



T.C.

KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**CNC MAKİNELERİ İLE İŞLENEN LİF LEVHA
YÜZEYLERİNİN PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÜZERİNE, KESME
DERİNLİĞİ, LEVHA YOĞUNLUĞU VE LEVHA
RUTUBETİNİN ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

ZEYNEP ÖMEROĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KAHRAMANMARAŞ 2018

**T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**CNC MAKİNELERİ İLE İŞLENEN LİF LEVHA
YÜZEYLERİNİN PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÜZERİNE, KESME
DERİNLİĞİ, LEVHA YOĞUNLUĞU VE LEVHA
RUTUBETİNİN ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

ZEYNEP ÖMEROĞLU

**Bu tez,
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS
Derecesi için hazırlanmıştır.**

KAHRAMANMARAŞ 2018

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi, **Zeynep ÖMEROĞLU** tarafından hazırlanan “**CNC makineleri ile işlenen lif levha yüzeylerinin pürüzlülüğü üzerine, kesme derinliği, levha yoğunluğu ve levha rutubetinin etkilerinin belirlenmesi**” adlı bu tez, jürimiz tarafından 01.08.2018 tarihinde oy birliği ile Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Bekir Cihad BAL (DANIŞMAN)

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Doç. Dr. Hasan SERİN

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Dr. Öğr.Üyesi Fatih TUNCAY EFE

Ormancılık Bölümü
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylım.

Doç. Dr. Mustafa ŞEKKELİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgileri etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde sunduğumu,
- Tez çalışmada kullandığım eselerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullandığım verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarımı kabullendiğimi beyan ederim.

Zeynep ÖMEROĞLU

Bu çalışma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Başkanlığı tarafından desteklenmiştir.

KSÜ BAP NO: 2017/2-31 YLS

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirimlerin, Çizelge, Şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

**CNC MAKİNELERİ İLE İŞLENEN LİF LEVHA YÜZEYLERİNİN
PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÜZERİNE, KESME DERİNLİĞİ, LEVHA YOĞUNLUĞU VE
LEVHA RUTUBETİNİN ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ
(YÜKSEK LİSANS TEZİ)
ZEYNEP ÖMEROĞLU**

ÖZET

Günümüzde mobilya üretiminde odun esaslı malzemelerden en fazla yonga levha ve lif levha kullanılmaktadır. Lif levhalar yüzeyleri tek tarafı kaplı, iki tarafı kaplı ya da hiç kaplanmamış olarak piyasada bulunmaktadır. Yüzeyleri kaplı olmayan lif levhalar CNC makinesinde işlendikten sonra PVC ile kaplanmakta ya da boyanmaktadır. CNC makinesinde işlenen lif levhaların yüzey pürüzlülüğü, besleme hızı, motor devri, bıçak adımı gibi makine ayarlarından etkilenmektedir. Ayrıca, işlenen malzemenin yoğunluğu, rutubeti ve kesme derinliği de yüzey pürüzlülüğünü etkilemektedir.

Yapılan önceki çalışmalarda, genel olarak besleme hızı, motor devri, bıçak adımı ayarlarının, işlenen malzemenin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi incelenmiştir. Önceki çalışmalardan farklı olarak bu çalışmadaki malzemelerin yoğunluk ve rutubet faktörlerinin etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmanın amacı, lif levhaların yoğunluğu, rutubeti ve kesme derinliği faktörlerinin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisinin belirlenmesidir.

Yapılan çalışma sonucunda elde edilen verilere göre; lif levhanın rutubeti ve kesme derinliği arttıkça, yüzey pürüzlülüğünün arttığı, lif levhanın yoğunluğu arttıkça ise yüzey pürüzlülüğünün azaldığı belirlenmiştir. Buna göre; yüzeyleri işlenecek lif levhaların yüksek yoğunlukta ve düşük rutubette olması ve kesme derinliğinin düşük tutulması önerilir.

Anahtar Kelimeler: CNC makinesi, yüzey pürüzlülüğü, lif levha, yoğunluk, rutubet

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı,

Danışman: Doç. Dr. Bekir Cihad BAL

Sayfa Sayısı: 50

**DETERMINATION OF EFFECTS OF DEPTH OF CUT, DENSITY OF BOARD
AND MOISTURE OF BOARD ON THE ROUGHNESS OF THE FIBER BOARD
SURFACES PROCESSED WITH CNC MACHINES**

(POST GRADUATE THESIS)

ZEYNEP ÖMEROĞLU

ABSTRACT

Today, most of the wood-based materials used in the production of furniture, particleboard and fiberboard are used. The fiber board surfaces are on the market as one surface coated, two surfaces coated or not coated at all. Fiberboards whose surfaces are not coated are coated with PVC or painted after being processed in CNC machine. The surface roughness of the fiber plates processed in the CNC machine is influenced by machine settings such as feed rate, spindle speed, step over. In addition, the density of the material being processed, the moisture content and the depth of cut affect the surface roughness.

In the previous studies, the effects of feed rate, spindle speed, step over settings, on surface roughness of the work piece was investigated. Unlike previous studies, the effect of factors related to the material was investigated in this study. The purpose of this work is to determine the effect of the density of board, moisture of the board and cut of depth on the surface roughness.

In the study, according to the obtained result; as the density of the fiber board decreases, the surface roughness increases. As the moisture of the board and cutting depth increases, the surface roughness increases. According to these results; it is recommended that the surfaces of the fiber boards to be treated have a high density and low moisture content and that the cutting depth is kept low.

Keywords: CNC machines, surface roughness, fiber board, density, moisture

Kahramanmaraş Sütçü Imam University

Institute of Science and Technology

Department of Forest Industry Engineering,

Consultant: Assoc. Prof. Bekir Cihad BAL

Number of Pages: 50

TEŞEKKÜR

CNC makineleri ile işlenen lif levha yüzeylerinin pürüzlülüğü üzerine, kesme derinliği, levha yoğunluğu ve levha rutubetinin etkilerinin belirlenmesi adlı bu çalışma, KSÜ, Orman Fakültesi laboratuvarlarında yapılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan sarf malzemeler, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, bilimsel araştırma projeleri koordinasyon birimi tarafından 2017/2-31 YLS numaralı proje kapsamında sağlanmıştır. Bu desteklerinden dolayı KSÜ BAP ofisine teşekkür ederim. Ayrıca, bu çalışmanın yapılmasında kullanılan CNC makinesi ve Pürüzlülük ölçüm cihazı TÜBİTAK tarafından desteklenen 2150899 numaralı proje ile sağlanmıştır. Bu desteğinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

Yüksek lisans çalışmam boyunca, her aşamada desteğini gördüğüm danışman hocam Doç. Dr. Bekir Cihad BAL'a, laboratuvar çalışmalarım boyunca bana yardımını esirgemeyen, arkadaşım Elif AKÇAKAYA'ya ve ayrıca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen değerli eşim Oktay ÖMEROĞLU'na teşekkür ederim.

Zeynep ÖMEROĞLU

Kahramanmaraş, Ağustos 2018

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Mobilya Sektörünün Dünya Ekonomisindeki Yeri.....	1
1.2. Mobilya Sektörünün Türkiye Ekonomisindeki Yeri	3
1.3. Mobilya Üretiminde Kullanılan Ahşap Esaslı Levhalar.....	5
1.4. Mobilya Üretiminde Kullanılan Ahşap Malzemelerin İşlenmesi	6
1.5. CNC Makinelerinin Kodlanması.....	6
1.5.1. Mobilya üretiminde en fazla kullanılan CNC makineleri.....	7
1.6. Yüzey Pürüzlülüğü ve Ölçümü.....	9
1.7. Yüzey Pürüzlülüğünü Etkileyen Faktörler	10
1.8. Yüzey Pürüzlülüğü Parametreleri	10
1.8.1. Ortalama pürüzlülük değeri (Ra).....	10
1.8.2. Kareler ortalamasının karekökü (Rq).....	11
1.8.3. On nokta pürüzlülüğü ortalama değeri (Rz).....	11
1.9. Çalışmanın Amacı	12
2. LİTERATÜR ÖZETİ	14
3. MATERYAL VE METOD	17
3.1. Materyal.....	17
3.1.1. Araştırmada kullanılan lif levhaların özellikleri	17
3.1.2. Araştırmada kullanılan CNC makinesi ve özellikleri.....	17
3.1.3. Pürüzlülük ölçüm cihazı.....	18
3.1.4. Tarama işleminde kullanılan bıçaklar	19
3.2. Metot.....	19
3.2.1. CNC makinesi için kod dosyalarının oluşturulması.....	20
3.2.2. Fiziksel özelliklerin belirlenmesi.....	21
3.2.3. Pürüzlülük değerlerinin belirlenmesi.....	21
3.2.4. İstatistik hesaplamalar.....	22
4. Bulgular ve Tartışma	23
4.1. Bulgular	23
4.1.1. Fiziksel özellikler ile ilgili bulgular.....	23

4.1.2. Pürüzlülük değerlerine ait bulgular.....	23
4.1.3. ANOVA ve Duncan testi sonuçları.....	25
4.1.4. Test örneklerinin görsel muayene sonuçları.....	28
4.2. Tartışma.....	29
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	31
5.1. Sonuçlar.....	31
5.2. Öneriler.....	31
KAYNAKLAR.....	32
ÖZ GEÇMİŞ.....	36



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1 Türkiye de son on yıldaki odun esaslı levha(a) üretim miktarı; (b) ihracat miktarı (FAO 2018)	6
Şekil 1.2. Düz tabla CNC makinesi.....	7
Şekil 1.3. Konsol tabla CNC makinesi.....	7
Şekil 1.4. CNC torna makinesi görüntüsü.....	8
Şekil 1.5. CNC'li panel ebatlama makinesi.....	8
Şekil 1.6. İğne taramalı ve lazer taramalı yöntemler ile elde edilen yüzey profilleri.....	18
Şekil 1.7. Ortalama pürüzlülük değeri(Mitutoya,2001)	20
Şekil 1.8. En büyük pürüzlülük değeri(Mitutoya,2001).....	20
Şekil 1.9. On nokta pürüzlülüğü ortalama değeri(Mitutoya,2001).....	11
Şekil 3.1. Denemelerde kullanılan CNC makinesi	18
Şekil 3.2. Tarama işleminde kullanılan bıçaklar	19
Şekil 3.3. Farklı derinliklerde (1,3 ve 9 mm) işleme yapılan test örnekleri	20
Şekil 3.4. ArtCAM programında test örneği simülasyonu	20
Şekil 3.5.ArtCAM programında yazılan, 1 mm kesme derinliği için txt uzantılı kod dosyası.....	21
Şekil 3.6.Mitutoya SJ-210 model pürüzlülük ölçüm cihazı ve test örneği.....	22
Şekil 4.1.Dalma derinliği 1,3 ve 9 mm olan test örneklerinin görüntüsü.....	28
Şekil 4.2.Dalma derinliği aynı (1 mm) olan ve yoğunlukları farklı (A:758, B:707, C:582) test örneklerinin görüntüsü	28

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 1.1 Bazı ülkelerin mobilya ihracatı (milyar dolar).....	2
Çizelge 1.2 Ülkelerin mobilya ithalatı (milyar dolar)	3
Çizelge 1.3 Mobilya sektörünün istihdama göre dağılımı.....	4
Çizelge 3.1 CNC makinesi teknik özellikleri	17
Çizelge 3.2 ölçümlerde kullanılan pürüzlülük cihazı teknik özellikleri.....	18
Çizelge 4.1 Test örneklerinin fiziksel özelliklerine ait bulgular	23
Çizelge 4.2 Test örneklerinde ölçülen pürüzlülük değerleri (Ra, Rq, Rz)	24
Çizelge 4.3 Yoğunluk, rutubet ve kesme derinliğinin Ra değeri üzerine etkisine ilişkin ANOVA testi sonuçları	25
Çizelge 4.4 Yoğunluk, rutubet ve kesme derinliğine ait Ra değeri Duncan testi sonuçları	26
Çizelge 4.5 Yoğunluk, rutubet ve kesme derinliğinin Rq değeri üzerine etkisine ilişkin ANOVA testi sonuçları	26
Çizelge 4.6 Yoğunluk, rutubet ve kesme derinliğine ait ortalama Rq değeri Duncan testi sonuçları	27
Çizelge 4.7 Yoğunluk, rutubet ve kesme derinliğinin Rz değeri üzerine etkisine ilişkin ANOVA testi sonuçları	27
Çizelge 4.8 Yoğunluk, rutubet ve kesme derinliğine ait Rz değeri Duncan testi sonuçları	28

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ANOVA	:Varyans analiz
BA	:Bıçak adımı
BH	:Besleme hızı
CNC	:Computer Numeric Control
CAM	:Computer Aided Manufacturing
CAD	:Computer Aided Design
d	:Yoğunluk
KD	:Kesme derinliği
kg	:Kilogram
MD	:Motor devri
MDF	:Orta yoğunlukta lif levha, (Medium Density Fiberboard)
mm	:Milimetre
n	:Eleman sayısı
N	:Newton
r	:Rutubet
Ra	:Ortalama pürüzlülük değeri
Rq	:Kareler ortalaması karekökü
Rz	:On nokta pürüzlülüğün ortalama değeri
ss	:Standart sapma
x	:Aritmetik ortalama
λ_c	:Kesme uzunluğu
μm	:Mikrometre
PES	:Etki boyutu (Partial Eta Squared)

1. GİRİŞ

Ahşap malzeme insanlık tarihi boyunca insanoğlunun farklı ihtiyaçlarını karşılamıştır. Ahşap malzeme, geçmişten günümüze önemli gelişmeler göstermiştir. Ahşap malzeme özellikle mobilya üretiminde fazlaca kullanılmıştır. Mobilya üretiminde, geçmişte masif ağaç malzeme kullanılmıştır. Ancak, ilerleyen yıllarda suni levhaların gelişmesi ile beraber, masif ağaç malzeme kullanımı azalmış sandalye ve koltuk iskeleti gibi bazı yerlerde kullanılmaya devam edilmiştir. Yonga levha, lif levha, kontrplak gibi levhalar ise mobilya üretiminde yoğun olarak günümüzde kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle, lif levha ve yonga levhaların yüzeylerinin melamin film ile kaplanmaya başlanması ile bu levhalar mobilya üretimi için hazır ve pratik yarı mamul haline gelmiştir. Piyasa adı suntalam ve mdflam olarak anılan bu levhalarla beraber, yüzeyleri boyanarak veya PVC (polivinil klorür) kaplama yapılarak kullanılan yonga levha ve lif levhalar bu gün için mobilya üretiminin en önemli yarı mamulleridir.

Dünyada mobilya sektöründe rekabetin artması endüstriyel rekabeti de beraberinde getirmiştir. Endüstriyel rekabetin artmasından dolayı orman kaynaklarında da önemli oranda tüketim ve kayıplar meydana gelmektedir. Buna karşılık yenilenebilir kaynaklar yeterince değerlendirilememekte ve kullanılmamaktadır.

1.1. Mobilya Sektörünün Dünya Ekonomisindeki Yeri

Mobilya üretim, ihracat ve ithalat rakamları son yıllarda önemli artış göstermiştir. Çizelge 1.1’de verilen rakamlara göre, 2014 yılı verilerine göre 174 milyar dolar ihracat ve 163 milyar dolar ise ithalatta dış ticarete söz konusu olmuştur. Son 12 yılda toplam 4,5 trilyon dolar üretim ve tüketim oluşmuştur. Son 10 yıl performansı gelecek 2030 yılında mobilya pazarının 1 trilyon dolar olma ihtimali oldukça yüksektir. Dünya mobilya ticaretinde ağırlıklı olarak ilk 25 ülke öne çıkmaktadır. Bu sıralamada Çin % 34, ABD %10,7, İtalya 3,6, Almanya 4,2 ile öne çıkan ülkelerdir. Öne çıkan bu dört ülke dünya mobilya üretiminin yarısından fazlasını gerçekleştirmektedir. Türkiye mobilya üretimi 5,8 milyar dolar değerindedir. Dünya mobilya üretiminin %1,2’lik kısmını oluşturmaktadır ve istenilen düzeyde değildir. Çizelge 1.1’de verilen rakamlara göre Türkiye’nin mobilya ihracatı 2014 yılında toplam 2.2 milyar dolar seviyesine ulaşmıştır. 2001 yılında

devalüasyon sonrası Türkiye’de mobilya ihracatı mobilya ithalatını geçmiştir. Hatta son yıllarda ihracatın ithalatı karşılama oranı %250 seviyelerine kadar çıkmıştır.

Çizelge 0.1 Bazı ülkelerin mobilya ihracatı (milyar dolar) (Aşarkaya, 2015)

Sıra	Ülke	2010	2011	2012	2013	2014
1	Çin	30.1	30.7	36	35.8	34.3
2	Almanya	8.3	8.9	7.8	7.4	7.4
3	İtalya	8.2	7.9	6.9	6.9	6.7
4	Polonya	6	6.4	5.5	5.9	6.3
5	ABD	4.6	4.4	4.6	4.6	4.6
6	Meksika	3.4	3.3	3.7	3.9	4.3
7	Vietnam	2.3	2.2	2.3	2.4	3.5
8	Kanada	2.7	2.6	2.5	2.3	2.3
9	Çek Cum.	1.8	1.8	1.6	1.8	2
10	Fransa	2.1	2	1.7	1.7	1.6
18	Türkiye	1	1	1.1	1.2	1.2
	Diğer	29.6	28.9	26.4	26	25.8
Toplam		129.1	145.8	156.3	165.9	174.9

Çin 164 milyar dolar hacim ile dünyadaki mobilyanın önemli bir miktarını üretirken bunun 114 milyar dolar bölümünü kendi iç pazarında tüketmektedir. İkinci büyük tüketici ise 50,75 milyar dolar tüketim ile ABD dir. Fakat ABD mobilya üretimi ve tüketimini karşılamamaktadır ve 27 milyar dolar açık vermektedir. Almanya, Japonya, Fransa, Britanya, Hindistan ve Kanada üretimleri tüketimlerinin karşılamayan diğer ülkelerdir (Aşarkaya, 2015). Bu ülkeler mobilya açıklarını ithalat yolu ile karşılamaktadır. Aşağıda Çizelge 1.2’de ülkelerin mobilya ithalat rakamları verilmiştir. Çizelge 1.2 incelendiğinde özellikle gelişmiş ekonomiye sahip olan ülkelerin mobilya ithalatının daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu konuda önemli olan nokta, mobilya üretimi artık diğer bazı sektörlerle kıyaslandığında ileri teknoloji gerektiren ve çok yüksek karların olduğu bir sektör değildir. Genel olarak emek yoğun olan bir sektördür. Özellikle emek yoğun olan bu sektörlerde çalışan personelin maaş ve diğer giderleri ile beraber toplam iş yerlerin maliyeti mobilya sektöründe karlılığı düşüren faktörlerdendir. Bu nedenle, gelişmiş ülkelerde özellikle yüksek teknoloji ürünlerinde ileri olan ülkelerde mobilya üretimi yerine ithalatı tercih edilmektedir.

Çizelge 0.2 Ülkelerin mobilya ithalatı (milyar dolar) (Aşarkaya, 2015)

Sıra	Ülke	2010	2011	2012	2013	2014
1	ABD	24.3	22.9	24.7	25.1	25.4
2	Almanya	9.7	10.1	9.2	9.1	9.6
3	İngiltere	6.1	5.6	5.1	5.1	5.4
4	Fransa	6.5	6.3	5.8	5.2	5.1
5	Japonya	4.3	4.4	4.8	4.5	4.2
6	Kanada	4.6	4.3	4.6	4.4	4.2
7	Hollanda	2.5	2.7	2.4	2.3	2.2
8	İsviçre	2.3	2.5	2.3	2.3	2.2
9	Belçika	2.4	2.4	2.2	2.5	2.1
10	Avustralya	1.8	2	2.1	2	2
26	Türkiye	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6
	Diğer	34.8	36.1	36.2	36.8	37.1
Toplam		127.9	141.5	144.1	151.3	163.1

1.2. Mobilya Sektörünün Türkiye Ekonomisindeki Yeri

Türkiye’de mobilya sektörü diğer bazı imalat sektörleri ile kıyaslandığında, uzun yıllardır faaliyet gösteren sektörlerden birisidir. Geçmişte özellikle masif ağaç malzemenin kullanıldığı sonraları yonga levhanın yüzeylerine masif kaplama levhalarının yapıştırılması ile üretilen mobilyalar almıştır. Devam eden yıllarda, yüzeyleri melamin emdirilmiş film tabakası ile kaplanan ve piyasa adı suntalam ve mdflam olan levha ürünleri mobilya üretiminde çok fazla miktarda kullanılmaya başlanmıştır. Mobilya üretiminde makinalaşma eğilimi özellikle bu hazır levha ürünlerinin kullanılmaya başlamasından sonra hız kazanmıştır. Ancak, mobilya üretim süreci, düşük maliyetlerle, tam olarak otomasyonun sağlanabileceği bir üretim şekli değildir. Çok büyük yatırımlarla yapılan tam otomasyon ise karlılığı etkilediği için pek tercih edilmemektedir.

Türkiye’de mobilya üretimi yapılan işyerleri, mikro işletmeler, küçük işletmeler, orta büyüklükteki işletmeler ve büyük işletmeler şeklinde sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırmaya göre, mikro, küçük ve orta büyüklükteki işletmelerin sayısı çok fazladır. Bu işletmelerde mobilya tasarımı bu konuda yetkin kişiler tarafından yapılmamaktadır. Genelde taklit mobilya üretimi çok yaygındır.

Türkiye’de mobilya üretimi yapılan işyerlerinin sayıları bakımından illere göre dağılımı Çizelge 1.3’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, İstanbul işyeri ve çalışan sayısı bakımından ilk sırada yer almakta Ankara İzmir ve Bursa takip etmektedir. Kayseri ise iş yeri sayısı bakımından beşinci şehir olmasına rağmen çalışan sayısı bakımından üçüncü şehir durumundadır. Kayseri aynı zamanda, ihracat miktarları bakımından da diğer illere göre önde olan illerdendir. Bunun en önemli sebebi Kayseri mobilya üretimi yapılan büyük işletme bakımından zengin bir şehirdir. Bu önemli beş şehirden sonra Antalya gelmektedir. Antalya Türkiye’de turizm merkezi olarak bilinir. Turistik büyük otellerin çoğunluğu Antalya’da bulunmaktadır. Bu otellerin sağladığı arz sayesinde ve bir liman kenti olması sebebiyle Antalya mobilya üretici firmaların çoğunlukta olduğu bir şehir durumundadır. Türkiye’de mobilya üretimi yapılan iş yerlerinin en az bulunduğu iller ise genel olarak, Türkiye’nin doğusu ve güney doğusunda yer alan iller olmuştur. Bu illerin genel sanayileşme durumlarına bakıldığında, diğer sektörler bakımından da zayıf olan iller olduğu görülmektedir. İmalat sanayi içinde olan diğer sektörlerinde bu bölgelerde zayıf olduğu söylenebilir.

Çizelge 0.3 Mobilya sektörünün istihdama göre dağılımı (Çınar 2014)

İstihdamı En Çok Olan				İstihdamı En Az Olan			
Sıra	İller	İş yeri sayısı	SGK’lı sayısı	Sıra	İller	İş yeri sayısı	SGK’lı sayısı
1	İstanbul	4.353	24.812	1	Ardahan	0	0
2	Bursa	1.549	17.031	2	Bayburt	3	4
3	Kayseri	760	13.432	3	Tunceli	3	4
4	Ankara	2.156	11.741	4	Gümüşhane	4	5
5	İzmir	1.642	9.916	5	Ağrı	4	8
6	Kocaeli	315	3.442	6	Hakkari	4	14
7	Antalya	636	2.990	7	Edirne	9	15
8	Düzce	92	1.989	8	Iğdır	4	17
9	Sakarya	221	1.795	9	Kilis	3	28
10	Mersin	344	1.529	10	Van	9	42
	Toplam	12.068	88.667		Toplam	43	137
Ülke Genel Toplamı İşyeri Sayısı: 16.915							

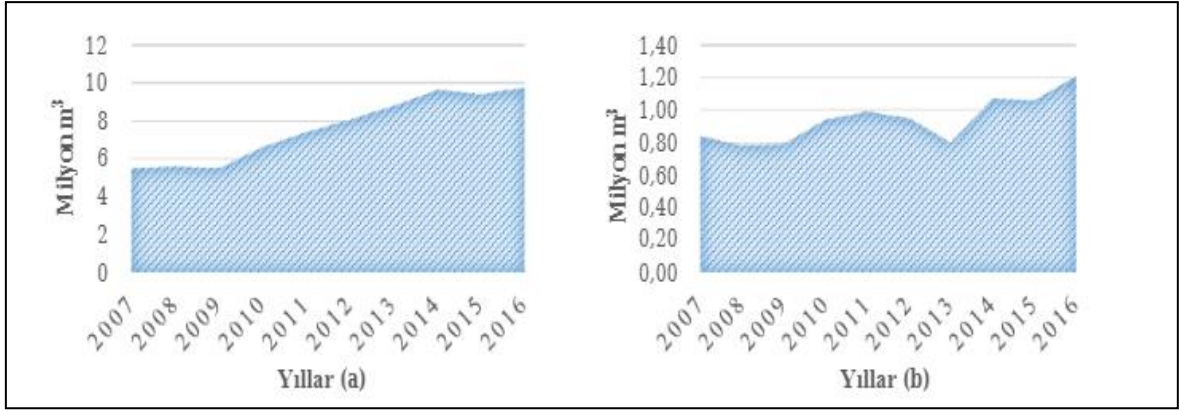
1.3. Mobilya Üretiminde Kullanılan Ahşap Esaslı Levhalar

Türkiye’de odun esaslı levha endüstrisinin gelişimi 1950’li yıllarda başlamıştır. Devlet Planlama Teşkilatı’nın 9. Kalkınma planına göre Türkiye’de toplam 43 adet lif levha ve yonga levha fabrikası vardır. Bu fabrikaların 28’i yonga levha, 15’i lif levha üretimi yapmaktadır. Lif levha sektöründeki 15 fabrikadan 2’si yaş 11’i kuru yöntemle levha üretmektedir. Yaş yöntemle levha üreten fabrikalar HDF üretirken kuru yöntemle çalışanlar hem yüksek yoğunluklu lif levha (HDF) hem de MDF üretmektedirler. Ayrıca Türkiye’de 98 milyon m²/yıl kapasiteli 27 adet kaplama fabrikası (ortalama kapasite 3,5 milyon m²/yıl), 240 bin m³/yıl kapasiteli 43 adet kontrplak fabrikası (ortalama kapasite 5.600 m³/yıl) bulunmaktadır (Anonim, 2007).

Mobilya üretiminde kullanılan ağaç kökenli malzemelerin başında; lif levha, yonga levha, kontrplak, kontrtabla, kaplama levha, kağıt ve reçine emdirilmiş veya plastik kaplı dekoratif levhalar ve nadiren de olsa masif ağaç malzeme kullanılmaktadır.

Mobilya ve yapı elemanlarında ağaç malzemelerin yerine kullanılan yeni endüstriyel ağaç kökenli lif levha, yonga levha ve laminat gibi malzemeler üretilmektedir. Ülkemizde üretilen yonga levhaların yaklaşık %80’i, lif levhaların % 70’i mobilya üretiminde kullanılmaktadır. Geri kalan kısmı dekorasyon işlerinde diğer kullanım alanlarında kullanılmaktadır.

Mobilya endüstrisinin gittikçe önem kazanması ile bu sektörün en önemli hammaddesi olan MDF üretiminde de önemli derecede artış olmuştur. İlk MDF fabrikası 1966 yılında New York’ta Allied Chemical Corporation tarafından kurulmuştur (Eroğlu ve Usta, 2000). Ülkemizde ise ilk MDF üretimine 1982 yılında Çamsan Ağaç ve Sanayi Ticaret A.Ş tarafından başlanmıştır. Daha sonraki yıllarda MDF üretimi artmış ve 2005 yılına kadar 15 adet lif levha fabrikası kurulmuştur. Bu fabrikaların kuruluş yerlerine bölgesel olarak bakıldığında birinci sırada Marmara bölgesi ikinci sırada Karadeniz bölgesi ve üçüncü sırada Ege bölgesi yer almaktadır (Anonim, 2006). Odun esaslı levha endüstrisinin son on yılda Türkiye’deki üretim ve ihracat durumu Şekil 1.1’de gösterilmiştir;



Şekil 0.1 Türkiye de son on yıldaki odun esaslı levha(a) üretim miktarı; (b) ihracat miktarı (Yörür ve Birinci, FAO 2018)

1.4. Mobilya Üretiminde Kullanılan Ahşap Malzemelerin İşlenmesi

Dünyada ve Türkiye’de masif ahşap malzemenin veya ahşap esaslı kompozit malzemelerin işlenmesi geçmişte manuel kontrollü basit konvansiyonel makinelerle yapılmakta idi. Özellikle, planya, kalınlık, yatar daire, delik makinesi, şerit testereler, freze makinesi, profil makineleri ve zımpara makineleri en fazla kullanılan makinelerdendir. Ancak, modern üretimlerde, konvansiyonel makinelerin yerlerini yeni tip bilgisayar desteğiyle çalışan makineler almıştır. CNC teknolojisi artık birçok ahşap malzeme işleyen makineye uyarlanmıştır. Örneğin; CNC panel ebatlama, CNC tornalar, CNC router, CNC delik delme makineleri ve ayrıca çok farklı işlemleri yapabilen CNC makineleri geliştirilmiştir.

1.5. CNC Makinelerinin Kodlanması

CNC makineleri sayısal bazı kodlarla ve bilgisayar desteği ile çalışan türden makinelerdir. Basit manuel ayarlamalarla işlem yapması imkansızdır. Bu makinelerle işlem yapabilmek için kod dosyası oluşturulması gerekmektedir. Günümüzde bu kod dosyaları özel amaçlı bazı programlar tarafından yazılmaktadır. AlphaCAM, ArtCAM, MasterCAM, SolidCAM, LazyCAM, Powermill, CatiaCAM, Unigraphics CAM, MazaCAM, Topsolid ve Tebis gibi programlar buna örnek olarak verilebilir.

1.5.1. Mobilya üretiminde en fazla kullanılan CNC makineleri

Günümüzde orta ve büyük ölçekli mobilya fabrikalarında, CNC makineleri artık yoğun olarak kullanılmaya başlanmıştır. Masif ağaç malzeme işleyen işyerlerinde tormalama işlerinde kullanılan CNC torna, panel ebatlama işlerinde kullanılan CNC li panel ebatlama, delik delme işlerinde kullanılan CNC delik delme makineleri ve özellikle yüzey işlemede kullanılan CNC router makineleri yoğun olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, kenar bantlama, ebatlama, yüzey işleme ve delik delme gibi işlemlerinin hepsini yapabilen gelişmiş CNC makineleri de bulunmaktadır. Aşağıda Şekil 1.2’de mobilya sektöründe en fazla kullanılan CNC makinelerinden birisi olan düz table CNC makinesi ve Şekil 1.3’de ise konsol table CNC makinesi görüntüsü verilmiştir.

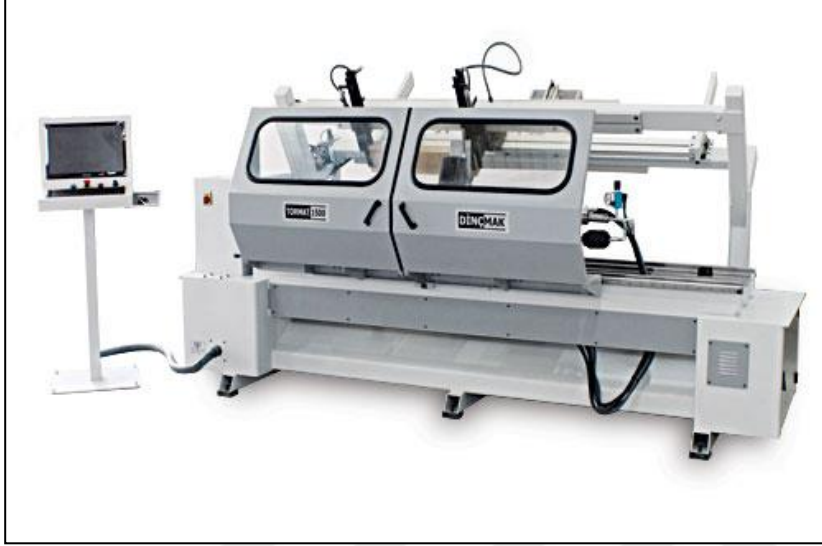


Şekil 0.2 Düz table CNC makinesi (URL1, 2018)



Şekil 0.3 Konsol table CNC makinesi (URL2, 2018)

Masif ahşap malzemenin şekillendirilmesinde kullanılan yöntemlerden biriside döndürerek işlemektir. Bu metot tornalamak olarak da anılmaktadır. Geçmişte torna işlemlerinde yüzey şekillendirilmesi elle yapılmakta idi. Ancak günümüzde CNC’li torna makineleri ile çok yüksek hassasiyette ve çok değişik desenlerin işlenmesi mümkün olmuştur. Aşağıda Şekil 1.4’de Türkiye’deki bir firma tarafından üretilmekte olan CNC torna makinesi verilmiştir.



Şekil 0.4 CNC torna makinesi görüntüsü (URL3, 2018)

Geçmişte panel ebatlama işlemleri eski tip yatar dairelerde, dikey panel ebatlama makinelerinde ve sonraları basit panel ebatlama makineleri ile yapılmakta idi. Ancak günümüzde kontrolü CNC mantığı ile yapılan CNC panel ebatlama makineleri kullanılmaktadır. Aşağıda, Türkiye’de üretimi yapılmakta olan bir CNC ebatlama makinesi görüntüsü Şekil 1.5’de verilmiştir.



Şekil 0.5 CNC’li panel ebatlama makinesi (URL4, 2018)

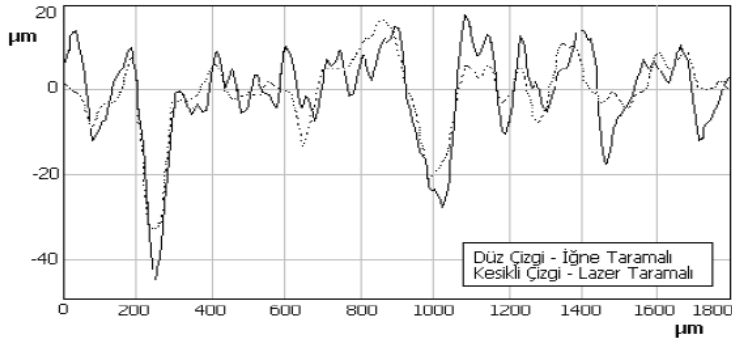
1.6. Yüzey Pürüzlülüğü ve Ölçümü

Değişik malzemelerin teknolojik özelliklerini belirlemek için çok farklı test teknikleri geliştirilmiştir. Malzemelerin fiziksel özellikleri, mekanik özellikleri, kimyasal özellikleri, biyolojik özellikleri, yüzey özellikleri gibi birçok farklı özelliği değişik testler yardımıyla tespit edilmektedir. Malzemelerin, renk, doku, görünüş, parlaklık ve pürüzlük gibi özellikleri fiziksel özellikleri grubuna girmektedir. Yüzey pürüzlülüğü, bazı uygulamalar için son derece önemlidir. Örneğin, yapıştırılacak yüzeylerin pürüzlülüğünün iyi bir yapışma sağlanması için düşük olması istenir. Boyanacak ya da verniklenecek yüzeylerin pürüzlülüğü arttıkça, yapılacak üst yüzey işlemlerinde kalite düşer. Bu nedenle pürüzlülük bazı uygulamalarda önem arz etmektedir.

Yüzey pürüzlülük ölçümü için farklı bazı metotlar geliştirilmiştir. Örneğin; dokunmalı yöntemler olarak; iğne taramalı, pinomatik, akustik ölçüme dayanırken, dokunmasız aletler kullanılarak yapılan pürüzlülük ölçümleri ise, nirengi tabanlı tek nokta lazer veya ultrasonik sistemler ve görsel denetimler ile sınırlıdır (Funck vd., 1992; Hızıroğlu, 1996; Aydın ve Çolakoğlu, 2003).

Dokunmalı iğne tarama yöntemi halen kullanılmakta olan ve genel kabul görmüş en etkili pürüzlülük ölçüm yöntemlerinden birisidir (Lemaster ve Beall, 1993; Hızıroğlu, 1996). Ancak, odunun yüzey pürüzlülüğünü değerlendirmek için genel olarak kabul görmüş standart bir metot yoktur (Zhong vd., 2013).

Gurau vd. (2001) tarafından, meşe odununun yüzeylerinin pürüzlülük ölçümlerinde en yaygın kullanılmakta olan iğne taramalı ve lazer taramalı yöntemler ile elde edilen pürüzlülük ölçümleri karşılaştırılmıştır (Şekil 1.6) (Karagöz 2010).



Şekil 0.6. İğne taramalı ve lazer taramalı yöntemler ile elde edilen yüzey profilleri

1.7. Yüzey Pürüzlülüğünü Etkileyen Faktörler

Yüzey pürüzlülüğü malzeme biliminde çok önemli fiziksel özelliklerden birisidir. CNC makineleri ile ahşap malzemelerin işlenmesinde etkili olan parametrelere genel olarak Benardos ve Vosniakos (2003) ve Karagöz (2011) tarafından yapılan derleme çalışmaları da değinilmiştir. Bu çalışmalarda, pürüzlülük üzerine etkili olan genel parametreler; kesici takım ile ilgili parametreler, kesme ile ilgili parametreler, işleme ile ilgili parametreler ve işlenen malzeme ile ilgili parametreler olarak gruplar şeklinde sıralanmıştır. Buna göre; işlemede kullanılan bıçağın keskinliği, bıçağın metali, bıçak hızı, bıçaktaki titreşim, makine takım yolu ayarlarından besleme hızı, işleme yöntemi, işlemede üretilen talaş miktarı, bıçağın veya malzemenin ısınması, malzemenin sertliği ve yoğunluğu gibi faktörler işlenen malzemenin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkilidir.

1.8. Yüzey Pürüzlülüğü Parametreleri

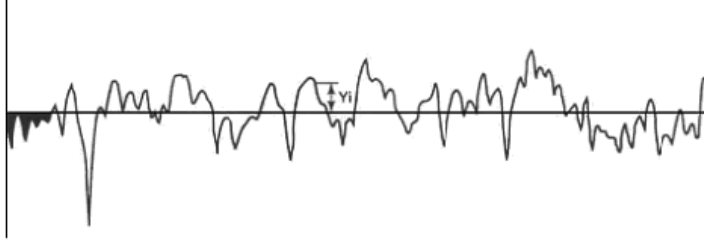
Pürüzlülük ölçümleri üzerine yapılan çalışmalar 1940'lı yıllarda metal işleyen sektörlerde kullanılmaya başlamıştır. Ancak ahşap malzemelerin pürüzlülük ölçümleri ile ilgili çalışmalar ise 1950'lerde başlamıştır (Stumbo, 1963; Aydın ve Çolakoğlu, 2003).

Türk standartlarına göre (TS 6956) pürüzlülük ile ilgili parametreler; profil ortalama çizgisine göre yüzeyin 2 boyutlu profilini veren, profilin yükseklik yönünde veya yüzey düzlemine dik girintili ve çıkıntılı oluşturduğu düzensizlikleri ifade etmektedir.

Birçok farklı pürüzlülük değeri vardır. Ancak, araştırmacılar tarafından üzerinde en fazla durulanlar genellikle ortalama pürüzlülük değeri (Ra), kareler ortalamasının karekökü Rq ve on noktanın ortalama pürüzlülük değeri Rz'dir.

1.8.1. Ortalama pürüzlülük değeri (Ra)

Ortalama pürüzlülük (Ra), pürüzlülük profili boyunca profil ortalama çizgisinden sapmalara (Yi) ilişkin tüm değerlerin aritmetik ortalamasıdır ve aşağıda Formül 1'e göre hesaplanmaktadır (Mitutoya, 2001).

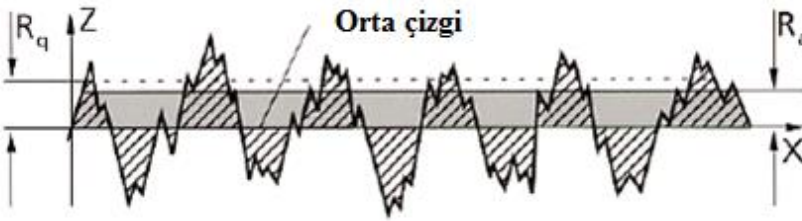


Şekil 0.7. Ortalama pürüzlülük değeri (Mitutoya, 2001)

$$Ra = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |Y_i| \quad (1.1)$$

1.8.2. Kareler ortalamasının karekökü (Rq)

Aritmetik ortalama sapmaların karekökü anlamına gelmektedir. Bazı kaynaklarda ise kuadratik Ortalama Pürüzlülük olarak ifade edilmektedir.

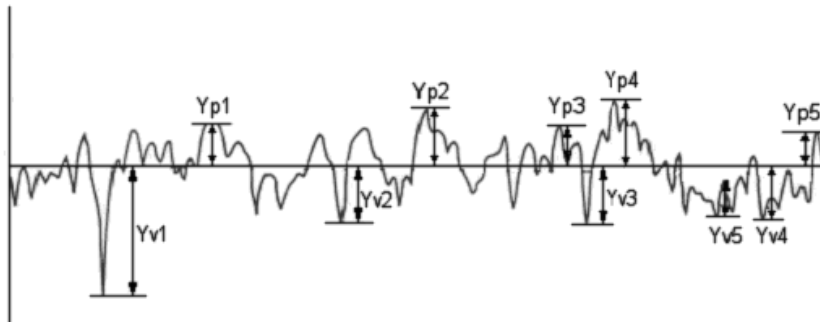


Şekil 0.8 En büyük pürüzlülük değeri (Mitutoya, 2001)

$$Rq = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l |Z^2(x)| dx} \quad (1.2)$$

1.8.3. On nokta pürüzlülüğü ortalama değeri (Rz)

Rz, pürüzlülük profil uzunluğu boyunca yer alan en yüksek 5 tepe ve en derin 5 vadinin ortalama değerlerinin toplamıdır ve aşağıdaki Formül 3'e göre hesaplanmaktadır.



Şekil 0.2. On nokta pürüzlülüğü ortalama değeri (Mitutoya, 2001)

$$Rz = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 Y_{pi} + \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 Y_{vi} \quad (1.3)$$

1.9. Çalışmanın Amacı

İlk üretildiği dönemlerde genel olarak metal işlemede yoğun olarak kullanılan CNC makineleri, günümüzde çok değişik üretim tiplerinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. İlk başlarda sadece metaller işlenirken günümüzde, metallerle beraber, plastik, kompozit malzemelerin işlenmesinde, ahşap malzemeler, cam ve flexi cam kesme ve işlemede, reklam işleri yapan firmaların atölyelerinde, mobilya üretimi yapılan iş yerlerinde, masif ahşap ve ahşap esaslı malzemelerin yüzey işlemlerinde kullanılmaya başlanmıştır. Ahşap esaslı malzemelerin işlenmesinde CNC makinelerin işlenmeye başlaması 1980'li yıllarda başlamıştır. Bu tarihten sonraki yıllarda, bu konuda akademik araştırmalarda yapılmaya başlamıştır.

Günümüzde lif levhalar, üretici firmalar tarafından farklı yoğunluklarda üretilmektedir. Lif levha yoğunluğu bakımından tüm firmaların anlaştığı kesin bir yoğunluk miktarı bulunmamaktadır. Orta yoğunluklu lif levhalar 550-760 kg/m³ aralığında bulunabilmektedir. Bu durumun en önemli sebebinin piyasadaki serbest rekabet şartlarının levha üreticileri ve tüketicileri bu yönde zorlamasıdır. Bu güne kadar yapılan bilimsel çalışmalarda, CNC makinelerde işlenen lif levhanın yoğunluğu arttıkça, yüzey pürüzlülüğün azaldığı daha düzgün bir yüzey oluştuğu belirlenmiştir. Ancak, farklı rutubetlerdeki levhaların, rutubeti ve kesme derinliğinin değişmesi ile, pürüzlülüğün nasıl değiştiğine dair bir çalışmaya ulaşılamamıştır.

Üretilen lif levhalar farklı bölgelerde ve yurt dışında farklı ülkelerde satışa sunulmaktadır. Ahşap malzemenin higroskopik bir malzeme olması dolayısıyla, farklı iklim şartlarında farklı rutubet şartlarına göre levha rutubeti değişmektedir. Bunun bir sonucu olarak da levhanın teknolojik özellikleri değişmektedir. Farklı rutubet seviyelerine sahip olan lif levhaların CNC makinelerinde işlenmesi sonucu pürüzlülüğün nasıl değiştiğini araştıran bir çalışmaya ulaşılamamıştır.

Lif levha, yüzeylerinde ve iç kısımlarında farklı yoğunluğa sahip olan bir ahşap esaslı malzeme türüdür. CNC makineleri ile farklı derinliklerde işlenmesi gerektiğinde yüzey pürüzlülüğü farklı şekillerde oluşmaktadır. İşleme derinliği arttıkça, kaba yapılı orta tabakaya ulaşılmakta, pürüzlülük artışında bununda etkisi olmaktadır. Bu güne kadar yapılan çalışmalarda genel olarak kesme derinliği artığında lif levhanın yüzeylerinde

pürüzlülük değerinin arttığı belirlenmiştir. Ancak, farklı yoğunluk ve rutubetlerde ki levhalarda rutubet değişmesi ile beraber, pürüzlülüğün nasıl değiştiğini araştıran bir çalışmaya ulaşılamamıştır.

Günümüze kadar yapılan bilimsel araştırmalarda genel olarak, CNC makineleri ile işlenen masif ahşap ya da ahşap esaslı levhaların yüzey pürüzlülüğü üzerine takım yolu ayarlarının etkileri araştırılmıştır. Ancak, işlenen ahşap malzemenin rutubeti, yoğunluğu ve kesme derinliğinin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkilerini gösteren bir çalışmaya ulaşılamamıştır.

Yukarıda sayılan nedenlerden dolayı, bu çalışmanın amacı, CNC makineleri ile yüzeyleri işlenen lif levhaların yüzey pürüzlülüğü üzerine levhanın yoğunluğu, levhanın rutubeti ve kesme derinliğinin belirlenmesi şeklinde belirlenmiştir.



2. LİTERATÜR ÖZETİ

Gürtekin (1996), ağaç işleri rendeleme makinelerinde kesme ve ilerleme hızının ahşap yüzey kalitesine etkisi adlı çalışmada, karaçam ve kayın örneklerini rendeleme makinesinde işlem yaparak rendeleme makinesinin kesici sayısı, kesme hızı ve ilerleme hızına bağlı olarak işlenen örneklerin yüzey kalitesinde meydana gelen değişiklikleri araştırmıştır. İşlem sonunda daha düzgün pürüzsüz yüzeyler elde etmek için kesici sayısı ve kesme hızını arttırıp ilerleme hızının düşürülmesi gerektiğini belirtmiştir.

Hızıroğlu (1996), odun kompozitlerinde yüzey pürüzlülüğü adlı çalışmasında, orta yoğunluklu lif levha ve yüksek yoğunluklu lif levhalar üzerindeki pürüzlülük ölçümlerini iğne taramalı bir ölçüm cihazı ile belirlemiştir. Çalışma sonucunda; orta yoğunluklu lif levha ve yüksek yoğunluklu lif levhalara göre yüzey pürüzlülüğü daha fazla olduğu ve yüksek yoğunluğu olan levhaların yüzey pürüzlülük değerlerinin daha düşük olduğunu belirtmiştir.

Örs ve Baykan (1999), masif ağaç malzemede rendeleme ve zımparalamanın yüzey pürüzlülüğüne etkileri başlıklı çalışmalarında, mobilya endüstrisinde yaygın olarak kullanılan sarıçam ve doğu kayını ağaçlarından elde edilen test örneklerinin rendelenmiş ve zımparalanmış masif ağaç malzeme yüzeylerinde ağaç türü, kesiş yönü, bıçak sayısı, zımpara numarası ve besleme hızlarının yüzey pürüzlülüğüne etkilerini tespit etmeye çalışmışlardır. Yapılan bu çalışma sonucunda; kayınının sarıçama göre ve yıllık halkalara teğet yönde daha düzgün yüzeyler elde edilmiştir. Besleme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülüğü artmış ve rendelemeye kesici bıçak sayısı, zımparalamada ise zımpara numarası arttıkça yüzey pürüzlülüğü azalmıştır.

Aguilera ve ark. (2000) tarafından yapılan bir başka çalışmada, diğer benzer çalışmalarda yapılan takım yollarından farklı olarak, MDF panellerin tabakaları arasındaki yoğunluk farklarının panellerin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi incelemiştir.

Ahşap esaslı malzemelerin CNC makinelerinde işlem görmesi esnasında, bazı takım yolu ayarlarının etkileri ile ilgili olarak da bazı çalışmalar yapılmıştır. Örneğin; Ohuchi ve Murase (2001) tarafından yapılan çalışmada, MDF, yonga levha, kontrplak ve masif ahşap (katsura) üzerinde özellikle bıçak motoru hızı ve besleme hızı üzerine bazı denemeler yapılmıştır. MDF ve yonga levhada kesme hatalarının bıçak motoru hızı ve besleme hızından etkilenmediğini belirlemişlerdir.

Kılıç ve Demirci (2003), sarıçam ve kereste odunlarının yüzey pürüzlülük değerlerinin araştırılması başlıklı çalışmada, kestane ve sarıçam ağaçlarından hazırlanan test örnekleri üzerinde, ağaç türünün, besleme hızının ve testere diş sayısının yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri tespit edilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen verilere göre; en düzgün yüzey sarıçam ağacından elde edilen test örneklerinde 40 dişli testere ile işlem gören gruplarda elde edilmiştir.

Efe ve Gürleyen (2003), bazı ağaç malzemelerde kesiş yönü, kesici adedi ve devir sayısının yüzey düzgünlüğüne etkileri adlı çalışmada ceviz ve yalancı akasya ağaçlarından test örnekleri hazırlamışlar ve farklı devir sayısı kullanarak, bıçak sayısı olarak 2 ve 4, pürüzlülüğü teğet ve radyal yönde belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre; ağaç türleri içinde akasya, devir sayıları arasında 10.000 dev/dak, kesiciler arasında 4 bıçaklı, kesiş yönü olarak ise teğet yönde en iyi sonuçların elde edildiğini rapor etmişlerdir.

Davim ve ark., (2009) lif levha yüzeylerin CNC makinelerde şekillendirilmesi sonrası, takım yolu ayarlarının yüzey pürüzlülüğünde meydana gelen değişimleri tespit etmişlerdir. Çalışmada, besleme hızı ve bıçak motoru hızı faktörlerinin etkisi araştırılmıştır. Çalışma sonunda, besleme hızı 4 m/dk' nin üzerine çıktığında ortalama yüzey pürüzlülüğünde azalmalar olmuştur. Bunun yanında, bıçak motoru devrinin artmasıyla yüzey pürüzlülüğü azalmıştır. Bir başka çalışmada ise Lou ve ark., (1998) bu çalışmaya benzer sonuçlar tespit etmiştir.

Sütçü ve Karagöz (2012) ün birlikte yaptığı bu çalışmada, orta yoğunluklu lif levha yüzeylerinin CNC makinelerinde işlenmesi sırasında bazı takım yolu ayarlarının yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri incelenmiştir. Yapılan çalışmada, besleme hızı, bıçak motor hızı, dalma derinliği ve bıçak adımı gibi parametrelerin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri araştırılmıştır. Yapılan bu çalışma sonuçlarına göre; bıçak motorunun hızı arttıkça ve besleme hızı, bıçak adımı ve dalma derinliği azaldıkça yüzey pürüzlülüğü azalma göstermiştir.

Sütçü ve Karagöz (2013) tarafından yapılan bir çalışmada, masif ahşap panellerin CNC makinesi ile işlenmesinde, kesme genişliği, bıçak motoru hızı, kesme derinliği, kesme yönü ve besleme hızı gibi bazı takım yolu ayarlarının odunun yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri incelenmiştir. Masif ahşap malzeme olarak çam, kayın ve ladin ağaç türleri seçilmiştir. Yüzey pürüzlülük değerleri olarak Ra, Rz, Rq değerleri belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre, çalışılan değişkenlerin çam, kayın ve ladin türleri üzerine farklı

şekillerde etki gösterdiği ve kesme derinliğinin bu pürüzlülük kriterleri üzerine etkisinin olmadığını belirlemiştir.

Sofuoğlu (2015) tarafından yapılan çalışmada, Avrupa karaçam ağacında taguchi yöntemi kullanarak işleme parametrelerin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki veriler araştırılarak optimum değerler belirlenmeye çalışılmıştır. CNC makineleri ile ahşap malzemelerin yüzeylerinin işlenmesi esnasında, besleme hızı arttıkça yüzey pürüzlülüğünün arttığı tespit edilmiştir. İşleme taktiği olarak dairesel taktiğin, zig-zag taktikten daha iyi sonuç verdiği belirlenmiştir.

Bal (2018), orta yoğunlukta lif levhanın yüzey pürüzlülüğü ve işleme süresi üzerine, farklı bıçak adımı bıçak adımı (%20, %40, %60 ve %80) ve farklı besleme hızı (1, 3, 5 ve 7 m/dk) ayarlarının etkisini araştırmıştır. Test örnekleri cep işleme yöntemi ile zig-zag strateji ile yapılmıştır. Yüzey pürüzlülük ölçümleri TS 971'e göre yapılmıştır. Ortalama pürüzlülük (Ra), 10 nokta pürüzlülüğü (Rz) ve kareler ortalamasının karekökü (Rq) olan 3 pürüzlülük değeri belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre; besleme hızı ve bıçak adımı arttıkça, yüzey pürüzlülüğü artmış ve işlem süresi azalmıştır. Araştırma sonunda, yüzey pürüzlülüğü ve işlem süresi üzerine bıçak adımının besleme hızından daha etkili olduğu bildirilmiştir.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırmada kullanılan lif levhaların özellikleri

Bu çalışmada, deneme materyali olarak değişik yoğunluk değerlerine sahip lif levhalar kullanılmıştır. Lif levhalar çalışmanın amacına uygun olarak, piyasada fazla kullanılan yoğunluk gruplarından seçilmiştir. Buna göre üç farklı yoğunluk (758, 707, 582 kg/m³) değerine sahip ve her yoğunluk grubu için üç levhadan test örnekleri hazırlanmıştır. Denemelerde kullanılan levhaların ölçüleri 18 x 2100 x 2800 mm (kalınlık x genişlik x uzunluk)'dir. Levhalar piyasadaki satın alma ile tedarik edilmiştir.

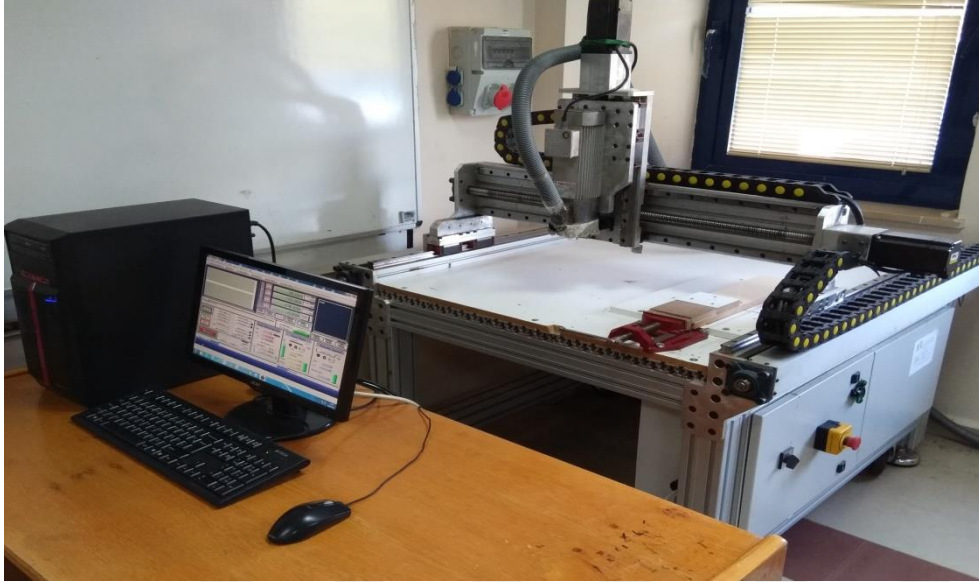
3.1.2. Araştırmada kullanılan CNC makinesi ve özellikleri

Çalışmada, test örneklerinin işlenmesinde kullanılan CNC makinesi özel üretim bir makinedir. Üretici tarafından, CNC makinesi “Zirkon 3AX” olarak isimlendirilmiştir. Bu makineye ait teknik özellikler aşağıda Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 0.1 CNC makinesi teknik özellikleri

No	Özellik	Değer
1	İşleme alanı :	700x 1000x150 mm (X,Y,Z)
2	Konstrüksiyon Tipi :	Tamamı alüminyum
3	Eksen adedi :	3 Eksen (X,Y,Z)-Portal Tip
4	Boyutlar :	1500x1500x1100 mm
5	Hassasiyet :	0.003 mm
6	Maksimum kesme Hızı :	10 m/dk
7	X-Y-Z Hareketi :	25'lik Lineer Ray - 25'lik Bilyeli Vidalı Mil
8	Spindle motor gücü :	2.2 kW
9	Spindle motor soğutması :	Hava ile soğutma
10	Spindle motor devri :	18.000 rpm
11	Hareket Motorları :	3 Eksende kullanılan 4 motor 750w Servo Motor
12	Bilgisayar Bağlantısı :	USB Port
13	Güvenlik :	Her eksen için limit sensörleri ve acil stop butonu
14	Otomatik sıfırlama :	Z ekseninde otomatik sıfırlama
15	Voltaj :	AC 220V
16	Takım Tutucu :	ER 20
17	Komut Sistemi :	GCode (FanucApplicable)
18	İşletim Sistemi :	Windows XP/Vista/7
19	Parça bağlama:	T-slot veya düz ahşap tabla
20	Kontrol programı:	Mach3

CNC makinesinin maksimum hareket hızı 10 m/dk'dır. CNC makinesinin çalışması sırasında meydana gelen MDF tozunu ortamdaki uzaklaştırmak için bir elektrikli süpürge ile bıçak etrafına vakum uygulanmıştır. CNC makinesi bilgisayar tarafından 'Mach3' programı aracılığı ile kontrol edilmiştir. Makinenin eksen hareketleri yüksek hassasiyetli servo motorlarla oluşturulmuştur. Makinenin genel görünümü Şekil 3.1 de verilmiştir.



Şekil 0.1. Denemelerde kullanılan CNC makinesi

3.1.3. Pürüzlülük ölçüm cihazı

Pürüzlülük ölçümlerinde "Diferansiyel Endüktans" prensibi ile çalışan Mitutoyo surfest SJ-210 model cihaz kullanılmıştır. Cihaza ait bazı teknik özellikler Çizelge 3.2'de verilmiştir. Bu cihaza ait bir görüntü Şekil 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 0.2 ölçümlerde kullanılan pürüzlülük cihazı teknik özellikleri

No	Özellik	
1	Ölçüm Profilleri:	Ham Profil (P), Pürüzlülük Profili (R), R-Motif
2	Pürüzlülük Parametreleri:	Ra, Rq, Rc, Ry, Rz, Rt, Rmax, Rp, Rv ...
3	Ölçüm Mesafesi (Z) :	360 μ m (-200 μ m ile +160 μ m)
4	Tarama Mesafesi (X) :	17.5 mm
5	Dijital Filtre :	Gauss, 2CR75, PC75
6	Cutoff Mesafesi :	λ c : 0,08 mm, 0,25 mm, 0,8 mm, 2,5 mm
7	Örnekleme Mesafesi :	0.08, 0.25, 0.8, 2.5, 8mm
8	Örnekleme Sayısı:	x1, x2, x3, x4, x5, x6, x7, x8, x9, x10
9	Ölçüm Ucu tipi,	uç açısı ve yarıçapı: Elmas Ucu, 60°, 2 μ m
10	Sürücü Ünite Hızı :	0,25 mm/s ; 0,5 mm/s; 0,75 mm/s

3.1.4. Tarama işleminde kullanılan bıçaklar

Testlerin yapılması esnasında bıçakların körelmesinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisini önleyebilmek için her yoğunluk ve rutubet grubu için bir bıçak kullanılmıştır. Çalışma da toplam 9 adet, karbür alaşımlı, 6 mm çapında, boşaltma bıçağı olarak bilinen iki kanatlı bıçak kullanılmıştır (Şekil 3.2). Bıçaklar Kahramanmaraş'ta faaliyet gösteren bileme firmasından tedarik edilmiştir.



Şekil 0.2. Tarama işleminde kullanılan bıçaklar

3.2. Metot

Pürüzlülük testlerinin yapılması için, her grup için 15 adet test örneği hazırlanmıştır. Test örnekleri 18x100x100 mm ölçülerinde kesilmiştir. Denemeler 3 farklı rutubet miktarında (%6, %9, %12) yapılmıştır. Test örneklerinin rutubetleri iklimlendirme kabiniinde ayarlanmıştır. Her rutubet ve yoğunluk grubu için ayrıca 3 farklı kesme derinliği (1 mm, 3 mm ve 9 mm) alt grupları oluşturulmuştur. Böylece toplamda 27 farklı (3x3x3) deneme grubu oluşturulmuştur.

Test örneklerinde 50x60 mm ölçüsünde bir alan CNC makinesinde 1 mm, 3 mm ve 9 mm kesme derinliklerinde işlem görmüştür (Şekil 3.3). Daha sonra Bu işlem gören alanın yüzey pürüzlülüğü 4 farklı noktada ölçülmüştür.

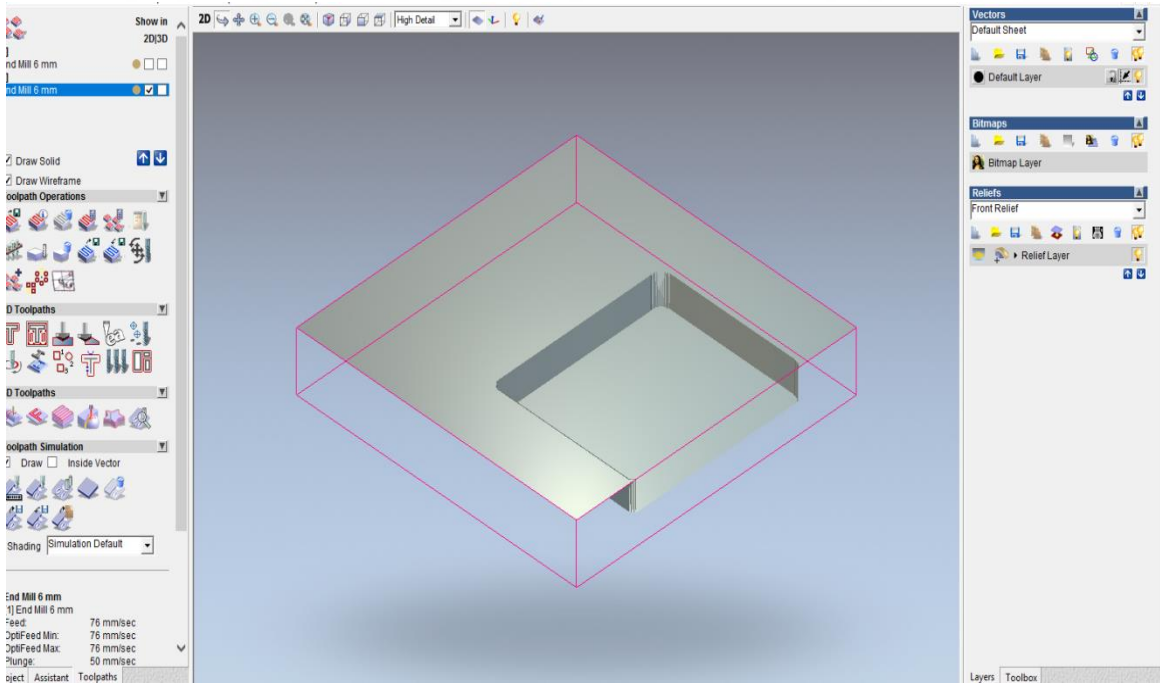
Elde edilen veriler Excel programında kaydedilmiş ve SPSS istatistik programında 3 yönlü ANOVA testi ile değerlendirilmiştir. Gruplar arasındaki yoğunluk ve rutubet farklılıkları Duncan testi ile belirlenmiştir.



Şekil 0.3 Farklı derinliklerde (1, 3 ve 9 mm) işleme yapılan test örnekleri

3.2.1. CNC makinesi için kod dosyalarının oluşturulması

Test örneklerinin CNC makinesinde işlem görmesi için gerekli kod dosyası ArtCAM programında oluşturulmuştur. Oluşturulan kod dosyası (Şekil 3.4) Mach3 CNC kontrol programına aktarılmış ve makine bu program ile çalıştırılmıştır. CNC makinesinin bıçak motor devri 8000 d/dk, besleme hızı 4 m/dk, bıçak adımı %40, güvenli Z yüksekliği 10 mm, işleme stratejisi zig-zag olarak ayarlanmıştır. Kesme derinliği 1, 3 ve 9 mm olan 3 farklı kod dosyası oluşturulmuştur.



Şekil 0.4 ArtCAM programında test örneği simülasyonu

(1 mm)	X22.8750 Y14.0790	Y37.2368
G90	Y16.3947	X22.8750
G21	X76.8750 Y16.3947	Y39.5526
G49	Y18.7105	X76.8750
G0Z5.0000	X22.8750 Y18.7105	Y41.8684
M3 S8000	Y21.0263	X22.8750
G0 X22.8750 Y2.5000	X76.8750 Y21.0263	Y44.1842
Z10.0000	Y23.3421	X76.8750
G1 Z-1.0000 F1000	X22.8750 Y23.3421	Y46.5000
G1 X76.8750 Y2.5000	Y25.6579	X22.8750
F4000	X76.8750 Y25.6579	X22.8750 Y2.5000
Y4.8158	Y27.9737	X76.8750 Y2.5000
X22.8750 Y4.8158	X22.8750 Y27.9737	Y46.5000
Y7.1316	Y30.2895	X22.8750 Y46.5000
X76.8750 Y7.1316	X76.8750 Y30.2895	G0 Z5.0000
Y9.4474	Y32.6053	G0 X0.0000 Y0.0000
X22.8750 Y9.4474	X22.8750 Y32.6053	G0Z5.0000
Y11.7632	Y34.9210	G0X0.0000Y0.0000
X76.8750 Y11.7632	X76.8750	M5
Y14.0790		M30

Şekil 0.5 ArtCAM programında yazılan, 1mm kesme derinliği için, txt uzantılı kod dosyası

3.2.2. Fiziksel özelliklerin belirlenmesi

Test örneklerinin rutubet yüzdelerinin belirlenmesinde TS EN 322, yoğunluk miktarlarının belirlenmesinde TS EN 323 ve pürüzlülük değerlerinin belirlenmesinde TS 971 numaralı standartlardan yararlanılmıştır.

3.2.3. Pürüzlülük değerlerinin belirlenmesi

Yüzey pürüzlülük ölçümleri her bir test örneğinde farklı noktalarda 4 defa yapılmıştır. Bu dört değer ortalaması hesaplanmış ve çizelgelerde gösterilmiştir. Ölçümler test örneğini üzerinde işleme yönüne dik bir doğrultuda yapılmıştır (Şekil 3.6). Yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı ayarları ve özellikleri; kesme uzunluğu λ_c : 2,5 mm, stylus ucu açısı 60° , sürücü ünite hızı 0,75 mm/sn, x eksen ölçüm aralığı 12,5 mm, z eksen 360 μm şeklindedir.



Şekil 0.6. Mitutoyo SJ-210 model pürüzlülük ölçüm cihazı ve test örneği

3.2.4. İstatistik hesaplamalar

Yapılan testler sonucunda yoğunluğun, rutubetin ve kesme derinliğini faktörlerine göre elde edilen veriler bilgisayara yüklenmiş Excel programına kaydedilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, Excel programında düzenlenmiş ve SPSS programına aktarılmıştır. SPSS programında üç yönlü ANOVA testi yapılmıştır. Birbirlerinden farklılık gösteren grupları belirleyebilmek için Duncan testi uygulanmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Bulgular

4.1.1. Fiziksel özellikler ile ilgili bulgular

Çizelge 4.1’de 27 deneme grubunun her birinde belirlenen rutubet yüzdeleri verilmiştir. Ayrıca, düşük, orta ve yüksek yoğunluk gruplarında ölçülen yoğunluk değerleri de çizelgede verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, düşük yoğunluk grubu test örneklerinin 582, orta yoğunluk grubu test örneklerinin 707 ve yüksek yoğunluk grubu test örneklerinin 758 kg/m³ yoğunluğa sahip oldukları görülmektedir. Çizelgede her rutubet grubu ve ayrıca her kesme derinliği alt grubu için ölçülen rutubet yüzdeleri de verilmiştir. Planlanan rutubet yüzdesi %6, %9 ve %12’dir. İklimlendirme sonrası test örneklerinde ölçülen rutubet yüzdeleri de çizelgede verildiği şekildedir. Elde edilen rutubet değerleri planlanan değerlere yakındır.

Çizelge 0.1 Test örneklerinin fiziksel özelliklerine ait bulgular

Yoğunluk grupları	Rutubet grupları								
	%6			%9			%12		
	Kesme derinliği grupları								
	1mm	3mm	9mm	1mm	3mm	9mm	1mm	3mm	9mm
758 (kg/m ³)	7,2* 0,1	7,2 0,1	7,2 0,1	8,9 0,2	8,8 0,1	8,7 0,1	12,9 0,2	12,8 0,3	12,4 0,2
707 (kg/m ³)	6,4 0,2	6,5 0,1	6,3 0,2	8,9 0,3	8,9 0,2	8,8 0,2	12,7 0,7	12,8 0,6	12,6 0,3
582 (kg/m ³)	7,0 0,1	6,9 0,2	6,7 0,3	8,0 0,3	8,1 0,3	7,9 0,3	12,6 0,6	12,7 0,7	12,8 0,5

*Aritmetik ortalamalar kalın formda gösterilmiştir.

4.1.2. Pürüzlülük değerlerine ait bulgular

Aşağıda Çizelge 4.2’de rutubet, kesme derinliği ve yoğunluk gruplarına göre düzenlenmiş Ra, Rq ve Rz pürüzlülük değerleri verilmiştir. Çizelgede verilen değerler incelendiğinde, en düşük Ra değeri, %9 rutubet grubunda, 758 kg/m³ yoğunlukta ve 1 mm kesme derinliğinde 7,53 µm olarak ölçülmüştür. En yüksek Ra değeri ise %12 rutubet grubunda, 582 kg/m³ yoğunluk grubunda ve 9 mm kesme derinliğinde 24,72 µm

ölçülmüştür. En düşük Rq değeri 9,80 μm olarak 1 mm kesme derinliği grubunda ve %9 rutubette 758 kg/m^3 yoğunluk grubunda ölçülmüştür. En yüksek, Rq değeri 31,02 μm olarak 9 mm kesme derinliğinde %12 rutubet grubunda ve 582 kg/m^3 yoğunluk grubunda elde edilmiştir. Ayrıca, en düşük Rz değeri 55,38 μm olarak 1 mm kesme derinliği grubunda ve %9 rutubette 758 kg/m^3 yoğunluk grubunda ölçülmüştür. En yüksek, Rz değeri 151,26 μm olarak 9 mm kesme derinliğinde %12 rutubet grubunda ve 582 kg/m^3 yoğunluk grubunda elde edilmiştir. Çizelgede verilen değerler genel olarak incelendiğinde, rutubet içeriği arttıkça pürüzlülük değerlerinin arttığı, kesme derinliği arttıkça pürüzlülük değerlerinin arttığı ve yoğunluk arttıkça pürüzlülük değerinin azaldığı görülmektedir. Bir başka deyişle, pürüzlülük değerleri ile rutubet içeriği ve kesme derinliği arasında doğru orantılı bir ilişki ve pürüzlülük değerleri ile levha yoğunluğu arasında ters orantılı bir ilişki olduğu görülmektedir.

Çizelge 0.2 Test örneklerinde ölçülen pürüzlülük değerleri (Ra, Rq, Rz)

Rutubet grupları	Derinlik grupları	Yoğunluk grupları								
		758 kg/m^3			707 kg/m^3			582 kg/m^3		
		Ra	Rq	Rz	Ra	Rq	Rz	Ra	Rq	Rz
%6	1 mm	7,71	10,04	55,93	7,89	10,14	55,94	10,52	13,42	71,37
		0,60	0,76	3,94	0,82	1,09	6,77	0,94	1,19	5,33
	3 mm	10,52	13,42	71,43	11,43	14,52	79,37	18,59	23,32	117,72
		0,77	1,02	5,46	0,90	1,19	6,83	1,30	1,70	9,94
	9mm	12,65	16,07	85,92	14,62	18,61	100,32	18,76	23,41	116,95
		0,64	0,79	5,03	0,99	1,23	6,38	1,42	1,75	8,14
%9	1 mm	7,53	9,80	55,38	7,82	10,12	57,91	10,84	13,81	74,14
		0,30	0,38	2,91	0,65	0,90	5,49	1,95	2,53	13,57
	3 mm	10,80	13,86	76,41	13,28	17,10	93,61	18,65	23,46	117,72
		0,51	0,64	3,74	0,93	1,32	5,92	1,15	1,57	11,29
	9mm	12,44	16,10	88,16	18,09	23,06	121,84	20,18	25,41	128,35
		0,73	1,00	4,37	1,13	1,54	7,98	1,54	1,91	9,87
%12	1 mm	8,00	10,55	62,43	8,18	10,64	61,00	11,79	15,28	83,25
		0,73	0,92	4,38	0,86	1,14	6,46	1,51	2,00	10,38
	3 mm	12,32	15,99	87,64	17,37	22,13	114,75	22,46	28,33	140,97
		0,76	1,13	7,26	1,49	1,87	9,73	1,81	2,31	9,00
	9mm	14,38	18,65	100,82	22,59	28,69	139,78	24,72	31,02	151,26
		1,15	1,61	9,25	2,08	1,70	7,34	2,36	2,77	9,97

4.1.3. ANOVA ve Duncan testi sonuçları

Çizelge 4.3’de üç faktörlü ANOVA testi sonuçları verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, bu çalışma kapsamında denemeleri yapılan yoğunluk, rutubet ve derinlik faktörlerinin ve ayrıca bu faktörlerin ikili ve üçlü etkileşimlerinin de Ra pürüzlülük değeri üzerine istatistiksel olarak ($P < 0.001$) çok ileri düzeyde etkili oldukları belirlenmiştir. Çizelgede verilen etki boyutu (PES-partial eta squared) değerleri incelendiğinde ise hangi faktörün Ra değeri üzerine daha fazla etkili olduğu görülmektedir. Buna göre; derinlik faktörünün etki boyutu 0.905, yoğunluk faktörünün etki boyutu 0,843 ve rutubet faktörünün etki boyutu 0,582 olarak hesaplanmıştır. Bu etki boyutu değerlerine göre; pürüzlülük üzerine bu üç faktörün etki sıralaması büyükten küçüğe doğru; derinlik etkisi > yoğunluk etkisi > rutubet etkisi şeklinde sıralanabilir. İkili etkileşimlerden ise, yoğunluk * derinlik etkileşiminin etkisi diğer iki etkileşimden daha yüksek hesaplanmıştır. Ayrıca, çizelgenin altında verilen, R^2 belirtme katsayısı değerinin 0,95 olarak hesaplandığı görülmektedir. Buna göre, Ra pürüzlülük değeri üzerine bu üç faktörün ortak etkisi %95 ve bilinmeyen faktörlerin etkileri %5’dir diyebiliriz.

Çizelge 0.3 Yoğunluk, rutubet ve kesme derinliğinin Ra değeri üzerine etkisine ilişkin ANOVA testi sonuçları

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Ortalama kareler	F	Önem düzeyi	Etki boyutu (PES)
Yoğunluk	2975,8	2	1487,9	993,7	0,000	0,843
Rutubet	768,9	2	384,5	256,8	0,000	0,582
Derinlik	5251,9	2	2626,0	1753,8	0,000	0,905
Yoğunluk * rutubet	149,1	4	37,3	24,9	0,000	0,212
Yoğunluk * derinlik	526,3	4	131,6	87,9	0,000	0,488
Rutubet * derinlik	266,3	4	66,6	44,5	0,000	0,325
Yoğunluk * rutubet * d	85,2	8	10,6	7,1	0,000	0,134
$R^2 = 0,95$						

Yoğunluk, kesme derinliği ve rutubet faktörlerine ait grup ortalama değerlerinin Duncan testi sonuçları Çizelge 4.4’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, her bir grubun diğerlerinden farklı olduğu görülmektedir. Yoğunluk azaldıkça, kesme derinliği ve rutubet arttıkça, pürüzlülük değerlerinin de arttığı belirgin şekilde görülmektedir.

Çizelge 0.4 Yoğunluk, rutubet ve kesme derinliğine ait Ra değeri Duncan testi sonuçları

Yoğunluk grubu (kg/m ³)		Rutubet grubu (%)		Derinlik grubu (mm)	
758	10,7 A	6%	12,5 A	1mm	8,9 A
707	13,5 B	9%	13,3 B	3mm	15,1 B
582	17,4 C	12%	15,7 C	9mm	17,6 C

*Ortalamaları birbirinden farklı olan gruplar farklı harflerle gösterilmiştir. En küçük değer A harfi ile gösterilmiştir.

Yoğunluk, kesme derinliği ve rutubet faktörlerinin Rq değeri üzerine etkisine ilişkin ANOVA testi sonuçları Çizelge 4.5’de verilmiştir. Çizelgedeki veriler incelendiğinde, her üç faktörün ve bu faktörlerin etkileşimlerinin çok ileri düzeyde önemli (P <0.001) seviyede Rq pürüzlülük değeri üzerine etkili olduğu belirlenmiştir. Etki boyutu değerleri incelendiğinde ise; Rq pürüzlülük değeri üzerine en fazla etki eden faktörün derinlik olduğu onu yoğunluğun takip ettiği ve en küçük etkinin rutubet olduğu görülmektedir.

Çizelge 0.5 Yoğunluk, rutubet ve kesme derinliğinin Rq değeri üzerine etkisine ilişkin ANOVA testi sonuçları

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Ortalama kareler	F	Önem düzeyi	Etki boyutu
Yogunluk	4377,2	2	2188,6	948,1	0,000	0,837
Rutubet	1318,0	2	659,0	285,5	0,000	0,607
Derinlik	8115,1	2	4057,5	1757,6	0,000	0,905
yogunluk * rutubet	219,5	4	54,9	23,8	0,000	0,205
yogunluk * derinlik	796,3	4	199,1	86,2	0,000	0,483
rutubet * derinlik	417,3	4	104,3	45,2	0,000	0,329
yogunluk * rutubet * d	123,7	8	15,5	6,7	0,000	0,127
R ² = 0,95						

Yoğunluk rutubet ve kesme derinliğine göre grup ortalamalarının bir birlerinden farklılıklarını tespit edebilmek için Duncan testi yapılmıştır. Test sonunda elde edilen sonuçlar Çizelge 4.6’da verilmiştir. Çizelgede verilen değerler SPSS programında elde edilen grup ortalama değerleridir. Bu sonuçlara göre, tüm yoğunluk, rutubet ve kesme derinliği test gruplarından elde edilen ortalama değerler birbirlerinden farklılık göstermektedir. Ra pürüzlülük değerine benzer şekilde, en düşük pürüzlülük değerleri 758 kg/m³ yoğunluk grubunda %6 rutubet içeriğinde ve 1 mm kesme derinliğinde elde edilmiştir.

Çizelge 0.6 Yoğunluk, rutubet ve kesme derinliğine ait ortalama Rq değeri Duncan testi sonuçları

Yoğunluk grubu (kg/m ³)		Rutubet grubu (%)		Derinlik grubu (mm)	
758	13,8 A *	6	15,9 A	1	11,5 A
707	17,2 B	9	17,0 B	3	19,1 B
582	21,9 C	12	20,1 C	9	22,3 C

* Ortalamaları birbirinden farklı olan gruplar farklı harflerle gösterilmiştir. En küçük değer A harfi ile gösterilmiştir.

Yapılan denemeler sonunda elde edilen, yoğunluk, kesme derinliği ve rutubet faktörlerinin Rz değeri üzerine etkisine ilişkin ANOVA testi sonuçları Çizelge 4.5’de verilmiştir. Rz pürüzlülük değeri, ölçüm yapılan yerdeki en yüksek 10 nokta (5 tepe ve 5 vadi) pürüzlülük değeri olarak bilinmektedir. Bu nedenle diğer Ra ve Rz değerlerine göre çok daha yüksek pürüzlülük değeri sonuçları elde edilmiştir. Çizelgedeki veriler incelendiğinde, her üç faktörün ve bu faktörlerin etkileşimlerinin çok ileri düzeyde önemli (P <0.001) seviyede Rz pürüzlülük üzerine etkili olduğu belirlenmiştir. Etki boyutu değerleri incelendiğinde ise; Rz pürüzlülük değeri üzerine en fazla etki eden faktörün diğer Ra ve Rq değerlerinde olduğu gibi, derinlik olduğu onu yoğunluğun takip ettiği ve en küçük etkinin rutubet olduğu görülmektedir.

Çizelge 0.7 Yoğunluk, rutubet ve kesme derinliğinin Rz değeri üzerine etkisine ilişkin ANOVA testi sonuçları

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Ortalama kareler	F	Önem düzeyi	Etki boyutu
Yoğunluk	82479,2	2	41239,6	691,5	0,000	0,789
Rutubet	30405,8	2	15202,9	254,9	0,000	0,580
Derinlik	178918,1	2	89459,0	1500,1	0,000	0,890
Yoğunluk * rutubet	2962,1	4	740,5	12,4	0,000	0,119
Yoğunluk * derinlik	15143,2	4	3785,8	63,5	0,000	0,408
Rutubet * derinlik	6117,3	4	1529,3	25,6	0,000	0,218
Yoğunluk * rutubet * d	1995,0	8	249,4	4,2	0,000	0,083
R ² = 0,93						

Yukarıda verilen Çizelge 4.7’de, yoğunluk, rutubet ve kesme derinliği şeklinde anılan 3 faktörün ve bunların etkileşimlerinin pürüzlülük üzerine etki edip etmediği ve hangisinin etkisinin daha büyük olduğu gibi bazı bilgiler üç yönlü ANOVA testi ile belirlenmiştir. Ancak, Çizelge 4.7’de bu faktörlerin alt gruplarının hangisinin diğerlerinden farklı olduğu veya hangilerinin arasında fark olup olmadığı sorusunun cevabı yoktur. Bu soruya aşağıda Çizelge 4.8’de verilen Duncan testi ile cevap aranmıştır. Buna göre, bu çalışmada denenen

tüm yoğunluk, kesme derinliği ve rutubet grupları arasında istatistiksel olarak önemli farklar vardır. Bu farklar Ra ve Rq değerlerinden elde edilenler ile aynıdır.

Çizelge 0.8 Yoğunluk, rutubet ve kesme derinliğine ait Rz değeri Duncan testi sonuçları

Yoğunluk grubu (kg/m ³)	Rutubet grubu (%)	Derinlik grubu (mm)
A grubu 76,0 A*	6% 83,9 A	1mm 64,2 A
B grubu 91,6 B	9% 90,3 B	3mm 100,0 B
C grubu 111,4 C	12% 104,6 C	9mm 114,9 C

*Ortalamaları birbirinden farklı olan gruplar farklı harflerle gösterilmiştir. En küçük değer A harfi ile gösterilmiştir.

4.1.4. Test örneklerinin görsel muayene sonuçları

Denemelerde kullanılan test örneklerinden aynı yoğunluğa sahip (758 kg/m³) fakat farklı kesme derinliğine sahip test örneklerinin görüntüsü aşağıda Şekil 4.1’de verilmiştir. Çıplak gözle yapılan görsel muayene sonunda test örneklerinin işlenen yüzeylerinde kesme derinliği bakımından çok kolay ayırt edilebilecek bir farklılığın olmadığı görülmektedir. Pürüzlülük sonuçlarına göre en kötü yüzeylerin kesme derinliği en fazla olan 9 mm kesme derinliğinde işlenen test örneklerinden elde edildiği önceki bölümlerde verilmiştir. Ancak, bu çıplak gözle kolay ayırt edilebilir değildir.



Şekil 0.1. Dalma derinliği 1, 3 ve 9 mm olan test örneklerinin görüntüsü

Dalma derinliği miktarı aynı olan (1 mm) ancak farklı yoğunluklardaki lif levha örneklerinin görüntüsü, aşağıda Şekil 4.2’de verilmiştir. Şekil incelendiğinde, yoğunluk farklılığında kaynaklanan işlemedeki pürüzlülük farklılıkları çıplak gözle görülemeyecek düzeydedir. Gruplar arasında pürüzlülük farkları vardır. Önceki bölümlerde bu farklara ait bilgiler verilmiştir. Ancak, çıplak gözle belirgin bir şekilde ayırt edilememektedir.



Şekil 4.2. Dalma derinliği aynı (1 mm) olan ve yoğunlukları farklı test örnekleri görüntüsü (A: 758, B: 707 ve C:582).

4.2. Tartışma

Bu çalışmada, üç farklı yoğunlukta, üç farklı rutubette ve üç farklı kesme derinliğinde yüzeyleri CNC makinelerinde işlenen lif levhadan hazırlanmış test örneklerinin yüzey pürüzlülükleri araştırılmıştır. Elde edilen bulgulara göre her üç faktörün tüm alt gruplarındaki kombinasyonlar da yüzey pürüzlülüğünün etkilendiği belirlenmiştir. Lif levhaların yoğunluğu arttıkça pürüzlülüğün azaldığı ve daha düzgün bir yüzey elde edildiği belirlenmiştir. Yoğunluğun artması ile beraber CNC makinelerinde işlenen ahşap esaslı malzemelerde yüzey pürüzlülüğünün azaldığı çoğu araştırmacı tarafından belirlenmiştir (Hızıroğlu 1996; Sütçü 2013; Sedlecky ve ark., 2018). Özellikle kesme derinliğinin artması ile yüzey pürüzlülüğünün arttığı ve diğer iki faktöre göre kesme derinliğinin pürüzlülük üzerine lif levhalarda daha etkili olduğu belirlenmiştir. Daha önce yapılan çalışmalarda da kesme derinliği ile ilgili benzer sonuçlar elde edilmiştir (Karagöz 2010; Sütçü ve Karagöz 2012; Deus ve ark., 2015). Ancak burada dikkat edilmesi gereken en önemli noktanın kesme derinliği arttıkça, yani işlenen kısımlar yüzeylerden içeri doğru inildikçe lif levhalarda yoğunluğun düşmesidir. Bir diğer deyişle, kesme derinliğinin artması lif levhalarda aynı zamanda yoğunluğun düşmesi anlamına da gelmektedir. Ayrıca, lif levhalarda, alt ve üst yüzeylerde ve yüzeye yakın kısımlarda, odun liflerindeki ligninin akışkan hale gelmesi ve bu bölgelerde ki iç yapışmayı etkilemesi de söz konusudur. Lif levhalar preslerde üretilirken sıcak pres yüzeyleri ile temas eden kısımlar levhaların yüzey kısımlarıdır. En uzun süre yüksek sıcaklığa maruz kalan kısımlar bu yüzey kısımlarıdır. Preslerde sıcaklık iç kısımlara daha geç ulaşır. Bunun sonucunda da yüzeyler ile iç kısımların dokusu, yoğunluğu ve iç yapışma miktarları aynı olmaz. Bu gibi farklılıklar da

lif levhaların makinelerle işlenmesinde farklılıklara sebep olmaktadır. Bu konuda yapılan bir çalışmada Aguilera ve ark., (2000) benzer görüşler rapor etmiştir.

Bu çalışmada ölçülen Ra, Rq ve Rz pürüzlülük değerlerine ait elde edilen sonuçlardan, genel olarak bu konuda yapılan önceki çalışmalarla uyumludur. Karagöz (2011), Deus (2015) ve Davim (2009) tarafından MDF levhaların CNC makinelerde işlenmesi konusunda yapılan çalışmalarda benzer sonuçlar elde edilmiştir. Örneğin Sütçü ve Karagöz (2012) yaptıkları çalışmada, bıçak motorunun hızının 12 000 devirden 18000 dv/dk'ya çıkması ile Ra pürüzlülük değerinin 8.6 μm 'den 8.2 μm 'ye düştüğünü belirlemişlerdir. Kesme derinliği 2 mm den 6 mm ye çıktığında Ra pürüzlülük değeri 7 μm 'den yaklaşık 10 μm 'ye yükseldiğini belirlemişlerdir.

Özellikle ahşap esaslı malzemeler üzerine yapılan çalışmalarda malzeme yoğunluğu ve lif levhalar üzerine yapılan çalışmalarda ise kesme derinliği ile uyumlu sonuçlar elde edilmiştir. Ancak, literatürde lif levha rutubetinin pürüzlülük üzerine etkisini inceleyen bir çalışmaya ulaşılamamıştır. Bu nedenle, rutubetin etkisi konusu yeterince tartışılmamıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bu çalışmada, CNC makinesinde işlem gören MDF levhaların yüzey pürüzlülükleri üzerine levha yoğunluğu, kesme derinliği ve levha rutubetinin etkisi belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre;

Lif levha yoğunluğu arttıkça Ra, Rq ve Rz pürüzlülük değerleri azalmakta ve yüzey daha düzgün bir hale gelmektedir. Elde edilen tüm veriler alt gruplarda da bu şekildedir. Yoğunluğun pürüzlülük üzerine etkisi istatistiksel olarak çok ileri düzeyde etkilidir.

Levhanın rutubet içeriği arttıkça, Ra, Rq ve Rz pürüzlülük değeri artmakta ve levha yüzeyi daha pürüzlü hale gelmektedir. Bu çalışmada denenen rutubetler için, rutubetin pürüzlülük üzerine etkisi istatistiksel olarak çok ileri düzeyde etkilidir.

Levhada kesme derinliği arttıkça Ra, Rq ve Rz pürüzlülük değeri artmaktadır. Bu çalışmada denenen faktörlerden pürüzlülük değeri üzerine en etkili olan faktörün kesme derinliği olduğu, bunu levha yoğunluğunun takip ettiği ve en az etkileyen faktörün levha rutubeti olduğu belirlenmiştir.

5.2. Öneriler

Günümüzde, üretici firmalar tarafından, mobilya sektöründe kullanılmak üzere farklı yoğunluk değerlerine sahip lif levhalar üretilmektedir. Bu levhalar farklı iklim koşullarına sahip bölgelerde mobilya üreticileri tarafından satın alınmakta ve farklı kesme derinliklerinde CNC makinelerinde işlenmektedir. Farklı iklim koşullarında bekletilen lif levhaların rutubet içerikleri değişmektedir. Buna göre, yüzeyleri CNC makinelerinde işlenecek olan lif levhaların, yüksek yoğunluğa ve düşük rutubet içeriğine sahip olması ve kesme derinliğinin düşük tutulması önerilir.

KAYNAKLAR

- Aguilera, A., Meausoone, P.J., Martin, P., 2000, Wood material influence in routing operations: the MDF case, *Holz als Roh- und Werkstoff* 58(4): 278-283.
- Akbal, U. 2013. Müsiad Dayanıklı Tüketim Mobilya ve Orman Ürünleri Sektör Raporu 2014. İstanbul. 86s.
- Akbal, U., Dönmez, A. 2015. Müsiad Dayanıklı Tüketim Mobilya ve Orman Ürünleri Sektör Raporu 2014. İstanbul. 70s.
- Anonim, 2007, Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013) Ağaç Ürünleri ve Mobilya Sanayi Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara.
- Anonim, 2012. Türkiye Orman Ürünleri Meclisi Sektör Raporu 2011. Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, 61s.
- Aşarkaya, A., 2015. Mobilya Sektörü Raporu, Türkiye İş Bankası, İktisadi Araştırmalar
- Aydın, İ., Çolakoğlu, G., 2003. Odun Yüzeylerinde Pürüzlülük ve Pürüzlülük Ölçüm Yöntemleri. *Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 1(2), 92-102
- Bal, B.C., Akkök, A., Serin, H., 2015. Suriyeli Mültecilerin Mobilya Sektörü İşgücü Üzerine Etkileri; Kahramanmaraş İli Örneği, *Selçuk Üniversitesi Teknik Online Dergisi*, 2015 (özel sayı): 439-451.
- Bal, BC, Kılavuz M, 2015, İlk Mobilya, *Selçuk Üniversitesi Teknik Online Dergisi*, 2015 (özel sayı): 56-69.
- Bal, B.C. 2015. Mobilya Endüstrisi Ders Notu, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Basılmamış Ders Notları.
- Bal BC, 2018, CNC makinelerinin bazı ayarlarının parça işleme süresi ve lif levhanın yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 1(1), 1-10.
- Baykan, İ., 1995. Rendelenmiş ve Zımparalanmış Masif Ağaç Malzeme Yüzeylerinde Yüzey Pürüzlülüklerine İlişkin Araştırmalar. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, 98s, Trabzon.
- Benardos, P. G., and Vosniakos, G. C. 2003. Predicting surface roughness in machining: a review, *International journal of machine tools and manufacture*, 43(8), 833-844
- Bozkurt, Y. ve Erdin, N. 1997. Ağaç Teknolojisi Ders Kitabı, İ.Ü. Orman Fakültesi, Yayın no: 445, İstanbul.

- Çınar, H., 2014 Türkiye Mobilya Ürünleri Meclisi Sektör Raporu, 2014. Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği Ankara. Yayın no: 2015/245.
- Davim, J. P., Clemente, V. C., Silva, S. 2009. Surface roughness Aspects in milling MDF (medium density fibreboard). *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 40(1-2), 49-55.
- De Deus, P. R., de Sampaio Alves, M. C., & Vieira, F. H. A. 2015. The quality of MDF work pieces machined in CNC milling machine in cutting speeds, feed rate, and depth of cut. *Meccanica*, 50(12), 2899-2906.
- Diñçel, M. 1999. CNC Takım Tezgahları, Trakya Üniversitesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Bölümü Lisans Bitirme Tezi.
- Efe, H., Gürleyen, L., 2003. Bazı Ağaç Malzemelerde Kesiş Yönü Kesici Adedi ve Devir Sayısının Yüzey Düzgünlüğüne Etkileri. *Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi*, 11(12), 34-44
- Eroğlu, H., Usta, M. 2000. Lif Levha Üretim Teknolojisi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi , K.T.Ü. Matbaası, Trabzon.
- Funck, J.W., Forrer, J.B., Buttler, D.A., Brunner, C.C., Maristany, A.G. 1992, Measuring surface roughness on wood: a comparison of laser-scatter and stylus-tracing approaches. The International Society for Optical Engineering (SPIE), 1821,173-184
- Gurau, L., Mansfield-Williams, H.D., Irle, M.A., 2001, A Comparison of Laser Triangulation and Stylus Scanning for Measuring The Roughness of Sanded Wood Surfaces, Proceedings of the 5th International Conference on The Development of Wood Science, Wood Technology and Forestry, 5th - 7th September 2001, Ljubliana, Slovenia.
- Gurau, L., Williams, M.H., Irle M., 2005, Processing roughness of sanded wood surfaces, *Holz als Roh-und Werkstoff*. 63,43-52
- Gürtekin, A., 1996. Ağaç İşleri Rendeleme Makinalarında Kesme ve İlerleme Hızını Ahşap Yüzey Kalitesine Etkisi. Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 74s, Kütahya.
- Hasan, E. 2000.CNC Takım Tezgahlarının Gelişimi. TMMOB Makine Mühendisleri Odası Mühendis ve Makine Dergisi, Sayı: 486
- Hızıroğlu, S., 1996, Surface Roughness Analysis of Wood Composites: A Stylus Method. *Forest Products Journal*, 46(718), 67-72.
- Karagöz, Ü. 2011, CNC İle İşlemede Ahşap Malzemenin Yüzey Kalitesini Etkileyen Faktörler. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 11(1), 18-26.

- Karagöz, Ü. 2010, Ahşap malzemenin CNC İle İşlenmesinde Yüzey Kalitesini Etkileyen İşleme Parametrelerin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Kılıç, Y., Demirci, S., 2003, Sarıçam ve Kereste Odunlarının Yüzey Pürüzlülük Değerlerinin Araştırılması. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 16(3), 553-558.
- Kurtoğlu, A. Mobilya Endüstrisi, İÜ, Orman Fakültesi, Basılmamış Dersi Notları. İstanbul. s.n., 1988.
- Kurtoğlu, A., Koç, K.H., Erdinler, E.S., Sofuoğlu, S.D. 2009. Türkiye Orman Ürünleri Endüstrisinin Yapısal ve Eğitsel Sorunları. II. Ormanlık'ta Sosyo-Ekonomik Sorunlar Kongresi, 76-186, Isparta
- Lemaster, R.L., Beal, F.C. 1993, The use of dual sensors to measure surface roughness of wood-based composites, Proceedings of the 9th Inter. Symp. on Nondestructive testing of wood. Forest Products Society, 123-130, Madison.
- Lou, M. S., Chen, J. C., Li, C. M. 1998, Surface Roughness Prediction Technique For CNC End-Milling. *Journal of industrial technology*, 15(1), 1-6.
- Mitutoyo, SJ-301 Surface roughness tester, user's manual, Mitutoyo Corporation, Japan, 2001.
- Ohuchi, T., & Murase, Y. (2001), Milling of wood and wood-based materials with a computerized numerically controlled router I On the machining accuracy for grooving, *Mokuzai Gakkaishi/Journal of the Japan Wood Research Society*, 47(3), 212-217.
- Örs, Y., Baykan, İ., 1999, Masif Ağaç Malzemede Rendeleme ve Zımparalamanın Yüzey Pürüzlülüğüne Etkileri, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23(3), 557-582
- Sakarya. S., Doğan, Ö. 2016. Mobilya Sektör Raporu / 2016. Orta Anadolu İhracatçılar Birlikleri Genel Sekreterliği. 36s.
- Sedlecký, M., Kvietková, M. S., & Kminiak, R. (2018), Medium-density Fiberboard (MDF) and Edge-glued Panels (EGP) after Edge Milling-Surface Roughness after Machining with Different Parameters, *BioResources*, 13(1), 2005-2021.
- Sofuoğlu, S. D. (2015), Determination of Optimal Machining Parameters of Massive Wooden Edge-Glued Panels Made of European larch (*Larix decidua* Mill.) using Taguchi Design Method, *BioResources*, 10(4), 7772-7781.
- Stumbo, D.A., 1963, Surface texture measurement method, *Forest Products Journal*, 17(7), 299-303.

- Sütçü, A.,& Karagöz, Ü. 2012, Effect of machining parameters on surface quality after face milling of MDF, *Wood Research*, 57(2), 231-240.
- Sütçü, A.,& Karagöz, Ü. 2013. The influence of process parameters on the surface roughness in aesthetic machining of wood edge-glued panels (EGPs), *BioResources*, 8(4), 5435-5448.
- Topal, E. S. (2009), The role of step over ratio in prediction of surface roughness in flat end milling, *International Journal of Mechanical Sciences*, 51(11), 782-789.
- TS 6956 EN ISO 4287, 2004. Geometrik Mamul Özellikleri (GMÖ) , Yüzey Yapısı: Profil Metodu –Terimler Tarifler ve Yüzey Yapısı Parametreleri, TSE, Ankara.
- URL1, 2018, Makserteam ürün kataloğu, <http://www.makserpress.com.tr/atc-2136-flat.html>, son erişim tarihi 10.07.2018.
- URL2, 2018, Aesgroup ürün kataloğu, <http://www.aesgroup.com.tr/detay.php?id=23>, son erişim tarihi 10.07.2018.
- URL3, 2018, dinçmak ürün kataloğu, <http://www.dincmak.com/urun-detay.php?dil=tr&id=101&uid=117&urid=93>, son erişim tarihi 10.07.2018.
- URL4, 2018, ayzamizrak ürün kataloğu, <http://www.ayzamizrak.com.tr/urun-detay-Lanza-P5>, son erişim tarihi 10.07.2018.
- Yiğit, R. (2006). Bilgisayarlı Nümerik Kontrole (CNC) Giriş, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir Meslek Yüksekokulu, İzmir.
- Zhong, Z.W., Hızıroğlu, S., Chan, C.T.M., 2013. Measurement of the surface roughness of wood based materials used in furniture manufacture. *Measurement*, 46(4): 1482-1487.
- Yörür, H., Birinci, E., Türkiye’ de Odun Esaslı Levha Endüstrisi’nin Durumu ve Sektöre Yönelik Mesleki Eğitim Olanaklarının Araştırılması, Bartın Orman Fakültesi Dergisi, Nisan 2018 (s):112
- TS EN 323, Ahşap Esaslı Levhalar- Birim Hacim Ağırlığının Tayini, TSE Standardı, 1999.
- TS EN 322, Ahşap Esaslı Levhalar-Rutubet Miktarının Tayini, TSE Standardı, 1999.
- TS 971, Yüzey Pürüzlülüğünün–Parametreler ve Pürüzlülük Tespiti Kuralları, TSE Standardı, Ankara, 1988.

ÖZ GEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı, soyadı : Zeynep ÖMEROĞLU
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 30/07/1992 - Osmaniye
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 543 256 52 06
e-posta : zeynepgundes@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	KSÜ /Orman Endüstri Mühendisliği	2018
Lisans	KSÜ/Orman Endüstri Mühendisliği	2015
Lise	Düziçi 75. Yıl Endüstri Meslek Lisesi	2010

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. BAL, BC, **GÜNDEŞ Z**, AKÇAKAYA E, 2015, Kayın, kavak ve okaliptüs soyma kaplamaları ile üretilen kontrplakların vida tutma direnci, KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi, 18 (2): 77-83.
2. BAL BC, AKÇAKAYA, E, **GÜNDEŞ, Z**, 2016. Screw-holding capacity of melamine-faced fiber board and particle board used in furniture production, II. International sFurniture Congress, 13-15 October 2016, .Bildiriler kitabı S:623, Muğla.
3. BAL BC, AKÇAKAYA E, **GÜNDEŞ, Z**, (2016) Farklı ağaç türlerinden üretilmiş kontrplakların yanal çivi dayanımı üzerine bir araştırma, Düzce Üniversitesi, Ormancılık dergisi, 12 (1): 145-153.
4. BAL BC, AKÇAKAYA E, **GÜNDEŞ, Z**, 2016, Screw-holding capacity of melamine-faced fiber board and particle board used in furniture production, Mugla Journal of Science and Technology, Vol 2, No 2, 2016, Pages 49-52.
5. BAL BC, **GÜNDEŞ Z**, Effects of Density, Moisture Content and Cutting Depth on the Roughness of the Surface of the Fiber Boards Processed with CNC Machine, 16-18 November 2017, International Advanced Researches & Engineering Congress

Görev aldığı projeler

- **Yardımcı araştırmacı** (hak sahibi değil), **KSÜ-BAP-Münferit proje**, Farklı şartlarda yapılan ısıl işlemin çam odununun bazı teknolojik özellikleri üzerine etkileri, (2016).
- **Burslu öğrenci**(hak sahibi değil), **TÜBİTAK 3001**, CNC Makineleri ile MDF Levha Yüzeylerinin İşlenmesinde Enerji Tasarrufu için Optimum Takım Yolu Ayarlarının Belirlenmesi (2017).