

167837

T.C.
MUĞLA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İSTATİSTİK VE BİLGİSAYAR BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

İSTATİSTİKSEL KALİTE KONTROL YÖNTEMLERİ
VE
UYGULAMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AYTAÇ PEKMEZCİ

MUĞLA 2005


ONAY SAYFASI

Dr. Mehmet KARAHASAN danışmanlığında Aytaç PEKMEZCİ tarafından hazırlanan bu çalışma 07/10 / 2005 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Mustafa DİLEK

İmza : 

Danışman : Dr. Mehmet KARAHASAN

İmza : 

Üye : Yrd. Doç.Dr. Ali Rıza FİRUZAN

İmza : 

Üye :

İmza :

Üye :

İmza :

ÖNSÖZ

Bu çalışmada Muğla ilinde faaliyet gösteren bir zeytinyağı fabrikasında istatistiksel kalite kontrol tekniklerinden biri olan kontrol grafikleri kullanılarak üretilen zeytinyağın kalite düzeyi incelenmiştir.

Bu çalışmamın her aşamasında desteğini ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Dr. Mehmet KARAHASAN'a sonsuz teşekkür ederim. Ayrıca çalışmam sırasında manevi desteklerini esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Mustafa DİLEK'e ve sevgili mesai arkadaşlarıma özellikle de Arş. Gör. Hatice GÖRGÜLÜ'ye çok teşekkür ederim.

Son olarak bana bu yaşıma kadar verdiği destekten dolayı aileme ve gösterdiği anlayıştan dolayı eşim Aslı PEKMEZCİ'ye sonsuz sevgi ve saygılarımı sunuyorum.

Aytaç PEKMEZCİ

İÇİDEKİLER DİZİNİ

ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER	II
ÖZET	V
ABSTRACT	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
TABLolar/ÇİZELGELER DİZİNİ	IX
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	X
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	2
2.1. Kalite	2
2.1.1. Kalitenin Boyutları	4
2.1.1.1. Birincil Boyutlar	4
2.1.1.2. İkincil Boyutlar	5
2.1.2. Kaliteyi Etkileyen Etmenler	6
2.1.3. Kaliteyi Oluşturan Unsurlar	7
2.1.3.1. Tasarım Kalitesi	7
2.1.3.2. Uygunluk Kalitesi	8
2.1.3.3. Performans Kalitesi	10
2.1.4. Kalitenin Tarihsel Gelişimi	11
2.1.4.1. Kalitenin Türkiye'deki Gelişimi	13
2.2. Kalite Kontrol	14
2.2.1. Kalite Kontrol Sistemi	16
2.2.2. Kalite Kontrolün Amacı	19
2.2.3. Kalite Kontrolünü Etkileyen Faktörler	20
2.2.4. Hata, Spesifikasyon, Tolerans, Standart	21
2.2.4.1. Hata	21
2.2.4.2. Spesifikasyon (Özellik) – Tolerans	21
2.2.4.3. Standart	24
2.2.5. Kalite Kontrolünde Hipotez Testleri	25
2.2.6. Kalite kontrolünde İstatistiğin Önemi	26
2.2.7. Kalite Kontrolünün Yararları	27

2.2.8. Önemli Kalite Kontrol Kuruluşları	27
2.2.9. Türkiye’de Kalite Kontrolünün Genel Durumu	28
2.3. İstatistiksel Kalite (Proses) Kontrolü	30
2.3.1. İKK’nın Safhaları	35
2.3.1.1. Çevrenin Hazırlanması	35
2.3.1.2. Kontrolü Yapılacak Prosesin Tespit Edilmesi	35
2.3.1.3. Ölçülecek Özelliklerin Tespit Edilmesi	35
2.3.1.4. Prosesten Örneklerin Alınması ve Kaydedilmesi	35
2.3.1.5. Kontrol Grafiğinin Belirlenmesi ve Uygulanması	36
2.3.1.6. Grafiklerin Yorumlanması ve Bilgi Sağlama	36
2.3.2. Değişim	36
2.3.2.1. Değişimin nedenleri	36
2.3.3. İstatistiksel Araçlar, Temel Kavramlar	38
2.3.4. İKK Teknikleri	39
2.3.4.1. Çeteleme Diyagramı	40
2.3.4.2. Histogram	41
2.3.4.3. Pareto Diyagramı	45
2.3.4.4. Sebep-Sonuç Diyagramı	48
2.3.4.5. Gruplandırma	51
2.3.4.6. Dağılma (Serpilme) Diyagramı	52
2.3.4.7. Kontrol Grafikleri	55
2.3.5. İKK’nın Kalite Kontrol Fonksiyonu İçindeki Yeri	58
2.4. Kalite Kontrol Grafikleri	60
2.4.1. Kontrol Grafiğinin Hazırlanmasında İzlenen Aşamalar	60
2.4.2. Shewhart Kontrol Grafikleri	64
2.4.3. Değişkenler için (Nicel) Kontrol Grafikleri	66
2.4.3.1. Ortalama ve Genişlik (\bar{X} - R) Kontrol Grafiği	67
2.4.3.2. Ortalama ve Standart Sapma (\bar{X} - s) Kontrol Grafiği	70
2.4.4. Özellikler için (Nitel) Kontrol Grafikleri	72
2.4.4.1. Kusurlu Oranı (p) Kontrol Grafiği	73
2.4.4.2. Toplam Kusurlu Sayısı (np) Kontrol Grafiği	74
2.4.4.3. Örnek Başına Hata Sayısı (c) Kontrol Grafiği	75

2.4.4.3. Birim Başına Kusur Sayısı (u) Kontrol Grafiği	76
2.4.5. Shewhart Kontrol Grafiklerinde Karar Kriterleri	77
2.4.6. Shewhart Kontrol Grafiklerinin Avantaj ve Dezavantajları	78
2.4.7. Proses Yeterliliği	79
2.4.7.1. Proses Yeterlilik Analizi	80
3. MATERYAL ve YÖNTEM	87
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	91
5. SONUÇLAR ve TARTIŞMA	111
KAYNAKLAR	112
EKLER	115
ÖZGEÇMİŞ	117



İSTATİSTİKSEL KALİTE KONTROL YÖNTEMLERİ
ve
UYGULAMASI

(Yüksek Lisans Tezi)

Aytaç PEKMEZCİ

MUĞLA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
2005

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, istatistiksel kalite kontrol tekniklerini özellikle kalite kontrol grafiklerini incelemek ve bir işletmede uygulamasını yapmaktır.

Belirtilen amaç çerçevesinde kalite kontrol grafiklerinin temelini oluşturan Shewhart kontrol grafikleri ele alınmıştır. Son yıllarda EWMA ve CUSUM gibi başka grafikler geliştirilmesine rağmen Shewhart grafikleri halen yaygın olarak kullanılmaktadır. Uygulama Muğla ilindeki bir zeytinyağı fabrikasında yapılmıştır. Zeytinyağında bir kalite göstergesi olarak kabul edilen asit başına fire oranındaki değişim incelenmiş ve Shewhart kontrol grafiklerinden \bar{X} -s grafiğiyle kontrol altına alınmaya çalışılmıştır.

Günlük ve saatlik bazda çizilen grafiklerden prosesin asit başına fire oranı açısından arzu edilen biçimde işlemediği ve proseste problemlerin var olduğu görülmüştür. İlgili proses grafiklerle kontrol altına alındığında prosesin kapasitesinin günlük bazda yeterli olduğu ancak saatlik bazda yeterli olmadığı tespit edilmiştir. İşletmenin problemlerini tanımlayarak çözümünü için girişimde bulunulması istenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kalite, İstatistiksel Kalite Kontrol, Shewhart Kontrol Grafikleri

Sayfa Adedi : 117

Tez Yöneticisi : Dr. Mehmet KARAHASAN

**STATİSTİKAL QUALITY CONTROL METHODS
and
APLICATION**

(Msc. Thesis)

Aytaç PEKMEZCİ

**MUGLA UNIVERSITY
INSTITUTE of SCIENCE and TECHNOLOGY**

2005

ABSTRACT

The aim of this study is to examine the quality control techniques especially the quality control graphics and to make the applications for a company.

At the aim of this study the Shewhart quality control graphics which are the bases of quality control graphics have been examined. In recent years however the other graphics like EWMA and CUSUM have been developed, Shewhart graphics already have been used widespreadly. Application has been done for an olive oil fabric in Muğla. The variation of loss per acid which is expected as a quality indicator has been examined and has been tried to take under control by \bar{X} -s graphic.

When the daily and hourly graphics were drown, it was seen that the process didn't work as expected and there were problems in the process. When this process was taken under control by the graphics it was found that the capacity of the process was sufficient for daily, but not hourly. It was wanted the company to define its problems and to enterprise for solution.

Key Words : Quality, Statistical Quality Control, Shewhart Control Graphics

Page Number: 117

Adviser : Dr. Mehmet KARAHASAN

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No

- Şekil 2.1 : Kalite Döngüsü
- Şekil 2.2 : Tasarım Kalitesi
- Şekil 2.3 : Tasarım Kalitesinde Optimum Noktanın Saptanması
- Şekil 2.4 : Uygunluk Kalitesi
- Şekil 2.5 : Uygunluk Kalitesinin Dengelenmesi
- Şekil 2.6 : Performans Kalitesi
- Şekil 2.7 : Kalitenin Oluşumu
- Şekil 2.8 : Kalite Kontrol Faaliyetinin Gelişmesi
- Şekil 2.9 : Kalite Kontrol Sisteminin Genel Yapısı
- Şekil 2.10 : Kalite Kontrol Sistemi
- Şekil 2.11 : Kalite Sisteminin Ana Yapısı
- Şekil 2.12 : Testin Kuvvet ve İşleyen Karakteristik Eğrisi
- Şekil 2.13 : İstatistiksel Kalite Kontrol
- Şekil 2.14 : Geleneksel Kalite Kontrol
- Şekil 2.15 : İKK Yöntemi
- Şekil 2.16 : Çetele Diyagramına Bir Örnek
- Şekil 2.17 : Farklı Prosesler için Histogramlar
- Şekil 2.18 : Histogram Şekilleri
- Şekil 2.19 : Pareto Diyagramı
- Şekil 2.20 : Sebep-Sonuç (Ishikawa Balık Kılıçığı) Diyagramı
- Şekil 2.21 : Sebep-Sonuç Analizi
- Şekil 2.22 : Proses Akış Diyagramı
- Şekil 2.23 : Dağılma Diyagramlarının Çeşitleri
- Şekil 2.24 : Regresyon Doğrusu ve Denklemi
- Şekil 2.25 : Kontrol Grafiği
- Şekil 2.26 : Belirleyici Kalite Kontrol Yaklaşımı
- Şekil 2.27 : Önleyici Kalite Kontrol Yaklaşımı
- Şekil 2.28 : Kontrol Grafiklerinin Kullanılma Koşulları
- Şekil 2.29 : Proses Yeterlilik Analizi
- Şekil 3.1 : İlgili işletmenin Proses Akış Şeması

- Şekil 3.2 : Nötralizasyon Bölümünün Proses Akış Şeması
- Şekil 4.1 : Örneğe ait s Grafiği
- Şekil 4.2 : Düzeltilmiş örneğe ait s Grafiği
- Şekil 4.3 : Düzeltilmiş örneğe ait s Grafiği (2.kez)
- Şekil 4.4 : Düzeltilmiş örneğe ait s Grafiği (3.kez)
- Şekil 4.5 : Düzeltilmiş örneğe ait \bar{X} grafiği
- Şekil 4.6 : Örneğe ait $\bar{X} - s$ grafiği
- Şekil 4.7 : Örneğe ait s Grafiği
- Şekil 4.8 : Düzeltilmiş örneğe ait s Grafiği
- Şekil 4.9 : Düzeltilmiş örneğe ait $\bar{X} - s$ grafiği



TABLolar / ÇİZELGELER DİZİNİ**Tablo No**

Tablo 2.1	: Mal ve Hizmet Kalitesinde Birincil Boyutlar
Tablo 2.2	: Kalite Kontrol Sistemi
Tablo 2.3	: Standartların Sınıflandırılması
Tablo 2.4	: Hipotez Testinde Oluşan Durumlar
Tablo 2.5	: Kusur Sayısı, Maliyet ile ilgili veriler ve Pareto Analizi
Tablo 2.6	: Kontrol Grafiklerinin Kullanım Şekli
Tablo 2.7	: C_p Değerleri ve Yorumu
Tablo 2.8	: C_{pk} Değerleri ve Yorumu
Tablo 4.1	: Örneğe ait s grafiğinin kontrol sınırları
Tablo 4.2	: Düzeltilmiş örneğe ait s grafiğinin kontrol sınırları
Tablo 4.3	: Düzeltilmiş örneğe ait s grafiğinin kontrol sınırları (2.kez)
Tablo 4.4	: Düzeltilmiş örneğe ait s grafiğinin kontrol sınırları (3.kez)
Tablo 4.5	: Örneğe ait \bar{X} grafiğinin kontrol sınırları
Tablo 4.6	: Düzeltilmiş örneğe ait \bar{X} grafiğinin kontrol sınırları
Tablo 4.7	: Örneğe ait s grafiğinin kontrol sınırları
Tablo 4.8	: Düzeltilmiş örneğe ait s grafiğinin kontrol sınırları
Tablo 4.9	: Örneğe ait \bar{X} grafiğinin kontrol sınırları

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

μ	: Ana kitle için aritmetik ortalama
σ^2	: Ana kitle için varyans
\bar{X}	: Kitleden alınan örnek için aritmetik ortalama
σ	: Standart sapma
μ_x	: Örnek istatistiğinin ortalaması
σ_x	: Örnek istatistiğinin standart sapması
$\hat{\sigma}$: σ 'nın bir tahmin edicisi
\bar{x}	: μ 'nün en iyi tahmin edicisi
\bar{R}	: Değişim aralıklarının ortalaması
σ_R	: Değişim aralıklarının standart sapması
α	: I. Tip Hata
β	: II. Tip Hata
$\alpha(\theta)$: Testin kuvveti
$1 - \beta(\theta)$: Testin işleyen karakteristiği
a_0 ve a_1	: Regresyon katsayıları
AKS	: Alt Kontrol Sınırı
AR-GE	: Araştırma Geliştirme
ASS	: Alt Spesifikasyon Sınırı
ASQC	: Amerikan Kalite Kontrol Kurumu
c	: Kalite özellikleri
C_p	: Prosesin Potansiyel Yeterliliği
C_{pk}	: Prosesin Performansı
C_r	: Yeterlilik Rasyosu
EOQC	: Avrupa Kalite Kontrol Örgütü
H	: Hata
H_0	: Ret hipotezi
H_1	: Alternatif Hipotez
İKK	: İstatistiksel Kalite Kontrolü
ISO	: International Organization for Standardization
JIS	: Japon Sanayi Standartları Komitesi

- JİT : Tam Zamanında Üretim Sistemi
- JUSE : Japon Bilim Adamları ve Mühendisleri Birliği
- k : Orta çizgiden kontrol sınırlarına olan mesafe
- K : Sınıf sayısı
- KALDER : Kalite Derneği
- KK : Kalite Kontrol
- MÇ : Merkez Çizgi
- n : Eleman sayısı
- N : Ana kütledeki birim sayısı
- np : Toplam kusur sayısı
- p : Kusur oranı
- Poka-Yoka : Hata Önleme Yaklaşımı
- Q : Kalitenin Tatmin Derecesi
- q_m : Tasarım Kalitesinde Optimum Nokta
- q_0 : Minimum toplam kalite kontrol maliyeti
- r : Korelasyon katsayısı
- R : Değişim aralığı
- R^2 : Regresyon faktörü
- S^2 : Kitleden alınan örnek için varyans
- TKK : Toplam Kalite Kontrol
- TSE : Türk Standartları Enstitüsü
- u : Birim başına hata sayısı
- ÜSS : Üst Spesifikasyon Sınırı
- ÜKS : Üst Kontrol Sınırı
- w : Tüketicinin belli bir özelliğe verdiği önem,
- X : Ölçüm değerlerinin örnek istatistiği
- X_i : Bireysel ölçümleri
- X_{max} : Maksimum X değeri
- X_{min} : Minimum X değeri

1. GİRİŞ

Gelişen dünyamızda üretici ve tüketicilerin konuştuğu ortak dillerden biri kalitedir. Ekonomideki gelişmeler ve küreselleşme sonucu artan rekabet işletmelerin yurt içi ve yurt dışında pazar bulma çabalarını hızlandırmıştır. Günümüzde işletmeler arasında yaşanan katı rekabet şartları, üreticileri minimum maliyetle yüksek kalitede ürün üretmeye zorlamaktadır. Üretimdeki temel amaç satılabilir nitelikteki kaliteli ürünler olduğundan ürün kalitesinin tüketicinin kararını etkilemede giderek önem kazandığı söylenmektedir.

Ürün kalitesinde sürekli iyileştirmeyi hedefleyen işletmeler tüketicilerin beklentilerini, isteklerini, tepkilerini, tatmin derecelerini dikkate alarak daha iyi bir ürün veya hizmetin sunulmasını sağlamaya başlamıştır. Böyle bir işletmede üretilen ürünün ne kadarının uygun veya kullanışlı olduğu önem kazanmaktadır. Ürünlerin kalite düzeylerinin araştırılması ve kalite değişimlerinin belirlenmesi için istatistiksel kalite kontrol (İKK) tekniklerinden yararlanır. İKK tekniklerinden en etkili ve en yaygın olanlarından biri kontrol grafikleridir. Kontrol grafikleri proseste meydana gelen ve kaliteyi etkileyen özel nedenleri genel nedenlerden ayırabilmektedir. Bunlar değişkenliğin azaltılmasında, verimliliğin geliştirilmesinde ve hatalı birimlerin üretilmesinin engellenmesinde etkin bir biçimde kullanılır.

Kontrol grafiği üzerine işaretlenen noktaların kontrol sınırlarının içinde yer alması durumunda prosesin istatistiksel olarak kontrol altında olduğu söylenir. Bu durumda prosesin sadece genel nedenlerin etkisinde çalıştığı ve herhangi bir önleme gerek olmadığı söylenebilir. Bir veya daha fazla noktanın kontrol sınırlarının dışında olması durumunda prosesin istatistiksel olarak kontrol dışında olduğu söylenir. Bu durumda prosesin özel nedenlerin etkisinde çalıştığı ve bu nedenlerin kaldırılmasına yönelik önlem alınması gerektiği söylenebilir.

Tezin ilk bölümünde kalite, ikinci bölümde kalite kontrol, üçüncü bölümde istatistiksel kalite kontrol, dördüncü bölümde kalite kontrol grafikleri özellikle de Shewhart kontrol grafikleri ve proses yeterliliği anlatılmıştır. Uygulama aşamasında ise Muğla ilinde faaliyet gösteren bir zeytinyağı işletmesinin 2004-2005 yılına ait günlük ve saatlik veriler kullanılarak \bar{X} -s kontrol grafiği yardımıyla üretilen zeytinyağların asit başına fire oranı özelliği açısından kaliteli olup olmadığı incelenmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Kalite

Üretim insan gereksinimlerinin doğa tarafından tam olarak karşılanamaması sonucu ortaya çıkan bir faaliyettir. Amacı bir ürün veya hizmet yaratmaktır. Üretim sonunda ortaya çıkan ürün veya hizmetin amaçlanan gereksinimi karşılama kalitesi eskiden beri önemli bir konu olmuştur. Özellikle son yıllarda kalite tercih nedeni olmaya başlamıştır. Hem üreticiyi hem de tüketiciyi ilgilendiren kalitenin çeşitli tanımları mevcuttur.

Kalite latince "qualitas" demektir ve nasıl oluştuğu anlamına gelen "qualis" sözcüğünden gelir. Bir nesnenin kalitesi onun doğasındadır ve başka bir nesneye dönüştürülmeden kalitesi değiştirilemez. Kalite zaman içinde değişen koşullara uygun olarak şekil değiştirir. Bu nedenle kalitenin tanımı çeşitli değişimlere uğramıştır. Önceleri standartlara uygunluk olarak bilinen kalite zamanla müşterilerin isteklerine uygunluk olarak ifade edilmiştir. Topluma hizmet etmek, varlığını sürdürmek ve uzun dönemde kar etmek isteyen işletmeler hedeflerine ulaşmak için artık tüketicinin istediği ölçüleri ön planda tutmuşlardır. Böylece kalite tüketicinin istekleri ve üreticilerin amaçlarına uygun bir denge ögesi olmuştur. Hızla gelişen dünyamızda ülkeler ve işletmeler arası rekabetin giderek yoğunlaştığı günümüzde kalite işletmelerin öncelikli unsurlarından biri haline gelmiştir (Kurt, 1996).

Kalite mutlak anlamda en iyi demek değildir. Yani kalite ürünün fonksiyonuna veya hizmet ettiği amaca göre bir anlam taşımaktadır. Ayrıca kalite tüketicinin karakteristik özelliği, sosyal konumu ve ekonomik durumuna bağlı olarak değişebilen farklı gereksinim ve beklentiler doğrultusunda şekillenebilen subjektif bir kavram olduğu gibi deneye dayalı objektif bir kavram olduğu da söylenir. Kaliteyi öncelikle müşteriler belirler. Burada amaç malı kullanacak kişinin ihtiyacına ve ekonomik durumuna göre tespit edilir (Bircan; Özcan, 2003).

Birçok kişiye göre kalite pahalı, lüks, az bulunur anlamlardadır. Bazılarına göre ise kalite ihtiyaca yeterli biçimde cevap verendir. Örneğin; ucuz bir ayakkabı kullanan kişinin ihtiyacını karşılıyorsa kalitelidir.

K.Ishikawa'ya göre kalite, ürünün veya hizmetin tüketiciyi tatmin etmek için sahip olduğu özelliklerdir. Kalitenin ekonomik yönü tüketicilerin talebine göre ayarlanmış ve ürün için ödenen ücret ile kullanım süresi arasındaki oran ürünün

kalitesini vermiştir. Kalitenin tanımları incelendiğinde hepsinde ortak olan ürünün tüketici ihtiyaçlarını karşılaması ve ekonomik düzeyde olmasıdır (Özdemir, 2000).

Feigenbaum'a göre kalite, tüketici gereksinmelerini en ekonomik düzeyde karşılamayı amaçlayan pazarlama, mühendislik, üretim ve kalite özelliklerinin birleşimidir. Kalite işletmenin bütün bölümlerinin (tasarım, mühendislik, üretim yerleşimi, kalite planlama spesifikasyonu, standartlar vb.) planlı ve birbirine bağlı çalışmaları ile oluşur (Gözlü, 1990; Ishikawa, 1977).

Herkesin beklentileri farklı olduğundan kalitenin birçok boyutu vardır. Bundan dolayı herkesin ortak kullanabileceği bir kalite tanımı yapmak olanaksızdır. Kalitenin yaygın kullanılan birçok tanımı vardır:

- Ürün ya da hizmetin ihtiyaçlarını karşılayan özelliklerin toplamıdır (International Organization for Standardization-ISO 9005).
- Ürünü ekonomik yoldan üreten ve tüketici isteklerine cevap veren bir üretim sistemidir (Japon Sanayi Standartları Komitesi-JIS).
- Şartlara uygunluktur (P.B.Crosby).
- Kullanıma uygunluktur (J.M.Juran).
- Gelişen teknolojiye ayak uydurmaktır.
- Belirlediği hedefe ulaşmaktır. Maksimum ve minimumu yakalamak değildir.
- Kalite kusursuzluk arayışına sistemli bir yaklaşımdır (Özdemir, 2000).
- Kalite önlemdir: Sorunlar ortaya çıkmadan önce çözümlerini oluşturur, ürünün yapısına tasarım yoluyla üstünlük ve kusursuzluk katar.
- Kalite müşterilerin tatminidir: Ürün ve hizmetlerin ne kadar iyi olduğu konusunda son kararın verildiği memnuniyettir.
- Kalite verimliliklidir: İşlerini yapabilmek için gerekli eğitimden geçen, ihtiyaç duyduğu araç ve talimatlarla desteklenen personelden elde edilir.
- Kalite esnekliktir: Talepleri karşılamak için değişmeyi göze almak ve bu konuda istekli olmaktır.
- Kalite etkili olmaktır: İşleri çabuk ve her defasında doğru yapmaktır.
- Kalite yatırımdır: Uzun dönemde bir işi ilk defada doğru yapmak, hatayı sonradan düzeltmekten daha ucuzdur (Baskan, 1997).
- Kalite ürünün müşteriye ulaştıktan sonra toplumda meydana getirdiği en az zarardır (G. Taguchi).

- Kalite kabul edilebilir maliyette, değişkenliğin kontrolünü sağlayarak elde edilen mükemmelliğin derecesidir (Gümüşoğlu, 2000).
- Kalite rekabet gücünün yükseltilmesidir.
- Kalite israfın olmasını engelleyerek ürün maliyetinin azaltılmasıdır.

Kaliteyi "gerçek kalite" ve "algılanan kalite" şeklinde incelemek mümkündür.

Bir ürün veya hizmeti sunan işletmenin sarf ettiği çaba ve katlandığı masraflar onun spesifikasyonlarına ulaşıyorsa elde edilen kalite gerçek kalitedir. Algılanan kalite subjektif bir kavramdır. Bir mal veya hizmetin müşterilerin beklentilerini karşıladığı zaman algılanan kaliteye ulaşılmış olur. Kalitenin iyileştirilmesi için her iki kalite kavramına önem verilmesi gerekir. Bu iki kalite kavramı arasındaki ilişkiyi göstermek için şöyle bir örnek verebiliriz. Akşam yemeği için annenin çocuğuna yoğurtlu ıspanak yaptığını farz edelim. Anne yemeği yaparken en iyi malzemeleri kullanmış olsun. Böyle yapılan yemek gerçek kalitedir. Çocuğun yemeğe bakış açısı ise algılanan kaliteyi yansıtır. Bu iki kavram arasındaki ilişki çok yönlüdür ve algılanan kalite gerçek kaliteye eşit olmalıdır (Bircan; Özcan, 2003).

İşletmelerin yaşamlarını uzun süre sürdürmeleri için ürettikleri ürün ve hizmetlerle müşterilerini sürekli olarak tatmin etmesi gerekir. Özellikle dış pazarlarda pazara girip rekabet edebilmenin koşulu düşük maliyetli kaliteli ürün üretebilmektir. Düşük maliyetin koşulu ise verimli ürün üretmektir. Bu kavramlar birbirinin tamamlayıcısı aynı zamanda ülke ekonomisinin ve kalkınmasının vazgeçilmez unsurlarıdır (Doğan, 1991).

2.1.1. Kalitenin Boyutları

Müşterilerin istek ve gereksinimleri zamanla çok değişmiştir. Kalitenin birçok boyutu vardır ama standart kalite boyutları vardır. Kalitenin sekiz unsuru birincil boyut, dört unsuru da ikincil boyut olarak kabul edilmiştir.

2.1.1.1. Birincil Boyutlar

Performans: Üründe bulunması gereken birinci derecede önemlilik arz eden özelliktir. Ürünün kendisinden beklenen görevi ne derece yerine getirdiğinin bir ölçüsüdür. Bu özellik her ürün ve hizmette farklı etkinliğe sahiptir. Örneğin bir otomobilin performansı hızlanma, savrulma, fren güvenliği vb. özellikler iken bir televizyon için renk, görüntü ve ses ayarı vb. özellikler olabilir.

Tamamlayıcı Unsurlar: Üründe çekiciliği sağlayan özelliktir. Bunlar ürünün temel fonksiyonlarını tamamlayan faktörlerdir.

Güvenilirlik: Kullanım ömrü içindeki performans sürekliliğidir.

Uygunluk: Ürünün daha önce satın alma sözleşmesinde tespit edilmiş standartlara, spesifikasyonlara ve şartnamelere uygun üretilmesidir. Kalitenin teknik boyutu hakkında müşteriye bilgi verir.

Dayanıklılık: Ürünün fiziksel olarak kullanım ömrünün uzunluğudur.

Hizmet Görürlük: Ürün hakkında üretici firmanın satış sonrası ilişkileridir. Problem ve şikâyetlerin kolay çözülmesidir. Müşteri memnuniyeti açısından satış sonrası hizmetler, servis ve bakım son derece önemlidir.

Estetik: Müşterilerin kişisel özellik ve zevklerine hitap eden ürün karakteristikleridir. Duyulara seslenebilme özelliğidir. Renk, ambalaj, şekil vb. özellikler ürünün performansını doğrudan olarak etkilemez ama tüketicinin iç dünyasını etkiler.

İtibar: Ürün ya da işletmenin geçmiş performansıdır. Yani müşteriler ürünle ilgili bilgileri elde edemezlerse karar vermek için ürünün imajını dikkate alırlar. Kalitenin birincil boyutları Tablo 2.1'de üretim ve hizmet işletmesi üzerinde gösterilmektedir.

Tablo 2.1. Mal ve Hizmet Kalitesinde Birincil Boyutlar (Bircan; Özcan, 2003)

Birincil Boyut	Ürün Örneği	Hizmet Örneği
	Otomobil	Otel
Performans	Özel yakıt tüketimi	Odaların temizliği
Tamamlayıcı Unsurlar	Merkezi kilitleme	Animasyon imkânları
Uygunluk	TCK uyumlu dingil açıklığı	Banyo imdat zili
Güvenilirlik	Arızalanmadan geçen zaman	Performansın devamlılığı
Dayanıklılık	Normal bakımla sağlanan ömür	Hizmetin devamlılığı
Hizmet Görürlük	Bakım ve yedek parça kolaylığı	Hizmet dışı takip etme
Estetik	Seçilen renklerin çizgilerle uyumu	Personelin disiplin ve tutumu
İtibar	Tüketicide şirket imajı ve ürünün geçiş performansı	

2.1.1.2. İkincil Boyutlar

Fiyat: Tüketici davranışlarını önemli ölçüde etkileyen unsurlardan biridir. Fiyat kalitenin ölçülebilir unsuru olarak tüm diğer unsurlar karşısında karşılaştırma imkânı sağlayan en önemli bir ölçüdür.

Emniyet: Ürünün kullanımına ilişkin insan sağlığına zarar verme ölçüsüdür.

Kolay Bulunabilirlik: Ürünün ihtiyaç anında bulunmasıdır. Ürünün kalitesiyle doğrudan ilgisi yoktur, işletme ve ürün itibarının korunması için önemlidir.

Kullanım Kolaylığı: Ürünün çok fonksiyonlu ve karmaşık olması, kullanım kılavuzunun uzun olması ve kullanıcı seviyesinin üstünde olması durumunda müşteri kullanımı daha kolay ürünü tercih eder (Bircan; Özcan, 2003).

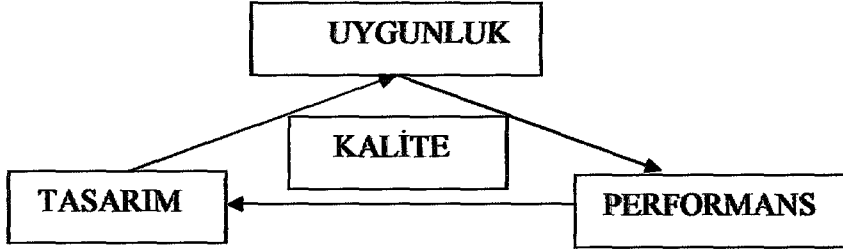
2.1.2. Kaliteyi Etkileyen Etmenler

Kalite kontrolü üretim endüstrilerinden süper market, posta hizmetleri, hastaneler ve otel gibi hizmet endüstrilerine kadar pek çok alanda uygulanmaktadır. Her yaklaşımın ayrıntıları endüstri ve işletmelere göre farklıdır ama temel ilkeleri aynıdır. Ürün kalitesi genel olarak aşağıdaki etmenler tarafından etkilenmektedir:

- Pazar ve Tüketici özellikleri: Tüketici istekleri ve ihtiyaçları dikkatlice analiz edilerek yeni ürünler piyasaya sunulmaktadır. Rekabet ortamında müşteriyi kim daha çok mutlu ederse o kazanır.
- Finansal olanaklar: Rekabet edebilmek için parasal olanaklar yeterli olmalıdır.
- Yönetim: Kalite ile ilgili sorumluluk çeşitli uzman gruplar arasında dağıtılır. Bunlar arasında uyumun sağlanması yönetime düşmektedir.
- Bilgi: Kim daha çok bilgiye sahip olur ve bilgisini kullanabilirse rekabet ortamında ayakta kalır.
- İnsan: Her çalışanın kalite için katkıda bulunması için eğitilmesi ve kalite bilinci ile yönlendirilmesi zorunlu hale getirilmiştir.
- Teknoloji: Verimliliğin artırılması, maliyetlerin düşürülmesi ve rekabet edecek kaliteli ürünlerin üretilmesi için teknolojinin zamanında yenilenmesi gerekir.
- Malzeme: Üretim maliyetleri ve kalite gereksinimleri için daha fazla özen gösterilmelidir. Böylece kalitesiz mal üretme maliyeti azaltılır.
- Makine ve Teçhizat: İstenen kalite düzeyinin sağlanması için temel koşul modern makine ve teçhizatın kullanılmasıdır. Böylece üretim maliyeti azaltılır.
- Modern Bilişim Yöntemleri: Teknolojideki hızlı gelişmeler sayesinde üretim sırasında ve sonrasında kalitenin sağlanmasında büyük olanaklar sağlamaktadır.
- Kültürel yapı: Çalışanların kültür yapısı, örf, adet ve gelenekleri kalitenin yaratılmasında önemli bir etkidir.
- Ülkenin yasaları: Tüketicinin korunması ve standartlaştırma konusunda çıkarılan yasalar ürün kalitesini önemli bir şekilde etkilemiştir (Gözlü, 1990).

2.1.3. Kaliteyi Oluşturan Unsurlar

Bir ürünün herhangi bir kalite karakteristiğinin gerçekleşmesinde pek çok faktörün göz önüne alınması gerekir. Kaliteli ürün Şekil 2.1'deki gibi tasarım, uygunluk ve performans girdileri ile bu aşamalardaki çalışmaların sonucunda oluşur.

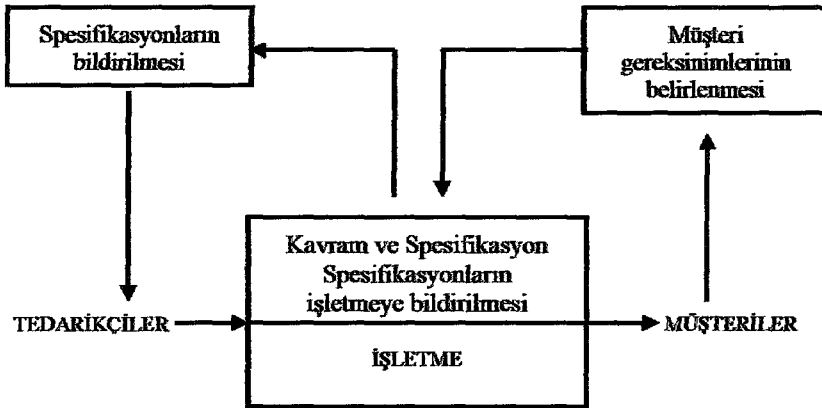


Şekil 2.1. Kalite Döngüsü

2.1.3.1. Tasarım Kalitesi

Tasarım kalitesi üretim öncesi oluşturulan kalitedir. Müşterilerin beklentilerinin karşılanabilmesi için ürünün hangi parçalardan oluşacağını ve hangi spesifikasyonları taşıyacağını belirlenmesidir. Boyut, ağırlık, hacim ve dayanıklılık gibi fiziksel nitelikler ile koku ve görünüş gibi estetik özellikler bir ürünün tasarım kalitesini belirlemektedir. Örneğin bir ayakkabının kösele ya da kauçuk tabanlı olması bir tasarım meselesidir. Bir ürünün pazarda kolayca tutunabilmesi; rekabet edebilmesi; tüketiciyi en üst düzeyde tatmin edebilmesi ve en yüksek karın elde edilmesi için ön koşullardan biri Şekil 2.2'de gösterilen tasarım kalitesidir.

Ürünün kalitesinin tasarlanmasında tüketici istekleri, işletme ve satış politikaları, teknolojik olanaklar, rekabet durumu, ürünün kullanış amacı, fiyatı gibi etmenler etkili olmaktadır. Tasarım kalitesini pazarlama bölümü yardımıyla AR-GE ve mühendislik bölümleri geliştirir (Gitlow; Oppenheim& Oppenheim, 1995).



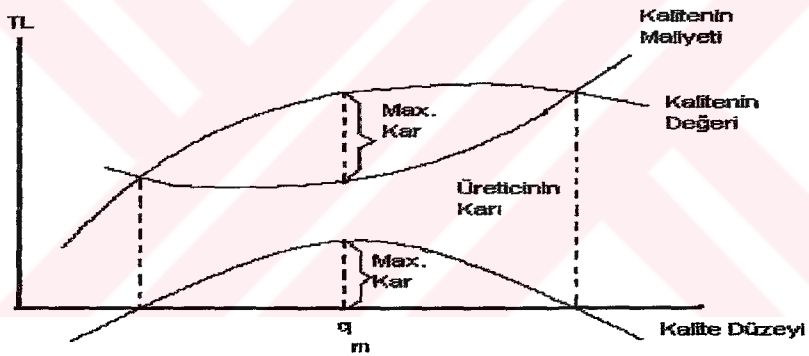
Şekil 2.2. Tasarım Kalitesi (Ishikawa, 1977)

Tasarım kalitesi ile ilgili 2 önemli nokta vardır:

- **Zorunlu Karakteristikler:** Tüketici beklenti ve gereksinimlerine göre üründe olması zorunlu olan karakteristiklerdir. Yoksa piyasada rekabet şansı yoktur.
- **Hedeflenen Kalite Düzeyi:** Üreticinin belirlediği hedef değerlerdir ancak tüketici merkezli olarak ulaşılabilecek hedefleri tanımlar.

Tasarımda kalite çalışmalarının amacı ürün veya hizmet tasarımı için sürekli bir şekilde müşteri araştırmalarını, satış veya hizmet analizlerini sürdürmektir. Tasarım kalitesi tasarımcının kişisel bilgi ve kabiliyetleri ile doğrudan bağlantılıdır (Bircan; Özcan, 2003).

Bir ürün için en uygun tasarım kalitesinin saptanması Şekil 2.3'de gösterilen kalitenin tüketici açısından değeri ile üreticiye olan maliyeti arasında optimum noktanın (q_m) bulunmasıdır. Bu nokta tüketicilerin kalite için belirlemiş oldukları değer ile kalitenin maliyeti arasındaki olumlu farkın (üretici açısından karın) maksimum olduğu kalite düzeyidir (Baskan, 1997).

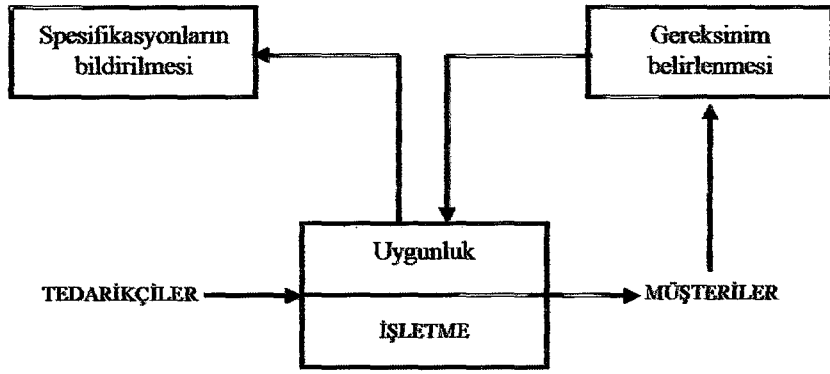


Şekil 2.3. Tasarım Kalitesinde Optimum Noktanın Saptanması (Gözlü, 1990)

Tasarım kalitesinin saptanmasında ikinci faktör olan kalitenin maliyeti ile kalite ters yönlü ilişki içindedir. Kalite düzeyi yükseldikçe maliyetler önce yavaş sonra büyük bir hızla artar. Örneğin elektriği en iyi ileten madde altındır. Buna göre elektrikle çalışan aracın bazı parçalarının altından yapılması "en iyi" kalite düzeyine erişildiğini gösterir. Ama üretilen malların maliyetleri çok pahalı olacaktır. Bu yüzden tasarım kalitesinde alınan kararlar ekonomik olmalıdır (Baskan, 1997).

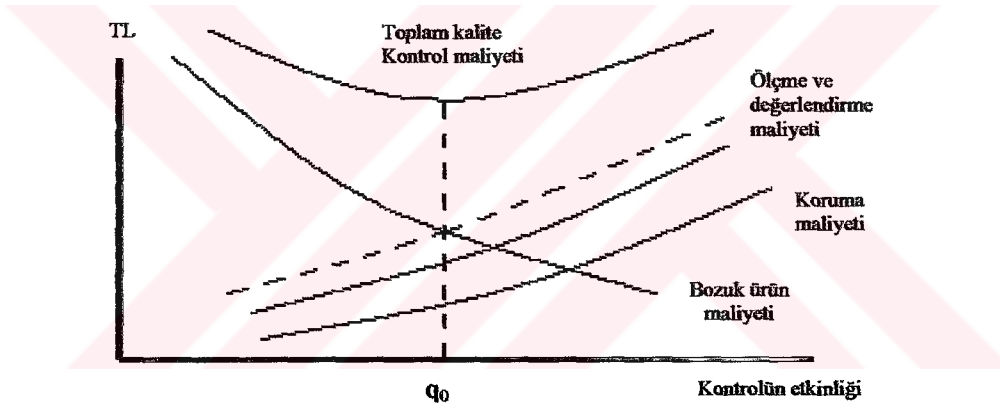
2.1.3.2. Uygunluk Kalitesi

Ürünün tasarım kalitesi ile belirlenen spesifikasyonlara uygunluğudur. Örneğin kauçuk tabanlı ayakkabı yağmurda su geçirmiyorsa uygunluk kalitesi "mükemmel" aksi takdirde uygunluk kalitesi "düşük" demektir (Özdemir, 2000).



Şekil 2.4. Uygunluk Kalitesi (Ishikawa, 1977)

Şekil 2.4'de gösterilen uygunluk kalitesi teknik dokümanlarda belirlenen özelliklere göre üretilmiş ürünün gerçek kalite karakteristiklerine olan uygunluğunu gösterir. Bu aşamada çeşitli maliyetler (koruma, bozuk ürün, ölçme ve değerlendirme) dengelenir.



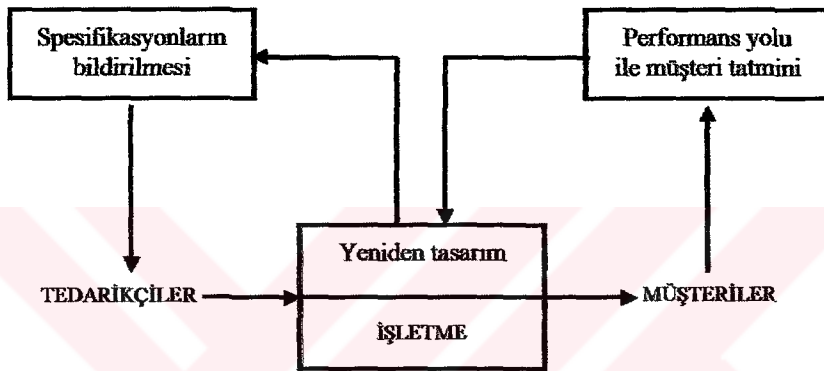
Şekil 2.5. Uygunluk Kalitesinin Dengelenmesi

Şekil 2.5'deki q_0 noktası farklı maliyetlerin dengelenmesi sonucunda oluşan minimum toplam kalite kontrol maliyetlerini göstermektedir. Uygunluk kalitesinde iki temel kavram kullanılır: Nominal (Hedef) değer tasarımcının ürünle ilgili belirlediği kesin değerlerdir. Tolerans ise hedef değerden müsaade edilen sapma sınırlarını ifade eder ve tasarım sırasında belirlenir. Uygunluk kalitesi üretim bölümünün sorumluluğundadır. Üretim bölümü prosesleri kontrol altında tutarak ve devamlı geliştirerek en uygun şartları sağlar (Gözlü, 1990).

Uygunluk kalitesinin kontrolü ham ve yardımcı maddelerin sağlanmasından, üretilen malın ambalajlanıp depolanmasına kadar geçen tüm aşamaları kapsar ve istatistiksel yöntemlerin en yaygın biçimde kullanıldığı bir alandır (Baskan, 1997).

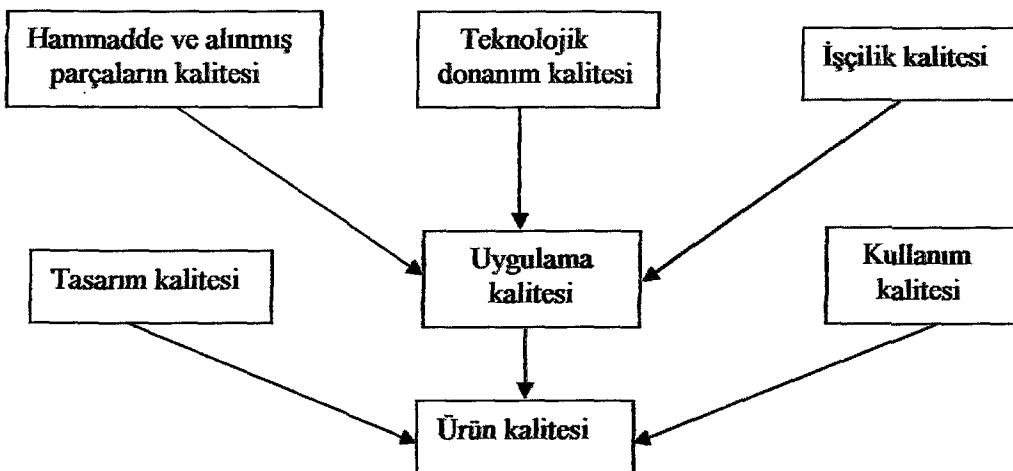
2.1.3.3. Performans Kalitesi

Performans kalitesi üretim sonrası oluşturulan kalitedir. Şekil 2.6'da gösterilen performans kalitesi işletme ürünlerinin pazardaki performans düzeylerinin müşteri araştırmaları ve satış analizleri ile belirlenmesidir. Kullanım süresi içinde servis olanakları, bakım, yedek parça vb. etmenler performans kalitesinin konularıdır. Ürünün güvenilirliği, servis hizmetleri ile ilgili standartlara uygunluğunu ölçen bir kavramdır. Üretici ürün kalitesini etkileyen tüm faktörleri dikkatle incelemek, olumsuzlukları düzeltmek, iyileştirmek ve geliştirmek zorundadır (Gitlow; Oppenheim& Oppenheim, 1995).



Şekil 2.6. Performans Kalitesi (Ishikawa, 1977)

Performans kalitesinden elde edilen bilgiler daha sonra tasarım ve uygunluk kalitesi aşamasına bildirilir (Ishikawa, 1977). Ürünün kalitesini oluşturan öğeler Şekil 2.7'de verilmiştir.



Şekil 2.7. Kalitenin Oluşumu (Baskan, 1997)

Performans kalitesi bir pazar bölümünde pazar payını ve ürünün başarısını belirler. Performans kalitesi çalışmalarında kalite kaybı iki kaynaktan kaynaklanabilir:

- Ürün karakteristiklerinin pazarın gereksinimlerinden farklı bir şekilde üretildiği proseslerde olur. Bu kayıp pazar sayısının artırılması ve ürünün müşteri gereksinimini karşılayacak şekilde düzeltilmesi ile önlenir.
- Kalite karakteristikleri tek düze olmayan (değişimin çok fazla olduğu) ürünleri üreten proseslerde ortaya çıkar.

Performans kalitesini etkileyen ambalajlama, taşıma, kurma ve bakım-onarım gibi işlemler ürünün kalite özelliklerine uygunluğunu gösterir. Performans kalitesinin yetersizliği düşük kaliteli ürünün ortaya çıkmasına sebep olur (Bircan; Özcan, 2003).

2.1.4. Kalitenin Tarihsel Gelişimi

Kalite gelişiminin en önemli aşamaları ABD ve Japonya da yaşanmıştır. BELL telefon şirketi araştırmacılarından Dr.W.A.Shewhart 6 Mayıs 1924'te ilk modern kontrol grafiğini çizdi ve ilk olasılık çizelgesini ortaya koyarak istatistiksel kalite kontrolün temellerini attı. Bunun üzerine işletmeler ürünü kontrol etmektense ürünü üreten sistemi ya da prosesi kontrol eder duruma geldiler. Shewhart istatistik metotlarını ve olasılık teorisini kalite kontrolüne kontrol grafikleri şeklinde uygulamıştır. Shewhart'ın en önemli katkısı prosesteki değişkenliği bilimsel olarak ifade edebilmesidir. Kontrol grafikleri ve istatistik örnekleme muayene metotları modern kalite kontrol dönemini başlatmıştır. Shewhart tarafından temelleri atılan kalite kontrol metodu H.F.Dodge ve H.G.Roming tarafından hazırlanan ve Dodge-Roming örnekleme muayene tabloları sayesinde oldukça geniş bir alanda uygulama şansı bulmuştur (Bircan; Özcan, 2003; Özdemir, 2000).

II.Dünya savaşı sonrası en önemli gelişme Japonya'da yaşanmıştır. İstatistiksel kalite kontrolü Japonya'nın II. Dünya savaşında yenilmesi ve ABD işgal kuvvetlerinin karşılaştığı Japon telekomünikasyon sisteminin yetersizliğini giderme çalışmaları ile ortaya çıkmıştır. Japonların kalite kontrolü bütünüyle muayeneye dayanıyordu ve her ürün sıkı biçimde denetlenemiyordu. Ucuz ve kalitesiz üretim yapıldığından Japonlar maliyet ve fiyat ile rekabet edemiyorlardı (Özdemir, 2000).

Mayıs 1946'da Japonya'da istatistiksel kalite kontrol çalışmaları başladı. İlk etapta telekomünikasyon sisteminin yetersizliğini gidermek için Deming ve Juran davet edildi. Bu uzmanlar görüşlerini Japon iş adamlarına aktarma fırsatı buldular. İş

adamlarının amacı savaş sonrası Japonya'yı yeniden kurmak, dış pazara girmek ve ürünlerin kalitesini iyileştirmektir. İş adamları Deming'in öğretilerini uyguladılar. Japon kalitesinin verimliliği, rekabet gücü sürekli olarak iyileşti ve güçlendi. Birçok eski yönetici işten çıkarıldı yerine üretim ve pazarlama konusunda uzman, işletmenin içinden gelen insanlar getirildi. Deming'in müşterileri arasında demiryolları, telefon şirketleri, hastaneler, devlet kuruluşları vardır (Ishikawa, 1977; Özdemir, 2000).

Kalitenin 19. Yüzyıldan Günümüze kadar gelişimi şu şekilde özetlenir:

- 1900 F. TAYLOR Üretim ile planlamanın birbirinden ayrılması, endüstri devriminin başlangıcı
- 1907 H. FORD Hareketli üretim bandının uygulanması ile seri üretim (Böylece hatasız montaj, kontrol ve proses denetimi kavramlarını geliştirdi.)
- 1924 W. SHEWHART İlk kontrol diyagramını kullanmaya başladı (ABD)
- 1931 W. SHEWHART İstatistiksel Kalite Kontrol (ABD)
- 1935 İngiliz Standartları 600 kullanılmaya başlandı
- 1937 E. PEARSON Endüstriyel Standartlar ve Kalite kontrol
- 1945 Japon Standartları Birliği kuruldu
- 1946 Amerikan Kalite kontrol Kurumu kuruldu
- 1946 Japon Bilim Adamları ve Mühendisleri Birliği (JUSE) kuruldu
- 1950 A. FEİGENBAUM Kalite Maliyetleri (ABD)
- 1950 E. DEMİNG Seminerleri (Japonya)
- 1951 JUSE tarafından ilk Deming Kalite Ödülü verildi
- 1952 JUSE tarafından Kalite Kontrol Dergisinin çıkışı (Japonya)
- 1954 JUSE tarafından J. JURAN Japonya'ya davet edildi
- 1957 A. FEİGENBAUM TTK ile ilgili ilk makalesi yayınladı (ABD)
- 1960 G. TAGUCHİ İstatistiksel Deney Tasarımı (Japonya)
- 1961 P.CROSBY Amerika'da Sıfır Hata Programları tanıtıldı
- 1961 K. İSHİKAWA Formenler için Kalite Kontrol Dergisi (Japonya)
- 1962 K. İSHİKAWA Kalite Kontrol Çemberleri kavramı tanıtıldı (Japonya)
- 1969 KOBE STEEL Kalite İşlevinin Yayılması (Japonya)
- 1970 G. TAGUCHİ Kalite Kaybı Fonksiyonu (Japonya)
- 1970 S. SHİNGO Poka-Yoka (Hata Önleme Yaklaşımı) (Japonya)

- 1976 T. OHNO Tam Zamanında Üretim Sistemi (Japonya)
- 1980 G. TAGUCHI Robust Design (Sağlam ve Ucuz Tasarım) (Japonya)
- 1990 Dünya da ISO9000 sertifikaları büyük ilgi gördü
- 1990'dan Günümüze Yaratılan Kalite (Gümüsoğlu, 2000; Özdemir, 2000)

2.1.4.1. Kalitenin Türkiye'deki Gelişimi

Osmanlılarda kalitenin korunmasına "Loncaların" çok önemli katkısı olmuştur. 1502'de Osmanlı Sultanı II. Beyazıt tarafından çıkarılan "Kanunname-i ihtisab-ı Bursa" yasasında satılan malların belirli bir kalite özelliklerini taşıması gerektiği belirtilmiştir (Bircan; Özcan, 2003).

Türkiye'de kaliteye duyulan ilgi serbest ekonomiye geçiş ile artmaya başlamıştır. Büyük sanayi kuruluşları yabancı kuruluşlarla yaptıkları ortaklıklar sonucu yabancı ürünleri tanıdıkça Türkiye'deki yerli ürünlerde de kaliteli üretimi istemeye başlamışlardır. Bu sanayi sektörünün insan kaynakları ve eğitime daha fazla önem vermesine, bu alanda uzun vadeli yatırımlar yapılmasına neden olmuştur.

Yıllar boyunca sadece iç pazara yönelik üretim gerçekleştiren ve pazar kaygıları olmadığı için kendilerini yenileme ihtiyacı duymayan Türk şirketleri 1996 yılında Gümrük Birliğine giriş konusu gündeme gelince telaşa kapılmışlardır. Çünkü bu gelişme o güne kadar yurt içinde geçerli olan rekabeti uluslararası alana taşımıştır. Artık müşteri ihtiyaçlarını ön planda tutan, kendini sürekli olarak yenileyen, verimli ve ekonomik üretimi gerçekleştiren şirketler hayatta kalabileceklerdi. Bunun için tek çıkar yol işletmelerin kaliteyi bir yaşam tarzı haline getirmesidir.

Türkiye'nin 1980 yıllarının dar boğazında dışarıya yönelmesi ile kalite kavramı önem kazanmıştır. ISO 9000 kalite standartlarının yürürlükte olmasına karşın beklenen düzeye gelinmemiştir. 1990 yılında bir grup genç işadammının çabaları ile ülkemizin önde gelen kuruluşlar tarafından KALDER (Kalite Derneği) kurulmuştur. Gümrük Birliğine giriş sürecinin başlaması ile KALDER ve birçok danışmanlık şirketi büyük, orta ve küçük ölçekli işletmeleri kalite konusunda bilgilendirmiştir (Aslan, 2003; Sağlı, 2003).

2.2. Kalite Kontrol

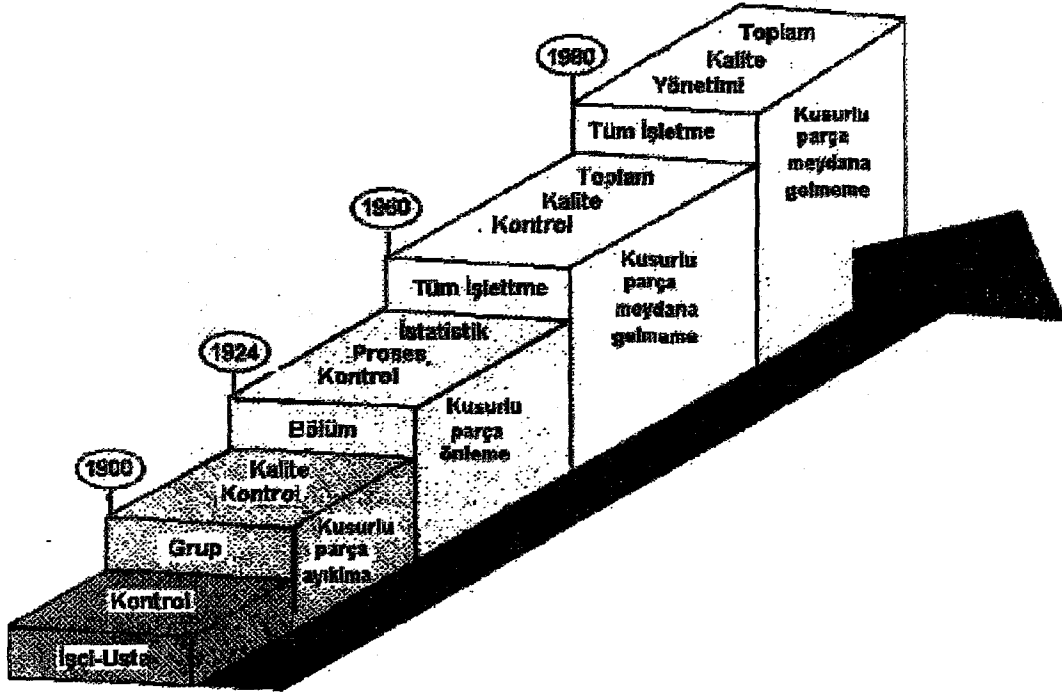
İlk kalite kontrol (KK) terimi 1917'de kullanılmıştır. Üretim işleminin normal koşullar altında yürütülmesini sağlamada çok önemli rol oynayan, bir aksaklık sonucu üretimin kontrol dışına çıkması halinde bu durumu hemen göz önüne seren ve gerekli tedbirlerin zamanında alınmasına sağlayan bir metottur. Bu aksaklık sistematik ve tesadüfi sebeplerin sonucudur (Aslan, 2003).

İshikawa'ya göre; KK en ekonomik, en kullanışlı ve tüketiciyi her zaman memnun eden bir ürün geliştirmek, tasarlamak, üretmek ve bakımını yapmak demektir. Feigenbaum'a göre; Tüketici isteklerini en ekonomik düzeyde karşılamak ve tatmin sağlamak amacıyla işletme içindeki bölümlerin kalitenin yaratılmasına, korunmasına ve geliştirilmesine yönelik çabalarının bütünleştirilmesini sağlayan etkili bir sistemdir (Özdemir, 2000).

KK faaliyetleri en iyi kalite için değil en ekonomik kalite için yapılır. Bir işletme organizasyonunda KK müşteriyi her bakımdan tam olarak tatmin edecek üretimi sağlamak için yapılır. Ürün üretim safhasında iken kalitenin standartları göz önünde bulundurulur ve gerekli tedbirlerin zamanında alınması sağlanarak ürün kalitesinin standartların dışına çıkması engellenir. Genel müdürden, operatörlere kadar tüm personelin sorumluluk taşıdığı ve üretimin her aşamasında yer alan faaliyetler topluluğudur (Bircan; Özcan, 2003; Doğan, 1991).

KK ürünleri muayene ederek bunların yalnızca kullanabilirliğini tayin eder. Meydana gelen hataları önlemez, hataların meydana geldiği prosesi ve ilgili donanımı kontrol etmez. KK modern yönetimin gelişmiş matematiksel araçlarından biridir. II. Dünya savaşı sırasında bir karar verme aracı olarak geliştirilmiştir. İnsan deneyimlerine dayalı her problem sebep-sonuç ilişkilerine dayalı terimlerle ifade edilir. KK basit problemlere hızlı ve güvenilir çözümler getirir, karmaşık yapıdaki problemlere değişik seviyelerde çözüm için yol gösterir.

KK'nın tasarımı ve uygulanması için tüketici isteklerinin tespiti ve değerlendirilmesi, gerekli teknolojik olanakların sağlanması, işletme içinde olumlu ilişkilerin sürdürülmesi ve kalite ile ilgili kavramların tüm personel tarafından eksiksiz ve doğru anlaşılması gerekmektedir. Ürünlerin istenilen standartlara uyup uymadığı tespit edilir, uymayanlar bazı işlemler ile düzeltilir, düşük fiyatla satılır veya imha edilir (Baskan, 1997; Özdemir, 2000).



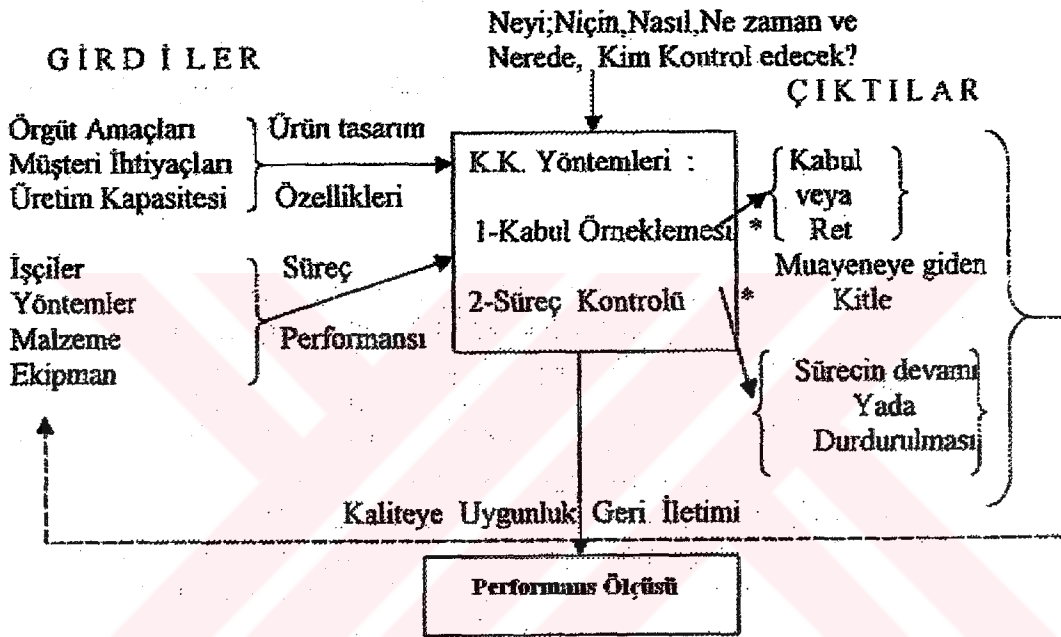
Şekil 2.8. Kalite Kontrol Faaliyetinin Gelişmesi (Akkurt, 2002)

KK uygulaması Şekil 2.8'de görüldüğü gibi 1900'lerde ürünün iyi ve kötü sınıflandırılması ile başlamıştır. 1930'larda üretim sırasında istatistiğin uygulanması başlamıştır. 1960'larda sadece üretim, muayene ve kalite kontrol bölümlerinin değil her bölümün kalite kontrolden sorumlu olduğu TKK (Toplam Kalite Kontrol) geliştirilmiştir. Her bölüm kendi alanındaki faaliyetler kadar kaliteden de sorumlu olmuştur. Ancak kaliteye yönelik tüm faaliyetleri planlayacak ve koordine edecek bir kalite kontrol bölümüne de ihtiyaç duyulmuştur. Japonların dünya piyasalarında kalite konusunda yüksek rekabet gücüne sahip olmalarının önemli nedeni, kaliteyi üretim prosesine yerleştirmeleri ve istatistiksel yöntemleri kullanmalarındır. Böylece zamanında uygun önlemleri almak kolay ve ekonomik açıdan faydalı olmaktadır.

Günümüzde ürün ve hizmetlerin kalitesi en küçük işletmelerden en büyük devlet kuruluşlarına kadar büyük önem taşımaktadır. Kar amacı taşıyan üretim, banka, ulaşım, turizm, sağlık vb. işletmelerde kalite işletmelerin öne çıkmasını ve piyasadaki rekabete karşı durmasını sağlar. Kar amacı taşımayan okullar, devlet, belediye daireleri vb. işletmelerde kalite önemli bir özellik haline gelmiştir. İşletmelerin KK faaliyetlerine önem vermelerinin nedeni Avrupa topluluğuna üye olan ülkelerin 31.12.1992'den itibaren ISO 9000 standartlarını yeterince yerine getirmeyen işletmelerle çalışmayacaklarını açıklamalarıdır (Baskan, 1997).

2.2.1. Kalite Kontrol Sistemi

Ürünün istenilen kalitede üretilmesi için belirlenen spesifikasyonlardan sapmaları izleyen bir prosestir. Üretimin ara aşamaları ile hammadde ve ürün üzerinde yapılır. Burada prosesin devam edip etmeyeceğine karar verilir, spesifikasyonlardan sapmaların nedenleri araştırılır. Ürün ve hammadde üzerinde yapılan kontrollerin istenilen kalite düzeyinde olup olmadığını saptamak için kullanılır. Elde edilen bilgilere göre alınan kararlar etkili ve güvenlidir ama hata yapma olanağı da vardır.



Şekil 2.9. Kalite Kontrol Sisteminin Genel Yapısı

KK sisteminin genel yapısı Şekil 2.9'da görüldüğü gibi girdiler, çıktılar ve kaliteye uygunluk geri iletiminden oluşur. Girdiler ürün özellikleri ile üretim prosesinin performansı, çıktılar ise KK yöntemlerinin uygulanma kararlarıdır. Ne, Nasıl, Nerede ve Ne zaman kontrol edilecek sorularının cevapları sistemin kontrol politikasını belirlemektedir.

Ne Kontrol Edilmeli: Bir ürün veya hizmetin çok sayıda özelliği olabilir. Bunlardan kalite kontrol açısından kritik olanlar kontrol sırasında öncelikle incelenmelidir (Lokanta için yemek kalitesi ortamdaki önce ele alınmalıdır).

Kontrol Nasıl Yapılmalı: Sistemde kontrol prosesini ilgilendiren iki etken vardır. Ölçüm tipi ve yöntemidir. Ölçüm yöntemi ölçümün niteliğine göre değişir.

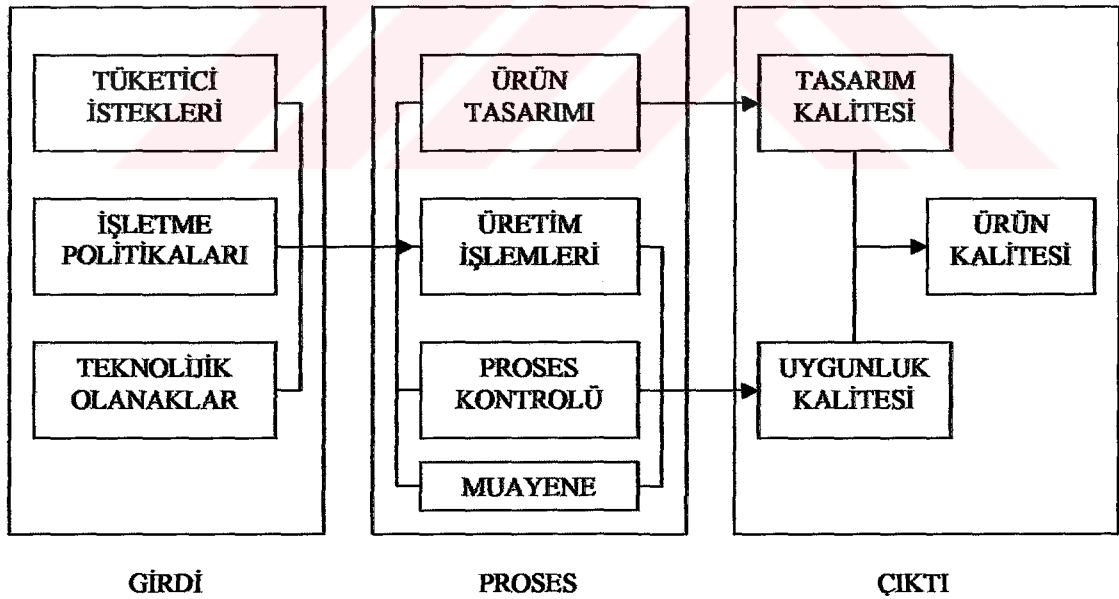
Kontrol Nerede Yapılmalı: Girdilerin çıktı haline dönüşmesi için gerekli işlemlerden önce, sonra ve işlemler sırasında çok geniş alanlarda yapılmalıdır.

Kontrol Ne Zaman Yapılmalı: Üretim prosesinin girdi ve çıktıları üzerinde proses işlerken yapılmalıdır.

Kontrol yöntemleri zaman ve ölçüm tipine göre farklılık gösterir. Kontrol proses sırasında yapılırsa Proses Kontrol Şemaları, girdiler ve çıktılar üzerinde yapılırsa Kabul Örnekleme Yöntemi kullanılır. Kabul örnekleme yönteminde alınan örnek üzerinden hesaplanan hatalı ürün oranına göre örneğin alındığı yığın hakkında karar verilir. Kontrol şemalarında ise üretimde hatalı ürün oranlarının kabul edilebilir sınırlar içerisinde olup olmadığı kontrol edilir (Bakır, 2001).

KK sisteminin içermesi gereken faktörler aşağıdadır:

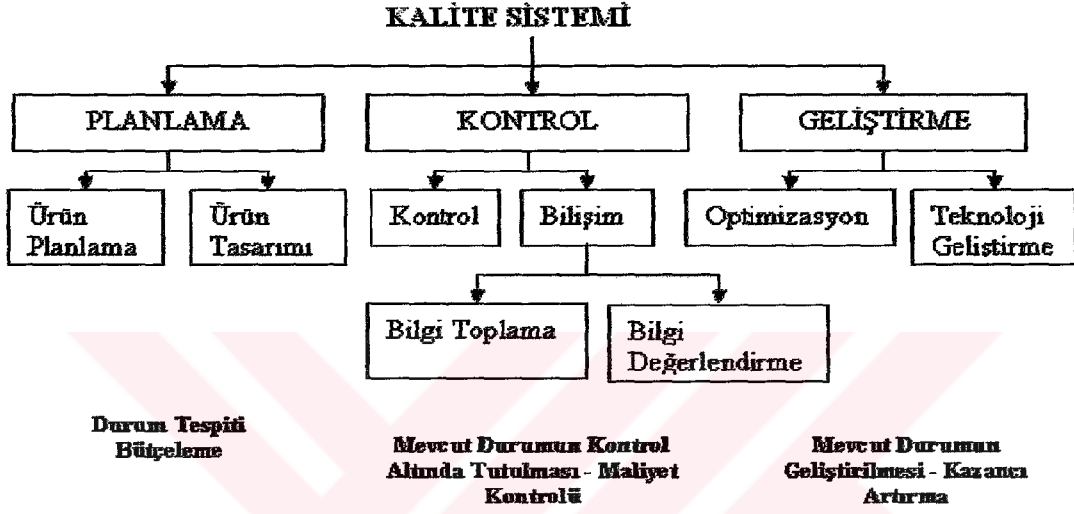
- İyi belirlenmiş bir amaç (örnek: kullanım için uygunluğun belirlenmesi)
- Amacın nitelenmesi (örnek: standart veya özellik)
- Amaca ulaşmak için iyi bir plan (insan, hammadde, makine vs. içermektedir)
- Plan-yönetim ilişkisinin kıyaslanması
- Geriye dönüşümlü bilgi sistemi



Şekil 2.10. Kalite Kontrol Sistemi (Baskan, 1997)

İşletmenin amacını en iyi şekilde gerçekleştirmesi için Şekil 2.10'daki gibi bir sistem olarak yürütülmesi gerekir. Bunun için kalitenin önce planlanması sonra kontrol altına alınması ve geliştirilmesi gerekir.

İyi bir kontrol sistemi ürünün sadece son aşamasında değil değişik işlem aşamalarında yer almalıdır. Üretim veya ilgili personel hatalarının kaynağı tespit edilmeli ve yönetim bu durumu gidermek için gerekli önlemleri almalıdır. Uygun kalite düzeyinin sağlanması için işletme bazında KK işlemlerinin etkin bir biçimde organize edilmesi gerekmektedir. İşletme bu sistemi kurarak uluslararası düzeyde ticarete teknik engellerin ortadan kaldırılmasını, anlaşmaların kolaylaştırılmasını, ticaretin artırılmasını sağlar.



Şekil 2.11. Kalite Sisteminin Ana Yapısı

Kalite Planlama: Ürün kalitesinin belirlenmesine ilişkin kararları kapsar. Stratejik planlama (politikalar) ve Taktik planlama (standartlar ve spesifikasyonlar) çalışmalarından oluşur. Pazar, tüketicinin istek ve gereksinimleri ile etkileşim içindedir. Ekonomik yatırımlar gerektirir, bu faaliyetlerde çalışacak insan gücü, kullanılacak araçlar için bütçe gerekmektedir. Çalışmalar daha düşük maliyetli üretim, değişimi azaltma gibi alanlara da uygulanır (Doğan, 1991; Şen, 1991).

Kalite Kontrol: Planlanan kalitenin üretim sırasında kontrol altına alınmasını sağlayan kararlardır. Üretim sırasında uygulanacak istatistiksel teknikleri içeren "kontrol" ile alınan sonuçlara göre karar almaya yardımcı bilgileri oluşturan "bilişim" bölümlerinden oluşmaktadır. Üretimle etkileşim içindedir.

Kalite Geliştirme: Amacı işletmenin maliyetlerini düşüren, kalite ve verimliliğini arttıran kararlar üretmek ve bunların gerçekleşmesini sağlamaktır. İşletmedeki olanakların daha iyi kullanılmasını sağlayan "optimizasyon" ve kalite düzeyinin gelişmesini sağlayan "teknoloji geliştirme" sistemlerinden oluşmaktadır (Baskan, 1997; Doğan, 1991).

Tablo 2.2. Kalite Kontrol Sistemi (Baskan, 1997)

		Konular	Kalite Sağlama Aşamaları
OFF-LİNE	1.Aşama Ürün	1. Müşteri gereksinim ve beklentilerinin belirlenmesi 2. Bunları karşılayacak sürekli ve ekonomik üretecek bir ürün tasarımı	1.Sistem Tasarımı 2.Parametre Tasarımı
Kalite Kontrol	2.Aşama Proses Tasarımı	Üretim için yeterli standart, üretim araçları ve spesifikasyonların tasarımı	3.Tolerans Tasarımı
ON-LİNE	1.Aşama Üretim	Ürünün daha önce tasarım aşamasında belirlenen spesifikasyon ve standartlara göre üretilmesi	1.Proses teşhisi ayarlama ve düzeltme 2.Muayene ve iskartaya çıkarma
Kalite Kontrol	2.Aşama Müşteri İlişkisi	Müşteriye servis hizmetinin verilmesi ve çıkan problemlerle ilgili bilginin ürün ve tasarımın geliştirilmesi için kullanılması	Geri besleme yoluyla ürün ve prosesin spesifikasyon ve tasarımın değiştirilmesi

KK sistemleri genel olarak Tablo 2.2'de görüldüğü gibi on-line ve off-line olmak üzere ikiye ayrılır. On-Line yöntemler üretim sırasında kullanılan istatistiksel proses kontrolü, Off-Line yöntemler ise prosesin dışında kullanılan istatistiksel deney tasarımı ve güvenilirlik testleri gibi yöntemleri kapsamaktadır.

Üretimde önceleri ağırlık on-line yöntemlerde, son yıllarda ise Japon endüstrisinin başarısından dolayı uygulama off-line yöntemlere özellikle de istatistiksel deney tasarımlarına kaymıştır. Deming'in kalite programı yöneticilerin istatistiksel yöntemlere olan yatkınlığı ve güveni ile başarılı olmuştur. Deming'in başarısı kalite geliştirmeyi muayeneden geriye istatistiksel proses kontrolüne göre yapması, Taguchi'nin başarısı ise bir sonraki adımı üretimden geriye doğru yapmasıdır. Ama ana fikir daha iyi kalite ve daha ucuz maliyettir (Baskan, 1997).

2.2.2. Kalite Kontrolün Amacı

İşletmeler müşterinin isteyeceği, beğeneceği, kullanırken şikâyetçi olmayacağı ve tekrar talep edeceği bir mal veya hizmeti üretmek isterler. Bu yüksek kalite düzeyine en ekonomik şekilde ulaşmak isterler. Bunun için işletmedeki tüm

bölgümlere sorumluluk yüklenmesi gerekmektedir. Tüketici isteklerini ve işletmenin genel amacını birlikte karşılayabilecek ürünün üretilmesini sağlayacak plan ve programların geliştirilerek uygulanması sağlanmalıdır. Bu genel amaçların sağlanması için ikincil amaçlarda vardır (Bircan; Özcan, 2003). Bunlar:

- Hammadde, enerji, işgücü gibi girdilerde fire ve kayıpları ortadan kaldırmak
- İşin başında doğru yapılması ile makine, iş gücünden en yüksek verimin sağlanması
- Düşük kaliteli, kusurlu, bozuk mal sayısını minimuma indirmek
- Ürünü pazarlama kolaylığı sağlamak
- İade, bakım, onarım gibi satış sonrası sorunları engellemek
- Stokları minimum düzeye indirmek
- Ürün kalitesini geliştirmek
- Personelin bilgi ve tecrübesinin arttırmak, moralini yükseltmek
- Şirket isminin tüketiciye güvence vermesini sağlamak
- İşçi-işveren ilişkilerini düzenlenmek

Özetle KK'nın amacı; devlet, işletme ve tüketicilerin çıkarlarını korumaktır. İşletme hiçbir tedbir almaz ve bozuk ürünleri piyasaya sürerse prestij kaybı ve satışların azalması sebebiyle ciddi bir kayıpla karşılaşır. (Doğan, 1991; Şen, 1991)

2.2.3. Kalite Kontrolünü Etkileyen Faktörler

İşletme kalite politikasını belirlerken ve kararları verirken kaliteyi etkileyen faktörleri göz önünde bulundurması gerekir. 9M olarak bilinen faktörler şunlardır:

- Pazar (Market)
- Para (Money)
- Yönetim (Management)
- İnsan (Man)
- Malzeme (Material)
- Ürün parametreleri oluşturma (Moutig product requirments)
- Makine ve teçhizat (Machine and Machnizasyon)
- Modern bilgi metotları (Modern information methods)
- Motivasyon (Motivation) (Bircan; Özcan, 2003)

2.2.4. Hata, Spesifikasyon, Tolerans, Standart

KK satın alma ve üretim gibi alanlarda kalitenin sağlanması, sürdürülmesi, yürütülmesi çalışmalarını planlama, programlama, geliştirme ile üretimin tüketici açısından en ekonomik düzeyde ve en yüksek kalitede yapılmasına olanak sağlayan bir yönetim sistemi oluşturur. Bunların gerçekleşmesi için üretim alanında kaliteyi etkileyecek bazı araçlardan yararlanır. Bu araçların en önemlileri: standart, spesifikasyon ve toleranslardır. KK ürün ve hizmetlerin tolerans ve spesifikasyonlara göre hatalarını tayin eden bir faaliyettir.

2.2.4.1. Hata

KK bir ürün veya hizmetin istenilen özelliklerde olması için önlem alır. Bu özellikleri taşımayan ürünler hatalı kabul edilir. Bu açıdan hata tüm KK faaliyetlerinin odak noktasını oluşturur. Hata subjektif bir kavramdır çünkü bir ürünün hatalı olup olmadığına tolerans ve spesifikasyonlarına bakılarak karar verilir. Hata soyut ve somut bir kavramdır. Soyut olarak her yerde ve alanda geçerli olan felsefi bir kavram, somut olarak ürünün kusurlu olmasıdır.

Herhangi bir üretim prosesinde aynı tezgâh, aynı çalışan tarafından ve aynı saatte üretilse bile bir farklılık görülür. Bu farklılığın belirli limitler içerisinde tutulmasına çalışılır. Örneğin delik çapı 25mm olması gereken bir dişli çark ele alalım. Deliğin bu çap değerine nominal (referans) boyut denir. Bu boyuta göre tezgâh ayarlandıktan sonra delikler işlenir ve mm cinsinden 25,03; 25,009; 24,98 vb. değerler elde edilir. Elde edilen bu değerlere gerçek boyut denir.

$$\text{Hata (h)} = \text{Gerçek boyut} - \text{Nominal boyut}$$

Hataları meydana getiren etkenler çok çeşitlidir. Hatalar rasgele ve sistematik olmak üzere ikiye ayrılır. Rasgele hatalar kaynağı belli olmayan hatalar olup etki tarzı aynı işlemde pozitif veya negatif olabilir. Sistematik hataların kaynağı donanım, malzeme, hammadde, işçi, ölçme ve çevre gibi faktörlerdir (Akkurt, 2002).

2.2.4.2. Spesifikasyon (Özellik) - Tolerans

Herhangi bir ürünün meydana getirilmesi tasarım, teknolojik tasarım ve üretim olmak üzere 3 aşamadan oluşur. Ürünün esas oluşumu tasarım kademesinde başlar. Tasarım ve teknolojik tasarımda tayin edilen bilgiler ürünle ilgili spesifikasyonları oluşturur. Spesifikasyonlar ürünü meydana getirme kurallarını, toleranslar ise spesifikasyonunun uygulanması için kabul edilen hataları belirler.

Spesifikasyon bir işin nasıl yapılacağını ayrıntılı bir şekilde gösteren talimattır. Amacı üründen beklenen özellikleri üreticiler ve tüketiciler tarafından kolaylıkla anlaşılacak biçimde tanımlamaktır. Belirli bir üründen üreticilerin ve müşterilerin neler beklediklerini belirler (Bircan; Özcan, 2003).

Tolerans ve spesifikasyonlar üretim ve hizmetlerin sınırlarını belirleyen faktörlerdir. Toleranslar fiziksel ölçümleri, spesifikasyonlar ise malzeme, ürün ve hizmetlerin tüm özelliklerini içermektedir. Bu bakımdan toleranslar spesifikasyonun oluşturulmasını sağlar ve onun bir ögesidir (Akkurt, 2002).

Spesifikasyonlar belirlenmişse bölümler arası ilişkiler, bilgi akışı, iletişim biçimi ve süresi düzenli yürütülerek sistemin işleyişi kolaylaşır. Amaç ve içeriklerine göre dört grupta toplanır (Gümüsoğlu, 2000):

Malzeme ve Ürün Spesifikasyonları: Bir malzeme veya ürünü tanımak ve diğerlerinden ayırt etmek için tespit edilir. Bu spesifikasyonlar standart ve toleranslar, kabul veya ret kriterleri vb. bilgileri içermektedir.

Proses Spesifikasyonları: Ürünün istenilen şartlarda en ekonomik biçimde üretilmesini sağlamak amacıyla ilgili kişi ve bölümlerin neler yapmaları gerektiğini belirlemek, üretim şartları ile ürün özelliklerini bir arada değerlendirerek kaliteyi tespit etmektir. Kullanılacak araç-gereçlerin özellikleri, ölçme ve denetleme yöntemleri ile ilgili ayrıntılı bilgileri içermektedir.

Test Spesifikasyonları: Belirli bir ürünün veya malzemenin istenilen niteliklerde olup olmadığını ölçmek ve kabul edilip edilmeyeceğini tespit etmek amacıyla yapılacak test işlemlerini belirleyen özelliklerdir. Testin amacı, ölçme kriterleri, kullanılacak araç-gereç, hesaplama metotları vb. bilgileri içermektedir.

Kullanma Spesifikasyonları: Müşteriler için hazırlanmıştır. Ürünün nasıl kullanılacağını, bakım vb. bilgi ve talimatları içerir (Bircan; Özcan, 2003).

Spesifikasyon sınırları tüketici eğilimi göz önünde tutularak üretici tarafından tespit edilir. Bu sınırlar ürün kalitesinin tespiti için bir ölçü olarak kullanılır. Üretimde kusurların giderilmesi, ıskartaya çıkarılması veya yok edilmesine karar verir. Kontrol sınırları ise üretimin kontrol altında yürüyüp yürümediğini belirleyen sınırlardır ve spesifikasyon sınırlarından farklıdır. Spesifikasyon sınırları ihtiyacın karşılanması bakımından kalite değişkenliği için hoşgörü sınırlarıdır. Kontrol sınırları ise üretimin kontrol altında olup olmadığını sürekli olarak izlemeye yarar.

İlk kez 1902 yılında J.N.Newall adında bir İngiliz sanayicisince geliştirilen sapma nicelikleri olarak tanımlanan toleranslar üretim verimliliğinin artması ve maliyetlerin minimuma inmesini amaçlar. Üretim prosesinde birbirine %100 benzeyen ürünlerin üretilmesi mümkün değildir. Kullanılan aletler ve ölçüler ne kadar duyarlı olursa olsun ürünün kalitesinde bir takım sapmalar meydana gelir. Ürünün dizaynında tasarlanan belirli sınırlar içerisinde olması beklenen ve gerçekleştiğinde kabul edilen sapmalara **tolerans** denir. Bu farklılıklar işgücü, hammadde ve yarı ürün gibi girdiler aracılığıyla ürün kalitesine yansır. Bunun sonucu üreticiler ve tüketiciler ürünün tatmin edici olması için bazı sınırlamalar koyarlar. Tolerans tasarım, üretim ve KK çalışmalarıyla yakından ilişkili olup ürünün tasarlanması aşamasında belirlenir (Aslan, 2003; Bircan; Özcan, 2003).

Toleransların yardımı ile ürünün boyutları, biçimi, konumu, montajı, işlevi gibi fiziksel öğeler belirlenir ve kalite özelliklerinin gerçekleşme derecesinin saptanması kolaylaşır. Üretim araçlarının neden olduğu değişmelerin saptanmasına ve daha uygun araçların seçilmesine yardımcı olur. Öncelikle toleranslar yaratılır ve buna bağlı olarak alt ve üst kontrol limitleri saptanır. Bu limitler arasındaki değerlere **tolerans alanı** denir. Delik hataları tolerans alanı dışında olursa dişli çarklar ret edilir, içinde olursa kabul edilir. Bir ürünün hatalı olması için toleranstan daha büyük veya küçük olması gerekir. Tolerans ne kadar küçük olursa ürün o kadar kaliteli ancak daha pahalı olur (Akkurt, 2002; Gümüšoğlu, 2000).

Toleransların belirlenmesinde etkili olan faktörler aşağıdadır:

- Fiziksel Faktörler: Boyut, Şekil, Konum, Montaj, çalışma ve fonksiyon şartları
- Ölçme Faktörleri: Alet, Yöntem, Kontrolcünün yaptığı hatalar
- Üretim Faktörleri: Malzeme, Tezgâh, Kesici alet, İşçilik, Montaj
- Ekonomik Faktörler: Toleranslar ne dar ne de geniş belirlenmemelidir. Dar belirlenirse üretim hızı yavaşlar, hatalı ürün sayısı ve üretim maliyetleri artar. Geniş belirlenirse ürünün kalite seviyesi düşer ve müşteri şikâyetleri ile bölümler arasında anlaşmazlıklar başlar. Bu nedenle maliyetler arasında en uygun dengeyi sağlayacak toleranslar belirlenmelidir.
- Beşeri Faktörler: En uygun toleransın belirlenmesi için üretim ve KK bölümleri işbirliği yapmalıdır (Bircan; Özcan, 2003).

2.2.4.3. Standart

Standartlar ulusal veya uluslararası niteliği taşıyan kuruluşlar tarafından oluşturulan ve herkes tarafından kabul edilen bir takım belgelerdir. Örneğin, ulusal standart kuruluşları TSE (Türkiye), AISI (ABD), DIN (Almanya), BS (İngiltere), AFNOR (Fransa), JİT (Japonya) sayılabilir. Uluslararası tek bir standart kuruluş (ISO) vardır (Akkurt, 2002).

Standart ve özellik ürünün tasarım ve üretim aşamalarında etkinliği olan iletişim araçlarıdır. Genelde birbirine karıştırılır. Standart gelecekteki gereksinimlere cevap verecek biçimde değişimlere ayak uydurabilecek sürekli bir prosestir. Özellik ise bir işin nasıl yapılacağını belirten ve yanılığa düşmeyecek biçimde açıklayan talimatlarla tanımlanan bilgilerdir. Özellik standarda göre daha dar kapsamlıdır ve standardın uygulanmasında yardımcı olan araçtır (Gümüsoğlu, 2000).

Tablo 2.3. Standartların Sınıflandırılması

Konularına göre	Uygulama Alanlarına göre	Uygulama Şekillerine göre
Madde Standardı	İşletme Standardı	Zorunlu Standartlar
Ürün Standardı	Ulusal Standartlar	İsteğe bağlı Standartlar
Yöntem Standardı	Bölge Standartları	
Hizmet Standardı	Uluslararası Standartlar	

Tablo 2.3'deki sınıflandırma sayesinde ürün kalitesinde büyük gelişmeler elde edilir. Bu tüketiciye, üreticiye ve milli ekonomiye büyük faydalar sağlar (Bircan; Özcan, 2003; Gümüsoğlu, 2000).

1. Üreticiye sağladığı faydalar:

- Üretimin belirli bir plan ve programa uygun yapılmasına yardımcı olur,
- Yüksek kalitede seri üretime olanak sağlar,
- Verimliliği ve kazancı artırır,
- Üretim (işgücü, enerji, malzeme) maliyetlerini düşürür,
- Üretimde fire ve kayıpları minimuma indirir,
- Bakım-onarım ve yedek parça harcamalarını düşürür.

2. Tüketiciye sağladığı faydalar:

- Ürünleri karşılaştırma ve seçim kolaylığı sağlar,
- Sipariş ve alım satım işlemlerini kolaylaştırır,
- Ucuzluğa yol açar,

- Tüketiciye kalite güvencesi vererek can ve mal güvenliğini korur.

3. Milli ekonomiye sağladığı faydalar:

- Ekonomide arz ve talep dengesi daha iyi sağlanır,
- Sözleşmelerde anlaşmazlıkları ve yanlış anlamaları azaltır,
- Rekabet gücü artar.

2.2.5. Kalite Kontrolünde Hipotez Testleri

İşletme sorunlarının giderilmesi için alınan kararlarda her zaman yanlış seçim yapma riski vardır. İstatistiğin kullanılma nedeni yanlış karar verme olasılığını minimuma indirecek bir kriter sağlayarak bu riski değerlendirmektir. Hipotez testleri karar vericiye böyle bir kriter sunar.

Hipotez bilinmeyen kitle parametreleri ile ilgili olarak bu kütleden seçilen bir örnek grup aracılığıyla yapılan varsayım olarak tanımlanır. Örnekleme sonucu elde edilen değerlere göre ana kitlenin kabulü ya da reddi yapılır. Hipotez kurulduktan sonra rastgele bir örnekleme yapılır. Örneklemeden elde edilen değerlerden faydalanarak sıfır hipotezi kabul veya ret edilir. Bu işleme test işlemi denir. Hipotez testi sıfır hipotezin kabulü veya reddi için ortaya konan bir karar kuralıdır. Burada 2 tip hipotez vardır: H_0 : Ret hipotezi ve H_1 : Alternatif Hipotez

Karar alınırken 2 tip hata yapılabilir: I. Tip Hata ve II. Tip Hatadır. Doğruluk ve yanlışlık bir kriter, kabul ya da ret ikinci kriter olduğuna göre 4 durum ortaya çıkar:

1. durum: H_0 hipotezi ana kitle parametresinin gerçek değeri karşısında doğru ve örnekleme sonucunda H_0 kabul edilmişse bir hata söz konusu değildir.

2. durum: H_0 hipotezi ana kitle parametresinin gerçek değeri karşısında doğru fakat örnekleme sonucunda reddedilmişse bir yanlışlık yapılmıştır ve α ile gösterilir. Üretim prosesi istenilen düzeyde olduğu halde örnekten prosesin yetersiz olduğu kararı çıkarsa oluşan hataya I. TİP HATA denir. Bu yüzden üretimi durdurma, ürünlerin kontrolü ve sistemin yeniden devreye alınması maliyetleri ortaya çıkar.

3. durum: H_0 hipotezi ana kitle parametresinin gerçek değeri karşısında yanlış ve örnekleme sonucunda reddedilmişse bir hata söz konusu değildir.

4. durum: H_0 hipotezi ana kitle parametresinin gerçek değeri karşısında yanlış fakat örnekleme sonucunda kabul edilmişse bir yanlışlık yapılmıştır ve β ile gösterilir. Yetersiz olan üretim prosesini istenilen düzeyde olduğuna karar verirsek karar

prosesinde oluşan hataya II. TİP HATA denir. Bu yüzden ürün maliyetleri, bakım-onarım giderleri ve prestij kaybetme maliyetleri ortaya çıkar (Gümüşoğlu, 2000).

Tablo 2.4. Hipotez Testinde Oluşan Durumlar

Kalite kontrol kararları	H_0 kabul	H_0 ret (H_1 kabul)
H_0 doğru	Doğru karar ($1-\alpha$)	I. tip hata $\alpha(\theta)$ Üretici riski
H_0 yanlış (H_1 doğru)	II. tip hata $\beta(\theta)$ Tüketici riski	Doğru karar ($1-\beta$)

H_0 hipotezini reddederken ne ölçüde hatanın göze alındığı testin anlamlılık düzeyi ile belirlenir, ret hipotezinin ret olasılığı da testin kuvvetini gösterir.

H_0 doğru iken: $P(\theta) = \alpha(\theta)$ ($\alpha(\theta)$ 'ya testin kuvveti)

H_1 doğru iken: $P(\theta) = 1 - \beta(\theta)$ ($1 - \beta(\theta)$ 'ya testin işleyen karakteristiği denir)

İşleyen karakteristik H_0 'ın kabul olasılığını gösterir.

H_0 doğru iken: $1 - P(\theta) = 1 - \alpha(\theta)$

H_1 doğru iken: $1 - P(\theta) = \beta(\theta)$ olur (Gümüşoğlu, 2000; Montgomery, 2001).



Şekil 2.12. Testin Kuvvet ve İşleyen Karakteristik Eğrisi

2.2.6. Kalite kontrolünde İstatistiğin Önemi

İstatistik ile ilgili uygulamalar önceleri astronomi, fizik, biyoloji ve sosyal bilimler alanlarında gerçekleştirilmiştir. Kalite kontrolünde ise ilk olarak istatistik kavramı 1920 yılında etkili biçimde uygulanmıştır. İstatistiksel yöntemler KK problemlerine ilk defa 1924 yılında Shewhart tarafından uygulanmaya başlanmış ve modern kontrol grafiğinin taslağını oluşturmuştur.

Bazı üretim alanlarında üretilen tüm ürünlerin muayenesi yapılmalıdır. Bu zaman alıcı ve yüksek maliyet gerektiren ve akılcı olmayan bir yoldur. Ayrıca bazı kontrol yöntemleri ürünün tahrip olmasına ve değerini yitirmesine neden olmaktadır. Günümüzde üretim kapasitelerinin büyümesi, hızlı ve yoğun üretim sistemlerinin

gelişmesi, %100 muayene yerine ana kitle içinden rastgele bir örnek grup alınması ve bu gruba KK'nın yapılması istatistik sayesinde olmuştur (Özdemir, 2000).

KK gelecekteki üretime önem verir. Bunu sağlamanın önemli metotlarından biri istatistik tekniğidir. İstatistik yöntemlerinin KK'da geniş uygulama alanları bulması II. Dünya Savaşında gerçekleşmiştir. Büyük miktarlarda üretimin en az malzeme ve işçilik ile en yüksek kalite de gerçekleşmesi istatistiğin KK'da geniş uygulama alanları bulmasını sağlamıştır (Baskan, 1997).

İstatistik tekniği uluslararası ticaretin ihtiyaçlarını karşılayan yeni kavramlar ortaya çıkarmıştır. Bu sayede dünyanın çok uzak bölgelerindeki alıcı ve satıcılar amaçlarını açık ve kesin bir şekilde ifade etmektedir. Üretim ve muayene için her iki tarafı da tatmin etmektedir.

2.2.7. Kalite Kontrolünün Yararları

- Kalitesiz üretimi önler, maliyetleri azaltır ve kazancı artırır,
- Çabuk ve etkili bir muayene işlemini en az masrafla güvence altına alır,
- Ürün ölçülerindeki aşırı değişmelerin sebeplerini tespit ederek gerekli tedbirin alınmasını ve hatalı parça sayısının azalmasını sağlar,
- Makine ve işçilerin kayıp zamanını azaltarak üretimi artırır,
- %100 kontrolün nerede ve ne zaman kullanılacağı konusunda yol gösterir,
- Müşteri şikâyetleri azalır, tasarım toleransları iyileşir,
- Tamir ve ıskartalardaki azalmalar nedeniyle kayıpların azalması,
- Faaliyetler arasında eşgüdüm sağlanması için daha iyi insan ilişkileri,
- KK'nın en ekonomik faydası tüketiciyi kötü kaliteye karşı korumak ve üreticiye daha kaliteli mal ve hizmet üretilmesini sağlamaktır.

Bunlar işletmeye uzun dönemde ekonomik faydalar getirir. Ülke ekonomisine de insan gücü ve hammadde kaynaklarını uygun kullanmaktan dolayı katkı sağlar (Bircan; Özcan, 2003; Özdemir, 2000; Şen, 1991).

2.2.8. Önemli Kalite Kontrol Kuruluşları

ASQC: The Amerikan Society for Quality Control - Amerikan Kalite Kontrol Kurumu: 1946'da kuruldu. II. Dünya savaşında savunma malzemelerinin kalitesini geliştirmek amacıyla kuruldu. Kalite yöntemlerinin çoğu ASQC başkanları ve üyeleri tarafından geliştirildi. Üyeleri arasında Deming, Feigenbaum, Shewhart, Crosby, Juran gibi bu alanda önder isimler vardır. ASQC'nin görevleri:

- Kalite teknolojisindeki yeni gelişmeleri tanıtmak,
- Mevcut teknoloji uygulamalarını geliştirmek,
- Kalite ve kaliteyi meslek seçenler için standartlar hazırlamak,
- Eğitim olanakları sağlamak, konferanslar ve seminerler düzenlemek

JUSE: Japane Union of Scientists and Engineers - Japon Bilim Adamları ve Mühendisleri Birliği: 1946'da kuruldu ve 1962'de kamu kuruluşuna dönüştürüldü.

JUSE'nin yürüttüğü çalışmalar: Araştırma ve geliştirme, Eğitim, Uluslararası ilişkiler, Sempozyum ve Konferanslar

JUSE'nin görevleri:

- İşbirliği yaptığı bilim adamları ve mühendislerin bilimsel ve teknolojik ilerlemelere ilgisini uyandırmak, geliştirmek ve bunların uygulamasını sağlamak,
- Yurt içi ve dışında bilgi alışverişi ile sanayinin gelişmesine katkıda bulunmak,
- Dünya barışına ve insan soyunun çıkarlarına hizmet etmek.

EOQC: European Organization for Quality Control - Avrupa Kalite Kontrol Örgütü: 1957'de Batı Avrupalı 5 ülkenin kalite uzmanlarınca kuruldu. Politik olmayan, kar amacı taşımayan uluslararası bir teşkilattir. Aynı konuda Almanya'da DGQ, İsviçre'de SAQ bulunmaktadır. EOQC'nin görevleri:

- Ürün ve hizmet kalitesinde gelişme sağlayacak bilimsel ve teknik bir Avrupa kuruluşu olmaktır.
- Ürün ve hizmetlerin güvenilirliğini geliştirmek için KK konusunda düşünce ve teknikleri uygun araçlar kullanarak geliştirmek, tanıtmak ve özendirmektir.

Avrupa'nın KK teşkilatında komitelerin oluşturduğu kontrol konuları:

Otomotiv	Güvenilirlik	Kalite kontrolde standart
Enerji	Kullanıcı ilişkileri	İstatistik metotları
İnşaat	Kozmetik sektörü	Ölçme
Eğitim	Yiyecek	Yazılım kalitesi

Türk Standartları Enstitüsü (TSE) ülkemiz adına 1976 yılından bu yana EOQC'nin tam üyesi olarak çalışmalara katılmaktadır. Türkiye yiyecek ve ölçme komitelerine katılmaktadır (Özdemir, 2000).

2.2.9. Türkiye'de Kalite Kontrolünün Genel Durumu

Günümüzde işletmelerin iç ve dış pazarda rekabet edebilmesinin temel koşullarından ikisi düşük maliyetli ve kaliteli üretim yapmaktır. Düşük maliyetli

üretim dünya pazarlarına girebilmek, kaliteli üretim ise dış pazarı elde tutabilmek ve genişletmek için önemlidir. İhracatta büyük oranlarda artış sağlanması verimlilik ve kalitenin yeterli düzeye yükseltilmesi ile mümkündür.

Türkiye'nin önce iç pazarı doyuracak, sonra da dış pazarlarda fiyat ve kalite rekabetine dayanacak sanayi yapısına kavuşması gerekir. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde ürün ve hizmetlerin kalite kontrollerinin yapılmasında birçok olumsuz etki yaratan bazı özellikler bulunmaktadır. Bu özellikler (Doğan, 1991):

- Rekabet piyasasının tam olmaması,
- İthalatın vergili olması dolayısıyla ürün darlığı,
- Hammadde ve yan sanayinin yetersizliği,
- Teknolojik güçlükler,
- Tüketicinin bilgili olmayışı,
- Hükümetin değişik fiyat düzeylerinde kaliteli ürün üretimine izin vermemesi,
- Yetenekli personel bulmanın zorluğu vb.

2.3. İstatistiksel Kalite (Proses) Kontrolü

1930'lu yıllarda Shewhart, Dodge, Roming, Pearson gibi bilim adamları istatistik metotlarını sanayide karşılaşılan kalite problemlerinin çözümünde kullanarak İstatistiksel Kalite kontrolün (İKK) temelini atmışlardır. II. Dünya savaşından sonra Amerikan işgal güçleri Japonya'ya geldiğinde ilk olarak telefon hizmetlerindeki aksaklıkları gidermek için Mayıs 1946'da telekomünikasyon endüstrisinde İKK'yı kullanmaya başladılar (Schroder, 1989).

İKK üretim yapıldıktan sonra bitmiş ürünü muayene etmek yerine üretimin çeşitli aşamalarına uygulanır. Üretim prosesi aşamalara bölünür ve her aşamaya prosesin kontrol altında olup olmadığını belirlemek amacı ile istatistik uygulanır. Eğer proses kontrol altında ise sonraki aşamaya geçilir aksi takdirde problem belirlenir ve düzeltilir. Problemin çözüldüğünden emin olmak için istatistik analiz tekrar yapılır. Böylece spesifikasyon dışı üretim önlenir ve proses üzerinde gerekli ayarlar zamanında yapılır.

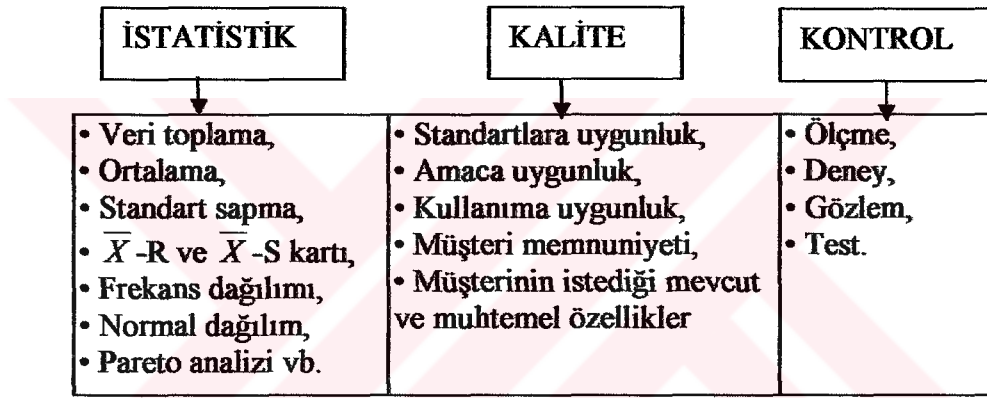
İKK üretimin her kademesinden bilgi toplanmasını organize eder. Bunlar prosesin görüntüsünü verir. Bu görüntü incelenerek gelişme gerektiren alanlar tespit edilir ve gerekli düzeltici önlemler hakkında ipuçları elde edilir. Kalite planlarının ve muayene prosedürünün hazırlanmasında, ölçme faaliyetlerinin yürütülmesinde, standart ve spesifikasyonların saptanmasında, test sonuçlarının analizinde istatistik yöntemlerinden yararlanır. İKK'nın en önemli değerlendirme aracı istatistik yöntemlerdir (Çaltuğ, Uğur, 1994).

İKK prostedeki sorunları anlamak, incelemek ve önlemek için kullanılan çok kolay tekniklerden oluşur. Temel olarak prosteden alınmış verilere ve bunların analiz edilmesi için geliştirilmiş bazı grafiksel metotlara dayanır. En önemli amacı başlamakta olan bir sorunu çok kısa bir sürede belirlemek veya bu sorunun bir daha tekrar etmemesini sağlamaktır (Firuzan, 2001).

İKK ölçüm sonucu elde edilen tesadüfi örnekler yardımıyla üretilen malların kalitesini bütün üretim işlemi boyunca sürekli kontrol eden, geliştiren etkili ve ekonomik bir sistemdir. İKK kalite muayenesi değildir. Aralarındaki önemli fark İKK'nın üretim prosesini, kalite muayenesinin ise ürünü kontrol etmesidir. Bir başka ifade ile muayene geçmişte yapılmış işle ilgilidir oysa İKK gelecekle ve şimdiki durumla ilgilidir. Kalite muayenesi ile standartlara uymayan ürün diğerlerinden

ayıklanır. İKK'nın amacı üretim prosesini kontrol altında tutarak hatalı malların oranını en düşük seviyeye getirmektir (Grant; Leavenworth, 1996).

İKK kalite, kontrol ve istatistik yöntemlerinin birleştirilmesi ile meydana gelmiştir. İstatistik verilerin toplanması, analizi, sunulması ve yorumlanması ile ilgili yöntemleri içeren, bu işlemlerin sonuçlarını olasılık ilkelerine göre objektif bir şekilde değerlendiren bilim dalıdır. İstatistik ölçme, deney, gözlemlerle elde edilen sayılarla (veri) işlem görür. **Kalite** istenilen özelliklerin sağlanması, kullanım amacına ve standartlara uygunluk veya müşteri ihtiyaçlarının tatmin edilmesidir. **Kontrol** ise proseste belli bir hedefe varmak için yapılan faaliyetlerin planlanması, denetlenmesi, değişimlerin tespit edilmesi ve buna göre proses girdilerinde gerekli düzeltmelerin yapılmasıdır.



Şekil 2.13. İstatistiksel Kalite Kontrol

İstatistik ilkelerinin uygulaması ile işlemler bilimsel temellere dayandırılmış, verilerin analizine ve yorumlamasına dayanarak ürün ve hizmetlerin kendisini değil onu gerçekleştiren prosesi kontrol eden ve bunun sürekli gelişmesini sağlayan bir yöntem meydana gelmiştir (Akkurt, 2002).

Gittikçe artan tüketici ihtiyaçları ve genişleyen üretim hacmi muayeneye dayalı üretim sisteminin uygulanmasını yüksek maliyetten dolayı olanaksız kılmıştır. İstatistik bu yüzden yeni çözümler aramaya başlamıştır. İlk gelişme Shewhart'ın uyguladığı Kontrol şemaları ile Dodge ve Romig'in geliştirdiği örnekleme muayene sistemleri olmuştur. İKK pazara sahip bir ürünün ekonomik olarak üretilmesi için istatistik prensip ve tekniklerin üretimin tüm safhalarında uygulanmasıdır. İstatistik tekniklerinin yoğun olarak kullanıldığı başlıca 3 alan vardır:

- Dışardan alınan ham ve yarı ürün madde ile diğer malzemelerin spesifikasyonlara uygunluğunun kontrolü (Giriş Kontrolü)

- Üretim sırasında ürünü oluşturan parçaların önceden saptanmış spesifikasyon ve diğer standartlara uygunluğunun kontrolü (Proses Kontrolü)
- Üretim sonunda elde edilen ürünün spesifikasyon ve standartlara uygunluğunun kontrolü (Çıkış Kontrolü)

İstatistikçilerin geliştirdiği çok sayıda teknik bu alanlarda karşılaşılan kalite sorunlarını çözmeye ve üretimin her aşamasında kalitenin denetlenmesinde başarıyla kullanılır. Temel amaç hedeflenen kalitenin en az maliyetle gerçekleştirilmesidir. Giriş ve çıkış kontrolünde kabul örnekleme teknikleri, çıkış kontrolünde kontrol grafikleri kullanılır (Özdemir, 2000; Yağız, 1981).

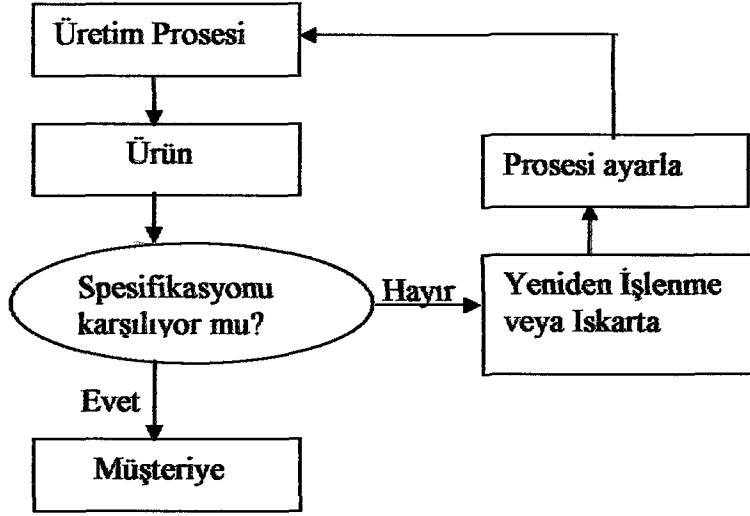
Üretilen her ürünün %100 muayene edilmesi zor, masraflı ve üretilmiş ürünü kontrol etmek anlamsız olduğundan İKK kitleden örneklem alır, inceler ve kitle hakkında fikir edinir. Amaç üretimin bazı aşamalarında ürün ya da hizmetin kalitesini denetlemektense üretimi sağlayan prosesin tümünü kontrol etmektir. Bu amaca ulaşmak için temel istatistik bilgilerinin bilinmesi gerekir (Baskan, 1997).

İKK'nın konusu proseste değişimi azaltmaktır. Bunun için ilk olarak prosesin kontrol durumunda olup olmadığı tespit edilir. Eğer proses kontrol altında değilse özel değişim kaynaklarının yok edilmesi ile proses kontrol altına alınmalıdır. Sonra belirli bir hedef değer etrafında merkezleşen prosesteki tesadüfi değişimler azaltılarak en düşük seviyeye çekilmelidir. Bu değişkenliğin tamamen yok edilmesi teorik olarak mümkün değildir. Uygulamada bütün proseslerde az da olsa vardır. İKK esnek ve tatminkâr bir üretim imkanı sağlar (Oktay, 1998).

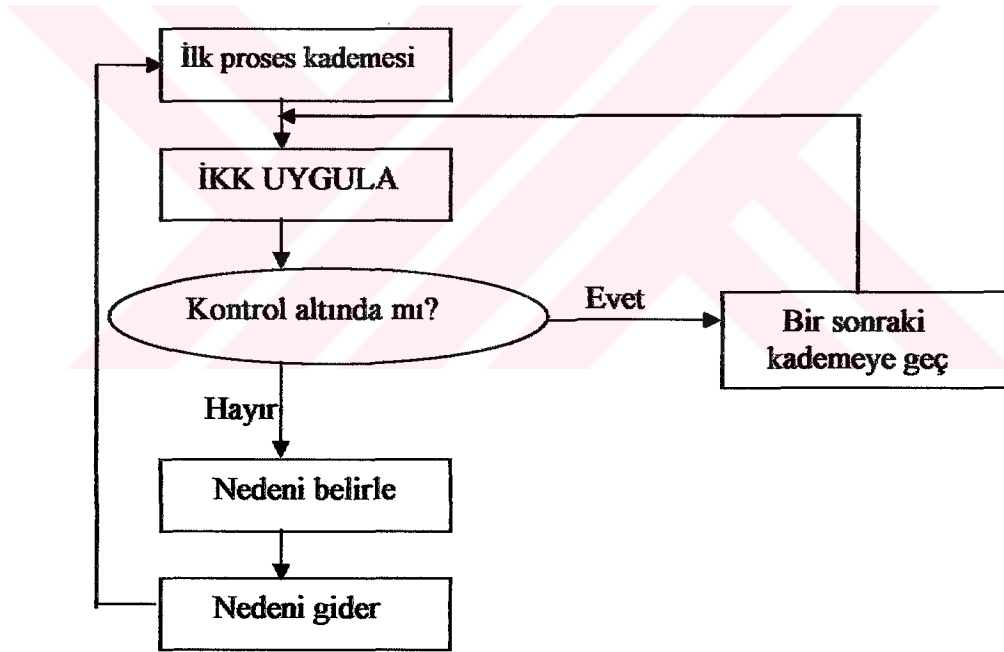
İstatistiksel metotların II. Dünya Savaşından sonra sanayide geniş çapta uygulanması ile üretim hızlanmış, fire azalmış, maliyet düşürülmüş ve kalite yükselmiştir. Japonya'nın verimlilikte ilerlemesi, kalite düzeyinin ve güvenilirliğin yükselmesi bu yöntemlerle olmuştur (İshikawa, 1997).

İKK üretim işleminin normal koşullar altında kurulmasını ve yürütülmesini sağlamada çok önemli rol oynayan, işin içine bir özel neden karışıp üretimin kontrol dışına çıkması halinde bu durumu hemen belirleyerek gerekli tedbirlerin zamanında alınmasına sağlayan bir metottur. Üretimi istenilen ortalama kalite düzeyi ve tek düzenliği altında, en ekonomik ve güvenilir biçimde yürütür. Bu metottan yararlanan bir üretici yapacağı küçük bir harcamaya karşılık hammadde, yakıt ve insan gücü

harcamalarında büyük tasarruflar sağlayarak ıskarta oranlarını azaltarak rekabet gücünü büyük ölçüde artırır.



Şekil 2.14. Geleneksel Kalite Kontrol



Şekil 2.15. İKK Yöntemi

İKK geleneksel yöntemden oldukça farklıdır. Şekil 2.14'e göre geleneksel yöntemde ürün üretilir sonra kontrolcü tarafından spesifikasyon şartlarını karşılayıp karşılamadığını anlamak için muayene edilir. Şartları karşılamayan ürün yeniden işlenir, düzeltmek amacı ile üretime geri gönderilir veya hurdaya ayrılır. Eğer çok fazla hatalı ürün üretiliyorsa sorunun giderilmesi için üretim süreci üzerinde gerekli düzeltmeler yapılır. Bu yöntem malzeme, zaman, yatırım açısından masraflı ve

güvenli değildir. Bunun en önemli sebebi sorunun ortaya çıkarılması için son ürünün üretilmesidir. Bu sebeple bitmiş ürüne yapılan gereksiz bir yatırımdır. Hatalı parçaları yakalamak için sık sık ölçümler yapılır.

Şekil 2.15'e göre İKK ise seri üretimi belli süreler içinde kontrol ederek istatistik yorumunu yapan ve ileride çıkabilecek hataları önceden hissedip önlemını alarak verimliliği arttıran bir yöntemdir. Bu yöntem üretim verimliliğine hizmet eder. Amacı doğru ile yanlış ayıklamak değil, hatanın oluşmasına engel olmaktır. Sayısal verilerin doğru olarak toplanması, özetlenmesi, işlenmesi, analizi, başka verilerle ilişkilerinin tespiti ile sonuçlarının yorumlanması için yapılan bütün işlemler İKK'da istatistiksel metotlar olarak bilinir. Büyük miktarlarda üretim olduğunda ürünlerin kalitesini kontrol etmek için istatistik metotları kullanılır (Çaltuğ; Uğur, 1994).

İKK kaliteyi kontrol etmenin en etkin yoludur. Organizasyondaki operatörden fabrika müdürüne kadar herkesin kalite problemlerinin sebeplerini daha iyi anlamaya ve büyük problemler haline gelmeden önce çözme sorumluluğu almaya teşvik eder. Kalite problemlerinin kaynağı olarak proses üzerinde odaklanır. Özellikle üretim metotları, hammadde, çalışma ortamı, malzemedeki hataların belirlenmesi ve çözümlenmesini araştırır (Montgomery, 2001).

İKK'nın amaçları aşağıdaki gibidir (Baskan, 1997):

- Ürün kalitesinin gelişmesi,
- Kalite farklılıklarının en aza indirgenmesi,
- Hatalı ürün sayısının azalması,
- Muayene ve test masraflarının azalması,
- Kapasitenin ve karın artması,
- Birim maliyetlerinin azalması,
- Rekabet gücü ve pazar payının artması,
- Reklam harcamalarının azalması,
- Bölümler arası ilişkilerin düzenlenmesi.

İstatistiksel tekniklerin verilerin değerlendirilmesinde ve üretim kontrolünde kullanılması ile sağladığı yararlar aşağıdadır (Bircan; Özcan, 2003; Bozkurt, 2003):

- Hatalar kaynağında önlenir, sorunlar yayılmadan durdurulur böylece birimlerin birbirlerine hatalı ürün vermeleri önlenir.
- Daha üst düzeyde, daha tekdüze bir kalite sağlanır (kalite seviyesi artar).

- Yeniden işleme ve hurdanın azaltılması ile az kayıp sağlanır (verimlilik artar).
- Daha iyi planlama ve yönetim ile muayenenin iyileştirilmesi sağlanır.
- Hatalı üretimin en aza indirilir (maliyet düşer).
- Tasarım toleransları iyileştirilir.
- Kontrol kriterleri açık ve basit belirlenir, düzeltici önlemler zamanında alınır.
- İşletme içi ilişkiler iyileştirilir.

2.3.1. İKK'nın SAFHALARI

İKK ile kalitede gelişmek için yönetim idari ve teknik yönden hazırlık yapmalıdır. İdari yönden politikasını saptayarak uygun ortamı oluşturmalı, teknik yönden ise denetlenecek özelliklerin tespiti ve alınacak ölçülerin belirlenmesi gerekir. İKK'nın uygulanması ve doğru bir şekilde işletmeye adapte edilmesi için tüm hazırlıkların tamamlanması gerekir. Bu adaptasyonun sağlanması ve uygulamada başarı elde edilmesi için yönetimin bazı şartları yerine getirmesi gerekir.

2.3.1.1. Çevrenin Hazırlanması

İKK'nın gerçekleşmesinde yönetim uygulamada çalışanlara destek vermeli, onları teşvik etmelidir. Tüm çalışanlarına KK ilgi duyacakları ve zevkle uygulayacakları bir ortam yaratmalıdır. Böylece yönetim insan gücünden daha iyi yararlanarak daha kaliteli ürünlerin oluşturulması için bir çevre hazırlamış olacaktır.

2.3.1.2. Kontrolü Yapılacak Prosesin Tespit Edilmesi

İyi bir kontrol için proses ve elemanların (personel, malzeme, yöntem vb.) tanımlanması gerekir. Proseslerin farklı yönlerini en iyi bilen ve anlayan tüm bireylerin deneyimleri bir araya getirilmeli ve anlaşılır bir şekilde açıklanmalıdır. Prosesin çeşitli adımlarını gösteren akış diyagramları analiz için kullanılmalıdır.

2.3.1.3. Ölçülecek Özelliklerin Tespit Edilmesi

Proses verimliliğini ve ürün kalitesini etkileyen tüm özellikler belirlenip değerlendirilir. Bunun için gerçek ve olası tüm etkenler önem sırasına göre dizilir. Ürün kalitesinin geliştirilmesi için üzerinde en fazla durulması gereken özellikler tespit edilir (Uğur, 1995).

2.3.1.4. Prosesten Örneklerin Alınması ve Kaydedilmesi

Proses hakkında karar verirken tüm çıktının muayene edilip analiz edilmesi mümkün değildir. Karar vermede ana kitleden tesadüfi seçilen örnekler kullanılır. Ana kitleye uygunluk kalitesini belirlemede kontrol örnekleme kullanılır.

2.3.1.5. Kontrol Grafiğinin Belirlenmesi ve Uygulanması

Üretimin kontrol altında tutulması için şartlara göre ya bir \bar{x} , σ , R, p, np, u, c grafiğı çizilir. Kontrol durumunun sürekli ihlal edildiğı bir proseste ilk önce Shewhart kontrol grafikleri uygulanır. Standartların tespit edilmesinde 4-5 birimden oluşan 20-25 örneğın alınması ve deneme kontrol sınırlarının belirlenmesi gerekir.

2.3.1.6. Grafiklerin Yorumlanması ve Bilgi Sağlama

Prosesin standartları tespit edildikten sonra standartlara ilişkin KK yapılı ve proses üzerinde gerekli düzeltme işlemleri başlar. İKK uzmanının görevi prosesin kontrol dışı olmasına sebep olan değişkenleri tespit edip ortadan kaldırılmaktır. İstatistik uzmanının görevi ise bu değişkenlerin tespit edilmesinde proses mühendisine yardımcı olmaktır.

2.3.2. Değişim

Yönetim kalite ve verimlilikte iyileştirme yapmak için prosesteki değişimin nedenlerini belirlemeli ve ortadan kaldıracak faaliyetleri planlamalıdır. Değişimi kontrol altına almalıdır. Böylece parçalar iyi/kötü olarak sınıflandırılmayacak, fire sorun olmayacak, parçalar tek düze üretilecektir. Yönetim bunu yapmazsa verimlilik istenilen düzeyde olmayacağı için rekabet gücü azalacak ve işletmenin gelecekte varlığını sürdürmesi riske girecektir.

Proses iyileştirmeye yönelik teknikler Shewhart tarafından ortaya atılmış ve Deming tarafından geliştirilmiştir. Shewhart'a göre her proseste değişim vardır. Bu değişim ya kontrol altındadır ya da değildir. Kontrol altındaki değişim zaman içerisinde kararlı ve tutarlı bir değişimle belirlenir. Kontrol altında olmayan değişim ise zamanla değişen bir değişimle belirlenir (Bozkurt, 2003; Yağız, 1981).

2.3.2.1. Değişimin nedenleri:

Özel Nedenler: Tespit edilebilen bu değişkenlik belirsiz bir kaynaktan ortaya çıkan, düzenli, sabit olmayan ve önceden tahmin edilemeyen nedenlerdir. Bu tür değişimi azaltmak için prosesi değiştirmek gerekir. Bu değişkenlik kontrol grafiğinde işaretlenen noktalardan bir veya daha fazlasının kontrol sınırlarının dışına düşmesiyle anlaşılır. Bu değişkenlik genellikle bir tek olayın sonucudur ve tespit edilip düzeltilmeleri çok fazla çaba gerektirmez. Belli bir alt ve üst sınırları yoktur.

Üretim prosesinde özel nedenlerden kaynaklanan değişim söz konusu olduğunda prosesin kontrol altında olmadığına karar verilir. Üretim prosesini etkiler

ve tüketici gereksinimlerini karşılayamaz. Ölçümlerde büyük sapmalara yol açar ve üretimde önemli aksamalar olduğunu belirtir. Bu değişkenlik önlenemez ya da giderilemez. Kontrol amacıyla para ve zaman harcamanın anlamı yoktur. İKK'nın esas amacı özel nedenlerden kaynaklanan değişimi hızla ortaya çıkarmak ve hatalı üretimi önleyecek önlemlerin alınmasını sağlamaktır (Firuzan, 2001). Bu değişimin muhtemel nedenleri aşağıdadır:

- İşlem ya da prosesten kaynaklananlar: Kalıp aşınması, bakımsızlık, arızalar vb.
- Malzemedен kaynaklananlar: Sertlik, kalınlık gibi özelliklerde olan değişiklikler
- İşçiden kaynaklananlar: İşçinin fiziksel ve ruhsal durumunda ki değişiklikler vb.
- Diğer faktörlerden kaynaklananlar: Sıcaklık, nem, aydınlatma, gürültü vb.

İşletme için zararlı olan bu nedenlerin hemen bulunup ortadan kaldırılması gerekir. Bu ne kadar gecikirse işletmenin zararı o derece büyük olur (Bozkurt, 2003).

Genel Nedenler: Prosesin yapısından kaynaklanır ve tamamen tesadüfi olarak ortaya çıkan nedenlerdir. Her proseste değişik düzeyde her zaman mevcut olan pek çok küçük kaynağın oluşturduğu nedenlerdir. Her iki yönde etkili olan ve etkileri birbirini telafi eden unsurlardır. Bu değişkenlik türü tahmin edilebilir ve yok edilmedikçe proseste kalıcıdır. Prosesin geliştirilmesini sağlar. Proses kontrol durumunu muhafaza ettiğinde bu değişkenlik gözlenir. Genel nedenlerin belirlenip düzeltilmesi bazen çok zor olabilir (Gitlow; Oppenheim&Oppenheim, 1995).

Bu değişimin nedenleri; Aletlerin kurallarına uygun kullanılmaması, hammaddenin kalitesi, elverişli olmayan çevre, ürün tasarımının ve ölçme aletlerinin yetersizliği vb. Bunların neden olduğu değişkenlik büyük olur. Bunların alt ve üst sınırları bellidir. Bunların giderilmesi için proseste önemli değişiklikler yapılmalıdır.

Yönetim bu sorunların sorumluluğunu işçilere yüklememelidir. Sistemdeki genel değişimden memnun değilse giderecek önlemleri almalıdır. Kontrol sınırları dışına çıkmayan bir değişkenlik genel nedenlerde bir değişiklik yapılmaksızın azaltılamaz. Değişiklik önemli harcamalara ve büyük yatırımlara yol açar. Böyle bir karar alınmadan önce esaslı bir biçimde incelenmeli, yapılacak yeni harcamalarla sağlanacak gelişmenin önceden karşılaştırılması gerekmektedir.

Özel nedenler genellikle operatör veya şef tarafından kaynağında düzeltilir, yok edilmesi için kalite mühendisi, araştırma ve geliştirme personelinin çok fazla çaba sarf etmesi gerekir. Genel nedenlerin yok edilmesi için yönetici, mühendis ve

teknik personelin çaba sarf etmesi gerekir. Bunların tespiti ve yok edilmesi için proses bilgisine sahip bir ekibin olması gerekir. Bu ekibe başta üretimi yapanlar olmak üzere birçok kademedeki personel olmalıdır (Oktay, 1998).

Genel nedenler tesadüfi hatayı, özel nedenler sistematik hatayı doğurur. Prosesteeki değişimin ölçülmesi ve analizi için istatistik teknikler kullanılır. Bu değişimleri izlemenin önemli yolu kontrol diyagramlarını kullanmaktır.

2.3.3. İstatistiksel Araçlar, Temel Kavramlar

Prosesi geliştirmek için değişimi ölçmek ve buna göre önlem almak gerekir. Ürünlerden alınan örneklerin sonuçlarına göre yığın hakkında tahminde bulunmak en ekonomik yoldur. İstatistik bu tahminleri yapmak için kullanılır. Bunun için geliştirilmiş pek çok istatistiksel yöntem vardır. Gerçeğe uygun tahminde bulunmak için yöntemi seçmek, doğru uygulamak ve yığını temsil eden örneği iyi seçmek gerekir. Üretim sorununu çözmek için karar prosesinin aşamaları aşağıdaki gibidir:

- Problemin farkına varılması ve tanımlanması,
- Çözme tekniklerinin seçilmesi,
- Verilerin toplanması ve düzenlenmesi,
- Seçilen çözüm yönteminin uygulanması,
- Çözüm ve sonuçların elde edilmesi,
- Karar verme ve uygulama.

Örnekleme bir binanın maketi gibi olmalı, temsil ettiği ana kitlenin temel özelliklerini yansıtmalıdır. Ana kitledeki her birimin örneğe girme şansı eşit olmalıdır. İstatistikte ana kitleden örneklem seçmek için basit rasgele örnekleme, küme örnekleme vb. yöntemler kullanılır. Ana kitle için aritmetik ortalama (μ) ve varyans (σ^2) olarak tanımlanır ve eşitlik 2.1'deki gibi hesaplanır:

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} \quad \sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \mu)^2}{N} \quad (2.1)$$

X_i bireysel ölçümleri, N ana kitledeki birim sayısını gösterir. Ana kitleye ait bu istatistiksel ölçüler bilinemediğinde bunların yerine kitleden alınan örneğe ait veriler kullanılarak hesaplanan ölçüler kullanılır ve eşitlik 2.2'deki gibi hesaplanır:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1} \quad (2.2)$$

\bar{X} ve s^2 bir normal dağılımda iki limit arasına düşen birimlerin oranını gösterir. Buna göre $\bar{X} \pm s$ sınırları arasındaki alan toplam alanın yaklaşık %68'dir. Kitleden alınan değerlerin %68'i bu sınırlar arasındadır. Bir birimden alınan ölçüm değerinin bu sınırlar arasında olması olasılığı 0.68'dir (Firuzan, 2001).

Alınan verilerin iki önemli istatistik özelliği vardır. Bunlar verilerin merkezi ve dağılımıdır. Merkezi aritmetik ortalama, dağılım standart sapma ve aralık ile ifade edilir. Standart sapma verilerin ortalama etrafında dağılımını gösterir. Bu dağılım varyans faktörü ile ifade edilir. Ancak pratikte daha çok standart sapma kullanılır. Aralık verilerin en büyük ile en küçük değer arasındaki farktır.

İKK prosetteki hataları ve nedenleri bulmak için birçok araç geliştirmiştir. Ancak bunlardan üçü İKK'nın temelini oluşturmaktadır. Bunlar frekans diyagramı, dağılım eğrisi ve kontrol kartlarıdır. İlk ikisi istatistik bilimine ait araçlar olup KK da kullanılır. Kontrol kartları ise KK ait araç olup temeli istatistiğe dayanmaktadır. Frekans diyagramı toplanan verilerin tekrarlanma sayısını gösterir. Bu diyagramın KK alanında kullanılması üst ve alt tolerans limitinin ilave edilmesi ile gerçekleştirilir. Böylece tolerans içinde veya dışında hatalı parçalar belirlenir.

Normal dağılım eğrisi toleransların üst ve alt limitleri grafik üzerine çizilerek kullanılır. Bir tezgâhtan alınan sonuçlara göre tezgâhta üretilecek parçaların tolerans içinde veya dışında olma olasılıkları hesaplanır (Akkurt, 2002)

2.3.4. İKK Teknikleri

Üretimin her safhasının kontrol altında tutulması için çeşitli teknikler geliştirilmiştir. Bu teknikler tek tek kullanılabilceği gibi kalite problemlerini çözmek ve hataların nedenlerini ortaya çıkarmak için birlikte de kullanılır. Pareto, sebep-sonuç, dağılım diyagramı istatistik anlam taşımazlar. Sorun belirleme ve giderme de etkili yöntemlerdir (Özdemir, 2000). Bu teknikler aşağıdaki gibidir:

1. Çeteleme Diyagramı (Frekans dağılımı)
2. Histogram (Sütun grafiği)
3. Pareto Diyagramı
4. Sebep-Sonuç (Kılçık) Diyagramı
5. Gruplandırma
6. Dağılım Diyagramı
7. Kontrol Grafikleri

Bu yöntemler KK'nın yedi klasik aracıdır. KK da sıkça kullanılan ve öğrenilmesi kolay yöntemlerdir. Herkes tarafından kullanılır. Bu araçlar sadece üretimde değil, planlama, tasarım, pazarlama, satın alma, teknoloji gibi bölümlerde de kullanılır. İşletme kalite ile ilgili sorunların yaklaşık %95'ini bu temel istatistik tekniklerle çözebilir.

KK statik değil dinamik bir olgudur. Yani bir defa kurulduktan sonra aynı şekilde kalmaz sürekli ve adım adım gelişen bir olgudur. Bir şirkette KK sistemi kurulduktan sonra diğer araçların kullanılmasına ve yerleştirilmesine çalışılmalıdır. Bunun en önemli nedeni müşterilerin gelişen isteklerine cevap vermek ve piyasada rekabet gücünü arttırmaktır (Akkurt, 2002; Uğur, 1995).

2.3.4.1. Çeteleme Diyagramı

Veri toplama kolaylığının sağlanması, sınıflandırılması ve prosesteki hataların nedenlerinin araştırılması amacıyla kullanılır. Toplanan veriler sınıflandırılarak frekans dağılımı elde edilir. Frekans tablosunu temel alan bir veri düzenleme aracıdır ve gözlem değerlerinin sıralanıp her bir gözlem değeri için çetele tutulmasıyla oluşturulur. Şekil 2.16'ya bakıldığında verilerin hangi aralıkta değer aldığı, odaklaşmanın hangi değer etrafında olduğu ve dağılımın şekli konusunda bilgi verir. Çetele diyagramı tablo formatında olup basitliği ile ön plana çıkmış bir veri toplama aracıdır (Baskan, 1997; Juran; Gryna, 1993).

Çetele diyagramı düzenlenecek verinin tipine göre nicel veya nitel olabilir. Ürünün boyut, çap, ağırlık vb. sayısal ifade edilen özelliklere ilişkin tablolar nicel veri tablosudur. Ürünün kaliteli kabul edileceği spesifikasyon sınırları belirlenir. Verilerin bu sınırların içinde bulunup bulunmadığına bakılarak partideki ürünlerin istenen kalite düzeyini sağlayıp sağlamadığına karar verilir. Nitel veri tablosunda ise hata türleri sıralanarak kontrollerin sonuçlarına göre çetele tutulur. Böylece hangi hata türüne ne sıklıkta rastlanıldığı belirlenerek önem derecelerine göre sıralanır ve sebepleri araştırılarak ortadan kaldırılır (Juran; Gryna, 1993; Kazmierski, 1995).

Çetele diyagramına kayıt formları da denir. Amaç muayene ve test verilerinin kaydedilmesidir. Faydası verilerin gerçekleri temsil edecekleri doğrulandıktan sonra verilerin toplanmasını, özetlenmesini ve analizini en kolay yapacak yöntemin bulunmasıdır (Akin, 1996; Özdemir, 2000).

ÇETELE DİYAGRAMI																
Ürünün Adı	: Metal mil										Tablo No	:				
Ölçülebilen Özellik	: Çap										Üretim Yeri	:				
Spesifikasyon Limiti	: 0,9 mm- 1,9 mm.										Bölümü	:				
Örnek Büyüklüğü	: 100										Üretim Tarihi	:				
											Tabloya İşleyen	:				
Frekans	AKS Boyutları															
	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2
20								+								
								+								
							+	+								
							+	+								
							+	+	+							
15							+	+	+							
							+	+	+							
							+	+	+							
							+	+	+	+						
							+	+	+	+						
10						+	+	+	+	+						
						+	+	+	+	+						
						+	+	+	+	+	+					
					+	+	+	+	+	+	+					
					+	+	+	+	+	+	+					
5					+	+	+	+	+	+	+					
					+	+	+	+	+	+	+	+				
				+	+	+	+	+	+	+	+	+				
				+	+	+	+	+	+	+	+	+				
			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				
Toplam	0	0	1	3	7	10	18	20	16	12	8	4	0	0	0	0

Şekil 2.16. Çetele Diyagramına Bir Örnek

Çetele tablosu düzenlenirken sınıf sayısı ve genişliği, incelenen değişkenin gözlem değerlerinin niteliğine göre değişir. Bunlar eşitlik 2.3'deki gibi hesaplanır:

$$\text{Sınıf sayısı} = \sqrt{\text{gözlem sayısı}}$$

$$\text{Sınıf genişliği} = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{\text{sınıf sayısı}} \quad (2.3)$$

Çetele diyagramında veriler tek başlarına hamdır ve koordine edilmemiştir. Bu şekilde veriler hiçbir işe yaramaz. Veriler organize edilir ve gruplandırılırsa o zaman işe yarar. Bunun için çetele diyagramı veri toplama da kolaylık sağlayacak şekilde ve bir bakışta proseste nelerin olup bittiğini gözler önüne serecek şekilde dizayn edilmelidir (www.geocities.com/alti_sigma/olcme2.htm).

2.3.4.2. Histogram

Bir olayın oluş sıklığını göstermek, belirlenen zamanda tanımlanan problemin daha sık meydana gelip gelmediğini hesaplamak ve ortaya çıkan dağılımın şeklini

bilinen bir dağılım ile karşılaştırmak amacıyla kullanılır. Yatay eksene ölçülen değerleri sınıflandırarak yazmak gerekir. Histogram dağılımın büyüklüğünü, simetri ve asimetri durumunu, şeklini, tek veya çift modlu oluşu gibi durumları yansıtır. Spesifikasyon ve sonuç arasındaki ilişkilerin araştırılmasında, normal olmayan verilerin belirlenmesinde, üretim prosesi içerisinde değişikliklere neden olan faktörlerin gözden geçirilmesinde kullanılır. Hedeflenen spesifikasyon değerlerine ne derece uygun üretim yapıldığını gösteren grafiksel bir araçtır (Şen, 1992).

Sınıflandırılan verilerin bir dikdörtgenler dizisi şeklinde gösterilmesidir. Dikdörtgenlerin tabanları sınıf aralıklarını, yükseklikleri ise sınıf frekanslarını yani sınıfa düşen veri sayısını temsil eder. Ölçüm değerlerinin genel eğilimini, hangi değer etrafında toplandığını ve dağılımın sıklığını kolayca görmemizi sağlar. Verilerin gösterdiği değişimin veya sapmaların kuşbakışı görünümünü verir. Aynı malı üreten iki veya daha fazla üretim ünitesinin karşılaştırılmasında da kullanılır.

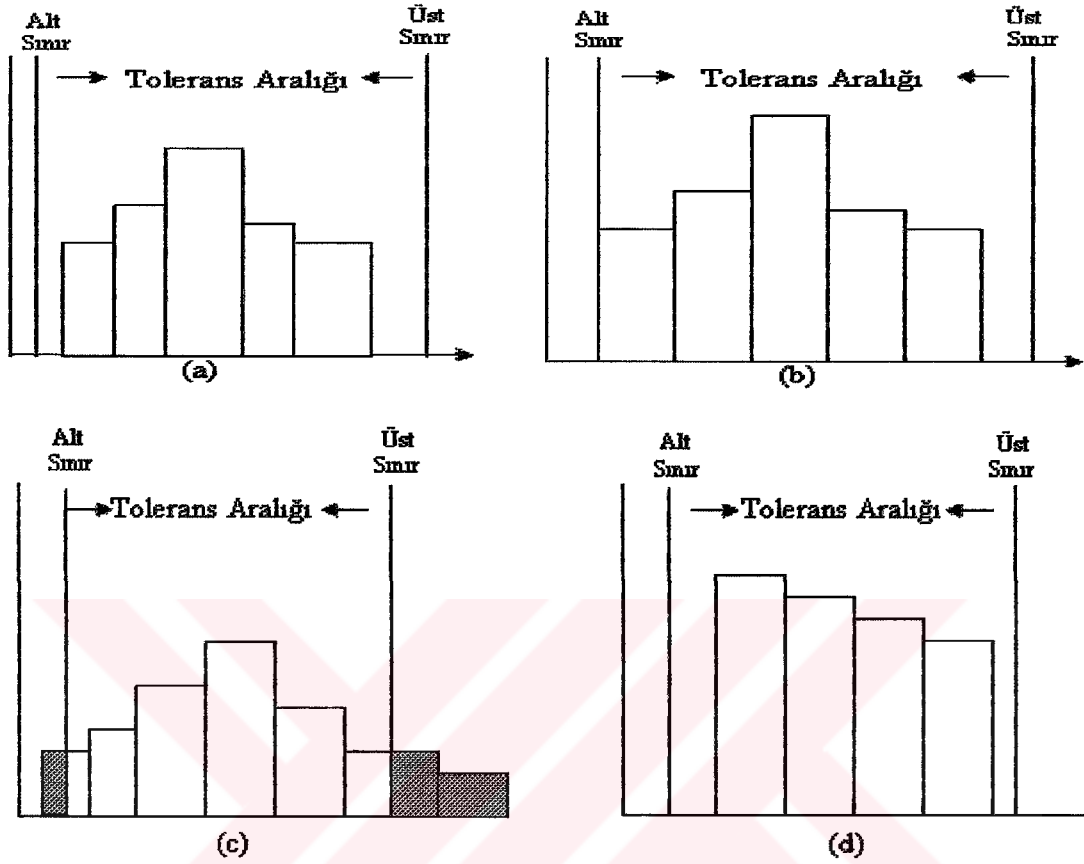
Veriler ne kadar çok olursa ($n \geq 30$) elde edilen histogram gerçeği o derece yansıtır ve sağlıklı bilgiler elde edilir. Oluşturulması ve yorumlanmasında ortalama, mod, medyan, dağılım aralığı, sınıf aralığı, standart sapma gibi istatistiksel araçlardan yararlanır. Konuyla ilgili kişiler gerekli analizleri yaparak değişkenliğin ortadan kaldırılmasını sağlar (Gümüsoğlu, 2000).

Histogram problemi net olarak ortaya çıkarır. Alt ve üst spesifikasyon limitlerinin belirlenmesi ile kabul veya ret edilen üretim miktarları kolayca görülür ve verilerin normal dağılıp dağılmadığı belirlenir. Olayların gelişme seyri izlenir.

İKK da kullanılan histogramlarda aşağıdaki hususlara dikkat edilmesi gerekir:

- Ölçülen özellik sürekli bir değişken olmalıdır. Yatay eksen bunu temsil eder.
- Yatay eksen tek bir değişkene ait ölçümleri gösterir.
- Sınıf aralıkları eşit olmalıdır. Sınıf aralığı = değişim aralığı / sınıf sayısı ile belirlenir. En küçük değer ilk en büyük değer son sınıfta olacak şekilde ayarlanır.
- Sınıf sayısı 5 ile 15 arasında olmalıdır. Bu sayıyı belirlemede Sturges kuralına uyulması tavsiye edilir. $k = 1 + 3,32 \log(n)$ k: Sınıf sayısı n: Veri sayısı
Örneğin 125 verimiz varsa $k = 1 + 3,32 \log(125) = 7,92 \approx 8$ sınıf sayısı vardır.
- Veri grubunun eleman sayısı 50'den az olmaması gerekir. Çünkü veri sayısı azaldıkça sınıf sayısı da azalır. Histogram verilerin gerçek dağılımını yansıtamaz.

Histogramların Yorumlanması



Şekil 2.17. Farklı Prosesler için Histogramlar (Bircan; Özcan, 2003)

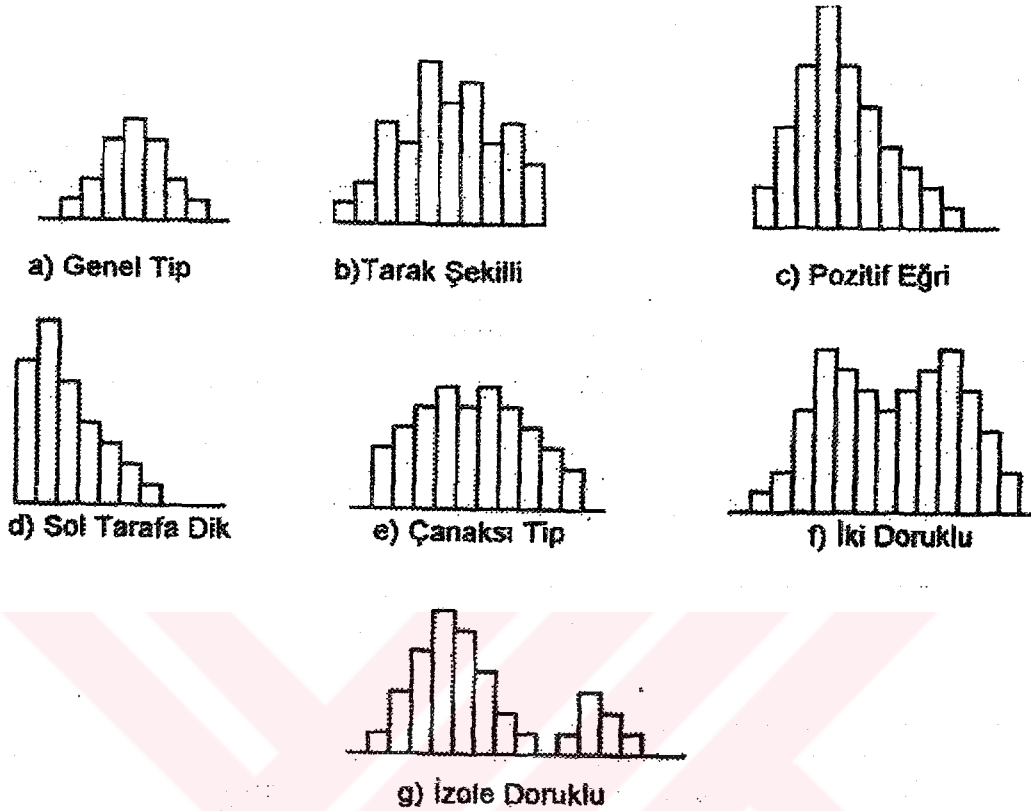
Histogramın etkili bir şekilde kullanılması için üretime ait tolerans sınırları bilinmelidir. Şekil 2.17'deki histogramların yorumları aşağıdaki gibidir:

- Prosesin işleyişi normaldir.
- Proseste yapılabilecek küçük bir değişiklik hatalı üretime neden olabilir. Biraz sağa kayacak şekilde proses ayarlanmalıdır.
- Üretim kontrol altında değildir. Hatalı ürünler söz konusudur.
- Örnekleme hatası yapılmış ve belli bir değerin altında veri yoktur.

Veriler kullanılarak histogram aşağıdaki adımlar takip edilerek hazırlanır:

- Aralık (R) hesaplanır.
- Bölüm aralığı (R'nin eşit aralığa bölünmesi) hesaplanır.
- Frekans tablosu hazırlanır.
- Aralıkların sınırları hesaplanır ve frekans tablosuna yazılır.

- Bölümlerin orta noktası hesaplanır ve frekans tablosuna yazılır.
- Veri tablosu incelenerek frekanslar okunur ve frekans tablosu üzerine kaydedilir.



Şekil 2.18. Histogram Şekilleri

- a) Genel Tip: Histogramın orta değeri verinin genişlik değerinin ortasındadır. Frekans ortada en yüksekte ve sonlara doğru azalır. Şekil simetriktir. Çoğunlukla bu şekle rastlanır.
- b) Tarak Şekil: Veri sayılarının bölümden bölüme değiştiği ya da verinin düzeltilmesinde özel bir eğilim olduğunda ortaya çıkar. Bölüm genişliğinin doğru hesaplanıp hesaplanmadığı ve operatörün ölçek okuması kontrol edilmelidir.
- c) Pozitif (Negatif) Eğri: Histogramın orta değeri genişlik değerinin solunda (sağında) yer alır. Frekans sola (sağa) doğru ani, sağa (sola) doğru ise yavaş bir şekilde azalır. Şekil asimetriktir.
- d) Sol (Sağ) Tarafa Dik: Histogramın orta değeri genişlik merkezinin solunda (sağında) yer alır. Frekans sola (sağa) doğru dik, sağa (sola) doğru ise yavaş bir şekilde azalır. Şekil asimetriktir. Yanlış ölçüm yapıp yapılmadığı, ölçümlerin yeterliliği, ölçüm hatasının olup olmadığı kontrol edilmelidir.

e) Çanaklı Tip: Frekans dağılım aralığı boyunca fazla değişmez. Farklı orta değerlere sahip birçok dağılımın karışımı olduğunda ortaya çıkar. .

f) İki Tepeli: Frekans veri genişliğinin ortasına yakın yerde azalır ve her iki tarafta birer tepe vardır. Orta değerlerin karışımının oluşturduğu bir dağılım olduğunda ortaya çıkar.

g) İzole Tepeli: Genel histograma ek olarak küçük bir izole tepe vardır. Farklı bir dağılımdan küçük bir ek olduğunda ortaya çıkar. Geçmiş dönem verileri incelenerek ölçümlerde bir hata olup olmadığı ve başka bir prosese ait verilerin karışıp karışmadığı kontrol edilmelidir (Bozkurt, 2003).

2.3.4.3. Pareto Diyagramı

İtalyan iktisatçı Vilfredo PARETO gelir dağılımındaki eşitsizliği incelemiş ve belli bir küçük yüzdenin büyük oranda refah payına sahip olduğunu ortaya koymuş bir bilim adamıdır. Pareto analizi bir veri grubunu en yüksek frekanslı sınıftan, en düşük frekanslı sınıfa doğru histogramının çizilmesi ve yorumlanması ile ilgili analizdir (Şen, 1992).

Pareto analizi karar verme aracıdır ve alternatifleri görmemize yardımcı olur. Hatalı ürünler ile buna sebep olan faktörleri sebep-sonuç ilişkisi içinde sistematik olarak inceler, hatalı üretimin birkaç nedenden kaynaklandığını ve bunların dışındaki nedenlerin hatalı üretim üzerinde etkisinin az olduğunu varsayar. Temel sorun belirlendikten sonra sebep-sonuç diyagramı kullanılarak gerçek nedenler araştırılır.

Pareto diyagramı bir olayı etkileyen faktörlerin en önemlisini saptamak ve karar almak için kullanılır. İşletmede geliştirme çalışmalarının ilk basamağıdır. Pareto istatistik analizden sonra çok az insan çok paraya (%80) ve çok insan çok az paraya (%20) sahip olduğu sonucuna varmıştır. Bu sonuca 80/20 kanunu denir. Bu kanuna göre hatalı üretimin %80'i tüm faktörlerin %20'si tarafından ortaya çıkartılır. Örneğin satışların %80'i müşterilerin %20'sine yapılır ve bunlar kilit müşterilerdir (Akkurt, 2002).

Pareto dağılımı olasılık dağılımları içinde yer almaktadır. Maliyet ve hata analizi yapmak için de kullanılır. Bu analizle değişik parçalar için üretim hatalarının direkt işçilik giderlerinin ne kadarını oluşturduğu görülmektedir. Kontrol tablosundaki hata çeşitleri ve sayılarına dayanarak, hata çeşitleri çok rastlanandan az

rastlanana doğru sıralanır ve pareto grafiği oluşturulur. Problemin tanımlanması ve iyileştirme seviyesinin ölçülmesi amacıyla kullanılan bir araçtır (Özdemir, 2000).

Frekans diyagramı gibi faktörleri temsil eden dikdörtgenlerden meydana gelmektedir. Bu iki diyagram arasındaki fark frekans diyagramının yatay ekseninde değerler, pareto diyagramında ise özellikler bulunur ve dikdörtgenler önem derecelerine göre dizilir. Dikey ekseninde ise önceden belirlenmiş hataların oluşma sıklığı, getirdiği maliyet vb. sayısal ölçümler kullanılır. Dikdörtgenlerin üst yatay kenar ortalarından geçen çizgi **pareto dağılım eğrisini** gösterir. Eğri ne kadar içbükey (konkav) olursa o kadar 80/20 kanunu yerine getirilmiş olur.

Pareto diyagramı olayı en çok etkileyen faktörü ortaya çıkarmak için değil faktörlerin analizi için de kullanılır. En önemli faktör ve bunu etkileyen faktörler belirlenir. Bunlara göre yeni bir pareto diyagramı çizilir. Bunun yardımı ile şirkette kalite iyileştirilmesi görsel olarak izlenir. Örneğin bilgisayar üreten işletmede belirli bir sürede meydana gelen hatalar hakkında şu veriler toplanmıştır: Vida eksikliği (%43), kontrol sürücüsü hasarı (%27), çizik gövde (%13), fare eksikliği (%7), disk sürücüsü hasarı (%6), sabit disk hasarı (%4). Bu veriler pareto diyagramında gösterilirse hataların %80'ini vida eksikliği, kontrol sürücüsü hasarı ve çizik gövdeden oluşmuştur. Vida ve gövdeler işletme dışında yapıldığı için ambar memurunun vidaları zamanında alamadığı ve gövdelerdeki çizikler giriş kontrolünün hatalarından kaynaklandığı saptanmıştır. Kontrol sürücüsünün hasarı üretimde makinenin arızası bozulduğundan ileri gelmiştir (Akkurt, 2002; Şen, 1992).

Pareto diyagramında kalite yöneticilerine ve geliştirme ekibine problem tanıtılır. Yöneticilere kritik noktaları tespit edip, gerekli müdahaleleri yapması sağlanır. Yöneticiler hata için bir hedef belirler ve gerekli araştırma projesi önerisini kalite geliştirme ekibinin hazırlamasını ister. Hedefler gerçekçi, ölçülebilir, herkes tarafından kolay anlaşılır ve geçerli olmalıdır. Pareto diyagramının hazırlanmasında aşağıdaki önerilere dikkat edilmesi gerekir (Akkurt, 2002; Şen, 1992)

- Yatay eksenindeki hata tipleri üst yönetimin politikalarına göre seçilmelidir.
- Seçilen alandaki önemli hatalar eksiksiz olmalıdır.
- Dikey eksen hataların görülme sıklığı ve oluşturduğu ek maliyet gibi en az iki ölçüm türü için seçilmelidir.

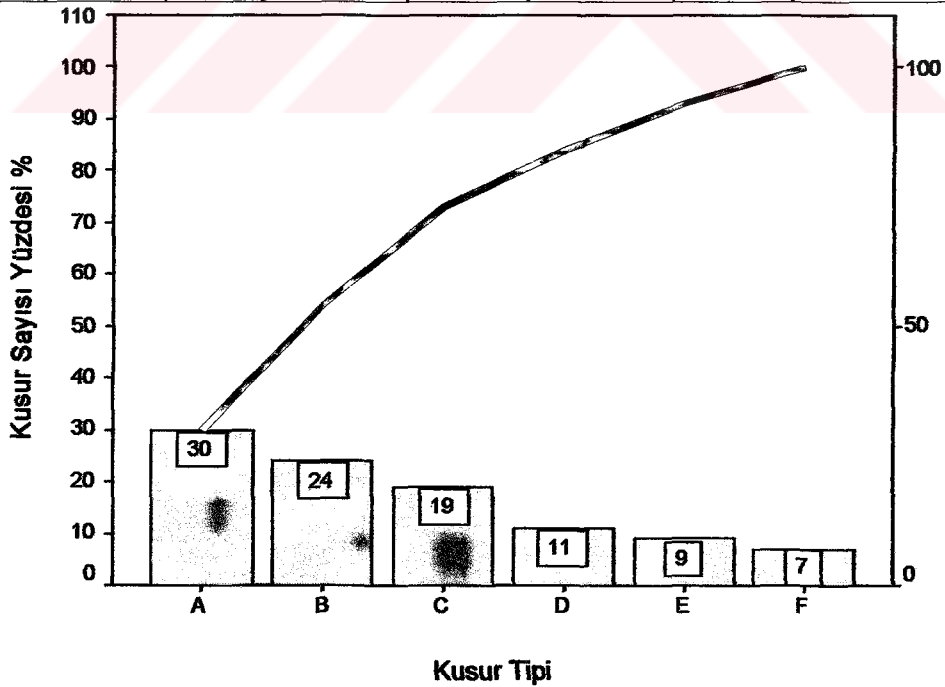
Pareto diyagramının evrelerini 3 ana başlık altında toplayabiliriz:

- Verilerin toplanması (rakamsal veriler ve bilgiler tablolar ile elde edilir.)
- Verilerin sınıflandırılması (büyükten küçüğe doğru sıralanır. % ile gösterilir.)
- Diyagramın çizilmesi.

Örnek: Bir sanayi işletmesinde rastlanılan hata tipleri ve sayıları ile maliyetleri Tablo 2.5'de verilmiştir. Bu verilere göre pareto diyagramını çizerek işletmeciye hataları gidermede nasıl yardımcı olacağını araştırınız?

Tablo 2.5. Hata Sayısı, Maliyet ile ilgili veriler ve Pareto Analizi

Hata Tipi	Hata Sayısı	%	Birikimli Toplam	Hata Tipi	Maliyet	%	Birikimli Toplam
A	60	30	30	D	1800	36	36
B	48	24	54	E	1400	28	64
C	38	19	73	A	700	14	78
D	22	11	84	F	600	12	90
E	18	9	93	B	300	6	96
F	14	7	100	C	200	4	100
Toplam	200	%100		Toplam	5000	%100	



Şekil 2.19. Pareto Diyagramı

Şekil 2.19'a bakıldığında pareto analizi sonucunda toplam hataların %74'ünü oluşturan ilk 3 hatanın maliyetlerde %24'lük ilave artış ile ortadan kaldırılabileceği anlaşılmaktadır.

Grier Diyagramı: Ted Grier pareto diyagramının farklı bir versiyonunu oluşturmuş ve buna Grier diyagramı demiştir. Benzer ürünlerin farklı modellerinde karşılaşılan sorunları karşılaştırmak için geliştirmiştir. Diyagramın etkili kullanılması için uyumsuzlukların büyük bir arakesiti olması gereklidir. Bütün modellerde ortak olan uyumsuzluklar sayılarla, modellere ait uyumsuzluklar harflerle belirtilmiştir. Yatay eksene uyumsuzluk kodları, dikey eksene hatalı yüzdeleri yerleştirilir (Şen, 1992).

2.3.4.4. Sebep-Sonuç Diyagramı

Ishikawa tarafından 1943 yılında geliştirilen bu diyagrama Ishikawa ya da görüntüsü nedeni ile Balık Kılçığı diyagramı da denir. Kalite karakteristiğine etki eden tüm faktörlerin ve ağırlıklarının gösterildiği grafiksel bir araçtır. Gelişimi olumlu yönde etkileyecek faktörler bu diyagram üzerinde gösterilir (Şen, 1992).

Problem hakkında tüm bilinenler ortaya konur ve bilinmeyenlere doğru sistematik bir yaklaşımla problemin çözümü sağlanır. Diyagramın hazırlanması çok kolay olduğundan işçiler kolayca uygulayabilir. Tecrübeli kişilerin deneyimlerinden yararlanır, çalışanların katkısı ve işbirliği sağlanır. Prosesi etkileyen faktörlerin bağlantılarını göstermek için çizilir. Faktörlerin incelenmesi ile sebepler ve sonuçlar ortaya konarak sorunlara çözüm aranır. Belirlenen olası nedenlerden en önemli olanları daire içine alınır ve önlem almak için araştırma yapılır. Bu diyagramın en önemli avantajı çeşitli faaliyetleri bir arada görmesi, aralarındaki ilişkiyi incelemesi ve bölümler arasında haberleşmeyi kolaylaştırmasıdır (Baskan, 1997).

Tüm sebep ve sonuçları anlamada, önemli çözümler bulmada, ne yapılacağına karar vermede, prosesi düzeltmede kullanılır. Fazla ayrıntıya girmeden nedenleri ortaya koyan basit bir diyagramdır. Sorunun nedenlerini sistemli bir biçimde araştırır. Tespit edilen problem sonuç olarak gösterilir. Bu sonuç ana nedenleri inceler. Bunlar beyin fırtınası yöntemi ile tespit edilir.

Genelde ana sebepler beş grupta toplanır.

- Makine (Machine): proseste bulunan tüm önlemleri içerir (yükleme, boşaltma vb)
- İnsan (Man): proseste yer alan tüm insanları temsil eder.
- Yöntem (Method): uygulanan teknoloji ve operasyon planlarını kapsar.

- Malzeme (Material): prodesteki hammadde ve yardımcı malzemeleri gösterir.
- Çevre (Environment): prosesin yer aldığı ortamı açıklar.

Ana sebeplere bazen Yönetim (Management), Bakım (Maintenance) ve Para (Money) eklenir. Çevre haricindeki 7 sebep tüm üretim sistemini etkileyen ana faktörlerdir. Diyagram bittikten sonra grup tarafından diyagram analiz edilir, oylama ile olası sebepler seçilir ve bunlar birer daire ile çevrelenir. Seçilen sebepler 2 veya 3'ü geçmemelidir. Oluşturulan diyagram bazen gerçek nedenleri yansıtmayabilir. Bu nedenle diyagram test edilir ve sebepler analiz edilir. Seçilen sebepler sonucun oluşmasında etkisi yoksa başka sebepler seçilir ve işlem gerçek sebepleri yansıtan diyagram bulununcaya kadar devam eder (Bircan; Özcan, 2003; Hradesky, 1988).

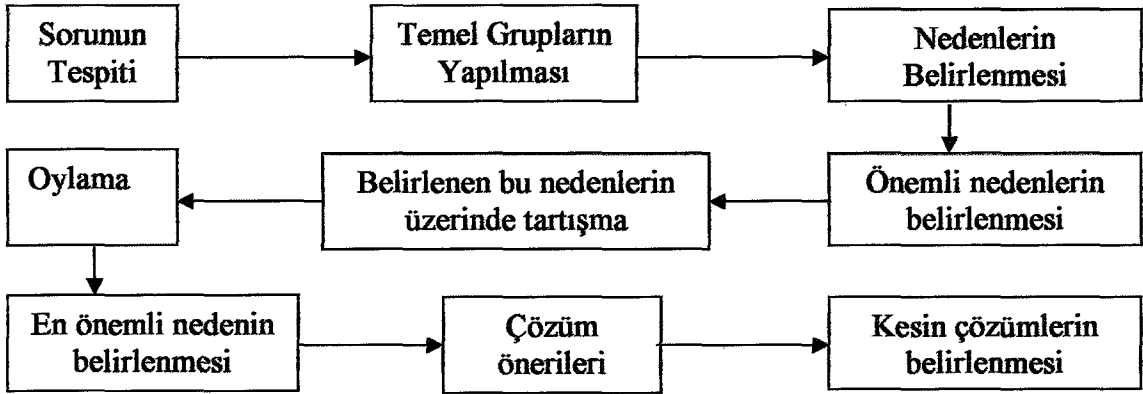
Diyagramın sol tarafında nedenler, sağ tarafında da sonuç yer alır. Bu diyagram aşağıdaki sıra içinde geliştirilir:

- Araştırılacak sorun bir kutu içine alınır ve kalın bir okla gösterilir.
- Soruna sebep olan ana nedenler kutu içine alınarak oka eğik bir şekilde bağlanır.
- Her ana nedenin hataya sebep olabilecek alt nedenleri işaretlenir.
- Tüm alt nedenler tanımlanuncaya kadar diyagram dallandırılır.
- Grup üyeleri beyin fırtınası yöntemini uygulayarak en önemli nedenleri belirler. Beyin fırtınası konu üzerinde fikir oluşturma yöntemidir (Özdemir, 2000).



Şekil 2.20. Sebep-Sonuç (Ishikawa - Balık Kılıçığı) Diyagramı

Bir sebep-sonuç analizi Şekil 2.21'deki şema incelenerek gerçekleştirilir:



Şekil 2.21. Sebebi-Sonuç Analizi

Pareto analizi kantitatif bir yaklaşımla öncelikle hangi problemin ortadan kaldırılmasının gerektiğini belirler. Sebebi-sonuç diyagramı ise probleme etki eden faktörleri ortaya çıkarmayı amaçlayan kalitatif bir yaklaşımdır. KK çalışmalarında sebebi-sonuç diyagramı pareto analizinden sonraki aşamayı oluşturur. Dolayısıyla pareto ve sebebi-sonuç diyagramı birlikte kullanılmalıdır. Problem üzerinde etkili olan en önemli faktörler tespit edilene kadar sürdürülür (Kolarik, 1995).

Sebebi-Sonuç diyagramının yararları (Özdemir, 2000):

- Yönetim sorunlarını çözen aktif bir yöntem geliştirir.
- İletişimi güçlendirir ve herkesin dikkatini bir noktaya toplar.
- Eğitici bir çalışmadır, herkesin bilgisini geliştirir.
- Verilerin toplanmasını ve konuya bilimsel biçimde yaklaşmayı sağlar.
- Konuya olan bilgimizi sınamak için eşsiz bir tekniktir.
- Tüm sorunlara uygulanabilir.

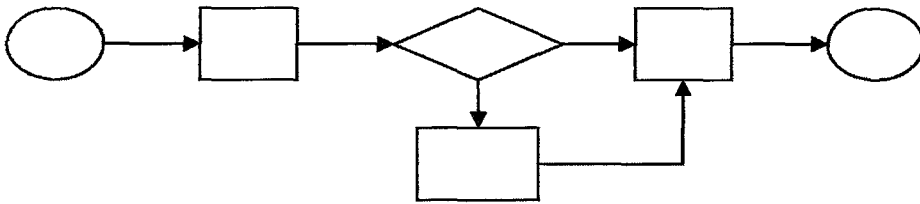
Beyin Fırtınası (Brainstorming): Sebebi-sonuç analizlerinde kullanılarak sorunun sebeplerinin kapsamlı bir şekilde düşünülmesi ve görüşülmesi sağlanır. Beyin fırtınasının uygulama amaçları (Firuzan, 2001);

- Toplantılarda düzeni sağlamak,
- Herkese eşit fırsat vererek yaratıcı fikirlerin oluşumunu gerçekleştirmek,
- Zamanı en verimli biçimde kullanmak ve ortak sorunları belirlemek,
- Önerileri oluşturmak ve uygulamaya karar vermek,
- Yeni uygulamada çıkabilecek sorunları önceden belirlemek,
- Yararlı fikirlerin oluşmasını sağlamaktır.

Ön çalışma hazırlıkları olarak problem açıkça ortaya konur, şüphelerin kalıp kalmadığı ve sorunun olup olmadığı sorulur, problemin kısa bir tanıtımı yapıp tahtaya yazılır, grubun rahat olması sağlanarak önerilerin gelmesi sağlanır. Beyin fırtınasının kuralları şunlardır: Her fikir dikkatlice değerlendirilmelidir. Fikir üretirken abartmalardan kaçınılmalı ve tüm üyelerin anlayacağı biçimde ortaya konmalıdır. Tur sırasına göre her turda sadece bir öneri söylenir ve öneri yoksa pas geçilir. Katılanların önerileri geliştirilmeye çalışılır. Bu kurallar yazılı olarak tahtaya asılır. Oturum kısa sürede yapılmalıdır. Beyin fırtınası çalışması şöyle yapılır:

- Toplantıya katılanların kartlara ikişer veya üçer öneri yazmasına izin verilir.
- Öneriler tahtaya asılır ve üzerinde tartışılmasına izin verilmez. Konularla ilgili 20 saniyeyi geçmeyecek açıklamalara izin verilir.
- Öneriler birinci turda oylanır. Her üye her öneriye bu turda oy verebilir. En çok oy alan öneriler daire içine alınarak işaretlenir. Hiç oy almayan öneriler elenir.
- İkinci tur oylamada her üyenin sadece bir tek oy hakkı vardır. En çok oy alanlar sıralanır (Aslan, 2003).

Proses Akış Diyagramı: Probleme etki eden nedenlerin belirlenmesini kolaylaştıran araçlardan biridir. Takım ruhunun gelişmesine yardımcı olur. Veri toplama, sınıflama, değerlendirme konusunda yönlendiricidir. İnsan veya materyalin hareketlerini basit, anlaşılır ve doğru biçimde anlatan son derece yararlı bir araçtır. Ayrıntıları içeren açık ifadeler bulunduğu için işin anlaşılması kolaydır. Diyagramın etkili bir yönetim aracı olarak kullanılması sebep-sonuç ilişkisinin doğru kurulmasına bağlıdır (Gümüsoğlu, 2000).



Şekil 2.22. Proses Akış Diyagramı

2.3.4.5. Gruplandırma

Hata sebeplerinin araştırılmasında kullanılır. Farklı makinelerden elde edilen ürünler genellikle aynı yerde biriktirilmekte ve kontrolleri daha sonra yapılmaktadır. Bunun sonucu hatalı veya hatasız ürünlerin hangi makinelerden kaynaklandığını

bulmak oldukça zordur. Bu nedenle farklı makinelerden elde edilen ürünleri farklı yerlerde biriktirmek, makineye ait bir olumsuzluğun hemen tespit edilmesini ve hatanın kaynağının bulunmasını sağlar (Özdemir, 2000).

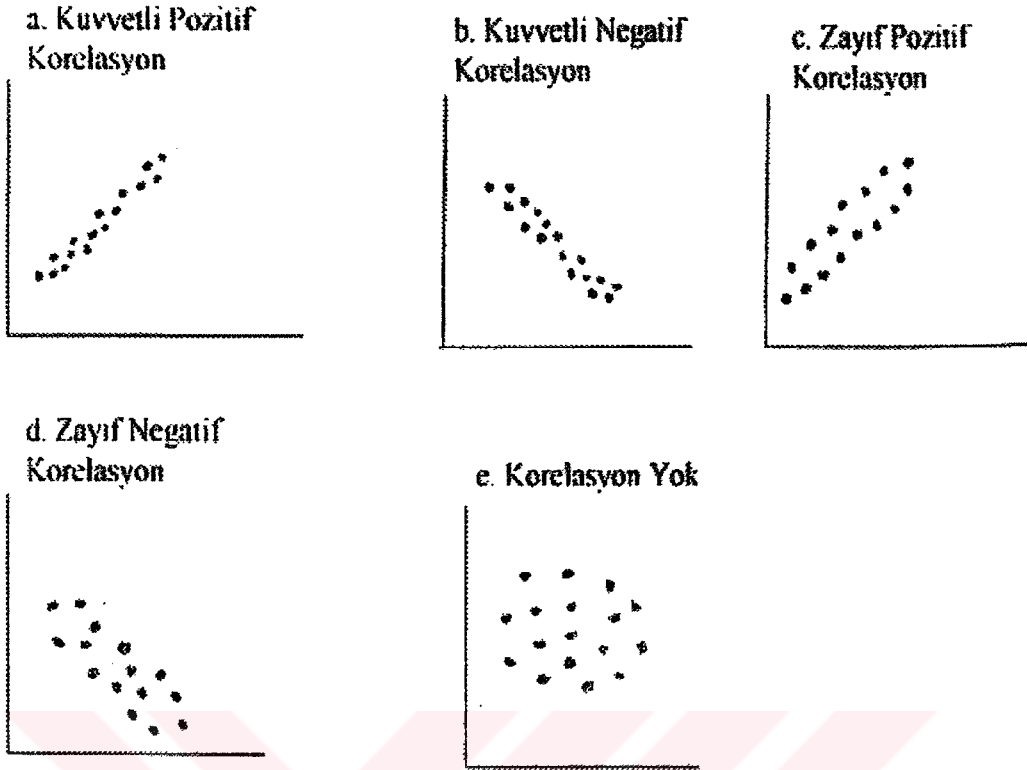
Toplanan verileri belirli özelliklerine göre sınıflara ayırma olan gruplandırma işlemi problemi doğrudan çözmeye yönelik olmayıp diğer tekniklere yardımcı araç niteliğindedir. Kullanım amaçlarını şöyle sıralayabiliriz (Uğur, 1995):

- Sorunları çözmeye yardımcı bir yöntemdir. Kendi başına çözememektedir
- Bilgiler sınıflara ayrılarak daha kolay karşılaştırılmakta ve değerlendirilmektedir
- Sorunları meydana gelmeden önce önleyebilmektedir
- Bir sorunu parçalara ayırıp her parçayı tek tek inceleme prosesidir. Sorunların kaynaklarının belirlenmesinde, olumlu değişikliklerin nedenlerini incelemekte yararlıdır. Veri toplama, pareto, histogram, sebep-sonuç, kontrol çizelgelerin de çok sık uygulanır. Bu tekniklerle birbirini tamamlayan bir özelliğe sahiptir.
- Malzeme, operatör, makine etkisinin incelenmesinde kullanılır.

2.3.4.6. Dağılma (Serpilme) Diyagramı

Sebep-sonuç analizlerinde ve üretilen ürünün kalitesini etkileyen iki özellik arasında ilişki olup olmadığını belirlemek üzere kullanılan bir yöntemdir. Bu ilişki birinci dereceden bir fonksiyon ya da eğriyle ifade edilir. Kalite problemleri çoğunlukla bu ilişkinin bozulması sonucu ortaya çıkar ve ilişki kontrol altına alınarak çözülür. Geleceğe yönelik tahmin yapmak amacıyla kullanılır.

Sebep-sonuç analizi ile kalite problemi üzerinde etkili olabilecek tüm faktörler belirlenir. Dağılma diyagramı ile en etkili faktörler ortaya çıkarılır ve sebep-sonuç diyagramını kaynak olarak kullanır. Belirli bir proseste birbirleriyle ilişkili olarak düşünülen iki veri seti belirli bir diyagram üzerinde incelenir. Bir y değişkeni x değişkenine bağlı olarak değişiyorsa x yatay eksenini y dikey eksenini temsil eder. Her bir x değerine karşılık gelen y değerlerinden oluşan (x,y) ikililerin oluşturduğu noktalar bir dağılma diyagramını temsil eder (Bircan; Özcan, 2003).



Şekil 2.23. Dağılım Diyagramlarının Çeşitleri

- y'deki artışlar x'e bağlıdır. x kontrol altında ise y'de kontrol altındadır.
- x'deki artış y'de azalmaya neden oluyor. y yerine x kontrol altında tutulmalıdır.
- y'ye etki eden x dışında başka faktörler vardır. x arttıkça y daha zayıf artıyor.
- x'deki artış y'de azalma şeklinde bir eğilim ortaya koyabilir.
- x ve y arasında herhangi bir ilişki (korelasyon) yoktur (Uğur, 1995).

Şekil 2.23'deki noktaların en dışta kalanları birleştirildiğinde elde edilen şekil elips ise x ve y arasında doğrusal bir ilişki vardır. Elips inceldikçe ilişki kuvvetlenir, genişledikçe ilişki zayıflar. Bu ilişki bilinirse bu özelliklerden biri kontrol altına alındığında diğeri de kontrol altına alınabilir. Eğer ilişki bilinmezse prosesin kontrol altına alınması amacıyla bir özellikte yapılan ayarlama diğeri kontrolten çıkmasına sebep olabilir (Gümüšoğlu, 2000; Bircan; Özcan, 2003).

Dağılım diyagramın çizimi aşağıdaki aşamalardan oluşur:

- Sebep-sonuç diyagramıyla bağımlı (y) ve bağımsız (x) değişkenler belirlenir.
- Değişkenlere ilişkin veriler toplanarak kontrol tablosuna kaydedilir.
- y ve x değişkeni yerleştirilerek koordinat sisteminde (x_i, y_i) noktalar ile gösterilir.

- Noktaların dağılımına bakılarak iki değişken arasında ilişki olup olmadığı ve ilişkinin gücü tespit edilir. İlişkinin şekli ve yönüne ait bilgi elde edilir. Uygulamada serpilme diyagramı çizmek için 50-100 arasında örnek seçilmelidir.

Sonuçta bağımlı değişken üzerinde etkili olabilecek tüm bağımsız değişkenler için oluşturulan dağılıma diyagramlarından hareketle kalite problemiyle ilgili en önemli faktörler belirlenip, kontrol altında tutularak kalite kontrol altında tutulur.

Korelasyon ve Regresyon Analizi: Bilimsel olarak ilişkiyi bulmak için kullanılır. Korelasyon analizi iki veri arasında ilişki olup olmadığını, Regresyon analizi ise ilişki anında matematiksel bağıntıyı belirler. Bu iki analiz çok kuvvetli birer istatistiksel araç olmalarına rağmen KK alanında yaygın olarak kullanılmaz. Bunun nedeni bu analizlerde oldukça karmaşık hesapların yapılması, uygulamasının zor ve zaman alıcı olmasıdır. İki değişken arasında ilişkinin ne derece güçlü olduğu korelasyon katsayısı hesaplanarak belirlenir. Korelasyon katsayısı Eşitlik 2.4'deki gibi hesaplanır:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}} \quad -1 \leq r \leq 1 \quad (2.4)$$

$r \geq 0$ ise pozitif korelasyon olur yani x arttıkça y artar. $r < 0$ ise negatif korelasyon olur yani x arttıkça y azalır. $r = 0$ ise veriler arası bir ilişki yoktur; $r = 1$ ise tam bir pozitif ilişki; $r = -1$ ise tam bir negatif ilişki vardır.

Regresyon analizi iki veya daha çok değişken arasında denklem şeklinde bağıntıların bulunmasını sağlar. Basit regresyon analizi iki değişken arasındaki bağlantıyı (doğrusal (lineer) veya doğrusal olmayan (eğrisel) şeklinde), çok değişkenli regresyon analizi birçok değişken arasındaki bağlantıyı inceler.

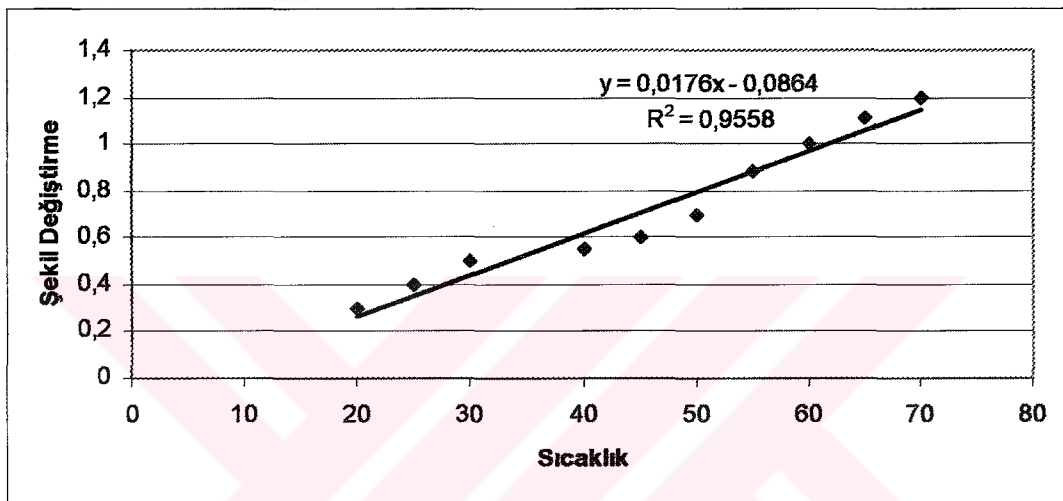
Basit doğrusal regresyon denklemi $y = a_0 + a_1 x$ şeklinde gösterilir. Denklemin a_0 ve a_1 katsayılarına regresyon katsayıları denir ve bunlar belirlenirse denklem belirlenmiş olur. a_0 değeri doğrunun y eksenine ile kesişme noktasını, a_1 değeri doğrunun eğimini verir. Bu katsayıların belirlenmesi için en iyi yöntem en küçük kareler yöntemidir. Bu yöntemin amacı verilerin varsayılan eğriye en iyi uyumunu sağlamaktır. a_0 ve a_1 katsayıları eşitlik 2.5'deki gibi hesaplanır:

$$a_0 = \frac{\sum y \sum x^2 - \sum x \sum xy}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad a_1 = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (2.5)$$

Regresyon doğrusunun verilere uyma derecesi regresyon faktörü denilen ve 0 ile 1 arasında değişen R^2 faktörü ile belirlenir. $R^2 = 1$ ise regresyon doğrusu ile veriler arasında tam bir uyum vardır. $R^2 = 0$ ise regresyon denklemi y değerlerini tahmin etmede yardımcı olamaz.

Örnek: Aşağıdaki tabloda plastikten yapılmış bir parçanın sıcaklığın etkisi altında şekil değiştirmeleri verilmiştir. Bu verilere regresyon analizi uygulanırsa:

Sıcaklık (x)	20	25	30	40	45	50	55	60	65	70
Şekil değiş.(y)	0.30	0.40	0.50	0.55	0.60	0.75	0.88	1.0	1.11	1.2



Şekil 2.24. Regresyon Doğrusu ve Denklemi

KK alanında regresyon analizi ile elde edilen doğrunun grafiğine **eğilim grafiği** denir. Eğilim grafiği kontrol kartlarında ortalama değerin eğilimini görmek için kullanır (Akkurt, 2002;Uğur, 1995).

2.3.4.7. Kontrol Grafikleri

Bir üretimde ürünler birbirinin aynısı olamaz. Değişkenlikler şansa nedenli ya da özel nedenli faktörlere bağlı olarak ortaya çıkar. Kontrol şemaları değişkenliğin şansa veya özel bir faktöre bağlı olup olmadığını ortaya çıkarır. İncelenen örnek grubunun niceliksel ya da niteliksel özelliklere ait değerleri şemanın içine yerleştirilerek prosesin kontrol altında olup olmadığı belirlenir (Gümüşoğlu, 2000).

Prosesin gerçekteştirildiği üretimin kabul edilebilir sınırlar içinde kalıp kalmadığını tespit edip, bu sınırların dışına çıkılması halinde uyarı vererek prosesin tekrar kabul edilebilir sınırlar içine çekilmesini sağlayan ve prosesin istatistiksel anlamda kontrol altında olup olmadığını belirlemek üzere kullanılan bir grafik analiz

yöntemidir. İlk uygulaması 1924 yılında Shewhart tarafından başlatılmıştır. Shewhart yöneticinin hedefi tanımlamasında ve ulaşılmasında bu diyagramların bir araç olarak kullanılabileceğini belirtmiştir. Tasarım aşamasında kalite özellikleri için tolerans limitleri belirlenir. Ağırlık, boyut, şekil vb. özelliklerin önceden belirlenen limitler arasında değişme göstermesi normaldir ama limitleri aşarsa nedenleri araştırılmalı ve prosesin tekrar kontrol altına alınması için düzeltici önlemler alınmalıdır. Bunun için en etkili araç kontrol grafikleridir. Kontrol grafikleri bir sorunun varlığını gösterir, sorun hakkında ipuçları verir ancak sorunun nedenini göstermez.

Kontrol grafiği analiz edilerek proses değişkenliği hakkında tahminde bulunabiliriz. Proses istatistiksel olarak kontrol altında iken alınan veriler geliştirme olanağı sağlayarak proses yeterliliğinin tespit edilmesini sağlar. Burada meydana gelen değişkenliğin başlıca 5 kaynağı vardır:

- Proses: aletin yıpranması, makinenin titreşmesi, elektrik dalgalanmaları vb.
- Malzemeler: yapısı, ölçüsü ve sertliği vb.
- Çevre şartları: ısı, ışık, radyasyon, nem, rutubet vb.
- Operatör: tezgah ayarı, yöntem, beceri, fiziksel ve ruhsal durumu vb.
- Muayene: Yanlış ekipman, kalite standardının yanlış uygulanması, farklılıkların hatalı şekilde rapor edilmesi neden olabilir. Farklılığa personel ve çevre sebep olabilir. Muayeneden kaynaklanan değişim diğer dört kaynağın %10'u kadardır.

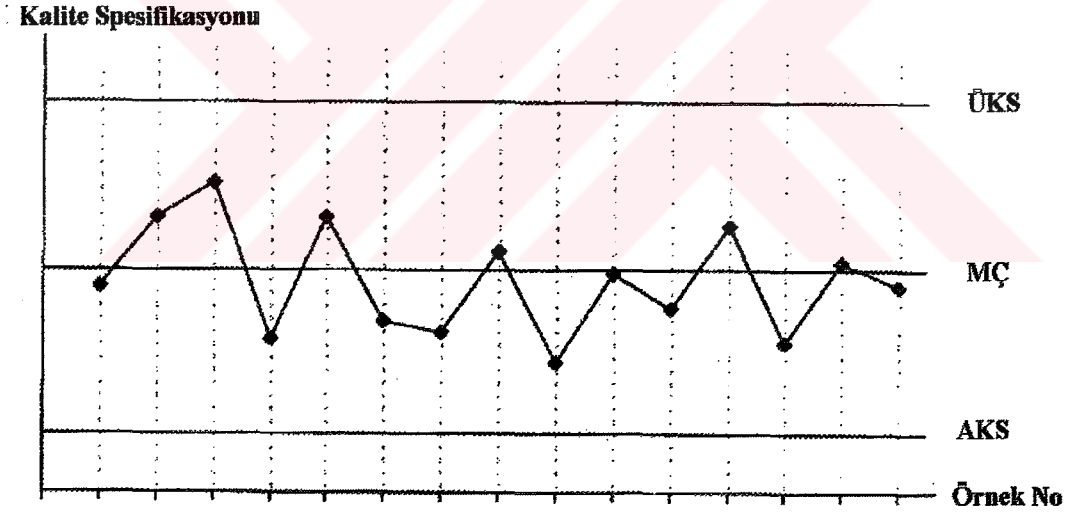
Bu 5 değişkenlik kaynağı beklenen bir şekilde dağıldığında proste tesadüften kaynaklanan değişim oluşabilir. Bir üretimde sadece tesadüfi faktörler rol oynuyorsa değişken normal dağılım gösterir. Dağılım ortalama değer etrafında $\pm 3\sigma$ bir alan oluşturur. Kontrol sınırları prosesin kontrol altında olduğunun kabul edildiği alandır. Bu değer nedeni tespit edilemeyen ve genel nedenlerden kaynaklanan değişkenleri gösterir. ÜKS ve AKS dışında kalan alan nedeni tespit edilen ve özel nedenlerden kaynaklanan değişkenlikleri gösterir. KK'nın ana amacı özel nedenden kaynaklanan değişkenlik problemlerini bulup düzeltmektir. Çünkü üretilen ürünün kalitesinin ortalama değerini veya dağılımını değiştirmektedir (Uğur, 1995).

Üretimin kaliteli kabul edilip edilmeyeceğini spesifikasyon sınırları karar verir. Spesifikasyon sınırları müşteri tarafından belirlenir ve ürünün kaliteli kabul edileceği sınırları ifade eder. Kontrol sınırları üretici tarafından üretim prosesinden hareketle hesaplanarak proses değişkenliğini ortaya koyar (Atilla, 1996).

Proseste özel nedenden kaynaklanan değişkenlik yoksa proses istatistiksel olarak kontrol altındadır ve proses aynen sürdürülür. Ama proseste özel nedenlerin etkisi varsa örnek istatistiklerini gösteren noktalardan en az biri kontrol sınırlarının dışına çıkmıştır. Bu prosesin kontrol dışına çıkmasını sağlar. Bu sebebin araştırılarak ortadan kaldırılması ve prosesin tekrar kontrol altına alınması gerekir (Uğur, 1995).

Kontrol grafikleri ve hipotez testleri arasında yakın bir ilişki vardır. Kontrol grafiği ile prosesin istatistiksel kontrol durumunda olup olmadığı test edilir. Kontrol limitleri için de bir nokta H_0 hipotezi olan “proses istatistiksel olarak kontrol altındadır” hipotezinin red edilmemesini sağlarken, kontrol limitleri dışına çizilen bir nokta H_0 hipotezinin red edildiğini gösterir (Montgomery, 2001).

Kontrol grafikleri üretim prosesinde etkili olan tesadüfi ve sistematik faktörlerin birbirinden ayırt edilmesini sağlayan bir ekran görevi görür. Proses performansını hesaplanan istatistik kontrol sınırıyla karşılaştırarak proses üzerinde değişkenliğe yol açan sistematik sebepleri ortaya çıkarmak amacıyla kullanılan bir grafik analiz yöntemidir.



Şekil 2.25. Kontrol Grafiği

Şekil 2.25'e bakıldığında kontrol grafiğinde merkez çizgi, üst kontrol sınırı (ÜKS) ve alt kontrol sınırı (AKS) olmak üzere üç çizgi vardır. Merkez çizgi üretim prosesinden alınan örnek istatistiklerinin ortalamasıdır. ÜKS ve AKS alınan örneklere ilişkin gözlem değerlerinden hareketle hesaplanan ve merkez çizgiye eşit uzaklıkta bulunan sınırlar olup örnek istatistiklerinin normal dağıldığı varsayımı altında %99,73 güvenilirlikle merkez çizgiye $\pm 3\sigma$ uzaklıktadır (Uğur, 1995).

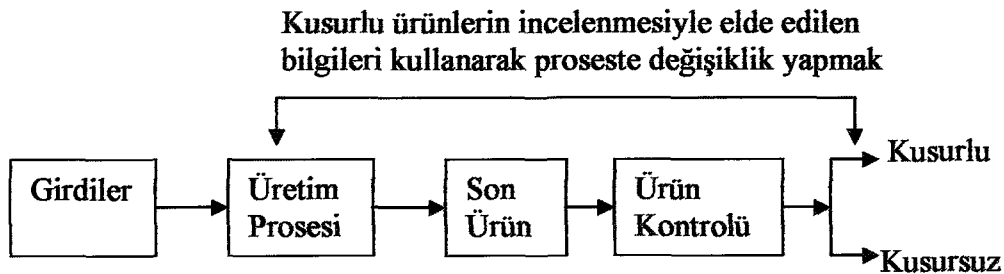
Kontrol grafiklerinin sağlayacağı yararlar aşağıda belirtilmiştir:

- Proses performansının tartışılmasında kullanılan ortak bir dil sağlayarak iletişimi kolaylaştırır. Bu yüzden fazla konuşmak ve açıklama yapmak gereksizdir.
- İşçilere proseste her şeyin yolunda gittiğini kontrol etme olanağı vererek öz kontrol durumu sağlamaya büyük katkı sağlar.
- Kontrol sınırları özel ve genel bozulma nedenlerinin tespit edilmesini sağlayarak hangi sorunların çalışanlar, hangilerinin yönetim tarafından çözüleceğini gösterir.
- Proses istatistiksel anlamda kontrol altında iken performans ve kalite seviyesi tutarlı bir durumdadır. Kontrol grafiğinin sürekli kullanılması değişkenliği ve hata seviyesini azaltarak proses verimliliğinin artışında önemli rol oynar.
- Grafikler proseste istatistiksel kontrol durumu sağlandıktan sonra daha uyumlu çıktılar elde etmek gibi prosesin iyileştirilmesiyle ilgili hedefler için de kullanılır.

2.3.5. İKK'nın Kalite Kontrol Fonksiyonu İçindeki Yeri

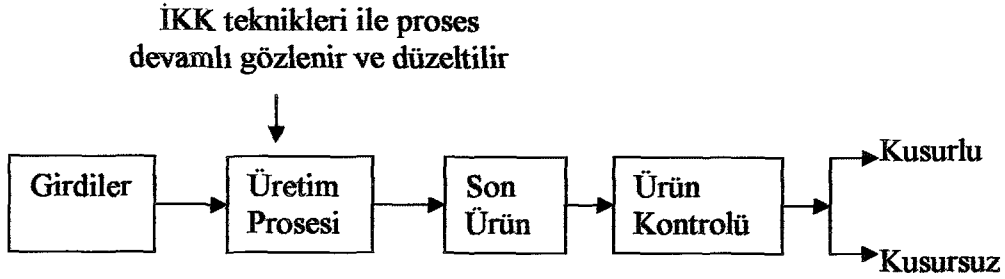
Ürünün kaliteli olması için tasarımın, üretimin, satış sonrası servis ve bakım hizmetlerinin tüketicinin beklentilerini karşılayabilir nitelikte olması gerekmektedir. Kaliteye üretici açısından baktığımızda bir ürünün tasarımının doğru yapılması ve buna uygun üretilmesidir. Bu amaçla geliştirilmiş iki yaklaşım vardır:

Belirleyici KK yaklaşımı: Üretim prosesi tamamlandıktan sonra son ürün üzerinde uygulanan İKK teknikleri ile kalitesiz ürünleri ayırmayı ve bunların müşteriye ulaşmamasını sağlar. Bu oldukça maliyetli, kimi zamanda olanaksızdır. Bu sebeple kitleyi temsil edebilecek nitelikte örnekler seçilir ve elde edilen sonuçlara göre kitleye ilişkin tahmin yapılır. Hatalı ürünlerin üretim prosesi tamamlandıktan sonra tespit edilmesi, sebep olan faktörlerin ortaya çıkarılarak giderilmesi için geçmişe ait analiz yapılır. Etkili olan faktörler kısa süreli değişim gösterdiğinden belirlenmesi zordur ve gerekli düzeltmelerin yapılması gecikir.



Şekil 2.26. Belirleyici Kalite Kontrol Yaklaşımı

Önleyici KK yaklaşımı: Üretim boyunca kontrol işlemini sürdürerek problemleri ortaya çıkarmayı ve hatalı ürün oluşmadan önce proseste gerekli düzeltmeleri yapmayı amaçlar.



Şekil 2.27. Önleyici Kalite Kontrol Yaklaşımı

Son ürün üzerinde yapılan kontrolün etkisi birinci yaklaşıma göre azalmıştır. Çağdaş kalite anlayışı kalitesiz üretime yol açan problemleri önceden saptayıp ortadan kaldırmaktır. Günümüzde maliyetleri düşürücü etkisi nedeniyle bu yaklaşım daha fazla benimsenmiştir.

Sonuç olarak ürünün tasarım aşamasında belirlenen standartlara ve spesifikasyonlara uygun üretilip üretilmediği KK çalışmalarıyla belirlenir. Bu çalışma dört aşamadan oluşur. Veri toplama, değerlendirme, karar verme ve müdahaledir. İlk 3 aşama istatistik yöntemlerin kullanılmasını gerektirdiğinden İKK olarak adlandırılır. İKK çalışmaları üretim prosesine ait verilerin toplanarak düzenlenmesiyle başlar. Sonra veriler istatistik yöntemlerle değerlendirilerek prosesin kontrol altında olup olmadığına karar verilir. Prosesin kontrol dışına çıkması halinde bunun nedenleri araştırılarak tespit edilir. Müdahale aşamasında prosesin tekrar kontrol altına alınmasına çalışılır (Akın, 1996; Beaver; Reinmuth; Mendenhall, 1989).

2.4. Kalite Kontrol Grafikleri

KK da temel amaç özel nedenleri ve proses kaymalarını ortaya çıkarmaktır. Kontrol grafikleri bu amaç için kullanılan proses kontrol yöntemidir. Üretimden belirli ve eşit zaman aralıklarında alınan örneklerden elde edilen ölçüm değerlerinin zaman içerisindeki değişimlerinin gösterildiği grafiklere “**Kontrol Grafikleri**” denir. En önemli yararı üretim prosesinin geliştirilmesidir. Bu grafiklerin yaygın kullanıma nedenleri aşağıdadır (Montgomery, 2001):

- Verimliliğin geliştirilmesinde kullanılan bir tekniktir.
- Hatalı birimlerin üretilmesini önlemede etkindir.
- Gereksiz proses düzeltmelerini önler.
- Proses performansının geliştirilmesi için anlaşılır bilgi sağlar.
- Proses yeterliliğine ilişkin bilgi sağlar.

Kontrol grafiği üretim sırasında meydana gelebilecek özel bir sebebin üretimi etkilemeye başladığı en kısa zamanda ve en az zararlı bir yanılma ile yetkiliye haber verir ama hatayı tespit edip ortadan kaldıramaz. Aksaklığı bulup ortadan kaldırmak usta, teknisyen, mühendis veya benzeri bir başka kişinin görevidir. Aksaklıkların üretimde en kısa zamanda tespit edilip düzeltilmesi çok sayıda hatalı ürünün üretilmesini ve maliyetlerin yükselmesini engeller.

Kontrol grafiğinin amacı proses performansının kabul edilebilir seviyede olup olmadığını belirler. Böylece proseste herhangi bir değişiklik yapıp yapılmayacağı belirlenir. Yönetime proses hakkında bilgi verir. Üretilen en son ürüne bakıldığında elde edilen ölçüm karakteristiği kontrol sınırlarının içerisinde ise prosesin kontrol altında olduğu aksi takdirde en az bir tanesi sınırların dışına çıkmış ise üretime müdahale edilip işlemlerin yeniden incelenerek hatanın bulunması ve gerekli ayarlamaların yapılması gerekir (Bircan; Özcan, 2003).

2.4.1. Kontrol Grafiğinin Hazırlanmasında İzlenen Aşamalar

Bir prosesin istatistiksel anlamda kontrol altında olup olmadığını belirlemek için kullanılan kontrol grafiklerinin çiziminde aşağıdaki aşamalar izlenir:

Kullanım amacının belirlenmesi: İlk olarak standartlara tam olarak uygunluk sağlanması, hatalı üretim sayısının azaltılarak sıfır hatalı üretim yapılması veya müşteri isteklerinin tam olarak karşılanması gibi temel hedefler belirlenmelidir.

Değişkenlerin seçimi: Amaca bağlı olarak kontrol grafiğine konu olacak kalite karakteristikleri belirlenmelidir. Üretimde yüksek hata oranına neden olan kalite karakteristiklerine öncelik verilmelidir. Bunun için pareto analizi kullanılır.

Uygun kontrol grafiğinin belirlenmesi: Kalite karakteristiğinin nicel ya da nitel olmasına bağlı olarak hangi kontrol grafiğinin kullanılacağına karar verilir.

Nicel Shewhart kontrol grafikleri:

- Ortalama (\bar{X}) ve genişlik (R) kontrol grafiği
- Ortalama (\bar{X}) ve standart sapma (s) kontrol grafiği
- Gözlem değerleri (X) ve hareketli genişlik (MR) grafiği
- Medyan (\tilde{X}) ve genişlik (R) kontrol grafiği
- Kümülatif toplam (CUSUM) kontrol grafiği
- Üstel ağırlıklı hareketli ortalama (EWMA) kontrol grafiği

Nitel Shewhart kontrol grafikleri:

- Hata oranı (p) kontrol grafiği
- Toplam hata sayısı (np) kontrol grafiği
- Örnek başına hata sayısı (c) kontrol grafiği
- Birim başına hata sayısı (u) kontrol grafiği
- Kümülatif toplam (CUSUM) kontrol grafiği

Üretim prosesinin hangi açıdan kontrol altında olup olmadığına bağlı olarak da kontrol grafikleri sınıflandırılır. Buna göre;

- Proses ortalaması için \bar{X} , \tilde{X} , X, CUSUM, EWMA
- Proses değişkenliği için R, s, MR
- Hata oranı için p
- Hata sayısı için np, c, u, CUSUM

gibi kontrol grafikleri kullanılır.

Örnek büyüklüğünün belirlenmesi: İKK çalışmalarıyla bir ürünün tasarım aşamasında belirlenen standartlara uygun üretilip üretilmediği araştırılır. Çok sayıda ürünü tek tek incelemek maliyeti ve zamanı arttıracığından KK çalışmalarında genel olarak ürünlerin %100 kontrolü yerine örnekleme başvurulur. Ana kitleyi iyi temsil edecek örnek hacminin ve sayısının belirlenmesi kontrol grafiğinde oldukça önemli bir aşamadır.

Herhangi bir zamanda gerçekleştirilen üretimi temsil etmek üzere oluşturulan örneklerin seçilmesinde iki temel yaklaşım vardır: Birinci yaklaşıma göre bir zaman periyodunda yapılan üretimi temsil eden örnekte yer alacak birimler birbirine mümkün olduğunca yakın seçilmelidir. Örneğin her bir saatlik üretimi temsil etmek üzere beş ürün seçilecekse üretim bandı üzerinde ardışık yer alan ürünler alınır. İkinci yaklaşım ise seçilecek ürünler o zaman aralığında üretimi en iyi temsil edecek şekilde alınmalıdır. Bu yaklaşım için örneğe girecek birimlerin tesadüfi belirlenmesi gerekir. Bu yöntem pratik olmadığından bunun yerine örneğin bir saatlik üretimi temsil eden 5 ürün seçilecekse her 12 dakikada bir üretim bandı üzerinden bir ürün alınır (Grant; Leavenworth, 1996; Gryna; Juran, 1999).

Birinci yaklaşıma göre ürünler birbirine yakın seçildiğinden ölçüm değerleri de birbirine yakın olacaktır. Örneğin homojen olması, değişkenliğin örnekler içinde minimum ve örnekler arasında maksimum olması sağlar. Örnek içindeki değişkenliği ihmal ederek, örnekler arasındaki değişkenliğe yöneldiğinden üretim prosesinde zamana bağlı ortaya çıkan değişkenliğin incelenmesi sağlanır. Böylece örnekler sistematik nedenlerden arındırıldığından üretim prosesinin yeterliliğini temsil etmek için en iyi σ tahmininin elde edilmesi ve proses ortalamasında ortaya çıkacak değişimin ortaya konması da mümkündür. Üretim prosesinin özelliklerine ve kullanılan kontrol grafiğine göre birinci yaklaşımın daha uygun olduğu kabul edilir.

Nicel kontrol grafikleri için örnek hacminin 5, nitel kontrol grafiklerinde 50 ile 200 arasında olması ve örnekten örneğe değişmemesi önerilir. Örnek sayısının 25 olarak uygulanması tavsiye edilir. Örnek birim sayısının artması örnek istatistiğinin ana kitle parametresine ilişkin daha güvenilir tahminler yapılmasını sağlar. Kontrol grafiği çalışmalarında örnek birim sayısının artması aynı sonucu vermekte ve prosese ilişkin daha gerçekçi bilgi elde edilir.

Örnek birim sayısının (n) artması ortalama kontrol grafiklerinde ana kitle varyansı sabit olduğundan ve $\sigma_{\bar{x}} = \sigma/\sqrt{n}$ formülü sonucu standart hata küçüleceğinden kontrol sınırlarının daralmasına, R ve s kontrol grafiklerinde ise örnek sayısının artmasıyla değişkenlik de artacağından kontrol sınırlarının genişlemesine neden olur.

Ölçme Yönteminin Belirlenmesi: Kalite karakteristiğini seçilen örnekler bakımından değerlendirmek için ölçüm yapmak gerekir. Uygun ve güvenilir ölçme yönteminin belirlenmesi, gerekli olan ölçme aletlerinin ve ölçüm kriterlerinin tespit edilmesi

kontrol grafiği analizleri için önemli bir aşamadır. Ürünlerin kalite özelliklerini iki gruba ayırabiliriz:

- **Ölçülebilen kalite özellikleri:** Uzunluk, genişlik, ağırlık, hacim vb. herhangi bir alet ya da cihazla ölçülebilen ve sayısal olarak ifade edilen özelliklerdir.
- **Ölçülemeyen kalite özellikleri:** Kontrol elemanının duyu organlarıyla tespit edebileceği (bozuk, kırık, lekeli vb.) nitel özelliklerdir. Sayısal değer alamayan bu tip kalite özellikleri doğrudan kontrol elemanının değerlendirmesine bağlıdır.

Örneğe ilişkin verilerin toplanması ve kaydedilmesi: Örnek birimlerine ait ölçüm ve değerlendirme sonuçlarının kayıt formlarına kaydedilmesidir.

Örnek istatistiklerinin hesaplanması ve kontrol grafiğinin çizilmesi: Kaydedilen gözlem değerlerinden hareketle örnek istatistikleri hesaplanır. Kontrol grafiğinin merkez çizgisi için örnek istatistiklerinin ortalaması hesaplanır ve kontrol grafiğinde kalın yatay bir çizgi ile gösterilir. Prosesin kontrol altında kabul edileceği sınırlar belirlenir. Üst ve alt kontrol sınırı olarak adlandırılan kontrol sınırları merkez çizgine ± 3 standart hata uzaklıkta bulunur ve normal dağılım varsayımı altında örnek istatistiklerinin %99.73'ünün bu sınırlar içinde yer alması beklenir. Merkez çizgisinden ± 2 standart hata uzaklıkta uyarı sınırları bulunur. Normal dağılım varsayımı altında örnek istatistiklerinin %95.44'ünün bulunması beklenir.

Kontrol sınırları açısından kaliteli ürünün kalitesiz kabul edilme riski oldukça düşük; kalitesiz ürünün kaliteli kabul edilme riski ise yüksektir. Uyarı sınırlarında bu olayın tam tersidir. Benzer şekilde kontrol altında bulunan bir prosesin kontrol dışı kabul edilme riski kontrol sınırlarına oranla uyarı sınırlarında yüksek; kontrol dışında bulunan bir prosesin kontrol altında kabul edilme riski ise uyarı sınırlarına oranla kontrol sınırlarında daha yüksektir.

Kontrol grafiğinin değerlendirilmesi: Kontrol grafiğinin merkez çizgisi ve kontrol sınırları çizildikten sonra örnek istatistiklerini temsil eden noktalar grafik üzerinde gösterilir. Bu noktaların kontrol sınırları içinde kalıp kalmadığına bakılarak prosesin kontrol altında olup olmadığına karar verilir. Bütün noktaların kontrol sınırları içinde bulunması, merkez çizgi etrafında tesadüfi dağılması halinde üretim prosesinin kontrol altında olduğu söylenir. Noktalardan en az birinin kontrol sınırları dışında kalması durumunda prosesin kontrol dışına çıktığı ve proses üzerinde etkili bir sistematik faktörün olduğuna karar verilir.

Üretim prosesinin kontrol dışında olduğunda bu durumun nedenlerinin belirlenerek prosese müdahale edilmesi: Prosesin kontrol dışında olduğu kabul edildiğinde bu kararın tesadüfi faktörlerden kaynaklanmış olabileceği düşüncesiyle önce başka bir örnek grubu oluşturularak prosesin kontrol dışında olması durumunun devam edip etmediği araştırılır. Yeni örnek grubu için proses kontrol dışında kabul edilirse, neden olan faktörlerin tespit edilerek ortadan kaldırılması gerekir.

Üretim prosesinin kontrol dışına çıkması sistemi oluşturan faktörlerde ürün kalitesini bozacak bir değişiklik olması anlamına gelir. Buna neden olan faktörleri belirlemek için pareto ve sebep-sonuç analizleri kullanılır. Bu faktörlerin tespit edilerek ortadan kaldırılmasıyla proses tekrar kontrol altına alınır. Daha sonra bir örnek grubu oluşturularak yeni bir proses ortalaması ve kontrol sınırları belirlenerek prosesin kontrol altına alınıp alınmadığı araştırılır. Sonuç olarak kontrol grafikleri sistematik bir faktörün etkisiyle prosesin kontrol dışına çıktığına ilişkin bir uyarı niteliği taşır. Proses üzerinde bir problemin varlığını işaret eder ama problem hakkında ipucu vermez (Başar, Oktay, 1997; Bircan, Özcan, 2003; Farnum, 1994).

2.4.2. Shewhart Kontrol Grafikleri

Prosesin gerçekleştirdiği üretimin kabul edilebilir sınırlar içinde kalıp kalmadığını tespit edip, bu sınırların dışına çıkılması halinde uyarı veren başka bir deyişle prosesin istatistiksel olarak kontrol altında olup olmadığını belirlemek amacıyla kullanılan bir grafik analiz yöntemidir. Üretim prosesinden alınan örneklere ilişkin istatistiklerin kontrol sınırları içinde kalıp kalmadığına bakılarak prosesin kontrol altında olup olmadığına karar verir.

Shewhart, kontrol grafiğinin aşağıdaki 3 konuda yararlı olacağını söylemiştir.

- Yöneticinin elde etmeye çalıştığı işlem hedefinin belirtilmesinde,
- Bu hedefe ulaşılmasında bir araç olarak kullanılmasında,
- Hedefe ulaşıp ulaşılmadığı hakkında karar verilmesinde kullanılır.

Kontrol sınırları istatistik güven sınırlarıdır. İlgilenilen kalite özelliğine ait ölçüm değerlerinin örnek istatistiği X olsun, ortalaması μ_x ve standart sapması σ_x olmak üzere merkez çizgi ve kontrol sınırları:

$$\text{Üst kontrol sınırı ÜKS} = \mu_x + z \cdot \sigma_x$$

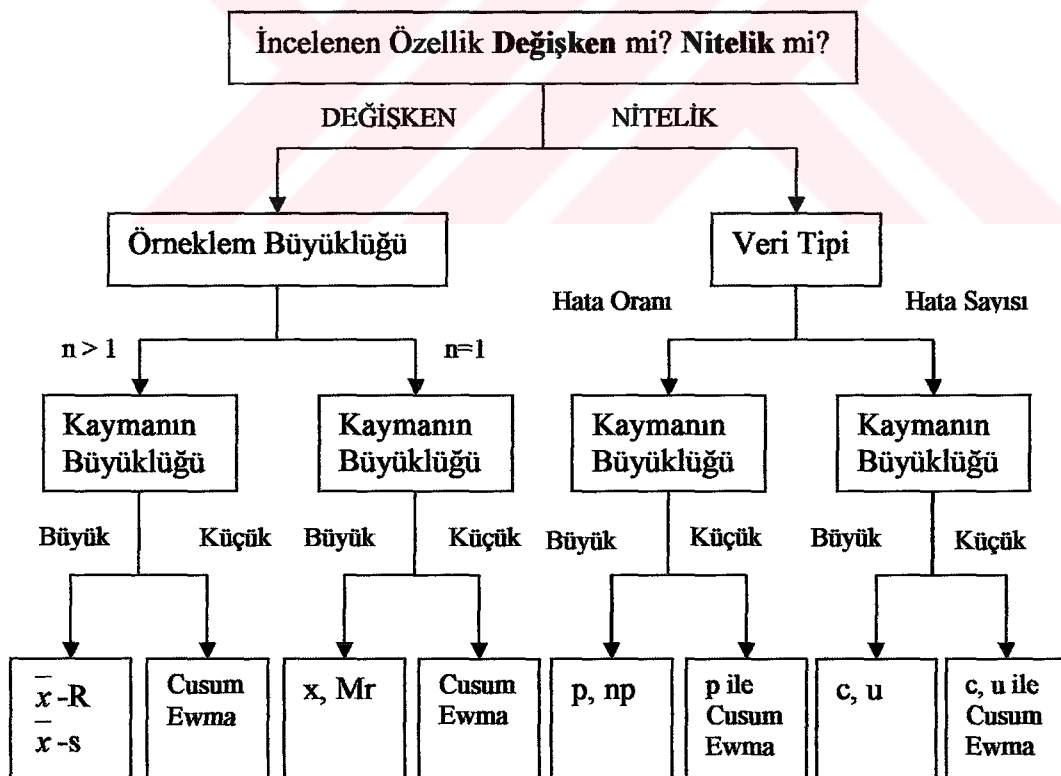
$$\text{Merkez çizgi} \quad \text{MÇ} = \mu_x \quad (z: \text{Merkez çizgiden kontrol sınırlarına olan mesafe})$$

$$\text{Alt kontrol sınırı AKS} = \mu_x - z \cdot \sigma_x \text{ biçiminde ifade edilir.}$$

Tablo 2.6’da ne zaman hangi kontrol grafiğinin kullanılacağı belirtilmektedir.

Tablo 2.6. Kontrol Grafiklerinin Kullanım Şekli (Bircan, Özcan, 2003)

Veri Türü	Hatanın Tanımı	Örneklem Büyüklüğü	Kullanılacak Grafik
Kesikli veri	Hata sayısı	Sabit örneklem büyüklüğü	Hata sayısına ilişkin c grafiği
		Değişken örneklem büyüklüğü	Birim başına hata sayısına ilişkin u grafiği
	Hatalı birim Sayısı	Sabit örneklem büyüklüğü genellikle $n \geq 50$	Hatalı birim sayısına ilişkin np grafiği
		Değişken örneklem büyüklüğü, genellikle $n \geq 50$	Hatalı birimlerin oranına ilişkin p grafiği
Sürekli veri		Örneklem büyüklüğü $n=1$	Hareketli ortalama grafiği
		Örneklem büyüklüğü $n < 10$	\bar{X} -R grafiği
		Örneklem büyüklüğü $n \geq 10$	\bar{X} -s grafiği



Şekil 2.28. Kontrol Grafiklerinin Kullanım Koşulları (Bircan, Özcan, 2003)

Shewhart kontrol grafikleri Şekil 2.28'e göre incelenen kalite karakteristiğinin özelliğine bağlı olarak iki gruba ayrılır. Eğer kalite özelliği ölçülebiliyorsa ve sayısal ifade ediliyorsa bu özellik bir değişken nicelik (hacim, ağırlık vb.) olarak tanımlanır. Bu durumda kalite özelliğini göstermede aritmetik ortalama, standart sapma ve değişim aralığı kullanılır. Bu kontrol grafiklerine “**Değişkenler için Kontrol Grafikleri**” denir. Kalite özelliği sürekli veya sayısal olarak bir ölçek üzerinde ölçülemez ancak hatalı-hatasız olarak sınıflandırılırsa bu kontrol grafiklerine ise “**Özellikler için Kontrol Grafikleri**” denir. Belirlenmiş standartlara ilişkin kontrol grafiği çizildikten sonra yeni örnekler alındıkça kontrol grafiğine işlenir. Böylece proses üzerinde gerekli düzeltmeler yapılır.

2.4.3. Değişkenler için (Nicel) Kontrol Grafikleri

Ortalamayı kontrol etmek için yaygın olarak kullanılan \bar{X} grafiği, prosesin değişkenliğini kontrol etmek için R ve s grafikleri ile ölçümlerin kontrol altında olup olmadığı araştırılır. Bu iki ölçüden hareketle aynı ortalamaya sahip iki örnekten standart sapması veya değişim aralığı küçük olan daha kalitelidir. R grafikleri s grafiklerine göre hesaplanmasındaki kolaylıktan dolayı daha yaygın olarak kullanılır. \bar{X} grafiği s veya R grafiği ile birlikte kullanılır. Çünkü ortalamalar aynı olmakla beraber standart sapmalar büyük olup proses kontrol dışı olabilir. Eğer sadece \bar{X} grafiği kullanılırsa standart sapma veya değişim aralığındaki değişkenlik fark edilemez ve hatalı malların varlığı anlaşılabilir. Sadece s veya R grafiği düzenlenirse ortalamadaki değişim fark edilemez ve hatalı üretimin varlığı anlaşılabilir.

Değişkenler için kontrol grafikleri verilerden maksimum yarar sağlar, proses ortalaması ve değişim aralığı için ayrıntılı bilgi sağlar. Sakıncaları ise personele gerekli eğitim verilmediği prosesin kolay anlaşılması, kontrol ve tolerans limitleri arasında karışıklık yaratmasıdır (Bircan; Özcan, 2003).

Üretim prosesinden alınan örneklerde yer alan birimleri temsil etmek üzere örnek ortalamaları ya da örnek medyanları kullanılarak proses ortalamasının kontrol altında olup olmadığı tespit edilir. Örnek ortalaması ana kitle ortalamasının tahmini olduğundan proses ortalamasını kontrol altında tutmak için genelde aritmetik ortalamadan yararlanılır. Medyan serinin aşırı değerler içermesi halinde aritmetik ortalamaya göre tercih edilir. İKK çalışmalarında örnekler içinde yer alan birimlerin

birbirine yakın değer almaları halinde hesabının kolay olması bakımından medyan aritmetik ortalamaya tercih edilmektedir (Kolarik, 1995).

Kontrol grafikleri için kontrol sınırları belirlenirken standartların bilindiği ve bilinmediği durumları vardır. Uygulamalarda genellikle standartlar bilinmediği için bu çalışmada standartların bilinmediği durumlarda kontrol sınırları incelenecektir.

2.4.3.1. Ortalama ve Genişlik ($\bar{X} - R$) Kontrol Grafiği

Shewhart tarafından geliştirilen ilk kontrol grafiği olup oldukça yaygın bir kullanım alanı vardır. Üretim prosesinden elde edilen ürünlere ilişkin verilerin proses ortalaması ve değişkenliği olmak üzere iki karakteristiği vardır. Bu iki ölçünün bir arada değerlendirilmesiyle proste bir problemin olup olmadığı belirlenir. $\bar{X} - R$ kontrol grafiğinde proses ortalamasının tahmini olarak örnek ortalamalarının ortalaması, proses değişkenliğinin tahmini olarak örnek genişlikleri kullanılır.

Ortalamalarla ilgili \bar{X} grafiği sürekli değişkenlik gösteren yani ölçülebilen ortalamalarda meydana gelen değişimleri izlemede kullanılmaktadır. Değişkenlik sadece tesadüfi nedenlerden meydana gelmektedir. R grafiği örnek içindeki bireysel gözlemlerin değişkenliğini kayıt eder. Bu iki çizim birbirinin tamamlayıcısıdır. Çünkü; bir örnek kabul edilebilir ortalamaya ve ölçümlerin uygun aralığına sahip olmalıdır ki proses kontrol altında olabilsin. Üretimden alınan örneklem hacimleri $n < 10$ olursa \bar{X} grafiği ile birlikte R grafiği kullanılır. Bunun sebebi R değerlerinin hesaplanma kolaylığıdır (Bircan; Özcan, 2003).

R kontrol grafiği: Üretim prosesinden alınan örneklerin maksimum ve minimum gözlem değerleri kullanılarak prosesin değişkenliği kontrol altında tutulur. Bu amaçla prosten 20 veya 25 örnek alınması ve her örneğin 4,5,6 birim içermesi tavsiye edilir. Örnek hacmi sabit tutulmalıdır. Örnek genişliklerinin ortalaması Eşitlik 2.6'daki gibi hesaplanır:

$$\bar{R} = \sum_{i=1}^k R_i / k \quad (2.6)$$

\bar{R} μ_R 'nin sistematik hata içermeyen tahminidir. Proses değişkenliğinin kontrol altında olması halinde örnek genişliklerinin $\mu_R \pm 3\sigma_R$ kontrol sınırları içinde yer alması gerekir (Montgomery, 2001).

σ_R 'nin tahmini $\hat{\sigma} = d_3\sigma_R = \bar{R}d_3/d_2$ biçiminde olup, d_3 ve d_2 örnek hacmine göre değişen katsayılarıdır. R grafiği için kontrol sınırları aşağıdaki biçimde hesaplanır:

$$\begin{aligned}
 \text{ÜKS} &= \bar{R} + 3\hat{\sigma}_R = \bar{R} + 3d_3\sigma_R = \bar{R} + 3d_3\frac{\bar{R}}{d_2} = \bar{R}\left(1 + \frac{3d_3}{d_2}\right) = D_4\bar{R} \\
 \text{MÇ} &= \bar{R} \\
 \text{AKS} &= \bar{R} - 3\hat{\sigma}_R = \bar{R} - 3d_3\sigma_R = \bar{R} - 3d_3\frac{\bar{R}}{d_2} = \bar{R}\left(1 - \frac{3d_3}{d_2}\right) = D_3\bar{R}
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} \text{ÜKS} \\ \text{MÇ} \\ \text{AKS} \end{aligned}} \right\} \mathbf{R}$$

$$1 - \frac{3d_3}{d_2} = D_3 \quad \text{ve} \quad 1 + \frac{3d_3}{d_2} = D_4 \quad (2.7)$$

D_3 ve D_4 değerleri Eşitlik 2.7'deki gibi gösterilir ve çeşitli örnek hacimleri için aldığı değerler Ek 1'de verilmiştir.

k adet örneğin genişlikleri R kontrol grafiği üzerinde gösterilerek proses değişkenliğinin kontrol altında olup olmadığına karar verilir. Prosesin kontrol altında olmaması proses ortalamasının μ_R 'ye eşit olmadığı anlamına gelmektedir. Bu nedenle standart sapmanın bilinmediği durumlarda prosesin kontrol altında kabul edileceği kontrol sınırları örnek genişliklerine göre belirlenir. Örnek genişliklerinin belirlenen kontrol sınırları içinde kalması halinde prosesin kontrol altında olduğuna karar verilir. Bu sınırların dışında kalan noktalar varsa bu noktalara ilişkin örnekler dışarıda bırakılarak kontrol sınırları tekrar hesaplanır. Tüm örnek genişliklerinin içinde yer aldığı kontrol sınırları gerçek kontrol sınırlarını oluşturur ve uygulamada bunlar kullanılır (Bircan; Özcan, 2003; Gitlow; Oppenheim&Oppenheim, 1995).

Kontrol sınırları dışında kalan her nokta proses üzerinde etkili bir sistematik nedenin bulunduğunu işaret eder. Değişim aralığının örnekleme dağılımı simetrik olmadığı için alt ve üst kontrol sınırları ortalamaya göre simetrik değildir. R kontrol grafiğinde alt sınır sıfırdan küçük ise alt sınır kullanılmaz yani sıfır kabul edilir.

\bar{X} kontrol grafiği: Herhangi bir kalite karakteristiğinin grafiksel bir görüntüsüdür ve örnekleme sayısına veya zamana göre çizilir. Proses ortalamasının kontrol altında olup olmadığının belirlenmesinde kullanılır. Kontrol sınırları teorik olarak $\mu \pm 3\sigma/\sqrt{n}$ şeklindedir. μ (proses ortalaması) ve σ (proses standart sapması) değerleri ana kitleye bağlı olduğundan örneklerden tahmin edilir. Hesaplanan kontrol sınırlarının güvenilirliği doğrudan μ ve σ tahminlerinin güvenilirliği ile ilişkilidir.

μ ve σ 'nın doğru tahminini yapmak için iki aşamalı prosedür izlenir. İlk olarak prosesin kontrol altında değişkenliği hesaplanır. Bunun için her bir örnek içinde yer alan en büyük ve en küçük gözlem değerleri arasındaki farkı ifade eden

örnek genişliklerinden (R_i) yararlanır. İkinci olarak örnek genişliklerinin ortalamasından (\bar{R}) hareketle σ 'nın bir tahmini $\hat{\sigma} = \bar{R}/d_2$ formülü ile hesaplanır. σ 'nın iyi bir tahminini elde etmek için $n < 10$ olmalıdır. Bu tahminler 4,5,6 birimden oluşan en az 20-25 örneğe dayanmalıdır. Bu sayede örnekleme ve muayene maliyetlerinin düşük olması sağlanır (Montgomery, 2003).

Ana kitle ortalaması μ ve standart sapma σ bilinmiyorsa prosesin kontrol sınırında olduğu bir zamanda üretimden örnekler alınarak μ ve σ tahmin edilir. μ yerine \bar{x} ve σ yerine de $\hat{\sigma}$ tahmin edici olarak kullanıldığında \bar{X} grafiği için kontrol sınırları aşağıdaki biçimde hesaplanır:

$$\left. \begin{aligned} \text{ÜKS} &= \bar{x} + 3\hat{\sigma} = \bar{x} + 3\frac{\bar{R}/d_2}{\sqrt{n}} = \bar{x} + A_2\bar{R} \\ \text{MÇ} &= \bar{x} \\ \text{AKS} &= \bar{x} - 3\hat{\sigma} = \bar{x} - 3\frac{\bar{R}/d_2}{\sqrt{n}} = \bar{x} - A_2\bar{R} \end{aligned} \right\} \bar{X}$$

$$\hat{\sigma} = \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}} = \frac{\bar{R}/d_2}{\sqrt{n}} \quad \text{ve} \quad \frac{3}{d_2\sqrt{n}} = A_2 \quad (2.8)$$

$\hat{\sigma}$ ve A_2 değerleri Eşitlik 2.8'deki gibi gösterilir. A_2 değerleri çeşitli örnek hacimleri için Ek 1'de verilmiştir.

\bar{X} kontrol grafiği üzerinde kontrol sınırları dışında kalan noktalar varsa prosesin kontrol dışında olduğuna karar verilir. Bu noktalara ait örnekler dışarıda bırakılarak prosesin kontrol altında kabul edileceği sınırlar belirlenir. Tüm örneklerin içinde yer aldığı kontrol sınırları gerçek kontrol sınırlarını oluşturur ve uygulamada bunlar kullanılır (Gitlow; Oppenheim&Oppenheim, 1995).

Kontrol grafikleri ile yapılan İKK çift taraflı hipotez testi olduğundan $\mu + A\hat{\sigma}$ ve $\mu - A\hat{\sigma}$ ile ifade edilen üst ve alt kontrol sınırları aynı zamanda hipotez testindeki ret bölgesi sınırlarını oluşturmaktadır. Bu durumda bir noktanın bu sınırların dışında olma olasılığı yani testin α hatası $\%100 - \%99,73 = \%0,27$ olacaktır. Test edilen hipotez de ana kitle ortalamasının (μ) belirli bir değere sahip olduğu hipotezdir (Bircan; Özcan, 2003).

2.4.3.2. Ortalama ve Standart Sapma ($\bar{X} - s$) Kontrol Grafiği

Örnek birim sayısının artması karşısında σ 'nın tahmin edicisi olarak R 'nin etkinliği s 'ye göre hızla azalmaktadır. Örnek hacminin büyük olduğu ($n \geq 10$) durumlarda ve örnekler içinde yer alan birimlerin homojen olmaması halinde $\bar{X} - s$ kontrol grafiği kullanılır. Alt grup büyüklüğü $n \geq 10$ olduğu zaman s 'nin standart hatası R 'ye göre daha küçük ($\sigma_s < \sigma_R$) olmaktadır. Ayrıca n büyüdükçe uç değerlerin gözlenme olasılığı artmaktadır ve bu uç değerlerden s daha az etkilenmektedir (Gitlow; Oppenheim&Oppenheim, 1995; Gümüsoğlu, 2000).

s kontrol grafiği: \bar{X} kontrol grafiğinin kontrol sınırları, s kontrol grafiğinin merkez çizgisine yani örnek s_i değerlerinin ortalamasına göre hesaplanır. Bu nedenle önce s kontrol grafiği hazırlanıp proses değişkenliğinin istatistiksel olarak kontrol altına alınması gerekir. Bu amaçla üretim prosesinden tesadüfi k adet örnek alındığını ve her bir örneğin n adet gözlem değeri içerdiği varsayalım:

$$\bar{X}_i = \frac{\sum_{m=1}^n X_m}{n} \quad s_i = \sqrt{\frac{\sum_{m=1}^n (X_m - \bar{X}_i)^2}{n-1}} \quad \bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^k s_i}{k} \quad (2.9)$$

Eşitlik 2.9'a göre her bir örneğin ortalaması \bar{X}_i ve standart sapması s_i olacaktır. μ_s 'nin tahmini olarak \bar{S} kullanılır ve merkez çizgiyi oluşturur. Kontrol sınırlarının hesabında kullanılan σ_s ise $\hat{\sigma}_s = \bar{S} \sqrt{1 - c_4^2} / c_4$ formülüyle tahmin edilir. c_4 katsayısı örnek büyüklüğüne bağlı bir sabittir ve n büyüdükçe 1'e yaklaşır. s grafiği için kontrol sınırları aşağıdaki biçimde hesaplanır:

$$\left. \begin{aligned} \text{ÜKS} &= \bar{s} + 3\hat{\sigma}_s = \bar{s} + 3 \frac{\bar{s}}{c_4} \sqrt{1 - c_4^2} = \bar{s} \left(1 + \frac{3}{c_4} \sqrt{1 - c_4^2} \right) = B_4 \bar{s} \\ \text{MÇ} &= \bar{S} \\ \text{AKS} &= \bar{s} - 3\hat{\sigma}_s = \bar{s} - 3 \frac{\bar{s}}{c_4} \sqrt{1 - c_4^2} = \bar{s} \left(1 - \frac{3}{c_4} \sqrt{1 - c_4^2} \right) = B_3 \bar{s} \end{aligned} \right\} s \quad (2.10)$$

$$1 - \frac{3}{c_4} \sqrt{1 - c_4^2} = B_3 \quad \text{ve} \quad 1 + \frac{3}{c_4} \sqrt{1 - c_4^2} = B_4$$

B_3 ve B_4 değerleri Eşitlik 2.10'daki gibi gösterilir ve çeşitli örnek hacimleri için aldığı değerler Ek 1'de verilmiştir:

Örnek s_i değerleri grafik üzerinde gösterilir. Kontrol sınırları dışında bulunan s_i değerleri varsa bunlara ilişkin örnekler dışarıda bırakılarak kontrol sınırları yeniden

hesaplanır. Değişkenliğin kontrol altında kabul edileceği gerçek sınırlar tespit edilmeye çalışılır (Bircan; Özcan, 2003; Gitlow; Oppenheim&Oppenheim, 1995).

\bar{X} kontrol grafiği: \bar{X} kontrol grafiğinin merkez çizgisi örnek ortalamalarının ortalaması alınarak hesaplanır. Örnek ortalamaları $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3, \dots, \bar{x}_k$ ile gösterilirse örnek ortalamalarının ortalaması Eşitlik 2.11'deki gibi hesaplanır.

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{X}_i}{k} \quad (2.11)$$

\bar{X} kontrol grafiğinin kontrol sınırları $\mu \pm 3\sigma_{\bar{X}}$ 'dir ve $\bar{\bar{X}}$ proses ortalaması μ 'nün sistematik hatasız tahminini oluşturur. \bar{X} kontrol grafiğinin kontrol sınırları aşağıdaki biçimde hesaplanır:

$$\left. \begin{aligned} \text{ÜKS} &= \bar{\bar{X}} + 3\hat{\sigma}_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + 3\frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \bar{\bar{X}} + \frac{3\bar{s}}{c_4\sqrt{n}} = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{s} \\ \text{MÇ} &= \bar{\bar{X}} \\ \text{AKS} &= \bar{\bar{X}} - 3\hat{\sigma}_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - 3\frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \bar{\bar{X}} - \frac{3\bar{s}}{c_4\sqrt{n}} = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{s} \end{aligned} \right\} \bar{\bar{X}}$$

$$\hat{\sigma}_{\bar{X}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{\bar{s}/c_4}{\sqrt{n}} \quad \text{ve} \quad A_3 = \frac{3}{c_4\sqrt{n}} \quad (2.12)$$

$\hat{\sigma}_{\bar{X}}$ ve A_3 değerleri Eşitlik 2.12'deki gibi gösterilir. A_3 değerleri çeşitli örnek hacimleri için Ek 1'de verilmiştir.

Örnek hacminin değişken olması durumunda $\bar{X} - s$ grafiği

Üretimden alınan örnekler her zaman aynı büyüklükte olmayabilir. Bu durumlarda \bar{x} ve \bar{s} değerleri hesaplanırken ağırlıklı (tartılı) ortalama yaklaşımı yapılır. k adet örnek alınsın n_i örnek büyüklüğünü, \bar{X}_i ise örnek ortalamasını göstermek üzere genel ortalama ve standart sapmaların ortalaması Eşitlik 2.13'deki gibi hesaplanır.

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i \bar{X}_i}{\sum_{i=1}^k n_i} \quad \bar{s} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (n_i - 1) s_i^2}{\sum_{i=1}^k n_i - k}} \quad i = 1, 2, \dots, k \quad (2.13)$$

Kontrol sınırları düz bir çizgi olmayıp örnekten örneğe değişiklik göstermesi sonucunda her örnek için ayrı ayrı sınırlar kullanılır ve bu durum kontrol grafiğinin

yorumunu zorlaştırır. Bu nedenle \bar{X} - R grafiği yerine \bar{X} -s grafiği tercih edilir. A_3 , B_3 ve B_4 faktörleri örnek hacmine göre belirlendiğinden her örnek için farklı sabitler kullanılacak ve kontrol sınırları da örnekten örneğe değişecektir. Hesaplanan $\bar{\bar{x}}$ ve \bar{s} değerleri kontrol grafiğinin sınırlarını oluşturur. s kontrol grafiğinin kontrol sınırları aşağıdaki biçimde hesaplanır:

$$\text{ÜKS} = B_4 \bar{S}$$

$$\text{MÇ} = \bar{S}$$

$$\text{AKS} = B_3 \bar{S}$$

\bar{X} kontrol grafiğinin kontrol sınırları aşağıdaki biçimde hesaplanır:

$$\text{ÜKS} = \bar{\bar{X}} + A_3 \bar{S}$$

$$\text{MÇ} = \bar{\bar{X}}$$

$$\text{AKS} = \bar{\bar{X}} - A_3 \bar{S}$$

Yukarıda örnek standart sapması için $s = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{n-1}}$ eşitliği kullanıldı. Eğer

$s = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{n}}$ olarak hesaplanırsa c_4, B_3, B_4, A_3 katsayıları yerine c_2, B_1, B_2, A_1

katsayıları kullanılır. Bu katsayıların çeşitli örnek büyüklükleri için alacağı değerler Ek 1'de verilmiştir (Montgomery, 2001).

2.4.4. Özellikler için (Nitel) Kontrol Grafikleri

İncelenen özelliğin ölçülememesi ya da sayısal olarak ifade edilmemesidir. Böyle durumlarda ürün birbiriyle bağdaşmayan iki kategoride toplanarak hatalı-hatasız, uygun-uygun olmayan, kabul edilir-edilemez şeklinde sınıflandırılmalıdır. Böylece üretim prosesini izleyebiliriz. Amaç üretimdeki hatalı oranını (p), toplam hata sayısını (np), örnek başına hata sayısını (c) ve birim başına hata sayısını (u) kabul edilebilir sınırlar içerisinde olup olmadığını belirlemektir. p ve np kontrol grafikleri binom dağılımını, c ve u kontrol grafikleri ise poisson dağılımını temel alır. Örnek büyüklüklerinin sabit olması halinde hepsi kullanılır ancak örnek büyüklükleri değişken olması halinde ise sadece p ve u kontrol grafikleri kullanılır.

Nitel kontrol grafiklerinin avantajları verilerin muayene kayıtlarından elde edilmesi, tüm personel tarafından kolayca anlaşılması ve kalitenin çerçevesinin belirlenmesidir. Sakıncaları ise nicel kontrol grafiklerindeki gibi ayrıntılı bilginin

elde edilmemesi ve ürün için farklı hata dereceleri arasında ayırım yapılmamasıdır. Nicel kontrol grafikleri prosese ilişkin bir portre, nitel kontrol grafikleri ise manzara resmi gibi değerlendirilir (Followell; Oakland, 1990; Kolarik, 1995).

2.4.4.1. Hatalı Oranı (p) Kontrol Grafiği

Hata herhangi bir ürünün kalite özelliklerine uygun olmaması sonucu doğacak her türlü farklılık şeklinde tanımlanır. Hatalı ise istenen kalite düzeyine sahip olmayan ürünleri nitelendirmek için kullanılır. Üretim prosesinin hatalı oranını (Toplam hata sayısı / Toplam ürün sayısı) şeklinde gösterebiliriz (Kolarik, 1995).

Ürün her bir kalite karakteristiği için istenen standartlarla karşılaştırılarak, en az birine uymaması halinde hatalı olarak ayrılır. Böylece prosesin son ürün açısından kontrol altında bulunup bulunmadığının belirlenir ancak hatalı ürünlerin nedenleri analize ilave edilemediğinden prosesi kontrol dışına çıkaran faktörlerin tespit edilmesi güçleşir. Bunların belirlenmesi isteniyorsa her bir kalite karakteristiğinin ayrı ayrı değerlendirilmesi gerekir (Montgomery, 2001).

Üretim prosesine ilişkin p'nin bilinmemesi durumunda hatalı oranın örnek istatistiklerine göre tahmin edilir. Bunun için her biri 20 veya 25 birim içeren k adet örnek çekilir. Prosesin hatalı oranının tahmini olarak örnek hatalı oranlarının ortalaması kullanılır ve Eşitlik 2.14'deki gibi tahmin edilir.

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^k D_i}{k} \quad (2.14)$$

Genelde örnek sayısının (k) 20 ile 30 arasında olması tavsiye edilir ve kontrol sınırları $\bar{p} \pm 3\hat{\sigma}_p$ formülüyle hesaplanır. p bilinmediğinden onun tahmini olan \bar{p} kullanılır ve Eşitlik 2.15'deki gibi tahmin edilir.

$$\hat{\sigma}_p = \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (2.15)$$

p grafiği için kontrol sınırları aşağıdaki biçimde hesaplanır: ($\bar{q} = 1 - \bar{p}$)

$$\text{ÜKS} = \bar{p} + 3\hat{\sigma}_p = \bar{p} + 3\sqrt{\bar{p}\bar{q}/n} = \bar{p} + 3\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n}$$

$$\text{MÇ} = \bar{p}$$

$$\text{AKS} = \bar{p} - 3\hat{\sigma}_p = \bar{p} - 3\sqrt{\bar{p}\bar{q}/n} = \bar{p} - 3\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n}$$

p kontrol grafiğinin uygulanması sırasında örnek hacminin belirlenmesi gerekir. Hatalı oranının çok düşük olduğu proseslerde örnek hacminin yüksek; hatalı

oranının yüksek olduğu proseslerde ise örnek hacminin düşük tutulması önerilir. Nitel kontrol grafiklerinin sağlıklı biçimde uygulanması için örnek hacminin yeterli büyüklükte olması gerekir. Örnek hacminin yetersiz olması halinde örnekte yer alan hatalı sayısı gerçekte olduğundan az tespit edilir ve gerçek hatalı oranı sıfır olmadığı halde \hat{p}_i 'ler sıfır bulunabilir. Bu kontrol grafiğinden sağlanacak bilgiyi sınırlandırır (Carr; Rao, 1996; Farnum, 1994).

Örnek hatalı oranların kontrol sınırları dışında kalması prosesin kontrol dışında olduğunu gösterir. Hatalı oranların yalnız AKS'nin dışına taşması halinde proses kontrol dışı olarak nitelendirilir ama bu istenilen bir durumdur. Çünkü alt sınırın altında yer alan hatalı oranları beklenenden daha iyi bir performans sergilediği anlamına gelir. Bu durumda prosesi kontrol dışına çıkarın sistematik faktörü belirleyerek etkisini devamlı kılmak gerekir (Bircan; Özcan, 2003).

Ürünlerin belli özelliklerinin standartlara uygunluğu yerine bu ürünlerin hatalı olup olmadıklarının araştırılması durumunda procesten alınan örneklerin ortalamaları yerine hatalı oranların kontrol edilmesi uygundur. Bu p grafiği ile yapılır. \bar{X} grafiklerine göre daha az ayrıntılı kontrol cihazları kullanılır, daha ucuzdur ve daha az sıkıcı hesaplamalar gerektirir. \bar{X} ve R grafikleri kadar duyarlı olmadığından gözleme bağlı iyi bir tanı aracı değildir. \bar{X} -s, \bar{X} -R grafiklerine göre burada daha büyük hacimli örnekler alınmalıdır. Bunun için $np > 1$ olacak şekilde n tespit edilmelidir. Mesela $p = \%5$ ise $n > 20$ olması gerekir. Ürün kalitesi, tüm ürünlerdeki hata oranı ile kontrol edilmektedir (Başar; Oktay, 1997; Farnum, 1994).

2.4.4.2. Toplam Hatalı Sayısı (np) Kontrol Grafiği

np kontrol grafiği bir üretim prosesinin üretilen hatalı birim sayısı bakımından kontrol altında olup olmadığını belirlemek amacıyla kullanılır. Örnek hacminin sabit kalması halinde kullanılır. Çünkü örnek hacminin değişkenlik göstermesi durumunda örneğin toplam hatalı sayısı değişken olacaktır. Buna bağlı olarak kontrol grafiğinin merkez çizgisi ve kontrol sınırları her örnek için ayrı ayrı belirlenecektir. Bu grafiğin yorumunu güçleştirdiğinden örnek hacminin değişkenlik göstermesi halinde p kontrol grafiği tercih edilir (Berenson; Levine, 1996).

Standartların bilinmemesi durumunda prosese ilişkin hatalı sayısının çekilen örneklerden hareketle tahmin edilmesi gerekir. Örnek hatalı sayıları ortalaması ve standart hatası Eşitlik 2.16'daki gibi tahmin edilir.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^k X_i}{k} \text{ veya } \bar{X} = n\bar{p} \quad (\bar{p} = \frac{\sum p_i}{n}, \bar{q} = 1 - \bar{p}) \quad \hat{\sigma}_{np} = \sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} \quad (2.16)$$

np grafiği için kontrol sınırları aşağıdaki biçimde hesaplanır:

$$\text{ÜKS} = n\bar{p} + 3\hat{\sigma}_{np} = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}\bar{q}} = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$$

$$\text{MÇ} = n\bar{p}$$

$$\text{AKS} = n\bar{p} - 3\hat{\sigma}_{np} = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}\bar{q}} = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$$

Örnek toplam hatalı sayıları np kontrol grafiği üzerinde gösterilerek prosesin kontrol altında olup olmadığı belirlenir. Prosesin kontrol altında bulunduğu kabul edilirse bu sınırlar gerçek kontrol sınırlarıdır. Aksi takdirde kontrol dışı noktalar dışarıda bırakılıp hesaplamalar tekrar edilerek prosesin kontrol altında bulunduğu kontrol sınırları belirlenmeye çalışılır (Kolarik, 1995).

np kontrol grafiği p kontrol grafiğinin örnek hacmi kadar genişletilmiş halidir. Uygulama açısından hesabının kolay olmasından dolayı np kontrol grafiği tercih edilir. Örnek oranlarının hesaplanmasına gerek duymadığı için bu grafik p grafiğine göre daha kolaydır ama şekil olarak aynıdır. Ürün kalitesi sabit sayıdaki örnek içinde hatalı parça sayısı ile kontrol edilmektedir (Grant; Leavenworth, 1996).

2.4.4.3. Örnek Başına Hata Sayısı (c) Kontrol Grafiği

Üretim prosesinin hata sayısı bakımından kontrol altında olup olmadığını araştırmak için kullanılır. Bu grafik ürünün kompleks ya da üretimin sürekli olması halinde tercih edilir. Üretim prosesi içinden periyodik olarak kontrol üniteleri seçilerek içerdikleri hata sayıları belirlenir. Kontrol ünitesi tek bir ürün veya ürün grubundan oluşabileceği gibi üretimin sürekli olması halinde sabit ölçüde üretim miktarından meydana gelir. Kontrol ünitesi doğrudan bir üretim birimi olabileceği gibi birçok ürünün bir arada yer aldığı bir örnek de olabilir. Burada önemli olan kontrol ünitesinin sabit tutulmasıdır. Kontrol ünitesi proses çıktısının sabit büyüklükte bir parçasıdır (Carr; Rao, 1996).

Kontrol üniteleri itibariyle hata sayılarına ilişkin dağılımın poisson dağılımına uyduğu varsayılır. Belirli ve oldukça dar bir zaman aralığında az rastlanır olaylar poisson dağılımı gösterir. Poisson dağılımının kullanılabilmesi için iki ayrı zaman aralığında ortaya çıkan olayların birbirinden bağımsız ve tanımlanan aralıkta

ilgilenilen olayın ortaya çıkma olasılığının sabit ve 0,05'den küçük olması koşullarının sağlanması gerekir (Bircan; Özcan, 2003; Montgomery, 2001).

c kontrol grafiği üzerinde kontrol ünitelerine ilişkin hata sayıları (c_i) gösterilerek prosesin kontrol altında olup olmadığına karar verilir. Hata sayısına ait standartların bilinmemesi durumunda kontrol ünitelerinden elde edilen bilgiler kullanılarak tahmin edilir. Hata sayılarının beklenen değeri hata sayılarının ortalaması alınarak $\bar{c} = \sum_{i=1}^k c_i / k$ hesaplanır ve bu değer c kontrol grafiğinin merkez çizgisini oluşturur. Standart hatası $\hat{\sigma}_c = \sqrt{\bar{c}}$ formülüyle tahmin edilir. c kontrol grafiğinin alt kontrol sınırının negatif değer alması halinde sıfır kabul edilir. c kontrol grafiğinin kontrol sınırları aşağıdaki biçimde hesaplanır:

$$\text{ÜKS} = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$$

$$\text{MÇ} = \bar{c}$$

$$\text{AKS} = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$$

Kontrol ünitelerine ilişkin hata sayıları (c_i) grafik üzerinde gösterilerek hiçbir noktanın kontrol sınırları dışında kalmaması durumunda prosesin kontrol altında olduğuna karar verilir ve hesaplanan sınırlar gerçek kontrol sınırlarıdır. Dışında kalan noktalar varsa proses kontrol dışında kabul edilir ve bu noktalara ilişkin kontrol üniteleri çıkarılarak prosesin kontrol altında kabul edileceği kontrol sınırları elde edilir. Poisson dağılım fonksiyonu kullanılarak kontrol ünitesinde karşılaşılabilecek hata sayılarına ilişkin olasılıklar da hesaplanır. c kontrol grafiğinin sağlıklı olması için örneklem büyüklüğü sabit olmalıdır. Ürün kalitesi örnekteki hata sayısı ile kontrol edilir (Followell; Oakland, 1990; Montgomery, 2001).

2.4.4.4. Birim Başına Hata Sayısı (u) Kontrol Grafiği

c kontrol grafiği üretim prosesinden tesadüfi çekilen kontrol ünitelerine ait hata sayılarını dikkate alır ve grafiğin sağlıklı olması için örneklem büyüklüğünün sabit olması gerekir. Kontrol ünitelerinin sabit olmaması halinde her kontrol ünitesinin genişliğini bir ağırlık gibi değerlendirerek birim başına hata sayısı hesaplanır. Böyle proseslerde u kontrol grafiği kullanılır (Farnum, 1994).

i. örneğin birim başına hata sayısı $u_i = c_i / n_i$ ($i = 1, 2, \dots, k$) biçiminde hesaplanır. k adet kontrol ünitesi için ortalama olarak birim başına hata sayısı

$\bar{u} = \sum_{i=1}^k u_i / k$ formülü ile hesaplanır. Kontrol ünitelerine ilişkin hata sayılarının dağılımı

λ parametrelili bir poisson dağılımı gösterir ve $\lambda_i = n_i \bar{u}$ şeklinde her kontrol ünitesi için farklı değer almaktadır. Örnek kontrol üniteleri hata sayılarının ortalaması $\bar{c}_i = n_i \bar{u}$ ve standart hatası $\sigma_{c_i} = \sqrt{n_i \bar{u}}$ olacaktır. u kontrol grafiğinin kontrol sınırları aşağıdaki biçimde hesaplanır:

$$\text{ÜKS} = n_i \bar{u} + 3\sqrt{n_i \bar{u}}$$

$$\text{MÇ} = n_i \bar{u}$$

$$\text{AKS} = n_i \bar{u} - 3\sqrt{n_i \bar{u}}$$

Bu sınırlar kontrol ünitesinin genişliğine bağlı değişmektedir. Bu durum merkez çizgisi ve kontrol sınırlarının düz bir çizgi olmayıp sürekli değişmesi sonucu kontrol grafiğinin yorumunu güçleştirmektedir. Bu zorluğu ortadan kaldırmak için kontrol sınırları formülünü n_i 'ye bölerek aşağıdaki sınırlar elde edilir:

$$\text{ÜKS} = \bar{u} + 3\sqrt{\bar{u}/n_i}$$

$$\text{MÇ} = \bar{u}$$

$$\text{AKS} = \bar{u} - 3\sqrt{\bar{u}/n_i}$$

Böylece merkez çizgisi sabit, kontrol sınırları değişen u kontrol grafiği elde edilir. Ancak kontrol sınırlarının değişiklik göstermesi her kontrol ünitesi için ayrı ayrı yorum yapmayı gerektirir. Üretici işletmenin hedefi hatasız üretim yapmak olduğundan birim başına hata sayısına ait standart önceden belirlenmemektedir. Dolayısıyla u kontrol grafikleri için yalnız standartların bilinmemesi durumu söz konusudur. Amaç birim başına hata sayısını en alt düzeyde tutarak prosesin kontrol altında olmasını sağlamaktır. Ürün kalitesi değişken örnekler üzerindeki hataların oranı ile kontrol edilmektedir (Bircan; Özcan, 2003; Montgomery, 2001).

2.4.5. Shewhart Kontrol Grafiklerinde Karar Kriterleri

Örnek istatistiklerine ilişkin noktaların kontrol sınırları içinde bulunması ve merkez çizgi etrafında tesadüfî dağılması halinde prosesin kontrol altında olduğunu, noktalardan en az birinin kontrol sınırları dışında kalması ya da sistematik bir dağılıma sahip olması durumunda prosesin kontrol dışında olduğunu belirtmiştik. Prosesin kontrol altında olup olmadığını belirlemek için başka kriterler de vardır.

- Ardışık 9 noktanın merkez çizginin aynı tarafında yer alması
- Ardışık 6 noktanın sürekli eğilim şeklinde artıyor ya da azalıyor olması
- Ardışık 3 noktadan 2 tanesinin kontrol sınırları içinde bulunmakla beraber uyarı sınırlarının dışında yer alması
- Ardışık 5 noktadan 4 tanesinin merkez çizginin aynı tarafında yer alması ve ± 1 standart hata sınırlarının dışında bulunması
- Bütün noktaların merkez çizgiye çok yakın olması
- Ardışık 11 noktadan 10 tanesinin merkez çizginin etrafında yer alması
- Ardışık 10 noktadan 9 tanesinin ± 1 standart hata sınırlarının içinde kalması

Bu kriterler Shewhart kontrol grafikleri için genişletilmiş karar kriterleri olarak bilinmektedir. Değişkenler için kontrol sınırlarının altındaki ve üstündeki değerler sorun olarak yorumlanır. Fakat özellikler için kontrol sınırlarının üstündeki değerler sorun olmaktadır. Çünkü kontrol sınırının üstünde çıkan değerler ile hata oranının arttığı, altında çıkan değerler ile hata oranının azaldığı varsayılır. Ayrıca kontrol sınırının yakınlarına düşen noktalar değişkenler ve özellikler için prosesin kararsız olduğunu gösterir. Ama özellikler için kontrol sınırına noktalar yaklaştıkça hatanın azaldığı varsayılır (Grant; Leavenworth, 1996; Montgomery, 2001).

2.4.6. Shewhart Kontrol Grafiklerinin Avantaj ve Dezavantajları

Nicel Kontrol Grafikleri

\bar{X} - R ve \bar{X} - s kontrol grafikleri bir prosesin değişkenliğini ortaya koymak bakımından çok uygundur ama karmaşık ve uzun hesaplamalar gerektirmesi, proseste meydana gelecek değişikliklere yavaş tepki vermesi ve tolerans sınırlarıyla kontrol sınırları arasında doğrudan ilişki bulunmaması gibi sakıncalar vardır. Ayrıca prosese ilişkin sağlıklı bilgi almak için örnek hacminin belirlenmesi gerekir. Örnek hacminin $2 \leq n \leq 5$ olması halinde örnek genişliklerinin kullanılması yeterli sonuç verirken $n \geq 6$ olması durumunda örnek standart sapmalarının kullanılması gerekir.

Niteliksel verilere dayalı kontrol grafikleri bir ürünün belirli standartlara uyup uymadığını belirtmektedir. Ölçümleri kullanan niceliksel kontrol grafikleri kadar güçlü ve açıklayıcı değildir. Niteliksel kontrol grafiği ürünün standartların üstünde veya altında olup olmadığını söylemezken niceliksel kontrol grafikleri bunu belirtmektedir. Üretim prosesinin iyileştirilmesi için niceliksel verilere dayanan kontrol grafikleri daha yararlıdır (Gitlow; Oppenheim&Oppenheim, 1995).

Nitel Kontrol Grafikleri

p kontrol grafiği birkaç kalite karakteristiğini bir arada değerlendirdiğinden son ürün düzeyinde yapılacak KK çalışmalarında kullanılır. Ancak kalite düzeyinin çok yüksek olduğu başka bir deyişle hatalı üretim oranının çok düşük kaldığı proseslerde büyük örnek hacmine ihtiyaç duyduğundan kullanım alanı sınırlıdır. np kontrol grafiğinin oluşturulması p grafiğine göre kolay olduğundan tercih edilmekte ama örnek hacminin sabit tutulması koşulu uygulama açısından sıkıntı yaratmaktadır.

c kontrol grafiğiyle üründe karşılaşılacak birçok hatayı bir arada değerlendirmek mümkündür ancak kontrol ünitelerinin sabit tutulması koşulu ve kalite düzeyinin yüksek olduğu proseste daha geniş kontrol ünitelerine ihtiyaç duyması nedeniyle kullanım alanı sınırlıdır. u kontrol grafiği kontrol ünitelerinin değişkenlik göstermesi durumunda c kontrol grafiğinin alternatifidir. Ancak kalite düzeyi yüksek proseslerde geniş kontrol ünitelerinin kullanılmasını gerektirdiğinden uygulama açısından sıkıntı yaratmaktadır.

Üretim prosesinden alınan örneklere ilişkin istatistiklerden en az birinin kontrol sınırları dışında olması durumunda prosesin kontrol dışında olduğuna karar verilir. Bu Shewhart kontrol grafiklerinin zayıf yönlerinden biridir. İkinci olarak merkez çizgisinin bir tarafında yedi örnek istatistiği varsa prosesin kontrol dışında olduğu kabul edilir. Ardışık dokuz nokta prosesin bağımlı olduğunun göstergesi olarak değerlendirilir. Ayrıca proseste meydana gelecek $1,5\sigma$ veya daha az proses sapmalarına karşı yeterince duyarlı değildir (Kolarik, 1995; Montgomery, 2001).

Shewhart kontrol grafiklerine yöneltilen bu eleştiriler karşısında bir prosesin kontrol altında olup olmadığını belirlemek için kullanılacak alternatif kontrol grafikleri geliştirilmiştir. Bunlar arasında kümülatif toplam kontrol grafiği (CUSUM) ve üstel olarak ağırlıklandırılmış hareketli ortalama kontrol grafiği (EWMA) kontrol grafikleri yer almaktadır (Godfrey; Stephens; Wodsworth, 1996).

2.4.7. Proses Yeterliliği

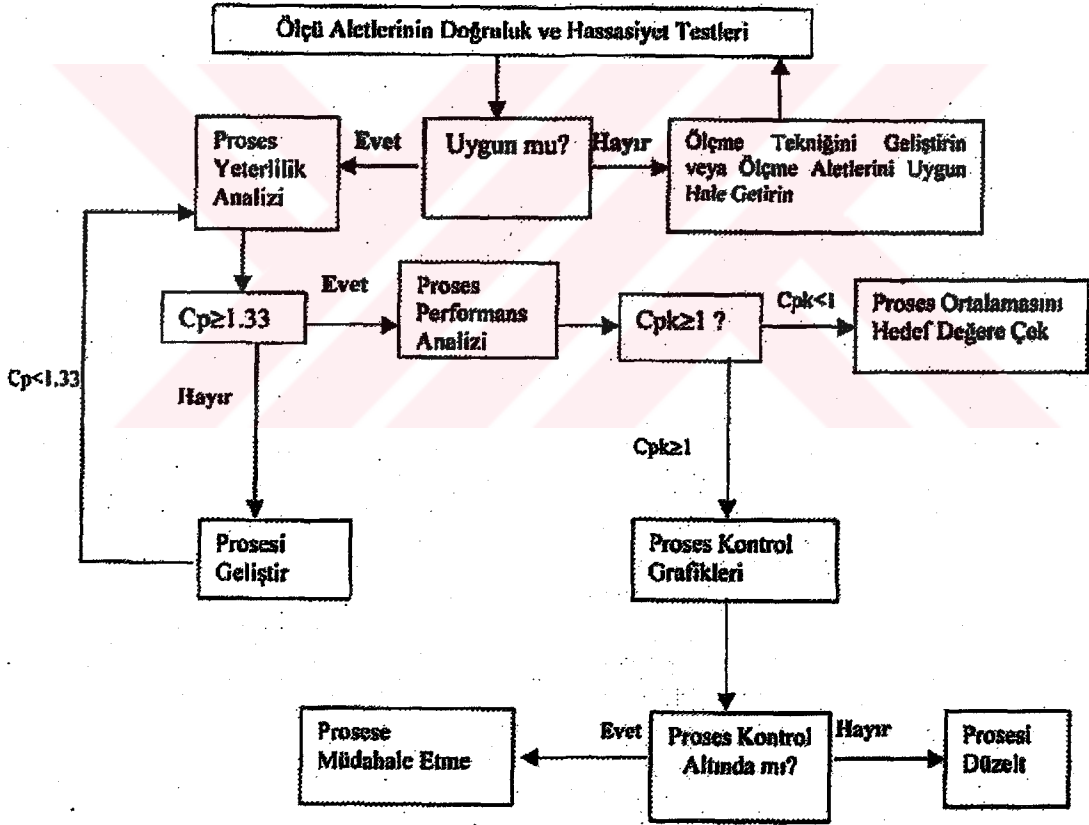
Proses bir ürün veya hizmeti üretmek için gerek duyulan aşamaların tamamından oluşur. Bir başka ifadeyle proses insan, makine/ekipman, hammadde, üretim metodu ve üretim ortamından bir ürün elde etmek üzere birlikte çalışılmasıdır. Proses kapasitesi ise belli bir zaman periyodunda ürün veya hizmeti belirtilen özelliklere göre üretmek için proses yeterliliğini ifade eder. Herhangi bir prosesin

yeterliliğini belirlemeden önce prosesdeki değişimin kararlı olması gerekir. Yani prosesin kontrol altında tutulması gerekir.

İKK proseste var olan değişkenliği tespit ederek bunun en az seviyeye indirilmesini sağlar. İKK ile üretim prosesinin önceden belirlenmiş spesifikasyon ve standartlara uygun bir şekilde devam edip etmediği araştırılır. İKK teknikleri kullanılarak proses yeterliliği geliştirilir. Üretimde herhangi bir prosese veya kalite karakteristiğine uygulanabilir (Bircan; Özcan, 2003).

2.4.7.1. Proses Yeterlilik Analizi

Proses yeterlilik prosesdeki değişimin bir fonksiyonudur ve 6σ olarak tanımlanır. Bütün proseslerde ürünlerin spesifikasyon limitleri içinde üretilmesi istenir. Proses yeterliliğinin belirlenmesinde tercihen 20 veya daha fazla örnek grubu kullanmak daha güvenilir ve gerçekçi sonuçlar elde edilmesi bakımından gereklidir.



Şekil 2.29. Proses Yeterlilik Analizi

Şekil 2.29'a göre bir prosesin üretim yeterliliğini tanımlama yollarından birisi proses yeterlilik analizidir. Kontrol grafikleri ile prosesin kontrol altında olup olmadığı belirlendikten sonra proses incelenerek spesifikasyonları karşılayıp

karşılamadığı araştırılır. Karşılıyorsa kusurlu oran tahmin edilir. Proses yeterliliği bir prosesin sağlayabildiği en az kalite değişkenliğidir (Bircan; Özcan, 2003).

Proses yeterliliği prosesin mühendislik toleransları içinde üretim yapmasını sağlar. Prosesin 6σ doğal tolerans limitleri içerisinde olup olmadığına bağlı olarak prosesin yeterli olup olmadığına karar verir. Eğer proses 6σ doğal tolerans limitleri içerisinde dağılım gösteriyorsa yeterlidir ama bu aralıkta dağılım göstermiyorsa prosesin yetersiz olduğuna karar verilir (Özdemir, 2000).

Proses yeterliliği insan, cihaz, materyal, metot ve çevre faktörlerine bağlı olup bu faktörlerin değişiminden etkilenir. Hangi verilerle çalışılacağı belirlenmeli ve mümkünse değişken verilerle çalışılmalıdır. Bunun sebebi ise değişken verilerle yapılan proses yeterlilik analizi niteliksel verilerle yapılandan daha hassas sonuçlar vermektedir. Proses yeterliliği çıktılarının önemli bazı parametrelerini (çap, sıklık, geçme vs.) ölçmeye yönelik olarak yapılır. Böyle bir analiz ile:

- Prosesin toleranslara uygunluğu tahmin edilir.
- Örnek alma sıklıkları belirlenir.
- Taşeronlar arasında seçim yapmak için bir kriter sağlanır.
- Alınacak önlemlerle üretim prosesinde değişkenlik azaltılır.

Bir prosesin bilinen parametreler içinde ürün çıkarıp çıkaramadığına karar verebilmek için o ürünün spesifikasyon limitleri ile prosesin istatistiksel dağılımının karşılaştırılması yapılır. Prosesi kontrol altında tutmak yeterli değildir. Kontrol altındaki bir prosesin sonucunda kötü bir ürün oluşabilir. Proses yeterliliği bir prosesin üretim kabiliyetidir ve esas amacı "proses bu işi yapmaya yeterli midir?" sorusuna cevap vermesidir. Bu çalışmalar prosesin dört ölçüsünü tahmin etmek için yapılır (Akın, 1996; Tate, 1990).

- Proses sapması nedir?
- Proses ortalaması nedir?
- Proses ortalaması zamanla nasıl değişmektedir?
- Proses sapması zamanla nasıl değişmektedir?

Proses yeterliliği aşağıdaki şartlar sağlanarak arttırılır:

- Özel nedenlerin tümü ortadan kaldırılarak.
- Proses ortalamasını hedeflenen değere yaklaştırarak.
- Genel nedenleri azaltarak.

Proses yeterliliğini ölçerken proses ve spesifikasyonlar tanımlanmalıdır. Çünkü prosesin ihtiyaçları karşılamaya yeterli olup olmadığını anlamak için proses spesifikasyonlar ile kıyaslanır. Bir prosesin müşterinin taleplerini karşılayıp karşılamadığının gerçek ölçüsü için prosesin grafiksel resmini çıkartabilen yeterlilik indeksleri kullanılır. Bunlar prosesin dağılımının gözlenmesini sağlar. Herhangi bir prosesin yeterliliğini belirlemede aşağıdaki üç indeks kullanılır:

- Yeterlilik Rasyosu (C_r),
- Prosesin Potansiyel Yeterliliği (C_p),
- Prosesin Performansı (C_{pk}) (Akın, 1996; Garrity, 1990).

Yeterlilik Rasyosu (C_r): Proseste genel değişkenliğin (6σ) spesifikasyon yayılımına oranıdır. Yeterlilik rasyosu verilen herhangi bir proses için %75 veya daha fazla olması gerekir. C_r Eşitlik 2.17'deki gibi hesaplanır.

$$C_r = 6\sigma / (\text{ÜSS-ASS}) \quad (2.17)$$

Prosesin Potansiyel Yeterliliği (C_p): Proseste gerçek sapmaların ölçüleriyle spesifikasyon limitlerinin kabullenilebilir yayılmalarını ÜSS ve ASS gösteren basit bir proses kapasitesi indeksidir ve $C_p \geq 1$ olması istenir. Prosesteki sapmalar 6σ ile gösterilir ve Eşitlik 2.28'deki gibi hesaplanır (Followell; Oakland, 1992).

$$C_p = (\text{ÜSS-ASS}) / 6\sigma \quad (2.18)$$

Eğer bir proses istatistiksel olarak kontrol altında ise prosesin standart sapması kontrol grafikleri kullanılarak hesaplanır. Hesaplanan σ değeri prosesin yayılımını ve ortalamasının hedeften sapmasını kontrol etmektedir. Bunun için çift taraflı hesaplanması gerekir. Hesaplanan C_p değerleri Tablo 2.7'ye göre yorumlanır:

Tablo 2.7. C_p Değerleri ve Yorumu

C_p	Değerlendirme	Yorum
$C_p \leq 1$	Yetersiz	İyileştirmeler yapılmalıdır.
$1 \leq C_p \leq 1.33$	Kabul Edilebilir	Proses spesifikasyonları karşılamaz. Proses kontrolü sürdürülmelidir.
$C_p \geq 1.33$	Yeterli (iyi)	Proses spesifikasyonları karşılar.

C_p prosesin dağılımı ile spesifikasyon genişliği ilişkisini gösterse de proses ortalamasının (\bar{x}) hedeflenen değerle ilişkisine bakmaz. Bu sebeple C_p 'ye genellikle potansiyel bir proses ölçümü olarak başvurulur (Bircan; Özcan, 2003).

Hedeflenen değeri gerçekleştirip gerçekleştirmediğinin ya da hangi oranda gerçekleştirdiğinin ölçüsü olarak C_p indeksi kullanılır. Gerçekleşen değerlerin ortalaması hedeflenen değere eşit ya da çok yakın olması yeterli değildir. Aynı zamanda ortalama etrafındaki yayılımın da yoğun olması gereklidir. Bu nedenle hesaplanan C_p yalnızca üretim içinde bir kalite geliştirme aracı değil aynı zamanda müşteriler içinde kalite güvence ölçülerinden biri olarak görev yapar (Şen, 1992).

Proses ortalaması spesifikasyonun orta noktası ile çakışmadığından C_r ve C_p proses yeterliliğini ölçmede yetersiz kalmaktadır. Yani kontrol grafikleri verilerinden hesaplanan \bar{x} değeri genelde nominal değerden az da olsa farklıdır. Böyle durumlarda kullanılmak üzere proses için prosesin performans indeksi C_{pk} geliştirilmiştir (Firuzan, 2001).

Prosesin Performansı (C_{pk}): Proses ortalamasının ÜSS ve ASS arasındaki uzaklığını ölçer ve Eşitlik 2.19'daki gibi hesaplanır (Followell; Oakland, 1992).

$$C_{pk} = \text{Min} ((\bar{ÜKS} - \mu) / 3\sigma \text{ veya } (\mu - \bar{AKS}) / 3\sigma) \quad (2.19)$$

Burada küçük olan değer alınır. C_{pk} 'nin alacağı en büyük değer C_p değeridir. Yani C_{pk} hiçbir zaman C_p 'den büyük olmayacaktır ($C_p \geq C_{pk}$). C_{pk} endüstri işletmelerinin çoğunda ortak bir yeterlilik ölçüsü olarak kullanılır. Hesaplanan C_{pk} değerleri Tablo 2.8'e göre yorumlanır:

Tablo 2.8. C_{pk} Değerleri ve Yorumu

$C_{pk} = 1$	Verilerin bir kısmı spesifikasyonlara yaklaşır.
$C_{pk} > 1$	Verilerin tamamı spesifikasyon limitleri içine düşer.
$0 < C_{pk} < 1$	Proses ortalaması spesifikasyon limitleri içindedir.
$C_{pk} = 0$	Proses ortalaması spesifikasyon limitlerinin birine eşittir.
$C_{pk} < 0$	Proses ortalamasının spesifikasyon limitlerinin dışındadır.

C_{pk} indeksi çift taraflı spesifikasyon limitleri için kullanılmaktadır. Tek taraflı spesifikasyon durumunda proses performans indeksleri C_{pu} (üst proses performansı) ve C_{pl} (alt proses performansı) şeklinde gösterilir (Bircan; Özcan, 2003).

$C_{pu} = (\bar{ÜKS} - \mu) / 3\sigma$ $C_{pu} < 1$ ise prosesin yetersiz olduğu düşünülür.

$C_{pl} = (\mu - \bar{AKS}) / 3\sigma$ $C_{pl} < 1$ ise prosesin yetersiz olduğu düşünülür

C_{pk} , C_{pl} ve C_{pu} indeksleri sadece prosesin kabul edilir sınırlara göre sapmasını ölçmekle kalmaz aynı zamanda proses ortalamasının da durumunu sergiler.

Dünyada proseslerin iyi çalışıp çalışmadıkları, istenilen spesifikasyonlarda üretim üretmedikleri C_{pk} değerinin hesaplanması ile kişiler proses hakkında karar verir. $C_{pk} < 1$ ise çalışan bir proses her zaman doğruyu üretiyor diyemeyiz. 1,33 üzerinde olması kabul edilir proses olarak görülse bile 1980 yılından sonra bu rakam 1,66'ya çıkmıştır.

C_p indeksi prosesin sadece yayılımını kontrol ederken, C_{pk} indeksi hem yayılımı hem de ortalamasının hedeflerden sapmasını kontrol etmektedir. Proses yeterliliği sayısal olarak spesifikasyon limitleri ve dağılımı arasındaki ilişkiyi ifade eder. Prosesin normal olasılık dağılımını izleyen bir sonuç verdiği ve kontrol altında olduğu varsayıldığında üretilen parçaların %99,7'si proses yeterliliği karşılığı olan alan içinde yer alacaktır. C_p ve C_{pk} indeksleri prosesin değişiminin spesifikasyon limitleri içerisinde olup olmadığını belirlememize yardımcı olur.

C_p ve $C_{pk} > 1$ ise proseste $\pm 3\sigma$ spesifikasyonlardan küçüktür. Örnekleme ile üretimden çekilen incelenen ve yeterlilik testi uygulanan numunenin %0,3'ünden daha azı spesifikasyonlara uymayacaktır.

C_p ve $C_{pk} < 1$ ise proseste $\pm 3\sigma$ spesifikasyonlardan büyüktür. Örnekleme ile üretimden çekilen incelenen ve yeterlilik testi uygulanan numunenin %0,3'ünden daha fazlası spesifikasyonlara uymayacaktır (Tetsuichi, 1990).

Yeterlilik analizi sırasında çıkan sonuçların yararları:

- Kontrol altında olan proses normal dağılım gösterir.
- Normal dağılım sonucu kontrol grafiğindeki noktaların 2/3'ü merkez çizgi üstünde veya yakınında dağılmıştır.
- Noktalar merkez çizgi etrafına dengeli dağılmıştır.
- Limitlerin dışında nokta yoktur.
- Kontrol altında olan bir proseste tesadüfen kaynaklan değişimler söz konusudur.

Proses yeterlilik analizinin yapılma sebepleri:

- Prosesin spesifikasyonları karşılayıp karşılamadığını değerlendirmek.
- Değişkenliğin sürekli azaltılmasını sağlamak ve bunu gözlemlemek.
- Proseste sürekli iyileşmeyi gözlemlemek.
- İyileştirmeye ihtiyacı olan proses veya kalite karakteristiğini tanımlamak.
- Önemli müşteri gereksinimlerinin karşılandığından emin olmak.
- Bir ürünü üretmek için alternatif makineler arasından seçim yapabilmek.

- Kontrol grafiği için alt grup örnekleme sıklığını belirlemede yardımcı olmak.
- Dizayn ve tolerans için mühendisliğe bilgi sağlamak.
- Prosesteki değişimi azaltarak hatalı üretimin azaltılmasının en iyi nasıl elde edilebileceğine karar vermek.

Proses yeterlilik analizi yapabilmek için önce proses istatistiksel olarak kontrol altında olmalı daha sonra C_p ve C_{pk} endeksleri hesaplanmalı ayrıca bireysel olarak yapılan ölçümlerin normal dağılması gerekir. Hesaplanan nominal değer spesifikasyon limitlerinin tam ortasında ise ve alınan veriler normal dağılmıyorsa verilerin normal dağılması için matematiksel hesaplamaların yapılması gerekir. C_p ve C_{pk} değerlerinin yüksek çıkması arzu edilir.

Prosesin tamamen kontrol altına alınması çok önemlidir. Ama yeterli değildir. Prosesin yeterli olması yani üretilen ürünlerin kabul sınırları içerisinde kalması gerekmektedir. Uygulamalarda proses kontrol altında iken yapılan araştırmada proses yeterlilik indeksinin 1'den küçük çıktığı çok sık karşılaşılan bir durumdur. Böyle bir durumda yapılacak iş proses ortalamasını kaydırarak ya da değişkenliği azaltarak kontrol limitlerini sözleşme limitlerine taşımaktır. Bunun için yeni yatırımlara gerek vardır. En son çare ise sözleşme yeniden gözden geçirilmelidir ama müşterinin zarar görmesi kesinlikle engellenmelidir (Bircan; Özcan, 2003).

Örnek: Bir işletmeden alınan verilere ait \bar{x} -R ve \bar{x} -s grafiklerinin kontrol limitleri aşağıda verilmiştir. Spesifikasyon limitlerinin üst sınırı = 53,97 alt sınırı = 53,94 şeklindedir.

\bar{x} Kontrol Limitleri	R Kontrol Limitleri	s Kontrol Limitleri
ÜKS = 53,961	ÜKS = 0,0160691	ÜKS = 0,00676111
MÇ = 53,9564	MÇ = 0,0076	MÇ = 0,00323636
AKS = 53,9518	AKS = 0	AKS = 0

Prosesin yeterli olup olmadığını kontrol ediniz?

1. Yeterlilik Rasyosu (C_r):

$$C_r = 6\sigma / \text{Spesifikasyon yayılımı} = 6\sigma / (\text{ÜSS} - \text{ASS}) = 6 * 0,0033 / (53,97 - 53,94) = 0,66$$

Hesaplanan C_r değerı %75'ten küçük olduğu için proses spesifikasyonları karşılamada yetersizdir. Bu endeks uygulamada fazla kullanılmamaktadır.

2. Prosesin Potansiyel Yeterliliği (C_p):

$$C_p = (\text{ÜKS} - \text{AKS}) / 6\sigma$$

Proses istatistiksel kontrol sınırları içerisinde olduğundan prosesin standart sapması kontrol grafikleri kullanmak suretiyle hesaplanmaktadır.

$$\sigma = \bar{R} / d_2 = 0,0076 / 2,326 \cong 0.0033 \quad (d_2 \text{ değeri Ek 1'den } 2,326 \text{ bulunmuştur})$$

$$C_p = (\text{ÜKS} - \text{AKS}) / 6\sigma = (53,97 - 53,94) / 6 * 0,0033 = 1.53$$

Hesaplanan C_p değeri 1,33 değerinden büyük olduğundan proses spesifikasyonları karşılamaktadır. Proses ortalaması 53,9564 spesifikasyon ortalaması 53,955 ile çakışmadığından C_r ve C_p proses yeterliliğini ölçmede yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle proses performans endeksi kullanılması gerekmektedir.

3. Proses Performans Endeksi (C_{pk}):

$$C_{pk} = \text{Min} ((\text{ÜKS} - \mu) / 3\sigma ; (\mu - \text{AKS}) / 3\sigma)$$

$$C_{pk} = \text{Min}((53.97 - 53.9564) / 3 * 0.0033; (53.9564 - 53.94) / 3 * 0.0033) = \text{Min}(1,387; 1,673)$$

$C_{pk} = 1,387 > 1$ olduğundan verilerin tamamı spesifikasyon limitleri içine düşer.

Yani proses yeterlidir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmanın amacı istatistiksel proses kontrolünde kullanılan kalite kontrol tekniklerini özellikle de kalite kontrol grafiklerini incelemek ve Muğla ilinde faaliyet gösteren bir işletmeye uygulamasını yapmaktır.

Yukarıda belirtilen amaçlar doğrultusunda literatür araştırması yapılmış ve gerekli bilgiler elde edilerek kaynak özetleri bölümünde sunulmuştur. Uygulama aşaması ise Muğla ilinde faaliyet gösteren ve zeytinyağı üreten bir işletmede gerçekleştirilmiştir. İlgili işletme gelen ham yağları işleyerek tüketilebilecek duruma getirmektedir. Teknik nedenlerden dolayı işletme tanklarındaki ham yağ 50 ton olunca proses çalışmaktadır. Bu işletmenin sürekli çalışmaması anlamına gelmektedir. İlgili işletmenin üretim prosesine ilişkin akış şeması Şekil 3.1'de verilmiştir. Bu çalışmada işletmenin 2004-2005 yılları içinden şu ana kadar yaptığı 40 günlük üretim dikkate alınmıştır. İşletme her üretim için kayıt tutmaktadır. Bu kayıt formu örneği de Ek 2'de verilmiştir.

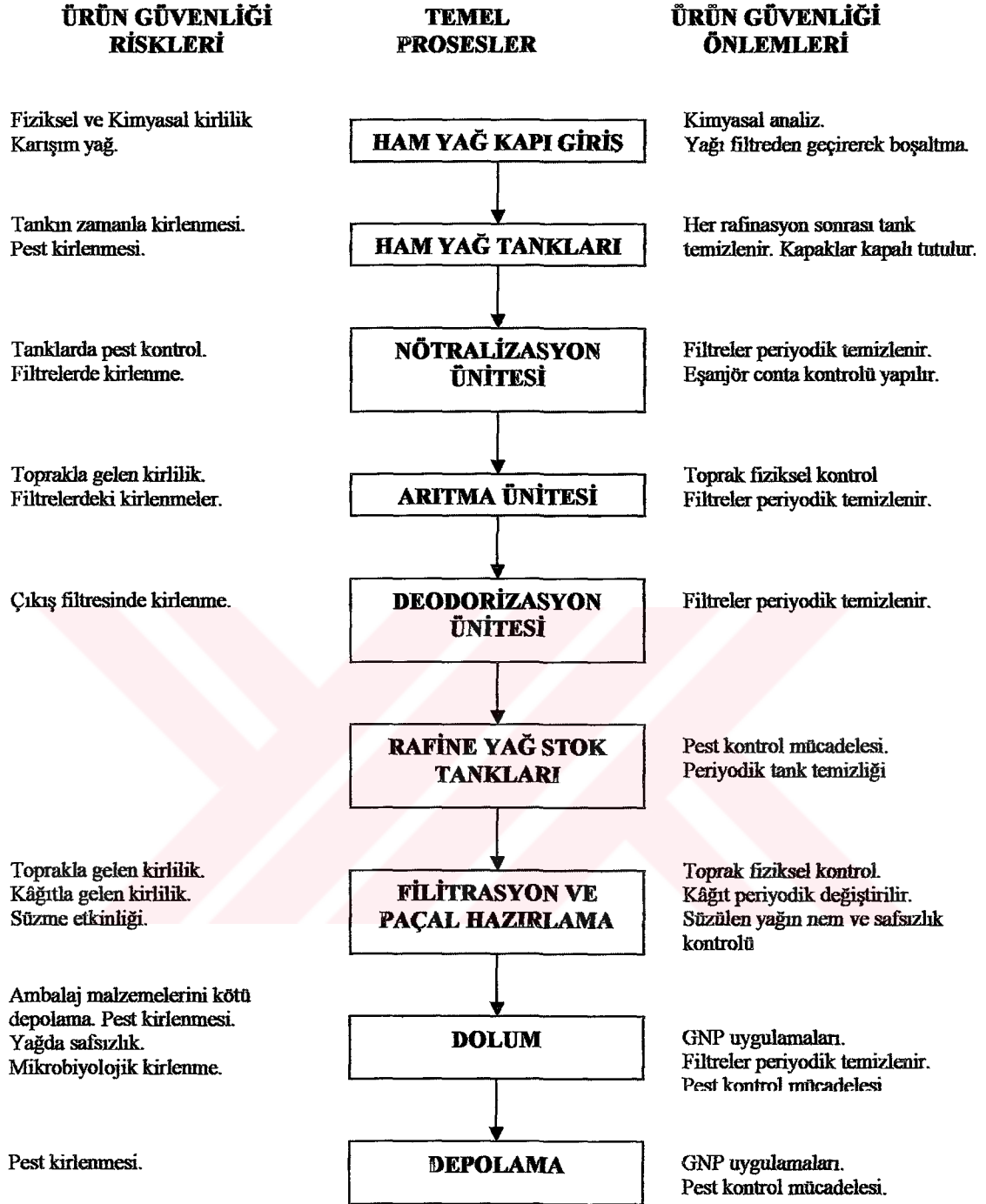
Zeytinyağı üretiminde kalitenin bir göstergesi olan asit başına fire oranı (ABFO) dikkate alınmış ve kalite kontrol grafikleri bu değişken için oluşturulmuştur. Asit başına fire oranı Eşitlik 3.1'de belirtildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$\% \text{ Fire} = (1.\text{sayaç} - 2.\text{sayaç}) / (1.\text{Sayaç} * 100)$$

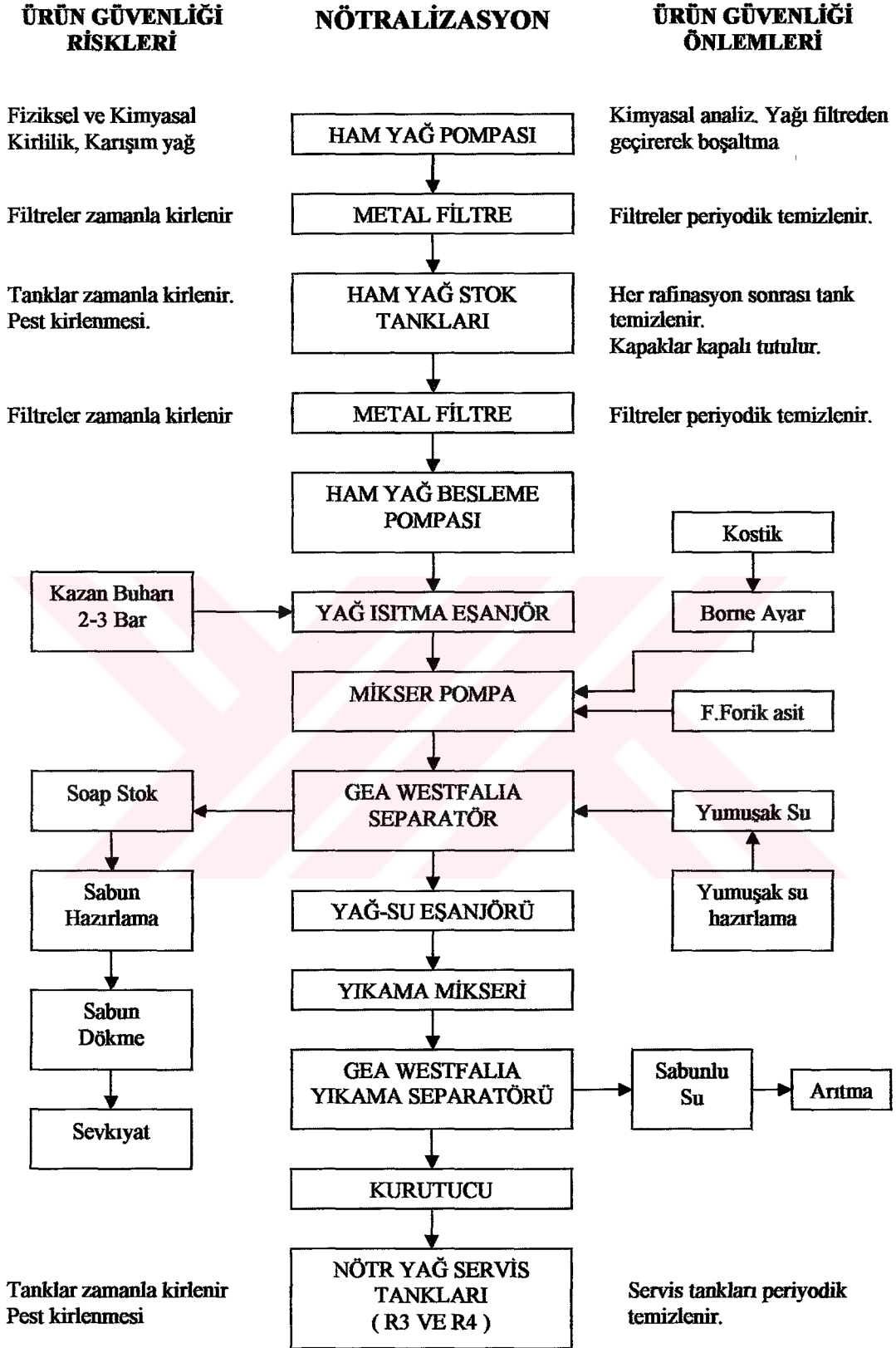
$$\text{ABFO} = \% \text{ Fire} / \text{Ham yağ Asidi} \quad (3.1)$$

Bu miktar prosese giren ham yağın kullanılacak hale getirme prosesinde ham yağda meydana gelen kaybın oranını göstermektedir. Zeytinyağın bu yönden kaliteli kabul edilebilmesi için işletme spesifikasyonlarına göre ABFO'nun 1.55-1.85 değerleri arasında olması gerekir.

Asit başına fire oranı üretimin nötralizasyon aşamasında belirlenmektedir. Yağlık hammaddelerin olgunlaşma ve ham yağ üretim aşamalarında çeşitli etkenlere bağlı olarak serbest yağ asidi içerikleri yükselmektedir. Yağların insanların kullanımına uygun hale gelebilmesi için serbest yağ asitlerinin uzaklaştırılması gerekmektedir. Nötralizasyon aşamasında bu asitlik giderme işlemi yapılmaktadır. Nötralizasyon bölümünün akış şeması Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. İlgili işletmenin Proses Akış Şeması



Şekil 3.2. Nötralizasyon Bölümünün Proses Akış Şeması

ABFO'nun kontrol altına alınması amacıyla hem günlük hem saatlik bazda kontrol grafikleri çizilmiştir. Bu değişkenin nicel olması ve her bir örneklemin genişliğinin 10'dan büyük olması nedeniyle $\bar{x} - s$ grafikleri oluşturulmuştur. Prosesle ilgili standartlar bilinmediği için bu değerler hesaplanmış ve bu değerlere göre prosesin kontrol sınırları belirlenmiştir. Bu grafiklerden ilk önce değişkenliği kontrol etmek amacıyla s grafiği, daha sonrada \bar{x} grafiği çizilmiştir. Ayrıca proses kapasitesini belirlemek amacıyla C_p ve C_{pk} indeksleri hesaplanmıştır.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI

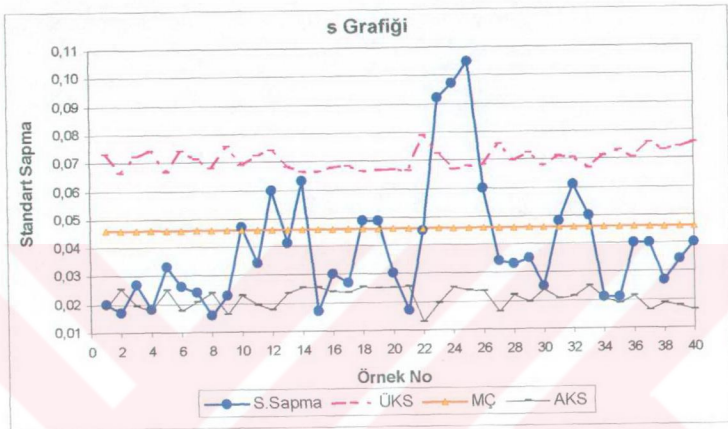
4.1. Gün Bazında ABFO'nı Kontrol Eden Grafikler

2004-2005 yılları arasında işletmenin çalışmış olduğu 40 günün gözlemleri toplanmıştır. Gözlemlerden \bar{x} -s grafiği çizmek amacıyla standart sapma, ortalama ve kontrol sınırları hesaplanarak Tablo 4.1'de verilmiştir. İlk önce değişkenlik kontrol alınması gerektiğinden s grafiği çizilmiştir. (k:Gün Sayısı) (n: Çalışma saati)

Tablo 4.1 Örneğe ait s grafiğinin kontrol sınırları (k = 40)

Çalışma Günü	Standart Sapma	ÜKS	MÇ	AKS	n	B ₃	B ₄
1	0,020	0,073	0,046	0,019	14	0,406	1,594
2	0,017	0,066	0,046	0,025	24	0,555	1,445
3	0,027	0,072	0,046	0,020	15	0,428	1,572
4	0,018	0,074	0,046	0,018	13	0,382	1,618
5	0,033	0,067	0,046	0,025	23	0,545	1,455
6	0,026	0,074	0,046	0,018	13	0,382	1,618
7	0,024	0,071	0,046	0,021	16	0,448	1,552
8	0,016	0,068	0,046	0,024	21	0,523	1,477
9	0,023	0,076	0,046	0,016	12	0,354	1,646
10	0,047	0,069	0,046	0,023	19	0,497	1,503
11	0,034	0,072	0,046	0,020	15	0,428	1,572
12	0,060	0,074	0,046	0,018	13	0,382	1,618
13	0,041	0,068	0,046	0,023	20	0,51	1,49
14	0,063	0,066	0,046	0,025	24	0,555	1,445
15	0,017	0,066	0,046	0,025	24	0,555	1,445
16	0,030	0,068	0,046	0,024	21	0,523	1,477
17	0,027	0,068	0,046	0,023	20	0,51	1,49
18	0,049	0,066	0,046	0,025	24	0,555	1,445
19	0,049	0,067	0,046	0,025	23	0,545	1,455
20	0,030	0,067	0,046	0,025	23	0,545	1,455
21	0,017	0,066	0,046	0,025	24	0,555	1,445
22	0,045	0,079	0,046	0,013	10	0,284	1,716
23	0,092	0,072	0,046	0,020	15	0,428	1,572
24	0,097	0,067	0,046	0,025	23	0,545	1,455
25	0,105	0,068	0,046	0,024	21	0,523	1,477
26	0,060	0,068	0,046	0,023	20	0,51	1,49
27	0,034	0,076	0,046	0,016	12	0,354	1,646
28	0,033	0,070	0,046	0,022	18	0,482	1,518
29	0,035	0,072	0,046	0,020	15	0,428	1,572
30	0,025	0,068	0,046	0,024	21	0,523	1,477
31	0,048	0,071	0,046	0,021	16	0,448	1,552
32	0,061	0,070	0,046	0,021	17	0,466	1,534
33	0,050	0,067	0,046	0,025	23	0,545	1,455
34	0,021	0,071	0,046	0,021	16	0,448	1,552

35	0,021	0,073	0,046	0,019	14	0,406	1,594
36	0,040	0,070	0,046	0,021	17	0,466	1,534
37	0,040	0,076	0,046	0,016	12	0,354	1,646
38	0,027	0,073	0,046	0,019	14	0,406	1,594
39	0,034	0,074	0,046	0,018	13	0,382	1,618
40	0,040	0,076	0,046	0,016	12	0,354	1,646

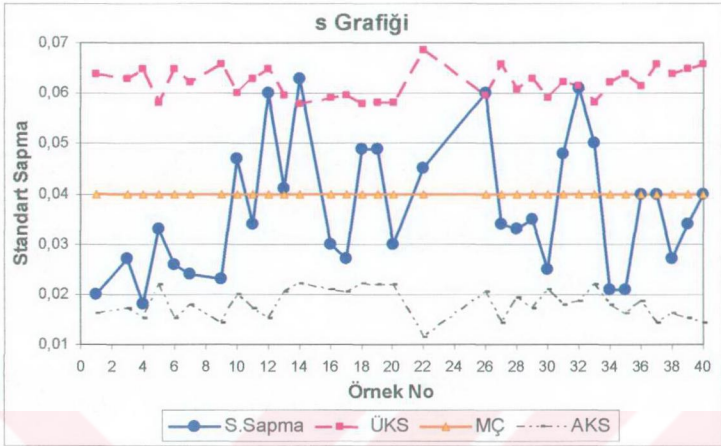


Şekil 4.1. Örneğe ait s Grafığı

Şekil 4.1'e bakıldığında 7 gözlemin standart sapması kontrol sınırları arasında değildir. Prosesteki değişkenlik (ABFO) kontrol altında değildir. Bu gözlemler arasında aşırı değişkenliğin olduğu anlaşılmıştır. Üretime müdahale edilip proses kontrol edilmelidir. Gözlemlerdeki değişkenliğin özel bir nedeni vardır ve bunun tespit edilip, tedbir alınması gerekir. Bu noktalar kontrol sınırları dışında bulunduğu için prosesten çıkarılarak s değerinin ve kontrol sınırlarının yeniden hesaplanması gerekir. Her bir n için B_3 ve B_4 değerleri Ek 1'den belirlenmiştir.

Tablo 4.2. Düzeltilmiş örneğe ait s grafiğinin kontrol sınırları (k = 33)

Çalışma Günü	Standart Sapma	ÜKS	MÇ	AKS	n	B ₃	B ₄
1	0,020	0,064	0,040	0,016	14	0,406	1,594
3	0,027	0,063	0,040	0,017	15	0,428	1,572
4	0,018	0,065	0,040	0,015	13	0,382	1,618
5	0,033	0,058	0,040	0,022	23	0,545	1,455
6	0,026	0,065	0,040	0,015	13	0,382	1,618
7	0,024	0,062	0,040	0,018	16	0,448	1,552
9	0,023	0,066	0,040	0,014	12	0,354	1,646
10	0,047	0,060	0,040	0,020	19	0,497	1,503
11	0,034	0,063	0,040	0,017	15	0,428	1,572
12	0,060	0,065	0,040	0,015	13	0,382	1,618
13	0,041	0,060	0,040	0,020	20	0,51	1,49
14	0,063	0,058	0,040	0,022	24	0,555	1,445
16	0,030	0,059	0,040	0,021	21	0,523	1,477
17	0,027	0,060	0,040	0,020	20	0,51	1,49
18	0,049	0,058	0,040	0,022	24	0,555	1,445
19	0,049	0,058	0,040	0,022	23	0,545	1,455
20	0,030	0,058	0,040	0,022	23	0,545	1,455
22	0,045	0,069	0,040	0,011	10	0,284	1,716
26	0,060	0,060	0,040	0,020	20	0,51	1,49
27	0,034	0,066	0,040	0,014	12	0,354	1,646
28	0,033	0,061	0,040	0,019	18	0,482	1,518
29	0,035	0,063	0,040	0,017	15	0,428	1,572
30	0,025	0,059	0,040	0,021	21	0,523	1,477
31	0,048	0,062	0,040	0,018	16	0,448	1,552
32	0,061	0,061	0,040	0,019	17	0,466	1,534
33	0,050	0,058	0,040	0,022	23	0,545	1,455
34	0,021	0,062	0,040	0,018	16	0,448	1,552
35	0,021	0,064	0,040	0,016	14	0,406	1,594
36	0,040	0,061	0,040	0,019	17	0,466	1,534
37	0,040	0,066	0,040	0,014	12	0,354	1,646
38	0,027	0,064	0,040	0,016	14	0,406	1,594
39	0,034	0,065	0,040	0,015	13	0,382	1,618
40	0,040	0,066	0,040	0,014	12	0,354	1,646

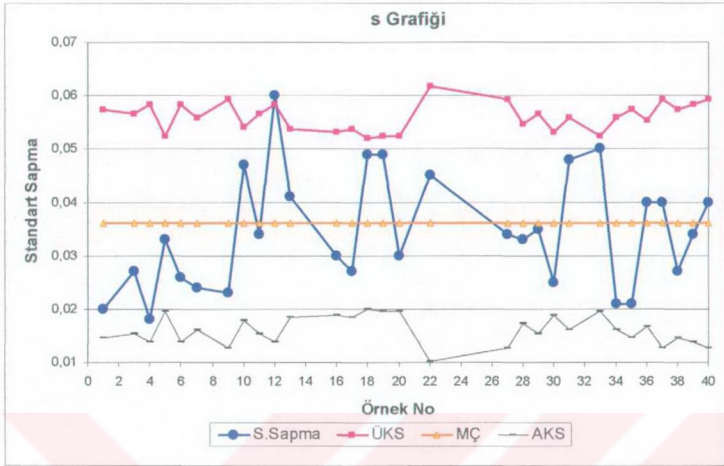


Şekil 4.2. Düzeltilmiş örneğe ait s grafiği

Şekil 4.2'e bakıldığında 3 gözlemin standart sapması kontrol sınırları arasında değildir. Prosesteki değişkenlik (ABFO) kontrol altında değildir. Bu gözlemler arasında aşırı değişkenliğin olduğu anlaşılmıştır. Üretime müdahale edilip proses kontrol edilmelidir. Bu noktalar kontrol sınırları dışında bulunduğu için prosesten çıkarılarak s değerinin ve kontrol sınırlarının yeniden hesaplanması gerekir. Her bir n için B_3 ve B_4 değerleri Ek 1'den belirlenmiştir.

Tablo 4.3. Düzeltilmiş örneğe ait s grafiğinin kontrol sınırları (k = 30)

Çalışma Günü	Standart Sapma	ÜKS	MÇ	AKS	n	B ₃	B ₄
1	0,020	0,057	0,036	0,015	14	0,406	1,594
3	0,027	0,057	0,036	0,015	15	0,428	1,572
4	0,018	0,058	0,036	0,014	13	0,382	1,618
5	0,033	0,052	0,036	0,020	23	0,545	1,455
6	0,026	0,058	0,036	0,014	13	0,382	1,618
7	0,024	0,056	0,036	0,016	16	0,448	1,552
9	0,023	0,059	0,036	0,013	12	0,354	1,646
10	0,047	0,054	0,036	0,018	19	0,497	1,503
11	0,034	0,057	0,036	0,015	15	0,428	1,572
12	0,060	0,058	0,036	0,014	13	0,382	1,618
13	0,041	0,054	0,036	0,018	20	0,51	1,49
16	0,030	0,053	0,036	0,019	21	0,523	1,477
17	0,027	0,054	0,036	0,018	20	0,51	1,49
18	0,049	0,052	0,036	0,020	24	0,555	1,445
19	0,049	0,052	0,036	0,020	23	0,545	1,455
20	0,030	0,052	0,036	0,020	23	0,545	1,455
22	0,045	0,062	0,036	0,010	10	0,284	1,716
27	0,034	0,059	0,036	0,013	12	0,354	1,646
28	0,033	0,055	0,036	0,017	18	0,482	1,518
29	0,035	0,057	0,036	0,015	15	0,428	1,572
30	0,025	0,053	0,036	0,019	21	0,523	1,477
31	0,048	0,056	0,036	0,016	16	0,448	1,552
33	0,050	0,052	0,036	0,020	23	0,545	1,455
34	0,021	0,056	0,036	0,016	16	0,448	1,552
35	0,021	0,057	0,036	0,015	14	0,406	1,594
36	0,040	0,055	0,036	0,017	17	0,466	1,534
37	0,040	0,059	0,036	0,013	12	0,354	1,646
38	0,027	0,057	0,036	0,015	14	0,406	1,594
39	0,034	0,058	0,036	0,014	13	0,382	1,618
40	0,040	0,059	0,036	0,013	12	0,354	1,646

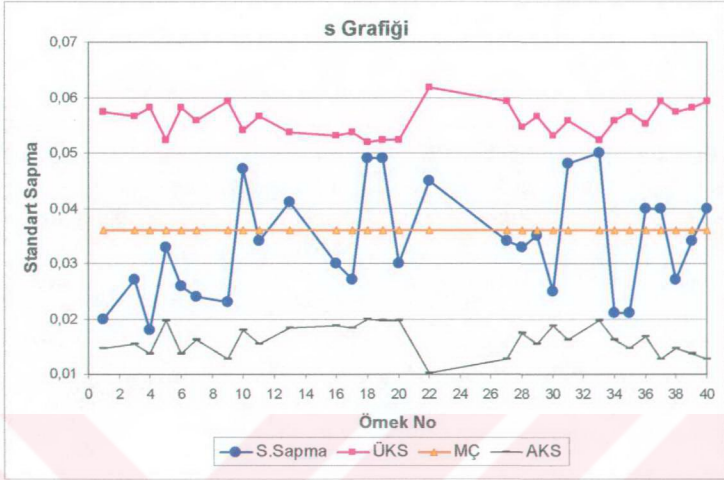


Şekil 4.3. Düzeltilmiş örneğe ait s grafiği

Şekil 4.3'e bakıldığında 1 gözlemin standart sapması kontrol sınırları arasında değildir. Prosesteki değişkenlik (ABFO) kontrol altında değildir. Üretime müdahale edilip proses kontrol edilmelidir. Değişkenliğin özel bir nedeni vardır ve bunun tespit edilip, tedbir alınması gerekir. Bu nokta kontrol sınırları dışında bulunduğu için prosesten çıkarılarak s değerinin ve kontrol sınırlarının yeniden hesaplanması gerekir. Her bir n için B_3 ve B_4 değerleri Ek 1'den belirlenmiştir.

Tablo 4.4. Düzeltilmiş örneğe ait s grafiğinin kontrol sınırları (k = 29)

Çalışma Günü	Standart Sapma	ÜKS	MÇ	AKS	N	B ₃	B ₄
1	0,020	0,057	0,036	0,015	14	0,406	1,594
3	0,027	0,057	0,036	0,015	15	0,428	1,572
4	0,018	0,058	0,036	0,014	13	0,382	1,618
5	0,033	0,052	0,036	0,020	23	0,545	1,455
6	0,026	0,058	0,036	0,014	13	0,382	1,618
7	0,024	0,056	0,036	0,016	16	0,448	1,552
9	0,023	0,059	0,036	0,013	12	0,354	1,646
10	0,047	0,054	0,036	0,018	19	0,497	1,503
11	0,034	0,057	0,036	0,015	15	0,428	1,572
13	0,041	0,054	0,036	0,018	20	0,51	1,49
16	0,030	0,053	0,036	0,019	21	0,523	1,477
17	0,027	0,054	0,036	0,018	20	0,51	1,49
18	0,049	0,052	0,036	0,020	24	0,555	1,445
19	0,049	0,052	0,036	0,020	23	0,545	1,455
20	0,030	0,052	0,036	0,020	23	0,545	1,455
22	0,045	0,062	0,036	0,010	10	0,284	1,716
27	0,034	0,059	0,036	0,013	12	0,354	1,646
28	0,033	0,055	0,036	0,017	18	0,482	1,518
29	0,035	0,057	0,036	0,015	15	0,428	1,572
30	0,025	0,053	0,036	0,019	21	0,523	1,477
31	0,048	0,056	0,036	0,016	16	0,448	1,552
33	0,050	0,052	0,036	0,020	23	0,545	1,455
34	0,021	0,056	0,036	0,016	16	0,448	1,552
35	0,021	0,057	0,036	0,015	14	0,406	1,594
36	0,040	0,055	0,036	0,017	17	0,466	1,534
37	0,040	0,059	0,036	0,013	12	0,354	1,646
38	0,027	0,057	0,036	0,015	14	0,406	1,594
39	0,034	0,058	0,036	0,014	13	0,382	1,618
40	0,040	0,059	0,036	0,013	12	0,354	1,646

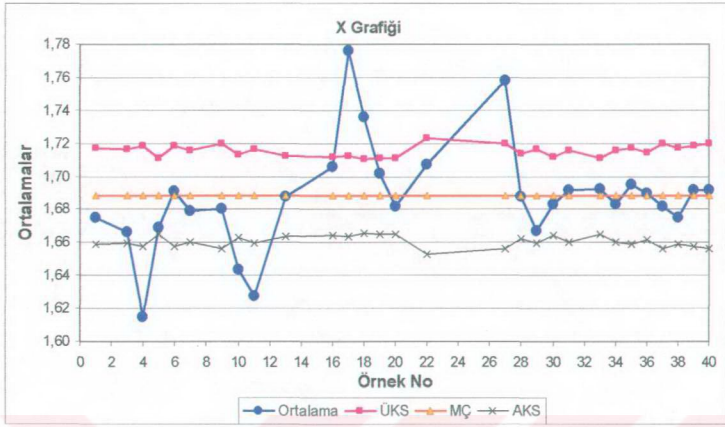


Şekil 4.4. Düzeltilmiş örneğe ait s grafiği

Şekil 4.4'e bakıldığında gözlemlerin standart sapması kontrol sınırları arasındadır. Prosesteki değişkenlik (ABFO) kontrol altındadır. Ama 1. gözlem ile 9. gözlem arasında kalan noktalar merkez çizginin negatif yönünde dağıldığı görülmektedir. Bu noktalar arasında proses gözden geçirilmelidir. Bu durum işletmenin istediği bir durumdur. Çünkü; bu noktalarda elde edilen standart sapma değerleri merkez çizginin atında olduğu için üretilen ürünler arasındaki farklılık minimumdur. Bu değişkenlik nedeni tespit edilerek proseste kalıcı olması için çalışmalar yapılmalıdır. Bu çalışmalar sonucunda üretilen ürünler kaliteli olacaktır. Prosesin değişkenliği kontrol altına alındığı için \bar{x} grafiğine geçilmiştir. Her bir n için B_3 ve B_4 değerleri Ek 1'den belirlenmiştir.

Tablo 4.5. Örneğe ait \bar{X} grafiğinin kontrol sınırları (k = 29)

Çalışma Günü	Ortalama	ÜKS	MÇ	AKS	n	A ₃
1	1,675	1,717	1,688	1,659	14	0,817
3	1,666	1,716	1,688	1,660	15	0,789
4	1,615	1,719	1,688	1,657	13	0,850
5	1,669	1,711	1,688	1,665	23	0,633
6	1,691	1,719	1,688	1,657	13	0,850
7	1,679	1,715	1,688	1,661	16	0,763
9	1,680	1,720	1,688	1,656	12	0,886
10	1,644	1,713	1,688	1,663	19	0,698
11	1,627	1,716	1,688	1,660	15	0,789
13	1,688	1,712	1,688	1,664	20	0,680
16	1,706	1,712	1,688	1,664	21	0,663
17	1,776	1,712	1,688	1,664	20	0,680
18	1,736	1,710	1,688	1,666	24	0,619
19	1,702	1,711	1,688	1,665	23	0,633
20	1,682	1,711	1,688	1,665	23	0,633
22	1,707	1,723	1,688	1,653	10	0,975
27	1,758	1,720	1,688	1,656	12	0,886
28	1,688	1,714	1,688	1,662	18	0,718
29	1,667	1,716	1,688	1,660	15	0,789
30	1,683	1,712	1,688	1,664	21	0,663
31	1,692	1,715	1,688	1,661	16	0,763
33	1,692	1,711	1,688	1,665	23	0,633
34	1,683	1,715	1,688	1,661	16	0,763
35	1,695	1,717	1,688	1,659	14	0,817
36	1,689	1,715	1,688	1,661	17	0,739
37	1,682	1,720	1,688	1,656	12	0,886
38	1,675	1,717	1,688	1,659	14	0,817
39	1,692	1,719	1,688	1,657	13	0,850
40	1,692	1,720	1,688	1,656	12	0,886

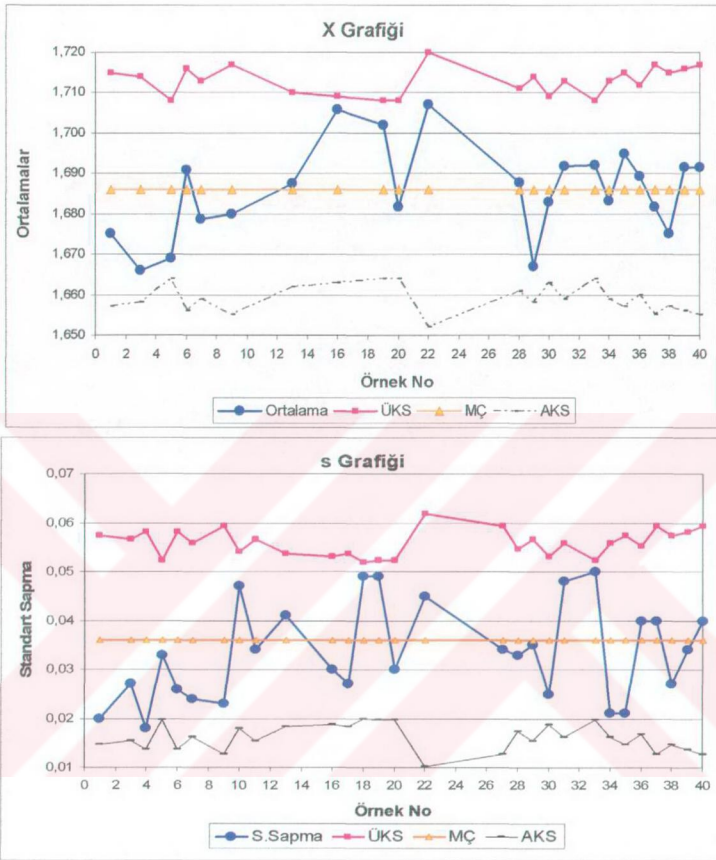


Şekil 4.5. Örneğe ait \bar{X} Grafiği

Şekil 4.5'e bakıldığında 6 gözlemin ortalamaları kontrol sınırları arasında değildir. Proses kontrol altında değildir. Üretime müdahale edilip proses kontrol edilmelidir. Bu 6 gözlemin kontrol sınırları dışına çıkma sebepleri belirlenmeli ve bu konuda tedbir alınmalıdır. Bu noktaların kontrol sınırları dışında bulunduğu için bu gözlemin ortalamaları çıkarılarak $\bar{\bar{X}}$ değerinin ve kontrol sınırlarının yeniden hesaplanması gerekir. Her bir n için A_3 değerleri Ek 1'den belirlenmiştir.

Tablo 4.6. Düzeltilmiş örneğe ait \bar{X} grafiğinin kontrol sınırları (k = 23)

Çalışma Günü	Ortalama	ÜKS	MÇ	AKS	n	A ₃
1	1,675	1,715	1,686	1,657	14	0,817
3	1,666	1,714	1,686	1,658	15	0,789
5	1,669	1,708	1,686	1,664	23	0,633
6	1,691	1,716	1,686	1,656	13	0,850
7	1,679	1,713	1,686	1,659	16	0,763
9	1,680	1,717	1,686	1,655	12	0,886
13	1,688	1,710	1,686	1,662	20	0,680
16	1,706	1,709	1,686	1,663	21	0,663
19	1,702	1,708	1,686	1,664	23	0,633
20	1,682	1,708	1,686	1,664	23	0,633
22	1,707	1,720	1,686	1,652	10	0,975
28	1,688	1,711	1,686	1,661	18	0,718
29	1,667	1,714	1,686	1,658	15	0,789
30	1,683	1,709	1,686	1,663	21	0,663
31	1,692	1,713	1,686	1,659	16	0,763
33	1,692	1,708	1,686	1,664	23	0,633
34	1,683	1,713	1,686	1,659	16	0,763
35	1,695	1,715	1,686	1,657	14	0,817
36	1,689	1,712	1,686	1,660	17	0,739
37	1,682	1,717	1,686	1,655	12	0,886
38	1,675	1,715	1,686	1,657	14	0,817
39	1,692	1,716	1,686	1,656	13	0,850
40	1,692	1,717	1,686	1,655	12	0,886



Şekil 4.6. Düzeltilmiş örneğe ait $\bar{X} - s$ Grafiği

Şekil 4.6'ya bakıldığında tüm gözlemlerin ortalamaları ve standart sapmaları kontrol sınırları arasındadır. Prosesteki değişkenlik ve proses ortalaması kontrol altındadır. Bu gözlemlerin oluşturduğu sınırlar prosesin gerçek kontrol sınırlarıdır. Düzeltilmiş değerlerden yararlanılarak belirlenmiş grafik üretim prosesinin kontrolünde başarılı bir şekilde kullanılır.

4.1.1. Gün Bazında Proses Kapasitesi

Kontrol grafikleri ile gün bazında prosesin kontrol altında olup olmadığı belirlendikten sonra proses incelenerek spesifikasyonları karşılayıp karşılamadığını araştırmak için proses yeterlilik indekslerini hesaplama aşamasına geçildi. İşletme ÜSS = 1,85 ve ASS = 1,55 spesifikasyon sınırlarını önceden belirlemiştir. Proseste σ değeri bilinmediğinden bu değer yerine tahmini değer olarak $\hat{\sigma}$ hesaplanmıştır. Prosesin yeterli olup olmadığını anlamak için C_p ve C_{pk} indeksler hesaplanmıştır.

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (n_i - 1) s_i^2}{\sum_{i=1}^k n_i - k}} = \sqrt{\frac{(14-1) * (0,02)^2 + \dots + (12-1) * (0,04)^2}{(14+15+\dots+12) - 23}} = 0,035$$

$$C_p = (\text{ÜSS} - \text{ASS}) / 6\hat{\sigma} = (1,85 - 1,55) / (6 * 0,035) \cong 1,43$$

$$\begin{aligned} C_{pk} &= \text{Min} ((\text{ÜSS} - \bar{x}) / 3\hat{\sigma}; (\bar{x} - \text{ASS}) / 3\hat{\sigma}) \\ &= \text{Min}((1,85 - 1,686) / (3 * 0,035); (1,686 - 1,55) / (3 * 0,035)) \\ &\cong \text{Min} (1,57; 1,30) = 1,30 \end{aligned}$$

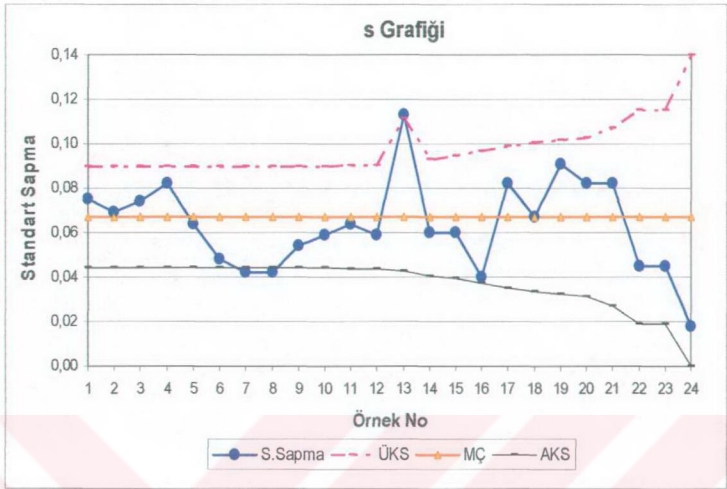
$C_p = 1,43 > 1,33$ olduğu için proseste üretilen ürünlerin %99,73'ü doğal tolerans sınırları yani $\pm 3\sigma$ alanı içinde yer alacaktır. Proses spesifikasyonları karşılamaktadır. Proses normal olasılık dağılımına sahiptir. $C_{pk} = 1,30 > 1$ olduğundan verilerin tamamı spesifikasyon limitleri içine düşer. Yani proses yeterlidir. C_p ve C_{pk} indeksleri sayesinde proses değişiminin spesifikasyon limitleri içerisinde olduğu belirlenmiştir. C_p ve $C_{pk} > 1$ olduğu için proses $\pm 3\sigma$ spesifikasyonlardan küçüktür. Kalite ile ilgili bir sorun olmadığı belirlenmiştir.

4.2. Saat Bazında ABFO'nı Kontrol Eden Grafikler

Günlük gözlemler analiz edildikten sonra incelediğimiz prosesin saat bazında kontrol altında olup olmadığını denetlemek ve kontrol altında tutmak amacıyla üretimde saat başına verileri analiz etme aşamasına geçilmiştir. Gözlemlerden \bar{x} -s grafiği çizmek amacıyla standart sapma, ortalama ve kontrol sınırları hesaplanarak Tablo 4.7'de verilmiştir. İlk önce değişkenlik kontrol altına alınması gerektiğinden s grafiği çizilmiştir. (k: Çalışma Saati) (n: Gün Sayısı)

Tablo 4.7. Örneğe ait s grafiğinin kontrol sınırları (k = 24)

Çalışma Saati	Standart Sapma	ÜKS	MÇ	AKS	n	B ₃	B ₄
1	0,075	0,090	0,067	0,044	40	0,658	1,342
2	0,069	0,090	0,067	0,044	40	0,658	1,342
3	0,074	0,090	0,067	0,044	40	0,658	1,342
4	0,082	0,090	0,067	0,044	40	0,658	1,342
5	0,064	0,090	0,067	0,044	40	0,658	1,342
6	0,048	0,090	0,067	0,044	40	0,658	1,342
7	0,042	0,090	0,067	0,044	40	0,658	1,342
8	0,042	0,090	0,067	0,044	40	0,658	1,342
9	0,054	0,090	0,067	0,044	40	0,658	1,342
10	0,059	0,090	0,067	0,044	40	0,658	1,342
11	0,064	0,090	0,067	0,044	39	0,654	1,346
12	0,059	0,090	0,067	0,044	39	0,654	1,346
13	0,113	0,111	0,067	0,042	35	0,634	1,66
14	0,060	0,093	0,067	0,041	31	0,609	1,391
15	0,060	0,095	0,067	0,039	28	0,588	1,412
16	0,040	0,097	0,067	0,037	24	0,555	1,445
17	0,082	0,099	0,067	0,035	21	0,523	1,477
18	0,067	0,101	0,067	0,033	19	0,497	1,503
19	0,091	0,102	0,067	0,032	18	0,482	1,518
20	0,082	0,103	0,067	0,031	17	0,466	1,534
21	0,082	0,107	0,067	0,027	14	0,406	1,594
22	0,045	0,115	0,067	0,019	10	0,284	1,716
23	0,045	0,115	0,067	0,019	10	0,284	1,716
24	0,018	0,140	0,067	0	5	0	2,089

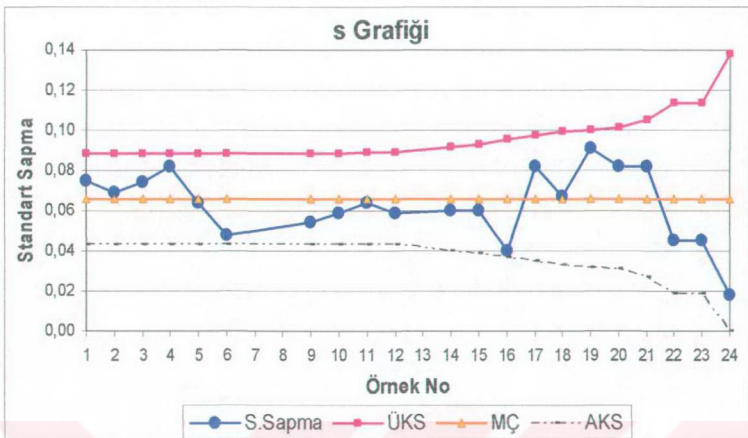


Şekil 4.7. Örneğe ait s grafiği

Şekil 4.7'e bakıldığında 3 gözlemin standart sapması kontrol sınırları arasında değildir. Prosesteki değişkenlik (ABFO) kontrol altında değildir. Bu gözlemler arasında aşırı değişkenliğin olduğu anlaşılmıştır. Üretime müdahale edilip proses kontrol edilmelidir. Gözlemlerdeki değişkenliğin özel bir nedeni vardır ve bunun tespit edilip, tedbir alınması gerekir. Bu noktalar kontrol sınırları dışında bulunduğu için prosesten çıkarılarak s değerinin ve kontrol sınırlarının yeniden hesaplanması gerekir. Her bir n için B_3 ve B_4 değerleri Ek 1'den belirlenmiştir.

Tablo 4.8. Düzeltilmiş örneğe ait s grafiğinin kontrol sınırları (k= 21)

Çalışma Saati	Standart Sapma	ÜKS	MÇ	AKS	n	B ₃	B ₄
1	0,075	0,089	0,066	0,043	40	0,658	1,342
2	0,069	0,089	0,066	0,043	40	0,658	1,342
3	0,074	0,089	0,066	0,043	40	0,658	1,342
4	0,082	0,089	0,066	0,043	40	0,658	1,342
5	0,064	0,089	0,066	0,043	40	0,658	1,342
6	0,048	0,089	0,066	0,043	40	0,658	1,342
9	0,054	0,089	0,066	0,043	40	0,658	1,342
10	0,059	0,089	0,066	0,043	40	0,658	1,342
11	0,064	0,089	0,066	0,043	39	0,654	1,346
12	0,059	0,089	0,066	0,043	39	0,654	1,346
14	0,060	0,092	0,066	0,040	31	0,609	1,391
15	0,060	0,093	0,066	0,039	28	0,588	1,412
16	0,040	0,095	0,066	0,037	24	0,555	1,445
17	0,082	0,097	0,066	0,035	21	0,523	1,477
18	0,067	0,099	0,066	0,033	19	0,497	1,503
19	0,091	0,100	0,066	0,032	18	0,482	1,518
20	0,082	0,101	0,066	0,031	17	0,466	1,534
21	0,082	0,105	0,066	0,027	14	0,406	1,594
22	0,045	0,113	0,066	0,019	10	0,284	1,716
23	0,045	0,113	0,066	0,019	10	0,284	1,716
24	0,018	0,138	0,066	0	5	0	2,089

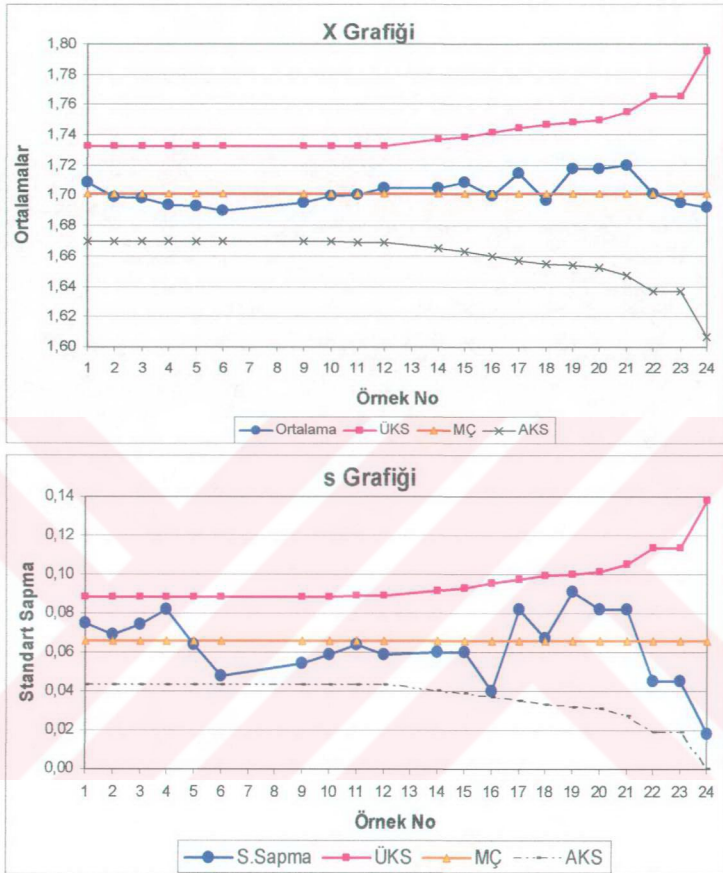


Şekil 4.8. Düzeltilmiş örneğe ait s grafiği

Şekil 4.8'e bakıldığında gözlemlerin standart sapması kontrol sınırları arasındadır. Prosesteki değişkenlik (ABFO) kontrol altındadır. Ama 5. gözlem ile 16. gözlem arasındaki noktalar merkez çizginin negatif yönünde dağıldığı görülmektedir. Bu noktalar arasında proses gözden geçirilmelidir. Bu durum işletmenin istediği bir durumdur. Çünkü, bu noktalarda elde edilen standart sapma değerleri merkez çizginin atında olduğu için üretilen ürünler arasındaki farklılık minimumdur. Bu değişkenlik nedeni tespit edilerek proseste kalıcı olması için çalışmalar yapılmalıdır. Bu çalışmalar sonucunda üretilen ürünler kaliteli olacaktır. Değişkenlik kontrol altına alındığı için \bar{x} grafiğine geçildi. Her bir n için B_3 ve B_4 değerleri Ek 1'den belirlenmiştir.

Tablo 4.9. Örneğe ait \bar{X} grafiğinin kontrol sınırları (k= 21)

Çalışma Saati	Ortalama	ÜKS	MÇ	AKS	n	A ₃
1	1,709	1,732	1,701	1,670	40	0,477
2	1,699	1,732	1,701	1,670	40	0,477
3	1,699	1,732	1,701	1,670	40	0,477
4	1,693	1,732	1,701	1,670	40	0,477
5	1,693	1,732	1,701	1,670	40	0,477
6	1,690	1,732	1,701	1,670	40	0,477
9	1,696	1,732	1,701	1,670	40	0,477
10	1,700	1,732	1,701	1,670	40	0,477
11	1,701	1,733	1,701	1,669	39	0,484
12	1,705	1,733	1,701	1,669	39	0,484
14	1,705	1,737	1,701	1,665	31	0,543
15	1,709	1,739	1,701	1,663	28	0,572
16	1,700	1,742	1,701	1,660	24	0,619
17	1,714	1,745	1,701	1,657	21	0,663
18	1,696	1,747	1,701	1,655	19	0,698
19	1,718	1,748	1,701	1,654	18	0,718
20	1,718	1,750	1,701	1,652	17	0,739
21	1,720	1,755	1,701	1,647	14	0,817
22	1,701	1,765	1,701	1,637	10	0,975
23	1,695	1,765	1,701	1,637	10	0,975
24	1,692	1,795	1,701	1,607	5	1,427



Şekil 4.9. Düzeltilmiş örneğe ait $\bar{X} - s$ Grafiği

Şekil 4.9'a bakıldığında tüm gözlemlerin ortalamaları ve standart sapmaları kontrol sınırları arasındadır. Ama \bar{X} grafiğinde 1. gözlem ile 6. gözlem arasında negatif yönde sürekli bir eğilim ve 9. gözlem ile 15. gözlem arasında pozitif yönde sürekli bir eğilim olduğu görülmektedir. Bu noktalar arasında proses gözden geçirilmelidir. Prosesteki değişkenlik ve proses ortalaması kontrol altındadır. Bu gözlemlerin oluşturduğu sınırlar prosesin gerçek kontrol sınırlarıdır.

4.2.2. Saat Bazında Proses Kapasitesi

Kontrol grafikleri ile saat bazında prosesin kontrol altında olup olmadığı belirlendikten sonra proses incelenerek spesifikasyonları karşılayıp karşılamadığını araştırmak için proses yeterlilik indekslerini hesaplama aşamasına geçildi. İşleme önceden $\bar{U}SS = 1,85$ ve $ASS = 1,55$ spesifikasyon sınırlarını belirlemiştir. Proseste σ değeri bilinmediğinden bu değerin yerine tahmini değer olarak $\hat{\sigma}$ hesaplanmıştır. Prosesin yeterli olup olmadığını anlamak için C_p ve C_{pk} indeksler hesaplanmıştır.

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (n_i - 1) s_i^2}{\sum_{i=1}^k n_i - k}} = \sqrt{\frac{(40-1) * (0,075)^2 + \dots + (5-1) * (0,018)^2}{(40+40+\dots+5) - 21}} = \mathbf{0,066}$$

$$C_p = (\bar{U}SS - ASS) / 6\hat{\sigma} = (1,85 - 1,55) / (6 * 0,066) \cong \mathbf{0,76}$$

$$\begin{aligned} C_{pk} &= \text{Min} ((\bar{U}S - \bar{x}) / 3\hat{\sigma} ; (\bar{x} - ASS) / 3\hat{\sigma}) \\ &= \text{Min}((1,85 - 1,701) / (3 * 0,066); (1,701 - 1,55) / (3 * 0,066)) \\ &\cong \text{Min} (0,75; 0,76) = \mathbf{0,75} \end{aligned}$$

$C_p = 0,76 < 1,33$ olduğu için proseste üretilen ürünler doğal tolerans sınırları yani $\pm 3\sigma$ içinde değildir. Proses yetersizdir ve iyileştirme yapılmalıdır.

$C_{pk} = 0,75 < 1$ olduğundan proses ortalaması spesifikasyon limitleri içindedir. Yani proses yeterli değildir. C_p ve C_{pk} indeksleri sayesinde proses değişiminin spesifikasyon limitleri içerisinde olmadığı belirlenmiştir. Yapılması gereken değişiklik merkez değeri değiştirmektir.

C_p ve $C_{pk} < 1$ olduğu için proses $\pm 3\sigma$ spesifikasyonlardan büyüktür. Örnekleme ile üretimden çekilen çalışma saatlerinin %0,3'ünden daha fazlası spesifikasyonlara uymayacaktır.

5. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Kalite kontrol grafikleri proses kontrolü ve iyileştirilmesinde önemli bir yere sahiptir. Klasik Shewhart kontrol grafiklerinin küçük değişimlere karşı duyarısız olması ve birden fazla özel nedeni belirlemede zorlanması vb. sakıncalı yönleri gidermek için geliştirilen CUSUM ve EWMA grafiklerinin kullanım alanı yaygınlaşmaktadır.

Muğla ilindeki ilgili zeytinyağı işletmesinde üretilen zeytinyağlarının asit başına fire oranı değerleri açısından kontrol altında olup olmadığı Shewhart türü \bar{X} -s kontrol grafiği ile araştırılmıştır. Hem günlük hem saatlik bazda oluşturulan grafiklerde ABFO değerlerinin kontrol altında olmadığı yani özel nedenlerin üretimi etkilediği belirlenmiştir. Bu özel nedenler: pompalarda kaçak olması, işçilerin verileri yanlış okuması, optimum kostik ve fosforik çözeltili hesabının yanlış yapılması, makinelerdeki bakım eksikliği, gelen yağın çok asitli olmasıdır. İşletmenin bu özel nedenleri belirleyerek gidermesi gerekmektedir. Bu nedenler giderildikten sonra proses iyileştirmesine gidilebilir.

Ayrıca ilgili zeytinyağı üretimi prosesinin hem günlük hem saatlik bazda kapasitesini belirlemek amacıyla C_p ve C_{pk} indeksleri hesaplanmıştır. Bu indeksler günlük bazda prosesin yeterli kapasitede çalıştığını, ancak saatlik bazda yeterli kapasitede çalışmadığını göstermiştir. Bu durum işletmenin çalışma saati bazında prosese müdahale etmesini ve prosesi yeterli kapasiteye getirmesini gerektirmektedir.

Kontrol sınırları dışına çıkan noktalar kontrol grafiğinde kolayca tespit edildikten sonra bu örneklerin kontrol sınırları dışına çıkma sebepleri belirlenerek bu konuda işletme yöneticilerinin tedbir alması sağlanmıştır. Bunun için yöneticiler görev yapan personele eğitim vermiş, makinelere zamanında bakım yapmış, işçilerin çalışma ortamlarını düzeltmiştir. Ayrıca saf yağdaki asit oranını düşüren fosforik ve kostik çözeltili miktarı daha iyi hesaplanarak asit başına fire hesabı azaltılmıştır. Bu çözeltiler ne fazla ne de az eklenmelidir. Ne kadar iyi eklenirse prosesle kaybolan zeytin yağında o kadar azalır.

Üretim prosesinde kontrol durumunun mevcut olup olmadığının ortaya konmasında ve prosesin nasıl bir seyir takip ettiğinin belirlenmesinde Shewhart kontrol grafiklerinin rahatça kullanılabileceği yapılan uygulamada görülmüştür.

KAYNAKLAR

- Akın, B., 1996, İşletmelerde İPK teknikleri, Bilim teknik yayınevi, İstanbul.
- Akkurt, M., 2002, Kalite kontrol, Birsen yayınevi, İstanbul.
- Aslan, D., 2003, Kalite kontrol, Mühendislik Fakültesi Basımevi, İzmir.
- Atilla, A., 1996, Çağdaş Kalite Anlayışı İçerisinde İSO 9001 Kalite Güvencesi Sistemi Standardının Yorumu ve Uygulama Örnekleri, Çağlayan Kitabevi, İstanbul.
- Baskan, Ş., 1997, İstatistiksel Kalite Kontrolü, Ege Basımevi, İzmir.
- Başar, A., Oktay, E., 1997, Uygulamalı İstatistik 1-Kısa Teorik Bilgiler ve Çözülmüş Problemler, Şafak Yayınevi, Erzurum.
- Beaver, R., Reinmuth, J.E., Mendenhall, W., 1989, Statistics for Management and Economics, 6. Edition, PWS Kent Publishing, Boston.
- Berenson, M.L., Levine, D.M., 1996, Basic Business Statistics – Concepts and Applications, 6. Edition, Usa.
- Bircan, H., Özcan, S., 2003, Excel uygulamalı Kalite kontrol, Yargı yayınevi, Sivas.
- Bozkurt, R., 2003, Kalite İyileştirme Araç ve Yöntemleri, Mert matbaası, Ankara.
- Carr, L.P., Rao, A., 1996, Total Quality Management: A Cross Functional Perspective, John Wiley and Sons, New York.
- Çaltuğ, H., Uğur, N., 1994, İstatistiksel Kalite Kontrol, Kosgeb Yayınları, Ankara.
- Doğan, Ü., 1991, Kalite yönetimi ve kontrolü, İstiklal matbaası, İzmir.
- Farnum, N.R., 1994, Modern Statistical Quality Control and İmprovement, Duxbury Press, California.
- Firuzan, A.R., 1995, Shewhart kontrol kartlarında kontrol tarifelerinin belirlenmesi, Doktora tezi, DEÜ, İzmir.
- Firuzan, A.R., 2001, İstatistiksel Kalite Kontrol Ders Notları, DEÜ, İzmir.
- Followell, R.F., Oakland, J.S., 1990, Statistical Process Control, 2. Edition, Butterworth Heinemann Newnes, New York.
- Garrity, S.M., 1990, Basic Quality İmprovement, Regent/Printice Hall, New Jersey.

- Gitlow, H.S., Oppenheim, A., Oppenheim, R., 1995, Quality Management: Tools and Methods for Improvement, 2. Edition, Irwin Inc., USA.
- Godfey, A.B., Stephens, S.S., Wodsworth, H.M., 1996, Modern Methods For Quality Control and Improvement, John Wiley, Singapore.
- Grant, E.L., Leavenworth, R.S., 1996, Statistical Quality Control, 7. Edition, Mc. Graw-Hill Book Cooperation, USA.
- Gryna, F.M., Juran, J.M., 1993, Quality Planing and Analysis, 3. Edition, Mc. Graw-Hill Book Cooperation, Singapore.
- Gümüşoğlu, Ő., 2000, İstatistiksel Kalite Kontrolü ve TKY , Beta yayınları, İstanbul.
- Gürsakal, N., 2002, Bilgisayar uygulamalı İstatistik 2, Alfa yayınevi, İstanbul.
- Gözlü, S., 1990, Endüstriyel Kalite kontrolü, İTÜ matbaası, İstanbul.
- Hradesky, J.L., 1988, Production & Quality İmprovement, Mc. Graw-Hill Book Cooperation, New York.
- İshikawa, K., 1997, Toplam Kalite Kontrol, Kalder Yayınları 7, İstanbul.
- Kazmierski, T.J., 1995, Statistical Problem Solving in Quality Engineering, Mc. Graw-Hill Book Cooperation, USA.
- Kolarik, W.J., 1995, Creating Quality – Concepts, Systems, Strategies and Tools, Mc. Graw-Hill Book Cooperation, Singapore.
- Köksal, B.A., 1995, İstatistik Analiz Metotları, Çağlayan kitabevi, İstanbul.
- Kurt, G., 1996, Kalite Kontrolünde Birikimli Toplam Kontrol Tekniği, Anadolu Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi, Sayı 2, Eskişehir.
- Montgomery, D.C., 2001, Introduction to Statistical Quality Control, 4.th Edition, Arizona State University, USA.
- Oktay, E., 1998, Kalite kontrol grafikleri, Kariyer matbaası, Erzurum.
- Özdemir, T., 2000, İstatistiksel Kalite Kontrol, Ankara Üniversitesi Yayinevi, Ankara.
- Sağlı, M., 2003, Kalite kavramı ve Tarihsel gelişimi, Eğitim ve TKY Bülteni, Sayı 5, Kastamonu.
- Schroder, R.G., 1989, Operations Management-Decision Making In The Operations Functions, Mc. Graw-Hill Book Cooperation, New York.
- Spiegel, M.R., 1995, İstatistik, Çeviren: Armutlu, İ.H., Ayaydın, A., Bülbül, Ő., Turanlı, M., Bilim Teknik Yayinevi, İstanbul.

Şen, A., 1992, Kalite kontrolünde İstatistiksel teknikler, Seminer, İzmir.

Tate, R.G., 1990, Proses Yeterlilik Analizi El Kitabı, Çeviri: Şişe Cam Fabrikaları A.Ş., İstanbul.

Tetsuichi, A., 1990, Handbook of Quality Tools, Productivity Press Inc., Cambridge.

Uğur, N., 1995, İstatistiksel Proses Kontrolü, Kosgeb Eğitim Merkezi, 2.Baskı Yayın No:24, Ankara.

Yağız, Ö., 1981, Kalite Planlaması ve Kontrolü, ODTÜ kitabevi, Ankara.

www.geocities.com/alti_sigma/olcme2.htm



Ek 1. Kalite Kontrol Sınımlarının Hesaplanması için Çarpan Katsayıları

Örnekteki Gözlem Sayısı n	Ortalama Grafikleri					Standart Sapma Grafikleri					Değişim Aralığı Grafikleri							
	Kontrol Sınırları Katsayıları					Orta Çizgi Katsayıları					Kontrol Sınırları Katsayıları							
	A	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	e ₄	e ₃	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	d ₂	d ₃	D ₁	D ₂	D ₃
2	2,121	3,76	1,880	2,659	0,7979	0,5642	0	1,843	0	3,267	0	2,606	1,128	0,853	0	3,686	0	3,267
3	1,732	2,394	1,023	1,954	0,8862	0,7236	0	1,858	0	2,568	0	2,276	1,693	0,888	0	4,358	0	2,575
4	1,500	1,88	0,729	1,628	0,9213	0,7999	0	1,808	0	2,266	0	2,088	2,059	0,880	0	4,698	0	2,282
5	1,342	1,596	0,577	1,427	0,9400	0,8407	0	1,756	0	2,089	0	1,964	2,326	0,864	0	4,918	0	2,115
6	1,225	1,41	0,483	1,287	0,9515	0,8686	0,026	1,711	0,030	1,970	0,029	1,874	2,534	0,848	0	5,078	0	2,004
7	1,134	1,277	0,419	1,182	0,9594	0,8882	0,105	1,672	0,118	1,882	0,113	1,806	2,704	0,833	0,204	5,204	0,076	1,924
8	1,061	1,175	0,373	1,099	0,9650	0,9027	0,167	1,638	0,185	1,815	0,179	1,751	2,847	0,820	0,388	5,306	0,136	1,864
9	1,000	1,094	0,337	1,032	0,9693	0,9139	0,219	1,609	0,239	1,761	0,232	1,707	2,970	0,808	0,547	5,393	0,184	1,816
10	0,949	1,028	0,308	0,975	0,9727	0,9227	0,262	1,584	0,284	1,716	0,276	1,669	3,078	0,797	0,687	5,469	0,223	1,777
11	0,905	0,973	0,285	0,927	0,9754	0,9300	0,299	1,561	0,321	1,679	0,313	1,637	3,173	0,787	0,811	5,535	0,256	1,744
12	0,866	0,925	0,266	0,886	0,9776	0,9359	0,331	1,541	0,354	1,646	0,346	1,610	3,258	0,778	0,922	5,594	0,283	1,717
13	0,832	0,884	0,249	0,850	0,9794	0,9410	0,359	1,523	0,382	1,618	0,374	1,585	3,336	0,770	1,025	5,647	0,307	1,693
14	0,802	0,848	0,235	0,817	0,9810	0,9453	0,384	1,507	0,406	1,594	0,399	1,563	3,407	0,763	1,118	5,696	0,328	1,672
15	0,775	0,816	0,223	0,789	0,9823	0,9490	0,406	1,492	0,428	1,572	0,421	1,544	3,472	0,756	1,203	5,741	0,347	1,653
16	0,750	0,788	0,212	0,763	0,9835	0,9523	0,427	1,478	0,448	1,552	0,440	1,526	3,532	0,750	1,282	5,782	0,363	1,637
17	0,728	0,762	0,203	0,739	0,9845	0,9551	0,445	1,465	0,466	1,534	0,458	1,511	3,588	0,744	1,356	5,820	0,378	1,622
18	0,707	0,738	0,194	0,718	0,9854	0,9576	0,461	1,454	0,482	1,518	0,475	1,496	3,640	0,739	1,424	5,856	0,391	1,608
19	0,688	0,717	0,187	0,698	0,9862	0,9599	0,477	1,443	0,497	1,503	0,490	1,483	3,689	0,734	1,487	5,891	0,403	1,597
20	0,671	0,697	0,180	0,680	0,9869	0,9619	0,491	1,433	0,510	1,490	0,504	1,470	3,735	0,729	1,549	5,921	0,415	1,585
21	0,655	0,679	0,173	0,663	0,9876	0,9638	0,504	1,424	0,523	1,477	0,516	1,459	3,778	0,724	1,605	5,951	0,425	1,575
22	0,640	0,662	0,167	0,647	0,9882	0,9655	0,516	1,415	0,534	1,466	0,528	1,448	3,819	0,720	1,659	5,979	0,434	1,566
23	0,626	0,647	0,162	0,633	0,9887	0,9670	0,527	1,407	0,545	1,455	0,539	1,438	3,858	0,716	1,710	6,006	0,443	1,557
24	0,612	0,632	0,157	0,619	0,9892	0,9684	0,538	1,399	0,555	1,445	0,549	1,429	3,895	0,712	1,759	6,031	0,451	1,548
25	0,600	0,619	0,153	0,606	0,9896	0,9696	0,548	1,392	0,565	1,435	0,559	1,420	3,931	0,708	1,806	6,056	0,459	1,541

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Aytaç PEKMEZCİ
Doğum Yeri ve Tarihi : Beyşehir / 01.03.1978

EĞİTİM ve AKADEMİK BİLGİLER

Lise : 1991-1994 Muğla Turgut Reis Lisesi
Lisans : 1996-2001 Muğla Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi
İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri
Lisans : 1999-2002 Muğla Üniversitesi İktisadi ve İdari
Bilimler Fakültesi İşletme Bölümü (Çift Anadal)
Yüksek Lisans : 2002-2005 Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
İstatistik ve Bilgisayar ABD
Yabancı Dil : İngilizce

MESLEKİ BİLGİLER

1999 Yaz : Muğla Üniversitesi Bilgi İşlem Dairesinde Staj
2000 Yaz : Muğla Üniversitesi Bilgi İşlem Dairesinde Staj
2002 – 2005 : Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Araştırma
Görevlisi
2005 - : Muğla Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Araştırma
Görevlisi