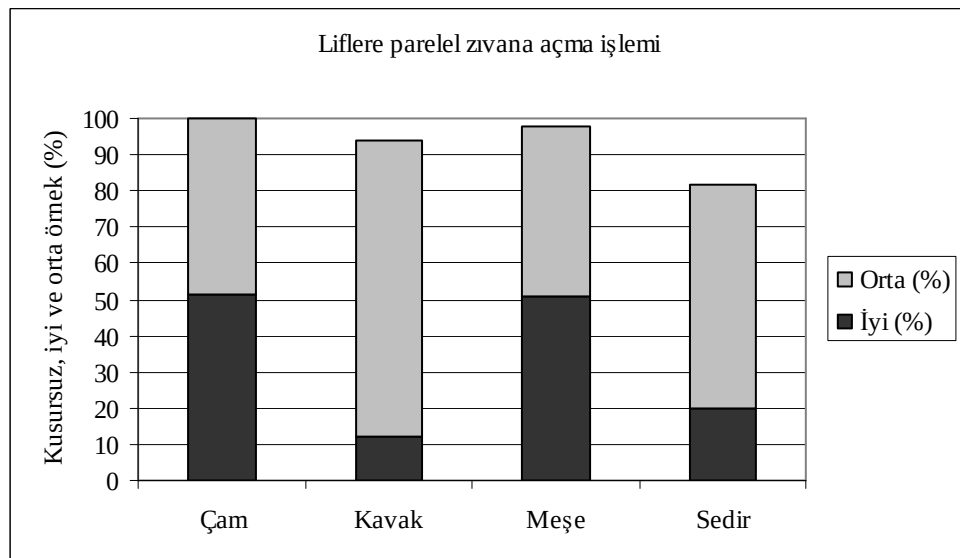
Ağaç türü	Kalite Sınıfları	1.sınıf %	2.sınıf %	3.sınıf %	4.sınıf %	5.sınıf %	1 + 2 +3 Sınıf	4 +5. Sınıf	N
Çam	Liflere dik zıvana açma	-	9,3	39,5	51,2	-	48,8	51,2	43
	Liflere paralel zıvana açma	-	51,2	48,8	-	-	100,0	0,0	43
Kavak	Liflere dik zıvana açma	-	-	10,2	75,5	14,3	10,2	89,8	49
	Liflere paralel zıvana açma	-	12,2	81,7	6,1	-	93,9	6,1	49
Meşe	Liflere dik zıvana açma	-	36,7	57,2	6,1	-	93,9	6,1	49
	Liflere paralel zıvana açma	-	51,0	47,0	2,0	-	98,0	2,0	49
Sedir	Liflere dik zıvana açma	-	2,0	44,0	54,0	-	46,0	54,0	50
	Liflere paralel zıvana açma	-	20,0	62,0	18,0	-	82,0	18,0	50

Tablo 4.17'de de görüldüğü gibi gerek liflere dik zıvana açma işleminde gerekse liflere paralel zıvana açma işleminde hiçbir ağaç türünde kusursuz örnek bulunmamaktadır. Kavak ağaç türünde liflere dik zıvana açma işleminde sadece orta derecede (3.sınıf) kusura sahip örnekler bulunmuştur ve kabul edilebilir örnek oranının tamamını oluşturmaktadır. Şekil 4.20'de liflere dik ve Şekil 4.21'de liflere paralel zıvana açma işlemlerinde ASTM'ye göre kabul edilebilir (kusursuz, az kusurlu ve orta derecede

kusurlu) örnek yüzdeleri ağaç türlerinde göre grafik şeklinde gösterilmektedir. Grafiklerden de görüleceği üzere liflere paralel zıvana açma işleminde kabul edilebilir oranlar ağaç türlerine göre birbirine yakın değerler gösterdikleri halde, liflere dik zıvana açma işlemlerinde uç noktalarda değerler göstermişlerdir. Örneğin meşe ağaç türünde kabul edilebilir durumdaki örneklerin oranı %93,9 iken kavakda bu oran %12 olarak çok düşük bir değer göstermiştir. Ancak kavak ile meşe arasındaki bu fark liflere paralel zıvana açma işleminde görülmemiş ve %98 ve %93,9 gibi yakın değerler elde edilmiştir.



Şekil 4.20: Liflere dik zıvana açma işleminde ASTM'ye göre kabul edilebilir (kusursuz, az kusurlu ve orta derecede kusurlu) örnek yüzdeleri



Şekil 4.21: Liflere paralel zıvana açma işleminde ASTM'ye göre kabul edilebilir (kusursuz, az kusurlu ve orta derecede kusurlu) örnek yüzdeleri

Zıvana açma işlemlerinde işleme kalitesini düşüren nedenlere ağaç türlerine göre bakıldığında aşağıdaki gözlemlerde bulunulmuştur ve Tablo 4.18’de liflere paralel ve liflere dik zıvana açma işlemlerinde meydana gelen zıvana girişinde kırık, zıvana deliği çıkışında kırık ve delik iç yüzeyi kalitesi kusursuz 1. derece, az kusurlu 2. derece, orta derecede kusurlu 3. derece, kötü 4.derece ve çok kötü 5. derece olarak sınıflandırılarak verilmiştir.

Tablo 4.18: Zıvana açma işleminde ortaya çıkan kusurlar ve bulunma yüzdeleri

Ağaç türü	Kalite derecesi	Liflere paralel zıvana açma				Liflere dik zıvana açma			
		Girişte kırık (%)	Çıkışta kırık (%)	Delik iç yüzeyi (%)	N	Girişte kırık (%)	Çıkışta kırık (%)	Delik iç yüzeyi (%)	N
Çam	1.Derece	0	0	0	43	5	0	0	43
	2.Derece	35	56	91		65	9	7	
	3.Derece	32	35	9		28	28	28	
	4.Derece	26	9	0		2	58	35	
	5.Derece	7	0	0		0	5	30	
Kavak	1.Derece	0	2	0	49	0	0	0	49
	2.Derece	16	37	27		29	0	0	
	3.Derece	59	51	65		55	27	0	
	4.Derece	25	10	8		16	51	6	
	5.Derece	0	0	0		0	22	94	
Meşe	1.Derece	0	2	0	49	0	0	0	49
	2.Derece	33	57	92		63	27	39	
	3.Derece	47	37	6		37	59	49	
	4.Derece	16	4	2		0	14	12	
	5.Derece	4	0	0		0	0	0	
Sedir	1.Derece	0	0	0	50	0	0	0	50
	2.Derece	20	36	54		60	2	2	
	3.Derece	34	50	44		36	32	6	
	4.Derece	24	14	2		4	60	62	
	5.Derece	22	0	0		0	6	30	

Ağaç türlerinde göre işlemede meydana gelen kusurlar özet olarak şu şekildedir.

Meşe : Meşe’de zıvana açma işlemlerinde liflere dik zıvana açmada genellikle zıvana delik girişlerinde kesilmemiş, kopmuş parçalar bulunmaktadır. Liflere paralel zıvana işleminde delik girişlerinde giriş sağ tarafta da aynı durum söz konusudur (Şekil 4.22).



Şekil 4.22: Meşede liflere paralel zıvana açma işleminde zıvana deliği girişi (Foto.Sofuoğlu).

Meşe’de liflere paralel zıvana açmada delik çıkışlarında sol kısmında liflere dik zıvana açmada hem sağ hem de solda kesilmemiş (kopmuş) parçalar bulunmaktadır.



Şekil 4.23: Meşede liflere paralel zıvana açma işleminde zıvana deliği çıkışı (Foto.Sofuoğlu).

Meşe’de liflere paralel zıvana açmada genellikle giriş ve çıkışlarda kırık bulunmamakta ancak kesilmemiş (kopmuş) lif uçları bulunmaktadır (Şekil 4.23).

Karakavak: Kavakta liflere paralel zıvana açmada giriş sağ kısımda kesilmemiş (kopmuş) lif uçları bulunmakta ve kusurlar genelde kesilmemiş lif uçlarından meydana gelmektedir. Liflere paralel zıvana açma işleminde genelde sağ kısımda geniş kırıklar ve kopmuş parçalar, liflere dik zıvana açmada ise genelde bütün kenarlarda çok az da olsa kırıklıklar bulunmaktadır.

Kavakta zıvana çıkışında liflere paralelde sol tarafta kırık ve kopmamış parçalar; liflere dik işlemede genelde bütün kesimlerde kırıklıklar bulunmaktadır.

Karaçam : Çamda liflere dik zıvana açma işleminde zıvana uzun kenarlarında kopmalardan dolayı düzensizlikler ve çukurluklar oluşmuştur.

Çam ağaç türünde liflere dik zıvana deliklerinde zıvana içleri çok kötü (kopmalar ve çukurluklar) liflere paralel zıvana deliklerinde giriş ve çıkışlarda lif uzantıları bulunmaktadır.

Toros sediri : Sedirde liflere paralel zıvana açma işleminde zıvana girişlerinde sağ kısımlarda kesilmemiş parçalar bulunmaktadır. Liflere dik kısımlarda böyle bir durum söz konusu olmamaktadır. Sedirde liflere dik zıvana açmada delik içleri geniş ve derin işleme kusurları (yongalı liflilik) bulunmaktadır.

Şekil 4.24'de çam, kavak, meşe ve sedirde liflere paralel ve liflere dik zıvana açma işlemlerinde delik iç kısımları görülmektedir.



Şekil 4.24: Ağaç türlerine göre liflere paralel ve liflere dik zıvana açma işlemlerinde zıvana delik iç kısımları (1. çam, 2.kavak, 3. meşe, 4. sedir) (Foto.Sofuoğlu)

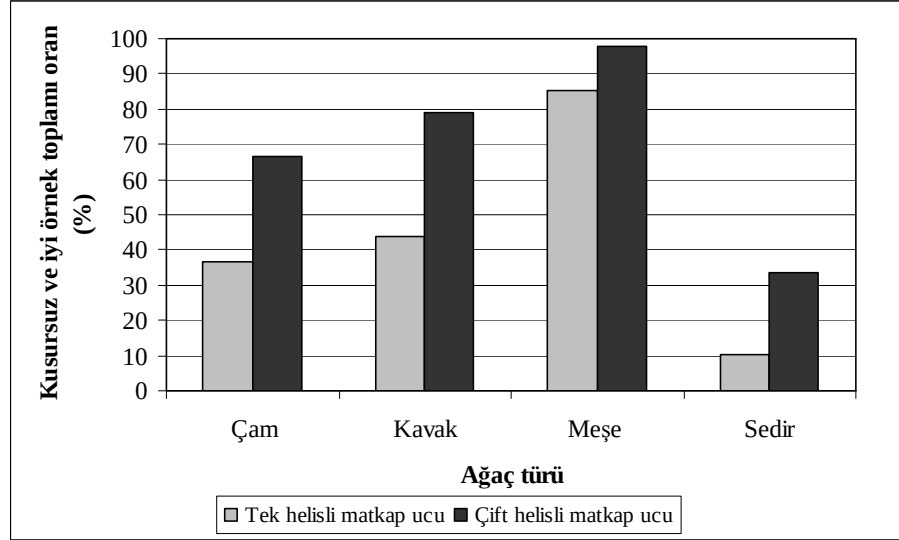
4.2.1.4. Delik Delme Özellikleri İle İlgili Bulgular

Delik delme işlemi her bir numunede tek helisli matkap ucu ve çift helisli matkap ucu olmak üzere iki farklı kesici ile gerçekleştirilmiştir. Ağaç türlerine ait delik delme özellikleri ASTM D-1666 standartında belirtildiği şekilde işleme kusurlarının bulunup bulunmamasına göre değerlendirilmiştir. Delik delme işleminde deliklerinin girişindeki düzgünlük (kırılma, kopma ve parçalanma olup olmaması), delik çıkışındaki düzgünlük (kırılma, kopma ve parçalanma olup olmaması) ve delik iç yüzey kalitesinin durumuna göre değerlendirme gerçekleştirilmiştir. Adı geçen standarda göre delik delme işleminde kusursuz (1.sınıf) ve az kusurlu (iyi, 2.sınıf) düzeyindeki örnekler kabul edilebilir olarak belirtilmiştir. Tablo 4.19’da ve Şekil 4.25’de tek helisli matkap ucu ve çift helisli matkap ucu ile gerçekleştirilen delik delme işlemlerinde elde edilen sonuçlar yüzde olarak verilmektedir.

Tablo 4.19: Tek helisli ve çift helisli matkap uçları ile yapılan delme işlemlerinde ağaç türlerine göre elde edilen sonuçlar (1.sınıf: kusursuz, 2.sınıf: az kusurlu, 3.sınıf: orta derecede kusurlu, 4.sınıf: kötü, 5.sınıf: çok kötü)

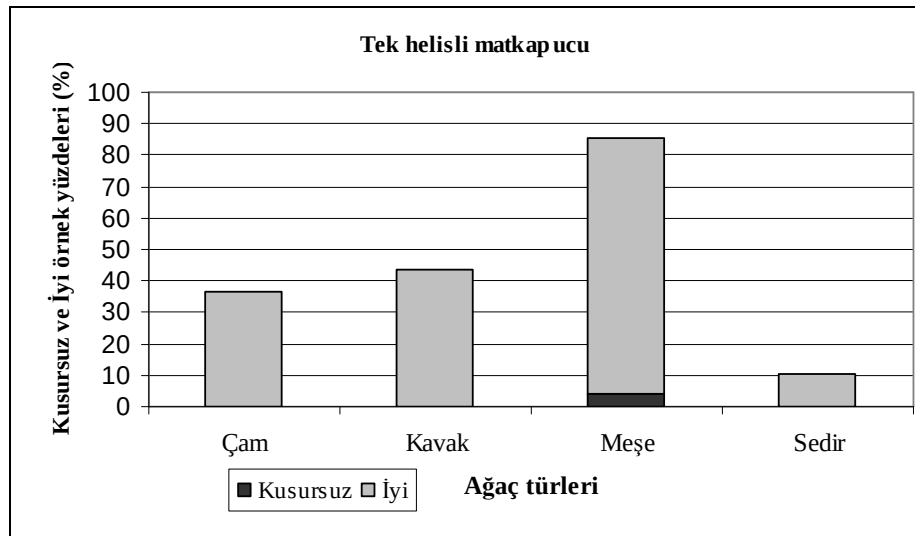
Ağaç türü		1.sınıf %	2.sınıf %	3.sınıf %	4.sınıf %	5.sınıf %	1 + 2 Sınıf %	N
Çam	Tek helisli matkap ucu	-	36,6	61,0	2,4	-	36,6	41
	Çift helisli matkap ucu	21,4	45,3	33,3	-	-	66,7	42
Kavak	Tek helisli matkap ucu	-	43,8	54,1	2,1	-	43,8	48
	Çift helisli matkap ucu	-	12,5	66,7	20,8	-	12,5	48
Meşe	Tek helisli matkap ucu	4,2	81,2	14,6	-	-	85,4	48
	Çift helisli matkap ucu	56,3	41,6	2,1	-	-	97,9	48
Sedir	Tek helisli matkap ucu	-	10,4	66,7	22,9	-	10,4	48
	Çift helisli matkap ucu	-	33,3	58,3	6,3	2,1	33,3	48

Şekil 4.25’de de görüldüğü gibi çift helisli matkap ucu ile gerçekleştirilen delme işleminde tek helisli matkap ucu ile gerçekleştirilen delik delme işlemine göre daha kusursuz işlemler gerçekleştirilmiştir. Genel olarak bakıldığında gerek tek helisli matkap ucu ile gerçekleştirilen işlemde gerekse çift helisli matkap ucu ile gerçekleştirilen işlemde ağaç türlerinin kabul edilebilir (1.ve 2.sınıf toplamı) örnek yüzdesi aynıdır. Meşe, kavak, çam ve sedir olarak sıralanmaktadır.



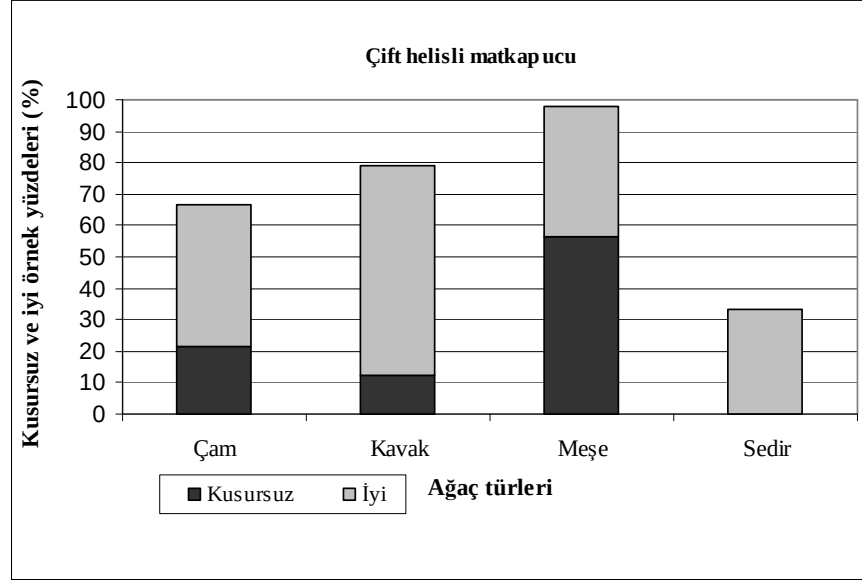
Şekil 4.25: Farklı ağaç türlerinde farklı delme uçları ile yapılan delme işleminde kusursuz (1.sınıf) ve kusursuz (1.sınıf) + iyi (2.sınıf) örnek yüzdeleri

Şekil 4.26’de tek helisli matkap ucu ile gerçekleştirilen, Şekil 4.27’de çift helisli matkap ucu ile gerçekleştirilen delik delme işlemlerinde kusursuz ve iyi örnek yüzdeleri ayrı ayrı verilmiştir.



Şekil 4.26: Farklı ağaç türlerinde tek helisli matkap ucu ile yapılan delme işleminde kusursuz (1.sınıf) ve iyi (2.sınıf) örnek yüzdeleri

Tek helisli matkap ucu ile gerçekleştirilen delik delme işleminde sadece meşe ağaç türünde kusursuz delik delme işlemi (%4,16) gerçekleştirilmiş, diğer ağaç türlerinin kabul edilebilir oranını sadece 2.sınıfa (az kusurlu) ait numuneler oluşturmuştur. En yüksek kabul edilebilir oran meşede (%85,41) en düşük ise sedirde (%10,41) elde edilmiştir.



Şekil 4.27: Farklı ağaç türlerinde çift helisli matkap ucu ile yapılan delme işleminde kusursuz (1.sınıf) ve iyi (2.sınıf) kalite sınıfı yüzde oranları

Çift helisli matkap ucu ile gerçekleştirilen delme işleminde sedir hariç diğer ağaç türlerinde hem 1.sınıf (kusursuz) hem de 2.sınıf (az kusurlu) numuneler elde edilmiştir. Sedir ağaç türünde ise kabul edilebilir oranın tamamını 2.sınıf örnekler oluşturmaktadır.

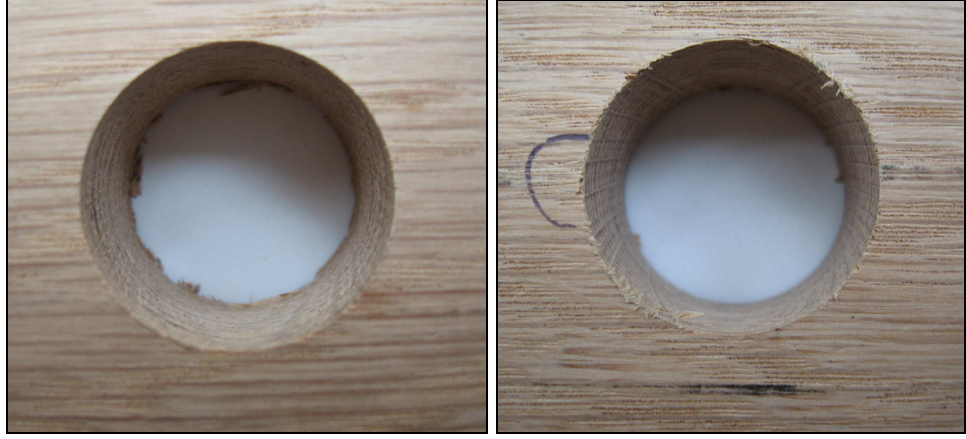
Delik delme işlemlerinde işleme kalitesini düşüren nedenlere ağaç türlerine göre değerlendirildiğinde aşağıdaki gözlemlerde bulunulmuştur ve tek helisli matkap ucu ve çift helisli matkap ucu ile gerçekleştirilen delme işlemlerinde meydana gelen delik girişinde kırık, delik çıkışında kırık ve delik iç yüzeyi kalitesi açısından değerlendirilerek sonuçlar Tablo 4.20’de verilmiştir.

Tablo 4.20: Delik delme işlemlerinde ortaya çıkan kusurlar ve oranları (1. derece (kusursuz), 2. derece (az kusurlu), 3. derece (orta derecede kusurlu), 4.derece(kötü) ve 5. derece (çok kötü)

Ağaç türü	Kalite derecesi	Tek helisli matkap ucu				Çift helisli matkap ucu			
		Girişte kırık (%)	Çıkışta kırık (%)	Delik iç yüzeyi (%)	N	Girişte kırık (%)	Çıkışta kırık (%)	Delik iç yüzeyi (%)	N
Çam	1.Derece	80	0	5	41	67	10	31	42
	2.Derece	20	7	17		33	17	50	
	3.Derece	0	22	68		0	30	14	
	4.Derece	0	66	10		0	38	5	
	5.Derece	0	5	0		0	5	0	
Kavak	1.Derece	85	0	0	48	27	0	0	48
	2.Derece	13	4	27		56	0	12	
	3.Derece	2	38	63		17	15	42	
	4.Derece	0	54	10		0	73	46	
	5.Derece	0	4	0		0	12	0	
Meşe	1.Derece	98	0	6	48	83	8	65	48
	2.Derece	2	31	63		15	69	33	
	3.Derece	0	52	29		2	19	2	
	4.Derece	0	15	2		0	4	0	
	5.Derece	0	2	0		0	0	0	
Sedir	1.Derece	52	0	0	48	44	4	2	48
	2.Derece	29	10	19		42	4	40	
	3.Derece	17	25	48		10	31	46	
	4.Derece	2	50	29		4	48	10	
	5.Derece	0	15	4		0	13	2	

Delik delme işleminde ağaç türlerine göre gözlemlenen başlıca işleme kusurları şu şekildedir.

Sapsız meşe: Özellikle tek helisli delik delme işleminde delik girişleri çok düzgün ancak çift helisli delik delme işlemlerinde delik girişlerinde kesilmemiş (kopmuş) lif uçları görülmüştür (Şekil 4.28). Genellikle tek helisli matkap ucu ile gerçekleştirilen deliklerin delik girişleri çift helisli matkap ucunun delik girişlerine göre az da olsa daha kusursuz bulunmuştur.



Şekil 4.28: Meşe ağaç türünde tek helisli ve çift helisli matkap ucu ile delik delme işleminde delik girişleri (Foto. Sofuoğlu)

Kara kavak: Kavakta poroz yapıdan dolayı delik iç kısımlarında aşırı pürüzlülük, yongalı liflilik bulunmaktadır. Kavak delik delme işlemlerinde delik iç yüzeylerindeki düzensizlikler liflere dik kesişin olduğu kısımlarda oluşmakta, en düzgün yüzeyler liflerle aynı yöndeki kesişin olduğu kesimlerde meydana gelmektedir.

Kavakta çift helisli matkap ucu ile gerçekleştirilen delik delme işlemlerinde delik iç yüzeyleri sadece liflere paralel kesişin olduğu kısımlarda düzgün; tek helisli matkap ucu ile gerçekleştirilen delik delme işlemlerinde ise liflere paralel ve liflerle belirli bir açıdaki kesişlerin olduğu durumlarda düzgün yüzeyler; liflere dik kesişin olduğu kısımlarda ise delik iç yüzey kalitesinde kusurlu yüzeyler meydana gelmiştir.

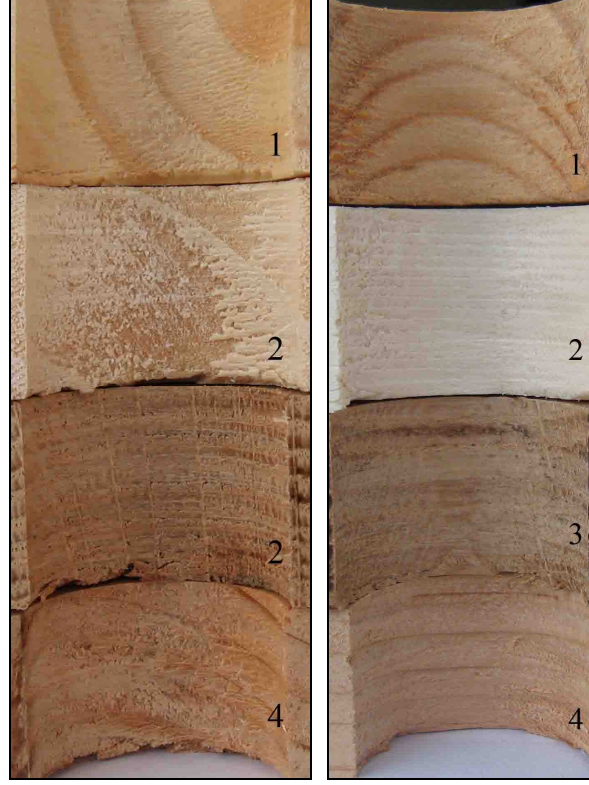
Karaçam: Çamda çift helisli matkap ucu ile gerçekleştirilen delik delme işlemlerinde delik giriş kısımlarında genelde kesişin meydana gelmediği kopmuş yüzeyin zımparalanması ile giderilebilecek lif uçlarının bulunduğu görülmüştür (Şekil 4.29).



Şekil 4.29: Çam ağaç türünde çift helisli matkap ucu ile delik delme işleminde delik girişi (Foto.Sofuoğlu).

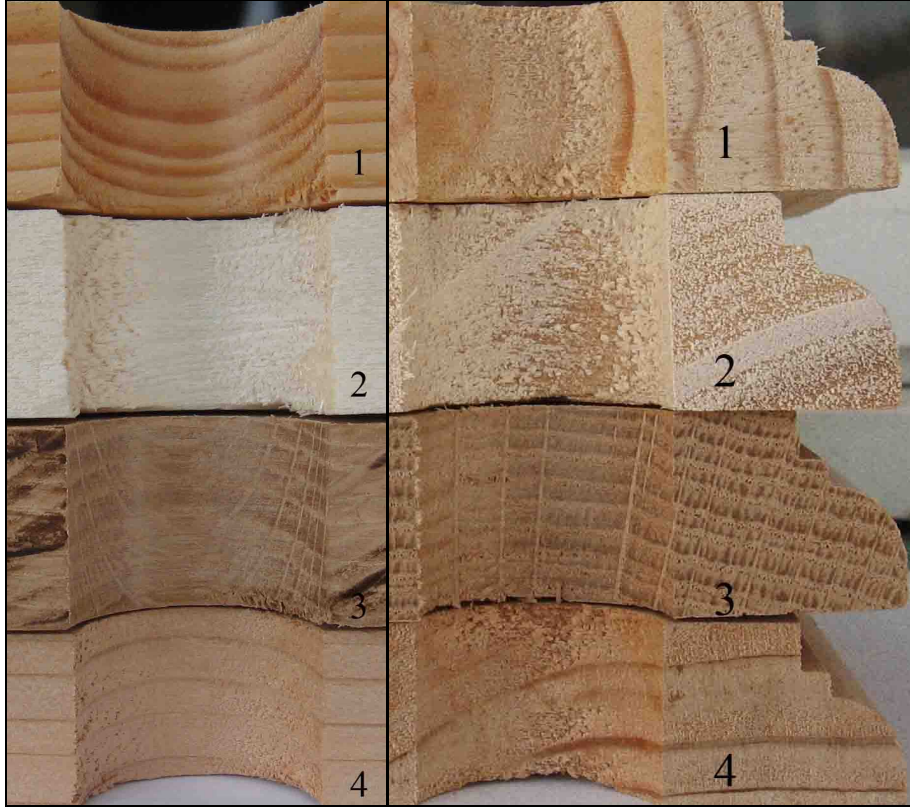
Toros sediri: Sedirde gerçekleştirilen delik delme işlemlerinde genelde delik çıkışlarında aşırı derecede kırılmalar meydana gelmiştir.

şekil 4.30’da tek helisli matkap ucu ile gerçekleştirilen delme işlemlerinde delik i yüzeyleri görülmektedir.



şekil 4.30: Tek helisli matkap ucu ile gerçekleştirilen delik delme işleminde delik iç kısımlarına örnekler (1. am, 2. kavak, 3. meşe, 4. sedir) (Foto. Sofuoğlu).

şekil 4.31’de çift helisli matkap ucu ile gerçekleştirilen delme işleminde delik iç kısımlarına örnekler verilmektedir.



Şekil 4.31: Çift helisli matkap ucu ile gerçekleştirilen delme işleminde delik iç kısımlarına örnekler (1. çam, 2. kavak, 3. meşe, 4. sedir) (Foto. Sofuoğlu)

4.2.1.5. Tornalama Özellikleri İle İlgili Bulgular

Tornalama denemelerinde diğer denemelerde olduğu gibi dört ağaç türü (çam, kavak, meşe ve sedir) türü kullanılmış ancak sedir denemeleri için standartta belirtildiği ölçülerde ve şekillerde hazırlanmış olan deneme numuneleri, parçaları sıkılamak için kullanılan puntolardan gelen basınçlar dolayısıyla yada tornalama esnasında oluşan basınçlardan dolayı yeterli direnç gösteremeyip yarılmışlardır. Bu nedenden dolayı sedir numuneleri üzerinde tornalama işlemi gerçekleştirilemediğinden bir sonuç elde edilememiştir. Şekil 4.32’de deneme başlangıcında (numunelerin makinaya takılması) ya da tornalama esnasında yarılan sedir deney numunelerine örnekler verilmektedir.



Şekil 4.32: Deneme başlangıcında (numunelerin makinaya takılması) ya da tornalama esnasında yarılan Sedir deney numunelerine örnekler (Foto.Sofuoğlu)

Şekil 4.33’de ise her ağaç türü için tornalanmış deneme numunelerinde örnekler verilmektedir.



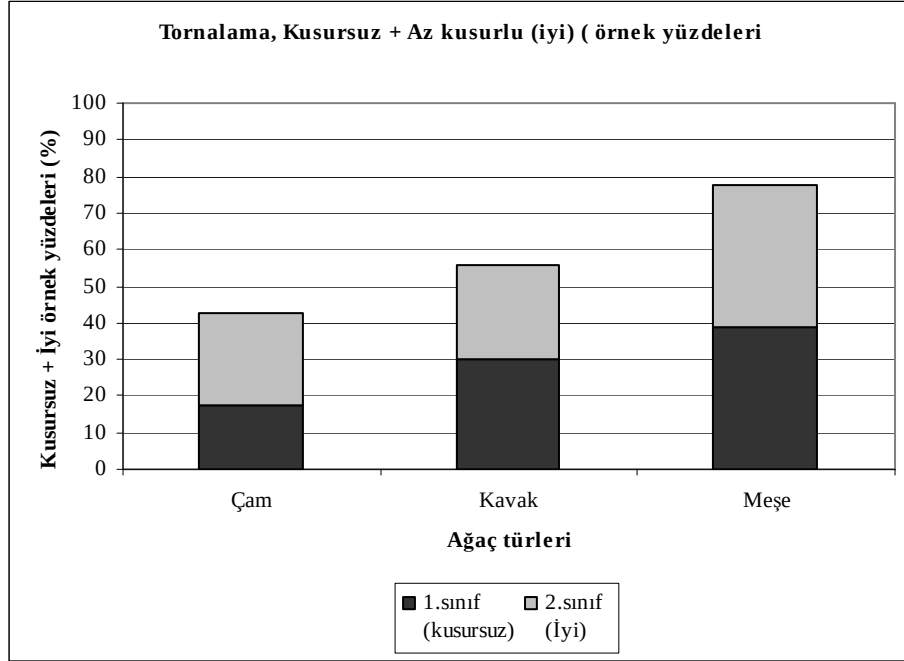
Şekil 4.33: Tornalanmış meşe, çam, kavak ve sedir deney numunelerinden birer örnek (Foto.Sofuoğlu)

Tablo 4.21 ve Şekil 4.34’de tornalanmış numuneler üzerinde yapılan incelemeler sonucu elde edilen sonuçlar kalite sınıfı yüzde oranları olarak verilmektedir.

Tablo 4.21: Farklı ağaç türlerinde tornalama işleminde ağaç türlerine göre elde edilen sonuçlar (1.sınıf: kusursuz, 2.sınıf: az kusurlu, 3.sınıf: orta derecede kusurlu, 4.sınıf: kötü, 5.sınıf: çok kötü)

Ağaç türleri	1.sınıf %	2.sınıf %	3.sınıf %	4.sınıf %	5.sınıf %	1.+ 2.sınıf %	N
Çam	17,5	25,0	17,5	25,0	15,0	42,5	40
Kavak	32,7	26,5	12,2	22,4	6,0	59,2	49
Meşe	38,8	38,8	14,3	8,1	-	77,6	49

Tornalamada en iyi yüzeyi meşe (%77,6), daha sonra kavak (%56) vermiş, en düşük oran ise çamda (%42,5) görülmüştür.



Şekil 4.34: Farklı ağaç türlerinde tornalama işleminde ve kusursuz (1.sınıf) ve iyi (2.sınıf) örnek yüzdeleri

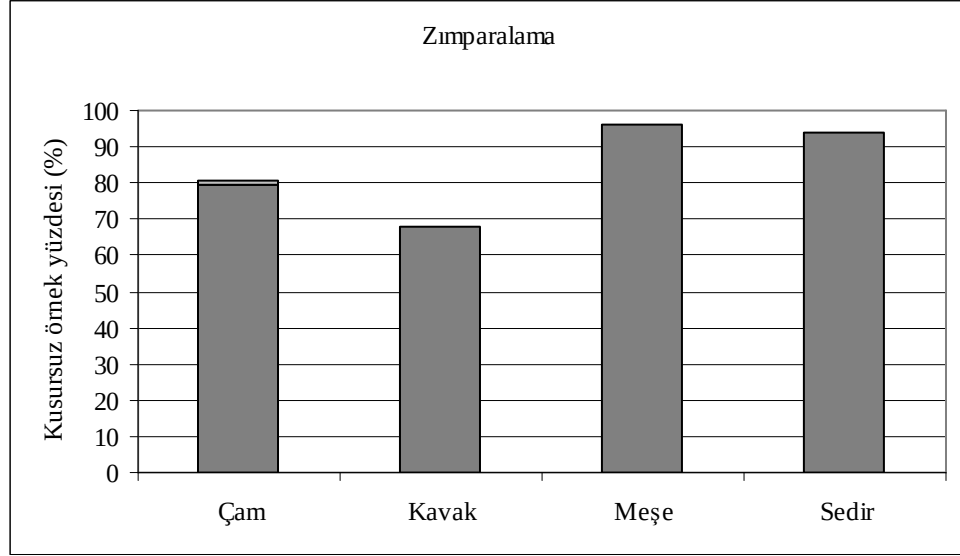
4.2.1.6. Zımparalama Özellikleri İle İlgili Bulgular

Zımparalama özellikleri ASTM D-1666 standartında belirtildiği şekilde işleme kusurlarının bulunup bulunmamasına göre değerlendirilmiştir. Adı geçen standarda göre sadece kusursuz (1.sınıf) olan numunelerin yüzdesi alınmış ve kabul edilebilir olarak görülmüştür (Tablo 4.22)

Tablo 4.22: Farklı ağaç türlerinde zımparalama işleminde ağaç türlerine göre elde edilen kalite sınıfı yüzde oranları (1.sınıf: Kusursuz, 2.sınıf: Az kusurlu, 3.sınıf: Orta derecede kusurlu)

Ağaç türleri	1.sınıf (%)	2.sınıf (%)	3.sınıf (%)	N
Çam	79,6	20,4	-	49
Kavak	68,0	30,0	2,0	50
Meşe	96,0	4,0	-	50
Sedir	94,0	6,0	-	50

Zımparalama işleminde en kusursuz yüzey oranı % 96 ile meşede meydana gelmiştir. Bunu sırasıyla % 94 ile sedir, %79,6 ile çam ve % 68 ile kavak izlemiştir. Şekil 4.35’de bu oranlar grafik şeklinde de gösterilmektedir.



Şekil 4.35: Farklı ağaç türlerinde zımparalama işleminde kusursuz (1.sınıf) kalite sınıfı yüzde oranları

Şekil 4.36’da kavak numunelerinin zımparalanmasında sıklıkla ortaya çıkan yünümsü pürüzlü bir görünüm görülmektedir. Bu kusurunun özellikle çok hafif olan kavakta liflerin kesicilere yeterli direnç gösteremediğinden kesilmeden kopması sonucu oluştuğu düşünülmektedir.



Şekil 4.36: Kavak odununun zımparalanmasında ortaya çıkan yünümsü pürüzlü görünüm (Foto.Sofuoğlu)

4.2.2 Pürüzlülük Ölçüm Sonuçlarına Göre Elde Edilen Bulgular

Planyalama örnekleri üzerinde ASTM D-1666 standardında belirtildiği şekilde yüzey kalitesi değerlendirildikten sonra ratgele seçilen 30 örnek üzerinde her bir işlemede belirlenen sabit 4 noktada liflere paralel ve liflere dik olmak üzere toplam 8 pürüzlülük ölçümü gerçekleştirilmiştir. Pürüzlülük ölçümlerinin sonuçlarının değerlendirilmesinde Ra (ortalama pürüzlülük) değeri kullanılmıştır. Değerlendirmelerde TS 6956 EN ISO 4287'nolu standart kullanılmıştır.

4.2.2.1. Pürüzlülük ile Ağaç Türü, Yıllık Halka Sayısı ve Özgül Ağırlık Arasındaki İlişkinin İncelenmesi

Ağaç türleri, birim mesafedeki yıllık halka sayıları ve özgül ağırlıklarına göre pürüzlülük arasında ilişkiyi incelemek amacıyla ilk olarak korelasyon analizi yapılmıştır. Bağımlı değişken olan pürüzlülük ile bağımsız değişkenler olan birim mesafedeki yıllık halka sayısı ve özgül ağırlık arasında sırasıyla 0.097 ve -0.038'lük çok zayıf bir ilişki bulunmaktadır. Buna karşın bağımsız değişkenler olan birim mesafedeki yıllık halka sayıları ve özgül ağırlıkları arasında 0.804'lik kuvvetli pozitif bir ilişki görülmektedir (Tablo 4.23).

Tablo 4.23: Pürüzlülük ile ağaç türleri, birim mesafedeki yıllık halka sayısı ve özgül ağırlık arasındaki korelasyon analizi sonuçları

		Pürüzlülük	Yıllık halka sayısı	Özgül ağırlık
Pearson Correlation	Pürüzlülük	1	0,097	0,038
	Yıllık halka sayısı	0,097	1	0,804
	Özgül ağırlık	0,038	0,804	1
Anlamlılık.	Pürüzlülük	,	0,001	0,203
	Yıllık halka sayısı	0,001	,	0,000
	Özgül ağırlık	0,203	0,000	,

4.2.2.2 Pürüzlülüğün, Ağaç Türü, İşleme Koşulları ve Ölçüm Yönüne Göre Üç Yönlü Varyans (ANOVA) Analizi

Pürüzlülük ile ağaç türü, işleme koşulları ve ölçüm yönüne göre aralarında α . 0,05 anlamlılık seviyesinde anlamlı bir fark olup olmadığını incelemek amacıyla üç yönlü varyans analizi (ANOVA) yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre: analize giren değişken türlerine ait örnek sayıları Tablo 4.24’de gösterilmektedir.

Tablo 4.24: Anova analizine göre analize giren değişken türlerine ait veri sayıları

Faktörler arası			
		Değişken etiketi	N
Ağaç türü	1	Kavak	300
	2	Çam	295
	3	Meşe	300
	4	Sedir	298
İşleme koşulları	1	1.tip kesiş	238
	2	2.tip kesiş	235
	3	3.tip kesiş	240
	4	4. tip kesiş	240
	5	Zımparalama	240
Ölçüm yönü	1	Liflere Paralel	597
	2	Liflere Dik	596

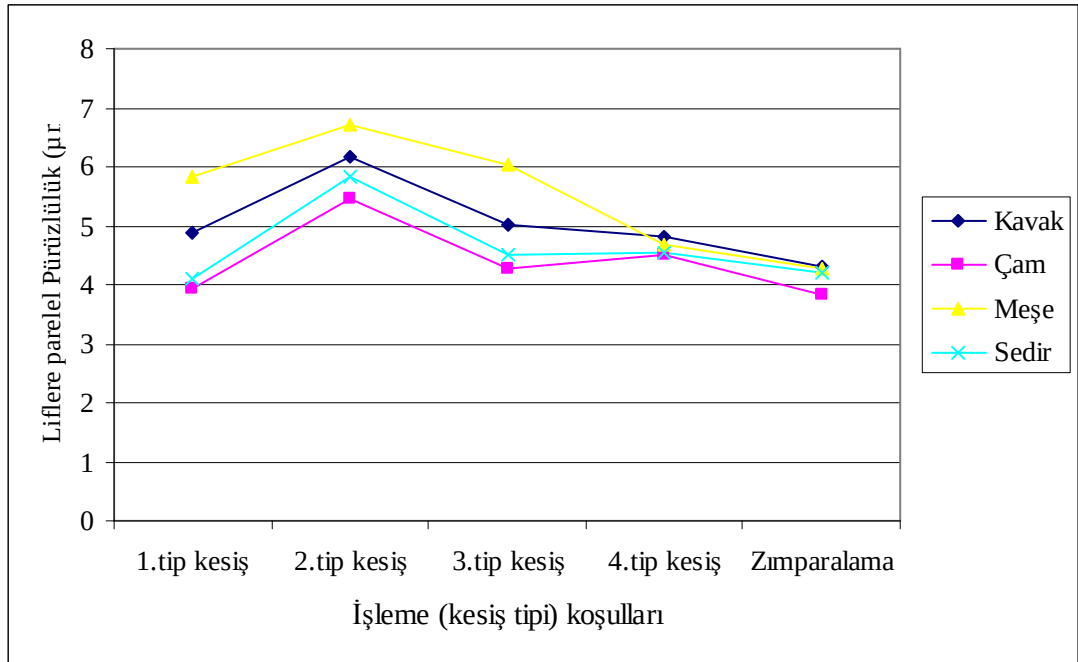
Pürüzlülük değerlerinin ağaç türleri, işleme koşulları ve ölçüm yönüne göre aritmetik ortalamaları ve standart sapmaları Tablo 4.25’de verilmektedir.

Tablo 4.25: Pürüzlülük değerlerinin ağaç türleri, işleme koşulları ve ölçüm yönüne göre aritmetik ortalama ve standart sapmaları

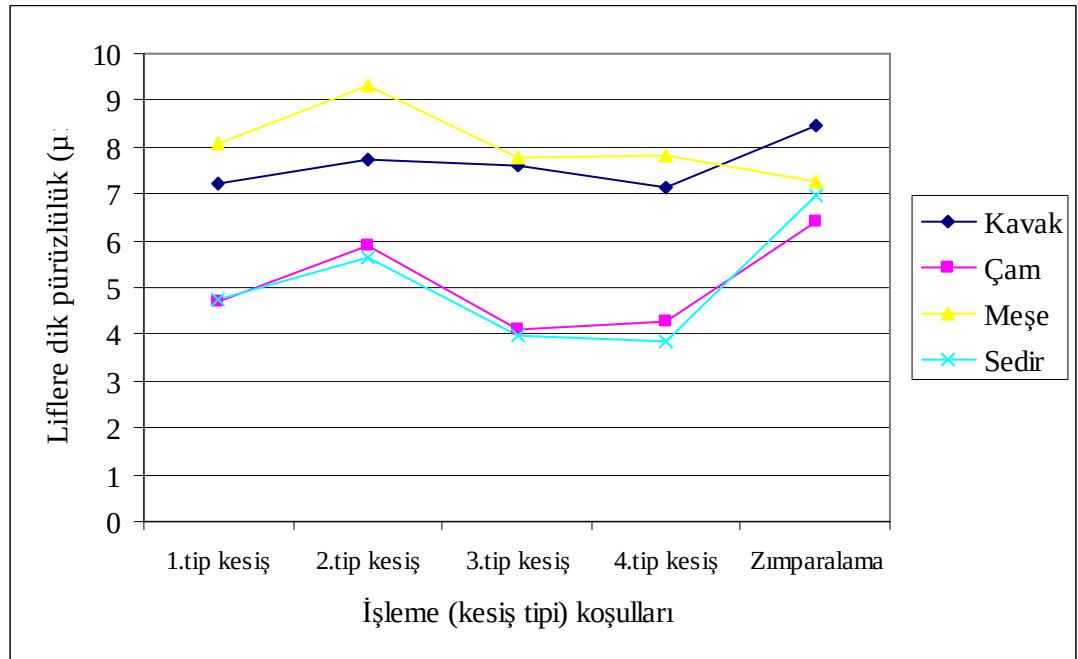
Ağaç türü	İşleme koşulları	Ölçüm yönü	Aritmetik ortalama	Standart sapma	N
Karakavak	1.tip kesiş	Liflere Paralel	4,8770	0,89402	30
		Liflere Dik	7,2267	1,03281	30
		Ortalama	6,0518	1,52342	60
	2. tip kesiş	Liflere Paralel	6,1717	1,32227	30
		Liflere Dik	7,7307	1,31572	30
		Ortalama	6,9512	1,52584	60
	3. tip kesiş	Liflere Paralel	5,0317	0,94194	30
		Liflere Dik	7,6157	0,84930	30
		Ortalama	6,3237	1,57740	60
	4. tip kesiş	Liflere Paralel	4,8300	0,63914	30
		Liflere Dik	7,1457	0,86241	30
		Ortalama	5,9878	1,38912	60
	Zımparalama	Liflere Paralel	4,2920	0,54201	30
		Liflere Dik	8,4607	0,72199	30
		Ortalama	6,3763	2,19515	60
	Ortalama	Liflere Paralel	5,0405	1,09086	150
		Liflere Dik	7,6359	1,07336	150
		Ortalama	6,3382	1,69020	300
Karaçam	1. tip kesiş	Liflere Paralel	3,9197	0,60603	29
		Liflere Dik	4,7067	1,37077	30
		Ortalama	4,3198	1,12884	59
	2. tip kesiş	Liflere Paralel	5,4671	1,28840	28
		Liflere Dik	5,8943	2,06066	28
		Ortalama	5,6807	1,71636	56
	3. tip kesiş	Liflere Paralel	4,2880	1,20264	30
		Liflere Dik	4,1213	0,89157	30
		Ortalama	4,2047	1,05294	60
	4. tip kesiş	Liflere Paralel	4,5183	0,80958	30
		Liflere Dik	4,2557	0,91512	30
		Ortalama	4,3870	0,86679	60
	Zımparalama	Liflere Paralel	3,8233	0,88659	30
		Liflere Dik	6,4100	0,93343	30
		Ortalama	5,1167	1,58609	60
	Ortalama	Liflere Paralel	4,3921	1,13533	147
		Liflere Dik	5,0666	1,57681	148
		Ortalama	4,7305	1,41329	295
Sapsız meşe	1. tip kesiş	Liflere Paralel	5,8197	2,50760	30
		Liflere Dik	8,0853	1,52473	30
		Ortalama	6,9525	2,35340	60
	2. tip kesiş	Liflere Paralel	6,7077	2,37847	30
		Liflere Dik	9,3097	2,33735	30
		Ortalama	8,0087	2,68090	60
	3. tip kesiş	Liflere Paralel	6,0343	1,66741	30
		Liflere Dik	7,7953	1,80459	30
		Ortalama	6,9148	1,93795	60
	4. tip kesiş	Liflere Paralel	4,6820	0,86912	30
		Liflere Dik	7,8200	2,07973	30
		Ortalama	6,2510	2,23624	60
	Zımparalama	Liflere Paralel	4,2623	0,86022	30
		Liflere Dik	7,2823	0,47397	30
		Ortalama	5,7723	1,67119	60
	Ortalama	Liflere Paralel	5,5012	1,99297	150
		Liflere Dik	8,0585	1,87008	150
		Ortalama	6,7799	2,31571	300

Ağaç türü	İşleme koşulları	Ölçüm yönü	Aritmetik ortalama	Standart sapma	N
Toros sediri	1. tip kesiş	Liflere Paralel	4,0990	0,62700	30
		Liflere Dik	4,7352	1,30558	29
		Ortalama	4,4117	1,05940	59
	2. tip kesiş	Liflere Paralel	5,8367	1,07870	30
		Liflere Dik	5,6583	1,49195	29
		Ortalama	5,7490	1,29014	59
	3. tip kesiş	Liflere Paralel	4,5193	0,93111	30
		Liflere Dik	3,9637	1,02934	30
		Ortalama	4,2415	1,01264	60
	4. tip kesiş	Liflere Paralel	4,5513	0,51187	30
		Liflere Dik	3,8403	0,71792	30
		Ortalama	4,1958	0,71459	60
	Zımparalama	Liflere Paralel	4,2053	0,60108	30
		Liflere Dik	6,9490	0,49868	30
		Ortalama	5,5772	1,48783	60
	Ortalama	Liflere Paralel	4,6423	0,99138	150
		Liflere Dik	5,0270	1,57349	148
		Ortalama	4,8334	1,32500	298
Toplam	1. tip kesiş	Liflere Paralel	4,6852	1,57909	119
		Liflere Dik	6,2007	1,99141	119
		Ortalama	5,4429	1,94745	238
	2. tip kesiş	Liflere Paralel	6,0556	1,64763	118
		Liflere Dik	7,1824	2,35660	117
		Ortalama	6,6166	2,10456	235
	3. tip kesiş	Liflere Paralel	4,9683	1,38293	120
		Liflere Dik	5,8740	2,19342	120
		Ortalama	5,4212	1,88511	240
	4. tip kesiş	Liflere Paralel	4,6454	0,72280	120
		Liflere Dik	5,7654	2,14904	120
		Ortalama	5,2054	1,69545	240
	Zımparalama	Liflere Paralel	4,1458	0,75329	120
		Liflere Dik	7,2755	1,01220	120
		Ortalama	5,7106	1,80326	240
	Ortalama	Liflere Paralel	4,8965	1,42415	597
		Liflere Dik	6,4564	2,09206	596
		Ortalama	5,6758	1,95130	1193

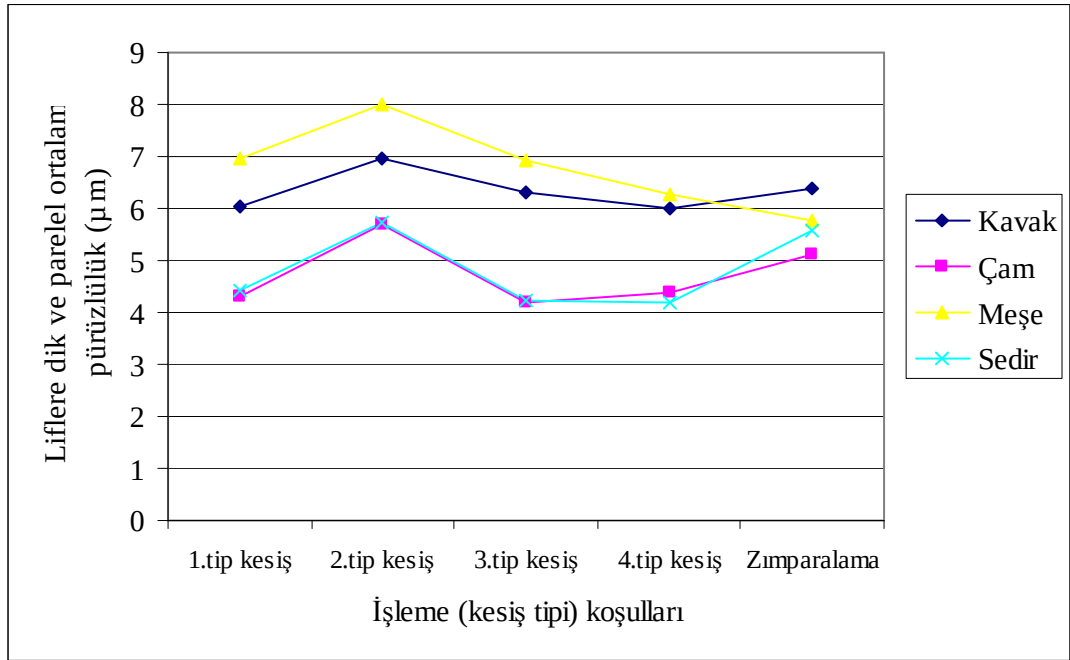
Aşağıdaki Şekil 4.37’de çeşitli işleme koşullarına ve ağaç türlerinde göre liflere paralel pürüzlülük değerleri, Şekil 4.38’de liflere dik pürüzlülük değerleri, Şekil 4.39’da ise liflere paralel ve liflere dik pürüzlülük değerlerinin ortalaması grafik şeklinde verilmektedir.



Şekil 4.37: Çeşitli işleme (kesiş tipi) koşullarına ve ağaç türlerine göre liflere paralel pürüzlülük değerleri



Şekil 4.38: Çeşitli işleme (kesiş tipi) koşullarına ve ağaç türlerine göre liflere dik pürüzlülük değerleri



Şekil 4.39: Çeşitli işleme (kesiş tipi) koşullarına ve ağaç türlerine göre ortalama pürüzlülük değerleri

Levene'nin varyans homojenliği test sonucuna göre ise varyanslarının homojen olmadığı anlaşılmaktadır. Bu nedenle ağaç türleri, işleme koşulları ve ölçüm yönüne gruplandırma Tamhane 2'ye göre yapılmıştır. Tablo 4.26'de Levene'nin hata varyansı eşitlik tablosu görülmektedir. Üç yönlü varyans analizi (ANOVA) sonucu ise Tablo 4.27' de gösterilmektedir.

Tablo 4.26: Levene'in Hata varyansı eşitlik testi tablosu

Bağımlı değişken: Pürüzlülük

F	df1	df2	Sig.
8,155	39	1153	0,000

Tablo 4.27: Çok yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları

Kaynak	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi (df)	Kareler ortalaması	F	Anlamlılık (Sig.)	Belirtme katsayısı
Düzeltilmiş model	2725,370 (a)	39	69,881	44,435	0,000	0,600
Intercept	38390,901	1	38390,901	24411,663	0,000	0,955
Ag.Türü	965,414	3	321,805	204,626	0,000	0,347
Kesiş	282,119	4	70,530	44,848	0,000	0,135
Yön	719,575	1	719,575	457,557	0,000	0,284
Ag.Türü * Kesiş	155,679	12	12,973	8,249	0,000	0,079
Ag.Türü * Yön	315,310	3	105,103	66,832	0,000	0,148
Kesiş * Yön	197,586	4	49,397	31,410	0,000	0,098
Ag.Türü*Kesiş*Yön	76,669	12	6,389	4,063	0,000	0,041
Hata	1813,261	1153	1,573			
Toplam	42971,008	1193				
Düzeltilmiş toplam	4538,630	1192				

(a) R Squared = ,600 (Adjusted R Squared = ,587)

Tablodan da görüleceği üzere analiz sonuçlarına göre ağaç türü, kesiş tipi, ölçüm yönü, ağaç türü*kesiş, ağaç türü*ölçüm yönü, kesiş*ölçüm yönü, ağaç türü*kesiş*ölçüm yönü etkileşimleri arasında pürüzlülük açısından anlamlı fark bulunduğu görülmektedir. Belirtme katsayısı değerine bakıldığında pürüzlülük değerleri üzerinde 0,347 ile en yüksek etkiye ağaç türü, 0,284 ile ölçüm yönü, daha sonra 0,148 ile ağaç türü*ölçüm yönü ve 0.135 ile de kesiş türünün, pürüzlülük üzerinde etkiye sahip olduğu görülmektedir.

Tablo 4.28: Tahmin edilen marjinal pürüzlülük ortalaması

Aritmetik ortalama	Standart hata	%95'lik güven aralıkları	
		Alt sınır değer	Üst sınır değer
5,674	0,036	5,602	5,745

Tablo 4.29: Ağaç türlerine göre ortalama pürüzlülük değerleri, standart hataları ve %95 güven düzeyine göre alt ve üst sınır değerleri

Ağaç türü	Aritmetik ortalama	Standart hata	%95'lik güven aralıkları	
			Alt sınır değer	Üst sınır değer
Kavak	6,338	0,072	6,196	6,480
Çam	4,740	0,073	4,597	4,884
Meşe	6,780	0,072	6,638	6,922
Sedir	4,836	0,073	4,693	4,978

Ağaç türlerine göre pürüzlülüğün ortalamalarını, standart hatalarını ve %95 güven düzeyine göre alt ve üst sınır değerleri incelendiğinde; pürüzlülük ortalaması en yüksek ağaç türünün 6.780 μm ile meşe, ikinci sırada ise 6.338 μm ile kavak yer aldığı görülmektedir. %95 güven düzeyine göre ağaç türlerinin alt ve üst sınır değerlerini incelendiğinde çam ve sedir'in güven aralıkları birbirleriyle kesişmektedir. Bu sonuç bize daha sonra yapılacak analizlerde de görüleceği üzere ağaç türlerinin pürüzlülüğe göre sınıflandırılmasında kullanılmaktadır. Kavak ve meşenin alt ve üst sınır değerleri birbirleriyle kesişmediği gibi diğer ağaç türleriyle de kesişmemektedir (Şekil 4.28, Şekil 4.29).

Pürüzlülük ortalamalarından hareketle ağaç türleri arasında ikili karşılaştırma yapıldığında çam ve sedirin pürüzlülük değerleri dışında diğer ağaç türleri arasında pürüzlülük açısından anlamlı bir fark bulunmaktadır.

Tablo 4.30'da pürüzlülük ortalamalarından hareketle gerçekleştirilen ikili karşılaştırma sonuçları tablo halinde verilmektedir.

Tablo 4.30: Pürüzlülük ortalamalarından hareketle ağaç türleri arasında ikili karşılaştırma sonuçları

Ağaç türü (I)	Ağaç türü (J)	Ortalama farkı (I-J)	Standart hata	Anlamlılık (Sig.)	%95'lik güven aralıkları	
					Alt sınır değer	Üst sınır değer
Kavak	Çam	1,598	0,103	0,000	1,326	1,870
	Meşe	-0,442	0,102	0,000	-0,712	-0,171
	Sedir	1,502	0,103	0,000	1,231	1,773
Çam	Kavak	-1,598	0,103	0,000	-1,870	-1,326
	Meşe	-2,039	0,103	0,000	-2,311	-1,768
	Sedir	-0,095	0,103	1,000	-0,368	0,177
Meşe	Kavak	0,442	0,102	0,000	0,171	0,712
	Çam	2,039	0,103	0,000	1,768	2,311
	Sedir	1,944	0,103	0,000	1,673	2,215
Sedir	Kavak	-1,502	0,103	0,000	-1,773	-1,231
	Çam	0,095	0,103	1,000	-0,177	0,368
	Meşe	-1,944	0,103	0,000	-2,215	-1,673

* % 5 düzeyinde ortalama farklılığı anlamlıdır

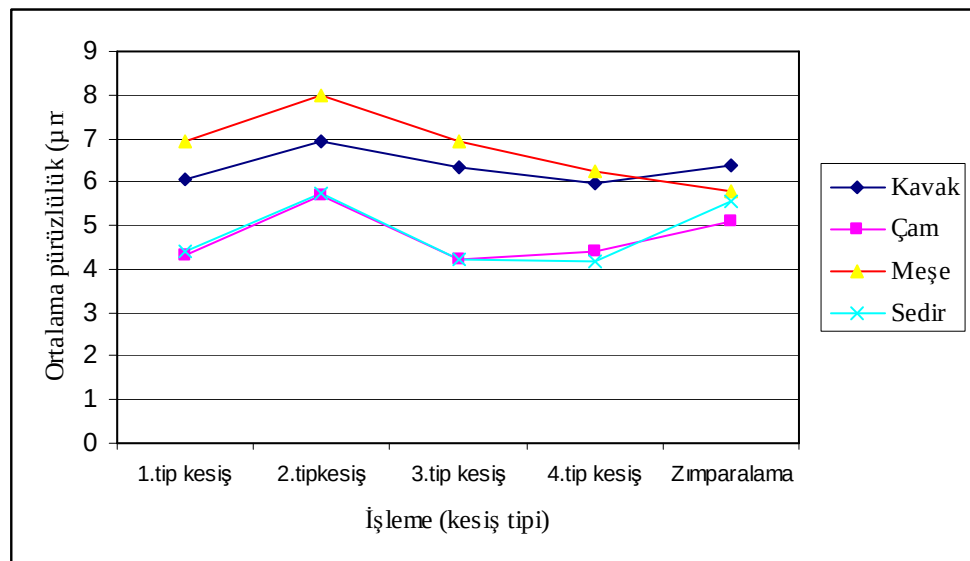
Kavağın pürüzlülük değeri çamdan 1.5598 μm daha yüksek iken, kavağın pürüzlülük değeri meşeden 0,442 μm daha düşüktür. Buna karşılık kavağın pürüzlülük değeri sedirden 1,502 μm daha yüksektir. Meşenin pürüzlülük değerleri kavak, çam ve sedirden daha yüksektir. Sedirin pürüzlülük değerleri kavak ve meşeden düşük iken çam ile yaklaşık değerlere sahiptir ve sedir ve çam arasında pürüzlülük açısından anlamlı bir fark bulunmamaktadır.

Tablo 4.31’de işleme koşullarına göre ortalama pürüzlük değerleri, standart hatalar ve %95 güven aralığında alt ve üst sınır değerleri verilmektedir.

Tablo 4.31: İşleme kesiş tipi koşullarına göre ortalama pürüzlülük değerleri

İşleme koşulları	Aritmetik ortalama	Standart hata	%95’lik güven aralıkları	
			Alt sınır değer	Üst sınır değer
1.tip kesiş	5,434	0,081	5,274	5,593
2. tip kesiş	6,597	0,082	6,436	6,758
3. tip kesiş	5,421	0,081	5,262	5,580
4. tip kesiş	5,205	0,081	5,047	5,364
Zımparalama	5,711	0,081	5,552	5,869

Şekil 4.40’da işleme koşullarına göre ağaç türleri bakımından ortalama pürüzlülük değerleri grafik halinde gösterilmektedir.



Şekil 4.40: İşleme (kesiş tipi) koşullarına göre ortalama pürüzlülük değerleri

İşleme koşullarına göre pürüzlülük değerleri incelendiğinde en yüksek pürüzlülük ortalama değerine sahip işleme koşulları sırasıyla 2. tip kesiş ve zımparalamanın olduğu, 3. tip kesiş ile 1. tip kesişin ortalama pürüzlülük değerlerinin birbirine yakın değerler gösterdikleri, %95 güven düzeyine göre 3. tip kesiş ve 1. tip kesişin alt ve üst sınır değerlerine bakıldığında her iki kesişin sınır değerlerinin birbirleriyle örtüşmekte olduğu görülmektedir. Burada en düşük pürüzlülük ortalamasında sahip olan işleme koşulunun 4. tip kesiş olduğu tespit edilmiştir.

Pürüzlülük ortalamalarından hareketle işleme koşulları arasında ikili karşılaştırma Tablo 4.32’ de verilmektedir.

Tablo 4.32: Pürüzlülük ortalamalarından hareketle işleme koşulları arasında ikili karşılaştırma (95% güven düzeyinde)

İşleme koşulları (I)	İşleme (kesiş tipi) koşulları (J)	Ortalama farkı (I-J)	Standart hata	Anlamlılık (Sig.)	%95’lik güven aralıkları	
					Alt sınır değer	Üst sınır değer
1. tip kesiş	2. tip kesiş	-1,163	0,115	0,000	-1,488	-0,839
	3. tip kesiş	0,012	0,115	1,000	-0,310	0,335
	4. tip kesiş	0,228	0,115	0,469	-0,094	0,551
	Zımparalama	-0,277	0,115	0,159	-0,600	0,046
2. tip kesiş	1. tip kesiş	1,163	0,115	0,000	0,839	1,488
	3. tip kesiş	1,176	0,115	0,000	0,852	1,500
	4. tip kesiş	1,392	0,115	0,000	1,068	1,715
	Zımparalama	0,886	0,115	0,000	0,563	1,210
3. tip kesiş	1. tip kesiş	-0,012	0,115	1,000	-0,335	0,310
	2. tip kesiş	-1,176	0,115	0,000	-1,500	-0,852
	4. tip kesiş	0,216	0,114	0,597	-0,106	0,538
	Zımparalama	-0,289	0,114	0,116	-0,611	0,033
4. tip kesiş	1. tip kesiş	-0,228	0,115	0,469	-0,551	0,094
	2. tip kesiş	-1,392	0,115	0,000	-1,715	-1,068
	3. tip kesiş	-0,216	0,114	0,597	-0,538	0,106
	Zımparalama	-0,505	0,114	0,000	-0,827	-0,183
Zımparalama	1. tip kesiş	0,277	0,115	0,159	-0,046	0,600
	2. tip kesiş	-0,886	0,115	0,000	-1,210	-0,563
	3. tip kesiş	0,289	0,114	0,116	-0,033	0,611
	4. tip kesiş	0,505	0,114	0,000	0,183	0,827

Pürüzlülük ortalamalarından hareketle işleme koşulları arasında ikili karşılaştırma yapıldığında; 1. tip kesiş kesişin ortalaması 2. tip kesiş kesişten 1,163 μm ve zımparalamadan 0,277 μm daha az olduğu ancak 4. kesişten 0,228 μm daha yüksek olduğu, 1. tip kesiş ile 3. tip kesiş arasında anlamlı bir fark bulunmadığı görülmektedir. Tablonun genelinde ise 3. tip kesiş ile 4. tip kesiş arasında da anlamlı bir fark bulunmadığı ve 1. tip kesiş ve 4. tip kesiş içinde benzer yorum yapılabilir. Aynı zamanda zımparalama ile 1. tip kesiş ve zımparalama ile 3. tip kesiş arasında anlamlı bir fark bulunmadığı da görülmektedir.

Tablo 4.33’de pürüzlülüğe göre ölçüm yönünün değerlendirilmesi ile ilgili sonuçlar görülmektedir.

Tablo 4.33: Pürüzlülüğe göre ölçüm yönünün değerlendirilmesi

Ölçüm yönü	Aritmetik ortalama	Standart hata	%95’lik güven aralıkları	
			Alt sınır değer	Üst sınır değer
Liflere Paralel	4,897	0,051	4,796	4,998
Liflere Dik	6,450	0,051	6,350	6,551

Pürüzlülüğe göre pürüzlülük ölçüm yönü incelendiğinde liflere dik ortalama pürüzlülük değerinin (6,450 μm) liflere paralel ortalama pürüzlülük değerinden (4,897 μm) daha yüksek olduğu görülmüştür. %95 güven düzeyine göre ölçüm yönlerinin alt ve üst sınır değerlerine bakıldığında her iki ölçüm yönüne ait güven aralıklarının birbirleriyle örtüşmediği görülmektedir. Diğer bir ifadeyle ölçüm yönü açısından, liflere paralel pürüzlülük ölçüm değerleri ile liflere dik pürüzlülük ölçüm değerleri arasında anlamlı bir fark olduğu tespit edilmiştir.

Pürüzlülük ortalamalarından hareketle ölçüm yönleri arasında ikili karşılaştırma Tablo 4.34’de verilmektedir.

Tablo 4.34: Pürüzlülük ortalamalarından hareketle ölçüm yönleri arasında ikili karşılaştırma

Ölçüm yönü (I)	Ölçüm yönü (J)	Ortalama farkı (I-J)	Standart hata	Anlamlılık (Sig.)	%95’lik güven aralıkları	
					Alt sınır değer	Üst sınır değer
Liflere Paralel	Liflere Dik	-1,553	0,073	0,000	-1,696	-1,411
Liflere Dik	Liflere Paralel	1,553	0,073	0,000	1,411	1,696

Pürüzlülük ortalamalarından hareketle ölçüm yönleri arasında ikili karşılaştırma yapıldığında liflere dik pürüzlülük değerlerinin ortalaması liflere paralel pürüzlülük değerlerinin ortalamasından 1,553 μm daha yüksek bulunmuştur. Tablo 4.34’den de görüleceği gibi anlamlılık değeri (sig) : 0,000 olduğu için her iki ölçüm yönü arasında anlamlı bir fark bulunmaktadır.

Tablo 4.35’de ağaç türü ve işleme koşullarının birlikte etkileşiminin pürüzlülük üzerine etkilerinin sonuçları görülmektedir.

Tablo 4.35: Ağaç türü ve işleme koşullarının birlikte etkileşimin pürüzlülük üzerindeki etkileri

Ağaç türü	İşleme (kesiş tipi) koşulları	Aritmetik ortalama	Standart hata	%95’lik güven aralıkları	
				Alt sınır değer	Üst sınır değer
Kavak	1. tip kesiş	6,052	0,162	5,734	6,369
	2. tip kesiş	6,951	0,162	6,634	7,269
	3. tip kesiş	6,324	0,162	6,006	6,641
	4. tip kesiş	5,988	0,162	5,670	6,305
	Zımparalama	6,376	0,162	6,059	6,694
Çam	1. tip kesiş	4,313	0,163	3,993	4,634
	2. tip kesiş	5,681	0,168	5,352	6,010
	3. tip kesiş	4,205	0,162	3,887	4,522
	4. tip kesiş	4,387	0,162	4,069	4,705
	Zımparalama	5,117	0,162	4,799	5,434
Meşe	1. tip kesiş	6,953	0,162	6,635	7,270
	2. tip kesiş	8,009	0,162	7,691	8,326
	3. tip kesiş	6,915	0,162	6,597	7,232
	4. tip kesiş	6,251	0,162	5,933	6,569
	Zımparalama	5,772	0,162	5,455	6,090
Sedir	1.Kesiş	4,417	0,163	4,097	4,737
	2.Kesiş	5,747	0,163	5,427	6,068
	3.Kesiş	4,241	0,162	3,924	4,559
	4.Kesiş	4,196	0,162	3,878	4,513
	Zımparalama	5,577	0,162	5,260	5,895

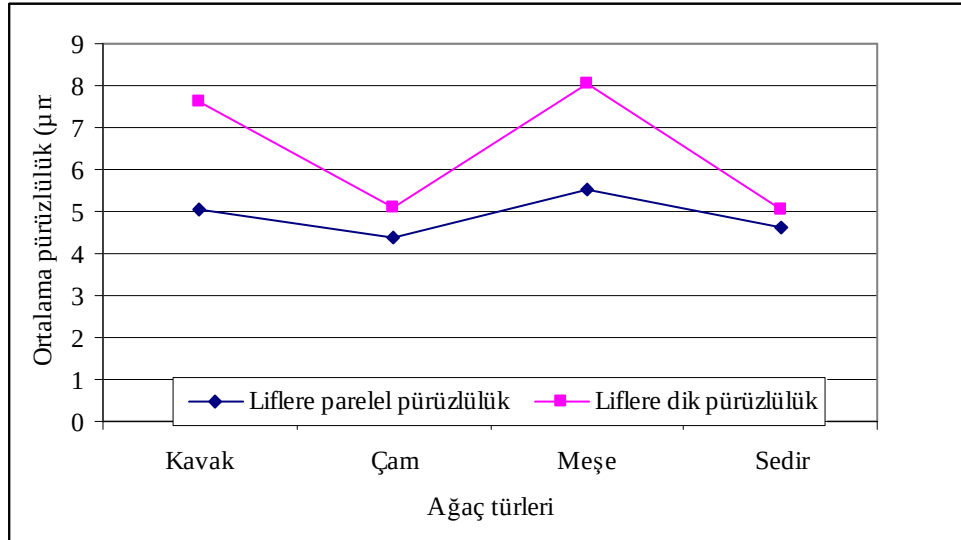
Ağaç türü ve işleme koşullarının birlikte etkileşimin pürüzlülük üzerindeki etkileri incelendiğinde, kavağın 2. tip kesişteki pürüzlülük değerleri diğer işleme koşullarından daha yüksektir. Kavağın 3. tip kesiş ve zımparalama değerleri arasında ise ortalama açısından çok az bir fark bulunmaktadır. Kavağın 1. tip kesiş ve 4. tip kesiş değerleri ise pürüzlülük açısından diğer işleme koşullarına göre daha düşüktür. İnceleme çam için gerçekleştirildiğinde, işleme koşullarına göre 2. kesişin pürüzlülük değerleri diğer işleme koşullarından daha yüksek iken zımparalama pürüzlülük açısından ikinci sırada yer almaktadır. 1., 3. ve 4. tip kesiş değerleri ise pürüzlülük açısından hem birbirlerine yakın hem de diğer işleme koşullarından daha düşük değerlere sahip bulunmaktadır. İnceleme meşe için gerçekleştirildiğinde pürüzlülük açısından 2. tip kesişin ortalama pürüzlülük değerlerinin diğer işleme koşullarından oldukça yüksek olduğu görülmektedir. 1. tip ve 3. tip kesişin ortalama pürüzlülük değerleri birbirine yakın iken 4. tip kesişin ve zımparalamanın ortalama pürüzlülük değerleri açısından oldukça düşük bulunmuştur. Sedirde diğer ağaç türlerinde olduğu gibi pürüzlülük açısından 2. tip kesişin ortalama değerleri diğer işleme koşullarından yüksektir. Zımparalama işlem koşulu ise ortalama pürüzlülük değerleri açısından ikinci sırada yer almaktadır. 1., 3. ve 4. tip kesişin ortalama pürüzlülük değerleri ise diğer işleme koşullarından düşüktür. Tablo geneline ağaç türlerine göre pürüzlülük açısından 2. tip kesiş işleme koşulunun ortalama pürüzlülük değerleri diğer işleme koşullarından yüksektir. Ayrıca kavak ve meşe pürüzlülük açısından işleme koşullarına göre daha yüksek ortalama pürüzlülük değerine sahip bulunmaktadır. Çam ve sedirinin işleme koşullarına göre pürüzlülük değerleri hem birbirlerine daha yakın hem de diğer ağaç türlerinden daha düşük durumdadır.

Tablo 4.36’da ağaç türü ve pürüzlülük ölçüm yönü koşullarının birlikte etkileşimin pürüzlülük üzerindeki etkileri görülmektedir.

Tablo 4.36: Ağaç türü ve pürüzlülük ölçüm yönü koşullarının birlikte etkileşimin pürüzlülük üzerindeki etkileri

Ağaç türü	Ölçüm yönü	Aritmetik ortalama	Standart hata	%95'lik güven aralıkları	
				Alt sınır değer	Alt sınır değer
Kavak	Liflere Paralel	5,040	0,102	4,840	5,241
	Liflere Dik	7,636	0,102	7,435	7,837
Çam	Liflere Paralel	4,403	0,103	4,200	4,606
	Liflere Dik	5,078	0,103	4,875	5,280
Meşe	Liflere Paralel	5,501	0,102	5,300	5,702
	Liflere Dik	8,059	0,102	7,858	8,259
Sedir	Liflere Paralel	4,642	0,102	4,441	4,843
	Liflere Dik	5,029	0,103	4,827	5,232

Şekil 4.41'de ağaç türlerine göre liflere paralel ve liflere dik ortalama pürüzlülük miktarları grafiksel olarak gösterilmektedir.



Şekil 4.41: Ağaç türlerine göre liflere paralel ve liflere dik ortalama pürüzlülük değerleri

Ağaç türü ve ölçüm yönü koşullarının birlikte etkileşimin pürüzlülük üzerindeki etkileri incelendiğinde, her ağaç türü için liflere dik ortalama pürüzlülük değerlerinin liflere paralel ortalama pürüzlülük değerlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Ağaç türlerine göre liflere dik ortalama pürüzlülük değeri incelendiğinde en yüksek ortalama pürüzlülük değeri meşe ağaç türünde çıkmıştır. Meşe ağaç türü ortalama pürüzlülük değerini kavak ağaç türü ortalama pürüzlülük değeri takip etmektedir. Çam ve sedirin

liflere dik ortalama pürüzlülük değerleri ise birbirlerine yakın ve diğer ağaç türlerinden daha düşüktür.

Ağaç türlerine göre liflere paralel ortalama pürüzlülük değerleri incelendiğinde en yüksek pürüzlülük değeri meşede görülmüş bunu kavak ağaç türü izlemiştir. Çam ve sedir ağaç türlerinin liflere paralel pürüzlülük ortalama değerleri birbirine yakın değerler göstermektedir.

Tablo 4.37’de işleme koşullarının ve pürüzlülük ölçüm yönünün birlikte etkileşimin pürüzlülük üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Tablo 4.37: İşleme (kesiş tipi) koşulları ve ölçüm yönü koşullarının birlikte etkileşimin pürüzlülük üzerindeki etkileri

İşleme (kesiş tipi) koşulları	Ölçüm yönü	Aritmetik ortalama	Standart hata	%95’lik güven aralıkları	
				Alt sınır değer	Alt sınır değer
1.tip kesiş	Liflere Paralel	4,679	0,115	4,453	4,904
	Liflere Dik	6,188	0,115	5,963	6,414
2.tip kesiş	Liflere Paralel	6,046	0,115	5,819	6,272
	Liflere Dik	7,148	0,116	6,921	7,376
3.tip kesiş	Liflere Paralel	4,968	0,114	4,744	5,193
	Liflere Dik	5,874	0,114	5,649	6,099
4.tip kesiş	Liflere Paralel	4,645	0,114	4,421	4,870
	Liflere Dik	5,765	0,114	5,541	5,990
Zımparalama	Liflere Paralel	4,146	0,114	3,921	4,370
	Liflere Dik	7,276	0,114	7,051	7,500

İşleme koşulları ve ölçüm yönü koşullarının birlikte etkileşimin pürüzlülük üzerindeki etkilerini incelendiğinde, tüm işleme (kesiş tipi) koşulları arasından ölçüm yönü açısından en yüksek pürüzlülük değerlerine sahip ölçüm yönünün liflere dik pürüzlülük değerleri olduğu görülmüştür. En yüksek pürüzlülük değeri önce zımparalamada daha sonra 2. kesiş tipinde görülmektedir. Liflere dik ölçüm değerleri arasında en düşük pürüzlülük değeri ise 4. kesiş tipinde elde edilmiştir.

Ağaç türü, işleme koşulları ve ölçüm yönü koşullarının birlikte etkileşimin pürüzlülük üzerindeki etkileri Tablo 4.38’de görülmektedir.

Tablo 4.38: Ağaç türü, işleme koşulları ve ölçüm yönü koşullarının birlikte etkileşimin pürüzlülük üzerindeki etkileri

Ağaç türü	İşleme koşulları	Ölçüm yönü	Aritmetik ortalama	Standart hata	%95'lik güven aralıkları	
					Alt sınır değer	Alt sınır değer
Kavak	1.tip kesiş	Liflere Paralel	4,877	0,229	4,428	5,326
		Liflere Dik	7,227	0,229	6,777	7,676
	2. tip kesiş	Liflere Paralel	6,172	0,229	5,722	6,621
		Liflere Dik	7,731	0,229	7,281	8,180
	3. tip kesiş	Liflere Paralel	5,032	0,229	4,582	5,481
		Liflere Dik	7,616	0,229	7,166	8,065
	4. tip kesiş	Liflere Paralel	4,830	0,229	4,381	5,279
		Liflere Dik	7,146	0,229	6,696	7,595
Çam	Zımparalama	Liflere Paralel	4,292	0,229	3,843	4,741
		Liflere Dik	8,461	0,229	8,011	8,910
	1. tip kesiş	Liflere Paralel	3,920	0,233	3,463	4,377
		Liflere Dik	4,707	0,229	4,257	5,156
	2. tip kesiş	Liflere Paralel	5,467	0,237	5,002	5,932
		Liflere Dik	5,894	0,237	5,429	6,359
	3. tip kesiş	Liflere Paralel	4,288	0,229	3,839	4,737
		Liflere Dik	4,121	0,229	3,672	4,571
Meşe	4. tip kesiş	Liflere Paralel	4,518	0,229	4,069	4,968
		Liflere Dik	4,256	0,229	3,806	4,705
	Zımparalama	Liflere Paralel	3,823	0,229	3,374	4,273
		Liflere Dik	6,410	0,229	5,961	6,859
	1. tip kesiş	Liflere Paralel	5,820	0,229	5,370	6,269
		Liflere Dik	8,085	0,229	7,636	8,535
	2. tip kesiş	Liflere Paralel	6,708	0,229	6,258	7,157
		Liflere Dik	9,310	0,229	8,860	9,759
Sedir	3. tip kesiş	Liflere Paralel	6,034	0,229	5,585	6,484
		Liflere Dik	7,795	0,229	7,346	8,245
	4. tip kesiş	Liflere Paralel	4,682	0,229	4,233	5,131
		Liflere Dik	7,820	0,229	7,371	8,269
	Zımparalama	Liflere Paralel	4,262	0,229	3,813	4,712
		Liflere Dik	7,282	0,229	6,833	7,732
	1. tip kesiş	Liflere Paralel	4,099	0,229	3,650	4,548
		Liflere Dik	4,735	0,233	4,278	5,192
	2. tip kesiş	Liflere Paralel	5,837	0,229	5,387	6,286
		Liflere Dik	5,658	0,233	5,201	6,115
	3. tip kesiş	Liflere Paralel	4,519	0,229	4,070	4,969
		Liflere Dik	3,964	0,229	3,514	4,413
	4. tip kesiş	Liflere Paralel	4,551	0,229	4,102	5,001
		Liflere Dik	3,840	0,229	3,391	4,290
	Zımparalama	Liflere Paralel	4,205	0,229	3,756	4,655
		Liflere Dik	6,949	0,229	6,500	7,398

Ağaç türü, işleme koşulları ve ölçüm yönü koşullarının birlikte etkileşimin pürüzlülük üzerindeki etkileri incelendiğinde; kavak için ağaç türü*işleme (kesiş tipi) koşulları*ölçüm yönü etkileşimine birlikte bakıldığında pürüzlülük açısından liflere dik

ortalama pürüzlülük değerlerinde zımparalama işlem koşulu ile en yüksek ortalama pürüzlülük değerine sahip bulunmaktadır. Bunu 2. tip kesiş ve 3. tip kesiş liflere dik ölçüm ortalama pürüzlülük değerleri takip etmektedir. Çam için ağaç türü*işleme (kesiş tipi) koşulları*ölçüm yönü etkileşimi birlikte incelendiğinde pürüzlülük açısından liflere dik ortalama pürüzlülük değerlerinde en yüksek ortalama pürüzlülük değeri zımparalama işleminde meydana gelmiştir. Bunu 2. tip kesiş liflere dik ortalama pürüzlülük değerleri takip etmektedir. Ancak 4. tip kesiş ve 3. tip kesişin pürüzlülük açısından liflere paralel ölçüm değerleri liflere dik ölçüm değerlerinden yüksektir. Meşe için ağaç türü*işleme koşulları*ölçüm yönü etkileşimi birlikte incelendiğinde pürüzlülük açısından tüm işleme koşullarında liflere dik ölçümler liflere paralel ölçüm değerlerinden yüksek çıkmıştır. Burada en yüksek değer 2. tip kesiş liflere dik ölçümde elde edilmiştir. Bunu 1. tip kesiş liflere dik ölçüm değeri takip etmektedir. Sedir için ağaç türü*işleme (kesiş tipi) koşulları*ölçüm yönü etkileşimi birlikte incelendiğinde pürüzlülük açısından zımparalamada ve liflere dik ölçüm yönünde en yüksek değerler elde edilmiştir. Ancak sedirin, 2., 3. ve 4. tip kesiş işlem koşullarının liflere paralel ölçüm yönü değerleri liflere dik ölçüm değerlerinden daha yüksektir.

Tablo 4.39’da Tamhane’ ye göre, ağaç türlerine göre pürüzlülüğün çoklu karşılaştırma tablosu verilmektedir.

Tablo 4.39: Çoklu karşılaştırma tablosu (% 5 düzeyinde ortalama farklılığı anlamlıdır)

	Ağaç türü (I)	Ağaç türü (J)	Ortalama farkı (I-J)	Standart hata	Anlamlılık (Sig.)	%95’lik güven aralıkları	
						Alt sınır değer	Alt sınır değer
Tamhane	Kavak	Çam	1,608	0,128	0,000	1,271	1,945
		Meşe	-0,442	0,166	0,046	-0,879	-0,005
		Sedir	1,505	0,124	0,000	1,177	1,833
	Çam	Kavak	-1,608	0,128	0,000	-1,945	-1,271
		Meşe	-2,049	0,157	0,000	-2,464	-1,635
		Sedir	-0,103	0,113	0,932	-0,400	0,194
	Meşe	Kavak	0,442	0,166	0,046	0,005	0,879
		Çam	2,049	0,157	0,000	1,635	2,464
		Sedir	1,946	0,154	0,000	1,539	2,354
	Sedir	Kavak	-1,505	0,124	0,000	-1,833	-1,177
		Çam	0,103	0,113	0,932	-0,194	0,400
		Meşe	-1,946	0,154	0,000	-2,354	-1,539

Üç yönlü varyans analizinde (ANOVA) varyans homojenliği sağlanamadığı için, ağaç türlerini kendi içlerinde pürüzlülük ortalamalarına göre analiz edebilmek için Tamhane 2 kullanılmıştır. Analize göre kavağın pürüzlülük değeri çamdam 1,6077 μm yüksektir.

Kavağın aynı zamanda ortalama pürüzlülük değeri sedirden de 1,5048 μm daha yüksektir. Ancak meşenin ortalama pürüzlülük değeri kavaktan 0,4417 μm birim daha yüksektir. Çamın pürüzlülük değerleri incelendiğinde çamın pürüzlülük değeri meşeden 2,0494 μm daha düşüktür. Ancak çamın ortalama pürüzlülük değeri sedirden 0,1029 μm düşük olmasına rağmen aralarında anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Diğer bir ifade ile pürüzlülük açısından çam ve sedir aynı grup altında toplanabilmektedir. Tablonun genelinde kavak ve meşeye ait ortalama pürüzlülük değerlerinin diğer ağaç türlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Diğer bir ifade ile her iki ağaç türü de farklı gruplar altında gösterilebilmektedir. Oluşan bu alt gruplar tablo 4.40’de gösterilmektedir.

Tablo 4.40: Ağaç türlerini pürüzlülük ortalamalarına göre homojen alt gruplar (α : 0,05)

Ağaç türü	N	Alt küme		
		1	2	3
Çam	295	4,7305		
Sedir	298	4,8334		
Kavak	300		6,3382	
Meşe	300			6,7799
Sig.		0,3165	1,0000	1,0000

Yukarıdaki Tablo 4.40’daki sonuçlara göre ağaç türlerinin ortalama pürüzlülük değerlerini 3 farklı homojen alt grup altında toplanabildiği görülmektedir.

Tablo 4.41’de ise işleme koşulları Tamhane’ye göre karşılaştırılmıştır.

Tablo 4.41: İşleme (kesiş tipi) koşulları çoklu karşılaştırma

	İşleme (kesiş tipi) koşulları (I)	İşleme (kesiş tipi) koşulları (J)	Ortalama farkı (I-J)	Standart hata	Anlamlılık (Sig.)	%95'lik güven aralıkları	
						Alt sınır	Alt sınır
						değer	değer
Tamhane	1. tip kesiş	2. tip kesiş	-1,1737	0,1865	0,0000	-1,6983	-0,6490
		3. tip kesiş	0,0218	0,1753	1,0000	-0,4714	0,5149
		4. tip kesiş	0,2375	0,1671	0,8161	-0,2324	0,7075
		Zımparalama	-0,2677	0,1717	0,7205	-0,7507	0,2153
	2. tip kesiş	1. tip kesiş	1,1737	0,1865	0,0000	0,6490	1,6983
		3. tip kesiş	1,1954	0,1835	0,0000	0,6794	1,7115
		4. tip kesiş	1,4112	0,1756	0,0000	0,9172	1,9051
		Zımparalama	0,9060	0,1800	0,0000	0,3996	1,4123
	3. tip kesiş	1. tip kesiş	-0,0218	0,1753	1,0000	-0,5149	0,4714
		2. tip kesiş	-1,1954	0,1835	0,0000	-1,7115	-0,6794
		4. tip kesiş	0,2158	0,1637	0,8755	-0,2446	0,6761
		Zımparalama	-0,2895	0,1684	0,5943	-0,7631	0,1842
	4. tip kesiş	1. tip kesiş	-0,2375	0,1671	0,8161	-0,7075	0,2324
		2. tip kesiş	-1,4112	0,1756	0,0000	-1,9051	-0,9172
		3. tip kesiş	-0,2158	0,1637	0,8755	-0,6761	0,2446
		Zımparalama	-0,5052	0,1598	0,0165	-0,9546	-0,0558
	Zımparalama	1. tip kesiş	0,2677	0,1717	0,7205	-0,2153	0,7507
		2. tip kesiş	-0,9060	0,1800	0,0000	-1,4123	-0,3996
		3. tip kesiş	0,2895	0,1684	0,5943	-0,1842	0,7631
		4. tip kesiş	0,5052	0,1598	0,0165	0,0558	0,9546

Çalışmada işleme koşullarını kendi içlerinde pürüzlülük ortalamalarına göre analiz edebilmek için Tamhane 2 analiz yöntemi kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre 2.tip kesişin pürüzlülük değeri 1. tip kesişten 1,1737 μm daha yüksektir. 1. tip kesiş 3.tip kesişten 0,0218 μm daha yüksek olmasına rağmen aralarında (sig: 1,000) anlamlı bir fark bulunmamakta ve 1. tip kesiş ile 3. tip kesiş pürüzlülük ortalamaları açısından aynı grup altında gösterilebilmektedir. 1. tip kesişin değeri 4. tip kesişten 0,2375 μm daha yüksek iken zımparalamadan 0,2677 μm daha düşüktür. Tablo genelinde 2. tip kesişe ait ortalama pürüzlülük değerleri diğer tüm işlem koşullarından daha yüksek olduğu için anlamlı bir fark göstermektedir. Diğer bir ifade ile ayrı bir grup altında gösterilmektedir. Zımparalama işlem koşulu değerleri 2. tip işlem koşulu hariç diğer işlem koşullarına göre biraz daha yüksek ortalama pürüzlülük değerlerine sahip bulunmaktadır.

Zımparalama işlem koşulu da ortalama pürüzlülük değeri açısından ayrı bir grup altında gösterilebilmektedir. Aynı zamanda 3. tip kesişin pürüzlülük değeri 4. tip kesişten 0,2158 μm daha yüksek olmasına rağmen bu iki işlem koşulunda ortalama pürüzlülük değerleri açısından aynı grup altında gösterilmektedir. Tablo 4.42’de homojen alt gruplar görülmektedir. Bu veriler ışığında işlem koşulları pürüzlülük ortalamalarına göre 4 farklı homojen alt grup altında gösterebilmektedir.

Tablo 4.42: İşlem (kesiş tipi) koşullarının pürüzlülük ortalamalarına göre homojen alt gruplar

İşleme (kesiş tipi) koşulları	N	Altküme			
		1	2	3	4
Alpha = ,05. 4.tip kesiş	240	5,2054			
3.tip kesiş	240	5,4212	5,4212		
1.tip kesiş	238		5,4429		
Zımparalama	240			5,7106	
2.tip kesiş	235				6,6166
Anlamlılık (Sig.)		0,0605	0,8496	1,0000	1,0000

4.2.2.3. Ölçüm Yönlerine Göre Pürüzlülüğün Bağımsız Örneklerin T Testi İle Analizi

Çalışmada ayrıca üç yönlü varyans analizinde (ANOVA) yapılmasına rağmen ölçüm yönlerine göre pürüzlülük ortalama değerleri arasında α : 0,05 anlamlılık seviyesinde anlamlı bir farkın olup olmadığını araştırmak amacıyla bağımsız örneklerin t-testi de uygulanmıştır. Tablo 4.43’de liflere paralel ve liflere dik ölçüm yönlerine göre pürüzlülük değerlerinin aritmetik ortalamaları ve standart sapmaları verilmiş ve Tablo 4.44’de ölçüm yönlerine göre pürüzlülük değerleri arasında gerçekleştirilen bağımsız örneklerin t-testi analiz sonuçları görülmektedir.

Tablo 4.43: Liflere paralel ve liflere dik ölçüm yönlerine göre pürüzlülük değerleri

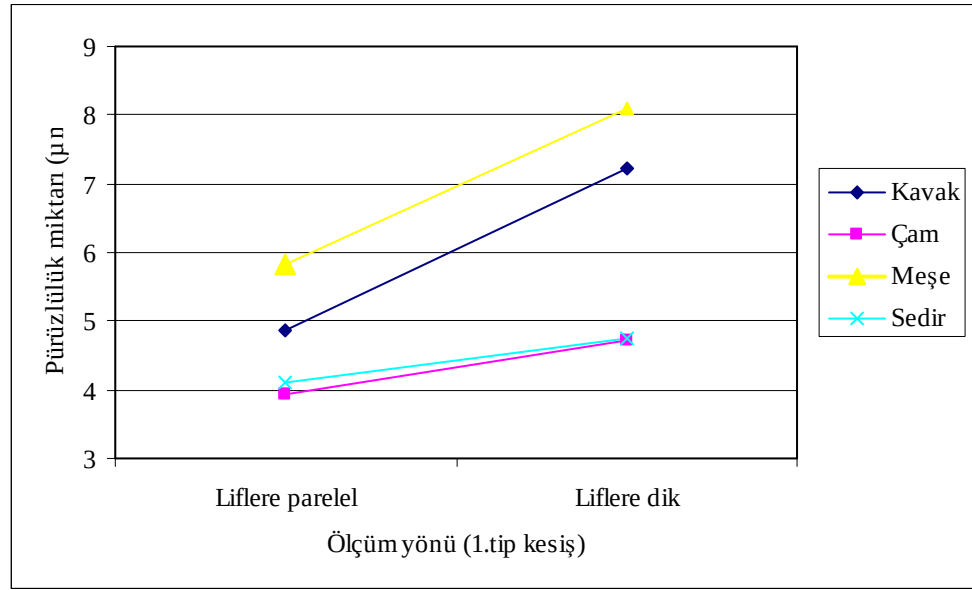
Ölçüm yönü	N	Aritmetik ortalama	Standart sapma	Std. hata ort.
Liflere paralel Pürüzlülük	597	4,8965	1,4241	0,05829
Liflere dik Pürüzlülük	596	6,4564	2,09206	0,08569

Tablo 4.44: Ölçüm yönlerine göre pürüzlülük değerleri arasında gerçekleştirilen bağımsız örneklerin t-testi sonuçları

Levene'in hata varyansı eşitlik testi			T testi sonuçları						
			t	Serbestlik derecesi (df)	Sig. (2-yönlü)	Ortalama farkı	Std. hata farkı	%95'lik güven aralıkları	
Pürüzlülük	F	Sig.						Alt sınır değer	Üst sınır değer
Varsayılan varyans eşitliği	117,8	0,000	-15,056	1191	0,0000	-1,5598	0,10361	-1,76	-1,356
Varsayılmayan varyans eşitliği			-15,051	1048,783	0,0000	-1,5598	0,10364	-1,76	-1,356

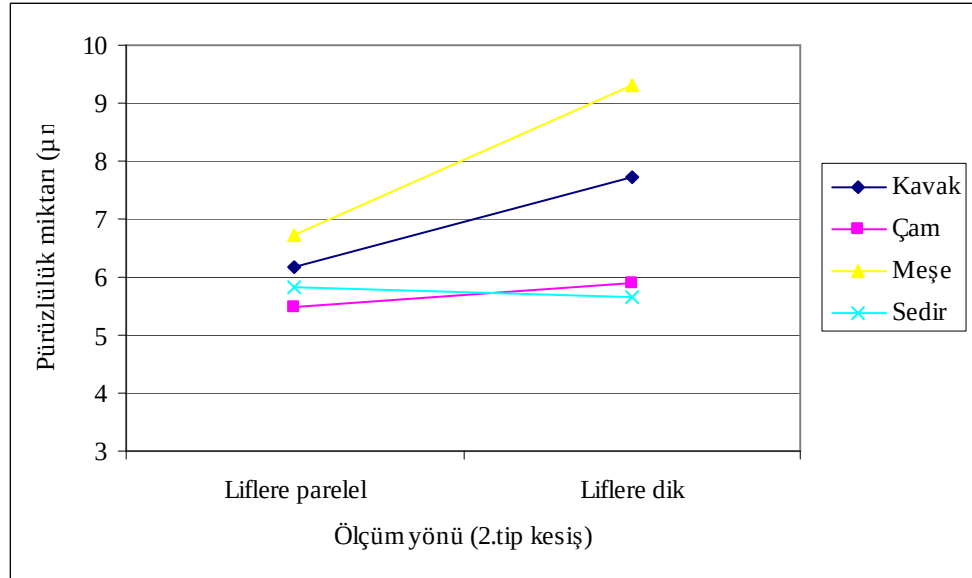
Analiz sonucuna göre üç yönlü varyans analizi (ANOVA)'nde olduğu gibi liflere dik pürüzlülük ölçümlerinde elde edilen ortalama pürüzlülük değerinin, liflere paralel ölçüm değerlerinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu fark üç yönlü varyans analizinde olduğu gibi 1,5598 μm dir. Ayrıca bu iki ölçüm yönü arasında anlamlı bir farkın olup olmadığını araştırmak için her iki ölçüm yönlerine ait standart sapmaların kareleri alınarak birbirlerine oranlanması sonucu bulunan değer 0,5 ile 2 arasında ise bağımsız örneklerin t testinde varyansların eşit kabul edildiği satıra ait significance (anlamlılık) değerine göre aksi taktirde bulunan sonucun 0,5 ile 2 arasında ($0,5 \leq s_1^2 / s_2^2 \leq 2$) yer almaması halinde varyansların eşit kabul edilmediği satırına ait anlamlılık (significance) değerlerine göre iki ölçüm yönü arasında anlamlı bir fark olup olmadığını yorumlamak gerekmektedir. Analizde standart sapma değerlerinin kareleri alınarak bulunan değerlerin birbirine oranlanması sonucu elde edilen değer 0,4634 μm olduğu için bağımsız örneklerin t-testinde varyansların eşit kabul edilmediği satırına ait significance (anlamlılık) değerine göre yorum yapılmıştır. Buna göre significance değeri sig:0.000 olduğu için pürüzlülük açısından ölçüm yönlerine göre anlamlı bir fark bulunmaktadır. Aşağıdaki şekillerde pürüzlülüğe göre ölçüm yönü * ağaç türü * işleme (kesiş tipi) koşulları etkileşimi grafikler halinde gösterilmektedir.

Şekil 4.42'de 1.tip kesiş işleme koşulunda (8,6 m/dak besleme hızında 12 adet/2,54 bıçak izi sayısında, 25°'lik kesiş açısında) ölçüm yönleri ve ağaç türlerine göre pürüzlülük grafiği gösterilmektedir.



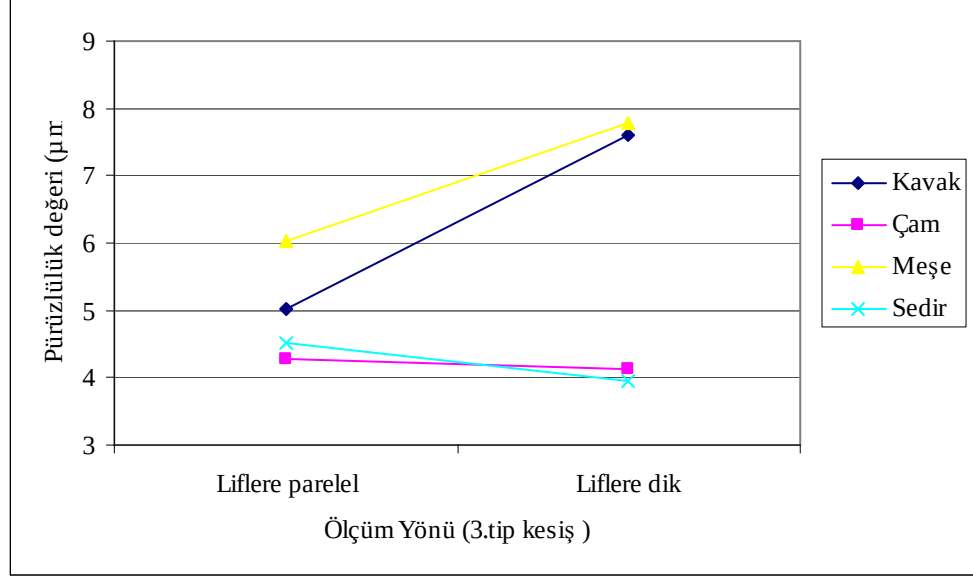
Şekil 4.42: 1. tip kesiş koşullarında ölçüm yönleri ve ağaç türlerine göre pürüzlülük

Şekil 4.43’de 2. tip kesiş işleme koşulunda (18 m/dak besleme hızında 6 adet/2,54 bıçak izi sayısında, 25° kesiş açısında) ölçüm yönleri ve ağaç türlerine göre pürüzlülük grafiği gösterilmektedir.



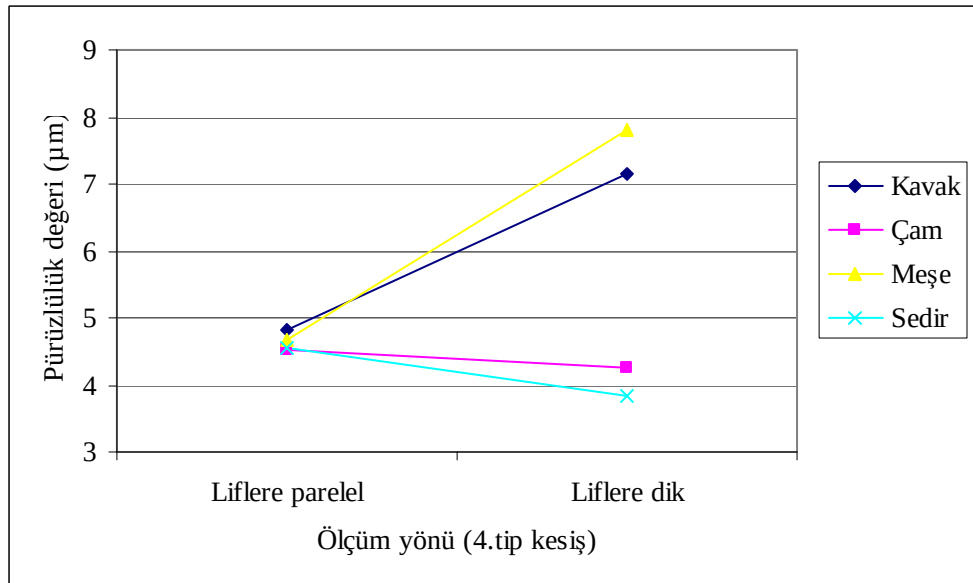
Şekil 4.43: 2.tip kesiş koşullarında ölçüm yönleri ve ağaç türlerine göre pürüzlülük

Şekil 4.44’de 3.tip kesiş işleme koşulunda (8,6 m/dak besleme hızında 12 adet/2,54 bıçak izi sayısında, 15° kesiş açısında) ölçüm yönleri ve ağaç türlerine göre pürüzlülük grafiği gösterilmektedir.



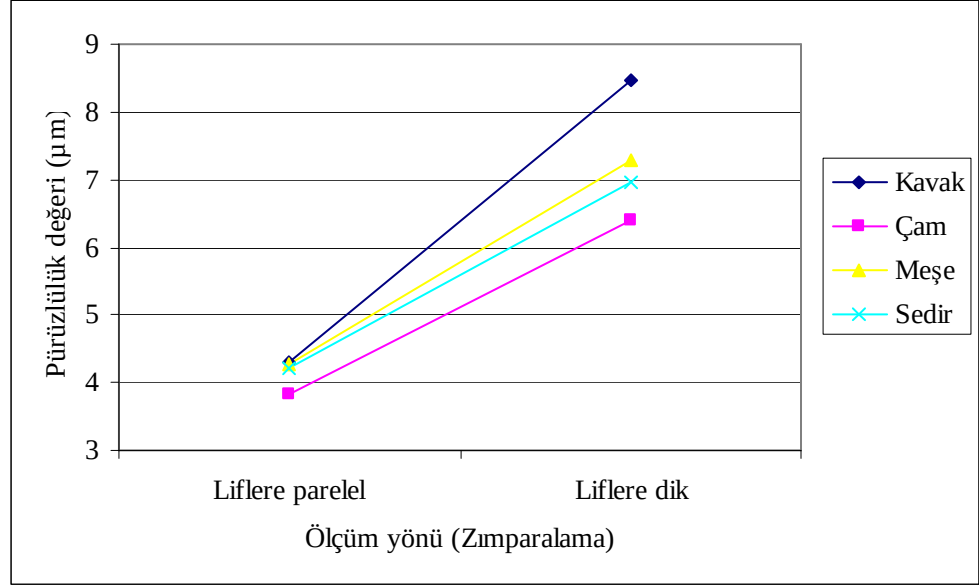
Şekil 4.44: 3. tip kesiş koşullarında ölçüm yönleri ve ağaç türlerine göre pürüzlülük

Şekil 4.45’de 4.tip kesiş işleme koşulunda (8,6 m/dak besleme hızında 12 adet/2,54 bıçak izi sayısında, 20° kesiş açısında) ölçüm yönleri ve ağaç türlerine göre pürüzlülük grafiği gösterilmektedir.



Şekil 4.45: 4. tip kesiş koşullarında ölçüm yönleri ve ağaç türlerine göre pürüzlülük

Şekil 4.46'da zımparalama işlemi koşulunda ölçüm yönleri ve ağaç türlerine göre pürüzlülük grafiği gösterilmektedir.



Şekil 4.46: Zımparalama işlemi (kesiş tipi) koşulunda ölçüm yönleri ve ağaç türlerine göre pürüzlülük grafiği

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu bölümde çalışmadaki bulgular mevcut literatür bilgisi ile yorumlanarak değerlendirilmiş ve çalışmanın geliştirilmesi için ileride yapılacak olan araştırmalara yönelik önerilerde bulunulmuştur.

5.1. KULLANILAN AĞAÇ MALZEMENİN YAPISINA AİT BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Literatürler incelendiğinde kullanılan ağaç türleri için ortalama özgül ağırlık miktarları karakavakta $D_0=0,41 \text{ gr/cm}^3$ ve $D_{12}=0,44 \text{ gr/cm}^3$ (Bozkurt ve Erdin, 2000), Toros sedirinde $D_0=0,43 \text{ gr/cm}^3$ ve $D_{12}=0,48 \text{ gr/cm}^3$ (Bozkurt ve Erdin, 2000), karaçamda $D_0=0,52 \text{ gr/cm}^3$ ve $D_{12}=0,56 \text{ gr/cm}^3$ (Göker, 1977), sapsız meşede $D_0=0,65 \text{ gr/cm}^3$ ve $D_{12}=0,69 \text{ gr/cm}^3$ (Bozkurt ve Erdin, 2000) olarak sıralanabilmektedir. Çalışmamızda elde edilen sonuçlara göre ortalama özgül ağırlık miktarları yaklaşık olarak karakavak ağaç türünde $D_{12}=0,34 \text{ gr/cm}^3$, Toros sediri ağaç türünde $D_{12}=0,50 \text{ gr/cm}^3$, karaçam ağaç türünde $D_{12}=0,65 \text{ gr/cm}^3$ ve sapsız meşe ağaç türünde $D_{12}=0,78 \text{ gr/cm}^3$ olarak tespit edilmiştir.

Özgül ağırlık miktarları literatürlerdeki değerlerle karşılaştırılarak, ağaç türleri düşük özgül ağırlıktan yüksek özgül ağırlığa doğru sıralandığında sıralama değişmeyerek karakavak, Toros sediri, karaçam ve sapsız meşe şeklinde olmuştur. Karaçam, sapsız meşe ve Toros sediri denemelerde kullanılan ağaç türlerinin özgül ağırlıkları yukarıda belirtilen ağaç türlerine ait özgül ağırlık ortalamalarından az da olsa yüksek, karakavak ağaç türünün özgül ağırlığı ise literatürde belirtilen değerlerden çok az düşük durumdadır.

Yaklaşık olarak birim mesafedeki (1 inch = 2,54 cm) yıllık halka sayısı ortalamaları düşük değerden yükseğe doğru sıralandığında ise kara kavak 2, Toros sediri 4.5, karaçam 8.9 ve sapsız meşe 12 yıllık halka sayısı şeklinde olmaktadır.

Görüldüğü gibi küçük değerlerden büyük değerlere doğru sıralamada ağaç türlerine ait ortalama özgül ağırlık miktarları ile birim mesafedeki ortalama yıllık halka sayıları aynı sıralamayı göstermektedir.

İstatistiksel açıdan ortalama özgül ağırlık miktarları ve birim mesafedeki yıllık halka sayılarına bakıldığında %95 güven düzeyinde her bir ağaç türüne ait alt ve üst sınır değerleri birbirleri ile kesişmemekte ve dört ağaç türü de ayrı gruplar halinde gösterilebilmektedir.

5.2. AĞAÇ MALZEMEYİ İŞLEMEDE YÜZEY KALİTESİNE AİT BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Ağaç malzemeyi işlemede yüzey kalitesine ait bulgular; işleme kusurlarına göre değerlendirmeye ait bulgular ve pürüzlülük ölçüm sonuçlarına göre elde edilen bulgular olmak üzere iki farklı şekilde incelenmiş ve değerlendirilmiştir.

5.2.1. İşleme Kusurları İle İlgili Bulguların Değerlendirilmesi

İşleme kusurlarına ait bulgular; ağaç malzemenin işlenme özellikleri ASTM D 1666 – 87 (Reapproved 2004) no'lu standarda göre değerlendirilen planyalama, frezeleme, zıvana açma, delik delme, ternalama ve zımparalamaya ait bulguları içermektedir.

Planyalama denemeleri dört farklı işlem koşulunda gerçekleştirilmiştir. Bunlar;

- 1.tip işlem: 8,6 m/dak besleme hızı 12 adet/2,54 bıçak izi sayısı, 25° kesiş açısı,
- 2.tip işlem: 18 m/dak besleme hızı 6 adet/2,54 bıçak izi sayısı, 25° kesiş açısı,
- 3.tip işlem: 8,6 m/dak besleme hızı 12 adet/2,54 bıçak izi sayısı, 15° kesiş açısı,
- 4.tip işlem: 8,6 m/dak besleme hızı 12 adet/2,54 bıçak izi sayısı, 20° kesiş açısı.

Planyalama 1. tip kesiş işlemi koşulunda gerçekleştirilen işlemede kabul edilebilir (kusursuz ve iyi) kalite sınıfı yüzdesi en yüksek (%100) olarak sapsız meşe ağaç türünde görülmüş, onu karakavak (%94), karaçam (%84) takip etmiş, en düşük olarak Toros sediri ağaç türünde (%70) bulunmuştur. Toros sedirinde diğer ağaç türlerinden farklı olarak 1.sınıf kalite sınıfı yüzdesi (%24), ikinci sınıf örnek yüzdesinden (%46) daha düşük durumdadır.

Planyalamada 2. tip kesiş işlemi koşulunda gerçekleştirilen işlemede kabul edilebilir (kusursuz ve iyi) örnek yüzdesi en yüksek (%86) olarak sapsız meşe ağaç türünde görülmüş, onu karakavak (%70), karaçam (%55) takip etmiş, en düşük olarak Toros sedirinde (%25) bulunmuştur. Besleme hızının arttırıldığı (8,6 m/dak'dan 18 m/dak'ya) bu işleme koşulunda, yapılan planyalama işlemleri arasında bütün ağaç türleri için en kötü (işleme kusurlarının en fazla bulunduğu) yüzeyler meydana gelmiştir.

Çalışmada elde edilen sonuçlara göre; planyalama işleminde diğer faktörleri sabit tutarak besleme hızının arttırılması ile buna bağlı olarak birim mesafedeki bıçak izi sayısının düşmesi ile yüzey kalitesinde önemli derecede düşüşün meydana gelmesi incelenen literatürlerle de uyum sağlamaktadır. Örneğin;

Besleme hızı arttırıldığında bıçak izi sayısının 2,54 cm'de 20 bıçak izi sayısından 14 bıçak izi sayısına düştüğü ve böylece yongalı liflilik kusur miktarında önemli derecede artış olduğunu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte pürüzlü liflilik veya yonga izinin yüksek besleme hızlarında ortadan kalktığını gözlemlemiştir (Peters ve Lutz, 1966). Bıçak sayısının ve kesme hızının arttırılması ve besleme hızının azaltılması ile ahşap yüzey kalitesinin düzeldiği görülmektedir (Gürtekin, 1996). Birim mesafedeki bıçak izi sayısının 8'den 12'ye ve 12'den 16'ya arttırılması ile (besleme hızının düşürülmesi ile) yüzeyde düzelmeler meydana gelmektedir (Cantin, 1965). Besleme hızının arttırılması ile yongalı liflilik kusurunda artış meydana gelmektedir. Ancak pürüzlü liflilik ve yonga izi yüksek besleme hızlarında ortadan kalkmaktadır (Peterz ve Lutz, 1966). Birim mesafedeki bıçak izi sayısı yüksek olan örneklerde yüzey kalitesinin daha yüksek olması beklenmiş ancak istisna olarak Batı balsam kavağında düşük olan birim mesafedeki 8 bıçak izi sayısında daha iyi yüzey kalitesi elde edilmiştir (Williams ve Morris, 1998). Besleme hızıyla bağlantılı olan birim mesafedeki bıçak izi sayısının azaltılması ile yüzey kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. İlginç bir sonuç olarak en iyi yüzey kalitesi birim mesafedeki 20 bıçak izi sayısında beklenirken 16 bıçak izi sayısında meydana gelmiştir (Lihra ve Ganev, 1999). Yüzey performansı birim mesafedeki bıçak izi sayısının azalması ile düşme eğilimi göstermektedir (Hernandez ve ark., 2001). Planyalama işleminde en iyi işleme performansı düşük besleme hızlarında yani daha yüksek bıçak izi sayılarında elde edilmiştir (Malkoçoğlu ve Özdemir, 2006).

Çalışmada planyalama işleminde 1. kesiş işlemi tipinde besleme hızı 8,6 m/dak. iken 2.kesiş işlemi tipinde besleme hızı arttırılmış ve 18 m/dak'ya çıkarılmıştır. Kabul edilebilir (1. ve 2. sınıf toplamı yani kusursuz ve az kusurlu örnek toplamı) numune oranı yaklaşık olarak karaçam ağaç türünde %84'den %55'e, karakavak ağaç türünde %94'den %70'e, sapsız meşe ağaç türünde %100'den %86'ya, Toros sediri ağaç türünde % 70'den % 25'e düştüğü görülmüştür. En fazla düşme oranı Toros sediri ağaç türünde görülmüştür. Yukarıda bahsedilen literatürlerdeki sonuçlarla karşılaştırıldığında besleme hızının arttırılması ve buna bağlı olarak birim mesafedeki bıçak izi sayısının düşürülmesi ile yüzey kalitesinde önemli derecede düşüşler ve buna bağlı olarak, kusurlu numune oranlarında artışlar meydana gelmektedir. Özet olarak elde edilen sonuçlar genel olarak literatürdeki sonuçlar ile uyum sağlamakta diğer faktörler sabit tutularak besleme hızının arttırılması ile yüzey kalitesi olumsuz yönde etkilenmektedir.

Planyalamada 3. kesiş tipi koşullarında gerçekleştirilen işlemede yaklaşık kabul edilebilir (kusursuz ve iyi) kalite sınıfı yüzdesi en yüksek (%98) olarak sapsız meşede görülmüş, onu karakavak (%92), karaçam (%88) takip etmiş, en düşük olarak Toros sediri (%74)'nde bulunmuştur. Toros sedirinde diğer ağaç türlerinden farklı olarak 1. sınıf örnek yüzdesi (%26), ikinci sınıf örnek yüzdesinden (%48) daha düşüktür. Toros sedirinde sadece %26'lık kısım işleme kusurları açısından kusursuz olarak kabul edilmiştir.

Planyalamada 4. kesiş tip koşullarında gerçekleştirilen işlemede kabul edilebilir (kusursuz ve iyi) kalite sınıfı yüzdesi en yüksek (%100) sapsız meşe ağaç türünde görülmüş, onu karakavak (%86), karaçam (%75) takip etmiş, en düşük Toros sedirinde (%55) bulunmuştur. Sapsız meşede 1. sınıf örnek yüzdesi (%93), kabul edilebilir kısmın (%100) büyük çoğunluğunu oluşturmuştur.

Planyalama işlemlerine ağaç türleri açısından bakıldığında karaçam ağaç türünde kabul edilebilir (1.sınıf ve 2.sınıf toplamı) kalite sınıfı yüzdesi en yüksek orandan en düşük orana doğru 3.kesiş, 1.kesiş, 4.kesiş ve 2.kesiş tipi işleme koşulları olarak sıralanabilmektedir.

Karakavak ağaç türünde kabul edilebilir (1.ve 2.sınıf toplamı) örnek yüzdesi en yüksek orandan en düşük orana doğru 1. kesiş, 3.kesiş, 4.kesiş ve 2. kesiş tipleri şeklinde sıralanmaktadır.

Sapsız meşe ağaç türünde kabul edilebilir (1.sınıf ve 2.sınıf toplamı) örnek yüzdesi en yüksek orandan en düşük orana doğru sıralandığında 1. kesiş ve 4.kesiş tiplerinde %100 kabul edilebilir oranla en yüksek bulunmuş bunu 3.kesiş ve 2.kesiş tipleri takip etmiştir.

Toros sediri ağaç türünde kabul edilebilir (1.sınıf ve 2.sınıf toplamı) örnek yüzdesi en yüksek orandan en düşük orana doğru sıralandığında 3. kesiş, 1.kesiş, 4.kesiş ve 2. kesiş tipleri şeklindedir. Toros sediri ağaç türünde tüm koşullarda kabul edilebilir oranın büyük çoğunluğunu 2. sınıf (az kusurlu) örnekler oluşturmaktadır. Toros sediri ağaç türünde tüm işleme koşullarında kusursuz numune bulunma oranı oldukça düşüktür ve kabul edilebilir oranın büyük kısmını az kusurlu (2.sınıf) numuneler oluşturmaktadır.

Çeşitli kesiş koşullarında gerçekleştirilen planyalama işlemlerine genel olarak bakıldığında kabul edilebilir oran en yüksek (%96) olarak planyalamada en iyi yüzey kalitesi ile sapsız meşede en düşük oran ise % 56 ile Toros sediri ağaç türünde de çıktığı görülmüştür. Karakavak ile karaçam ağaç türlerinin kabul edilebilir yüzey kalitesine sahip numune oranları birbirine yakın durumdadır. Ancak karakavak ağaç türünde kabul edilebilir oranlar içinden 1. sınıf örnek yüzdesi çamdan %11 daha yüksektir. Genel ortalama olarak kusursuz örnek yüzdesi sapsız meşede %96 ile en yüksek olarak görülmekte, sapsız meşe ağaç türünü % 86 ile kara kavak, %76 ile karaçam, % 56 ile Toros sediri takip etmektedir.

Çalışmada besleme hızı (8,6 m/dak) nın sabit tutulduğu (birim mesafedeki (2,54 cm'deki) bıçak izi sayısının sabit olduğu = 12 adet) planyalama işlemlerindeki kesiş açıları açısından değerlendirildiğinde 1.işlem tipi 25° kesiş açısında, 3. işlem tipi 15° kesiş açısında, 4. işlem tipi 20° kesiş açısında gerçekleştirilmiştir. Kabul edilebilir (1. ve 2.sınıf toplamı; kusursuz ve az kusurlu örnekler) numune oranı karaçam ağaç türünde 3. kesiş tipi (%87), 1.kesiş tipi (%84), 4.kesiş tipi (%75) karakavak ağaç türünde 1.kesiş tipi (%94), 3. kesiş tipi (%91), 4. kesiş tipi (%86), sapsız meşe ağaç türünde 1.ve 4. kesiş tipleri (%100), 3.kesiş tipi (%98) ve Toros sediri ağaç türünde 3 kesiş tipi (%73),

1.kesiş tipi (%70), 4.kesiş tipi (%55) şeklindedir. Yüzey kalitesi ile ilgili en düşük değerler besleme hızının artırıldığı 2. kesişte tipinde meydana geldiği görülmüştür. Karaçam, karakavak ve sapsız meşede kesişler arasındaki kabul edilebilir (1. ve 2.sınıf toplamı; kusursuz ve az kusurlu örnekler) numune oranı çok az değiştiği; ancak Toros sedirinde bu değişim diğer ağaç türlerinde göre belirgin olarak daha fazla olduğu görülmüştür.

Literatürlerdeki çalışmaların değerlerine bakıldığında; Peters ve Lutz (1966)'ya göre planyalamada 10°'lik kesiş açısında en iyi sonuçlar elde edilmiş kesiş açısı arttıkça (20° ve 30°) sonuçlar olumsuz olarak artış göstermiştir. Williams ve Morris (1998)'in çalışmalarında ise planya denemelerinde 12°'lik kesiş açısında beklenmeyen sonuçlar ortaya çıkmıştır ve pürüzlü lifliliğe eğilimli örneklerde daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Lihra ve Ganev (1999)'a göre yumuşak ağaç türleri en iyi değerleri 20° kesiş açısında vermiş, kırmızı akçaağaç ise en iyi sonucu 12°'lik kesiş açısında vermiştir. Hernandez ve ark. (2001)'e göre kesiş açısının artması ile yüzey performansında azalma görülmektedir. Planyalamada en iyi yüzey kalitesi sert ağaç türlerinde 10°–15° kesiş açısında, yumuşak ağaç türlerinde ise 15°, 20° ve 25° kesiş açılarında elde edilmiştir ve genel olarak değerlendirildiğinde en iyi işleme koşulları düşük kesiş açılarında (15°, 20°) elde edilmiştir. Ratnasingam ve Scholz (2007)'a göre Kauçuk ağaç türündeki 15°, 20° ve 25°'lik kesiş açılarında gerçekleştirilen planyalama işlemlerinde en yüksek yüzey kalitesi 20° kesiş açısında meydana gelmiştir. Malkoçoğlu ve Özdemir (2005)'in çalışmalarında ise Doğu kayını ve Anadolu kestanesi ve adi kızılbaş ağaç türleri için optimal kesiş açısının 20°, sarıçam ve doğu ladini için ise 25°'lik kesiş açısı önerilmektedir.

Planyalama işlemlerinde kesiş açısının etkisi literatürlerdeki sonuçlar da değerlendirilerek incelendiğinde ağaç türlerine göre elde edilen yüzey kalitesine ilişkin değerlerin farklılık gösterdiği görülmektedir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre en yüksek kabul edilebilir (kusursuz ve az kusurlu) oranı yani en kusursuz yüzeyler yapraklı ağaç türlerinde (karakavak ve sapsız meşe) 1. kesişte (25°'lik kesiş açısında), iğne yapraklı ağaç türlerinde (karaçam ve Toros sediri) 3. kesişte (15° kesiş açısında) elde edilmiştir.

Ağaç malzemenin işlenmesinde önemli bir yere sahip olan frezeleme işleminde ASTM D-1666'ya göre yüzey kusurlarının değerlendirilmesinde kusursuz (1.sınıf) ve az kusurlu (iyi, 2.sınıf) örneklerin yüzde oranları kabul edilebilir olarak görülmüştür.

Ağaç malzemenin freze ile işlenmesinde kusursuz (1.sınıf) örnek yüzdesi sıralaması karaçam (%72), sapsız meşe (%56), Toros sediri (%40) ve karakavak (%25) şeklindedir. Yine kusursuz ve az kusurlu örneklerin toplamında da aynı sıralama söz konusudur. Elde edilen verilere göre bu oranlar ağaç türlerine göre, karaçam (%95), sapsız meşe (%90), Toros sediri (%76) ve karakavak (%65) şeklinde gerçekleşmiştir.

Frezeleme işleminde liflere paralel, dik ve belirli bir açı oluşturacak şekilde işleme gerçekleştirilmiştir. Genel olarak bakıldığında bütün ağaç türlerinde liflere paralel kesişlerin olduğu kısımlarda genellikle kusursuz yüzeylerin olduğu görülmektedir. En kötü yüzeylerin liflere dik kesişin olduğu kısımlarda meydana geldiği ve frezeleme işlemi kalitesinin düşmesinde bu yüzeylerin etkili olduğu görülmüştür. Kurtoğlu (2004b)'ye göre liflere paralel yöndeki işlemler kolay olmakta ve düzgün kesiş yüzeyleri elde edilmekte liflere dik kesişte ise yüzey pürüzlü olmaktadır.

Frezeleme işleminde özgül ağırlığı yüksek olan karaçam ve sapsız meşe ağaç türü özgül ağırlığı düşük olan Toros sediri ve karakavak ağaç türlerinde göre daha iyi işleme özellikleri göstermişlerdir.

Frezeleme işleminde pürüzlü liflilik en sık görülen ve kaliteyi düşüren kusur olarak belirlenmiştir. Kaliteyi düşüren kusurun pürüzlü liflilik ve köşelerdeki kırılmalar olması literatürdeki değerlendirmelerle uyum sağlamaktadır. Genellikle yongalı liflilik kusuru görülmemektedir. İşleme kalitesi düşük örneklerde genellikle köşe kısımlarda kırılmalar meydana gelmiştir Bu hususlar Cantin (1965) ve Lihra ve Ganev (1999)'e göre uyum göstermektedir. Ülkemizde sert ağaç türlerinden Anadolu kestanesi ve kızılâğaç, yumuşak ağaç türlerinden sarıçam kusursuz işleme özelliği gösterdiği Malkoçoğlu ve Özdemir (2006) tarafından ifade edilmektedir.

Ağaç malzemenin işlenmesinde özellikle birleştirme yerlerinde sıklıkla kullanılan zıvana açma işlemi denemeleri için liflere paralel zıvana açma ve liflere dik zıvana açma olarak her bir numunede iki defa gerçekleştirilmiştir. Zıvana açma işleminde zıvana deliklerinin girişindeki düzgünlük (kırılma, kopma ve parçalanma olup olmaması), zıvana delik çıkışındaki düzgünlük (kırılma, kopma ve parçalanma olup olmaması) ve delik iç yüzey kalitesinin durumuna göre değerlendirme gerçekleştirilmiştir. İlgili standarda göre zıvana açma işleminde kusursuz (1.sınıf), az kusurlu (iyi, 2.sınıf) ve orta derecede kusurlu (orta, 3.sınıf) düzeyindeki örnekler toplamı kabul edilebilir olarak belirtilmiştir.

Liflere paralel zıvana açma işleminde ağaç türlerine ait numuneler en kusursuz olanından en kusurlu olanına göre sıralama yapıldığında karaçam (%100), sapsız meşe (%98), karakavak (%94), Toros sediri (%82) şeklinde olmakta; liflere dik zıvana açma işleminde ise bu sıralama sapsız meşe (%94), karaçam (%49), Toros sediri (%46) ve karakavak (%10) şeklinde değişmektedir.

Gerek liflere dik gerekse liflere paralel zıvana açma işleminde hiçbir ağaç türünde kusursuz örnek bulunmamaktadır. Karakavak ağaç türünde liflere dik zıvana açma işleminde sadece orta derecede (3.sınıf) kusura sahip örnekler bulunmuştur. Bu örnekler ASTM D-1666' ya göre kabul edilebilir örneklerin tamamını oluşturmaktadır.

Liflere paralel zıvana açma işleminde kabul edilebilir oranlar ağaç türlerine göre birbirine yakın değerler gösterdikleri halde, liflere dik zıvana açma işlemlerinde birbirlerinden çok farklı değerler elde edilmiştir. Örneğin, sapsız meşe ağaç türünde kabul edilebilir durumdaki örneklerin oranı %94 iken karakavak ağaç türünde bu oran %12 olarak çok düşük bir değer göstermiştir. Ancak karakavak ile sapsız meşe arasındaki bu fark liflere paralel zıvana açma işleminde görülmemiş ve %98 ve %94 gibi yakın değerler elde edilmiştir. Bunun sebebinin liflere paralel zıvana açma işleminde kesişin çoğunlukla liflere paralel yönde gerçekleşmesinden dolayı, daha iyi kalitede zıvana açma işleminin gerçekleştirildiği görülmektedir. Liflere dik işlemede ise tersi bir durum söz konusu olmaktadır

Zıvana açma işlemlerinde işleme kalitesini düşüren nedenler, zıvana girişinde ve çıkışında kırıkların ve kesilmeden kopmuş lif uçlarının olması ve özellikle liflere dik kesişin olduğu kısımlarda pürüzlü liflilik başta olmak üzere lif kopması ve kırılmalar gibi çeşitli işleme kusurlarının görülmesi olmuştur.

Zıvana açma işlemleri için bu konuda yapılan çalışmalar incelendiğinde; Cantin (1965)'e göre en çok karşılaşılan kusur liflerde ezilme olmuştur. Peters ve Lutz (1966)'a göre ise yaygın olarak zıvana köşelerinde liflerde kopma meydana gelmiştir. Lihra ve Ganev (1999)'a göre ise en yaygın görülen kusur zıvana giriş ve çıkışlarındaki kırılmalardır. Hernandez ve arkadaşları (2001)'na göre ise özgül ağırlığın zıvana açma işlemine etkisinin olmadığı ancak birim mesafedeki yıllık halka sayısının etkisinin olduğu belirtilmektedir

Ağaç malzemenin işlenmesinde sıklıkla kullanılan delik delme işlemleri her bir numunede tek helisli ve çift helisli matkap ucu olmak üzere iki farklı kesici ile gerçekleştirilmiştir. ASTM D-1666 no'lu standart baz alınmış ve delik delme işleminde kusursuz (1.sınıf) ve az kusurlu (iyi, 2.sınıf) düzeyindeki örnekler kabul edilebilir olarak belirtilmiştir.

Çift helisli matkap ucu ile gerçekleştirilen delme işleminde tek helisli matkap ucu ile gerçekleştirilen delik delme işlemine göre daha kusursuz işlemler gerçekleştirilmiştir. Genel olarak bakıldığında gerek tek helisli matkap ucu ile gerçekleştirilen delik delme işleminde gerekse çift helisli matkap ucu ile gerçekleştirilen delik delme işleminde ağaç türlerinin kabul edilebilir (1.ve 2.sınıf toplamı) örnek yüzdesi en yüksekte en düşüğe doğru sapsız meşe, karakavak, karaçam ve Toros sediri olarak sıralanmaktadır.

Tek helisli matkap ucu ile gerçekleştirilen delik delme işleminde sadece sapsız meşe ağaç türünde çok düşük miktarda kusursuz delik delme işlemi (%4,16) gerçekleştirilmiş, diğer ağaç türlerinin kabul edilebilir oranını sadece 2.sınıfa (az kusurlu) ait numuneler oluşturmuştur. En yüksek kabul edilebilir oran sapsız meşe ağaç türünde (%85,41) en düşük oran ise Toros sediri ağaç türünde (%10,41) elde edilmiştir.

Çift helisli matkap ucu ile gerçekleştirilen delme işleminde Toros sediri hariç diğer ağaç türlerinde hem 1.sınıf (kusursuz) hem de 2.sınıf (az kusurlu) numuneler elde edilmiştir. Toros sediri ağaç türünde ise kabul edilebilir oranın tamamını 2. sınıf örnekler oluşturmaktadır. Sapsız meşe ağaç türünde özellikle tek helisli matkap ucu ile gerçekleştirilen delik delme işleminde delik girişleri çok düzgün ancak çift helisli delik delme işlemlerinde delik girişlerinde kesilmemiş (kopmuş) lif uçları görülmüştür. Genellikle tek helisli matkap ucu ile gerçekleştirilen deliklerin delik girişleri çift helisli matkap ucunun delik girişlerine göre az da olsa daha kusursuz olmuştur.

Karakavak ağaç türünün poroz yapısından dolayı delik iç kısımlarında aşırı pürüzlülük, yongalı liflilik bulunmaktadır. Karakavakta uygulanan delik delme işlemlerinde delik iç yüzeylerindeki düzensizlikler liflere dik kesişin olduğu kısımlarda meydana gelmiş, en düzgün yüzeyler liflerle aynı yöndeki kesişin olduğu kesimlerde ortaya çıkmıştır. Karakavakta çift helisli matkap ucu ile gerçekleştirilen delik delme işlemlerinde delik iç yüzeyleri sadece liflere paralel kesişin olduğu kısımlarda düzgün; tek helisli matkap ucu ile gerçekleştirilen deliklerde ise liflere paralel ve liflerle belirli bir açıdaki kesişlerin olduğu durumlarda düzgün yüzeyler; liflere dik kesişin olduğu kısımlarda ise delik iç yüzey kalitesinde kusurlu yüzeyler (genellikle aşırı pürüzlü yüzeyler) meydana gelmiştir.

Karaçam ağaç türünde çift helisli matkap ucu ile gerçekleştirilen deliklerin giriş kısımlarında genellikle düzensiz kesişlerin meydana geldiği yüzeyin zımparalanması ile giderilebilecek kopmuş lif uçlarının bulunduğu gözlemlenmiştir.

Toros sediri ağaç türünde ise her iki delik delme işleminde de genellikle delik çıkışlarında aşırı kırılmalar meydana gelmiştir. Delik delme işlemleri ile ilgili literatür çalışmalarına bakıldığında aşağıdaki sonuçların elde edildiği görülmüştür.

Delik delme işlemlerinde özgül ağırlığı yüksek olan sert ağaç türleri yumuşak ağaç türlerine göre daha iyi sonuçlar vermiştir (Cantin 1965). Özgül ağırlık, yonga kalınlığı ve dönme hızı delik kalitesi üzerine önemli bir etkisi olmamış, önemli farklılıklar rutubet miktarı ve kesici tipi değişikliğinde meydana gelmiştir (Woodson ve Mcmillin 1972). Delik delme işlemlerinde en yaygın kusur delik içinde oluşan yüzey pürüzlülüğü

ve yongalı liflilik kusurlarıdır ve yumuşak ağaç türleri sert ağaç türlerine göre daha iyi sonuçlar göstermiştir (Williams ve Morris 1998).

Çalışmada elde edilen sonuçların literatür ile uyumlu olduğu görülmektedir. Tortalama denemelerinde diğer denemelerde olduğu gibi dört ağaç türü (karaçam, karakavak, sapsız meşe ve Toros sediri) kullanılmış ancak sedir denemeleri için standartta belirtildiği ölçülerde ve şekillerde hazırlanmış olan deneme numuneleri, parçaları sıkılaşmak için kullanılan puntolardan gelen ve/veya tornalama esnasında oluşan basınçlardan dolayı yeterli direnç gösteremeyip yarılmışlardır. Bu nedenden dolayı Toros sediri numuneleri üzerinde tornalama işlemi gerçekleştirilemediğinden herhangi bir sonuç elde edilememiştir.

Tortalama işlemlerinde en iyi yüzeyi sapsız meşe (%78), daha sonra karakavak (%56) vermiş, en düşük oran ise karaçam (%43) ağaç türünde elde edilmiştir. Çalışmamızda tornalama işlemlerinde en sık rastlanılan işleme kusuru olarak yongalı liflilik ve liflerde kopma olduğu görülmüştür.

Tortalama ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde Cantin (1965)' e göre; en iyi tornalama özellikleri nispeten yüksek özgül ağırlığa sahip ve birim mesafedeki yıllık halka sayısı fazla olan masif ağaç malzemelerde görülmüştür ve genel olarak yongalı liflilik ve köşelerde kırıklıkların olduğunu gözlemlemişlerdir. Peters ve Lutz (1966) çalışmalarında yongalı liflilik ve pürüzlü liflilik kusuruna rastlamışlardır ve özgül ağırlık ile birim mesafedeki yıllık halka sayısının tornalama işleme kalitesine etkisinin olmadığını belirtmişlerdir. Malkoçoğlu ve Özdemir (2006)'e göre ise sert ağaç türleri yumuşak ağaç türlerine göre daha yüksek işlenme özelliği göstermiştir.

Literatürdeki sonuçlar ile karşılaştırıldığında çalışmamızda yapraklı ağaç türlerinden sapsız meşe ve karakavak iğne yapraklı ağaç türlerinden karaçamdan daha iyi tornalama özelliği göstermişlerdir. Bu sonuçlar literatürdekiler ile uyum göstermektedir. Ancak özgül ağırlık ve birim mesafedeki yıllık halka sayısının tornalamaya etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Sapsız meşe incelenen türler arasında en yüksek özgül ağırlığa ve en yüksek birim mesafedeki yıllık halka sayısına sahip bulunmaktadır ve tornalamada en iyi işlenme özelliği göstermiştir. Karakavak ağaç türüne ait ortalama özgül ağırlık

miktarı ve birim mesafedeki yıllık halka sayısı düşük olduğu halde, bu değerleri daha yüksek olan karaçam ağaç türünden tornalamada daha iyi işlenme özelliği göstermiştir. Bu sonuca göre birim mesafedeki yıllık halka sayısının ve özgül ağırlık miktarının tornalamaya etkisi açısından çalışmada elde edilen sonuçlar literatür ile uyum sağlamaktadır.

Tornamalama işlemi sonrası tornalanan parçaların zımparalanması ile ortaya çıkan yongalı liflilik, pürüzlü liflilik vb. kusurların ortadan kalkması sağlanabilecektir. Pratikteki uygulamalarda da genellikle tornalanan parçalar üst yüzey işlemlerine tabi tutulmadan ve kullanılmadan önce zımparalama işlemine tabi tutulmaktadırlar.

Zımparalama denemeleri sırasıyla 60 numaralı ve 120 numaralı zımpara bandı takılmış kalibre zımpara makinesinde gerçekleştirilmiştir. Zımparalama özelliklerinin değerlendirilmesinde kusursuz (1.sınıf) olan numunelerin yüzdesi alınmış ve kabul edilebilir olarak görülmüştür. Zımparalama işleminde en kusursuz yüzey oranı % 96 ile sapsız meşe ağaç türünde meydana gelmiştir. Bunu sırasıyla % 94 ile Toros sediri, %80 ile karaçam ve % 68 ile karakavak ağaç türü izlemiştir.

Çalışmamızda incelediğimiz dört ağaç türü arasında zımparalamada işleme özellikleri açısından en düşük işlenme özelliğini karakavak ağaç türünün gösterdiği görülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre karakavak zımparalama işleminde diğer ağaç türlerine göre işleme performansının düşük olduğu görülmektedir. Karakavak planyalama işleminde gösterdiği işlenme performansını zımparalama işleminde gösteremediği görülmektedir. Karakavağın özgül ağırlığının düşük olmasından dolayı zımparalama işleminde liflerin kesiciden gelen basınçlara yeterli direnç gösteremediğinden, kesme işleminden daha çok liflerde kopmaların meydana gelmesi sonucu yünsü pürüzlü yüzey oluştuğu görülmüştür. Daha yüksek numaralı zımpara ile zımparalandığında düşük zımpara numarası ile zımparalanmasında ortaya çıkan kusurların ortadan kalkacağı düşünülmektedir.

Lihra ve Ganev (1999)'e göre özgül ağırlık miktarının ve birim mesafedeki yıllık halka sayısının zımparalama özelliğine etkisi bulunmamaktadır. Williams ve Morris (1998)'e göre zımparalama özelliği açısından Batı balsam kavağı (*Populus trichocarpa*)

dışındaki tüm ağaç türlerinde birbirleri arasında küçük farklılıklar bulunmuştur. İncelen ağaç türlerine göre balsam kavağı (*Populus trichocarpa*) en düşük sonucu vermiştir. Williams ve Morris (1998)'de çalışmada da benzer şekilde zımparalamada incelenen ağaç türleri arasında en düşük işlenme özelliğini diğer bir kavak türünün gösterdiği görülmektedir.

5.2.2. Pürüzlülük Ölçüm Sonuçlarına Ait Bulguların Değerlendirilmesi

Çalışmada planyalama ve zımparalama numunelerinde ASTM-D 1666'ya göre yüzey kalitesi değerlendirildikten sonra her bir kesiş tipi için 30'ar adet numune kullanılarak liflere paralel ve liflere dik pürüzlülük ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesinde TS 6956 EN ISO 4287, TS 971 ve TS 2495 EN ISO 3274'de belirtilen esaslara uyulmuştur.

Planyalama denemeleri daha önce de bahsedildiği gibi dört farklı işlem kesiş tipinde gerçekleştirilmiştir. Zımparalama denemesi ise 80+120 numaralı zımpara bandı ile 5.5 m/dak'lık besleme hızında yapılmıştır.

İstatistiksel sonuçlara göre pürüzlülük ile birim mesafedeki yıllık halka sayısı ve özgül ağırlık arasında sırasıyla 0.097 ve -0.038'lik çok zayıf bir ilişki bulunmuştur. Özgül ağırlık ve birim mesafedeki yıllık halka sayıları arasında ise 0.804'lük kuvvetli pozitif bir ilişki saptanmıştır.

Pürüzlülük değerleri üzerinde 0,347 ile en yüksek etkiye ağaç türü, 0,284 ile ölçüm yönü, daha sonra 0,148 ile ağaç türü*ölçüm yönü ve 0.135 ile de kesiş türünün etkiye sahip olduğu görülmüştür.

Ortalama pürüzlülük (R_a) en yüksek 6.780 μm ile sapsız meşe ağaç türünde görülmüş, onu 6.338 μm ile karakavak, 4,836 μm ile Toros sediri ve 4,740 μm ile karaçam ağaç türü takip etmektedir. Ortalama pürüzlülük açısından alt ve üst sınır değerlerinde ise sapsız meşede 6,196 μm – 6,480 μm , karakavakta 4,597 μm – 4,884 μm , Toros sedirinde 4,693 μm – 4,978 μm ve karaçamda 4,597 μm – 4,884 μm şeklinde olmaktadır.

Ağaç türlerinin pürüzlülük ortalamalarına göre homojen alt gruplarına bakıldığında iğne yapraklı karaçam ve Toros sediri ağaç türlerinin ortalama pürüzlülük açısından aynı grup içinde kabul edilebileceği ve pürüzlülük ortalamaları düşük olduğu görülmüştür. Karakavak ve sapsız meşe ise ayrı ayrı gruplar halindedir ve toplamda üç alt grup bulunmaktadır.

Genel olarak bu konuda yapılan çalışmalara bakıldığında ağaç türlerine göre elde edilen pürüzlülük sonuçları ile çalışmamızda elde edilen sonuçlar uyum göstermektedir. Stumbo (1960)' a göre yumuşak ağaç türlerinde sert ağaç türlerine göre daha yüksek pürüzlülük değerleri meydana gelmektedir. Sieminsky ve Skarzynska (1989)'ya göre ağacın anatomik yapısı ve tekstürü, yüzey pürüzlülük değerini önemli ölçüde etkilemektedir ve pürüzlülük yumuşak ağaç türü odunlarında sert ağaç türlerine göre daha fazla olmaktadır (İlter ve ark.2002). Malkoçoğlu ve Özdemir (2005)'e göre genel olarak sert ağaç türleri yumuşak ağaç türlerine göre daha yüksek işleme performansı göstermiştir.

İşlem koşullarına göre ortalama pürüzlülük değerlerine bakıldığında 3. ve 4. kesiş tipi ile 3. ve 1.kesişin tipinin ayrı ayrı gruplar oluşturabildiği, 2. kesiş ve zımparalamanın ise diğer ayrı grupları oluşturarak toplamda 4 farklı alt küme meydana geldiği görülmüştür.

2. kesiş tipinde $R_a = 6,597 \mu m$, zımparalama $R_a = 5,711 \mu m$, 1.kesiş tipinde $R_a = 5,434 \mu m$, 3.kesiş $R_a = 5,421 \mu m$, ve 4. kesiş $R_a = 5,205 \mu m$ şeklinde sıralanmaktadır. Görüldüğü üzere besleme hızının artırıldığı 2. kesiş tipinde en yüksek ortalama pürüzlülük değerleri ortaya çıkmıştır.

Daha öncede ifade edildiği gibi hem literatürde hemde bu çalışmadaki görsel değerlendirmelerde besleme hızının artırılması ve buna bağlı olarak birim mesafedeki bıçak izi sayısının ters orantılı olarak düşürülmesi sonucu yüzey kalitesi olumsuz yönde etkilenmektedir.

Bu sonuçlar gerek ASTM D-1666'ya göre yapılan değerlendirmelerde gerekse pürüzlülük ölçümü sonuçları ile yapılan değerlendirmelerde, literatür sonuçları uyum halinde bulunmaktadır. Bütün ağaç türlerinde yüzey kalitesinin en düşük ve ortalama pürüzlülük değerleri en yüksek olduğu sonuçlar 2. kesiş tipinde meydana gelmiştir.

Pürüzlülük ölçüm yönü incelendiğinde liflere dik ortalama pürüzlülük değerinin (6,450 μm) liflere paralel ortalama pürüzlülük değerinden (4,897 μm) daha yüksek olduğu görülmüştür. Her iki ölçüm yönü arasında anlamlı bir fark bulunmaktadır. Ayrıca her ağaç türü için de ayrı ayrı liflere dik ortalama pürüzlülük değerlerinin liflere paralel ortalama pürüzlülük değerlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir.

Jakub ve Martino (2005)'de pürüzlülük ölçüm değerlerinin pürüzlülük ölçüm yönüne göre değiştiğini belirtmişler liflere paralel, liflere dik ve liflerle 45⁰'lik açılarda farklı sonuçların elde edildiğini açıklamışlardır.

Çalışmamızda gerçekleştirilen liflere dik ve liflere paralel pürüzlülük ölçümlerinde, her bir ağaç türünde, her bir işlem koşulunda ve genel olarak pürüzlülük ölçüm sonuçlarında anlamlı bir fark bulunmuştur. Bu sonuç literatür ile uyum göstermektedir.

Çalışmamızda ağaç türlerine göre liflere dik ortalama pürüzlülük değeri incelendiğinde daha önce belirtildiği gibi en yüksek ortalama pürüzlülük değeri sapsız meşe ağaç türünde çıkmış, sapsız meşeyi karakavak takip etmiştir. Karaçam ve Toros sediri ağaç türlerinin liflere dik ortalama pürüzlülük değerleri ise birbirlerine yakın ve diğer ağaç türlerinden daha düşük bulunmuştur.

Ağaç türlerine göre liflere paralel ortalama pürüzlülük değerleri incelendiğinde en yüksek pürüzlülük değeri sapsız meşede görülmüş bunu kara kavak ağaç türü izlemiştir. Karaçam ve Toros sediri ağaç türlerinin liflere paralel ortalama pürüzlülük değerleri birbirine yakındır.

Pürüzlülük ölçümlerinden elde edilen veriler çok çeşitli bakış açılarından değerlendirilebilmektedir. Örneğin; pürüzlülük sonuçları işleme tipi koşullarına göre değerlendirildiğinde;

Karakavak ağaç türü liflerle paralel pürüzlülük değerlerinde en yüksek pürüzlülük değerini 2. kesiş tipi göstermiş onu 3. kesiş tipi, 1.kesiş tipi, 4.kesiş tipi ve zımparalama izlemiştir. Liflere dik pürüzlülük değerlerine bakıldığında ise en yüksek pürüzlülük değeri zımparalama işleminde görülmüş onu 2. kesiş tipi, 3.kesiş tipi, 1.kesiş tipi ve 4.kesiş tipi izlemiştir. Liflere paralel ve liflere dik pürüzlülük değerlerinin ortalamalarına bakıldığında en yüksek pürüzlülük değeri 2.kesiş tipinde görülmüş onu zımparalama, 3.kesiş tipi, 1.kesiş tipi ve 4.kesiş tipi izlemiştir.

Karaçam ağaç türünde liflere paralel pürüzlülük ölçüm sonuçlarında en yüksek pürüzlülük değerinin 2. kesiş tipinde görülmüş onu 4. kesiş tipi, 3.kesiş tipi, 1.kesiş tipi ve zımparalama izlemiştir. Liflere dik pürüzlülük ölçüm sonuçlarına göre en yüksek pürüzlülük değeri zımparalama işleminde ortaya çıkmış onu 2. kesiş tipi, 1.kesiş tipi, 4.kesiş tipi ve 3.kesiş tipi izlemiştir. Liflere paralel ve liflere dik pürüzlülük değerlerinin ortalamalarına bakıldığında ise en yüksek pürüzlülük değeri 2.kesiş tipinde görülmüş onu zımparalama, 4.kesiş tipi, 1.kesiş tipi ve 3.kesiş tipi izlemiştir.

Sapsız meşe ağaç türü liflerle paralel pürüzlülük değerlerinde en yüksek pürüzlülük değerinin 2. kesiş tipinde göstermiş onu 3. kesiş tipi, 1.kesiş tipi, 4.kesiş tipi ve zımparalama izlemiştir. Liflere dik pürüzlülük ölçümlerinde en yüksek pürüzlülük değerinin 2.kesiş tipinde görüldüğü onu 1. kesiş tipi, 4.kesiş tipi, 3.kesiş tipi ve zımparalama izlemiştir. Liflere paralel ve liflere dik pürüzlülük değerlerinin ortalamaları göz önüne alındığında en yüksek pürüzlülük değeri 2.kesiş tipinde görülmüş onu, 1.kesiş tipi, 3.kesiş tipi ve 4.kesiş tipi ve zımparalama izlemiştir.

Toros sediri ağaç türü liflere paralel pürüzlülük değerlerinde en yüksek pürüzlülük değerinin 2. kesiş tipinde göstermiş, onu 4. kesiş tipi, 3.kesiş tipi, zımparalama ve 1.kesiş tipleri izlemiştir. Liflere dik pürüzlülük değerlerine incelendiğinde en yüksek pürüzlülük değerinin zımparalamada görüldüğü onu 2. kesiş tipi, 1.kesiş tipi, 3.kesiş tipi ve 4.kesiş tipi izlemiştir. Liflere paralel ve liflere dik pürüzlülük değerlerinin ortalamalarına bakıldığında ise en yüksek pürüzlülük değeri 2.kesiş tipinde görülmüş onu zımparalama, 1.kesiş tipi, 3.kesiş tipi ve 4.kesiş tipi izlemiştir

Kesiş açısı bakımından değerlendirildiğinde liflere paralel pürüzlülük ölçümlerinde en yüksek pürüzlülük değeri 1.kesiş tipinde sapsız meşede meydana gelmiş onu karakavak, Toros sediri ve karaçam izlemiştir. 2. kesiş tipinde bu sıralama sapsız meşe, karakavak, Toros sediri ve karaçam, 3. kesiş tipinde sapsız meşe, karakavak, Toros sediri ve karaçam, 4.kesiş tipinde karakavak, sapsız meşe, Toros sediri ve karaçam, zımparalamada ise karakavak, sapsız meşe, Toros sediri ve karaçam şeklinde olmuştur. Liflere dik pürüzlülük ölçümlerinde 1.kesiş tipinde sapsız meşe, karakavak, Toros sediri ve karaçam, 2. kesiş tipinde sapsız meşe, karakavak, karaçam ve Toros sediri, 3.kesiş tipinde sapsız meşe, karakavak, karaçam ve Toros sediri, 4.kesiş tipinde sapsız meşe, karakavak, karaçam, Toros sediri ve zımparalamada karakavak, sapsız meşe, Toros sediri ve karaçam şeklindedir.

Bütün işlem koşullarının ortalamalarına bakıldığında liflere paralel ölçümlerde sapsız meşe, karakavak, Toros sediri ve karaçam liflere dik ölçüm değerlerinde sapsız meşe, karakavak, karaçam ve Toros sediri şeklinde sıralanmış, liflere paralel ve liflere dik ortalama pürüzlülük değerlerine bakıldığında ise bu sıralamanın sapsız meşe, karakavak, Toros sediri ve karaçam şeklinde olduğu görülmüştür.

Zımparalamada karakavağın ortalama pürüzlülük değeri sapsız meşe ağaç türünün ortalama pürüzlülük değerinden çok az miktarda daha yüksek çıkmıştır. Planyalama denemelerinde ise sapsız meşe ağaç türünün ortalama pürüzlülük değerleri karakavak ağaç türünden daha yüksek bulunmuştur.

Çalışmamızda halkalı traheli olan sapsız meşenin ortalama pürüzlülük değeri dağınık traheli olan karakavak ağaç türünden liflere paralel pürüzlülük, liflere dik pürüzlülük ve ortalama pürüzlülük değerleri açısından incelendiğinde yüksek çıkmıştır ve bu sonuçlar daha önceki çalışmaların sonuçları ile uyum sağlamaktadır.

Literatürde yüzey pürüzlülük değerleri halkalı traheli odunlara göre dağınık traheli odunlarda daha düşük bulunmuştur (Malkoçoğlu ve Özdemir 2006). Yumuşak ağaç türlerinde sert ağaç türlerine göre daha fazla pürüzlülük oluşmaktadır (Stumbo 1960).

Gürleyen (1998)'e göre en düzgün yüzeyi sarıçam odunu, en pürüzlü yüzeyi ise meşe odunu vermiştir. 4 bıçaklı rendeleme 2 bıçaklı rendelemeye göre daha düzgün yüzeyler

elde edilmiştir Genel olarak bakıldığında pürüzlülük açısından incelediğimiz ağaç türlerinden meşede en yüksek pürüzlülük değerleri elde edilmiştir. 4 bıçaklı rendelemede birim mesafedeki bıçak izi sayısı daha yüksek çıkacağından, çalışmamızda da diğer faktörler sabit tutulduğunda birim mesafedeki bıçak izi sayısının yüksek olduğu 1.kesişin pürüzlülük değerleri birim mesafedeki bıçak izi sayısının daha düşük olduğu 2.kesişten daha düşük çıktığı görülmüştür.

5.3. GENEL DEĞERLENDİRME

Bu araştırmaya ilişkin özet sonuçlar ortak bir tablo halinde toplanarak Tablo 5.1' ve Tablo 5.2'de gösterilmektedir.

Tablo 5.1: İşleme kusurlarına göre değerlendirmede genel sonuçlar

Ağaç türleri	Özgül ağırlık (gr/cm ³)	Yıllık Halka Sayısı (adet/2,54 cm)	İşleme Kusurlarına Göre Değerlendirme (%)											
			Planyalama				Frezeleme	Zıvana açma			Delik delme			Zımparalama
			1.tip kesiş	2.tip kesiş	3.tip kesiş	4.tip kesiş		Liflere paralel	Liflere dik	Ortalama	Tek helisli	Çift helisli	Ortalama	Tornalama
Karaçam <i>Pinus nigra Arn.</i>	0,6526	8,8517	84	55	88	75	95	100	49	74	37	67	52	43
Karakavak <i>Populus nigra L.</i>	0,3412	1,9829	94	70	92	86	65	94	10	52	44	13	29	59
Sapsız meşe <i>Quercus petraea</i>	0,7767	11,8365	100	86	98	100	90	98	94	96	85	98	92	78
Toros sediri <i>Cedrus libani</i>	0,5019	4,4923	70	25	74	55	76	82	46	64	10	33	22	-

İşleme kusurlarına ait kabul edilebilir kalite sınıfları (ASTM D 1666'ya Göre)

Planyalama	1. sınıf ve 2. sınıf toplamı yüzdesi (Kusursuz ve az kusurlu örnekler)
Frezeleme	1. sınıf ve 2. sınıf toplamı yüzdesi (Kusursuz ve az kusurlu örnekler)
Zıvana açma	1. sınıf , 2. sınıf ve 3. sınıf toplamı yüzdesi (Kusursuz, az kusurlu ve orta normal kusurlu örnekler)
Delik delme	1. sınıf ve 2.sınıf toplamı yüzdesi (Kusursuz ve az kusurlu örnekler)
Tornalama	1. sınıf ve 2.sınıf toplamı yüzdesi (Kusursuz ve az kusurlu örnekler)
Zımparalama	1. sınıf (Kusursuz örnekler)

Tablo 5.2: Pürüzlülük miktarlarına ait genel sonuçlar

Ağaç türleri	Pürüzlülük miktarı (μm)														
	1.tip kesiş			2.tip kesiş			3.tip kesiş			4.tip kesiş			Zımparalama		
	Liflere paralel	Liflere dik	Ortalama	Liflere paralel	Liflere dik	Ortalama	Liflere paralel	Liflere dik	Ortalama	Liflere paralel	Liflere dik	Ortalama	Liflere paralel	Liflere dik	Ortalama
Karaçam <i>Pinus nigra Arn.</i>	3,91	4,70	4,31	5,46	5,89	5,68	4,28	4,12	4,20	4,51	4,25	4,38	3,82	6,41	5,11
Karakavak <i>Populus nigra L.</i>	4,87	7,22	6,05	6,17	7,73	6,95	5,03	7,61	6,32	4,83	7,14	5,98	4,29	8,46	6,37
Sapsız meşe <i>Quercus petraea</i>	5,81	8,08	6,95	6,70	9,30	8,00	6,03	7,79	6,91	4,68	7,82	6,25	4,26	7,28	5,77
Toros sediri <i>Cedrus libani</i>	4,09	4,73	4,41	5,83	5,65	5,74	4,51	3,96	4,24	4,55	3,84	4,19	4,20	6,94	5,57

Kesiş tipi koşulları

- 1.tip kesiş: 8,6 m/dak besleme hızı 12 adet/2,54 bıçak izi sayısı, 25⁰ kesiş açısı
2. tip kesiş: 18 m/dak besleme hızı 6 adet/2,54 bıçak izi sayısı, 25⁰ kesiş açısı
3. tip kesiş: 8,6 m/dak besleme hızı 12 adet/2,54 bıçak izi sayısı, 15⁰ kesiş açısı
4. tip kesiş: 8,6 m/dak besleme hızı 12 adet/2,54 bıçak izi sayısı, 20⁰ kesiş açısı

Yüzey kalitesinin işleme özelliklerine göre değerlendirilmesinde en düzgün ve kusursuz yüzey sapsız meşede elde edilmiştir.

Bozkurt ve Göker (1986)'e göre yıllık halkası dar olan dağınık traheli ağaç odunları işlemede düzgün yüzeyler vermektedir. Denemelerimizde kullandığımız sapsız meşe belirtilen özellikleri uymaktadır ve incelenen ağaç türleri arasında en iyi işlenme özelliği göstermiştir. Ancak pürüzlülük ölçüm sonuçlarına göre ise en pürüzlü yüzey sapsız meşede meydana gelmiştir.

Görüldüğü gibi pürüzlülük ölçüm sonuçlarına göre yüzeyin değerlendirilmesi, görsel olarak işleme kusurlarına göre değerlendirme ile benzer sonuçlar vermeyebilmektedir. Bunun için yüzey değerlendirilmesinde sadece pürüzlülük ölçüm sonuçlarına göre değerlendirme veya sadece görsel olarak değerlendirme yüzey kalitesini belirleme açısından doyurucu sonucu verememektedir.

Karakavakta gerek ASTM D-1666'ya göre değerlendirmede gerekse pürüzlülük ölçüm sonuçlarına göre değerlendirmede zımparalama işleminde en kusurlu yüzeyler ve pürüzlülüğü en yüksek yüzeyler meydana gelmiştir. Burada özellikle karakavak ağaç türünde işleme yönteminin yüzey kalitesinde önemli olduğu, zımparalamada daha düzgün yüzeyler elde edilmesi beklenirken, pürüzlülük miktarında artış meydana geldiği gözlemlenmiştir. Bu sonucu kesiş türü ve şeklinin önemli derecede etkilediği düşünülmektedir.

Planyalama işleminde Toros sedirinde tüm işleme koşullarında görsel olarak değerlendirmede diğer ağaç türlerine göre en düşük yüzey kalitesinde sahip (en fazla işleme kusurlarının bulunduğu) yüzeyler elde edilmiştir. Besleme hızının artırıldığı 2. tip kesiş işleminde yüzey kalitesinde en fazla düşme incelenen ağaç türleri arasında toros sedirinde meydana gelmiştir. Zımparalama işleminde ise incelenen ağaç türleri arasında 2. sırada yer almıştır. İşlem tipi koşullarının ve işleme yönteminin değişmesi ile Toros sedirinin yüzey kalitesinin en fazla etkilendiği görülmektedir.

Toros sediri ortalama pürüzlülük açısından karaçamı yakın değerler göstererek incelenen ağaç türleri arasında en düşük ortalama pürüzlülük değerini göstermiştir. Karakavak ile sapsız meşenin pürüzlülük değerleri daha yüksek bulunmuştur. Toros sediri yine yüzey kalitesi değerlendirmesi açısından işleme kusurlarına göre değerlendirmede en düşük yüzey kalitesini gösterdiği halde, yüzey pürüzlülük açısından karaçam ile aynı grupta yer alarak en yüksek pürüzlülük değerini göstermiştir.

Karaçam ise incelenen ağaç türleri arasında her iki değerlendirme şekline göre sıralamada benzer sonuçlar göstermiştir.

5.4. ÖNERİLER

Ağaç malzemenin işlenmesi ile ilgili tüm işlemlerde kullanılan kesicilerin bilenmiş olarak kullanılması, makinelerin bakımlarının yapılmış olması ve stabil olması iyi bir işleme için gerekli olmaktadır.

Bıçak başlığına çok sayıda bıçak yerleştirilerek, bütün kesicilerin aynı kesiş dairesi içerisinde kesişe katılması sağlanmalıdır.

Genellikle derin olmayan kesişler uygulanmalı, kesişler yüzeysel olmalı, bazen ilk olarak kaba kesiş, daha sonra yüzeysel son kesişin yapılmasında yarar bulunmaktadır.

Yüzey değerlendirilmesinde iki veya daha fazla metod kullanılarak ve bu metodların kombinasyonunun analiz edilmesi daha doğru olabilecektir.

Yüzey kalitesi ölçülmesinde tek bir yöntem yerine birkaç yöntemin kombinasyonu uygulanmalıdır. Böylece yüzey kalitesi farklı yönlerden değerlendirilebilecektir.

Birim mesafedeki bıçak izi sayısı yüksek tutulmalıdır. Birim mesafedeki bıçak izi sayısının artırılması ile yüzey kalitesi yükselmektedir. Birim mesafedeki bıçak izi sayısını yükseltmek için ya kesiş hızı artırılmalı ya da besleme hızı düşürülmelidir. Her ağaç türü için farklı olabilecek en uygun besleme hızı ve bıçak sayısı kombinasyonu sağlanmalıdır.

Ağaç malzemenin işlenmesinde genellikle düzgün lifli olmayan kısımlarda işleme kusurları görülmektedir. Kullanılacak malzemelerin düzgün lifli olması ve lif sapmalarına sebep olan budak vb. oluşumlardan arındırılması gerekmektedir. Bunun için ağacın yetiştirilmesi esnasında budakların oluşumunu engelleyecek önlemlerin alınması faydalı olacaktır. Üretim esnasında ise budaklı masif ağaç malzemelerin iyi yüzey kalitesi istenen bölgelerde kullanılmaması uygun olacaktır.

Her ağaç türü için en uygun kesiciler seçilmeli ve uygun açılarda bilenmelidir.

Günümüz koşullarına uygun olacak şekilde işleme özellikleri ve değerlendirilmesi ile ilgili standartlar hazırlanmalıdır.

Ülkemizde yetişen ve üretimde sıklıkla kullanılan ağaç türlerinin işleme özellikleri, farklı besleme ve kesiş hızlarında, farklı malzemelerden üretilmiş kesicilerde, farklı bıçak açılarında, farklı rutubet miktarlarında, farklı kesiş tekniklerinde vb. faktörler göz önüne alınarak incelenerek en uygun işleme koşulları ile ilgili çizelgeler oluşturulması faydalı olacaktır.

Denemeler gerçekleştirilirken harcanan enerji miktarları, zaman, kesicilerin bilenme ihtiyacı vb. faktörlerde detaylı incelenerek üretim maliyetleri de tespit edilmelidir.

İşleme özelliklerinin bir sonraki işlem aşaması olabilecek olan üstyüzey işlemlerine, yapışma dirençlerine, mekanik özelliklere vb. etkisinin araştırılması uygun olacaktır.

KAYNAKLAR

ANONİM, 1976, Taschenbuch der Holz Technologie, VEB Fachbuchverlag Leipzig.

ANONİM,2008,http://h3news1.kais.kyoto-u.ac.jp/projects/info/Rough-sk_ku/e-ndex.html [Ziyaret tarihi: 3.Şubat.2008].

ANONİM,2008,http://www.retosan.com/images/product_images/rkm23ncx.jpg [Ziyaret tarihi: 3.Şubat.2008].

ANONİM,http://www.makelmakina.com/tr/teknik_ozellikler.asp?urunID=140&katalogID=6 [Ziyaret tarihi: 3.Şubat.2008].

ANONİM, 2008, <http://www.wood-turning-uk.co.uk/> [Ziyaret tarihi: 3.Şubat.2008].

ANONİM,2008,http://images.amazon.com/images/P/B000BX1JPQ.01._SCLZZZZZZZ_V64026711_.jpg, [Ziyaret tarihi: 3.Şubat.2008].

ANONİM, 2008, <http://www.waybuilder.net/sweethaven/BldgConst/Building01/default.asp?iNum=0201>, [Ziyaret tarihi: 3.Şubat.2008].

ARAS, R., BUDAKÇI, M., ÖZİŞİK, Ö.,2007, *Tornalama Tekniğinin Ağaç Malzeme Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi* , Politeknik Dergisi, Cilt 10, Sayı:3, s.325-330.

ASTM D 1666–87 (Reapproved 2004), 2004, *Standart Methods for Conducting Machining Tests of Wood and Wood – Base Materials*”, ASTM International, West Conshohocken, United States.

AYDIN, İ., 2004, *Çeşitli Ağaç Türlerinden Elde Edilen Kaplamaların Islanabilme Yeteneği ve Yapışma Direnci Üzerine Bazı Üretim Şartlarının Etkileri*, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

ASLANDOĞAN, C., 2005, *Karaçam (Pinus nigra Arnold) odununun yüzey pürüzlülük değerlerinin belirlenmesi üzerine araştırmalar*, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

BAYKAN, İ., 1996, *Rendelenmiş ve Zımparalanmış Masif Ağaç Malzeme Yüzeylerinde Yüzey Pürüzlülüklerine İlişkin Araştırmalar*, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Endüstri Anabilim Dalı, Trabzon.

BOZKURT, Y. ve ERDİN, N., 1989, *Ticarette Önemli Yabancı Ağaçlar*, İstanbul Üniversitesi Yayın No: 3572, Orman Fakültesi Yayın No: 4, İstanbul.

BOZKURT, Y. ve ERDİN, N., 1997, *Ağaç Teknolojisi*, İstanbul Üniversitesi Yayın No: 3998, Orman Fakültesi Yayın No: 445, İstanbul, 975-404-449-X.

BOZKURT, Y. ve ERDİN, N., 2000, *Odun Anatomisi*, İstanbul Üniversitesi Yayın No:4263, Orman Fakültesi Yayın No: 466, İstanbul, 975-404-592-5.

BOZKURT, Y. ve GÖKER, Y., 1987, Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi, İstanbul Üniversitesi Yayın No:3445, Orman Fakültesi Yayın No: 388, İstanbul, 975-404-010-9.

BLANKENSTEIN,C., 1962, *Holz Technisches Taschenbuch*”, Carl Hanser Verlag München, Germany.

CANTIN, E.M, 1965, *The Machining Properties of 16 Eastern Canadian Woods*, Department of Forestry Canada Department of Forestry, Publication No:1111, Canada.

DAVIS E.M., 1957, *Machining Tests For Particle Board; Some Factors Involved*, Forest Products Laboratory, Madison, Wisconsin

DAVIS E.M., 1959, *Three “Musts” For Good Machining*, Forest Products Laboratory, The Wood Worker Edition, , Madison, Wisconsin.

DAVIS, E.M., 1960, Machining Ponderosa Pine Douglas-Fir...Effect of Growth Rate and Density, *Forest Products Journal*, Vol 10, No:1, Pages 1-3.

DAVIS E.M., 1962, How to Control Fuzzy Grain in Planing, *Hitchcock’s Wood Working Digest*, USA.

DAVIS E.M., 1962, *Machining and Related Characteristics of United States Hardwoods*, U.S. Department of Agriculture – Forest Service Technical Bulletin No.1267, Washington D.C.

DAVIS, E.M., NELSON, H. 1954, *Machining Tests of Wood With the Molder*, Preprint, Forest Products Research Society 561.Univ. Sta. Madison.

DEMİRCİ, S., 1998, *Daire Testerelerin Masif Ağaç Malzemelerde Yüzey Düzgünlüğüne Etkileri*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

DOĞU, D., KOÇ, K.H., AS, N., ATİK, C., AKSU, B., ERDİNLER, S., 2001, Türkiye’de Yetişen Endüstriyel Öneme Sahip Ağaçların Temel Kimlik Bilgileri ve Kullanıma Yönelik Genel Değerlendirme, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri B, Cilt: 51, Sayı: 2, İstanbul.

EFE, H., GÜRLEYEN, L., 2003, Bazı Ağaç Malzemelerde Kesiş Yönü, Kesici Adeti ve Devir Sayısının Yüzey Düzgünlüğüne Etkileri, *Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi*, Y:11 No:12, S.34-44.

ELMENDORF, A. ve VAUGHAN, T.W., 1958, Measuring Smoothness of Wood, *Forest Products Journal*, 8.10. s.275-282.

ETTEL, B., 1987, *Saegen Fraesen Habeln Bohren, Die Spannung von Holz-und ihre Werkzeuge*, DRW-Verlag Stuttgart.

FAUST, D.T., 1987, Real Time Measurement of Veneer Surface Roughness by Image Analysis, *Forest Products Journal*, June 1987, 37(6): 34-40.

FAUST, D.T., RICE, J.T., 1986, Effect of Veneer Surface Roughness on the Bond Quality of Southern Pine Plywood , *Forest Products Journal*, 36(4), 57-62.

FAUST T.D., RICE, J.T., 1986, Characterizing the Roughness of Southern pine Veneer Surfaces, *Forest Product Journal*, 36 (11 /12): 75-81.

FEIST, W.C., 1994. Effect of Preweathering , Surface Roughness and Wood Species On the Performance of Paint on Stains, *Forest Products Journal*, V.66, P.109-121.

FUNCK, J.V., FORRER, J.B., BUTTLER, D.A., BRUNNER, C.C., MARİSTANY, A.G., 1992, Measuring Surface Roughness on Wood: A Comparison of Laser Scatter and Stylus Tracing Approaches, *The International Society for Optical Engineering*, V. 1821, P. 173-184.

GÖKER, Y., 1969, Dursunbey ve Elekdağ Karaçamları (*Pinus nigra* var. *Pallasiana*)'nın Fiziksel, Mekanik Özellikleri ve Kullanış Yerleri Hakkında Araştırmalar, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri A, Cilt: XIX, Sayı: 2, İstanbul.

GÖKER, Y., 1977, *Dursunbey ve Elekdağ Karaçamları (Pinus nigra var. Pallasiana)'nın Fiziksel, Mekanik özellikleri ve Kullanış Yerleri Hakkında Araştırmalar*, T.C. Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Yayınları Sıra No: 613, Seri No: 22, Akran Matbaası, Ankara.

GÜLER, N., TULUKÇU, M., ZENGİN, M., ERTAN, E., 1994, *Türkiye'de Kavakçılık*, T.C. Orman Bakanlığı Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Müdürlüğü, İzmit.

GÜRLEYEN, L., 1998, *Mobilyada Kullanılan Masif Ağaç Malzemelerde Yüzey Düzlüğü'nün Karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

GÜRTEKİN, A., 1996, *Ağaççileri Rendeleme Makinalarında Kesme ve İlerleme Hızının Ahşap Yüzey Kalitesine Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.

HERNANDEZ, R.E., BUSTOS, C., FORTIN, Y., BEAULIEU, R.E., 2001, Wood Machining Properties of White Spruce From Plantation Forests, *Forest Products Journal*, June 2001, Vol: 51, No: 6.

HIZIROĞLU, S. ve SUCHSLAND, O., 1993, Linear Expansion and Surface Stability of Particleboard, *Forest Products Journal*, April 1993, Vol: 43, No: 4, p.31-34

İLHAN, R., BURDURLU, E., BAYKAN, İ., 1990, *Ağaç İşlerinde Kesme Teorisi ve Mobilya Endüstrisi Makineleri*, Hacettepe Üniversitesi Ağaç İşleri Endüstrisi Mühendisliği Bölümü, Bizim Büro Basımevi, Ankara

İLTER, E., ÇAMLIYURT, C., BALKIZ, Ö.D., 2002, *Uludağ Göknarı (Abies bornmülleriana Mattf.) Odununun Yüzey Pürüzlülük Değerlerinin Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar*, İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten No: 281, Kardelen Matbaacılık, Ankara.

JAKUB, S., TANAKA, C., 2005, Evaluation of Surface Smoothness Using a Light – Sectioning Shadow Scanner, *J. Wood Sci* (2005) 51: 270 -273.

JAKUB,S., MARTİNO, N, 2005, *Wood Surface Roughness – What is it?*, Rosenheim Workshop, 29–30 September 2005, BOKU University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna, Austria
http://www.boku.ac.at/physik/coste35/Rosenheim/article/art_Sandak_COST_E35_Rosenheim_2005.pdf

KANTAY, R., KORKUT, S.; 1999, “Kereste Üretiminde Yüzey Kalitesinin İyileştirilmesi” *1.Uluslararası Mobilya Kongresi ve Sergisi Bildiri Kitabı*, Sayfa: 606-621, 14-17 Ekim 1999, İstanbul.

KANTAY, R., ÜNSAL, Ö., KORKUT, S., 2001, Türkiye’de Üretilen Ceviz ve Kayın Kesme Kaplama Levhalarının Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Araştırmalar, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri: A, Cilt: 51, Sayı:1, İstanbul

KILIÇ, Y., DEMİRCİ, S., 2003, Sarıçam (*Pinus sylvestris L.*) ve Kestane (*Castania sativa mill.*) Odunlarının Yüzey Pürüzlülük Değerlerinin Araştırılması, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 16(3)-553-558.

KORKUT, S., 1999, *Kereste Üretiminde Yüzey Kalitesinin İyileştirilmesi Üzerine Araştırmalar*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

KORKUT, S., 2005, “Yüzey Pürüzlülüğü Çalışmaları”, *Ahşap Teknik, Ahşap-Araştırma- Teknoloji-Endüstriyel Tasarım ve Mobilya Dergisi*, Sayı:10, Sayfa: 10-16.

KURTOĞLU, A., 1981, Odunun İşlenme Özellikleri, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri: B, Cilt: 31, Sayı:2, s.179-199, İstanbul.

KURTOĞLU, A.,1996, Ağaç Malzemenin İşlenmesinde Ortaya Çıkan Hatalar, *Mobilya-Dekorasyon Dergisi*, Temmuz - Ağustos, Sayı :13 s.26-29.

KURTOĞLU, A., 2000, *Ağaç Malzeme Yüzey İşlemleri, Genel Bilgiler*, Cilt I, İ.Ü. Orman Fak.Orman End.Müh.Böl., Üniversite Yayın No:4262, Fakülte Yayın No: 463, ISSN 975 – 404 – 590 – 9, İstanbul.

KURTOĞLU, A., 2004a, *Mobilya Endüstrisi Lisans Ders Notları*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Basılmamıştır, İstanbul

KURTOĞLU, A., 2004b, *Ağaç İşleme Teknolojisi ve Makineleri Lisans Ders Notları*, İstanbul Üniv. Orman Fak. Orman End. Mühendisliği Bölümü, Basılmamıştır, İstanbul.

KUŞCUOĞLU, M.Ö. ve SOFUOĞLU, S.D., 2004, Zımparalama İşlemleri, *Ahşap Teknik, Ahşap-Araştırma-Teknoloji-Tasarım-Mobilya ve İç Mimari Dergisi*, Ocak 2004, İstanbul.

LIHRA, T., GANEV, S., 1999, *Machining Properties of Eastern Species and Composite Panels*, Forintek Canada Corp. Project no:2306, Canadian Forest Service, Vancouver, B.C.

MALKOÇOĞLU, A., ÖZDEMİR, T., 1999, Yüzey Pürüzlülüğü Araştırmalarının Tarihi Gelişimi, *Mobilya Dergisi*, 32, 60-68.

MALKOÇOĞLU, A., 2007, *Machining properties and Surface Roughness of Various Wood Species Planed in Different Conditions*, Building and Environment, 42 (2007) p. 2562-2567

MALKOÇOĞLU, A., ÖZDEMİR, T., 2006, The machining properties of some hardwoods and softwoods naturally grown in Eastern Black Sea Region of Turkey, *Journal of Materials Processing Technology*, 173 (2006), p.315-320

MİTUTOYO SJ.301, Surface Roughness Tester, User's Manual, Japan.

ÖKTEM, E., SÖZEN, M.R., 1994, *Sedir Odununun Anatomik ve Teknolojik Özellikleri ile Kullanım Yerleri*, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, El Kitabı Dizisi: 6, Ankara.

ÖNORM B 3020, 2006–10–15, *Profilformen für Wand- und Deckenbekleidungen aus Holz*, Austrian Standards Institute, Vienna.

ÖRS, Y., BAYKAN, İ., 1999, Masif Ağaç Malzemedeki Rendeleme ve Zımparalamanın Yüzey Pürüzlülüğüne Etkileri, *Turkish Journal. Of Agriculture and Forestry*, 23, 577-582.

ÖRS, Y., DEMİRCİ, S. 2003, “Akasya (*Robinia Pseudoacacia L.*) ve Meşe (*Quercus Petrea L.*) odunlarında yüzey düzgünlüğüne Kesiş Yönü ve Zımparalamanın Etkisi”, *Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Politeknik Dergisi*, 6: 2, 491- 4955, Ankara

ÖRS, Y., KALAYCIOĞLU, H., ÇOLAKOĞLU, G., 1990, Testerelerde Diş Geometrisinin Kereste Yüzey Kalitesine Etkisi, *Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi*, Cilt: 15, Sayı: 3, s.777-784.

PETERS, C.C., LUTZ, J.F., 1966, *Some Machining Properties of Two Wood Species Grown in Hawaii Molucca Albizzia and Nepal Alder*, U.S. Forest Service Research Note FPL-0117, Madison, Wisconsin.

PETERS, C.C., CUMMING, J.D., 1970, Measuring Wood Surface Smoothness: A Review, *Forest Products Journal*, December 1970, 20, 12, 40-43.

- PETERS, C., MERGEN, A., 1971, Measuring Wood Surface Smoothness: A Proposed Method, *Forest Products Journal*, 21,6, 28-30.
- PORTER, A.W., KUSEC, D.J., SONDEERS, J.L., 1971, *Air-Flow Method Measures Lumber Surface Roughness*, Reprinted from Canadian Forest Industries.
- RATNASİNGAM, J., SCHOLZ, F., 2007, Characterizing Surface Defects in Machine – Planing of Rubberwood (*Hevea brasiliensis*), *Holz Roh und Werkst*, 65: 325-327.
- REFA – MAPPE, 1983, *Holz – und Kunststoffverarbeitung*, Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e.V., Darmstadt.
- SADOH, T. NAKATO, K., 1987, Surface Properties of Wood in Physical and Sensory Aspects, *Wood Science and Technology*, V. 21, p.111-120.
- SANDAK, J., TANAKA, C, 2005, Evaluation of Surface Smoothness Using a Light-Sectioning Shadow Scanner, *Journal Wood Science*, 51(3): 270-3.
- SIEMINSKY, R. SKARZYNSKA, A., 1989, Surface Roughness of Different Species of Wood After Sanding, *Forest Products Journal*, P.23-25
- SOFUOĞLU, S.D., 2001, *Masif Ağaç Malzemenin İşlenmesinde Fire Oranlarının Belirlenmesi Üzerine İncelemeler*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- SÖĞÜTLÜ, C. 2005, Bazı Faktörlerin Zımparalanmış Ağaç Malzeme Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi, *Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Politeknik Dergisi*, Cilt.8, Sayı.4, s.345-350.
- SÖNMEZ, A., SÖĞÜTLÜ, C., 2005, Rendeleme İşleminin Ağaç Malzeme Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi, *Teknoloji*, Cilt 8, Sayı 3, s.287-293.
- SPENCE, W.P., GRIFFITHS, L.D., *Woodworking Basics The Essential Benchtop Reference*, Sterling Publishing Co. Inc. New York, 0-8069-0941-2.
- STEWART, H.A, 1970, Cross Grain Knife Planing, Hard Maple Produces High Quality Surfaces and Flakes, *Forest Products Journal*, 20, 10, 39-42.
- STUMBO, D..A., 1960, Surface Texture Measurement for Quality and Production Control, *Forest Products Journal*, 10, 12, 122-124.
- STUMBO, D.A., 1963, Surface Texture Measurement Methods, *Forest Products Journal*, 13,6 (1963) p. 299-304
- TS 971, Aralık 1988, *Yüzey Pürüzlülüğü – Parametreler ve Pürüzlülük Tespiti Kuralları (Surface Roughness-Parameters, Their Values and General Rules for Specifying Requirements)*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

TS 2495 EN ISO 3274, Mart 2005, *Yüzey Pürüzlülüğü – Geometrik Mamul Özellikleri (Gmö)-Yüzey Yapısı: Profil Metodu- Temas Uçlu (İğneli) Ölçme Cihazlarının Anma Karakteristikleri Geometrical Product Specifications (GPS)- Surface texture: Profile method-Nominal characteristics of contact (Stylus) instruments*, Türk Standartları Enstitüsü /Ankara

TS 6956 EN ISO 4287, Nisan 2004, *Geometrik Mamul Özellikleri (GMÖ) – Yüzey Yapısı: Profil Metodu - Terimler, Tarifler ve Yüzey Yapısı Parametreleri*, Türk Standartları Enstitüsü /Ankara

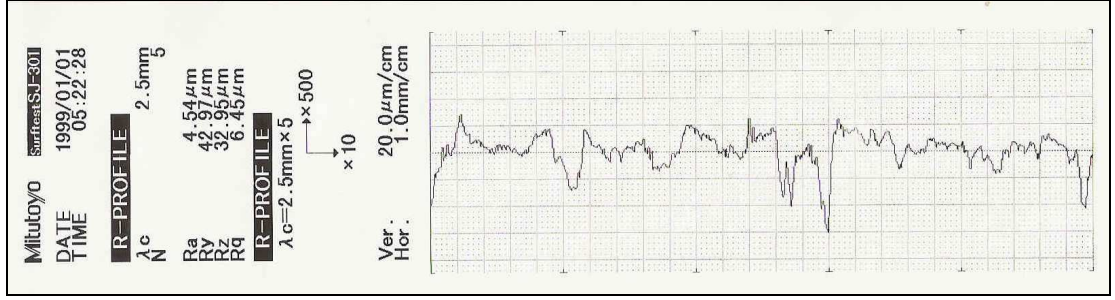
ÜNSAL, Ö., KANTAY, R.,2002, Türkiye’de Üretilen Meşe ve Kayın Masif Parkelerin Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Araştırmalar, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri: A, Cilt: 52, Sayı:1, İstanbul

VÖH, 1977, Guterichtlinien für Möbel Waren, Verband Österreichischer Möbelwerke.

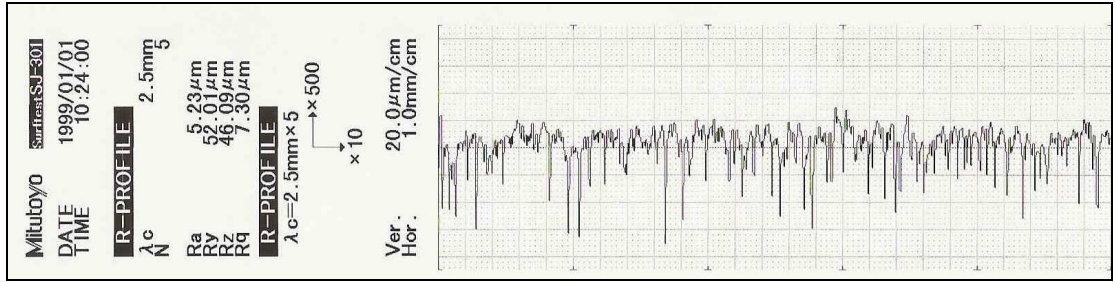
WILLIAMS, D., MORRIS, R., 1998, *Machininig and Related Mechanical Properties of 15 B.C. Wood Species*, Forintek Canada Corp.Special Publication No:39, Vancouver, B.C.,ISSN 0824-2119.

WOODSON, G.E., MCMILLIN, C.W., 1972, Boring Deep Holes in Southern Pine, *Forest Products Journal*, Vol.22, No.4, April 1972, p.49-53.

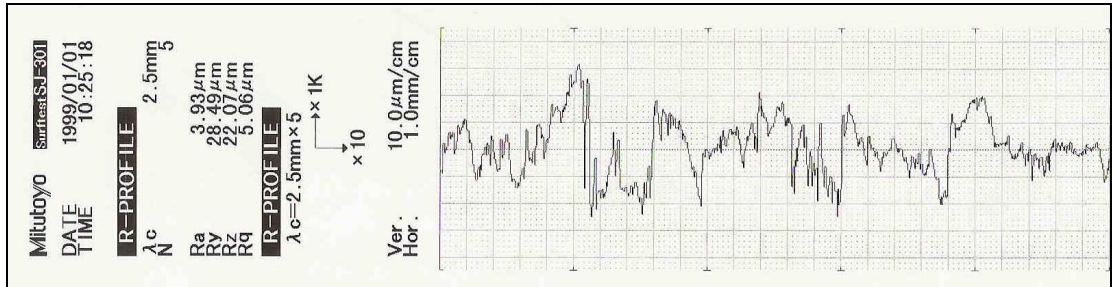
YALTIRIK, F., EFE, A., 2000, *Dendroloji Ders Kitabı*, İstanbul Üniversitesi Yayın No:4265, Orman Fakültesi Yayın No: İstanbul, 975-404-594-1.



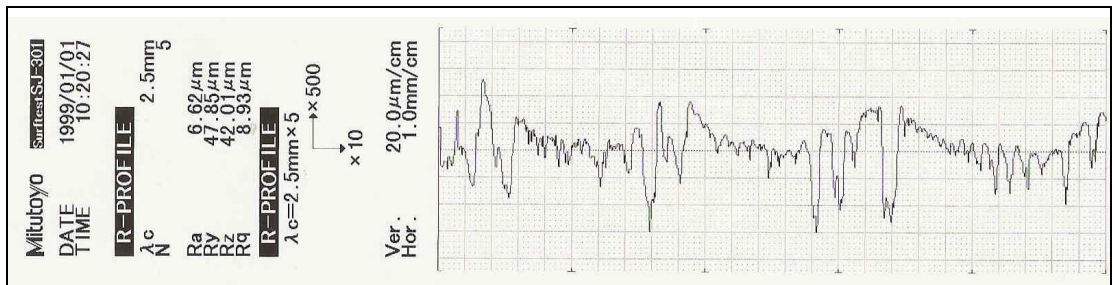
Şekil 6.4: Karakavak 2.tip kesişte liflere paralel pürüzlülüğe örnek profil.



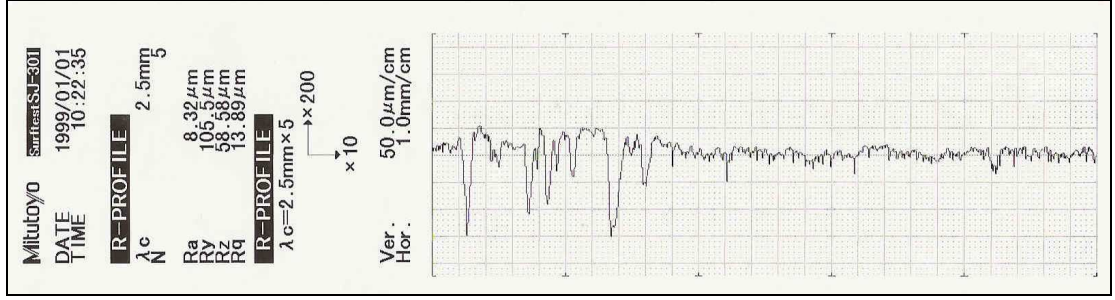
Şekil 6.5: Karakavak 2.tip kesişte liflere paralel pürüzlülüğe örnek profil.



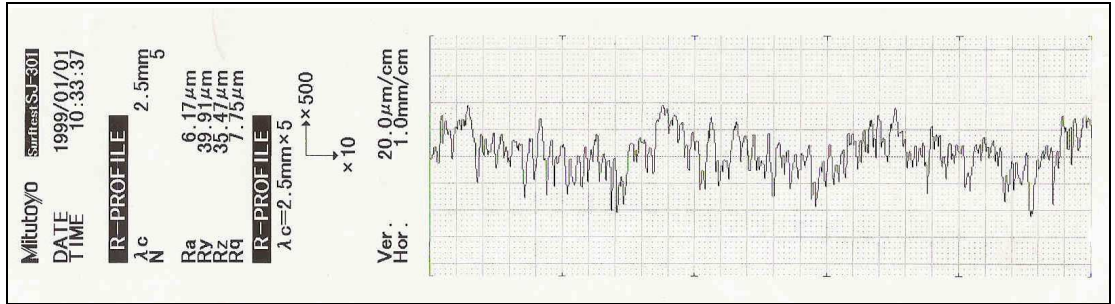
Şekil 6.6: Karakavak 2.tip kesişte liflere dik pürüzlülüğe örnek profil.



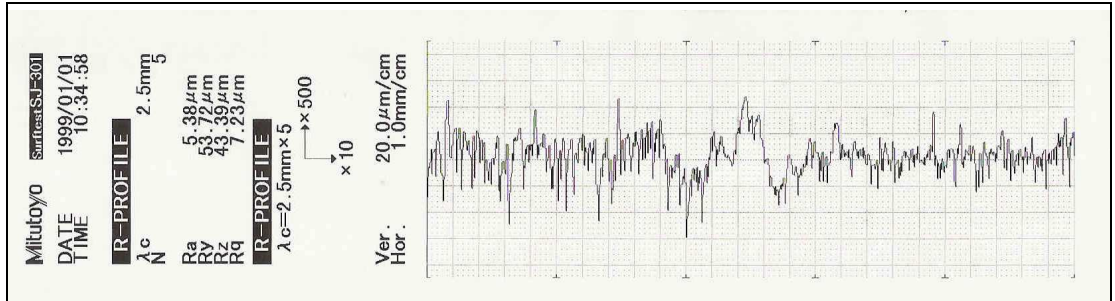
Şekil 6.7: Sapsız meşe 2.tip kesişte liflere paralel pürüzlülüğe örnek profil.



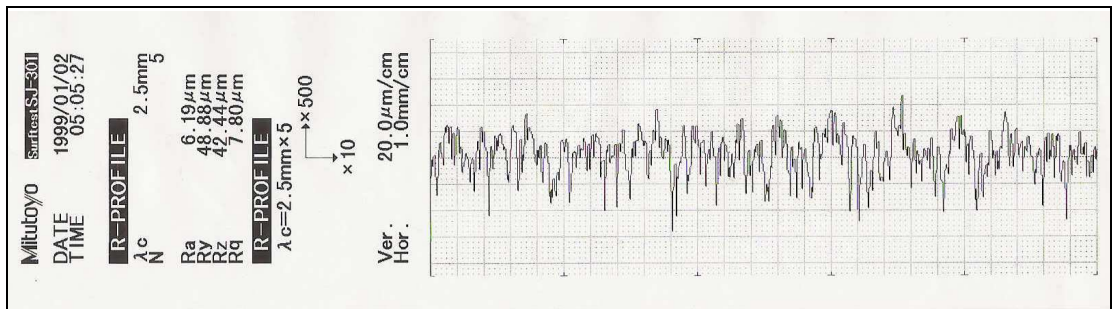
Şekil 6.8: Sapsız meşe 2.tip kesişte liflere dik pürüzlülüğe örnek profil.



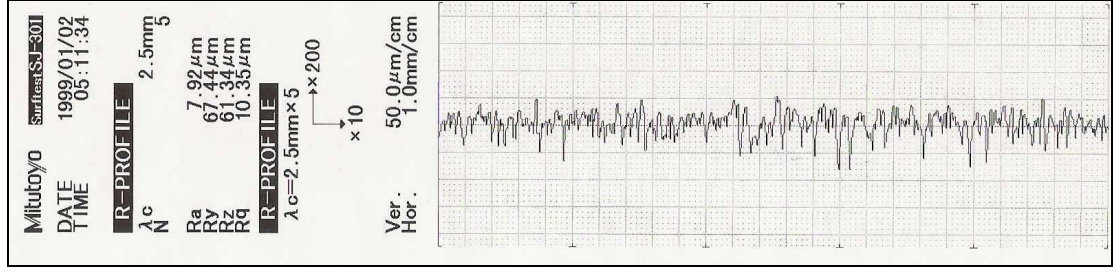
Şekil 6.9: Toros sediri 2.tip kesişte liflere paralel pürüzlülüğe örnek profil.



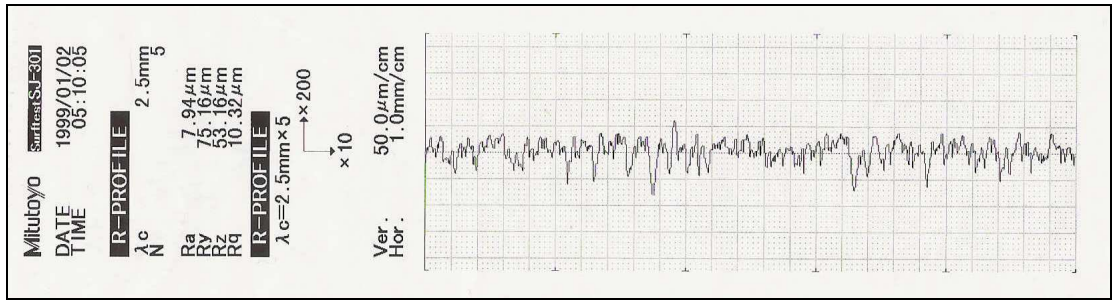
Şekil 6.10: Toros sediri 2.tip kesişte liflere dik pürüzlülüğe örnek profil.



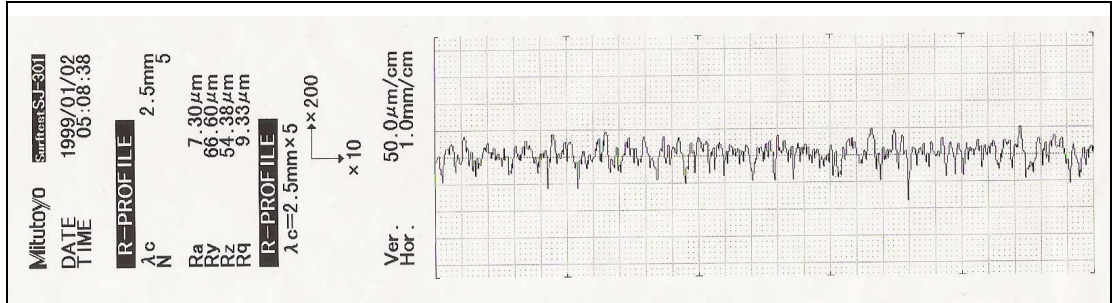
Şekil 6.11: Karaçam 120 numaralı zımparalamada liflere dik pürüzlülüğe örnek profil.



Şekil 6.12: Karakavak 120 numaralı zımparalamada liflere dik pürüzlülüğe örnek profil.



Şekil 6.13: Sapsız meşe 120 numaralı zımparalamada liflere dik pürüzlülüğe örnek profil.



Şekil 6.14: Toros sediri 120 numaralı zımparalamada liflere dik pürüzlülüğe örnek profil.

ÖZGEÇMİŞ

1974 yılında Kütahya'nın Simav ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İstanbul'da tamamladı. 1992 yılında İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü'ne girdi. 1996 yılında aynı bölümden mezun oldu. Aynı yıl Dumlupınar Üniversitesi Simav Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü Mobilya Eğitimi Anabilim Dalı'nda Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı. 1997 yılında İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Orman Endüstrisi Makinaları ve İşletme Programı'nda yüksek lisansa başladı. 2001 yılında Orman Endüstri Yüksek Mühendisi unvanını aldı. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Orman Endüstrisi Makinaları ve İşletme Programı'nda doktora eğitimine devam etmektedir. Halen İ.Ü.Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü Orman Endüstrisi Makinaları ve İşletme Anabilim Dalı'nda Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır. Evli ve bir çocuk babasıdır.