

**Emet Borik Asit Ürününün Üretim Sürecinin
İyileştirme Analizi**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Metin ARSLAN

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. Atilla EVCİN

KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ARALIK 2007

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EMET BORİK ASİT ÜRÜNÜNÜN ÜRETİM SÜRECİNİN
İYİLEŞTİRME ANALİZİ

Metin ARSLAN

DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Atilla EVCİN

KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİMDALI

ARALIK 2007

ONAY SAYFASI

Yrd. Doç. Dr. Atilla EVCİN danışmanlığında,
Metin ARSLAN tarafından hazırlanan
“Emet Borik Asit Ürününün Üretim Sürecinin İyileştirme Analizi.”
başlıklı bu çalışma, lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri
uyarınca
...../...../200....
tarihinde aşağıdaki jüri tarafından
Kimya Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans tezi olarak oybirliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

	Ünvanı, Adı, SOYADI	İmza
Başkan	Yrd. Doç. Dr. Metin ERSOY	
Üye	Yrd. Doç. Dr. Atilla EVCİN (Danışman)	
Üye	Yrd. Doç. Dr. Ali ELEREN	

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetin Kurulu'nun
...../...../..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Doç. Dr. Zehra BOZKURT
Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET	vi
ABSTRACT	viii
TEŞEKKÜR	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
RESİMLER DİZİNİ	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	2
2.1 Bor Elementi	2
2.2 Bor Mineralleri	4
2.2.1 Kristal Suyu İçeren Boratlar	4
2.2.2 Bileşik Boratlar	5
2.2.3 Borik Asit	6
2.2.4 Susuz Boratlar	6
2.2.5 Borofluoritler	7
2.2.6 Borosilikat Mineralleri	7
2.2.7 Turmalin Grubu Mineraller	8
2.2.8 Ticari Bor Mineralleri	8

2.2.8.1 Boraks	9
2.2.8.2 Kernit	10
2.2.8.3 Üleksit	10
2.2.8.4 Probertit	10
2.2.8.5 Kolemanit	11
2.2.8.6 Pandermit	11
2.2.8.7 Hidroborasit	11
2.3 Bor Ürünlerinin Başlıca Kullanım Alanları	11
2.3.1 Bor Mineralleri ve Ürünlerinin kullanıldığı Sanayi Dalları	13
2.3.2 Borun Cam Sanayi ve Diğer Endüstrilerdeki Kullanımı	13
2.3.2.1 Cam Sanayii	13
2.3.2.2 Cam Elyafı	14
2.3.2.3 Optik Cam Elyafı	15
2.3.2.4 Borosilikat Camları	15
2.3.2.5 Seramik Sanayii	15
2.3.2.6 Temizleme ve Beyazlatma Sanayii	16
2.3.2.7 Yanmayı Önleyici Maddeler	16
2.3.2.8 Tarım	17
2.3.2.9 Metalurji	17
2.3.2.10 Nükleer Uygulamalar	18
2.3.2.11 Enerji Depolama	18

2.3.2.12 Otomobil Hava Yastıkları, Antifiriz	18
2.3.2.13 Yakıt	19
2.3.2.14 Sağlık	19
2.3.2.15 Diğer Kullanım Alanları	20
2.4 Dünyada Mevcut Durum	20
2.4.1 Dünyada Bor Üretim Yöntemleri	20
2.4.1.1 Cevher Zenginleştirme	21
2.4.2 Dünya Bor Rezervleri	22
2.5 Bor Üretiminden Kaynaklanan Çevre Sorunları	23
2.6 Emet Bor İşletme Müdürlüğü	26
2.6.1 Tarihi ve Kuruluşu	26
2.6.2 Emet Bor İşletme Müdürlüğünde Bulunan Üretim Tesisleri	28
2.6.2.1 Hisarcık Açık Ocak Tesisi	28
2.6.2.2 Hisarcık Konsantratör Tesisi	28
2.6.2.3 Espey Açık Ocak Tesisi	33
2.6.2.4 Espey Konsantratör Tesisi	33
2.7 Borik Asit Fabrikası	37
2.7.1 Borik Asidin Tanımlanması ve Fiziksel Özellikleri	37
2.7.2 Kolemanit Cevheri Alımı ve Stoklanması	38
2.7.3 Kolemanit Cevheri Kırma ve Hazırlama	38
2.7.4 Kolemanit Öğütme, Kuru Öğ. Malzeme Stoğu ve Tartım	39
2.7.5 Sülfirik Asit Depolama	40

2.7.6 Ana Çözelti Isıtma, Asit Karıştırma ve Kolemanit Reaksiyonu	40
2.7.7 Jips Çamuru Flitrasyonu	42
2.7.8 Borik Asit Kristalizasyonu	43
2.7.9 Borik Asit Kristal Yıkama ve Susuzlaştırma	43
2.7.10 Borik Asit Kurutma, Depolama ve Paketleme	44
2.7.11 Üretilen Ürünler ve Ürün Spektleri	45
2.8 Hata Türü ve Etkileri Analizi	49
2.8.1 Hata Türü ve Etkileri Analizi Çesitleri	51
2.8.2 Hata Türü ve Etkileri Analizi Uygulama Süreci	51
3 MATERYAL VE METOD	57
3.1 Amaç ve Kapsam	57
3.2 Yöntem	57
3.3 Verilerin Elde Edilmesi	57
3.4 Kısıt ve Kabuller	57
3.5 Uygulama	58
3.5.1 Süreç Analizi	58
3.5.2 Risk Analizi	61
3.5.3 Süreç İyileştirme Analizi	68
3.5.4 Yeni Risk Analizi ve Teorik İyileştirme Yüzdesi	73
4. TARTIŞMA VE SONUÇ	78

EKLER

Dış Kapak	xvi
İç Kapak Sayfası	xvii
Onay Sayfası	xviii
Kaynaklar Bölümü	xix
Özgeçmiş Sayfası	xxi

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EMET BORİK ASİT ÜRÜNÜNÜN ÜRETİM SÜRECİNİN İYİLEŞTİRME ANALİZİ

Metin ARSLAN

Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Atilla EVCİN

Bor, doğada tüm canlıların yaşantısını devam ettirmesi için vazgeçilmez elementlerden birisidir. Bunun yanında; bor dünyada en yaygın kullanım alanına sahip olan elementlerin başında gelmektedir. Dünya Bor rezervlerinin önemli bir miktarı ülkemizde bulunmaktadır. Kütahya ili Emet ilçesinde kurulu bulunan Emet Bor İşletme Müdürlüğü, Açık Ocaklarında Bor cevherini çıkarmakta, Konsantratör Tesislerinde cevheri zenginleştirmekte ve Borik Asit Fabrikasında cevheri kimyasal işleme tabi tutup nihai ürüne dönüştürmektedir.

Emet Bor İşletme Müdürlüğünde üretilen Borik Asit ürününün tamamına yakını dünya piyasalarına sunulmaktadır. Küresel boyutta rekabet edebilmek ve bu aşamada karlı ve güçlü bir İşletmenin varlığı için üretkenlik, kalite, performans gibi rekabet avantajı sağlayan unsurların geliştirilmesi gerekmektedir.

Bu unsurların geliştirilmesi için önemli katkıları olacağına inandığımız yöntemlerden Süreç İyileştirme ve bu bağlamda Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA) yönteminin uygulaması çalışmamızda uygulanmıştır.

Bu çalışmada, Ülkemizin doğal zenginliklerinden olan Bor madeninin dünyada en yaygın olarak bulunduğu Kütahya ili Emet ilçesinde kurulu bulunan Borik asit Fabrikasının üretim sürecinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır.

Çalışmada, Bor minerallerinin kimyasal bileşimleri ile boratlar hakkında bilgi verilmiş, Bor minerallerinin yaygın kullanım alanlarının yanı sıra teknolojik olarak gelecekte kullanılabilir alanlar da verilmiştir. Bor madenlerimizin Türkiye ve Dünya rezervleri incelenerek, Emet Bor İşletme Müdürlüğü Tesisleri detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Hata Türü ve Etkileri Analizi Borik Asit ürününün üretim sürecine uygulanmış ve ortaya çıkan neticeler çalışmada sunulmuştur.

2007, 79 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Bor Rezervleri, Borik Asit, Süreç İyileştirme, HTEA, Emet Bor İşletme Müdürlüğü

ABSTRACT

Ms.Sc

THE REFORMING ANALYSIS OF PRODUCTION PROCESS OF EMET BORIC ACID

Metin ARSLAN

Afyonkarahisar Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Chemistry Engineering

Supervisor: Assist Prof. Dr. Atilla EVCİN

Boron is one of the indispensable elements for living things in nature to carry on their lives. Furthermore; boron head the list of the elements, that have common usage area in the world. Substantial amount of world's boron reserves exist in our country. Emet Boron Works which is located in Emet country of Kütahya province, wind up boron ore from opencasts, enrichs the ore in concentrators and transforms the ore to final product after chemical operations in boric acid plant.

Nearly all of the product of boric acid which is produced in Emet Boron Works, come out to the world market. It is required to enhance the factors such as productivity, quality and performance to provide competitive advantage in global market and for the presence of profitable and powerful company.

We believe that process improvement, and in this context Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) method, could have important contribution to enhance these factors and we put the method in practice in this study.

In this study, it is aimed to improve the production process of boric acid plant which is located in Emet country of Kütahya province, where the boron mine - one of our country's natural resources – commonly exists in the world.

In the study, informations are given about the chemical composition of boron mine, the industrial areas that the boron minerals are commonly used and moreover the areas that they can be used in future are also mentioned. The reserves of boron mine both in Turkey and in the world are investigated in the study, additionally the establishments of Emet Boron Works are represented in a detailed way.

Failure Modes and Effects Analysis Method is applied for the production process of boric acid and the following results are shown in the study.

2007, 79 Pages

Keywords : Boron Reserves, Boric Acid, Process Improvement, FMEA, Emet Boron Works

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans Eğitimi insan hayatındaki önemli dönemeçlerden bir tanesidir. Sabır gerektiren zorlu ve meşakatli bir yoldur. Bu yol boyunca desteğini gördüğüm bu çalışmayı hazırlamama olanak veren ve çalışmanın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen Hocam Yrd. Doç. Dr. Atilla EVCİN'e teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Çalışmalarım esnasında yardımlarımı benden esirgemeyen değerli aile büyüğüm Prof. Dr. Abdullah ÇAĞLAR hocama, Yrd. Doç. Ali ELEREN hocama, İşletme Mühendisi Barış SAKA'ya, Maden Mühendisi Selçuk YILDIZ'a, Emet Bor İşletme Müdür Yardımcısı (Teknik) Dr. Mehmet SAVAŐ'a ve Emet Bor İşletme Müdürü Fethi DEMİR beye teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında yanımda bulunacak olan nişanlım Şeyma TÛTÛNCÛ'ye ve maddi manevi hiçbir yardımı tarafıma esirgemeyen ve her zaman yanımda olan anneme ve kardeşlerime teşekkür ederim.

Metin ARSLAN

Aralık 2007

SİMGELER VE KISALTMALAR

1. Simgeler

cm	Santimetre
g	Gram
h	Saat
lt	Litre
mg	Miligram
mm	Milimetre
m	Metre
ppm	Parts Per Million (mg/lt)
t	Ton
%	Yüzde
°C	Celcius Derecesi

2. Kısaltmalar

Bkz	Bakınız
HTEA	Hata Türü Etkileri Analizi
RÖG	Risk Öncelik Göstergesi

ŞEKİLLER DİZİNİ

		<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1	Hisarcık Konsantratör Tesisi Akım Şeması	32
Şekil 2.2	Espey Konsantratör Tesisi Akım Şeması	36
Şekil 2.3	Borik Asit Fabrikası Akım Şeması	48

RESİMLER DİZİNİ

		<u>Sayfa No</u>
Resim 2.1	Hisarcık Açık Ocak	31
Resim 2.2	Hisarcık Konsantratör	31
Resim 2.3	Espey Açık Ocak	35
Resim 2.4	Espey Konsantratör	35
Resim 2.5	Borik Asit Fabrikası Dıştan Görünüş	47
Resim 2.6	Borik Asit Fabrikası İçten Görünüş	47

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 2.1 Bor Elementinin Fiziksel Özellikleri	3
Çizelge 2.2 Ticari Önemi Olan Bor Mineralleri	9
Çizelge 2.3 Bazı Bor Ürünlerinin Kullanım Alanları	12
Çizelge 2.4 Dünya Bor Rezervleri (Bin Ton B ₂ O ₃)	23
Çizelge 2.5 Kolemanit Cevheri Tane Boyutu ve Nemi	38
Çizelge 2.6 Borik Asit Spesifikasyonları	46
Çizelge 2.7 Olasılık Değerlendirmesi	52
Çizelge 2.8 Hata Şiddeti Değerlendirmesi	53
Çizelge 2.9 Hata Tespit Edilebilirlik Düzeylerinin Değerlendirilmesi	54
Çizelge 2.10 Hata Türü ve Etkileri Analiz Formu	55
Çizelge 3.1 Süreç Analizleri	59
Çizelge 3.2 Süreç Analizleri	60
Çizelge 3.3 Belirleme Zorluğu Sınır Değerleri	62
Çizelge 3.4 Hata Sıklığı Sınır Değerleri	62
Çizelge 3.5 Üretimi Durdurma Etkisi Sınır Değerleri	63
Çizelge 3.6 Borik Asit Üretim Sürecinde Hata Türü ve Etkileri Analizi	64
Çizelge 3.7 Borik Asit Üretim Sürecinde Hata Türü ve Etkileri Analizi	65
Çizelge 3.8 Borik Asit Üretim Sürecinde Hata Türü ve Etkileri Analizi	66
Çizelge 3.9 Borik Asit Üretim Sürecinde Hata Türü ve Etkileri Analizi	67

Çizelge 3.10	Borik Asit Üretiminde Süreç İyileştirme Analizi	69
Çizelge 3.11	Borik Asit Üretiminde Süreç İyileştirme Analizi	70
Çizelge 3.12	Borik Asit Üretiminde Süreç İyileştirme Analizi	71
Çizelge 3.13	Borik Asit Üretiminde Süreç İyileştirme Analizi	72
Çizelge 3.14	Borik Asit Üretim Sürecinde Yenilenmiş Hata Türü ve Etkileri Analizi	74
Çizelge 3.15	Borik Asit Üretim Sürecinde Yenilenmiş Hata Türü ve Etkileri Analizi	75
Çizelge 3.16	Borik Asit Üretim Sürecinde Yenilenmiş Hata Türü ve Etkileri Analizi	76
Çizelge 3.17	Borik Asit Üretim Sürecinde Yenilenmiş Hata Türü ve Etkileri Analizi	77

1 GİRİŞ

Bor mineralleri yaklaşık 200 ürünün hazırlanışında ana hammadde olarak toplamda ise 250'yi aşkın ürünün bileşiminde bulunabilen, bu özelliği ile “**sanayinin tuzu**” diye nitelenen bir madendir. Dünyadaki bilinen rezervlerin önemli bir miktarı ülkemizde bulunmaktadır. Ülkemizin böylesi bir rezerv üstünlüğüne sahip tek madenidir, dolayısıyla ülke ekonomimizin geleceği açısından yaşamsal bir öneme sahip olacağı öngörülmektedir.

Bor, Dünyanın en çok bileşiği olan elementlerinden biridir. Gıda maddeleri haricinde borun hemen hemen her tüketim alanına girdiği bir gerçektir. Doğada tek başına bulunmayan bor, oksijen ile bağ kurmaya yatkın olduğundan pek çok değişik oksijen bileşimi oluşturmaktadır. Borun bu özelliğinden dolayı, doğada yaklaşık olarak 230 çeşit değişik minerali bulunmaktadır.

Çeşitli metal veya ametal elementlerle yaptığı bileşiklerin gösterdiği farklı özellikler, endüstride birçok bor bileşiğinin kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Bor, bileşiklerinde metal dışı bileşikler gibi davranır, ancak, farklı olarak saf bor, karbon gibi elektrik iletkenidir. Kristalize bor görünüm ve optik özellikleri açısından elmasa benzer ve neredeyse elmas kadar serttir.

Borun saf elementi ilk kez 1808 yılında Fransız kimyager J.L. Gay-Lussac ve Baron L.J. Thenard ile İngiliz kimyager H. Davy tarafından elde edilmiştir.

Bor elementinin kimyasal özellikleri morfolojisine ve tane büyüklüğüne bağlı olmaktadır. Mikron ebadındaki amorf bor kolaylıkla ve bazen şiddetli olarak reaksiyona girerken kristalin bor kolay reaksiyona girmez. Bor yüksek sıcaklıkta sülfirik asitle reaksiyona girer ve borik asit oluşur.

Bu çalışmada, Emet Bor İşletme Müdürlüğü Borik Asit Fabrikasında üretilen Borik Asit ürününün üretim süreci esnasında, üretim hızı, üretim verimliliği ve üretim kalitesinin artırılması amacıyla, Süreç İyileştirme ve bu bağlamda Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA) yönteminin uygulaması yapılmıştır.

2 GENEL BİLGİLER

2.1 Bor Elementi

Periyodik sistemin üçüncü grubunun başında bulunan ve atom numarası 5 olan bor elementi, kütle numaraları 10 ve 11 olan iki kararlı izotopundan oluşur.

Bor, yeryüzünde toprak, kayalar ve suda yaygın olarak bulunan bir elementtir. canlıların bu elementin varlığında evrim geçirdiği düşünülmektedir. Toprağın bor içeriği genelde ortalama 10-20 ppm olmakla birlikte ABD'nin batı bölgeleri ve Akdeniz'den Kazakistan'a kadar uzanan yörede yüksek konsantrasyonlarda bulunur. Deniz suyunda 0.5-9.6 ppm, tatlı sularda ise 0.01 - 1.5 ppm aralığındadır. Yüksek konsantrasyonda ve ekonomik boyutlardaki bor yatakları, borun oksijen ile bağlanmış bileşikleri olarak daha çok Türkiye ve ABD'nin kurak, volkanik ve hidrotermal aktivitesi olan bölgelerinde bulunmaktadır (DPT, 2000).

Tarihte ilk olarak 4000 yıl önce Babiller Uzak Doğu'dan boraks ithal etmiş ve bunu altın işlemede kullanmışlardır. Mısırlıların da boru, mumyalamada, tıpta ve metalurji uygulamalarında kullandıkları bildirilmektedir. İlk boraks kaynağının Tibet Göllerinde olduğuna inanılmaktadır. Boraks, koyunlara bağlanan torbalarda Himalayalar'dan Hindistan'a getirilmiştir. Eski Yunanlılar ve Romalılar boratları temizlik maddesi olarak kullanmış, ilaç olarak ilk kez Arap doktorları tarafından M.S. 875 yılında kullanılmıştır. Borik Asit 1700'lü yılların başında borakstan yapılmış, 1800'lü yılların başında ise elementel bor elde edilmiştir (DPT, 2000).

Elementel bor 1808 yılında Fransız Kimyacı Gay-Lussac ile Baron Louis Thenard ve bağımsız olarak İngiliz kimyacı Sir Humphry Davy tarafından bulunmuştur.

Doğada yaklaşık 230 çeşit doğal bor minerali bulunmuştur. Yenilerinin bulunacağı da beklenmektedir.

Bor, biri amorf ve altısı kristalin polimorf olmak üzere, çeşitli allotropik formlarda bulunur. Alfa ve beta rombohedral formlar en çok çalışılmış olan kristalin polimorflardır.

Alfa rombohedral strüktür 1200 °C'nin üzerinde bozulur ve 1500 °C'de beta rombohedral form oluşur. Amorf form yaklaşık 1000 °C'nin üzerinde beta rombohedrale dönüşür ve her türlü saf bor ergime noktasının üzerinde ısıtılıp tekrar kristalleştirildiğinde beta rombohedral forma dönüşür.

Bor elementinin kimyasal özellikleri, morfolojisine ve tane büyüklüğüne bağlıdır. Mikron ebadındaki amorf bor kolaylıkla ve bazen şiddetli olarak reaksiyona girerken kristalin bor kolay reaksiyon vermez. Bor yüksek sıcaklıkta su ile reaksiyona girerek borik asit ve bazı diğer ürünleri oluşturur. Mineral asitleri ile reaksiyonu, konsantrasyona ve sıcaklığa bağlı olarak yavaş veya patlayıcı olabilir ve ana ürün olarak borik asit oluşur. Bor Elementinin fiziksel özellikleri Çizelge 2.1 sunulmuştur.

Çizelge 2.1 Bor Elementinin Fiziksel Özellikleri (Boren, 2007).

Özellik	Değeri
Atomik Kütlesi	10.811
Ergime noktası	2300 °C
Kaynama noktası	4002 °C
Termal Genleşme Katsayısı	0.0000083cm/cm/°C (0°C)
Buharlaşma Entalpisi	480 kJ/mol
Mohs sertliği	9,3
Molar Hacmi	4.68 cm ³ /mol

2.2 Bor Mineralleri

2.2.1 Kristal Suyu İçeren Boratlar

Kernit (razorit)	:Na ₂ B ₄ O ₇ .4H ₂ O
Tinkalkonit	:Na ₂ B ₄ O ₇ .5H ₂ O
Boraks (Tinkal)	:Na ₂ B ₄ O ₇ .10H ₂ O
Sborgit	:NaB ₅ O ₈ .5H ₂ O
Eakwrit	:Na ₄ B ₁₀ O ₁₇ .7H ₂ O
Probertit	:NaCaB ₅ O ₉ .5H ₂ O
Üleksit	:NaCaB ₅ O ₉ .H ₂ O
Nobleit	:CaB ₆ O ₁₀ .4H ₂ O
Gowerit	:CaB ₆ O ₁₀ .5H ₂ O
Florovit	:CaB ₂ O ₄ .4H ₂ O
Kolemanit	:Ca ₂ B ₆ O ₁₁ .5H ₂ O
Meyerhofferit	:Ca ₂ B ₆ O ₁₁ .7H ₂ O
İnyoit	:Ca ₂ B ₆ O ₁₁ .13H ₂ O
Preseit(pandermit)	:Ca ₄ B ₁₀ O ₁₉ .7H ₂ O
Tercit	:Ca ₄ B ₁₀ O ₁₉ .2H ₂ O
Ginorit	:Ca ₂ B ₁₄ O ₂₃ .8H ₂ O
Pinnoit	:MgB ₂ O ₄ .3H ₂ O

Kaliborit	:HKMg ₂ B ₁₂ O ₂₁ .9H ₂ O
Kurnakavit	:Mg ₂ B ₆ O ₁₁ .15H ₂ O
İnderit	:Mg ₂ B ₆ O ₁₁ .15H ₂ O
Predorazhenskit	:Mg ₃ B ₁₀ O ₁₈ .4 1/2H ₂ O
Hidroborasit	:CaMgB ₆ O ₁₁ .6H ₂ O
İnderborit	:CaMgB ₆ O ₁₁ .11H ₂ O
Larderellit	:(NH ₄) ₂ B ₁₀ O ₁₆ .4H ₂ O
Ammonioborit	:(NH ₄) ₃ B ₁₅ O ₂₀ .(OH) ₈ .4H ₂ O
Veatçit	:SrB ₆ O ₁₀ .2H ₂ O
p-Veatçit	:(Sr, Ca) B ₆ O ₁₀ .2H ₂ O

2.2.2 Bileşik Boratlar (Hidroksil ve/veya Diğer Tuzlar İle)

Teepleit	:Na ₂ B. (OH) 4Cl
Bandilit	:CuB. (OH) 4Cl
Hilgardit	:Ca ₂ BO ₈ .(OH) 4Cl
Borasit	:Mg ₃ B ₇ O ₁₃ Cl
Fluoborit	:Mg ₃ (BO ₃)
Hambergit	:Be ₂ (OH, F) BO ₃
Suseksit	:MnBO ₃ H
Szaybelit	:(Mg, Mn)BO ₃ H

Roveit	:Ca ₂ Mn ₂₂ +((OH) ₄ (B ₄ O ₇ (OH) ₂)
Seamanit	:Mn ₃₂ + (OH) (B (OH) ₄ (PO ₄)
Viserit	:Mn ₄ B ₂ O ₅ (OH, Cl) 4
Lüneburgit	:Mg ₃ (PO ₄) ₂ B ₂ O ₃ .8H ₂ O
Kahnit	:Ca ₂ BAs
Sulfoborit	:Mg ₃ SO ₄ B ₂ O ₄ (OH) ₂ .4H ₂ O

2.2.3 Borik Asit

Sassolit (doğal borik asit)	:B(OH) ₃
-----------------------------	---------------------

2.2.4 Susuz Boratlar

Jenemejevit	:Al ₆ BO ₁₅ .(OH) ₃
Kotoit	:Mg ₃ B ₂ O ₈
Nordenskiöldine	:CaSnB ₂ O ₆
Rodozoit	:CsB ₁₂ Be ₄ Al ₄ O ₂₈
Varvikit	:(Mg, Fe) ₃ TiB ₂ O ₈
Ludvigite	:(Mg, Fe ₂₊) ₂ Fe ₂ +BO ₅
Paygeit	:(Fe ₂₊ , Mg) ₂ Fe ₃ +BO ₅
Pinakiolit	:Mg ₃ Mn ₂ +Mn ₂₃ +B ₂ O ₁₀
Hulsit	:(Fe ₂ +Mg ₂₊ , Fe ₃₊ , Sn ₄₊) ₃ BO ₃ O ₂

2.2.5 Borofluoritler

Avagadrit $:(K, Cs) BF_4$

Ferruksit $:NaBF_4$

2.2.6 Borosilikat Mineralleri

Akzinit grubu $:(Ca, Mn, Fe, Mg) 3Al_2BSi_4O_{15} (OH)$

Bakerit $:Ca_4B_4(BO_4) (SiO_4)_3 (OH) 3H_2O$

Kapelenit $:(Ba, Ca, Ce, Na)_3 (V, Ce, La)_6 (BO_3)_6 Si_3O_9$

Karyoserit $:Melanoseritin toryumca zengin türüdür.$

Danburit $:CaB_2Si_2O_8$

Datolit $:CaBSiO_4OH$

Dumortiyerit $:Al_7O_3 (BO_3) (SiO_4)_3$

Grandidiyerit $:(Mg, Fe) Al_3 BSiO_9$

Homilit $:(Ca, Fe)_3 B_2Si_2O_{10}$

Hovlit $:Ca_2B_5SiO_9 (OH)_5$

Hyalotekit $:(Pb, Ca, Ba)_4 BSi_6O_{17} (OH, F)$

Kornerupin $:Mg_3Al_6 (Sr, Al, B)_5 O_{21} (OH)$

Manondonit $:LiAl_4 (AlBSi_2O_{10}) (OH)_8$

Melanoserit $:Ce_4CaBSiO_{12} (OH)$

Safirin $:Mg_3, 5Al_9Si, 5O_2$

Searlesit $:\text{NaBSi}_2\text{O}_6\text{H}_2\text{O}$

Serendibit $:\text{Ca}_4(\text{Mg, Fe, Al})_6 (\text{Al, Fe})_9 (\text{Si, Al})_6 \text{3O}_4$

2.2.7 Turmalin Grubu Mineraller

Tritom $:(\text{Ce, La, YTh})_5(\text{Si, B})_3 (\text{O, OH, F})_{13}$

İdokreyz (Vezüvyanit) $:\text{Ca}_{10}\text{Mg}_2\text{Al}_4 (\text{Si}_4)_5 (\text{Si}_2\text{O}_7)_2 (\text{OH})_4$

2.2.8 Ticari Bor Mineralleri

Aşağıdaki Çizelge 2.2’de verildiği gibi ticari öneme sahip olan bor mineralleri; tinkal, kolemanit, kernit, üleksit, pandemit, borasit, szaybelit, hidroborasit gibi mineralleridir.

Çizelge 2.2 Ticari Önemi Olan Bor Mineralleri (DPT, 2000).

Mineral	Formülü	% B ₂ O ₃	Bulunduğu yer
Boraks (Tinkal)	Na ₂ B ₄ O ₇ .10H ₂ O	36.6	Kırka, Emet, Bigadiç, A.B.D
Kernit (Razorit)	Na ₂ B ₄ O ₇ .+H ₂ O	51.0	Kırka, A.B.D., Arjantin
Üleksit	NaCaB ₅ O ₉ .8H ₂ O	43.0	Bigadiç, Kırka, Emet, Arjantin
Propertit	NaCaB ₅ O ₉ .5H ₂ O	49.6	Kestelek, Emet, A.B.D
Kolemanit	Ca ₂ B ₆ O ₁₁ .5H ₂ O	50.8	Emet, Bigadiç, Küçükler, A.B.D
Pandermit(Priseit)	Ca ₄ B ₁₀ O ₁₉ .7H ₂ O	49.8	Sultançayır, Bigadiç
Borasit	Mg ₃ B ₇ O ₁₃ Cl	62.2	Almanya
Szaybelit	MgBO ₂ (OH)	41.4	B.D.T. (Eski S.S.C.B.)
Hidroborasit	CaMgBO ₁₁ .6H ₂ O	50.5	Emet

2.2.8.1 Boraks (Tinkal) (Na₂B₄O₇.10H₂O)

Tabiatta genellikle renksiz ve saydam olarak bulunur. Tinkal, evaporitik ortamlarda oluşan bir mineraldir. Tuzlu göl sularının evaporasyonu ile oluşur. Sertliği 2- 2.5 mohs, özgül ağırlığı 1.7 gr/cm³ B₂O₃ içeriği % 36.5'dir.

Tinkal suyunu kaybederek kolaylıkla tinkalkonite dönüşebilir. Kille ara katkılı tinkalkonit ve üleksit ile birlikte bulunur. Ülkemizde Eskişehir-Kırka yataklarından üretilmektedir (Uz, 1994).

2.2.8.2 Kernit (Razorit) ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)

Tabiatta renksiz, saydam uzunlamasına iğne şeklinde küme kristaller halinde bulunur. Sertliği 3 mohs, özgül ağırlığı 1.95 gr/cm^3 ve B_2O_3 içeriği %51'dir. Soğuk suda az çözünür. Kırka'da Na-borat kütlelerinin alt kısımlarındadır. Dünya'da ise Arjantin ve A.B.D.'de bulunur (Uz, 1994).

2.2.8.3 Üleksit ($\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$)

Tabiatta masif, karnı bahar şeklinde, lifsi ve sütun şeklinde bulunur. Saf olanı, beyaz rengin tonlarındadır. İpek parlaklığında olanları da vardır. Genelde kolemanit, hidroboraksit ve probertit ile birlikte teşekkül etmiştir. B_2O_3 içeriği % 43'tür. Ülkemizde Kırka, Bigadiç ve Emet yörelerinde, dünyada ise Arjantin'de bulunmaktadır (Uz, 1994).

2.2.8.4 Probertit ($\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)

Kirli beyaz, açık sarımsı renklerde olup ışınal ve lifsi şekilli kristaller şeklinde bulunur. Kristal boyutları 5 mm ile 5 cm arasında değişir. B_2O_3 içeriği % 49.6'dır. Kestelek yataklarında üleksit ikincil mineral olarak gözlenir. Ancak Emet'te tekdüze tabakalı birincil olarak ve Doğanlar, İğdeköy bölgesinde kalın tabakalı olarak oluşmuştur (Uz, 1994).

2.2.8.5 Kolemanit ($\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11}\cdot 5\text{H}_2\text{O}$)

Monoklinik sistemde kristallenir. Sertliği 4-4.5 mohs, özgül ağırlığı 2.42'dir. B_2O_3 içeriği % 50.8'dir. Suda yavaş, HCl asitte hızla çözüdür. Bor bileşikleri içinde en yaygın olanıdır. Türkiye'de Emet, Bigadiç ve Kestelek yataklarında, dünyada A.B.D.'de bulunur (Uz, 1994).

2.2.8.6 Pandermit (Priseit) ($\text{Ca}_4\text{B}_{10}\text{O}_{19}\cdot 7\text{H}_2\text{O}$)

Beyaz renkte ve yekpare olarak teşekkül etmiş olup kireçtaşına benzer. Ülkemizde Sultançayıru ve Bigadiç yataklarında gözlenmektedir. B_2O_3 içeriği % 49.8'dir (Uz, 1994).

2.2.8.7 Hidroborasit ($\text{CaMgB}_6\text{O}_{11}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$)

Bir merkezden ışımsal ve iğne şeklindeki kristallerin rastgele yönlenmiş ve birbirini kesen kümeler halinde bulunur. Lifsi bir dokuya sahiptir. B_2O_3 içeriği % 50.5'tir. Beyaz renkte, bazen içerisindeki impüritelere bağlı olarak sarı ve kırmızımsı renklere (arsenik içeriğine göre) kolemanit, üleksit, probertit, tunalit ile birlikte bulunur. Ülkemizde en çok Emet, Doğanlar, İğdeköy yörelerinde ve Kestelek'te oluşmuştur (Uz, 1994).

2.3 Bor Ürünlerinin Başlıca Kullanım Alanları

Çok geniş ve çeşitli alanlarda ticari olarak kullanılan bor mineralleri ve ürünlerinin kullanım alanları giderek artmaktadır. Üretilen bor minerallerinin % 10'a yakın bir bölümü doğrudan mineral olarak tüketilirken geriye kalan kısmı bor ürünleri elde etmek için kullanılmaktadır. Çizelge 2.3'de bor mineral ve bileşiklerinin kullanım alanları verilmiştir.

2.3.1 Bor Mineralleri ve Ürünlerinin Kullanıldığı Sanayi Dalları

- Cam sanayi
- Seramik sanayi
- Temizleme ve beyazlatma sanayi
- Yanmayı önleyici (geciktirici) maddeler
- İlaç ve Kimya Sanayii
- Tarım
- Metalurji
- Enerji depolama
- Arabalardaki hava yastıklarında
- Atık temizleme işlemleri
- Pigment ve kurutucu olarak
- Nükleer uygulamalar
- Diğer kullanım alanları

A.B.D., Batı Avrupa ve Japonya'da bor mineralleri ve ürünlerinin kullanım oranları farklıdır. A.B.D.'de en çok tüketim fiberglas izolasyon sanayinde olmaktadır. Batı Avrupa'da ise sabun ve deterjan sanayii bor tüketiminde öndedir. Japonya'da en büyük bor tüketimi tekstil ve fiberglas sanayinde gerçekleşmektedir.

2.3.2 Borun Cam Sanayi ve Diğer Endüstrilerdeki Kullanımı

2.3.2.1 Cam Sanayii

Bor; pencere camı, şişe camı v.b. sanayilerde ender hallerde kullanılmaktadır. Özel camlarda ise borik asit vazgeçilemeyen bir unsur olup, rafine sulu/susuz boraks, borik asit veya kolemanit/boraks gibi doğal haliyle kullanılmaktadır. Çok özel durumlarda potasyum pentaborat ve bor oksitler kullanılmaktadır.

Bor, ergimiş haldeki cam ara mamulüne katıldığında onun viskozitesini arttırıp, yüzey sertliğini ve dayanıklılığını yükselttiğinden ısıya karşı izolasyonunun gerekli görüldüğü cam mamüllerine katılmaktadır (DPT, 2000).

2.3.2.2 Cam Elyafı

Kullanılan bor oksidin A.B.D.'de %40'ı, B.Avrupa'da % 14'ü yalıtıcı cam elyafına harcanmaktadır. Ergimiş cama % 7 borik oksit verecek şekilde boraks pentahidrat veya üleksit-probertit katılmaktadır. Maliyetine bağlı olarak sulu veya susuz tipleri kullanılmakta, bazı hallerde de borik asitten yararlanılmaktadır. Arzulanan yalıtıcılık derecesine göre çeşitli spesifikasyonlar tanımlanır: R-1, R-7 v.b. gibi. Roll, loft veya sünger halinde imal edilmektedir. Binalarda yalıtım amacıyla kullanılmaya başlanmıştır.

Hafifliği, fiyatının düşüklüğü, gerilmeye olan direnci ve kimyasal etkilere dayanıklılığı nedeniyle plastiklerde, sinai elyaf v.b. de, lastik ve kağıtta yer edinmiş olan cam elyaf, kullanıldığı malzemelere sertlik ve dayanıklılık kazandırmaktadır. Böylece sertleşmiş plastikler otomotiv, uçak sanayilerinde, çelik ve diğer metalleri ikame etmeye başlamıştır. Ayrıca spor malzemelerinde de (kayaklar, tenis raketleri v.b.) kullanılmaktadır. Yapılmakta olan araştırmalar yeni kullanım alanlarının da olacağını göstermektedir. Trafik işaretleri, karayolu onarımı birer örnek olarak verilebilir. Bu gibi mamullerde E camı kullanıldığından, rafine kolemanit tercih edilmektedir. E tipi cam elyafı, en çok kullanılan tür olup % 90 uygulamada tercih edilmektedir (DPT, 2000).

İngiltere'de oto başına 75 kg. cam yünü tüketilmektedir. Fransa'da Renault firması, üzerine polyester paneller monte edilen metal şasi imalatına girişmiştir. B₂O₃'e olan toplam talebin A.B.D.'de % 13'ü, B.Avrupa'da % 7'si bu tür elyaftan kaynaklanmaktadır. Otomobillerde borun kullanılması, arabaların ağırlığını azaltmakta ve dolayısıyla yakıtın daha az tüketilmesini sağlamaktadır. Ayrıca, araçların paslanmasını geciktirmektedir.

2.3.2.3 Optik Cam Elyafı

ışık fotonlarının etkin biçimde transferini sağlamaktadır. İngiliz Felecon'un ürettiği yeni bir elyaf saniyede 140 milyon baytı 27 km. uzağa taşıyabilmektedir. Bu lifler % 6 borik asit ihtiva etmektedir. Phillips'in Hollanda'daki fabrikasında bu lifler üretilmektedir (DPT, 2000).

2.3.2.4 Borosilikat Camlar

Camın ısıya dayanmasını, cam imalatı sırasında çabuk ergimesini ve devitrifikasyonun önlenmesini sağlayan bor; yansıtma, kırma, parlama gibi özelliklerini de arttırmaktadır. Bor, camı aside ve çizilmeye karşı korur. Cam tipine bağlı olarak; cam eriğinin % 0.5 ile % 0.23'ü bor oksitten oluşmaktadır. Örneğin Pyrex'de % 13.5 B₂O₃ vardır. Genellikle cama boraks, kolemanit, borik asit halinde karma olarak ilave edilmektedir. Otolar, fırınlar, çamaşır makineleri, çanak/çömlek v.b. de bu tür camlar tercih edilmektedir. A.B.D.'de bu tür cam üreten 100'e yakın firma vardır. Biri de Corning Glass Works'dur. General Electric, Andron Hocking önemliler arasında yer almaktadır (DPT, 2000).

2.3.2.5 Seramik Sanayii

Emayelerin vizkozitesini ve doğgunlaşma ısısını azaltan borik oksit % 20'ye kadar kullanılabilir. Özellikle emayeye katılan hammaddelerin % 17-32'si borik oksit olup, sulu boraks tercih edilir. Bazı hallerde borik oksit veya susuz boraks da kullanılır. Metalle kaplanan emaye onun paslanmasını önler ve görünüşüne güzellik katar. Çelik, alüminyum, bakır, altın ve gümüş emaye ile kaplanabilir. Emaye aside karşı dayanıklılığı artırır. Mutfak aletlerinin çoğu emaye kaplamalıdır. Banyolar, kimya sanayi teçhizatı, su tankları, silahlar v.b. de kaplanır. 1997 yılında Batı'nın seramik endüstrisinin borat tüketimi 69.000 ton civarında gerçekleşmiştir. Seramiği çizilmeye karşı dayanıklı kılan bor, % 3-24 miktarında kolemanit halinde sırlara katılır (DPT, 2000).

2.3.2.6 Temizleme ve Beyazlatma Sanayii

Sabun ve deterjanlara mikrop öldürücü (jermisit) ve su yumuşatıcı etkisi nedeniyle % 10 boraks dekahidrat ve beyazlatıcı etkisini artırmak için toz deterjanlara % 10-20 oranında sodyum perborat katılmaktadır.

Çamaşır yıkamada kullanılan deterjanlara katılan sodyum perborat ($\text{NaBO}_2\text{H}_2\text{O}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) aktif bir oksijen kaynağı olduğundan etkili bir ağartıcıdır. Perboratların çamaşır yıkamada klorlu temizleyicilerin yerini alması sıcak veya soğuk su kullanımına bağlıdır. Çünkü perboratlar ancak $55\text{ }^\circ\text{C}$ 'nin üstünde aktif hale geçerler. Ancak, ABD'de kullanılan aktivatör (tetracetylenediamine) kullanımı ile bu sorun giderilmeye çalışılmıştır.

1997 yılı deterjan sanayindeki bor tüketimi; Batı Avrupa'da 242.000 ton ve Kuzey Amerika'da ise 21.000 ton'dur. Batı Avrupa'da tüketilen borun % 35'i, Batı Avrupa'da ise %5'i deterjan sanayinde kullanılmaktadır. Dünya perborat talebinin %86'sı Batı Avrupa tarafından tüketilmektedir (DPT, 2000).

2.3.2.7 Yanmayı Önleyici (Geciktirici) Maddeler

Borik asit ve boratlar selülozik maddelere, ateşe karşı dayanıklılık sağlarlar. Tutuşma sıcaklığına gelmeden selülozdaki su moleküllerini uzaklaştırırlar ve oluşan kömürün yüzeyini kaplayarak daha ileri bir yanmayı engellerler.

Ateşe dayanıklı madde olarak selülozik yalıtım maddelerinin kullanımı borik asit üretiminin artmasına yol açmıştır. Bor bileşikleri plastiklerde yanmayı önleyici olarak giderek artan oranlarda kullanılmaktadır. Bu amaç için kullanılan bor bileşiklerinin başında çinko borat, baryum metaborat, borfosfatlar ve amonyum fluoborat gelir (DPT, 2000).

2.3.2.8 Tarım

Bor mineralleri bitki örtüsünün gelişmesini artırmak veya önlemek amacıyla kullanılmaktadır.

Bor, değişken ölçülerde, birçok bitkinin temel besin maddesidir. Bor eksikliği görülen bitkiler arasında yumru köklü bitkiler (özellikle şeker pancarı) kaba yoncalar, alfaalfalar, meyva ağaçları, üzüm, zeytin, kahve, tütün ve pamuk sayılmaktadır. Bu gibi hallerde susuz boraks ve boraks pentahidrat içeren karışık bir gübre kullanılmaktadır. Bu da, suda çok eriyebilen sodyum pentaborat ($\text{NaB}_5\text{O}_8 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) veya disodyum oktaboratın ($\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13}$) mahsulün üzerine püskürtülmesi suretiyle uygulanmaktadır.

Bor, sodyum klorat ve bromosol gibi bileşiklerle birlikte otların temizlenmesi veya toprağın sterilleştirilmesi gereken durumlarda da kullanılmaktadır (DPT, 2000).

2.3.2.9 Metalurji

Boratlar yüksek sıcaklıklarda düzgün, yapışkan, koruyucu ve temiz, çapaksız bir sıvı oluşturma özelliği nedeniyle demir dışı metal sanayinde koruyucu bir cüruf oluşturu ve ergitmeyi hızlandırıcı madde olarak kullanılmaktadır.

Bor bileşikleri, elektrolit kaplama sanayinde, elektrolit elde edilmesinde sarf edilmektedir. Borik asit nikel kaplamada, fluoboratlar ve fluoborik asitler ise; kalay kurşun, bakır, nikel gibi demir dışı metaller için elektrolit olarak kullanılmaktadır.

Alaşımelerde, özellikle çeliğin sertliğini artırıcı olarak kullanılmaktadır. Bu konuda ferrobora oldukça önem kazanmıştır. Çelik üretiminde 50 ppm bor ilavesi çeliğin sertleştirilebilme niteliğini geliştirmektedir.

A.B.D. Flinkote Company'nin aldığı bir patentte BOF yöntemi ile çelik üretiminde kireç ergimesinin çabuklaştırılması ve cüruf kontrolünde flor yerine bor kullanılmasının daha avantajlı olacağı tescil edilmiştir (DPT, 2000).

Kanada, Batı Almanya, Japonya ve ülkemizde çelik üretiminde florit yerine kolemanit kullanılmaktadır.

2.3.2.10 Nükleer Uygulamalar

Atom reaktörlerinde borlu çelikler, bor karbürler ve titanbor alaşımları kullanılır. Paslanmaz borlu çelik, nötron absorbanı olarak tercih edilmektedir. Yaklaşık her bir bor atomu bir nötron absorbe etmektedir.

Atom reaktörlerinin kontrol sistemleri ile soğutma havuzlarında ve reaktörün alarm ile kapatılmasında (B_{10}) bor kullanılır.

Ayrıca, nükleer atıkların depolanması için kolemanit kullanılmaktadır (DPT, 2000).

2.3.2.11 Enerji Depolama

Termal storage pillerindeki, Sodyum Sülfat ve su ile yaklaşık %3 ağırlıktaki boraks dekahidratın kimyasal karışımı gündüzün güneş enerjisini depolayıp gece ısınma amacıyla kullanılabilir. Ayrıca, binalarda tavan malzemesine konulduğu takdirde güneş ışınlarını emerek, evlerin ısınmasını sağlayabilmektedir.

Ayrıca, bor, demir ve nadir toprak elementleri kombinasyonu (METGLAS) % 70 enerji tasarrufu sağlamaktadır. Bu güçlü manyetik ürün; bilgisayar disk sürücülerini, otomobillerde direk akım-motorları ve ev eşyaları ile portatif güç aletlerinde kullanılmaktadır (DPT, 2000).

2.3.2.12 Otomobil Hava Yastıkları, Antifriz

Bor hava yastıklarının hemen şişmesini sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Çarpma anında, elementel bor ile potasyum nitrat toz karışımı elektronik sensör ile harekete geçirilir. Sistemin harekete geçirilmesi ve hava yastıklarının harekete geçirilmesi için geçen toplam zaman 40 milisaniyedir. Ayrıca otomobillerde antifriz olarak ve hidrolik sistemlerde de kullanılmaktadır (DPT, 2000).

2.3.2.13 Yakıt

Sodyum tetraborat, özel uygulamalarda yakıt katkı maddesi olarak kullanılmaktadırlar. Daha önce Amerikan Donanması tarafından uçuş yakıtı olarak kullanılmıştır.

Karboranlar için Amerikan Deniz Araştırma Ofisi ve Amerikan Ordusu tarafından katı roket yakıtı olarak kullanılması için araştırmalar yapılmıştır. Şu anda Amerikan askeri ihtiyacı ise Callery Chemical Co. tarafından işletilmekte olan tesisten karşılanmaktadır.

Dibor, B_2H_6 ve B_5H_9 gibi Bor hidratlar; uçaklarda yüksek performanslı potansiyel yakıt olarak araştırılmışlardır. Boraneler Hidrojenle karşılaştırıldığında daha yüksek performansla yanmaktadır. Fakat onlar, pahalı, toksit ve yakıldığında açığa çıkan bor oksit çevresel açıdan uygun değildir (DPT, 2000).

Amerikan Hükümeti, 1950 sonlarında borlu yakıtlar için 300 milyon USD ayırmıştır, ancak program 1960 başlarında iptal edilmiştir.

2.3.2.14 Sağlık

BNCT (Boron Neutron Capture Therapy) kanser tedavisinde kullanılmaktadır. Özellikle; beyin kanserlerinin tedavisinde hasta hücrelerin seçilerek imha edilmesine yaraması ve sağlıklı hücrelere zararının minimum düzeyde olması nedeniyle tercih nedeni olabilmektedir.

İnsan vücudunda normalde bulunan bor, bazı ülkelerde tabletler şeklinde üretilmeye başlanmıştır (DPT, 2000).

2.3.2.15 Diğer Kullanım Alanları

Ahşap, malzeme prezervasyonu için sodyum oktaborat kullanılır. % 30'luk sodyum oktaborat çözeltisi ile muamele görmüş tahta malzeme yavaş yavaş kurutulursa bozunmadan ve küllenmeden uzun süre kullanılabilir.

Silisyum üretiminde bor triklorür, polimer sanayinde, esterleme ve alkilleme işlemlerinde ve etil benzen üretiminde bor trifluorür katalizör olarak kullanılmaktadır.

Bor karbür ve bor nitür; döküm çeperlerinde yüksek sıcaklığa dayanıklı (refrakter) malzeme püskürtme memelerinde de aşınmaya dayanıklı (abrasif) malzeme olarak kullanılan önemli bileşiklerdir.

Araçların soğutma sistemlerinde korozyonu önlemek üzere boraks, antifiriz karışımına katkı maddesi olarak da kullanılır.

Tekstil sanayinde, nişastalı yapıştırıcıların viskozitelerinin ayarlanmasında, kazeinli yapıştırıcıların çözücülerinde, proteinlerin ayrıştırılmasında yardımcı madde boru ve tel çekmede akılcılığı sağlayıcı madde, dericilikte kireç çöktürücü madde olarak boraks kullanılmaktadır (DPT, 2000).

Borun önümüzdeki yıllarda önemli miktarda kullanılabileceği bir üretim dalı da çimento sanayidir.

2.4 Dünyada Mevcut Durum

2.4.1 Dünyada Bor Üretim Yöntemleri

Bor mineralleri doğada masif olarak diğer mineral ve kayaçlarla birlikte veya çözelti olarak sularda bulunmaktadır. Dolayısıyla üretim yöntemleri de buldukları yer ve derinliğe göre değişmektedir. Karada masif olarak bulunan bor bileşikleri; cevherin bulunduğu derinliğe ve fiziksel yapısına bağlı olarak açık ocak veya kapalı ocak yöntemi veya çözelti madenciliği yöntemi ile üretim yapılmaktadır. Sularda bulunan borlara ise özellikle çözelti madenciliği yöntemi ile üretilmektedir.

Dünyada en fazla bor minerali açık ocak yöntemi ile üretilmektedir. Cevher ve örtü tabakasının fiziksel özelliklerine göre delme-patlatma ile gevşetilir. Cevherin üzerindeki örtü tabakası alındıktan sonra cevher çıkarılır. Bu işlemler sırasında ekskavatör ve loderler kullanılır.

Amerika, Türkiye, Arjantin, Şili, Çin ve Rusya'da açık ocak yöntemi ile üretim yapılmakta olan ocaklar mevcuttur. Ayrıca, Güney Amerika ve Çin'de üst kayacın alınmasından sonra el ile selektif madencilik yapılmakta olduğu belirtilmektedir.

Açık ocak yöntemine göre daha pahalı olan yeraltı madenciliği ise Türkiye(Bigadiç) , Amerika (Billie Madeni, Death Valley) ve Çin (Lioning)'de yapılmaktadır.

Diğer bir yöntem olan çözeltili madenciliği ise; Amerika Searles Lake, Kaliforniya ve Çin-Qinghai Basın'da ticari bor üretimi yapılmaktadır.

400 m derinlikteki, Kolemanit formasyonları, 20.000 ppm'lik bor, Forth Cady tarafından üretilmektedir. % 5'lik hidrolik asit enjekte edilip 8 saat bekletildikten sonra yüzeye pompalanmaktadır. Daha sonra kireç eklenerek %43 B₂O₃ kolemanit üretilmektedir. Aynı yöntemle borik asit üreten yerler mevcuttur.

2.4.1.1 Cevher Zenginleştirme

Bor mineralleri endüstride ham, rafine ve bor kimyasalları şeklinde kullanılmaktadır. Ancak, impuritelere ayrıştırılmış kaliteli cevherler daha fazla tercih edilmektedir.

Zenginleştirme teknikleri; operasyonun ölçeğine ve cevherin çeşidine bağlı olarak değişmektedir.

Zenginleştirilmiş üleksit, kolemanit, boraks veya borik asit alışılmış madencilik operasyon nihai ürünleridir.

Kolemanit konsantreleri direk cam endüstrisinde veya borik asit tesislerinde hammadde olarak kullanılmaktadır. ABD kolemaniti ortalama % 37 B₂O₃ flotasyon ürünü veya %42 B₂O₃ içerikli kalsine edilmiş şekilde satılmaktadır. Türk Kolemaniti ise ortalama % 40-42 B₂O₃ içerikli olarak satılmaktadır.

Searles Gölündeki tuzlu sulardaki borlardan ise buharlaştırma ve kristalleşme ile boraks ürünleri veya borik asit elde edilmektedir.

Güney Amerika'da elde üretilmekte olan borlar kurutulup, elekten geçirilerek paketlenmektedir. Daha sonra hidroklorik asit ilave edilerek borik asit elde edilmektedir.

Boraks-kernit cevherleri (ABD, Türkiye, Arjantin.. gibi) kırılıp yıkandıktan sonra; yeni işlemlerden geçirilerek kristalleştiriliyor, santrifujleniyor ve kurutularak boraks

dekahidrat, pentahidrat ve susuz boraks gibi ürünler elde ediliyor veya borik asit elde etmek için hammadde olarak kullanılıyor.

Türkiye’de kolemanit ve üleksit cevherleri ocaklardan alındıktan sonra kırılmakta, yıkanmakta ve sınıflandırılarak konsantre olarak yurtiçi veya yurt dışı pazarda hammadde veya direk ürün olarak kullanılmaktadır.

2.4.2 Dünya Bor Rezervleri

Dünyadaki önemli bor yataklarının ise; Türkiye, Rusya ve ABD’de olduğu bilinmektedir.

Ülkemizden sonra dünyanın bilinen en önemli bor yatakları ABD’nin Kaliforniya eyaletindeki Mojave Çölü’ndedir. Yine aynı bölgede Searles Gölünde önemli borat yatakları mevcuttur (DPT, 2000).

Dünya bor rezervleri çizelge 2.4’de aşağıda verilmiştir.

Dünya ticari bor rezervleri genellikle 3 bölgede toplanmaktadır.

Amerika’da Güney-Batı Mojave Çölü
Türkiye’yi de içeren güney-orta Asya orojenik kemeri
Güney Amerika Andean belt

Çizelge 2.4 Dünya Bor Rezervleri (Bin ton B₂O₃) (Eti Maden, 2007).

Ülkeler	Görünür Rezervler	Muhtemel Rezervler
Türkiye	227.000	624.000
A.B.D.	40.000	40.000
Rusya	40.000	60.000
Çin	27.000	9.000
Bolivya	4.000	15.000
Şili	8.000	33.000
Peru	4.000	18.000
Kazakistan	14.000	1.000
Sırbistan	3.000	0
Arjantin	2.000	7.000
TOPLAM	369.000	807.000

2.5 Bor Üretiminden Kaynaklanan Çevre Sorunları

Bor ürünlerinin çevresel etkileri diğer sanayi sektörlerinininkine oranla çok daha düşük düzeyde ve daha az zararlıdır. Hatta; kemoterapi sonrası radyoaktif maddelerin etkisini azaltmak üzere kullanımı, insan ve canlılara gerekliliği nedeniyle çevre dostu sayılabilecek elementlerdendir. Birçok ülkede mineral takviyesi amacıyla insanlar için bor tabletleri üretilmeye başlanmıştır. Tarımda kullanımı da aynı şekilde çok gelişime açık görülmektedir.

Bor, insanlarda beyin gelişiminden kemik gelişimine, menapozdan alerjiye ve metabolizmanın çalışmasına kadar birçok işlevinden dolayı günlük olarak alınması gereken elementlerden birisidir.

İnsanlar günlük bor ihtiyacını sulardan ve yiyeceklerden karşılamaktadırlar. İnsanlar tarafından günlük alınan bor miktarı 1.2 mg/gün olarak tahmin edilmektedir. Global düzeydeki içme sularında kabul edilebilen bor seviyesi ise 0.1 - 0.3 mg/lt.'dir (WHO, 1998). Yetişkinlerin insanların; güvenilir olarak günlük alabileceği bor miktarı ise 1-13 mg/gün olarak kabul edilmektedir (Nielsen, 1997). İnsanlarda akut toksitesi hakkında kesin bilgi olmamasına rağmen günlük alınabilir bor dozu 0.4 mg/kg olarak verilmektedir (WHO, 1998). Borların insan ve hayvanlarda; kanserojen etkisi ise yoktur.

Maden ve proses tesislerinde çalışan işçilerde yapılan testlere göre; bu tür işlerde çalışmayan işçilere nazaran aşağıdaki oranlarda akut etki görülmüştür.

Burun tahrişi	RR= 8.8
Boğaz tahrişi	RR= 5.2
Göz tahrişi	RR= 2.9
Öksürük	RR= 1.7
Solunum güçlüğü	RR= 7.1

Ancak, devam ettirilen gözlemler sonucunda; bu etkilerin ilgili işyerlerinden ayrıldıktan sonra herhangi bir sekel bırakmadan düzeldiği görülmüştür.

İşçiler için kabul edilebilir eşik limit değeri ise; TLV=10 mg borat/m³ olarak verilmekte ve bunun toz standartlarına da uyduğu belirtilmektedir.

Bitkilerde ve hayvanlarda eksikliği de bazı sorunlara yol açmaktadır. Dolayısıyla, tüm canlıların bora hayati ihtiyacı vardır. Bor, ağızdan alındığında düşük toksite değerine sahiptir.

Hayvanlarda toksitite belirtileri; diette 100 µg/g B'yi geçtiğinde görülmektedir. Farelerde; Borik asidin ağızdan alınması neticesindeki toksititesi ise 4000 mg/kg'da görülmektedir. Fare ve sıçanlarda 4.500 mg/kg B alındığında bazı sorunlar görülebilmektedir (Nielsen, 1997). Hayvanlarda yapılan deneylerde; borik asidin normalden 100-1000 kat fazla alındığında çeşitli toksititi ve üreme sorunlarına yol açmaktadır (WHO, 1998).

Topraktaki bor konsantrasyonu; 10-300 mg/kg(ortalama 30 mg/kg) arasında bulunmaktadır (WHO, 1998). Borun topraktan absorpsiyonu ise; toprağın pH'ına, yapısal karakteri vb özelliklerine bağlıdır.

Sulama suyunda 4 mg/l'den fazla olması durumunda bitkilere zararlı olmaktadır. Bitkilerin bor kapsamları kuru madde de 20-100 ppm arasında değişmektedir. Yapılan denemelere göre Bor kapsamı >0.35-0.40 ppm olan toprakta bitki yapraklarında <35 ppm bor düzeyi bor noksanlığı semptomlarına neden olmaktadır. Humid iklim koşullarında yetişen bitkilerde bor toksititesi nadiren ve bor kapsamı toprak çözeltisinde >0.7 mg/l düzeyinde bulunduğu koşullarda orya çıkmaktadır (Haktanır, 1998). Alabalık ve zebra balığında 10 mg/l'te akut toksitite görülmüştür (WHO, 1998). Borların canlılara etkisi konusundaki araştırmalar yetersiz olmakla birlikte; birçok canlının boru tolere edebilme kapasitesinin yüksek olduğu görülmektedir.

Borun insan sağlığına etkileri konusunda araştırmalara devam edilmektedir.

Buna karşılık çevre konusunda aynı duyarlılık içerisinde aşağıda belirtilen noktalara önem verilmelidir:

- Bor ürünlerinin nakliyesinde kullanılan tüm vasıtaların sızdırmaz, tozlaşmaya ve dökülme gibi, hem kirlenmeye hem de zayıata neden olmayacak şekilde seçilmelidir.
- Cevher zenginleştirme ve rafinasyon işlemleri esnasında oluşan Bor içeren sıvı atıkların sızdırmaz gölet veya barajlarda depolanması, katı atıkların ise yine çevreyi kirlenmeyecek şekilde muhafaza edilmesine aynı özen içerisinde devam edilmelidir.
- Sulu bor gübre ve tarım sektöründe kullanılan en önemli bir bor ürünü olup borik asit ve boraks'tan üretilmektedir.

- Tarım Ülkesi ve borik asit-boraks üreticisi durumunda olduğumuz göz önünde bulundurularak katma değeri yüksek bu ürünün üretilebilmesi için girişimlerde bulunulmalıdır.
- Atık barajlarında toplanan bor atıklarının sanayide kullanımı için gerekli araştırmalar yapılmalı ve ilgili endüstri dalları ile ortak projeler geliştirilmelidir.

2.6 Emet Bor İşletme Müdürlüğü

2.6.1 Tarihi ve kuruluşu

Emet Bor İşletme Müdürlüğü, Kütahya ilinin Güneybatısındaki Emet ilçesinde kurulmuş olup, Kütahya ili merkezine 100 km. uzaklıktadır.

İşletmenin kuruluş gayesi ; ülkemizin yeraltı zenginlikleri içerisinde önemli bir yeri olan bor cevherini aramak, işletmek, zenginleştirmek ve gerektiğinde bunlardan kimyasal işlemlerle bor bileşiklerini üretmektir.

Türkiye'nin bor mineralleri rezervinin önemli bir bölümünü oluşturan Kütahya-Emet zuhuru 1956 yılında M.T.A. jeologu Dr. Gawlik tarafından bulunmuştur. 12.08.1958 tarihinde bölgedeki Bor tuzu sahaları M.T.A. tarafından Etibank'a devredilmiştir.

Emet Bor İşletme Müdürlüğü; 1958 yılında Etibank Emet Kolemanit Maden İşletmesi Şantiye Şefliği olarak kurulmuş ve daha sonra geçici Müdürler Kurulunun 10.06.1961 tarih ve 1910/9 sayılı kararı ile Müessese haline getirilmesine karar verilmiş, Sanayi Bakanlığının 01.02.1962 tarihli onayını müteakip, Türkiye Ticaret Sicili Gazetesinin 24.02.1962 tarih ve 1500 sayılı nüshasında yayınlanarak Emet Kolemanit İşletmesi Müessesesi Müdürlüğü haline gelmiştir.

1995 yılında Müesseseye;

-Antalya elektrometalurji San. İşl. Müdürlüğü-Antalya

-100.yıl Gümüş Madeni İşl. Müdürlüğü - Kütahya

-Keçiborlu Maden Müdürlüğü - Isparta

-Kuzeybatı Anadolu Krom Maden Müdürlüğü - Bursa

bağlanmıştır.

Ancak 04.02.1998 Tarih ve 23248 sayılı Resmi Gazetede Yayınlanan Bakanlar Kurulunun 26.01.1998 Tarih ve 98/10552 sayılı kararı ile devletin genel maden politikası içinde ülkenin her türlü maden ve endüstriyel hammadde kaynaklarını değerlendirmek ve ülke ekonomisine azami katkıyı sağlamak amacıyla ETİ HOLDİNG A.Ş. ünvanlı iktisadi devlet teşekkülü ve bu teşekküle bağlı ETİ BOR A.Ş., ETİ ALÜMİNYUM A.Ş., ETİ KROM A.Ş., ETİ ELEKTROMETALURJİ A.Ş., ETİ GÜMÜŞ A.Ş., ETİ BAKIR A.Ş., ETİ PAZARLAMA VE DIŞ TİCARET A.Ş. şeklinde 7 adet bağlı ortaklık kurulmuştur. ETİ BOR A.Ş. kapsamına giren İşletme, Emet Bor İşletme Müdürlüğü adını almıştır. Bağlı işletmeler de Emet İşletmesinden ayrılmıştır. Daha önce ETİ HOLDİNG A.Ş.'ye bağlı ETİ KROM A.Ş., ETİ ELEKTROMETALURJİ A.Ş., ETİ GÜMÜŞ A.Ş. ve ETİ BAKIR A.Ş. özelleştirme idaresine devredilmiştir.

İşletme, 08.4.1997 tarih ve 4778 sayılı Yönetim Kurulu Kararı ile 8 Trilyon TL. olan nominal sermayesi Eti Bor A.Ş. Genel Müdürlüğüne devredilmiştir.

İşletme Müdürlüğü, Bakanlar Kurulunun 09.01.2004 tarih ve 2004/6731 sayılı kararı ile 31.01.2004 tarihi itibarıyla Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğüne bağlı Emet Bor İşletme Müdürlüğü olarak faaliyetlerini sürdürmektedir.

M.T.A. tarafından Etibank'a devredilen sahalar; güneyde Hisarcığa 4 km. mesafedeki Hamamköy ile kuzeyde Emet'e 4 km. mesafedeki Espey bölgesini içine almaktadır.

Espey bölgesinin 1 km. kuzeybatısında yer alan Killik mevkiinde 1957 yılında özel sektörde madencilik faaliyetlerine başlanmış ve 1979 yılındaki devletleştirmeye kadar sürdürülmüştür. Espey Bölgesinde Etibank tarafından yapılan sondajlı aramalar sonucunda 1969 yılının Nisan ayında yeraltı üretim metodu ile madencilik faaliyetlerine başlanmıştır. 1979 yılında özel sektörden devir alınan Yeni Espey Ocağı ile birlikte kapalı işletme olarak sürdürülen üretim faaliyetleri 1990 yılında açık işletmeye dönüştürülmüştür.

1970 yılında hazırlanan proje ile Rudis (Yugoslavya) firmasına anahtar teslimi olarak verilen Hisarcık konsantratör tesisinde 18.01.1973 tarihinde deneme çalışmalarına başlanılmıştır.

1987 yılına kadar roş olarak satılan Espey kolemanit cevheri 1987 yılından itibaren Hisarcık konsantratörüne taşınarak zenginleştirilmiştir. 1987 yılından itibaren Hisarcığa bulunan Mobil yıkama tesisi Espey'e taşınarak Espey tüvenan cevheri burada işlenmeye başlanmıştır. 1997 yılında yapımına başlanan, Espey konsantratör tesisi devreye alınarak Espey cevheri burada zenginleştirilerek satışa hazır hale getirilmektedir.

1997 Yılında yapımına başlanan ve 27/02/2004 tarihinde resmi açılışı yapılan Borik Asit Fabrikası yıllık 100.000 ton üretim kapasitesine sahiptir. Üretim için gerekli olan Sülfirik Asit Bandırma Bor ve Asit Fabrikaları İşletme Müdürlüğünden temin edilmektedir. Üretilen Borik Asit % 90-95'lik kısmı yurt dışına geri kalan kısmı yurt içi piyasalara satılmaktadır.

2.6.2 Emet Bor İşletme Müdürlüğünde Bulunan Üretim Tesisleri

2.6.2.1 Hisarcık Açık Ocak Tesisi

Tüvenan cevher basamak üzerleri dekapaj işini yapan müteahhit tarafından temizlendikten sonra üretim faaliyetlerine başlanmaktadır. Tüvenan cevher üretimi 0., 1., 2. ve 3. zonlarda yapılmaktadır.

Delme patlatma yöntemiyle gevşetilen cevherler, ekskavatörler aracılığıyla kamyonlara yüklenmektedir. Cevherler arsenikli ve normal cevher olmak üzere uygun yerlerde stoklanır. Açık Ocağın genel görüntüsünü gösteren bir fotoğraf, resim 2.1'de sunulmuştur.

2.6.2.2 Hisarcık Konsantratör Tesisi

Hisarcık konsantratör tesisi esas itibari ile kırma-yıkama-sınıflandırma ve triyaj yöntemleri ile çalışan fiziksel bir zenginleştirme tesisidir. Tesisin genel görüntüsünü gösteren bir fotoğraf, resim 2.1'de Tesis akım şeması şekil 2.1'de sunulmuştur.

180 t/h teorik kapasiteli konsantratör tesisine açık ocaktan veya tüvenan cevher stoğundan ağır iş kamyonları ile yüklenen cevher, ızgara açıklığı 60*90 cm olan 90 m³ kapasiteli siloya beslenir. Tüvenan cevher silosuna dökülen cevher, 5°eğimli ve 180 t/h kapasiteli çelik paletli besleyici vasıtası ile kalibreli ızgaralı eleğe beslenir.13°eğimli ve 180 t/h kapasiteli olan kalibreli eleğe dökülen tüvenan cevher eleme işlemine tabii tutulur. Elek açıklığı 75*75 mm olan bu ekipmandan eleme sonrası +75 mm ve -75 mm boyutlarında iki ürün elde edilir. Bunlardan +75 mm'lik ürün, 100 t/h kapasiteli çeneli ve merdaneli kırıcıda iki kademeli boyuta küçültülerek sırasıyla, -200 mm ve -100 mm'lik çıkış açıklığına indirgenir. En son -100mm'lik boyut grubuna indirilmiş olan cevher, bant konveyörler vasıtası ile yıkama ünitesine nakledilir. -75 mm'lik ürün ise bant konveyör vasıtası ile elek açıklığı 25 mm olan ikinci bir kalibreli eleğe beslenir. Kapasitesi 100 t/h olan 14°eğimli bu elekten -25 mm'lik ince pasa ve +25 mm'lik ürün elde edilir.+25 mm boyut grubuna sahip cevher bant konveyör vasıtası ile yıkama ünitesine gönderilir

Merdaneli kırıcı çıkışlı ürün (-100 mm), 100 t/h kapasiteli ve 2° eğimli çift tüplü titreşimli yıkayıcı ile yıkanarak cevher içindeki kilin bünyeden arındırılması sağlanır. Ürün içerisinde ince taneler, yıkayıcı gövdesinde bulunan ve 8 mm çapındaki deliklerden geçmek suretiyle 5 m³ kapasiteli büyük toplama kutusuna aktarılır . İri parçalarla yıkayıcıdan geçerek çift katlı titreşimli eleğe dökülür 2° eğimli ve 100 t/h saat kapasiteli çift katlı titreşimli elekten yıkama sonrası üç ürün elde edilir.

Birinci ürün 25-100mm boyut gurubuna sahip olup bant konveyörler ile seçme işlemi için triyaj ünitesine nakledilir . Triyaj ünitesinde cevher içermeyen parçalar seçilerek ayıklanan 25-100mm'lik iri ve zengin konsantre cevher stok sahasına nakledilerek satışa hazır hale getirilir.

3-25mm'lik boyut grubundaki ikinci ürün ise çift katlı titreşimli elekte yıkandıktan sonra hiçbir işleme girmeden bant konveyörler vasıtasıyla stok döküş yerine nakledilir. Bu ürün satış koşullarına uygun özellikleri taşıdığı için,satış yapıldığı zamanlarda müşteri firmalara nakledilir.

Çift katlı titreşimli elekten elendikten sonra elde edilen son ürün 0-3mm boyut grubundaki cevherde çift tüplü titreşimli yıkayıcıda elde edilen -8mm 'lik ürünün döküldüğü ,büyük toplama kutusuna, pülp halinde gönderilir.

Büyük toplama kutusundan çamur pompaları (8"*6" ve 5"*4") vasıtasıyla büyük siklon (180m³/h) grubuna basılan bu üründen siklon üst akımı şlam içeriğinden dolayı atık barajına, alt akım ise klassifikatöre (15t/m³ eğim 20°) gönderilir. Klassifikatörde yine şlam içeren tanecikler atık barajına,daha yoğun ve zengin içerikli kısımlarda skraber'lara (kapasite=75t/h) giderler tamamı altı adet olan aşındırıcılarda kil,kalker,marn vb. gang mineralleriyle kolemanit cevherleri arasında sekiz köşeli selüllerde çarpma ve sürtünme etkisiyle tane,boyut ve yoğunluk farkı yaratılır. Böylece zenginleşmiş olan katı sıvı karışımı buradan kabartıcı (70t/saat) ünitesine gönderilir. Pervaneli kabartıcıda bünyedeki mevcut pülpün karıştırılmasının işlemi yapıldıktan sonra ürün, küçük toplama kutusunda (kapasite1,5m³) biriktirilir. İkinci grup çamur pompaları (8"*6" ve 5"*4") vasıtasıyla küçük siklon gurubuna (kapasite =70m³/h) basılan üründen siklon üst akımı, kapalı devre yaparak büyük toplama kutusunda birikir, daha zengin ve daha yoğun olan siklon alt akımında ikinci klassifikatöre (kapasite=10t/h) akar. Bu klassifikatör de biriken pülp içindeki yoğunluğu ve tenor içeriği az tanecikler atığa, biraz zengin içerikleri olanlar kapalı devre yaparak pervaneli karıştırıcıya, şlamı olan konsantre de bant konveyör vasıtasıyla -3mm'lik ürün stokuna gönderilir.

107 kalibreli elek çıkışlı ürün (25 – 75 mm) bant konveyörler ile kütüklü yıkayıcıya (kapasite=100t/h, eğim=10°) akar. Kütüklü yıkayıcıda zenginleştirme işlemine tabi tutulan üründen şlam içerikli, az yoğun ve tönörce fakir kısımlar atık barajına ,daha iri, daha yoğun ve tönörce daha yoğun kısımlarda ,ikinci bir çift katlı titreşimli eleğe (120t/h,eğim=2°) beslenir. Çift katlı titreşimli elekten, titreşim hareketi basınçlı suyun etkisi ile boyuna sınıflandırma işlemi yaparak üç ürün elde edilir. Birinci ürün 25 – 75 mm boyut gurubunda olup seçme ünitesinde tiriyaaj edilerek satış için stok sahasına gönderilir. 3 – 25 mm boyut gurubundaki ikinci ürün ise satış baz tenörüne sahip olmadığı için düşük tenörlü 3 – 25 mm ürün olarak adlandırılır ve ikinci bir yıkama operasyonuna tabi tutulmak üzere kendine ait stok yerine nakledilir. Son üründe 0 – 3 mm boyut gurubunda olup ekonomik değer taşımadığından artık barajına gönderilir. Ancak mevcut olan by – pass sistemi sayesinde zengin içerikli cevherlerle çalışıldığı

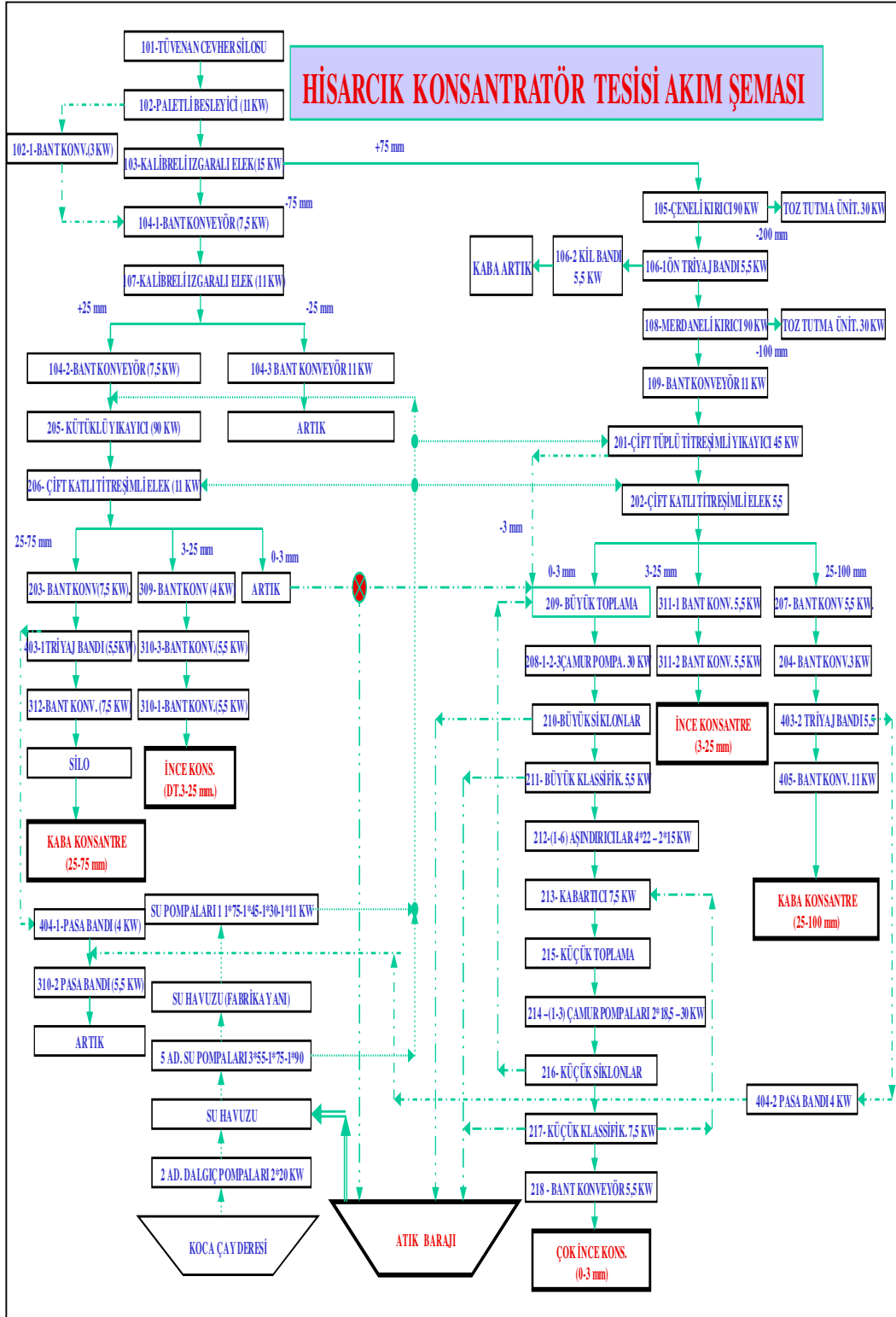
zamanlara da -3 mm'lik ürünlerde küçük toplama kutusuna gönderilerek kırıcı ünitesinden gelen -3 mm cevherlerle birlikte zenginleştirilip $0 - 3$ mm'lik konsantre ürün elde edilmektedir.



Resim 2.1 Hisarcık Açık Ocak



Resim 2.2 Hisarcık Konsantratör



Şekil 2.1 Hisarcık Konsantratör Tesisi Akım Şeması

2.6.2.3 Espey Açık Ocak Tesisi

Tüvenan cevher basamak üzerleri dekapaj işini yapan müteahhit tarafından temizlendikten sonra üretim faaliyetlerine başlanmaktadır. Tüvenan cevher üretimi Mayıs- Eylül ayları arasında yapılmaktadır. Açık Ocağın genel görüntüsünü gösteren bir fotoğraf, resim 2.3'de sunulmuştur. Tüvenan cevher üretimi 0., 1., 2. ve 3. zonlarda yapılmaktadır.

Delme patlatma yöntemiyle gevşetilen cevherler, ekskavatörler aracılığıyla kamyonlara yüklenmektedir. Cevherler arsenikli ve normal cevher olmak üzere uygun yerlerde stoklanır.

2.6.2.4 Espey Konsantratör Tesisi

Espey konsantratörü kırma, yıkama, sınıflandırma ve triyaj yöntemleriyle çalışan fiziksel bir zenginleştirme tesisidir. Cevher aşağıdaki şekilde işlenerek zenginleştirilmektedir. Tesisin genel görüntüsünü gösteren bir fotoğraf, resim 2.4'de Tesis akım şeması şekil 2.2'de sunulmuştur. Stoklara alınmış tüvenan cevher, konsantratör silosuna beslenmektedir. Silo altındaki paletli besleyici aracılığıyla 75 mm açıklığa sahip kalibreli eleğe beslenen -500 mm boyutlu tüvenan cevher ikinci bir elemenden geçirilerek -75 mm ve +75 -500 mm boyutlarına ayrılmaktadır. +75 mm tane boyutuna sahip tüvenan cevher, çeneli kırıcıda -100 mm tane boyutuna kırılarak, bant konveyör ile tromel yıkayıcıya beslenmektedir. -75 mm boyutuna sahip tüvenan cevher bir bant vasıtası ile 25 mm aralıklı kalibreli eleğe beslenerek, +25- 75 mm ve -25 mm olmak üzere iki kısma ayrılmaktadır. -25 mm elek altı kil, atık stokuna çekilmektedir. 25-75 mm tüvenan cevher ise bir bant konveyör ile kütüklü yıkayıcıya beslenmektedir.

25- 75 m boyutuna sahip tüvenan cevher kütüklü yıkayıcıda yıkanmaktadır. Kütüklü yıkayıcıdan çıkan cevher, elek açıklığı 3 mm ve 25 mm olan çift katlı titreşimli elekte sınıflandırılarak, 0-3 mm, 3-25 mm , ve 25- 75 mm olmak üzere üç kısma ayrılmaktadır.

0-3 mm tane boyutlu kısım, 0-3 devresindeki birinci spiral klasifikatöre verilip, klasifikatörde tromel devresindeki 0-3 mm kısım ile birleşmektedir.

3-25 mm tane boyutlu kısım, bant ile 3-25 mm konsantre ürün olarak alınmaktadır. 25-75 mm tane boyutlu kısım ise bant konveyör ile tromel yıkayıcıya beslenmektedir.

Çeneli kırıcıdan gelen –100 mm boyutlu tüvenan cevher ile kütüklü yıkayıcıdan gelen 25-75 mm boyutuna sahip cevherler tromel yıkayıcıda yıkanmaktadır. Yıkanmış –100 mm boyutundaki cevher, tromel yıkayıcı önündeki elek açıklıkları 3 mm ve 25 mm olan çift katlı titreşimli elekte 0-3 mm, 3-25 mm, ve 25-100 mm olmak üzere üç sınıfa ayrılmaktadır.

0-3 mm tane boyutuna sahip kısım 0-3 mm devresindeki birinci klasifikatöre gelmektedir. Kütüklü yıkayıcı devresinden gelen 0-3 mm kısım ile birleşerek birinci klasifikatörde şlamından arındırılmaktadır. Daha sonra aşındırıcı hücrelere gelen cevher biraz sulandırılarak, sertliği kile göre daha fazla olan cevherin kilinin aşındırılması sağlanmaktadır. Cevher buradan toplama kutusuna, daha sonra çamur pompası aracılığıyla hidrosiklona verilmektedir. İkinci klasifikatörde şlamından ayrılan cevher 0-3 mm konsantre cevher olarak alınmaktadır. 3-25 mm tane boyutuna sahip kısım, 3-25 mm klasifikatörüne verilmektedir. Burada şlamından arındırılan cevher, 3-25 mm konsantre cevher olarak alınmaktadır. 25-100 mmlik kısım ise triyaj işleminin yapılabilmesi için bir bant konveyör ile triyaja gönderilmektedir. 25-100 mm tane boyutuna sahip yıkanmış cevher triyaj ünitesinde ayıklanarak son zenginleştirme işlemi yapılmaktadır. Cevher içindeki kil, kalker ve kalsit gibi gang mineralleri kaba atık olarak tanımlanmış olup, konsantre cevher içersinde bulunması istenilmeyen minerallerdir. Ayrıca bünyesinde arsenik bulunan cevherler, renk farkı nedeniyle kolemanit cevherinden kolaylıkla ayrılabilir.

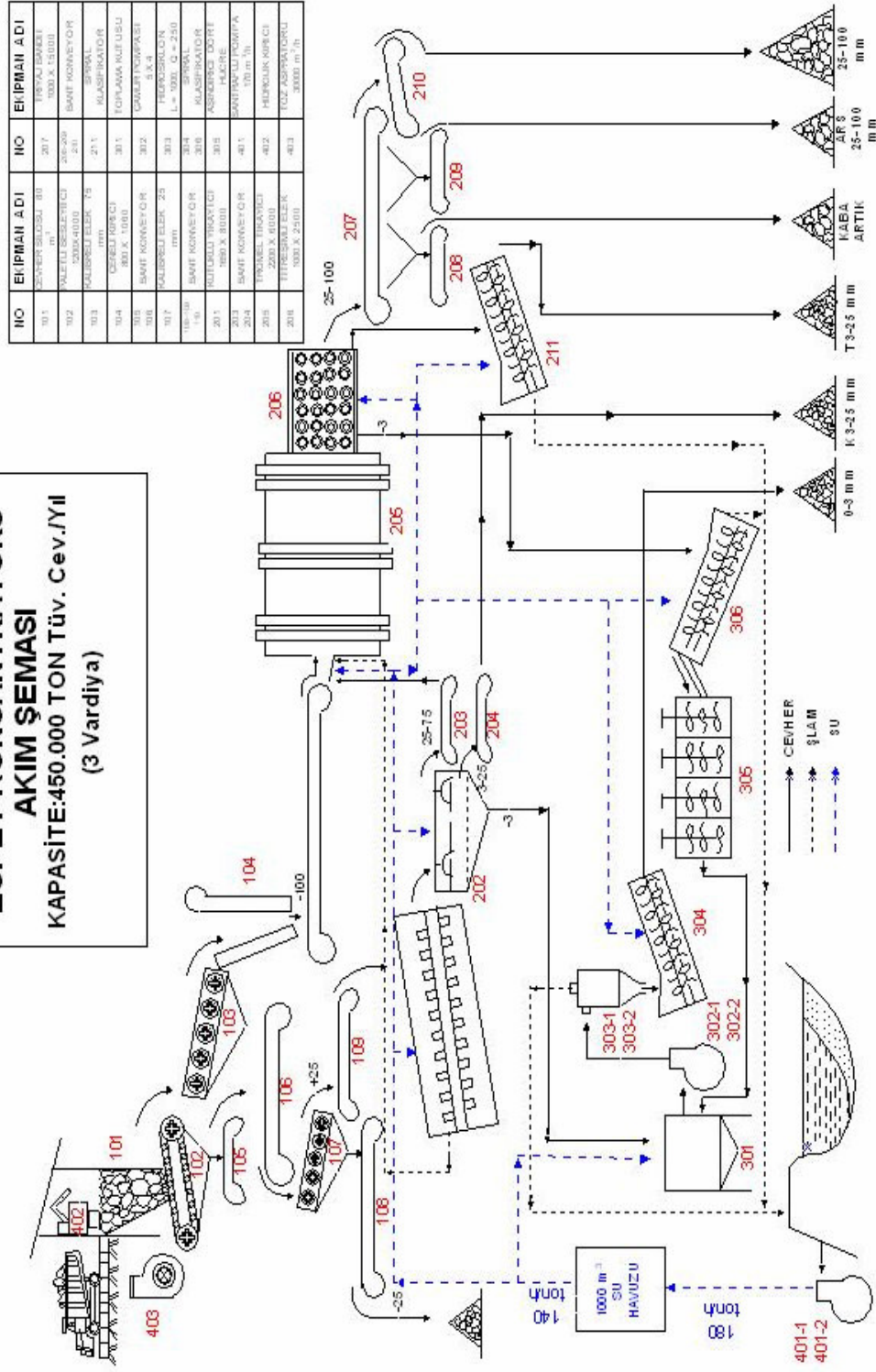


Resim 2.3 Espey Açık Ocak



Resim 2.4 Espey Konsantratör

ESPEY KONSANTRATÖRÜ
AKIM ŞEMASI
KAPASİTE:450.000 TON Tüv. Cev./Yıl
(3 Vardiya)



NO	EKİPMAN ADI	NO	EKİPMAN ADI
101	ÇEVREYİ BELİZGİLİ	301	YERİNEZİ
102	VALETLİ BEZELİCİ	302	BAKİT KÖNVEYÖR
103	KALİBRİLE FİLER	303	YERİNEZİ
104	ÇEVREYİ BELİZGİLİ	304	YERİNEZİ
105	BAKİT KÖNVEYÖR	305	BAKİT KÖNVEYÖR
106	BAKİT KÖNVEYÖR	306	BAKİT KÖNVEYÖR
107	BAKİT KÖNVEYÖR	307	BAKİT KÖNVEYÖR
108	BAKİT KÖNVEYÖR	308	BAKİT KÖNVEYÖR
109	BAKİT KÖNVEYÖR	309	BAKİT KÖNVEYÖR
110	BAKİT KÖNVEYÖR	310	BAKİT KÖNVEYÖR
201	MÜLÜMLÜ TIRAKTICI	401	HAZIRLANAN SU
202	KALİBRİLE FİLER	402	HAZIRLANAN SU
203	MÜLÜMLÜ TIRAKTICI	403	HAZIRLANAN SU
204	KALİBRİLE FİLER		
205	MÜLÜMLÜ TIRAKTICI		
301	YERİNEZİ		
302	BAKİT KÖNVEYÖR		
303	YERİNEZİ		
304	YERİNEZİ		
305	BAKİT KÖNVEYÖR		
306	BAKİT KÖNVEYÖR		
307	BAKİT KÖNVEYÖR		
308	BAKİT KÖNVEYÖR		
309	BAKİT KÖNVEYÖR		
310	BAKİT KÖNVEYÖR		

Şekil 2.2 Espey Konsantratör Tesisi Akım Şeması

2.7 Borik Asit Fabrikası

2.7.1 Borik Asidin Tanımlanması ve Fiziksel Özellikleri

Adı	: Orto Borik Asit
Formülü	: H_3BO_3
Görünüşü	: % 99.5 Saflıkta, beyaz kristaller
B_2O_3 Yüzdesi	: % 56.3
Mol Ağırlığı	: 61.83 gr
Yoğunluğu	: 1.493 g/cm ³
Ergime Noktası	: 185 °C
Özgül Isısı	: 0,3535
Dökme Yoğunluğu	: max. 900 g/cm ³
Oluşum Isısı	: -1089 kJ/mol
Kristalleşme Isısı	: 87.31 cal/gr
Çözünme Isısı	: +22,2 kJ/mol
Çözünürlüğü	: Oda sıcaklığında sudaki çözünürlüğü az olmasına rağmen sıcaklık yükseldikçe çözünürlüğü de önemli derecede artmaktadır. Bu nedenle sanayide borik asidi kristallendirmek için genellikle doymun çözeltiyi 80 °C den 40 °C ye soğutmak yeterlidir. Çözeltilerindeki KCl, KNO ₃ , K ₂ SO ₄ , Na ₂ SO ₄ , gibi tuzlar çözünürlüğü arttırmakta, NaCl, CaCl ₂ gibi tuzlar ise çözünürlüğü düşürmektedir. Zayıf asit reaksiyonu verir.

Borik Asit üretim prosesi aşağıdaki ünitelere ayrılmış olarak özetlenmektedir.

2.7.2 Kolemanit Cevheri Alımı ve Stoklanması

Çizelge 2.5. Kolemanit Cevheri Tane Boyutu ve Nemi

<u>Boyut Aralığı (mm)</u>	<u>Nem</u>	
	<u>Tipik (%)</u>	<u>Dizayn Bazı (%)</u>
-100 +25	2-4	2-6
-25 +3	3-5	2-6
-3	8-12	8-12

Her bir boyut aralığındaki cevher kara yoluyla konsantratör tesislerinden Borik asit Fabrikasındaki cevher stok alanına nakledilir. Stok alanında cevher;

- Kapalı stok sahasına transfer edilmek üzere besleme hopperine dökülür,
- Cevher kurutma bölümüne veya iki ara stoktan birisine dökülür.

Hava şartları uygun olduğunda, -3 mm. boyutundaki cevher, nemini azaltmak amacıyla açık havadaki cevher kutuma bölümüne, aksi halde nemli olarak kapalı stok sahasına alınır. Cevher tane boyutu ve nemi çizelge 2.5’de sunulmuştur.

Cevher, loder ile ara stoktan ve cevher kurutma bölümünde alınarak, stok altı titreşimli besleyici, stok altı besleme konveyörü ve stok triper konveyörü aracılığıyla kapalı stok sahasına aktarılır. Kapalı stok sahasına 30 günlük cevher biriktirilmektedir.

2.7.3 Kolemanit Cevheri Kırma ve Hazırlama

Sadece -3 mm. Islak Kolemanit cevherinin değirmene beslenmesi öğütmede problemler yaratacağından, bu boyut aralığındaki cevher diğer iki boyut aralığı ile önceden karıştırılarak değirmene beslenir.

Öğütücüye, maksimum 40 mm.'ye kadar parçalar beslenecektir. Bu boyut -100 mm / +25 mm. Boyut aralığındaki cevherlerin kapalı devre çalışan bir çeneli kırıcıda kırılmasıyla elde edilecektir. Bu devrede yer alan 35 mm. Açıklıklı titreşimli elek maksimum 40 mm. Ürün boyutunun aşılmamasını sağlayacaktır.

Kolemanit Cevheri kapalı stok sahasından loder ile alınır. -100 mm / +25 mm ve -25 mm. / +3 mm. Boyut aralığındaki fraksiyonlar besleme hopperine yüklenir. Besleme hopperinden, kırıcı titreşimli besleyici vasıtasıyla alına cevher, kırıcı besleme bandından, kırıcı ürün bandından kırıcıya dönen elek üstü kırılmış cevherle birleşir. Manyetik metal tutucu metal parçalarını kırıcı besleme eleğinden önce ayırır.

Kırıcı beslemesindeki elek üstü malzemeler, çeneli kırıcıda kırılarak boyut küçültülür. Eleklerden geçen malzeme, kırılmış cevher konveyörü ile kırılmış cevher silosuna taşınır.

Elek veya kırıcının arızalanması durumunda, elek ve kırıcıdaki ürünün bir bölümü +40 mm. Boyutundaki malzeme bir şut sistemi ile yer seviyesinde oluşturulan büyük boyutlu cevher bunkerine akıtılarak boşaltılır. Böylece kırıcı ve eleği by-pass ederek -25 mm. / +3 mm. Boyutlu cevher ile üretim sürdürülür.

-3 mm. Boyut aralığındaki cevher loder ile besleme hopperine aktarılır. Titreşimli besleyici ile besleme konveyörüne çekilen cevher, kırılmış cevher silosunu besleyen bant konveyörde karıştırılmış olur.

2.7.4 Kolemanit Öğütme, Kuru Öğütülmüş Malzeme Stoğu ve Tartım

Kolemanit cevheri, kırılmış cevher silosundan titreşimli besleyici vasıtasıyla değirmene beslenir.

Sıcak hava, değirmenin tabanından girerek, öğütülmüş cevher parçacıklarını ayırıcıya taşır. İnce, ani kurutulmuş malzeme, ayırıcıdan ürünü toplayan siklona girer ve pnömatik kilitlemeli döner vana üzerinden, 1 nolu pnömatik taşıma sistemi ile dışarı çıkar.

Siklondan gelen hava değirmen fanına gelir, buradan da dizel ile ısıtılan ısıtıcıdan geçerek değirmenin tabanındaki hava deposuna verilir. Torbalı filtrelerin içinden geçerek atmosfere yapılan deşarj ile devreden su buharı uzaklaştırılır. Torba filtrelerde tutulan tozlar değirmene döner.

Ürün çıkışı pnömatik taşıma sistemi, öğütülmüş kolemaniti siloya taşır. Silo 8 saatlik ürün depolayacak kapasitededir. Taşıma havası havalandırma filtresinden atmosfere bırakılır.

Reaktör besleme silosu 2 nolu pnömatik taşıma sistemi tarafından beslenir. Taşıma havası silo havalandırma filtresinden atmosfere bırakılır. Reaktör besleme silosu 3 saat kolemanit cevheri besleme kapasitesine sahiptir. Cevher kesikli olarak tartım hopperinde tartılarak reaktör besleme hopperine gelir. Bu hopper bir cevher rezervuarı oluşturur, buradan reaktör besleyiciler malzemeyi çekerek birinci reaktörün besleme hattına alırlar.

2.7.5 Sülfirik Asit Depolama

Sülfirik Asit Borik Asit Fabrikasına karayolu ile nakledilir. Tankerler, transfer istasyonuna gelerek dört ana asit tankından birine ait boşaltma pompası vasıtasıyla asidi boşaltır. Asit depoları normal kullanımda 30 günlük asit ihtiyacı depolayacak kapasitedirler. Bu depolardan, asit besleme pompalarıyla günlük asit tankına alınan asit, dozaj pompaları ile birinci reaktör öncesi statik mikserde beslenir.

2.7.6 Ana Çözelti Isıtma, Asit Karıştırma ve Kolemanit Reaksiyonu

Ana çözelti ve sülfirik asidin karıştırılması bir “in-line” (statik) mikserde gerçekleşir. Sülfirik asidin seyreltme ısı ile birlikte, ana çözelti-asit karışımının sıcaklığı proseste istenen sıcaklığa ulaşır. (max.Yaklaşık 100⁰C) Bunun sağlanması için ana çözeltinin sıcaklığı, ana çözelti tankı ve ana çözelti eşanjöründe ayarlanır.

Asit-ana çözeltili karışımı, kuru öğütülmüş Kolemanit ile birinci reaktörde reaksiyona girer. Bu reaktördeki kalış süresi kısa olup, reaksiyon için çok iyi bir karıştırma gereklidir.

Reaktörler birinden diğerine taşacak şekilde dizayn edilmiştir. Proses dört aşamalı reaksiyon yöntemi ve iki adet yedek reaktörle çalışır. Bu herhangi bir reaktör devre dışı kalıp, bakım alındığında bile üretimi sürdürecektir yeterli bir esneklik sağlar. 1.kademe ve 2 kademe reaktörler yedeklidir. Ve arıza durumunda yedek reaktörler devreye girer. 1. kademe reaktör yedeğiyle 1. kademe reaktör transfer pompası ile bağlıdır. Bir tanesi devre dışı kaldığında, tank içeriği yedeğine boşaltılırken, sistem kesilmeden 2. kademe reaktöre de besleme yapılarak üretim sürdürülür. Aynı sistem, gerektiğinde 2. kademe reaktör ve yedeği arasında da 2. kademe reaktör transfer pompası ile sağlanarak üretime devam edilir. 3.kademe ve 4.kademe reaktörler yedeksizdir; herhangi biri devre dışı kaldığında bekleme süresi kısa tutularak sistem çalışmaya devam eder.

Kolemanit ve sülfirik asit arasındaki reaksiyon, sülfirik asidin tamamına yakınının kullanımı ile ilk reaktörde meydana gelir. Reaktörler izole edilerek ısı kaybı minimize edilmiştir. Kolemanit ile sülfirik asidin reaksiyonu ortam sıcaklığını artırmaz, reaktörün ısı kayıpları ve cevher ısıtılması ile küçük bir sıcaklık düşmesi ortaya çıkar. Reaktörün içi ısıtılmamaktadır. Birinci reaktörü terk eden çözeltinin Ph değeri 1,6-1,8 olarak kontrol altında bulundurulmaktadır. Geriye kalan üç kademe reaktör jips çamurundan çökme ile jips kristallerinin oluşumu için yeterli zamanı sağlamaktadır. Birinci aşamada reaksiyona girmeden kalan kolemanit ve sülfirik asit, daha sonraki üç reaktörde reaksiyona devam edecektir. Killerdeki safsızlıkların liç ile çözeltiliye alınmasını engellemek için reaktör dizisindeki Ph'ın giderek artması gerekmektedir.

Kullanılan cevherin özelliklerine göre, 1.kademe reaktöre sitrik asit beslemesi yapılması gerekebilecektir. Bu amaç için sitrik asit silosunda bulunan asit, bir vidalı besleyici ile reaktöre verilebilir.

İkincisi, üçüncü ve dördüncü reaktördeki jips çamurunun her noktada aynı özellikli süspansiyon halinde bulunmasını sağlamak amacıyla karıştırıcılar konulmuştur. Reaktörler izole edilmiş ve ısı kayıplarını karşılamak amacıyla dıştan ısıtma ile takviye edilmişlerdir.

Çözeltideki demir ve arseniğin giderilmesi için 2. reaktöre hidrojen peroksit (H_2O_2) beslenir. Hidrojen peroksit, boşaltma pompasıyla tankerlerden peroksit ana tankına, ana tanktan, günlük tank besleme pompalarıyla günlük tanka beslenir. Bu tanktan dozaj pompalarıyla kontrollü olarak 2. kademe reaktöre besleme yapılır.

2.7.7 Jips Çamuru Filtrasyonu

Jips çamuru, belt filtrele beslenmeden önce statik mikserde flokülant ile karıştırılır. Flokülant, hazırlama paketinden, flokülant besleme pompası ile flokülant ara tankına alınarak, buradan dozaj pompalarıyla statik mikserde beslenir ve jips çamuru ile karıştırılarak belt filtrele gönderilir.

Filtrasyon iki aşmada gerçekleşmektedir. Birinci kademe, iki adet belt filtre mevcuttur. Filtrelerden bir tanesi çalışmaktadır. Arıza durumunda veya tek filtrenin yetersiz kaldığı, düşük kalite cevher kullanıldığı durumlarda diğer filtre de devreye alınır.

Birinci kademedan alınan kek, remix tankında sıcak ana çözelti ile karıştırılarak, ikinci kademe belt filtreye gönderilir. 2. kademe filtrasyonda ters akımlı yıkama yapılır. Yıkama suyu kristalizatör kondenserinden alınan suyla yapılır. Kondens suyu, demi suyu basma pompaları ile verilen gerekli miktarda demi suyu ile birleştikten sonra eşanjörden geçirilerek kondensat tankında toplanır ve buradan 2. kademe filtre yıkama pompası ile filtre yıkama ünitesine beslenir. İkinci kademe filtrasyondan alınan kek atık tankında toplanarak, atık pompası ile atık barajına, ikinci kademe filtratı ise 2. kademe filtrat toplama tankında toplanarak, buradan 2. kademe filtre filtrat basma pompalarıyla ana çözelti tankına gönderilir ve reaksiyon ünitesine geri döner.

Birinci kademe filtrasyon filtratı kuvvetli çözelti tankında toplanarak cila filtrelerine gönderilir. Birinci kademe filtrasyondan gelen kuvvetli çözelti az miktarda katı safsızlık içerir. Bu safsızlıklar cila filtresinde, filtrasyon verimini artırmak için eklenen perlit ile birlikte uzaklaştırılır.

Torbalardan alınan perlit, perlit ekleme silosuna boşaltılır. Perlit, vidalı besleyici ile kontrollü olarak perlit tankına beslenir.

Bu tankta, kuvvetli çözeltiler tankından, perlit hazırlama tankı besleme pompasıyla alınan kuvvetli çözeltiler ile karıştırılan perlit, filtrelerde sirküle ettirilerek ön kaplama yapılması sağlanır. Perlit aynı zamanda sürekli olarak bir vidalı besleyici ile kuvvetli çözeltiler tankına beslenir. Ön kaplaması yapılmış filtreler pompalanarak temizlenen filtrat cilalanmış kuvvetli çözeltiler tankında toplanır. Filtrelerden bir tanesi çalışırken, diğerleri beklemede ya da ön kaplama işleminde olacaktır. Filtrelerde kalan çözeltiler, cila çözeltileri çamur tankında toplanarak, 2. kademe belt filtreye gönderilmek üzere remix tankına cila filtresi çamur boşaltma pompası ile pompalanır.

2.7.8 Borik Asit Kristalizasyonu

Borik Asit kristalizasyonu için 3 adet seri çalışan DTB (Draft-Tube-Baffle) tipi kristalizatör bulunmaktadır. Kristallenme, 85 °C'deki çözeltiler, 3. kademe 35 °C'ye düşürülerek gerçekleştirilir. 1.kademe kristalizatörden çıkan buhar, bir kondenserde soğuk ana çözeltiler ile diğer bir kondenserde soğutma suyu ile yoğunlaştırılarak elde edilen kondens suyu bir tankta toplanır. 2.kademe kristalizatör buharı da kondenserde , soğutma suyu ile yoğunlaştırılarak tankta biriktirilir. Tank içeriği kondens dönüş pompası ile eşanjöre gönderilir. 3. kademe kristalizatör buharı ise soğutma suyu ile kondenserde yoğunlaştırılarak, tanktan kondenser soğutma suyu pompalarıyla soğutma kulesine geri döner.

2.7.9 Borik Asit Kristal Yıkama ve Susuzlaştırma

Kristalizatörlerden alınan lapa, bir hidrosiklondan geçirilerek, hidrosiklon altı yaklaşık % 40 kristal içeren, kristal yıkama filtresi üzerinde ters akımlı olarak yıkanarak, suda çözünen safsızlıklardan uzaklaştırılır. Kristal yıkama için bir adet belt filtre bulunmaktadır. Hidrosiklon üst akışı soğuk ana çözeltiler toplama tankına alınır.

Filtrede 3 kademeli yıkama yapılır. Birinci yıkama aşamasından alınan filtrat, kristal yıkama susuzlaştırmadan gelen filtrat ile birleşir ve filtrat geri dönüş pompası filtresi ile belt filtreye ikinci aşama yıkama suyu olarak, ikinci yıkama aşamasından alınan filtrat

üçüncü aşama yıkama suyu olarak geri döndürülür. Kristal filtratı, soğuk ana çözelti toplama tankına pompalanır.

Yıkanmış kristalleri repulp etmek için demi suyu kullanılır. Su ile karıştırılan kristaller helezon konveyör ile santrifüjlere beslenir ve sonuçta % 5 su içeren bir kristal ürünü elde edilir. Santrifüjden alınan su, kristal yıkama suyu tankında toplanır ve buradan kristal yıkama suyu olarak belt filtre birinci yıkama kademesine kristal yıkama suyu pompasıyla pompalanır.

2.7.10 Borik Asit Kurutma, Depolama ve Paketleme

İki adet Borik asit kurutma ve soğutma ünitesi bulunmaktadır. Borik asit Kristalleri sıcak hava etkisiyle % 5 serbest su içeriğinden % 0,01 serbest su içeriğine kurutulur. Hem çok hem de az kurutulmuş Borik Asit ürünü istenmediğinden kurutma şartlarının dikkatlice kontrol edilmesi gerekmektedir.

Kurutulmuş ürünün çevre sıcaklığına akışkan yataklı bir soğutucu ile indirgenmesi, kekleşmeyen bir ürün üretiminin en ideal şartlarını sağlar. Kurutucu ve soğutuculardan çıkan havanın atmosfere atılmadan önce tozlarının uzaklaştırılması yapılmaktadır. Toz içeren hava bir siklondan geçirilerek toplanan toz ürün bir siloda toplanarak, torbalanır ve pazarlanır. Siklon üstü hava, yıkama kulesine gönderilir ve burada ılık ana çözelti tankından yıkama kulesi besleme pompasıyla pompalanan 50 °C'de çözelti ile yıkanır ve çözelti yıkama kulesi çıkış pompaları ile aynı tanka geri gönderilir. Yıkanan hava atmosfere verilir. Soğuk ana çözelti tankından kristalizatör kondenseri besleme pompaları ile 1. kademe kristalizatör kondeserine besleme yapılır. Kondenserden alınan ısınmış çözelti ılık ana çözelti toplama tankında toplanır. Çözelti eşanjörden geçerek sıcak ana çözelti ara tankında toplanır. Bu tanktan remix tankı besleme pompaları ile remix tankı ve ana çözelti tankı besleme pompaları ile ana çözelti tankına dağıtım yapılır.

Sistemde boşaltma soğuk ana çözelti tankından yapılır. Bu tank taşkanlıdır ve dolması durumunda deşarj hattına boşalır.

Acil durum boşaltması da yine bu tanktan emergency tankına, soğuk ana çözelti tankı deşarj pompası ile yapılır ve soğuk ana çözelti tankı basma pompasıyla geri alınır.

Kurutulan Borik Asit, kurutucu ve soğutucu ünitelerinden, kristal elevatörü besleme bantları vasıtasıyla alınarak, ürün silosuna çıkaracak kristal ürün elevatörlerine iletilir. Kristaller 25, 50 kg veya 1 tonluk torbalarda torbalanır. Bir numaralı paketleme ünitesi 25 veya 50 kg'lık torbalar, iki numaralı torbalama ünitesi bir tonluk torbalar doldurulur. Her bir ünite yıllık 100.000 ton Borik Asit torbalama kapasitesine sahiptirler. Torbalanan ürünler sevkiyat öncesi tutulacakları ürün ambarına alınırlar. Borik Asit fabrikasını içten ve dıştan gösteren fotoğraflar, resim 2.5-2.6'da fabrikaya ait akım şeması şekil 2.3'de sunulmuştur.

2.7.11 Üretilen Ürünler ve Ürün Spektleri

Emet Borik Asit tesisinde müşteri talebi doğrultusunda normal ve düşük sülfat borik asit elde edilebilmektedir. Borik Asit spesifikasyonları çizelge 2.6'da aşağıda sunulmuştur.

Çizelge 2.6 Borik Asit Spesifikasyonları

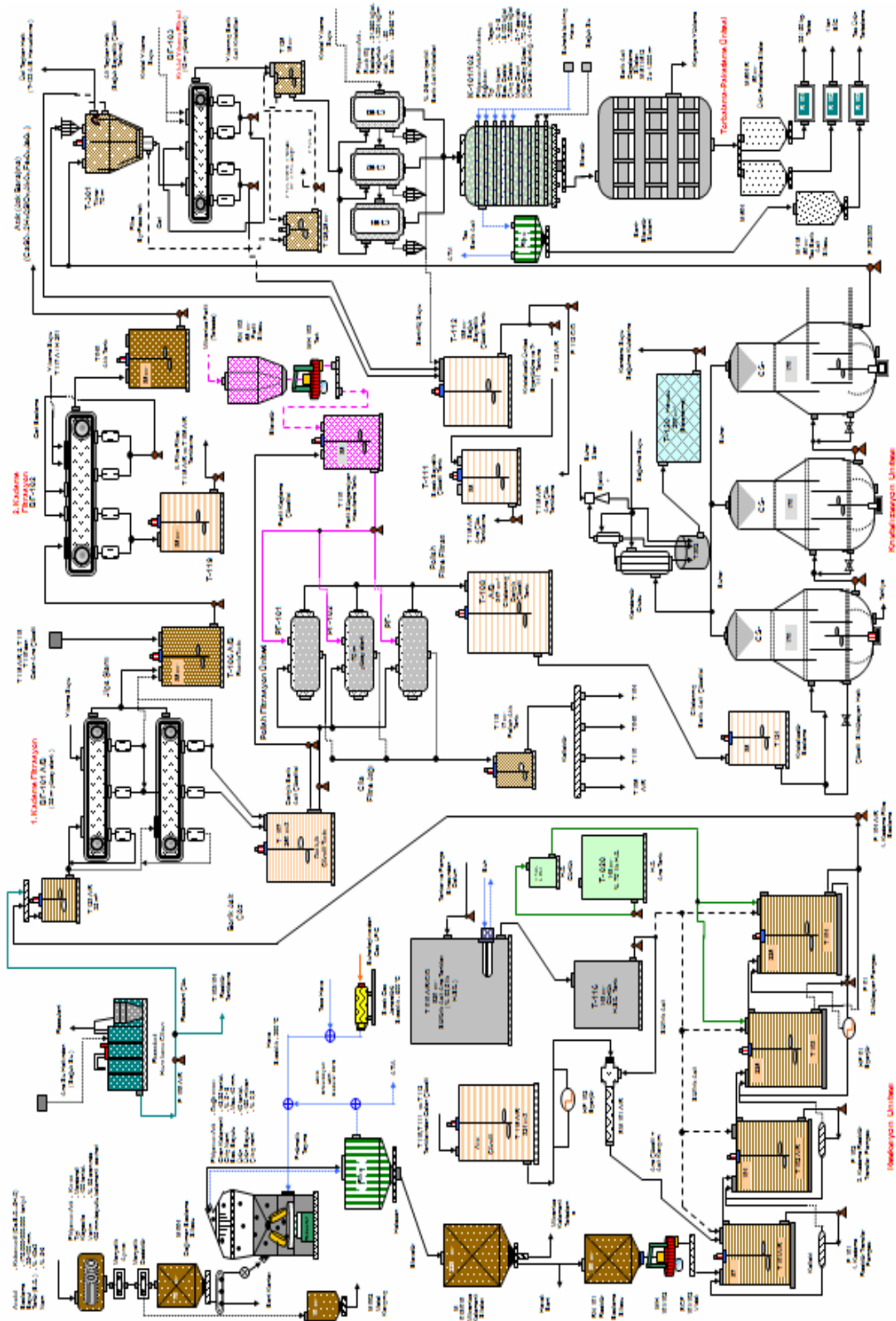
Kimyasal Özellikler: (Tipik)		
	Normal Sülfat	Düşük Sülfat
Saflık	99.90% min	99.90% min
B ₂ O ₃	56.25% min	56.25% min
SO ₄	400 ppm max	130 ppm max
Fiziksel Özellikler		
Kristal		
Molekül Ağırlığı	61,83	61,83
Özgül Ağırlık	1,435 gr/cm ³	1,435 gr/cm ³
Yığın Yoğunluğu	0,8-0,9 gr/cm ³	0,8-0,9 gr/cm
Tane Boyutu	+1 mm 4%max	+1 mm 4%max
	-0,060 mm 5% max	-0,060 mm 5% max
Toz		
Molekül Ağırlığı	61,81	
Özgül Ağırlık	1,435 gr/cm ³	
Yığın Yoğunluğu	0,6-0,8 gr/cm ³	
Tane Boyutu	+1 mm 0%	
	-0,060 mm 30% min	



Resim 2.5 Borik Asit Fabrikası Dıştan Görünüm



Resim 2.6 Borik Asit Fabrikası İçten Görünüm



Şekil 2.3 Borik Asit Fabrikası Akım Şeması

2.8 Hata Türü ve Etkileri Analizi

Hata Türü ve Etkileri (HTEA), işletmedeki sistem, proses, servisler veya ürünler geliştirilirken mevcut yapıdaki belirlenebilen hata türlerini önceden belirlemek, sınıflandırmak ve geliştirme aşamasında öncelikleri belirlemek üzere geliştirilmiş bir kalite geliştirme yöntemidir.

HTEA ilk olarak ABD ordusunda uçuş kontrol sistemlerinin geliştirilmesinde kullanılmıştır. Bu amaçla 1949'da "Hata Türleri, Etkileri ve Kritiği Analiz Etmek İçin Prosedürler" el kitabı yayınlanmış, sistem ve ekipman arızalarının etkilerini belirleyecek güvenilirlik analiz tekniği olarak geliştirilmiştir. 1960'lı yıllarda sistemli olarak ABD havacılık sanayinde kullanılmaya başlanmış, işletmelerde ise ilk Ford otomobil işletmesince kullanılmıştır (Baykasoğlu vd., 2003).

Önceden de bahsedildiği gibi HTEA yöntemi potansiyel hata sebeplerini tanımlamaya, sınıflandırmaya, gidermeye veya önleyici ve etkilerini azaltmaya yönelik uygulanan basit ama etkili bir yöntemdir. Süreçlerdeki riskler veya değişkenlikler genellikle girdilerdeki değişkenliklerden kaynaklanır. Değişkenlikler ise iki grupta toplanabilir (Denson, 1992). Bunlar süreçlerin doğasından kaynaklanan genel değişkenlikler ve bir takım beklenmeyen etkilerden kaynaklanan özel değişkenliklerdir. Genel değişkenlikler tüm kütleyi etkisi altına alırken, özel değişkenlikler ise sadece kısıtlı bir grubu etkiler. HTEA çalışmalarının her iki gruptaki değişkenliklerin yönetimine yönelik olmakla beraber öncelikli hedef ikinci gruba giren değişkenliklerin ortadan kaldırılması veya azaltılmasıdır. Bu doğrultuda yapılan çalışmaların ana hedefleri aşağıda sunulmuştur (Stamatis, 1995; Yılmaz, 2000).

- Yeni üretim yöntemlerinin geliştirilmesine yardımcı olması,
- Ürünlerde rakiplere kıyasla belirgin fark oluşturabilecek önceliklerin saptanması,
- Ürün ve servislerin kalitesinin, güvenilirliğinin ve güvenliğinin artırılması,
- İşletmelerin imajını ve rekabet edebilirliğini desteklemesi,
- Müşteri tatmininin artırması,
- Ürün geliştirme zamanını ve maliyetini azaltması,

- Ürünü müşteri zevk ve tercihlerini karşıladığından emin olmak için planlanan üretim ve montaj süreciyle ilişkili olarak tasarım karakteristiklerinin analiz edilmesi,
 - Üründeki olası hataları önceden belirlemesi ve önlenmesi,
 - Ürün geliştirme faaliyetlerindeki önceliklerin saptanmasına yardımcı olması,
 - Süreç geliştirmede mühendislerin görüşlerinin özetlenmesi,
 - Hurda ve firelerin azaltılmasını sağlaması,
 - İşletmenin genel bilincinin artmasına ve grup çalışmalarının benimsenmesine ve geliştirilmesi,
- olarak özetlenebilir.

Aslında tüm bu sayılanların ötesinde HTEA yönteminin uygulanmasının temel sebebi sürekli gelişme ihtiyacıdır. İşletmelerdeki sürekli gelişme arzusu ve HTEA uygulamaları birbiriyle çok güçlü bir etkileşimdedir. İkisinin de tek başına gerçekleşmesi düşünülemez (General Motors, 1998).

HTEA çalışması, ağırlıklı olarak potansiyel hatalar üzerine yoğunlaşacağından, mümkün oldukça erken başlatılmasında yarar bulunmaktadır. Her ne kadar yeterli ve somut bilgi olmadığı yönünde bir eleştiri olabilirse de, çalışmanın ilerleyen aşamalarında tekrar gözden geçirme olasılığı her zaman vardır.

HTEA,

- Yeni bir sistem, ürün, proses veya servis/bakım operasyonu tasarımı söz konusu olduğunda,
- Herhangi bir nedenden dolayı mevcut sistem, ürün, proses veya servis/bakım operasyonunda temel bir değişiklik söz konusu olduğunda,
- Sistem, ürün, proses veya servis/bakım operasyonlarında bir geliştirme düşünüldüğünde kullanılabilir (Ford, 1992).

HTEA çalışması bireysel bir faaliyet olarak düşünülemez. Genellikle işletmelerin belirli bir alanında ve özel bir durum üzerinde çalışılacağından çalışma yapacak ekiplerin çok yaygın bir yelpazeden kişilerce oluşturulması tercih edilmez. Ekiplerin söz konusu özel konu veya durumla doğrudan ilgili kişilerce oluşturulması daha makul bir yaklaşım olacaktır.

Ancak yine de ekibin sadece tek bir fonksiyondan kişilerin bir araya gelmesi ile yapılamayacağı da açıktır. Dolayısıyla değişik fonksiyonlarda multi disiplinler ekipler kurulmalıdır. Yöntemin uygulanması ile ürünler üzerinde mevcut veya potansiyel olarak mevcut hataların önlenmesi hedeflendiğinden ilk aşamalarda çalışma, birtakım tahminler ve kabuller ile ilerleyecektir (Stamatis, 1995).

2.8.1 Hata Türü ve Etkileri Analizi Çeşitleri

HTEA Yöntemi genellikle dört çeşitte ele alınmaktadır (Baykasoğlu vd., 2003) .

- Sistem HTEA : Sistemleri ana ve alt sistemler olarak analiz eder ve sistemi oluşturan öğelerin arasındaki potansiyel hata türlerini bulmaya yönelik bir yöntemdir.
- Tasarım HTEA : Üretim öncesinde ürün tasarım/geliştirme aşamasında geçmişteki oluşan hata ve şikayetleri değerlendiren ve yeni ürün/teknoloji tasarım veya geliştirmesinde olabilecek hata türlerini belirlemeye ve önlemeyi amaçlayan bir yöntemdir.
- Servis HTEA : Henüz servis müşteriye ulaşmadan servisin analizine imkan veren bir yöntemdir.
- Süreç HTEA : Süreç ve alt süreçlerin analiz edilmesi, mevcut hata ve risklerin belirlenmesi ve geliştirilmesine imkan vermektedir.

2.8.2 Hata Türü ve Etkileri Analizi Uygulama Süreci

HTEA uygulama süreci üç aşamadan oluşmaktadır (Acılar ve Özcan; 2006 : 454; Yılmaz : 136) .

- Hazırlık Aşaması
- Sistem Analizi
- Sonuçların Değerlendirmesi.

Örnek bir HTEA süreci aşağıdaki sırayla uygulanabilir :

- Fonksiyonların belirlenmesi ve tanımlanması,
- Hata türlerinin belirlenmesi ve tanımlanması,

- Hata sebeplerinin belirlenmesi,
- Hata olasılıklarının belirlenmesi,
- Hata şiddetinin belirlenmesi,
- Hatanın tespit edilebilirliğinin belirlenmesi,
- Risk Öncelik Göstergesi (RÖG) hesaplanması ve büyükten küçüğe doğru sıralanması.
- Risk azaltıcı önlemlerin alınması olarak özetlenebilir.

Olası hata türleri, bu hataların etkileri ve sebeplerinin belirlenmesinden sonra hatanın çıkış olasılığının da belirlenmesi gerekmektedir. Geçmiş veriler incelenerek toplam işlemden ne kadarında bu hataya rastlandığı nicel olarak belirlenebilir veya uzman tarafından nitel olarak değerlendirilebilir. Hata olasılığı değerlendirmesi aşağıdaki çizelge 2.7’de verilen sınıflandırmaya göre yapılmaktadır.

Çizelge 2.7 Olasılık Değerlendirmesi (Baykasoğlu vd., 2003).

Hata Olasılığı	Olası Hata Oranları	Derece
Hemen hemen kesin	$\geq 1/2$	10
Çok yüksek	1/2	9
Yüksek	1/8	8
	1/20	7
Orta	1/80	6
	1/400	5
	1/2.000	4
Düşük	1/15.000	3
Çok düşük	1/150.000	2
Hemen hemen imkansız	$\leq 1/150.000$	1

Hata olasılıklarının belirlenmesinden sonra, önemli bir çalışma da hatanın şiddetidir. Hata şiddeti ile kasıt, ürün, hizmet veya sürecin ana hedefinde oluşturduğu olumsuz etkinin derecesidir.

Örneğin müşteri üzerinde üründeki bir hatanın etkisi gibi düşünülebilir. Hata etkisi değerlendirmesi aşağıdaki çizelge 2.8’de verilen sınıflandırmaya göre yapılmaktadır.

Çizelge 2.8 Hata Şiddeti Değerlendirmesi (Baykasoğlu vd., 2003).

Etki	Kriterler	Derece
Tehlikeli	Emniyetle ilgili, kuralsız ve her herhangi bir ikaz olmaksızın olabilen bir arıza.	10
Ciddi	Emniyetle ilgili, kuralsız ve har hangi bir ikazla gelebilen bir arıza	9
Çok Büyük	Üretimin tümünü geçersiz (hurda) kılabilir, Ürün temel fonksiyonlarını kaybeder ve kullanılamaz olur; müşteri tamamen memnuniyetsiz kalır.	8
Büyük	Ürün/süreç üzerinde büyük etki. Ürün kullanılamaz, üretimdeki kusurlu kısımların ayıklanması gerekir, yoksa müşteri memnuniyetsiz kalır.	7
Önemli	Parçanın yeniden işlenmesi/tamirine neden olur. Ürün performansının düzeyinde düşmeye sebep olur. Ürün çalışmaktadır, yalnız kolaylık sağlayan bazı fonksiyonları çalışmamaktadır, müşteri memnuniyetsiz kalmıştır.	6
Orta	Ürün performansı/süreç üzerinde orta şiddette etki. Kolaylık ve rahatlık sağlayan fonksiyonlar düşük performansla çalışır, müşteri memnuniyetini düşürür.	5
Küçük	Ürün performansı/süreç üzerinde küçük şiddette etki. Hata müşteri tarafından fark edilir, az da olsa memnuniyetsizlik yaşanır.	4
Önemsiz	Ürün performansı/ süreç üzerinde önemsiz etki. Hata müşteri tarafından fark edilmez.	3
Çok Önemsiz	Ürün performansı/ süreç üzerinde çok önemsiz etki. Hata müşteri tarafından fark edilmez.	2
Etki Yok	Ürün performansı/ süreç üzerinde hiçbir etki yok.	1

Hatanın tespit edilebilirliği, ürünün üretimini veya sürecin tamamlanmadan hatanın bulunabilme olasılığının belirlenmesidir. Hatanın tespit edilebilirliği değerlendirmesi aşağıdaki çizelge 2.9’da verilen sınıflandırmaya göre yapılmaktadır.

Çizelge 2.9 Hata Tespit Edilebilirlik Düzeylerinin Değerlendirilmesi
(Baykasoğlu vd., 2003).

Tespit Etme	Kriterler	Derece
İmkansız	Tespit etme imkanı yoktur	10
Çok Zor	Kontrollerle hata belirlemek çok zordur	9
Zor	Kontrollerle hata belirlemek zordur	8
Çok az	Kontrollerle hata belirlemek çok azdır	7
Az	Kontrollerle hata belirlemek azdır.	6
Orta	Kontrollerle hata belirlemek orta düzeydedir.	5
Orta Üzeri	Kontrollerle hata belirlemek orta üzeridir.	4
Yüksek	Kontrollerle hata belirlemek yüksek düzeydedir.	3
Çok Yüksek	Kontrollerle hata belirlemek çok yüksek düzeydedir	2
Kesin	Kontrollerle hata belirlemek hemen hemen kesindir.	1

HTEA yönteminin uygulanmasında tüm çalışma aşağıdaki Çizelge 2.10'un hazırlanması ile yürütülmektedir.

Çizelge 2.10 Hata Türü ve Etkileri Analiz Formu (Eryürek ve Tanyaş, 2003 : 33).

HATA TÜRÜ ve ETKİLERİ ANALİZ FORMU														
Ürün: _____						Proje No: _____								
Çalışma Tarihi: _____				Ürünün Planlanan Üretim Tarihi: _____				Hazırlayan: _____		Ekip: _____				
Onay: _____														
Hata Türü	Etkiler	Sebepler	Mevcut Kontrol	Mevcut Durum				Öneriler	Sonuç					Sorumlu
				Olasılık	Şiddet	Keşf.	RÖG		Yapılan	Olasılık	Şiddet	Keşf.	RÖG	

Hata türlerine ait hata olasılığı, hata şiddeti ve tespit edilebilme düzeyleri çarpılarak RÖG puanı bulunur. Bu puanı esas alınarak büyükten küçüğe doğru bir sıralanır ve böylece öncelikli hatalar belirlenmiş olur. Bu aşamadan sonra hangi hata türleri üzerinde yoğunlaşacağımızı belirleyebilmek için bir basamak değerin belirlenmesi gerekir.

Basamak değeri belirleyebilmek için istatistikte olduğu gibi belirli bir güven veya anlamlılık düzeyinde kabul edilmesi uygun olacaktır. Her üç kriter için 10'lu derecelendirme kullanılması durumunda toplam puan üçünün çarpımı yani 1000 puan olacaktır. Eğer %99 güven düzeyi veya diğer ifadeyle %1 anlamlılık hedeflendiği bir çalışmada basamak değeri $\%1 * 1000 = 10$ puan olacaktır. Bu durumda RÖG değeri 10'un üzerinde olan her hata türü değerlemeye alınmalı anlamı çıkacaktır. Basamak değeri %5 anlamlılık düzeyinde 50, %10 anlamlılık düzeyinde ise 100 puan olarak kabul edilecektir.

Belirli bir anlamlılık düzeyinde basamak değeri belirlendikten sonra sıra sistem/ürün/süreç gibi ele alınan temel konuda iyileştirme faaliyetinin başlatılmasına gelmiştir. Ancak iyileştirme, geliştirme faaliyetlerine başlamadan önce bizim amaç ve kısıtlarımızı gözden geçirmemizde fayda bulunmaktadır. Örneğin temelde ana ve tali hedeflerimiz nelerdir öncelikli olarak değerlendirme yapıldıktan sonra bizi sınırlayan para, zaman, kaynak vb kısıtlarımızı da belirlemek gerekmektedir.

Basamak değerinin belirlenmesi ile önem düzeyi düşük kusurlar elimine edilmiş ve daha az ama önemli kusurlar bırakılmıştır. Ama yine de elimizdeki ana hedeflerimiz çerçevesinde ve kısıtlarımız çerçevesinde her kusuru elimine etmek, iyileştirmek mümkün olmayabilir. Bu konuda elimizdeki imkanlar çerçevesinde iyileştirme faaliyetleri yürütülür ve neticesinde HTEA analizi tekrarlanır. İkinci analiz sonuçlarında iyileştirmenin etkileriyle önceki sorunlar daha azalmış olmalıdır. Bu şekilde sürekli tekrarlanabilir bir çalışma imkanı sunan HTEA yöntemi, eski ve yeni sistem üzerinde gelişmenin ve iyileşmenin boyutlarını da görmemize imkan vermektedir.

Sonuç olarak HTEA gerek tek başına gerekse tüm sistem iyileştirme, geliştirme faaliyetleri içersinde çok kolay uygulanabilen ama bir o kadar da kullanışlı ve faydalı bir çalışmadır.

3 MATERYAL VE METOD

3.1 Amaç ve Kapsam

Bu çalışmada amaç, Emet Bor İşletme Müdürlüğü Borik Asit Fabrikasında üretilen Borik Asit ürününün üretim süreci esnasında, üretim hızı, üretim verimliliği ve üretim kalitesinin artırılması amacıyla, tüm üretim süreci ve alt süreçlerinde iyileştirmenin sağlanmasıdır.

Kapsam, Kütahya ili Emet ilçesinde faaliyet gösteren Emet Bor İşletme Müdürlüğüne bağlı Borik Asit Fabrikası ve bunun üretim süreçleriyle sınırlıdır.

3.2 Yöntem

Hata türlerinin analizinde Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA), süreç iyileştirmede ise süreç iyileştirme döngüsü yöntemleri kullanılacaktır.

3.3 Verilerin Elde Edilmesi

Hata (Risk) türü etki analizi tablolarının oluşturulmasında gerekli olan süreç ve risk faktörlerinin ve bu risklere ait sıklık, üretimi durdurma etkisi, belirleme zorluğu gibi nitel değerlerin belirlenmesi için İşletmenin mevcut süreç (akım) şemaları ve üretim istatistiklerinden yararlanılmıştır. Bunun yanında süreçlerde çalışan üretim orta ve alt yöneticileri ile yapılan mülakatlardan elde edilen bilgilerle veriler elde edilmiştir. Son bir yıl içinde yapılan mülakatlarda yöneticilere Borik Asit Fabrikasında, üretim süreçlerinde yaşanan potansiyel sorunlar, sorunların çözüm önerileri, sorunların oluşma sıklığı, üretimi durdurma etkisi ve tespit edinebilirliği hakkında sorular sorulmuş olup, alınan cevaplara göre veriler elde edilmiştir.

3.4 Kısıt ve Kabuller

Bu çalışma İşletme Müdürlüğünün iznine tabi bilgiler ile kısıtlıdır. Süreç iyileştirme çalışmasında İşletme Müdürlüğünün ayırabileceği maliyet ve süre sınırlı olup, değerler 150.000,00 YTL ve 6 ay ile sınırlandırılmıştır.

Elde edilen istatistiksel bilgiler ve mülakatlardan elde edilen verilerin gerçeğe uygun olarak beyan edildiği kabul edilmiştir.

3.5 Uygulama

Uygulama safhaları dört grupta değerlendirilmektedir.

- Fonksiyon analizi ile sürecin safhalarının tanımlanması,
- Risk analizi ile risklerin tanımlanması, öncelik gösterge puanlarının hesaplanması ve sıralanması,
- Alınabilecek önlemlerin ve iyileşme şartlarının ve harcanacak kaynakların belirlenmesi ve iyileşme planının bir dönemlik yapılması,
- Tekrar HTEA uygulanması ve ilk RÖG puanları ile karşılaştırılarak iyileşme yüzdesinin belirlenmesidir (Eleren, 2007).

3.5.1 Süreç Analizi

Bu aşama, uygulamanın ilk aşamasını oluşturmaktadır. Sürecin safhalarının tanımlanması veya başka bir ifade ile süreç fonksiyon analizinde süreci oluşturan her bir alt sürecin veya etki eden faktörlerin sıralanmasına ve tanımlanmasına çalışılmaktadır. Uygulamanın başarısında ilk şart doğru ve mantıklı bir süreç çalışmasıdır. Bu nedenle bu aşamanın üzerinde titizlikle durulması gerekmektedir. Her bir fonksiyon, riskler olsun veya olmasın bütünlüğün sağlanması için çalışmaya dahil edilmektedir.

Bu amaçla süreç analizi çizelgeleri hazırlanmıştır. (Bkz: Çizelge 3.1-3.2)

Çizelge 3.1 Süreç Analizleri

ÜNİTE İSMİ	TANIM	ÜNİTE İSMİ	TANIM
1- CEVHER HAZIRLAMA	1 a- Cevher Kıırma	2- REAKSİYON	Reaksiyon ünitesinde altı adet reaktör tankı bulunmaktadır. Reaktörlerden ilk ikisi yedekli çalıştırılmakta ve içleri kauçuk ile kaplanmıştır. Bu iki reaktör tankı girişinde ana çözelti ve sülfürik asit karışımını sağlayan statik mikser mevcuttur. 1. Reaktör tankında, çözelti ve sülfürik asit karışımı, öğütülmüş kolemanit ile reaksiyona girer. Reaktörler birinden diğerine taşacak şekilde dizayn edilmiştir. Kolemanit ve sülfürik asit arasındaki reaksiyon sülfürik asidin tamamına yakınının kullanımı ile ilk reaktörde meydana gelir, birinci aşamada reaksiyona girmeden kalan kolemanit ve sülfürik asit daha sonraki reaktörlerde reaksiyonu tamamlarlar. Reaksiyon ünitesinde kullanılan reaktörler ısı kayıplarına önlemek için izole edilmiş ve dıştan ısıtma ile takviye edilmiştir. Reaktörlerde jips çamurunun her noktada aynı özellikli süspansiyon halinde bulunmasını sağlamak amacıyla karıştırıcılar kullanılmaktadır. Reaksiyon sıcaklığı optimum 88 ° C olup reaksiyon süresi yaklaşık 4 saattir.
	1 b- Cevher Öğütme	3- FİLTREASYON	Reaksiyon ünitesi son reaktöründe reaksiyonu tamamlanan jips çamuru, belt filtrele beslenmeden önce flokulant ile karıştırılır. Filtrasyon iki aşamada gerçekleştirilir. Birinci kademede, iki adet belt filtre mevcuttur. Filtreler yedekli çalıştırılmaktadır. Birinci kademeden alınan kek, remix tankında sıcak ana çözelti ile karıştırılarak, ikinci kademede belt filtreye gönderilir. İkinci kademede filtrasyonda ters akımlı yıkama yapılır. İkinci kademede filtrasyondan alınan kek atık tankında toplanarak, atık barajına gönderilir. İkinci kademede filtratı ise filtrat toplama tankında toplanarak pompa yardımıyla ana çözelti tanklarına gönderilir ve reaksiyon ünitesine geri döner. Birinci kademede filtrasyon filtratı kuvvetli çözelti tankında toplanarak cila filtrelerine gönderilir. Cila filtrelerinde kuvvetli çözelti içerisindeki az miktardaki katı safsızlıklar filtrasyon verimi artırmak için eklenen perlit ile birlikte uzaklaştırılır. Temizlenen filtrat cilaalanmış kuvvetli çözelti tanklarında toplanarak kristalizatör besleme tankına gönderilir.

Çizelge 3.2 Süreç Analizleri

ÜNİTE İSMİ	TANIM	ÜNİTE İSMİ	TANIM
4- KRİSTALİZASYON	<p>Borik asit kristalizasyonu için üç adet seri çalışan DTB (Draft-Tube-Baffle) tipi kristalizatör kullanılmaktadır.</p> <p>Kristalleme 88 °C deki çözelti, üç kademede 35 °C'ye düşürülerek gerçekleştirilir. Kristalizatörlerden çıkan buhar kondensatörlerde soğutma suyu ile yoğunlaştırılarak elde edilen kondensatör suyu bir tankta toplanır. Toplanan kondensatör suyu soğutma suyu pompaları ile soğutma kulesine gönderilir. Kristalizatörden alınan lapa bir hidrosiklonla geçirilir, kristal yıkama filtresi üzerinde ters akımlı olarak demineralize su ile yıkılarak suda çözünür safızlıklar uzaklaştırılır ve böylece üründen istenilen sülfat aralığı sağlanır. Hidrosiklon üst akışı soğuk ana çözelti tankında toplanır.</p>	6- KURUTMA	<p>Kristalizatörlerde oluşan Borik Asit kristallerini kurutmak amacıyla iki adet dikey tipli tepsili kurutucu kullanılmaktadır. Bu kurutucuların son iki gözünde ürün soğutulur max. %0,05 nem içeriğinde borik asit kristalleri elde edilir. Elde edilen borik asit kristalleri elevatör ve helikon yardımıyla ürün eleklelerinde sınıflandırma yapılır. Kullanılan eleklerde iki kademeli eleme yapılır. İkinci elek altı, toz paketlenme silosunda; birinci elek altı ise kristal paketlenme silolarında depolanır.</p>
5- SANTRİFÜJ	<p>Yıkamış kristaller santrifüjlere beslenir ve kurutuculara beslenmeye hazır halde %7-8 nem içerikli kristal elde edilir.</p>	7- PAKETLEME	<p>Silolarda toplanan ürün müşteri talebine göre 25 kg'lık, 50 kg'lık ve 1 tonluk big-bag torbalarda kristal borik asit, toz ise 1 tonluk big-bag torbalarda toz borik asit olarak paketlenir.</p>

3.5.2 Risk Analizi

Borik Asit üretim sürecinin alt fonksiyonlarına ait üretimi ve kaliteyi engelleyen riskler (hata türleri) belirlenmiştir. Bir fonksiyon için hata türleri hiç olmayabilir veya çok sayıda da olabilir. Bu durum fonksiyonu oluşturan süreçlerin temel şartlarından kaynaklanmaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken husus, gerek fonksiyon sayısında ve gerekse her fonksiyona ait hata türü sayılarında gereken ve problemi tanımlayan sayılara ulaşmaktır. Başka bir deyişle aşırıya kaçmamak gerekmektedir.

Çalışmada risk öncelik göstergesinin hesaplanmasında kullanılan girdiler, sıklık, üretimi durdurma etkisi ve belirleme zorluğu değerleri nitel değerler olup 1-10 arası değişim göstermektedir. Risklerin ve her riske ait nitel değerlerin belirlenmesi amacıyla işletmede son bir yıl boyunca Borik Asit üretim süreci gözlemlenmiştir. Tüm sürece dair istatistikler ve gözlemler neticesinde riskler belirlenmiş ve tanımlanmıştır Daha sonra potansiyel risklerin oluşma sıklığı, üretimi durdurma etkisi ve belirleme zorluğu 1-10 arası nitel verilere dönüştürülmüştür. Çalışma için gerekli olan sıklık, üretimi durdurma etkisi ve belirleme zorluğu parametreleri sınır değerlerini belirten çizelgeler aşağıda sunulmuştur. (Bkz: Çizelge 3.3-3.4-3.5)

Son olarak da üç değer çarpılarak RÖG puanları hesaplanmış ve öncem düzeyine göre sıralanmıştır.

İyileştirme öncesi HTEA analizi Çizelgeleri RÖG puanları tüm hata türleri RÖG puan sıralamasına tabi tutulur ve önem düzeylerine göre değerlendirilmiştir. (Bkz: Çizelge 3.6-3.7-3.8-3.9)

Bu değerlendirmeye göre; (RÖG) puanlarının 6-567 arasında değiştiği görülmektedir. Burada en önceliği 567 puanla Kristalizasyon Ünitesindeki “Bir kristalizatörde oluşan kristal bir pompa yardımı ile diğer kristalizatöre aktarılmaktadır. Pompanın tıkanmasından dolayı aktarım yapılamamakta, aktarım yapılmayan kristalizatörde seviye ve yoğunluk artışı olduğu için kristalizatörlere besleme kesilir ve üretim durur.” riski oluşturmaktadır. Bunu 504 puanla Kristalizasyon Ünitesindeki “Kristalizatör içindeki ince tanelerin çözünüp tekrar kristalizatöre verilebilmesi için eşanjör kullanılmaktadır. Bu eşanjörlerin tıkanması üretimi aksatmaktadır.” takip etmektedir.

Çizelge 3.3 Belirleme Zorluğu Sınır Değerleri

Belirleme Zorluğu	Kriterler	Derece
İmkansız	Tespit etme imkanı yoktur	10
Çok Zor	Kontrollerle hata belirlemek çok zordur	9
Zor	Kontrollerle hata belirlemek zordur	8
Çok az	Kontrollerle hata belirlemek çok azdır	7
Az	Kontrollerle hata belirlemek azdır.	6
Orta	Kontrollerle hata belirlemek orta düzeydedir.	5
Orta Üzeri	Kontrollerle hata belirlemek orta üzeridir.	4
Yüksek	Kontrollerle hata belirlemek yüksek düzeydedir.	3
Çok Yüksek	Kontrollerle hata belirlemek çok yüksek düzeydedir	2
Kesin	Kontrollerle hata belirlemek hemen hemen kesindir.	1

Çizelge 3.4 Hata Sıklığı Sınır Değerleri

Hata Sıklığı	Derece
Hemen hemen kesin	10
Çok yüksek	9
Yüksek	8
	7
Orta	6
	5
	4
Düşük	3
Çok düşük	2
Hemen hemen imkansız	1

Çizelge 3.5 Üretimi Durdurma Etkisi Sınır Değerleri

Üretimi Durdurma Etkisi	Kriterler	Derece
Tehlikeli	Emniyetle ilgili, kuralsız ve her herhangi bir ikaz olmaksızın olabilen bir arıza.	10
Ciddi	Emniyetle ilgili, kuralsız ve har hangi bir ikazla gelebilen bir arıza	9
Çok Büyük	Üretimin tümünü geçersiz (hurda) kılabilir, üretim durur.	8
Büyük	Ürün/süreç üzerinde büyük etki. Ürün kullanılamaz, üretimdeki kusurlu kısımların ayıklanması gerekir, ayrıca ekipmanlarda zarar meydana gelmiştir.	7
Önemli	Ürünün yeniden işlenmesi/tamirine neden olur. Ürün performansının düzeyinde düşmeye sebep olur. Ekipmanlar çalışmaktadır, yalnız kolaylık sağlayan bazı ekipmanlar çalışmamaktadır, üretimin durması ihtimali artmıştır.	6
Orta	Ürün üretimi/süreç üzerinde orta şiddette etki. Ekipmanlara yük biner bakım süresi uzayabilir. Hata üretimi aksatabilir.	5
Küçük	Ürün üretimi/süreç üzerinde küçük şiddette etki. Hata üretimi aksatabilir.	4
Önemsiz	Ürün üretimi/ süreç üzerinde önemsiz etki.	3
Çok Önemsiz	Ürün üretimi/ süreç üzerinde çok önemsiz etki.	2
Etki Yok	Ürün üretimi/ süreç üzerinde hiçbir etki yok.	1

Cizelge 3.6 Borik Asit Üretim Sürecinde Hata Türü ve Etkileri Analizi

ÜNİTE İSMİ	TANIM	RISK (POTANSİYEL SORUNLAR)	SIKLIK (a) (1-10)	ÜRETİMİ DURDURMA ETKİSİ (b) (1-10)	BELİRLEME ZORLUĞU (c) (1-10)	RÖĞ (a*b*c) (1-1000)	SIRA NO	FONKSİYON ARALIĞI (%)	
1 - CEVHER HAZIRLAMA	1 a - Cevher Kıırma	Kolemanit Cevheri kapalı stok sahasından loder ile alınır. 100 mm / +25 mm ve -25 mm. / +3 mm. Boyut aralığındaki fraksiyonlar besleme hopperine yüklenir. Besleme hopperinden, kırıcı titreşimli besleyici vastasıyla alına cevher, kırıcı besleme bandından, kırıcı ürün bandından kırıcıya dönen elek üstü kırılmış cevherle birleşir. Manyetik metal tutucu metal parçalarını kırıcı besleme eleğinden önce ayırır. Kırıcı beslemesindeki elek üstü malzemeler, yeneli kırıcıda kırılarak boyut küçültülür. Eleklere geçen malzeme, kırılmış cevher konveyörü ile kırılmış cevher silosuna taşınır.	1-Merdaneli kırıcıya beslenecek olan 25-100 mm tane boyutundaki cevherin verimli kırılmayı engelleyecek şekilde neminin yüksek olması	7	5	3	105	11	7,83
			2-Kırılacak cevher içerisinde bulunan kil ve benzeri gang minerallerin fazla olması	6	3	3	54	18	
			3-Merdaneli kırıcı silindirlere üzerinde bulunan dişlilerin aşınması	3	4	4	48	22	
			4-Kırıcı silosuna besleme yapan lastik tekerli loderin arıza yapması	2	9	2	36	27	
			5-Top tutma torbalarının tıkanması ve aşırı dolması	3	4	4	48	23	
			6-İnvertesinde periyodik olarak temizlik gerektirmesi	1	10	1	10	1	
			7-Özellikle kış aylarında nemli yüksek gelen kırılmış cevherin, öğütme ünitesinde bulunan yıldız besleyici kovalarını doldurarak beslemeyi kesmesi	5	9	3	135	6	
			8-Öğütme silosuna besleme yapan lastik tekerli loderin arıza yapması	2	9	2	36	28	
			9-Sıcak hava sağlayan sistemde brülör fan motoru arızası ve doğal gaz kesintisi	2	9	8	144	5	
			10-Öğütme filtre fark basıncının yeterli seviyede olmaması	4	3	4	48	24	
			1 b - Cevher Öğütme	Sıcak hava, değirmenin tabanından girerek, öğütülmüş cevher parçalarını ayrıncıya taşır. İnce, ani kurutulmuş malzeme, ayrıncıdan ürünü oplayan siklona girer ve pnömomatik kilitlenmeli döner vana üzerinden, 1. Nolu pnömomatik taşıma sistemi ile dışarı çıkar. Siklondan geçen hava değirmen fanına gelir, buradan da dizele ile ısıtılan ısıttırdan geçerek değirmenin tabanındaki hava deposuna verilir. Torbalı filtrelerin içinden geçerek atmosfere yapılan deşarj ile devreden su buharı uzaklaştırılır. Torba filtrelerde tutulan tozlar değirmene döner.	1-Özellikle kış aylarında nemli yüksek gelen kırılmış cevherin, öğütme ünitesinde bulunan yıldız besleyici kovalarını doldurarak beslemeyi kesmesi	5	9	3	
2-Öğütme silosuna besleme yapan lastik tekerli loderin arıza yapması	2	9			2	36	28		
			3	9	4	108	9		
			SAYFA TOPLAMI RÖĞ			762			

Cizelge 3.7 Borik Asit Üretim Sürecinde Hata Türü ve Etkileri Analizi

ÜNTE İSMİ	TANIM	RİSK (POTANSİYEL SORUNLAR)	SIKLIK (a) (1-10)	ÜRETİMİ DURDURMA ETKİSİ (b) (1-10)	BELİRLEME ZORLUCU (c) (1-10)	RÖĞ (d*9%) (1-1000)	SIRA NO	FONKSİYON ARALIGI (%)	
2 - REAKSİYON	<p>Reaksiyon ünitesinde altı adet reaktör tankı bulunmaktadır. Reaktörlerden ilk ikisi yedekli çalıştırılmakta ve üçüncü kaçıncı ile kaplanmıştır. Bu iki reaktör tankı girişinde ana çözelti ve sülfirik asit karışımının sağlıklı mikser mevcuttur. 1. Reaktör tankında, çözelti ve sülfirik asit karışımı, öğütülmüş kolemanit ile reaksiyona girer. Reaktörler birimden diğerine aşpaçak şekilde dizayn edilmiştir. Kolemanit ve sülfirik asit arasındaki reaksiyon sülfirik asidin tamamına yakınına yakınını ile ilk reaktörde meydana gelir. İkinci aşamada reaksiyona girmeden kalan kolemanit ve sülfirik asit daha sonraki reaktörlerde reaksiyonu tamamlarlar. Reaksiyon ünitesinde kullanılan reaktörler sırasıyla kaplanmaktadır. Reaksiyon ünitesinde kullanılan reaktörler için izole edilmiş ve dıştan ısıtma ile takviye edilmiştir. Reaktörlerde jips çamurunun her noktada aynı özellikli süspansiyon halinde bulunmasını sağlamak amacıyla karıştırıcılar kullanılmaktadır. Reaksiyon sıcaklığı optimum 88 ° C olup reaksiyon süresi yaklaşık 4 saatir.</p>	1-Sisteme beslenen öğütülmüş ceberin oranının düşük olması	5	4	3	60	17	9,26	
		2-Sülfirik asit konsantrasyonunun istenilen değerin altında olması	2	3	2	12	38		
		3-Reaksiyon ünitesinin temel görevi olan Öğütülmüş ceberin reaksiyona giriş miktarının ölçen cihaz olan PHISTER makinasının ayarlanan miktarda sisteme beslene yapmaması	6	9	2	108	10		
		4-Reaksiyon için gerekli olan sıcaklığın (88 °C) buhar kesintisiz şekilde sağlanmaması	8	5	2	80	16		
		5-Reaksiyon ünitesinde kullanılan 5 adet tankın, 1 den başlayla 5. tankta doğru şlam aktarımı tank üst teşakları aracılığıyla yapılmaktadır. Taşkan hatlarındaki tıkanma sebebiyle aktarımın olmaması	3	7	4	84	14		
		6-Flokülant vzkostesinin yüksek olması nedeniyle filtreye flokülantlı çözelti beslenmemesi.							
		7-Filtrede sızma işlemi için gerekli yapılabilmesi için flokülant şlama eklenir. Flokülant şlamın içindeki katı parçacıkların bir araya gelerek çöktürmeyi hızlandırır.	5	5	5	125	7		
		8-Filtrede sızma için gerekli olan vakum yeterli oranda tutulmaması çözelti bıraklığı aşırı şekilde düşmesi	3	3	4	36	29		
		9-İkinci filtrenin besleme tankının seviye göstergesinin arızalanması nedeniyle tank içinde seviyenin artması ve bundan dolayı filtre bezinin zarar görmesi.	3	7	5	105	12		
		10-Atık barajına atılmak üzere atıkların biriktirildiği tankın boşaltma vanasının tıkanmasından dolayı tankın boşaltılamaması.	1	9	3	27	35		
3 - FLİTRASYON	<p>Reaksiyon ünitesinde altı adet reaktör tankı bulunmaktadır. Reaktörlerden ilk ikisi yedekli çalıştırılmakta ve üçüncü kaçıncı ile kaplanmıştır. Bu iki reaktör tankı girişinde ana çözelti ve sülfirik asit karışımının sağlıklı mikser mevcuttur. 1. Reaktör tankında, çözelti ve sülfirik asit karışımı, öğütülmüş kolemanit ile reaksiyona girer. Reaktörler birimden diğerine aşpaçak şekilde dizayn edilmiştir. Kolemanit ve sülfirik asit arasındaki reaksiyon sülfirik asidin tamamına yakınına yakınını ile ilk reaktörde meydana gelir. İkinci aşamada reaksiyona girmeden kalan kolemanit ve sülfirik asit daha sonraki reaktörlerde reaksiyonu tamamlarlar. Reaksiyon ünitesinde kullanılan reaktörler sırasıyla kaplanmaktadır. Reaksiyon ünitesinde kullanılan reaktörler için izole edilmiş ve dıştan ısıtma ile takviye edilmiştir. Reaktörlerde jips çamurunun her noktada aynı özellikli süspansiyon halinde bulunmasını sağlamak amacıyla karıştırıcılar kullanılmaktadır. Reaksiyon sıcaklığı optimum 88 ° C olup reaksiyon süresi yaklaşık 4 saatir.</p>	11-Filtreden elde edilen filtratın kirit olmasından dolayı cıkalama filtrelerinde beslenememesi.	4	3	3	36	30		
		12-Filtre ünitesi son reaktöründe reaksiyonu tamamlanan jips çamuru, belt filtreler beslenmeden önce flokülant ile karıştırılır. Filtresyon iki aşamada gerçekleştirilir. Birinci kademe, iki adet belt filtre mevcuttur. Filtreler yedekli çalıştırılmaktadır. Birinci kademeden alınan kek, remix tankında sıcak ana çözelti ile karıştırılarak, ikinci kademe belt filtreye gönderilir. İkinci kademe filtrasyonda ters akımı yıkama yapılır. İkinci kademe filtrasyondan alınan kek atık tankında toplanarak, atık barajına gönderilir. İkinci kademe filtratı ise filtrat toplama tankında toplanarak pompa yardımıyla ana çözelti tanklarına gönderilir ve reaksiyon ünitesine geri döner. Birinci kademe filtrasyon filtratı kurvetli çözelti tankında toplanarak cila filtrelerine gönderilir. Cila filtrelerinde kurvetli çözelti içerisindeki az miktardaki katı sızışıklar filtrasyon verimini artırmak için eklenen perfiti ile birlikte uzaklaştırılır. Temizlenen filtrat cıtalanmış kurvetli çözelti tanklarında toplanarak kristalizatör besleme tankına gönderilir.							
		SAYFA TOPLAMI RÖĞ						673	

Cizelge 3.8 Borik Asit Üretim Sürecinde Hata Türü ve Etkileri Analizi

ÜNİTE İSMİ	TANIM	RİSK (POTANSİYEL SORUNLAR)	SIKLIK (a) (1-10)	ÜRETİMİ DURDURMA ETKİSİ (b) (1-10)	BELİRLEME ZORLUGU (c) (1-10)	RÖĞ (a*b*c) (1-1000)	SIRA NO	FONKSİYON ARALIĞI (%)
4- KRİSTALİZASYON	Borik asit kristalizasyonu için üç adet seri çalışan DTB (Draft-Tube-Baffle) tipi kristalizatör kullanılmaktadır. Kristallelenme 88 °C deki çözelti, üç kademede 35 °C'ye düşürülerek gerçekleştirilir. Kristalizatörlerden çıkan buhar kondenselerle soğutma suyu ile yoğuştuurularak elde edilen kondens suları bir tankta toplanır. Toplanan kondens suları soğutma suyu pompaları ile soğutma kulesine gönderilir. Kristalizatörden alınan lapa bir hidrosiklondan geçirilir, kristal yıkama filtresi üzerinde ters akımlı olarak demineralize su ile yıkanarak suda çözünen salsızlıklar uzaklaştırılır ve böylece üretilen istenilen sülfit aralığı sağlanır. Hidrosiklon üst akışı soğuk ana çözelti tankında toplanır.	1-Kristalizatöre beslenen çözelti konsantrasyonunun yüksek olmasından dolayı, kristalizatörün erken kirlenmesi	3	4	3	36	31	34,45
		2-Kristalizatörlere yeterli soğutma suyunun beslenmesinden dolayı sıcaklıkların yeterli değerde ulaşmaması ve bunun sonucu olarak oluşması gereken kristal miktarında azalma meydana gelmesi	4	4	3	48	25	
		3-Tikner kazıyıcısının elektrik motorunun yüksek akım çekmesinden dolayı emniyet flansının kırılması sonucunda tiknerde tane ayırmanın yeterince yapılamaması	5	5	5	125	8	
		4-Kristalizatör içindeki ince tanelerin çözünüp tekrar kristalizatöre verilebilmesi için eşanjör kullanılmaktadır. Bu eşanjörlerin tıkanması üretimi aksatması	7	9	8	504	2	
		5-Bir kristalizatörde oluşan kristal bir pompa yardımı ile diğer kristalizatöre aktarılmaktadır. Pompanın tıkanmasından dolayı aktarım yapılamamakta, aktarım yapılmayan kristalizatörde seviye ve yoğunluk artışı olduğu için kristalizatörlere besleme kesilmesi ve üretimin durması	9	9	7	567	1	
		1-Kristal yıkama filtresinde yığılan kristaller bir tankta toplanır. Bu tankta santrifüjlere besleme yapılmadan önce belirli bir kat-sıvı oranı ayarlanması yapılır. Bu oran %40-60'dır. Bu oran sağlanmadığı takdirde santrifüjün sarımsıtlı oluşması ve otomatik olarak devre dışı kalması	4	9	8	288	3	
		2-Santrifüjlerde ürün besleme / devir ayarının düzgün yapılamaması sonucunda santrifüjlere beslemenin kesilmesi	3	9	3	81	15	
		3-Santrifüjlerin düzgün bir şekilde çalışabilmesi için hidrolik yağın belirli bir sıcaklığa ulaşması gerekir. (35-40 °C) Bu sıcaklığa ulaşmadığı takdirde santrifüj balansının bozulması. Bozulma neticesinde santrifüjün dengeden çıkması ve üretimin durması	2	9	2	36	32	
		4-Sisteme enerji sağlayan halılarda oluşabilecek arızalar neticesinde üretimin durması	2	8	3	48	26	
		5-Santrifüjlerin devir ayarlarının doğru olarak yapılamaması üretilenekte üretilen tane boyutunun düşmesi	2	2	2	8	8	
SAYFA TOPLAMI RÖĞ						1741		

Cizelge 3.9 Borik Asit Üretim Sürecinde Hata Türü ve Etkileri Analizi

ÜNİTE İSMİ	TANIM	RISK (POTANSİYEL SORUNLAR)	SIKLIK (a) (1-10)	ÜRETİMİ DURDURMA ETKİSİ (b) (1-10)	BELİRLEME ZORLUĞU (c) (1-10)	RÖĞ (a*b*c) (1-1000)	SIRA NO	FONKSİYON ARALIĞI (%)
6 - KURUTMA	Kristalizatörlerde oluşan Borik Asit kristallerini kurutmak amacıyla iki adet dikey tipli tepsili kurutucu kullanılmaktadır. Bu kurutucuların son iki gözünde ürün soğutulur max. %0,05 nem içeriğinde borik asit kristalleri elde edilir. Elde edilen borik asit kristalleri elevatör ve helezon yardımıyla ürün eleklerinde sınıflandırma yapılır. Kullanılan eleklerde iki kademeli eleme yapılır. İlkinci elek altı, toz paketlenme silosunda; birinci elek altı ise kristal paketlenme silolarında depolanır.	1-Santrifüj çıkışındaki ürünü kurutuculara taşıyan bant konveyörün kopması veya arızalanması	2	9	3	54	19	9,28
		2-Kurutuculara fazla yada nemli ürün beslenmesi durumunda, kurutucu kazıyıcı motorlarının yüksek enerji çekmesine sebep verir. Bundan dolayı elektrik motorları dereden çıkması ve üretimin durması	7	9	3	189	4	
		3-Kurutucu soğutma gözlerine soğuk su sağlayan CHILLER soğutma grubunun arızalanması sonucu kurutucudan çıkan ürün yüksek sıcaklıkta olmas. Bundan dolayı paketlenen ürünün kasa süründe kalması	5	3	2	30	33	
		4-Kurutucuya beslenen kristalin boyutuna göre ayırım yapan siskonların tıkanması durumunda üretim durması	3	3	2	18	36	
		5-Kurutuculardaki hava sirkülasyonunu sağlayan kayışların gevşemesinin veya kopmasının üretimi durdurması	2	9	3	54	20	
7 - PAKETLEME	Silolarda toplanan ürün müşteri talebine göre 25 kg'lık, 50 kg'lık ve 1 tonluk big-bag torbalarda kristal borik asit, toz ise 1 tonluk big-bag torbalarda toz borik asit olarak paketlenir.	1-Kurutucudan çıkan ürünü paketlenen ekipmanlarla taşıyan bant konveyörün kopmasının veya arızalanmasının üretimi etkilemesi	2	9	3	54	21	5,25
		2-Kurutucu çıkışındaki ürünü paketlenen silolarına besleyen ana helezonun arızalanması durumunda üretilen ürün paketlenemeyecektir. Paketlenme yapılmaz.	3	2	5	30	34	
		3-Kristal Borik Asit 1 tonluk Big-bag ve 25-50 kg'lık ambalaj kategorilerinde paketlenmektedir. Paketlenme esnasında dolun makinalarının bozulması ambalajlamayı durdurur.	3	1	5	15	37	
		4-Sistemdeki hava basıncı 5 barın altına düşmesi durumunda paketlenemeyecektir çalışmaları durması	2	1	3	6	40	
		5-Sisteme enerji sağlayan hatlarda oluşabilecek arızalar üretimi durdurması	2	9	5	90	13	
SAYFA TOPLAMI RÖĞ						540		
GENEL TOPLAM RÖĞ						3.716		

3.5.3 Süreç İyileştirme Analizi

HTEA sonuçları, Borik Asit üretim sürecinin iyileştirilmesi aşamasının ilk basamağını oluşturmaktadır. İyileştirme uygulamaları iki aşamada yürütülmektedir.

- Risk ve hataların azaltılmasına dönük önlemlerin alınması,
- Yeni iyileştirilen sürece HTEA analizinin tekrar yapılması ve iyileşme yüzdesinin ve iyileştirme maliyetlerinin belirlenmesidir.

İyileştirme süreci bir dönemlik döngülerden oluşmaktadır. Her döngü tamamlandığında süreç belirli bir düzeyde iyileşme gösterecektir. Burada amaç, bir dönemde harcanacak kaynakların (zaman, insan gücü, ara.-gereç, para,..vb.) kıtlığı sebebiyle RÖG puanları en yüksek olan risklere yönelmek, dolayısıyla en az kaynakla en etkili hata türlerini iyileştirmektir.

İlk dönem için işletmenin iyileştirme faaliyetlerine ayırdığı bir dönemlik bütçe 150.000,00 YTL ve süre 6 aydır. Bu nedenle bu kısıtlar dikkate alınmak üzere ilk iyileştirme döngüsünde (ilk dönem) sırasıyla 1-2-3-5-8-9 risk faktörleri iyileştirme programına alınabilmiştir. Risklerin sebepleri dikkate alınarak uygulanabilir önlemler geliştirilmiştir. (Bkz: Çizelge 3.10-3.11-3.12-3.13)

Çizelge 3.10 Borik Asit Üretiminde Süreç İyileştirme Analizi

ÜNİTE İSMİ	RİSK (POTANSİYEL SORUNLAR)	SIKLIK (a) (1-10)	ÜRETİMİ DURDURMA ETKİSİ (b) (1-10)	BELİRLEME ZORLUĞU (c) (1-10)	RÖĞ (a*b*c) (1-1000)	SIRA NO	FONKSİYON ARALIĞI (%)	ÇÖZÜM ÖNERİLERİ	ÇÖZÜM İÇİN GEREKLİ OLAN MALİYET(YTL)	ÇÖZÜM İÇİN GEREKLİ OLAN SÜRE(AY)	İYİLEŞME ORANI (%)
1 - CEVHER HAZIRLAMA	1 a - Cevher Kıırma	1-Merdaneli kırıcıya beslenecek olan 25-100 mm tane boyundaki cevherin verimli kırılmayı engelleyecek şekilde neminin yüksek olması	7	5	3	105	11	- Kırıya beslenecek cevherin konsantratorlerde üstü kapalı stok sahalarında stoklanması.	150.000,00	12	95
		2-Kırılacak cevher içerisinde bulunan kil ve benzeri gang minerallerin fazla olması	6	3	3	54	18	- Kırılacak cevherin konsantratorlerde daha fazla tınyaj işlemece tabi tutulması.	15.000,00	3	60
		3-Merdaneli kırıcı silindirin üstünde bulunan dişliğin aşınması	3	4	4	48	22	-Kırıcı silindirin sürekli bakım yapılması.	10.000,00	1	70
		4-Kırıcı silosuna besleme yapan lastik tekerli loderin arıza yapması	2	9	2	36	27	-Aşınan dişlere kaynak yapılması. -Lastik tekerlekli lodere sürekli bakım yapılması -yıpranan ekipmanların zamanında değişimi	20.000,00	1	70
		5-Toz tutma torbalının tıkanması ve aşırı dolması	3	4	4	48	23	-Toz tutma torbalarının tıkanmasını önlemek için sürekli bakım yapılması -Bozulan torbaların değişimi	15.000,00	1	60
	1 b - Cevher Öğütme	1-Özellikle keş aylarında nemli yüksek gelen kırılmış cevherin neticesinde periyodik olarak temizlik gerektirmesi	5	9	3	135	6	-Kırılmış cevheri öğütme işlemece tabi tutmadan önce mevcut neminin, kırılacak ön kumma sistemiyle giderilmesi.	50.000,00	6	95
		2-Öğütme silosuna besleme yapan lastik tekerli loderin arıza yapması	2	9	2	36	28	-Lastik tekerlekli lodere sürekli bakım yapılması -Yıpranan ekipmanların zamanında değişimi	20.000,00	1	70
		3-Sıcak hava soğuyan sistemde brülör fan motoru arızası ve düşük gaz kesintisi	2	9	8	144	5	-Brülör bakımının periyodik olarak yapılması -Yedek enerji sisteminin faal tutulup kesintilerde hemen devreye alınması	12.500,00	1	95
		4-Öğütme filtre fark basıncının yeterli seviyede olmaması	4	3	4	48	24	-Sisteme hava besleyecek ek bir hava kompresörünün temini	15.000,00	3	95
		Öğütülmüş cevher silolarına ürün taşıyan elevatörlerde yaşanan mekanik arızalar	3	9	4	108	9	-Elevatörlerde bakımın periyodik olarak yapılması sürekli yapılması	10.000,00	1	60

Çizelge 3.11 Borik Asit Üretiminde Süreç İyileştirme Analizi

ÜNİTE İSMİ	RİSK (POTANSİYEL SORUNLAR)	SIKLIK (a) (1-10)	ÜRETİM DURURMA ETKİSİ (b) (1-10)	BELİRLEME ZORLUĞU (c) (1-10)	RÖG (a ³ b ³ c) (1-1000)	SIRA NO	FONKSİYON ARALIĞI (%)	ÇÖZÜM ÖNERİLERİ	ÇÖZÜMLERİN GEREKLİ OLAN MALİYETLERİ (MİLYAR TL)	ÇÖZÜM İÇİN GEREKLİ OLAN	İYİLEŞME ORANI (%)
2- REAKSİYON	1-Sisteme beslenen öğütülmüş cevherin tenörünün düşük olması	5	4	3	60	17		Sisteme beslenen cevherin tenörünün yüksek tenörlü cevherlelen seçilmesi, dolayısıyla kırılacak cevherin daha fazla zenginleştirme işlemine tabii tutulması	15.000,00	3	60
	2-Sülfirik asit konsantrasyonunun istenilen değerin altında olması	2	3	2	12	28		Sisteme beslenecek olan S ₂ asit konsantrasyonunun sürekli olarak kontrol edilmesi	10.000,00	1	75
	3-Reaksiyon ünitesinin temel girdisi olan Öğütülmüş cevherin reaksiyona giriş miktarının ölçülen değere PHİSTER makinasının ayarlanan miktarda sisteme beslene yapınması	6	9	2	108	10		İstenilen konsantrasyonda asit temini PHİSTER cihazının sürekli kontrol edilip zamanında bakımının yapılması.	50.000,00	3	75
	4-Reaksiyon için gerekli olan sıcaklığın (88 °C) buhar kesintisizı nedeniyle sağlanamaması	8	5	2	80	16	9,26	Her bakımda kalibrasyonunun yapılması sıcaklıklarının düşmesi ve yaşanan buhar kesintilerini önlemek için kazan sistemlerinde kullanılabilen sıcak su kazan sistemden bağımsız çalışan ek bir buhar kazanını devreye sokulması	250.000,00	12	95
	5-Reaksiyon ünitesinde kullanılan 5. adet tankın, 1'den sırayla 5. tanka doğru şlam aktarımı tank üst taşkanları aracılığıyla yapılmaktadır. Taşkan hatlarındaki tıkanma sebebiyle aktarımın olmaması reaksiyonun durmasına sebep olmaktadır.	3	7	4	84	14		Reaksiyon ünitesinde bulunan reaksiyon tanklarının taşkanlarının ünitede bulunan diğer vasıtayla her vardiya kontrolü ve tıkanma olan yerlere hızlı şekilde müdahale edilip, tıkanmanın giderilmesi	5.000,00	1	90
	6-Filtrede sızma işleminin rahat bir şekilde yapılabilmesi için flokülant şlama eklenir. Flokülant şlamın içindeki katı parçacıklar bir araya gelerek çöktürmeyi hızlandırır.	5	5	5	125	7		Flokülant temin edilirken sisteme uygun flokülant seçilmesi	20.000,00	3	85
	7-Filtrede sızma için gerekli olan vakum yeterli oranda tutturulamasa, özellikle berraklığı aşırı şekilde düşer. Bu sebepten dolayı Kristalizasyonda sorunlar oluşur.	3	3	4	36	29		Temin edilen flokülantın sürekli analiz edilip istenilen spesifikasyonlara uyup uyumadığının kontrol edilmesi.	45.000,00	4	90
	8-İkinci filtrenin besleme tankının seviye göstergesinin arızalanması nedeniyle tank içinde seviyenin artması ve bundan dolayı filtre bezinin zarar görmesi.	3	7	5	105	12	8,85	Gerekli olan vakumunun tutturulması için vakum box kırıklama sürekli olarak bakım yapılması, yıpranan kırıkları filtre bezinin ve diğer ekipmanların zarar görmemesi için bakımın sürekli yapılması ve otomasyon sisteminde uyarı alınması	20.000,00	3	70
	9-Alık barajına atılmak üzere atıkların biriktirildiği tankın boşaltma vanasının tıkanmasından dolayı tankın boşaltılamaması.	1	9	3	27	35		Tank boşaltma vanalarında otomasyona uygun on/off vanaların geçilmesi	10.000,00	1	85
	10-Filtre-1 den elde edilen filtrattan kiri olmasından dolayı cıkılama filtrelerinde basınçın yüksek olması.	4	3	3	36	30		Vanaların her bakımda kontrol edilip temizlenmesi	100.000,00	5	75

Çizelge 3.12 Borik Asit Üretiminde Süreç İyileştirme Analizi

ÜNİTE İSMİ	RİSK (POTANSİYEL SORUNLAR)	SIKLIK (a) (1-10)	ÜRETİMİ DURDURMA ETKİSİ (b) (1-10)	BELİRLEME ZORLUCU (c) (1-10)	RÖĞ (a ² b ² c) (1-1000)	SIRA NO	FONKSİYON ARALIGI (%)	ÇÖZÜM ÖNERİLERİ	ÇÖZÜM İÇİN GEREKLİ OLAN MALİYET(TL)	ÇÖZÜM İÇİN GEREKLİ OLAN SÜRE(AY)	İYİLEŞME ORANI(%)
4- KRİSTALİZASYON	1- Kristalizatöre beslenen çözelti konsantrasyonunun yüksek olmasından dolayı, kristalizatörün erken kirlenmesi	3	4	3	36	31	34,45	- İşletilen konsantrasyonda çözeltinin kristalizatörlere beslenmesi - Çözelti konsantrasyonlarının sürekli olarak her tankta kontrol edilmesi	5.000,00	1	95
	2- Kristalizatörlerde yeterli soğutma suyunun beslenmesinden dolayı sıcaklıkların yeterli değere ulaşmaması ve bunun sonucu olarak oluşması gereken kristal miktarında azalma meydana gelir.	4	4	3	48	25		- Ünitelerde mevcut soğutma kuleleri sayısının artırılması - İhtiyaç duyulan soğuk suyun temini ile beraber işletilen tane boyutunda kristal üretimi	75.000,00	12	90
	3- Taher kazayısının elektrik motorunun yüksek akım çekmesinden dolayı emniyet flaşının kırılması sonucunda ünitelerde tane ayırmanın yeterince yapılamaması	5	5	5	125	8		- Taher tankında bulunan kazayısının motorunun değiştirilip daha dayanıklı bir elektrik motorunun takılması	15.000,00	2	90
	4- Kristalizatör içindeki tanelerin çözünüp tekrar kristalizatöre verilmesi için eşanjör kullanılmaktadır. Bu eşanjörlerin tıkanması üretimi aksatmaktadır.	7	9	8	504	2		- Kristalizatörde kullanılan eşanjörlerin periyodik olarak temizlenmesi - Temizleme için gerekli olan 2.500 Barlık basınçlı su makinasının acil olarak temini	37.500,00	3	85
	5- Bir kristalizatörde oluşan kristal bir pompa yardımı ile diğer kristalizatörlere aktarılmaktadır. Pompaların tıkanmasından dolayı aktarım yapılamamakta, aktarım yapılmayan kristalizatörlerde seviye ve yoğunluk artışı olduğu için kristalizatörlere besleme kesilir ve üretim durur.	9	9	7	567	1		- Kristalizatörlerde aktarım sağlayan pompaların periyodik seçilmesi ve aktarım hatlarında dirseklerden kaçınılması - Aktarım borularındaki dirsekler hem tane boyutunu düşürmekte hemde zamanla dirseklerde kristal birikimleri oluşturarak beslenmeyi etkilemektedir.	46.000,00	5	85
	1- Kristal yıkama fitresinde yığılan kristaller bir tankta toplanır. Bu tankta santrifüjlere besleme yapılmadan önce belirli bir kat-sıvı oranı ayarlanmasi yapılır. Bu oran %40-60'dır. Bu oran sağlanmadığı takdirde santrifüj sarımsıtlı çalışır ve otomatik olarak devre dışı kalır.	4	9	8	288	3		- Santrifüjlemeden önceki kat-sıvı oranının yapıldığı tanktaki seviyelere dikkat edilmesi - Bunun için kat-sıvı oranını ayarlayıcı şamandıralı pompaların seçimi yapılması	25.000,00	5	70
	2- Santrifüjlerde ürün besleme / devir ayarının düzgün yapılamaması sonucunda santrifüjlere besleme kesilir.	3	9	3	81	15		- Ürün besleme / devir ayarının sistemi kullanan personele değiştirile tam otomatik makinalara bırakılması. - Bunun için otomatik devir saatlerinin mevcut santrifüjlere takılması	35.000,00	5	85
	3- Santrifüjlerin düzgün bir şekilde çalışabilmesi için hidrolik yağın belirli bir sıcaklığa ulaşması gerekir. (35-40 °C) Bu sıcaklığa ulaşamadığı takdirde santrifüj balansı bozulmaktadır. Bozulma neticesinden santrifüj dengeden çıkar ve üretim durur.	2	9	2	36	32		- Hidrolik yağının sıcaklığını özellikle kış aylarında istenilen sıcaklığa getirilebilmesi için bir yağ ısıtıcı aparatının sisteme monte edilmesi	7.500,00	3	95
	4- Sisteme enerji sağlanan halde ünitelerde anızalar üretimi durdurulur.	2	8	3	48	26		- Enerji hatlarının sürekli kontrolü - Değirmesi gereken hatların zamanında ve eksiksiz olarak çalışması	25.000,00	12	85
	5- Santrifüjlerin devir ayarlarının doğru olarak yapılamaması ünitelerde enerji sağlanan halde ünitelerde anızalar üretimi durdurulur.	2	2	2	8	39		- Ürün besleme / devir ayarının sistemi kullanan personele değiştirile tam otomatik makinalara bırakılması. - Bunun için otomatik devir saatlerinin mevcut santrifüjlere takılması	35.000,00	5	85

Çizelge 3.13 Borik Asit Üretiminde Süreç İyileştirme Analizi

ÜNİTE İSMİ	RİSK (POTANSİYEL SORUNLAR)	SIKLIK (a) (1-10)	ÜRETİMİ DURDURMA ETKİSİ (b) (1-10)	BELİRLEME ZORLUĞU (c) (1-10)	RÖĞ (a*b*c) (1-1000)	SIRA NO	FONKSİYON ARALIĞI (%)	ÇÖZÜM ÖNERİLERİ	ÇÖZÜM İÇİN GEREKLİ OLAN MALİYET(YTL)	ÇÖZÜM İÇİN GEREKLİ OLAN SÜRE(AY)	İYİLEŞME ORANI(%)		
6 - KURUTMA	1-Santrifuj çıkışındaki ürünü kurutuculara taşıyan bant konveyörün kopması veya arızalanması üretimi durdurur.	2	9	3	54	19	9,28	-Mevcut bant konveyöre sürekli bakım yapılması -Kullanılan yedek malzemenin kalitesi seçilmesi ve alternatif yedek bir konveyörün yapılması	75.000,00	12	95		
	2-Kurutuculara fazla yada nemli ürün beslenmesi durumunda,kurutucu kazıyıcı motorlarının yüksek enerji çekmesine sebep verir. Bundan dolayı elektrik motorları devreden çıkar ve üretim durur.	7	9	3	189	4		-Kurutucuya beslenen ürünün neminin ön bir kurutucu ile düşürülüp kurutucuya beslenmesi. -Santrifjülerden kurutuculara taşıma yapan konveyörlere monte edilecek ön kurutma bu sorunu ortadan kaldıracaktır.	110.000,00	15	90		
	3-Kurutucu suğutma gözlemine soğuk su sağlayan CHILLER suğutma grubunun arızalanması sonucu kurutucudan çıkan ürün yüksek sıcaklıkta olur. Bu da paketlenen ürünün kısa sürede kokuşmasına sebep olur.	5	3	2	30	33		-Soğutma grubunun bakımının sürekli ve düzenli yapılması -Mümkün olduğunca ekipman seçerken iltimizde bulunmak üzere ekipmanların seçimi	20.000,00	5	75		
	4-Kurutucuya beslenen kristalin boyutuna göre ayırın yapan siklonların tıkanması durumunda üretim durur.	3	3	2	18	36		-Siklonların bakımının periyodik olarak yapılması -Siklonlara nemli ürün girişinin engellenmesi -Siklon ürün giriş haznelerine istice takılarak ürünün neminin engellenmesi	35.000,00	5	75		
	5-Kurutucudaki hava sirkülasyonunu sağlayan keşislerin geçemesi veya kopması üretimi durdurur.	2	9	3	54	20		-Keşislerin zamanında değişimi ve yeni alınacak keşislerin daha uzun süre dayanıklı olmasına dikkat edilmesidir.	15.000,00	1	80		
	6-Kurutucudan çıkan ürünü paketlenme ekipmanlarına taşıyan bant konveyörün kopması veya arızalanması üretimi aksatır.	2	9	3	54	21		-Mevcut bant konveyöre sürekli bakım yapılması -Kullanılan yedek malzemenin kalitesi seçilmesi ve alternatif yedek bir konveyörün yapılması	75.000,00	12	95		
	7-Kurutucu çıkışındaki ürünü paketlenme silolarına besleyen ana helozomun arızalanması durumunda üretilen ürün paketlenme silolarına alınır. Paketlenme yapılamaz.	3	2	5	30	34		-Ana helozomun yeteceğinin yapılması -Bu sayede sürekli paketlenme yapılması	37.500,00	6	85		
	8-Kristal Borik Asit 1 tonluk Big-bag ve 25-50'lik ambalaj kategorilerine paketlenmektedir. Paketlenme esnasında dolum makinalarının bozulması ambalajlanmayı durdurur.	3	1	5	15	37		-Dolum makinalarının bakımının periyodik olarak zamanında yapılması -Ekipmanlarda yetilemeye gidilmesi.	80.000,00	12	80		
	9-Sistemdeki hava basıncı 5 barın altına düşmesi durumunda paketlenme cihazları çalışmaz	2	1	3	6	40		-Sistemdeki hava basıncı düşüğü zaman devreye geçecek ek bir kompresörün devreye sokulması	25.000,00	5	85		
	10-Sisteme enerji sağlayan hatlarda oluşabilecek arızalar üretimi durdurur.	2	9	5	90	13		-Enerji hatlarının sürekli kontrolü -Değişmesi gereken hatların zamanında ve eksiksiz olarak değişimi	25.000,00	12	85		
	7 - PAKETLEME								5,25				

3.5.4 Yeni Risk Analizi ve Teorik İyileştirme Yüzdesi

Alınan önlemler sonucu olarak dönem sonunda tekrar HTEA analizi uygulanmıştır. Sonuç olarak altı risk faktörünün görülme sıklığında azalma olmuş ve bu da yeni RÖG puanlarına azalma şeklinde Çizelgelere yansımıştır. (Bkz: Çizelgeler 3.14-3.15-3.16-3.17) Eski ve yeni HTEA analizi karşılaştırıldığında;

- Hata türlerine ait RÖG sıralaması değişmiş, iyileşen hatalar daha alt sıralara kaymıştır,
- Toplam RÖG puanı 3.716'dan 2.320'ye düşmüş ve tüm süreçte toplam olarak %37,57 azalma hesaplanmıştır.

Çizelge 3.14 Borik Asit Üretim Sürecinde Yenilenmiş Hata Türü ve Etkileri Analizi

ÜNİTE İSMİ	TANIM	RİSK (POTANSİYEL SORUNLAR)	SIKLIK (a) (1-10)	ÜRETİM DURURMA ETKİSİ (b) (1-10)	BELİRLEME ZORLUĞU (c) (1-10)	RÖĞ (a*b*c) (1-1000)	SIRA NO	FONKSİYON ARALIĞI (%)
1- CEVHER HAZIRLAMA	1 a- Cevher Kıırma	Kolemanit Cevheri kapalı stok sahasından loder ile alınır. - 100 mm / +25 mm ve -25 mm. / +3 mm. Boyut aralığındaki flarsiyonlar besleme hopperine yüklenir. Besleme hopperinden, kırıcı titreşimli besleyici vastasıyla alma cevher, kırıcı besleme bandından, kırıcı ürün bandından kırıcıya dönen elek üstü kırılmış cevherle birleşir. Manyetik metal tutucu metal parçalarını kırıcı besleme eleğinden önce ayırır. Kırıcı beslemesindeki elek üstü malzemeler, çeneli kırıcıda kırılarak boyut küçültülür. Eleklerden geçen malzeme, kırılmış cevher konveyörü ile kırılmış cevher silosuna taşınır.	7	5	3	105	5	12,54
			6	3	3	54	16	
			3	4	4	48	20	
			2	9	2	36	25	
			3	4	4	48	21	
	1 b- Cevher Öğütme	Sıcak hava, değirmenin tabanından girerek, öğütülmüş cevher parçalarını ayrılcıya uşır. İnce, ani kurutulmuş malzeme, ayrılcıdan ürünü toplayan siklona girer ve pnömomatik kilitlemeli döner vana üzerinden, 1. Nolu pnömomatik taşıma sistemi ile dışarı çıkar. Siklondan gelen hava değirmen fanına gelir, buradan da dizel ile ısıtılan ısıttıdan geçerek değirmenin tabanındaki hava deposuna verilir. Torbalı filtrelerin içinden geçerek atmosfere yapılan deşarj ile devreden su buharı uzaklaştırılır. Torba filtrelerde tutulan tozlar değirmene döner.	1	9	8	72	11	14,09
			4	3	4	48	22	
			2	9	2	36	26	
			5	9	3	135	2	
			1	9	9	81	27	
		SAYFA TOPLAMI RÖĞ			618			

Çizelge 3.15 Borik Asit Üretim Sürecinde Yenilenmiş Hata Türü ve Etkileri Analizi

ÜNİTE İSMİ	TANIM	RİSK (POTANSİYEL SORUNLAR)	SIKLIK (a) (1-10)	ÜRETİMİ DURDURMA ETKİSİ (b) (1-10)	BELİRLEME ZORLUCU (c) (1-10)	RÖG (d)9°C (1-1000)	SIRA NO	FONKSİYON ARALIĞI (%)
2- REAKSİYON	Reaksiyon ünitesinde altı adet reaktör tankı bulunmaktadır. Reaktörlerden ilk ikisi yedekli çalıştırılmakta ve çözümler kapak ile kapatılmıştır. Bu iki reaktör tankı girişinde ana çözümler ve sülfirik asit karşısınımlı sağlanan statik mikser mevcuttur. 1. Reaktör tankında çözümler ve sülfirik asit karşısınımlı kolemani ile reaksiyona girer. Reaktörler birinden diğere ussacak şekilde dizayn edilmiştir. Kolemani ve sülfirik asit arasındaki reaksiyon sülfirik asidin tamamına yakınının kullanımı ile ilk reaktörde meydana gelir. İkinci aşamada reaksiyona girmeden kalan kolemani ve sülfirik asit daha sonraki reaktörlerde reaksiyonu tamamlarlar. Reaksiyon ünitesinde kullanılan reaktörler ısı kayıplarına önemek için izole edilmiş ve dıştan ısıtma ile takviye edilmiştir. Reaktörlerdeki sıvıların her noktasında aynı özellikli süspansiyon halinde bulunmasını sağlamak amacıyla karıştırıcılar kullanılmaktadır. Reaksiyon sıcaklığı optimum 88 ° C olup reaksiyon süresi yaklaşık 4 saatir.	1-Sisteme beslenen öğütülmüş cevherin teorininin düşük olması	5	4	3	60	1	14,83
		2-Sülfirik asit konsantrasyonunun istenilen değerin altında olması	2	3	2	12	38	
		3-Reaksiyon ünitesinin temel girişleri olan Öğütülmüş cevherin reaksiyonu giriş miktarını ölçen cihaz olan PHISTER makinasının ayarlanan miktarda sisteme besleme yapmaması	6	9	2	108	4	
		4-Reaksiyon için gerekli olan sıcaklığın (88 °C) buhar kesintisiz nedeniyle sağlanmaması	8	5	2	80	10	
		5-Reaksiyon ünitesinde kullanılan 5 adet tankın, 1 den sırayla 5. tanka doğru şlam aktarımı tank üst usşanları aracılığıyla yapılmaktadır. Tasıkan hatlardaki tıkanma sebebiyle aktarımın olmaması	3	7	4	84	8	
3- FLİTRASYON	Reaksiyon ünitesi son reaktörde reaksiyonu tamamlanan jips çamuru, bel filtrede beslenmeden önce flokulant ile karıştırılır. Filtrasyon iki aşamada gerçekleştirilir. Birinci aşamada, iki adet bel filtre mevcuttur. Filtreler yedekli çalıştırılmaktadır. Birinci aşamadan alınan kek, remix tankında sıcak ana çözümler ile karıştırılarak, ikinci kademe bel filtreye gönderilir. İkinci kademe filtrasyonda ters akımlı yıkama yapılır. İkinci kademe filtrasyondan alınan kek ank tankında toplanarak, ank barajına gönderilir. İkinci kademe filtrat ise filtrat toplama tankında toplanarak pompa yardımıyla ana çözümler tanklarına gönderilir ve reaksiyon ünitesine geri döner. Birinci kademe filtrasyon filtratı kuvvetli çözümler tankında toplanarak çözümlerine gönderilir. Çözümlerinde kuvvetli çözümler içerisindeki az miktardaki katı sızdırmalar filtrasyon verimi artırmak için eklenen jeneratör ile birlikte uzaklaştırılır. Temizlenen filtrat çözümlerinde kuvvetli çözümler tankında toplanarak kristalizatör besleme tankına gönderilir.	1-Flokkülant vizkozitesinin yüksek olması nedeniyle filtrede flokkülantın çözümler beslenemesi.	5	5	5	125	3	14,18
		2-Filtrede sızma için gerekli olan vakum yeterli oranda tutturulması çözümler bırakıldığı aşırı şekilde dışması	3	3	4	36	28	
		3-İkinci filtrasyon besleme tankının seviye göstergesinin arızalanması nedeniyle tank içinde seviyenin artması ve bundan dolayı filtre bezinin zarar görmesi.	3	7	5	105	6	
		4-Ark barajına atılmak üzere ankların biriktirildiği tankın boşaltma vanasının tıkanmasından dolayı tankın boşaltılmaması.	1	9	3	27	34	
		5-Filtre-İden elde edilen filtratın kırı olmasından dolayı çözümler tankında filtrelerdeki basınçın yükselmesi.	4	3	3	36	29	
SAFHA TOPLAMI RÖG						673		

Cizelge 3.16 Borik Asit Üretim Sürecinde Yenilenmiş Hata Türü ve Etkileri Analizi

ÜNİTE İSMİ	TANIM	RİSK (POTANSİYEL SORUNLAR)	SIKLIK (a) (1-10)	ÜRETİMİ DURDURMA ETKİSİ (b) (1-10)	BELİRLEME ZORLUĞU (c) (1-10)	RÖĞ (a)×(b)×(c) (1-1000)	SIRA NO	FONKSİYON ARALIĞI (%)
4- KRİSTALİZASYON	Borik asit kristalizasyonu için üç adet seri çalışan DTB (Draft-Tube-Baffle) tipi kristalizatör kullanılmaktadır. Kristalleme 88 °C deki çözelti, üç kademede 35 °C'ye düşürülerek gerçekleştirilir. Kristalizatörlerden çıkan buhar kondenselerinde soğutma suyu ile yoğunlaştırılarak elde edilen kondens suları bir tankta toplanır. Toplanan kondens suları soğutma suyu pompaları ile hidrosiklonlara gönderilir. Kristalizatörden alınan lapa bir olarak demmeralize su ile yıkanarak suda çözülürken safsızlıklar uzaklaştırılır ve böylece üründen istenilen sülfat aralığı sağlanır. Hidrosiklon üst akışı soğuk ana çözelti tankında toplanır.	1-Kristalizatöre beslenen çözelti konsantrasyonunun yüksek olmasından dolayı, kristalizatörün erken kırılması	3	4	3	36	30	10,52
		2-Kristalizatörlere yeterli soğutma suyunun beslenmemesinden dolayı sıcaklıkların yeterli değerde ulaşmaması ve bunun sonucu olarak oluşması gereken kristal miktarında azalma meydana gelmesi	4	4	3	48	23	
		3-Tikner kazıyıcısının elektrik motorunun yüksek akım çekmesinden dolayı emniyet flansının kırılması sonucunda	1	5	5	25	35	
		4-Kristalizatör içindeki ince tanelerin çözünüp tekrar kristalizatöre verilebilmesi için eşanjör kullanılmaktadır. Bu eşanjörlerin tıkanması üretimi aksatması	1	9	8	72	12	
		5-Bir kristalizatörde oluşan kristal bir pompa yardımı ile diğer kristalizatöre aktarılmaktadır. Pompanın tıkanmasından dolayı aktarım yapılamamakta, aktarım yapılmayan kristalizatörde seviye ve yoğunluk artışı olduğu için kristalizatörlere besleme kesilmesi ve üretimin durması	1	9	7	63	14	
5- SANTRİFÜJ	Yıkamış kristaller santrifüjlere beslenir ve kurutuculara beslenmeye hazır halde %7-8 nem içerikli kristal elde edilir.	1-Kristal yıkama filtresinde yıkama kristalleri bir tankta toplanır. Bu tankta santrifüjlere besleme yapılmadan önce belirli bir katı-sıvı oranı ayarlanmalıdır. Bu oran %40-60'dur. Bu oran sağlanmadığı takdirde santrifüjün sarımsı çıkması ve otomatik olarak devre dışı kalması	1	9	8	72	13	10,56
		2-Santrifüjlerde ürün besleme / devir ayarının düzgün yapılmaması sonucunda santrifüjlere beslemenin kesilmesi	3	9	3	81	9	
		3-Santrifüjlerin düzgün bir şekilde çalışabilmesi için hidrolik yağın belirli bir sıcaklığa ulaşması gerekir. (35-40 °C) Bu sıcaklığa ulaşmadığı takdirde santrifüj balansının bozulması. Bozulma neticesinde santrifüjün dengeden çıkması ve üretimin durması	2	9	2	36	31	
		4-Sisteme enerji sağlayan hatlarda oluşabilecek arızalar neticesinde üretimin durması	2	8	3	48	24	
		5-Santrifüjlerin devir ayarlarının doğru olarak yapılmaması üretilen üründen tane boyutunun düşmesi	2	2	2	8	39	
SAYFA TOPLAMI RÖĞ						489		

Çizelge 3.17 Borik Asit Üretim Sürecinde Yenilenmiş Hata Türü ve Etkileri Analizi

ÜNİTE İSMİ	TANIM	RİSK (POTANSİYEL SORUNLAR)	SIKLIK (a) (1-10)	ÜRETİMİ DURDURMA ETKİSİ (b) (1-10)	BELİRLEME ZORLUĞU (c) (1-10)	RÖĞ (a*b*c) (1-1000)	SIRA NO	FONKSİYON ARALIĞI (%)			
6 - KURUTMA	Kristalizatörlerde oluşan Borik Asit kristallerini kurutmak amacıyla iki adet dikey tipli tepsili kurutucu kullanılmaktadır. Bu kurutucuların son iki gözünde ürün soğutularak max. %0,05 nem içeriğinde borik asit kristalleri elde edilir. Elde edilen borik asit kristalleri elevatör ve helezon yardımıyla ürün eleklerinde sınıflandırma yapılır. Kullanılan eleklerde iki kademe'li eleme yapılır. İlkinci elek alta, toz paketleme silosunda; birinci elek alta ise kristal paketleme silolarında depolanır.	1-Santrifüj çıkışındaki ürünü kurutuculara taşıyan bant konveyörün kopması veya arızalanması	2	9	3	54	17	14,87			
		2-Kurutuculara fazla yada nemli ürün beslenmesi durumunda,kurutucu kazıyıcı motorlarının yüksek enerji çekmesine sebep verir. Bundan dolayı elektrik motorları devreden çıkması ve üretimin durması	7	9	3	189	1				
		3-Kurutucu soğutma gözlerine soğuk su sağlayan CHILLER soğutma grubunun arızalanması sonucu kurutucudan çıkan ürün yüksek sıcaklıkta olması. Bundan dolayı paketlenen ürünün kısa sürede kaktlanması	5	3	2	30	32				
		4-Kurutucuya beslenen kristalin boyutuna göre ayırın yapan siklonların tıkanması durumunda üretim durması	3	3	2	18	36				
		5-Kurutucudaki hava sirkülasyonunu sağlayan kayışların gevşemesinin veya kopmasının üretimi durdurması	2	9	3	54	18				
		1-Kurutucudan çıkan ürünü paketleme ekipmanlarına taşıyan bant konveyörün kopmasının veya arızalanmasının üretimi aksatması	2	9	3	54	19				
		2-Kurutucu çıkışındaki ürünü paketleme silolarına besleyen ana helezonun arızalanması durumunda üretilen ürün paketleme silolarına almır. Paketleme yapılamaz.	3	2	5	30	33				
		3-Kristal Borik Asit 1 tonluk Big-bag ve 25-50 kg'lık ambalaj kategorilerinde paketlenmektedir. Paketleme esnasında dolun makinalarının bozulması ambalajlamayı durdurur.	3	1	5	15	37				
		4-Sistemdeki hava basıncı 5 barın altına düşmesi durumunda paketleme cihazları çalışmaması	2	1	3	6	40				
		5-Sisteme enerji sağlayan hatlarda oluşabilecek arızalar üretimi durdurması	2	9	5	90	7				
SAYFA TOPLAMI RÖĞ						540					
GENEL TOPLAM RÖĞ						2.320					
7 - PAKETLEME	Silolarda toplanan ürün müşteri talebine göre 25 kg'lık, 50 kg'lık ve 1 tonluk big-bag torbalarda kristal borik asit, toz ise 1 tonluk big-bag torbalarda toz borik asit olarak paketlenir.	1-Kurutucu çıkışındaki ürünü paketleme silolarına taşıyan bant konveyörün kopmasının veya arızalanmasının üretimi aksatması	2	9	3	54	19	8,41			
		2-Kurutucu çıkışındaki ürünü paketleme silolarına besleyen ana helezonun arızalanması durumunda üretilen ürün paketleme silolarına almır. Paketleme yapılamaz.	3	2	5	30	33				
		3-Kristal Borik Asit 1 tonluk Big-bag ve 25-50 kg'lık ambalaj kategorilerinde paketlenmektedir. Paketleme esnasında dolun makinalarının bozulması ambalajlamayı durdurur.	3	1	5	15	37				
		4-Sistemdeki hava basıncı 5 barın altına düşmesi durumunda paketleme cihazları çalışmaması	2	1	3	6	40				
		5-Sisteme enerji sağlayan hatlarda oluşabilecek arızalar üretimi durdurması	2	9	5	90	7				
		SAYFA TOPLAMI RÖĞ							540		
		GENEL TOPLAM RÖĞ							2.320		

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bor, doğada tüm canlıların yaşantısını devam ettirmesi için vazgeçilmez elementlerden birisidir. Bunun yanında; bor dünyada en yaygın kullanım alanına sahip olan elementlerin başında gelmektedir. Dünya Bor rezervlerinin önemli bir miktarı ülkemizde bulunmaktadır. Kütahya ili Emet ilçesinde kurulu bulunan Emet Bor İşletme Müdürlüğü, Açık Ocaklarında Bor cevherini çıkarmakta, Konsantratör Tesislerinde cevheri zenginleştirmekte ve Borik Asit Fabrikasında cevheri kimyasal işleme tabi tutup nihai ürüne dönüştürmektedir.

Emet Bor İşletme Müdürlüğünde üretilen Borik Asit ürününün tamamına yakını dünya piyasalarına sunulmaktadır. Küresel boyutta rekabet edebilmek ve bu aşamada karlı ve güçlü bir İşletmenin varlığı için üretkenlik, kalite, performans gibi rekabet avantajı sağlayan unsurların geliştirilmesi gerekmektedir.

Emet Bor İşletme Müdürlüğü sahip olduğu TSE EN ISO 9001-2000 kalite yönetim sisteminde, İşletme kalite politikası olarak “İşletmemizde üretilen Kolemanit cevheri ve Borik Asit’in satışa esas kalite düzeyi, üretim, stok ve satış sırasındaki kaliteye önem verilerek sağlanmaktadır. Alıcıların ihtiyaç ve beklentilerini karşılamak, maliyetleri düşürmek, randımanları yükseltmek, pazardaki güvenilirliğimizi korumak, yer altı zenginliklerimizi çevreye zarar vermeden değerlendirmek, işçi sağlığı ve iş güvenliği esaslarına uygun olarak çalışmak ve kalite yönetim sisteminin şartlarına uyarak etkinliğin sürekli iyileştirilmesine çalışmak, İşletmemizin temel politikasıdır.” Politikasını benimsemiştir. Kalite politikasında sürekli iyileştirmenin İşletmenin görevi olduğu açıkça belirtilmiştir.

Yukarıda belirtilen unsurların geliştirilmesi ve kalite politikasına göre sürekli iyileştirme için önemli katkıları olacağına inandığımız yöntemlerden Süreç İyileştirme ve bu bağlamda Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA) yönteminin uygulaması çalışmamızda uygulanmıştır.

Çalışmamızda yer alan süreç iyileştirme analizi sadece bir dönem uygulanmış olup, daha sonraki dönemlerde sürekli tekrarlanmak suretiyle İşletme üretim süreçlerinde sürekli iyileştirme sağlanması hedeflenmektedir.

Çalışmamızda yer alan bir dönemlik iyileştirme sonuçlarına göre; teorik olarak %35,57'lik bir iyileştirmenin sağlanacağı öngörülmüştür.

Ancak bu önlemlerin uygulanması sonucu gerçek veriler üzerinde ne kadar bir iyileşme oluşacağı pratikte uygulama ile anlaşılabilir.

Elde edilen teorik değerler İşletme Müdürlüğü üst yönetimine sunulmuş olup, kabulü durumunda pratikte uygulanacaktır.

Bu çalışmanın benzer çalışmalara örnek teşkil edeceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Acılar, A., Özcan,G. 2006 "Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA) ve Orta Ölçekli Bir İşletmede Uygulanması", KOBİ'ler ve Verimlilik Kongresi, İKÜ, İstanbul.
- Baykasoğlu, A.; Dereli, T.; Yılkıran, N.; Yılkıran, A. 2003
"Hata Türü ve Etkileri Analizi ve Gaziantep'te Orta Ölçekli Bir Firmaya Uygulanması",*II.Makine Tasarım ve İmalat Teknolojileri Kongresi*, Konya,s.157-163.
- D.P.T. 2000 "Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu", Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Çalışma Grubu, Cilt 2, Ankara.
- Eleren, A. 2007 "Eğitim Sürecinin İyileştirilmesinde HTEA Yöntemi ve Üretim Yönetimi Dersinde Bir Uygulama", AKÜ İİBF. Dergisi, Sayı:9 Afyon.
- Eryürek, Ömer.; Tanyaş Mehmet 2003, "Hata Türü ve Etkileri Analizinde Maliyet Odaklı Yeni Bir Karar Verme Yaklaşımı",İTÜ Dergisi,C.2,S.6,s.31-40., İstanbul.
- FORD 1992 "FMEA Handbook, Ford Motor Company Engineering Materials and Standarts", Dearborn, Michigan.
- General Motors 1998 "FMEA Reference Manual" , General Motors Corporation,Detroit, Michigan.
- Haktanır, K. 1998 ," Manyas Gölü Bor Kirliliği Araştırması", Ankara.
- Neilsen F.H. 1997 "Boron in Human and Animal Nutrition", Dell B., Brown P.H, Bell R.W.(der), Boron in oils and Plants:Reviews içinde, Kluwer Academic Press, Londra.

Stamatis, D.H. 1995 “Failure Mode and Effects Analysis – FMEA from Theory to Execution”, ASQC Publications, Quality Press, Winsconsin, New York.

Uz, B 1994 “Mineraller Kristallografi, Mineroloji”, İTÜ Maden Fakültesi, s:283, İstanbul.

WHO 1998 “Environmental Health Criteri 204 Boron”, IPCS.US Environmental Protection Agency, USA.

Yılmaz, B.S. 2000 “Hata Türü ve Etkileri Analizi”, Dokuz Eylül İİBF, Dergisi, C.2.,S.4, s.132-150., İzmir.

5.1 İnternet Kaynakları

Erişim Tarihi

1- <http://www.boren.gov.tr/element.htm>

14.12.2007

2- http://www.etimaden.gov.tr/tr/0_sayfa_ortakSayfa.asp

14.12.2007

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Metin ARSLAN
Doğum Yeri : Çaykara / TRABZON
Doğum Tarihi : 15. 11. 1976
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise :1991-1993 Erzurum Cumhuriyet Lisesi
Lisans :1994-1999 Atatürk Üni. Müh. Fak. Kimya Müh. Böl.
Yüksek Lisans :2005-2007 A. Kocatepe Üni. Fen Ens. Kimya Müh. Böl.

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

2000-2003 Teksan Hidrolik Tic. Ltd. Şti / ERZURUM
2003-..... Eti Maden İşletmeleri Genel Müd./ Emet Bor İşletme Müd. /KÜTAHYA

Yayımları (SCI ve Diğer)

Diğer Konular

M.P.M. Tarafından Düzenlenen “Mühendis ve İşletmeciler İçin Maliyet Eğitimi”,
Kütahya Valiliği Tarafından Düzenlenen “İlk Yardımcı Sertifikası”,
TSE Tarafından Düzenlenen “Proseslerin Yönetimi, Etkileşimi ve İyileştirme Teknikleri”,
İŞGÜM Tarafından Düzenlenen ”İş Sağlığı ve İş Güvenliği Eğitimi”,
TSE Tarafından Düzenlenen “Çevre Yönetim Sistemi Temel Eğitimi”,
Eğitimlerini başarıyla tamamlamıştır.