



T.C.
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MADEN MÜHENDİSLİĞİANA BİLİM DALI

İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROLÜ VE BİR FLOTASYON
TESİSİNE UYGULANMASI

NURİYE GÖKMEN

Eylül 2014

T.C.
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROLÜ VE BİR FLOTASYON
TESİSİNE UYGULANMASI

NURİYE GÖKMEN

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Doç. Dr. Metin UÇURUM

Eylül 2014

Nuriye GÖKMEN tarafından Doç.Dr. Metin UÇURUM danışmanlığında hazırlanan "İstatistiksel Proses Kontrolü ve Bir Flotasyon Tesisine Uygulanması" adlı bu çalışma jürimiz tarafından Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Maden Mühendisliği** Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç.Dr. Metin UÇURUM (Niğde Üniversitesi)

Öye : Doç.Dr. Ö.Yusuf TORAMAN (Niğde Üniversitesi)

Öye : Yrd. Doç.Dr. Necmettin ERDOĞAN (Aksaray Üniversitesi)

ONAY:

Bu tez, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenmiş olan yukarıdaki jüri üyeleri tarafından/20... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun/20... tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

...../20...

Doç. Dr. Murat BARUT
MÜDÜR

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atf yapıldığını bildiririm.



Nuriye GÖKMEN

ÖZET

İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROLÜ VE BİR FLOTASYON TESİSİNE UYGULANMASI

GÖKMEN, Nuriye

Niğde Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Metin UÇURUM

Eylül 2014, 86 Sayfa

İstatistiksel Proses Kontrolü (İPK), üretim çalışmalarını önceden belirlenen kalite aralıklarında yapılmasını temin eden, standart dışı üretimi önlemek suretiyle istenmeyen ürün çıktısını azaltan matematik esaslı bir yöntemdir. Bu çalışmada, İstatistiksel Proses Kontrolü teknikleri ve bir flotasyon tesisine (Özdemir Antimuan Madenleri A.Ş.) uygulanabilirliği araştırılmıştır. Tez çalışmasında, istatistiksel proses kontrol yöntemlerinden, kontrol diyagramlarından Standart Shewhart X-R grafikleri ve Proses Yeterlilik Analizlerinden yararlanılmıştır. Tesis çalışmalarından elde edilen X-R grafiklerinin incelenmesi neticesinde istenmeyen anomaliler tespit edilmiş olup minimize edilmesi için çözüm önerileri ortaya konulmuştur. Bununla birlikte tesiste üretilen antimuan konsantresinin %Sb ve %As değerleri için hesaplanan proses yeterlilik analizi ise flotasyon tesisinin kendi spesifikasyonları dahilinde üretim gerçekleştirdiğini göstermiştir.

Anahtar Sözcükler: İstatistiksel proses kontrol, X-R grafikleri, proses yeterlilik analizi, flotasyon tesisi

SUMMARY

STATISTICAL PROCESS CONTROL AND APPLICATION TO A FLOTATION PLANT

GÖKMEN, Nuriye

Nigde University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mining Engineering

Supervisor: Associate Prof. Dr. Metin UÇURUM

September 2014, 86 pages

Statistical Process Control (SPC) is an improved of methods, mathematical based, to provide production operations in accordance with desired properties quality specifications preventing poor quality production to minimize imperfect manufacturing. In this study, statistical process control techniques were desired then with applications of a flotation plant (Özdemir Antimuan Madenleri A.Ş.) was investigated in detail. In this thesis, control charts (standart Shewhart X-R charts), one of the statistical process control methods, were used for performance measurement and process capability analysis has been emphasized. The anomalies of flotation plant were determined by using X-R graphics and operational solutions have been demonstrated to reduce these. However, flotation process capability analysis (for Sb % and As % of concentrate) showed that the plant operates within their specifications.

Keywords: Statistical process control, X-R graphics, process capability analysis, flotation plant

ÖNSÖZ

Sunulan bu yüksek lisans tezinde İstatistiksel Proses Kontrol (İPK) teknikleri hakkında bilgiler verildikten sonra Koza Özdemir Antimuan Madenleri A.Ş.'nin Tokat-Turhal'da faaliyet gösteren flotasyon zenginleştirme tesisinde İPK çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Yüksek lisans eğitimimde ve tez çalışmamda bana yardımını esirgemeyen tez danışmanım Sayın Doç.Dr. MetinUÇURUM'a teşekkürü bir borç bilirim. Tez çalışmamın uygulama kısmının tamamlanmasında Özdemir Antimuan Madenleri A.Ş. Turhal Şubesi İşletme Müdürü Cüneyt KARASIKI'yave Maden Mühendisi Mehmet KALMAZ'a gösterdikleri hoşgörü ve yardımlardan dolayı çok teşekkür ederim.

Bu tezi, sadece bu çalışmam boyunca değil, tüm öğrenim hayatım boyunca maddi ve manevi koruyuculuğumu üstlenen babam Tufan GÖKMEN'e ithaf ediyorum.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iv
SUMMARY	v
ÖNSÖZ.....	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
SİMGE VE KISALTMALAR	xi
GİRİŞ	1
BÖLÜM I KALİTE VE KALİTE KONTROL.....	2
1.1 İstatistiksel Proses Kontrol (İPK).....	6
1.2 Kontrol Grafikleri.....	10
1.3 Proses Yeterlilik Analizi	20
BÖLÜM II ANTIMUAN CEVHERİ VE ZENGİNLEŞTİRİLMESİ.....	22
2.1 Antimuan Kullanım Alanları.....	27
2.2 Antimuan Konsantrlerinde Aranan Özellikler.....	28
2.3 Antimuan Cevherini Zenginleştirme Yöntemleri.....	29
2.3.1 Gravite ile zenginleştirme	29
2.3.2 Flotasyon yöntemi	30
2.3.3 Metalürjik işlemler	34
2.4 Tokat-Turhal Özdemir Antimuan İşletmesi Hakkında Genel Bilgiler.....	34
BÖLÜM III ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	43
BÖLÜM IV MATERYAL-METOT	47
4.1 Materyal	47
4.2 Metot	47

BÖLÜM V BULGULAR.....	52
5.1 X-R Proses Analizi.....	52
5.2 Proses Yeterlilik Analizi	74
BÖLÜM VI SONUÇLAR.....	76
KAYNAKLAR.....	78
ÖZGEÇMİŞ	86

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1.Literatürde en yaygın olarak bulunan şemalar ve bunlarla ilgili kısa bir değerlendirme.....	15
Çizelge 2.1. Önemli antimuan mineralleri	22
Çizelge 2.2. Dünya antimuan rezervleri	25
Çizelge 2.3.Türkiye antimuan rezervleri.....	26
Çizelge 2.4. Antimuan konsantrelerinde aranan asgari koşullar	28
Çizelge 2.5.Antimuan bileşiklerinin ticari ve kimyasal formülleri.....	28
Çizelge 2.6.Tüvenan cevhere ait kimyasal analiz	35
Çizelge 2.7.Hücrelerdeki pH değerleri,Sb ve As tenörleri.....	38
Çizelge 4.1. Kontrol grafikleri limitleri	47
Çizelge 4.2.Kontrol limitlerinin hesaplanmasında kullanılan sabitler	48
Çizelge 4.3.C _p ve C _{pk} indislerinin karar noktaları.....	50
Çizelge 4.4.Tesise ait spesifikasyonlar	51
Çizelge 5.1.Konsantre numunelerine ait %Sb değerleri	52
Çizelge 5.2.Konsantre %Sb için X ve R değerlerine ait AKS, OD ve ÜKS hesaplamaları..	55
Çizelge 5.3.Konsantre numunelerine ait %Asdeğerleri	56
Çizelge 5.4.Konsantre %As için X ve R değerlerine ait AKS, ODve ÜKS hesaplamaları	59
Çizelge 5.5.Artık numunelerine ait %Sb değerleri	61
Çizelge 5.6. Artık%Sb için X ve R değerlerine ait AKS, OD ve ÜKS hesaplamaları.....	64
Çizelge 5.7. Artık numunelerine ait %As değerleri	65
Çizelge 5.8. Artık %As için X ve R değerlerine ait AKS,OD ve ÜKS hesaplamaları	68
Çizelge 5.9. Tesis metal kazanma verim (%) değerleri.....	70
Çizelge 5.10. Tesis metal kazanma verimi için X ve R değerlerine ait AKS,OD ve ÜKS hesaplamaları.....	72
Çizelge 5.11.Tesis C _p ve C _{pk} değerleri	75

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Bir mamülün üretim aşamalarında kalite kontrolün yeri	5
Şekil 1.2.İPK süreci iş akışı	9
Şekil 1.3.Örnek süreç kontrol grafiği	16
Şekil 1.4. Süreç yeterlilik analizi çalışması akış şeması	20
Şekil 2.1.Dünya antimuan üretimi.....	24
Şekil 2.2. Dünya antimuan kullanımı.....	25
Şekil 2.3. Etkileşimli flotasyon sistemi.	30
Şekil 2.4.Flotasyon çalışma prensibi.....	31
Şekil 2.5.Tüvenan cevhere ait XRD eğrisi.....	35
Şekil 2.6. Kimyasal analizlerinin yapıldığı Shimadzu UV 1208 cihazı	39
Şekil 2.7.Çeşitli konsantrasyonlarda arsenik içeren çözeltinin analiz çözeltisine verdiği renk tepkisi	40
Şekil 2.8.Absorbansa karşılık gelen konsantrasyon miktarı eğrisi.....	40
Şekil 4.1.Süreç yeterlilik analizinin genel ifadesi	50
Şekil 5.1.Konsantre %Sb X grafiği	55
Şekil 5.2.Konsantre %Sb R grafiği	56
Şekil 5.3.Konsantre %As X grafiği.....	60
Şekil 5.4. Konsantre %As R grafiği	60
Şekil 5.5.Artık %Sb X grafiği	64
Şekil 5.6.Artık %Sb R grafiği	65
Şekil 5.7.Artık %As X grafiği.....	68
Şekil 5.8.Artık %As R grafiği	69
Şekil 5.9.Tesis metal kazanma verimi (%) X grafiği	73
Şekil 5.10.Tesis metal kazanma verimi (%) R grafiği	74
Şekil 6.1.Oluşan hatalar için sebep-sonuç grafiği	77

SİMGE VE KISALTMALAR

Simgeler	Açıklama
Sb	Antimuan
As	Arsenik
θ	Temas açısı
Sb_2S_3	Antimonit
$2Sb_2S_3 \cdot Sb_2O_3$	Kermesit
Pb	Kurşun
Hg	Civa
pH	Bir çözeltinin asitlik veya bazlık derecesini tarif eden ölçü birimi
Bi	Bizmut
Cu	Bakır
H	Hidrojen
Fe	Demir

Kısaltmalar	Açıklama
MTA	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
DPT	Devlet Planlama Teşkilatı
İKK	İstatistikî Kalite Kontrol
UKS	Üst Kontrol Sınırı
AKS	Alt Kontrol Sınırı
OÇ	Orta Çizgi
KAX	Potasyum Amin Ksantat
HTEA	Hata Türü ve Etkileri Analizi
İPK	İstatistiksel Proses Kontrolü

GİRİŞ

Günümüzde üretim esaslı çalışan firmaların en önemli hedefinin kaliteli ve ucuz üretim yaparak kendi sektörlerinde rekabet üstünlüğünü ele geçirmek olduğu aşîkârdır. İşletmeleri bu temel hedefine ulaştıracak en önemli araçlardan biride ürünlerin istenilen kalite aralıklarında (spesifikasyonlarında) üretilmesi ve varsa hataların ortadan kaldırılarak prosesin kontrol altına alınması yöntemidir. Bu amaçla çağımızda işletmeler İstatistiksel Proses Kontrol (İPK) tekniklerinden yararlanma yoluna gitmektedirler. İstatistiksel Proses Kontrolü (İPK), üzerinde çalışılan fabrika/tesisten belli bir sistem dâhilinde veriler alınarak analiz edilmesi, yorumlanması ve değerlendirilmesi esasına dayanmaktadır. İPK çalışmalarında proses sürekli olarak izlenerek problemler tespit edilir, problemin nedenleri ortaya konulur ve nihayetinde çözüm önerileri geliştirilir. Bu geliştirilen çözümler uygulamaya alınarak üretim süreci tekrar inceleme altına alınır. Tahmin edileceğı gibi bu döngü üretim devam ettikçe tekrarlanmak sureti ile prosesin sürekli iyileştirilmesi sağlanmış olacaktır.

Dünya’da en fazla kullanılan cevher zenginleştirme yöntemlerinin başında flotasyon teknolojisi gelmektedir. Flotasyon, minerallerin fiziko-kimyasal özelliklerinin farklı oluşundan faydalananarak, bunlardan istenilen minerallerin hava kabarcıklarına yapışarak köpük şeklinde ayrılmasını sağlayan bir cevher hazırlama teknolojidir. Zenginleştirme tesislerinde genel olarak konsantre ve artık olmak üzere iki nihai ürün elde edilir. Bunlar üzerinde yapılan çalışmalardan elde edilen veriler kullanılarak bazı hesaplamalar il söz konusu zenginleştirme tesisinin çalışma performansı ortaya konulmaktadır. Flotasyon zenginleştirme tesislerinin de başarı ölçütü üretilen konsantrenin ve artığın özelliklerine, metal kazanma verimine bağlıdır.

Zenginleştirme tesislerinden istenilen özelliklerde konsantre alınması ve metal kazanma veriminin yüksek tutulması, gerek hammadde kaynaklarının değerlendirmesinde gerekse katma değeri yüksek konsantreler üretilmesinde hayati öneme sahiptir. Bunun gerçekleştirilebilmesi için ise iyi bir mühendislik çalışması ortaya konulmak zorundadır. Bu mühendislik çalışmaları içinde de proses kontrolünün önemli bir yer tuttuğı bilinmektedir.

BÖLÜM I

1. Kalite ve Kalite Kontrol

Üretim; mal, hizmet veya fikir oluşturma sürecidir. Üretilen ürün elle tutulabilir bir nesne, bir hizmet veya bir fikir şeklinde olabilir. Her üç durumda da amaç kaliteli bir ürün elde etmek ve müşteri tatminini maksimuma çıkarmaktır. Bu amacı gerçekleştirmek için kalite kontrol çalışmaları yapılmaktadır. Kalite kontrolü uygulamak, en ekonomik, en kullanışlı ve tüketiciyi daima tatmin eden kaliteli ürünü geliştirmek, tasarımını yapmak, üretmek ve satış sonrası hizmetlerini vermektir (Genç ve Zaim, 1999). Kalite kelimesi Latince nasıl oluştuğu anlamına gelen “Qualis” kelimesinden türemiş ve “Qualitas” kelimesiyle ifade edilmiştir. Esasta kalite sözcüğü hangi ürün ve hizmet için kullanılıyorsa, onun gerçekte ne olduğunu belli etmek amacını taşımaktadır. Kalite, genel olarak günlük konuşmalarda üstünlüğü ve iyiliği, diğer bir deyişle kaliteye konu olan ürün ve hizmetin iyi niteliklerinin olduğunu belirtir. Bu bakımdan kalite, subjektif (kişisel) değerleri içermektedir. Ancak subjektif değerlendirmelerden oluşan kalite anlayışı ülkeden ülkeye, yaşam düzeyi, zevk, gelenekler, toplumsal yapı, eğitim gibi çok sayıda faktörlerin etkisi altında değişik yapı göstermektedir. Bu nedenlerle tüketicinin ürün ve hizmetler için kullandıkları kalite kelimesinin ifade edeceği anlamlar da farklı olabilmektedir. Bu bakımdan herhangi bir ürünün üretiminde tüketicinin arayacağı niteliklerin göz önüne alınması gerekir (George and Weimerskirch, 1996). Bir ürün ya da hizmetin kalitesinin geliştirilmesi ve devam ettirilmesi için yapılan aktiviteler ve teknikler kalite kontrol olarak adlandırılır. Kalite kontrol aşağıdaki aktivitelerin entegrasyonunu içerir (Besterfield, 1994).

- i) Gerekli olan spesifikasyonların araştırılması
- ii) Ürün yada hizmetin spesifikasyonlarına uygun dizayn edilmesi
- iii) Amaçlanan spesifikasyonlara uygun üretim ve kurulum
- iv) Spesifikasyonlara uygunluğunun sağlanıp sağlanmadığının belirlenmesi için muayene
- v) İhtiyaç duyulan spesifikasyon değişimi için veri elde etmek amacıyla mevcut durumun gözden geçirilmesi

Kalite konusunda uzman kişi ve kuruluşlar ise kalite kontrol terimini farklı şekillerde tanımlamışlardır. Juran'ın tanımına göre, “Kalite kontrol, istatistiksel metod araçlarına dayandırılan kalite spesifikasyonlarının yerleştirilmesi ve başarılı olabilmesi

için ortalamaların istatistiksel kalite kontrol parçalarıyla toplam olarak ele alınmasıdır.” Daha sonraları Juran 1974’de bu tanımı revize ederek, “Kalite Kontrol, bizim kalite performansını ölçerek standartlardan farkını karşılaştırdığımız bir işlemdir” şekline getirdi. Amerikan Ulusal Standartlarının tanımına göre; “Kalite Kontrol; bir ürünün veya hizmet kalitesinde verilen ihtiyaçları karşılayan operasyonel teknikler ve aktivitelerdir. Ayrıca bu teknik ve aktivitelerin uygulanmasıdır”.

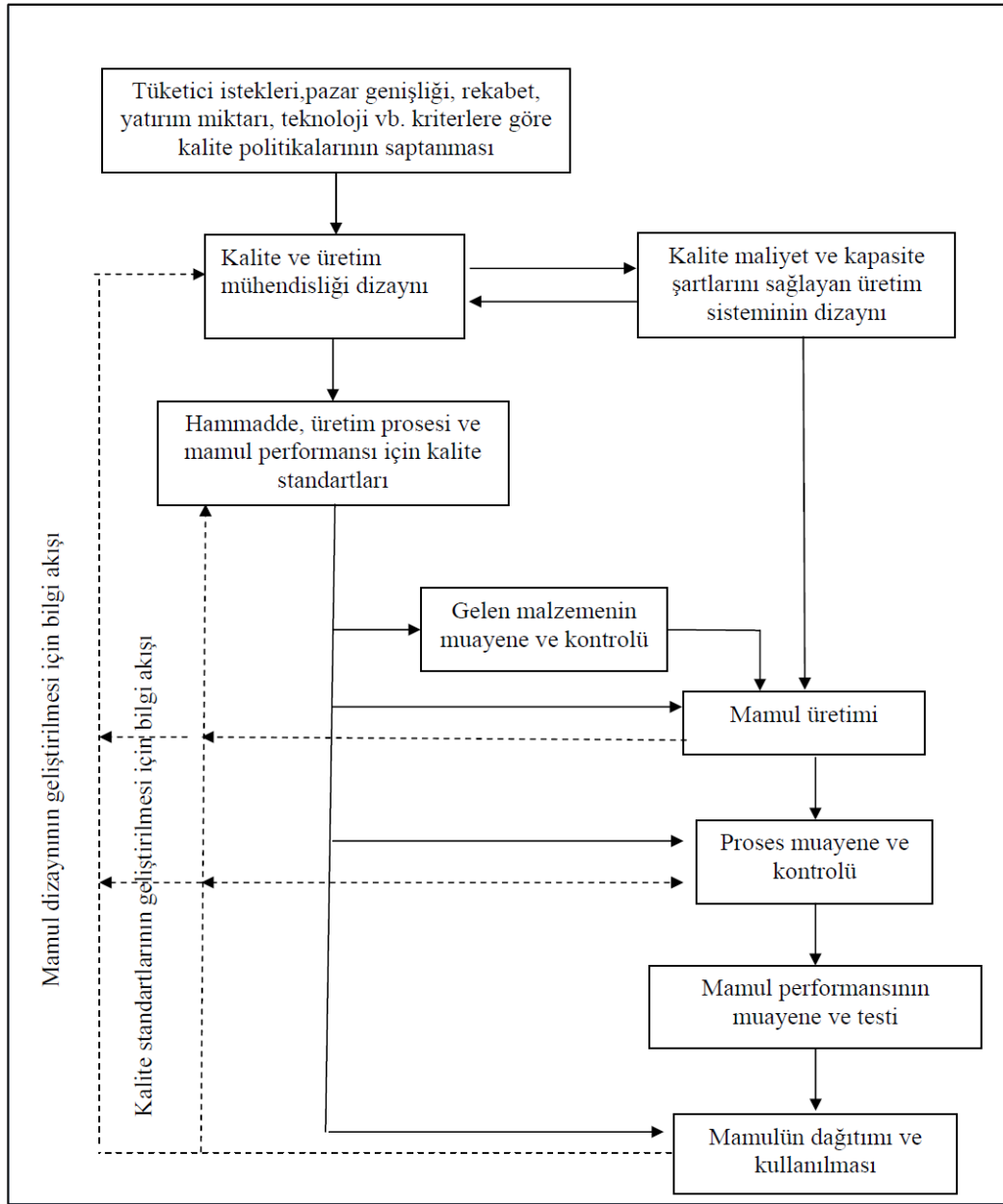
Kalite kontrolü sadece muayene veya fabrikanın belirli bir bölümünde sürdürülen faaliyetler olarak düşünmemek gerekir. Kalite kontrolü, işçisinden genel müdürüne kadar tüm personelin sorumluluk taşıdığı ve imalatın her aşamasında yer alan faaliyetler topluluğudur. Kalite kontrolün bu önemli özelliğini vurgulamak için “Toplam kalite kontrol” kavramını ilk ortaya atan Feigenbaum’un verdiği tanım şöyledir “Tüketici isteklerini en ekonomik düzeyde karşılamak amacı ile işletme organizasyonu içindeki çeşitli ünitelerin; kalitenin yaratılması, yaşatılması ve geliştirilmesi yolundaki çabalarını birleştirip koordine eden etkili sisteme Toplam Kalite Kontrolü denir” (Kobu, 1987).

Üzerinde çalışılan konu ile ilgili sayısal verilerin, doğru olarak toplanması, özetlenmesi, konuyu tanıttak için işlenmesi, bilinen faktörlere göre analizi, başka verilerle ilişkilerinin tespiti ile sonuçların yorumlanması ve genelleştirilmesi için yapılan bütün işlemler “İstatistiksel Metotlar” olarak bilinir. 1924 yılında bir matematikçi olan Walter Shewhart, ilk kez Bell Laboratuvarlarında, seri üretim ortamında kalitenin ekonomik olarak kontrolü için bir yöntem olan istatistiksel kalite kontrol (İKK) kavramını gündeme getirdi. Daha sonra giderek yaygınlaşan kütle üretiminin kalite kontrol ihtiyaçlarını karşılamak üzere ABD, İngiltere gibi birçok endüstri ülkesinin fabrikalarında kullanılmaya ve yayılmaya başladı. Çünkü kütle üretiminde, miktarların çok yüksek olması %100 muayeneyi olanaksız kılıyordu. Örneklem yaparak, tüm üretim partisinin kalitesi hakkında istatistiksel çıkarım yapmaya yönelik olan İKK, gerçekten büyük faydalar sağladı. Bu dönemde muayenecilerin rolü değişti ve sayıları azaldı. Örneklem, kontrol şemaları gibi bazı istatistiksel araçları kullanarak kalite kontroldeki görevlerini devam ettirdiler. Üretim yöntemlerinin ve ürün yapısının karmaşıklığı kaliteli ve tek düze ürün elde etme çabalarını büyük ölçüde engellemektedir. İstatistik busorunların çözümünde kullanılan temel bir araçtır. Büyük miktarlarda üretimler söz konusu olduğunda üretilen mamullerin kalitesini kontrol etmek ve muayene edilecek birimlerin miktarlarını

belirlemek istatistik metotlarınkullanımı ile mümkün olmaktadır. İstatistik tekniklerin kullanımından önceverilerin doğru olarak toplanması gerekmektedir. Doğru veri toplanmasıancak, istatistik konusunda eğitimli personelce, belirli bir sistemle, ölçümhatası olmayan cihazlarla yapılabilir.Kalite kontrol faaliyetlerinin yerine getirilmesinde, istatistikselmetotlardan yararlanılmaktadır ve kalitenin kontrol edilmesi ile ilgili olarak ikitemel yaklaşım söz konusudur. Bunlardan birincisi, firmaya giren ve firmadançıkan fiziksel maddelerin kontrol edilmesi, ikincisi ise çevrim veya dönüşümfaliyetlerinin fiili olarak yürütüldüğü üretim veya imalat sürecinin kontroledilmesidir. Bu yaklaşımların her ikisi de istatistiksel örnekleme tekniklerinikapsamaktadır.Modern kalite kontrolün temelleri, 1920'lerden itibaren istatistikselmetotların sanayide kullanımı ile ortaya çıkmıştır. Bu yıllarda ilk olarakShewhart, Dodge, Roming, Pearson gibi bilim adamları istatistiksel metotları,sanayide karşılaşılan kalite problemlerinin çözümünde kullanarak istatistikselproses kontrolünün temelini atmışlardır. İstatistik birçok bilim dalında olduğugibi kalite kontrolünde de temel bir yardımcı vazifesi görmektedir.Üretim yöntemlerinin ve ürün yapısının karmaşıklığı, kaliteli ve tekdüzeürün elde etme çabalarını büyük ölçüde engellemektedir. İstatistik, busorunların çözümünde kullanılan temel bir araçtır. Büyük miktarlarda üretimsöz konusu olduğunda, üretilen mamullerin kalitesini kontrol etmek vemuayene edilecek birimlerin miktarını belirlemek, istatistiksel metotlarınkullanımı ile mümkün olmaktadır. Japonların, dünya piyasalarında kalite konusunda yüksek rekabetgücüne sahip olabilmelerinin önemli nedenlerinden birisi, Japonların Batınıntakip ettiği geleneksel düzeltici kalite kontrol ve örnekleme yoluyla incelemeye daha az önem vermeleri, kaliteyi mamul ve imalat sürecineyerleştirmeleri ve bu amaçla istatistiksel yöntemleri etkin bir biçimde kullanmaları olmuştur. Bu şekilde gerektiği yerde uygun önlemleri almakdaha kolay olmakta ve ekonomik açıdan da yarar sağlamaktadır(Bostan, 2010).

Bir mamulün üretim aşamalarında kalite kontrolünün rolü Şekil 1.1'de açık bir şekilde gösterilmiştir. Buna göre önce kalite ve üretimi ilgilendiren veriler toplanır ve kalite politikası belirlenir. Bu verilere uygun üretim sistemi dizayn edilir. Hammadde, proses ve mamul için kalite standartları belirlenir. Gelen malzemeler kontrol edildikten sonra üretime geçilir. Üretim sırasında belirli yöntemlere göre proses kontrol edilir. Üretilen mamulün son kontrolü yapılarak spesifikasyonlara uygunluğu test edilir ve satışa gönderilir(Kumpas, 2006).Kesikli çizgiler geri beslemeyi göstermektedir. Bu faaliyetler

gerçekleştirilirken elde edilen sonuçlar geri besleme bilgisi olarak dizayn aşamasına gönderilmektedir(Kobu, 1999).



Şekil 1.1. Bir mamulün üretim aşamalarında kalite kontrolünün yeri(Kobu, 1999)

Kontrol ve analize ihtiyaç duyulmasının nedeni, aşağıda belirtilen iki temelçelişkiden dolayıdır(Adam ve ark., 1989).

i)Her üretim sisteminde uygunsuzlukların meydana gelmesi; üretimden elde edilen çıktıların birbirine benzememesi.

ii)Ürün kalitesi aynı olduğunda üretim ve ürün kullanımının çok ekonomik olmasıdır.

Yukarıda anlatılan bu nedenler ürünlerin istatistiksel olarak kontrol edildiği bir sistemin (istatistiksel kalite kontrolün) kurulmasını sağlamıştır. İstatistik kalite kontrolü, istatistik ilke ve metotlarını ürünlere uygulamak suretiyle genel minimum ve maksimum değişme sınırlarını belirlemek, kontrol dışı bünyesel olmayan arızı sebepleri tespitle ortadan kaldırmak için kullanılan kontrol ölçü ve usullerinin tümüne verilen isimdir (Tatar, 1982).

1.1 İstatistiksel Proses Kontrolü (İPK)

İstatistiksel Proses Kontrolü, yöntem biliminde *istatistik*, bir bütünün tamamını kontrol etmek yerine bütünden örnekler alarak sonuçlara göre bütün hakkında tahminde bulunmak için kullanılan araçları ifade eder. *Proses*, bir ürün veya hizmetin önceden belirlenen nitelikte elde edilebilmesi için kullanılan makine, alet, metot, malzeme ve insan gücünün bütünüdür. *Kontrol*, prosesteki verilerin ölçümünde ve analizinde istatistiksel tekniklerin uygulanması anlamını taşır. *Değişkenlik*, kısaca gerçek değerden sapmalar olarak tanımlanır. Bütün prosesler, makine, takım, malzeme, operatör, bakım ve çevre koşullarından kaynaklanan değişime uğrarlar (Durman ve Pakdil, 2005).

Küresel rekabet ortamının bir sonucu olarak, işletmeler artık belirli bir kalite seviyesinde üretmek ve bunu sürekli iyileştirmek zorunda olduklarını öğrenmişlerdir. Kalite iyileştirme ve geliştirme sürecinde istatistiksel teknikler geniş bir kullanım alanına sahiptir. İstatistiğin kalite kontrolde geniş uygulama olanağı bulması, minimum malzeme ve işçilikle yüksek kalite düzeyinde ve büyük miktarlarda üretimi zorunlu kılan II. Dünya Savaşı'nda gerçekleşmiştir. İstatistiksel teknikler, süreçlerde gözlenen değişkenlikleri belirlemeye çalışır. İstatistik, imalat sisteminde görülen bir aksaklık veya kontrolsüzlük sonucunda mamul özelliklerinde standartlardan sapmaları ortaya çıkaracaktır. İstatistiksel tekniklerin kaliteyi iyileştirdiği, geliştirdiği, verimliliği arttırdığı ve maliyetleri düşürdüğü bilinmektedir. İstatistiksel teknikler; karmaşık süreçleri analiz ederek, bunlar arasındaki sebep-sonuç ilişkilerini ortaya çıkarmakta ve kalite iyileştirme faaliyetlerini kolaylaştırmaktadır. Nitekim istatistiksel tekniklerin; otomotiv, elektronik, tekstil, sağlık ve gıda gibi çeşitli endüstri dallarında kullanıldığı bilinmektedir. Kalite ve süreç iyileştirme çalışmalarında birçok yöntem geliştirilmiştir. İstatistiksel teknikler, uygulama sürecinde ortaya çıkan problemlerin belirlenmesinde, çözülmesinde ve gerekli

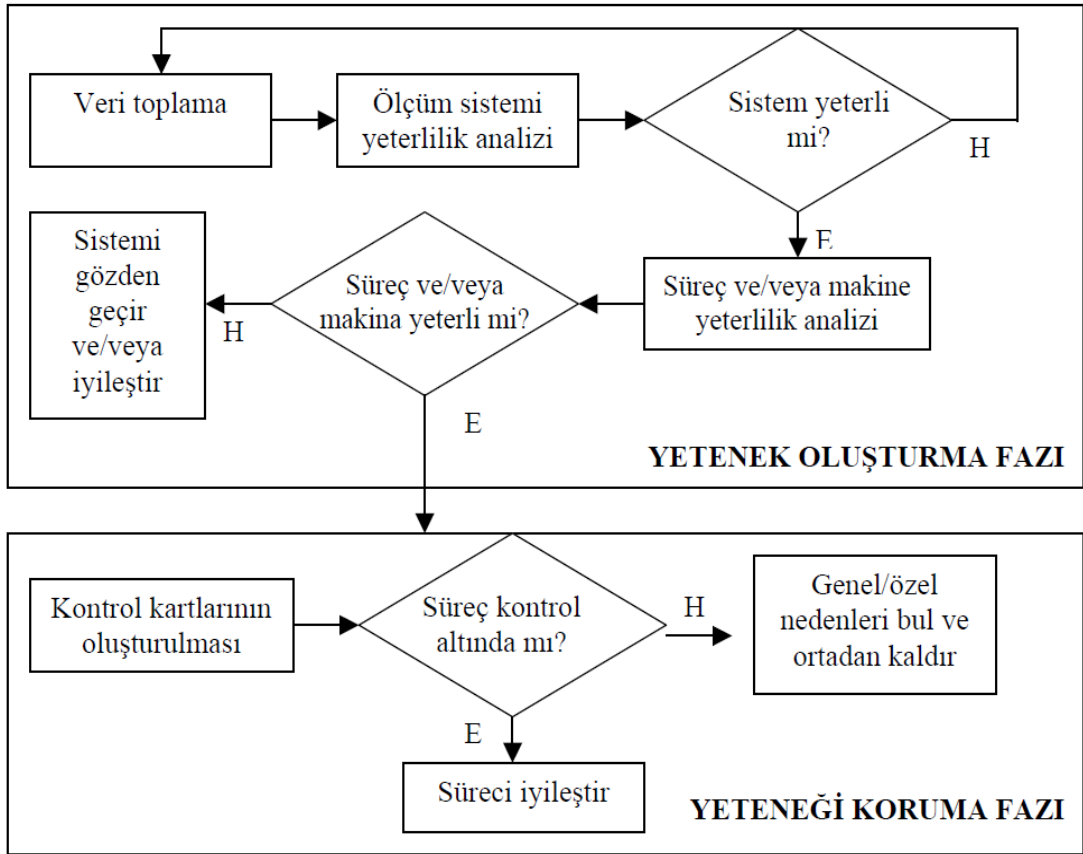
verilerin oluşturulmasında etkin bir kullanıma sahiptir (Kaya ve Ağa,2003).İstatistik kalite kontrol tüm kalite faaliyetlerinin temelini oluşturur ve kalite kontrolve istatistik yöntemlerinin birleştirilmesi ile meydana gelmiştir. İstatistik verilerintoplanması, analizi, sunulması ve yorumlanması ile ilgili ilkeleri ve yöntemleriıçeren, bu işlemlerin sonuçlarını olasılık ilkelerine göre objektif bir şekildedegerlendiren bir bilim dalıdır(Akkurt, 2002). İstatistiksel kalite kontrolün kökeni, 1916 yılında C. N. Frazee'nin Bell telefonlaboratuarlarında ilk kez kontrol problemlerini çözerken istatistiksel kavramları kullanmasına dayanır. Frazee çalışma karakteriştiği ile ilgili çalışmalar gerçekteşirmiştir (Dhillon, 1985).Bugün uygulanan istatistik kalite kontrol tekniklerinin oluşmasına büyük katkısıolan, Shewhart, Dodge ve Romig tarafından örnekleme metotları, kontroldiyagramları ve kabul planları geliştirilmiştir (Gaither, 1994). Aynı zamandaDeming, Juran ve Feigenbaum kalitenin iyileştirilmesinde kullanılan istatistik yöntemlerin geliştirilmesine katkısı olan isimlerdir.İstatistiksel kalite kontrol, gönderilen ürünlerin arzu edilen kalite spesifikasyonlarınauygunluğunu sağlamasına rağmen bir takım eksiklikleri vardır. İstatistik kalitekontrol daima proses bitiminde yani bitmiş ürünlere uygulanır. Son ürüneuygulandığı için proses sırasında meydana gelen problemleri yakalamamıza izinvermez. Sonuç olarak, kalite kontrole istatistik ilkelerin uygulanması ile hem kalite kontrolışlemleri bilimsel temellere dayandırılmış, hem de verilerin analizi veyorumlanmasına dayanarak ürün kontrolü yapılmış olur.İPK uygulamalarında proses sürekli gözlemlenerek problemler tespit edilir, probleminsebepleri belirlenir, çözüm geliştirilir, geliştirilen çözüm uygulanır ve proses tekrar izlenir. Budöngü sonsuz olup bu sayede prosesin sürekli iyileştirilmesi sağlanır (Devor ve ark., 1992). İstatistik proses kontrolü, bir ürünün en ekonomikve en yararlı bir şekilde üretilmesini sağlamak, önceden belirlenmişkalite spesifikasyonlarına uygunluğunu ve standartlara bağımlılığı hedefalmak, kusurlu ürün üretimini minimuma indirmek amacıyla istatistik prensipve tekniklerin üretimin bütün safhalarında kullanılmasıdır (Akın,1996).İstatistiksel proses kontrolü, yöntembiliminde istatistik, bir bütününtamamını kontrol etmek yerine bütünden örnekler alarak sonuçlara göre bütün hakkında tahminde bulunmak için kullanılan araçları ifade eder. Proses,bir ürün veya hizmetin önceden belirlenen nitelikte elde edilebilmesi için kullanılan makine, alet, metot, malzeme ve insan gücünün bütününü içerir.Kontrol, prosesteki verilerin ölçümünde ve analizinde istatistiksel tekniklerinuygulanması anlamını taşır. Değişkenlik, kısaca gerçekte değerden sapmalarolarak tanımlanır. Bütün prosesler, makine, takım, malzeme, operatör,bakım ve çevre koşullarından kaynaklanan değişime

uğrarlar.İstatistiki proses kontrol (İPK), bir prosesi sürekli denetleme ve prosesteki değişkenliği kontrol altına almada kullanılan bir kalite kontrol metodudur. Müşteri şartlarının yerine getirilip getirilmediğine ve sürecin kendi ürettiği değişkenlik sınırları içinde olup olmadığına karar vermede bir araç olarak kullanılmaktadır.

İPK'nın amacı değişimin özel nedenlerini ortadan kaldırarak prosesi kontrol altında tutmaktır.Kontrol altındaki bir proses, değişimin özel nedenleri ortadan kaldırıldığında sürekli olarak kendi doğal spesifikasyonu içinde parçalar üretmektedir. Değişkenliğin nedenleri kalite kontrol bakımından genel nedenler ve özel nedenler olarak ifade edilmektedir. Değişkenliğin genel nedenleri birçok küçük kaynaktan oluşan ve her proseste rassal olarak önceden tahmin edilebilen değişkenliklerdir. Genel nedenler, prosesteki özel nedenler ortadan kaldırıldıktan sonra, zamanla sabit bir dağılım gösterdiğinden bu nedenlerin azaltılması yoluna gidilmelidir. Değişkenliğin özel nedenleri ise belirsiz bir kaynaktan oluşurlar, önceden tahmin edilemez ve düzenli değildirler. Önlem alınmadıkça tekrar ederler. Özel nedenlerin ortaya ne zaman çıktığı bilirse kolaylıkla tespit edilebilir ve düzeltilebilirler. İPK metodolojisinde **istatistik**, bir bütünün tamamını kontrol etmek yerine bütünden örnekler alarak sonuçlara göre bütün hakkında tahminde bulunmak için kullanılan araçları ifade eder. **Proses**, bir ürün veya hizmetin önceden belirlenen nitelikte elde edilebilmesi için kullanılan makine, alet, metot, malzeme ve insan gücünün bütünüdür. **Kontrol**, prosesteki verilerin ölçümünde ve analizinde istatistiksel tekniklerin uygulanması anlamını taşır. **Değişkenlik**, kısaca gerçek değerden sapmalar olarak tanımlanır. Bütün prosesler, makine, takım, malzeme, operatör, bakım ve çevre koşullarından kaynaklanan değişime uğrarlar (Durman ve Pakdil 2010).

İPK süreci Şekil 1.2'de gösterildiği gibi 2 temel fazdan oluşur. Birinci fazda yeteneğin oluşturulmasına, ikinci fazda da yeteneğin korunmasına çalışılır. Yeteneğin korunması bölümünde yer alan işlemler:

- i) Veri toplama
- ii) Ölçüm sisteminin yeterlilik analizi
- iii) Süreç/makine yeterliliğinin analizi olarak ifade edilmektedir (Kolarik, 1995; Montgomery, 2001).



Şekil 1.2. İPK süreci iş akışı(Kolarik, 1995; Montgomery, 2001)

İstatistiksel Proses Kontrolü (İPK), istatistik tekniklerinin veri toplamak, analiz etmek, yorumlamak ve çözümler getirmek üzere kalite problemlerine uygulanması olarak tanımlanmaktadır (Elevli ve Behdioğlu, 2006). İPK tekniği, seri imalatın belli süreçler içinde kontrol edilerek gidişatın istatistikî yorumunu yapan ve ileride çıkabilecek redlerin önceden hissedip önlemini alarak verimliliği ve kaliteyi arttıran bir yöntemdir (Grant, 1964). İPK uygulamalarında proses sürekli gözlemlenerek problemler tespit edilir, problemin sebepleri belirlenir, çözüm geliştirilir, geliştirilen çözüm uygulanır ve proses tekrar izlenir. Bu döngü sonsuz olup bu sayede prosesin sürekli iyileştirilmesi sağlanır (Devor, ve ark., 1992). İstatistiksel proses kontrol çalışmasını altı aşamaya ayırabiliriz(Cantello,1990).

- i)Prosesin tanımlanması
- ii)Kontrol edilecek olan karakteristiklerin belirlenmesi
- iii)Ölçü aletlerinin test edilmesi ve kalibrasyonu
- iv)Proses yeterlilik analizi

v)Proses performans analizi

vi)Proses kontrol grafikleri

İstatistiksel proses kontrol teknikleri, kalite problemlerinin çözümündeyaygın olarak kullanılan ve özellikle proses kontrolü amacıyla kullanılan yediyöntemdir(Montgomery, 2001).

i)Çetele Diyagram

ii)Histogram

iii)Pareto Analizi

iv)Neden-Sonuç Diyagramı

v)Kusur Konsantrasyon Diyagramı(Gruplandırma)

vi)Dağılma Diyagramı

vii)Kontrol Grafikleri

1.2Kontrol Grafikleri

Kontrol grafikleri ifadesinin yerine, kontrol diyagramları, kontrol şemaları, kontrol kartları ifadeleri de kullanılmaktadır. İngilizcede "Control Chart" olarak bilinir. Kontrol grafiği; "Belirli ve eşit zaman aralıklarında örneklemelerden elde edilen değerlerin zaman içindeki değişimlerinin gösterildiği grafiklerdir." Kontrol grafiği; Sürecin durumunu gözetler, süreçte herhangi bir de değişiklik yapıp yapılmayacağıı tespit eder. Bir üretim sürecinin temel amacı, spesifikasyonlara uygun mamul üretmektir. İmalat planlaması ile elde edilen yeterli süreç düzeyinin korunabilmesi ancak etkin bir "Süreç kontrolü" ile sağlanabilmektedir. Süreç kontrolünün istatistik yöntemlerle ekonomik ve güvenilir biçimde gerçekleştirilmesinde kullanılan başlıca araç kontrol grafiğidir. Bir başkaca tanımla kontrol grafiği: "Mamulün, mamulü oluşturan parçaların veya diğer bileşenlerin kalite spesifikasyonlarını geçmiş deneyimlere dayanarak saptanan limitlere göre kronolojik (saat, gün, hafta, vb.) olarak karşılaştırmaya yarayan araçtır"(Özdemir, 2000). Kontrol diyagramları bir üretim prosesinin istatistiksel durumunu değerlendirmek için kullanılan bir grafik metottur. En genel şekliyle bir kontrol diyagramı, kronolojik olarak (gün-gün, saat-saat) bir ürünün kalite karakteristiğini istenilen limitlerle grafiklerle karşılaştırılmasını sağlar. Kontrol diyagramları sayesinde ürün değişiklikleri genel ve özel şeklinde ayrılabilir. Bu diyagramlar, üretilmiş ürünlerin üretim varyasyonları ile bu

ürün için daha önceden oluşturulmuş limitlerle karşılaştırılmasına olanak verir(Faigenbaum, 1991).

Shewhart ise birçok prosesi incelemiş ve tüm üretim proseslerinin değişkenlik diğer bir deyişle varyasyon gösterdiğini görmüş ve buradan yola çıkarak, iki unsurdan bahsetmiştir. Bunlardan biri prosese özgü olan sürekli unsurlar, diğeri kesikli unsurlardır. Shewhart sürekli değişimleri keşfedilemeyen (genel) nedenlere, kesiklideğişimleri de giderilebilir(Juran, 1988). Shewhart'a göre istikrarsızlığa neden olabilecek nedenler giderilebilir nedenlerdir ve bunların üstesinden gelebilmek için kontrol diyagramlarının kullanılması gerektiğini savunmuştur (Liberatore, 2001).Proseste meydana gelebilecek özel nedenleri tayin edilmesine yardımcı olan ve buyolla ürün kalitesinin artırılmasını sağlayan kontrol diyagramlarına ait özelliklerözetle beş madde içinde toplanabilir (Mears, 1995).

- i)Bir prosesin görsel göstergesidir.
- ii)Prosesin organize edilmesine yardımcıdır.
- iii)Prosesin anlaşılmasını ve kontrol edilmesini sağlar.
- iv)Prosesin istatistiksel kontrol içinde olup olmadığını gösterir.
- v)Prosesin trendini zamana bağlı olarak gösterir.

İstatistiksel süreç kontrolü, endüstriyel veya ticari girişimlerde var olan üretimin devamını veya sağlıklı geliştirilmesini sağlamak amacıyla kullanılır. İstatistiksel süreç kontrolünde, sıkça kullanılan Shewhart kontrol grafikleri yardımıyla oluşturulan sürecin, hesaplanan kontrol limitleri arasında kalması sağlanır. Kontrol grafikleri yardımıyla izlenen sürecin, kontrol dışına çıktığı noktalara çeşitli metotlar uygulanarak sürecin normal hale gelmesi sağlanır. İstatistiksel süreç kontrolü üretim mükemmelliği kriterlerinden biri olarak iş yaşamının güncel konularından birisi haline gelmiştir. İstatistiksel fikirlerin çoğunun İngiltere ve Amerika'da ortaya çıkmasına rağmen kullanılmamıştır. İPK'nin endüstriye katkılarının önemini Japonlar görmüşlerdir. Japonlar bu yöntemden kalite çalışmalarında önemli bir şekilde yararlanmışlardır. Günümüz işletmelerinin amaçları;

- i)Ürettikleri malın sürekli talep edilmesini sağlamak,
- ii)Diğer işletmelere karşı üstünlük sağlamak,

- iii) Minimum kaynakla maksimum kar elde etmek,
- iv) Ürettiği mal veya hizmetin, müşterilerin gereksinimlerini karşılayacak özelliklere sahip olmasını sağlamak gibidir. Bu gibi durumlarda rekabet ve verimlilikle olan ilişkileri dikkate alındığında, kalite ve kaliteye yönelik faaliyetlerin önemi doğal bir sonuç olarak çıkacaktır.

Üretimden belirli ve eşit zaman aralıklarında alınan örneklerden elde edilen ölçüm değerlerinin zaman içerisindeki değişimlerinin gösterildiği grafiklere kontrol grafikleri adı verilir (Bircan ve Özcan, 2003).

Bir üretim sürecinde üretilen her ürünün kalite özellikleri ile ilgili olarak değişkenlik göstermesi doğaldır. Kalite ile ilgili özelliklerde meydana gelen değişimler tesadüfi değişimler ve belirlenebilir değişimler olmak üzere iki gruba ayrılmakta olup, tesadüfi değişimler prosesin doğasında bulunan değişimlerdir. Genellikle toplam değişim içerisindeki payı oldukça küçük olan bu değişkenlik kaçınılmazdır ve kabul edilebilir düzeydedir. Öte yandan; işçi, makine ve malzemeler arasındaki farklılıktan kaynaklanan belirlenebilir değişimler daha önemli olup, bu değişimlere yol açan etkenlerin tespit edilip düzeltilmesi kalite kontrolün ana amaçlarından biridir. Sadece tesadüfi etkenlerden kaynaklanan değişimler olması durumunda proses istatistiksel anlamda kontrol altında, belirlenebilir etkenlerden kaynaklanan değişimler olması durumunda ise proses kontrol dışındadır (Elevli ve Behdioğlu, 2006). Üretilen ürünlerin bir kalite karakteristiği için kontrol diyagramının oluşturulmasına ilişkin gerekli aşamalar aşağıdaki gibidir (Grant, 1988).

1) Kontrol diyagramının oluşturulmasına ilişkin hazırlık kararları

i) Diyagramın amaçları

ii) Değişkenin seçimi

iii) Altgrup büyüklüğünün ve örnekleme sıklığının seçimi

2) Kontrol diyagramının başlangıç aşaması

i) Ölçümlerin gerçekleştirilmesi

ii) Ölçümlerin ve diğer ilgili verilerin kayıt altına alınması

iii) Diyagramın çizilmesi için gerekli hesaplamaların yapılması

iv) Elde edilen sonuçların diyagramda gösterilmesi

3) Deneme kontrol limitlerinin belirlenmesi

- i) Kontrol limitleri hesaplanmadan önce gerekli altgrup sayısına karar vermek
- ii) Merkezi çizginin hesaplanması
- iii) Alt ve üst kontrol limitlerinin hesaplanması
- iv) Merkezi çizgi ve kontrol limitlerinin diyagramda çizilmesi

4) Diyagramların analizi ve yorumlanması

- i) Kontrol göstergesi yada kontrol eksikliği olup olmadığının incelenmesi
- ii) Kontrol diyagramının mevcut durumu ve ilerdeki durumlarla olan ilişki
- iii) Kontrol diyagramının belirlediği yapılması gereken faaliyetler

5) Kontrol diyagramlarının kullanımını devam ettirmek

- i) Merkezi çizginin revize edilmesi
- ii) Kontrol limitlerinin revize edilmesi
- iii) Prosese yapılacak müdahale için kontrol diyagramlarının kullanılması
- iv) Kabul için kontrol diyagramlarının kullanılması
- v) Spesifikasyonlara yapılacak bir müdahale için kontrol diyagramlarının kullanılması.

Kontrol diyagramları, gerek istatistikî kalite kontrol gerekse istatistikî süreç kontrol için vazgeçilmez araçlardır. Şemalar, kontrol edilmek istenen kalite karakteristiğindeki zaman içerisinde meydana gelen değişiklikleri hemen herkes tarafından anlaşılabilir grafikler olarak gösterirler. Kontrol şeması üzerinde sürece ait bir kalite karakteristiğinin zaman içerisindeki davranışı (değişimi) görsel olarak izlenebilir.

Kontrol şeması yardımıyla süreci etkileyen doğal sebeplerin meydana getirdiği (önlenemeyen) değişkenliğin varlığı ve sınırları belirlenir. Üründe gözlenen değişkenliğin bu sınırlar arasında olup olmadığı gözlenir. Gözlemler bu sınırlar dışına çıkıyorsa özel (önlenebilir) bir sebebin süreci etkilediği anlaşılır. Böylece bu özel sebeplerin bulunup süreci etkilemesi engellenebilir. Değişken şemaları ürünün kalitesini belirleyen bir özelliğinin ölçülmesi ve kalitenin bu şekilde takip edilmesi için kullanılır. Bu amaçla literatürde en yaygın olarak bulunan şemalar ve bunlarla ilgili kısa bir değerlendirme aşağıda özetlenmiştir (Özdemir, 2003).

Bu bölümde bu dört tür şema türlerinden tezde kullanılan X–R grafiklerinden bahsedilecektir.

X (Ortalama) – R (Aralık) kontrol grafikleri, üretim prosesinden alınan örneklem değerlerinin ölçülebilir karakterde olması durumunda kullanılabilir. Burada ortalama aritmetik ortalamadır. Ölçülebilir karakterler için ortalama ve standart sapma kontrol grafiklerinin de kullanılması mümkündür (Işığışık, 2004). X-R kontrol grafikleri, kalite karakteristiklerinin ölçülebilen, sayısal olarak ifade edilebilen, değişkenlerde kullanılan kontrol grafikleridir. Çizelge 1.1’de grafik türlerinin olumlu ve olumsuz taraflarından bahsetmektedir. X kontrol grafiği ortalamadan, R kontrol grafiği ise homojenlikten meydana gelen sapmaları gösterir. X kontrol grafiğinin kontrol sınırları, R kontrol grafiğinin merkez çizgisi kullanılarak oluşturulmaktadır (Zeyveli ve Selalmaz, 2008). Üretimden belirli ve eşit zaman aralıklarında alınan örneklerden elde edilen ölçüm değerlerinin zaman içerisindeki değişimlerinin gösterildiği grafiklere kontrol grafikleri” denir. Bir kontrol grafiği esas olarak üç çizgi ihtiva eder. Bunlar: “Orta Çizgi”, “Üst Kontrol Sınırı” ve “Alt Kontrol Sınırı”dır (Bircan ve Özcan, 2001). Bir kontrol grafiği esas olarak üç çizgiden oluşur. Bunlar; alt kontrol sınır limiti (AKL), üst kontrol sınır limiti (ÜKL) ve orta değer (OÇ) çizgisidir. Kalite özelliğinin ortalama değeri aynı zamanda hedeflenen değer olarak da ifade edilen orta çizgi ile temsil edilir. Eğer ilgilenilen kalite özelliği ölçülebilir özellikte ise, bu durumda merkezi eğilim ölçülerinden aritmetik ortalama, dağılma ölçülerinden ise değişim aralığı ve standart sapma kullanılır. Merkezi eğilim ve dağılma için kontrol grafikleri “Değişkenler İçin Kontrol Grafikleri” olarak adlandırılır.

Çizelge 1.1.Literatürde en yaygın olarak bulunan şemalar ve bunlarla ilgili kısa bir değerlendirme(Özdemir, 2003)

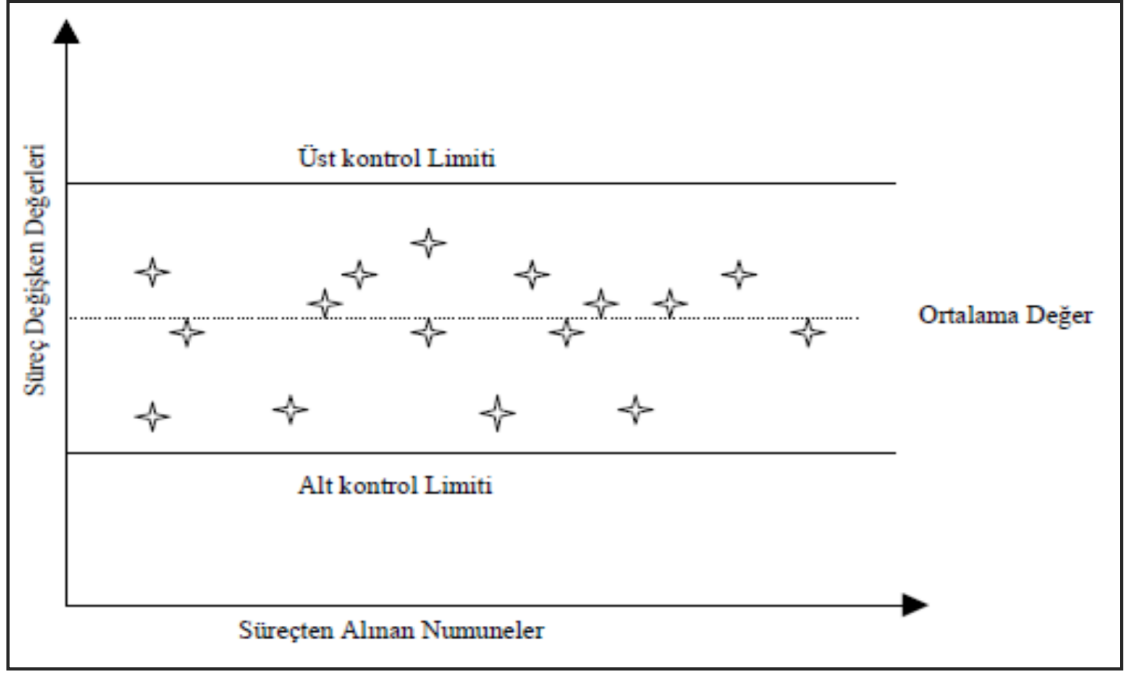
Grafik Tipi	Artıları	Eksileri
$\bar{X} - R$	Uygunsuz üretimi önlemeye ve sürecin etkin kontrolünü sağlamaya yarar.	Veri toplamak zor ve masraflıdır.

XmR	Verileri alt gruplar halinde değil de tek tek gözlemler olarak elde edebiliyorsanız bu kolay ve geçerli bir yöntemdir.	Nitelik değişkenleri için kullanıldığı zaman 1. ve 2. tür hata olasılıklarını artırır. Alt grupların değişkenliği belirlenemez.
c ve u	Sorunları belirlemek için iyi, çünkü özel kusur türleri izlenebilir. Veri toplaması kolay.	Sorun önleyici değeri az.
p ve np	Genel bir yönetim aracı olarak yararlı.	Sorun belirleme veya önleme değeri az.

Kalite özelliğinin sürekli ve sayısal olarak ölçülememesi, yani kusur sayısı gibi belli bir olayın gözlem sayısına dayanması durumunda kullanılan kontrol grafiklerine ise “Özellikler İçin Kontrol Grafikleri” adı verilir. Her iki tip grafiğin oluşturulmasında da izlenecek yol aynı olup, aşağıda sıralanmaktadır;

- i) İncelenecek olan kalite özelliği tespit edilir.
- ii) Belirli bir örnek alma yöntemine göre yeterli sayıda birimden oluşan örnekler alınarak ölçüm değerleri kaydedilir.
- iii) Kontrol grafiği tipi belirlenir.
- iv) Kontrol limitleri saptanır.
- v) Saptanan limitlerin yeterliliği tespit edildikten sonra limitler grafiklendirilir.
- vi) Kontrol limitleri dışında yer alan noktalar belirlenir ve bu noktaların sebepleri araştırılır (Ertuğrul, 2004).

Bir proses kontrol grafiği Şekil 1.3’de görüldüğü gibi genel olarak, bir merkezi hat olan proses ortalaması ile bunun altına ve üstüne çizilen alt kontrol ve üst kontrol limitlerinden oluşmaktadır. Merkezi hat, karakteristiğin hedef değerini; limitlerle sınırlanmış alan ise müsaade edilen kontrollü alanı göstermektedir. Süreç devam ettikçe elde edilen değerler çizelgeye işlenmektedir.



Şekil 1.3. Örnek süreç kontrol grafiği (Örümlü, 2006)

X ve R kontrol şemalarında prosesin kontrol limitlerinin dışına çıkması durumunda üst kontrol limiti ve alt kontrol limiti dışına çıkan noktalar ortalama kalite özelliklerinden sapmalar olarak aynı ölçüde kalite sorunu olarak değerlendirilir. Şekil 1.3'deki kontrol grafiklerinde, herhangi bir nokta ÜKL üstüne çıkarsa, bu durum hata oranının çok arttığını gösterir. AKL altına inen noktalar, hata oranının çok azaldığını belirtir. Limitler dışına çıkmamakla beraber, merkez hattının altında ve üstünde trend eğilimi gösteren durumlarda kalite ile ilgili sorunlarla karşılaşacağımızın uyarısı olarak değerlendirilmelidir. X kontrol şemasında limitler dışına çıkması durumunda kontrolden çıkan bir prosesin varlığı anlaşılmaktadır. Buna neden olan faktörler; makine ayarının yanlışlığı, kullanılan tekniğin değişmesi olabilir. Proses kontrol dışına çıktığında nedenleri araştırılmalıdır. Öncelikle kontrol limit hesapları ve grafikte işaretlenen noktaların doğrulukları incelenmelidir. Ölçme işlemlerinin doğruluğunu kontrol etmek için başka bir numune alınarak tekrar ölçülmelidir. Kalite sorunları devam ediyorsa özel nedenlerin araştırılmasına geçilmelidir (Akın, 1996).

Bir süreçte meydana gelen kalite ile ilgili problemlerin temel sebebi değişkenliktir. Budeğişkenlikler kabul edilebilir tesadüfi nedenlerden ve kontrol edilebilir özel nedenlerden kaynaklanır. Kontrol grafikleri arzu edilen niteliklerde ürün veya hizmet üretebilmek amacı ile proste zaman içinde özel nedenlerden kaynaklanan bu

değişkenlikleri izlemek ve genel sebeplerden ayırmak için kullanılır(Besterfield 1990; Anonim, 1992). Özel sebeberastlanmayan veya özel sebeplerden arındırılmış sadece genel (tesadüfi) sebeplerden kaynaklanan değişime sahip bir süreç kararlı veya kontrol altında kabul edilir. Özel sebeplerden kaynaklanan değişim çalışanların düzeltici etkinlikleri ile ortadankaldırılabilir. Ancak genel sebep değişkenliklerinin ortadan kaldırılması yönetimin sorumluluğundadır. Kontrol grafikleri ile süreç kararlılık analizi yapılırken şu adımlar izlenir:

- i)İncelenecek kalite özelliği tespit edilir.
- ii) Rasyonel alt gruplara dayalı örnekleme yapılır.
- iii) Kontrol şema tipi ve kontrol limitleri belirlenir.
- iv)Zamana bağlı üretimle ilgili noktalar işaretlenerek grafikler çizilir.
- v)Kontrol şemalarında varsa sınırlar dışında kalan noktalar ve diğer normal dışı davranışlarbelirlenerek sebepleri araştırılır düzeltici önlemler alınır.

Öncelikle incelenecek kalite özelliği belirlenmelidir. Bir kalite özelliği ya ölçülebilir (ısıldeğer, tonaj, tenor vb) ya da niteliksel (kusurlu, bozuk, kalın vb) olduğundan, bu grafiklerincelenecek kalite özelliğine göre ölçülebilen (niceliksel) ve ölçülemeyen (niteliksel) değişkenler için kullanılan kontrol grafikleri olmak üzere 2 gruba ayrılır. Madencilik faaliyetlerinde genellikle kalite verileri ölçülebilir özelliktedir ve bu yüzden niceliksel kontrol grafiklerinin kullanımı daha uygundur (Akın, 1996).

Kontrol grafikleri çizilirken verilerin işaretlenmesi rasyonel örneklemeye göre yapılır. Bu örneklemede belirli bir sayısı (m) ve büyüklüğü (n) olan alt gruplar oluşturulur. Alt grup örnekleri prosesten belirli bir zaman dilimi içindeki belirli bir anda veya zaman diliminin farklı anlarında örneklenebilir (Besterfield, 1990).Kontrol şema tipi incelenecek kalite özelliğine göre seçilir. Kontrolgrafiklerinin yatay eksenini belirli bir sayıda örneği içeren alt grupların zamana bağlı sıralanışını gösterirken, düşey eksenini ise ölçülebilir kalite özellikleri için büyüklüğü, niteliksel veri için sayımı veya oluşum yüzdesini gösterir (Anonim, 1992).Bir kontrol grafiğinin oluşturulması için değişkenin cinsi ne olursa olsun, belirlenmesi gereken 3 temeleleman ise orta çizgi (OÇ), alt kontrol limiti (AKL) ve üst kontrol limitidir (ÜKL). Alt ve üst kontrol limitleri alt grupların genel ortalamasını gösteren orta çizgiden itibaren $\pm 3\sigma$ uzaklığı veya standart normal dağılım eğrisinin %99.73'lük alanını ifade eder (Akın, 1996).

Grafik çizimi alt grupları temsil eden her bir değerin grafiğe işaretlenmesi ve işaretlenen noktaların birleştirilmesi ile gerçekleştirilir. Grafik çizildikten sonrayorumlama aşamasına geçilir. Kontrol grafiklerinde kontrol ümitlen dışındaki noktalar özel sebep göstergeleridir. Bu davranışlar sürecin istatistiksel olarak kontrol altında olmadığını, pek yakında yetersiz süreç durumu ile karşılaşabileceğini ve en önemlisi süreçte bir problemin varlığını anlatır. Kontrol grafikleri süreç kararlılığını bozan problem olduğunu ortaya koymasına rağmen bunun sebepleri ve çözümü konusunda fikir veremez. Sebeplerin bulunması ve çözüm geliştirilmesi kalite gruplarının İPK yöntem ve tekniklerinin uygulanması ile gerçekleştirilir (Besterfield, 1990).

Kontrol çizelgesinin analiz edilmesi büyük ölçüde dağılım eğrisinin daha önce açıklanan özelliklerine dayanır. Kontrol çizelgesini oluşturan noktaların yorumunda anormallik olarak kabul edilen bazı kurallar aşağıda açıklanmıştır. Söz konusu anormalliklerin meydana gelmesi olasılığı istatistik olarak binde bir veya daha azdır. Bu da çok küçük bir olasılık olduğundan süreç istatistik olarak kontrol dışına çıkmış olarak kabul edilir. Bu durum stabilite dışına çıkma olarak da isimlendirilmektedir.

Kontrol çizelgesinde alt ve üst kontrol limitleri dışında bir veya daha fazla nokta olması kuralı. Böyle bir veya daha fazla nokta sürecin özel nedenlerden etkilendiğinin en açık göstergesi olarak kabul edilir.

Kontrol çizelgesi üzerindeki tüm noktaların yaklaşık üçte ikisinin limitler arasındaki açıklığın ortadaki üçte birlik bölüme dağılması kuralı. Bu kural dağılım eğrisinin ekseninden itibaren simetrik olarak bir standart sapma mesafede ürünlerin %34'ünün yani toplamda %68'nin bulunması gerektiğinden çıkarılmıştır. Ancak pratikte elle doldurulan çizelgelerde uygulanması güç olduğundan sadece (İSK) için hazırlanmış bilgisayar programlarında kullanılmaktadır. Elle doldurulan çizelgelerde göz ardı edilmektedir.

İki standart sapma mesafede birbirini izleyen iki noktanın bulunması kuralı. Bilindiği gibi iki standart sapma dışında ürün bulunması olasılığı her iki tarafta toplam %4 veya 1/25'tir. İstatistik matematiğine göre birbiri ardına iki noktanın $2(\sigma)$ dışına çıkması olasılığı $1/25 \times 1/25 = 1/625$ 'tir bu ise bir ürünün $3(\sigma)$ sınırı dışına çıkması gibi düşük bir olasılıktır. Bu kural özellikle ileride açıklanacak olan bireysel kontrol çizelgelerinde kullanılmaktadır. Bireysel çizelgede numune sayısı bir olduğu için çizelge genelde süreç

bozulmalarına karşı fazla duyarlı değildir Bu bakımdan $2(\sigma)$ limiti uyarı limiti olarak kullanılmaktadır. Ortalamalar kontrol çizelgeleri için böyle ikinci bir limit çizmek ve izlemek kullanışlı değildir.

Ortalamanın altında veya üstünde birbirini izleyen yedi noktanın veya ürünün bulunması kuralı. Bu durum süreç ortalamasında değişkenliğinde önemli bir kaymanın olduğunun göstergesidir ve olay muhtemelen söz konusu yedi noktanın ilkine yakın olarak başlamıştır.

Artarda yedi noktanın aşağı veya yukarı doğru bir meyil izlemesi kuralı. Bu durum da yukarıdaki kurala benzer olarak süreç ortalamasında veya değişkenliğinde önemli kaymanın olduğunu belirtir.

Bu genel kurallara ek olarak bazı kitaplarda belirtilen ilave kurallar şunlardır:

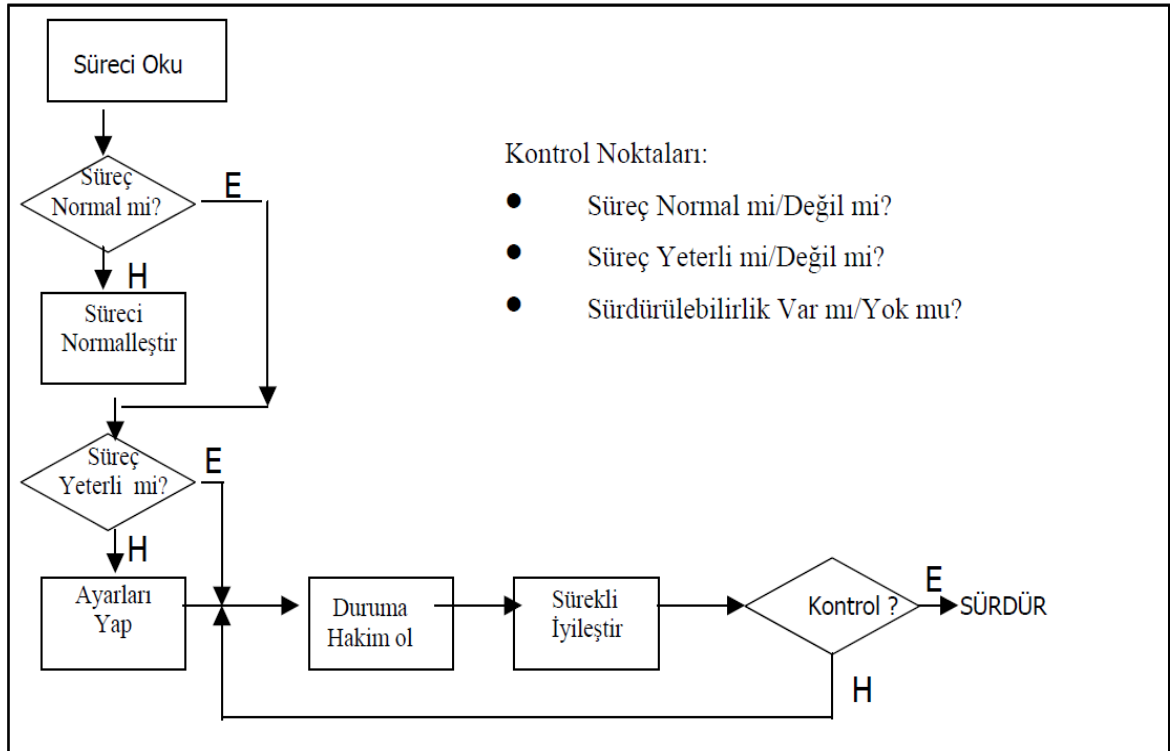
- i) Ardarda 11 noktadan 10 tanesinin ana ortalama hattının bir tarafında olması kuralı
- ii) Ardarda 14 noktanın en az 12 tanesinin ortalamanın bir tarafında olması kuralı.
- iii) Ardarda 17 noktanın en az 14 tanesinin ortalamanın bir tarafında olması kuralı.
- iv) Ardarda 20 noktanın en az 17 tanesinin ortalamanın bir tarafında olması kuralı.
- v) Ardarda 5 noktanın 4 tanesinin bir standart sapma (σ) dışında bulunması kuralı.
- vi) Ardarda 15 noktanın bir standart sapma (σ) içinde bulunması kuralı

Bütün bu durumlara sürecin istatistik kontrol dışına çıktığına veya stabilitenin bozulduğuna hükmedilir(Ford Company, 1987).

Kontrol grafikleri tesislerdeki üretilen ürün kalitesini ve normalden aşırı sapma gösteren ve sınır değerleri üzerindeki kontrolsüz durumları belirlemek amacıyla farklı alanlarda kullanılmaktadır. İPK yardımıyla ürünlerdeki istenilen kalite özelliklerine göre anormal değerler belirlenebilir ve bu değerlerin normal sınırlara getirilmesi için gerekli önlemler alınabilir (Milton and Arnold,1990).

1.3 Proses Yeterlilik Analizi

İstatistiksel teknikler, geliştirme faaliyetleri ve imalat dâhil ürünçevriminin bütün aşamalarında süreç değişkenliğinin sayısallaştırılmasında, değişkenliğin ürün gereklilikleri ya da spesifikasyonlarına göre analizedilmesinde ve değişkenliğin ortadan kaldırılmasında yada en az düzeyde tutulmasında imalat ve geliştirme bölümlerinde çalışanlara önemli yararlar sağlar. Bu genel faaliyete proses yeterliliği denir (Gitlow, 1989). Süreç yeterliliği çalışmasının akışı Şekil 1.4’ de gösterilmektedir.



Şekil 1.4. Süreç yeterlilik analizi çalışması akış şeması (Durman ve Pakdil, 2010)

Proses yeterlilik analizinin amacı; proses ortalaması ve standart sapmasını, spesifikasyonlar ile ilişkilendirerek prosesin tüketici isteklerine uygun ürün oluşturma yeteneğini değerlendirmektir. İşletmelerin ulaşmak istediği amaç; proses ortalamasının hedef değer üzerinde ve yayılımın spesifikasyonlar içerisinde, mümkün olan en küçük değerde oluşmasıdır. Proses yeterlilik analizinde proses yeterlilik indeksleri, histogram, normal olasılık işaretlemesi ve kontrol grafiği yaklaşımları kullanılabilmektedir. Süreç yeterliliği, istatistiksel bir ölçüt olup müşteri beklentilerine (şartname limitleri spesifikasyonlar) göre bir sürecin ne kadar değişkenlik gösterdiğini özetler. Bu aşamada dikkate alınan parametreler Cp ve Cpk indisleridir. Cp indisi, şartname limitleri ile proses kontrol limitleri arasındaki ilişkiyi gösterir. Cpk indisi ise, proses ortalamasının hedef

değere göre konumunu ve spesifikasyon limitleri arasındaki konumunu gösterir (Montgomery, 2001).

BÖLÜM II

2. Antimuan Cevheri ve Zenginleştirilmesi

Antimuan, insanlar tarafından çok eski zamanlardan beri kullanılan ve günümüzde stratejik önemi olan bir metaldir. Metalürjik olarak demir dışı metaller grubunda yer almaktadır. Kalay ve kurşun gibi metaller, antimuan ilave edilerek büyük ölçüde sertleştirilebilirler. Isı ve elektrik geçirgenliğinin az oluşu, alaşımlarda kullanılarak sertleştirici ve korozyonu önlemesi gibi bazı özellikleri nedeniyle birçok sanayinin hammaddesi olarak kullanılmaktadır. Doğada 150 kadar Sb içeren mineral bilinmesine karşın, metal üretiminde ve hammadde olarak kullanımda başta antimonit (Sb_2S_3), senarmontit (Sb_2O_3), valentinit (Sb_2S_3), servantit (Sb_2O_4) ve kermesit ($2\text{Sb}_2\text{S}_3 \cdot \text{Sb}_2\text{O}_3$) mineralleri önem taşımaktadır. En çok bulunan minerali antimonittir (Sb_2S_3). Bünyede bulunan istenmeyen elementler ise As, Pb, Hg ve Fe' dir. Antimuan, kükürde olan afinitesinin yanında bakır, kurşun ve gümüş gibi metalik elementlerle bileşik oluşturma yeteneği nedeniyle doğada ender olarak nabit halde bulunur(DPT, 2001). Doğada bulunan başlıca antimuan mineralleri Çizelge 2.1'de belirtilmiştir.

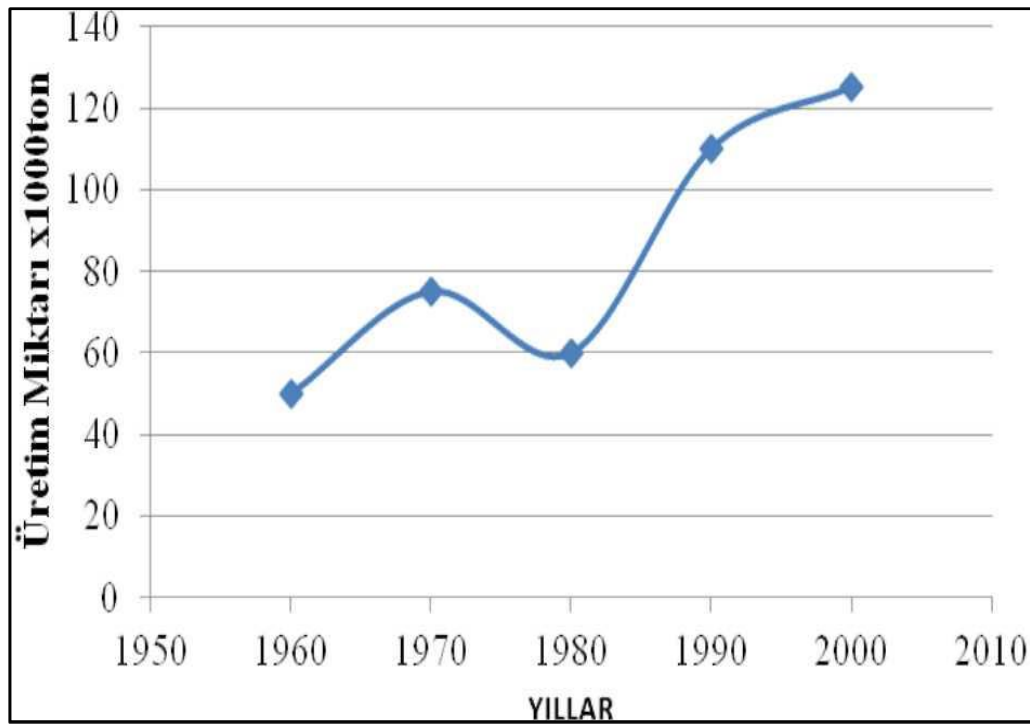
Çizelge 2.1. Önemli antimuan mineralleri (Acarkan, 1974)

Mineral	Formül
<u>Sülfürler</u>	Formül
Stibnit	Sb_2S_3
Kermesit	$2\text{Sb}_2\text{S}_3 \cdot \text{Sb}_2\text{O}_3$
Gudmuntit	FeSbS
Ulmannit	NiSbS
Wolkfakhit	$\text{Ni}(\text{As}, \text{Sb})\text{S}$
<u>Oksitler</u>	Formül
Senarmonit	Sb_2O_3 (izometrik)
Valentinit	Sb_2O_3 (ortorombik)
Servantit	Sb_2O_4
Stibikonit	$\text{H}_2\text{Sb}_2\text{O}_5$
Stibiotantalit	SbTaO_4
Stibiokolumbit	SbCbO_4

<u>Silikatlar</u>	Formül
Parwelit	$Mn_2Sb_{12}[(O,As,S)O_4]$
Kateprit	$Mn_{14}Sb_2(Al,Fe)_4[O_2(SiO_4)]$
Yeotmanit	$(Mn,Zn)_{16}Sb_2[O_{15}(SiO_4)_4]$
<u>Sülfotuzlar</u>	Formül
Kalkostibit	$CuSbS_2$
Pirarjirit	Ag_3SbS_3
Samsonit	$Ag_4MnSb_2S_6$
Diaphorit	$Pb_2Ag_3Sb_3S_8$
Micrjirit	$AgSb_2S_3$

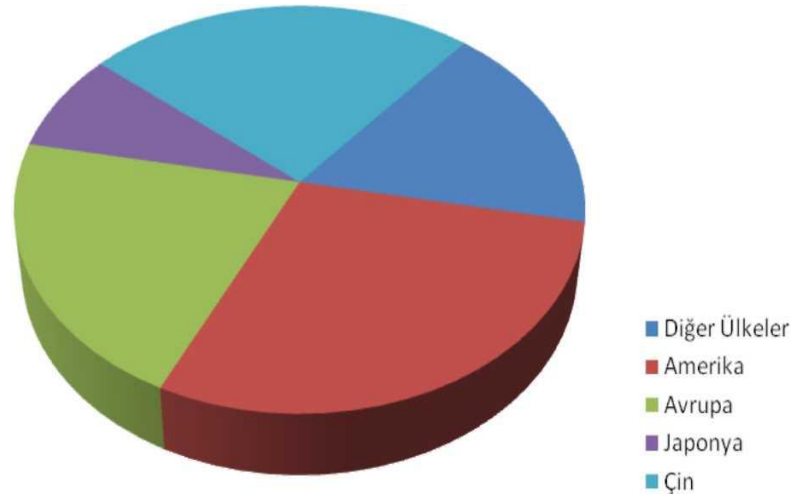
Antimuan, gümüş beyazı renginde ve kırılgan bir yapıya sahip olup kolaylıkla pülverize edilebilir. Ergime noktası 630.5°C, kaynama noktası ise 1325°C dir. Yavaşça katılaştırılırsa donuk bir yapı ve hızlı katılaştırıldığında ise granüler bir yapı oluşmaktadır. Tek kararlı allotropu metalik antimuandır. Sarı antimuan, siyah amorf antimuan ve patlayıcı antimuan kararsız formlarıdır. Sıvı stibnitten hava veya oksijen geçirildiğinde sarı antimuan oluşur. Siyah antimuan, antimuan buharlarının hızlı soğutulması yoluyla veya sarı antimuandan -90°C de elde edilir. Siyah antimuan oda sıcaklığında yavaşça metalik antimuana dönüşür, bu dönüşüm 400°C de oldukça anidir. Siyah amorf antimuan havada kendiliğinden yanar. Patlayıcı antimuan, antimuan(III) klorür çözeltisinin hidroklorik asit içinde yüksek akım yoğunluğunda antimuan anot ve platin katot kullanılarak elektrolizi yoluyla elde edilir ve antimuan triklorür ile kirlenmiş siyah amorf antimuan içerir. Saf antimuan, oda sıcaklığındaki havada değişim göstermez, rutubetli hava veya suda korozyona uğramaz. Havada kızılığa ısıtıldığında ergiyen metal alev alır. 750°C nin üzerinde çıkan buharlar sıvı antimuanı antimuan trioksite oksitler ve hidrojen oluşur. Antimuan, kurşun-antimuan alaşımlarından buharla uzaklaştırılabilir. Antimuan hidrojen akımında alev almaz. Azot akımı altında kızılığa ısıtıldığında gri buharlar çıkar ve daha sonra bunlar amorf antimuana yoğunlaşırlar. Katı veya sıvı antimuanda azot çözünmez. Flor, klor, brom ve iyot, antimuanla oda sıcaklığında dahi şiddetli reaksiyon vererek trihalojenürleri oluştururlar. Klor gazıyla reaksiyona girerek $SbCl_3$ veya $SbCl_5$ ve $SbCl_5$ karışımı oluşturur. Sıvı antimuan, fosfor, arsenik, selen ve tellür ile reaksiyona girer fakat bor, karbon ve silisyumla girmez. Kurşunla olan ötektiği ağırlıkça %13 Sb

içerir ve 246°C de erir. Antimuan, konsantre hidroflorik, seyreltik hidroklorik ve seyreltik nitrik asitlere karşı dayanıklıdır. Nitrik ve tartarik asit karışımında ve kral suyunda kolaylıkla çözünür. Antimuan, fosforik asit ve bazı organik asitlerde çözünürse de asetik asitte çözünmez. Oda sıcaklığında seyreltik veya konsantre sülfürik asitte çözünmez. Konsantre sülfürik asitte 90-95°C de SO₂ çıkışıyla birlikte çözünür. Saf antimuan; amonyum, alkali metal hidroksit ve ergimiş sodyum karbonat çözeltilerine karşı dayanıklıdır. Kızılığa ısıtıldığında, ergimiş sodyum veya potasyum hidroksitlerle reaksiyona girerek hidrojen gazı çıkışıyla birlikte antimuanitler oluşturur. Elektrokimyasal seride, hidrojenle bizmutun arasına (H, Sb, Bi, As, Cu) düşer(Herbst ve ark., 1993).



Şekil 2.1.Dünya antimuan üretimi(www.antimony.be)

Kompleks antimuan yatakları ise stibnitte birlikte bulunan pirit, arsenopirit, zinober veya şelitten veya değişen miktarlarda bakır, kurşun ve gümüş içeren antimuan sülfotuzlarıyla birlikte bu metallerin (bakır, kurşun, gümüş) ve çinkonun bilinen sülfitlerinden oluşur. Kompleks yatakların cevherleri genellikle başlıca altın, kurşun, gümüş, volfram veya çinko için işletilir(Çilingir, 1996).Dünya antimuan üretimi ve kullanımı Şekil 2.1’de ve şekil 2.2’de verilmiştir.



Şekil 2.2. Dünya antimuan kullanımı (DPT, 2001)

Dünya antimuan baz rezervleri 3.6 milyon ton (metal içeriği) olup toplam rezervin 5.1 milyon ton olduğu tahmin edilmektedir. Mümkün rezerv miktarı ise 1.8 milyon ton olarak belirtilmiştir (DPT, 2001).Dünya antimuan rezervleri Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Dünya antimuan rezervleri (Butterman andCarlin,2004)

Ülke	Üretim (t)	Rezerv (t)
Bolivya	3,000	310,000
Çin	120,000	950,000
Rusya	3,000	300,000
Güney Afrika	3,000	21,000
Tacikistan	2,000	50,000
Türkiye	500	200,000
Toplam	131,500	1.831.000

Ülkemizin bilinen antimuan rezervleri Kütahya, Balıkesir, Bilecik, Bursa, İzmir, Tokat ve Niğde illerindedir. Ülkemizin antimuan potansiyeli 6.672.000 ton civarında olup, bu da 330.000 ton metal içeriğine karşılık gelmektedir. Bu verilere göre, antimuan rezervlerimizin yaklaşık % görünür hale getirilmiştir. Toplam rezervin yaklaşık %4'lük bölümünü oluşturan 200.000 görünür+muhtemel mevcuttur. Bu rezervin büyük çoğunluğu Tokat - Turhal bölgesinde yoğunlaşmıştır. Toplam potansiyelin yaklaşık

%17'si muhtemel kategorisine girmektedir. Geri kalan %68'lik kısım ise mümkün rezerv olarak tanımlanmıştır (DPT, 2001). Türkiye Antimuan rezervleri Çizelge 2.3' de verilmiştir.

Çizelge 2.3. Türkiye antimuan rezervleri (MTA, 1980)

Yer	Tenör	Rezerv (ton)	Sahanın Durumu
Balıkesir-İvrindi-Merkez-Taşdibi köyü	%6 Sb	4 800 (muhtemel) 235 000 (mümkün)	Zaman zaman büyük çapta üretim yapılmıştır
Balıkesir-İvrindi-Korucu-Büyük Yenice köyü	%6 Sb	26 000 (mümkün)	Zaman zaman üretim yapılmıştır.
Balıkesir-İvrindi-Kayapa-Küçük Yenice köyü	%6 Sb	5 120 (görünür) 8 000 (muhtemel) 91 350 (mümkün)	Zaman zaman büyük çapta üretim yapılmıştır
Balıkesir-Susurluk-Ömerköy-Demirkapı	%1.62 Sb	---	Zaman zaman büyük çapta üretim yapılmıştır
Bilecik-Söğüt-Merkez-Dudaşköy	%2.1 Sb	---	Wolfram ve antimuan biraradadır. Zuhur düşük tenörlü ve küçük rezervlidir.
Eskişehir-Sarıcakaya-Merkez-Mayıslar köyü	---	---	Küçük bir zuhurdur.
İzmir-Merkez-Cumaovası-Sandıköy	%11.81-48.24 Sb %0.12-0.36 As	---	Eski tarihlerde bir miktar üretim yapılmıştır.
İzmir-Karşıyaka-Merkez-Sekiköy	---	5 000 (muhtemel)	Zaman zaman üretim yapılmıştır
İzmir-Ödemiş-Bademiye-Emirli köyü	%0.41-2 Sb	1 500 000 (muhtemel + mümkün)	Zaman zaman üretim yapılmıştır
Niğde-Çamardı-Merkez-Gümüşler köyü	%5 Sb, %1 Hg, %2 WO ₃	100 000 (Toplam)	Yatak aynı zamanda Hg ve W da içermektedir. Üretim yapılmaktadır.
Sivas-Zara-Merkez-Çamlıca (Aydınhisar)	%20 Sb 1949 g/t Ag	---	Bu zuhur I. Dünya Savaşı'ndan önce bir İngiliz Şirketi tarafından işletilmiştir.
Tokat-Turhal	%11-13 Sb	104 000 (görünür + muhtemel)	Saha işletilmektedir.
Tokat-Turhal-Merkez-Çamlıca köyü	%11-13 Sb	20 000 (görünür + muhtemel)	Saha işletilmektedir.

2.1 Antimuan Kullanım Alanları

Antimuan, endüstride metalik olarak ya da türevleri şeklinde kullanılmaktadır. Ancak türevler şeklinde kullanımı çoğunluktadır (Butterman and Carlin, 2004). Metalik antimuan, sağladığı avantajlar nedeniyle kurşun ve diğer metallerle alaşım oluşturarak akümülatör imalatı, lehimcilik, matbaa harfi imalatı, askeri amaçlı malzemeler ve metal yatak imalatında yaygın olarak kullanılmaktadır. Akümülatör sanayinde kullanımı son zamanlarda azalmıştır. Antimuanlı şarapnel mermileri, zırhlı yüzeye nüfuz etme yönünden en iyi cephanedir. Antimuanın sağlamış olduğu sertlik kurşun-antimuan alaşımlarının sürtünmesiz yataklarda daha uzun ömürlü olmasını sağlamaktadır. Dökümcülükte ise sertliği arttırdığı, kayıpları azalttığı ve alaşımın ergime noktasını düşürdüğü için kullanım alanı bulmaktadır. Yüksek saflıktaki antimuan, yarı iletken olarak elektronik ve termoelektrik alt üreticileri tarafından metaller arası alaşım imalatında kullanılmaktadır. Türevleri arasında sülfidler ve oksitler yaygın olarak kullanılmaktadır. Antimuanlı pentasülfid lastik endüstrisinde vulkanizasyon aracı olarak kullanılmaktadır. Ayrıca izli mermi dip kısmında ışık saçan bir antimuan karışımı bulunur. Bu da merminin fırlatma sonrası çizdiği rotanın izlenmesini sağlar. Antimuan sülfid yandığında kesif beyaz bir duman çıkardığından deniz işaretleri, görülebilir sinyaller ve yangın kontrollerinde kullanılır. Ayrıca cephan imalatında da kullanımı mevcuttur (DPT, 2001).

Ticari olarak çeşitli antimuan oksitler mevcuttur. Bunlardan antimuan trioksit (Sb_2O_3) plastikte, metal kaplamada, seramik ve emayede, boya sanayinde beyaz boya maddesi olarak kullanılmaktadır. Sb_2O_3 , silika gibi cama şekil vermede sağladığı yarar ve ışığı geçirme özelliğinden dolayı tercih edilmektedir. Değişik kimyasal bileşimlerdeki oksitler değişik renklerin elde edilmesinde de kullanılmaktadır. Tekstil, plastik ve kimya endüstrisinde yaygın olarak kullanımı mevcuttur. Antimuanın 2/3'ünden fazlası türevleri şeklinde, özellikle de oksitleri olarak kullanıldığından, antimuan oksitlerin çeşitli kullanım alanları aşağıda verilmiştir (DPT, 2001).

- i) Yangın geciktirici olarak,
- ii) Tekstil sanayinde,
- iii) Pigmentlerde,
- iv) Seramik ve cam yapımında

2.2 Antimuan Konsantrelerinde Aranan Özellikler

%17-20 Sb tenörlü parça cevherler doğrudan izabe tesislerinde işlenilirken, %15-17'den düşük Sb tenörlü cevherler ise öncelikle zenginleştirilmektedirler. Zenginleştirilen antimuan konsantrelerinde ise Sb tenörünün %45-50'den fazla olması istenmekte ve üretilen konsantrelerde tenör miktarına bağlı olarak örneğin %45-60 Sb tenörlü konsantrelerde arsenik miktarı %0,2'den, kurşun %0,3'den ve bakır %0,3'den az olması istenir. Sb_2O_3 olarak piyasaya sunulan antimuan oksit %81-83 Sb tenörlü ve maksimum %0,2 arsenik içermelidir. Antimuan konsantresinde aranan bazı asgari koşullar Çizelge 2.4' de, antimuan bileşiklerinin ticari isimleri ve kimyasal formülleri Çizelge 2.5'de verilmiştir (DPT, 2001).

Çizelge 2.4. Antimuan konsantresinde aranan asgari koşullar (DPT, 2001)

Antimonit (%)	> 60
Arsenik (%)	< 0.2
Kurşun (%)	< 0.2
Selenyum (ppm)	< 50
Bizmut (%)	Düşük değerde
Tellüryum (%)	Düşük değerde

Çizelge 2.5. Antimuan bileşiklerinin ticari isimleri ve kimyasal formülleri (DPT, 2001)

% Sb Tenörü	Verilen Ticari İsim
1-8	Tüvenan Cevher
50-65	Konsantre
70	Ham Antimuan (Crudum)
99-99.8	Regülüs
99.8'den yukarı	Rafine Antimuan

2.3 Antimuan Cevheri Zenginleştirme Yöntemleri

Zenginleştirme yöntemi, mineralin bileşimine ve madenin niteliğine göre değişmektedir. Mineral içeriğinin belirlenmesi, mineralin içerdiği değerli ve gang minerallerinin miktarını ve özelliklerini belirlenmesini sağlamaktadır. Madenin niteliğinden yola çıkarak, mineralin agrega yahut saçılımlı yapıda olup olmadığı anlaşılabilir. Aynı zamanda zenginleştirme işlemlerinde cevherin mineralojik ve kimyasal yapısı da etkili olup, özellikle mineral içeriği zenginleştirme yönteminin belirlenmesindeki esas faktörlerden biri olmaktadır (Wills, 1992). Antimuan minerallerinin zenginleştirilmesinde karşılaşılan en önemli safsızlıklardan biri SiO_2 'dir. Kuvars değeri cevherin içeriğindeki sülfata bağlı olarak artıp ya da azalmaktadır. Diğer bir önemli safsızlık ise pirit formunda bulunan demir içeriği ve arsenopirittir (Bhatti ve ark., 2009).

Antimuan zenginleştirme yöntemleri;

- i) Gravite ile zenginleştirme
- ii) Flotasyon ile zenginleştirme
- iii) İzabe (Metalürjik İşlemler)

2.3.1 Gravite ile zenginleştirme

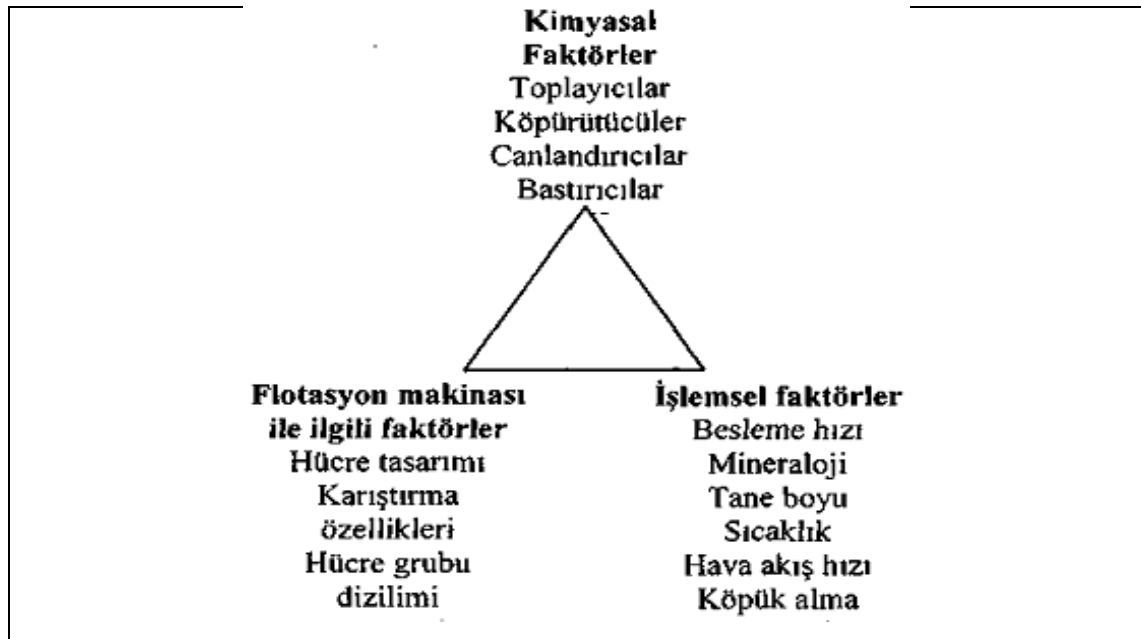
Antimuan zenginleştirmesinde hem gravite hem de flotasyon teknikleri kullanılmaktadır. Gravite ile zenginleştirme yöntemi daha çok oksitli ve iri taneli mineraller için kullanılırken, flotasyon yöntemi daha çok sülfürlü ve ince taneli mineraller için kullanılmaktadır (Bhatti ve ark., 2009). Gravite ile zenginleştirme açısından ele alındığında, antimuan cevherlerinin oluşum şekilleri nedeniyle cevherleşmenin bazı kısımları yüksek tenörlü olduğundan, gerek sülfürlü gerekse oksitli cevherler tavuklama veya jig ile zenginleştirilerek parça cevher üretilebilmektedir.

Oksitli cevherler iri taneli serbestleşiyorsa, ancak tavuklama ve yoğunluğa göre zenginleştirilebilirler. Karma yapılu antimuan cevherlerinin ($\text{Sb}_2\text{S}_3 + \text{Sb}_2\text{O}_3$) ekonomik zenginleştirilebilirlikleri, cevherin Sb_2S_3 tenörlerine, kolektif serbestleşme tane iriliklerine ve ufalanma dayanımlarına bağlıdır. Biraz zor ufalanan, iri tanede serbestleşebilenlerin antimuan mineralleri $\text{Sb}_2\text{S}_3 + \text{Sb}_2\text{O}_3$ tavuklama ve yoğunluk

zenginleştirilmesi ile ön zenginleştirilir. Bu işlemlerin artıklarındaki Sb_2S_3 , flotasyonla kazanılır ve Sb_2O_3 flotasyon artığına kaçar. Karma antimuan cevherleri biraz önceki şartlara sahip değil ise ve Sb_2S_3 tenörü uygunsa yalnızca antimoniti flotasyonla konsantreye alınabilir. Ayrıca antimonit ile birleşik tane halinde kalabilen antimuan oksitler de konsantreye geçer (Çilingir, 1996).

2.3.2 Flotasyon yöntemi

Flotasyonda tesis tasarımı ve optimizasyonunda endüstriyel ortamda kendini kanıtlamış, güvenle kullanılabilecek bir modelleme yaklaşımı geliştirilememiştir. Bunun en önemli nedeni, sürecin matematiksel olarak tanımlanabilmesi için çok karmaşık olmasıdır. Öyle ki, kimyasal faktörler, flotasyon makinasının hidrodinamiği ve işlem değişkenlerinin süreç üzerindeki karmaşık etkisi matematiksel modelleme işini son derece zorlaştırmaktadır (Ergün, 2003). Flotasyon sistemiyle ilgili faktörler Şekil 2.3’de verilmiştir (Dowling, 1986).



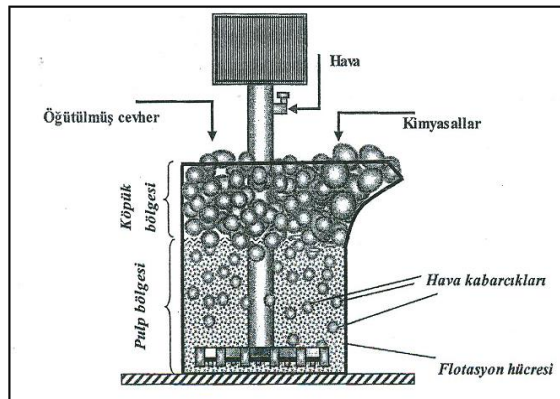
Şekil 2.3. Etkileşimli flotasyon sistemi (Dowling, 1986)

%15-20'den az antimuan içeren konsantre ve cevherler metalurjik olarak değerlendirilemediğinden genelde %8'den az antimuan tenörlü cevherler basit bir

tavuklama veya jig zenginleştirmesinden sonra, zenginleştirme artıklarındaki antimonit ancak flotasyonla yüzdürülerek konsantre edilebilir (Çilingir, 1996).

Flotasyon, cevher hazırlama süreçleri içinde minerallerin yüzey/ara yüzey özelliklerinden yararlanarak değerli mineralleri değersiz minerallerden ayırmak amacıyla yaygın olarak kullanılan zenginleştirme yöntemlerinden biridir. En az bir değerli mineral ve bir değersiz mineral içeren basit yapılı bir cevher, flotasyondan önce yeterli serbestleşmenin sağlanması amacıyla öğütülüp sınıflandırılır ve çoğunlukla su kullanılarak gerçekleştirilen bu süreçler sırasında mineral yüzeyleri, su ve içindeki pek çok iyonla etkileşime girmeye başlarlar.

Mineraller pülp halindeyken, her bir mineral yüzeyinin elektriksel yükü, içinde bulunduğu çözeltinin içerdiği iyonların ve minerali oluşturan elementlerin birbiriyle olan etkileşimlerinin bir sonucu olarak, bir diğer mineralin yüzeyinin elektriksel yükünden farklılaşabilir. Bu farklılaşma sonucunda, seçilmiş olan mineralin yüzeyi uygun kimyasallar kullanılarak hidrofobik hale getirilir. Böyle bir cevheri oluşturan değerli mineral ve değersiz mineraller arasında yüzey özelliği farkı oluşturulmuş olur. Sonraki aşama ise, havanın pülp içinde kabarcıklar halinde dağılmasıdır. Hidrofobik malzemeler pülp içerisinde hava kabarcıkları ile karşılaştıklarında onlara yapışırlar ve köpük oluşturarak köpük bölgesine yükselirler (Çilek, 2006). Flotasyon çalışma prensibi Şekil 2.4'de gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Flotasyon çalışma prensibi (Çilek, 2009)

Flotasyon hücresinden alınan köpük konsantreyi oluşturur. Flotasyon yönteminde, flotasyonla zenginleştirilecek cevherin içerdiği mineralin serbestleşme boyutu flotasyon

sonucunda oluşturulan kabarcıklar tarafından taşınabilir boyutta olmalıdır. Bu boyut genellikle - 0,2 mm'dir (Atak, 1990).Flotasyonda kullanılan başlıca reaktifler; Toplayıcılar (kollektörler), köpürtücüler, bastırıcılar, canlandırıcılar ve pH ayarlayıcılarıdır. Bu reaktiflerle ilgili ayrıntılı bilgi verilecek olursa,

i) *Toplayıcılar (Kollektörler)* mineral yüzeyine bağlanarak yüzeyi hidrokarbon tabakasıyla kaplayan ve mineralin hava kabarcığına yapışmasını temin eden kimyasal maddelerdir. Doğal flotasyon kabiliyetine sahip katılar, yüzeylerinde iyon karakter taşımayan maddelerdir. Bu tip maddelere katı hidrokarbonlar (ozokerit, parafin, asfalt) örnek olarak gösterilebilir. Mineral yüzeyi bir hidrokarbon örtüsü ile kaplanırsa, köpüğe yapışabilme özelliğı kazanır. Bu sebeple, kollektör molekülünün bir hidrokarbon grubu ihtiva etmesi gerekir.Bir reaktifin hidrokarbon grubu barındırması, kollektör olabilmesi için yeterli değıldir. Bu maddenin aynı zamanda mineral yüzeyine bağlanacak özellikte olması gereklidir. Saf hidrokarbon yağları, mineral yüzeyine bağlanamadıkları için, kollektör kabul edilemezler. Bu sebeple, ikinci şart olarak kollektörün istenen mineralin yüzeyi ile kimyasal veya fizikokimyasal bakımdan ilgisi olması gerekir. Üçüncü şart, su içinde dağılabilmesi veya daha iyisi, eriyerek çözelti meydana getirmesidir. Nihayet, organik maddenin flotasyon reaktifi olarak kullanılabilmesi için düşük fiyatlı olması gerekir. Kollektörler anyonik (yağ asitleri, ksantatlar) veya katyonik (aminler) olabilirler.Anyonik kollektörler organik asitlerle, bunların tuzlarından meydana gelir. Bu bileşiklerde, hidrojen veya alkali metal, bir polar grup, oksijen atomu, kükürt atomu, karbon atomu veya bunların meydana getirdiğı çeşitli bağlantılar olabilir. Polar grubun cinsine göre, çeşitli organik asitlerden ve bunların tuzlarından bahsedilebilir. Katyonik kollektörler, azota bağlanmış hidrokarbon zincirinin meydana getirdiğı kollektörlerdir. Azota, birden dörde kadar çeşitli hidrokarbon zincirleri bağlanarak, değışik amin tipleri meydana gelir. Beşinci bağlantı daima hidroksil iyonudur.

ii) *Köpürtücüler*, ortamda mineral taneciğini yüzeye taşıyacak nitelikte köpükler oluşturmak için ilave edilirler. Metil izobütil karbinol (MIBC), çam yağı ve değışik bileşimlerdeki alkoller köpürtücü olarak kullanılabilirler. Çeşitli kollektörler ve kontrol reaktiflerinin yardımı ile bazı mineraller ıslanabilir özellikte tutulurken, bazılarına havaya yapışabilir yüzey özelliğı kazandırılır. Böylece flotasyonun birinci kademesi meydana getirilmiş olur. Kollektörlerin bazıları da köpük meydana getirir. Bu tip kollektörlerle yapılan flotasyonda ayrıca köpürtücü kullanılmayabilir veya köpük şartlarını düzenlemek

için bir miktar köpürtücü kullanılabilir. Fakat köpük meydana getiren kollektörler flotasyon şartlarını değiştirdiklerinden, köpürtücü olarak kullanılmazlar.

iii) *Canlandırıcı* kullanılmasının nedeni flotasyonla zenginleştirilmek istenen bir cevher içindeki hidrofor mineral, en uygun toplayıcı kullanılsa bile, yeterince hidrofor yapılamayabilmesidir. Canlandırıcılar, toplayıcı ilavesinden önce kullanılarak, hedef mineral yüzeyi ile toplayıcı molekülleri arasındaki etkileşimi artırır. Canlandırıcılar pülp içine ilave edildiğinde ortaya çıkan anyon ve katyonlardan birisi hedef mineral yüzeyine adsorplanır ve mineralin yüzeyi toplayıcının adsorplanabileceği duruma gelir. Daha sonra ilave edilen toplayıcı iyonları yeni yüzeye adsorplanarak minerali hidrofor yapar. Sülfür minerallerinin flotasyonunda yaygın olarak kullanılan canlandırıcılar CuSO_4 ve Na_2S dir.

iv) *pH Ayarlayıcılar*, ortam pH'ını düzenlemek (Na_2CO_3 , CaCO_3 , NaOH vb), bastırmayı (Na_2SiO_3) veya canlandırmayı (CuSO_4) sağlamak amacıyla ilave edilirler (Çilek, 2006).

Son dönemde gelişen ve diğer flotasyon yöntemlerinden ayrılan en önemli flotasyon türlerinden biri de aglomerasyon flotasyonudur. Bu yöntemde geleneksel mekanizmadan farklı olarak, mineral tanecikleri yerine, mineral taneciklerinin bir araya gelerek oluşturdukları "mikroaglomerat" topraklarının yüzdürülmesidir. Bu nedenle yüzdürme işleminde önce mikro aglomeratları oluşturacak koşulların gerçekleştirilmesi gerekir. Aglomerasyon olayı iyonlaşmayan apolar toplayıcılar yoluyla gerçekleştirilmektedir. Mineral taneciklerinin toplayıcı yağ tabakası ile kaplanması o taneciklere yalnızca hidrofor özellik kazandırmamakta, aynı zamanda uygun koşullarda tanecikleri birbirine bağlayan "köprü sıvı" görevini de yüklenmektedirler. Bu ise taneciklerin bir araya getirilmesi, başka bir deyişle, yüksek devirde koşullandırılması yoluyla sağlanmaktadır. Zaten hidrofor özellik kazanmış topraklar uygun köpürtücülerle yüzdürülerek gerçek ayırım meydana gelmektedir. Genel olarak bu durumlar da göz önüne alınarak cevherin tipine göre değişik üretim yöntemleri uygulanmaktadır (Atak, 1990).

2.3.3 Metalürjik işlemler

Günümüzde antımanın işlenmesinde 6 farklı yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler cevherin sülfür içeriğine, oksitli ve kompleks yapıda olup olmasına ve %Sb içeriğine göre değişmektedir. Flotasyon sonucu elde edilen konsantreler tenörlerine göre farklı metalürjik işlemlere tabi tutulmaktadır (Solozhenkin and Alekseev, 2010).Bu işlemler;

- i)Kavurma
- ii)Ergitme
- iii)Sıvılaştırma
- iv)Redükleme
- v)Liç
- vi)Çöktürme

Demirle redükleme işleminde, yüksek Sb tenörlü antımuhan sülfür cevherleri veya konsantreleri, demir talaşı ve katkı maddeleri ile karıştırılarak ergitilir. Bu işlemde oluşan metalik antımuhan ile demir kükürt esaslı cürufun fırından alınmasıyla antımuhan matı elde edilir. Daha sonra bu mattan, rafinasyon izabesiyle %99,5 tenörlü antımuhan metali üretilir. Oksidasyon kavurması - redüksiyon işleminde, %15-20 Sb tenörlü parça cevherler veya yüksek Sb tenörlü konsantreler, fırınlarda (döner, akışkan yataklı, çok katlı) kavrularak Sb_2O_3 ve Sb_2O_4 'e dönüştürülür. Daha sonra antımuhan oksitler karbon ilavesiyle redüklenip rafine edilerek %99,5 - %99,9 Sb tenörlü metale dönüştürülür. Üretilen iri taneli ve %15-20'den fazla antımuhan tenörlü parça cevherler oksidasyon kavurması - redüksiyon işleminde değerlendirilirler. Zengin stibnit cevherleri 540-600C'de oksijensiz ortamda ısıtılırsa Sb_2S_3 eriyerek ergime kabının altında %85-90 Sb_2S_3 tenörleriyle toplanır. Bu zengin konsantreye kurudum adı verilir (Çilingir, 1996).

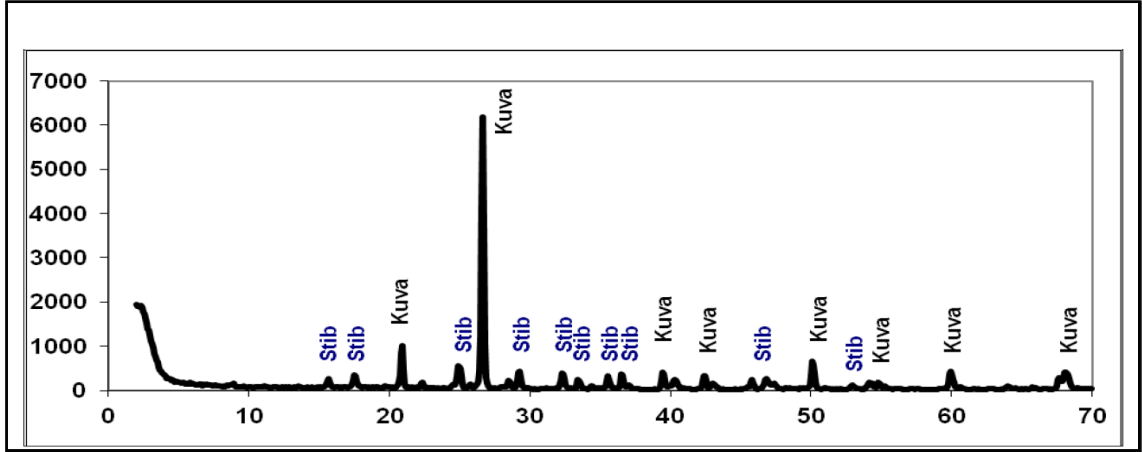
2.4 Tokat–Turhal Özdemir Antımuhan İşletmesi Hakkında Genel Bilgiler

Özdemir Antımuhan Madenleri A.Ş. Orta Karadeniz bölgesinde, Tokat ilinin Turhal ilçesine bağlı Elalmış Köyünde bulunmaktadır. Bölgede Karadeniz iklimi etkili olmaktadır. İşletmede cevher üretimi yeraltında ve açık işletme olarak yapılmaktadır. Yer altında cevher üretimi için oda topuk yöntemi, rambelli (dolgu) yöntemler uygulanarak cevher, kapasitesi 700-900 kg'lık vagonlarla desandrelerden yeryüzüne çıkartılarak kamyonlar vasıtasıyla tesise sevk edilmektedir. Desandre kapasitesi 2 vagon ve bir vardiya 8 saattir. Görünür ve muhtemel rezerv 200.000 ton, mümkün rezerv ise 22.600 tondur. İşletmede; flotasyon ve izabe tesisleri, atölyeler, idari binalar ve lojmanlar bulunmaktadır. Flotasyon tesisine taşınan ortalama %3-4 Sb tenörlü antımuhan cevheri burada zenginleştirilmekte ve ortalama%70 tenörlü konsantre elde edilmektedir. Ortalama zenginleştirme verimi %95 dir. Ayrıca tesisin besleme kapasitesi 2500 t/s ve

konsantre üretimi 83 ton/saattir. İzabe tesisinde ise şu an için metal üretimi yapılmamaktadır. Ancak yakın bir gelecekte bu tesisin onarılıp yeniden açılması düşünülmektedir. Tüvenan cevhere ait kimyasal analiz ve XRD sonuçları Çizelge 2.6’da ve Şekil 2.5’ de verilmiştir. Ayrıca tesise ait üretim akım şeması da Şekil 2.6’da ayrıntılı bir şekilde sunulmuştur(Tesis Raporu, 2009).

Çizelge 2.6.Tüvenan cevhere ait kimyasal analiz (Tesis Raporu, 2009)

Element	%
Sb	4,01
As	0,50
Fe	5,01
S	2,89



Şekil 2.5.Tüvenan cevhere ait XRD eğrisi(Tesis Raporu, 2009).

Özdemir antimuan işletmesinde üretilen tüvenan cevher bünyesinde yer alan gang minerallerini pirit, arsenopirit, silis (kuvars), şist oluşturmakta olup, değerli mineral olarak da stibnit (antimonit) yer almaktadır. Özdemir Antimuan Maden İşletmesi’ndetüvenan cevher flotasyon tesisine gönderilip ilk olarak 20 cm’lik ızgara elekten geçilerek 100 ton’luk kaba cevher silosuna dökülür. Izgara üzerinden geçemeyen parçalar balyozla -20 cm altına kırılır. Kaba cevher silosundan zincirli besleyici yardımıyla birinci kırıcıya beslenir.Primer kırıcıdan - 12 cm altına kırılan cevher titreşimli eleğe beslenir. Buradan elek altı ürün 75 ton’luk ince cevher silosuna gelir. Elek üstü ise titreşimli elek ile açık devre çalışan ikinci kırıcıya beslenir. İkinci kırıcıda -2 cm altına

kırılan cevher ince cevher silosuna dökülür. Değirmene beslenen cevherin %85'i 2 cm altında olup 100 mm ve 80 mm'lik bilyalar yardımıyla -0,150 mm altına öğütülür. Değirmen astarları kauçuk malzemeden yapılmış olup ortalama 1800–2200 saat çalışma ömrüne sahiptir. Değirmende -0,150 mm altına öğütülen tüvenan cevher ortalama 1110–1150 kg/lt yoğunluk değeri ve ağırlıkça %18 katı pülöp olarak hücrelere verilmektedir.

Değirmende 0,150 mm altına kadar öğütülen tüvenan cevher çift taraklı klasifikatörde sulu ortamda sınıflandırılan pülöp, hücrelere verilerek yüzdürme öncesi taneleri sınıflandırır ve serbestleşmemiş iri taneleri ise değirmene geri verir. %35 ağırlıkça katı içeren pülöp klasifikatörde sınıflandırılarak %18 katı oranına denk gelecek kadar su ilave edilerek hücrelere verilir.

Tüvenan cevherin zenginleştirilmesi esnasında flotasyon koşullarının belirlenmesindeki en büyük etken antimuan ve arsenik tenörü olup bununla beraber gang minerallerinin tüvenan cevher içerisindeki miktarı da belirleyici özellik taşır. Tüvenan cevher içerisindeki antimuan tenörünün yüksek, arsenik tenörünün düşük olması flotasyonu daha randımanlı kılmaktadır. Antimuan cevherinin flotasyonu için tesiste potasyum amin ksantat (KAX), Butil Glikol, Kurşun Nitrat ($Pb(NO_3)_2$) reaktifleri kullanılmaktadır. Bu reaktiflerden KAX toplayıcı olarak, Butil Glikol köpürtücü olarak, Kurşun Nitrat ise canlandırıcı olarak ve pH'ı ayarlamak için kullanılmaktadır. Tüvenan cevherdeki stibnit yapısından dolayı doğal hidrofob özellik gösterir. Bu özelliğinden dolayı stibnit köpüğe yapışarak daha kolay yüzer. Ayrıca yüzme esnasında devreye verilen KAX stibnitin mineralinin yüzeyini kaplayarak hidrofobluk derecesini yükseltir. Böylece antimuan taneleri köpükle daha büyük temas açısı oluşturur. Antimuanın teorideki köpükle yaptığı temas açısı (θ) değeri 94° dir. Stibnit cevherinin tenörü yükseldikçe butil glikol miktarı artırılır, böylece hem hücrede daha çok hem de daha sağlam köpükler oluşturulur. Ancak; aşırı butil glikol kullanımı pH'ın artmasına ve hücredeki köpük sayısını gereğinden fazla artırmaya neden olacağı ve gang minerallerinin hücre tabanına düşmesine izin veremeyeceği için stibnit ile yüzmesine sebep olur. Aynı şekilde gereğinden fazla KAX kullanımı gang minerallerini de hidrofobluk kazandırır. Butil glikol ve KAX birbirlerine orantılı bir şekilde kullanılmalıdır.

Tüvenan cevher içerisindeki gang miktarının fazlalığı flotasyon şartlarını güçlendirmektedir. Şist doğal yapısından dolayı stibnit gibi hidrofob özellik

göstermektedir. Ayrıca şlam oluşturmaya yatkın bir mineral olup stibnit cevherinin yüzeyine yapışarak flotasyonu zorlamakta ve reaktif sarfiyatını artırmaktadır. Gereğinden fazla kurşun nitrat tüketimi maliyetleri yükselteceği gibi artıktaki %Sb miktarını da artırır. Bunun sebebi, kurşun nitratın pH'ı düşürüp ortamı asidik ortama çevirmesinden kaynaklanmaktadır. Tesiste kullanılan ksantat ise nötr veya bazik ortamda tam olarak reaksiyona girer. Ortamın asidik olması bundan dolayı istenmez. Ayrıca; şlamı kontrol etmek için hidrosiklon tasarımı uygulanabilir veya sodyum silikat, dextrin veya gazyağı reaktifleri kullanılabilir.

Gang minerallerinden silisin, stibnitin flotasyon koşullarını diğer gang mineralleri gibi zorladığı pek söylenemez. Ancak kuvars sert bir mineral olmasından dolayı kırma ve öğütme verimini düşürmekte olup, serbest tane sayısını da düşürmektedir. Kuvarsın cevher içerisindeki fazlalığı öğütme süresini uzatacağı için değirmen kapasitesinin düşmesine sebep olmaktadır. Bu da cevher hazırlamadaki en büyük maliyet kalemi olan değirmenin harcadığı enerjiyi artırmaktadır. Bunu önlemenin en pratik yolu ise sekonder kırıcıyı devreye sokup değirmen giriş tane boyutunu düşürmektir. Böylece, hem enerji tasarrufu hem de serbest tane oranı artmaktadır.

Tüvenan cevherde bulunan pirit ve arsenopirit, silis gibi sert olup tüvenan cevher içerisindeki en yoğun mineraldir. Arsenopirit yüksek pH değerlerinde yüzmekte olup (pH=8) mümkün olduğunca arsenopiritin yüzmesini önlemek için düşük pH değerlerinde çalışmak gerekir. Ancak çok düşük pH değerlerinde ise kaçak olduğu için optimum pH değerinde çalışmak gerekir. Stibnitin yüzmesi; arsenopirit ve piritin bastırılması için optimum pH değeri 7,4 – 7,9 arasındadır. Hücrelerdeki pH değerleri, Sb ve As tenörleri Çizelge 2.7' de verilmektedir (Tesis Raporu, 2009).

Çizelge 2.7. Hücrelerdeki pH değerleri, Sb ve As tenörleri(Tesis Raporu, 2009)

Hücreler	pH	Sb(%)	As(%)
1	8,13	70,11	0,09
2	8,21	70,44	0,09
3	7,92	69,47	0,13
4	7,87	67,57	0,13

5	7,96	66,62	0,13
6	7,15	64,93	0,21
7	7,20	65,21	0,21
8	7,18	60,75	0,21
9	7,27	61,88	0,37
10	7,28	58,77	0,37
11	7,30	55,67	0,37
12	7,38	49,38	1,31
13	7,40	48,22	1,31
14	7,46	22,19	1,31
Artık	7,46	0,25	0,52

Yüzdürme işlemi sonunda konsantre pres filtreden geçirilerek kurutma işlemine tabi tutulur. Filtrede preslenen konsantre nemi %4 – 6 nem oranına getirilmektedir. Konsantre kurutmaya tabii tutulduktan sonra 20 tonluk siloya dökülerek depolanır. Depolanan konsantre birer tonluk “big bag” çuvalara dolumu yapılarak sevkiyata hazır hale gelir. Artık ürün ise konsantredeki gibi ayrı pres filtrelerde preslendikten sonra atık depolama tesisine nakledilir. (Tesis Raporu, 2009). Flotasyon sonucu elde edilen konsantreden ve artıktan alınan numuneler etüvde bekletildikten sonra 0,2 – 0,3 gr arasında teflon beherlere konularak tartılır. Tartılan numunenin üzerine HF ve Kral Suyu (HCl + HNO₃) eklenerek, kek kıvamına gelinceye kadar ısıtılır. Bu sayede antimonit minerali içerisindeki safsızlıklar giderilmiş olur. Kek kıvamına gelen malzemenin üzerine bir miktar daha HCl eklenerek kaynayınca kadar beklenir. Malzeme kaynadıktan sonra 250 ml hacimli jojelere alınıp seyreltikten sonra atomik absorpsiyon spektrometresinde % antimonit içeriği okunur.

Arsenik içeriği ise 2,5 M ile 50 ml sülfürik asit ,% 0,45 içerik ile 5 ml Potasyum antimoni tartarat , %5 içerik ile 15 ml Amonyum molibdat , %2,5 içerik ile 30 ml Askorbik asit ile verilen oranlarda analiz çözeltisi hazırlanarak tespit edilir. Toplam hacim 100 ml’dir.

Antimuan analizi için 250 ml hacimli jojeye hazırlanan çözeltiden 5 ml alıp 100’lük jojeye koyduktan sonra, üzerine toplam balon joje hacminin %16’sı (örn: 25 ml için 4 ml) olacak miktarda analiz çözeltisi eklenir. Geriye kalan hacim su ile tamamlanır. Çözelti

ilavesinden itibaren 30 dakika beklenir. Daha sonra Şekil 2.6’da gösterilen Shimadzu UV 1208 cihazında 880 λ dalga boyunda absorpsiyon okuması yapılır.



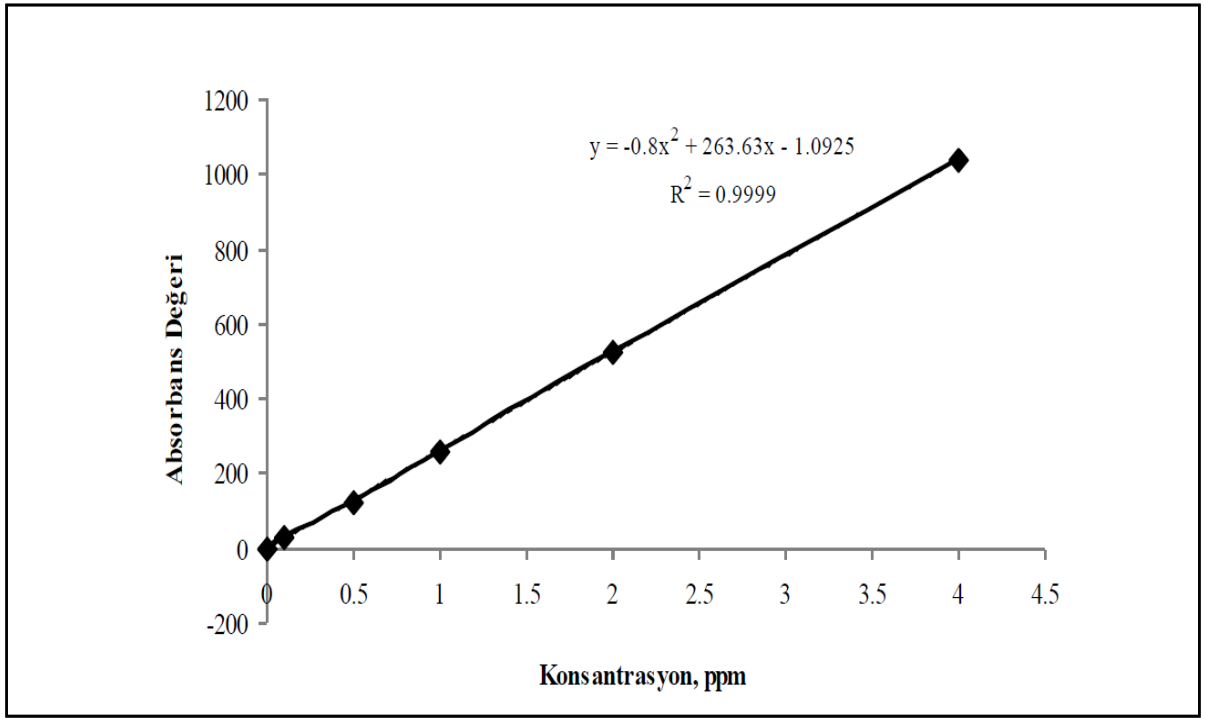
Şekil 2.6. Kimyasal analizlerinin yapıldığı Shimadzu UV 1208 cihazı

Çözelti rengi arsenik miktarına bağlı olarak renk değişir. Bu renk değiştirme arsenik konsantrasyonu arttıkça şeffaflıktan koyu laciverte doğru ilerlemektedir. 0- 0,2- 0,5- 1- 2- 4 ppm hazırlanan çözeltilerin rengi Şekil 2.7’de sırasıyla görülmektedir.



Şekil 2.7. Çeşitli konsantrasyonlarda arsenik içeren çözeltinin analiz çözeltisine verdiği renk tepkisi

Absorbans değerlerine karşılık gelen konsantrasyon değerleri not edilir ve buna göre şekil 2.8’ değosterilen eğri oluşturulur. Oluşturulan eğrinin eğilim çizgisinden formül elde edilir ve ilerleyen deneylerde konsantrasyonu bilinmeyen çözeltilerin absorbans değeri okunarak formülde yerine konulur ve konsantrasyon miktarı hesaplanır.

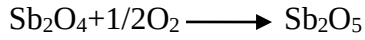
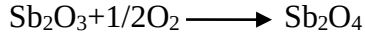


şekil 2.8.Absorbansa karşılık gelen konsantrasyon miktarı eğrisi

UV’de okunacak arsenik içeren çözeltinin sağlıklı sonuç verebilmesi için 4 ppm konsantrasyonundan daha yüksek olmaması gerekmektedir. Bunun için de analizi yapılacak zeltiiler seyreltilir. UV’de absorbans değeri okunup formülde yerine koyulup hesabı yapıldıktan sonra seyreltme oranında çarpılarak gerçek konsantrasyon miktarı hesaplanmış olur.

Tesisteki izabe nitesi Oksit nitesi ve Metal nitesi olmak üzere 2 kısımdan meydana gelmektedir. Tesis ilk kurulduğunda yüksek tenörlü parça tüvenan cevher işlemek amacıyla kurulduysa da günümüzde üretim konsantre olarak gerçekleşmektedir. Oksit nitesinde 1,5 ton/gün kapasiteli 2 adet dik fırın mevcut olup bu fırınlara oksit üretimi için minimum %45 Sb tenörlü konsantre beslenebilmektedir. Fırın, ilk yakma işleminde 350 - 400 kg kok kömürü ile ısıtılıp kömür kor alev haline gelene kadar besleme

yapılmamaktadır. Dik fırın, gazlaştırma fırını olup ortalama %69,50 Sb ve %0,12 As tenörlü konsantre pulvarize olarak, fırına besleme sobaları vasıtasıyla beslenir. İlk olarak 350-900 C de kömürle yakılan fırına beslenen konsantre sistem sonundaki aspiratör tarafından çekilen havadaki oksijen ile oksitlenerek Sb_2O_3 olarak kule, kondense boru, filtre odalarından oksit olarak alınır. Buna göre gazlaştırma aşağıdaki gibi özetlenebilir;



Konsantrenin kavrulmasıyla kule, boru ve filtre olmak üzere sınıflandırılan oksit tenörleri bakımında birbirlerinden farklıdır. Bu oksit tenörleri;

Kule oksit: %50-52 Sb

Boru oksit: %82-83 Sb

Filtre oksit: %75-76 Sb

Üretilen bu oksit çeşitlerinden boru oksit nadir olarak metal üretiminde kullanılır. Bu oksit daha çok piyasaya sunulur. Diğer oksit çeşitleri, metal üretiminde kullanılarak piyasadaki talebe göre satışı da mümkün olmaktadır. Konsantre bünyesindeki arsenik gibi safsızlıklar antimonu nazaran daha düşük sıcaklıkta (250-300°C) arsenik oksit olarak bacadan atılır. Ancak bir kısmı arsenik oksit olarak sistemde çökerek antimon tri oksit kalitesini düşürür. Metal ünitesindeki 3,5 ton/gün kapasiteli reverber fırını yaklaşık 1000-1100°C 'ye ulaşıncaya kadar ısıtılır. Metal üretmek amacıyla hazır olan oksit miktarına göre %8 oranında sodyum karbonat (soda) ve %40 oranında talaş, beslemeden önce homojen şekilde harmanlanıp reverber fırınına belli aralıklarla beslenir. Bu işlem harman miktarına göre 9-10 saat devam eder. Ancak fırın ilk şarj edildiğinde bu süre 12-13 saate kadar çıkabilmektedir. Beslemede kullanılan oksit metal, sodyum karbonat cüruf, talaş ise oksitteki oksijen için kullanılmaktadır. Besleme işlemi sonunda mat ve cüruf ayrımı gerçekleştiğinde metal dökümü işlemi yapılır. Üretilen metal tenörü %99,82 Sb ve %0,07 As içermektedir. İzabe tesisi genel olarak ortalama %90-91 randıman ile çalışmaktadır (Tesis Raporu, 2009).

BÖLÜM III

3. Önceki Çalışmalar

İpek ve ark.,(1999) yaptıkları bir çalışmada, Etibank Bigadiç kolemanit ve üleksit maden tesisinde konsantrelerin %B₂O₃ tenörleri kullanılarak X-R grafikleri ve proses yeterlilik analizleri ile istatistiksel proses kontrolü çalışmaları gerçekleştirmişlerdir. Analizlerde 46 günde elde edilen veriler kullanılmıştır. Gerek grafiksel çalışmalar gerekse proses yeterlilik analiz sonuçları tesiste sorunlar olduğunu ortaya koymuştur.

Aycul ve ark., (2001)Tunç bilek Termik Santraline kömür besleyen Garp Linyitleri İşletmesi (GLİ) sürecinin arzu edilen niteliklerde kömürü sağlamak için istatistiksel olarak kontrol altında olup olmadığıbelirlemişlerdir. Bu amaçla, uygulama aşamasında, 2002 ve 2003 yıllarında GLİ'den Tunçbilek termik santraline beslenen kömürlerin ısı değeri bazında, süreç kararlılığı ve süreç yeterliliği incelemişlerdir. Srekararlılık analizi, termik santralin iki grubu için ayrı ayrıortalama ve değişim aralığı grafikleri dikkate alınarak yapmışlardır. Süreç yeterlilik analizi ise yine Termik santralin iki grubu için ayrı ayrı yeterlilikindeksleri kullanılarak yapılmıştır. Sonuç olarak, 2002 ve 2003 yıllarında Termik santrale kömür besleyensurecin 2003 yılında iyileşme görülmesine rağmen kararsız ve yetersiz olduğu belirlemişlerdir.

Saraç ve zdemir (2003),tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, temel olarak istatistiksel kalite kontrol teknikleri yardımıyla kalitekarakteriştiği olarak seçilen mermer fayans hatlarında üretilen fayans boyutlarını incelemişlerdir. Isparta'da kurulan bir mermer işleme tesisindeki fayans hattındaretilen mermer fayanslar için ölçüm çalışmaları yaparak veri toplanmışlardır. Buretim çalışmasında, üretim sürecinin kontrol altında olup olmadığının yorumlanmasıamacıyla sistematik olarak toplanan bu veriler için karakteristik istatistikselparametreler belirlenerek kontrol grafiklerini oluşturulmuşlardır. Kontrol grafikleriyardımla müşteri memnuniyetinin sağlanıp sağlanmadığının yorumlanmasını yapılmışlardır.

Bayat ve Vapur (2005) tarafından yapılan çalışmada, Eti Gümüş A.ř. kimyasal çözündürme tesisinden düzenli olarak alınan örneklerin tenör ve Ag kazanma verim değeri, uygulanan prosesin yeterliliğini belirlemek amacıyla incelemişlerdir. Her bir parametre için X - R kontrol grafikleri hareketli değişim aralığı yöntemi ile çizmişlerdir. Böylece alt ve st limit değeriindeki sapmalar belirlemişlerdir. Ayrıca spesifikasyon limit değeriine göre proses yeterlilik indisleri (Cn ve Cpk) belirlemişlerdir. Özellikle limonit mangan yapılı cevherin kullanılması tesis verimliliğinde büyük değişimlere neden olmaktadır. Ham cevher miktarları ve tenor değeriinin uygun harmanlama yöntemleriyle sapmalarını önlemek için ayarlanması gerektiğini tespit etmişlerdir.

Elevli ve Behdioğlu, (2006) Seyitömer Linyitleri İşletmesi (SLİ) tarafından Seyitömer Termik Santrali (STS)'nde kullanılmak üzere üretilen 1-2. grup kömürlere ait kalorifik

değer ölçümlerinin istatistiksel olarak kontrol altında olup olmadığı İPK'nın temel araçlarından birisi olan kontrol grafikleri kullanılarak belirlemişlerdir. Varyans Analizi ile X ve R kontrol grafiklerinin sonuçlarını ayrıca desteklemişlerdir. Söz konusu kalite kontrol grafiklerinden elde edilen bilgiler ışığında üretim sürecinin daha önceden belirlenen spesifikasyonları karşılama yeteneğini belirlemek üzere Proses Yeterlilik Analizi yapmışlardır. Bu aşamada sürecin normal dağılıma sahip olduğu varsayımını ayrıca ispatlamışlardır. Son olarak, hesaplanan spesifikasyon dışı oranlar, kömür sözleşmelerinde belirtilen prim/ceza uygulaması ve harmanlama işlemleri dikkate alınarak işletmenin satış gelirini irdelemişlerdir.

Vapur (2009) tarafından Boroner Madencilğe ait flotasyon tesisinde konsantre kurşun-zinko tenörleri üzerinden istatistiki proses kontrol çalışmasını gerçekleştirmiştir. Elde edilen verilerin değerlendirilmesinde X_mR grafikleri ve proses yeterlilik analizleri kullanılmıştır. Gerek grafiksel çalışmalar gerekse proses yeterlilik analiz sonuçları tesiste sorunlar olduğunu ortaya koymuştur.

Aydın ve Pakdil, (2010) yaptığı bir çalışmada, bir elektrik üretim santralinde aylık üretim maliyetlerinin artış nedenleri ve azaltılması için yapılabilecek çalışmalar incelemişlerdir. Termik santralde kazana beslenen kömür kalori değerlerindeki değişkenliğin, maliyeti artıran en önemli faktör olduğu belirlemişlerdir. Bu amaçla C_p ve C_{pk} katsayıları ile maliyet artışları arasında bir ilişki kurulmaya çalışmışlardır. Değişkenliğin azaltılması amacıyla ek bir kömür zenginleştirme tesisi kurulması önerilmiş ve bu yatırımın ekonomik olarak anlamlı olup olmadığı, oluşturulan bir model ile incelemişlerdir. Sonuç olarak bu ek yatırım hem kömür kalorisindeki değişkenliği hem de maliyetleri azaltmış olduğunu belirtmişlerdir.

Mostafaeipour ve ark., (2012) yaptıkları bir çalışmada seramik fabrikasında X-R kontrol diyagramlarını ve Proses Yeterlilik Analizi kullanarak istatistiksel proses kontrolü yapmışlardır. Çalışma sonuçlarının tesisin iyileştirilmesinde önemli sonuçlar verdiğini vurgulamışlardır.

Akar (1981), tarafından yapılan Ödemiş-Halıköy-Emirli arsenikli antıman cevherinin değişik reaktifler denenerek yapılan flotasyon ile zenginleştirilmesi deneylerinde, canlandırıcı olarak $75 + 75$ gr/ton $CuSO_4 + Pb(NO_3)_2$, köpürtücü olarak 25 gr/ton

Flotaganol, toplayıcı olarak 75 gr/ton Z 11 (Na-isopropil ksantat), bastırıcı olarak ise 50 gr/ton NaCN kullanmış olup %7,82 Sb ve %0,56 As içerikli tüvenan cevherden, %0.11 As ve %95 kazanma verimiyle %65,17 Sb içerikli antimonit konsantresini elde etmişlerdir.

Akar (1983), tarafından yapılan bir diğer çalışmada ise Ödemiş arsenikli antimuan cevheri üzerinde değişik reaktifler denenerek yapılan selektif küresel aglomerasyon yönteminin uygulandığı deneylerde %7,82 Sb ve %0,56 As içeren tüvenan cevherden %90 kazanma verimiyle %0.2 As ve %50 Sb içerikli antimonit konsantresi elde etmiştir.

Kurşun (1993), tarafından yapılan Etibank-Halıköy işletmesinden alınan antimuan cevherinin zenginleştirilmesi üzerine yapılan deneysel çalışmalarda, canlandırıcı olarak 75 gr/ton $Pb(NO_3)_2$, köpürtücü olarak 25 gr/ton Dowfroth 250, toplayıcı olarak 75 gr/ton Aero 3477 ve bastırıcı olarak 50 gr/ton NaCN kullanılmış olup sonucunda %9,6 Sb ve %0,94 As içerikli tüvenan cevherden, %0,1 As ve %96,2 kazanma verimiyle %54 Sb içerikli antimonit konsantresi elde etmiştir.

Solozhenkin (2006), tarafından yapılan, literatürde yer alan Oksafor 43 ve Pemisol kodlu reaktiflerle yapılan arsenik içerikli antimuanla yürütülen deneysel çalışmalarda, bu reaktiflerin ksantattan daha etkili olduğu ve aynı zamanda bastırıcı kullanımına ihtiyaç duyulmadığını gözlemiştir. Oksafor 43'ten 3 mg/l kullanıldığı zaman %98,9 verimle antimuan kazanıldığını gözlemiştir. 15 mg/l Pemisol kullanıldığında ise %87-89 verimle antimuan kazanıldığını gözlemiştir. Bu değer ksantatla yapılan deneylere göre %30 daha fazla olduğunu belirtmiştir. Bu reaktiflerle birlikte bütül ksantat kullandığımız takdirde flotasyon performansının daha da artacağını belirtmiştir.

BÖLÜM IV

4. Materyal-Metot

4.1 Materyal

Bu çalışma, Tokat Turhal’da antimuan cevher üretimi ve zenginleştirmesi yapan Özdemir Antimuan İşletmelerine bağlı flotasyon tesisinde gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda 01.02.2014 ile 01.05.2014 tarihleri arasındatesisten elde edilen veriler kullanılarak istatistiki proses kontrol çalışmaları yapılmıştır.

Flotasyon tesisindenüretilen konsantre ve açığa çıkan artıktandoksan ($m=90$) gün süre ile her gün dörder($n=4$) numune alınmıştır. Bu numunelerden konsantre ve artığının% S_b ve % $A_{stenörleri}$ elde edilerek çalışmalarda kullanılmıştır. Bununla birlikte tesise ait metal kazanma verimlerinin de İPK değerlendirmeleri tez kapsamında gerçekleştirilmiştir.

4.2 Metot

Bu tez çalışmasında; X-R kontrol grafikleri ve proses yeterlilik analizlerinden yararlanılmıştır. X kontrol grafikleri ortalama değerden sapmayı gösterirken, R kontrol grafikleri ise homojenlikten ayrılma değerlerini belirlemek için kullanılmıştır. Kontrol grafiklerinin çizilmesinde 3 adet sınır değeri hesaplanmaktadır. Bunlar; Alt Kontrol Sınır değeri (AKL), Üst Kontrol Sınır değeri (ÜKL) ve Orta Değerdir (OD). Bu değerlerin hesaplanması için kullanılan yaklaşımlar ise Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1.Kontrol grafikleri limitleri (Elevli ve Behdioğlu, 2006)

Grafik Türü	Merkez Hattı (Orta Değer, OD)	Alt Kontrol Limiti (AKL)	Üst Kontrol Limiti (ÜKL)
Ortalama ($\bar{X}$)	$\bar{\bar{X}}$	$\bar{\bar{X}} - A_2 * \bar{R}$	$\bar{\bar{X}} + A_2 * \bar{R}$
Değişim Aralığı (R)	$\bar{R}$	$D_3 * \bar{R}$	$D_4 * \bar{R}$

Bu formüllerdeki A_2 , D_3 ve D_4 değerleri numune sayısına göre değişen sabitler olup Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Söz konusu formüllerde;

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n}$$

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \bar{X}_3 + \dots + \bar{X}_n}{n}$$

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n}{n}$$

$$R_i = X_{\max} - X_{\min}$$

$\bar{X}$: Alt grupların ortalaması

$\bar{\bar{X}}$: Alt grup ortalamalarının ortalaması

R_i : Değişim aralığı

$\bar{R}$: Alt grup değişim aralığının ortalaması

Çizelge 4.2.Kontrol limitlerinin hesaplanmasında kullanılan sabitler (Howard, 2003)

Sample Size	A ₂	D ₃	D ₄
2	1,880	-	3,267
3	1,023	-	2,574
4	0,729	-	2,282
5	0,577	-	2,114
6	0,483	-	2,004
7	0,419	0,076	1,924
8	0,373	0,136	1,864
9	0,337	0,184	1,816
10	0,308	0,223	1,777

X-R grafiklerinin değerlendirilmesi aşağıda verilen ilkeler kullanılarak yapılmıştır.

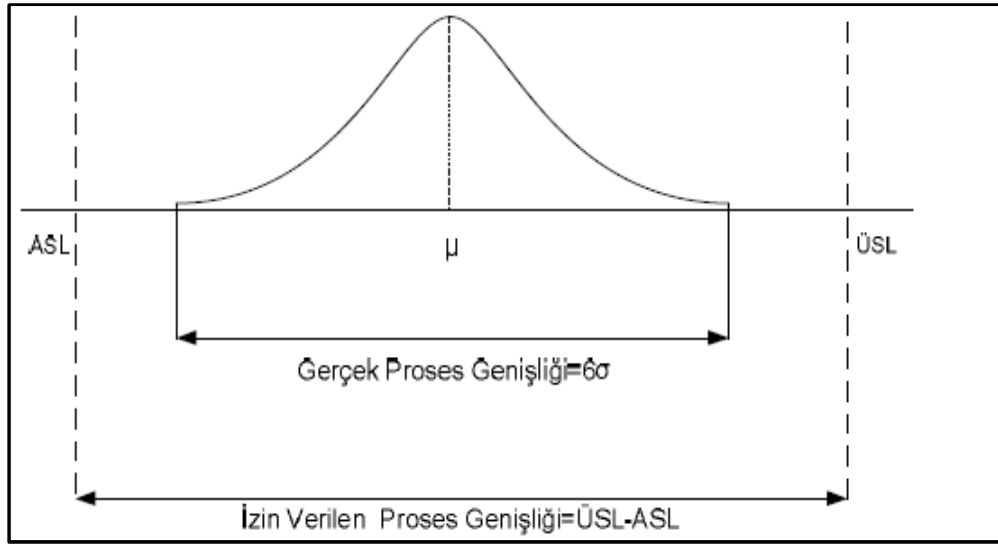
- Noktaların üçte ikisi orta değer (OD) üzerinde veya yakınında olmalı
- Alt ve üst kontrol limitlerinin yakınında bulunan noktaların sayısı minimum olmalı
- Noktalar orta değer çizgisinin aşağısına ve yukarısına rastgele ve dengeli dağılmış olmalı
- Alt ve üst kontrol limitlerinin dışında hiçbir nokta olmamalı (İpek ve ark. 1999).

Proses yeterlilik analizinin amacı; proses ortalaması ve standart sapmasını, spesifikasyonlar ile ilişkilendirerek prosesin tüketici isteklerine uygun ürün oluşturma yeteneğini değerlendirmektir. İşletmelerin ulaşmak istediği amaç; proses ortalamasının hedef değer üzerinde ve yayılımın spesifikasyonlar içerisinde, mümkün olan en küçük değerde oluşmasıdır. Proses yeterlilik analizinde proses yeterlilik indeksleri, histogram, normal olasılık işaretlemesi ve kontrol grafiği yaklaşımları kullanılabilmektedir. Süreç

yeterliliği, istatistiksel bir ölçüt olup müşteri beklentilerine (şartname limitleri spesifikasyonlar) göre bir sürecin ne kadar değişkenlik gösterdiğini özetler. Bu aşamada dikkate alınan parametreler Cp ve Cpk indisleridir. Cp indisi, şartname limitleri ile proses kontrol limitleri arasındaki ilişkiyi gösterir. Cpk indisi ise, proses ortalamasının hedef değere göre konumunu ve spesifikasyon limitleri arasındaki konumunu gösterir (Montgomery, 2001).

İstatistiksel teknikler, bütün ürün çevrimi boyunca üretime öncülük eden faaliyetleri geliştirmede, süreç değişkenliğini ölçmede, bu değişkenliğin ürün gerekleri ve spesifikasyonlarla ilişkisinin belirlenmesinde, bu değişkenliğin büyük ölçüde giderilmesi veya ortadan kaldırılması yoluyla sürecin geliştirilmesi için kullanılan tekniklerdir ve bu amaç için gerçekleştirilen tüm bu faaliyetler “süreç yeterlilik analizi” (SYA) olarak ifade edilir. Literatürde bu amaç için geliştirilmiş pek çok farklı indeks ile karşılaşmak mümkündür. Süreç yeterlilik analizinin genel ifadesi Şekil 4.1’ de verilmiştir (Kaya ve Kahraman, 2010).

$$C_p = (\text{İzin verilen süreç genişliği} / \text{Gerçek süreç genişliği}) = [(\bar{U}SL - \bar{A}SL) / 6\sigma]$$



Şekil 4.1. Süreç yeterlilik analizinin genel ifadesi (Kaya ve Kahraman, 2010)

Proses yeterliliği, istatistiksel bir ölçüt olup müşteri beklentilerine (şartname limitleri spesifikasyonlar) göre bir sürecin ne kadar değişkenlik gösterdiğini özetler (Montgomery, 2001). Bu aşamada dikkate alınan parametreler Cp ve Cpk

indisleridir. C_p indisi, şartnamelimitleri ile proses kontrol limitleri arasındaki ilişkiyi gösterir. “USL” üst spesifikasyonlimitini, “ASL” alt spesifikasyon limitini ve “ σ ” standart sapmayı ifade edecek şekilde gösterilir.Süreç yeterliliğini tahmin etmek için genellikle C_p , C_{pk} gibi süreç yeterlilik indeksleri kullanılmaktadır (Kotz, 2002). C_p , literatürde kullanılmaya başlanan ilk indekstir ve aşağıdaki eşitlikte verildiği gibi hesaplanmaktadır (Kane, 1986).Bu ifade de kullanılan 6σ değeri, doğal tolerans limiti olarak da adlandırılmaktadır. (Kahraman ve Kaya, 2009). C_p ve C_{pk} değerlerine göre sürecin yeterliliği hakkında karar vermede Çizelge 4.3’deverilen değerler kullanılır(Zeyveli ve Selalmaz, 2008).

Çizelge 4.3. C_p ve C_{pk} indislerinin karar noktaları (Işığışık, 2004)

$C_p > 1,33$	Proses spesifikasyonları karşılar.
$1 < C_p < 1,33$	Proses spesifikasyonları karşılamaz. Proses kontrolü sürdürülmelidir.
$C_p < 1$	Proses yetersiz. İyileştirmeler yapılmalıdır.
$C_{pk} = 1$	Verilerin bir kısmı spesifikasyonlara yaklaşır.
$C_{pk} > 1$	Verilerin tamamı spesifikasyon sınırları içine düşer.
$0 < C_{pk} < 1$	Proses ortalaması spesifikasyon sınırlarının içindedir.
$C_{pk} = 0$	Proses ortalaması spesifikasyon sınırlarının birine eşittir.
$C_{pk} < 0$	Proses ortalaması spesifikasyon sınırlarının dışındadır.

Tesise ait spesifikasyonlar ise Çizelge 4.4’de verilmiştir. C_p değeri, verilerin ortalamasının dağılımın tam merkezinde olduğunu ve verileri gruplarında bir çarpıklık olmadığını ön görmektedir. Fakat özellikle cevher zenginleştirme tesislerinde veriler çok az mükemmel bir dağılım gösterirler.Bu nedenle tezde, bir sürecin yeterliliği ile ilgili yorum yapabilmek için C_p dışında başka bir parametre olan C_{pk} hesaplamaları da kullanılmıştır.

Çizelge 4.4.Tesise ait spesifikasyonlar (Sözlü görüşme, 2014)

	Konsantre için %Sb tenörü	Konsantre için %Astenörü
ÜSL	71.69	1.5
ASL	69.00	0.0

Cpk değeri Cp ile çok benzer bir hesaplama mantığına sahip olmakla beraber Cp'den farklı olarak süreç verilerindeki kaymayı da göz önünde bulundurur. Cpk değerinin hesaplanması için aşağıdaki formülasyon kullanılır.

$$Cpk = \min \left[\frac{\bar{U}SL - \mu}{3\sigma} \mid \frac{\mu - \bar{A}SL}{3\sigma} \right]$$

Yukarıdaki formüllerde kullanılan σ değeri standart sapmayı, μ ise aritmetik ortalamayı temsil etmektedir. Analizi yapılacak verilerin ortalaması $\bar{U}SL$ (üst spesifikasyon limiti) ve $\bar{A}SL$ (alt spesifikasyon limiti) değerlerin tam ortasında değilse, Cpk değeri Cp'den farklı olacaktır. Ortalamanın $\bar{U}SL$ ve $\bar{A}SL$ 'nin tam ortasında olması durumunda Cp ve Cpk değerleri birbirine eşit olacaktır. Cp değeri süreç verilerinin ortalamasını dikkate almadan sürecin toplam değişkenliğine odaklandığı için aslında sürecin potansiyel yeterliliği hakkında fikir verir. Cpk değeri ise sürecin anlık yeterliliğidir. Cpk'nın C'den küçük olması durumunda Cpk anlık yeterliliği, Cp ise sürecin ortalaması $\bar{U}SL$ ve $\bar{A}SL$ 'nin tam ortasına çekildiğinde sürecin ulaşacağı yeterlilik seviyesini belirtir (www.kurumsal.kalite.com).

BÖLÜM V

5. Bulgular

5. 1X-R Proses Analizi

Doksan gün süre ile günde dört adet alınan konsantre ve artık numunelerine ait %Sb ve %As değerleri ile metal kazanma verimi (%) sonuçları bu bölümde ele alınmıştır. Bu kapsamda konsantreye ait %Sb değerleri Çizelge 5.1'de verilmiş olup, bu veriler kullanılarak elde edilen X ve R değerleri için OD, ÜKL ve AKL sonuçları ise Çizelge 5.2'de gösterilmiştir. Buradan elde edilen verilerle çizilen X-R grafikleri ise Şekil 5.1 ve Şekil 5.2'de sunulmuştur.

Çizelge 5.1. Konsantre numunelerine ait %Sb değerleri

Numune No	Alt Grup 1	Alt Grup 2	Alt Grup 3	Alt Grup 4	Ortalama $\bar{X}$	Aralık R
1	70,06	70,11	69,95	70,03	70,04	0,16
2	70,01	70,09	69,96	70,24	70,08	0,28
3	70,05	70,01	69,90	70,15	70,03	0,25
4	69,70	70,00	70,01	69,66	69,84	0,35
5	69,80	69,75	70,01	70,10	69,92	0,35
6	69,60	69,85	70,01	69,74	69,80	0,41
7	69,95	69,62	70,01	70,00	69,90	0,39
8	69,71	69,73	70,01	69,78	69,81	0,30
9	70,07	70,10	70,15	70,13	70,11	0,08
10	69,64	69,73	69,85	69,42	69,66	0,43
11	69,75	69,80	69,73	69,83	69,78	0,08
12	69,90	69,72	70,01	70,07	69,93	0,35
13	69,72	69,75	69,80	69,84	69,78	0,12
14	70,13	70,15	70,20	70,14	70,16	0,07
15	69,42	69,60	69,52	69,52	69,52	0,18
16	70,05	70,03	70,10	70,12	70,08	0,09
17	69,53	69,91	69,85	69,70	69,75	0,38
18	70,22	70,10	70,05	70,30	70,17	0,25
19	70,18	70,05	70,09	70,20	70,13	0,15
20	70,07	70,03	70,10	70,02	70,06	0,08
21	70,05	70,01	70,12	70,19	70,09	0,18

Çizelge 5.1.Konsantre numunelerine ait %Sb değerleri (Devam)

22	70,05	70,06	70,19	70,00	70,08	0,19
23	70,17	70,16	70,14	70,13	70,15	0,04
24	70,15	70,14	70,13	70,19	70,15	0,06
25	70,00	70,02	70,03	70,04	70,02	0,04
26	70,05	70,03	70,04	70,06	70,05	0,03
27	70,00	69,92	69,99	70,20	70,03	0,28
28	70,11	70,12	70,10	70,11	70,11	0,02
29	70,06	70,10	70,19	70,23	70,15	0,17
30	70,19	70,18	70,20	70,22	70,20	0,04
31	69,50	69,45	69,48	69,53	69,49	0,08
32	70,16	70,15	70,18	70,19	70,17	0,03
33	70,18	70,16	70,19	70,25	70,20	0,09

34	70,01	70,00	70,10	70,08	70,05	0,10
35	69,00	70,00	69,76	70,20	69,74	1,20
36	69,50	70,00	69,70	70,01	69,80	0,51
37	69,95	69,80	70,01	69,96	69,93	0,21
38	69,50	70,03	69,75	69,17	69,61	0,86
39	70,04	69,98	69,52	69,27	69,70	0,77
40	70,14	70,15	70,13	70,16	70,15	0,03
41	70,21	70,16	70,22	70,20	70,20	0,06
42	69,81	69,90	69,87	69,75	69,83	0,15
43	69,93	69,94	69,93	69,91	69,93	0,03
44	69,84	69,85	69,82	69,83	69,84	0,03
45	69,90	69,92	69,93	69,91	69,92	0,03
46	70,00	70,06	70,09	70,07	70,06	0,09
47	70,05	70,04	70,02	70,01	70,03	0,04
48	69,25	69,20	69,21	69,15	69,20	0,10
49	69,65	69,63	69,61	69,62	69,63	0,04
50	69,83	69,82	69,84	69,78	69,82	0,06
51	69,53	69,50	69,54	69,51	69,52	0,04
52	69,71	69,69	69,68	69,70	69,70	0,03
53	69,92	69,93	70,00	69,91	69,94	0,09
54	69,98	70,00	69,90	70,07	69,99	0,17
55	70,10	70,04	70,03	70,10	70,07	0,07
56	69,80	69,85	69,90	69,88	69,86	0,10
57	70,05	70,10	70,08	70,19	70,11	0,14
58	69,90	69,92	69,93	70,03	69,95	0,13

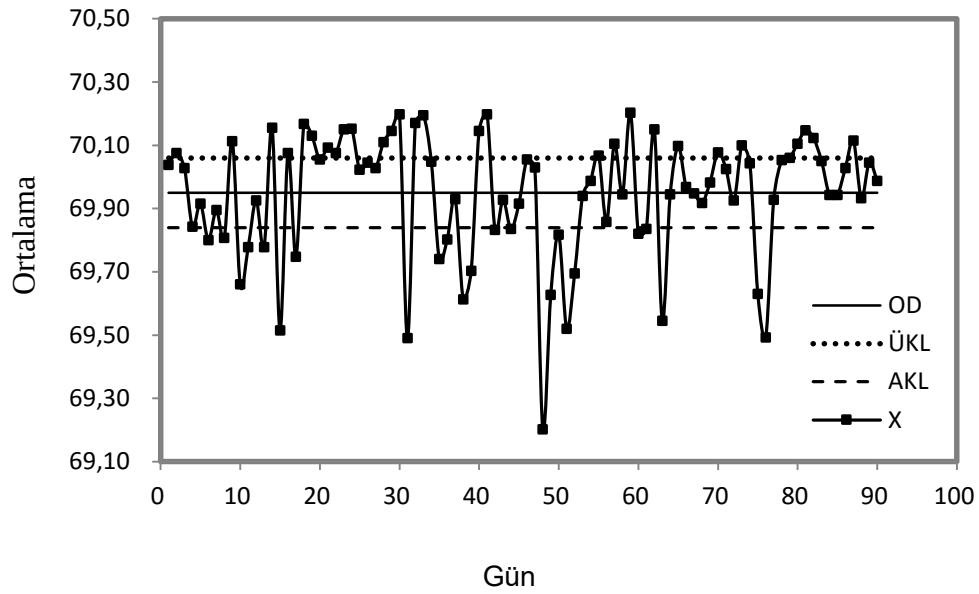
Çizelge 5.1.Konsantre numunelerine ait %Sb değerleri (Devam)

59	70,21	70,19	70,23	70,18	70,20	0,05
60	69,80	69,81	69,83	69,84	69,82	0,04
61	69,85	69,83	69,80	69,86	69,84	0,06
62	70,20	70,18	70,13	70,09	70,15	0,11
63	69,52	69,53	69,59	69,54	69,55	0,07
64	69,95	69,93	69,92	69,98	69,95	0,06
65	70,06	70,08	70,09	70,16	70,10	0,10
66	69,98	69,95	69,96	69,98	69,97	0,03
67	69,94	69,95	69,93	69,97	69,95	0,04
68	69,94	69,92	69,90	69,91	69,92	0,04
69	70,02	70,03	70,05	69,83	69,98	0,22
70	70,10	70,05	70,09	70,07	70,08	0,05

71	70,03	70,02	70,06	69,99	70,03	0,07
72	69,95	69,90	69,98	69,87	69,93	0,11
73	70,10	70,12	70,09	70,09	70,10	0,03
74	70,00	70,01	70,02	70,14	70,04	0,14
75	69,92	69,65	69,59	69,36	69,63	0,56
76	69,50	69,49	69,45	69,53	69,49	0,08
77	69,94	69,93	69,92	69,92	69,93	0,02
78	70,06	70,05	70,07	70,03	70,05	0,04
79	70,06	70,08	70,09	70,01	70,06	0,05
80	70,09	70,11	70,12	70,10	70,11	0,03
81	70,15	70,13	70,14	70,17	70,15	0,04
82	70,11	70,13	70,12	70,13	70,12	0,02
83	70,03	70,05	70,06	70,06	70,05	0,03
84	69,94	69,90	69,95	69,98	69,94	0,08
85	69,94	69,93	69,92	69,98	69,94	0,06
86	70,02	70,03	70,01	70,05	70,03	0,04
87	70,09	70,10	70,08	70,19	70,12	0,11
88	69,92	69,93	69,94	69,94	69,93	0,02
89	70,02	70,05	70,04	70,07	70,05	0,05
90	69,95	70,00	70,01	69,99	69,99	0,06

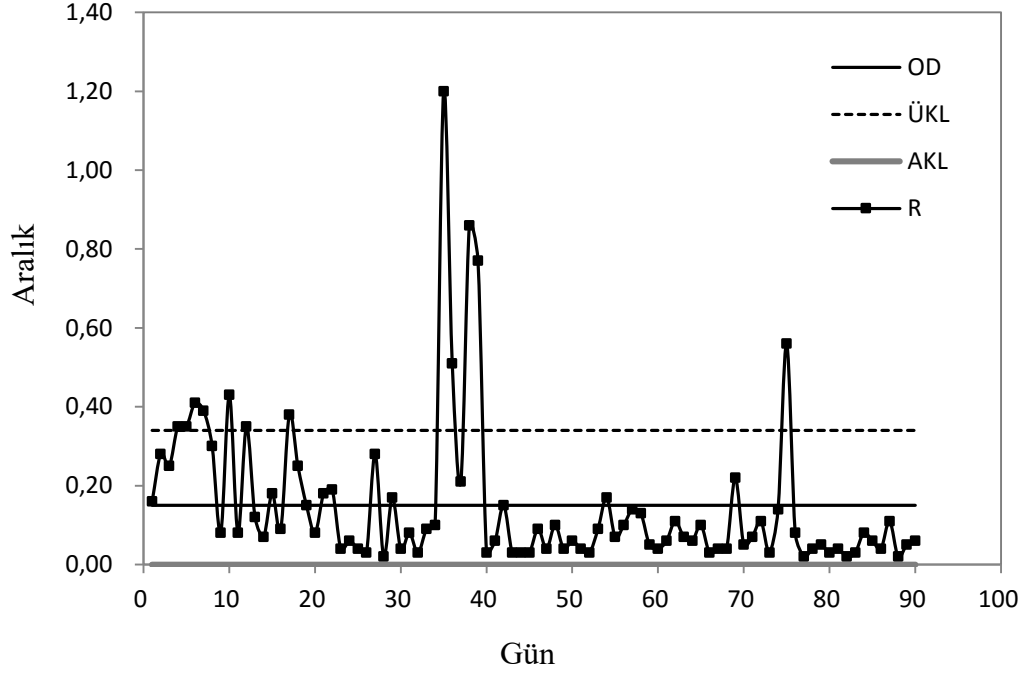
Çizelge 5.2.Konsantre%Sb için X ve R değerlerine ait AKL, OD ve ÜKLhesaplamaları

$\bar{X}$	AltKontrol Limiti (AKL)= $69,95-(0,73*0,15)= 69,83$
	Orta Değer(OD)=69,95
	ÜstKontrol Limiti (ÜKL)= $69,95+(0,73*0,15)=70,06$
R	Alt Kontrol Limiti (AKL)= $0,15*0=0$
	Orta Değer (OD)=0.15
	Üst Kontrol Limiti (ÜKL)= $2,28*0,15=0,34$



Şekil 5.1. Konsantre %Sb $\bar{X}$ grafiği

Şekil 5.1’de görüldüğü üzere, konsantre %Sb $\bar{X}$ grafiğinde, noktaların 1/3’ü merkez çizgisinin üzerinde ya da yakınında ancak yaklaşık %50’si ise kontrol çizgilerinin dışındadır. Bunun yanı sıra merkez çizgisinin aşağısındaki ve yukarısındaki noktalar rastgele dizilmiştir.



Şekil 5.2. Konsantre %SbR grafiği

Şekil 5.2’ de konsantre %Sb R grafiği verilmiş olup, noktaların yaklaşık %15’i kontrol çizgileri dışındadır. Ayrıca noktaların %20’si civarındaki bir oran merkez çizgisine yakın iken, kontrol sınırları arasında kalan noktalar ise çoğunluğu teşkil etmektedir. Kontrol çizgileri dışında kalan nokta sayısı 12 civarındadır. Merkez çizgisinin etrafındaki noktalar ise dengeli bir dağılım seyretmektedir.

Konsantre numunelerine ait %As değerleri Çizelge 5.3’de, konsantre %As için $\bar{X}$ ve R değerlerinin AKL, OD ve ÜKL hesaplamaları ise Çizelge 5.4’de verilmiştir. Bu çizelgeler kullanılarak çizilen X-R grafikleri ise sırası ile Şekil 5.3 ve Şekil 5.4’de sunulmuştur.

Çizelge 5.3. Konsantre numunelerine ait %As değerleri

Numune No	Alt Grup 1	Alt Grup 2	Alt Grup 3	Alt Grup 4	Ortalama $\bar{X}$	Aralık R
1	0,11	0,10	0,11	0,12	0,11	0,02
2	0,12	0,10	0,11	0,11	0,11	0,02
3	0,12	0,10	0,11	0,10	0,11	0,02
4	0,12	0,13	0,10	0,09	0,11	0,04
5	0,14	0,13	0,12	0,12	0,13	0,02

Çizelge 5.3.Konsantre numunelerine ait %As değerleri (Devam)

6	0,12	0,15	0,10	0,14	0,13	0,05
7	0,14	0,10	0,11	0,15	0,13	0,05
8	0,12	0,10	0,11	0,11	0,11	0,02
9	0,12	0,11	0,11	0,10	0,11	0,02
10	0,11	0,12	0,13	0,16	0,13	0,05
11	0,12	0,11	0,13	0,12	0,12	0,02
12	0,12	0,13	0,10	0,10	0,11	0,03
13	0,15	0,13	0,11	0,12	0,13	0,04
14	0,12	0,13	0,11	0,09	0,11	0,04
15	0,16	0,15	0,14	0,15	0,15	0,02
16	0,12	0,11	0,14	0,14	0,13	0,03
17	0,12	0,13	0,14	0,14	0,13	0,02
18	0,09	0,12	0,11	0,10	0,11	0,03
19	0,11	0,12	0,09	0,09	0,10	0,03
20	0,12	0,11	0,09	0,08	0,10	0,04
21	0,12	0,13	0,11	0,09	0,11	0,04
22	0,12	0,13	0,08	0,11	0,11	0,05
23	0,11	0,13	0,12	0,10	0,12	0,02
24	0,11	0,09	0,08	0,11	0,10	0,03
25	0,11	0,12	0,14	0,12	0,12	0,03
26	0,11	0,10	0,09	0,13	0,11	0,04
27	0,15	0,14	0,16	0,15	0,15	0,02
28	0,10	0,11	0,12	0,12	0,11	0,01
29	0,11	0,12	0,10	0,08	0,10	0,04
30	0,10	0,11	0,12	0,08	0,10	0,04
31	0,14	0,13	0,12	0,18	0,14	0,06
32	0,11	0,12	0,10	0,09	0,11	0,03
33	0,11	0,10	0,12	0,11	0,11	0,02
34	0,11	0,13	0,12	0,12	0,12	0,02
35	0,16	0,18	0,19	0,17	0,18	0,03
36	0,13	0,12	0,14	0,13	0,13	0,02
37	0,13	0,12	0,15	0,13	0,13	0,03
38	0,12	0,14	0,15	0,13	0,14	0,03
39	0,13	0,15	0,13	0,14	0,14	0,02
40	0,11	0,12	0,13	0,10	0,12	0,03
41	0,12	0,13	0,14	0,13	0,13	0,02
42	0,13	0,14	0,15	0,12	0,14	0,03

Çizelge 5.3.Konsantre numunelerine ait %As değerleri (Devam)

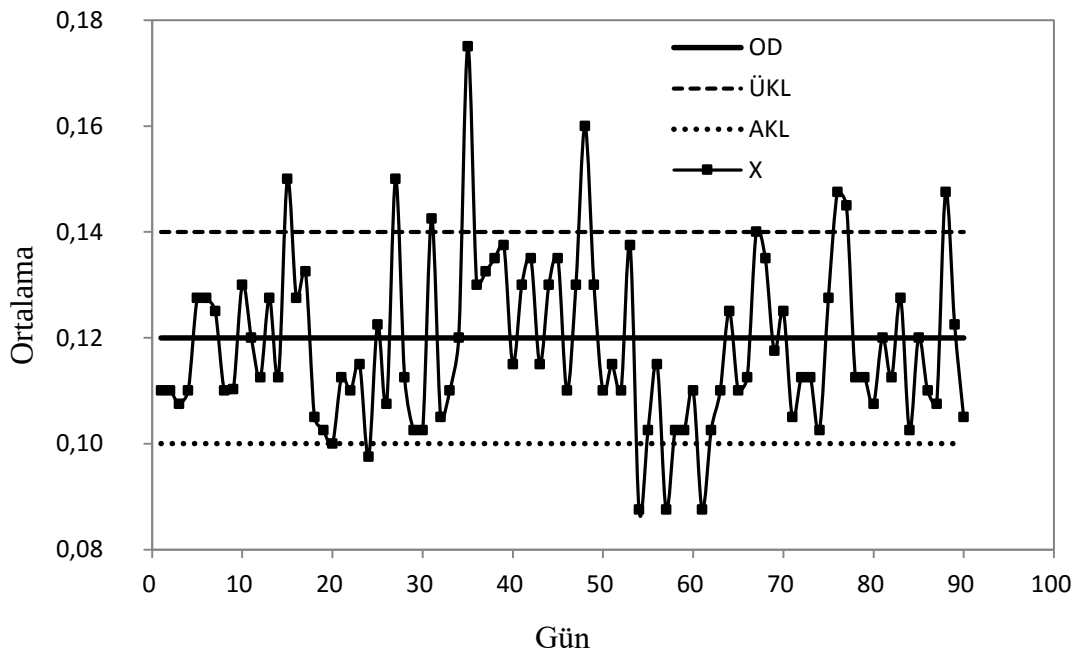
43	0,10	0,12	0,13	0,11	0,12	0,02
44	0,15	0,12	0,14	0,11	0,13	0,04
45	0,13	0,14	0,15	0,12	0,14	0,03
46	0,10	0,12	0,13	0,09	0,11	0,04
47	0,14	0,15	0,11	0,12	0,13	0,04
48	0,15	0,16	0,17	0,16	0,16	0,02
49	0,15	0,14	0,12	0,11	0,13	0,04
50	0,13	0,12	0,10	0,09	0,11	0,04
51	0,10	0,12	0,13	0,11	0,12	0,03
52	0,13	0,10	0,12	0,09	0,11	0,04
53	0,14	0,15	0,12	0,14	0,14	0,03
54	0,08	0,07	0,09	0,11	0,09	0,04
55	0,11	0,10	0,12	0,08	0,10	0,04
56	0,10	0,12	0,13	0,11	0,12	0,03
57	0,08	0,07	0,09	0,11	0,09	0,04
58	0,10	0,11	0,12	0,08	0,10	0,04
59	0,10	0,11	0,12	0,08	0,10	0,04
60	0,12	0,11	0,13	0,09	0,11	0,04
61	0,09	0,08	0,07	0,11	0,09	0,04
62	0,10	0,11	0,12	0,08	0,10	0,04
63	0,13	0,10	0,12	0,09	0,11	0,04
64	0,12	0,11	0,13	0,14	0,13	0,03
65	0,13	0,12	0,10	0,09	0,11	0,04
66	0,10	0,12	0,11	0,12	0,11	0,02
67	0,13	0,14	0,13	0,16	0,14	0,03
68	0,14	0,12	0,13	0,15	0,14	0,03
69	0,11	0,13	0,14	0,09	0,12	0,05
70	0,12	0,13	0,15	0,10	0,13	0,05
71	0,10	0,12	0,11	0,09	0,11	0,03
72	0,09	0,11	0,12	0,13	0,11	0,04
73	0,11	0,12	0,13	0,09	0,11	0,04
74	0,09	0,10	0,12	0,10	0,10	0,03
75	0,12	0,13	0,11	0,15	0,13	0,04
76	0,15	0,14	0,15	0,15	0,15	0,01
77	0,15	0,14	0,13	0,16	0,15	0,03
78	0,10	0,12	0,13	0,10	0,11	0,03
79	0,12	0,13	0,11	0,09	0,11	0,04

Çizelge 5.3.Konsantre numunelerine ait %As değerleri (Devam)

80	0,10	0,09	0,12	0,12	0,11	0,03
81	0,12	0,13	0,11	0,12	0,12	0,02
82	0,12	0,13	0,11	0,09	0,11	0,04
83	0,12	0,13	0,11	0,15	0,13	0,04
84	0,12	0,11	0,10	0,08	0,10	0,04
85	0,11	0,13	0,12	0,12	0,12	0,02
86	0,12	0,13	0,09	0,10	0,11	0,04
87	0,12	0,11	0,09	0,11	0,11	0,03
88	0,15	0,14	0,13	0,17	0,15	0,04
89	0,13	0,15	0,10	0,11	0,12	0,05
90	0,12	0,11	0,09	0,10	0,11	0,03

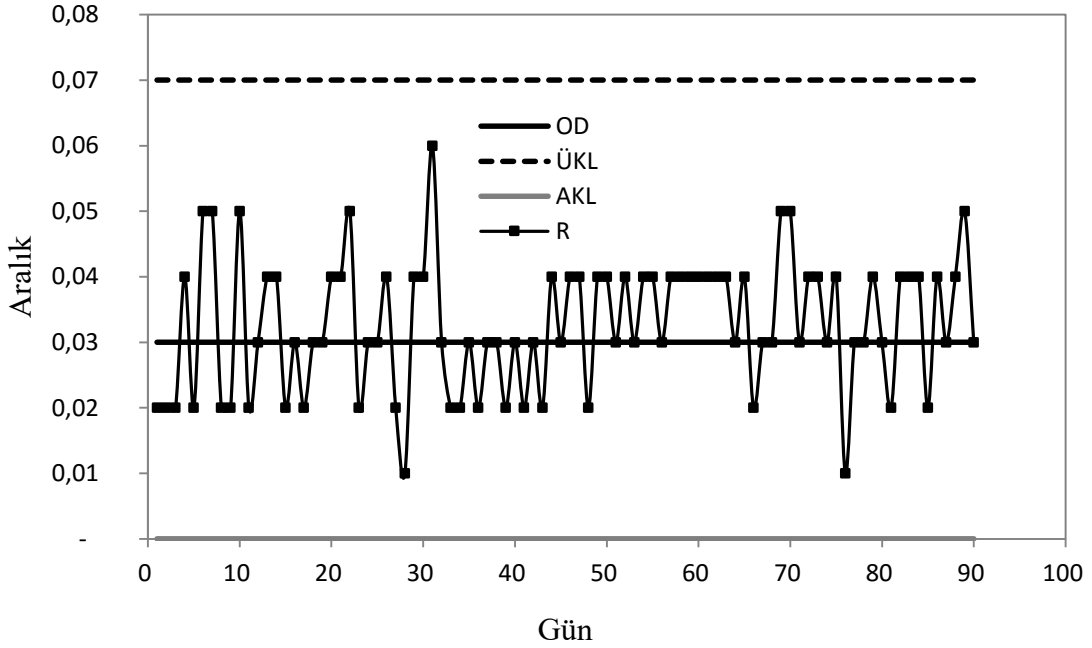
Çizelge 5.4.Konsantre%As için $\bar{X}$ ve R değerlerine ait AKL, OD ve ÜKL hesaplamaları

$\bar{X}$	AltKontrol Limiti (AKL)= $0,12-(0,73*0,03)= 0,10$
	Orta Değer (OD)= $0,12$
	ÜstKontrol Limiti (ÜKS)= $0,12+(0,73*0,03)=0,14$
R	Alt Kontrol Sınırı (AKL)= $0,15*0=0$
	Orta Değer (OD)= $0,03$
	Üst Kontrol Limiti (ÜKL)= $2,28*0,03=0,07$



Şekil 5.3.Konsantre %As X grafiği

Şekil 5.3’de konsantre arseniğininX grafiği üzerindeki dağılımı gösterilmiştir. Bu grafikte tüm noktalar genelde AKL ve ÜKL içinde ve OD etrafında yer almaktadır. Noktaların yaklaşık %15’i kontrol çizgileri dışındadır. Ayrıca noktaların 1/3’ü gibi bir değeri de merkez çizgisine yakınında bulunmaktadır.



Şekil 5.4.Konsantre %As R grafiği

Şekil 5.4’de konsantre arseniğin R grafiği mevcuttur. Burada tüm noktaların kontrol çizgileri arasında yer aldığı görülmektedir. Noktaların yaklaşık 1/3’ü merkez çizgisi üzerinde ya da yakınındadır. Merkez çizgisi altında veya üzerinde bulunan noktalar rastgele dizilmiş olup dengelidir.

Artık numunelerine ait %Sb değerleri Çizelge 5.5’de, artık%Sb için $\bar{X}$ ve R değerlerinin AKL, OD ve ÜKL hesaplamaları ise Çizelge 5.6’da verilmiştir. Bu çizelgeler kullanılarak çizilen X-R grafikleri ise sırası ile Şekil 5.5 ve Şekil 5.6’da sunulmuştur.

Çizelge 5.5. Artık numunelerine ait%Sb değerleri

Numune No	Alt Grup 1	Alt Grup 2	Alt Grup 3	Alt Grup 4	Ortalama $\bar{X}$	Aralık R
1	0,28	0,26	0,25	0,22	0,25	0,06

2	0,29	0,27	0,25	0,29	0,28	0,04
3	0,28	0,30	0,25	0,35	0,30	0,05
4	0,19	0,25	0,21	0,18	0,21	0,07
5	0,19	0,23	0,25	0,20	0,22	0,06
6	0,25	0,21	0,23	0,25	0,24	0,04
7	0,17	0,20	0,19	0,21	0,19	0,04
8	0,20	0,26	0,23	0,28	0,24	0,08
9	0,23	0,25	0,26	0,30	0,26	0,07
10	0,19	0,21	0,22	0,20	0,21	0,03
11	0,28	0,28	0,32	0,30	0,30	0,04
12	0,20	0,25	0,23	0,22	0,23	0,05
13	0,21	0,23	0,25	0,24	0,23	0,04
14	0,21	0,23	0,25	0,24	0,23	0,04
15	0,19	0,20	0,21	0,24	0,21	0,05
16	0,23	0,25	0,26	0,23	0,24	0,03
17	0,28	0,26	0,25	0,25	0,26	0,03
18	0,27	0,26	0,29	0,29	0,28	0,03
19	0,29	0,31	0,28	0,28	0,29	0,03
20	0,27	0,35	0,25	0,36	0,31	0,11
21	0,27	0,29	0,35	0,37	0,32	0,10
22	0,29	0,34	0,28	0,30	0,30	0,06
23	0,31	0,33	0,32	0,32	0,32	0,02
24	0,31	0,29	0,28	0,30	0,30	0,03

Çizelge 5.5. Artık numunelerine ait %Sb değerleri (Devam)

25	0,31	0,34	0,30	0,33	0,32	0,04
26	0,30	0,28	0,29	0,23	0,28	0,07
27	0,31	0,29	0,30	0,29	0,30	0,02
28	0,22	0,23	0,26	0,24	0,24	0,04
29	0,27	0,29	0,31	0,30	0,29	0,04
30	0,25	0,26	0,27	0,30	0,27	0,05
31	0,25	0,26	0,24	0,28	0,26	0,04
32	0,28	0,27	0,29	0,32	0,29	0,05
33	0,25	0,24	0,23	0,26	0,25	0,03
34	0,27	0,29	0,30	0,27	0,28	0,03
35	0,23	0,26	0,25	0,24	0,25	0,03
36	0,30	0,28	0,31	0,28	0,29	0,03
37	0,25	0,27	0,29	0,25	0,27	0,04
38	0,32	0,35	0,31	0,34	0,33	0,04

39	0,36	0,34	0,37	0,36	0,36	0,03
40	0,22	0,23	0,21	0,22	0,22	0,02
41	0,21	0,22	0,24	0,20	0,22	0,04
42	0,24	0,25	0,23	0,24	0,24	0,02
43	0,23	0,24	0,25	0,22	0,24	0,03
44	0,20	0,21	0,19	0,20	0,20	0,02
45	0,24	0,25	0,26	0,22	0,24	0,04
46	0,23	0,25	0,26	0,19	0,23	0,07
47	0,23	0,22	0,20	0,18	0,21	0,05
48	0,23	0,22	0,21	0,24	0,23	0,03
49	0,21	0,23	0,22	0,18	0,21	0,05
50	0,24	0,23	0,21	0,23	0,23	0,03
51	0,29	0,30	0,29	0,27	0,29	0,03
52	0,25	0,24	0,28	0,27	0,26	0,04
53	0,26	0,25	0,23	0,23	0,24	0,03
54	0,20	0,21	0,19	0,23	0,21	0,04
55	0,21	0,22	0,23	0,26	0,23	0,05
56	0,18	0,17	0,19	0,21	0,19	0,04
57	0,26	0,28	0,27	0,28	0,27	0,02
58	0,20	0,24	0,21	0,26	0,23	0,06
59	0,23	0,24	0,21	0,26	0,24	0,05
60	0,21	0,22	0,23	0,23	0,22	0,02
61	0,21	0,23	0,24	0,19	0,22	0,05

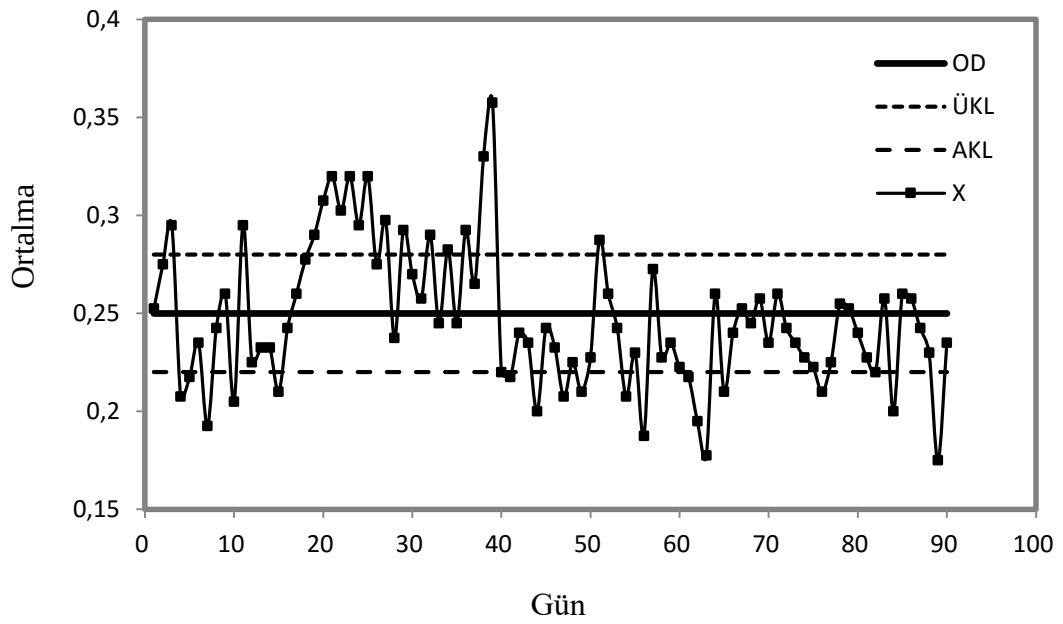
Çizelge 5.5. Artık numunelerine ait %Sb değerleri (Devam)

62	0,20	0,19	0,18	0,21	0,20	0,03
63	0,18	0,20	0,16	0,17	0,18	0,04
64	0,25	0,24	0,28	0,27	0,26	0,04
65	0,21	0,19	0,23	0,21	0,21	0,04
66	0,23	0,24	0,25	0,24	0,24	0,02
67	0,25	0,24	0,23	0,29	0,25	0,06
68	0,25	0,24	0,23	0,26	0,25	0,03
69	0,25	0,26	0,24	0,28	0,26	0,04
70	0,23	0,25	0,24	0,22	0,24	0,02
71	0,25	0,26	0,27	0,26	0,26	0,02
72	0,24	0,25	0,19	0,29	0,24	0,10
73	0,24	0,21	0,23	0,26	0,24	0,05
74	0,21	0,23	0,22	0,25	0,23	0,04
75	0,23	0,22	0,24	0,20	0,22	0,04

76	0,20	0,21	0,22	0,21	0,21	0,02
77	0,21	0,23	0,25	0,21	0,23	0,04
78	0,24	0,26	0,27	0,25	0,26	0,03
79	0,24	0,25	0,26	0,26	0,25	0,02
80	0,23	0,24	0,25	0,24	0,24	0,02
81	0,23	0,24	0,21	0,23	0,23	0,03
82	0,24	0,21	0,20	0,23	0,22	0,04
83	0,25	0,24	0,26	0,28	0,26	0,04
84	0,21	0,19	0,22	0,18	0,20	0,04
85	0,27	0,25	0,27	0,25	0,26	0,02
86	0,25	0,26	0,24	0,28	0,26	0,04
87	0,25	0,26	0,24	0,22	0,24	0,04
88	0,21	0,23	0,22	0,26	0,23	0,05
89	0,20	0,19	0,15	0,16	0,18	0,05
90	0,23	0,25	0,24	0,22	0,24	0,03

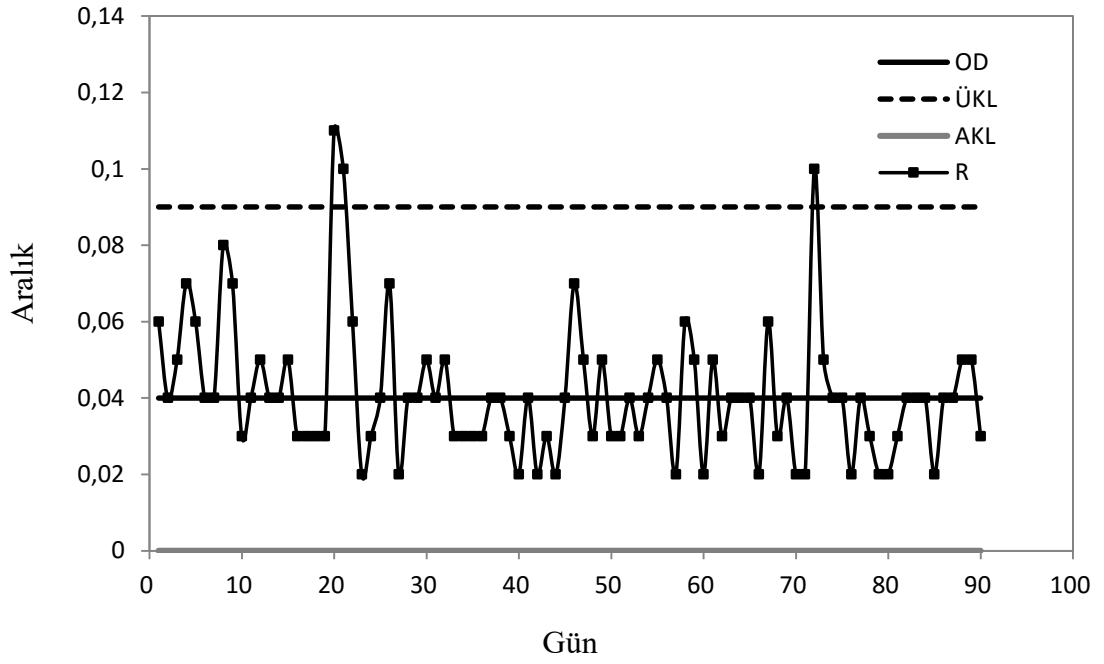
Çizelge 5.6. Artık%Sb için $\bar{X}$ ve R değerlerine ait AKL, OD ve ÜKL hesaplamaları

$\bar{X}$	AltKontrol Limiti (AKL)= $0,25-(0,73*0,04)= 0,23$
	Orta Değer (OD)= $0,25$
	ÜstKontrol Limiti (ÜKL)= $0,25+(0,73*0,04)=0,28$
R	Alt Kontrol Sınırı (AKL)= $0,04*0=0$
	Orta Değer (OD)= $0,04$
	Üst Kontrol Limiti (ÜKL)= $2,28*0,04=0,09$



Şekil 5.5. Artık %Sb $\bar{X}$ grafiği

Şekil 5.5’de görüldüğü üzere, noktaların yaklaşık %35’si kontrol çizgileri dışındadır. Bununla beraber, noktaların %30’u ise merkez çizgisine yakın iken, kontrol limitleri yanındaki noktalar minimum seviyededir.



Şekil 5.6. Artık %SbR grafiği

Şekil 5.6’da 3 nokta dışındaki tüm noktalar kontrol limitleri içinde olup, noktaların %32’si gibi bir oranı orta çizgi üzerindedir. Noktaların 1/3’ü ise merkez çizgisine yakındır. Noktalar rastgele ve dengelidir.

Artık numunelerine ait %As değerleri Çizelge 5.7’de, artık%As için $\bar{X}$ ve R değerlerinin AKL, OD ve ÜKL hesaplamaları ise Çizelge 5.8’de verilmiştir. Bu çizelgeler kullanılarak çizilen X-R grafikleri ise sırası ile Şekil 5.7 ve Şekil 5.8’de sunulmuştur.

Çizelge 5.7. Artık numunelerine ait %As değerleri

Numune No	Alt Grup 1	Alt Grup 2	Alt Grup 3	Alt Grup 4	Ortalama $\bar{X}$	Aralık R
1	0,43	0,45	0,36	0,36	0,42	0,07
2	0,42	0,41	0,38	0,38	0,40	0,04
3	0,44	0,45	0,41	0,41	0,43	0,04
4	0,41	0,43	0,45	0,41	0,43	0,04
5	0,42	0,41	0,44	0,44	0,43	0,03
6	0,42	0,39	0,43	0,40	0,41	0,04
7	0,38	0,39	0,41	0,42	0,40	0,04

Çizelge 5.7. Artık numunelerine ait %As değerleri (Devam)

8	0,45	0,44	0,42	0,44	0,44	0,03
9	0,41	0,42	0,43	0,43	0,42	0,02
10	0,39	0,38	0,42	0,41	0,40	0,04
11	0,40	0,43	0,42	0,41	0,42	0,03
12	0,37	0,40	0,42	0,39	0,40	0,05
13	0,39	0,40	0,41	0,41	0,40	0,02
14	0,40	0,42	0,41	0,42	0,41	0,02
15	0,42	0,41	0,43	0,39	0,41	0,04
16	0,38	0,42	0,41	0,41	0,41	0,04
17	0,42	0,43	0,40	0,39	0,41	0,04
18	0,42	0,41	0,43	0,45	0,43	0,04
19	0,42	0,43	0,41	0,39	0,41	0,04
20	0,45	0,44	0,43	0,40	0,43	0,05
21	0,43	0,42	0,44	0,46	0,44	0,04
22	0,42	0,43	0,45	0,43	0,43	0,03
23	0,43	0,41	0,45	0,46	0,44	0,05
24	0,41	0,39	0,38	0,42	0,40	0,04
25	0,43	0,44	0,45	0,44	0,44	0,02
26	0,46	0,44	0,43	0,45	0,45	0,03
27	0,44	0,46	0,45	0,48	0,46	0,04
28	0,47	0,48	0,49	0,51	0,49	0,04
29	0,45	0,44	0,43	0,77	0,52	0,34
30	0,44	0,45	0,43	0,41	0,43	0,04
31	0,56	0,58	0,55	0,54	0,56	0,04
32	0,54	0,56	0,57	0,58	0,56	0,04
33	0,50	0,52	0,51	0,52	0,51	0,02
34	0,45	0,47	0,48	0,51	0,49	0,04
35	0,40	0,42	0,43	0,41	0,42	0,03
36	0,41	0,42	0,40	0,43	0,42	0,03
37	0,40	0,41	0,42	0,39	0,41	0,03
38	0,41	0,42	0,43	0,43	0,42	0,02
39	0,42	0,41	0,43	0,42	0,42	0,02
40	0,40	0,42	0,43	0,38	0,41	0,05
41	0,42	0,43	0,41	0,42	0,42	0,02
42	0,45	0,46	0,43	0,46	0,45	0,03
43	0,40	0,41	0,42	0,41	0,41	0,02
44	0,42	0,43	0,41	0,42	0,42	0,02

Çizelge 5.7. Artık numunelerine ait %As değerleri (Devam)

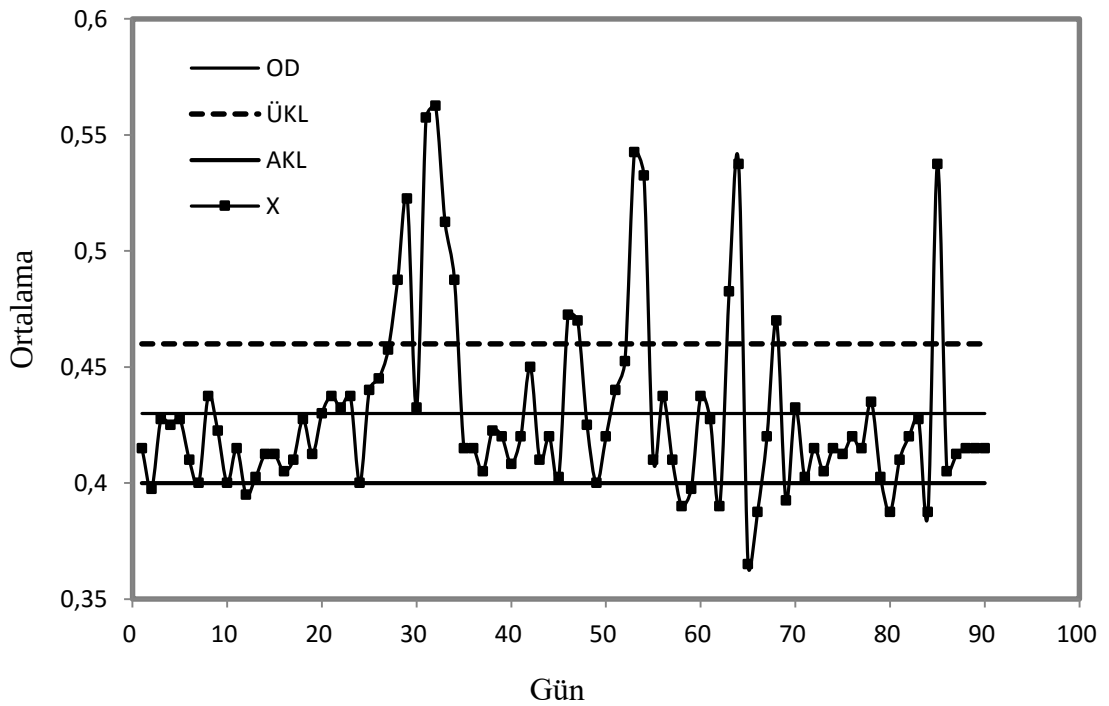
45	0,40	0,41	0,42	0,38	0,40	0,04
46	0,47	0,48	0,45	0,45	0,47	0,04
47	0,48	0,50	0,47	0,43	0,47	0,07
48	0,42	0,43	0,44	0,41	0,43	0,03
49	0,40	0,41	0,42	0,37	0,40	0,05
50	0,43	0,42	0,44	0,39	0,42	0,05
51	0,43	0,42	0,44	0,39	0,42	0,05
52	0,42	0,43	0,44	0,47	0,44	0,05
53	0,45	0,46	0,42	0,48	0,45	0,06
54	0,55	0,54	0,52	0,56	0,54	0,04
55	0,40	0,41	0,42	0,41	0,41	0,02
56	0,40	0,41	0,40	0,54	0,44	0,14
57	0,41	0,42	0,40	0,41	0,41	0,02
58	0,38	0,39	0,40	0,39	0,39	0,02
59	0,39	0,41	0,38	0,41	0,40	0,03
60	0,42	0,43	0,44	0,46	0,44	0,04
61	0,42	0,43	0,41	0,45	0,43	0,04
62	0,38	0,37	0,40	0,41	0,39	0,04
63	0,47	0,48	0,49	0,49	0,48	0,02
64	0,53	0,52	0,54	0,56	0,54	0,04
65	0,39	0,34	0,36	0,7	0,37	0,05
66	0,39	0,38	0,37	0,41	0,39	0,04
67	0,42	0,41	0,43	0,42	0,42	0,02
68	0,47	0,46	0,48	0,47	0,47	0,02
69	0,38	0,39	0,41	0,39	0,39	0,03
70	0,43	0,42	0,46	0,42	0,43	0,04
71	0,41	0,42	0,40	0,38	0,40	0,04
72	0,42	0,41	0,40	0,43	0,42	0,03
73	0,41	0,40	0,39	0,42	0,41	0,03
74	0,41	0,42	0,43	0,40	0,42	0,03
75	0,42	0,41	0,40	0,42	0,41	0,02
76	0,41	0,42	0,43	0,42	0,42	0,02
77	0,42	0,43	0,44	0,37	0,42	0,07
78	0,43	0,44	0,46	0,41	0,44	0,05
79	0,41	0,40	0,42	0,38	0,40	0,04
80	0,38	0,39	0,36	0,42	0,39	0,06
81	0,41	0,42	0,40	0,41	0,41	0,02

Çizelge 5.7. Artık numunelerine ait %As değerleri (Devam)

82	0,41	0,42	0,43	0,42	0,42	0,02
83	0,42	0,43	0,41	0,45	0,43	0,04
84	0,38	0,39	0,37	0,41	0,39	0,04
85	0,55	0,53	0,52	0,55	0,54	0,03
86	0,40	0,41	0,42	0,39	0,41	0,03
87	0,40	0,41	0,42	0,42	0,41	0,02
88	0,41	0,42	0,43	0,40	0,42	0,03
89	0,42	0,41	0,40	0,43	0,42	0,03
90	0,43	0,42	0,41	0,40	0,42	0,03

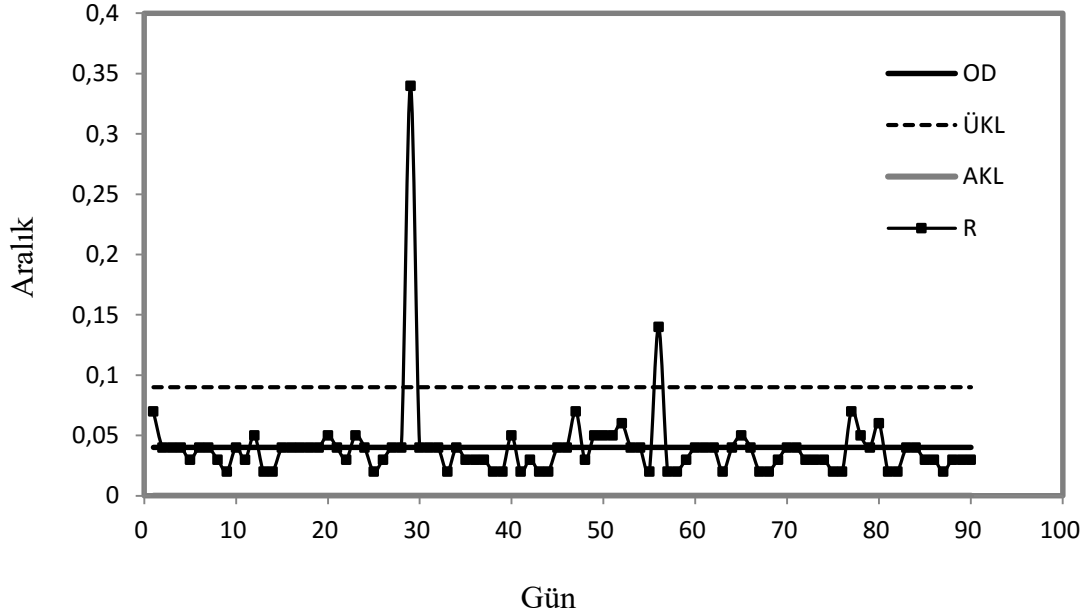
Çizelge 5.8. Artık%As için $\bar{X}$ ve R değerlerine ait AKL, OD ve ÜKL hesaplamaları

$\bar{X}$	AltKontrol Limiti (AKL)= $0,43-(0,73*0,04)= 0,40$
	Orta Değer (OD)= $0,43$
	ÜstKontrol Limiti (ÜKL)= $0,43+(0,73*0,04)=0,46$
R	Alt Kontrol Limiti (AKL)= $0,04*0=0$
	Orta Değer (OD)= $0,04$
	Üst Kontrol Limiti (ÜKL)= $2,28*0,04=0,09$



Şekil 5.7. Artık %As $\bar{X}$ grafiği

Şekil 5.7’de artık arsenik tenörünün $\bar{X}$ grafiği göz önüne alındığında, noktaların yaklaşık %30’u merkez çizgisini üzerinde ya da yakınındadır. Kontrol limitleri yanındaki nokta sayısı istenilen ölçüde minimumdur. Kontrol limitleri dışındaki nokta sayısı ise 21’dir.



Şekil 5.8. Artık %As R grafiği

Şekil 5.8’de görüldüğü gibi kontrol çizgileri dışında sadece 2 nokta vardır. Ayrıca noktalardan 30’u merkez çizgisine yakın bulunmaktadır. Bununla birlikte noktaların yaklaşık 1/3’ü ise merkez çizgisi üzerinde olup, merkez çizgisinin aşağısındaki ve yukarısındaki noktaların rastgele dizildiği izlenmektedir.

Tesis metal kazanma verimi (%) değerleri Çizelge 5.9’da $\bar{X}$ ve R değerlerinin AKL, OD ve ÜKL hesaplamaları ise Çizelge 5.10’da verilmiştir. Bu çizelgeler kullanılarak çizilen X-R grafikleri ise sırası ile Şekil 5.9 ve Şekil 5.10’da sunulmuştur.

Çizelge 5.9.Tesis metal kazanma verim (%) değerleri

Numune No	Alt Grup 1	Alt Grup 2	Alt Grup 3	Alt Grup 4	Ortalama $\bar{X}$	Aralık R
1	91,88	92,81	93,31	93,40	92,85	1,52
2	91,93	92,73	93,31	92,11	92,54	1,2
3	93,86	92,29	93,39	93,17	93,18	1,57
4	93,92	91,71	92,91	93,11	92,91	2,21
5	92,65	91,46	89,45	91,72	91,32	3,2
6	92,52	93,51	92,09	91,91	92,51	1,6
7	93,74	93,37	93,34	93,33	93,45	0,41
8	92,69	91,22	92,53	91,29	91,93	1,47
9	93,23	93,58	93,12	91,58	92,98	1,60
10	94,32	94,20	93,75	94,24	94,13	0,57
11	91,94	92,87	91,01	91,31	91,78	1,86
12	92,99	91,59	92,59	93,17	92,59	1,58
13	93,51	93,27	92,57	92,95	93,08	0,94
14	91,98	92,09	91,23	92,08	91,85	0,86
15	91,73	91,45	91,53	90,37	91,27	1,36
16	93,94	93,58	93,00	94,00	93,63	1,00
17	88,84	89,08	89,68	89,89	89,37	1,05
18	91,59	91,73	90,80	90,69	91,20	1,04
19	91,17	90,24	91,27	91,22	90,98	1,03
20	93,38	90,73	94,02	91,90	92,51	3,29
21	94,18	93,93	92,26	92,28	93,16	1,96
22	92,67	91,35	92,90	92,32	92,31	1,55
23	92,23	91,75	91,51	91,80	91,92	0,48
24	92,16	92,69	92,90	92,35	92,53	0,74
25	91,31	90,41	91,59	90,69	91,00	1,18
26	92,60	93,08	92,87	94,31	93,22	1,71
27	92,70	93,19	93,00	93,02	92,98	0,49
28	94,66	94,37	93,61	93,76	94,10	1,05
29	94,24	93,80	93,45	93,69	93,80	0,79
30	94,48	94,22	94,01	93,39	94,03	1,09
31	93,99	93,77	94,20	93,23	93,80	0,97
32	92,46	92,75	92,12	91,38	92,18	1,37
33	93,21	93,44	93,74	92,96	93,34	0,53
34	94,61	94,22	93,95	94,51	94,32	0,66
35	95,88	95,29	95,53	95,77	95,62	0,59

Çizelge 5.9. Tesis metal kazanma verim (%) değerleri (Devam)

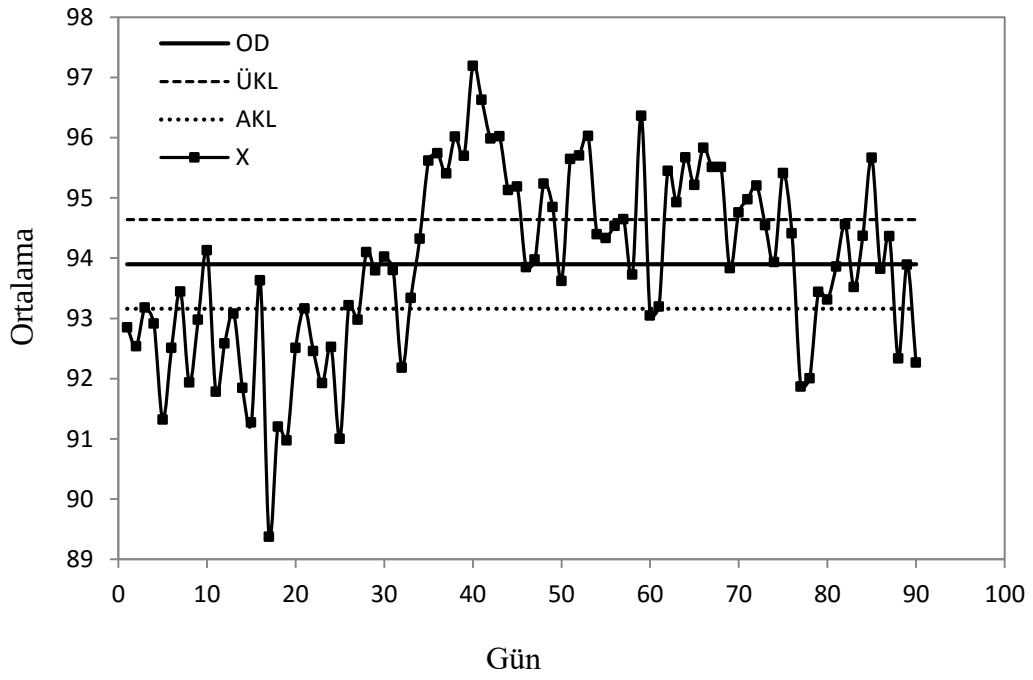
36	95,64	95,02	95,47	95,93	95,74	0,46
37	95,69	95,36	94,96	95,60	95,40	0,73
38	96,15	95,78	96,28	95,86	96,02	0,50
39	95,69	95,51	95,56	95,63	95,70	0,35
40	97,18	97,06	97,33	97,19	97,19	0,27
41	96,73	96,52	96,32	96,93	96,63	0,61
42	95,99	95,81	96,13	96,01	95,99	0,32
43	96,10	95,93	95,78	96,27	96,02	0,49
44	95,13	94,90	95,35	95,14	95,13	0,45
45	95,29	95,04	94,86	95,56	95,19	0,70
46	93,92	93,41	93,16	94,90	93,85	1,74
47	93,27	93,59	94,21	94,83	93,98	1,56
48	95,12	95,33	95,52	94,96	95,23	0,56
49	94,86	94,35	94,64	95,53	94,85	1,18
50	93,28	93,58	94,11	93,50	93,62	0,83
51	95,61	95,45	95,59	95,53	95,55	0,16
52	95,90	96,00	95,25	95,65	95,70	0,75
53	95,73	95,80	96,24	96,33	96,03	0,60
54	94,56	94,25	94,91	93,87	94,40	1,04
55	94,77	94,54	94,26	93,75	94,33	1,02
56	94,76	95,03	94,43	93,91	94,53	1,12
57	94,86	94,45	94,61	94,66	94,65	0,41
58	94,44	93,30	94,20	92,96	93,73	1,48
59	96,46	96,28	96,78	95,92	96,36	0,86
60	93,37	93,01	92,89	92,92	93,05	0,48
61	93,40	92,79	92,50	94,09	93,20	1,59
62	95,36	95,58	95,83	95,01	95,45	0,82
63	94,87	94,23	95,40	95,21	94,93	1,17
64	94,82	96,04	95,33	95,50	95,67	0,71
65	95,20	95,65	94,77	95,23	95,21	0,88
66	96,02	95,87	95,69	95,73	95,83	0,33
67	95,57	95,74	95,93	94,80	95,51	1,13
68	95,44	95,63	95,82	95,15	95,51	0,67
69	93,93	93,82	94,20	93,37	93,83	0,83
70	94,83	94,41	94,65	95,14	94,76	0,73
71	95,20	94,99	94,84	94,86	94,97	0,36
72	95,27	95,02	96,24	94,29	95,21	1,95

Çizelge 5.9. Tesis metal kazanma verim (%) değerleri (Devam)

73	94,40	95,11	94,67	93,99	94,54	1,12
74	94,42	93,85	94,17	93,29	93,93	1,13
75	95,26	95,44	95,02	95,93	95,41	0,91
76	94,72	94,44	94,15	94,34	94,41	0,57
77	92,44	91,62	90,86	92,54	91,87	1,68
78	92,45	91,84	91,56	92,17	92,01	0,89
79	93,73	93,43	93,18	93,42	93,44	0,55
80	93,66	93,30	93,00	93,28	93,31	0,66
81	93,85	93,54	94,37	93,68	93,86	0,83
82	94,10	94,82	95,04	94,27	94,56	0,94
83	93,67	93,94	93,36	93,10	93,52	0,84
84	94,11	94,70	93,84	94,83	94,37	0,99
85	95,49	95,81	95,50	95,85	95,66	0,36
86	94,01	93,75	94,22	93,31	93,82	0,91
87	94,18	93,93	94,44	94,91	94,37	0,98
88	92,61	91,78	91,99	92,96	92,34	1,18
89	93,15	93,25	94,16	95,01	93,89	1,86
90	92,23	92,25	92,25	92,32	92,26	0,09

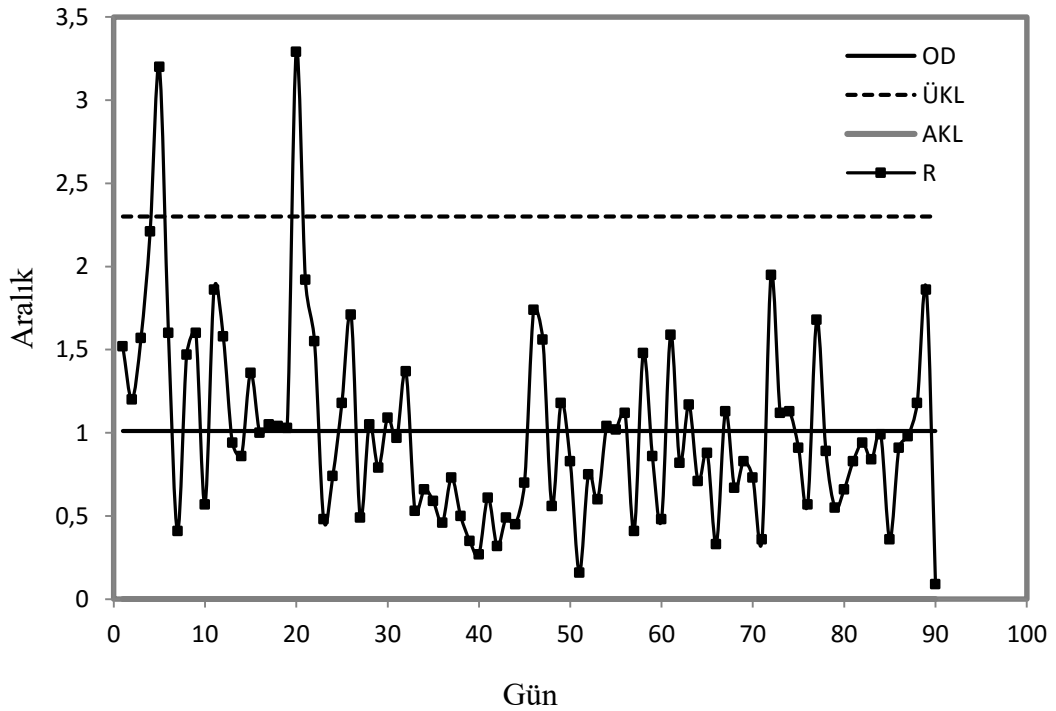
Çizelge 5.10. Tesis metal kazanma verimi için $\bar{X}$ ve R değerlerine ait AKL, OD ve ÜKL hesaplamaları

$\bar{X}$	Alt Kontrol Limiti (AKL)= $93,9-(0,73*1,01)= 93,16$
	Orta Değer (OD)=93,9
	Üst Kontrol Limiti (ÜKL)= $93,9+(0,73*1,01)=94,64$
R	Alt Kontrol Limiti (AKL)= $1,01*0=0$
	Orta Değer (OD)=1,01
	Üst Kontrol Limiti (ÜKL)= $2,28*1,01=2,30$



Şekil 5.9. Tesis metal kazanma verimi (%) $\bar{X}$ grafiği

Şekil 5.9'daki grafikte, yaklaşık 52 nokta kontrol çizgileri dışında olup, bu değer çalışılan nokta sayısının %57'sini kapsamaktadır. Ayrıca noktaların sadece 17'si merkez çizgisine yakın bulunmaktadır. Bunun yanı sıra 5 nokta ise, merkez çizgisi üzerinde seyretmektedir. Merkez çizgisinin altındaki ve üstündeki noktaların ise rastgele dizildiği görülmektedir.



Şekil 5.10. Tesis metal kazanma verimi (%) R grafiği

Şekil 5.10’da görüldüğü gibi kontrol limitleri dışında sadece 2 nokta vardır. Ayrıca noktaların yaklaşık 20’si merkez çizgisine yakın bulunmaktadır. Bununla birlikte 4 nokta merkez çizgisi üzerindedir. Kontrol çizgileri arasında bulunan noktalar rastgele ve dengeli olarak sıralanmıştır.

5.2 Proses Yeterlilik Analizi

Proses yeterlilik analizi, proses ortalaması ve standart sapmasını, toleranslar ile ilişkilendirerek prosesin alıcı isteklerine uygun ürün oluşturma yeteneğini ortaya koymak ve ürün gerekliliklerinin veya spesifikasyonların üretim süreci içerisinde sağlanma derecesini test etmek için kullanılmıştır. Üzerinde çalışılan flotasyon tesisi proses yeterlilik analizi tezin materyal-metot kısmında verilen Cp ve Cpk hesaplama teknikleri kullanılarak konsantre %Sb ve %As için hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarda tesise ait spesifikasyonlar (Çizelge 4.4) baz alınmıştır. Hesaplamalarda konsantre %Sb ve %As için standart sapma (σ) sırası ile 0,1969 ve 0,0159 (Çizelge 5.1 ve 5.3 kullanılarak) olarak bulunmuştur. Ayrıca ortalama değerler (μ) ise 69,95 ve 0,12 olarak elde edilmiştir. Proses Yeterlilik Analiz hesaplama sonuçları ise Çizelge 5.11’de verilmiştir.

Çizelge 5.11. Tesis Cp ve Cpk değerleri

	Konsantre için %Sb	Konsantre için %As
USL	71.69	1.5
ASL	69.00	0.0
Cp	2.28	15.72
Cpk ₁	2.94	28.93
Cpk ₂	1.60	2.52

Üretim tolerans sınırları içinde konsantrenin Sb tenörü için, proses ortalama ve standart sapma değerleri kullanılarak Cp değeri 2,28 - Cpk₁ değeri 2,94 ve Cpk₂ değeri ise 1,60 olarak hesaplanmıştır. Aynı şekilde konsantre %As için ise söz konusu değerler sırası ile 15,72-28,93 ve 2,52 olarak bulunmuştur. Söz konusu sonuçlar Çizelge 4.3 baz alınarak

değerlendirildiğinde proses yeterlidir yani tesis kendi spesifikasyonları içinde çalışmaktadır.

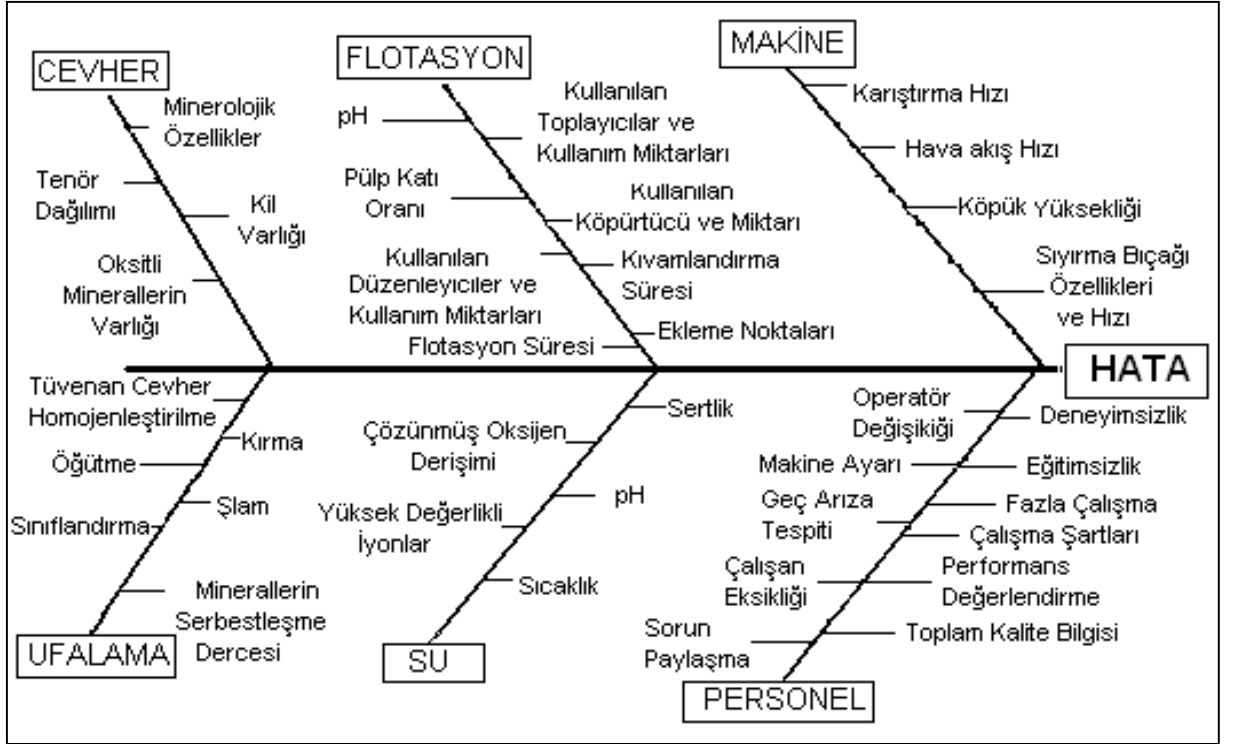
BÖLÜM VI

6. Sonuçlar

Gerçekleştirilen bu tez çalışmasında Tokat ilinin Turhal ilçesinde antımuhan cevher üretimi ve zenginleştirmesi yapan Özdemir Antımuhan İşletmelerine bağılı flotasyon tesisinden doksan gün süre ile her gün belirli aralıklarla alınan konsantre ve artık numunelerinden elde edilen veriler kullanılarak İstatistikî Kalite Kontrolü (İPK) çalışması yapılmıştır. Bu kapsamda X (Ortalama)–R (Aralık) kontrol diyagramlarından ve proses yeterlilik analizlerinden yararlanılmıştır. Konsantre %Sb ve %As tenörleri ile tesis metal kazanma verimi (%) için ve artık%Sb ile %As tenörler için X-R grafikleri oluşturulmuştur. Bu grafiklerin irdelenmesi neticesinde ise hemen hemen hepsinde anomaliler yani Alt Kontrol Limitleri (AKL) ve Üst Kontrol Limitleri (ÜKL) dışında noktalar tespit edilmiştir. Bu durum prosesin daha da iyileştirilmesinin gerekliliğini ortaya koymaktadır. Ancak elde edilen veriler, konsantre %Sb tenörünün %69-71 arasında değiştiğini %As tenörünün ise %0,9-0,11 değerleri arasında olduğunu göstermektedir. Dolayısı ile İPK hesaplamalarının çok dar aralıklarda yapıldığı göz önünde bulundurulacak olursa, bu durumun çok anormal bir olmadığı yorumunu yapmanın da yanlış olmayacağı düşünülmektedir.

Ancak diyagram sonuçları baz alındığında yani anomalilerin varlığı söz konusu olduğuna göre problem çözme ve proses geliştirmede en çok kullanılan kalite araçlarından biri olarak kabul edilen sebep-sonuç grafiğinin oluşturulması gerekmektedir. Sebep-Sonuç diyagramlarının prosesdeki her adım için veya her problem için genel sebeplerden yola çıkılarak en ufak detaya inilmek sureti ile sebebin ortaya çıkarılması beklenir. Şekil 6.1’de balık kılıçına benzeyen ve hata oluşumunun muhtemel sebeplerinin toplu gösterimi ortaya konmuştur. Bu hataların yeniden oluşumunun önlenmesi için, söz konusu şekilde verilen parametrelerin adım adım tekrar değerlendirilip kusurlu noktaların tespit edilmesi ve önlemler alınarak bu sebeplerin ortadan kaldırılması anomalilerin iyileştirilmesinde faydalı olacağı ön görülmektedir. Bu çözümlerle iyileştirmeler yapıldıktan sonra, ilerleyen aşamalarda ise; işletmenin, kalite iyileştirme faaliyetlerinde istatistiksel yöntemler ile beraber, çıkması muhtemel hataları önceden tahmin etmeye çalışarak onların ortaya çıkmasını önleyen “Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA)”

yöntemlerini kullanması önerilmektedir. Böylece bir taraftan mevcut problemler çözülürken diğer taraftan da çıkması muhtemel hatalar önlenmiş olacaktır.



Şekil 6.1. Oluşan hatalar için sebep-sonuç grafiği

Üzerinde çalışılan flotasyon tesisinin yeterliliğinin başka bir deyişle istenilen ürünü elde etme yeteneğini ortaya koyan ve İPK'nın çalışma alanlarından birisini oluşturan proses yeterlilik analizi (Cp-Cpk) tesiste üretilen konsantrenin %Sb ve %As elementleri için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Cp ve Cpk indisleri, şartname limitleri (spesifikasyonlar) ile proses kontrol limitleri arasındaki ilişkiyi göstermekte olup "ÜSL" üst spesifikasyon limitini, "ASL" alt spesifikasyon limitini, " σ " standart sapma, " μ " ise ortalama sembolleri olarak kullanılarak hesaplanmaktadır. Üretim tolerans sınırları içinde konsantrenin Sb tenörü için, proses ortalama ve standart sapma değerleri kullanılarak Cp değeri 2,28, Cpk₁ değeri 2,94 ve Cpk₂ değeri ise 1,60 olarak hesaplanmıştır. Aynı şekilde konsantre %As için ise söz konusu değerler sırası ile 15,72-28,93 ve 2,52 olarak bulunmuştur. Elde edilen bu değerler antimuan zenginleştirme tesisinin kendi spesifikasyonları içinde çalıştığını açıkça ortaya koymaktadır.

KAYNAKLAR

Acarkan, N., Kütahya-Gümüşköy Oksitli Antimuan Cevherinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, **İTÜ Maden Fakültesi**. İstanbul, 1974.

Adam, E.E., Ebert R.J., Production and Operations Management: Concepts, Models and Behavior, , **Prentice Hall Int. Editions**. New York, Fourth Edition, 1989.

Akın, B., İPK Teknikleri-Proses Yeterlilik ve Makine Yeterlilik Analizi, **Bilim Teknik yayınevi**, İstanbul, 1996.

Akar, A., Ödemiş – Halıköy – Emirli Arsenikli Antimonit Cevherinin Zenginleştirilmesi ve Arsenikten Arındırılması, **Madencilik Dergisi**, Cilt. 10, s.239-280, 1981.

Akar, A., Aglomerasyon Flotasyonu ve Antimonit Cevherinin Zenginleştirilmesindeki Etkinliği, **Madencilik Dergisi**, Cilt 25, s.179-200, 1983.

Akkurt, M., Kalite Kontrol-Excel Destekli, **Birsen Yayınevi**, İstanbul, 2002.

Anonim; System approach to process improvement. United States of America (USA) Minisler of Navy, Total Quality Leadership Office and Naval Personnel. **Research and Development Center**, San Diego, USA. 1992.

Atak, S., **Flotasyon İlkeleri ve Uygulaması Kitabı**. İstanbul, s. 51-65. 1990.

Aydın, Ö., Pakdil, F., Kömür Kalorisi Değişkenliğinin Azaltılmasında Proses Yeterlilik Analizi, **Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi** Cilt: XXIII, Sayı:2, 2010.

Aycul, H., Akçakoca, H ve M, Taksut., **Türkiye 19 Uluslararası Madencilik Konferansı**, IMCET 2001, İzmir Türkiye 09 12 Haziran 2001.

Bayat, O., Vapur, H., Akyol,F., Eti Gümüş A.Ş. Liç Prosesinde İstatistiksel Proses Kontrolü Uygulaması, **Türkiye 19 Uluslararası Madencilik Kongresi ve Fuarı**, IMCET2005. İzmir, Türkiye, 09-12 Haziran 2005.

Besterfield, D.H., Quality Control, **Prentice Hall International Editions**. New Jersey, USA. 1990.

Besterfield, D.H., Ouality Control, , **Prentice Hall Int. Inc., Fourth Edition**,New Jersey, 1994.

Bhatti, M.,Kazmi, K., Nizami, M., Minerological and Liberation Characteristics of Antimony Ore of Chitral. **J. Cam. Soc. Pak**, Cilt 31, s. 39-44. 2009.

Bircan, H., Özcan, S., “Otomotiv Yan Sanayinde Uygulanabilen İstatistiksel Proses Kontrol Teknikleri ve Bir Uygulaması” **2. Ulusal Araştırmalar Sempozyumu**,İ.T.Ü. Sosyal tesisleri Maçka-İstanbul, 2001.

Bircan, H., ve Özcan, S.,Excel Uygulamalı Kalite Kontrol, **Yargı Yayınevi**, Sivas, 133-138. 2003.

Bostan, H., İstatistiksel Proses Kontrol Tekniklerinin Motor Yenileştirme Sürecinde Kullanımı, **T.C.Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü** Makina Mühendisliği Anabilim Dalı. 2010.

Butterman, W.C., and Carlin, C.F., ‘Mineral Commodity Profiles, Antimony’ U.S. Department Of The Interior U.S. **Geological Survey Report**, No. 3-19, s. 5-13. 2004.

Cantello, F.X., Chalmers, J.E., Evans, J.E., “Evolution To An Effective And Enduring SPC Systems”, **Quality Progress**, 23(2), pp 60-64, 1990.

Çilek, E. C., **Mineral Flotasyonu**, Isparta, s.33-57. 2006.

Çilek, E.C., Mineral Flotasyonu, Süleyman Demirel Üniversitesi Yayın No:59,**SDÜ Basımevi**, Isparta,2009.

Çilingir, Y., Metalik Cevherler ve Zenginleştirme Yöntemleri. “**Antimuan Cevherleri ve Zenginleştirme Yöntemleri**”, İzmir, Cilt 2, s. 8,1 - 8,9. 1996.

Devor, R.E., Chang, T., Sutherland, J.W., “Statistical Quality Design and Control, **Macmillan Publishing Company**”, New York, USA, 1992.

Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), “**VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planı ÖİK Antimuan, Tungsten, Nikel, Vanadyum, Molibden, Kalay ve Manganez Çalışma Grubu Raporu**” 2001.

Dhillon, B.S., Quality Control, **Reliability and Engineering Design**, New York, Marcel Decker Inc., 1985.

Dowling, E., Kumpel, R.R., Aplan, F.F., "Model Discrimination for the Flotation of Base Metal Sphide Ores - Circuitry and Reagent Variations", **Chapter 37 in Design and Installation of Concentration and Dewatering Circuits**, A.L. Mular, M.A.Anderson. Editors, SME, s. 570-587.1986.

Durman, B.M., Pakdil, F., “İstatistikî Proses Kontrol Uygulamaları İçin Bir Sistem Tasarımı”, **VII Ekonometri Kongresi**, İstanbul.2005.

Durman, B., ve Pakdil F., İstatistikî Proses Kontrol Uygulamaları İçin Bir Sistem Tasarımı, **Başkent Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü**, 06530, Bağlıca, Ankara.2010.

Elevli, S.,Behdioğlu,S., “İstatistiksel Proses Kontrolü Teknikleri İle Kömür Kalitesindeki Değişkenliğin Belirlenmesi”, **Madencilik, cilt 45**, sayı 3, sayfa 19-26, 2006.

Ergün, Ş.L., Özcan, Y., Namık, A., Flotasyon Tesisi Tasarımı Ve Optimizasyonu Amacıyla Geliştirilen Yeni Modelleme Yaklaşımının Değerlendirilmesi, **Madencilik, Cilt 42**, Sayı 3, Sayfa 11-23, Eylül 2003.

Ertuğrul, İ., Toplam Kalite Kontrol ve Teknikleri, **Hünkâr Ofset**, İstanbul, 209-258. 2004.

Faigenbaum, A.V., Total Quality Control, , **McGraw Hill Int. Edition**, New York Third Edition, 1991.

Ford Company, “**Statistical Process Control Instruction Guide**” 1987.

Gaither,N., Production and Operation Management, Dryden Press, **Sixth Edition**, 1994.

Genç, Y., Zaim, S., “Eğitimde Toplam Kalite Yönetimi”, **İ.Ü. İşletme Fakültesi Dergisi**, cilt 28, sayı 2, sayfa 9-35,1999.

George, S., Weimerskirch, A., Total Quality Manegement: Strategies and Techniques Proven at Today’s Most Successful Companies, **John Wiley and Sons Inc**, New York, 1996.

Gitlow, H., Gitlow, S., Oppenheim, A., Oppenheim, R., Tools and Methods for the Improvement of Quality, **Irwin Homewood, IL**, U.S.A, s.65, 1989.

Grant,E.L., “Statistical Quality Control”, **Seventh Edition Hill**, 1964.

Grant,E.L., Leanworth, R.S., Statistical Quality Control, **McGraw Hill Int. Edition Sixth Edition**, New York, 1988.

Herbst, K.A., et al, “Antimuany and Antimony Compounds”, Ullmann’s Encyclopedia of Industrial Chemistry, Campbell F.T, Pfefferkorn R., Rounsaville J.F. (Eds), **Fifth Edition, VCH Publishers**, Inc., pp 55-77. 1993.

Howard, D., TheBasics Of Statistical Process Control & Process Behaviour Charting, Isbn 0-9543866-5-5 1st Edition, **Published By Management-Newstyle**, Chislehurst, Kent, Br 75nb, England, October 2003.

Ipek, H.H.,H, Özdağ., The Application of Statistical Process Control,**Minerals Engineering**, Vol. 12, No. 7, pp. 827-835, 1999.

Işığışok, E., “**Toplam Kalite Yönetimi Bakış Açısıyla İstatistiksel Proses Kontrol**”, sayfa 130-132,231, 2004.

Juran, J.M., Juran’s Quality Control Handbook,**McGraw Hill Int. Edition, Fourth Edition**,New York, 1988.

Kahraman, C., ve Kaya, İ., “Süreç doğruluk indeksi ve bulanık karar ortamında kullanılması”, **Tübv Bilim Dergisi** , Cilt:2, Sayı:2, Sayfa:148-156, 2009.

Kane, V.E., “Process capability indices”, **Journal of Quality Technology**, Vol. 18, No 1, 41–52. 1986.

Kaya, İ.,Ağa, A., “Kalite İyileştirme Sürecinin Yedi Temel Aracı Ve Motor-Traktör İmalatını Yapan Bir İşletmede Uygulanması”, www.Sosyalbil.Selcuk.Edu.Tr/.../Makaleler,sayfa 447 -468, 2003.

Kaya, İ., Kahraman, C., Asimetrik Toleranslar Ve Bulanık Mantık Çerçevesinde Süreç Yeterlilik Analizi, **Yöneylem Araştırması Ve Endüstri Mühendisliği 30. Ulusal Kongresi** (Ya/Em‘2010), Sabancı Üniversitesi, 30 Haziran-2 Temmuz 2010.

Kobu, B., Endüstriyel Kalite Kontrol, **İ.Ü İşletme Fakültesi İşletme İktisadi Enstitüsü Yayını**, İkinci Baskı, İstanbul,1987.

Kobu, B., Üretim Yönetimi, **Avcular Basım-Yayın**, Onuncu Baskı,İstanbul, 1999

Kolarik,W.,Creating Quality, **Mc-Graw Hill**, Singapore, 1995.

Kotz, S., Johnson, N., “Process capability indicea review 1992-2000”,**Journal of Quality Technology**, Vol. 34, 2-19, 2002.

Kumpas, S., Standart X-R Diyagramları İle İki Aşamada Örneklemeli X-R Diyagramlarının Performanslarının ARL (Average Run Length) Yardımı İle Değerlendirilmesi, *T. C. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İşletme Anabilim Dalı Üretim Bilim Dalı ,Yüksek Lisans Tezi, 2006.

Kurumsal Kalite., <http://www.kurumsalkalite.com/surec-yeterlilik-indeksi-2-cpk-ppk>, 5 Nisan 2014.

Kurşun, İ.,“Etibank Halıköy Antimuan Cevherinin Flotasyon ile Zenginleştirilerek Arsenopiritten Arındırılması ”, Lisans Tezi,*İ.T.Ü. Maden Mühendisliği*, İstanbul. 1993.

Liberatore, R.L.,“Teaching the Role of SPC in Industrial Statistic”, *Quality Progress*, Vol. 34, No. 7, s. 89-94,July 2001.

Maden Tetkik Arama Enstitüsü (MTA) *Türkiye Maden Envanteri (İllere Göre)*, No 179, Ankara 1980.

Mears, P.,Quality Improvement Tools and Techniques,*McGraw Hill Int. Edition*,New York ,1995.

Milton, J.S., and Arnold, J.C., Introduction to probability and statistic, *McGraw Hill-3"1 Edition*, 683-691. 1990.

Montgomery, D., Introduction To Statistical Quality Control, *New York, John Wiley & Sons, cop, Fourth Edition*, 2001.

Mostafaeipour, A., Sedaghat, A., Hazrati,A., Vahdatzad,M., The use of Statistical Process Control Technique in the Ceramic Tile Manufacturing: a Case Study, *International Journal of Applied Information Systems (IJAIS)* – ISSN : 2249-0868 *Foundation of Computer Science FCS*, New York, USA Volume 2– No.5, February 2012.

Örümlü,M., “Üretim sürecinde istatistiksel proses kontrol ve işletme uygulamaları”, Yüksek Lisans Tezi,*Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 2006.

Özdemir, T., İstatistiksel Kalite Kontrol, *A.Ü.F.F. Döner Sermaye İşletmesi Yayınları* No: 62, Ağustos 2000, Ankara.

Özdemir, T., İstatistikî Süreç Kontrolü, İS432 “*İstatistikî Kalite Denetimi Dersi*“ notu, 2003.

Saraç, S., Özdemir, G., Mermer Fayanslarının Boyutlandırmasında İstatistiksel Kalite Kontrolü, *Türkiye IV Mermer Sempozyumu (Mersem'2003) Bildiriler Kitabı* 18-19 Aralık 2003.

Solozhenkin, P.M., “Ecological problems: new tendencies of rational utilization of gold-antimony ores and concentrates”. *Scientific and technical aspects of environment protection*. 2: 110-112. 2006.

Solozhenkin, P. M., and Alekseev, A.N., “Innovative Processing And Hydrometallurgical Treatment Methods For Complex Antimony Ores And Concentrates”. *Journal of Mining Size*, Cilt 46, s. 203-210. 2010.

Sözlü görüşme, Özdemir Antimuan Madencilik A.Ş.Tokat/Turhal'daki işletmenin Maden Mühendisi Mehmet Kalmaz /15.04.2014.

Tatar, T., İşletmelerde Üretim Yönetimi ve Teknikleri, *Ankara Devlet Mühendislik ve Mimarlık Akademisi Yayınları*, Ankara, 1982.

Tesis Raporu, *Koza Özdemir Antimuan Madencilik A.Ş.*2009.

TSCA Work Plan Chemical Risk Assessment Antimony Trioxide, <http://www.antimony.be/antimonycompounds/antimony/trioxide/market/antimony-trioxide-market.htm>, 11 Mayıs 2014

Vapur, H., Applicability of Statistical Process Control for Flotation of Metals Complex, *Asian Journal of Chemistry*, Vol. 21, No. 1 655-665. 2009.

Zeyveli, M., Selalmaz, E., İstatistiksel Proses Kontrol Tekniklerinin Zincir İmalatı Yapan Bir İşletmede Uygulanması, ***Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları***, 2008

Wills, B.A., Mineral Processing Technology, ***5th edition, Pergamon Press***, s. 12-25. 1992.

ÖZGEÇMİŞ

Nuriye GÖKMEN 23.01.1989 tarihinde Hatay/Dörtyol'da doğdu. İlk orta ve lise eğitimini Hatay'da tamamladı. 2008 yılında girdiği Niğde Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü'nden Haziran 2012'de bölüm birinciliği ile mezun oldu. Mezun olduktan sonra yüksek lisans öğrenimine başladı. 2012-2013 yılları arasında yüksek lisansına devam ederken aynı zamanda çalışma hayatına da başladı. Tokat/Turhal'da Bedir han Madencilik A.Ş. Antimuan açık ocak madeninde vardiya amirliği yaptı.