

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİR LİF LEVHA FABRİKASINDA BAKIM ODAKLI UYGULAMALAR
KULLANILARAK VERİMLİLİĞİN GELİŞTİRİLMESİ: RAFİNÖR
ÜNİTESİ ÖRNEĞİ**

Burcu UZUN

**Danışman
Doç. Dr. Abdullah SÜTÇÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2017**



© 2017 [Burcu UZUN]

TEZONAYI

Burcu uzun tarafından hazırlanan " Bir Lif Levha Fabrikasında Bakım Odaklı Uygulamalar Kullanılarak Verimliliğin Geliştirilmesi: Rafinör Ünitesi Örneği " adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Ün versitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman	Doç. Dr. Abdullah SİTİÇİ Süleyman Demirel Ün versitesi
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Halil Turgut ŞAHİN Süleyman Demirel Ün versitesi
Jüri Üyesi	Yrd. Doç. Dr. Yusuf ŞAHİN Mehmet Akif Ersoy Ünversitesi



Enstitü Müdürü Prof. Dr. Yeşin TUNCER

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Burcu UZUN

İçindekiler

İçindekiler	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
1.1. Türkiye’de Levha Sanayinin Mevcut Durumu ve Üretimi.....	3
1.2. Orta Yoğunlukta Lif Levha (MDF) Üretim Süreci	5
1.3. Liflendirme Sürecinde Lif Kalitesini Etkileyen Faktörler	8
1.4. Lif Üretim Sürecinde Etkin Bir Faktör Olarak Odunun Yapısı	9
1.5. Takım Ömrü.....	11
1.6. Takım Ömrünü Artırmaya Yönelik Bakım Odaklı Uygulamalar	15
2. KAYNAK ÖZETLERİ	22
3. MATERYAL VE YÖNTEM	27
3.1. Materyal	27
3.1.1. Tez Çalışmasının Uygulandığı İşletme	27
3.1.2. Liflendirme Rafinör Ünitesi	27
3.2. Yöntem	33
3.2.1. Lif Kalitesinin Belirlenmesi	33
3.2.2. En Uygun Segment Değişim Zamanının Tespitine Yönelik Çalışmalar	37
3.2.3. Verimliliği Artırmaya Yönelik Uygulamalar	38
3.2.4. Deney Tasarımı ve İstatistiksel Analizler	38
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	41
4.1 Enerji Verimliliği ve Artırmaya Yönelik Uygulamalar.....	41
4.2 Segmentlerin Ömrü ve Verimliliğini Artırmaya Yönelik Uygulamalar	45
4.3. Segment Büyüklüklerinin Enerji Tüketimine ve Üretim Kapasitesine Etkisi.....	48
4.4. Ağaç türü karışımının Enerji Tüketimindeki Değişime etkisi	53
4.5. Rafinör Üretim Sürecinin İzlenmesinde İstatistiksel Proses Kontrol (SPC) Teknikleri Kullanılarak Etkinliğin Artırılması Çalışmaları	57
4.6. Segment Körelmesine Bağlı Lif Kalitesindeki Değişimin Araştırılması.....	62
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	66
KAYNAKLAR	71
ÖZGEÇMİŞ	76

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BİR LİF LEVHA FABRİKASINDA BAKIM ODAKLI UYGULAMALAR KULLANILARAK VERİMLİLİĞİN GELİŞTİRİLMESİ: RAFİNÖR ÜNİTESİ ÖRNEĞİ

Burcu UZUN

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Abdullah SÜTÇÜ

Orta yoğunluktaki lif levha (MDF) ürün piyasasında özellikle Çin, Endonezya gibi işçilik ücretlerinin, enerji ve hammadde maliyetlerinin düşük olduğu ülkeler ile yoğun rekabet sağlanabilmesi için maliyetlerin düşürülmesi gerekmektedir. Bu noktada daha ucuza temin edilemeyen kaynakların daha verimli kullanılarak maliyetin azaltılması düşünülmelidir. Bu çalışmada daha verimli üretim süreçleri uygulanması için bakım odaklı uygulamalar kullanılmıştır. Bu kapsamda verimliliğin geliştirilmesi üzerine uygulama bir MDF üretim işletmesinin liflendirme prosesinde gerçekleştirilmiştir. Böylece sistemi daha verimli hale getirirken maliyet avantajı sağlanmıştır. Bu kapsamda çalışma Antalya'da orman ürünleri endüstrisi sektöründe hizmet veren yıllık 500.000 m³ üretim kapasitesine sahip bir entegre tesisin liflendirme ünitesinde (rafinör) gerçekleştirilmiştir. Uygulama sürecinde segment ömrüne bağlı olarak azalan günlük segment maliyeti ile segment körelmesine bağlı artan günlük enerji tüketim maliyetleri analiz edilerek optimum segment ömrünün tespiti hedeflenmiştir.

Enerji verimliliği açısından liflendirme ünitesindeki enerji tüketiminin istatistiksel proses kontrol (SPC) yöntemlerinden faydalanılarak takip edilmesi önerilmiştir. Bu tekniklerin kullanımı ile segment değişim zamanına daha doğru karar verebilmekte ve liflendiricideki olağan dışı güç tüketimine sebep olabilecek haller takip edilebilmektedir. Böylece olağan dışı durumların sebep olduğu segment körelmesini engellemek mümkün olabilecektir.

Çalışmada ayrıca farklı boyuttaki segmentler verimlilik açısından değerlendirilmiştir. 58" ve 62" lik segmentler arasında enerji tüketimi açısından anlamlı bir farklılık tespit edilemezken, kapasite olarak 62" lik segmentte daha fazla miktarda lif üretimi gerçekleştirildiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Orta Yoğunluktaki Lifli Levha (MDF), bakım odaklı uygulamalar, istatistiksel proses kontrol, takım ömrü, enerji verimliliği.

2017, 76 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

DEVELOPMENT OF EFFICIENCY BY USING MAINTENANCE FOCUSED APPLICATIONS IN A FIBER SHEET FACTORY: REFINER UNIT SAMPLE

Burcu UZUN

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Forest Products Engineering**

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Abdullah SÜTÇÜ

In the medium density fibreboard (mdf) product market, costs should be reduced because of intensive competition with such countries as China, Indonesia where labor costs, energy and raw materials are cheap. In this case, it should be considered that resources that cannot be supplied at lower cost should be used efficiently to reduce the cost. In this study, the application of maintenance-oriented applications to implement more efficient production processes has used in a narrow scope in MDF production facility fiber spinning process. This makes the system more efficient while providing cost advantages. In this context, the study was carried out in the fiber-reinforced unit, which performs the fiber-finishing of an integrated plant with an annual production capacity of 500,000 m³, serving in the forest industry sector in Antalya

In the implementation process, it is aimed to determine the optimum segment lifetime depending on the decreasing daily segment cost and the increasing daily energy consumption costs due to segment blunting.

With respect to energy efficiency the energy consumption of the fiberizing unit was analyzed by using statistical process control (SPC) methods. Thus, it is possible to make decisions about the time of the segment change more accurately and to follow the reason of extraordinary power consumption in the fiber.

In the study, segments at different sizes were evaluated in terms of productivity. While no significant difference in energy consumption could be detected between the 58" and 62" segments, it was determined that more fiber production occurs in the 62" segment as capacity.

Keywords: Medium density fiberboard (MDF), maintenance focused application, statistical proses control, tool life, energy efficiency.

2017, 76 pages

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli danışman hocam Doç. Dr. Abdullah SÜTÇÜ'ye teşekkürlerimi sunarım.

Antalya AGT Ağaç San. ve Tic. A. Ş.'de uygulama faaliyetlerini gerçekleştirmemi sağlayan AGT Yönetim Kurulu Üyesi Mehmet Semih SÖYLEMEZ'e ve çalışmalarımı yaptığım süre içerisinde değerli bilgilerini benimle paylaşan Orman Endüstri Mühendisi Faruk ŞİŞÇİ'ye teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Burcu UZUN
ISPARTA, 2017

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. MDF serme hattı.....	3
Şekil 1.2. Türkiye’de ve Dünya’da levha üretimi	4
Şekil 1.3. Türkiye’nin Son 10 yıllık MDF ve lif levha ihracat ve ithalat değişimi	5
Şekil 1.4. MDF üretim süreci.....	6
Şekil 1.5. MDF fabrikasında rafiner ünitesi	6
Şekil 1.6. Lif üretme prosesi	7
Şekil 1.7. Odununun enine kesitinden bir görünüş	10
Şekil 1.8. Çam hücre çeperi içerisindeki mikrofibril yapısının şematik gösterimi	11
Şekil 1.9. Kesme hızı takım ömrü ilişkisi, lineer ilişki, logaritmik ilişki	13
Şekil 1.10. Rafinör de bakım uygulamaları.....	15
Şekil 1.11. Rafinör planlı bakım örneği	16
Şekil 1.12. Serme bandının yırtılması ile gerçekleşen arıza.....	19
Şekil 3.1. İşlem görmemiş yongalar, Ön buharlama ve pişiricide işlem görmüş yongalar	28
Şekil 3.2. Rafinör plaka, rafinörün şematik gösterimi.....	29
Şekil 3.3. Segment değişimi için Rafinör’ün hazırlanma aşaması.....	31
Şekil 3.4. Rafinör disk.....	32
Şekil 3.5. Körelmiş segment örneği, kullanılmamış segment örneği	32
Şekil 3.6. Lif kalitesinin tanımlanması için harita	33
Şekil 3.7. Lif hazırlama koşulları.....	34
Şekil 3.8. Elek analizi sonucunda elekte kalan lif örneği.....	35
Şekil 3.9. Çekme gerilimi altında lif bağları (Şematik), Maksimum direnç, Düşük direnç.....	36
Şekil 4.1. Ele alınan işletme için rafinör ünitesinde enerji tüketimi ile ilgili temel istatistikler.....	41
Şekil 4.2. 58” için, 62” için günlük ortalama tüketilen enerji değişimi.....	42
Şekil 4.3. Rafinör yüklenme durumu.....	44
Şekil 4.4. Rafinör enerji verimliliği değişimi	44
Şekil 4.5. Segment kullanım süresi ile ilgili temel istatistikler.....	45
Şekil 4.6. Rafinör segmentlerinin ömründe etkili olan faktörler	46
Şekil 4.7. Değişen Segmentte demir nedeni ile oluşan körelme	47
Şekil 4.8. Farklı boyutlardaki segmentlerin günlük ortalama enerji tüketimine ait Box-Whisker karşılaştırma grafiği.....	50
Şekil 4.9. Farklı boyutlardaki segmentlerin kapasite değerleri ile ilgili Box- Whisker karşılaştırma grafiği	51
Şekil 4.10. Rafinör için günlük maliyet değişimi a)58”lik segment kullanımı durumunda b)62”lik segment kullanımı durumunda.....	52
Şekil 4.11. Odun türü karışımının revize öncesi ve sonrası günlük ortalama enerji tüketimine etkisi.....	54
Şekil 4.12. Rafinör enerji tüketiminin regrasyon kontrol grafiği ile izlenmesi	58
Şekil 4.13. Günlük ortalama enerji değerlerindeki değişimin istatistiksel kalite kontrol diyagramları İlk 7 günlük değişim, 8-21 Günlere ait değişim	61

Şekil 4.14. Elek analizi sonuçları lif kalitesi takibi grafiği.....	62
Şekil 4.15. Lif kalitesinin duyusal analiz ile değerlendirilmesi.....	64
Şekil 4.16. Otomatik eleme cihazı.....	65



ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 4.1. Enerji değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler.....	48
Çizelge 4.2. Lif kapasitesine ait tanımlayıcı istatistikler.....	50
Çizelge 4.3. Odun karışımının segment körelmesine bağlı enerji tüketimine olan etkisi.....	55
Çizelge 4.4. Revize öncesi ve sonrası enerji değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler	56
Çizelge 4.5. Elek analizi sonuçları.....	63



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

a	Hata payı
CTMP	Kimyasal termomekanik hamur
df	Serbestlik derecesi
EKK	En küçük kareler
H ₀	Sıfır hipotezi
H ₁	Karşıt hipotez
HDF	Yüksek yoğunluklu lif levha
kWh	Kilovat saat
LCL	Alt kontrol noktası
Log	Logaritma
MDF	Orta yoğunluktaki lifli levha
m ³	Metre küp
n	Örnek sayısı
OSB	Yönlendirilmiş yonga levha
SPC	İstatistiksel proses kontrol
SD	Serbestlik derecesi
t	t testi
TMP	Termomekanik hamur
TPM	Toplam verimli bakım
TS	Türk standartları
TVB	Toplam verimli bakım
”	Inç
UCL	Üst kontrol noktası

1. GİRİŞ

Günümüzdeki rekabet ortamında üretim ve hizmet sektörü olarak ele aldığımızda firmaların üretimlerini sürekli hale getirmesi seri üretimlerini aksatmamaları ve ürün kalitesini yüksek tutmaları gerekmektedir. Türkiye levha sanayinin hızlı bir şekilde büyümesi nedeni ile uluslararası rekabette verimlilik ve maliyetin önemi büyüktür. Rafinörün tükettiği enerji maliyetlerinin ve segment maliyetlerinin çok yüksek olması aynı zamanda yurt dışına bağımlı olmamız nedeni ile bakım odaklı çalışmalar önem kazanmaktadır. Bu kapsamda verimlilik odaklı bakım çalışmaları kullanılarak maliyetler düşürülebilmektedir. Aynı şekilde verimliliğin artırılması için piyasada yıllardır başarılı bir şekilde istatistiksel proses kontrol (SPC) tekniklerinden yararlanılabilmektedir.

Bugünün modern endüstri dünyasında daha yüksek verimli makina ve tesislerin kullanılması kaçınılmazdır. İşletmelerde ani bir şekilde ortaya çıkan arızalar nedeni ile üretim planlarında aksamalar meydana gelmektedir. Bu nedenle kaynakların en iyi şekilde kullanılması, üretime engel teşkil edebilecek sorunların ortadan kaldırılması, üretimin kaliteli bir şekilde sıfır hata ile tam zamanında ve planlanan miktarda yapılması işletmelerin rekabet ortamında başarılı olmasını sağlamaktadır (Genç, 2007). Bakım odaklı uygulamalar kullanılarak verimliliği düşüren kayıplar ortadan kaldırılıp kaynakların en etkin biçimde kullanılması mümkün olabilmektedir.

Bir üretim tesisinin bakım yönetiminin olmaması bir eksikliktir. Üretim sisteminde kesintisiz ürünler üreterek verimliliği sağlayabilmesi için güvenilir merkezli bir bakım planlama ve kontrol yönteminin oluşturulması gerekmektedir. Bakım politikaları ile arıza oluşmadan önce tedbirler alınarak makine ve teçhizat bakım maliyetleri düşürülmektedir (Tu vd., 2001).

MDF üretim prosesi makinalaşmanın ve teknoloji kullanımının yoğun olduğu bir sektördür. Kullanılan makinelerin yurt dışından ithal edilmesi nedeni ile bakım

ve yedek parça maliyetleri oldukça yüksektir. İşletmelerde planlı bakım çalışmalarının yapılmaması makinelerin arızalanarak sürecin kesintiye uğramasına neden olmaktadır. Bu durumun sonucunda ise kapasite ve kalite kayıpları ortaya çıkmaktadır. Orta yoğunluklu lif levha (MDF) üretim süreci ise enerji maliyetlerinin yüksekliği ile dikkat çeken bir sektördür. Liflendirme için kullanılan segmentlerin aktif kullanım sürelerinden fazla kullanılması durumunda enerji tüketim miktarları artış göstermektedir. Bu nedenle işletmelerdeki bakım faaliyetleri kritik öneme sahiptir bakım faaliyetlerinin belirli amaçlara yönelik olarak bilinçli ve planlı bir şekilde yürütülmesi gerekmektedir.

Talaşlı imalatta kullanılan en büyük maliyetlerden biri kesici takım/kesici uç maliyeti olmaktadır (İşbilir, 2006). Diğer önemli maliyetlerden bir tanesi ise enerji maliyetidir. Segmentlerin kullanım süreleri arttıkça enerji sarfiyatı artmaktadır (Thoemen vd., 2010).

Türkiye 2014 yılında dünya levha üretiminde 5. Sırada yer almaktadır. Türkiye levha ihracatında en büyük payı 384 milyon dolar ile MDF ve lif levha üretimi almaktadır. Türkiye yılda yaklaşık 5.971.200 m³/yıl üretim kapasitesine sahip bulunarak önemli bir yer edinmiştir. Dünyanın en büyük levha üreticisi Çin Halk Cumhuriyeti, dünya levha üretiminde en büyük paya sahiptir. Oluşan rekabet ortamı nedeni ile verimlilik ön plana çıkmaya başlamıştır (Anonim, 2015).

Çalışmanın başlangıcında segment ömrünün artmasına bağlı olarak azalan günlük segment maliyeti ile segment körelmesine bağlı olarak artan günlük enerji maliyeti ve optimum segment ömrünün hesaplanması hedeflenmiştir.

Çalışmanın başlığı Bir Lif Levha Fabrikasında Bakım Odaklı Uygulamalar Kullanılarak Verimliliğin Geliştirilmesi: Rafinör Ünitesi Örneğidir. Bu çalışmada bakım odaklı uygulamalar ve bu sisteme ait olan araçlar, tesisin sadece liflendirici bölümünde uygulanmıştır. Bu kapsamda liflendirici bölümünde yurt dışına bağımlılığı olan parçalarda (segment) ve enerji kullanımında bakım odaklı uygulamalar ile verimliliği artırırken maliyetlerin düşürülmesi hedeflenmiştir.

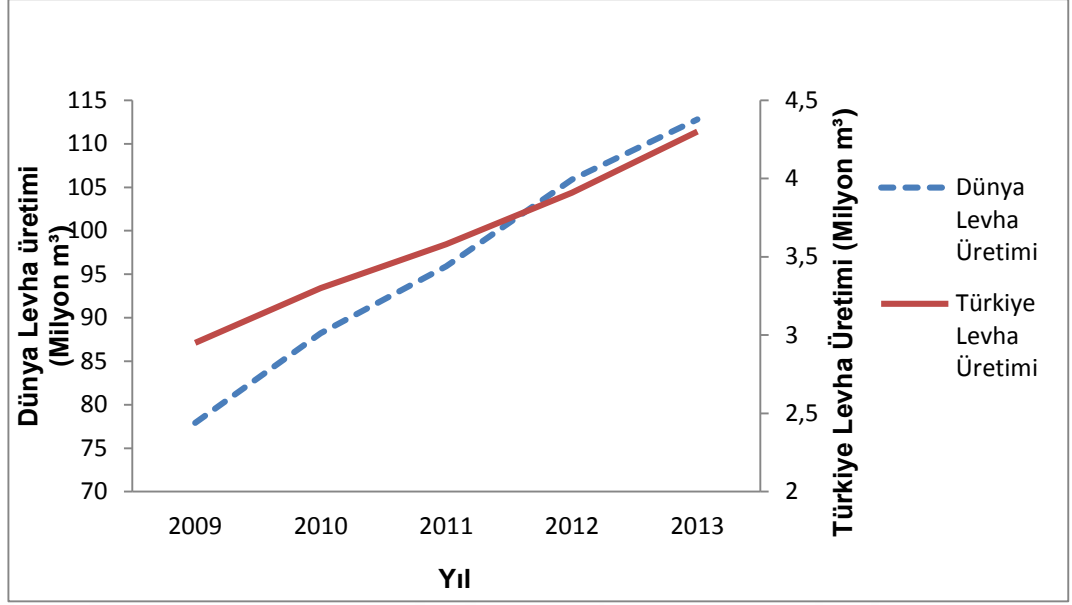
1.1. Türkiye’de Levha Sanayinin Mevcut Durumu ve Üretimi

Ülkemiz MDF sektörü; son dönemlerde açılmış olan ve yapımı devam etmekte olan yeni yatırımlarla Almanya ile birlikte Avrupa piyasadan en yüksek payı almaktadır. Türkiye, lif levha sektöründe 139 ihracatçı ülke arasında 21. levha ihracatçısı ve dünyanın en büyük 5. levha üreticisi olarak yer almaktadır. Aynı zamanda, 2014 yılı verileriyle, Lif levha (MDF) üretiminde Avrupa’da 1., dünyada 2. sırada yer alarak yılda yaklaşık 5.971.200 m³/yıl üretim kapasitesine sahiptir. Türkiye bu sektöre yapılan yatırımlar sayesinde başarılar kazanarak, dünyada söz sahibi olabilecek şekilde gelişmiş üretim teknolojisine ve kapasitesine ulaşmıştır (Anonim, 2015).



Şekil 1.1. MDF serme hattı

Dünyanın en büyük levha üreticisi; Çin Halk Cumhuriyeti’dir. Çin Halk Cumhuriyeti, dünya levha üretiminin %55’ini tek başına gerçekleştirerek, 2013 yılında 62,6 milyon m³ levha üretmiştir. Çin Halk Cumhuriyeti’ni sırasıyla ABD, Almanya, Brezilya ve Türkiye takip etmektedir. Şekil 1.2’de Türkiye ve Dünya’daki levha üretim miktarlarının (milyon m³) yıllara göre değişimi belirtilmiştir.



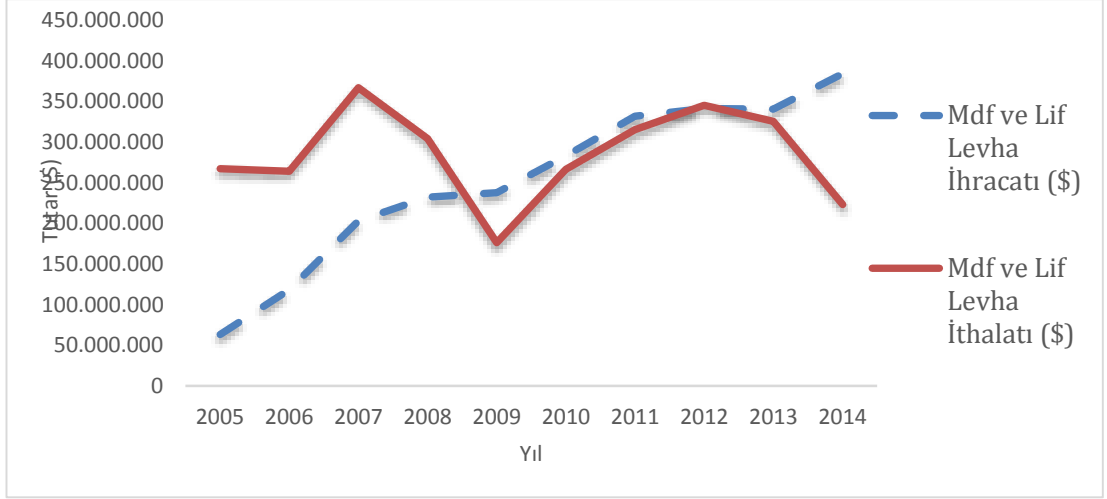
Şekil 1.2. Türkiye’de ve Dünya’da levha üretimi (Anonim, 2016)

Dünya ahşap levha ihracatının %20,3’ünü 6,7 milyar \$’la Çin Halk Cumhuriyeti gerçekleştirmektedir. Türkiye 139 ihracatçı arasında 21. levha ihracatçısı olarak bu sırada yerini almaktadır (Anonim, 2015).

2013 yılı Trademap verilerine göre; dünya levha ithalatının %14,3’ünü 4,5 milyon \$’lık değeriyle ABD gerçekleştirmektedir. Bu sırayı Japonya (%8,6), Almanya (%6,6), İngiltere (%4,1) ve Fransa (%3,5) takip ederek Türkiye 12. levha ithalatçısıdır (Anonim, 2015).

Türkiyenin son 10 yıl içerisindeki MDF ve lif levha ihracat ve ithalat değerleri (\$) Şekil 1.3’ de görüldüğü gibi değişim göstermektedir.

Levha ihracatı ürün bazında ele alınacak olur ise; en büyük payı 384 milyon \$’la MDF ve lif levha üretimi almaktadır. Bu sırayı 106,8 milyon \$’la yonga levha ve yönlendirilmiş yonga levha (OSB) ile kontrplak takip etmektedir (Anonim, 2015).



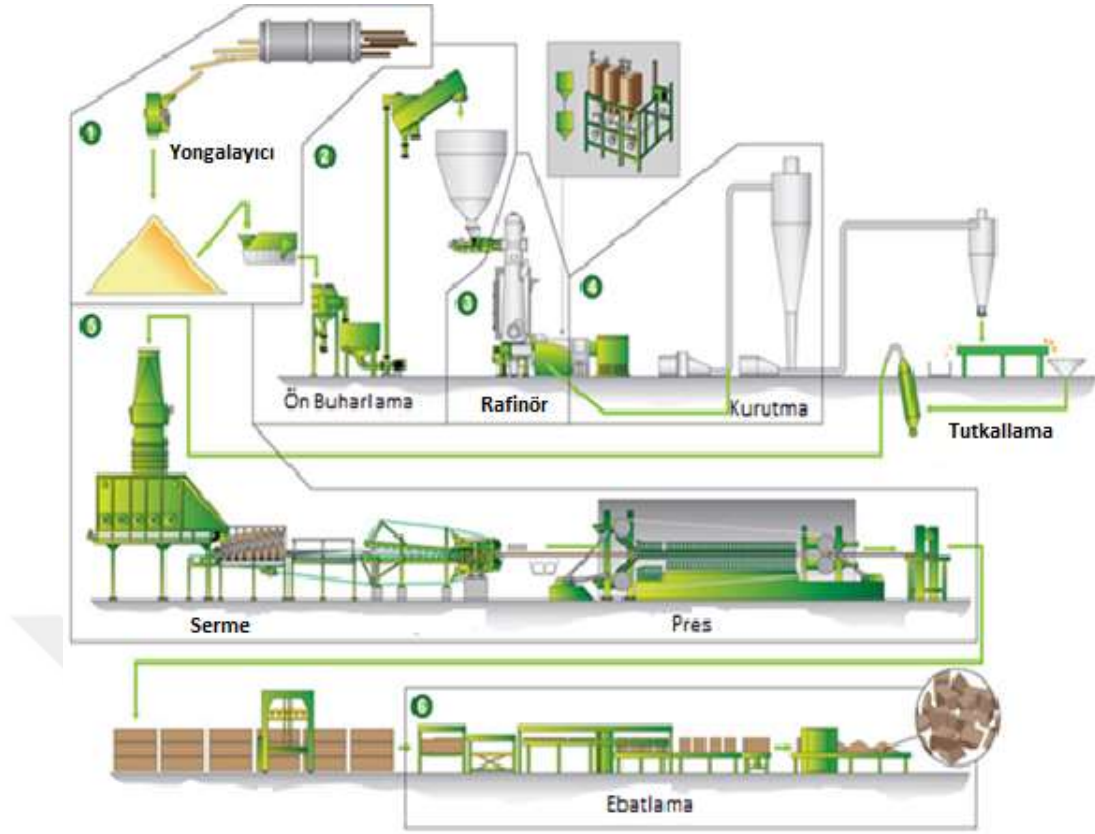
Şekil 1.3. Türkiye'nin Son 10 yıllık MDF ve lif levha ihracat ve ithalat değişimi (Anonim, 2016)

1.2. Orta Yoğunlukta Lif Levha (MDF) Üretim Süreci

MDF, Termomekanik olarak odun ya da diğer ligno-selülozik hammaddelerden elde edilen liflerin termosetting (sıcakta katılaşan) özelliği gösteren bir tutkalla karıştırılarak belirli bir rutubete kadar kurutulduktan sonra liflerin keçeleşme özelliklerinden faydalanılıp sıcak pres ile preslenerek üretilen homojen yapıdaki levhalardır (Akbulut ve Ayrılmış, 2002).

Dünyada 1980' li yıllardan itibaren MDF üretimi hızlı bir şekilde yükseliş göstermiştir. MDF'nin masif ağaç malzeme gibi işlenebilmesi nedeni ile mobilya sektörü ve birçok ahşap işleri endüstrisinde tercih edilmektedir. MDF'nin fiziksel özelliklerinin iyi ve mekanik direnç değerlerinin yüksek olması nedeni ile MDF üretimi hızlı bir şekilde artış göstermektedir (Ayrılmış, 2000).

MDF Üretim süreci sürekli üretim şeklinde olmaktadır (Şekil 1.4). Üretimde kullanılan makinelerin büyük kısmının yurt dışından ithal edilmesi nedeni ile makine bakım ve servis maliyeti yüksek değerlerdedir. Bu nedenle tamir bakım planlaması yapılmadığı takdirde makine bozulması (bıçak ile ilgili problemler rassal olarak ortaya çıkması) üretim sürecinin kesilmesine ve bundan dolayı kalite ve kapasite kayıplarının oluşmasına neden olabilmektedir.



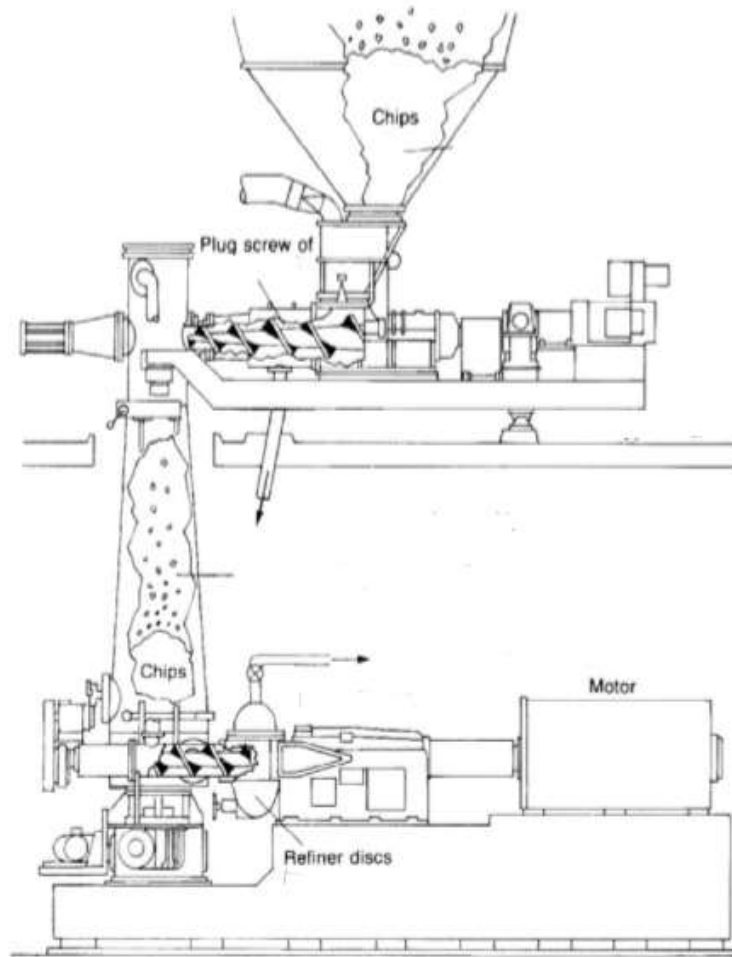
Şekil 1.4. MDF üretim süreci (Anonim, 2015)

MDF üretim süreci, makinalaşmanın ve teknoloji kullanımının yoğun olduğu ve buna bağlı olarak enerji maliyetlerinin yüksekliği ile dikkati çeken bir sektördür (Şekil 1.5).



Şekil 1.5. MDF fabrikasında rafinör ünitesi

MDF üretiminde kullanılan lifler termo-mekanik hamur oluşturma işlemi kullanılarak hazırlanır (Walker, 2006). Hammadde olarak hazır odun yongası veya lif-sanayi odunları ile birlikte ahşap sanayiinin talaş, yonga, tahta artıkları kullanılmaktadır. Üretim sürecinde öncelikle odun parçacıkları, sanayi odunları kabuklarından temizlenir. Kabuklarından temizlenen odunlar yongalama makinesinden işleme tabi tutularak küçük parçalara ayrılır. Yongalar buharlama işlemlerinden geçerek liflendirme ünitesine(rafinör) gelir. Rafinör bölümünde liflendirildikten sonra çıkış borusunda tutkal ve diğer kimyasal ilaveleri gerçekleştirilir (Şekil 1.6). Sonra kurutulan lifler, serme hattına gelerek serme işlemi yapılır. Preslenen levhalar klimatize edilir. Son olarak ise zımpara ve ebatlama işlemleri gerçekleştirilerek MDF üretimi tamamlanmaktadır (bkz. 1.4) (Thoemen vd. 2010).



Şekil 1.6. Lif üretim prosesi (Walker, 2006)

1.3. Liflendirme Sürecinde Lif Kalitesini Etkileyen Faktörler

Rafinörde, iyi kalitede lif üretebilmek için diskler arasındaki mesafe, hızı ve bekleme süresinin önemli derecede etkisi bulunmaktadır. Diskler arasındaki mesafe liflendirilecek malzemeye (iğne yapraklı, yapraklı veya yıllık bitki) istenilen lif boyutuna ve elde edilecek levhanın kullanım yerine bağlı olarak değişim göstermektedir. Disklerin fazla ısınması sonucu kömürleşme meydana gelir, bıçakların arası dolar. Günlük üretimden alınan lif, analiz cihazı ile elek analizine tabi tutulmaktadır. Lif analizi sonuçlarına göre daha kaliteli ve ince lif elde edilmesi için gerekli düzenlemeler yapılmalıdır (Akbulut ve Ayrılmış, 2002).

Lif levha üretiminde keçeleşmenin iyi olması için iğne yapraklı ağaçlar tercih edilmektedir. Bu karışımdan elde edilen liflerin kalitesi daha yüksek olmaktadır. Enerji sarfiyatını önlemek ve hammadde kayıplarını asgariye indirmek için % 40 ile % 60 rutubette odun kullanmak idealdir. Odunun rutubet değeri lif doygunluğu noktasından düşük olduğu takdirde yongalama makinesinden istenilen boyut ve kalitede yonga alınması zorlaşır (Kara, 2011).

Liflerin işlenmesi esnasında lif kalitesini etkileyen faktörler şunlardır (Eroğlu ve Usta, 2000);

- Lif süspansiyonunun akış yönüne göre değişim göstermektedir.
- Bıçak malzemesinin cinsine göre hidratlanma değişmektedir.
- Bıçakların geometrisinde derinlik, genişlik ve iki bıçak arasındaki mesafe üretimde verimlilik için önemlidir. İnce bıçaklar lifleri kesmektedir. Geniş bıçaklar hidratlanmayı artırmaktadır. Bıçakların yüzeylerindeki kesici desenlerin derinliğinin artması ise hidrolik türbülans dolayısıyla enerji tüketim miktarının artmasına neden olmaktadır.
- Karşılıklı bıçaklar arasındaki mesafe üretim türüne ve bıçakların körelmesine göre değişim göstermektedir.

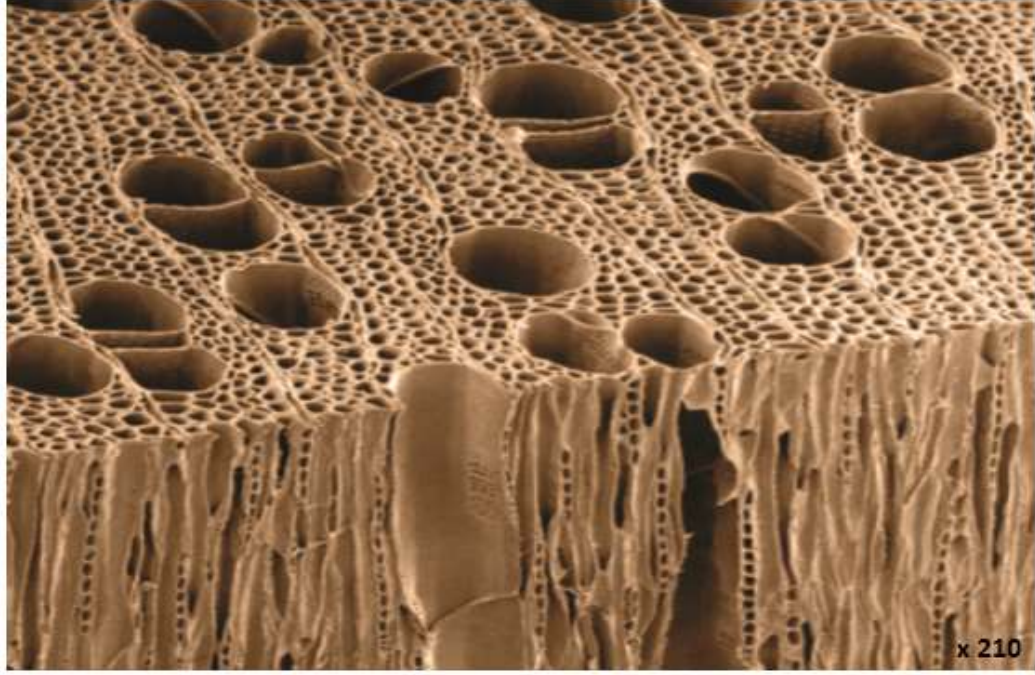
Kaliteli lif elde edebilmek için aşağıdaki maddelere dikkat edilmelidir (Kara, 2011);

- Kullanılan ağaç türüne göre lif kalitesi değişim göstermektedir
- Kazanın buhar basıncı ve pişirme süresi
- Yonga rutubeti
- Yonga cinsi ve boyutu
- Disklerin karşılıklı konumu
- Bıçaklar arasındaki mesafe
- Bıçakların çalışma süresi
- Rafinör alt besleme helezonun hızı
- Alt ve üst şineke ile kazan doluluk arasındaki optimum oran seviyesi
- Lif çıkış valfi açıklığı

1.4. Lif Üretim Sürecinde Etkin Bir Faktör Olarak Odunun Yapısı

Odunun işlenmesi özel yapısı nedeni ile zorlu bir teknolojik süreç içermektedir. İstenilen yapıda ve mekanik özelliklerde ahşabın kesme işlemleri gerçekleştirilmektedir (Kopac ve Sali, 2003).

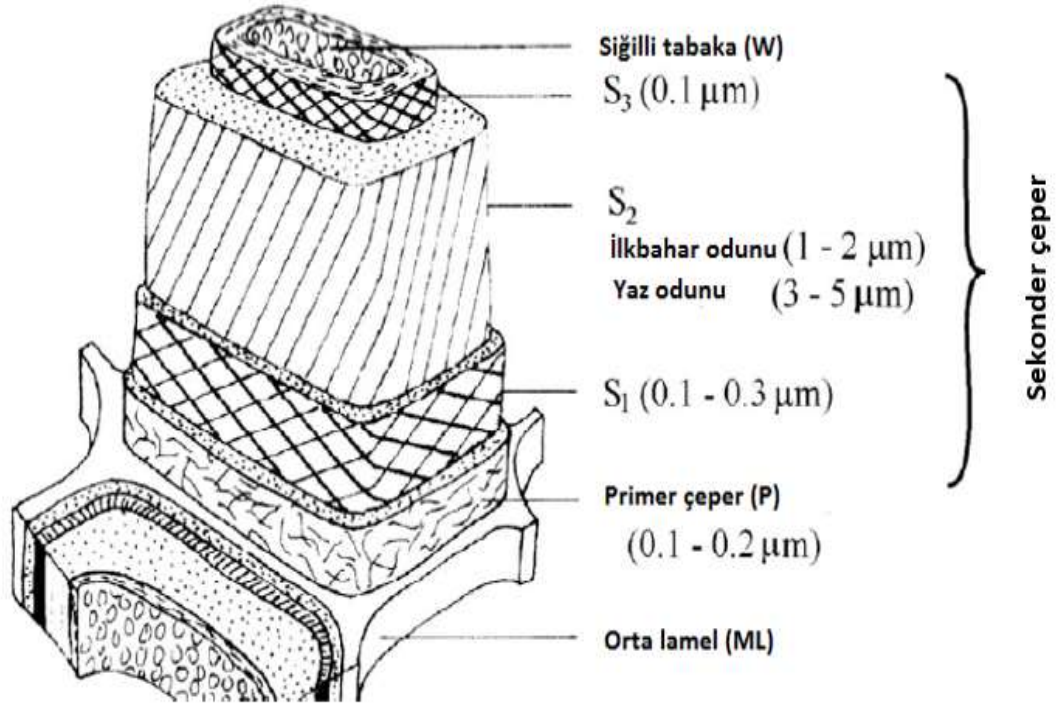
İğne yapraklı ağaçların odunları, yapraklı ağaçların odunlarından daha basit yapıdadır. Odunun büyük bir kısmı traheidlerden oluşmaktadır. Bu grup ağaçlarda traheidler hem su iletme görevindedir hem de destek vazifesi görmektedir (Şekil 1.7). Boyuna paranzim hücreleri fazla sayıda olmayıp, bazı iğne yapraklı ağaç türleri odunlarında hiç bulunmamaktadır. Yapraklı ağaçlarda, boyuna olarak sıralanmış hücreler paranzim hücreleri, libriform lifleri, traheler ve traheidler ile lif traheidlerinden ibaret olup daha kompleks bir yapıları bulunmaktadır (Bozkurt, 1967).



Şekil 1.7. Odununun enine kesitinden bir görünüş (Walker, 2006)

Şekil 1.8.' de hücre çeperi içerisindeki orta lamel, primer duvar ve bileşik ikincil duvar (S) şematik olarak gösterilmektedir. Hücre çeperi tabakalardan oluşmaktadır. Elektron mikroskobu ile görülebilen en küçük yapısal birim mikrofibrildir. Sekonder çeperde genellikle üç tabaka göze çarpmaktadır. İnce dış tabaka (S1), kalın orta tabaka (S2) ve ince iç tabaka (S3). Her üçü de ince, çok sayıdaki lamellerden meydana gelmiştir. Mikrofibrillerin uzanış yönü sekonder çeper tabakalarını birbirinden ayırmaktadır. Sekonder çeperin orta tabakası (S2) hücre çeperinin en kalın ve teknik bakımdan en değerli tabakası olmaktadır (Walker, 2006).

Odunun yoğunluğu hücre çeperi kalınlığına bağlıdır. Hücre çeperinin ince olması durumunda liflerde kollaps oluşabilir. Kollaps, ince çeperli liflerin yüksek elastikiyetleri ile birleşerek lifler arasında daha fazla temasın oluşmasına neden olabilmelidir. Temasın artması ile lifler arasında iyi bir yapışma oluşmaktadır. Hücre çeperlerinin kalın olması durumunda hücrelerde kollaps oluşmamakta ve lif esnekliği de azalacağı için daha zayıf bir bağlanma oluşacaktır (Akbulut ve Ayrılmış, 2002).



Şekil 1.8. Çam hücre çeperi içerisindeki mikrofibril yapısının şematik gösterimi (Walker, 2006).

1.5. Takım Ömrü

Bu çalışmada takım ömrü ifadesi ile; rafinör'ün yongaları lif haline getirmesi işleminde istenilen boyut ve kabul edilebilir standartlarda üretimin gerçekleştiği zaman veya aktif çalışma süresi anlatılmak istenmektedir. Uygun takım ömrünün belirlenmesi için, kesici takımında meydana gelebilecek aşınma mekanizmaları ve tiplerinin dikkatli bir şekilde analiz edilmesi gerekir. Uygun değerlerin seçilmemesi durumunda takım ömrünü kısaltıcı etki oluşabilmektedir (Gezgin, 2007).

Talaşlı imalatta en fazla maliyetlerden birisi kesici takım/kesici uç maliyeti olmaktadır. Bu maliyet öyle boyutlara çıkmaktadır ki önlem alınmaz ise işletmeyi yüksek miktarda zarara uğratabilmektedir (İşbilir, 2006).

Rafinör segmentleri 1000-2000 saat kadar çalıştıktan sonra ömürlerini tamamlamaktadır. Lif hamuru içerisinde toprak, kum, metal gibi yabancı maddelerin bulunması durumunda aşınma kısa süre içerisinde gerçekleşir. Bu durumda segment takım ömrünü tamamlayarak değiştirilmesi gerekmektedir (Eroğlu ve Usta, 2000).

Kesme işleminin optimizasyonu için kesme hızı (V) ve takım ömrü (T) arasındaki ilişki önemlidir. Takım ömrünü tayin etmede en yaygın kullanılan modeller Taylor, Gilbert, Kranenberg modelleridir. 1907 yılında F. W. Taylor tarafından ortaya konulan Denklem 1.1’de verilen ifade ile kesme hızı ve takım ömrü arasındaki ilişki gösterilmiştir.

$$VT^n = C \quad (1.1)$$

Bu eşitlikte; (n) öncelikle takım malzemesine bağlı olmakla birlikte aynı zamanda iş parçası malzemesinden, kesme şartlarından ve ortamdaki etkilenen bir üs (katsayı) olmaktadır, (C) ise özellikle ilerlemeyi sağlayan tüm girdi parametrelerine bağlı bir sabittir (Korucu ve Kantemir, 2012).

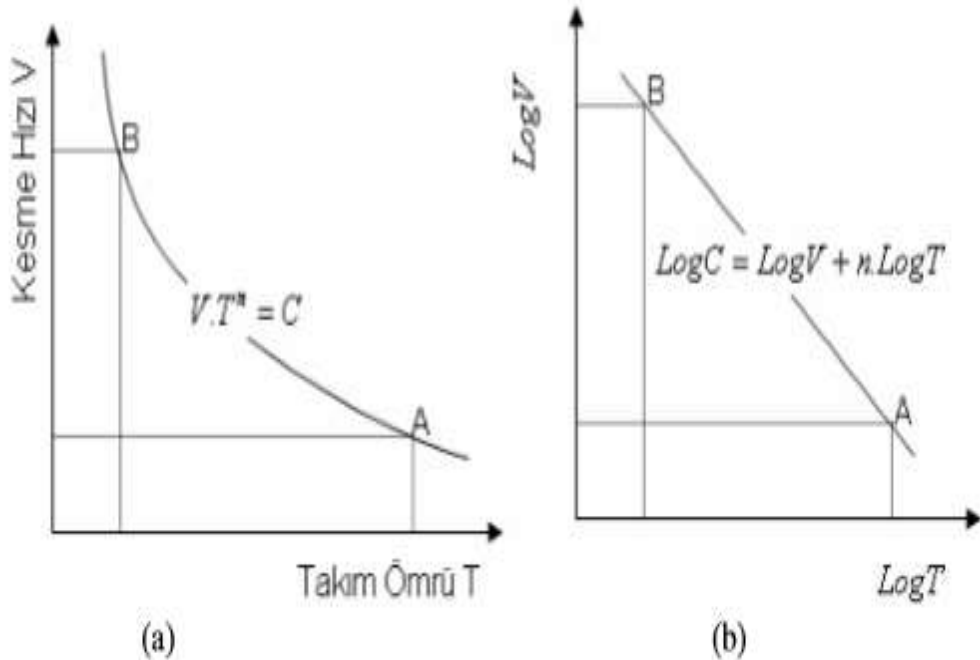
Taylor takım ömrü formülündeki “n” ve “C” sabitleri, TS 10329’a göre belirtilen, grafik yöntemi veya regresyon analiziyle hesaplanmaktadır. Regresyon analizinde, belirli bir yönde çizilen bütün noktaların sapmaları veya toplam kareler mesafesinden düz doğrunun minimum olan denklemi belirlenmektedir. Burada log T bağımsız değişken olan log V’ nin doğrusal fonksiyonu olmaktadır. Hesaplamalar için TS 10329 da bulunan regresyon hesaplama planından yararlanılmaktadır (Ay, 2013).

Takım ömrünün hesaplanmasında Taylor takım ömrü modeline göre “n” üstel değerinin hesaplanması iki aşamada gerçekleşmiştir. Birinci aşama grafik yöntemi ile Kesme hızı – Takım ömrü (Log V - Log T) grafiği çizilerek matematiksel hesaplamalar yapılmıştır. İkinci aşama ise regresyon hesaplama yöntemini kullanılmıştır. Sonuç olarak, kaplamalı ve kaplamasız takımlar için

“n” üstel ve “C” sabitini belirlenmiştir. Grafik ve Regresyon yöntemlerini kullanarak “n” ve “C” değerlerini aynı bulunmuştur. Bunun yanı sıra kesme hızının takım ömrü üzerinde önemli bir etkisinin olduğu belirlenmiştir (Karayel, 2015).

Grafik yöntemlerinin kullanılması durumunda ise; kesme hızı ve takımın aşınma süreleri logaritmik on tabanında tablodaki sütunların karşılığına yazılmaktadır. $\log V / \log T$ grafiği oluşturulmaktadır ve bu grafiğe bağlı olarak doğrusal bir formül elde edilmektedir. Grafikten elde edilen formül $\log V (x)$ e karşılık gelen iki ayrı değer alınarak ve $\log T (y)$ değeri elde edilerek Taylor teoremindeki “n” üstel formülünde (1.2) yerine konularak hesaplanmaktadır (Ay, 2013).

$$n = \frac{\log V2 - \log V1}{\log T1 - \log T2} \quad (1.2)$$



Şekil 1.9. Kesme hızı takım ömrü ilişkisi, (a) Lineer ilişki, (b) Logaritmik ilişki (Sayit, 2007)

Kesme hızının artması, takım-talaş ara yüzünde sürtünmenin dolayısıyla sıcaklığın artmasına sebep olmaktadır. Bunun sonucunda takım aşınması daha hızlı gerçekleşerek takım ömrü azalmaktadır. Şekil 1.9'da takım ömrü kesme hızı ilişkisi gösterilmiştir (Sayit, 2007).

Kesici takımlar, lif levha üretiminde temel rolü oynamaktadır. Üretkenliği artırabilmek için kesme hızı artırılarak birim zamanda daha fazla miktarda lif üretilebilmektedir. Kesme hızının artırılması ile segmentin aşınma şiddeti artmaktadır. Segmentin sürtünmelerden dolayı kesme bölgesinde yüksek ısı açığa çıkmaktadır. Kuvvet, basınç, gerilme ve sıcaklık şeklindeki tüm bu etkenler, belirli bir çalışma süresi sonunda takım ile iş parçası arasında kimyasal reaksiyonlara sebep olarak segmentin aşınmasına neden olmaktadır (İşbilir, 2008).

İşbilir (2008), kesici takımlar, talaşlı imalat işlemlerinde kesme kalitesi ve üretim maliyetleri açısından dikkatli seçilmeli ve uygun parametrelerde kullanılması gerektiğini belirtmiştir. Yapılan testler sonucunda, kesme hızındaki artışın ve değişken yüklemenin takım ömrünü azalttığı tespit edilmiştir.

Korucu ve Kantemir (2012), yapılan araştırmalar sonucunda kesici takım firmasının belirlediği değerlerin altında kalan kesme hızında takım ömrünün oldukça düşük çıktığı gözlemlenmiştir. Kesici takıma kaplama uygulamasının yapılması ile takım ömrü artırılabilir.

Segment istenilen lif kalitesi ve ölçü aralığını kabul edilebilir sınırlarda tutamıyor ise, daha fazla kullanılmamalıdır. Bu noktada takım ömrünü tamamlamış sayılır. Böyle bir durumda takımın değiştirilmesi gerekmektedir. Bir segmentten tam performansın alınabilmesi için takım erken değiştirilmemelidir. Segmentlerin tam ömrünü tespit edebilmek için meydana gelecek aşınma mekanizmaları ve tiplerinin iyi analiz edilmesi gerekmektedir (Karayel, 2015).

1.6. Takım Ömrünü Artırmaya Yönelik Bakım Odaklı Uygulamalar

Bakım; üretim sisteminin planlanan programa uygun bir şekilde çalışmasını sağlamak için beklenmeyen arızaları ve muhtemel duruşları, mümkün olduğu kadar, önlemek veya kontrol altında tutabilmek amacı ile tesis, makine ve teçhizatın kabul edilebilir standartlar içerisinde kontrol altında tutan bir sistemdir (Tazegün, 2009).

Bakımın tarihçesi, 1950'li yıllarda "Arıza Bakımı" kavramı ile başlayıp, ilerleyen yıllarda koruyucu bakım, verimli bakım yaklaşımları ile devam etmiştir. Şirketler, koruyucu bakımın ortaya çıkmasından önce, ekipmanın arızalanması durumunda arızanın giderilmesi için arıza bakım yöntemini uygulamışlardır. Japon firmaları, Amerikalıların uyguladığı koruyucu bakım kavramını benimseyerek ekipman arızalarının önemli derecede düşürülmesini sağlamışlardır (Tazegün, 2009).



Şekil 1.10. Rafiner de bakım uygulamaları

Yapılmakta olan bakım uygulamaları ilgili departmanın kontrolünde bir ekip tarafından firma standartlarına uygun bir şekilde gerçekleştirilmelidir (Şekil

1.10). Makinaların bakım faaliyetleri üretim maliyetlerinin azalmasında büyük rol oynamaktadır (Genç, 2007).

Bakım departmanı tarafından yürütülecek olan periyodik bakım, üretim departmanı tarafından yürütülen otonom bakım çalışmaları ile koordinasyon içinde bulunmalıdır (Kendir, 2007).

Planlı Bakım

Planlı bakım, ekipmanların mevcut performansını bozacak arızaların tamamen ortadan kaldırılmasına ya da azalmasını sağlayacak en etkili bakım tekniklerinin sistematik bir şekilde kullanılmasıdır. Ekipman olarak belirli aralıklarla planlı bakım sistemi oluşturulmalıdır. Ekipman sürekli kontrol altında olacağı için arızalanma minimum seviyeye düşerek ekipman performansı artacaktır. Lif levha fabrikalarında planlı bakım uygulamalarının en etkin yapıldığı birimlerden bir tanesi rafinör ünitesidir (Şekil 1.11).



Şekil 1.11. Rafiner planlı bakım örneği

Sağlıklı bir planlı bakım sistemi kurulması için izlenmesi gereken adımlar şu şekildedir (İşşır, 2006):

- Hangi ekipmanlara planlı bakım yöntemi uygulanacağına karar vermek için ekipman kayıtları incelenerek belirlenen kriterlere göre öncelik sırası oluşturulur.
- Yıpranmış ekipmanlar otonom bakım sürecine geçilinceye kadar beklenilmeyen arızalar oluşabilir. Bu nedenle otonom bakıma yardımcı olabilmek için yıpranma durdurulmalı ve ekipmanlar optimal seviyedeki durumlarına ulaştırılmalıdır.
- Arıza ve ekipman bilgilerini toplayıp inceleyebilmek için bir bilgi sistemi oluşturulmalıdır.
- Periyodik bakım sistemi alması gereken ekipmanlar belirlenir, bakım planları ve standartları hazırlanır. Ekipmanların kapatıldığı süreyi etkin kullanmak için geliştirmeler oluşturulur.
- Periyodik bakım yapılsa bile arızalar oluşabilmektedir. Bunun nedeni periyodik bakımın zaman tabanlı olması ve ekipman yıpranmalarının belirli bir oranda oluştuğunu varsaymasıdır.
- Bakımın etkinliğini analiz edebilmek için ekipmanların durumu gözden geçirilir.

Planlı bakımın amaçları aşağıdaki şekilde açıklanabilir (Demiray, 2010):

- Parça ömürlerinde gerçekleşen değişikliklerinin azaltılması
- Parça ömürlerinin artırılması
- Parça ömürlerinin belirlenmesi
- Yıpranan parçaların düzenli bir şekilde değiştirilmesi
- Ekipman ve çevresinde geliştirmeler yapılarak ulaşılması güç yerlerin kolay bir şekilde ulaşılabilir hale getirilmesi.

Periyodik Bakım

Bu bakım yöntemi endüstride en çok kullanılan bakım yöntemlerinde birisi olmaktadır. Periyodik bakımda bakım ekibinin deneyimi ve makinelerin geçmişteki performansı ve çalışma koşulları göz önüne alınarak, makinenin hangi zaman aralıklarında durdurulup bakıma alınacağı belirlenmiştir. Bakıma alınan makinede hangi parçaların değiştirileceği tespit edilerek ve bu parçalar stokta hazır bulundurulur. Amaç, arızaların ve hatalı üretimin önlenmesidir (Akteke, 2007).

Ancak bu yöntemin bir takım dezavantajları vardır (Demiray, 2010):

- Bakım ekibi tarafından planı yapılmış ama gerçekte o anda gerekmeyen bakım için zaman ve bakım personeli istihdam etmek gerekmektedir.
- Ekipmanlar için değişmesi planlanan parçalar belki de ömürlerini tamamlamadan değiştirilerek maliyet artışına sebep olacaktır.
- Parçaların stokta hazır bulundurulması gerekecektir. Bu da yedek parça maliyetini arttıracığı gibi stoklama problemini doğuracaktır.
- Periyodik bakım yapıldıktan sonra üretime tekrar geçilirken makinelerin kalibrasyonları ile ilgili sorunlar ortaya çıkarak üretim normal seyrini alana kadar sorunlar çıkabilmektedir.

Kestirimci Bakım

Kestirimci Bakım mantığı ise her arızanın en az bir habercisinin olduğu varsayımına dayanmaktadır (Şekil 1.12). Ekipmanlardaki ölçülebilen fiziksel parametreler (titreşim, sıcaklık, basınç, gerilim veya direnç gibi) yorumlanarak arızaya yol açabilecek durumlar ortaya çıkmadan arızanın önüne geçilmesidir. Kestirimci bakımda makine ve ekipmanların şu andaki ve geçmişteki verileri gözlemlenerek istatistiki değerler oluşturulup gelecekte oluşabilecek problemlerin önlenmesinde kullanılabilir (Tazegün, 2009).

Kestirimci bakımın uygulanması sonucunda bakım maliyetleri, tamir zamanı, makine arızaları azalırken operatör güvenliği, üretim, makine ömrü artmaktadır (Elvan, 2012).



Şekil 1.12. Serme bandının yırtılması ile gerçekleşen arıza

Otonom Bakım

Otonom bakım, üretimde görevli operatörler tarafından kullanılan makine ve teçhizata uygulanan bakım politikasıdır. Operatörler sorumlusu olduğu bölümdeki makine ve teçhizatın bakımını, temizliğini, tüm ayarlarını ve kontrollerini kendisi yapar. Teknik detay istemeyen işler operatörün sorumluluğuna bırakılır.

Otonom bakımın iki önemli amacı bulunmaktadır:

- İşçiler Açısından: Otonom bakım, işçiye bilgisini ve iş gücünü kullanma fırsatı sağlar.
- İş Yeri Açısından: Normal bir durumda oluşabilecek en ufak bir sapmanın

hemen fark edilebileceği disiplinli ve dzenli bir iş yeri oluşturma imkânı sağlar (Demiray, 2010).

Önleyici Mühendislik Faaliyetleri

Önleyici Mühendislik, geçmişteki tecrübelerden faydalanılarak, mevcut sorunların çözümlerini, yeni ekipmanların geliştirilmesini ve mühendislik, sipariş, imalat, devretme aşamalarındaki tüm önleyici mühendislik faaliyetlerini içerir.

Ekipman verimliliğinin artırılması için şu maddelere dikkat edilmelidir:

- Planlama ve hazırlıkların yapılması,
- Bölümler arası ekipman geliştirme proje takımlarının kurulması,
- Fabrika sahasının ve ekipmanlarının toplam verimli bakım uygulamalarına hazır hale getirilmesi,
- Çalışanların eğitilmesi,
- Kullanıcı bakımın başlatılması,
- Planlı bakım faaliyetlerinin ortaya konulması ve geliştirilmesi (Demiray, 2010).

Toplam Verimli Bakım

II. Dünya savaşından sonra Japon firmaları, ABD'nin uygulamakta olduğu üretim, teknik beceri ve koruyucu bakım çalışmalarını başarılı bir şekilde kendi üretim sistemleriyle birleştirmeleri sonucunda "Toplam Verimli Bakım" (TPM) ortaya çıkmıştır. Bu terim ilk defa 1971 yılında "Japon Fabrika Mühendisleri Enstitüsü" tarafından kullanılmıştır. TPM yönetimi Türkiye'de 1990'lı yıllarda gündeme gelmiştir (Geniş, 2007).

Toplam Verimli Bakım (TPM - Total Productive Maintenance) uygulamaları işletmelerin üretim performansını sistematik olarak yükseltmeyi amaçlar. Firmaların gelir kaybına neden olan ve beklenmedik arızalar nedeni ile oluşan

zaman kaybı, süreç gecikmesi ve üretim hatalarını analizler sonucunda daha oluşmadan tahmin edilerek engellenmesini ve böylece sürecin “sıfır hata” hedefine ulaşmasına imkan veren bir yalın üretim aracıdır. Bazı kaynaklarda TVB olarakta belirtilebilmektedir.

TPM bütün sorumluluğu bakım bölümüne bırakmayarak bütün departmanlara dağıtmıştır. TPM uygulamaları yapılan işletmeler, çalışanların yönetim ile daha verimli bir şekilde işbirliğine girdiği ve motivasyonlarının arttığı, karlılık, teslim süresi gibi konularda ciddi iyileştirmelerin olduğu gözlemlenmektedir (Pehlevan, 2013).



2. KAYNAK ÖZETLERİ

Ele alınan çalışma kapsamında ahşap levha sanayi üretimine yönelik tamir-bakım planlaması ve verimliliğin artırılması konusunda literatür taraması yapılmış ancak konuya ilişkin sınırlı sayıda akademik çalışmaya ulaşılabilmektedir. Ulaşılan bu çalışmalar da çoğunlukla metal sanayi ve otomotiv sanayi gibi bakım odaklı uygulamaların yoğunlukla kullanıldığı üretim süreçleridir.

Ratnasingam, vd. (1999), dünyada mobilya üretiminde rekabet gücünün artması nedeni ile maliyetlerin düşürülmesi ve verimliliğin önemini ortaya koymuş, üretim sürecinde kullanılan alet ve ekipmanlarda takım ömrünün verimliliği önemli ölçüde etkilediğini ifade etmiştir. Kesici takımların ömrünü etkileyen faktörler; kullanılan ağacın cinsi, reçine ve ekstraktif madde olarak belirtilmiştir.

Xing, vd. (2006), orta yoğunluklu lif levha performans özelliklerinin araştırıldığı makalede; ağaç türlerine ve lif boyutlarına göre rafinör parametrelerinin değişim göstereceği ifade edilmiştir. Hammaddeye uygun rafinör değerleri kullanılarak proses koşullarının optimize edileceği belirtilmiştir.

Ağaç işleme sürecinde enerji tüketiminin, maliyetler açısından önemli olması nedeni ile ahşap işleme makinelerinin enerji tüketim diyagramları oluşturularak analizlerinin yapılabileceği belirtilmiştir. Enerji tüketimi kullanılan ağacın türüne ve kesme hızına göre farklılık göstereceği ifade edilmiştir (Csanády ve Magoss, 2013).

Illikainen, (2007), TMP rafinör işleminin birinci aşamasında odun yongalarının kırma işlemi, ikinci aşamasında ise liflendirme süreci gerçekleştirilerek besleme işlemi merkezden çap boyunca devam ettiği belirtilmiştir. İki aşama arasındaki enerji tüketim miktarları hesaplanmıştır. Enerji tüketim miktarları yarıçap boyunca artış göstererek ikinci kısımda daha çok enerji tüketiminin gerçekleştiği belirlenmiştir.

Ahşap malzeme işleyen sektörlerde kesme-yongalama süreçleri, kesme enerjisi, kesme gücü, enerji tüketimi ve makinaların güç emilimi makine kontrol ünitesi monitöründen kolaylıkla takip edilebilmektedir. Bu bilgiler doğrultusunda bıçakların değişim zamanının tahmin edilebileceği belirtilmiştir (Aguilera ve Meausoone, 2012).

Hong-liang vd. (2003), defibratör plakaları için yeni malzemeler üzerinde çalışma gerçekleştirmişlerdir. Paslanmaz çelik ve yüksek krom döküm demir malzemelerinden üretilmiş defibratör plakalarını test ederek karşılaştırmışlardır. Yapılan çalışma sonucunda yüksek krom döküm demir direncinin daha iyi olduğunu tespit etmişlerdir. Yüksek krom döküm demirden üretilen plakalar sayesinde üretim maliyetlerinden tasarruf sağlanarak, verimliliğin artması ve enerji tüketimini etkileyebileceği belirtilmiştir.

Schajer (2015), Üretimde kullanılan ağaç türlerinin değişimi, odunun nem içeriği ve yoğunluğunu dikkate alarak yeni geliştirilmiş makinalar ve işleme teknikleri sayesinde üretim değerlerinin optimizasyonu ve verimliliğin artırılabilirliğini ifade etmiştir.

Üretimde kullanılan her makinada çalışma koşulları ve zamanın yıpratıcı etkisi nedeni ile makineler yaşlanırken geçen zaman içerisinde üretim performansında ve üretim kalitesinde düşmelerin yaşandığı belirtilmektedir. Bu olumsuzlukların tümüyle ortadan kaldırılması mümkün olmamaktadır, fakat planlı bir bakım politikası geliştirilerek en az seviyeye indirilebilecektir (Düzakın ve Demircioğlu, 2005).

Üretim sisteminde kesintisiz ürünler üreterek verimliliğin sağlayabilmesi için güvenilir merkezli bir bakım planlama ve kontrol yönteminin oluşturulması gerekmektedir. Bakım politikaları ile arıza oluşmadan önce tedbirler alınarak makine ve teçhizat bakım maliyetlerinin düşürülebileceği ifade edilmiştir (Tu vd., 2001).

Bakım faaliyetlerinin standardize edilebilmesi için bakım planları kaydının tutulması gerektiğini ve bunun için ekipmanların ana bilgisayar üzerinden takibi yapılarak gerekli parametrelerin değişiminin izlenebileceği yazar tarafından belirtilmiştir. Bu bilgiler ışığında bakım zamanları planlanıp firmanın bakım kalitesini ortaya koyarak gelecekte oluşabilecek bakım problemlerinin çözümüne yardımcı olacağı ifade edilmiştir (Bidot, 2006).

Karaoğlan, vd. (2007), bakım, üretim sisteminin plan ve programlara uygun bir şekilde çalışmasını sağlayan bir yürütme ve kontrol fonksiyonu olduğunu belirtmişlerdir. Uygun bakım politikalarının kullanılması zamanından önce yenileme maliyetini önlerken, üretimin sürekliliğini sağladığını ifade etmişlerdir.

Ahmed (2008), uygulanan bakım politikası için basit bir denklem geliştirmiştir. Bu denklem sayesinde makine performansını dikkate alarak bakım için tahmini karar verilebileceğini belirtmiştir.

Efe ve Gürleyen (2007), ağaç malzemenin teknik özelliklerine uygun kesici takımın seçilmesi ile işlenecek olan malzemedeki yüksek verim alınmasını ve kesicilerin ekonomik ömrünün uzatılabileceğini belirtmişlerdir.

İşbilir (2006), talaşlı imalatta kullanılan en büyük maliyetlerden birisinin kesici takım/kesici uç maliyeti olduğu ifade etmiştir. Bu maliyet önlem alınmadığı takdirde işletmeyi ağır zarara uğratabilmektedir. Kesici takımın ömrü veya kullanım süresi talaşlı imalatın vazgeçilemez ve en önemli unsurlarından olduğu belirtilerek yapılan regresyon analizi neticesinde, kesme hızı, ilerleme, malzeme sertliği ve talaş derinliği faktörlerinin takım ömrü üzerindeki etkilerinin önemli olduğu belirtilmiştir.

Gezgin (2007), yüksek kesme hızlarının kullanıldığı işlenebilirlik deneylerinde talaş kaldırma parametreleri ve kesici takım uç sayısının takım ömrü ve kaldırılan talaş hacmi üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Yapılan çalışmalar

sonucunda kesici uç sayısı, kesme hızı ve ilerleme miktarının artmasıyla takım ömrünün azaldığını ifade etmiştir.

Tschatsch (2008), kesme işlemindeki koşullarının doğru seçilmesi gerektiğini belirtmiştir. Kesme kuvveti ne kadar küçükse alet ve makinedeki gerilmelerin azalacağını ifade etmiştir. Kesici materyallerin aşınma özellikleri sertliklerine, sıkıştırma, bükülme mukavemeti, sıcaklık direnci ve tokluk gibi faktörlere bağlı olarak değişim gösterdiği belirtilmiştir. Kesici materyalin sertliğinin artması ile aşınma azalarak kenar mukavemetinin arttığını belirtmiştir.

Görener vd. (2008), Eş zamanlı mühendislik ve yalın üretim anlayışlarının imalat işletmelerinde bilinirliğine ve algılanmasına yönelik bir araştırma yapılmıştır. Yapılan anketlerin sonuçlarından elde edilen veriler istatistiksel olarak incelenmiş, her iki anlayış için varılan sonuçlar t testine tabi tutulmuştur. Ortalamaların farkı açısından yapılan hipotez testinde her iki yöneme ait sonuçlar birbirine karşı üstünlük sağlayamadığı tespit edilmiştir.

Sayit (2007), kanal sayısı takım aşınmasını önemli oranda etkilediğini belirtmiştir. Düşük kesme hızında ve ilerlemede artan kanal sayısı yanak aşınmasının artmasına neden olmuştur. Fakat artan ilerleme ve talaş derinliğinde tek veya iki kanallı numuneler kullanıldığı zaman kesici takımın daha hızlı aşındığı gözlenmiştir. Düşük kesme hızlarında artan kanal sayısı takım aşınma hızının artmasına sebep olmuştur. Bunun nedeni olarak azalan kesme hızı ile devir sayısı azalmakta ve daha düşük devirde daha zor bir kesme işleminin oluşmasına neden olduğu belirtilmiştir.

Kulcsar (2014), verimi en üst düzeye çıkarmak ve maliyeti en aza indirmek için enerji izleme ve hedefleme sistemlerine ihtiyaç olduğunu belirtmiştir. Hedeflenen ve ölçülen enerji tüketimi arasındaki farkı izlemek için İstatistiksel Proses Kontrolü (SPC) teknikleri kullanmışlardır. Bu çalışma ile enerji tüketiminin beklenen değerini tahmin ederek süreci geliştirmişlerdir.

Bir süreçteki değişken verileri kontrol edebilmek için kontrol çizelgeleri hazırlanarak değerlerin alt limit ve üst limit noktalarının belirlenebileceği ifade edilmiştir. Değerlerin bu noktalar dışına çıkması durumunda üretim sürecinde bir problemin söz konusu olduğu bildirilmektedir. Problemin nedenleri tesbit edilip problemin ortadan kaldırılması ile üretimin normal akışına dönmesinin sağlanabileceğini ve değerlerin kontrol sınırları dışına çıkmadan yapılan iyileştirme ile kötü sonuçların oluşmasının engellenebileceğini ifade ederek kullanılan takımların ömrünün artırılabilirdiği belirtilmiştir (Oakland, 2003).

Thoemen vd. (2010), disk desen tasarımı ile verimliliği artırıcı etkinin gerçekleştirilebileceğini yorumlamıştır. Disklerin kullanım süreleri arttıkça enerji sarfiyatının artacağını belirtmiştir. Rafinör diskleri arasındaki mesafe kullanılan ağaç türüne, istenilen lif kalitesine göre ayarlanması gerektiğini belirtmiştir.

Aguilera ve Munoz, (2012), üretimde kullanılan ağaçların yoğunluğu ve besleme hızı arttıkça enerji sarfiyatında artışın göstereceğini belirtmiştir.

Darmawan vd. (2011), ekstraktif madde, kül ve silis içeriğini test ederek endüstride kullanılan ahşap kesme aletlerine etkisini araştırmışlardır. Bıçakların aşınmasında tropik orman ağaçlarının olumsuz etkisinin olabileceğini bildirmektedirler.

Stanzl-Tschegg, vd. (2004), kesme işlemi sırasında odunun morfolojisi ve mikro yapısını bozmamaya dikkat edilmesi gerektiğini, aksi takdirde enerji sarfiyatının artacağını belirtmektedirler.

Akgül ve Tozluoğlu (2006), mekanik hamur üretim yöntemlerinden CTMP (kimyasal termomekanik hamur) üzerinde durmuş ve liflendirme aşamasında en önemli değişkenin spesifik enerji tüketimi olduğunu belirtmişlerdir. Hamurun serbestlik derecesi ve spesifik enerji tüketimi birbiriyle ilişkilidir. Fakat kimyasal ön işlemin, spesifik enerji tüketiminin bir fonksiyonu olarak serbestlik değerinin geliştirilmesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olabileceğini ifade etmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Meteryal

Çalışma kapsamında bakım odaklı uygulamalar kullanılarak verimliliğin geliştirilmesi uygulaması bir lif levha fabrikasında gerçekleştirilmiştir. Firmada yapılan ön araştırmalar sonucu Rafinör bölümünde gerçekleşen sık arızalar, maliyetlerin yüksek olması ve toplam verimli kullanım süresinin düşüklüğü nedeni ile araştırmalarımızın bu bölümde gerçekleştirilmesine karar verilmiştir.

3.1.1. Tez Çalışmasının Uygulandığı İşletme

MDF, MDF-LAM, panel ve profil üretimi ile Orman Ürünleri Endüstrisi sektöründe hizmet vermektedir. Yıllık 500.000m³ üretim kapasitesine sahiptir. ISO ilk 500 listesine 2006 yılında girerek her geçen yıl daha üst bir seviyeye yükselmiştir.

Firma Türkiye' de olduğu kadar küresel pazarlarda da söz sahibi olmaya çalışmaktadır. ABD, Japonya, Almanya gibi ülkelere ihracat gerçekleştirmektedir.

Tesiste hammadde olarak Türkiye ormanlarından özellikle Akdeniz Bölgesi ormanlarından elde edilen kızıl çam lif-yonga odunları ile birlikte yurt dışından temin edilen yongalar kullanılmaktadır. Genel itibari ile kullanılan ağaç türleri kızılçam, kayın, okaliptus'dur.

3.1.2. Liflendirme Rafinör Ünitesi

Lif levha üretiminde hammadde liflendirme ünitesine (rafinör) gelmeden önce ön buharlama ve pişirme kazanında işlem görmektedir. Bu işlemler sayesinde hammadde yumuşatılmaktadır (şekil 3.1). İşlem gören hammaddeler rafinör

diskleri arasına gelerek burada liflendirme işlemine tabi tutulmaktadır. Hammaddenin liflendirilmesi diskler arasında mekanik olarak gerçekleştirilmektedir.

Piştirme kazanının alt kısmında bulunan devir sayısı ayarlanabilen alt boşaltma şinekesi ile yongalar rafinöre iletilmektedir. Yongalar rafinör diskleri arasına kazandaki buhar basıncı ile aktarılmaktadır. Alt boşaltma şinekesinin devrinin düşük olması durumunda diskler arasına yeteri kadar yonga sevk edilemez ve rafinör lif üretme kapasitesi düşüş gösterir. Bu düşüş nedeni ile boşta çalışma süresi artacağı için gereksiz enerji sarfiyatı oluşacaktır. Alt boşaltma şinekesinin yüksek devirde çalışması sonucunda diskler arasına fazla yonga sevk edileceği için lif kalitesi düşecek ve ana motora fazla yüklenildiği için fazla enerji sarfiyatı gerçekleşecektir (Ayrılmış, 2000).



Şekil 3.1. (a) işlem görmemiş yongalar, (b) ön buharlama ve pişiricide işlem görmüş yongalar

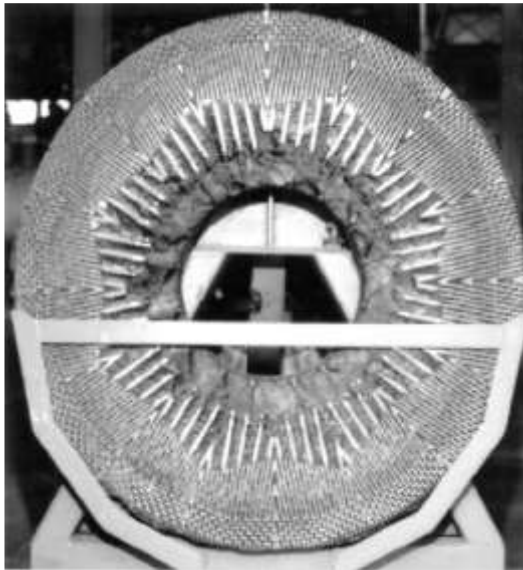
Rafinör diskleri arasına itilen yongalar arkadan gelen yongaların baskısı ve merkezkaç kuvvetinin etkisi ile disklerin çevresine doğru spiral bir yol izlemektedir. Yongalar ilk olarak uzunluğuna, sonra ince yongalara ve daha

sonra kaba lif demetlerine ayrılmaktadır. Segmentlerin üzerindeki profillerin incelererek gitmesi sayesinde liflerde saçaklanma meydana gelir (Ayrılmış, 2000).

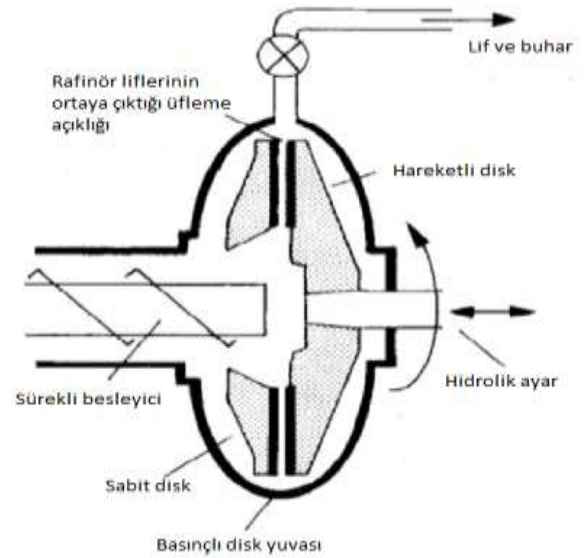
Rafinör ünitesi plakalarına merkezden giriş yapan yongaların çap boyunca gerçekleştirdikleri işleme sürecinde enerji tüketimi farklılık göstermektedir. Merkezden dış kısma doğru gidildikçe enerji tüketim miktarı artış göstermektedir (Illikainen, 2007).

Rafinör diskleri arasındaki mesafe 0.2-0.4 mm arasında değişmektedir. Odunun kimyasal yapısını oluşturan ligninin 140° C'de 8 bar basınç altında yumuşatılarak lifler mekanik olarak ayrılmaktadır. Rafinör lif üretiminde enerji seviyeleri 125-200 kWh/ton aralığında değişim göstermektedir (Walker, 2006).

Araştırmaların gerçekleştirildiği firmada Andritz marka refinör kullanılmaktadır. Rafinör tek yönlü hareket edebilen biri sabit diğeri dönebilen (stator-rotor) diskler şeklindedir. Bu disklere segmentler (bıçak-kesici takım) monte edilmektedir (Şekil 3.2).



(a)



(b)

Şekil 3.2. (a) Rafinör plaka, (b) Rafinörün şematik gösterimi (Walker, 2006)

Tek yönlü rafinörlerin en önemli avantajları; çift yönlü rafinöre oranla %15-20 daha az enerji harcamakta ve liflendirme kapasitesi daha fazla olmaktadır. Tek yönlü rafinörlerde, diskler arasında gerçekleşen basınç daha az olduğu için segmentlerin yıpranma süreleri daha uzun olmaktadır (Ayrılmış, 2000).

Diskler arasındaki mesafe kontrol odasındaki bilgisayardan operatörler yardımı ile ayarlanabilmektedir. Segmentin körelme durumu ve lif kalitesi takip edilerek segment aralığı ayarlanabilmektedir. İyi kalitede lif üretebilmek için diskler arasındaki mesafe önemlidir. Diskler birbirine yaklaştıkça daha ince lif üretilir, uzaklaştıkça saçaklanma artar ve lif kalitesi düşer. İstenilen lif kalitesine göre segment aralığı ayarlanabilmektedir.

Kullanılan odunun yoğunlu, nemi, enerji tüketimini ve takım aşınmasını etkilemektedir. Takım aşınmasının artması ile elektrik gücü (kW) artış göstermektedir (Davim, 2011).

Lifin diskler ile temas süresinin artması sonucunda lif kalitesi ve enerji tüketim miktarı değişim göstermektedir. Rafinör ünitesinde lif üretim kapasitesi azaldıkça enerji tüketim miktarı da azalmaktadır (Whalley ve Mitchell, 1997).

Disk aralığı azaldığı halde kaliteli lif üretilmiyor ise enerji tüketim miktarına bakılarak segmentin köreltiği yani değişim zamanının geldiği anlaşılabilmektedir. Şekil 3.3'de segment değişimi için Rafiner'ün hazırlanma süreci görülmektedir. Diskler birbirine yaklaştırılırken dikkat edilmesi gereken noktalardan bir tanesi de segmentlerin birbirine çarptırılmamasıdır. Bu nedenle diskler arasındaki mesafe hassas bir şekilde ayarlanmalıdır.

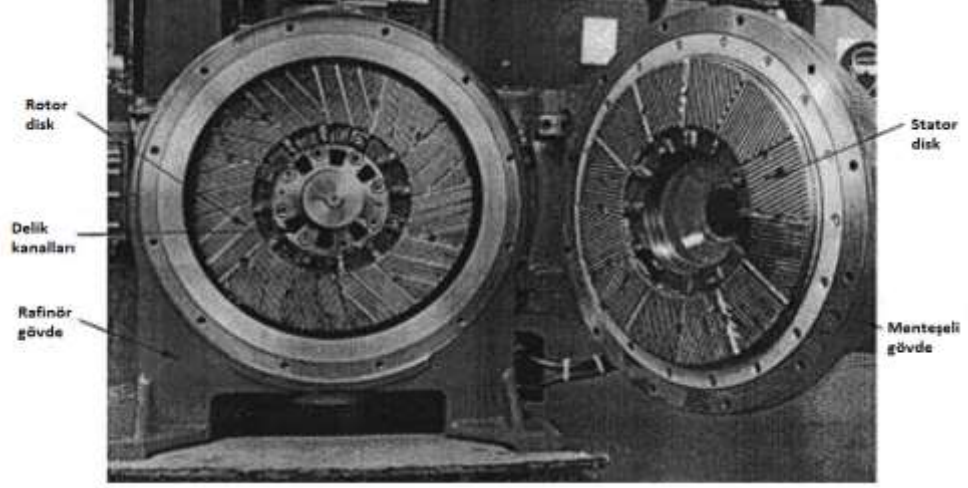
Üretimden alınan lifler laboratuarda analizlere tabi tutularak lif kalitesi belirlenmektedir. Bu test sayesinde diskler arası mesafenin ayarlanması, segmentin değiştirilmesi gibi birçok konuda yardımcı olabilmektedir (Ayrılmış, 2000). Ancak, işletmede segment değişimi ve diskler arası mesafe ayarı için lif

kontrolü duyuşal yöntemlerle uzman personel tarafından gerçekteşirilmektedir.



Şekil 3.3. Segment değişimi için Rafinör'ün hazırlanma aşaması

Segment üretimi gerçekteşiren markaların birçok çeşitte ve boyda tasarımları bulunmaktadır. Hammaddenin özelliklerine göre uygun rafiner segmenti kullanılmalıdır. Segment kullanım süreleri üretim türüne ve kullanılan ağaç cinslerine göre değişim göstermektedir. Kullanım süresi dolan segmentler hurdaya çıkmaktadır. Segmentlerin değişimi ortalama üç saatlik bir zaman almaktadır. Bu süre içerisinde rafinörün soğuması, kapağındaki vidaların açılması, segmentlerin tek tek çıkarılması, gerekli bakım işlemlerinin gerçekteşirilmesi, yeni segmentleri takılması gibi, sırası ile birçok işlem gerçekteşirilmektedir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Rafinör disk (Whalley ve Mitchell, 1997)

MDF üretim sisteminde bulunan rafinör, enerji tüketimi yüksek olan bir makinadır. Aynı zamanda bu makinada kullanılan segmentler (bıçaklar) de oldukça pahalı ve ithal bir malzemedir (firmada araştırmada bulunulan dönemde yaklaşık 58 inç'lik segment 11000 €, 62 inç'lik segment 11300 € olarak bildirilmiştir). Kullanılan bıçağın daha uzun sürede kullanılması birim maliyeti düşürürken bıçağın körelmesi ve buna bağlı olarak enerji tüketiminin artmasıyla da enerji maliyetleri açısından maliyet artışına sebep olmaktadır. Bu nedenle optimum maliyet veren üretim süresi değerinin hesaplanması çalışmanın temel amacı olmuştur. Şekil 3.5'de yıpranmış ve kullanılmamış segment örnekleri görülmektedir.



Şekil 3.5. Körelmiş segment örneği (a), kullanılmamış segment örneği (b)

3.2. Yöntem

Rafiner bölümü tam zamanlı, 7gün 24 saat esasına göre çalışmaktadır. Araştırma faaliyetleri 11.02.2015 -05.06.2015 tarihleri arasında belirli aralıklarla ilgili çalışma sahasında bulunularak, iş istasyonlarındaki çalışan personel ve teknik cihazlardan günlük veriler takip edilerek gerçekleştirilmiştir.

3.2.1. Lif Kalitesinin Belirlenmesi

Lif kalitesini güvenilir derecede ölçebilecek cihazların çok pahalı olması nedeni ile MDF üretimi için lif kalitesi çok tartışılan bir konudur. Lif kalitesinin panel direnç özelliklerine etkisi bulunmaktadır. Lif uzunluklarına göre panel mukavemet değerleri değişim göstermektedir (Walker, 2006).

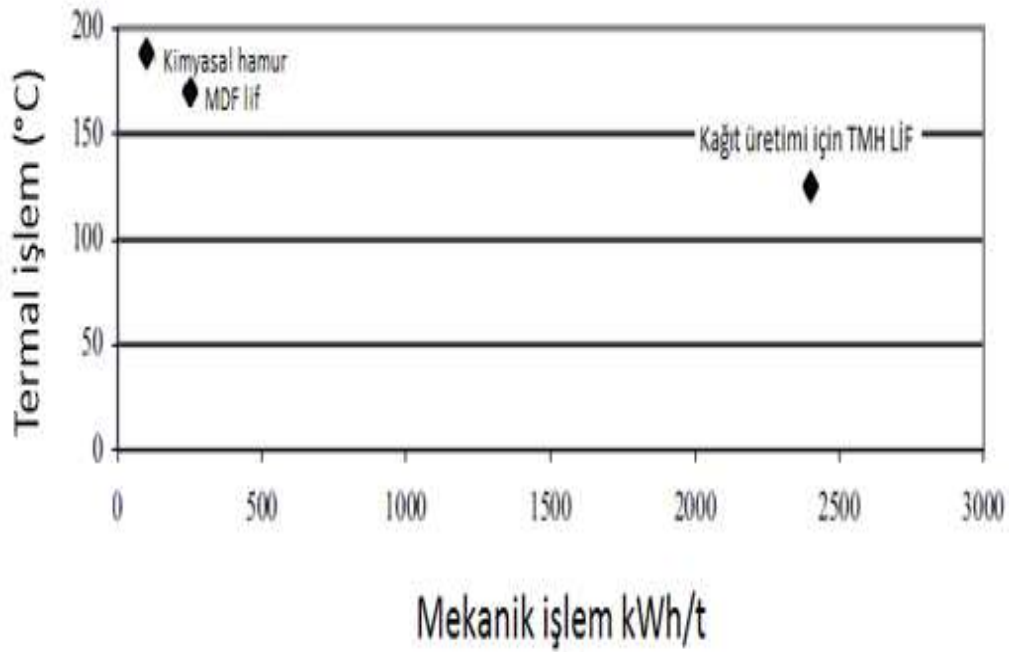
Kağıt ve lif levha üretiminde mukavemet özelliklerinin lif boyunun uzaması ile arttığı bilinmektedir. Fakat, daha sonra yapılan araştırmalar neticesinde lif boyunun, genişliğine oranının odun hamuru ve kağıt mukavemeti özellikleri üzerine lif boyutundan daha önemli derecede etkisinin olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.6). Kağıt ve lif levha kalitesini artıran bu oran keçeleşme kabiliyeti olarak bilinmektedir (Ayrılmış, 2000).



Şekil 3.6. Lif kalitesinin tanımlanması için harita (Walker, 2006)

Lif kalitesinde rafinör öncesi işlemlerin önemli derecede etkisi bulunmaktadır. Odunun yapısından reçinenin ayrıştırılmaması durumunda, reçine kesici takımları kırabilecek etkiyi göstermektedir (Walker, 2006).

Rafinör ile üretilen liflerin kalitesi, ağaç türüne, yonga boyutlarına ve dağılımına, ön buhar basıncına, pişirme kazanındaki bekleme süresine, uygulanan sıcaklığa, rafinör segmentlerinin profiline, diskler arasındaki açıklığa, disk hızına ve diskler arasındaki bekleme süresine göre değişim göstermektedir (Şekil 3.7) (Akbulut ve Ayrılmış, 2002).



Şekil 3.7. Lif hazırlama koşulları (Walker, 2006)

Araştırmaların gerçekleştirildiği firmada lif kaliteleri S1, S2, S3 şeklinde üç kategoride değerlendirilmektedir.

S1 kalitesinde üretilen lifler daha kaba olmaktadır. Kullanım alanları; panel, MDF Lam ve boy kapaktır.

S2 kalitesinde üretilen lifler daha ince olmaktadır. Kullanım alanları; kapı (6-30 mm) ve profil (18-22-25-30 mm) üretimindedir.

S3 kalitesinde üretilen lifler ise en ince olmaktadır. Kullanım alanları; yüksek yoğunluklu lif levha (hdf) parke (7-8 mm) üretimindedir.

Özellikle yonga levha üretiminde lif kalitesinin belirlenmesi ve takibi için elek analizi kullanılmaktadır. Elek analizinin amacı, gelen malzeme içerisindeki tanelerin ebatlarını ve yüzdelerini hesaplayabilmektir. Seçilen eleklerin boyutları daima bir önceki, bir sonrakinin iki katı şeklinde olmalıdır. Hazırlanan elek setinin en üst katına tartılan numune konulur ve belirli bir süre vibrasyona maruz tutulur. Vibrasyon işleminden sonra her bir elekte kalan numuneler tartılarak yüzde hesaplaması gerçekleştirilir.

Elek analizi yönteminde lifler, elek açıklıkları birbirinden farklı olan eleklerden geçirilir. Eleme işlemine delik açıklıkları en büyük elekten başlanır ve gittikçe küçülen delik açıklıklı eleklerle devam edilir. Eleme işleminde kullanılan elekler büyüklüklerine göre sınıflandırılırken “meş (mesh) numarası” kavramı kullanılır. Meş numarası bir elekte birim alan başına düşen delik sayısını göstermektedir. Eleklerin, elek açıklıkları yukarıdan aşağıya doğru küçülecek şekilde üst üste yerleştirilerek elek seti hazırlanır. Makine, eleklerle sürekli titreşim+eliptik dönüş+darbe şeklinde hareket vermektedir. Eleme işlemi sonunda elekler çıkarılıp, her bir eleğin üstünde kalan miktar tartılır ve yüzde olarak ağırlık oranı hesaplanır. Elde edilen sonuçlar grafik yöntemleri ile değerlendirilir(Anonim, 2017).

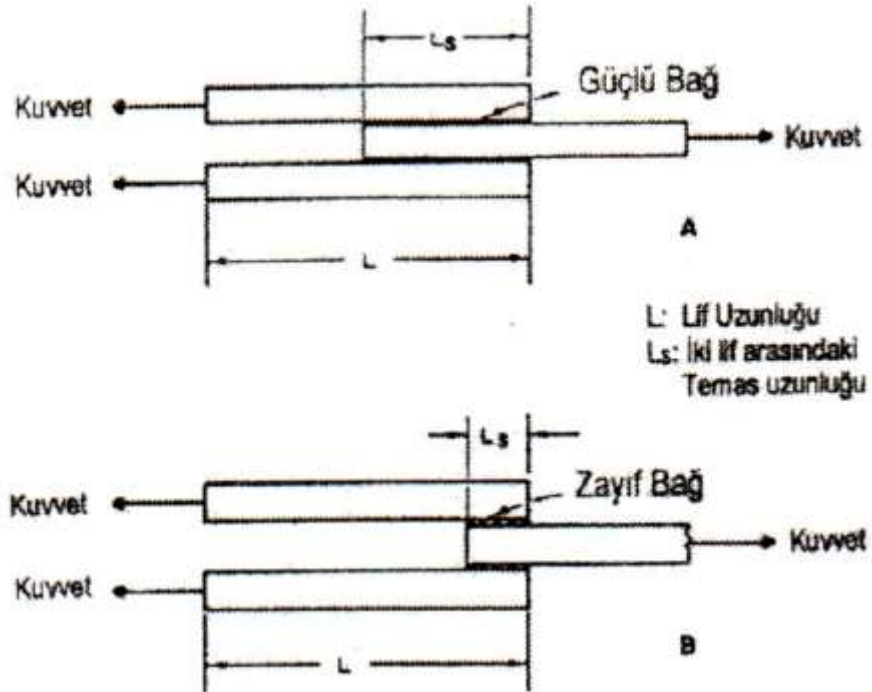


Şekil 3.8. Elek analizi sonucunda elekte kalan lif örneği

Günlük olarak alınan lif örneklerinde elek analizi ile lif kalitesini belirleyebilmek için elek analizi yapılmıştır. Aynı zamanda elek analizi için alınan örneklere duyuşsal analiz ile firmadaki ilgili uzmandan yardım alınarak lif kalitesi değeriendirilmeye çalışılmıştır (şekil 3.8).

Elek analizi, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi'nde bulunan elek analizi makinasında farklı boyutlardaki üç elek kullanılarak gerçekteşirilmıştir. Bu eleklerin ilki 1,4 mm, ikincisi 1mm ve üçüncüsü 0,5 mm açıklığa sahiptir. Analiz için 6 gram lif test cihazına konulmuş, 20 dakika vibrasyona maruz bırakılmıştır.

Lif uzunluklarına göre iki lif arasındaki temas uzunluğunun kısalması sonucunda, bağ kalitesi azalarak zayıf bağ oluşmaktadır (şekil 3.9). Lif boyları ağaç türü, yonga boyutları, pişirme şartları ve disk açıklığı gibi pek çok faktöre bağlıdır.



şekil 3.9. Çekme gerilimi altında lif bağları (şematik) A: Maksimum direnç B: Düşük direnç (Akbulut ve Ayrılmış, 2001).

Lif boyutlarının ölçülmesi yerine pratikte elek analizleri gerçekleştirilmektedir. Elek analizleri sonucunda 0.5 mm ölçülerindeki elekten geçen ve 0.3 mm elek üzerinde kalan lifler ile 0.3 mm elekten geçip 0.1 mm elek üzerinde kalan liflerin büyük çoğunluğunun (yaklaşık %75) oluşturması direnç değerleri ve yüzey düzgünlüğü açısından uygun olmaktadır. Uzunluk olarak 0.5-2 mm arasında olan liflerin toplam ağırlık içerisinde en az %65-75 oranında bulunması uygun bulunmaktadır (Akbulut ve Ayrılmış, 2001).

3.2.2. En Uygun Segment Değişim Zamanının Tespitine Yönelik Çalışmalar

Rafinör ünitesinde kullanılan segmentler yurt dışı kaynaklardan temin edilebilmekte ve oldukça yüksek maliyetli ürünlerdir. Kullanıma bağlı olarak bu segmentler zamanla körelmekte ve değiştirilmesi gerekmektedir. Bu değişim zamanının ne olması gerektiği tecrübe ile belirlenebilmektedir ancak maliyet ve mamül kalitesi açısından en uygun zamanın belirlenmesi bu çalışmanın temel amaçlarından biri olmuştur. Bu kapsamda segment körelmesine bağlı günlük enerji tüketimindeki artış ve günlük üretilen lif kalitesindeki değişimlerin takibi için aşağıda belirtilen veriler belirli zaman aralıkları için tutulmuştur.

Rafinör makinesi üretim sürecine ait araştırmaya konu teşkil eden veriler:

- Refinör motor enerji (kwh/t): Refinör makinesinin 1 ton lif üretmek için saatte harcadığı enerji miktarı.
- Refinör motor güç (kwh): Refinör makinesinin saatte harcadığı enerji miktarı.
- Lif rutubeti (%): Mamül lifin rutubet değeri (%).
- Lif kapasitesi (t/h): Saatte üretilen lif miktarı, ton.
- Odun karışım oranları: Üretimde kullanılan ağaç türleri ve oranları.
- Üretim türü: Mamül lif kalite sınıfı (S1, S2, vb.).
- Segment ömrü: Refinör de kullanılan bir takım segmentin toplam çalışma süresi (saati).
- Üretim süreci içerisinde gerçekleşen duruşların nedenleri.

3.2.3. Verimliliği Artırmaya Yönelik Uygulamalar

Bu çalışma kapsamında rafinör verimliliğini artırmaya yönelik 4 farklı hipotez araştırılmıştır;

1. Farklı boyutlardaki segmentler kullanıldığında verimlilik ve enerji tüketimleri değişmekte midir?
2. Segment ömrünü artırmak için SPC teknikleri kullanılabilir mi?
3. Segment kullanım ömrü arttıkça birim maliyet düşmektedir. Ancak; segment körelmesine bağlı olarak segment kullanım ömrü arttıkça enerji tüketim değeri de artmakta mıdır?
4. Eğer artıyorsa optimum segment ömrü ne olmaktadır?

İlk hipotezin araştırılmasında 58"lik ve 62"lik farklı boyutlardaki segmentlerin üretkenlik değerleri ve enerji tüketimleri takip edilmiş *t* testi ile ortalamalar arası farklılık olup olmadığı araştırılmıştır.

İkinci hipotezin testi için ise SPC tekniklerinden regrasyon kontrol kartları kullanılarak süreç takip edilmiştir. Bu kapsamda segment değişinceye kadar hergün iki saatte bir (12 ölçüm/gün) rafinöre ait enerji tüketim (kWh) ve üretilen lif miktarı (ton) değerleri veri olarak toplanmış, MS excel ortamında regrasyon kontrol kartları oluşturularak süreç analiz edilmiştir.

3.2.4. Deney Tasarımı ve İstatistiksel Analizler

Farklı boyuttaki segmentlerin lif kapasitesi ve enerji verimliliğinin kıyaslanmasında, ortalamaların analizi ve ortalamalar arasındaki farkların testi (Hipotez testi) yöntemi kullanılmıştır. Ortalamaların analizi yönteminde MINITAB programı ile değerlendirilmesi yapılmış olup hata payı $\alpha = 0.05$ seçilerek %95 güvenle analizi gerçekleştirilmiştir.

Hipotez testi, elde edilen verilerin istatistiksel olarak bir anlam taşıyıp taşımadığını ya da iki değer arasındaki farkın raslantı sonucu gerçekleşip gerçekleşmediğini analiz yapabilmek için başvurulan yöntemlerden bir tanesidir (Karaaoğlu, 1979).

Hipotez testinde örneklem sayısının 30'un altında olmasından dolayı test istatistiği olarak t testi kullanılmıştır.

t dağılımının kullanılmasında ön koşullar; örneklerin alındığı grupların normal dağılıma sahip olması, grupların varyanslarının eşit bir şekilde olması, örneklerin ise birbirinden bağımsız olarak seçilmesi gerekmektedir (Gavcar, 2013). Varyansların eşit olması durumu Levene testi ile test edilmiştir.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

$n < 30$ (t dağılımına uymaktadır.)

$\alpha = 0.05$ ' lik hata payı (% 95 güvenle hipotez gerçekleştirilir.)

SD (Serbestlik Derecesi) = $n - 1$

Kitle varyansının bilinmediği ve birbirine eşit olduğu varsayımda t değerinin hesaplanmasında denklem 3.1' de verilen formül kullanılmaktadır:

$$t = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}} \quad (3.1)$$

Kitle varyansının bilinmediği ve birbirine eşit olmadığı varsayımında ise t değerinin hesaplanması için aşağıdaki formül kullanılmaktadır:

$$t = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \quad (3.2)$$

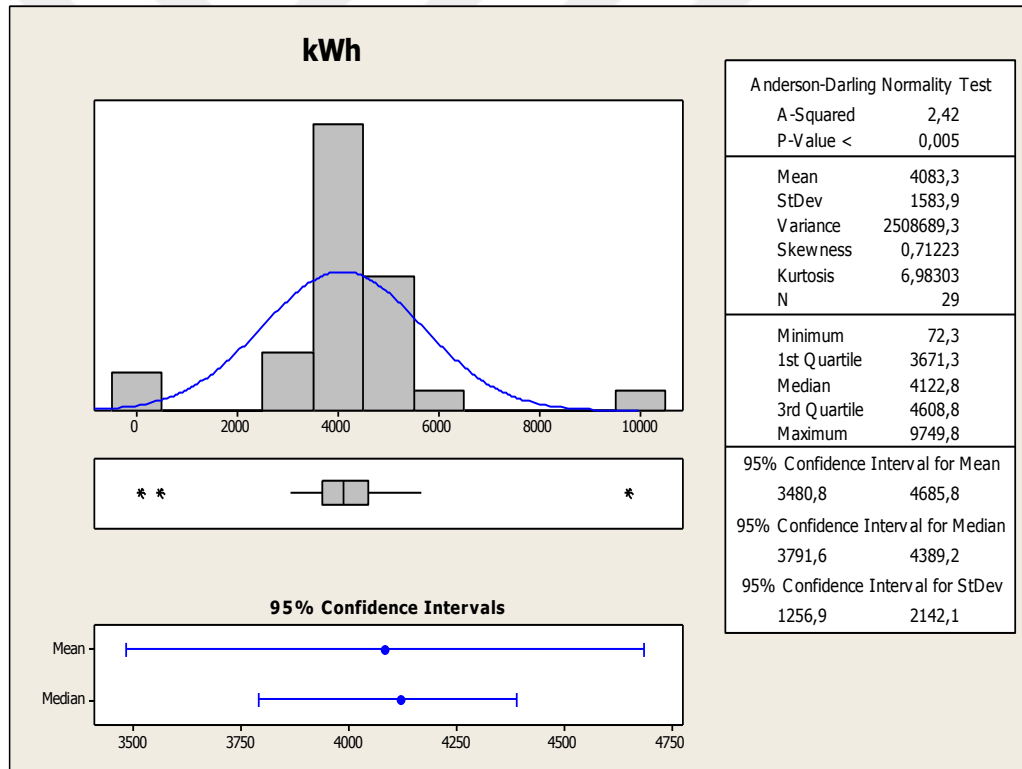
Kitle varyansının eşit olup olmadığı ise Levene testi ile belirlenebilmektedir. Levene testindeki $P > 0.05$ ise kitle varyansının eşit olduğu durum için t değeri, $P < 0.05$ ise kitle varyansının eşit olmadığı durum için ise t değeri değerlendirilerek analiz sonuçlandırılır (Gavcar, 2013).



4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1 Enerji Verimliliği ve Artırmaya Yönelik Uygulamalar

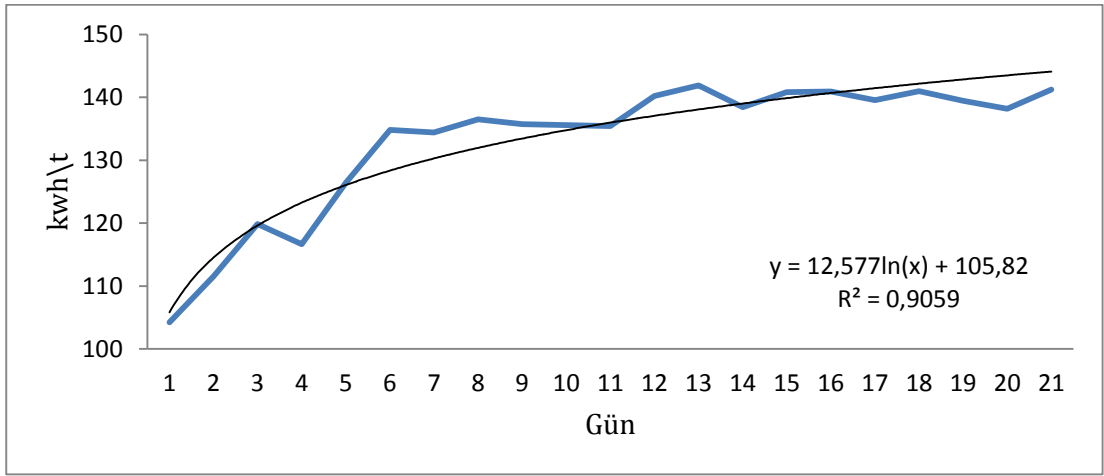
MDF üretim sisteminde olduğu gibi mekanik hamur üretim prosesinde de yüksek miktarda enerji tüketilmektedir. Rafinör ünitesinde bir miktar enerji verimliliğinin olması yüksek oranda kâr sağlayacaktır. Bu kârı sağlayabilmek için enerji maliyetlerinin düşürülmesi gerekmektedir. Mekanik hamuru üretim sürecindeki liflendirme ünitesinde (rafinör) kullanılan segmentlerin tasarım ve özellikleri verimlilik için önemlidir. Segment yüzeyindeki olukların tasarımı ve derinlikleri enerji tüketim miktarını etkilemektedir (Walker, 2006).



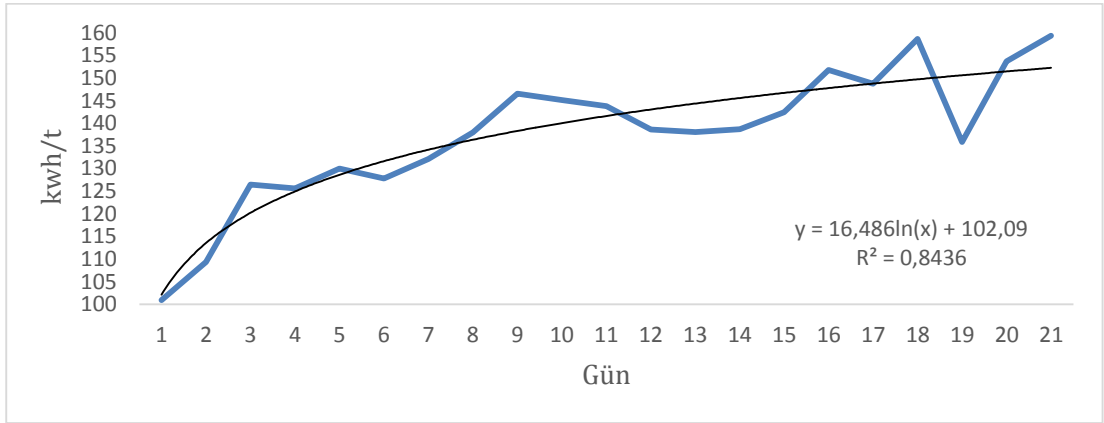
Şekil 4.1. Ele alınan işletme için rafinör ünitesinde enerji tüketimi ile ilgili temel istatistikler ve dağılım grafiği

MDF tesisinde ulaşılabilen son 29 segmente ait veriler kullanılarak saatlik enerji tüketimlerinin istatistiksel analizi, minitab istatistik programında

gerçekleştirilmiştir. % 95 güven düzeyinde gerçekleştirdiğimiz analizde bir segment için günlük minimum enerji tüketim değeri 72,3 kWh ve en fazla değeri ise 9749,8 kWh olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.1). Ortalama enerji tüketim değerinin 4083,3 Kwh olduğu düşünülürse Tedaş'tan alınan vergi, fon ve pay değerleri hariç saatlik sanayi elektriği fiyatları ile hesaplandığında rafinöre ait ortalama saatlik enerji maliyeti 1040,42 TL/h ($0,2548 \cdot 4083,3$) olarak hesaplanmaktadır (bkz.Tedas, 2016).



a



b

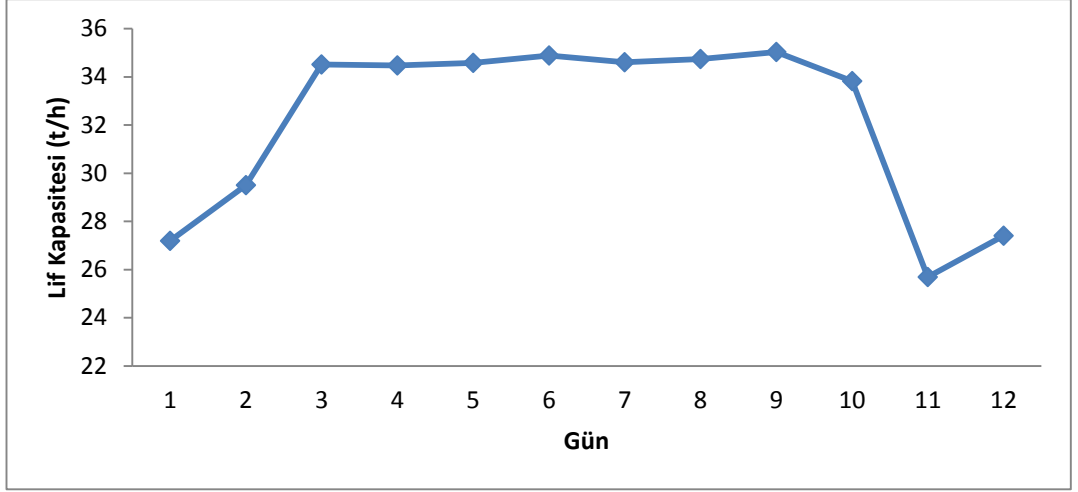
Şekil 4.2. a) 58" için b) 62" için günlük ortalama tüketilen enerji değişimi

Farklı segment örneklerinden alınan verilerin analizinde yeni takılan segmentle üretime başlanırken 1 ton lif üretmek için rafinör enerjisi yaklaşık 90 kwh/t ile başlatılıp en yüksek 160 kwh/t ye kadar üretim devam ettirilebilmektedir. Şekil

4.2'de rafinör'ün çalıştığı günlük ortalama enerji değerleri belirtilmiştir. Grafikte görüldüğü gibi enerji tüketimi bıçak körelmesine bağlı olarak logaritmik bir eğri şeklinde artmaktadır ($r^2_{58}=0,91$; $r^2_{62}=0,84$). Şekil 4.2.'de enerji değişimine dikkat edilirse ilk altı gün içerisinde bıçak körelmesine bağlı olarak enerji tüketimi 105 kwh/t den 6. Günde 135 kwh/t ye hızlı bir şekilde ulaştığı bundan sonra ise 138-143 kwh/t bandında tedrici bir değişim sergilediği görülmektedir. Segmentler, ilk 6 gün içerisinde hızla körelip daha fazla enerji tüketimine sebep olmaktadır. Bundan sonraki süreçte ise bıçakların körelmesi enerji tüketimi üzerinde önemli bir etki oluşturmadığı ancak lif kalitesini kötüleştirici etki yaptığı gözlemlenmiştir. Bu süreden sonra ağaç oranlarının dahi değişmesi enerji tüketimini etkilememektedir. Kalan on altı gün içerisinde enerji miktarındaki artış daha tedrici bir şekilde ilerlemektedir (bkz. 4.2).

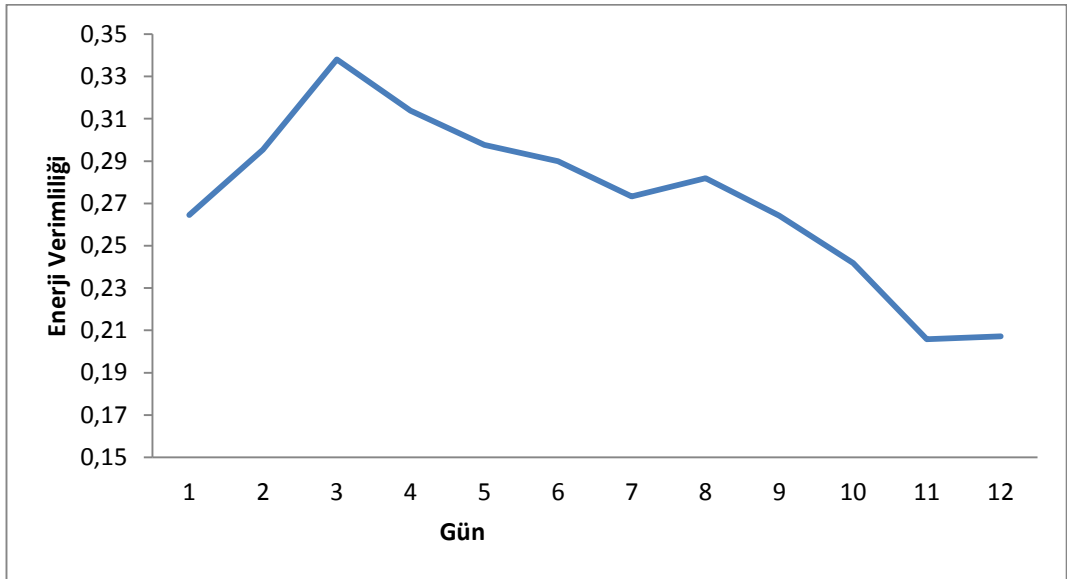
Rafinörde enerji tüketimini etkileyen en önemli etkenlerden biri de rafinörün yüklenme durumudur. Bundan dolayı günlük enerji tüketimleri üretilen lif miktarına oranlanarak kwh/t olarak değerlendirilmiştir. Firmada geçmiş tecrübelerle dayanarak ilk günlerde daha düşük iş yükü ile yükleme yapılmaktadır. Bunun sebebi üretilmek istenen iyi kalite S1-S2 kalite tipinde lif talebi ve yeni takılan segmentlerin rafinöre uyum sağlaması için geçen ısınma periyodu olarak düşünülebilir (Şekil 4.3).

Şekil 4.3'de 12 gün üretim gerçekleştiren segment örneğinin lif kapasite değerleri belirtilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi reafinörde günlük 27 ton lif üretimi ile başlayan üretim süreci, ilk 3 gün ısınma periyodu sonrası 34 ton lif üretecek şekilde hemen hemen sabit bir yük ile yüklenerek devam etmektedir. Bu durum aynı zamanda; bıçak körelmesinde önemli bir faktör olan yük kriterinin etkisinin sabit olduğunu, değişimde herhangi bir etkisinin olmadığını göstermektedir. İlgili segmentin kullanıldığı dönemde, 10. günden sonra beklenilmeyen durumlar (taş, demir, arıza vb.) nedeni ile iş yükü düşürülerek üretim sonlandırılmıştır.



Şekil 4.3. Rafinör yüklenme durumu

Rafinöre ait günlük enerji verimliliği değişimi için, üretilen lif miktarının enerjiye oranı (çıkıtı/girdi) hesaplanmış ve grafik olarak çizilmiştir (Şekil 4.4). Grafikte birim enerji tüketimine karşılık üretilen lif miktarı p/w olarak ifade edilmiştir. Şekil 4.4'de görüldüğü gibi ilk günlerde birim enerji başına daha fazla lif üretilebilirken ilerleyen günlerde aynı enerji ile daha az lif üretilebilmektedir. Enerji tüketimi ise zamanla artmaktadır. Enerji verimliliği bıçak körelmesine bağlı olarak düşmektedir.

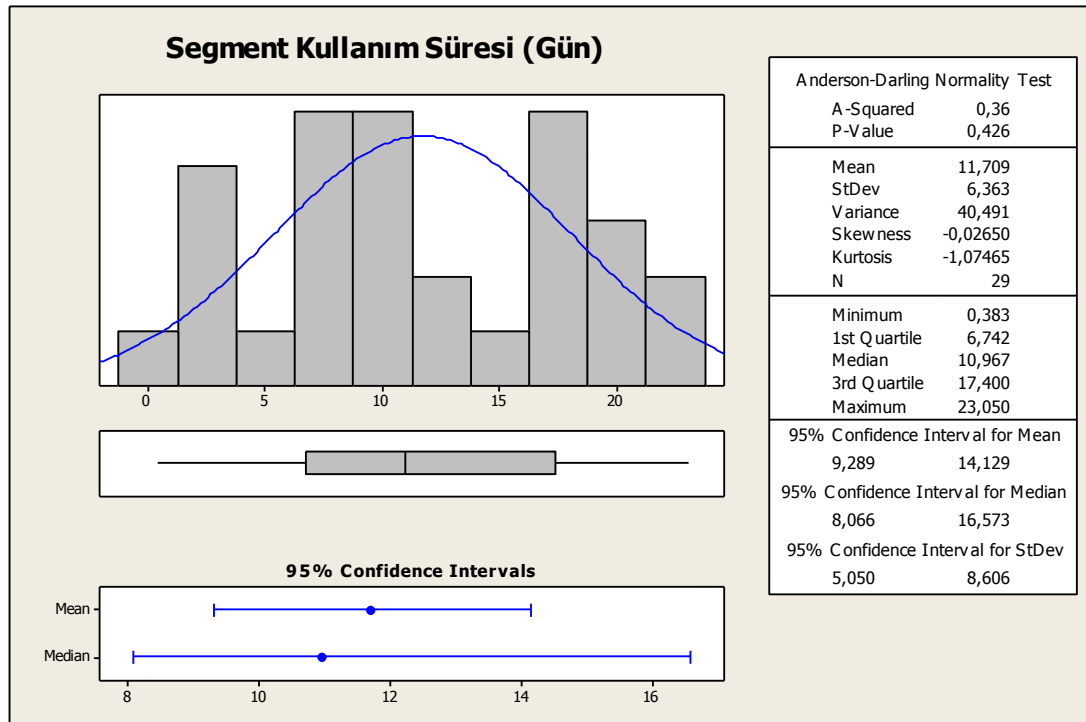


Şekil 4.4. Rafinör enerji verimliliği değişimi

4.2 Segmentlerin Ömrü ve Verimliliğini Artırmaya Yönelik Uygulamalar

Firmada araştırma yapılan süre boyunca dokuz segment değişimi gerçekleşmiş ve bu segmentlerin ortalama kullanım süreleri 11,7 ($s=6,34$)gün olarak tespit edilmiştir. Bu süreçte 58''lik ve 62''lik segmentlerin kullanım süreleri en fazla 21 gün olmuştur. Hesaplanan ortalama süre segmentin körelmesine ve lif kalitesine olan etkisi dikkate alınarak öngörülen 21 günlük sürenin yaklaşık %55'ine tekabül etmektedir.

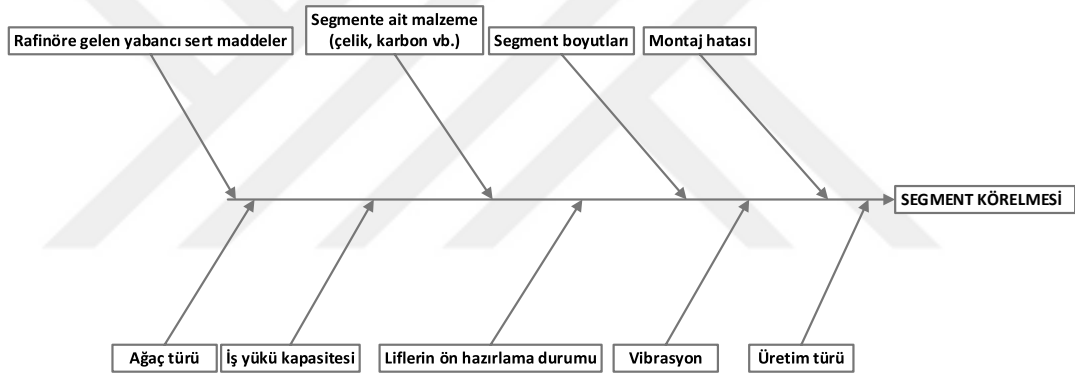
Tesisin üretime başladığı gün itibari ile 29 segment değişimi gerçekleşmiştir. Bu segmentlere ait değişim süreleri incelenmiş ve Anderson Darling testi istatistiği ile normallik testi yapılmıştır. $a^2=0,36$ değeri 0,752 den küçük olduğu için 95% güven düzeyinde normal dağılım gösterdiği bulunmuştur. Şekil 4.5'de görüldüğü gibi segmentlerin ömür dağılımı ortalama 11,7 gün, standart sapma da 6,36 gün ve % 95 güven düzeyinde segment kullanım süresi en az 9,3 gün en fazla ise 14,1 gün, dağılım açısından ise sola çarpık bir eğri görünümündedir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Segment kullanım süresi ile ilgili temel istatistikler

Şekil 4.5'de %95 güven düzeyinde segment ömrünün 9,3-14,1 gün arasında değiştiği görülmektedir. Bu durumda günlük segment maliyetinin, 14,1 günlük segment maliyeti ile 9,3 günlük segment maliyeti arasında değiştiği söylenebilir. Segmentler için ön görülen ömür ise 21 gün olarak bildirilmektedir. Eğer segment ömrü 21 gün olacak şekilde sistem takip edilip segmentlerin erken körelmesine sebep olan durumlar engellenebilirse bu durumda segment ömrü 21 gün olacaktır ki bu işletmeye oldukça önemli bir maliyet avantajı sağlayacaktır.

Segmentlerin körelmesinde etkili olan faktörler balık kılıcı diyagramı halinde aşağıda gösterilmiştir (Şekil 4.6). Bu faktörlerden bazılarının etki düzeyleri gözlemsel verilerle değerlendirilerek analiz edilmiştir.



Şekil 4.6. Rafinör segmentlerinin ömründe etkili olan faktörler

Segment ömrünü doğrudan etkileyen en önemli etkenler;

- Rafinöre gelen hammadde içerisinde yabancı, sert (taş, toprak, kum metal vb.) maddelerin bulunmasıdır. Bu durumda, segmentin etkinliği ve liflendirme etkisi azalır. Aşınan segmentler nedeni ile refinörün enerji sarfiyatı artmakta lif kalitesi düşmektedir. Segmentin değiştirilmesi zorunluluğu ortaya çıkmaktadır (Şekil 4.7). Aksi takdirde, düşük kalitede lif üretimi ve enerji tüketiminden doğan kayıplar daha fazla olacaktır (Eroğlu ve Usta, 2000).



Şekil 4.7. Değişen Segmentte demir nedeni ile oluşan körelme

- Üretimde sert ağaçların kullanılması segmentlerin aktif kullanım sürelerini kısaltmaktadır. Bu nedenle, segmentler kısa süre içerisinde değiştirilmektedir.
- Üretime yüksek kalitedeki ince lif üretimi ile başlanması segmentin kısa sürede körelmesine neden olmaktadır. Üretimde daha tedrici bir şekilde düşük kaliteli lif üretiminden başlayıp yüksek kaliteli lif üretimine geçiş yapılarak segment verimliliği artırılabilir.
- Kullanılan hammaddeye göre uygun özellikte ve boyutta segmentin kullanılması gerekmektedir (Eroğlu ve Usta, 2000).
- Rafinör devir hızı düşük olur ise diskler arasına yeteri kadar yonga sevk edilemediği için röfinör'ün liflendirme kapasitesi düşer. Bu durumda boşta çalışma süresi artacağı için gereksiz enerji sarfiyatı yapılmış olur. Rafinör devir hızının artırılması durumunda diskler arasına fazla miktarda yonga sevk edilerek liflerin kalitesinin düşmesine neden olur. Devir hızının artması nedeni ile fazla miktarda enerji sarfiyatı gerçekleşir. İşleme şartlarına (devir hızı,

basınç, sıcaklık, debi, vb.) göre segment kullanım süresi etkilenmektedir (Ayrılmış, 2000).

- Liflerin Rafiner'e giren yongaların ön hazırlık durumu (yonga rutubeti, yonga boyutları, ön buharlama, pişirici, vb.) lif kalitesini etkilemektedir. Rutubetinin %100'e yakın olması segmentlerin liflendirme kalitesini artırmaktadır (Ayrılmış, 2000).

4.3. Segment Büyüklüklerinin Enerji Tüketimine ve Üretim Kapasitesine Etkisi

Firmada incelemelerde bulunduğumuz süre içerisinde dokuz segment değişimi gerçekleşmiştir ve bu segmentlerden yedi tanesi 52"lik kalan ikisi 62"lidir.

Çizelge 4.1. Enerji değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler

Enerji değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler					
	Örnek sayısı (N)	Ortalama (kWh/t)	Standart sapma	Standart hata	
58" segment	21	133,0010	10,80287	2,35738	
62" segment	21	137,7152	14,67548	3,20245	
		Levene testi		t-testi için eşitlikler	
	F	P	t	df	P (2 tailed)
Varyansların eşit olduğu durum için	1,030	0,316	-1,186	40	0,243
Varyansların eşit olmadığı durum için			-1,186	36,755	0,243

21 gün kullanılan 62''lik ve 52''lik segmentlere ait enerji tüketimleri ve günlük üretim kapasitelerinin birbirlerine göre üstün olarak nitelendirilip nitelendirilmediğine karar verebilmek için çift taraflı hipotez testi uygulanmıştır. Segmentlerin hipotez testi sonuçları aşağıda verilmiştir.

Bu kıyaslamada, farklı segmentlere ait ölçümlerin ortalamalarının arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlılığı test edilmiştir.

Farklı boyuttaki segmentlerin enerji tüketim miktarları açısından kıyaslandığında her ne kadar fark var gibi görünse de (bkz. Şekil 4.8), hipotez testi sonuçlarına göre;

$$H_0 : \mu_{58''} = \mu_{62''}$$

$$H_1: \mu_{58''} \neq \mu_{62''}$$

Analiz sonunda Levene testine bakılarak p (sig.) değeri (burada 0,316) > 0,05 ise varyansı eşit kabul edilen alınır. Bu durumda bunun karşısındaki t alınır.

$$t=1,118$$

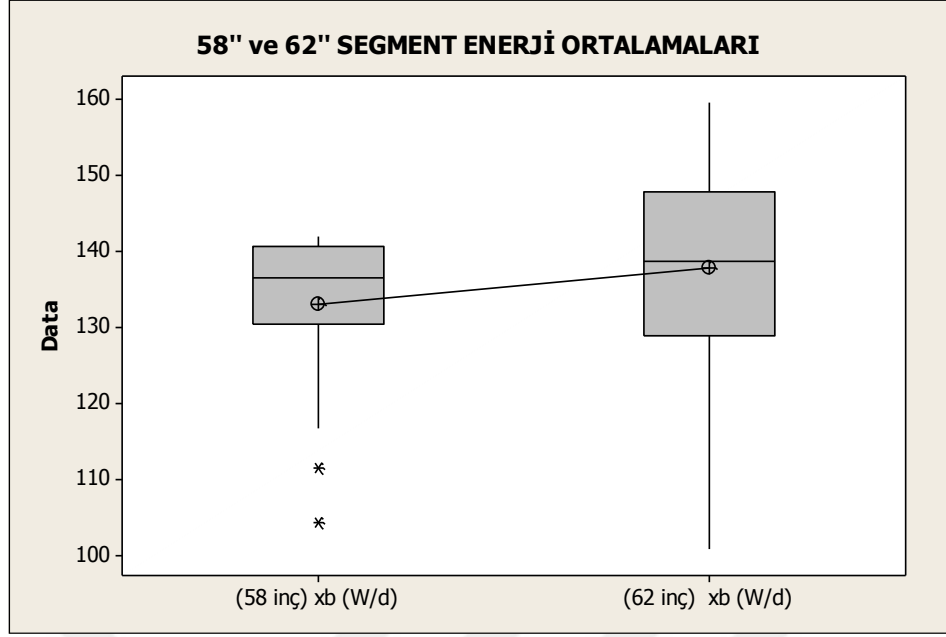
$$df=40$$

$$P \text{ (sig 2 tailed)}= 0,243 > 0,05 \text{ olduğu için}$$

$$H_0 = \text{Kabul}$$

$$H_1 = \text{Ret}$$

% 95 güven aralığında farklı boyutlardaki segmentlerin günlük ortalama enerji tüketimine ait Box-Whisker karşılaştırma grafiğinde de (şekil 4.8) görüldüğü gibi enerji tüketimi açısından anlamlı bir farklılığın olduğuna dair kanıt bulunamamıştır (Çizelge 4.1).



Şekil 4.8. Farklı boyutlardaki segmentlerin günlük ortalama enerji tüketimine ait Box-Whisker karşılaştırma grafiği

Çizelge 4.2. Lif kapasitesine ait tanımlayıcı istatistikler

Lif kapasitesine ait tanımlayıcı istatistikler					
	Örnek sayısı (N)	Ortalama (t/h)	Standart sapma	Standart hata	
58" segment	21	32,0467	2,77573	0,60571	
62" segment	21	36,8643	4,56585	0,99635	
	Levene testi		t-testi için eşitlikler		
	F	P	t	df	P
Varyansların eşit olduğu durum için	3,369	0,074	-4,132	40	0,000
Varyansların eşit olmadığı durum için			-4,132	33,007	0,000

Çizelge 4.2'deki farklı boyuttaki segmentlere ait üretim miktarı (t/h) % 95 güven aralığında yapılan hipotez testi analiz sonuçlarına göre;

$$H_0 : \mu_{58''} = \mu_{62''}$$

$$H_1: \mu_{58''} \neq \mu_{62''}$$

Levene testine bakılarak p (sig.) değeri (burada 0,074) > 0,05 ise varyansı eşit kabul edilen alınır. Bu durumda bunun karşısındaki t alınır.

$$t=4,132$$

$$df=40$$

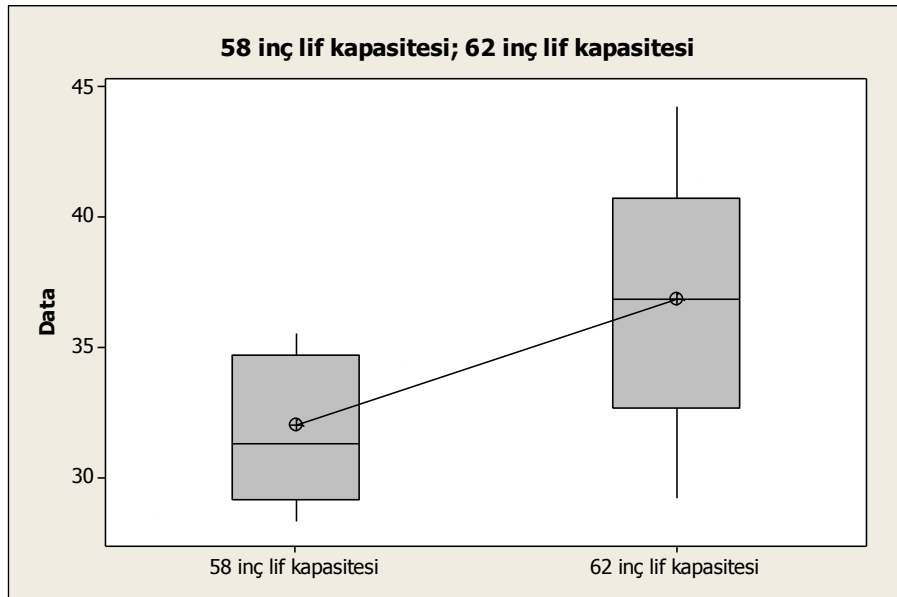
$$P (\text{sig 2 tailed})=0$$

% 95 güven aralığında ($P=0,000<0,05$)

$$H_0 = \text{Ret}$$

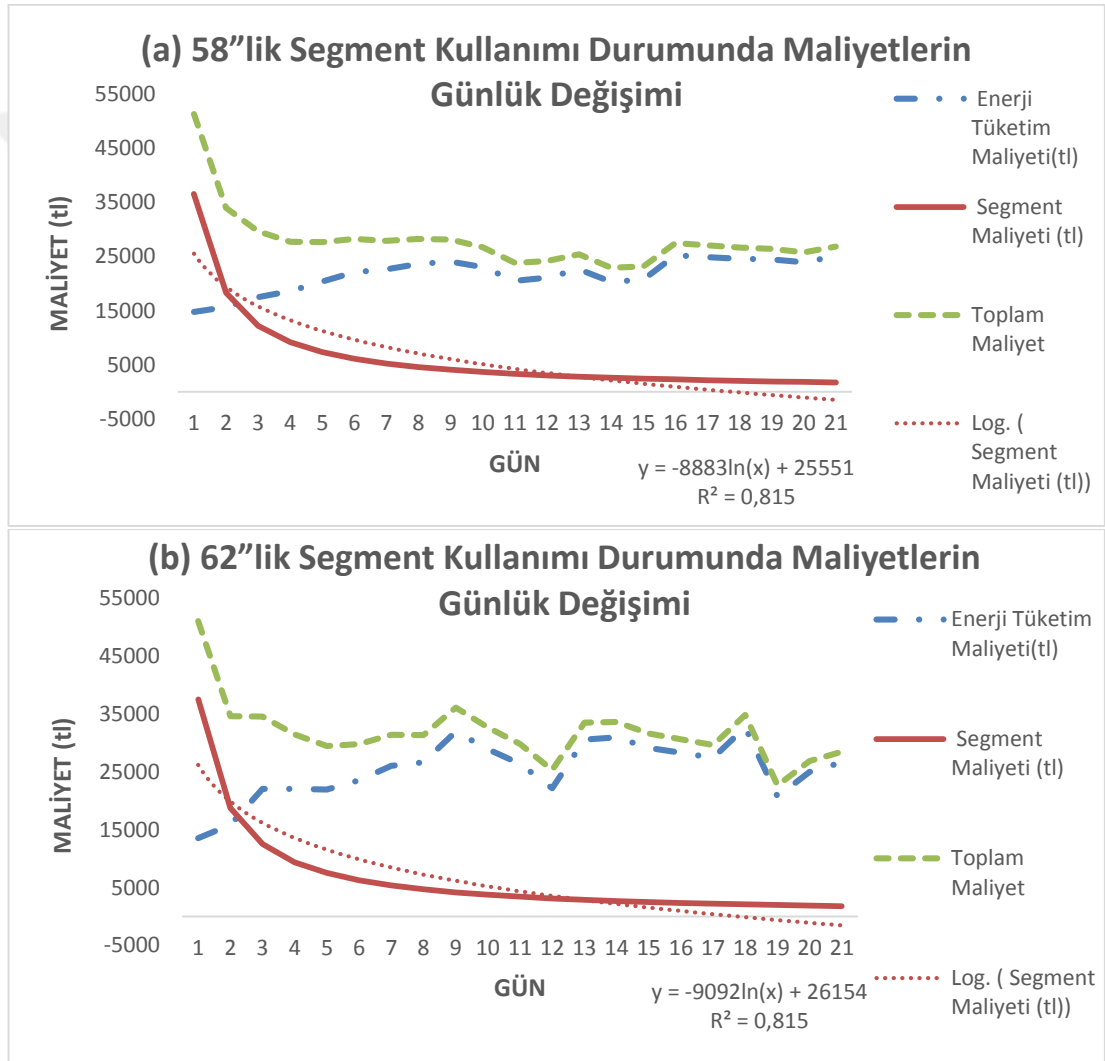
$$H_1 = \text{Kabul}$$

($P=0,000<0,05$) olduğu için istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur. 62''lik segmentlerin daha yüksek kapasite de üretim gerçekleştirdiği Box-Whisker karşılaştırma grafiğinde de açıkça görülmektedir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Farklı boyutlardaki segmentlerin kapasite değerleri ile ilgili Box-Whisker karşılaştırma grafiği

Şekil 4.10'da X eksenini dokuz segment örneğinin günlük ortalama enerji tüketimi (kwh) ve üretilen lif miktarı değerleri alınarak toplam maliyetin günlük değişimini göstermektedir. Yedi gün 24 saat esasına göre çalışılan rafinör ünitesinde incelemede bulunduğu süre içerisinde günlük ortalama enerji tüketim değeri 1 ton lif için 150 kwh'ya kadar yükselmesi nedeni ile bu noktada bırakılmıştır. Y eksenini günlük ortalama enerji tüketim maliyetini ve günlük segment maliyetini göstermektedir.



Şekil 4.10. Rafinör için günlük maliyet değişimi a)58"lik segment kullanımı durumunda b)62"lik segment kullanımı durumunda

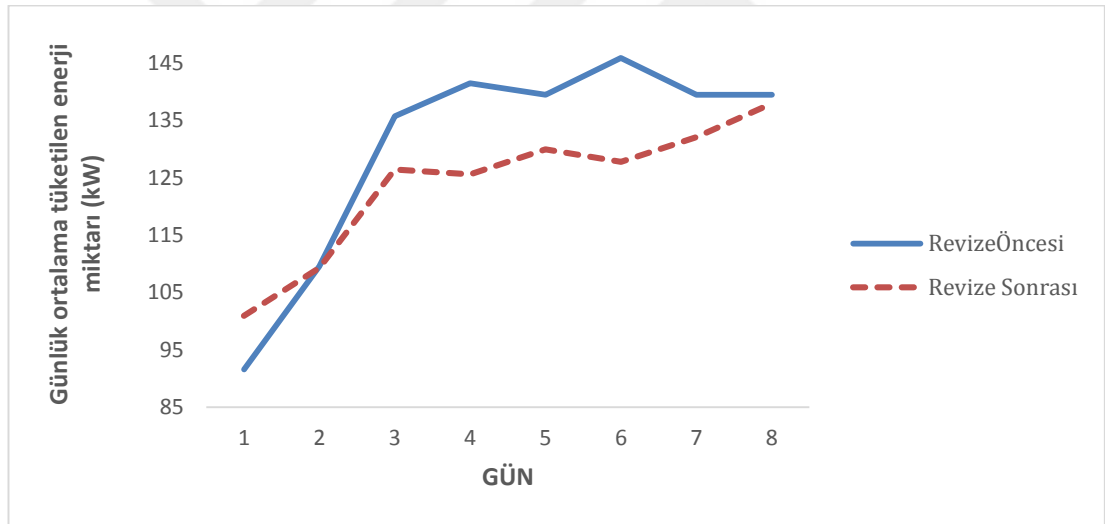
Günlük segment maliyeti segmentin her kullanıldığı gün için üstel bir fonksiyon halinde azalmaktadır. Enerji tüketim maliyeti ise nispeten çok daha dar bir aralıkta düşük bir eğim ile yükselmektedir. Her iki maliyetin bileşeni olan toplam maliyet eğrisinin minimum olduğu nokta segment değişimi için teklif edilebilir gün olarak değerlendirilmelidir. Ancak, değerlendirme aralığı için (1-21. Günler) segmentin kullanım süresine bağlı olarak günlük maliyeti düşerken bıçak körelmesine bağlı enerji tüketim maliyetinin sürekli artma beklentisi gerçekleşmemektedir. Bu durumda enerji maliyetleri açısından en uygun nokta lif kalitesi dikkate alınarak belirlenmek durumundadır. Çünkü segment körelmesine bağlı olan enerji tüketimindeki artış beklenildiği şekilde gerçekleşmemekte, ancak segment körelmesine bağlı lif kalitesinde düşüş oluşmaktadır.

Segment maliyeti açısından segment ne kadar uzun süre kullanılırsa toplam maliyet o kadar düşecektir. Segmentin metal veya taş gibi herhangi bir yabancı cisim nedeni ile ilk hafta içerisinde kullanılamaz hale gelmesi maliyeti aşırı derecede artırmaktadır. Segmentin körelmesine sebep olan olağan dışı durumlar(taş, metal, vb.) önlenmeye çalışılmalıdır.

4.4. Ağaç türü karışımının Enerji Tüketimindeki Değişime etkisi

Segmentlerin enerji tüketimi kullanılan ağaç türü karışımına bağlı olarak değişmektedir. Yapılan analizler ve 4 aylık segment değişimleri dikkate alınarak yapılan değerlendirme sonuçlarına göre rafinörün enerji tüketimi segment körelmesine bağlı olarak yüksek eğimli artışını ilk hafta sonunda tamamlamaktadır. Bu nedenle; ilk hafta içerisinde segment körelmesinde etkili olan faktörlere müdahale ederek bu süreyi uzatmak enerji tüketim maliyetleri açısından önemli bir avantaj oluşturabilecektir. Bilindiği gibi segment körelmesinde, işlenen ağaç türlerinin farklı etkileri sözkonusudur. İçerisinde silikat ve reçine gibi ekstraktif madde bulunan ağaç türleri segment körelmesini hızlandırırken düşük yoğunlukta ve yumuşak ağaç türleri segmentlerin daha uzun süre kullanılmasını sağlayacaktır.

Enerji tüketimindeki değişim rafinörün çalışma sistemi açısından önemli bilgiler vermektedir. Kesikli bir süreçte değerlendirilecek olursa; enerji miktarındaki artışın, eğimin yüksek olduğu ilk yedi gün ve sonrası ayrı ayrı grafikler halinde incelenmiştir. Daha iyi lif kalitesini daha uzun süre elde edebilmek için (ilk hafta sonrasında rafinör enerji tüketimi açısından daha stabil hale gelmektedir) ilk hafta odun karışımlarında yumuşak odunlara öncelik tanınması daha iyi olacaktır. Böylelikle segmentler bir anda körelip kısa sürede yüksek enerji tüketimine geçmeyecektir. Bu öneri doğrultusunda yapılan yeni planlama sonrası enerji tüketimindeki değişim aşağıdaki grafiklerde verilmiştir (Şekil 4.11). Şekil 4.11’de görüldüğü gibi 3. gün de enerji tüketimi 140 kwh’ e yaklaşırken revize sonrası ancak 8. günde 140 kwh enerji tüketimine ulaşılmıştır.



Şekil 4.11. Odun türü karışımının revize öncesi ve sonrası günlük ortalama enerji tüketimine etkisi

Bilindiği gibi ağaç türleri, yoğunlukları, ekstraktif içerikleri, ilkbahar odunu, yaz odunu katılım oranı, öz odun, diri odun olması gibi birçok anatomik özelliği nedeni ile işlenmesi kolay veya zor olabilmektedir. Örneğin okaliptus, odun lifleri içerisindeki slikaat nedeni ile kesici uçlarda köreltici olumsuz etki yaratmaktadır (Bozkurt, 1998). İlk hafta okaliptusun işlenmesi segmentin hızlı

bir şekilde körelmesine sebep olmaktadır. Çam iğne yapraklı bir ağaç türü olarak işlenmesi daha kolaydır. Daha az enerji tüketimine sebep olmaktadır. Bu durumu dikkate alacak şekilde üretim planında değişiklik yapılmış, 8 günlük ortalama enerji sarfiyatı incelenmiştir (Çizelge 4.3 ve Şekil 4.11).

Çizelge 4.3. Odun karışımının segment körelmesine bağlı enerji tüketimine olan etkisi

		Revize Öncesi	Revize Sonrası	
Gün	Ağaç oranları	Enerji tüketimi \bar{X} (kWh/t)	Ağaç oranları	Enerji tüketimi \bar{X} (kWh/t)
1	Çam	91,57	Çam › Kayın	100,91
2	Kayın › Çam	109,55	Çam › Kayın	109,33
3	Kayın › Çam ›Okalıptus	135,75	Çam › Kayın	126,45
4	Kayın › Çam ›Okalıptus	141,50	Çam › Kayın	125,63
5	Kayın › Çam ›Okalıptus	139,50	Çam › Kayın	130,00
6	Kayın › Çam	145,91	Çam › Kayın	127,83
7	Çam	139,50	Çam › Kayın	132,10
8	Çam › Kayın	139,50	Çam › Kayın	138,00
	\bar{X} (kWh/t)	130,34	\bar{X} (kWh/t)	123,78

Odun karışımının segment körelmesine bağlı olarak enerji tüketimine etkisini kıyaslamak için t testine tabi tutulmuştur. Revize öncesinde ve sonrasında 62" boyutunda segmentler kullanılmıştır. Revize öncesi ve sonrası değerler 2 saatte

bir alınmıştır. Revize öncesi 61 adet, revize sonrası 80 adet değer alınarak hipotez testi gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.4. Revize öncesi ve sonrası enerji değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler

Revize öncesi ve sonrası enerji değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler						
		Örnek sayısı (N)	Ortalama (kWh/t)	Standart sapma	Standart hata	
Ortalama enerji tüketimi	Revize öncesi	61	129,5246	19,65333	2,51635	
	Revize sonrası	80	123,4875	13,98190	1,56322	
		Levene testi		t-testi için eşitlikler		
		F	P	t	df	P (2-tailed)
Varyanslar eşit kabul edilirse		9,332	0,003	2,131	139	0,035
Varyanslar eşit olmadığı kabul edilirse				2,038	103,535	0,044

$$H_0 : \mu_{Rö} = \mu_{Rs}$$

$$H_1 : \mu_{Rö} \neq \mu_{Rs}$$

Analiz sonunda Levene testine bakılarak p (sig.) değeri (burada 0,003) <0,05 olduğu için varyansı eşit kabul edilmeyen alınır.

$$t=2,038$$

$$df=103,535$$

$$P \text{ (sig 2 tailed)}= 0,044 < 0,05$$

$H_0 = \text{Ret}$

$H_1 = \text{Kabul}$

% 95 güven aralığında ($P=0,044<0,05$) olduğu için istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur. Odun karışımındaki değişim ile enerji tüketiminde düşme gözlenmiştir. Revize sonrasında anlamlı bir şekilde verimliliğin artırıldığı ifade edilebilir.

Çizelge 4.4'de odun karışımlarının ortalama enerji tüketim miktarları dikkate alındığında revize sonrası toplam enerji miktarı %5 oranında azalarak firmaya kazanç sağlamaktadır. Revize sisteminin getirilmesi ile ilk 8 gün için enerji maliyetinde gerçekleştirilen tasarruf 12.248 TL olmaktadır.

4.5. Rafinör Üretim Sürecinin İzlenmesinde İstatistiksel Proses Kontrol (SPC) Teknikleri Kullanılarak Etkinliğin Artırılması Çalışmaları

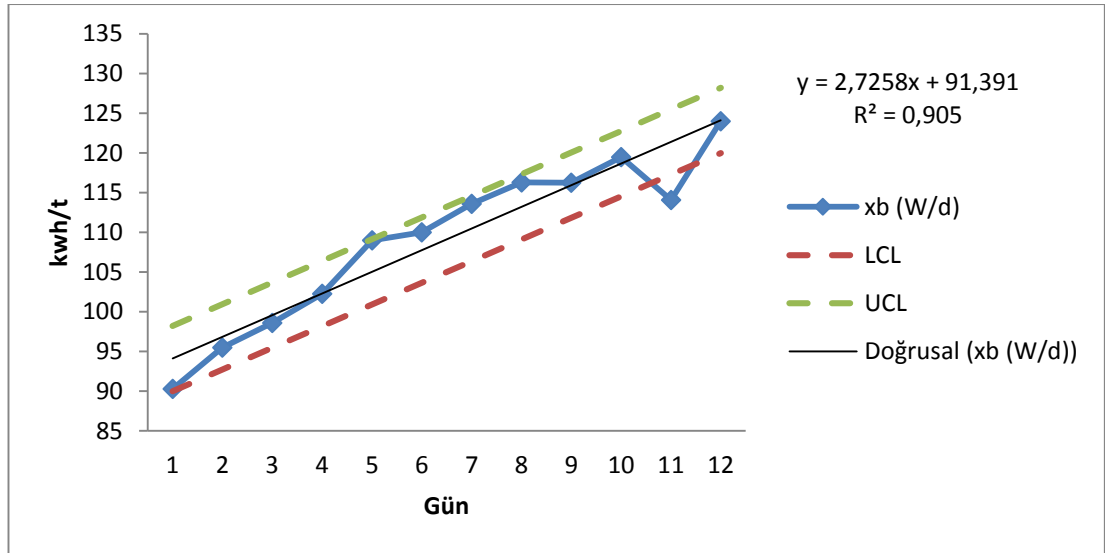
Rafinör üretim sürecinde en yüksek maliyet kalemini segment maliyeti oluşturmaktadır. Segment ömrünün hedeflenen değerden çok daha düşük olması (segmentlerin ömür dağılımı ortalama 11,07, standart sapma 6,36 gün) segmentlerin yaklaşık %28,1' inin 8 günden daha kısa sürede değiştirilmek zorunda kaldığını göstermektedir. Bu durumun temel sebebi yongalar arasında yabancı cisimlerin bulunması ve bunların ayıklanamaması sonucu oluşmaktadır.

SPC teknikleri herhangi bir anormallik belirten durumları tespit etmek için kullanılabilir. Bu yöntemler sayesinde kontrol grafiklerinden faydalanılarak değişkenlikler takip edilebilir, hatanın teşhisini sağlayarak sebepleri ortadan kaldırılabilir (Low ve Teoh, 2015).

Montgomery (2005), bir süreçteki değişkenlerin verilerini kontrol edebilmek için alt ve üst kontrol limitleri belirlenerek sistemin daha verimli çalışabileceğini göstermektedir. Değerlerin kontrol limitlerinin dışına çıkması

durumunda üretim sürecinde bir problemin söz konusu olduğunu belirtmektedir. Bu problemin nedenleri tesbit edilerek ortadan kaldırılıp üretimin normal akışına dönmesi sağlanır. Değerlerin kontrol sınırları dışına çıkmadan yapılan iyileştirme ile kötü sonuçların oluşması engellenebilmektedir.

Kısacası; SPC diyagramları ile rafinörün anlık enerji tüketim değerleri incelendiği takdirde olağan değişimin dışındaki makinayı zorlayıcı her etki anında görülebilecek ve acil müdahale ile segmentlerin korunması sağlanabilecektir. Bu amaçla SPC diyagramı olarak segment körelmesine bağlı enerji tüketimindeki trendi dikkate alan regresyon kontrol grafiği kullanılabilir. Bilindiği gibi proses ortalamasında meydana gelen artma veya azalma durumunda regresyon grafiğine başvurulabilmektedir. Söz konusu grafiğin esası, standart sapmanın değişmediği ancak proses ortalamasının doğrusal bir trende sahip olduğu, \bar{x} grafiğine doğrusal bir trend uydurulmasıdır (Işığışık, 2012). Bu amaçla “En küçük kareler trend doğrusu” yaklaşımı kullanılarak kontrol grafiği çizilmiştir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Rafinör enerji tüketiminin regresyon kontrol grafiği ile izlenmesi

Şekil üzerinde günlük ortalama enerji değerleri için alt kontrol sınırı ve üst kontrol sınırı oluşturulmuştur. Yongalar arasındaki taş, metal gibi yabancı cisimler birden ortaya çıkarak segmentlerin körelmesine sebep olmaz. Belli bir boyutun üzerindeki yabancı cisimler ön ayıklama sürecinde ayıklanmaktadır. Ancak ayıklama sistemlerinin yetersiz kaldığı, boyutlarından veya yoğunluğundan dolayı yakalayamadığı cisimler segmentlerde önemli hasarlara yol açabilmektedir. Rafinörün enerji tüketimindeki olağan dışı değişimler farkedilebilirse hasar ortaya çıkmadan önce kontrollerin sıklığı artırılıp yakalanamayan ama segmentin körelmesine sebep olan yabancı cisimler yakalanabilecektir.

Bilindiği gibi; kontrol grafiğinin çiziminde ve üst kontrol alt kontrol sınırlarının belirlenmesinde aşağıda kısaca özetlenen süreç takip edilmiştir:

1-)İlgili zaman aralığı için rafinörün günlük 1 ton lif üretmesinde harcadığı ortalama enerji miktarı günde 12 adet veri alınarak takip edilmiştir.

2-)Segmentlerin beklenen ömrünün 21 gün olduğu düşünülürse, segment körelmesine bağlı enerji tüketimindeki değişimin etkisi ilk 8-10 gün yüksek korelasyonla doğrusal artış gösterirken sonrasında daha düşük bir eğim ve korelasyon katsayısına sahiptir. Bundan dolayı ilk hafta için ayrı, sonrası için ayrı grafiklerin çizilmesi, 21 günlük sürecin tek bir süreç olarak değil kesikli bir fonksiyon halinde incelenmesi daha uygun olacaktır.

3-)Bu kapsamda ilk 7 gün için ve sonrası günler için ayrı ayrı regrasyon trend doğruları oluşturulmuş bu doğru orta çizgi değeri olarak alınmıştır.

4-)Üst kontrol ve alt kontrol sınırlarını belirlemek için aşağıda belirtilen formüller kullanılmıştır.

Proses ortalamasında meydana gelen artma veya azalma durumunda regrasyon kontrol grafiğine başvurulabilmektedir. Söz konusu grafiğin esası, standart sapmanın değişmediği fakat proses ortalamasının doğrusal bir eğilime sahip olduğu \bar{X} grafiğine, doğrusal bir eğilim uygundur. Prosesin

ortalamasında meydana gelen artma veya azalmanın nedeni genellikle makine eskimesi ya da alet aşınması olmaktadır (Işığışok, 2012).

Mevcut veri kümesine bir doğru uydurulmasının en doğru yaklaşımı en küçük kareler (EKK) trend doğrusu olmaktadır.

$$Y_j = a + bX_j \quad (4.1)$$

EKK normal denklemleri kullanılarak a ve b parametreleri tahmin edilir.

$$\sum_{j=1}^k Y_j = na + b \sum_{j=1}^k X_j \quad (4.2)$$

$$\sum_{j=1}^k Y_j X_j = a \sum_{j=1}^k X_j + b \sum_{j=1}^k X_j^2 \quad (4.3)$$

En küçük kareler trend doğrusu ile elde edilen sonuçlara dayanarak, ortalamada gerçekleşen küçük ancak sürekli bir kayma için kontrol sınırları oluşturulmaktadır. Bu amaçla EKK kullanılarak bulunan denklemlerdeki kesme terimi orta çizgi olmak üzere, grafik üzerinde orta çizginin üst ve altındaki $A_2 \bar{S}$ aralığına yerleştirilerek aşağıdaki kontrol sınırlarına ulaşılabilmektedir.

$$OÇ = Y' \quad (4.4)$$

$$UCL = Y' + A_3 \bar{S} \quad (4.5)$$

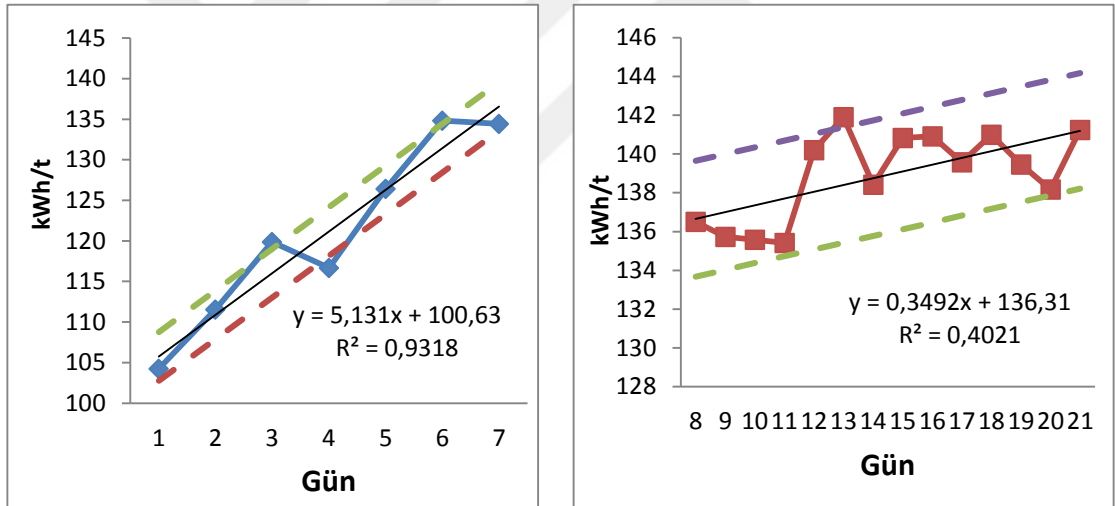
$$LCL = Y' - A_3 \bar{S} \quad (4.6)$$

5-)İlgili formüller ve eşitlikler kullanılarak parçalı fonksiyona ait regresyon kontrol grafikleri çizilir. Grafik üzerinde; kolerasyon katsayısı (r), regresyon modeline ve kontrol sınırları ile günlük enerji tüketimindeki değişim rahatlıkla izlenebilir (şekil 4.13).

Bu kontrol sınırlarının dışına çıkan bir durum söz konusu olduğu noktalarda üretimde sistemi etkileyen önemli bir etkinin varlığından söz edilebilir. Bu

etken taş, toprak vb. yabancı bir cisim olabileceği gibi lif karışımındaki ani değişim de olabilir. Grafik takip edilerek segmentlerin körelmesine yol açabilecek bu etkenler fark edilip ani müdahale şansı oluşabilecektir. Grafikteki değerler 58''lik segmente aittir. Şekil 4.12'de görüldüğü gibi 11. gün alt kontrol sınırlarının altında bir değer söz konusudur. Bu durum olağan dışı bir etkinin varlığını göstermektedir. Firmadan alınan üretim raporlarının incelenmesi sonucu aşağıdaki bilgilere ulaşılmıştır.

İlk 10 gün daha çok çam ağırlıklı üretim gerçekleşmiştir. 11. Gün % 100 kayın kullanılarak S2 kalite lif üretimine geçilmiştir. Şekil 4.12'de görüldüğü gibi bu değişimi regrasyon kontrol grafiği yakalamıştır.



(a)

(b)

Şekil 4.13. Günlük ortalama enerji değerlerindeki değişimin istatistiksel kalite kontrol diyagramları (a) İlk 7 günlük değişim, (b) 8-21 Günlere ait değişim

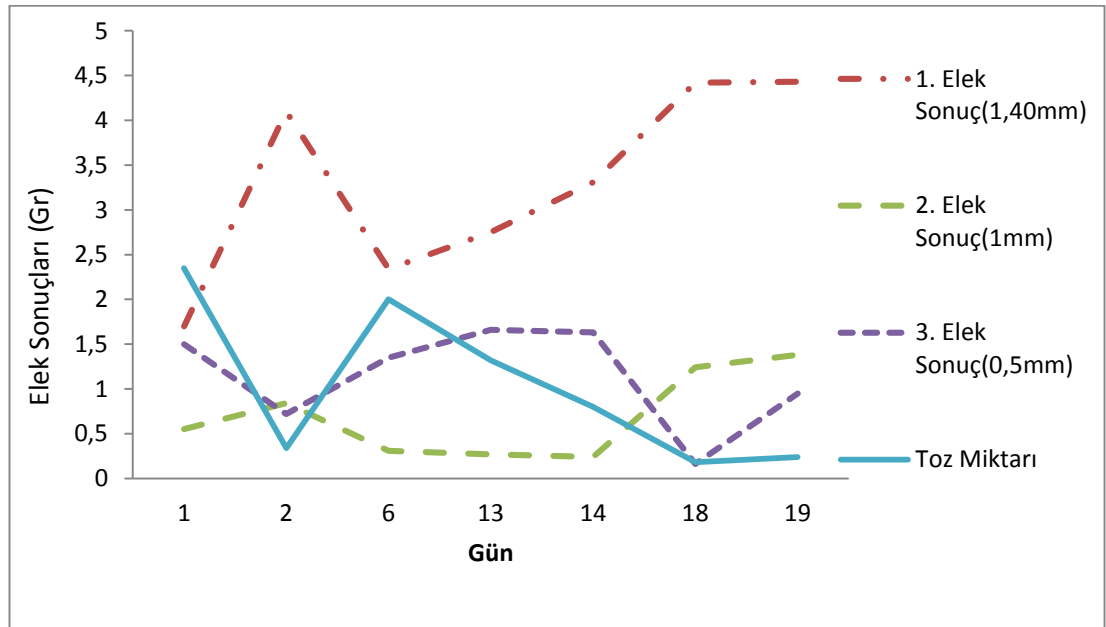
Şekil 4.13 (a) da 3., 4. ve 6. gün sistemi etkileyen önemli etkenlerin varlığından söz edebiliriz. Yine aynı şekilde Şekil 4.13. (b) 13. gün için bir problemin varlığından bahsedebiliriz. 12 günlük değerlendirmenin gösterdiği Şekil 4.12 ile

parçalı grafik Şekil 4.13 arasında önemli bir fark da R^2 değerinin parçalı grafikte daha yüksek olmasıdır. Bu durum sürecin parçalı fonksiyon halinde izlenmesi yöntemin hassasiyetini artırdığının da bir göstergesidir.

4.6. Segment Körelmesine Bağlı Lif Kalitesindeki Değişimin Araştırılması

On günlük değerlendirme aralığında, düzenli olarak alınan lif örnekleri Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesinde bulunan titreşimli elek analizi cihazında analiz edilmeye çalışılmıştır. Şekil 4.14'de elek analizi sonuçları gösterilmektedir.

Yapılan bu çalışmada liflerdeki statik elektrikleşme sonucunda gerçekleşen topraklanma nedeni ile elek analizinden anlamlı bir sonuç elde edilemeyeceği tecrübe edilmiştir. Mevcut durumda lif kalitesinin takibi ilgili uzman elemanın görüşü doğrultusunda yapılabilecektir.



Şekil 4.14. Elek analizi sonuçları lif kalitesi takibi grafiği

Çizelge 4.5. Elek analizi sonuçları

Gün	Ağaç Türü Oranları	Lif Kalitesi (S1-S2)	Elek Boyut (Açıklık)								Lif Kalitesi Uzman Görüşü
			1,4mm		1mm		0,5 mm		Toz Miktarı		
			Gr.	%	Gr.	%	Gr.	%	Gr.	%	
1	%100 Yerli Çam	S1	3,03	50,5	0,32	5,3	1,84	30,6	0,81	13,5	6
2	%60Kayın -%40Yerli Çam	S2	3,27	54,5	1,59	26,5	0,63	10,5	0,51	8,5	8
3	%60Kayın -%40Yerli Çam	S2	2,25	37,5	1,28	21,3	0,87	14,5	1,6	26,6	7
4	%60Kayın -%40Yerli Çam	S2	0,59	9,8	0,39	6,5	2,6	43,3	2,42	40,3	7
5	%60Kayın -%40Yerli Çam	S2	2,37	39,5	0,58	9,6	1,24	20,6	1,81	30,1	7
6	%60Kayın -%40Yerli Çam	S2	4,25	70,8	0,98	16,3	0,4	6,6	0,37	6,2	6
7	%80Yerli Çam- %20Kayın	S1	3,87	64,5	0,22	3,6	1,56	26	0,35	5,8	6
8	%60 Kayın- %30 Yerli Çam-%10 Okalıptus	S2	2,93	48,8	0,1	1,6	1,97	32,8	1	0,16	8
9	%80 Kayın- %20 Yerli Çam	S2	2,98	49,6	1,6	26,6	0,97	16,1	0,45	7,5	7
10	%80 Kayın- %20 Yerli Çam	S2	3,83	63,8	0,37	6,2	1,35	22,5	0,25	4,2	8

5 puan alan örnek	
6 puan alan örnek	
7 puan alan örnek	
8 puan alan örnek	
9 puan alan örnek	

Şekil 4.15. Lif kalitesinin duyu analizi ile değerlendirilmesi

Bu kapsamda üretimden günlük olarak alınan lif örnekleri uzman kişi tarafından derecelendirildi (1=çok kötü, 10=çok iyi olacak şekilde ara değerler ile sezgisel-

duyusal yöntemle değerlendirildi). Uzman kişi tarafından 5-9 aralığında puan verilen örneklere ait fotoğraf görüntüleri Şekil4.15' de verilmiştir. Fotoğraflar x10 büyütme lup ile görüntülenmiştir. Düşük puanlı liflerde daha kaba lifler elde edilmektedir. Puan arttıkça lifler daha ince ve saçaklı bir yapı kazanmaktadır.

Elek analizi sonucunda topaklanan lifler eleklerin yüzeyinde kalmaktadır. Eleklerde kalan lifleri hassas terazide tartarak değerler bilgisayar ortamına aktarılıp analiz edilmiştir. Eleklerin yüzeyinde kalan lifler nedeni ile bu analizinden başarılı bir sonuç elde edilememiştir. Bundan dolayı elek analizinden vazgeçilmiş, duyusal analiz ile uzman görüşü dikkate alınarak lif kalitesi değerlendirilmiştir.



Şekil 4.16. Otomatik eleme cihazı

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünya çapındaki firmalar ile rekabet edebilmek verimliliğin artırılması ile mümkündür. Bu çalışmada Bakım odaklı uygulamalar ile verimliliğin artırılmasına yönelik bir takım etkinlikler planlanmış ve sistematik hale getirilmesi hedeflenmiştir. Bakım odaklı uygulamalar, tesisin sadece liflendirici bölümünde uygulanmıştır. Bu kapsamda liflendirici bölümünde yurt dışına bağımlılığı olan parçalarda (segment) ve enerji kullanımında verimliliği artırmak ve maliyetleri düşürmek hedeflenmiştir.

Çalışmanın başlangıcında; segment ömrüne bağlı olarak azalan günlük segment maliyeti ile segment körelmesine bağlı artan günlük enerji tüketim maliyeti arasındaki ters yönlü eğilimin modellenmesi ve buna bağlı olarak optimum segment ömrünün tespiti hedeflenirken lif kalitesine bağlı belirlenen segment ömrü içerisinde segment maliyetlerinin çok yüksek olması ve segment körelmesine bağlı enerji maliyetinin belirli bir noktadan sonra sabit kalıp artmayışı nedeni ile maliyetin optimum değeri belirlenememiştir. Segment maliyetlerinin yüksek olması segmentlerin daha uzun süre kullanılmasını gerektirmektedir. Burada segment değişimi için tek kısıtlayıcı faktör segment körelmesine bağlı lif kalitesinin değişimidir. İlerleyen çalışmalarda optimum segment ömrü ile lif kalitesindeki değişim arasındaki ilişki incelenerek belirlenebilir. Böylece; arzu edilmeyen lif kalitesinin oluşum zamanı gerekli olasılık hesapları yapılarak optimum segment değişim zamanı olarak tespit edilebilir.

Ele alınan üretim süreci için yaklaşık bir yıllık veriler dikkate alınarak günlük segment maliyeti 58 inç'lik segmentler için 942,5 €, 62 inç'lik için ise 964,7 € olmaktadır. Bu durumda üretim miktarına bağlı birim segment maliyeti 58 '' için 3,89 TL/ton-lif, 62 ''lik için ise 3,46TL/ton-lif'dir.

Ele alınan üretim sürecinde segment kullanımı için hedeflenen ömür en az 21 gün olmasına rağmen ortalama 11,7 gün ($s=6,34$) olarak tespit edilmiştir. Bu durum segment ömrünün ancak % 55 inin kullanılabildiğini göstermektedir. Firmada verimliliği ve etkinliği artırmaya yönelik iyileştirme çalışmaları ile bu süre 21 güne daha çok yaklaşacaktır. Bu kapsamda; neden sonuç analizleri, istatistiksel proses kontrol teknikleri kullanılarak aşağıda kısaca özetlenen iyileştirmeler gerçekleştirilmiştir;

Kapasite açısından farklı olan segmentlerin enerji verimliliği ve segment ömrü deneysel tasarım yöntemi ile araştırılmış gerekli istatistiksel testler ile %95 güven düzeyinde farklılıklar ve avantajları ortaya konmuştur. 58"lik ve 62"lik segmentler arasında enerji tüketimi açısından anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir. Lif kapasite miktarları için yapılan t testinde 62"lik segmentte daha fazla miktarda lif üretimi gerçekleştirilerek daha verimli olduğu belirlenmiştir. İki segment arasındaki kapasite farkı %14 olarak hesaplanmıştır. Lif üretim kapasitesi olarak 62" lik segment daha verimli olmasına karşılık iki segment arasındaki fiyat farkı sadece %3'lük bir seviyededir.

Bakım odaklı uygulamalarda makinada işlenen ağaç türlerinin karışım oranları dikkate alınmalı bakım planları ona göre yapılmalıdır. Hem enerji maliyetleri hemde segment maliyeti açısından yapılan incelemelerde segment körelmesine bağlı olarak enerji tüketiminin ilk hafta içerisinde optimum noktaya ulaştığı görülmüştür. Buna neden olan temel etken odun karışımlarında bir anda sert ağaç olarak nitelendirilen hammaddenin kullanılarak üretime başlanmasıdır. Yapılan gözlemler ve geçmiş günlere ait veriler dikkate alınarak yapılan incelemelerde ilk haftada yumuşak ağaç odunlarına ağırlık verilmesi segment körelme süresini uzatmakta enerji maliyetlerini düşürmektedir. Bu durum kullanılan odun türü karışımlarının tamir bakım planlamasının yapılmasında dikkate alınmasını zorunlu kılmaktadır. Literatürde; Üretimde kullanılan ağaçların yoğunluğu ve besleme hızının artması enerji sarfiyatını artıracak bildirilmektedir (Aguilera ve Munoz, 2011). Darmawan vd., (2011), yapraklı ağaç odunlarında özellikle tropik orman ağaçlarında bulunan kül, silis ve ekstraktif madde gibi içeriklerin ahşap esaslı malzemeleri işlemede kullanılan

takımların aşınmasında gösterdiği olumsuz etkiyi bildirmektedir. Bu durum segmentlerin işleme alınması sonrası ilk hafta içerisinde kendisini en yoğun şekilde göstermektedir. Her ne kadar çam ve diğer reçineli türler için reçineden dolayı takım ömrünü azaltıcı etkisi bildirilse de (bkz. Walker, 2006), liflendirici öncesi yongaların pişirilmesi esnasında bu etkinin en aza indiği bilinmektedir.

Segment verimliliğini azaltıcı diğer bir etken, yüksek kalitede lif özelliği isteyen ürünlerin üretilmesi ile segmentin kullanılmaya başlanmasıdır. Bu segmentin kısa süre içerisinde körelerek takım ömrünü tamamlayıp maksimum enerji tüketim miktarına ulaşmasına neden olmaktadır. Belirtilen durumlara dikkat edilirse segmentler bir anda körelip kısa sürede yüksek enerji tüketimine geçmeyecek ve verimlilik artacaktır. Ekipman etkinliğini etkileyen kayıpların minimum noktalara çekilmesi ile rafinör verimliliği daha iyi değerlere çıkarılabilmektedir.

Rafinör enerji tüketim miktarını ve segment körelmesini etkileyen faktörlerden bir tanesi de hammaddenin rafinöre gelmeden önce gördüğü işlemlerdir. Ön buharlama ve pişirici değerlerinin düşürülmesi durumunda segment daha sert malzeme ile çalışmakta ve segment ömrü azalmaktadır. Bunun sonucunda rafinör gücü artırılarak daha fazla enerji tüketimi gerçekleşmektedir. Bu nedenle ön buharlama ve pişirici değerleri rafinör için önemli olduğu gözlemlenmiştir.

Lif kalitesini belirlemek için her gün alınan lif örneklerine elek analizi yapılmıştır. Fakat elek analizinden anlamlı bir sonuç elde edilemeyeceği tecrübe edilmiştir. Walker, (2006)'da, MDF için gerekli lif kalitesinin çok tartışılan bir konu olduğunu iddia etmektedir. Lif kalitesini güvenilir bir şekilde ekipmanlar ile değerlendirebilmenin çok zor ve gerekli ölçüm cihazı maliyetlerinin yüksek olduğu belirtilmektedir. Lif kalitesinin takibinde duyuşal analiz yöntemleri kullanılabilir. Bu amaçla uzman görüşü doğrultusunda oluşturulan likert ölçeği faydalı olacaktır.

Firma kurulduğu günden itibaren aynı marka ve dizayn segmenti kullanmaktadır. Farklı marka ve tasarımda (yıldız vb.) segment kullanılarak verimlilik artırılabilir. Akbulut ve Ayrılmış, (2002), Segmentin profiline, tasarım ve dizaynına bağlı olarak lif kalitesi değişim gösterebileceğini ifade etmektedir. Ahşap işleme süreçlerinde verimliliği artırabilmek için doğru malzeme ve doğru dizaynın kullanılması gerekmektedir. Doğru özellikteki malzeme kullanılmadığı takdirde üretilen ürünün kalitesi bozularak makine daha fazla güç tüketmektedir (Ratnasingam, vd., 1999). Kullanılan segmentin aşınmasının nedenleri sertlik değerleri, malzemenin türü (dökme demir, paslanmaz çelik, vb.), sıcaklık dayanımı, eğilme direnci, basınç ve mukavemet özelliklerine bağlı olarak değişim göstermektedir. Segmentin sertlik derecesi fazla miktarda olması durumunda segment kırılabilmektedir. Segmentin sertlik derecesi az olur ise daha kolay aşınarak takım ömrü azalabilmektedir (Tschatsch, 2008).

Yurt dışından ithal edilen odunlar ülkemize gemi aracılığı ile ulaşmaktadır. Taşıma amaçlı kullanılan gemilerin daha önceki seferlerinden kalan istenmeyen maddeler (taş, demir, vb.) hammadde ile birlikte üretime girerek rafinör segmentlerine zarar vermektedir. Bu gibi durumlar verimli kullanım süresini düşürerek takım ömrünü kısaltmaktadır. Belirtilen durum için önleyici tedbirler artırılarak verimlilik artırılabilir. Bu çalışmada istatistiksel proses kontrol (SPC) teknikleri bu kapsamda kullanılmıştır.

Üretim sürecinde enerji tüketimi istatistiksel proses kontrol (SPC) diyagramlarından regresyon kontrol grafiği izlenerek enerji tüketimine etki eden olağan dışı faktörler belirlenebilir. Bu şekilde bir nevi erken uyarı sistemi oluşturulabilir. Kulcsar vd., (2014), tesislerde enerji grafiklerini izlemenin verimliliği artırmada yardımcı olduğunu söylemektedir. Gelişmiş veri tabanlı modelleme teknikleri sayesinde prosesin hedeften sapması durumunda önlemler alınabileceği belirtilmektedir.

Rafinöre gelen ağaç türü karışımı, elek analizi sonucunda farklı eleklerde kalan lif miktarları ve duyuşal analiz uzman puanları değerdendirilerek sezgisel yöntemler sayesinde lif kalitesi takip edilebilir. Bu konuda bulanık mantık ve yapay sinir ağları gibi yöntemler kullanılabilir.



KAYNAKLAR

Aguilera, A., Meausoone, M., 2011. Surface Roughness and Cutting Power on Blackwood and Redwood Planing, *Maderas. Ciencia y tecnologia* 13(1), 19-28.

Aguilera, A., Meausoone, P., 2012. Cutting Energy on Wood and Wood Products Machining, ed. Davim, J. Paulo, *Materials and Manufacturing Technology: Wood and Wood Product*, New York.

Ahmed, K., 2008. Maintenance Strategies Design and Assessment Using a Periodic Complexity Approach, The University of Windsor, PhD Thesis, Canada.

Akgül, M., Tozluoğlu, A., 2006. Kimyasal Termomekanik Hamur Yöntemi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2, 156-174.

Akbulut, T., Ayrılmış, N., 2002. MDF Üretiminde Dikkate Alınması Gereken Hususlar, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 51(2), İstanbul.

Akteke, N., 2007. Toplam Verimli Bakım Planlaması ve Bir Uygulaması, *Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 93s, Antalya.

Anonim, 2011. Levha Sanayi Raporu, Orta Anadolu İhracatçı Birlikleri, Erişim:24.11.2015. <http://www.turkishwood.org>

Ay, E., 2013. Farklı Seramik Kesici Takımlar İçin Takım Ömrü Modellerinde Üstel Değerlerin Deneysel Olarak Belirlenmesi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*, 53s, Ankara.

Ayrılmış, N., 2000. MDF'nin Teknolojik Özellikleri Üzerine Ağaç Türünün Etkisi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 227s, İstanbul.

Bidot, S., 2006. The Application Of Total Pruductive Maintenance (TPM) To Operations and Maintenance Facilities Of Tren Urbano; Case Studuy: Motor Bogie, The University of Puerto Rico Mayaguez Campus, The thesis Master Of Engineering, 90s, Puerto Rico.

Bozkurt, Y., 1967. İğne Yapraklı Ağaç Odunlarının Anatomik Yapısı, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri:B, Cilt 17*, İstanbul.

Bozkurt, y., 1998. Ticarete Önemli Yabancı Ağaçlar, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınları*, 2. Baskı, İstanbul.

Csanady, E., Magoss, E., 2013. *Mechanics of Wood Machining*, Springer, 75-84.

Darmawan, W., Rahayu, I., Nandika, D., Marchal, R., 2011. Wear Characteristics Of Wood Cutting Tools Caused By Extractive And Abrasive Materials In Some Tropical Woods, *Journal of Tropical Forest Science* 23(3), 345-353.

Davim, J., 2011. *Wood Machining*, Iste, Wiley, 188-190.

Demiray, A., 2010. Toplam Verimli Bakım Ve Bir İmalat İşletmesinde Uygulaması, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisan Tezi, 139s, Ankara.

Düzakın, E., Demircioğlu, M., 2005. Bakım Stratejileri ve Bekleme Hattı Modeli Uygulaması, Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Enstitü Dergisi, 14(1), 211-230.

Efe, H., Gürleyen, L., 2007. Rendelerne İşleminde Kesici Yönü, Kesici Sayısı ve Devir Sayısının Bazı Ağaç Malzemelerin Yüzey Düzgünlüğüne Etkileri, Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 7(1), 1s.

Elvan, F., 2012. Türkiye' de Başarılı Toplam Verimli Bakım Uygulaması Yapan Seçilmiş Kuruluşların Kıyaslanması, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisan Tezi, 158s, Kayseri.

Eroğlu, H., Usta, M., 2000. Lif Levha Üretim Teknolojisi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, 137-138, Trabzon.

Gavcar, E., 2013. İstatistik Yöntemler 1, Gazi Kitabevi, 308s, Ankara.

Genç, A., 2007. Toplam Verimli Bakım Ve Uygulaması. Erciyes Üniversitesi Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisan Tezi, 50-51, Kayseri.

Geniş, U., 2007. Bir Üretim İşletmesinde Toplam Verimli Bakım Uygulaması. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 64s, Kütahya.

Gezgin, A., 2007. Prizmatik Parçaların Frezelenmesi Esnasında, Kesici Uç Sayısının Takım Ömrü Ve Yüzey Pürüzlülüğü Açısından Değerlendirilmesi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 32s, Ankara.

Görener, A., Akkurt, M., Çınar, s., 2008. Statistical Analysis About Perception Of Concurrent Engineering And Lean Manufacturing Approaches Through Manufacturing Industry, Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 26(2), 146-147.

Hong-liang, X., Ji-rong, L., Ze-hui, X., 2003. Study On The New Materials For Fiberboard Refiner Plate Of Defibrator, Journal of Forestry Research, 14(1), 89-92.

Illikainen, M., Harkönen, E., Ullmar, M., Niiimäki, J., 2007. Power Consumption Distribution In A TMP Refiner: Comparison Of The First And Second Stages, Tappi Journal, 6(9), 18-23.

İşığışok, E., 2012. Toplam Kalite Yönetimi Bakış Açısıyla İstatiksel Kalite Kontrol, Ezgi Kitabevi Yayınları, Bursa.

İşşır, İ., 2006. Toplam Verimli Bakım Ve Bir Firma Örneği, Karadeniz Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 109s, Trabzon.

İşbilir, F., 2006. Takım Ömrünün Sebep-Sonuç Diyagramları İle Açıklanması, Yüzey Pürüzlülüğü Ve Takım Ömrüne Etkili Faktörlerin Analizi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 74s, Ankara.

İşbilir, Ö., 2008. Talaş Kaldırmada Değişken Yükleminin Takım Ömrüne Etkisinin Belirlenmesi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 139s. İzmir.

Kara, M., 2011. Tutkal Miktarı Ve Levha Yoğunluğunun Mdf'nin Fiziksel Ve Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi, Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 130s, Kastamonu.

Karaoğlu, E., 1979. İki Ortalama Arındaki Farkın Önemlilik Testinde Kullanılan t Testinin Gücü Üzerine Bir Araştırma, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Bilim Uzmanlığı Tezi, 47s, Ankara.

Karaoğlan, i., Altıparmak, F., Dengiz, B., 2007. "Tam Zamanında Üretim Sisteminde Bakım Politikalarının Etkisi", Gazi Üniv. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 22(1), 181-189.

Karayel, B., 2015. Ç 4140 Malzemesinin Tornalanmasında İlerleme, Kesme Hızı Ve Kesici Takımın Yüzey Pürüzlülüğü, Takım Ömrü Ve Aşınmaya Etkileri, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 85s, Ankara.

Kendir, A., 2007. Toplam Verimli Bakım Planlamasının Hava Araçlarına Uygulanması: Cessna Model R172h (T-41d) Uçağı Pervane Çatlak Çentik Kontrolleri Üzerinde Uygulama, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 83s, Ankara.

Kim.muhendislik.omu.edu.tr, 2017. Erişim Tarihi: 15.07.2017
<http://kim.muhendislik.omu.edu.tr/ogrenci/kimya-muh-laboratuvarlari>

Kopac, J., Sali, S., 2003. Wood: an important material in manufacturing technology, Journal of Materials Processing Technology, 133,134-142, (2003).

Korucu, S., Kantemir, E., 2012. Takım Ömrü Modellerinde Sermet Kesici Takımlar İçin "N" Üstel Değerlerinin Deneysel Olarak Araştırılması, Gazi Üniversitesi 3. Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu, Ankara.

Kulcsar, T., Koncza, P., Balatonb, B., Nagyb, L., Abonyia, J., 2014. Statistical Process Control based Energy Monitoring of Chemical Processes, Computer Aided Chemical İn Engineering İn Conference Paper

Low, S., Teoh, H., 2015. Statistical process control for process improvement in industry: A case study Authors of DocumentTeh, Year the Document was

Publish 2015 Source of the Document Advanced Science Letters 21(5), 1094-1098.

Megep.meb.gov.tr, 2011. Erişim Tarihi: 17.05.2017

http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Nem,%20K%C3%BCI%20Ve%20Elek%20Analizi.pdf

Montgomery, D., 2005. Statistical Quality Control, John Wiley & Sons , Inc., 200-242.

Oakland, J., 2003. Statistical Process Control, Butterworth-Heinemann Fifth Edition, 105-130.

Pehlevan, O., 2013. Sürdürülebilir Üretim için Toplam Verimli Bakım, Eczacıbaşı Yapı Gereçleri – Artema, Bilecik.

Ratnasingam, J., Ma, T., Perkins, C., 1999. Productivity In Wood Machining Processes - A Question Of Simple Economics, Holz Als Roh- Und Werkstoff, Springer-Verlag, 51-56s.

Sayit, E., 2007. Kgdd Malzemeler İçin Sürekli Olmayan Kesme Şartlarında Takım Ömrü Analizi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 72s, Afyonkarahisar.

Schajer, G., 2015. Wood Machining: Past Achievements, Present Capabilities, Future Opportunities, Wood Material Science & Engineering, Taylor & Francis, Canada.

Stanzl-Tschegg, S., Gindl, M., Sinn, G., 2004. Properties of Wood and Wood Composites Related to Machining, International Symposium on Wood Machining, Austria.

Sütçü A., 2013. Investigation of Parameters Affecting Surface Roughness in CNC Routing Operation on Wooden EGP, BioResources, 8(1), 795-805.

Tedas, 2016. 2016 Yılı Elektrik Tarifeleri-2016 Temmuz Tarifeleri, http://www.tedas.gov.tr/tedas_tarifeler [Erişim: 25.10.2016]

Tazegün, A., 2009. Toplam Verimli Bakım ve Çimento Sektöründe Uygulamaları. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 95s, Edirne.

Thoemen, H., Irle, M., Sernek, M., 2010, Wood-Based Panels An Introduction for Specialists, Brunel University Press, 62-74.

Tschatsch, H., 2008. Applied Machining Technology, Springer, 27-28, Germany.

Tu, P., Yam, R., Tse, P., Sun, A., 2001. An Integrated Maintenance Management System for an Advanced Manufacturing Company, The International Journal Of Advanced Manufacturing Technology, 17, 692-703.

Turkishwood, 2016. Erişim Tarihi: 28.02.2016 www.turkishwood.org.

Walker, j., 2006. Primary Wood Processing, University of Canterbury, Christchurch, 427-474, New Zealand.

Whalley, R., Mitchell, D., 1997. Disc refiner analysis, Sage Journals, 211(3), 157-169s.

Wikimedia, 2015. Erişim Tarihi:27.11.2015.

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/9/94/The MDF Manufacturing Process.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/9/94/The_MDF_Manufacturing_Process.jpg)

Xing, C., Zhang, S., Deng, J., Riedl, B., Cloutier, A., 2006. Medium-Density Fiberboard Performance As Affected By Wood Fiber Acidity, Bulk Density, And Size Distribution, Wood Sci Technol, 40, 637-646

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı :Burcu UZUN
Doğum Yeri ve Yılı : Isparta, 1989
Medeni Hali :Bekar
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta :burcu.uzun@hotmail.com



Eğitim Durumu

Lise : Isparta ŞAİK Yabancı Dil Ağırlıklı Lise, 2003-2007
Lisans : SDÜ, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği, 2008-2013

Mesleki Deneyim

Stajyer Öğrenci ORMA A,Ş., Isparta, 2011-1 ay
Stajyer Öğrenci Api Kapak, Antalya, 2012-1 ay
AR-GE Mühendisi AGT MDF, Antalya, 02.2015-07.2015
Kalite Kontrol Uzmanı Bienal Home 2016-2017