

Mikronize Maden Ögütme Tesisinde Toplam Ekipman Etkinliğinin Araştırılması

Emre Alkan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Eylül 2015

Investigation of the Overall Equipment Effectiveness in the Micronized Mineral Grinding
Plant

Emre Alkan

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Mining Engineering

September 2015

Mikronize Maden Öğütme Tesisinde Toplam Ekipman Etkinliğinin Araştırılması

Emre Alkan

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı
Maden İşletme Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Prof. Dr. Mahmut YAVUZ

Bu Tez BAP tarafından 201415A107 (2014-103) no'lu proje çerçevesinde desteklenmiştir

Eylül 2015

ONAY

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Emre Alkan' ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı “Mikronize Maden Öğütme Tesisinde Toplam Ekipman Etkinliğinin Araştırılması” başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek oy birliği ile kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Mahmut YAVUZ

İkinci Danışman : -

Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:

Üye : Prof. Dr. Hüseyin ÖZDAĞ

Üye : Prof. Dr. Adnan KONUK

Üye : Prof. Dr. Halil İPEK

Üye : Prof. Dr. Mahmut YAVUZ

Üye : Yrd. Doç. Dr. Hakan UYGUÇGİL

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Hürriyet ERŞAHAN
Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. Mahmut YAVUZ danışmanlığında hazırlamış olduğum “Mikronize Maden Öğütme Tesisinde Toplam Ekipman Etkinliğinin Araştırılması” başlıklı YÜKSEK LİSANS tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallarına uygun davrandığımı; tezimde verdiğim bilgileri, verileri akademik ve bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olarak elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim. 17/09/2015

Emre ALKAN

İmza

ÖZET

Günümüzde firmalar arasındaki rekabetin artmasıyla teknoloji ön plana çıkmıştır. Üretim sistemlerinin gelişmesiyle verimlilik, maliyet ve ürün kalitesi gibi temel öğeler ekipmana bağlı hale gelmektedir. Bu durumda ekipmanı en verimli şekilde kullanmak önemli hal almaktadır. Ekipmanın verimliliğini ölçen yöntem olarak Toplam Ekipman Etkinliği (TEE) karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışmada, mikronize maden öğütme tesisinin performans değerlerinin ölçülmesi amaçlanmıştır. En uygun ölçüm yöntemi olarak da Toplam Ekipman Etkinliği (TEE) seçilmiştir. Çalışmanın ilk bölümlerinde toplam ekipman etkinliği ile ilgili bu güne kadar yapılan farklı çalışmalar incelenmiş ve kısaca açıklanmıştır. Sonraki bölümlerde, toplam ekipman etkinliği yöntemi açıklanmıştır. Öğütme ve çalışmanın yapıldığı tesis hakkında genel bilgiler verildikten sonra, çalışma için toplanan verilerin karşılaştırması yapılmıştır. Yapılan karşılaştırmalar sonucunda tesisin performans değerleri ölçülmüştür.

Toplam ekipman etkinliği yöntemi için tesiste ölçülmesi gereken değerler belirlenmiş ve kısaca açıklanmıştır. Toplam ekipman etkinliği parametreleri tanıtıldıktan sonra iki ayrı öğütme hattındaki verilerin karşılaştırması yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Mikronize Maden Öğütme Tesisi, Toplam Ekipman Etkinliği, Kuvars, Feldspat, Öğütme, Verimlilik.

SUMMARY

Today, technology has come into prominence by increasing competition between the firms. Basic items, such as productivity, cost and quality of product, has become depending to equipment by the development of production systems. In this case, efficiently use of the equipment is very important. Overall Equipment Effectiveness is confronted as a method for measuring the efficiency of the equipment.

In this study, it is aimed to measure the performance value of micronised mineral grinding plant. Overall Equipment Effectiveness has been selected for the most appropriate method of performance measurement. In the first part of study, different studies made on the Overall Equipment Effectiveness have been examined and explained briefly. In the next section, the Overall Equipment Effectiveness method has been describes. After giving general information about grinding plants that are studied in this study, the comparison is made of the data collected fort he study in the plant. As a result of the comparison, performance level of the plant was measured.

Values that should be measured in the plant have been determined for Overall Equipment Effectiveness method and briefly explained. After determination of Overall Equipment Effectiveness parameters, the comparison was made by using two different grinding line's data.

Keywords: Overall Equipment Effectiveness, Quartz, Feldspar, Grinding, Efficiency

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans Tez çalışmalarında beni yönlendiren ve her türlü yardımı gösteren değerli hocam Prof. Dr. Mahmut YAVUZ' a, çalışmamın gerçekleşmesi ve verilerin toplanması aşamasında her türlü desteği sağlayan Kale Maden A.Ş. yetkililerine ve kayıtsız şartsız sevgilerini ve desteklerini esirgemeyen eşime ve aileme teşekkür ederim.

Bu çalışma ESOGÜ BAP tarafından 201415A107 (2014-103) Proje numarası ile desteklenmiş olduğundan BAP Komisyonu'na teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	vi
SUMMARY	vii
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	5
2.1. Toplam Ekipman Etkinliği Nedir?	5
2.2. Altı Büyük Kayıp.....	6
2.2.1. Duruş kayıpları	7
2.2.2. Hız kayıpları	9
2.2.3. Kalite kayıpları	10
2.3. Toplam Ekipman Etkinliği Hesaplaması	11
3. MATERYAL VE YÖNTEM	13
3.1. Öğütme	13
3.2. Mikronize Maden Öğütme Tesisi	14
3.3. Mikronize Maden Öğütme Tesisinde Yer Alan Makine ve Ekipmanlar	16
3.3.1. Bunker	16
3.3.2. Konveyör bant	17
3.3.3. Fırfırlı konveyör bant.....	17
3.3.4. Değirmen besleme silosu.....	18
3.3.5. Besleme konveyör bandı	18
3.3.6. Kuru manyetik tambur.....	18
3.3.7. Kurutucu	18
3.3.8. Bilyalı değirmen	19
3.3.9. DW sınıflandırıcı	19
3.3.10. Havalı bant.....	19

İÇİNDEKİLER (devam)

3.3.11. Siklon.....	19
3.3.12. Ana fan (santrifüj fan)	20
3.3.13. Toz filtresi (jet pulse filtre).....	20
3.3.14. Nihai ürün pompası	21
3.3.15. Nihai ürün siloları.....	21
3.4. Mikronize Maden Öğütme Tesisi Üretim Prosesi	21
3.5. Mikronize Maden Öğütme Tesisinde Üretilcek Hammaddenin Belirlenmesi.....	25
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	26
4.1. Toplam Ekipman Etkinliği Verilerinin Toplanması.....	26
4.1.1. Kullanılabilirlik oranı	26
4.1.2. Performans oranı	27
4.1.3. Kalite oranı	27
4.2. Toplam Ekipman Etkinliği Verileri.....	28
4.2.1. Feldspat üretim hattı toplam ekipman etkinliği verileri	28
4.2.1.1. <u>Feldspat üretim hattı kullanılabilirlik oranı verileri</u>	28
4.2.1.2. <u>Feldspat üretim hattı performans oranı verileri</u>	31
4.2.1.3. <u>Feldspat üretim hattı kalite oranı verileri</u>	35
4.2.2. Kuvars üretim hattı toplam ekipman etkinliği verileri	36
4.2.2.1. <u>Kuvars üretim hattı kullanılabilirlik oranı verileri</u>	36
4.2.2.2. <u>Kuvars üretim hattı performans oranı verileri</u>	40
4.2.2.3. <u>Kuvars üretim hattı kalite oranı verileri</u>	43
4.3. Toplam Ekipman Etkinliği Verilerinin Karşılaştırılması	45
4.3.1. Feldspat üretim hattı TEE verilerinin karşılaştırılması.....	45
4.3.1.1. <u>Feldspat üretim hattı kullanılabilirlik oranı karşılaştırması</u>	45
4.3.1.2. <u>Feldspat üretim hattı performans oranı karşılaştırması</u>	46
4.3.1.3. <u>Feldspat üretim hattı kalite oranı karşılaştırması</u>	47
4.3.1.4. <u>Feldspat üretim hattı toplam ekipman etkinliği</u>	48
4.3.2. Kuvars üretim hattı TEE verilerinin karşılaştırılması.....	50
4.3.2.1. <u>Kuvars üretim hattı kullanılabilirlik oranı karşılaştırması</u>	50

İÇİNDEKİLER (devam)

4.3.2.2. <u>Kuvars üretim hattı performans oranı karşılaştırması</u>	51
4.3.2.3. <u>Kuvars üretim hattı kalite oranı karşılaştırması</u>	52
4.3.2.4. <u>Kuvars üretim hattı toplam ekipman etkinliği</u>	53
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	56
KAYNAKLAR DİZİNİ	58

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Altı büyük kayıp ile TEE arasındaki ilişki	12
3.1. Kale Maden A.Ş. mikronize maden öğütme tesisi	15
3.2. Kale Maden A.Ş. Semedeli Tesisleri uydu görüntüsü.....	16
3.3. Fırfırlı konveyör bant	17
3.4. Mikronize maden öğütme tesisi proses akım şeması.....	23
3.5. Mikronize maden öğütme tesisi şematik görünümü.....	24
4.1. Feldspat üretim hattı kullanılabilirlik oranı verilerinin karşılaştırılması.....	45
4.2. Feldspat üretim hattı performans oranı verilerinin karşılaştırılması	47
4.3. Feldspat üretim hattı kalite oranı verilerinin karşılaştırılması.....	48
4.4. Feldspat üretim hattı toplam ekipman etkinliği	49
4.5. Kuvars üretim hattı kullanılabilirlik oranı verilerinin karşılaştırılması.....	51
4.6. Kuvars üretim hattı performans oranı verilerinin karşılaştırılması	52
4.7. Kuvars üretim hattı kalite oranı verilerinin karşılaştırılması.....	53
4.8. Kuvars üretim hattı toplam ekipman etkinliği	54

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Kayıp türleri ve kategorileri	6
2.2. Gizli arızaların sınıflandırılması	8
2.3. Yükleme ve ayar faaliyetlerinin bileşenleri	9
4.1. Feldspat üretim hattı 1. ay kullanılabilirlik oranı değerleri	28
4.2. Feldspat üretim hattı 2.ay kullanılabilirlik oranı değerleri	29
4.3. Feldspat üretim hattı 3.ay kullanılabilirlik oranı değerleri	29
4.4. Feldspat üretim hattı 4.ay kullanılabilirlik oranı değerleri	30
4.5. Feldspat üretim hattı 5.ay kullanılabilirlik oranı değerleri	31
4.6. Feldspat üretim hattı 6.ay kullanılabilirlik oranı değerleri	31
4.7. Feldspat üretim hattı 1.ay performans oranı değerleri.....	32
4.8. Feldspat üretim hattı 2.ay performans oranı değerleri.....	32
4.9. Feldspat üretim hattı 3.ay performans oranı değerleri.....	33
4.10. Feldspat üretim hattı 4.ay performans oranı değerleri.....	33
4.11. Feldspat üretim hattı 5.ay performans oranı değerleri.....	34
4.12. Feldspat üretim hattı 6.ay performans oranı değerleri.....	35
4.13. Feldspat üretim hattı ilk 6 aylık kalite oranı değerleri.....	36
4.14. Kuvars üretim hattı 1. ay kullanılabilirlik oranı değerleri	37
4.15. Kuvars üretim hattı 2. ay kullanılabilirlik oranı değerleri	37
4.16. Kuvars üretim hattı 3. ay kullanılabilirlik oranı değerleri	38
4.17. Kuvars üretim hattı 4. ay kullanılabilirlik oranı değerleri	38
4.18. Kuvars üretim hattı 5. ay kullanılabilirlik oranı değerleri	39
4.19. Kuvars üretim hattı 6. ay kullanılabilirlik oranı değerleri	39
4.20. Kuvars üretim hattı 1.ay performans oranı değerleri.....	40
4.21. Kuvars üretim hattı 2.ay performans oranı değerleri.....	41
4.22. Kuvars üretim hattı 3.ay performans oranı değerleri.....	41
4.23. Kuvars üretim hattı 4.ay performans oranı değerleri.....	42
4.24. Kuvars üretim hattı 5.ay performans oranı değerleri.....	42

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

4.25. Kuvars üretim hattı 6.ay performans oranı değerleri.....	43
4.26. Kuvars üretim hattı 2. ay kalite oranı değerleri.....	44
4.27. Kuvars üretim hattı 5 aylık (2. ay hariç) kalite oranı değerleri	44
4.28. Feldspat üretim hattı kullanılabilirlik oranı (KO) verileri.....	45
4.29. Feldspat üretim hattı performans oranı (PO) verileri	46
4.29. Feldspat üretim hattı kalite oranı (KAO) verileri	47
4.30. Feldspat üretim hattı toplam ekipman etkinliği.....	49
4.31. Kuvars üretim hattı kullanılabilirlik oranı (KO) verileri	50
4.32. Kuvars üretim hattı performans oranı (PO) verileri	52
4.33. Kuvars üretim hattı kalite oranı (KAO) verileri	53
4.34. Kuvars üretim hattı toplam ekipman etkinliği.....	54

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ**Simgeler** Σ **Açıklama**

Toplam

Kısaltmalar

A

Kullanılabilirlik

KAO

Kalite oranı

KO

Kullanılabilirlik oranı

OEE

Overall Equipment Effectiveness

P

Performans

PO

Performans oranı

Q

Kalite

TEE

Toplam ekipman etkinliği

TPM

Toplam verimli bakım

1. GİRİŞ

Cevher hazırlama süreçleri içerisinde en önemli temel işlemlerden biri olan öğütme, kırma sonrası boyut küçültmenin son aşamasıdır. Cevherin içerdiği farklı mineralleri birbirinden serbest hale getirmek, kullanım amacına uygun boyut sağlamak amacı ile öğütme işleminde değişik tip değirmenler (çubuklu, bilyalı veya dik valsli değirmen vb.) kullanılırken, öğütme şekli sürecin durumuna göre kuru ya da yaş olarak yapılmaktadır. Öğütme işlemlerinde öğütücü ortam olarak ise çelik çubuklar, çelik veya alümina bilyalar, flint taşı ve öğütülecek cevherin kendisi kullanılmaktadır.

Öğütme işlemi, maliyetleri göz önüne alındığında yüksek işletme maliyeti olması sebebiyle en pahalı işlemlerden birisidir. Günümüz koşullarında piyasa ortamında var olabilmenin en önemli yolu kaliteli ürünleri uygun fiyatlar çerçevesinde üretilmesinden geçmektedir. Bu amaç için şart olan üretim maliyetlerinin düşürülmesi, makine ve ekipmanların en etkili ve verimli şekilde kullanılması ile mümkün olmaktadır. Bu durum verimliliği arttırmaya yönelik pek çok yöntem kullanımını gerekli kılmaktadır. Makine ve ekipmanların ne kadar iyi ve etkin kullanıldığını öğrenmek için Seiichi Nakajima tarafından geliştirilen bir yöntem olan Overall Equipment Effectiveness (OEE) yada dilimize çevrilmiş hali ile Toplam Ekipman Etkinliği (TEE), makine ve ekipman kapasitelerinin ne kadarının kullanıldığını gösteren bir performans ölçme ve değerlendirme yöntemidir (Nakajima, 1988). TEE ile makinelerin duruşlarını, performans ve kalite kayıplarını tek bir parametre ile ölçmek ve izlemek mümkündür. Bu yöntem tek bir makine, hat veya bölüm için kullanılabilir.

Günümüz koşullarında işletme maliyetlerinin azaltılması amacıyla makine ve ekipman verimliliği üzerine yapılan çalışmalar önemlerini arttırmaktadır. Verimlilik alanında yapılan çalışmalar incelendiğinde TEE başlıklı çeşitli çalışmalar görülmektedir.

Jonsson ve Lesshammar (1999), TEE yönteminin kullanıldığı performans ölçüm sistemi tasarlamışlardır. Üretim sahalarında TEE ile ölçülen kayıpların, kalite tekniklerini kullanan çalışanların oluşturduğu küçük grup aktiviteleri ile azaltılabileceğini ileri sürmüşlerdir.

Chand ve Shirvani (2000), yapmış oldukları çalışmada, dört haftalık süre ile bir imalat hücresinde gerçekleşen faaliyetleri izlemişlerdir. 125 saatlik operasyon süresini temel alarak yapmış oldukları çalışmada, TEE değerini, %62 olarak tespit etmişlerdir. İdeal değer olan; %85'e göre oldukça düşük çıkan sonucu irdeleyen araştırmacılar, özellikle kalıp değiştirme zamanlarının azaltılması gerektiğini vurgulamışlardır.

Dal vd. (2000), çalışmalarında TEE'nin işletmelerin operasyonel gelişimlerini gözlemek için en uygun yöntem olduğunu ortaya koymuştur. Yaptıkları bir uygulama ile elde ettikleri verileri çalışma sonunda özetlemişlerdir.

Jeong ve Phillips (2001), gerçekleştirdikleri çalışmada, sermaye yoğun endüstriler için TEE hesaplamaya yönelik bir öneri sunmuşlardır. Detaylı bir veri toplama sisteminin kurulmasına odaklanılan çalışmada, toplam dört makineden oluşan iki adet imalat hücresi ekipman etkinliği açısından incelenmiştir.

Saraç vd. (2007), gerçekleştirdikleri çalışmada, bir porselen üretim işletmesinde, altı farklı pres makinesini dikkate alarak TEE'yi hesaplamışlardır. Bir aylık veriler dikkate alınarak gerçekleştirilen çalışmada, %47,8 ile 79,1 arasında değerler tespit edilmiştir. Sonuçları irdeleyen araştırmacılar, kalıp değişim süresi ve yükleme süresinin azaltılması gerektiğini ifade etmişlerdir.

Muchiri ve Pintelon (2008), Kimya ve Ambalaj sektörlerinde iki endüstriyel örnek üzerinde TEE uygulamasıyla performans ölçümü yaparak, literatürde yer alan verilerle pratik uygulama verilerini karşılaştırmıştır. Toplam üretim etkinliği için üretim kayıplarının ölçümünde ve sınıflandırılmasında öneride bulunulmuştur.

Raja ve Kannan (2008), ise yapmış oldukları çalışmada, döküm endüstrisinde TEE'nin hesaplanması için bir model önermişlerdir. Tesisat borusu, musluk vb. ürünlerin dökümünün gerçekleştirildiği bir fabrikada, otomatik kalıplama makinelerinin ve indüksiyon fırınlarının yer aldığı imalat sistemini incelemişlerdir. Araştırmacılar, sektöre özel olarak ifade ettikleri "akma" oranı değerini de hesaplamaya katarak oluşturdukları, geliştirilmiş toplam ekipman etkinliği değerini %51,3 olarak tespit etmişlerdir.

Tekin (2009), bir çamaşır kurutma makinesi üretim işletmesindeki tezgâhların çalışması sırasında TEE değerlerini tespit ederek, tezgahlardaki zaman bazlı kayıpların ve geri kazanılabilecek maliyetlerin hesaplamasını yapmıştır.

Elevli ve Elevli (2010), madencilik sektöründe bir açık işletmede ekskavatör ve kamyonların performans ölçümünde TEE yöntemini kullanmışlardır. Ekskavatör ve kamyonların çalışmaları üzerine iş takvimi, zaman ve yükleme zamanı tabanlı TEE verilerini karşılaştırarak, yükleme zamanı tabanlı çalışmanın daha yüksek TEE verilerine sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Temiz vd. (2010), döküm sanayinde faaliyet gösteren bir işletmede yapılan çalışmada TEE değerleri hesaplanması, yorumlanması ve en büyüklenmesi çalışmalarına değinmişler, TEE değerlerini hesaplayan ve gerekli raporları üreten bir TEE bilgi sistemi geliştirmişlerdir.

Almeanazel (2010), yapmış olduğu çalışmada; Ürdün'deki bir çelik üretim işletmesinde gerçekleştirdiği ve on beş günlük süreyi kapsayan uygulama sonucunda, TEE değerini %55 olarak tespit etmiştir. Çözüm önerisi olarak; hızlı kalıp değişimi uygulamalarının gerçekleştirilmesini ve bilgisayar destekli bakım yönetim sistemine geçilmesi gerektiğini ifade etmiştir.

Tsarouhas (2012), bir içecek üretim hattında sekiz ay boyunca yapmış olduğu gözlemler neticesinde elde etmiş olduğu verileri kullanarak TEE'yi hesaplamıştır. Aylık bazda TEE'nin, %71,3 ile %75,9 arasında değiştiğini tespit etmiştir. İyileştirme önerileri olarak; bazı parça değişimlerinin yapılması ve operatörlere yönelik eğitim programları geliştirilmesi gerektiğini ifade etmiştir.

Yazıcı (2012), cam üreten bir şirketin hammadde stok yönetiminden kaynaklanan kayıpları ortadan kaldırmak amacıyla TEE yöntemini kullanmıştır. Kayıpları ortadan kaldırmak amacıyla bir model geliştirerek 3 ay boyunca hammadde yetersizliği ve hammaddenin uygunsuz depolamasından kaynaklı zaman ve kalite kayıplarının üzerinde durulmuştur. Oluşturulan model sonucunda TEE değerinde %3,8'lik artış, bunun yanı sıra

performans oranında %4'lük artış, kalite oranında %0,6'lık bir düşüş gerçekleştiğini belirtmiştir.

Maraşlı ve Kemahlı (2013), TEE yönteminden yararlanarak geliştirilen üretim izleme ve iyileştirme yazılımını kullanarak, İzmir'de bulunan bir fabrikada üretim aşamasında, üretimdeki yavaş çalışma, duruşlar ve hatalı üretim gibi kayıpları tespit ederek azaltılmasını sağlamışlardır.

Raguvarun ve Kesavan (2013), çalışmasında otomobil endüstrisi yedek parça üretim hattında TEE değerleri hesaplamalarını yaparak, otomobil yedek parça endüstrisinde üretim sistemindeki mevcut sorunları tespit etmişlerdir.

Endüstriyel işletmelerin birçoğunda (döküm, kimya, ambalaj, otomotiv, içecek, yedek parça endüstrisi vb.) TEE çalışmalarının yapıldığı görülmüştür. Ancak madencilik sektörü ele alındığında TEE alanında fazla çalışma olmadığı gözlenmektedir. Bu çalışma kapsamında daha önce cevher hazırlama tesislerinde hiç yapılmamış olan ve sektörde belki de ilk örneği teşkil edecek olan TEE çalışması yapılmıştır.

Bu çalışmada mikronize maden öğütme tesisinin performans değerlerinin ölçülmesi için TEE yöntemi kullanılmıştır. Tesiste birbirinin aynısı iki ayrı öğütme hattı bulunmaktadır. Öğütme hatlarında bilyalı değirmen olup, sistem kapalı devre olarak çalışmaktadır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde Toplam Ekipman Etkinliği' nin ne anlama geldiği, hangi kavramlarla ilişkili olduğu, değerlerin hesaplanmasında nasıl bir yöntem izlendiği konuları açıklanmıştır.

2.1. Toplam Ekipman Etkinliği Nedir?

Toplam Ekipman Etkinliği (TEE), işletmede kullanılan ekipmanın mevcut verimliliğini ölçme, izleme ve geliştirmede kullanılan, her ayrıntıyı içine almış bir ekipman ve üretim verimliliği yöntemidir.

TEE, işletmede kullanılan ekipmanların verimliliğini tespit etmek için kullanılan bir ölçüt olarak ifade edilmektedir. Özellikle imalat sektöründeki firmalar, TEE çerçevesinde yapılan analizlerin, ellerindeki varlıkların faydalı kullanım oranını iyileştirdiğini belirtmektedirler (Muchiri ve Pintelon, 2008).

TEE, makine ve tesislerin hangi etkinlikte kullanıldığını ölçen, yalın üretim ve toplam verimli bakım uygulamalarının başarısında anahtar rol oynayan önemli bir parametredir (Temiz vd., 2010). TEE, endüstriyel anlamda kabul görmüş, geçerli bir performans ölçütüdür (Tsarouhas, 2012). TEE kavramı; üretilen kaliteli ürün oranı, makinelerin uygunluğu ve performans etkinliği kavramlarıyla ilişkilidir (Chand ve Shirvani, 2000).

1960'larda Toplam Verimli Bakım (TPM) yönteminin de kurucusu olan Seiichi Nakajima tarafından geliştirilen TEE, kayıp odaklı Japon kalite yönetim sistemlerinin en önemli kilit performans göstergelerinden biridir (Nakajima, 1988). TEE ile makinelerin duruşlarını, performans ve kalite kayıplarını tek bir parametre ile ölçmek ve izlemek mümkün olmaktadır (Çetinay, 2013).

Dünya genelinde yapılan araştırmalarda üretim işletmelerinde ortalama TEE değeri %60 olarak gerçekleşmektedir. Hiçbir duruş ve fire olmadığına, maksimum üretim

hızında %100'lük bir TEE değerine ulaşılabilir. Ancak bu tamamen teorik bir üst sınır olup, fabrikaların gerçek anlamda ulaşabilecekleri değer aralığı %20-%65 arasında değişmektedir. Mükemmel olarak kabul edilen değerler ise; Yükleme seviyesi: %90; Performans seviyesi: %95; Kalite seviyesi: %99'dur. Bu değerlerin çarpımı sonucu elde edilen TEE değeri ise %85 olmaktadır. Bu rakam aslında basit bir şekilde ulaşılabilen bir hedef değildir. Dünya çapında en verimli çalışan fabrikalarda bile TEE %85'in biraz üzerindedir (Temiz vd., 2010).

2.2. Altı Büyük Kayıp

TEE hesaplamasında altı büyük kayıp dikkate alınarak izlenir ve elde edilen verilerle TEE değeri hesaplanır. Üretim esnasında meydana gelen küçük duruşlar ve fark edilemeyen kayıplar, farklı zararlara sebep olurlar. TEE, zararlara sebebiyet veren bu kayıpları tespit etmeye yarayan bir yaklaşımdır. TEE ile ilişkili altı büyük kayıp olarak tanımlanan kayıplar ve kategorize edilmiş halleri Çizelge 2.1 ile gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Kayıp türleri ve kategorileri

Kayıp türleri	Kayıp kategorisi
Arıza kayıpları	Duruş kayıpları
Yükleme ve ayar kayıpları	
Boş kalma ve küçük duruş kayıpları	Hız kayıpları
Düşük hız kayıpları	
Kalite ve yeniden işleme kayıpları	Kalite kayıpları
Başlangıç kayıpları	

Nakajima (1988), altı büyük kaybı şöyle tanımlamaktadır:

- Ekipman hata/arıza kayıpları verimlilik düştüğünde gerçekleşen zaman kayıpları ve hatalı ürünlerden kaynaklı kalite kayıpları şeklinde karakterize edilmiştir.
- Kurma/ayarlama zaman kayıplarının sebebi bir nesnenin üretimi sona erdiğinde ve ekipman başka bir nesnenin ihtiyacını karşılamak için ayarlanması için geçen çalışmama süresi ve hatalı ürünlerdir.

- Makine rölantideyken veya geçici bir arıza sebebi ile üretim durduğunda rölanti ve küçük (ikinci derece) durma kayıpları gerçekleşir.
- İndirgenmiş hız kayıpları; ekipman tasarım hızı ve gerçek operasyon zamanı arasındaki fark olarak adlandırılır.
- Üretimin erken aşamalarında makine başlangıç istikrarsızlığı düşük verimliliğe sebep olur.
- Üretim ekipmanı arızaları kalite kayıplarındaki kalite hatalarına ve tekrar çalışmaya sebep olur.

Aşağıda altı büyük kayıp kapsamında ele alınan kayıp türleri detaylı olarak anlatılmıştır.

2.2.1. Duruş kayıpları

Duruş Kayıpları, “arıza kayıpları” ve yükleme ve ayar kayıpları” olmak üzere iki kategoriye ayrılmaktadır (Geniş, 2007).

- **Arıza Kayıpları;** Arızalar ekipmanın tamamen duruşuna yol açan arızalar olduğu gibi, sık küçük duruşlara neden olan arızalar da olabilir. Ekipman arızalarının önlenmesinde çok kesin ekipman hatalarının giderilmesine kadar, önemsiz gibi görünen, gözden kaçan, gizli kalabilen hatalarında giderilmesi gerekir. Ekipman hatalarının gizli kalabilmesi fiziki ve psikolojik sebeplerden kaynaklanmakta olup, bu sebepler Çizelge 2.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.2. Gizli arızaların sınıflandırılması (Geniş, 2007).

<p>Fiziksel gizli arızalar</p>	<p>Fiziksel olarak çıplak gözle görülemedikleri için gizli kalmış arızalar:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ekipman sökülemediği sürece gözle görülemeyen bozukluklar, 2. Ekipman montaj pozisyonu nedeniyle gözle fark edilemeyen bozukluklar, 3. Ağır şekilde toz toprak kaplı oldukları için ihmal edilen bozukluklar.
<p>Psikolojik gizli arızalar</p>	<p>Operatör veya bakımcıların eğitimsizlik ve bilgisizlik nedeniyle fark edemediği arızalar:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Operatör veya bakımcının umursamazlığı, 2. Operatör veya bakımcının arıza tiplerini tanımaması, 3. Operatör veya bakımcının kendi kararları ile sorunu ihmal etmeleri.

Her türlü hatanın ortaya çıkarılıp, giderilmesinde aşağıdaki beş önlem esas kabul edilebilir; ekipman verimliliğini en büyükmek için; arıza kayıplarının sifra indirgenmesi gereklidir. Bu ise, eğer arızaların kaçınılmaz olduğu yolundaki genel kanı değişirse; fazla bir gayret harcamadan veya yatırım yapmadan sağlanabilir. Fakat bazı uygulamalarda başlangıçta bir miktar yatırım gerekli olabilir. İyileştirme sürecine katılan herkes “Arızalar Önlenebilir” sloganını anlamak zorundadır (Geniş, 2007). Bu amaçla aşağıda belirtilen eylem seçenekleri değerlendirilmelidir;

1. Tasarım zayıflıklarının düzeltilmesi,
2. İşletme süreçlerine uyulması,
3. Standart fonksiyonlardan sapmaların giderilmesi,
4. İyi tanımlanmış bazı temel şartların (temizleme, yağlama, sıkılama gibi) sürdürülmesi,
5. Operatör ve bakım becerilerinin geliştirilmesi sağlanmalıdır.

- **Yükleme ve Ayar Kayıpları;** Bir üretim hattında üretimi yapılan bir ürünün, üretimi tamamlanmasından, bir başka ürünün standart kalitede üretiminin başladığı ana kadar olan geçen zamana o üretim hattı için “yükleme ve ayar zamanı” adı

verilir. Yükleme ve ayar zamanında meydana gelen kayıplar da “yükleme ve ayar kayıpları” olarak adlandırılmaktadır. Yükleme ve ayar faaliyetlerinin bileşenlerinin ağırlıkları Çizelge 2.3’te verilmiştir.

Çizelge 2.3. Yükleme ve ayar faaliyetlerinin bileşenleri (Öztürk, 1999).

Faaliyet	%
Kalıpların ve aparatların sökülmesi	15
Temizlik	5
Kalıpların ve aparatların hazırlanıp, yerleştirilmesi	20
Merkezeleme, ölçme	10
Deneme üretimi ve ayarlar	50

Yükleme ve ayar kayıplarını önleyebilmek için, üretim esnasında üründen ürüne geçişlerde meydana gelen zaman kayıplarını azaltmak gerekir. Bu kayıpların önlenmesi; üretim hattında yer alan operatörün üründen ürüne geçişlerde üretim hattını durdurmadan, üretilecek ürün ile ilgili ön hazırlık yapmasıyla, üretilecek olan ürünün en kısa sürede standart kaliteye ulaşması için ekipman ayarını çok iyi bilmesiyle ve en verimli şekilde uygulamasıyla gerçekleşmektedir.

2.2.2. Hız kayıpları

Hız kayıpları, “boş kalma ve küçük duruş kayıpları” ve “düşük hız kayıpları” olmak üzere iki kategoriye ayrılmaktadır (Geniş, 2007).

- **Boş Kalma ve Küçük Duruş Kayıpları;** “Boş kalma” ekipmanın üretim yapmadan çalışmasıdır. Küçük duruşlar ise, üretim esnasında üründen kaynaklanan ya da üretimde hammaddeden kaynaklanan kısa süreli duruşlar olarak adlandırılır.

Boş kalma ve küçük duruş kayıplarının önlenmesi için öncelikle bunların iyi tanımlanması, özelliklerinin ve sebeplerinin bilinmesi gerekir. Küçük duruşlardan meydana gelen boş kalmayı önleyebilmek için üretim hattında duruşu fark edecek yapısal bileşenlerin olması önemlidir. Bu tür kayıpların önlenememesi ekipman etkinliğini de önemli ölçüde etkilemektedir.

- **Düşük Hız Kayıpları;** Düşük hız kayıpları, ekipmanın teorik hızı ile gerçek çalışma hızı arasındaki farktır. Ekipman etkinliğini önemli ölçüde etkileyen parametrelerden bir tanesi olmasına karşın, genellikle yeterince önem verilmemektedir.

Bu tür kayıpları önlemenin en basit yolu, ekipmanı tasarım hızında çalıştırmaktır. Ancak tasarım hızında çalıştırıldığında meydana gelen aksaklıklar yüzünden ekipman daha düşük hızda çalıştırılarak hız kayıplarına sebep olunur. Tasarım hızına ulaşmak için, çalışma hızı arttırıldığında üretimde meydana gelen aksaklıkların tespit edilip giderilmesi gerekmektedir. Aksaklıkların giderilmesinin imkânsız olduğu durumlarda ise üretilen her ürün için standart bir maksimum çalışma hızı belirlenerek hız kayıplarının kısmen de olsa önüne geçilmiş olur.

2.2.3. Kalite kayıpları

Kalite Kayıpları, “kalite ve yeniden işleme kayıpları” ve “başlangıç kayıpları” olmak üzere iki kategoriye ayrılmaktadır (Geniş, 2007).

- **Kalite ve Yeniden İşleme Kayıpları;** Kalite kayıpları bir ekipmanın ürettiği tamamen veya kısmen hatalı ürünlerin yol açtığı kayıplardır. Düzeltilemeyecek olan ürünler hurdaya ayrılır. Ancak, bazı hatalı ürünler yeniden işlenebilecek durumda olsalar bile ilgili işçilik ve ekipman zamanı bir kalite kaybı olarak nitelendirilir.

Kalite hatalarının kaynaklarının belirlenmesinde en sık kullanılan yöntem normal (hatasız) ürünlerin ve durumların, anormal (hatalı) ürün ve durumlarla karşılaştırılarak, belirgin farkların (yer, biçim, düzey ve sebepleri olarak) tespitidir. Hataların saptanmasından sonra hatalar giderilerek kayıplar önlenmiş olur.

- **Başlangıç Kayıpları;** Makinenin başlangıçtan istikrarlı hale geçene kadar olan üretimin başlangıç aşamasındaki verimlilik kayıplarından oluşur. Üretim hattında üretilen ürün çeşidinin fazla olması, başlangıç kayıplarının da fazla olmasına neden olur.

Başlangıç kayıplarında, operatörün teknik bilgi ve becerisi, ekipmanın bakım seviyesi ve üretilen ürün çeşitliliği önemli etkili parametrelerdir. Kayıpları azaltma da operatörün ve ekipmanın verimli çalışması etkin rol oynamaktadır.

2.3. Toplam Ekipman Etkinliği Hesaplaması

TEE, altı büyük kayıptan elde edilen verilerle Eşitlik 2.1’de olduğu gibi Kullanılabilirlik (A), Performans (P) ve Kalite (Q) unsurlarının bir fonksiyonudur.

$$TEE = A \times P \times Q \quad (2.1)$$

Kullanılabilirlik (A): Toplam süreden duruş zamanlarının çıkarıldıktan sonra toplam süreye oranlanmasıyla bulunmaktadır ve Eşitlik 2.2’de verilmiştir.

$$A = (\text{Toplam Süre} - \text{Duruş Zamanı}) / \text{Toplam Süre} \quad (2.2)$$

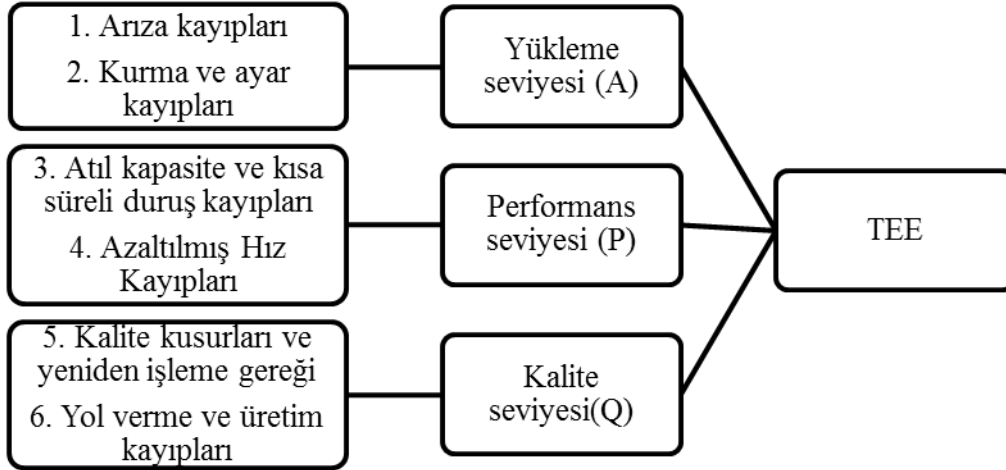
Performans (P): İdeal çevrim zamanı ile üretim miktarının çarpılıp çalışma süresine oranlanmasıyla bulunur. Performans bağıntısı Eşitlik 2.3’te verilmiştir.

$$P = (\text{İdeal Çevrim Zamanı} \times \text{Üretim Miktarı}) / \text{Çalışma Süresi} \quad (2.3)$$

Kalite (Q): Girdi miktarından hatalı ürün miktarının çıkarılıp girdi miktarına oranlanmasıyla bulunur. Bağıntının formülize edilmiş hali Eşitlik 2.4’te verilmiştir.

$$Q = (\text{Girdi Miktarı} - \text{Hatalı Ürün Miktarı}) / \text{Girdi Miktarı} \quad (2.4)$$

Altı büyük kayıp ile TEE arasındaki ilişkiyi gösteren diyagram Şekil 2.1’de verilmiştir (Ayyıldız, 2000).



Şekil 2.1. Altı büyük kayıp ile TEE arasındaki ilişki.

Önemli bir diğer nokta da toplanan verinin kalitesinin TEE'nin doğruluğunu belirlemesidir (Kaya, 2003). TEE her zaman; yukarıda da açıklandığı gibi ölçümü yapılan makine, üretim hattı ya da fabrikanın kullanılabilirlik, performans ve kalite unsurlarının bir fonksiyonu olarak karşımıza çıkmaktadır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde, öğütme hakkında bilgilere, çalışmanın yapıldığı mikronize maden öğütme tesisine ait teknik bilgiler ve tesiste yapılan işlemlerin bilgilerine yer verilmiştir.

Bu çalışmada, mikronize maden öğütme tesisinin performans değerlerinin ölçülmesi amaçlanmıştır. En uygun ölçüm yöntemi olarak da Toplam Ekipman Etkinliği (TEE) seçilmiştir. Çalışmada elde edilen veriler Kale Maden Endüstriyel Hammaddeler Sanayi ve Ticaret A.Ş.' ye ait olan Mikronize Maden Öğütme Tesisi' nden alınmıştır.

3.1. Öğütme

Öğütme, kırma sonrası boyut küçültme sürecinin son aşamasıdır. Cevherin içerdiği farklı minerallerden birini diğerinden serbest hale getirmek, sürece uygun boyut ya da yüzey alanı veya kullanım amacına uygun boyut sağlamak amacı ile öğütmede değişik değirmenler kullanılırken, öğütme şekli sürecin akışına bağlı olarak kuru ya da yaş olarak seçilebilir.

Öğütmede uygulanan kuvvetler: darbe, sıkıştırma veya ezme, kesme, sürtme kuvvetleridir. Sürtme ile boyut küçültme aşınma sonucu oluşur. Diğer kuvvetler ile taneler genellikle kırılarak küçültülürler. Malzemenin sert veya yumuşak olması kolay veya zor öğütülebilecekleri anlamına gelmemektedir. Öğütülebilirlik malzemenin kristal yapısı, bu yapının içindeki kristal ve fiziksel yapı bozuklukları ile ilgilidir. Malzemenin fiziksel yapıları ve boyut dağılımlarının homojen olmayışı nedeni ile değirmen içinde pülpün ve bilyanın oluşturduğu her öğütme ortamı ayrı bir özellik gösterir. Öğütücü ortam bilya, çubuk, çakıl, öğütülecek cevherin iri parçaları veya başka bir cevher olabilir. Öğütme işleminde parçacıklar genel olarak 2,5 cm' den 10 mm' ye kadar olabilmektedir.

Bütün cevherlerin çeşitli faktörlere bağlı, ekonomik bir en uygun öğütme derecesi vardır. Bu faktörler arasında en önemlileri olarak kıymetli mineral veya minerallerin serbestleşme tane iriliği ve daha sonraki zenginleştirme işlemleri için uygun boyutlar sayılabilir. Bu en uygun öğütme derecesinin sağlanması ve kontrolü, iyi bir cevher

hazırlamanın anahtarını oluşturmaktadır. Az öğütme, ekonomik ayırmanın yapılamamasına, zenginleştirme kademesinde randıman ve tenörün düşmesine, aşırı öğütme ise kıymetli minerallerin verimli ayırma boyutlarından fazla öğütülmesine, gang minerallerinin şlam meydana getirerek ayırmayı engellemesine ve lüzumsuz enerji kaybına neden olmaktadır (İpekoğlu, 1989).

Öğütme kaba, ince ve çok ince öğütme olarak üç bölüme ayrılabilir. Günümüzde öğütme genellikle çubuklu, bilyalı, çakıllı ve otojen döner değirmenler ile titreşimli değirmenlerde gerçekleştirilmektedir. Cevher hazırlama tesislerinde birinci ve ikinci kademe kırmada 0,1 – 2 kWs/t, ince öğütmede 5-20 kWs/t, çok ince öğütmede 20-100 kWs/t, 10 mikrometrenin (μm) altındaki öğütmelerde de 100-1000 kWs/t civarında enerji tüketilmektedir. Boyut küçültmede kullanılan net enerjiyi bulmak için toplam enerjiden ses ve ısıya dönüşen enerjinin çıkarılması gerekir. Bake 1964' te boyut küçültmeye harcanan enerjinin toplam enerjinin ancak %0,6' sı, Austin ise %3' ten daha az olduğunu savunmuşlardır. Bu oranlar kesin olmamakla birlikte, boyut küçültmede harcanan enerjinin, harcanan toplam enerjiye oranının çok küçük olduğu bilinen bir gerçektir (Lynch, 1977).

Bu nedenle boyut küçültmede özellikle öğütme devrelerinin iyi tasarlanmış olmaları çok önemlidir. Öğütme devrelerinde projelendirme aşamasında yapılmış bir hatanın daha sonra düzeltilme maliyeti çok yüksektir. Öğütme devrelerinden daha iyi sonuçlar alabilmek için sürekli bir arayış içinde olunması da mühendisliğin bir gereğidir. En iyi şekilde projelendirilmiş öğütme devrelerinde de işletme sürecinde istenilen öğütmenin sağlanabilmesi ve verimliliğin artırılması için mutlaka değiştirilmesi gerekli parametrelerin olduğu unutulmamalıdır. Besleme, öğütücü boyutu ve miktarı, yaş öğütmede pülpün yoğunluğu öğütme sürecinde kontrol altında tutulması gerekli en önemli parametrelerdir.

3.2. Mikronize Maden Öğütme Tesisi

Bu çalışmanın yapıldığı Mikronize Maden Öğütme Tesisi, Kale Maden Endüstriyel Hammaddeler Sanayi ve Ticaret A.Ş.' ye ait olup, Çanakkale ili Çan ilçesi Semedeli Köyü mevkiinde 1993 yılında kurulmuş bir öğütme tesisidir. Tesiste 2 adet bilyalı değirmen yer

almakta olup, değirmenlerin bir tanesinde kuvars hammaddeleri, diğesinde ise feldspat hammaddeleri öğütme işlemleri yapılmaktadır. Öğütme, kapalı devre sistemli kuru öğütme olarak yapılmaktadır. Kale Maden Mikronize Maden Öğütme Tesisi'ne ait görüntü Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Kale Maden A.Ş. mikronize maden öğütme tesisi

Kale Maden Endüstriyel Hammaddeler Sanayi ve Ticaret A.Ş.' ye ait tesislerin ve şirketin konumunu gösteren uydu görüntüsü ise Şekil 3.2 ile verilmiştir.



Şekil 3.2. Kale Maden A.Ş. Semedeli Tesisleri uydu görüntüsü

3.3. Mikronize Maden Öğütme Tesisinde Yer Alan Makine ve Ekipmanlar

Mikronize maden öğütme tesisinde yer alan makine ve ekipmanlar, makine ve ekipmanlara ait teknik bilgiler ve çalışma prensipleri aşağıdaki gibidir. Şirketin gizlilik politikası gereği makine ve ekipmanlara ait teknik bilgilerin tamamı verilememiştir.

3.3.1. Bunker

20 ton kapasiteye sahip, lastikli yükleyiciler ile beslenen hammaddenin bunkerden boşaltılması için altında konveyör bant bulunan, üretim sürecinin başladığı ilk noktadır. – 5 mm altına kırılmış hammaddeler bunkere beslenerek öğütme işlemine alınmış olur.

3.3.2. Konveyör bant

Bir tanesi bunker altında, diğeri iki tanesi tesis içerisinde olmak üzere toplamda 3 adet kauçuk konveyör bant bulunmaktadır. Hammaddenin öğütme işlemine alınabilmesi için aktarma görevinde bulunurlar.

3.3.3. Fırırlı konveyör bant

Bunkere beslenen kırılmış malzemeyi tesis içerisine taşıyan, dik açıda çalışan (yaklaşık 70°), kenarları fırır şeklinde, fırırlar arasında L tipi lastik kovalar olan, malzemeyi lastik kovalar üzerinde taşıyan bir kauçuk konveyör banttır. Düz konveyör bantlara göre en önemli dezavantajı yüksek bakım maliyetine sahip olmasıdır. Fırırlı konveyör banda ait görüntü Şekil 3.3’de verilmiştir.



Şekil 3.3. Fırırlı konveyör bant

3.3.4. Değirmen besleme silosu

10 ton kapasiteye sahip, silindir Şeklinde ve dip kısmı konik Şeklinde olan, üzerinde malzeme akıŐkanlıęını sağlayan basınçlı hava püskürten patlaçlar olup, öğütülecek hammaddenin stoklandığı yerdir. Prosesle besleme silosunun konulmasındaki amaç, silo öncesinde yer alan makine ve ekipmanlarda herhangi bir arıza veya aksama olması durumunda, değirmen durdurulmaksızın siloda olan malzeme ile üretime devam etmek ve kazanılan sürede arızayı gidermektir.

3.3.5. Besleme konveyör bandı

Besleme silosu altında bulunan, yaklaşık 1 m uzunluğunda olan, malzemeyi otomasyon sistemden aldığı sinyallere göre çalışarak manyetik tambura besleyen kauçuk konveyör banttır. Değirmen yanında yer alan, değirmen döndüğünde çıkan sesi dinleyen audio sistem, aldığı sesin Őiddeti arttığında besleme bandına sinyal göndererek değirmene malzeme beslemesi için çalıştırır. Deęirmenden çıkan sesin Őiddeti azalana dek besleme bandı malzeme beslemeye devam eder. Ses Őiddeti audio sistemin ayarlandığı Őiddete geldiği zaman, besleme bandı audio sistemden gelen sinyal ile malzeme beslemeyi durdurmaktadır.

3.3.6. Kuru manyetik tambur

Besleme bandından beslenen malzeme içerisinde olan istenmeyen demirli malzeme, serbest demir ve yabancı metal parçaların manyetik alana tabi tutularak öğünecek olan malzemedan ayrıldığı makinedir. İstenmeyen demir içeren malzemeler ve yabancı metal parçalar manyetik alana maruz kalıp tambura yapıŐarak malzemedan ayrılır ve manyetik alandan çıktıktan sonra sistemden dışarı atılmaktadır.

3.3.7. Kurutucu

Brülör adı verilen cihaz, doğalgazın hava ile uygun oranda karıŐtırılıp yakılmasını sağlayarak öğütülen malzemenin kurutulması için değirmen içerisine sıcaklık vermektedir.

3.3.8. Bilyalı değirmen

3100 mm çapında, giriş ve çıkış ağızlarındaki konik kısımlar dahil olup 4950 mm uzunluğunda, iç kısmı %92 Al₂O₃ içeren alümina tuğlalarla kaplı, öğütücü ortam olarak flint taşı (sileks) veya alümina bilye kullanılan, 200 kW'lık motorun bağlı olduğu redüktör tarafından çalıştırılan, 20,6 devir/dakika ile dönüş yaparak hammaddenin öğütüldüğü makinedir. Değirmen içerisinde %45 oranında öğütücü ortam olacak şekilde çalıştırılır. Kapasitesi üretilen ürünün boyutuna bağlı olarak saatte 2-7 ton arasında değişkenlik göstermektedir.

3.3.9. DW sınıflandırıcı

Çift katlı, katlarda istenilen ürün boyutu ayırımına göre 30-60 kanat sayısı olan, katların aynı yönde dönmesiyle ayırım yapan, 0-520 devir/dk hızla çalışan, kanatlardan geçen malzemeyi hava akımıyla siklona geçemeyenleri ise havalı banda aktaran makinedir. İstenilen ürün boyutu yükseldikçe dönme hızla buna bağlı olarak azalmakta, boyut küçüldükçe dönme hızı artmaktadır.

3.3.10. Havalı bant

Havalı bantlar, gözenekli havalı bant bezi ile ayrılmış iki bölümden oluşmaktadır. Alt bölüme, alçak basınçlı hava beslenmektedir. Gözeneklerden üst bölüme geçen bu hava, havalı bant bezi üzerinde bir çeşit yağlama etkisi meydana getirmektedir. Bu yağlama etkisi sayesinde, 8 derece gibi hafif meyilli havalı bant içerisinde malzeme rahatlıkla değirmen içerisine taşınabilmektedir. Sınıflandırıcıdan geçemeyen malzemenin iletildiği yerdir.

3.3.11. Siklon

Santrifüj hareketi yardımıyla hava ile malzemeyi birbirinden ayıran konik konstrüksiyondur. Belli bir hava debisi ile gelen hava-ürün karışımını siklon denilen bu konik konstrüksiyona girdiği zaman kesitin büyümesinden dolayı yavaşlar ve vortex (dönü) hareketini yapar. Yani hava ile ürün karışımı hızlı hareketten birden faz

değişikliğine uğrayarak daha büyük bir hacime çıkınca toz ya da granül malzeme yerçekiminden ve santrifüjden dolayı aşağıya düşer, hava ise sisteme (ana fana) geri beslenmektedir.

3.3.12. Ana fan (santrifüj fan)

Havayı basınçlandırarak belirli bir akış yolu içinde hareket etmesini sağlayan turbo makinedir. Tahrik sisteminde 200 kW'lık motor gücü yer almaktadır. Siklondan gelen havayı basınçlandırarak değirmen çıkış ağzına yönlendirir. Değirmen çıkış ağzından boşalan öğünmüş malzemede fandan gelen basınçlı havanın itme gücüyle sınıflandırıcıya iletilirler. Fanda verimliliği etkileyen parametreler, düşük enerji tüketimi ve düşük gürültü seviyesidir.

3.3.13. Toz filtresi (jet pulse filtre)

Tozlu havanın temizlenerek bacadan temiz hava çıkışını sağlayan sistemdir. Sistemde 100 adet dikey konumlandırılmış filtre torbası ve bunların içerisine geçirilen kafesler mevcuttur. Filtreye gelen havada bulunan tozlar filtre torbalarına yapışırlar. Filtre torbalarının dışında biriken toz tabakasının temizlenmesi ise basınçlı hava sayesinde yapılır. Torbalardan dökülen tozlar ise filtre alt bunkerinden vidalı konveyör ile nihai ürün pompasına aktarılır. Filtre torbalarını temizleme işlemi sırasında, filtre torbalarına patlaçlardan gelen basınçlı hava etkisi, kısa darbelerle sağlanır. Bu hava darbeleri torba yüzeyindeki tozların dökülmesi ve torba iç yüzeyine dağılan basınçlı havanın torbayı şişirmesi ile birlikte iç yüzeyden dış yüzeye çıkmaya çalışan havanın torba gözeneklerini açarak tozu dışarıya atmasını sağlar. Basınçlı havanın kısa zaman aralıklarında filtre torbalarına püskürtülmesi işlemi bir elektronik Timer sayesinde sağlanır. Torbaların filtre gövdesi içindeki vakumun etkisiyle (negatif hava basıncı) yassılaştırılması bir kafes ile önlenir. Torbaların montajı veya değiştirilmesi filtre üst kapağı açıldıktan sonra, üst kısımdan yapılır.

3.3.14. Nihai ürün pompası

Siklondan ve filtreden gelen ürünlerin basınçlı hava yardımıyla nihai ürün silolarına aktaran cihazdır. Taşıma kapasitesi saatte 16 tondur. Taşıma mesafesi ise 40 metredir.

3.3.15. Nihai ürün siloları

Nihai ürün pompalarının taşıdığı öğünmüş ürünlerin depolandığı silindir şekilli yerdir. 100 ton kapasiteye sahip olan nihai ürün silolarından tesiste 9 adet mevcuttur. 3 tanesi feldspat hattına, 3 tanesi kuvars hattına, kalan 3 tanesi ise iki hattında kullanabildiği ortak ürün silolarıdır. Silolarda stoklanan ürünler, silo dip kısmındaki pnömatik pompalar yardımıyla boşaltılmaktadır.

3.4. Mikronize Maden Öğütme Tesisi Üretim Prosesi

Mikronize maden öğütme tesisinde üretim, kapalı devre sistemli olarak kuru öğütme şeklinde yapılmaktadır. Tesiste iki ayrı üretim hattı olup, kuvars ve feldspat hammaddeleri ayrı ayrı hatlarda öğütme işlemine tabi tutulmaktadır. Bir hattın bakımı esnasında; aktif olan diğer hatta bakımdaki hatta işlem gören hammaddenin işlenmesi mümkün olup, üretimde devamlılık sağlanabilmektedir.

Öğütme işlemi ilk olarak kırılmış olan hammaddenin bunkere beslenmesiyle başlamaktadır. -5 mm boyutunda olan kırılmış malzeme bunkere beslendikten sonra bunker altında bulunan konveyör bant ile fırfırlı konveyör banda aktarılır. Fırfırlı konveyör bant ile tesis içerisine alınan malzeme iki adet konveyör banttan geçerek 10 ton kapasiteli besleme silosuna aktarılır. Sistemde besleme silosunun olması, besleme silosundan önce yer alan ekipmanlarda herhangi bir arıza olması durumunda üretimin durdurulmamasını sağlamaktadır. Besleme silosundan sonra kırılmış malzeme, besleme konveyör bandı ile manyetik tamburdan geçirilerek değirmen içerisine beslenir. Beslenen malzeme belli bir rutubete sahip olduğundan öğütülecek malzemenin kurutulması için, brülörde doğalgaz yakılarak değirmen içerisine sıcaklık verilir ve öğünen malzeme bir yandan da kurutulmuş olur. 20,6 d/dk ile döndürülen değirmende öğünen malzeme, çıkış ağzından taşarak ana fanın ittiği hava ile çift katlı kanatlı sınıflandırıcıya iletilir. İstenilen ürün boyutuna göre

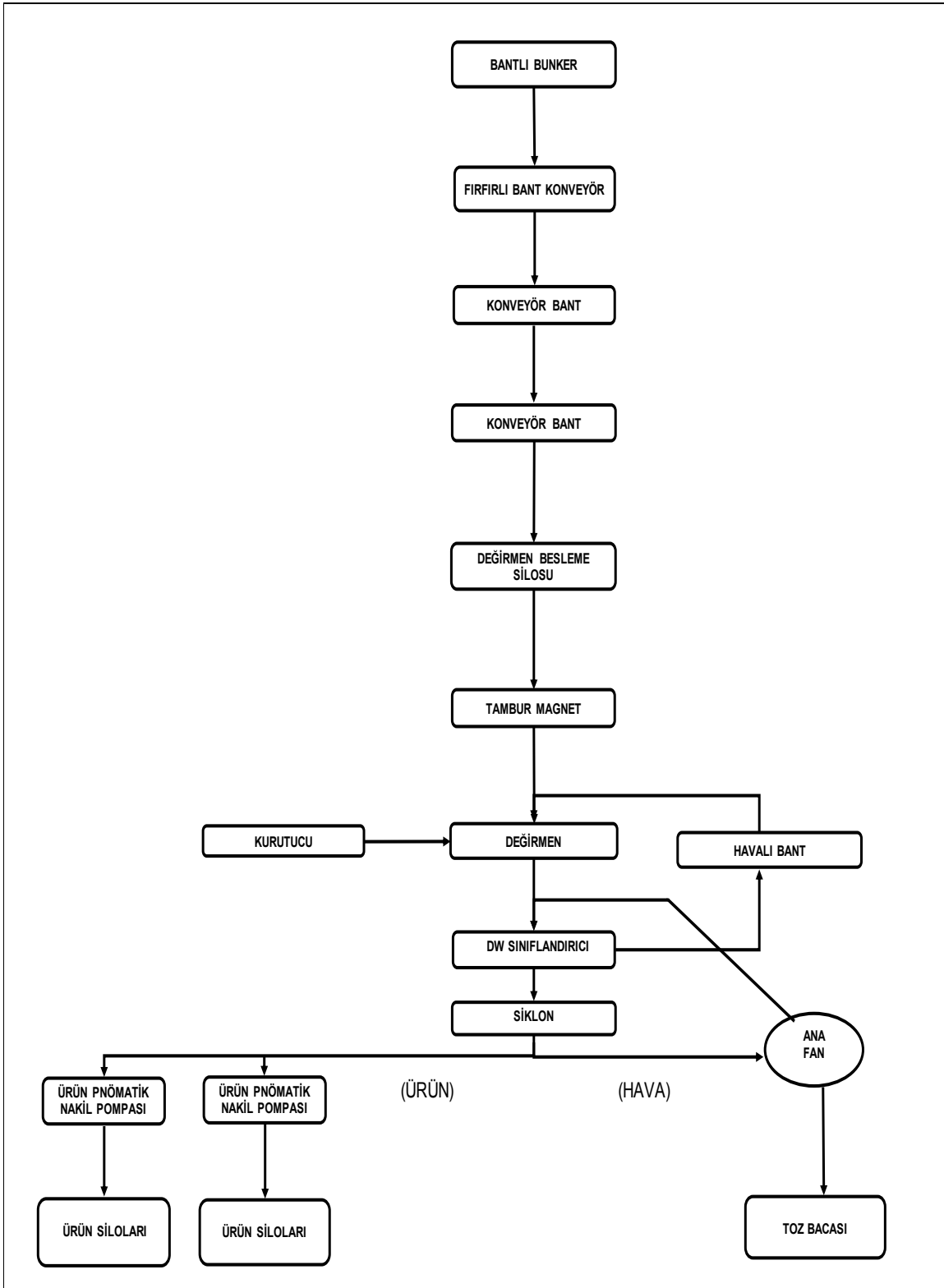
belirli bir devirde çalıştırılan sınıflandırıcıdan geçen malzeme siklona, geçemeyen malzeme ise tekrar öğünmek üzere değirmene geri iletilir. Geri iletilen malzeme havalı bant yardımıyla değirmen içerisine beslenerek tekrardan öğütmeye tabi tutulur. Sınıflandırıcıdan geçen malzeme siklona iletilir, ürün hava yoluyla iletiildiği için, siklonda hava ile ürün birbirinden ayrılır. Siklonda havadan ayrışan ürün nihai ürün pompalarına, hava ise sisteme geri beslenerek sistem içerisindeki kapalı döngüsüne devam ettirilir. Nihai ürün pompalarına beslenen ürün pnömomatik sistem ile ürün silolarına aktarılır. Silolarda sevkiyata hazır hale getirilen ürün müşteri talebine göre silobus ile veya hammadde ambalajları ile (big-bag, kraft torba) sevki yapılır. Tesiste yapılan öğütme işlemi kapalı devre olarak devam eder.

Mikronize maden öğütme tesisinde öğütülen hammaddelerin ürün boyutları, müşterilerden gelen talep doğrultusunda hareket edilerek üretimleri yapılır. Tesiste genellikle üretim yapılan ürün boyutları 63 μm , 125 μm ve 500 μm ' dir.

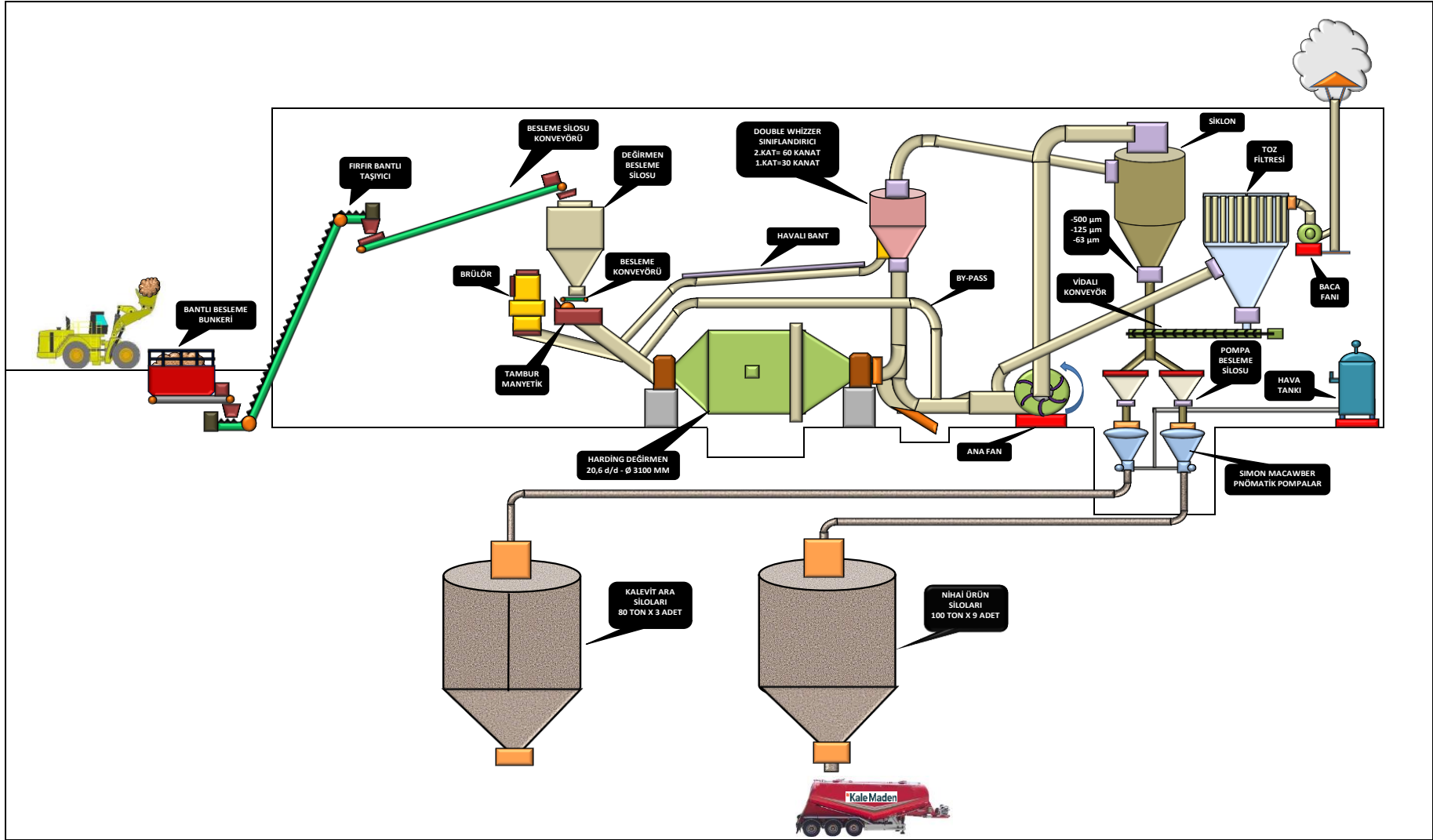
Mikronize maden öğütme tesisinde yer alan kuvars ve feldspat öğütme hatları, süreç akım şemasında belirtilen aynı makine ve ekipmanlardan oluşmaktadır. Tesise öğütme işleminde gerekli olan hava, 2 adet 110 kW gücündeki vidalı kompresörler yardımıyla sağlanmaktadır.

Mikronize maden öğütme tesisi üretim aşamasında yer alan makine ve ekipmanların olduğu proses akım şeması Şekil 3.4'de verilmiştir.

Mikronize maden öğütme tesisine ait makine ve ekipmanları şematik olarak gösteren akım şeması Şekil 3.5'de verilmiştir.



Şekil 3.4. Mikronize maden öğütme tesisi proses akım şeması



Şekil 3.5. Mikronize maden öğütme tesisi şematik görünümü

3.5. Mikronize Maden Öğütme Tesisinde Üretilen Hammaddenin Belirlenmesi

Mikronize maden öğütme tesisinde üretim işlemine geçilmeden önce öğütmeye işleme alınacak kırılmış hammadde stoğu kimyasal ve fiziksel analizlere tabi tutulur. Analizler sonucunda uygun ölçütlere sahip hammadde stoğu öğütülme üzere tesise beslenir. Uygun ölçütlere sahip olmayan hammadde stoğu ise uygun bir stokla iyileştirme yapılarak tekrardan kimyasal ve fiziksel analize tabi tutulur. Uygun çıkması durumunda öğütülme üzere tesise beslenir.

Bu çalışmada Kale Maden A.Ş. gizlilik politikası gereği tesiste üretilen hammaddeler kodlanarak verilmiştir. Kuvars hammaddeleri: K1, K2 ve K3; Feldspat hammaddeleri: F1, F2, F3 ve F4 olarak kodlanmıştır. Bu hammaddeler içerisinde K1, K3, F1, F2 ve F4 hammaddeleri içerisinde tek tip hammadde içermekte olup; K2 ve F3 hammaddeleri ise iki ayrı hammaddenin karışımından meydana gelen hammaddelerdir. K2 hammaddesinin reçetesinde K3 ve KYU hammaddeleri; F3 hammaddesinin reçetesinde F1 ve F2 hammaddeleri yer almaktadır. Homojen karışımı yapılarak hazırlanan K2 ve F3 hammadde stokları analizlere tabi tutularak, uygun ölçütlerde olması durumunda tesise beslenerek öğütme işlemi yapılır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Mikronize maden öğütme tesisinde üretim verimliliğini etkileyen en önemli parametrelerden biri de tesiste meydana gelen arızalardan ve küçük duruşlardan kaynaklanan zaman kaybıdır. Zaman kaybına bağlı olarak oluşan üretim kaybı ise tesiste üretilen ürünün üretim maliyetini arttıran önemli bir unsurdur. Bu sebeplerden ötürü maliyetleri düşürmenin en etkili yolu, tesiste meydana gelen kayıpları tespit etmek ve kayıpları engelleyecek çözüm yolunu bulmaktır. Toplam Ekipman Etkinliği (TEE) yöntemi ise tesiste meydana gelen kayıpları ele alarak gerçekleşen verimliliği gösteren bir yöntemdir. Bu bölümde tesiste meydana gelen kayıplar TEE yöntemi ile ele alınmış, aylık bazda gerçekleşen verimlilik oranları gösterilmiştir.

4.1. Toplam Ekipman Etkinliği Verilerinin Toplanması

TEE değeri hesaplamasında kullanılmış olan kullanılabilirlik oranı, performans oranı ve kalite oranı verileri 6 ay boyunca vardiyalık bazda alınmış olup, mikronize maden öğütme tesisinde aylık bazda gerçekleşen TEE değerleri tespit edilmiştir.

4.1.1. Kullanılabilirlik oranı

Kullanılabilirlik oranını tespit edebilmek için, işletme çalışma zamanı, planlı duruşlar, planlanan üretim zamanı, plansız duruşlar ve brüt üretim zamanı verilerini elde edilmelidir. Kullanılabilirlik oranı, brüt üretim zamanının planlanan üretim zamanına oranlanmasıyla bulunur.

- **İşletme Çalışma Zamanı:** İşletmede TEE hesaplaması yapılacak süre içerisindeki mesai süresidir. Bu çalışmada TEE hesaplaması aylık bazda yapılmış olup, günlük mesai süresi 2 vardiya toplamda 16 saattir.
- **Planlı Duruşlar:** İşletmede daha önceden planlanan bakım için ayrılan süredir. Yemek ve çay molalarında işletme çalışmaya devam ettiği için planlı duruşlar kapsamına alınmamıştır.

- **Planlanan Üretim Zamanı:** İşletme çalışma zamanından planlı duruşlarda harcanan zaman çıkarıldığında kalan süredir.
- **Plansız Duruşlar:** İşletmede meydana gelen arızaların oluşturduğu süredir. Arızanın başlangıcından arızalanan makine veya ekipmanın çalışmasına kadar geçen süre dikkate alınır.
- **Brüt Üretim Zamanı:** Planlanan üretim zamanından plansız duruşların çıkarılarak elde edilen süredir.

4.1.2. Performans oranı

Performans oranını tespit edebilmek için, işletmede üretilen kabul ürün, birim çevrim miktarı ve toplam üretim zamanı verilerinin elde edilmesi gerekmektedir. Performans oranı, toplam üretim zamanının brüt üretim zamanına oranlanmasıyla elde edilir.

- **Üretilen Kabul Ürün:** İşletmede üretilen hatasız (kalite ölçütleri içinde yer alan) ürün miktarıdır.
- **Birim Çevrim Miktarı:** İşletmede üretilen hatasız ürün çeşitlerinin üretim kapasitelerini gösteren miktarlardır.
- **Toplam Üretim Zamanı:** İşletmede üretilen hatasız ürün miktarının birim çevrim miktarına oranlanmasıyla elde edilen süredir.

4.1.3. Kalite oranı

Kalite oranını tespit edebilmek için, işletmede üretilen hatalı ürün miktarının tespit edilmesi gerekmektedir. Kalite oranı, işletmede üretilen hatalı ürün miktarının üretilen toplam (hatasız + hatalı) ürün miktarına oranlanmasıyla bulunur.

- **Üretilen Hatalı Ürün:** İşletmede üretilen hatalı (kalite ölçütleri içerisinde yer alamayan) ürün miktarıdır.

4.2. Toplam Ekipman Etkinliği Verileri

Kullanılabilirlik, performans ve kalite oranına ait veriler iki üretim hattı için aylık bazda toplanmış olup, aylık olarak ayrı ayrı verilmiştir.

4.2.1. Feldspat üretim hattı toplam ekipman etkinliği verileri

Feldspat üretim hattına ait TEE verileri 6 aylık süre zarfında aylık bazda toplanarak elde edilmiştir.

4.2.1.1. Feldspat üretim hattı kullanılabilirlik oranı verileri

Feldspat üretim hattına ait kullanılabilirlik oranı verileri aylık bazda çizelgeler halinde aşağıda verilmiştir.

- **1. Ay Kullanılabilirlik Oranı Verileri:** Üretim hattının işletme çalışma zamanı 24960 dk olarak tespit edilmiştir. Planlı duruşun olmadığı bu ayda, arızalardan ve küçük duruşlardan kaynaklanan plansız duruş zamanı ise 6478 dk olarak tespit edilmiş olup, kullanılabilirlik oranının %74,05 olduğu görülmüştür. 1. aya ait kullanılabilirlik oranı Çizelge 4.1 ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Feldspat üretim hattı 1. ay kullanılabilirlik oranı değerleri.

Formülasyon	KO bileşenleri	Değerler
A	İşletme çalışma zamanı (dk)	24960
B	Planlı duruşlar (dk)	0
C=A-B	Planlanan üretim zamanı (dk)	24960
D	Plansız duruşlar (dk)	6478
E=C-D	Brüt üretim zamanı (dk)	18482
F=E/C	Kullanılabilirlik oranı (%)	74,05

- **2. Ay Kullanılabilirlik Oranı Verileri:** Üretim hattının işletme çalışma zamanı aylık talep miktarına göre farklılık göstermekte olup, bu ay için tespit edilen süre 25440 dakikadır. Bu ayda da planlı duruşun olmadığı görülmüş olup, arızalardan ve

küçük duruşlardan kaynaklanan plansız duruş zamanı ise 8013 dk olarak tespit edilmiştir. 2. aya ait kullanılabilirlik oranı ise Çizelge 4.2 ile belirtilmiş olup, bir önceki aya göre plansız duruş süresinin arttığı buna bağlı olarak kullanılabilirlik oranında da düşüş gerçekleştiği görülmüştür.

Çizelge 4.2. Feldspat üretim hattı 2.ay kullanılabilirlik oranı değerleri

Formülasyon	KO bileşenleri	Değerler
A	İşletme çalışma zamanı (dk)	25440
B	Planlı duruşlar (dk)	0
C=A-B	Planlanan üretim zamanı (dk)	25440
D	Plansız duruşlar (dk)	8013
E=C-D	Brüt üretim zamanı (dk)	17427
F=E/C	Kullanılabilirlik oranı (%)	68,50

- **3. Ay Kullanılabilirlik Oranı Verileri:** Feldspat üretim hattının 3. aydaki işletme çalışma zamanı 25920 dk olduğu görülmüştür. Planlı duruşun da bu ayda olmadığı tespit edilmiş olup, duruş kayıplarından kaynaklanan plansız duruş zamanı ise 7988 dk olarak tespit edilmiştir. 3. aya ait kullanılabilirlik oranı Çizelge 4.3 ile verilmiş olup, brüt üretim zamanında meydana gelen artış kullanılabilirlik oranının az da olsa artmasına sebep olmuştur.

Çizelge 4.3. Feldspat üretim hattı 3.ay kullanılabilirlik oranı değerleri

Formülasyon	KO bileşenleri	Değerler
A	İşletme çalışma zamanı (dk)	25920
B	Planlı duruşlar (dk)	0
C=A-B	Planlanan üretim zamanı (dk)	25920
D	Plansız duruşlar (dk)	7988
E=C-D	Brüt üretim zamanı (dk)	17932
F=E/C	Kullanılabilirlik oranı (%)	69,18

- **4. Ay Kullanılabilirlik Oranı Verileri:** Feldspat üretim hattının 4. aydaki verilerine baktığımızda, işletme çalışma zamanının 24480 dk olduğu görülmüştür. Planlı duruşun olduğu bu ayda, planlı duruş için harcanan zaman 1920 dk olarak

tespit edilmiştir. Duruş kayıplarından kaynaklanan plansız duruş zamanının ise 5549 dk olduğu görülmüştür. Proseste yer alan makine ekipmanlara yapılan planlı bakım, periyodik yağlama programının aktif hale getirilmesiyle makinelerden kaynaklı duruşların azalmasına neden olmuştur. 4. aya ait kullanılabilirlik oranı Çizelge 4.4 ile verilmiş olup, plansız duruşlarda harcanan sürenin azalması önceki aylarda gerçekleşen kullanılabilirlik oranlarından daha yüksek bir değerde kullanılabilirlik oranı gerçekleşmesine neden olmuştur.

Çizelge 4.4. Feldspat üretim hattı 4.ay kullanılabilirlik oranı değerleri

Formülasyon	KO bileşenleri	Değerler
A	İşletme çalışma zamanı (dk)	24480
B	Planlı duruşlar (dk)	1920
C=A-B	Planlanan üretim zamanı (dk)	22560
D	Plansız duruşlar (dk)	5549
E=C-D	Brüt üretim zamanı (dk)	17011
F=E/C	Kullanılabilirlik oranı (%)	75,40

- **5. Ay Kullanılabilirlik Oranı Verileri:** Feldspat üretim hattının 5. aydaki verilerini ele aldığımızda, üretim hattında gerçekleşmiş olan işletme çalışma zamanının önceki ayların verilerine göre düşüş gösterdiği görülmüş olup, tespit edilen süre 18240 dakikadır. Planlı duruş için harcanan süre ise 2100 dk olarak tespit edilmiştir. Proseste yer alan makine ekipmanlara yapılan planlı bakım işleminin ve periyodik yağlama programının devam etmesi, operatörlere ve bakım personeline verilen eğitimler duruş kayıplarının azalmasına neden olmuştur. Duruş kayıplarından kaynaklanan plansız duruşların ise 5 aylık süre zarfında gerçekleşen süreler içerisinde en düşük değere sahip olduğu görülmüştür. Plansız duruşlar için harcanan süre 1005 dakikadır. 5. aya ait kullanılabilirlik oranı Çizelge 4.5 ile gösterilmiş olup, 5 aylık veriler içerisinde kullanılabilirlik oranları ele alındığında en yüksek değere ulaşarak %93,77 olduğu görülmüştür. Bu duruma sebep olarak ise plansız duruşlar için harcanan sürenin, 5 aylık veriler içerisinde en düşük değerde gerçekleşmesini olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4.5. Feldspat üretim hattı 5.ay kullanılabilirlik oranı değerleri

Formülasyon	KO bileşenleri	Değerler
A	İşletme çalışma zamanı (dk)	18240
B	Planlı duruşlar (dk)	2100
C=A-B	Planlanan üretim zamanı (dk)	16140
D	Plansız duruşlar (dk)	1005
E=C-D	Brüt üretim zamanı (dk)	15135
F=E/C	Kullanılabilirlik oranı (%)	93,77

- **6. Ay Kullanılabilirlik Oranı Verileri:** Feldspat üretim hattının 6. aydaki verileri incelendiğinde, üretim hattında gerçekleşmiş olan işletme çalışma zamanının diğer aylar içerisinde en düşük değerde gerçekleştiği görülmüştür. İşletme çalışma zamanı 15840 dk olarak tespit edilmiştir. Planlı duruş için harcanan sürenin olmadığı, arızalardan kaynaklanan plansız duruşların ise 3278 dk olarak gerçekleştiği görülmüştür. Bu veriler üzerinde 6. aya ait kullanılabilirlik oranı hesaplandığında %79,30'luk bir değer elde edilmiştir. Üretim hattının 6. ay verileri Çizelge 4.6 ile verilmiştir.

Çizelge 4.6. Feldspat üretim hattı 6.ay kullanılabilirlik oranı değerleri

Formülasyon	KO bileşenleri	Değerler
A	İşletme çalışma zamanı (dk)	15840
B	Planlı duruşlar (dk)	0
C=A-B	Planlanan üretim zamanı (dk)	15840
D	Plansız duruşlar (dk)	3278
E=C-D	Brüt üretim zamanı (dk)	12562
F=E/C	Kullanılabilirlik Oranı (%)	79,30

4.2.1.2. Feldspat üretim hattı performans oranı verileri

Feldspat üretim hattına ait performans oranı verileri aylık olarak ayrı ayrı çizelgeler halinde aşağıda verilmiştir.

- **1. Ay Performans Oranı Verileri:** Üretim hattında üretilen ve kalite kontrollerinden sonra uygun ölçütlere sahip olan ürün miktarı toplamda 896 ton olarak tespit edilmiştir. Her hammaddenin fiziksel yapısına göre farklılık göstermesinden ve üretilen ürünlerin tane boyutlarının farklı olmalarından dolayı, birim çevrim miktarı olarak bahsedilen üretim kapasitelerinde farklılıklar mevcuttur. Bunlara bağlı olarak her ürün için ürüne ait birim çevrim miktarı ve üretilen ürün miktarı üzerinden hesaplanan üretim zamanı toplamı ise 15028 dk olarak tespit edilmiştir. Tüm bu veriler ışığında toplam üretim zamanını brüt üretim zamanına oranladığımızda 1. aya ait performans oranı %81,31 olarak bulunmuştur. Performans oranına ait veriler Çizelge 4.7 ile verilmiştir.

Çizelge 4.7. Feldspat üretim hattı 1.ay performans oranı değerleri

Formülasyon	PO bileşenleri	Σ	F1	F2	F3	F4	K1	K2	K3
G	Üretilen kabul ürün (ton)	896	219	124	0	261	130	84	78
H	Birim çevrim miktarı (ton/saat)		3	2,5	3	5	6	3	3
$I = \sum(G_i/H_i) \times 60$	Toplam üretim zamanı (dk)	15028							
P=I/E	Performans oranı (%)	81,31							

- **2. Ay Performans Oranı Verileri:** Feldspat üretim hattındaki 2. ayda üretilen kabul ürün miktarına baktığımızda 761 ton olduğu görülmüştür. Bir önceki aya göre yaşanan düşüş toplam üretim zamanını da olumsuz etkilemiş olup, toplam üretim zamanı 13180 dk olarak tespit edilmiştir. Bu verilere bağlı olarak belirlenen performans oranı Çizelge 4.8 ile verilmiştir.

Çizelge 4.8. Feldspat üretim hattı 2.ay performans oranı değerleri

Formülasyon	PO bileşenleri	Σ	F1	F2	F3	F4	K1	K2	K3
G	Üretilen kabul ürün (ton)	761	222	135	0	145	142	0	117
H	Birim çevrim miktarı (ton/saat)		3	2,5	3	5	6	3	3
$I = \sum(G_i/H_i) \times 60$	Toplam üretim zamanı (dk)	13180							
P=I/E	Performans oranı (%)	75,63							

- **3. Ay Performans Oranı Verileri:** Üretilen kabul ürün miktarının önceki aylara göre artış gösterdiği görülmüş ve değer olarak 922 ton tespit edilmiştir. Üretim hattının toplam üretim zamanı hesaplandığında bu değer 16448 dk olduğu görülmüştür. Toplam üretim zamanı brüt üretim zamanına oranlandığında ise performans oranı değeri %81,72 olarak bulunmuştur. Performans oranı değerinin yüksek çıkması, üretim hattındaki brüt üretim zamanının ne kadar verimli kullanıldığını göstermektedir. 3. aya ait performans oranı değerleri ise Çizelge 4.9 ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.9. Feldspat üretim hattı 3.ay performans oranı değerleri

Formülasyon	PO bileşenleri	Σ	F1	F2	F3	F4	K1	K2	K3
G	Üretilen kabul ürün (ton)	922	225	197	52	0	278	83	87
H	Birim çevrim miktarı (ton/saat)		3	2,5	3	5	6	3	3
$I = \Sigma(G_i/H_i) \times 60$	Toplam üretim zamanı (dk)	16448							
P=I/E	Performans oranı (%)	81,72							

- **4. Ay Performans Oranı Verileri:** Bu ay içerisinde elde edilen verilere bakıldığında, üretilen kabul ürün miktarının 859 ton olduğu görülmüştür. bir önceki aya göre miktarda azalma olması, dolayısıyla toplam üretim zamanının da azalmasına sebebiyet vermiştir. 4. ayda gerçekleşen toplam üretim zamanı ise 14.732 dk olmuştur. Performans oranını hesapladığımızda ise bir önceki aya yakın bir değerde %86,60 olarak gerçekleştiği görülmüştür. 4. ay performans oranına ait tespit edilen veriler Çizelge 4.10 ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.10. Feldspat üretim hattı 4.ay performans oranı değerleri

Formülasyon	PO bileşenleri	Σ	F1	F2	F3	F4	K1	K2	K3
G	Üretilen kabul ürün (ton)	859	245	162	33	302	68	0	49
H	Birim çevrim miktarı (ton/saat)		3	2,5	3	5	6	3	3
$I = \Sigma(G_i/H_i) \times 60$	Toplam üretim zamanı (dk)	14732							
P=I/E	Performans oranı (%)	86,60							

- **5. Ay Performans Oranı Verileri:** Üretilen kabul ürün miktarına baktığımızda, 855 tonluk bir değer tespit edilmiştir. Toplam üretim zamanını hesapladığımızda ise, toplam üretim zamanı değeri 14688 dk olarak bulunmuştur. 5.ay başlangıcında yapılan öğütücü ortam boyut dağılımı revizyonu ve hava sisteminde yapılan klepe ayar değişikliği ile performans değerinde artış sağlanmıştır. Performans oranı için toplam üretim zamanını brüt üretim zamanı ile oranladığımızda ise bulduğumuz değer %97,05'dir. 5 aylık performans oranları karşılaştırıldığında; 5.ayda gerçekleşen değer, en yüksek değer olarak karşımıza çıkmaktadır. Üretim hattının brüt üretim zamanı neredeyse tam verimli bir şekilde kullanılarak üretim yapıldığı görülmüştür. Feldspat üretim hattının 5. aya ait performans oranı verileri Çizelge 4.11 ile verilmiştir.

Çizelge 4.11. Feldspat üretim hattı 5.ay performans oranı değerleri

Formülasyon	PO bileşenleri	Σ	F1	F2	F3	F4	K1	K2	K3
G	Üretilen kabul ürün (ton)	855	247	199	8	401	0	0	0
H	Birim çevrim miktarı (ton/saat)		3	2,5	3	5	6	3	3
$I = \Sigma(G_i/H_i) \times 60$	Toplam üretim zamanı (dk)	14688							
P=I/E	Performans oranı (%)	97,05							

- **6. Ay Performans Oranı Verileri:** Feldspat hattındaki 6. ayda gerçekleşen üretilen kabul ürün miktarının 549 ton olduğu tespit edilmiştir. İşletme çalışma zamanının en düşük değerinde gerçekleşmesi, üretilen kabul ürün miktarının da en düşük değerinde gerçekleşmesine neden olmuştur. Bu veriler üzerinden toplam üretim zamanını hesapladığımızda, toplam üretim zamanı 11732 dk olarak bulunmuştur. Performans oranını hesapladığımızda, bir önceki ay gerçekleşmiş olan değere yakın bir değerinde %93,39 olarak gerçekleştiği görülmüştür. 6 aylık veriler içerisinde en düşük işletme çalışma zamanının gerçekleşmiş olmasına rağmen, üretim hattının 5. aydaki gibi verimli bir şekilde çalıştığı görülmüştür. 6. ay performans oranı verileri Çizelge 4.12 ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.12. Feldspat üretim hattı 6.ay performans oranı değerleri

Formülasyon	PO bileşenleri	Σ	F1	F2	F3	F4	K1	K2	K3
G	Üretilen kabul ürün (ton)	549	284	188	0	0	0	77	0
H	Birim çevrim miktarı (ton/saat)		3	2,5	3	5	6	3	3
$I = \sum(G_i/H_i) \times 60$	Toplam üretim zamanı (dk)	11732							
P=I/E	Performans oranı (%)	93,39							

4.2.1.3. Feldspat üretim hattı kalite oranı verileri

Feldspat üretim hattına ait kalite oranı verileri aylık olarak aşağıda değerlendirilmiştir.

- **1. Ay Kalite Oranı Verileri:** Feldspat üretim hattı kalite oranı verilerinde, üretim hattında üretilen ürünün kalite ölçütlerine uygun olmaması, hatalı ürün olarak tanımlanmıştır. Üretim hattındaki 1. ay verileri incelendiğinde üretilen tüm ürünleri kalite ölçütlerine uygun olduğu ve hatalı ürünün olmadığı görülmüştür. Dolayısıyla 1. aya ait kalite oranı %100 olarak gerçekleşmiştir.
- **2. Ay Kalite Oranı Verileri:** Üretim hattındaki 2. ay kalite oranı verilerine baktığımızda, bir önceki ay da olduğu gibi hatalı ürün üretiminin yapılmadığı görülmüştür. Kalite oranının bu kadar yüksek çıkmasının sebebi ise, üretime geçilmeden önce girdi hammaddesinin kalite kontrol analizlerinin yapılmasıdır. Kalite kontrol analizlerinde girdi hammaddesinin kabul ölçütlerinde çıkması durumunda üretime geçildiği için hatalı ürün üretilme olasılığı düşük oranlarda gerçekleşmektedir.
- **3. Ay Kalite Oranı Verileri:** 3. ayın kalite oranı verileri, ilk iki ayda gerçekleşen kalite oranları gibi %100 olarak tespit edilmiştir.

- **4. Ay Kalite Oranı Verileri:** Üretim hattındaki hatalı ürün miktarlarına baktığımızda, üretilen ürünlerin tamamının kabul ölçütleri içerisinde olduğu görülmüştür.
- **5. Ay Kalite Oranı Verileri:** Hatalı ürün miktarının olmaması sebebiyle, kalite oranı %100 olarak gerçekleşmiştir.
- **6. Ay Kalite Oranı Verileri:** Üretim öncesi yapılan kalite kontrol analizlerine göre yapılan üretim sonrası 6.ay verilerinde hatalı ürün olmadığı görülmüştür. İlk 6 aya ait kalite oranına ait veriler Çizelge 4.13 ile verilmiştir.

Çizelge 4.13. Feldspat üretim hattı ilk 6 aylık kalite oranı değerleri

Formülasyon	KAO bileşenleri	Σ	F1	F2	F3	F4	K1	K2	K3
J	Hatalı ürün (ton)	0	0	0	0	0	0	0	0
K=G/(G+J)	Kalite oranı (%)	100							

4.2.2. Kuvars üretim hattı toplam ekipman etkinliği verileri

Kuvars üretim hattına ait TEE verileri 6 aylık süre zarfında aylık bazda toplanarak elde edilmiştir.

4.2.2.1. Kuvars üretim hattı kullanılabilirlik oranı verileri

Kuvars üretim hattına ait kullanılabilirlik oranı verileri aylık bazda ayrı ayrı çizelgeler halinde aşağıda verilmiştir.

- **1. Ay Kullanılabilirlik Oranı Verileri:** Kuvars üretim hattının işletme çalışma zamanı 24960 dk olarak tespit edilmiştir. Planlı duruşun olmadığı, duruşlardan kaynaklanan plansız duruş zamanı ise 7006 dk olarak tespit edilmiştir. Bu veriler üzerinden kullanılabilirlik oranı ise %71,93 olarak gerçekleşmiştir. 1. aya ait kullanılabilirlik oranı verileri Çizelge 4.14 ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.14. Kuvars üretim hattı 1. ay kullanılabilirlik oranı değerleri

Formülasyon	KO bileşenleri	Değerler
A	İşletme çalışma zamanı (dk)	24960
B	Planlı duruşlar (dk)	0
C=A-B	Planlanan üretim zamanı (dk)	24960
D	Plansız duruşlar (dk)	7006
E=C-D	Brüt üretim zamanı (dk)	17954
F=E/C	Kullanılabilirlik oranı (%)	71,93

- **2. Ay Kullanılabilirlik Oranı Verileri:** Üretim hattının işletme çalışma zamanı 1. ay verilerine göre farklılık göstermekte olup, bu ay için tespit edilen süre 25440 dakikadır. Bu ayda da planlı duruşun olmadığı görülmüş, arızalardan ve küçük duruşlardan kaynaklanan plansız duruş zamanının ise 5083 dk olarak tespit edilmiştir. 1. aya ait verilerle karşılaştırıldığında plansız duruş zamanının azaldığı görülmüş olup, kullanılabilirlik oranında artış gözlenmiştir. Çizelge 4.15 ile gösterilmiş olan kullanılabilirlik oranı %80,02 olarak gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.15. Kuvars üretim hattı 2. ay kullanılabilirlik oranı değerleri

Formülasyon	KO bileşenleri	Değerler
A	İşletme çalışma zamanı (dk)	25440
B	Planlı duruşlar (dk)	0
C=A-B	Planlanan üretim zamanı (dk)	25440
D	Plansız duruşlar (dk)	5083
E=C-D	Brüt üretim zamanı (dk)	20357
F=E/C	Kullanılabilirlik oranı (%)	80,02

- **3. Ay Kullanılabilirlik Oranı Verileri:** Kuvars üretim hattında 3. ayda gerçekleşen verilere baktığımızda, işletme çalışma zamanının en yüksek değerinde 25920 dk olarak gerçekleştiği görülmüştür. Planlı duruşun olmadığı bu ayda, arızalardan kaynaklanan plansız duruş süresinin çok yüksek bir değerinde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Üretim hattında meydana gelen arızaların büyük çapta olması plansız duruş süresinin 12113 dk olarak gerçekleşmesine neden olmuştur. Bu durum ise kullanılabilirlik oranını olumsuz şekilde etkilemiş olup, kullanılabilirlik oranı %

53,27 olarak hesaplanmıştır. 3. ay kullanılabilirlik oranı verileri ise Çizelge 4.16 ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.16. Kuvars üretim hattı 3. ay kullanılabilirlik oranı değerleri

Formülasyon	KO bileşenleri	Değerler
A	İşletme çalışma zamanı (dk)	25920
B	Planlı duruşlar (dk)	0
C=A-B	Planlanan üretim zamanı (dk)	25920
D	Plansız duruşlar (dk)	12113
E=C-D	Brüt üretim zamanı (dk)	13807
F=E/C	Kullanılabilirlik oranı (%)	53,27

- **4. Ay Kullanılabilirlik Oranı Verileri:** İşletme çalışma zamanı değerinin, diğer aylara yakın bir değerde 24480 dk olarak gerçekleştiği tespit edilmiştir. Planlı duruşun olduğu bu ayda, planlı duruştan kaynaklanan kayıp 2880 dk olarak gerçekleşmiştir. Arızalardan ve küçük duruşlardan kaynaklanan plansız duruş zamanı ise 4451 dk olarak hesaplanmıştır. Proseste yer alan makine ekipmanlara yapılan kapsamlı bakım, periyodik yağlama programının işlenmeye başlanması makinelerden kaynaklı duruşların azalmasına neden olmuştur. Tüm bu veriler ışığında kullanılabilirlik oranı hesaplandığında, % 79,39 olarak gerçekleştiği belirlenmiştir. 4. ay kullanılabilirlik oranı verileri Çizelge 4.17 ile verilmiştir.

Çizelge 4.17. Kuvars üretim hattı 4. ay kullanılabilirlik oranı değerleri

Formülasyon	KO bileşenleri	Değerler
A	İşletme çalışma zamanı (dk)	24480
B	Planlı duruşlar (dk)	2880
C=A-B	Planlanan üretim zamanı (dk)	21600
D	Plansız duruşlar (dk)	4451
E=C-D	Brüt üretim zamanı (dk)	17149
F=E/C	Kullanılabilirlik oranı (%)	79,39

- **5. Ay Kullanılabilirlik Oranı Verileri:** Kuvars üretim hattının aylık çalışma zamanını ele aldığımızda, 18240 dk olarak gerçekleştiği görülmüştür. Bir önceki

ayda olduğu gibi, planlı duruş süresi 2880 dakikadır. Planlı bakım ve periyodik yağlama programının devam etmesi, arızalardan kaynaklı plansız duruş zamanının 5 aylık veriler içerisinde en düşük değer 2140 dk olarak gerçekleşmesine neden olmuştur. Operatörlere ve bakım personeline verilen eğitimler brüt üretim zamanına olumlu yönde yansımıştır. Brüt üretim zamanını planlanan üretim zamanına oranladığımızda, kullanılabilirlik oranını % 86,07'lik bir değer olarak gerçekleştirdiği görülmüştür. 5. ay kullanılabilirlik oranı verileri Çizelge 4.18 ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.18. Kuvars üretim hattı 5. ay kullanılabilirlik oranı değerleri

Formülasyon	KO bileşenleri	Değerler
A	İşletme çalışma zamanı (dk)	18240
B	Planlı duruşlar (dk)	2880
C=A-B	Planlanan üretim zamanı (dk)	15360
D	Plansız duruşlar (dk)	2140
E=C-D	Brüt üretim zamanı (dk)	13220
F=E/C	Kullanılabilirlik oranı (%)	86,07

- **6. Ay Kullanılabilirlik Oranı Verileri:** 6 aylık veriler incelendiğinde en düşük işletme zamanı 6. ayda gerçekleşmiş olup, bu değer 15840 dakikadır. Planlı duruşun olmadığı bu ayda, arızalardan ve küçük duruşlardan kaynaklanan plansız duruş zamanı ise 1434 dk olarak tespit edilmiştir. 6 aylık veriler içerisinde en düşük plansız duruş zamanı gerçekleşmesi kullanılabilirlik oranının en yüksek değere ulaşmasına neden olmuştur. 6. ay kullanılabilirlik oranı Çizelge 4.19 ile gösterilmiş olup, % 90,95 ile en yüksek değer gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.19. Kuvars üretim hattı 6. ay kullanılabilirlik oranı değerleri

Formülasyon	KO bileşenleri	Değerler
A	İşletme çalışma zamanı (dk)	15840
B	Planlı duruşlar (dk)	0
C=A-B	Planlanan üretim zamanı (dk)	15840
D	Plansız duruşlar (dk)	1434
E=C-D	Brüt üretim zamanı (dk)	14406
F=E/C	Kullanılabilirlik oranı (%)	90,95

4.2.2.2. Kuvars üretim hattı performans oranı verileri

Kuvars üretim hattına ait performans oranı verileri aylık olarak ayrı ayrı çizelgeler halinde aşağıda verilmiştir.

- **1. Ay Performans Oranı Verileri:** Kuvars üretim hattında genellikle kuvars hammaddeleri üretilmekte olup, talep artışı durumunda veya feldspat hattındaki üretimin durması halinde feldspat hammaddelerinin de üretim işlemi gerçekleşmektedir. Kuvars üretim hattında üretilen ve kalite kontrol analizlerinden sonra uygun ölçütlere sahip olduğu tespit edilen ürün miktarı toplamda 900 tondur. Üretilen her hammadde için birim çevrim miktarları üzerinden hesaplanan üretim zamanları toplamı ise 12408 dk olarak bulunmuştur. Tüm bu elde edilen verilerle birlikte toplam üretim zamanını brüt üretim zamanına oranladığımızda kuvars üretim hattındaki 1. aya ait performans oranı % 69,11 olarak bulunmuştur. Performans oranına ait veriler Çizelge 4.20 ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.20. Kuvars üretim hattı 1.ay performans oranı değerleri

Formülasyon	PO bileşenleri	Σ	K1	K2	K3	F1	F2	F3	F4
G	Üretilen kabul ürün (ton)	900	548	168	103	67	0	0	14
H	Birim çevrim miktarı (ton/saat)		6	3	3	3	2,5	3	5
$I = \sum(G_i/H_i) \times 60$	Toplam üretim zamanı (dk)	12408							
P=I/E	Performans oranı (%)	69,11							

- **2. Ay Performans Oranı Verileri:** Kuvars üretim hattındaki 2. ayda üretilen kabul ürün miktarının 1042 ton olduğu görülmüştür. Bir önceki aya göre üretilen kabul ürün miktarındaki artış toplam üretim zamanının da artmasına neden olmuş ve toplam üretim zamanı 15062 dk olarak tespit edilmiştir. Bu veriler üzerinden hesaplanan performans oranı Çizelge 4.21 ile verilmiştir.

Çizelge 4.21. Kuvars üretim hattı 2.ay performans oranı değerleri

Formülasyon	PO bileşenleri	Σ	K1	K2	K3	F1	F2	F3	F4
G	Üretilen kabul ürün (ton)	1042	553	267	58	76	38	0	50
H	Birim çevrim miktarı (ton/saat)		6	3	3	3	2,5	3	5
$I = \Sigma(G_i/H_i) \times 60$	Toplam üretim zamanı (dk)	15062							
P=I/E	Performans oranı (%)	73,99							

- **3. Ay Performans Oranı Verileri:** Üretilen kabul ürün miktarının önceki aylara göre en düşük değeri gösterdiği ve değer olarak 829 ton tespit edilmiştir. Kuvars üretim hattının toplam üretim zamanı hesaplandığında ise bu değer 11708 dk. olduğu görülmüştür. Toplam üretim zamanı brüt üretim zamanına oranlandığımızda ise performans oranı değeri %84,80 olarak bulunmuştur. Performans oranı değerinin önceki aylara göre yüksek çıkması, üretim hattındaki brüt üretim zamanının önceki aylara göre daha verimli kullanıldığını göstermektedir. Kuvars üretim hattının 3. aya ait performans oranı değerleri ise Çizelge 4.22 ile verilmiştir.

Çizelge 4.22. Kuvars üretim hattı 3.ay performans oranı değerleri

Formülasyon	PO bileşenleri	Σ	K1	K2	K3	F1	F2	F3	F4
G	Üretilen kabul ürün (ton)	829	504	145	138	0	42	0	0
H	Birim çevrim miktarı (ton/saat)		6	3	3	3	2,5	3	5
$I = \Sigma(G_i/H_i) \times 60$	Toplam üretim zamanı (dk)	11708							
P=I/E	Performans oranı (%)	84,80							

- **4. Ay Performans Oranı Verileri:** Üretim hattındaki üretilen kabul ürün miktarına baktığımızda 1001 ton olduğu görülmüştür. Toplam üretim zamanını hesapladığımızda ise bu süre 14820 dk olarak tespit edilmiştir. İlk 3 aylık periyotta yapılan gözlem sonrası proseste öğütücü ortam boyut dağılımı revizyonu yapılmıştır. Yapılan değişiklik sonrası performans oranına olumlu yansıdığı görülmüştür. Performans oranı için toplam üretim zamanını brüt üretim zamanına

oranladığımızda, performans oranının % 86,42 olarak bulunmuştur. 4. ay performans oranına ait veriler Çizelge 4.23 ile verilmiştir.

Çizelge 4.23. Kuvars üretim hattı 4.ay performans oranı değerleri

Formülasyon	PO bileşenleri	Σ	K1	K2	K3	F1	F2	F3	F4
G	Üretilen kabul ürün (ton)	1001	520	275	146	60	0	0	0
H	Birim çevrim miktarı (ton/saat)		6	3	3	3	2,5	3	5
$I = \Sigma(G_i/H_i) \times 60$	Toplam üretim zamanı (dk)	14820							
P=I/E	Performans oranı (%)	86,42							

- **5. Ay Performans Oranı Verileri:** Üretilen kabul ürün miktarını incelediğimizde diğer aylara nazaran en düşük değer gerçekleştiği görülmüştür. Bu değer ise 604 tondur. Üretilen kabul ürün miktarının bu kadar düşük olması, aylık talep miktarının düşük olmasıyla açıklanabilir. Toplam üretim zamanını hesapladığımızda ise, diğer aylara göre en düşük sürenin gerçekleştiği ve bu süre 10650 dk olarak bulunmuştur. Toplam üretim zamanını brüt üretim zamanı ile oranladığımızda performans oranı % 80,56 olarak bulunmuştur. Feldspat üretim hattının 5. aya ait performans oranı verileri Çizelge 4.24 ile verilmiştir.

Çizelge 4.24. Kuvars üretim hattı 5.ay performans oranı değerleri

Formülasyon	PO bileşenleri	Σ	K1	K2	K3	F1	F2	F3	F4
G	Üretilen kabul ürün (ton)	604	143	308	153	0	0	0	0
H	Birim çevrim miktarı (ton/saat)		6	3	3	3	2,5	3	5
$I = \Sigma(G_i/H_i) \times 60$	Toplam üretim zamanı (dk)	10650							
P=I/E	Performans oranı (%)	80,56							

- **6. Ay Performans Oranı Verileri:** Kuvars üretim hattında 6. ayda gerçekleşen üretilen kabul ürün miktarının 959 ton olduğu tespit edilmiştir. Toplam üretim zamanını hesapladığımızda ise, 13600 dk'lık bir süre elde edilmiştir. Önceki ayda performans oranında yaşanan düşüşten dolayı öğütücü ortam boyut dağılımı aynı

tutularak hava sisteminde iyileştirme yapılmıştır. Proses hava sisteminde yapılan klepe ayarları değişikliği ile performans oranında artış sağlanmıştır. Performans oranını hesapladığımızda ise % 94,41'lik bir değer elde edilmiştir. 6 aylık veriler içerisinde performans oranı değerlerini karşılaştırdığımızda, bu ay içerisinde gerçekleşen değer en yüksek değer olduğu görülmüştür. Bu durum ise üretim hattının brüt üretim zamanını tam verime yakın bir verimle üretim yaptığını göstermiştir. Kuvars üretim hattının 6. ay performans oranı verileri Çizelge 4.25 ile verilmiştir.

Çizelge 4.25. Kuvars üretim hattı 6.ay performans oranı değerleri

Formülasyon	PO bileşenleri	Σ	F1	F2	F3	F4	K1	K2	K3
G	Üretilen kabul ürün (ton)	959	558	163	238	0	0	0	0
H	Birim çevrim miktarı (ton/saat)		6	3	3	3	2,5	3	5
$I = \Sigma(G_i/H_i) \times 60$	Toplam üretim zamanı (dk)	13600							
P=I/E	Performans oranı (%)	94,41							

4.2.2.3. Kuvars üretim hattı kalite oranı verileri

Kuvars üretim hattına ait kalite oranı verileri aylık olarak ayrı ayrı çizelgeler halinde aşağıda verilmiştir.

- **1. Ay Kalite Oranı Verileri:** Kuvars üretim hattı kalite oranı verilerini incelediğimizde, üretim hattında üretilen ürünün tamamının kalite ölçütlerine uygun olduğu ve hatalı ürün üretilmediği görülmüştür. Dolayısıyla kuvars üretim hattında 1. aya ait kalite oranı %100 olarak gerçekleşmiştir.
- **2. Ay Kalite Oranı Verileri:** Kuvars üretim hattındaki 2. ay kalite oranı verilerine baktığımızda, bir önceki aydan farklı olarak hatalı ürün üretildiği görülmüştür. Üretime geçilmeden önce kalite kontrol analizleri yapılmasına rağmen üretim esnasında yaşanan aksaklıklardan dolayı hatalı ürün üretilmesi mümkündür. Hatalı

ürün üretilmesi kalite oranı değerini olumsuz yönde etkilemiştir. Kuvars üretim hattının 2. ay kalite oranı verileri Çizelge 4.26 ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.26. Kuvars üretim hattı 2. ay kalite oranı değerleri

Formülasyon	KAO bileşenleri	Σ	K1	K2	K3	F1	F2	F3	F4
J	Hatalı ürün (ton)	100	100	0	0	0	0	0	0
K=G/(G+J)	Kalite oranı (%)	91,24							

- **3. Ay Kalite Oranı Verileri:** Kuvars üretim hattında 3. ayın kalite oranı verileri, ilk ayda gerçekleştiği gibi, kalite oranı %100 olarak tespit edilmiştir.
- **4. Ay Kalite Oranı Verileri:** Üretim hattındaki üretilen ürünleri incelediğimizde, tamamının kabul ürün olarak üretildiği ve hatalı ürün üretiminin olmadığı görülmüştür.
- **5. Ay Kalite Oranı Verileri:** Üretilen ürünlerin kalite kontrol ölçütleri içerisinde olması sebebiyle hatalı ürün üretimi gerçekleşmemiştir ve üretim hattının kalite oranı %100 olarak gerçekleşmiştir.
- **6. Ay Kalite Oranı Verileri:** Kuvars üretim hattında üretilen ürünlerin genelinde olduğu gibi, 6. ayda üretilen ürünlerin tamamı kalite kontrol ölçütleri içerisinde olduğu ve hatalı ürün olmadığı görülmüştür. İlk 6 aylık süre içerisinde 2. ay dışında kalan ayların kalite oranına ait veriler Çizelge 4.27 ile gösterilmiş olup, kalite oranı %100 olarak gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.27. Kuvars üretim hattı 5 aylık (2. ay hariç) kalite oranı değerleri

Formülasyon	KAO bileşenleri	Σ	F1	F2	F3	F4	K1	K2	K3
J	Hatalı ürün (ton)	0	0	0	0	0	0	0	0
K=G/(G+J)	Kalite oranı (%)	100							

4.3. Toplam Ekipman Etkinliği Verilerinin Karşılaştırılması

Mikronize öğütme tesisinde 6 aylık süre zarfında elde edilen veriler, feldspat ve kuvars üretim hattı olarak ayrı ayrı karşılaştırılmıştır.

4.3.1. Feldspat üretim hattı TEE verilerinin karşılaştırılması

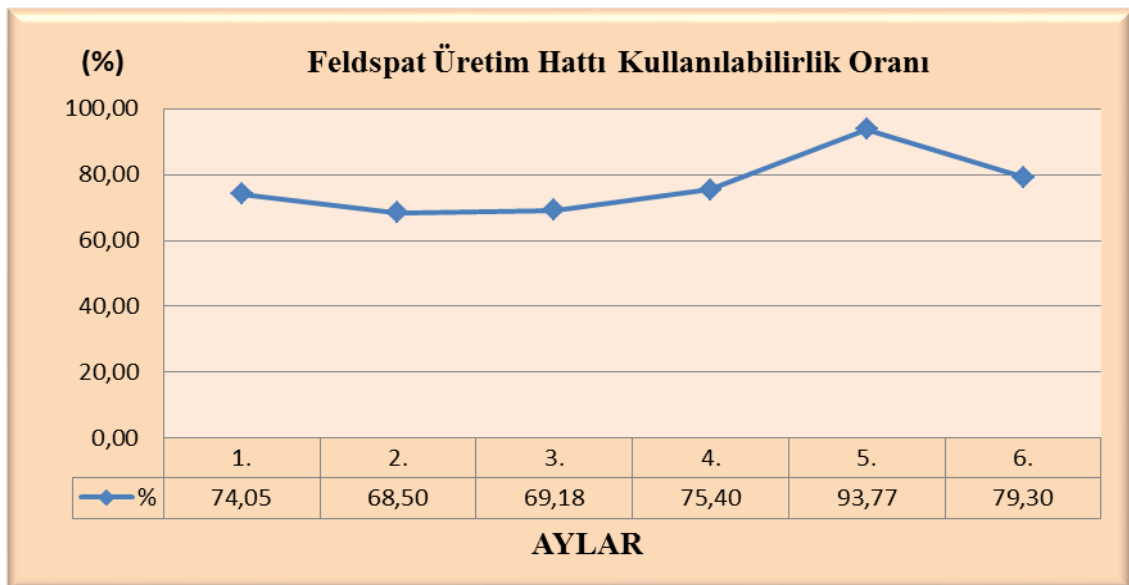
Feldspat üretim hattında TEE bileşenlerini oluşturan kullanılabilirlik, performans ve kalite oranı 6 aylık verileri ayrı ayrı karşılaştırılmıştır.

4.3.1.1. Feldspat üretim hattı kullanılabilirlik oranı karşılaştırması

Feldspat üretim hattında elde edilen 6 aylık kullanılabilirlik oranı verileri karşılaştırılmıştır. 6 aylık kullanılabilirlik oranı verileri Çizelge 4.28 ve Şekil 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.28. Feldspat üretim hattı kullanılabilirlik oranı (KO) verileri

AYLAR	1.	2.	3.	4.	5.	6.	Ortalama
KO (%)	74,05	68,50	69,18	75,40	93,77	79,30	76,70



Şekil 4.1. Feldspat üretim hattı kullanılabilirlik oranı verilerinin karşılaştırılması

Feldspat üretim hattındaki kullanılabilirlik oranı verilerine baktığımızda 6.aya kadar yükselen bir ivme görülmüştür. 6.ayda ise işletme çalışma zamanının en düşük değerinde gerçekleşmesi ve buna bağlı olarak plansız duruşların yüksek oranda meydana gelmesi, 6.ayda ivmeyi aşağıya doğru yöneltmiştir. 6.ay kullanılabilirlik oranının 5.aya göre daha düşük değerinde gerçekleşmiş olmasına rağmen, feldspat üretim hattı kullanılabilirlik oranı genel ortalamasının artmasına sebep olmuştur. 6. ayda yaşanan düşüşe rağmen %76,70'lik ortalama değer gerçekleşmiştir. Çalışmanın başladığı ilk ayda elde edilen verilere göre çalışma sonunda ortalama değer ilk aydaki değere göre artış gösterdiği görülmüştür.

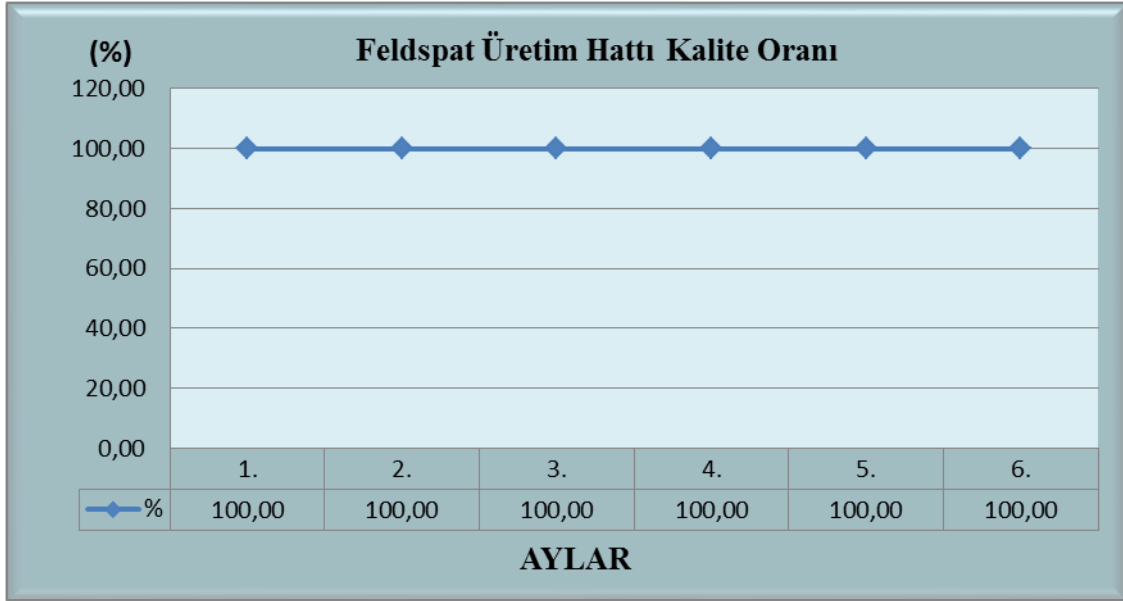
Kullanılabilirlik oranı ilk 3 aylık periyotta gözlemlenmiş olup, 4. ve 5. aylarda iyileştirmeler yapılmıştır. Proseste yer alan makine ve ekipmanlara yapılan kapsamlı bakım, periyodik yağlama programının aktif hale getirilmesi ve operatörlere ve bakım personeline verilen eğitimler ikinci 3 aylık periyotta kullanılabilirlik oranının artmasına neden olmuştur.

4.3.1.2. Feldspat üretim hattı performans oranı karşılaştırması

Feldspat üretim hattında elde edilen 6 aylık performans oranı verileri karşılaştırılmıştır. 6 aylık kullanılabilirlik oranı verileri Çizelge 4.29 ve Şekil 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.29. Feldspat üretim hattı performans oranı (PO) verileri

AYLAR	1.	2.	3.	4.	5.	6.	Ortalama
PO (%)	81,31	75,63	81,72	86,60	97,05	93,39	85,95



Şekil 4.3. Feldspat üretim hattı kalite oranı verilerinin karşılaştırılması

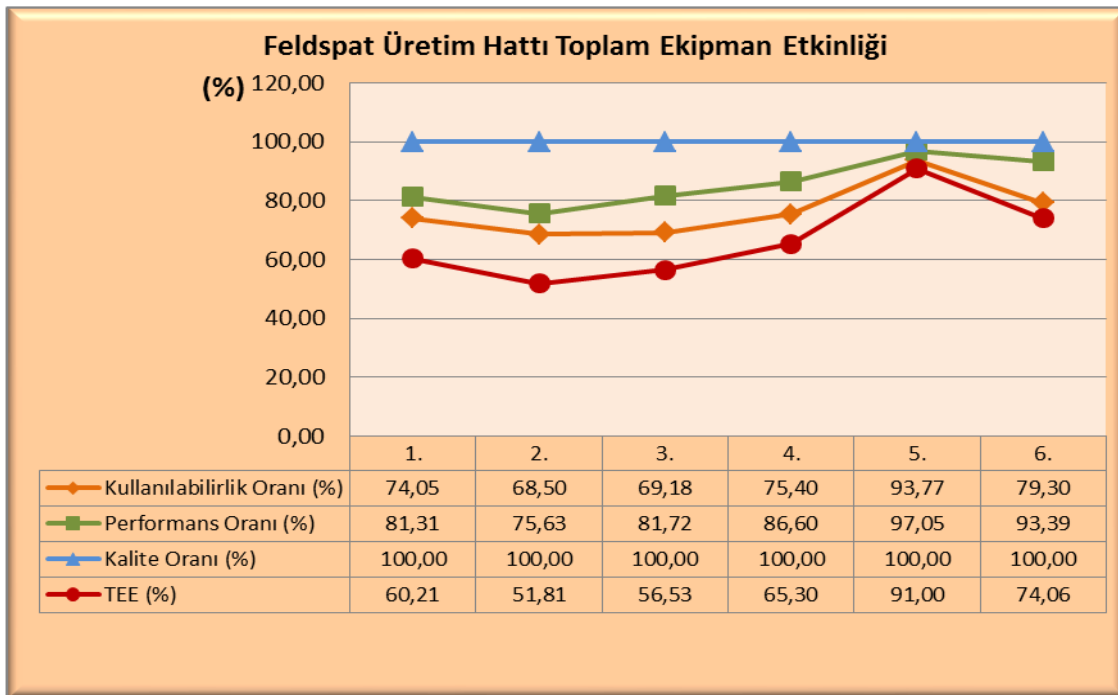
Feldspat üretim hattındaki kalite oranı verilerine bakıldığında, kalite oranı değerlerinin 6 aylık verilerin tamamında %100 olarak gerçekleşmiş olduğu görülmüştür. Girdi hammaddelerinin üretim işlemine alınmadan önce kalite kontrol analizlerinin yapılması ve analiz sonuçlarına göre üretime geçilmesi, kalite oranlarının %100 değerinde gerçekleşmesine neden olmuştur.

4.3.1.4. Feldspat üretim hattı toplam ekipman etkinliği

Üretim hatlarının 6 aylık veri toplama işlemi tamamlandıktan sonra, hatların ayrı ayrı Toplam Ekipman Etkinliği hesaplanmıştır. Feldspat üretim hattına ilişkin Toplam Ekipman Etkinliği Çizelge 4.30'da ve TEE'nin aylık değişimleri Şekil 4.4 ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.30. Feldspat üretim hattı toplam ekipman etkinliği

Oranlar (%)	Aylar						Ortalamalar
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	
Kullanılabilirlik	74,05	68,50	69,18	75,40	93,77	79,30	76,70
Performans	81,31	75,63	81,72	86,60	97,05	93,39	85,95
Kalite	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
TEE	60,21	51,81	56,53	65,30	91,00	74,06	65,92

**Şekil 4.4.** Feldspat üretim hattı toplam ekipman etkinliği

Feldspat üretim hattının TEE verileri incelendiğinde; kalite oranının en yüksek değerde gerçekleştiği, kullanılabilirlik ve performans oranlarının değişimine bağlı olarak Toplam Ekipman Etkinliği'nin de paralel yönde etkilendiği görülmüştür. 5. ay verilerine bakıldığında, üretim hattının en verimli çalıştığı ay olarak tespit edilmiş olup, TEE değeri %91 olarak hesaplanmıştır. Üretim hattının ortalama kullanılabilirlik, performans ve kalite oranları üzerinden hesaplanan ortalama TEE %65,92 olarak bulunmuştur. İlk 3 aylık periyot verileri izlenmiş olup, ikinci 3 aylık periyotta yapılan planlı duruşlar ve üretim

hattında gerçekleştirilen iyileştirmeler kullanılabilirlik ve performans oranını arttırmıştır. Kapsamlı planlı bakım, periyodik yağlama programının aktif hale getirilmesi, operatör ve bakım personeline verilen eğitimler, öğretücü ortam boyut dağılımında yapılan revizyon ve proses hava sisteminde yapılan klepe ayarları değişikliği ikinci 3 aylık periyotta yapılan iyileştirmelerdir. Kullanılabilirlik ve performans oranında gerçekleşen artış, TEE oranının da kullanılabilirlik ve performans oranına paralellik göstererek ikinci 3 aylık periyotta artan bir ivme ile seyretmesine neden olmuştur.

4.3.2. Kuvars üretim hattı TEE verilerinin karşılaştırılması

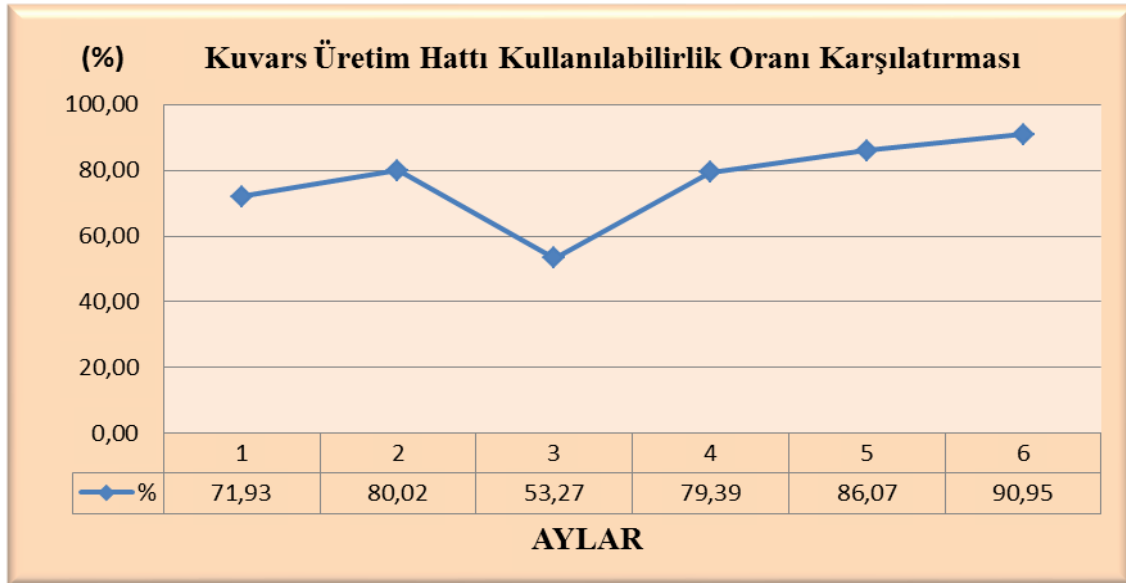
Kuvars üretim hattında TEE bileşenlerini oluşturan kullanılabilirlik, performans ve kalite oranı 6 aylık verileri ayrı ayrı karşılaştırılmıştır.

4.3.2.1. Kuvars üretim hattı kullanılabilirlik oranı karşılaştırması

Kuvars üretim hattında elde edilen 6 aylık kullanılabilirlik oranı verileri karşılaştırılmıştır. 6 aylık kullanılabilirlik oranı verileri Çizelge 4.31 ve Şekil 4.5 ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.31. Kuvars üretim hattı kullanılabilirlik oranı (KO) verileri

AYLAR	1.	2.	3.	4.	5.	6.	Ortalama
KO (%)	71,93	80,02	53,27	79,39	86,07	90,95	76,94



Şekil 4.5. Kuvars üretim hattı kullanılabilirlik oranı verilerinin karşılaştırılması

Kuvars üretim hattı kullanılabilirlik oranı verileri incelendiğinde, 3. ayda yaşanan düşüştür sonra yükselen bir ivme görülmüştür. Üretim hattında meydana gelen arızaların oluşturduğu plansız duruş süresinin yüksek oranda gerçekleşmesi kullanılabilirlik oranını en düşük değerde olmasına neden olmuştur. 3. aydan sonra planlı duruşlarda yapılan bakımlarla kullanılabilirlik oranı, 6. ay sonunda en yüksek değerine ulaşmış ve %90,95 olmuştur. 6 aylık verilere göre ise üretim hattının ortalama kullanılabilirlik oranı %76,94 olarak gerçekleşmiştir.

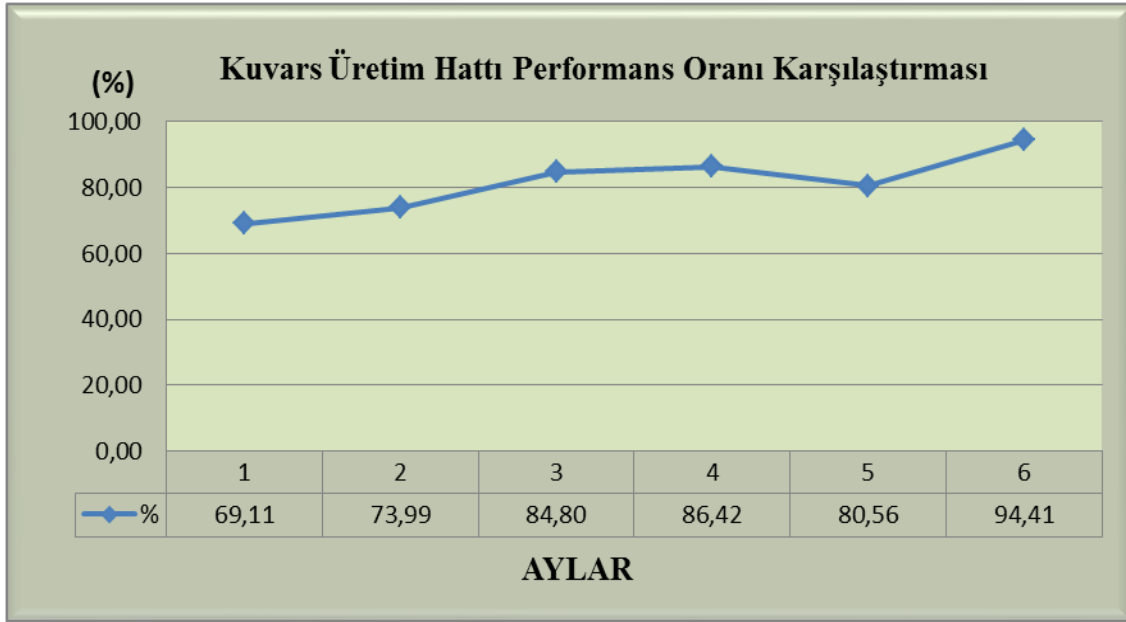
Kullanılabilirlik oranı verileri ilk 3 aylık periyotta izlenmiş olup, 4. ve 5. aylarda bir takım iyileştirmeler yapılmıştır. Kapsamlı planlı bakım, periyodik yağlama programının uygulanması, operatör ve bakım personeline verilen eğitimler neticesinde yapılan iyileştirmelerle ikinci 3 aylık periyotta kullanılabilirlik oranının arttığı ve çalışma sonuna kadar yükselen bir ivme ile devam ettiği görülmüştür.

4.3.2.2. Kuvars üretim hattı performans oranı karşılaştırması

Kuvars üretim hattında ait 6 aylık performans oranı verileri karşılaştırılmıştır. 6 aylık performans oranı verileri Çizelge 4.32 ve Şekil 4.6 ile verilmiştir.

Çizelge 4.32. Kuvars üretim hattı performans oranı (PO) verileri

AYLAR	1.	2.	3.	4.	5.	6.	Ortalama
PO (%)	69,11	73,99	84,80	86,42	80,56	94,41	81,55

**Şekil 4.6.** Kuvars üretim hattı performans oranı verilerinin karşılaştırılması

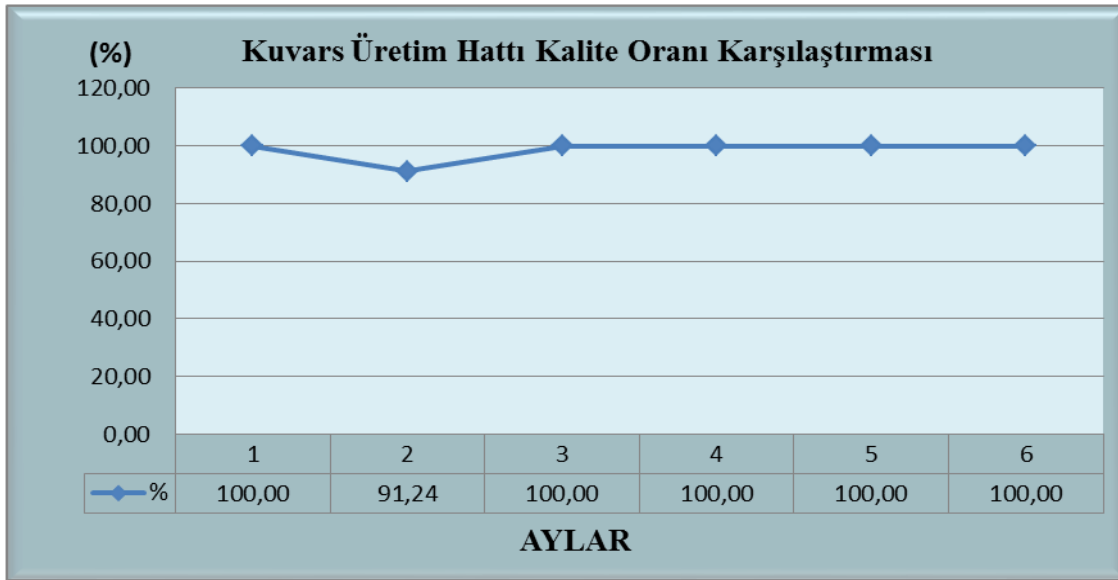
Kuvars üretim hattı 1. ay performans oranı %69,11 olarak gerçekleşmiş olup, üretim süreçlerinde yapılan iyileştirmelerle 6. ayda en yüksek değerine ulaşmıştır. İlk 3 aylık çalışma verileri incelenmiş olup, 4. ayda öğütücü ortam boyut dağılım revizyonu yapılarak performans oranı arttırılmıştır. 5. ayda gerçekleşen düşüş sonrasında 6. ayda öğütücü ortam boyut dağılımı aynı tutularak proses hava sisteminde yapılan klepe ayarları değişikliği ile maksimum performans oranı elde edilmiştir. 6. ay performans oranı %94,41 olarak gerçekleşmiştir. 6 aylık veriler sonucunda kuvars üretim hattının performans oranı ortalama değeri ise %81,55 olarak bulunmuştur.

4.3.2.3. Kuvars üretim hattı kalite oranı karşılaştırması

Kuvars üretim hattında elde edilen 6 aylık kalite oranı verileri karşılaştırılmıştır. 6 aylık kalite oranı verileri Çizelge 4.33 ve Şekil 4.7 ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.33. Kuvars üretim hattı kalite oranı (KAO) verileri

AYLAR	1.	2.	3.	4.	5.	6.	Ortalama
KAO (%)	100,00	91,24	100,00	100,00	100,00	100,00	98,54

**Şekil 4.7.** Kuvars üretim hattı kalite oranı verilerinin karşılaştırılması

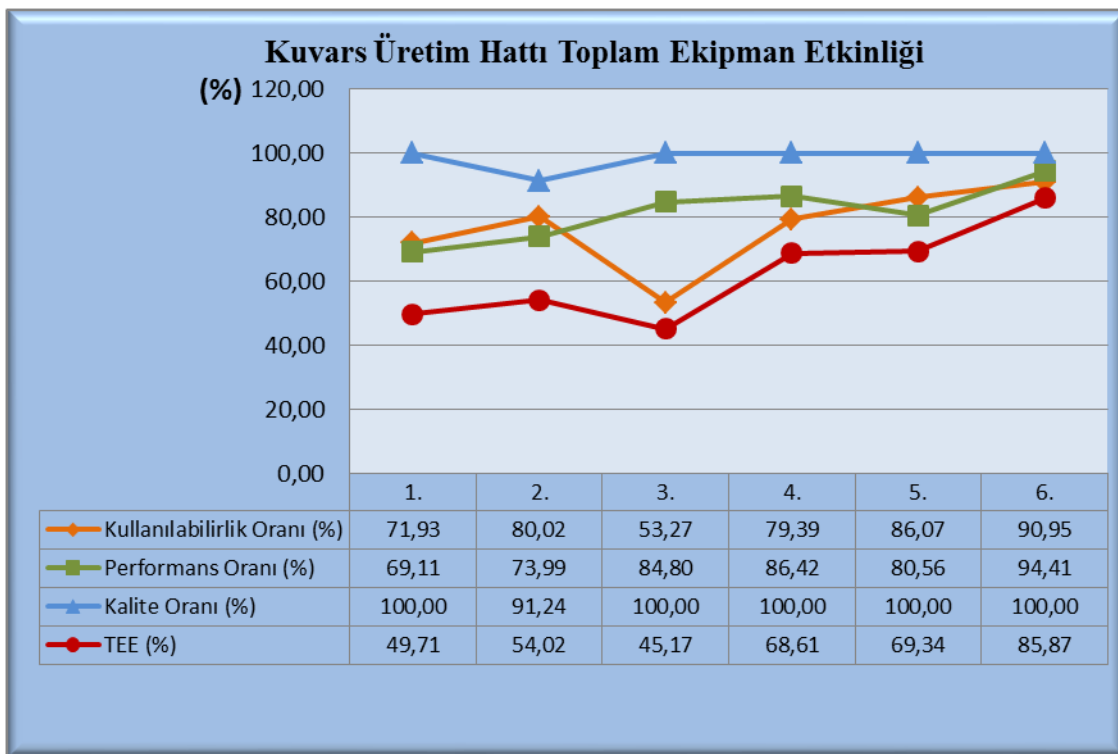
Kuvars üretim hattı kalite oranı verileri incelendiğinde, 2. ayda hatalı ürün üretildiği görülmüştür. Kalite kontrol analizleri yapılmasına rağmen üretimde yaşanan bazı aksaklıklar düşük oranda da olsa hatalı ürün üretilmesine sebep olmuştur. 2. ayda üretilen hatalı ürün ortalama kalite oranına olumsuz etki yapmış olmasına rağmen, ortalama kalite oranı %98,54 olarak gerçekleşmiştir.

4.3.2.4. Kuvars üretim hattı toplam ekipman etkinliği

Kuvars üretim hattının 6 aylık veri toplama işlemi tamamlanmasından sonra, üretim hattının TEE değerleri hesaplanmıştır. Kuvars üretim hattına ilişkin Toplam Ekipman Etkinliği Çizelge 4.34'de ve TEE değerlerinin aylık değişimleri Şekil 4.8 ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.34. Kuvars üretim hattı toplam ekipman etkinliği

Oranlar (%)	Aylar						Ortalamalar
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	
Kullanılabilirlik	71,93	80,02	53,27	79,39	86,07	90,95	76,94
Performans	69,11	73,99	84,80	86,42	80,56	94,41	85,95
Kalite	100,00	91,24	100,00	100,00	100,00	100,00	98,54
TEE	49,71	54,02	45,17	68,61	69,34	85,87	65,16

**Şekil 4.8.** Kuvars üretim hattı toplam ekipman etkinliği

Kuvars üretim hattı Toplam Ekipman Etkinliği verileri incelendiğinde, 1. aydan yapılan çalışmanın sonuna kadar Toplam Ekipman Etkinliği değerinde belirgin bir yükseliş görülmüştür. 3. ayda kullanılabilirlik oranının en düşük seviyede gerçekleşmesi TEE'nin de en düşük seviyede (%45,17) olmasına neden olmuştur. 4. aydan itibaren planlı duruşlarda yapılan bakım ve iyileştirmelerle, TEE değerinin 6. ay sonuna kadar yükselen bir ivme ile gerçekleştiği görülmüştür. 6. ayda gerçekleşen TEE değeri ise üretim hattının en yüksek TEE değeri (%85,87) olarak hesaplanmıştır. Kuvars üretim hattının ortalama

kullanılabilirlik, performans ve kalite oranlarıyla hesaplanan ortalama TEE değeri % 65,16 olarak bulunmuştur. İlk 3 aylık periyot verileri izlenmiş olup, ikinci 3 aylık periyotta yapılan iyileştirmeler kullanılabilirlik ve performans oranlarının artmasına neden olmuştur. Planlı bakım yapılması, periyodik yağlama programının uygulanması, operatörlere ve bakım personeline verilen eğitimler, öğretücü ortam boyut dağılımında yapılan revizyon ve proses hava sistemindeki klepe ayarları değişikliği yapılan iyileştirmelerdir. Kullanılabilirlik performans oranlarında gerçekleşen artış TEE oranını da olumlu yönde etkileyerek ikinci 3 aylık periyotta artan bir ivme ile seyretmesinde etkili olmuştur.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Günümüzde şirketler arasındaki yüksek rekabet, şirketlerin hayatta kalabilmeleri için daha kaliteli ürünü daha az maliyetli üretme durumunu yaratmaktadır. Yüksek kaliteli ve düşük maliyetli ürünler için uygulanan prosesler iyileştirilmeli, zayıf yönleri güçlendirilmeli ve proses zamanları daha kısa sürelerle çekilmelidir. Toplam Ekipman Etkinliği (TEE) uygulanan prosesin zayıf ve güçlü yönlerini ortaya koyan bir verimlilik yöntemiştir.

Bu çalışmada, Çanakkale ili sınırları içerisinde faaliyet gösteren endüstriyel hammadde üreticisine ait mikronize maden öğütme tesisinde bulunan iki ayrı öğütme hatlarının verimlilik değerleri TEE yöntemi yardımıyla tespit edilmiştir.

Endüstriyel sektörlerin birçoğunda (döküm, kimya, ambalaj, otomotiv vb.) Toplam Ekipman Etkinliği yöntemi kullanılarak çalışmalar yapıldığı görülmüştür. Madencilik sektörü açısından incelediğimizde fazla çalışmanın olmaması göze çarpmaktadır. Cevher hazırlama tesisleri için bir örnek teşkil edecek bu çalışmada, feldspat ve kuvars hammaddelerinin öğütüldüğü hatlardan toplanan veriler yardımıyla işletme verimliliğe etki eden faktörler ortaya çıkmıştır.

Feldspat ve kuvars öğütme hatlarındaki ortalama TEE değeri karşılaştırıldığında birbirlerine çok yakın değerlerde gerçekleştiği, dünya genelinde yapılan araştırmalarda elde edilen ortalama TEE değerinin üzerinde olduğu görülmüştür.

Feldspat ve kuvars öğütme hatlarında ilk 3 aylık periyotta elde edilen veriler izlenmiş olup, bu veriler ışığında ikinci 3 aylık periyotta planlı duruşlar ve proseste iyileştirmeler yapılarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

Elde edilen sonuçlar neticesinde öğütme hatlarının TEE değerini etkileyen parametrelerden en önemlisini plansız duruşlar oluşturmaktadır. Plansız duruşlar, makine ve ekipman arızalarından kaynaklanan kayıplardan meydana gelir. Bu kayıpların önlenmesi, planlı bakım yapılmasıyla sağlanabilir. TEE değeri etkileyen diğer parametreler ise makine ayar kayıpları ve küçük duruşlardan kaynaklanan kayıplar olarak karşımıza

çıkıştır. Makine ayar kayıpları, tesis operatörünün üretim esnasında öğütme hattını üretim kapasitesinin altında çalıştırmasıdır. Küçük duruşlar ise üretim esnasında hammaddeden veya işletmeden kaynaklı kısa süreli duruşlardır.

Feldspat ve kuvars öğütme hatlarında ilk 3 aylık periyotta elde edilen veriler neticesinde, ikinci 3 aylık periyotta işletmede plansız duruşlardan oluşan kayıplar ve makine ayar kayıplarını minimum seviyeye çekerek, üretim kapasitesini arttırıcı iyileştirmeler ve planlı duruşlar (kapsamlı yapılan bakım ve onarım) yapılmıştır. Yapılan iyileştirmeler öğretücü ortam boyut dağılımında revizyon, proses hava sisteminde yapılan klepe ayarları değişikliği, operatörlere ve bakım personeline verilen eğitimler olarak sıralanabilir.

Feldspat ve kuvars öğütme hatlarında yapılmış olan iyileştirmeler ve planlı bakım sonucunda plansız duruşlardan kaynaklanan kayıpların azalarak kullanılabilirlik oranının arttığı, buna bağlı olarak da TEE değerinde artış olduğu görülmüştür. Kullanılabilirlik, performans ve kalite oranı verileri incelendiğinde, TEE oranını en fazla oranda etkileyen unsurun kullanılabilirlik oranı olduğu görülmüştür. Kullanılabilirlik oranında yaşanan artış veya düşüş, TEE değerinin de paralel yönde seyretmesine neden olmuştur. İkinci 3 aylık periyotta kullanılabilirlik oranının artmasıyla TEE değerinde yaşanan artış, birim üretim miktarında harcanan enerji sarfiyatlarının da azalmasına neden olmuştur.

İşletmede makine ve ekipmanlara planlı bakımların yapılması, operatörlere ve bakım personeline verilecek olacak eğitimler, küçük duruşların ve makine ayar kayıplarından kaynaklanan duruşların ortadan kaldırılması, makine ve ekipman çalışma ayarlarının kapasiteyi arttırıcı yönde değiştirilmesi işletme verimliliğini arttıran önlemlerdir. Planlı bakım, makine ve ekipmanın ömrünü uzatır. Makine arızalarından kaynaklanan onarım maliyetlerinin düşmesine neden olur. Arızalardan kaynaklanan duruşların azalmasına dolayısıyla da üretim verimliliğinin artmasını sağlar. Birbirine zincirleme etki eden bu parametreler daha kaliteli ve düşük maliyetli ürün üretilmesini sağlayacaktır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Almeanazel, O. T. R., 2010, Total productive maintenance review and overall equipment effectiveness measurement, *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 4 (4), 517-522.
- Ayyıldız, R., 2000, Toplam verimli bakım ve bir sanayi işletmesinde uygulama, Yüksek lisans tezi. Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 144 s. (yayımlanmamış).
- Chand, G. ve Shirvani, B., 2000, Implementation of TPM in cellular manufacture, *Journal of Materials Processing Technology*, 103, 149-154.
- Çetinay, H., 2014, Trex OEE ElKitabı, <http://www.trex.com.tr/downloads/oeelkitabi.pdf>, 36 s.
- Dal, B., Tugwell, P., Greatbanks, R., 2000, Overall equipment effectiveness as a measure of operational improvement – A practical analysis, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 20 Iss: 12, 1488 – 1502.
- Elevli, S., Elevli, B., 2010, Performance measurement of mining equipments by utilizing OEE, *Acta Montanistica Slovaca*, Vol.15 (2), 95-101.
- Geniş, U. O. (2007) Bir üretim işletmesinde toplam verimli bakım uygulaması, Yüksek lisans tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 82 s.
- İpekoğlu, Ü., 1989, Cevher Hazırlama, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi MMF/MAD-89 EY 179, İzmir.
- Jeong, K. Y. ve Phillips, D. T., 2001, Operational efficiency and effectiveness measurement, *International Journal of Operations & Production Management*, 21 (11), 1404-1416.
- Jonsson, P., Lesshammar, M., 1999, Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems - the role of OEE, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 19 Iss: 1, 55 – 78.
- Kaya, K., 2003, Bakım yönetimi ve bir işletmede toplam üretken bakım modelinin oluşturulması, Yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 73 s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Lynch, A.J., 1977, Mineral Crushing and Grinding Circuit, Elsevier Scientific Publishing Com.
- Maraşlı, H., Kemahlı, H., 2013, Yalın üretim bazlı üretim izleme ve iyileştirme, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Sayı:2, 45-64.
- Muchiri, P. ve Pintelon, L., 2008, Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): Literature review and practical application discussion, International Journal of Production Research, 46 (13), 3517-3535.
- Nakajima, S., 1988, Intorduction to Total Productive Maintenance (TPM), Productivity Press, Cambridge, MA.
- Öztürk, N., 1999, Toplam verimli bakımın üretim yönetimine etkileri ve bir uygulama, Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 136 s.
- Raguvarun, K., Kesavan, R., 2013, A study on overall equipment effectiveness of machines in automobile component manufacturing industry, Proceedings of the “National Conference on Emerging Trends In Mechanical Engineering 2k13”, 293-298.
- Raja, P. N. ve Kannan S. M., 2008, Overall process effectiveness model for the tyre manufacturing industry, Manufacturing And Industrial Engineering Journal, 3, 70-73.
- Saraç, M. S. Tekin, O., Doğanay, E. ve Elevli, S., 2007, Toplam ekipman etkinliğinin Kütahya ilinde bir porselen üretim işletmesinde uygulanması, YA/EM 2007 Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği XXVII. Ulusal Kongresinde Sunulmuş Bildiri.
- Tekin, İ., 2009, Üretim kayıp maliyetlerinin belirlenmesi ve bir uygulama, Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İşletme Mühendisliği Bölümü, 86 s.
- Temiz, İ., Atasoy, E. ve Sucu, A., 2010, Toplam ekipman etkinliği ve bir uygulama, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 12 (4), 49-60.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Tsarouhas, P. G., 2012, Evaluation of overall equipment effectiveness in the beverage industry: a case study, *International Journal of Production Research*, 51 (2), 515-523.
- Yazıcı, A. B., 2012, OEE improvement using cost effective raw material inventory management: a case study, Degree of master thesis, Linnaeus University, Faculty of Science and Engineering, 121 p.