



T.C.

KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**LİF LEVHA YÜZEYLERİNİN CNC MAKİNELERİ İLE
İŞLENMESİNDE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÜZERİNE
TAKIM YOLU AYARLARININ ETKİLERİ**

ELİF AKÇAKAYA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KAHRAMANMARAŞ 2017

T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

LİF LEVHA YÜZEYLERİNİN CNC
MAKİNELERİ İLE İŞLENMESİNDE YÜZEY
PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÜZERİNE TAKIM YOLU
AYARLARININ ETKİLERİ

ELİF AKÇAKAYA

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

KAHRAMANMARAŞ 2017

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Elif AKÇAKAYA tarafından hazırlanan "LİF LEVHA YÜZEYLERİNİN CNC MAKİNELERİ İLE İŞLENMESİNDE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÜZERİNE TAKIM YOLU AYARLARININ ETKİLERİ" adlı bu tez, jürimiz tarafından 08/12/2017 tarihinde **oy birliği / oy çokluğu** ile Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Bekir Cihad BAL (DANIŞMAN)

Orman End. Müh., Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Doç. Dr. Hasan SERİN (ÜYE)

Orman End. Müh., Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Fatih TUNCAY EFE (ÜYE)

Ormanlık ve Orman Ürünleri, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylım.

Doç. Dr. Mustafa ŞEKKELİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Elif AKÇAKAYA



Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 3001 - Başlangıç Ar-Ge Projeleri kapsamında desteklenmiştir.

Proje No: 215 O 899

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.

**LİF LEVHA YÜZEYLERİNİN CNC MAKİNELERİ İLE İŞLENMESİNDE YÜZEY
PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÜZERİNE TAKIM YOLU AYARLARININ ETKİLERİ
(YÜKSEK LİSANS TEZİ)**

ELİF AKÇAKAYA

ÖZET

Günümüzde mobilya üretiminde lif levha ve yonga levhalar yoğun olarak kullanılmaktadır. Bazı mobilya parçalarında lif levha yüzeyleri CNC makineleri ile şekillendirilmekte, sonra bu yüzeyler boyanmakta veya PVC kaplanmaktadır. Lif levha yüzeylerinin işlenebilmesi için, CNC makinelerinde birçok değişik parametre ayarlanmaktadır. Bunlar; bıçak motoru hızı, besleme hızı, bıçak adımı, bıçak dalma miktarı, işleme stratejisi vs. Yapılan bu ayarlamalara göre işlenen desenin olduğu kısım farklı yüzey pürüzlülüklerine sahip olmaktadır. Bu ise yüzey kalitesini etkilemektedir. CNC makinesi bıçak motoru devrinin çok yüksek ayarlanması, bıçak adımının çok düşük seçilmesi ve besleme hızının çok düşük olmasının, yüzey pürüzlülüğünü azalttığı, ancak fazladan enerji tüketimine sebep olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışmanın amacı, CNC makineleri ile lif levhaların yüzeylerinin işlenmesi esnasında enerji tasarrufu ve yüzey pürüzlülük kriterlerine göre optimum makine ayarlarının (bıçak motoru hızı, besleme hızı, bıçak adımı) belirlenmesidir.

Çalışma sonunda elde edilen bulgulara göre; takım yolu ayarlarından %40 bıçak adımı, 5 m/dk besleme hızı ve 8000 d/dk bıçak motor devri optimum takım yolu ayarları olduğu söylenebilir. Kesin rakamlar değil aralık olarak ifade etmek gerekirse; %40-50 bıçak adımı, 3-5 m/dk besleme hızı, 8000-10000 d/dk bıçak motoru devri önerilebilir.

Anahtar Kelimeler: CNC makinesi, takım yolu ayarları, mobilya, lif levha

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Aralık 2017

Danışman: Doç. Dr. Bekir Cihad BAL

Sayfa Sayısı: 55

**THE EFFECTS OF TOOL PATH SETTINGS ON ROUGHNESS OF
FIBERBOARD SURFACES PROCESSED WITH CNC MACHINES
(POST GRADUATE THESIS)**

ELİF AKÇAKAYA

ABSTRACT

Today, fiber boards and particle boards are used intensively in furniture production. In some furniture parts, fiberboard surfaces are shaped by CNC machines, then these surfaces are painted or PVC coated. On the CNC machines, many different parameters adjust before the boards processed. These are; spindle motor speed, feed rate, cutter step over, cutter plunge speed, tool strategy, etc. According to these adjustments, the surfaces of the fiber boards have different surface roughness. These adjustments affect the surface quality. In addition, to adjustment the lower spindle motor speed, small step over, lower feed rate increase the surface roughness. But, it is thought that these strategies can cause very high energy consumption.

The main aim of this study is to determine the optimum parameters such as spindle motor speed, feed rate and step over according to energy consumption and surface roughness factors, when the fiber boards processes on CNC machines.

According to the findings obtained at the end of the study; it can be said that the optimum tool path settings are 40% step over, 5 m / min feed rate and 8000 rpm spindle speed. To be expressed in terms of range, not exact figures; 40-50% step over, 3-5 m / min feed rate, 8 000-12 000 d / min spindle speed can be suggested.

Keywords: CNC machines, tool paths adjustment, furniture, fiber board

Kahramanmaraş Sütçü Imam University

Institute of Science and Technology

Department of Forest Industry Engineering, December 2017

Consultant: Associate Professor Bekir Cihad BAL

Number of Pages: 55

TEŞEKKÜR

“Lif Levha Yüzeylerinin CNC Makineleri İle İşlenmesinde Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Takım Yolu Ayarlarının Etkileri” adlı bu çalışma, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Yüksek Lisans tez çalışmasının hazırlanması esnasında her türlü konuda yakın ilgi ve desteğini gördüğüm, tezin danışmanlığını üstlenen değerli hocam Doç. Dr. Bekir Cihad BAL ’a teşekkür eder ve minnet duygularımı sunarım.

Yüksek Lisans tez çalışmamda bana yardımlarını esirgemeyen kıymetli arkadaşlarım Zeynep ÖMEROĞLU ve Hasan ORHAN ’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

215 O 899 No’lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumuna (TÜBİTAK) teşekkür ederim.

Bu güne kadar her türlü konuda maddi ve manevi desteği sağlayan ve her zaman yanımda olan Aileme şükranlarımı sunarım.

Elif AKÇAKAYA

Kahramanmaraş, Aralık 2017

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, Avantajları ve Dezavantajları..... | 6 |
| 1.6 Yüzey Pürüzlülüğü ve Ölçümü | 9 |
| 1.7 Yüzey Pürüzlülüğü Parametreleri..... | 10 |
| 1.7.1 Ortalama pürüzlülük değeri (Ra) | 11 |
| 1.7.2 Kareler ortalamasının karekökü (Rq)..... | 11 |
| 1.7.3 On nokta pürüzlülüğü ortalama değeri (Rz) | 12 |
| 1.8 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 Enerji tüketimi ölçümleri..... | 19 |
| 3.1.5 Denemelerde kullanılan bıçaklar | 20 |
| 3.2 Metot..... | 20 |
| 3.2.1 CNC makinesi için kod dosyalarının oluşturulması | 21 |

| | | |
|-------|---------------------------------------------------------|----|
| 3.2.2 | Fiziksel özelliklerin belirlenmesi..... | 21 |
| 3.2.3 | Pürüzlülük parametrelerinin belirlenmesi | 21 |
| 3.2.4 | İstatistik hesaplamaların yapılması | 22 |
| 4 | Bulgular ve Tartışma | 23 |
| 4.1 | Bulgular..... | 23 |
| 4.1.1 | Fiziksel özelliklerle ilgili bulgular | 23 |
| 4.1.2 | Pürüzlülük ve enerji tüketimine ait bulgular | 23 |
| 4.1.3 | Tek faktörlü ANOVA testi ile elde edilen bulgular | 25 |
| 4.1.4 | Dört faktörlü ANOVA ile elde edilen bulgular | 28 |
| 4.2 | Görsel İnceleme Sonuçları | 33 |
| 4.3 | Tartışma..... | 34 |
| 5 | SONUÇ VE ÖNERİLER..... | 36 |
| 5.1 | Sonuçlar..... | 36 |
| 5.2 | Öneriler | 37 |
| | KAYNAKLAR..... | 38 |
| | ÖZGEÇMİŞ | 41 |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | Sayfa No |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Şekil 1.1. Ülkemizdeki Lif levha üretim miktarı..... | 6 |
| Şekil 1.2. Konvansiyonel takım tezgâhında ve CNC takım tezgahında tabla hareketi..... | 8 |
| Şekil 1.3. İğne taramalı ve lazer taramalı yöntemler ile elde edilen yüzey profilleri..... | 10 |
| Şekil 1.4. Ortalama pürüzlülük değeri. | 11 |
| Şekil 1.5. On nokta pürüzlülüğü ortalama değeri | 12 |
| Şekil 3.1. CNC makinesi, bilgisayar kontrolü..... | 18 |
| Şekil 3.2. Mitutoyo SJ-210 model pürüzlülük ölçüm cihazı ve test örneği | 19 |
| Şekil 3.3. Enerji tüketimi ölçümlerinde kullanılan wattmetre..... | 19 |
| Şekil 3.4. Denemelerde kullanılan bıçaklar..... | 20 |
| Şekil 4.1. 16000 (A) ve 4000 (B) d/dk devirde ve 1 m/dk hızında işlenmiş test örnekleri.. | 23 |
| Şekil 4.2. 6 mm dalma derinliğinde 16000 d/dk bıçak motor hızı ve 1 m/dk besleme hızında test örneğinde meydana gelen yanma..... | 23 |
| Şekil 4.3. 4000 d/dk'da, 1 m/dk besleme hızında ve %20, %40, %60 ve %80 bıçak adımında işleme yapılan test örnekleri. | 33 |
| Şekil 4.4. 4000 d/dk'da, %20 bıçak adımı ile ve 1, 3, 5 ve 7 m/dk besleme hızında yapılan örnekler. | 34 |
| Şekil 4.5. %40 bıçak adımı, 3 m/dk besleme hızında ve 4000, 8000, 12000 ve 16000 d/dk bıçak motor devrinde işlenen örnekler | 34 |

ÇİZELGELER DİZİNİ

| | <u>Sayfa No</u> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Çizelge 1.1 Bazı ülkelerin mobilya İhracatı (milyar dolar) | 2 |
| Çizelge 1.2 Ülkelerin mobilya ithalatı (milyar dolar)..... | 3 |
| Çizelge 1.3 Mobilya sektörünün istihdama göre dağılımı | 4 |
| Çizelge 3.1 Deneme planı takım yolu ayarları | 21 |
| Çizelge 4.1 Pürüzlülük ve enerji tüketimine ait veriler | 24 |
| Çizelge 4.2 İki mm kesme derinliği için üçlü varyasyonlara ait Duncan testi sonuçları..... | 25 |
| Çizelge 4.3 Altı mm kesme derinliği için üçlü varyasyonlara ait Duncan testi sonuçları...27 | 27 |
| Çizelge 4.4 Ra değeri için Four-way ANOVA testi sonuçları | 28 |
| Çizelge 4.5 Ra değerine ait Duncan çoklu ayırım testi sonuçları..... | 29 |
| Çizelge 4.6 Rq değeri için ANOVA testi..... | 30 |
| Çizelge 4.7 Rq değerine ait Duncan çoklu ayırım testi sonuçları..... | 30 |
| Çizelge 4.8 Rz değeri için four-way ANOVA testi..... | 31 |
| Çizelge 4.9 Rz değeri için Duncan çoklu ayırım testi sonuçları | 31 |
| Çizelge 4.10 Enerji tüketim değerleri için ANOVA testi | 32 |
| Çizelge 4.11 Tablo Enerji tüketimi için Duncan testi sonuçları..... | 33 |

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

| | |
|------------------|-------------------------------------------------------|
| λ_c | :Kesme uzunluğu |
| μm | :Mikrometre |
| ANOVA | :Analyze of variance, varyans analizi |
| BA | : Bıçak adımı |
| BH | : Besleme hızı |
| CNC | :Computer Numeric Control |
| ET | : Enerji tüketimi |
| Kg | :Kilogram |
| MD | :Motor devri |
| MDF | :Medium Density Fiberboard, orta yoğunlukta lif levha |
| n | :Eleman sayısı |
| N | :Newton |
| R profili | :Pürüzlük profili |
| R | :Yüzey pürüzlülük |
| Ra | :Ortalama pürüzlülük değeri |
| Rq | :Kareler ortalaması karakökü |
| Rz | :On nokta pürüzlülüğü ortalama değeri |
| ss | :Standart sapma |
| W | :Watt |
| x | :Aritmetik ortalama |

1 GİRİŞ

İnsanlık tarihinin başlangıcından itibaren ağaç malzeme, farklı ihtiyaçlar için kullanılmış ve günümüzde imalat teknolojisinin önemli bir hammaddesi olmuştur. Ağaç malzeme, estetik yapısı ve işlenebilirlik özellikleri nedeniyle yaklaşık 10.000 civarında kullanım yerine sahiptir (Bozkurt ve Erdin, 1997).

İnsanoğlu, geçmişten günümüze, yaşadığı dönemde ve yaşadığı çevrede, en kolay elde edebildiği ve kolayca işleyebildiği toprak, taş, ağaç, kemik gibi farklı maddelerden günlük ihtiyaçlarını karşılamak için, bazı süs eşyaları, el aletleri ve mobilya yapmıştır (Bal ve Kılavuz, 2015).

Dünyada küresel rekabetin artması endüstriyel gelişmeyi de beraberinde getirmektedir. Endüstriyel gelişmenin artmasına paralel olarak ağaç malzemenin kullanımının da bir artış meydana gelmekte ve bol olan orman kaynakları tükenmektedir. Azalan kaynaklara karşılık; orman artıkları, bitkisel artıklar, tarım artıkları gibi yaygın ve bol miktarda bulunan yenilenebilir kaynaklar yeterince değerlendirilmemektedir (Eroğlu ve Usta, 2000).

1.1 Mobilya Sektörünün Dünya Ekonomisindeki Yeri

Mobilya üretimi dünyada önemli sektörlerden biridir ve sektör hem ana unsurları hem de yan unsurları ile birlikte yıllık ortalama 376 milyar dolarlık bir değer üretmektedir. Her ne kadar üretilen bu mobilyanın yarısından biraz fazlası kendi üretim bölgesinde satışa sunulup tüketilse dahi, azımsanmayacak oranda bir miktar (176 milyar dolarlık bölümü) üretildiği bölgenin dışına satılmakta ve dış ticarete konu olmaktadır. Mobilya gibi lojistik maliyeti yüksek bir ürünü göz önünde bulundurduğumuzda, bu dış ticaret oranının bile dikkate değer bir miktarı ifade ettiği rahatlıkla görülebilmektedir (Bal, 2015).

Mobilya sektörünü daha aktif hale getirmek açısından çeşitli ülkelerde çok sayıda fuarlar düzenlenmektedir. Yapılan bu fuarlarla birlikte hem üretilen mobilyalar tasarım, çeşitlilik vs. bağlamında değerlendirilmekte hem de sektörün durumuna ilişkin birinci elden, üreticilerden doğrudan haberdar olunmaktadır. Her yıl dünya genelinde düzenlenen ortalama 60 uluslararası fuarın başını her yıl 10 fuarla İtalya, İtalya'nın ardından her yıl 9 fuar düzenleyen Çin, 6 fuar düzenleyen Almanya gelmektedir. Ayrıca Türkiye de her yıl düzenlediği 2 fuarla bu sektördeki faaliyetlerini etkinleştirmeye çalışmaktadır.

Dünya mobilya sektöründe üretim anlamında Çin başı çekmekte ve son beş yıllık süre zarfında sektöre çeşitli açılardan yön vermektedir. Bütün dünyada üretilen mobilyanın dörtte birden fazlası Çin’de üretilmektedir. Çin’in ardından sırasıyla ABD (% 15), İtalya (% 8) ve Almanya (%7) gelmektedir (Akbal ve Dönmez, 2015; Bal ve ark., 2015). Ülkelerin mobilya ihracat yüzdeleri ve 2014 yılı dolar bazında ihracat miktarları Çizelge 1.1’de gösterilmiştir (Aşarkaya, 2015).

Çizelge 1.1 Bazı ülkelerin mobilya ihracatı (milyar dolar)

| Sıra | Ülke | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2014 |
|------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | Çin | 30.1 | 30.7 | 36.0 | 35.8 | 34.3 | 59.9 |
| 2 | Almanya | 8.3 | 8.9 | 7.8 | 7.4 | 7.4 | 12.9 |
| 3 | İtalya | 8.2 | 7.9 | 6.9 | 6.9 | 6.7 | 11.8 |
| 4 | Polonya | 6 | 6.4 | 5.5 | 5.9 | 6.3 | 10.9 |
| 5 | ABD | 4.6 | 4.4 | 4.6 | 4.6 | 4.6 | 8.1 |
| 6 | Meksika | 3.4 | 3.3 | 3.7 | 3.9 | 4.3 | 7.5 |
| 7 | Vietnam | 2.3 | 2.2 | 2.3 | 2.4 | 3.5 | 6.1 |
| 8 | Kanada | 2.7 | 2.6 | 2.5 | 2.3 | 2.3 | 4 |
| 9 | Çek Cum. | 1.8 | 1.8 | 1.6 | 1.8 | 2.0 | 3.5 |
| 10 | Fransa | 2.1 | 2.0 | 1.7 | 1.7 | 1.6 | 2.9 |
| 18 | Türkiye | 1.0 | 1.0 | 1.1 | 1.2 | 1.2 | 2.2 |
| | Diğer | 29.6 | 28.9 | 26.4 | 26 | 25.8 | 45.1 |
| | Toplam | 129.1 | 145.8 | 156.3 | 165.9 | 174.9 | 174.9 |

Dünya mobilya pazarı büyüklüğünün 2013 yılında 446 milyar dolar olduğu tahmin edilmektedir. Çin üretiminin %25’ini gerçekleştirirken, ABD %15 ile ikinci sırada yer almaktadır. Markalarıyla ön plana çıkan İtalya ve Almanya listede üst sıralarda bulunurken, Türkiye dünya üretiminin %1.6’sını gerçekleştirmektedir (Aşarkaya, 2015). Ülkelerin mobilya ithalat yüzdeleri ve 2014 yılı toplam mobilya ithalatları Aşarkaya, (2015)’ ya göre Çizelge 1.2’de verilmiştir.

Dünyanın en büyük üreticisi konumunda olan Çin aynı zamanda en büyük ihracatçı konumundadır. 2014 yılında gerçekleştirilen 175 milyar dolarlık toplam mobilya ihracatının %34.3’ünü Çin gerçekleştirirken, Türkiye % 1.2 pay ile 18. sırada yer almıştır. 2050 yılına gelindiğinde ise dünya mobilya pazarının ticaret hacmi 1 trilyon doları geçeceği tahmin edilmektedir (Aşarkaya, 2015).

Çizelge 1.2 Ülkelerin mobilya ithalatı (milyar dolar)

| Sıra | Ülke | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2014 |
|---------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | ABD | 24.3 | 22.9 | 24.7 | 25.1 | 25.4 | 41.5 |
| 2 | Almanya | 9.7 | 10.1 | 9.2 | 9.1 | 9.6 | 15.6 |
| 3 | İngiltere | 6.1 | 5.6 | 5.1 | 5.1 | 5.4 | 8.8 |
| 4 | Fransa | 6.5 | 6.3 | 5.8 | 5.2 | 5.1 | 8.3 |
| 5 | Japonya | 4.3 | 4.4 | 4.8 | 4.5 | 4.2 | 6.9 |
| 6 | Kanada | 4.6 | 4.3 | 4.6 | 4.4 | 4.2 | 6.8 |
| 7 | Hollanda | 2.5 | 2.7 | 2.4 | 2.3 | 2.2 | 3.6 |
| 8 | İsviçre | 2.3 | 2.5 | 2.3 | 2.3 | 2.2 | 3.6 |
| 9 | Belçika | 2.4 | 2.4 | 2.2 | 2.5 | 2.1 | 3.4 |
| 10 | Avustralya | 1.8 | 2.0 | 2.1 | 2.0 | 2.0 | 3.3 |
| 26 | Türkiye | 0.6 | 0.6 | 0.5 | 0.6 | 0.6 | 1.0 |
| | Diğer | 34.8 | 36.1 | 36.2 | 36.8 | 37.1 | 60.5 |
| Toplam | | 127.9 | 141.5 | 144.1 | 151.3 | 163.1 | 163.1 |

1.2 Mobilya Sektörünün Türkiye Ekonomisindeki Yeri

Türkiye’de mobilya sektörü diğer sektörlerle göre en eski ve devamlı sektörlerden biridir. Türkiye’de uzun yıllar boyunca daha çok atölye tarzı küçük yerlerde varlığını devam ettiren bu sektör, bazı yöneticilerin katkıları ile gelişerek büyümüş, bazı yöneticiler ise firmalarını büyütmemiş sadece bölgesel alanda kalma ile yetinmişlerdir. Bir diğer yönden bakıldığında, mobilya atölyelerinin birbirinden bağımsız ve küçük olması hem aralarındaki ilişkiyi sınırlı hale getirmiş hem de teknolojik gelişmeyi bir nevi yavaşlatarak el emeğinin yoğun olduğu bir sektör olmasına sebebiyet vermiştir. Çünkü üretim aşamasında yerli kaynaklardan yararlanması ve bu açıdan dış bağımlılığa çok düşük düzeyde ihtiyaç duyması bu sektörü katma değer anlamında daha verimli hale getirmektedir. Her ne kadar son dönemde hem yurtdışından elde edilen hem de yurtiçi üretim yapan büyük ölçekli firmalar ve markalar ortaya çıkmış olsa da halen yaygın oranda üretim KOBİ’ler aracılığıyla sağlanmaktadır. Üretim yapan bütün bu küçük ve orta ölçekli işletmeler kimi durumlarda dernekler ve çatı örgütler vasıtasıyla bir araya gelmekte ve böylece iktisadi anlamda seslerini duyurabilmektedirler (Akbal, 2013).

Mobilya üretiminde işyeri ve istihdam düzeyi itibarı ile İstanbul önde gelmektedir. İstanbul’u sırasıyla Bursa (İnegöl), Kayseri, Ankara ve İzmir izlemektedir. Firmaların

istihdam ettikleri eleman sayısına göre Türkiye genelindeki başlıca mobilya firmalarının istihdama göre dağılımı Çizelge 1.3' te gösterilmiştir (Çınar, 2014).

Çizelge 1.3 Mobilya sektörünün istihdama göre dağılımı

| 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 | | | | | | | |

Tüketici alışkanlıklarının değişmesiyle birlikte, ülkemizde 10 ila 12 yıl arasında değişen mobilya değiştirme alışkanlığı artık 7-8 yıla düşmüştür. Dünya ortalamasına bakıldığında, mobilya değiştirme süresinin 4 yıl olduğu görülmektedir. Mobilya tüketimini etkileyen ana unsurların şunlar olduğu söylenebilir; kişi başı milli gelir, nüfus artışı, evlilik sayısı, konut sayısının artışı, siyasi ve iktisadi beklentiler. Aynı şekilde mobilya sektörü, esas olarak ev başta olmak üzere büro, araç ve bahçe gibi alanların kullanımına sunmak üzere nihai ürünler üretmektedir. Bununla birlikte birçok yan sanayiye ara ürün sağlamaktadır. Bu yan sanayiler inşaat başta olmak üzere, metal, cam, plastik gibi sektörlerden meydana gelmektedir. Mobilya sektörünün üretim değeri 2009 yılı verilerine göre 10.48 milyar TL düzeyinde seyretmiş ve 2010 yılı cirosu ise 10.9 milyar TL olarak gerçekleşmiştir. Mobilya sektöründe oluşan talep diğer sektörlerde olduğu gibi hem yan sanayilerin yönlendirmesi hem de genel ekonomik seyre doğrudan bağlı olarak oluşmaktadır. Bu durum da sektörün kapasite kullanım oranını etkilemektedir. Genel olarak ele alındığında, sektörün tam kapasite çalışmamasının çeşitli sebepleri bulunmaktadır. Bunların başında talep yetersizliği gelmektedir. Kapasiteyi tümüyle verimli olarak kullanma sıkıntısı çeken sektörde dış talep yetersizliği ve bunun iki katından biraz daha fazla oranda iç talep yetersizliği gelmektedir. Bunun ardından çalışanlarla ilgili

meseleler, hammadde ve kaynak yetersizliği ile birlikte diğer nedenler bulunmaktadır (Aşarkaya, 2015).

Ar-Ge harcamalarını gerçekteştiren kalemlere baktığımızda üniversitelerin % 45 düzeyindeki bir oranla bu konuda liderliği elinde bulundurduğunu görebiliriz. Onu, % 43 civarındaki bir oranla özel sektör, % 11'lik oranla kamu kesimi takip etmektedir. Mobilya sektörümüze genel hatlarıyla baktığımızda tasarım, markalaşma ve teknoloji düzeylerinde geliştirmemiz gereken pek çok husus olduğunu görebilmekteyiz. Yapılacak Ar-Ge faaliyetleri ve harcamaları ile birlikte mobilya sektöründe 2023 yılına kadar 25 milyar dolar seviyesinde üretim ve 10 milyar dolar düzeyinde ihracat hedeflenmektedir (Sakarya ve Doğan, 2016).

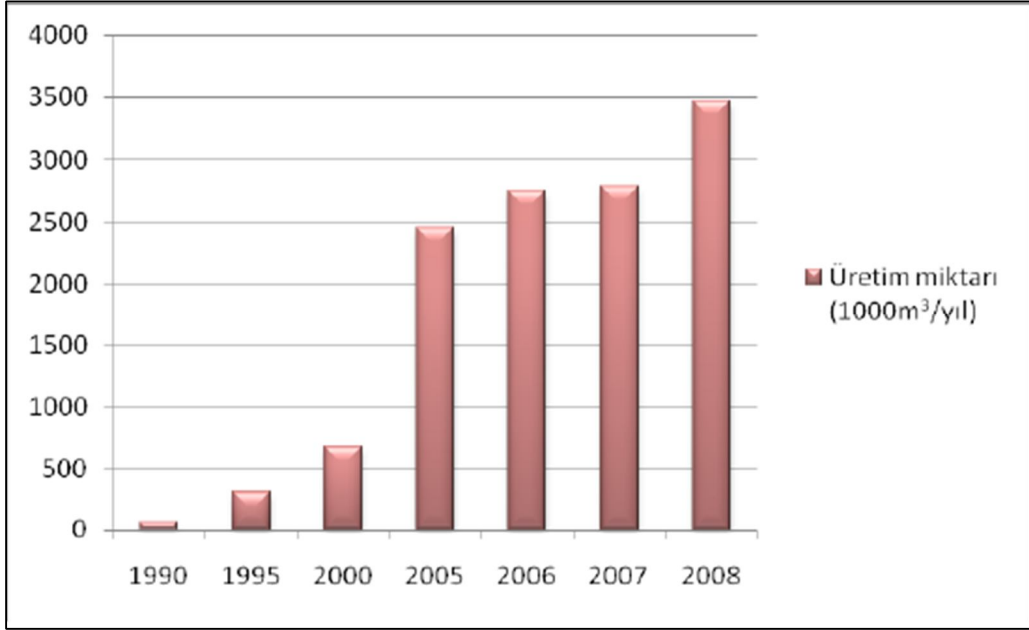
1.3 Mobilya Üretiminde Kullanılan Ahşap Esaslı Levhalar

Ülkemizde 1870'li yıllardaki sanayi yapılanması içerisinde yer almaya başlayan orman ürünleri sanayi sektörü 1892 yılında ilk kereste fabrikasının İstanbul'da kurulması, 1938 yılında ülkemizde kereste fabrikası sayısının 33'e yükselmesi ile gelişimini sürdürmüş ve 1963 yılında kalkınma dönemlerinin başlaması ile birlikte hızlı bir gelişim kazanmıştır. Ülkemizde 2000'li yıllarda orman ürünleri sektörü gelişmiş ve sayıca çoğalmıştır. 2004 yılı genel imalat sanayi ve orman ürünleri sanayi verileri incelendiğinde Türkiye'deki genel imalat sanayisinin %28'lik bir kısmını orman ürünleri sanayisinin oluşturduğu görölmektedir (Anonim, 2012).

Türkiye'nin yıllık tükettiği 12-13 milyon m³ yuvarlak odunun %61'lik bir kısmı orman ürünleri sektörünün hammadde kaynağı olan devlet işletmesi ormanlarından, %27'si özel sektör satışlarından ve kalan %12'si ise ithalat yoluyla karşılanmaktadır. Odun ve odun kökenli ürünlerin en önemli kullanım alanları inşaat ve ona bağlı olarak gelişen yapı elemanı, mobilya, kağıt ve ahşap esaslı levha sektörleri olduğu görölmektedir (Anonim, 2012).

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.ř tarafından başlanmıştır. Daha sonraki yollarda 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). Ülkemizde bulunan lif levha fabrikalarının yıllara göre üretim miktarları Şekil 1.1'de gösterilmiştir (Kurtoğlu ve ark., 2009).



Şekil 1.1. Ülkemizdeki lif levha üretim miktarı

1.4 Mobilya Üretiminde Kullanılan Ahşap Malzemelerin İşlenmesi

Ağaç malzemeden mobilya yapımında en çok kullanılan yöntemler talaş kaldırma yöntemleri de denilen, biçme, delme, kesme ve tornalama yöntemleridir. Bu yöntemlerin uygulamasında kullanılan başlıca araçlar ise; el testereleri, dekupaj testereleri, daire testereleri, şerit testereler, rendeler, planyalar, kalınlık makineleri, frezeler, tornalar, matkaplar, delik delme makineleri, zımpara makineleri, presler, ege, törpü, oyma bıçakları vb. el aletleridir. Ağaç malzemelerin biçimlendirme yöntemleri ilk çağlardan beri değişmemiştir. Yalnızca bu yöntemlerde kullanılan araçlar makineler ve enerji kaynakları değişmektedir. Ağaç malzemeler bugün ışınlar ile de kesilebilmektedir. Teknolojinin gelişimi yapım süresini kısaltmakta, işçiliği azaltmakta ve çok sayıda mobilyanın aynı hassasiyetle üretilmesini sağlamaktadır (Kurtoğlu, 1988).

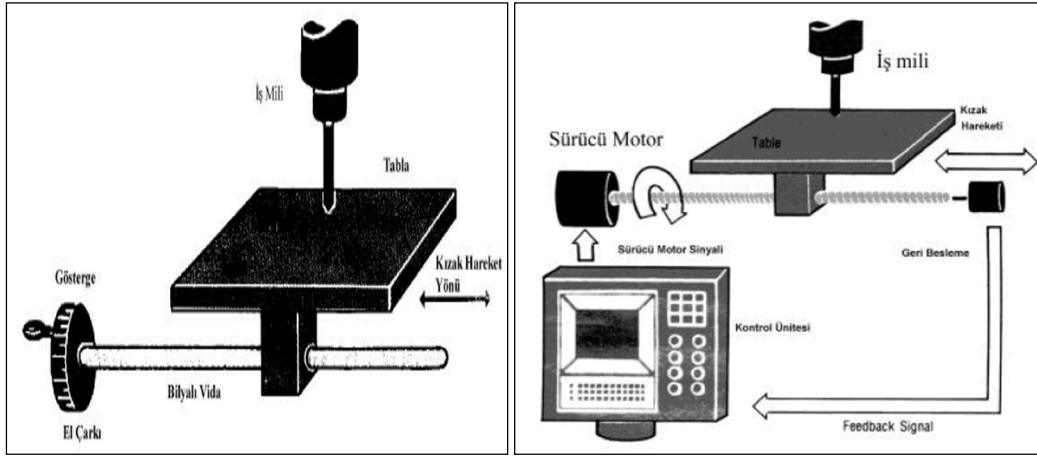
1.5 CNC Makinelerinin Kodlanması, Avantajları ve Dezavantajları

Ahşap malzemelerin işlenmesinde, geçmişte kullanılan geleneksel makinelerin yerine bugün için, bilgisayar desteğiyle çalışan CNC makineleri birçok işletmede

kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle, bazı küçük işletmelerde, daha çok orta ve büyük ölçekli işletmelerde CNC desteğiyle çalışan farklı işlemleri yapmakta kullanılan farklı özelliklere sahip CNC makineleri kullanılmakta ve gün geçtikçe kullanıcı sayısı artmaktadır.

CNC tezgâhları öncelikli olarak uçak ve helikopter sanayilerinde beliren ihtiyaçları karşılamak için ortaya çıktı. Otomotiv endüstrisinde uygulanması sırasında gelişti ve yaygınlaştı. CNC tezgâhların yaygınlaşmaya başlaması ile yeni tezgâh tasarımı ve kullanımı tamamıyla değişti, mühendislerle atölye ve fabrika sahiplerine yepyeni olanaklar ortaya çıkmaya başladı (Hasan, 2000). Nümerik kontrol fikri II. Dünya Savaşının sonlarında ABD hava kuvvetlerinin ihtiyacı olan karmaşık uçak parçalarının üretimi için ortaya atılmıştır. Çünkü bu tür parçaların o günkü mevcut imalat tezgâhları ile üretilmesi mümkün değildi. Bunun gerçekleştirilmesi için “parsons corporation” ve “Massachusetts institute of technology” ortak çalışmalara başladı. 1952 yılında ilk olarak bir “cincinnati-hydrotel” freze tezgâhını nümerik kontrol ile teçhiz ederek bu alandaki ilk başarılı çalışmayı gerçekleştirdiler. Bu tarihten itibaren pek çok takım tezgâhı imalatçısı Nümerik Kontrollü (NC) tezgâh imalatına başladı. İlk önceleri NC takım tezgâhlarında vakumlu tüpler, elektrik röleleri, karmaşık kontrol ara yüzleri kullanılıyordu. Ancak bunların sık sık tamirleri hatta yenilenmeleri gerekiyordu. Daha sonraları NC takım tezgâhlarında daha kullanışlı olan minyatür elektronik tüp ve yekpare devreler kullanılmaya başlandı. Bilgisayar teknolojisindeki hızlı gelişmeler Nümerik Kontrollü sistemleri de etkilemişti. Artık günümüzde NC tezgâhlarda daha ileri düzeyde geliştirilmiş olan entegre devre elemanları, ucuz ve güvenilir olan donanımlara sahiptir. ROM (Read Only Memory) teknolojisinin kullanılmaya başlanmasıyla da programların hafızada saklanması mümkün olmuş ve sonuç olarak bu gelişmeler CNC kavramının doğmasına öncülük etmiş ve daha sonraları CNC torna, matkap vb. takım tezgâhlarında yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Dinçel, 1999).

Konvansiyonel takım tezgâhında bir mekanizmayı elle döndürmek suretiyle kızak eksenlerine hareket vermek yerine, CNC tezgâhlarda hareket, eksenlere bağlı olan bir döndürme işlemiyle elde edilmektedir. Şekil 1.2 'de konvansiyonel bir takım tezgâhında tabla hareketinin nasıl yerine getirildiği ve aynı hareketin CNC takım tezgâhında nasıl yerine getirildiği gösterilmektedir (Yiğit, 2006).



Şekil 1.2. Konvansiyonel takım tezgâhında ve CNC takım tezgâhında tabla hareketi

CNC makinelerinde yapılması istenen bir işlemin, nasıl ve ne şekilde yapılması gerektiği özel bazı kodlarla belirlenmektedir. CNC programı komutlardan, komutlar ise kelimelerden oluşmaktadır. Her bir kelime bir harf adresinden ve bunu takip eden sayısal bir değerden oluşmaktadır. Harf adresi kontrol sistemine kelime tipini belirtir. CNC kontrol sistemi imalatçıları harf adreslerinin ne ifade ettiğini önceden belirlemişlerdir. Her ne kadar harf adreslerinde ufak tefek farklılıklar görülse de CNC kontrol imalatçıları hemen hemen tamamına yakınının mutabık olduğu harf adresleri ve bunların anlamları şu şekildedir; O, Program numarası, N, Satır numarası G, Hazırlık fonksiyonu, X, X eksen, Y, Y eksen, Z, Z eksen, R, Yarıçap, F, İlerleme, S, iş mili devri, H, Takım boyu telafisi, D, Takım yarıçap telafisi, T, Takım seçme, M ise ek fonksiyonlardır (Yiğit, 2006).

Yukarıda belirtilen harfler kullanılarak ve yapılması gereken işin, iş parçası üzerinde nerede ve ne kadar derinlikte yapılacağı, makinenin genel hızı, ne zaman bıçak değiştirileceği ve işin hangi aşamada biteceği gibi birçok parametrenin ayarlanması işte bu kodlar vasıtasıyla belirlenmektedir. Geçmişte bu kodlar manuel olarak yazılmakta idi ve çok vakit almakta idi. Ancak, bilgisayar destekli üretim (CAM) programlarının geliştirilmesi ile artık çok hızlı bir şekilde kod dosyaları oluşturulmaktadır. Başlıca CAM programları olarak AlphaCAM, ArtCAM, MasterCAM, SolidCAM, LazyCAM, Powermill, CatiaCAM, Unigraphics CAM, MazaCAM, Topsolid ve Tebis sayılabilir. Bu CAM programlarının herhangi birisinde yazılan kod dosyası, işlem yapmak istenen CNC makinesi kontrol programına yüklenir ve işlem başlatılabilir. Bugün için CNC makinelerini kontrol etmekte kullanılan birçok farklı kontrol programı bulunmaktadır. Başlıca CNC makinesi kontrol programları Fanuc, Mach, Siemens, Bosch, Kellyware, KCAM, DeskCNC ve Campus şeklinde sıralanabilir (Bal, 2015).

Dinçel (1999) CNC takım tezgâhlarının sağladığı avantajları şu şekilde sıralamıştır.

- Konvansiyonel tezgâhlarda kullanılan bazı bağlama kalıp, mastar vb. elemanlarla kıyaslandığı zaman tezgâhın ayarlama zamanı çok kısadır.
- Ayarlama, ölçü kontrolü, manuel hareket vb. nedenlerle oluşan zaman kayıpları ortadan kalkmıştır.
- İnsan faktörünün imalatta fazla etkili olmamasından dolayı seri ve hassas imalat mümkündür.
- Tezgah operasyonları yüksek bir hassasiyete sahiptir.
- Tezgahın çalışma temposu her zaman yüksek ve aynıdır.
- Her türlü sarfiyat (elektrik, emek, malzeme vb.) en aza indirgenmiştir.
- İmalatta operatörden kaynaklanacak her türlü kişisel hatalar ortadan kalkmıştır.
- Kalıp, mastar, şablon vb. pahalı elemanlardan faydalanılmadığı için sistem daha ucuzdur.
- Depolamada daha az yere gerek vardır.
- Parça imalatına geçiş daha süratlidir.
- Parça üzerinde yapılacak değişiklikler sadece programın ilgili bölümünde ve tamamı değiştirilmeden seri olarak yapılır. Bu nedenle CNC takım tezgahlarıyla yapılan imalat büyük bir esnekliğe sahiptir.

Her sistemde olduğu gibi CNC tezgah ve sistemlerinin de avantajlarının yanında bazı dezavantajları mevcuttur. Dinçel (1999) bu dezavantajları şu şekilde belirtir.

- Detaylı bir imalat planı gereklidir.
- Pahalı bir yatırımı gerektirir.
- Konvansiyonel tezgâhlarla kıyaslandığında daha titiz kullanım ve bakım isterler.
- Kesme hızları yüksek ve kaliteli kesicilerin kullanılması gerekir.
- Periyodik bakımları uzman ve yetkili kişiler tarafından düzenli olarak yapılmalıdır.

1.6 Yüzey Pürüzlülüğü ve Ölçümü

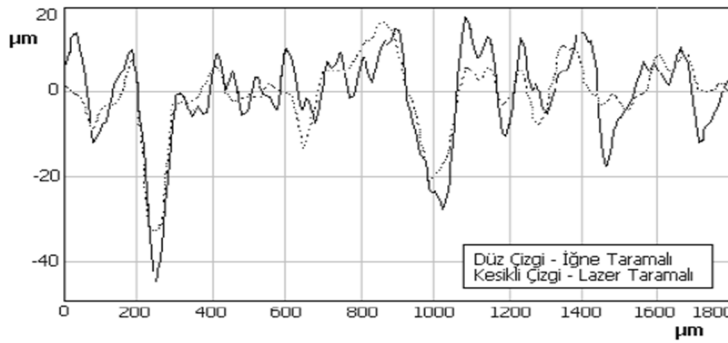
Demir, çelik, alüminyum ve bazı alaşım metaller yanında cam, mermer, plastik ve ahşap malzeme, günümüzde önemli mühendislik malzemelerindedir. Bu malzemelerin kullanım yerine göre bazı özelliklerinin iyi olması beklenmektedir. Örneğin, yük taşıyan yapısal elemanlarda mekanik performansın yüksek olması istenir. Bazı malzemelerin ucuz olması, diğer bazılarının estetik bakımdan cazip olması istenir. Bu malzemelerin

üretiminde ve şekillendirilmesinde bu özellikleri çeşitli testlerle belirlenir. Ahşap malzemenin yanıcı özelliği, mekanik performansı estetik görünümü önemli özelliklerindedir. Mobilya üretiminde kullanılan ahşap esaslı levhalarda ise, levhanın homojen yapıda olması, ucuz olması, bazı mekanik özelliklerinin iyi olması istenir. Özellikle, yüzeyleri boyanacak olan ya da PVC kaplama uygulanacak olan MDF levhalarda ise yüzey pürüzlülüğü önemli bir özelliktir.

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 ve ark., 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 ve ark., 2013).

Gurau ve ark., (2001) tarafından, meşe odununun yüzeylerinin pürüzlülük ölçümlerinde en yaygın kullanılmakta olan iğne taramalı ve lazer taramalı yöntemler ile elde edilen pürüzlülük ölçümleri karşılaştırılmıştır (Şekil 1.3) (Karagöz, 2010).



Şekil 1.3. İğne taramalı ve lazer taramalı yöntemler ile elde edilen yüzey profilleri

1.7 Yüzey Pürüzlülüğü Parametreleri

Yüzey pürüzlülüğü ile ilgili ilk çalışmalar 1939'da metal endüstrisinde başlarken, ağaç malzemenin yüzey pürüzlülüğü ölçümü ile ilgili çalışmalar ise 1950'li yıllarda başlamıştır (Stumbo, 1963; Aydın ve Çolakoğlu, 2003).

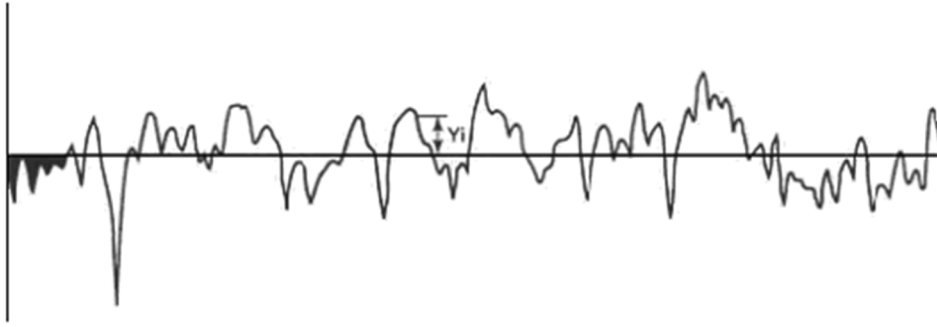
Gurau ve ark., (2005) işlenmiş odun yüzeyinin pürüzlülüğünün kalite kontrolüne ihtiyaç olduğunu fakat yüzey pürüzlülük ölçümü için standart geliştirilmediğini belirtmiştir.

Yüzey pürüzlülüğü 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 (TS 6956, 2004).

Yüzey pürüzlülük ölçümlerinde en sık kullanılan parametreler genellikle Ra (Ortalama pürüzlülük değeri), Rq (kareler ortalamasının karekökü) ve Rz (10 noktanın ortalama pürüzlülük değeri)'dir.

1.7.1 Ortalama pürüzlülük değeri (Ra)

Ortalama pürüzlülük (Ra), pürüzlülük profili boyunca profil ortalama çizgisinden sapmalara (Y_i) ilişkin tüm değerlerin aritmetik ortalamasıdır ve aşağıda Denklem 1.1'e göre hesaplanmaktadır (Mitutoya, 2001).

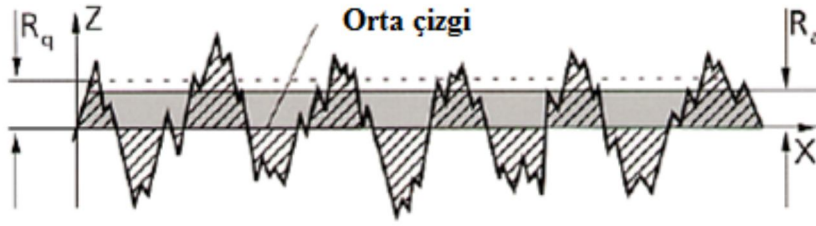


Şekil 1.4. Ortalama pürüzlülük değeri (Mitutoya, 2001).

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

1.7.2 Kareler ortalamasının karekökü (Rq)

Aritmetik ortalama sapmaların karekökü anlamına gelmektedir. Bazı kaynaklarda ise Kuadratik Ortalama Pürüzlülük olarak ifade edilmektedir (Denklem 1.2).

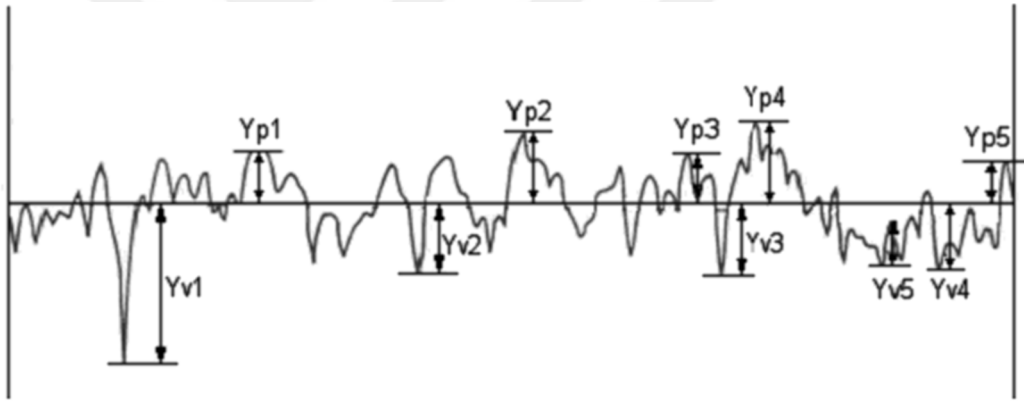


Şekil 1.5 En büyük pürüzlülük değeri(Mitutoya, 2001).

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

1.7.3 On nokta pürüzlülüğü ortalama değeri (Rz)

Rz, pürüzlülük profil uzunluğu boyunca yer alan en yüksek 5 tepe ve en derin 5 çukurun ortalama değerlerinin toplamıdır (Şekil 1.5) ve aşağıda ki Denklem 1.3'e göre hesaplanmaktadır.



Şekil 1.5. On nokta pürüzlülüğü ortalama değeri(Mitutoya, 2001).4

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

1.8 Çalışmanın Amacı

CNC makineleri ile talaşlı üretim yapılmakta ve bu makineler metal, cam, değerli taş, ahşap ve plastik gibi birçok malzemenin işlenmesinde kullanılmaktadır. Ahşap esaslı malzemelerin en fazla kullanıldığı sektörlerin başında mobilya sektörü gelmektedir. Mobilya sektörü diğer birçok sektörde olduğu gibi, sürekli olarak değişen ve moda uyum sağlamaya çalışan bir sektördür. Geçmişten günümüze, mobilya üretiminde kullanılan hammadde ve yarı mamüllerde önemli değişimler meydana gelmiştir. Geçmişte, önemli

miktarda masif ağaç malzeme kullanılmıştır. Sonraki yıllarda yonga levha ve liflevha gibi levhalar yoğun olarak kullanılmıştır. Bugün yüzeyleri kaplanmış yonga levha ve liflevhalar yoğun olarak kullanılmaya başlanmıştır. Ayrıca, bir yüzeyi kaplanmış lif levhalar da kullanılmaktadır. Bir yüzeyi kaplanmış lif levhalar, ham yüzeyleri işlendikten sonra, PVC kaplanmakta ve mobilya üretiminde kullanılmaktadır. Bu levhaların yüzeylerine desen işlenirken, modern üretimlerde CNC makinelerinden yararlanılmaktadır. CNC makinelerde bu levhaların yüzeylerine değişik desenler işlenmektedir.

Levha yüzeylerinin işlenebilmesi için, CNC makinelerinde birçok değişik parametre ayarlanmaktadır. Bunlar; bıçak motoru hızı, besleme hızı, bıçak adımı, bıçak dalma miktarı, işleme stratejisi vs.dir. Yapılan bu ayarlamalara göre işlenen desenin olduğu kısım farklı yüzey pürüzlülüklerine sahip olmaktadır. Bu ise yüzey kalitesini etkilemektedir. Ayrıca, CNC makinesi bıçak motoru devrinin çok yüksek ayarlanması, bıçak adımının çok düşük seçilmesi ve besleme hızının çok düşük olması, yüzey pürüzlülüğünü azaltmakta, ancak fazladan enerji tüketimine sebep olmaktadır.

Bu çalışmada, yüzey pürüzlülük parametrelerine göre, en uygun bıçak motoru hızı, besleme hızı ve bıçak adımı belirlenecektir. Uygulanan farklı takım yolu ayarlarına göre ayrıca enerji sarfıyatı belirlenecektir. Bu konuda yapılan önceki çalışmalarda, genel olarak takım yolu ayarlarının yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri belirlenmiş ve en iyi yüzey düzgünlüğü sağlayan takım yolu ayarları önerilmiştir. Ancak, CNC makineleri ile lif levha yüzeylerinin işlenmesinde, takım yolu ayarlarının enerji sarfıyatı üzerine etkisini araştıran bir çalışma bulunmamaktadır. Bu noktadan hareketle, bu çalışmanın amacı; CNC makineler ile lif levhaların yüzeylerinin işlenmesi esnasında enerji tasarrufu ve yüzey pürüzlülük kriterlerine göre optimum takım yolu ayarlarının (bıçak motoru hızı, besleme hızı, bıçak adımı) tespit edilmesi olarak belirlenmiştir.

2 LİTERATÜR ÖZETİ

Baykan (1995), rendelenmiş masif mobilya yüzeylerinde yüzey pürüzlülüğüne ilişkin araştırmalar yapmıştır. Rendelenmiş ve zımparalanmış doğu kayın odununun, sarıçam odununa göre, teğet yönü radyal yöne göre daha düzgün yüzeyler elde edildiği, ayrıca rendelemede ve zımparalamada rutubet artışının ve besleme hızının da yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi olduğu belirtilmiştir.

Hızıroğlu (1996), sert levhalar ve MDF'de yüzey pürüzlülük ölçümlerini iğne taramalı ölçüm cihazı ile yapmıştır. Sonuç olarak; sert levhalarda MDF'den daha iyi yüzey elde edildiğini, ayrıca yüksek yoğunluğa sahip levhaların yüzey pürüzlülük değerlerinin daha düşük olduğunu belirtmiştir.

Gürtekin (1996), kayın ve karaçam örneklerini rendeleme makinesinde işleme yapmış ve rendeleme makinelerinin ilerleme hızı, kesme hızı ve kesici sayısına bağlı olarak, işlenen ahşabın yüzey kalitesinde meydana gelen etkilenmeleri araştırmıştır. Daha düzgün yüzeyler elde etmek için, ilerleme hızını düşürüp kesme hızını ve kesici sayısını artırmak gerektiğini belirtmiştir.

Örs ve Baykan (1999), mobilya üretiminde yaygın olarak kullanılan doğu kayını ve sarıçam örneklerini kullanarak rendelenmiş ve zımparalanmış masif ağaç malzeme yüzeylerinde ağaç türü, kesiş yönü, bıçak sayısı, zımpara numarası ve besleme hızlarının yüzey pürüzlülüğüne etkilerini araştırmak üzere bazı deneyler yapmışlardır. Çalışma sonucunda; doğu kayınının sarıçama göre ve iki ağaç türünde de yıllık halkalara teğet yönde de daha düzgün yüzeyler elde edilmiştir. Besleme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülüğü artmış ve rendelemede kesici bıçak sayısı, zımparalamada ise zımpara sayısı arttıkça yüzey pürüzlülüğü azalmıştır.

Efe ve Gürleyen (2003), bazı ağaç malzemelerde devir sayısı, kesiş yönü ve kesici adedinin yüzey pürüzlülüğüne etkilerini incelemiştir. Ceviz ve yalancı akasya ağaçlarından hazırlanan örneklerle yapılan çalışmada devir sayısı olarak 4400, 6000, 7800 ve 10000 dev/dak, kesiş yönü olarak radyal ve teğet, bıçak sayısı olarak ise 2 ve 4 belirlenmiş ve sonuçlar ANOVA testi kullanılarak analiz edilmiştir. Ölçümleri TS 930 esaslarına göre iğne taramalı ölçüm cihazı kullanılarak yapılmıştır. Sonuç olarak ise; ağaç türleri arasında akasya, devir sayıları arasında 10000 dev/dak, kesiş yönleri arasında teğet yönde ve kesiciler arasında 4 bıçaklı kesicilerle en iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Kılıç ve Demirci (2003), sarıçam ve kestane odunlarını kullanarak ağaç türü, testere diş sayısı ve besleme hızlarının yüzey pürüzlülüğüne etkilerini araştırma yapmışlardır. Hazırlanan 32 örnek liflere dik yönde 8 eşit parçaya bölünerek ve 20 mm uzunlukta ikişer ölçüm yapılmıştır. Ölçümler iğne taramalı ölçme cihazı ve TS 930 esas alınarak yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucuna göre; en düzgün yüzey sarıçamda 40 dişli testere ile elde edilmiştir.

MDF levhaların, yüzeylerinin CNC makineleri ile işlenmesi esnasında, takım yollarının ayarlanması ile ilgili literatürde bazı önemli çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin; CNC makineleri ile ahşap malzemelerin işlenmesinde etkili olan parametrelere genel olarak Benardos and Vosniakos (2003) ve Karagöz (2011) tarafından yapılan derleme çalışmaları da değinilmiştir. Bu çalışmalarda, pürüzlülük üzerine etkili olan parametreler; kesici takım ile ilgili parametreler, kesme ile ilgili parametreler, işleme ile ilgili parametreler ve işlenen malzeme ile ilgili parametreler olarak gruplar şeklinde sıralanmıştır.

Sütçü (2013) tarafından yapılan bir çalışmada, CNC makine ile masif ahşap panellerin işlenmesinde, kesme yönü, kesme genişliği, kesme derinliği, bıçak motoru hızı ve besleme hızı gibi bazı takım yolu ayarlarının odunun yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri incelenmiştir. Masif ahşap olarak kayın, çam ve ladin ağaç türleri seçilmiştir. Yüzey pürüzlülük değerlerinden Ra, Rz, Rq değerleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, çalışılan değişkenlerin çam, kayın ve ladin türleri üzerine farklı şekillerde etki gösterdiği ve kesme derinliğinin bu pürüzlülük kriterleri üzerine etkisinin olmadığını belirlemiştir.

Sütçü ve Karagöz (2012) tarafından yapılan bir başka çalışmada, MDF levhaların yüzeylerinin CNC makinelerde işlenmesi esnasında bazı takım yolu ayarlarının yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri incelenmiştir. Yapılan bu çalışmada besleme hızı, bıçak motor hızı, dalma derinliği ve bıçak adımı gibi parametrelerin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu çalışma sonuçlarına göre; bıçak motorunun hızı arttıkça ve besleme hızı, bıçak adımı ve dalma derinliği azaldıkça yüzey pürüzlülüğü azalma göstermiştir.

Bir başka çalışmada Davim et al. (2009) MDF yüzeylerin CNC makinelerde işlenmesi esnasında takım yolu ayarlarının yüzey pürüzlülüğü üzerine etkilerini incelemiştir. Araştırmada, bıçak motoru hızı ve besleme hızı parametrelerinin etkisi ölçülmüştür. Elde edilen verilere göre besleme hızı 4 m/dk nın üzerine çıktığında ortalama yüzey pürüzlülüğünde azalmalar tespit edilmiştir. Bıçak motoru hızının artmasıyla genel

olarak yüzey pürüzlülüğü azalmıştır. Benzer sonuçlar Lou et al. (1998) tarafından da tespit edilmiştir.

Sofuoğlu (2015) tarafından yapılan çalışmada, CNC makineleri ile ahşap panellerin yüzeylerinin işlenmesinde, besleme hızı arttıkça yüzey pürüzlülüğünün arttığı, kazıma stratejisi olarak ofset stratejisinin zigzag kazımadan daha iyi sonuç verdiğini belirlemiştir.

Literatürdeki çalışmalar sadece takım yolları ile sınırlı değildir. Örneğin; Aguilera et al. (2000) tarafından yapılan çalışmada, diğer benzer çalışmalardan farklı olarak, MDF panellerin rutubeti ve yoğunluğunun yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi incelemiştir.

CNC makineleri ile malzeme işleme yöntemleri bugün için sadece ahşap veya ahşap esaslı levhalar değil birçok imalat sanayinde farklı malzemeler için uygulanmaktadır. Ahşap, plastik, metal, cam ve diğer bazı kompozit malzemeler CNC makineleri ile işlenmektedir. Bu alanda yapılan bir başka çalışmada ise araştırmacı Topal (2009) basit metal parçalar üzerinde yapmış olduğu çalışmada özellikle bıçak adımının yüzey pürüzlülüğü üzerine etkilerini incelemiştir. Bıçak adımı oranı arttıkça yüzey pürüzlülüğünün arttığını belirlemiştir.

Yapılan önceki çalışmalarda, genel olarak ahşap esaslı malzemelerin ve metal malzemelerin CNC makineleri işlenmesinde, bıçak motor devri, bıçak adımı, besleme hızı ayarlarının farklı oranlarda yüzey pürüzlülüğü üzerine etki ettiği değişik araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir. Bıçak motor devri arttıkça genel olarak metallerde yüzey pürüzlülüğünün azaldığı (Topal, 2009; Benardos and Vosniakos, 2003), MDF levhalarda azaldığı (Sütçü ve Karagöz, 2012; Deus et al., 2015), masif ağaç malzemedeki istatistiksel olarak önemli seviyede etki etmediği (Sütçü, 2013; Sofuoğlu, 2015), bıçak adımının ve besleme hızının artması ile pürüzlülüğün arttığı belirlenmiştir (Benardos and Vosniakos, 2003; Sütçü ve Karagöz, 2012; Sütçü ve Karagöz, 2013).

3 MATERYAL VE METOD

3.1 Materyal

3.1.1 Araştırmada kullanılan lif levhaların özellikleri

Bu proje çalışmasında, materyal olarak tek yüzü kaplı lif levhalar kullanılmıştır. Bu levhalar piyasada, kaplanmamış yüzeyleri CNC makineleri ile şekillendirilip PVC kaplama yapılandırılmakta ve sonra çeşitli mobilyaların kapakları olarak kullanılmaktadır. Kullanılan tek yüz kaplı lif levhalar, Kahramanmaraş'ta faaliyet gösteren bir tüccardan satın alma yolu ile tedarik edilmiştir. Levhalar Kastamonu Entegre firması tarafından üretilmiş levhalardır. Ölçüleri 18 x 2100 x 2800 mm (kalınlık x genişlik x uzunluk)'dir.

3.1.2 Araştırmada kullanılan CNC makinesi ve özellikleri

Proje kapsamında kullanılan CNC makinesi özel olarak imal edilmiş bir makinedir. Üretici firma Ankara'da faaliyet gösteren özel bir firmadır (US Mekatronik). Firma tarafından üretilen bu CNC makinesi "Zirkon 3Ax" olarak isimlendirilmiştir. Bu makineye ait teknik özellikler aşağıda verilmiştir.

- İşleme Alanı : 700x 1000x150 mm (X,Y,Z)
- Konstrüksiyon Tipi : Tamamı Alüminyum.
- Eksen Adedi : 3 Eksen (X,Y,Z)-Portal Tip
- Boyutlar : 1500x1500x1100
- Hassasiyet : 0.003 mm
- Maksimum kesme Hızı : 10 m/dk
- X-Y-Z Hareketi : 25'lik Lineer Ray - 25'lik Bilyeli Vidalı Mil
- Spindle Motor Gücü : 2.2 kW AirCooling
- SpindleRPM : 18.000 rpm
- Hareket Motorları : 3 Eksende kullanılan 4 motor 750w Servo Motor
- Bilgisayar Bağlantısı : USB Port
- Güvenlik : Her eksen için limit sensörleri ve acil stop butonu
- Otomatik Sıfırlama : Z ekseninde otomatik sıfırlama
- Voltaj : AC 220V
- Takım Tutucu : ER 20
- Komut Sistemi : GCode (FanucApplicable)
- İşletim Sistemi : Windows XP/Vista/7

CNC makinesine, çalışması esnasında oluşan MDF tozunu ortamdan uzaklaştırmak için bir elektrikli süpürge bağlanmıştır. Makinenin genel görünümü Şekil 3.1'de verilmiştir. Makinenin eksen hareketleri yüksek hassasiyetli servo motorlarla oluşturulmuştur. Makine bir bilgisayar tarafından ve "Mach3" programı aracılığı ile kontrol edilmektedir. Makinenin hareket hızı maksimum 10 m/dk'dır.

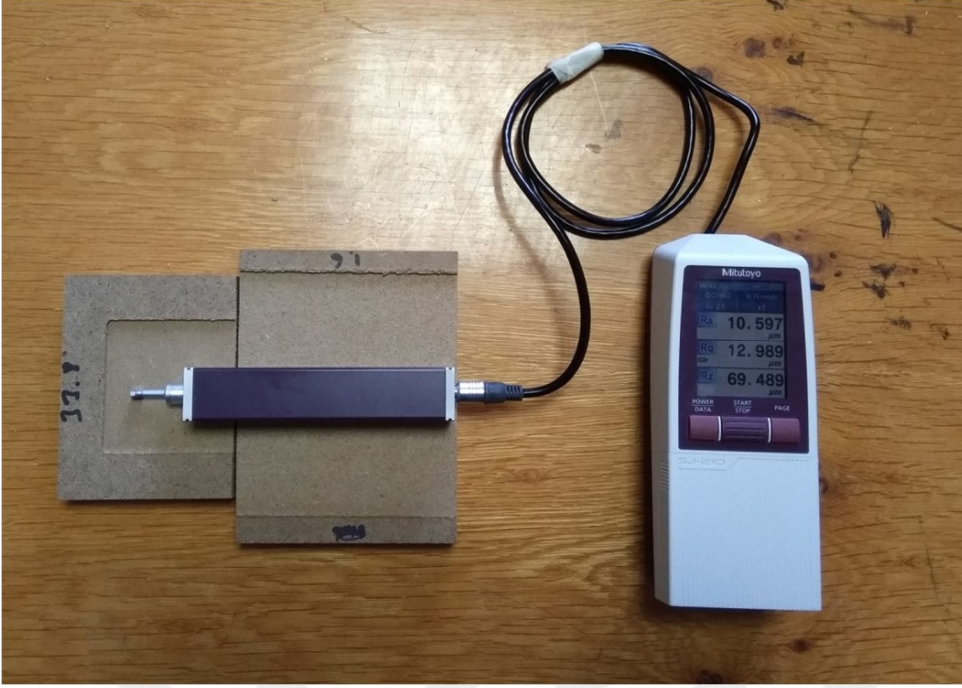


Şekil 3.1. CNC makinesi, bilgisayar kontrolü

3.1.3 Pürüzlülük ölçüm cihazı

Pürüzlülük ölçümlerinde “Diferansiyel Endüktans” prensibi ile çalışan Mitutoyo surfest SJ-210 model cihaz kullanılmıştır. Bu cihaza ait bir görüntü Şekil 3.2’de verilmiştir. Cihaza ait bazı teknik özellikler şu şekildedir;

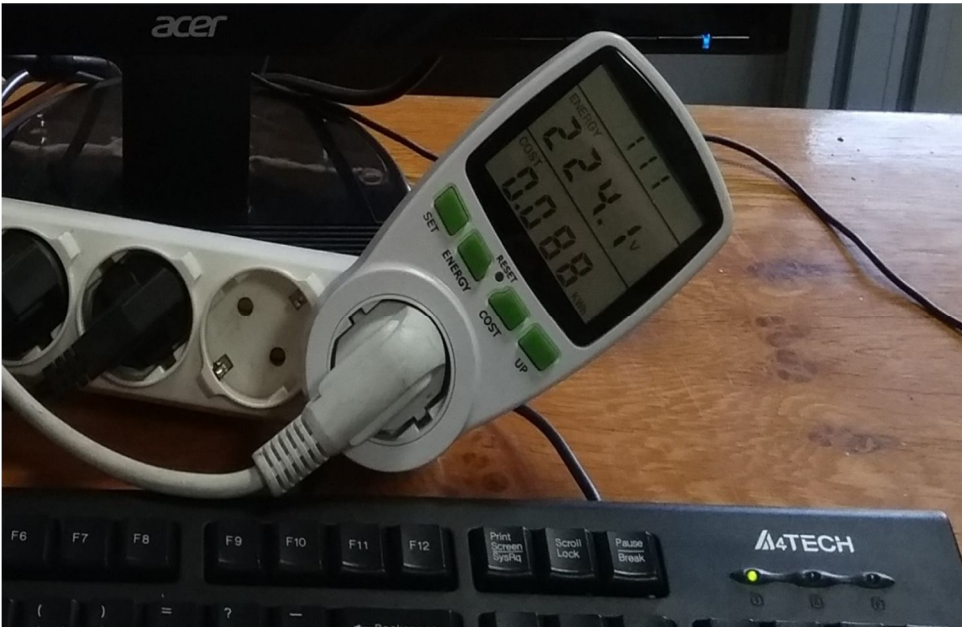
1. Ölçüm Profilleri: Ham Profil (P), Pürüzlülük Profili (R), R-Motif
2. Pürüzlülük Parametreleri: Ra, Rq, Rc, Ry, Rz, Rt, Rmax, Rp, Rv ...
3. Ölçüm Mesafesi (Z) : 360 μ m (-200 μ m ile +160 μ m)
4. Tarama Mesafesi (X) : 17.5 mm
5. Dijital Filtre : Gauss, 2CR75, PC75
6. Cutoff Mesafesi : λc : 0,08 mm, 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 radyusu: Elmas Uçlu, 60°, 2 μ m
10. Sürücü Ünite Hızı : 0,25 mm/s ; 0,5 mm/s; 0,75 mm/s.



Şekil 3.2. Mitutoyo SJ-210 model pürüzlülük ölçüm cihazı ve test örneği

3.1.4 Enerji tüketimi ölçümleri

CNC makinesinin enerji tüketimi ölçümleri TT-Technic PM 001 Priz Tipi Wattmetre cihazı ile yapılmıştır. Cihaz 1 Wh hassasiyetle tüketim verilerini ölçebilmekte ve 220 volt ile çalışmaktadır. Cihaza ait bir görüntü Şekil 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.3. Enerji tüketimi ölçümlerinde kullanılan wattmetre

3.1.5 Denemelerde kullanılan bıçaklar

CNC makinesinde MDF test örneklerinin işlenmesinde tek tip bıçak kullanılmıştır. Denemelerde 6 mm çapta, boşaltma bıçağı olarak bilinen ve yüksek hız çeliğinden imal edilmiş (HSS-high speed steel) iki kanatlı bıçaklar kullanılmıştır (Şekil 3.4). Bıçağın körelme etkisinin yüzey pürüzlüğü üzerine etkisini azaltmak için her dört grup için yeni bir bıçak kullanılmıştır. Böylece toplam 32 adet bıçak kullanılmıştır.



Şekil 3.4. Denemelerde kullanılan bıçaklar

3.2 Metot

Yapılan bu çalışmada yüzey pürüzlülüğü ve enerji tüketimi üzerine etkisi araştırılan parametreler şu şekildedir;

- Dalma (kesme) derinliği (mm)
- Bıçak motoru devri (d/dk)
- Besleme hızı (m/dk)
- Bıçak adımı (yanal ilerleme) (%)

Bu planda, Çizelge 3.1'de verilen tüm kombinasyonlar ((4³)x2: 128kombinasyon) denenmiştir. Test örnekleri kare şeklinde ve 10 x 10 x 1.8 cm (genişlik x uzunluk x kalınlık) MDF levha parçaları şeklinde hazırlanmıştır. Kazıma işlemi merkezde kalan 5 x 6 cm lik kısımda uygulanmıştır. Her grup için 10 adet test örneği hazırlanmıştır. Bu plan için toplam 1280 adet test örneği hazırlanmıştır.

Çizelge 3.1 Deneme planı takım yolu ayarları

| Takım yolu ayarları | | | | | |
|-------------------------|--------------------|------------|------------|-------------|-------------|
| Dalma derinliği 2 mm | Bıçak motoru devri | 4000 dv/dk | 8000 dv/dk | 12000 dv/dk | 16000 dv/dk |
| | Besleme hızı | 1 m/dk | 3 m/dk | 5 m/dk | 7 m/dk |
| | Bıçak adımı | %20 | %40 | %60 | %80 |
| Dalma derinliği 6 mm | Bıçak motoru devri | 4000 dv/dk | 8000 dv/dk | 12000 dv/dk | 16000 dv/dk |
| | Besleme hızı | 1 m/dk | 3 m/dk | 5 m/dk | 7 m/dk |
| | Bıçak adımı | %20 | %40 | %60 | %80 |

3.2.1 CNC makinesi için kod dosyalarının oluşturulması

Bu çalışmada, test örneklerinin işlenmesinde sadece zig-zag strateji uygulanmıştır. Kod dosyalarının oluşturulmasında ArtCAM programından yararlanılmıştır. ArtCAM programında, makinenin işleme alanının sağ alt köşe noktasında örneklerin işlem görebilmesi için bir kod dosyası oluşturulmuştur. Referans noktası sol üst köşe olarak ayarlanmıştır. Her test örneği için makinenin işlem başlığı sol üst köşeden (referans noktası) hareket edip sağ alt köşedeki test örneğinin üzerine gelip işlem yapmış ve sonra tekrar referans noktasına dönmüştür. Her bir kombinasyon için bir kod dosyası oluşturulmuş ve toplamda 128 kod (64'ü 2 mm ve 64'ü 6 mm derinlikte kazıma için) dosyası yazılmıştır.

3.2.2 Fiziksel özelliklerin belirlenmesi

Test örneklerinin yoğunluk ve rutubet gibi fiziksel özellikleri TS standartlarına göre (TS EN 322, TS EN 323,) belirlenmiştir.

3.2.3 Pürüzlülük parametrelerinin belirlenmesi

Pürüzlülük parametreleri TS 791 nolu standarda göre belirlenmiştir. Yüzey pürüzlüğü her bir test örneğinin 5 farklı noktasında ölçülmüştür. Ölçümler CNC makinesinin işleme yönüne dik bir düzlemde yapılmıştır. Pürüzlülük ölçüm cihazı ayarları; kesme uzunluğu λ_c : 2,5 mm, stylus ucu açısı 60° , sürücü ünite hızı 0,75 mm/sn, x eksenini ölçüm aralığı 12,5 mm, z eksenini 360 μm şeklindedir. Testlerde, ortalama pürüzlülük (R_a), 10 nokta pürüzlülüğü (R_z) ve kareler ortalamasının karekökü (R_q) olan 3 pürüzlülük değeri belirlenmiştir.

3.2.4 İstatistik hesaplamaların yapılması

Yapılan tüm testler sonunda elde edilen pürüzlülük ve enerji tüketimi bulguları, bilgisayarda Excel programına yüklenmiştir. Elde edilen bu bulgular, Excel programında düzenlenmiş ve SPSS programına yüklenmiştir. SPSS programında hem tek faktörlü ANOVA ve hem de dört faktörlü ANOVA testleri yapılmış, grup ortalamalarını ayırt edebilmek için Duncan testi uygulanmıştır.



4 BULGULAR VE TARTIŞMA

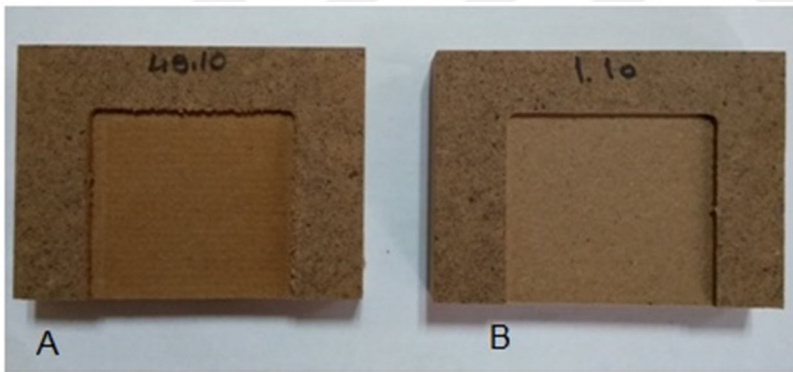
4.1 Bulgular

4.1.1 Fiziksel özelliklerle ilgili bulgular

Yapılan bu çalışmada, kullanılan tek yüzü kaplı lif levhaların ortalama yoğunluk değerleri 762 kg/m^3 ve hava kurusu rutubet değerleri % 8.2 olarak ölçülmüştür.

4.1.2 Pürüzlülük ve enerji tüketimine ait bulgular

Bu çalışma sonunda elde edilen yüzey pürüzlülük ve enerji tüketimi değerlerine ait veriler Çizelge 4.1'de verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi, 6 mm dalma derinliği gruplarında 1 m/dk besleme hızı çalışılmamıştır. Bunun nedeni, çok düşük besleme hızında işleme yapıldığında özellikle bıçak motor devri yükseldikçe parça yüzeyinin ısınmasından dolayı zarar görmesidir. Bununla ilgili bir fotoğraf Şekil 4.1'de verilmiştir. Bu çalışma esnasında 6 mm dalma derinliğinde en fazla ısınmanın meydana geldiği 49 nolu kombinasyona ait test örneğinde meydana gelen yanma ayrıca Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Bu sorundan dolayı, 6 mm kesme derinliği grubunda 1 m/dk besleme hızı çalışılmamıştır.



Şekil 4.1. 16000 (A) ve 4000 (B) d/dk devirde ve 1 m/dk hızında işlenmiş test örnekleri



Şekil 4.2. 6 mm dalma derinliğinde 16000 d/dk bıçak motor hızı ve 1 m/dk besleme hızında test örneğinde meydana gelen yanma

4.1.3 Tek faktörlü ANOVA testi ile elde edilen bulgular

Çalışma sonunda elde edilen verilerle, 2 mm kesme derinliği grubunda, 3'lü varyasyonlar için ayrıca tek faktörlü ANOVA ve Duncan testi uygulanarak en düşük ve en yüksek pürüzlülük ve enerji tüketimi veren gruplar belirlenmeye çalışılmış ve sonuçlar Çizelge 4.2'de verilmiştir. SPSS programında 50 grup sınırlamasından dolayı, 1 m/dk besleme hızı kombinasyonları bu çizelgede hesaplanmamıştır. Çizelge incelendiğinde en düşük yüzey pürüzlülüğü veren 3'lü kombinasyonun 18 nolu (8000 d/dk motor devri, %20 bıçak adımı ve 3 m/dk besleme hızı) kombinasyon olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.2 İki mm kesme derinliği için üçlü varyasyonlara ait Duncan testi sonuçları

| Grup | Ra | Grup | Rq | Grup | RZ | Grup | ET |
|------|------------------|------|----------------|------|-------------------|------|------|
| 18 | 8,33A | 18 | 10,59A | 18 | 57,748A | 12 | 1A |
| 23 | 8,88AB | 23 | 11,293AB | 20 | 61,532AB | 16 | 1A |
| 22 | 8,99ABC | 20 | 11,397AB | 19 | 61,635AB | 28 | 1,5B |
| 20 | 9,03ABC | 22 | 11,429AB | 23 | 61,64AB | 32 | 1,5B |
| 24 | 9,25BCD | 19 | 11,68BCDE | 22 | 62,147AB | 4 | 2C |
| 19 | 9,28BCD | 24 | 11,726BCDE | 24 | 63,407BC | 7 | 2C |
| 34 | 9,65CDE | 50 | 11,958BCDEF | 2 | 63,904BCD | 8 | 2C |
| 50 | 9,69CDE | 34 | 12,143BCDEFG | 34 | 64,52BCDE | 10 | 2C |
| 35 | 9,70CDE | 35 | 12,223BCDEFGH | 50 | 64,659BCDE | 11 | 2C |
| 36 | 9,74CDEF | 36 | 12,339CDEFGHIİ | 35 | 65,406BCDEF | 14 | 2C |
| 6 | 9,89DEFG | 6 | 12,413DEFGHIİ | 6 | 65,549BCDEF | 15 | 2C |
| 7 | 9,93DEFGH | 2 | 12,491EFGHIİ | 36 | 65,747BCDEFG | 23 | 2C |
| 26 | 9,93DEFGHI | 7 | 12,521EFGHIİ | 3 | 65,867BCDEFG | 24 | 2C |
| 27 | 9,94DEFGHI | 27 | 12,709FGHIİK | 7 | 66,394BCDEFG | 26 | 2C |
| 2 | 9,96DEFGHI | 51 | 12,803GHIİKL | 4 | 67,641CDEFGH | 27 | 2C |
| 51 | 10,14EFGHI | 26 | 12,804GHIİKL | 27 | 68,247CDEFGH | 30 | 2C |
| 3 | 10,21EFGHI | 3 | 12,814GHIİKL | 51 | 68,457CDEFGHI | 31 | 2C |
| 28 | 10,27EFGHIİ | 52 | 12,958GHIİKL | 26 | 68,576CDEFGHI | 40 | 2C |
| 40 | 10,3EFGHIİK | 11 | 13,109HIİKLM | 15 | 68,731CDEFGHI | 43 | 2C |
| 52 | 10,32EFGHIİK | 40 | 13,128HIİKLM | 8 | 68,747CDEFGHI | 44 | 2C |
| 43 | 10,34EFGHIİK | 12 | 13,134HIİKLM | 52 | 68,85CDEFGHIİ | 47 | 2C |
| 11 | 10,38EFGHIİK | 28 | 13,195İİKLMN | 12 | 69,312DEFGHIİK | 48 | 2C |
| 12 | 10,40EFGHIİK | 4 | 13,264İİKLMN | 11 | 69,524EFGHIİK | 60 | 2C |
| 14 | 10,43EFGHIİK | 15 | 13,285İİKLMN | 10 | 70,389FGHIİKLM | 63 | 2C |
| 38 | 10,51FGHIİKL | 43 | 13,286İİKLMN | 28 | 70,697FGHIİKLM | 64 | 2C |
| 15 | 10,52FGHIİKLMN | 14 | 13,293İİKLMN | 40 | 71,178GHIİKLMN | 6 | 2,6D |
| 4 | 10,59GHIİKLMNO | 10 | 13,319İİKLMN | 14 | 71,998HIİKLMNO | 39 | 2,9E |
| 10 | 10,61GHIİKLMNO | 8 | 13,328İİKLMN | 31 | 72,191HIİKLMNOÖ | 3 | 3E |
| 8 | 10,63GHIİKLMNO | 38 | 13,362İİKLMN | 43 | 72,878HIİKLMNOÖP | 20 | 3E |
| 56 | 10,71HIİKLMNOÖ | 56 | 13,626KLMNOP | 38 | 72,902HIİKLMNO | 22 | 3E |
| 39 | 10,88İİKLMNOÖPR | 39 | 13,804LMNOÖ | 56 | 73,754İİKLMNOÖPR | 36 | 3E |
| 42 | 10,9İİKLMNOÖPR | 42 | 13,973MNOÖPR | 39 | 74,163İİKLMNOÖPRS | 42 | 3E |
| 44 | 11,07İİKLMNOÖPRS | 44 | 14,116NOÖPRSS | 30 | 74,538İİKLMNOÖPRS | 46 | 3E |
| 31 | 11,11KLMNOÖPRS | 31 | 14,297OÖPRS | 32 | 74,795LMNOÖPRSS | 55 | 3E |
| 48 | 11,23LMNOÖPRSS | 48 | 14,348ÖPRSS | 44 | 75,376MNOÖPRSS | 56 | 3E |
| 54 | 11,24LMNOÖPRSS | 54 | 14,356ÖPRSS | 47 | 75,596MNOÖPRSS | 59 | 3E |
| 55 | 11,30MNOÖPRSS | 55 | 14,416ÖPRSS | 48 | 75,792MNOÖPRSS | 62 | 3E |
| 46 | 11,37NOPRSS | 47 | 14,459ÖPRSS | 42 | 76,495NOÖPRSS | 58 | 3,3F |
| 58 | 11,40ÖPRSS | 58 | 14,598ÖPRSS | 60 | 77,10ÖPRSS | 38 | 3,4F |
| 47 | 11,41ÖPRSS | 46 | 14,632ÖPRSS | 46 | 77,571ÖPRSS | 19 | 3,6G |
| 60 | 11,47PRSS | 60 | 14,635ÖPRSS | 54 | 77,881PRSS | 2 | 4H |
| 32 | 11,63RSS | 59 | 14,805PRS | 16 | 77,952PRSS | 35 | 4H |
| 30 | 11,748SS | 32 | 14,956RS | 55 | 78,433RSS | 52 | 4H |
| 59 | 11,77SS | 30 | 15,007S | 58 | 79,483SS | 54 | 4H |
| 16 | 11,97Ş | 16 | 15,044S | 59 | 80,023Ş | 51 | 4,9I |
| 63 | 13,07T | 63 | 16,544Ş | 63 | 86,216T | 18 | 5I |
| 62 | 13,19T | 62 | 16,984Ş | 62 | 87,683T | 34 | 5,2İ |
| 64 | 13,89U | 64 | 17,835T | 64 | 92,244U | 50 | 7K |

Bu değere yakın sonuç veren diğer 3 grup ise 20, 22, ve 23 nolu kombinasyonlardır. Bu gruplarda da motor devri 8000 d/dk, bıçak adımı %20, besleme hızı ise 3, 5 ve 7 m/dk'dır. Çizelge 4.2'ye göre en yüksek pürüzlülük değeri veren grup ise 64 nolu (16000 d/dk motor devri, %80 bıçak adımı ve 7 m/dk besleme hızı) kombinasyon grubudur. Bu gruba en yakın sonuç veren 3 kombinasyon grubu ise 16, 62 ve 63 nolu gruplardır. Bu gruplarda ortak olan ise bıçak adımlarının %80 olmasıdır. Bu sonuçlara göre, bıçak adımı ve besleme hızı azaldıkça, yüzey pürüzlülüğü azalmaktadır diyebiliriz. Enerji tüketimi ile ilgili sonuçlar incelendiğinde ise, en düşük enerji tüketiminin 12 nolu (4000 d/dk motor devri, %60 bıçak adımı ve 7 m/dk besleme hızı) kombinasyonda elde edildiği görülmektedir. Bu gruba en yakın ise 16, 28 ve 32 nolu grupların olduğu görülmektedir. En yüksek enerji tüketimi ise 50 nolu kombinasyonda (16000 d/dk motor devri, %20 bıçak adımı ve 3 m/dk besleme hızı) ölçülmüştür. Bu sonuçlara göre, motor devrinin artması ve bıçak adımı ile besleme hızının azalması genel olarak enerji tüketimini artırmaktadır.

Çizelge 4.3'de 6 mm kesme derinliğine ait Duncan testi sonuçları verilmiştir. Bu, 6 mm kesme derinliği grubunda 1 m/dk besleme hızı çalışılmamıştır. Sonuçlar incelendiğinde, en düşük yüzey pürüzlülüğünü veren 3'lü kombinasyonun 50 nolu (16000 d/dk motor devri, %20 bıçak adımı ve 3 m/dk besleme hızı) kombinasyon olduğu görülmektedir. Bu kombinasyonu 34, 18, 51 ve 2 nolu kombinasyonlar takip etmektedir. Ancak aralarındaki farklar çok küçüktür. Bu kombinasyonların ortak olan takım yolu ayarları ise besleme hızı (3 m/dk) ve bıçak adımıdır (%20). En düşük enerji tüketimi ise, 12 ve 16 nolu gruplarda elde edilmiştir. En yüksek enerji tüketimi 50 nolu grupta ölçülmüştür. En yüksek pürüzlülük değerleri ise 2 mm kesme derinliği grubunda olduğu gibi 16, 62, 63 ve 64 nolu kombinasyonlarda ölçülmüştür.

Çizelge 4.2 ve 4.3'de verilen pürüzlülük ölçüm değerleri ve enerji tüketimi değerleri incelendiğinde genel olarak küçük bazı farklarla, en düşük ve en yüksek değerlerin elde edildiği kombinasyon gruplarının 2 mm kesme derinliği ile 6 mm kesme derinliği gruplarında aynı veya benzer olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.3 Altı mm kesme derinliği için üçlü varyasyonlara ait Duncan testi sonuçları

| Grup | RA | Grup | RQ | Grup | RZ | Grup | ET |
|------|--------------|------|---------------|------|---------------|------|------|
| 50 | 11,111A | 50 | 13,862A | 50 | 71,767A | 12 | 1A |
| 34 | 11,39AB | 34 | 14,309AB | 34 | 76,377AB | 16 | 1A |
| 18 | 11,459AB | 18 | 14,402AB | 18 | 76,832AB | 8 | 1,9B |
| 51 | 11,835AB | 51 | 14,849ABC | 51 | 78,356BC | 11 | 1,9B |
| 2 | 12,105BCD | 52 | 15,215ABC | 2 | 80,68BCD | 4 | 2B |
| 52 | 12,12BCD | 2 | 15,249ABCD | 19 | 81,024BCD | 7 | 2B |
| 19 | 12,198BCD | 19 | 15,312ABCDE | 20 | 81,497BCD | 10 | 2B |
| 20 | 12,451CDE | 20 | 15,6ABCDEF | 52 | 81,631BCD | 14 | 2B |
| 35 | 12,512CDE | 35 | 15,784BCDEFG | 35 | 82,877CDE | 15 | 2B |
| 3 | 12,824DEF | 36 | 16,264CDEFGH | 36 | 85,967DEF | 23 | 2B |
| 23 | 12,832DEF | 3 | 16,273CDEFGH | 3 | 86,323DEF | 24 | 2B |
| 36 | 12,872DEFG | 23 | 16,278CDEFGH | 40 | 87,543EFG | 27 | 2B |
| 22 | DEFG12,933 | 22 | 16,366CDEFGH | 7 | 87,547EFG | 28 | 2B |
| 6 | 13,083EFGH | 7 | 16,604CDEFGH | 22 | 87,673EFG | 31 | 2B |
| 27 | 13,119EFGHI | 6 | 16,606CDEFGH | 23 | 88,384EFGH | 32 | 2B |
| 7 | 13,147EFGHI | 27 | 16,651CDEFGH | 6 | 88,65EFGH | 44 | 2B |
| 40 | 13,422FGHIİ | 40 | 16,936DEFGHI | 8 | 89,293FGHI | 48 | 2B |
| 4 | 13,491FGHIİ | 4 | 16,998DEFGHIİ | 27 | 89,497FGHI | 6 | 2,6C |
| 54 | 13,494FGHIİ | 24 | 17,113DEFGHIİ | 4 | 89,635FGHI | 40 | 2,9D |
| 55 | 13,519FGHIİ | 55 | 17,162EFGHIİK | 54 | 90,025FGHI | 3 | 3D |
| 24 | 13,522FGHIİ | 54 | 17,163EFGHIİK | 28 | 90,145FGHIİ | 20 | 3D |
| 56 | 13,595FGHIİK | 56 | 17,193EFGHIİK | 24 | 90,561FGHIİ | 22 | 3D |
| 38 | 13,605FGHIİ | 8 | 17,197EFGHIİK | 56 | 90,652FGHIİK | 26 | 3D |
| 39 | 13,639FGHIİ | 38 | 17,295FGHIİK | 44 | 90,752FGHIİK | 30 | 3D |
| 8 | 13,64FGHIİK | 39 | 17,306FGHIİK | 26 | 90,755FGHIİK | 36 | 3D |
| 32 | 13,698FGHIİK | 28 | 17,321FGHIİK | 39 | 91,377FGHIİKL | 39 | 3D |
| 28 | 13,749GHIİK | 32 | 17,372FGHIİK | 15 | 91,665FGHIİKL | 43 | 3D |
| 30 | 13,764GHIİK | 26 | 17,484FGHIİK | 38 | 91,964FGHIİKL | 46 | 3D |
| 26 | 13,838HIİK | 30 | 17,498FGHIİK | 32 | 92,149GHIİKL | 47 | 3D |
| 60 | 13,857İİK | 44 | 17,503FGHIİK | 30 | 92,819GHIİKL | 56 | 3D |
| 14 | 13,864İİK | 14 | 17,629GHIİK | 60 | 92,864GHIİKL | 59 | 3D |
| 10 | 13,922İİKL | 10 | 17,65GHIİK | 10 | 93,001GHIİKL | 60 | 3D |
| 44 | 13,948İİKL | 15 | 17,771HIİK | 42 | 93,419GHIİKL | 63 | 3D |
| 58 | 13,991İİKL | 42 | 17,787HIİK | 11 | 93,45GHIİKL | 64 | 3D |
| 42 | 14,067İİKLM | 58 | 17,885HIİK | 55 | 93,587GHIİKLM | 19 | 3,4E |
| 15 | 14,102İİKLM | 31 | 17,96HIİK | 14 | 93,983GHIİKLM | 2 | 4F |
| 31 | 14,147İİKLMN | 43 | 18,021HIİK | 47 | 94,048GHIİKLM | 35 | 4F |
| 43 | 14,165İİKLMN | 47 | 18,077HIİK | 31 | 94,611HIİKLMN | 38 | 4F |
| 46 | 14,22İİKLMN | 46 | 18,082HIİK | 48 | 94,881HIİKLMN | 42 | 4F |
| 59 | 14,258İİKLMN | 59 | 18,086HIİK | 43 | 95,271İİKLMN | 52 | 4F |
| 47 | 14,298İİKLMN | 48 | 18,153HIİK | 59 | 95,556İİKLMN | 55 | 4F |
| 48 | 14,298İİKLMN | 11 | 18,227HIİK | 46 | 96,467İİKLMN | 58 | 4F |
| 11 | 14,514KLMN | 12 | 18,688İİK | 58 | 96,735KLMN | 62 | 4F |
| 12 | 14,795LMN | 16 | 18,77İİK | 12 | 97,353LMN | 18 | 4,9G |
| 63 | 14,813LMN | 63 | 18,871İİK | 16 | 97,811LMNO | 51 | 5G |
| 16 | 14,89MN | 64 | 18,927İK | 63 | 99,337MNO | 54 | 5G |
| 64 | 14,908MN | 62 | 19,132KL | 64 | 100,33NO | 34 | 6H |
| 62 | 15,012N | 60 | 20,58L | 62 | 102,888O | 50 | 7I |

4.1.4 Dört faktörlü ANOVA ile elde edilen bulgular

Elde edilen verilerde en küçük ya da en büyük değerler bize verilerin hangi aralıklarda oluştuğu hakkında bilgi vermektedir. Ancak, yüzey pürüzlülüğü ve enerji tüketimini etkileyen faktörlerin önemini, hangi grupların birbirlerinden farklılık gösterdiğini istatistik analiz ile anlayabilmekteyiz. Buna göre, Ra değeri için dört faktörlü ANOVA testi yapılmış ve sonuçları Çizelge 4.4’de verilmiştir. Tablo incelendiğinde, kesme derinliği, bıçak motor devri, besleme hızı ve bıçak adımı faktörlerinin dördünde Ra değeri üzerine istatistiksel olarak önemli seviyede ($P < 0.001$) etkili olduğu görülmektedir. İkili ya da üçlü etkileşimlerinde birçoğunun yine önemli seviyede ($P < 0.001$) etkili olduğu görülmektedir. Ayrıca, MDF yüzeylerinde oluşan pürüzlüğünün %84’ünün bu faktörlerin etkisiyle oluştuğu, tablonun altında verilen R^2 değerinden anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.4Ra değeri için dört faktörlü ANOVA testi sonuçları

| Varyans kaynağı | Kareler toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler ort. | F | P |
|-----------------------------------------------|-----------------|---------------------|--------------|---------|-------|
| Derinlik | 1999,103 | 1 | 1999,10 | 2825,25 | 0,000 |
| Devir | 266,538 | 3 | 88,846 | 125,562 | 0,000 |
| Bıçak adımı | 811,445 | 3 | 270,482 | 382,261 | 0,000 |
| Besleme hızı | 49,242 | 3 | 16,414 | 23,197 | 0,000 |
| Derinlik * devir | 64,697 | 3 | 21,566 | 30,478 | 0,000 |
| Derinlik * bıçak adımı | 37,119 | 3 | 12,373 | 17,486 | 0,000 |
| devir * bıçak adım | 83,226 | 9 | 9,247 | 13,069 | 0,000 |
| derinlik * devir * bıçak adımı | 23,634 | 9 | 2,626 | 3,711 | 0,000 |
| derinlik * besleme hızı | 2,326 | 2 | 1,163 | 1,644 | 0,194 |
| devir * besleme hızı | 83,125 | 9 | 9,236 | 13,053 | 0,000 |
| derinlik * devir * besleme hızı | 2,042 | 6 | ,340 | ,481 | 0,823 |
| bıçak adımı * besleme hızı | 51,650 | 9 | 5,739 | 8,111 | 0,000 |
| derinlik * bıçak adımı * besleme hızı | 7,344 | 6 | 1,224 | 1,730 | 0,111 |
| devir * bıçak adımı * besleme hızı | 59,192 | 27 | 2,192 | 3,098 | 0,000 |
| derinlik * devir * bıçak adımı * besleme hızı | 19,034 | 18 | 1,057 | 1,494 | 0,084 |
| $R^2 = 0,84$ | | | | | |

Çizelge 4.5’de Duncan çoklu ayırım testi sonuçları verilmiştir. Bu sonuçlara göre, en düşük Ra değeri 8000 devirde, %20 bıçak adımında, 1 m/dk besleme hızında ve 2 mm dalma derinliğinde elde edilmiştir. En yüksek Ra değeri ise 16000 devirde, %80 bıçak adımında, 7 m/dk besleme hızında ve 6 mm dalma derinliğinde elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlardan bıçak motoru devri hariç, genel olarak bu konuda yapılan önceki çalışmalarla uyumludur. Karagöz (2011), Deus (2015) ve Davim (2009) tarafından MDF

levhaların CNC makinelerde işlenmesi üzerine yapılan çalışmalarda benzer sonuçlar elde edilmiştir. Ancak bu çalışmalarda, bıçak motor devri arttıkça yüzey pürüzlülüğünün azaldığı belirlenmiştir. Sunulan bu proje çalışmasında ise 8000 d/dk da en düşük pürüzlülük elde edilmiştir. 8000 d/dk'da 4000 d/dk'dan daha düşük bir pürüzlülük elde edilmesi zaten beklenen bir sonuçtur ve literatürle uyumludur. Ancak, 12000 ve 16000 d/dk devirlerde daha yüksek pürüzlülük elde edilmesi uyumlu değildir. Bu nedenle, 8000 d/dk grupları tekrar test edilmiştir. Ancak sonuç ve sıralamalar değişmemiştir. Bu uyumsuzluğun nedeni ise, Ohuchi and Murase (2001) ve ayrıca Benardos and Vosniakos (2003) tarafından yapılan çalışmalarda belirtildiği gibi vibrasyondan kaynaklandığı düşünülmektedir. Yapılan bu proje çalışmasında kullanılan CNC makinesi alüminyum konstrüksiyonludur ve 2.2 kW gücünde küçük bir motora sahiptir. Makine endüstriyel ölçekli bir makine değildir. 12000 ve 16000 gibi yüksek devirlerde çalıştırıldığında motor sesi artmakta ve vibrasyon oluştuğu düşünülmektedir. Önceki çalışmalarda kullanılan CNC makineleri gerek konstrüksiyon ve gerekse motor gücü bakımından daha güçlü makineler olduğu görülmektedir. Ayrıca, yüksek motor devri ve düşük besleme hızında yapılan denemelerde test örneğinin yüzeyinde ısınmadan kaynaklanan renk değişimi gözlemlenmiştir. Bununla ilgili fotoğraf Şekil 4.2'de verilmiştir. Literatürden farklı sonuç elde edilmesinin nedeninin bu ısınma ve makinede meydana gelen titreşim olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4.5Ra değerine ait Duncan çoklu ayırım testi sonuçları

| Devir Grupları | | Bıçak adımı grupları | | Besleme hızı grupları | | Dalma derinliği gr. | |
|----------------|--------|----------------------|--------|-----------------------|--------|---------------------|---------|
| 8000 | 11,2 A | 20 | 10,7 A | 1 | 11,0 A | 2 mm | 10,72 A |
| 4000 | 11,8 B | 40 | 11,7 B | 3 | 11,9 B | 6 mm | 13,49 B |
| 12000 | 11,9 B | 60 | 12,2 C | 5 | 12,0 C | | |
| 16000 | 12,6 C | 80 | 13,0 D | 7 | 12,3 D | | |

Çizelge 4.6'da Rq değeri için dört faktörlü ANOVA testi sonuçları verilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi, kesme derinliği, bıçak motor devri, besleme hızı ve bıçak adımı faktörlerinin hepsinin ve ayrıca ikili ve üçlü etkileşimlerin bazılarının da yine Rq değeri üzerine istatistiksel olarak önemli seviyede ($P < 0.001$) etkili olduğu görülmektedir. Çizelge 4.7'de verilen Duncan testi sonuçları incelendiğinde, Rq değeri çoklu ayırım gruplarının sıralamasının Ra ile aynı olduğu görülmektedir. En düşük Rq değeri 8000 d/dk'da, %20 bıçak adımında, 1 m/dk besleme hızında ve 2 mm dalma derinliğinde elde edilmiştir.

Çizelge 4.6 Rq değeri için dört faktörlü ANOVA testi

| Varyans kaynağı | Kareler toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler ortalaması | F | P |
|---------------------------------------------|-----------------|---------------------|--------------------|---------|-------|
| Derinlik | 3227,180 | 1 | 3227,180 | 1581,8 | 0,000 |
| Devir | 494,189 | 3 | 164,730 | 80,745 | 0,000 |
| Bıçak adımı | 1480,376 | 3 | 493,459 | 241,877 | 0,000 |
| Besleme hızı | 100,103 | 3 | 33,368 | 16,356 | 0,000 |
| derinlik * devir | 72,712 | 3 | 24,237 | 11,880 | 0,000 |
| derinlik * bıçak adımı | 76,851 | 3 | 25,617 | 12,557 | 0,000 |
| devir * bıçak adımı | 139,900 | 9 | 15,544 | 7,619 | 0,000 |
| derinlik * devir * bıçak adımı | 48,712 | 9 | 5,412 | 2,653 | 0,005 |
| derinlik * besleme hızı | 7,213 | 2 | 3,606 | 1,768 | 0,171 |
| devir * besleme hızı | 130,917 | 9 | 14,546 | 7,130 | 0,000 |
| derinlik * devir * besleme hızı | 4,634 | 6 | ,772 | ,379 | 0,893 |
| bıçak adımı * besleme hızı | 90,613 | 9 | 10,068 | 4,935 | 0,000 |
| derinlik * bıçak adımı* besleme hızı | 17,967 | 6 | 2,995 | 1,468 | 0,186 |
| devir * bıçak adımı * besleme hızı | 118,390 | 27 | 4,385 | 2,149 | 0,001 |
| derinlik* devir * bıçak adımı* besleme hızı | 40,241 | 18 | 2,236 | 1,096 | 0,351 |
| R ² = 0,75 | | | | | |

Çizelge 4.7 Rq değerine ait Duncan çoklu ayırım testi sonuçları

| Devir Grupları | | Bıçak adımı grupları | | Besleme hızı grupları | | Dalma derinliği gr. | |
|----------------|--------|----------------------|--------|-----------------------|--------|---------------------|--------|
| 8000 | 14,2 A | 20 | 13,5 A | 1 | 14,0 A | 2 mm | 13,6 A |
| 4000 | 14,9 B | 40 | 14,8 B | 3 | 15,0 B | 6 mm | 17,1 B |
| 12000 | 15,2 C | 60 | 15,7 C | 5 | 15,2 B | | |
| 16000 | 16,0 D | 80 | 16,6 D | 7 | 15,6 C | | |

Rz değerine ait dört faktörlü ANOVA testi sonuçları ise Çizelge 4.8'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde Ra ve Rq değerlerine ait sonuçlarla, Rz değerinde elde edilen sonuçlar benzerdir. Her dört faktörün Rz değeri üzerine etkisi istatistiksel olarak ($P < 0.001$) önemlidir. Ra ve Rq değerlerine ait Duncan testi sonuçlarında olduğu gibi, Çizelge 4.9'de verilen değerler incelendiğinde, en düşük Rz pürüzlülük değeri 8000 d/dk'da, %20 bıçak adımında, 1 m/dk besleme hızında ve 2 mm dalma derinliğinde elde edilmiştir.

Çizelge 4.8 Rz değeri için dört faktörlü ANOVA testi

| Varyans kaynağı | Kareler toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler ortalaması | F | P |
|-----------------------------------------------|-----------------|---------------------|--------------------|---------|-------|
| Derinlik | 82892,631 | 1 | 82892,63 | 2290,60 | 0,000 |
| Devir | 13494,528 | 3 | 4498,17 | 124,300 | 0,000 |
| Bıçak adımı | 35874,035 | 3 | 11958,01 | 330,441 | 0,000 |
| Besleme hızı | 2545,280 | 3 | 848,427 | 23,445 | 0,000 |
| derinlik * devir | 2884,188 | 3 | 961,396 | 26,567 | 0,000 |
| derinlik * bıçak adımı | 592,312 | 3 | 197,437 | 5,456 | 0,001 |
| devir * bıçak adımı | 3100,730 | 9 | 344,526 | 9,520 | 0,000 |
| derinlik * devir * bıçak adımı | 531,727 | 9 | 59,081 | 1,633 | 0,101 |
| derinlik * besleme hızı | 59,814 | 2 | 29,907 | ,826 | 0,438 |
| devir * besleme hızı | 2756,907 | 9 | 306,323 | 8,465 | 0,000 |
| derinlik * devir * besleme hızı | 27,922 | 6 | 4,654 | ,129 | 0,993 |
| bıçak adımı * besleme hızı | 3189,584 | 9 | 354,398 | 9,793 | 0,000 |
| derinlik * bıçak adımı * besleme hızı | 377,710 | 6 | 62,952 | 1,740 | 0,109 |
| devir * bıçak adımı * besleme hızı | 2561,470 | 27 | 94,869 | 2,622 | 0,000 |
| derinlik * devir * bıçak adımı * besleme hızı | 523,838 | 18 | 29,102 | ,804 | 0,697 |
| R ² =0,80 | | | | | |

Çizelge 4.9’da görülebileceği gibi devir grupları, bıçak adımı grupları, besleme hızı grupları ve dalma derinliği gruplarında her grup diğerlerinden farklıdır. Bir diğer deyişle burada çalışılan dört faktörün her seviyesi diğerlerine göre önemli farklılıklar göstermiştir.

Çizelge 4.9 Rz değeri için Duncan çoklu ayırım testi sonuçları

| Devir Grupları | | Bıçak adımı grupları | | Besleme hızı grupları | | Dalma derinliği grupları | |
|----------------|--------|----------------------|--------|-----------------------|---------|--------------------------|--------|
| 8000 | 75,5 A | 20 | 71,3 A | 1 | 75,7 A | 2 | 72,4 A |
| 4000 | 78,3 B | 40 | 79,2 B | 3 | 80,0 B | 6 | 89,9 B |
| 12000 | 80,8 C | 60 | 82,6 C | 5 | 80,5 BC | | |
| 16000 | 85,0 D | 80 | 86,5 D | 7 | 81,4 C | | |

Enerji tüketimi üzerine kesme derinliği, bıçak motor devri, besleme hızı ve bıçak adımı faktörlerinin etkisini gösteren ANOVA testi sonuçları Çizelge 4.10’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde tüm varyans kaynaklarının (etkileşimler dahil) istatistiksel olarak önemli (P<0.001) seviyede farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca, mdf yüzeylerin işlenmesinde harcanan enerji tüketiminin %99’unun bu faktörlerin etkisiyle

oluştugu, çizelgenin altında verilen R^2 değerinden anlaşılmaktadır. Bu sonuçlara göre, bu çalışma sonunda elde edilen verilerden 3 farklı pürüzlülük değeri (R_a , R_q , R_z) ve enerji tüketimi içersinde, tüm gruplara göre en belirgin farkların oluştuğu değer enerji tüketimidir.

Çizelge 4.10 Enerji tüketim değerleri için dört faktörlü ANOVA testi

| Varyans kaynağı | Kareler toplamı | Serbestlik Derecesi | Kareler ortalaması | F | P |
|-----------------------------------------------|-----------------|---------------------|--------------------|----------|-------|
| Derinlik | 19,551 | 1 | 19,551 | 684,286 | 0,000 |
| Devir | 680,883 | 3 | 226,961 | 7943,635 | 0,000 |
| Bıçak adımı | 1255,039 | 3 | 418,346 | 14642,12 | 0,000 |
| Besleme hızı | 3241,454 | 3 | 1080,485 | 37816,96 | 0,000 |
| derinlik * devir | 9,670 | 3 | 3,223 | 112,814 | 0,000 |
| derinlik * bıçak adımı | 9,061 | 3 | 3,020 | 105,717 | 0,000 |
| devir * bıçak adımı | 46,114 | 9 | 5,124 | 179,332 | 0,000 |
| derinlik * devir * bıçak adımı | 10,901 | 9 | 1,211 | 42,393 | 0,000 |
| derinlik * besleme hızı | ,965 | 2 | ,482 | 16,880 | 0,000 |
| devir * besleme hızı | 178,604 | 9 | 19,845 | 694,572 | 0,000 |
| derinlik * devir * besleme hızı | 3,502 | 6 | ,584 | 20,429 | 0,000 |
| bıçak adımı * besleme hızı | 503,008 | 9 | 55,890 | 1956,144 | 0,000 |
| derinlik * bıçak adımı * besleme hızı | 1,810 | 6 | ,302 | 10,561 | 0,000 |
| devir * bıçak adımı * besleme hızı | 32,500 | 27 | 1,204 | 42,130 | 0,000 |
| derinlik * devir * bıçak adımı * besleme hızı | 18,990 | 18 | 1,055 | 36,924 | 0,000 |
| $R^2 = 0,99$ | | | | | |

Enerji tüketimi verileri için yapılan Duncan testi sonuçlarına göre, en düşük enerji tüketimi 4000 d/dk bıçak motoru devrinde, %80 bıçak adımında, 7 m/dk besleme hızında 2 mm dalma derinliğinde elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre, bıçak motoru hızı, bıçak adımı ve besleme hızı faktörlerinin yüzey pürüzlüğü üzerine etkisi ile enerji tüketimi üzerine etkisinin ters orantılı olduğunu söyleyebiliriz. Motor devri arttıkça, bıçak adımı küçüldükçe, besleme hızı azaldıkça enerji tüketimi artmaktadır. Tam tersi durumda azalmaktadır. Bıçak motoru devrini 4000 den 16000 devire yükselttiğimizde (yaklaşık 4 katına) enerji tüketimi %77 artmaktadır. Bıçak adımı %80'den %20'ye azaltığımızda yaklaşık %92 artmaktadır. Besleme hızını ise 7m/dk'dan 1 m/dk'ya düşürdüğümüzde %250 artış olmaktadır. Bu yüzdelere göre karşılaştırma yaptığımızda, bu çalışmada

denenen faktörlerden enerji tüketimi üzerine en etkili olan faktör besleme hızıdır diyebiliriz.

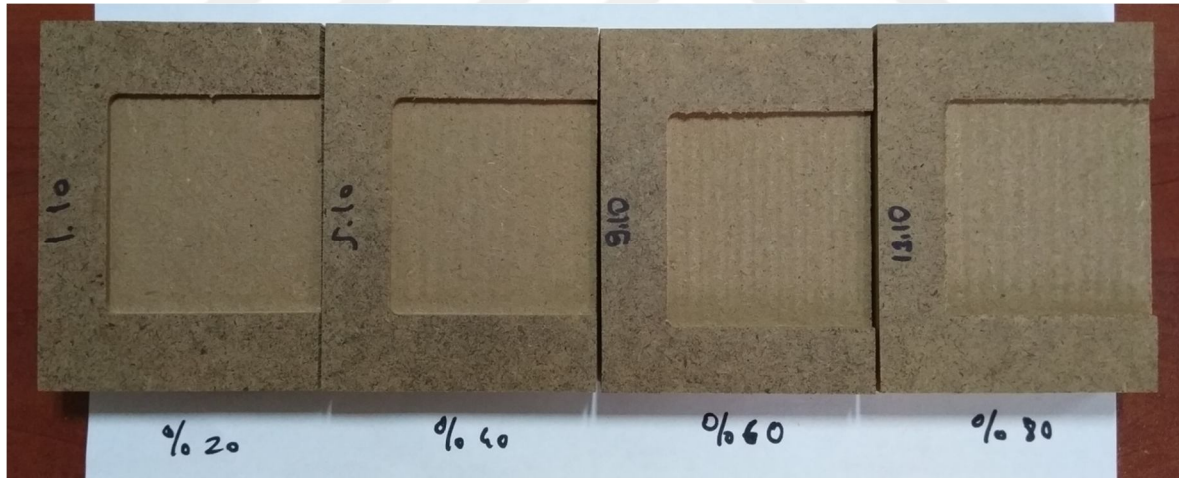
Çizelge 4.11 Enerji tüketimi için Duncan testi sonuçları

| Devir Grupları | | Bıçak adımı grupları | | Besleme hızı grupları | | Dalma derinliği gr. | |
|----------------|-------|----------------------|-------|-----------------------|-------|---------------------|--------|
| 4000 | 2,6 A | 80 | 2,7 A | 7 | 2,2 A | 2 | 2,7 A* |
| 8000 | 3,2 B | 60 | 2,8 B | 5 | 2,8 B | 6 | 3,0 B* |
| 12000 | 3,8 C | 40 | 3,5 C | 3 | 3,6 C | | |
| 16000 | 4,6 D | 20 | 5,2 D | 1 | 7,7 D | | |

*2 mm de enerji 2.7 ve 6 mm de 3,01 Wh ölçüldü ancak 1 m/dk besleme hızı grupları bu ortalamalara dahil edilmemiştir.

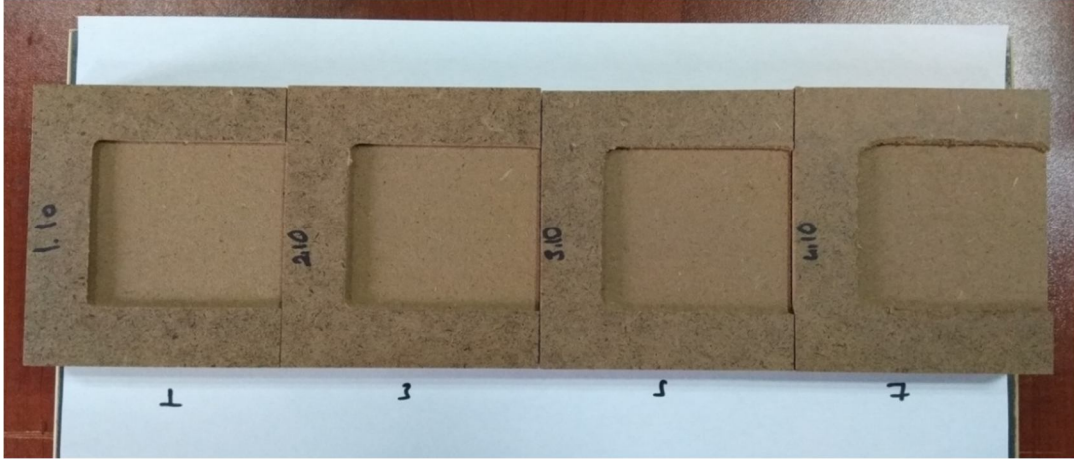
4.2 Görsel İnceleme Sonuçları

Denemelere ait test örneklerinin bazıları görsel olarak incelenmiştir. Bu incelemeler sonunda, 4000 d/dk bıçak motor devrinde, 1 m/dk besleme hızında yapılan %20, 40, 60 ve 80 bıçak adımı test örnekleri arasındaki farklar Şekil 4.3’de görülmektedir. %60 ve %80 bıçak adımlarında dalgalılık oldukça belirgindir.



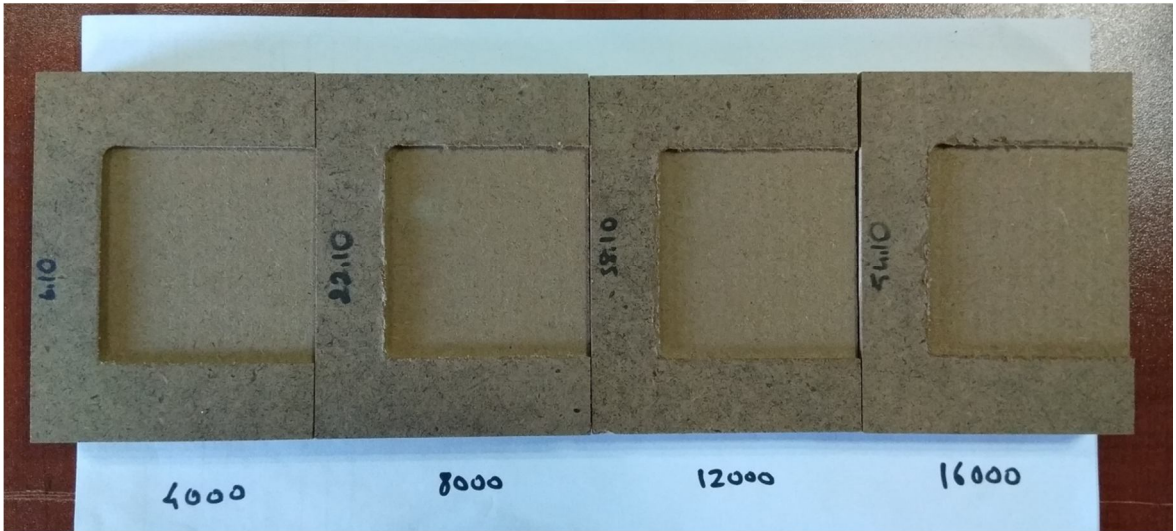
Şekil 4.3. 4000 d/dk’da, 1 m/dk besleme hızında ve %20, %40, %60 ve %80 bıçak adımıyla işleme yapılan test örnekleri.

4000 d/dk bıçak motoru hızında, %20 bıçak adımı ve 1, 3, 5 ve 7 m/dk besleme hızlarında işlem gören test örneklerinin fotoğrafları Şekil 4.4’de verilmiştir. Besleme hızları arasındaki farklar gözle görülememektedir. Ancak, 7 m/dk da işlem gören grupta işlenen kısmın kenarında kırıklar oluşmuştur.



Şekil 4.4. 4000 d/dk'da, %20 bıçak adımı ile ve 1, 3, 5 ve 7 m/dk besleme hızında yapılan örnekler.

Şekil 4.5'de, %40 bıçak adımı, 3 m/dk besleme hızında ve 4 farklı bıçak motor devrinde işlem gören örneklere ait fotoğraflar verilmiştir. Bu fotoğraflar incelendiğinde, farklı bıçak motor devirlerinde işlem gören örnekler arasında önemli bir farklılık gözle görülememektedir.



Şekil 4.5. %40 bıçak adımı, 3 m/dk besleme hızında ve 4000, 8000, 12000 ve 16000 d/dk bıçak motor devrinde işlenen örnekler

4.3 Tartışma

Bu çalışmada ölçülen Ra, Rq ve Rz pürüzlülük değerlerine ait elde edilen sonuçlardan, bıçak motoru devri hariç, genel olarak bu konuda yapılan önceki çalışmalarla uyumludur. Karagöz (2011), Deus (2015) ve Davim (2009) tarafından lif levhaların CNC makinelerde işlenmesi konusunda yapılan çalışmalarda benzer sonuçlar elde edilmiştir. Ancak bu çalışmalarda, bıçak motor devri arttıkça yüzey pürüzlüğünün azaldığı

belirlenmiştir. Sunulan bu proje çalışmasında ise 8000 d/dk da en düşük pürüzlülük elde edilmiştir. 8000 d/dk'da 4000 d/dk'dan daha düşük bir pürüzlülük elde edilmesi zaten beklenen bir sonuçtur ve önceki çalışmalarla uyumludur. Ancak, 12000 ve 16000 devirlerde daha yüksek pürüzlülük elde edilmesi uyumlu değildir. Bu nedenle, 8000 d/dk grupları tekrar test edilmiştir. Ancak sonuç ve sıralamalar değişmemiştir. Bu uyumsuzluğun nedeni ise, Ohuchi ve Murase (2001) ve ayrıca Benardos ve Vosniakos (2003) tarafından yapılan çalışmalarda belirtildiği gibi vibrasyondan ve ayrıca yüksek devirlerde test örneğinin yüzeyine meydana gelen ısınmadan kaynaklandığı düşünülmektedir. Yapılan bu proje çalışmasında kullanılan CNC makinesi alüminyum konstrüksiyonludur ve 2.2 kW gücünde küçük bir motora sahiptir. Makine endüstriyel ölçekli bir makine değildir. 12000 ve 16000 gibi yüksek devirlerde çalıştırıldığında motor sesi artmakta ve ayrıca vibrasyon oluştuğu düşünülmektedir. Önceki çalışmalarda kullanılan CNC makineleri gerek konstrüksiyon ve gerekse motor gücü bakımından daha güçlü ve konstrüksiyon bakımından daha stabil makineler olduğu görülmektedir. Literatürden farklı sonuç elde edilmesinin nedeninin bu olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, bu konuda yapılan önceki çalışmalarda, genel olarak bıçak motoru devri arttıkça yüzey pürüzlülük değerlerinin azaldığı belirlenmiş ve çalışmanın sonunda, daha pürüzsüz bir yüzey elde edebilmek için yüksek bıçak motoru devirleri önerilmiştir. Ancak, tamamlanan bu proje çalışması sonucunda elde edilen verilere göre, çok yüksek devirlerde yapılan çalışmalar sonunda enerji tüketiminin arttığı belirlenmiştir. Buna göre, eğer enerji tüketimi dikkate alınacak ve yüzey pürüzlülük değerine göre öncelik verilecekse bıçak motoru devrinin çok yüksek seçilmemesi gerekmektedir. Burada, “çok yüksek” yerine net bir rakam söyleyemeyiz. Çünkü, endüstriyel uygulamalarda kullanılan CNC makinelerinde maksimum devri 18000 veya 24000 d/dk olan motorlar kullanılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan CNC makinesinde ise maksimum 18000 d/dk da çalışan bir motor kullanılmıştır. Bu iki motor arasında elektrik tüketimi bakımından bazı farklar oluşması muhtemeldir.

Bu çalışma sonunda enerji tüketimi ile ilgili elde edilen sonuçlar, daha önce bu konu üzerinde yapılan çalışma bulunmadığı için tartışılmamıştır. Daha güçlü (2.2 kW'dan büyük) bıçak motoruna sahip bir CNC makinesinde enerji tüketimi farklı takım yolu ayarlarına göre nasıl değişir? sorusuna kesin bir cevap verilemez. Ancak, çalışma sonunda elde edilen sonuçlar yol gösterici niteliktedir.

5 SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Bu çalışmada CNC makinelerinde işlenen MDF levhaların yüzey pürüzlülüğü ve makinenin enerji tüketimi değerleri üzerine takım yolu ayarlarının etkileri araştırılmıştır. Elde edilen verilere göre şu sonuçlar söylenebilir;

Bıçak adımı (yanal ilerleme) yüzdesi %20'den %80'e doğru arttıkça yüzey pürüzlülüğü istatistiksel olarak önemli seviyede artmaktadır. %60 ve %80 bıçak adımlarında yüzeylerdeki dalgalılık çıplak gözle rahatça görülebilecek derecede yükselmektedir. Ancak, enerji tüketimi önemli seviyede azalmaktadır.

Besleme hızı 1 m/dk'dan 7 m/dk'ya doğru arttıkça, yüzey pürüzlülüğü önemli seviyede artmaktadır. Buna karşın, enerji tüketimi önemli seviyede azalmaktadır. Enerji tüketimini en fazla etkileyen faktör besleme hızıdır. Besleme hızını 7m/dk'dan 1 m/dk'ya düşürdüğümüzde harcanan enerji miktarında %250 artış olmaktadır.

Bıçak motor devri 4000 d/dk'dan 16000 d/dk'ya doğru arttıkça, yüzey pürüzlülüğü 8000 d/dk'da azalmakta, ancak daha yüksek devirlerde tekrar azalmaktadır. Yüksek hızlardaki bu düşüşün olası sebebinin vibrasyon olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, bıçak motor devri arttıkça enerji tüketiminin arttığı belirlenmiştir.

Dalma derinliği 2 mm'den 6 mm'ye çıkarıldığında, yüzey pürüzlülüğü artmakta ve enerji tüketimi de artmaktadır. Yüzey pürüzlülüğünün artmasının nedeni levha yoğunluğunun azalması, enerji tüketiminin artmasının nedeni ise yapılan iş miktarının artması olduğu söylenebilir.

Bu çalışma için planlanan takım yolu ayarlarından 16000 d/dk bıçak motoru devri ve 1 m/dk besleme hızı ve %20 bıçak adımı kombinasyonunda yapılan denemelerde, özellikle 6 mm dalma derinliği grubunda test örneklerinin yüzeyleri fazla ısınmadan dolayı zarar görmüştür. Bu nedenle, 1 m/dk besleme hızı 6 mm dalma derinliği grubunda çalışılmamıştır. Bu konuda, bu çalışmada elde edilen önemli bir sonuçtur.

Sonuç olarak, pürüzlülük ve enerji tüketimine ait bulguları değerlendirdiğimizde, bıçak motoru devri arttıkça, bıçak adımı ve besleme hızı azaldıkça, enerji tüketimi artmaktadır. Buna karşın yüzey pürüzlülüğü azalmakta, iyileşmektedir. Bu durumda, çalışmanın amacı doğrultusunda optimum takım yolu ayarlarını belirlemek için, yüzey pürüzlülüğü ve enerji tüketimi en fazla olan grupları elememiz gereklidir. Bu durumda, 4000

d/dk ve 16000 d/dk devir grupları, %20 ve %80 bıçak adımı grupları, 1 ve 7 m/dk besleme hızı grupları öncelikle elenmesi gerekmektedir. Geriye kalan gruplardan, enerji tüketimi ve yüzey pürüzlülüğü düşük olduğu için 8000 d/dk bıçak motor devrini, bıçak adımlarından %40 veya %60 veya bu iki değer arasındaki bir bıçak adımı yüzdesini, besleme hızlarından 3 veya 5 m/dk veya bu iki değer arasındaki bir besleme hızını optimum takım yolu ayarları olarak belirleyebiliriz. Görsel inceleme sonunda elde edilen verileri de dikkate alırsak, bıçak adımı gruplarında %60'ıda elememiz gerekmektedir. Besleme hızlarından 3 veya 5 m/dk önerilebilir. Pürüzlülük değerleri bakımından 3 ile 5 m/dk arasında, çok büyük farklar elde edilmemiştir. Ancak, enerji tüketimi bakımından elde edilmiştir. Bu durumda, 3 m/dk besleme hızı da elenebilir.

5.2 Öneriler

Tamamlanan bu çalışma sonunda elde edilen verilere göre, önemli bazı sonuçlar çıkarılmıştır. CNC makineleri ile lif levhaların yüzeylerinin işlenmesi esnasında, uygulanan takım yolu ayarlarının yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisinin önemli olduğu ve yüksek devirlerde daha düşük pürüzlülük elde edildiği önceki çalışmalarda rapor edilmiştir. Bu konuda hem Türkiye'de ve hem de diğer ülkelerde faaliyet gösteren araştırmacılar tarafından çalışmalar yapılmış ve önemli sonuçlar bulunmuştur. Bu sonuçlar hem ahşap esaslı malzemeler ve hem de metaller üzerinde yapılan denemelerde ortaya konmuştur. Bu çalışmalara ilave olarak, tamamlanan bu çalışmada, enerji tüketimi konusu araştırılmış ve önemli bazı sonuçlara ulaşılmıştır.

CNC makinelerinde, çok iyi yüzey pürüzlülüğü elde etmek üzere yapılan kodlamalarda enerji tüketiminin oldukça arttığı belirlenmiştir. Bu nedenle, çok yüksek bıçak motoru devirlerinde, çok küçük bıçak adımında ve çok küçük besleme hızlarında kodlama yapılmasının enerji tüketimi bakımından negatif sonuçları olduğu söylenebilir.

Bu çalışma esnasında denenen takım yolu ayarlarından %40 bıçak adımı, 5 m/dk besleme hızı ve 8000 d/dk bıçak motor devri optimum takım yolu ayarları olduğu söylenebilir. Kesin rakamlar değil aralık vermek gerekirse %40-50 bıçak adımı, 3-5 m/dk besleme hızı, 8000-12000 d/dk bıçak motoru devri önerilebilir.

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, 2006 Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013) Ağaç Ürünleri ve Mobilya Sanayi Özel İhtisas Komisyonu Raporu
- 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.
- 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., & 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 workpieces machined in CNC milling machine in cutting speeds, feedrate, and depth of cut. *Meccanica*, 50(12), 2899-2906.
- Dinçel, 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., Irlle, 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., Irlle M., 2005. Processin groughness 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), 6772.
- 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. Ormancılık'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.
- Sofuoglu, 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 wooden edge-glued panels (EGPs). *BioResources*, 8(4), 5435-5448.
- Topal, E. S. (2009). The role of stepover 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.
- Yiğit, R. (2006). Bilgisayarlı Nümerik Kontrol (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.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı, soyadı : Elif AKÇAKAYA
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 05/09/1992 - Osmaniye
Medeni hali : Bekar
Telefon : 0 542 208 92 76
e-posta : elif_akcakaya7076@hotmail.com

Eğitim

| Derece | Eğitim Birimi | Mezuniyet tarihi |
|---------------|----------------------------------|------------------|
| Yüksek lisans | KSÜ /Orman Endüstri Mühendisliği | 2017 |
| Lisans | KSÜ/Orman Endüstri Mühendisliği | 2015 |
| Lise | Kadirli Lisesi | 2011 |

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 FurnitureCongress, 13-15 October 2016, .Bildiriler kitabı S:623, Muğla.
3. Bal BC, AKÇAKAYA, E,2016,Isıl İşlem Görmüş Çam Odunun Bazı Fiziksel Özellikleri ve Sertlik Değerleri, 1st International Mediterranean Science and Engineering Congress, 26-28 October 2016, Proceedingsbook P: 1530-1535, Adana.
4. BAL BC, AKÇAKAYA E, GÜNDEŞ E, (2016) Farklı ağaç türlerinden üretilmiş kontrplakların yanal çivi dayanımı üzerine bir araştırma, Düzce Üniversitesi, Ormancılık dergisi, 12 (1): 145-153.
5. 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.

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 lif Levha Yüzeylerinin İşlenmesinde Enerji Tasarrufu için Optimum Takım Yolu Ayarlarının Belirlenmesi (2017).