

T.C.
MALTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

İSTATİSTİKSEL SÜREÇ KONTROL ARAÇLARININ
YENİDEN İŞLEME FAALİYETLERİNİN
İYİLEŞTİRİLMESİNDE KULLANIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SERKAN KURT

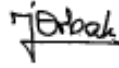
101403202

Danışman Öğretim Üyesi:
Yrd.Doc.Dr. İlkün ORBAK

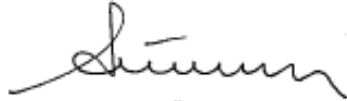
İstanbul, Haziran-2013

Bu tez çalışması, Maltepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 13/06/2013 tarih ve 2013/08 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından **Endüstri Mühendisliği Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

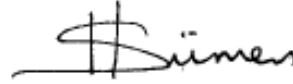
JÜRİ



Yrd.Doç.Dr. İlkin ORBAK
Danışman



Yrd.Doç.Dr. Abbas DÜNDAR
Üye



Yrd.Doç.Dr. Halil Halefşan SÖMEN
Üye

ÖZET

İSTATİSTİKSEL SÜREÇ KONTROL ARAÇLARININ YENİDEN İŞLEME FAALİYETLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİNDE KULLANIMI

Serkan KURT

Maltepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

(Yüksek Lisans Tezi / Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. İlkün ORBAK)

İstanbul, 2013

İstatistiksel süreç kontrol araçlarının kullanımı genellikle sanayide karşımıza çıkmaktadır. Bu araçlar, süreçlerin mevcut durumlarının gözlenmesinde ve tespit edilen hataların ortadan kaldırılması, kullanıldığı alanlardan bazılardır.

Bu çalışma transformatör aksesuarları üreten bir firmada yeniden işleme (rework) oranı en yüksek olan hata tespit edilerek istatistiksel süreç (proses) kontrol araçları yardımıyla ortadan kaldırılmıştır. Katlanılan yeniden işçilik maliyetini, daha düşük maliyetli Deming sistematik yaklaşımı çerçevesinde istatistiksel süreç kontrol araçları kullanarak sürece ait özel nedenler ortadan kaldırılmıştır. Yapılan pareto analizinde yeniden işleme maliyeti en yüksek olan gezer kontak yatağı hatası, oluşturulan kontrol grafikleri ile incelenmiş, beyin fırtınası, neden-sonuç analizi, balık kılçığı, 5 neden, 5N1K teknikleri kullanılarak süreç içerisindeki özel neden tespit edilerek ilgili aksiyonlar sonucunda gezer kontak yatağı ile ilgili yeniden işleme maliyeti sıfıra çekilmiştir. Pareto analizlerinde belirtilen yeniden işleme konuları bu çalışmanın dışında ayrıca iyileştirilmeye devam etmektedir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: İstatistiksel proses kontrol / istatistiksel süreç kontrol / ipk / isk / Yeniden işleme maliyeti azaltma/ Süreç İyileştirme

ABSTRACT

THE USAGE OF STATISTICAL PROCESS CONTROL TOOLS WITHIN THE IMPROVEMENT OF REWORK ACTIVITIES

Serkan KURT

Maltepe University, Graduate School of Science and Engineering

Industrial Engineering Department

(Master Thesis / Consultant : Assist.Prof.Dr. İlkün ORBAK)

İstanbul, 2013

The usage of Statistical Process Control tools are generally seen within the industry. These tools are used to get rid of failures and monitor current situation of the process.

The main objective of this thesis is to minimize of highly repeating rework cost appeared 8 months period of times. Applied statistical method showed that the cost of improvement is less than cost of endurance within 8 months.

This thesis is made within the multinational company manufacturing transformer accessories. The “Gezer Kontak Yatağı” failure is seen that the biggest cost of rework within the pareto analysis made. The special cause were eliminated through actions determined via control charts, brain storming, cause affect analysis, fishbone, 5 why’s, 5N1K, As a result the rework cost of “Gezer kontak Yatağı” were minimized. Additionally, the elimination of rest of the rework items is made separately out of this thesis.

Key Words: Statistical Process Control / SPC / Rework minimization / Process improvement

TEŞEKKÜR

Bu tez alıőmasında öncelikle Trafo aksesuarları üretimi gerekleőtiren firmanın üretim ve kalite departmanı personeline desteklerinden ve yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Ayrıca bu süreçte gerek motive edici gerekse literatur olarak tüm sorularımı cevapsız bırakmayarak destek olan tez danışmanım Sayın Yrd. Doc.Dr. İlkün Orbak Hocama teőekkürü bir bor bilirim.

Bu dönemde manevi desteğini her zaman arkamda hissettiğim Eőim İlknur'a tez alıőmamı yaparken, hadi oynayalım baba diyerek beni güldüren oğullarım Toprak ve Tunahan'a, ne zaman bitireceksin bu tezi? Hala bitmedimi diyerek beni zorlayan kıymetli anneme ve babama ok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER	SAYFA
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
KISALTMALAR LİSTESİ	vii
SEMBOLLER	viii
TABLolar LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	2
2.1 Kalite Üzerinde Çalışma Yapanlar	2
2.2 Kalite Üzerine Yapılan Tezler ve Makaleler	8
3. KALİTENİN TANIMI VE ÖNEMİ	13
3.1 Kaliteye Etki Eden Unsurlar	14
3.2 Kalitenin Tarihsel Gelişimi	15
3.3 Kalite Kontrol Kavramı	17
3.4 İstatistiksel Süreç Kontrolün Kalite İçindeki Yeri	18
3.5 İstatistiksel Süreç Kontrol ve İstatistiksel Kavramlar	19
3.6 Olasılık ve Olasılık Dağılımları	21
3.6.1 Bernoulli – Binom dağılımı	21
3.6.2 Poisson Dağılımı	22
3.6.3 Normal Dağılım	22
3.6.4 Merkezi Limit Teoremi	23
3.6.5 Binom dağılımının normal dağılıma yakınsaması	23

3.6.6 Poisson dağılımının normal dağılıma yakınsaması	24
3.7 İstatistiksel Süreç Kontrol Teknikleri	25
3.7.1 Çetele diyagramları	25
3.7.2 Histogram	26
3.7.2.1 Genel tip (Simetrik veya çan şeklinde)	27
3.7.2.2 Tarak tip (Çok modlu tip)	27
3.7.2.2.1 Pozitif/Negatif eğimli tip	27
3.7.2.2.2 Soldan / Sağa ani azalan tip	28
3.7.2.2.3 Plato Tip	28
3.7.2.2.4 İki Tepeli Tip (2 Modlu)	29
3.7.2.2.5 Ayrı Tepeli Tip	29
3.7.3 Pareto Analizi	29
3.7.4 Sebep-Sonuç Diyagramı (Balık Kılıcı Diyagramı)	30
3.7.5 Akış Şeması	31
3.7.6 Saçılma Diyagramı	32
3.7.7 Gruplandırma	32
3.7.8 Kontrol Grafikleri	33
3.7.8.1 Değişkenler için kontrol grafikleri	34
3.7.8.1.1 X-R grafikleri	35
3.7.8.1.2 X-S Grafiği	36
3.7.8.2 Özellikler için Kontrol Grafikleri	37
3.7.8.2.1 p (Kusurlu Oranı) Şeması	37
3.7.8.2.2 np (ortalama kusurlu sayısı) şeması	38
3.7.8.2.3 c (kusur sayısı) Şeması	38
3.7.8.2.4 u (FırsatAlanı) Şeması	39
3.8 İstatistiksel Süreç Kontrol İşlem Basamakları	39
3.9 Kontrol Grafiklerinin Yorumlanması	41
3.10 Süreç Yeterlilik Analizi	41
3.10.1 Süreç Yeterlilik İndeksi (Cp)	42
3.10.2 Süreç Performansı (Cpk)	42

3.11 Örnek Bir İSK Uygulaması	43
4. İSTATİSTİKSEL SÜREÇ KONTROL UYGULAMA	48
4.1 Firma Tanıtımı	48
4.2 Süreç Akış Şeması	50
4.3 İstatistiksel Süreç Kontrol Uygulama	51
4.3.1 Planlama Aşaması	56
4.3.1.1 Beyin Fırtınası	56
4.3.1.2 Neden / Sonuç Diyagramı ve 5 neden yöntemi	58
4.3.2 Uygulama Aşaması	62
4.3.3 Kontrol Aşaması	80
4.3.4 Önlem Alma Aşaması	83
5. SONUÇLAR	85
EKLER	87
KAYNAKLAR	97
ÖZGEÇMİŞ	102

KISALTMALAR LİSTESİ

İPK	: İstatistiksel Proses Kontrol
ISK	: İstatistiksel Süreç Kontrol
NSA	: Neden Sonuç Analizi
CP	: Süreç Yeterlilik İndeksi
CPK	: Proses Performansı
UKL	: Üst Kontrol Limiti
AKL	: Alt Kontrol Limiti
MÇ	: Merkez Çizgi
USL	: Üst Spesifikasyon Limiti
ASL	: Alt Spesifikasyon Limiti
SMED	: Single-Minute Exchange Die (Bir dakikada kalıp değişimi)
ASQ	: Amerikan Kalite Derneği
EOQ	: Avrupa Kalite Organizasyonu
JIT	: Just in time Production (Zamanında Üretim)
TKY	: Toplam Kalite Yönetimi
ISO	: International Organization for Standardization
EWMA	: Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalama
EWMD	: Üstel Ağırlıklandırılmış Standart Sapma
MA	: Hareketli Ortalama
MR	: Hareketli Değişim
CUSUM	: Birikimli Toplama
X-R	: Ortalama – Ranj Grafiği
X-S	: Ortalama Standart Sapma Grafiği
CNC	: Bilgisayar Sayımlı Yönetim
HB	: Brinell Sertlik Birimi
PR	: Prosedür
KP	: Kalite Plan
PDCA	: Demin döngüsü – Plan, Do, Check, Act
DMAIC	: 6 Sigma döngüsü – Define, Measure, Analyze, Improve, Control

SEMBOLLER

N	: Ana kütlede eleman sayısı
n	: Örnekleme eleman sayısı
\bar{X}	: Örneklemin ortalaması
μ	: Ana kütle ortalaması
σ^2	: Popülasyonun varyansı
σ	: Popülasyonun standart sapması
s^2	: Örneklemin varyansı
s	: Örneklemin standart sapması
e	: Sabit değer (2,71823)
π	: Sabit değer (3,1415)
Z	: Standart normal dağılım rassal değişkeni
λ	: Poisson dağılımı için ortalama

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1 Yüzey Kontrolleri Çetelesi	25
Tablo 3.2 Kontrol Grafikleri	34
Tablo 3.3 Cp İndeksinin Yorumlanması	42
Tablo 3.4 Cpk İndeksinin Yorumlanması	43
Tablo 3.5 Örnek Yuva Genişlik Ölçüsü	44
Tablo 4.1 Beyin Fırtınası Kaydı	57
Tablo 4.2 Neden Sonuç Analizi Kaydı	58
Tablo 4.3 5N1K Formu Kaydı	60
Tablo 4.4 Planlama Süreci Maliyet Takip Kaydı	61
Tablo 4.5 Uygulama Süreci 1. Aksiyon Maliyet Takip Kaydı	62
Tablo 4.6 Uygulama Süreci 2. Aksiyon Maliyet Takip Kaydı	63
Tablo 4.7a Aksiyon 3.1.1 Ölçüm Kayıtları	66
Tablo 4.7b Aksiyon 3.1.2 Ölçüm Kayıtları	67
Tablo 4.7c Aksiyon 3.1.3 Ölçüm Kayıtları	68
Tablo 4.8 Uygulama Süreci 3. Aksiyon Maliyet Takip Kaydı	69
Tablo 4.9a Aksiyon 3.2.1 Ölçüm Kayıtları	71
Tablo 4.9b Aksiyon 3.2.2 Ölçüm Kayıtları	72
Tablo 4.9c Aksiyon 3.2.3 Ölçüm Kayıtları	73
Tablo 4.10 Uygulama Süreci 4. Aksiyon Maliyet Takip Kaydı	74
Tablo 4.11a Aksiyon 3.3.1 Ölçüm Kayıtları	76
Tablo 4.11b Aksiyon 3.3.2 Ölçüm Kayıtları	77
Tablo 4.11c Aksiyon 3.3.3 Ölçüm Kayıtları	78

Tablo 4.12 Uygulama Süreci 5. Aksiyon Maliyet Takip Kaydı	79
Tablo 4.13 Kontrol Tablosu	80
Tablo 4.14 Kontrol Süreci Maliyet Takip Kaydı	82
Tablo 4.15 Önlem Alma Kontrol Tablosu	83
Tablo 4.16 Önlem Alma Süreci Maliyet Takip Kaydı	84

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1 – $n=30$, $p=0,3$ için Binom Dağılımı	23
Şekil 3.2 – $n=10$, $p=0,5$ için Binom Dağılımı	24
Şekil 3.3 $\lambda=5$ için Poisson Dağılımı	24
Şekil 3.4 $\lambda=12$ için Poisson Dağılımı	24
Şekil 3.5 Genel Tip Histogram	27
Şekil 3.6 Tarak Tip Histogram	27
Şekil 3.7 Negatif Eğimli Histogram	28
Şekil 3.8 Soldan Ani Azalan Tip Histogram	28
Şekil 3.9 Plato Tip Histogram	28
Şekil 3.10 İki Tepeli Histogram	29
Şekil 3.11 Ayrı Tepeli Tip Histogram	29
Şekil 3.12 Sebep – Sonuç Diyagramı	30
Şekil 3.13 Akış Diyagramı	31
Şekil 3.14 Saçılma Diyagramları	32
Şekil 3.15 İstatistiksel Süreç Kontrol Akış Diyagramı	40
Şekil 3.16 R-Grafiği	45
Şekil 3.17 X-Grafiği	45
Şekil 3.18 S-Grafiği	46
Şekil 4.1 Organizasyon Şeması	49
Şekil 4.2 Tesis Süreç Akış Şeması	51
Şekil 4.3 Yeniden İşçilik Miktarı (%)	53

Şekil 4.4 Yeniden İşçilik Maliyeti(\$)	53
Şekil 4.5 Ürün bazlı Yeniden İşçilik Miktarı (%)	53
Şekil 4.6 Ürün bazlı Yeniden İşçilik Maliyeti (\$)	54
Şekil 4.7 Komutatör Grubu Kusur Adedi (Adet)	55
Şekil 4.8 Komutatör Grubu Kusurlu Adedi (Adet)	55
Şekil 4.9 Komutatör Grubu Yeniden işçilik Maliyeti (\$)	55
Şekil 4.10 Komutatör İş Akış Şeması	56
Şekil 4.11 Balık Kılçığı Diyagramı	59
Şekil 4.12 Kalite Performans Verileri	62
Şekil 4.13 Gezer Kontak Yatağı Teknik Resmi	64
Şekil 4.14 Ölçüm Aleti Kalibrasyon Kaydı	65
Şekil 4.15a Minitab six pack	66
Şekil 4.15b Minitab S grafiği	66
Şekil 4.16a Minitab six pack	67
Şekil 4.16b Minitab S grafiği	67
Şekil 4.17a Minitab six pack	68
Şekil 4.17b Minitab S grafiği	68
Şekil 4.18a Minitab six pack	71
Şekil 4.18b Minitab S grafiği	71
Şekil 4.19a Minitab six pack	72
Şekil 4.19b Minitab S grafiği	72
Şekil 4.20a Minitab six pack	73
Şekil 4.20b Minitab S grafiği	73
Şekil 4.21 Kontrol Planı Görüntüsü	75
Şekil 4.22a Minitab six pack	76

Şekil 4.22b Minitab S grafiği	76
Şekil 4.23a Minitab six pack	77
Şekil 4.23b Minitab S grafiği	77
Şekil 4.24a Minitab six pack	78
Şekil 4.24b Minitab S grafiği	78
Şekil 4.25 Komutatör grubu Kusur Adedi	82
Şekil 4.26 Komutatör grubu Kusurlu Adedi	82
Şekil 4.27 Komutatör grubu Rework Adedi	82

1. GİRİŞ

Günümüz rekabet şartları, sınırların ortadan kalkması ve gelişen internet teknolojisi gibi unsurların etkisi, küresel bir rekabeti ortaya çıkarmıştır. Lokal rekabetin yanında küresel oyuncularında fırsat olan pazarlara yatırım yaparak girmeleriyle rekabet çok büyük oranda hissedilir olmuştur. Yaşanan bu rekabetin doğal sonucu olarak kaliteli ürünü yapabilen firmalar daha ileri gidebilirken kaliteliyi üretemeyen firmalar yerinde saymaya ve zamanla iflasa gitmektedirler.

Kaliteli ürünü üretebilmek için 1. Dünya Savaşı sonrasında geliştirilmeye başlanılan sistematik yaklaşımlar kaliteli ürünü üretme çabalarının göstergesidir. İstatistiksel süreç kontrol araçları bu dönemde ortaya konulan ve sanayinin gelişmesinde önemli rol oynayan bir araç olmuştur.

İstatistiksel süreç kontrolü araçları üretim ortamında ortaya çıkan ya da çıkabilecek potansiyel hataları, en ekonomik şekilde ortaya koyan, analiz eden ve tekrarını önleyecek faaliyetlerin belirlenerek ortadan kaldırılması için kullanılan bir araçtır. Kısaca, süreçte var olan özel nedenlerin tespit edilerek boyutunun değerlendirilmesi noktasında kullanılabilen eşsiz araçlardır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatür taraması 2 bölüm olarak ele alınmıştır. İlk bölümde tarih boyunca kalite konusu üzerine çalışmış olan kalite gurularının çalışmaları incelenmiş, ikinci bölümde ise istatistiksel süreç kontrol alanında yapılan tez ve makaleler ele alınmıştır.

2.1 Kalite Üzerinde Çalışma Yapanlar [1]

Dr. Walter Shewhart (1891-1967), Deming ve Juran'ın kalite yönünden etkilendiği kişidir. Shewhart 1920'li yıllarda çalıştığı Bell Atlantic firmasında kalite geliştirme ve problem çözme alanlarında istatistiksel araçlardan geniş ölçüde faydalanmıştır. Kaliteyi objektif ve subjektif kalite olmak üzere ikiye ayırmıştır. Shewhart'a göre kalite subjektiftir ve göreceli bir kavramdır. Buna göre kaliteyi müşteri isteklerine uygunluk olarak tanımlamak doğru olacaktır. Kontrol tablosu kavramı ilk olarak 1924 yılında Shewhart tarafından geliştirilmiştir.

Shewhart'a göre bir işletmede kalite kontrol yöntemlerinin uygulanması;

- Ürün ortaya çıktıktan sonraki kalite maliyetleri azalır,
- Ürünün son kullanıcılar tarafından reddedilme oranının düşürülmesi,
- Üretimden maksimum fayda elde edilmesi,
- Standart kaliteye ulaşılması,
- Kalite ölçülme işinin dolaylı olarak yapıldığı durumlarda tolerans limitlerinin düşürülmesi,

konularında fayda sağlayacaktır.

W.Edwards Deming (1900-1993), Japonlara toplam kalite yönetimini öğreten kişi olarak bilinir. Deming'in bir işletmede kalitenin yönetilmesi için gerekli gördüğü ilkeler şunlardır:

- Sürekli gelişme için yönetimin desteği kaçınılmaz ve sürekli olmalıdır.
- TKY felsefesi en üst kademededen en alta kadar bir kurumun tüm çalışanları tarafından benimsenmelidir.
- Kalite analizlerinde istatistiksel teknikler kullanılmalıdır.
- Kurum faaliyetleri sadece ücret ve maliyet boyutuna göre değerlendirilmemelidir.
- Üretim ve hizmetlerle ilgili sürekli olarak eksiklikler aranmalı ve iyileştirme çalışmaları yapılmalıdır.
- Sürekli eğitimler planlanmalıdır.
- Liderlik anlayışı kurum içinde yaygınlaştırılmalıdır.
- Yaratıcılık teşvik edilerek tüm personelin katılımı sağlanmalıdır.
- Departmanlar arasındaki sınırlar kalkmalıdır.
- Verimlilik, yöntemler geliştirilerek artırılmalıdır.
- Ölçülebilen hedefler koyarak bu hedeflere ulaşılmaya çalışılmalıdır.
- Çalışanların yaptıkları ile övünecekleri fırsatlar yaratmak.
- Tüm kurum çalışanlarının kendisini geliştirmesi için motive etmek.
- Kurum yönetimi, değişimin anlaşılmasına ve uygulanmasına ilişkin önlemleri almalıdır.

Deming'e göre, hataların %94'ünün işçilerin hatasından değil sistem hatalarından kaynaklanmaktadır ve asıl değişmesi gereken, yönetim şeklinin değişmesidir. Ayrıca kalite sistemi içerisinde önemli bir yeri olan ve kendi ismiyle anılan Deming Döngüsü de kalitede önemli bir problem çözme aracıdır. Bu tez çalışması da Deming sistematik yaklaşımı ile gerçekleştirilmiştir. Bu çember başlıca 4 aşamadan oluşur:

- Plan (P)

- Uygula (D)
- Kontrol Et (C)
- Önlem Al (A)

Joseph M. Juran (1904-2008), ABD ve Japonya’da Toplam Kalite Yönetimi’nin yaygınlaşmasına önemli katkıda bulunmuştur. Juran kalite alanında en büyük katkısını Pareto ilkesi olarak bilinen 80/20 kuralıdır. Juran, sorunların % 80’inin, olası sebeplerin % 20’si tarafından oluştuğu ilkesini savunmuştur. Juran, müşteri odaklı kalite felsefesine sahiptir. Müşteri memnuniyetinin sağlayabilmek için organizasyon kalite devriminin gerçekleştirilmesi gerektiğini savunarak aşağıdaki ilkelerin üzerinde durmuştur:

- İşletmede bir kalite konseyi oluşturulmalıdır.
- Kalite hedefleri açık olarak ilan edilmelidir.
- Kalite konusunda eğitim ve seminerlere önem verilmelidir.
- Sadece finansal göstergelere bakmanın yeterli olmadığı bilinerek diğer finansal olmayan kalite verileri de ölçülmelidir.
- Kalite geliştirme sürekli olmalıdır.
- Kalite geliştirme, problem çözme, yaratıcılık ve yenilik organizasyonda önem taşınmalıdır.
- Takdir ve ödüllendirmeye önem verilmelidir.
- Müşterilere yönelik kalite ve performans standartları oluşturulmalıdır.

Kaoru Ishikawa (1915-1989), Japonya da toplam kalite yönetimine katkıda bulunan insanların başında gelmektedir. Kalite bilincinin yaygınlaşmasına önemli ölçüde katkıda bulunmuş olan Ishikawa özellikle “Kalite Çemberleri” adı verilen kalite geliştirme ve problem çözme tekniğinin gelişmesine öncülük etmiştir. Ishikawa’ya göre bir işletmede kalite sorunlarını çözebilmek için kalite geliştirme araçlarına ihtiyaç vardır. Bunun için de kalitenin gelişimi için neden – sonuç diyagramı, saçılım diyagramı, pareto diyagramı, kalite çemberleri, histogram gibi istatistiksel araçlarının kullanımı gerektiğini savunmuştur. Bu araçlardan neden – sonuç diyagramı Ishikawa tarafından geliştirilmiştir. Neden – sonuç diyagramı, “Ishikawa diyagramı” olarak da anılmaktadır.

Ishikawa'ya göre bir işletmede kalitenin uygulanabilmesi için yapılması gereken ilk çalışma; var olan sistemin tanımlanmasıdır. Bu sistem tanımlamaları; kurumun temel değerleri ve teknolojisi, örgüt yapısı ve yönetim şekli, amaç hedef ve misyonu, müşteri beklentileri, eğitim faaliyetlerinin durumu, problemler aksaklıklar ve kullanılan performans ölçütleridir. Ishikawa ayrıca kalitenin muayene yoluyla değil sürecin içinde yer alması gerektiğini vurgulayarak günümüzde Türkiye'de çoğu işletmede uygulanan ürün muayenesinin maliyetinin çok yüksek olduğunu vurgulamıştır.

Toplam kalitenin başarıya ulaşabilmesi için, aşağıdaki ilkeleri belirtmiştir:

- Kalite kontrol çalışmalarına tüm paydaşların katılımını sağlamak,
- Eğitimler ve seminerler organize etmek,
- Kalite kontrol çemberleri kullanımını yaygınlaştırmak,
- Kalite kontrol çalışmalarını en üst düzeyden denetlemek,
- Problem çözmede istatistiksel araçlardan faydalanmak,
- Kalite kontrol çalışmalarını ulusallaştırmak,
- Organizasyonel köklü değişimler için devrimci olmak.

Genichi Taguchi (1924-2012), kalite mühendisliği kavramının öncüsüdür. “Deney Tasarımını bulmuştur. Ürün ve süreç tasarımında deneysel tasarımın önemini vurgulamıştır. Taguchi aşağıda belirtilen üç deney tasarımı üzerinde durmuştur:

- Sistem tasarımı
- Süreç tasarımı
- Tolerans tasarımı

Taguchi'nin kalite felsefesi aşağıdaki unsurları içermektedir:

- Rekabetin ve Pazar koşulların yoğun olarak arttığı bir ortamda sürekli kaliteyi iyileştirme ve maliyeti azaltma çok büyük önem taşımaktadır.
- Ürün kalitesi iyileşirken ortaya çıkan sosyal maliyet göz ardı edilmeyerek minimize edilmelidir.

- Bir ürünün nihai kalite ve maliyeti ürünün imalat sürecinin mühendislik tasarımıyla belli olur.

P.B.Crosby (1926-2001), Deming gibi üretimde çıkan hataların % 80'inin yönetim tarafından ortaya çıktığını savunarak değişime öncelikle üst yönetimden başlanması gerektiğini vurgulamıştır. Kalite serbestliktir diyen Crosby'nin en önemli katkısı "Sıfır Hata" kavramını kalite literatürü içine sokmasıdır. Kalite maliyeti kavramının gelişmesine de önemli katkıları olmuştur.

Crosby'nin kalite felsefesi aşağıda bahsedilen dört unsur üzerine kurulmuştur:

- Kalite mükemmellik değil, ihtiyaçlara uygunluktur.
- Kalite sistemi hataları önlemelidir.
- Çalışma standardı ve sıfır hata olmalıdır.
- Kalitenin ölçümü uygunsuzlukların maliyetidir.

Kalite felsefesinin başarıya ulaşabilmesi için Crosby, on dört basamaklı bir yaklaşım öne sürmüştür:

- Yönetimin istek ve kararlılığı
- Kalite geliştirme takımları
- Kalite ölçümü
- Kalite maliyetinin belirlenmesi
- Kalite bilincinin sağlanması
- Düzeltici önlemlerin alınması
- Sıfır hatanın planlanması
- İş görenlerin eğitimi
- Sıfır hata günü
- Hedef belirleme
- Hata kaynaklarının önlenmesi
- Takdir\tanıma
- Kalite konseyleri
- Yeniden başla

Armand Feigenbaum (1922-...), “Toplam Kalite Kontrol” kavramının isim babası olarak bilinmektedir. Feigenbaum’un kalite felsefesi kısaca ürünlerin kötü tasarlanması, yetersiz dağıtılması, yanlış pazarlanması ve müşterilerin kullanımına yeterince destek verilmemesi halinde üretimde kaliteyi sağlamanın mümkün olmadığı yönündedir ve bu yaklaşımıyla toplam kalitenin önemini vurgulayarak kalitenin herkesin işi olması gerektiğini savunmuştur.

Shigeo Shingo (1909-1990), sıfır kalite kontrolü yaklaşımıyla “Poka Yoke” (Hata önleme) yaklaşımını ortaya koyan Shingo 1970’lerin önde gelen düşünürlerinden biridir. Toyota üretim sisteminin önde gelen mühendislerinden olan Shingo, Toyota üretim sistemine yapmış olduğu katkılarıyla bu sistemin öncüsü olarak kabul edilmektedir.

Bir dakikada kalıp değişimi (single-minute exchange of dies) (SMED) de kalite sistemi içerisine kattığı önemli kavramlardan olmuştur.

Tom Peters (1942-...), organizasyonda kalitenin etkin bir şekilde uygulanabilmesi için gereken on iki adımı aşağıda vermiştir:

- Yönetimin kalite konusunda kesin tutum sergilemesi
- Yakın ilişkilerin oluşturduğu sistemlerin oluşturulması
- Kalitenin ölçülmesi
- Kalite başarılarının ödüllendirilmesi
- Kalite için herkesin eğitilmesi
- Çok amaçlı takımların oluşturulması
- Değişime açık olma
- Kalite için sona ermeyen çabalar dizisi yaratılması
- Kalite geliştirme için paralel örgüt yapılarının oluşturulması
- Müşteri, tedarikçi, dağıtıcı, üretici dahil herkesin kalite süreci içinde yer alması
- Kalite arttıkça maliyetlerin düşmesi
- Kalite geliştirmenin asla sona ermeyecek yolculuk olduğunun benimsenmesi.

2.2 Kalite Üzerine Yapılan Tezler ve Makaleler

Aslangiray (2011) kontrol grafiklerinin oluşturulmasında bulanık mantık yaklaşımını incelemiştir. Sayısal veriler yardımıyla kontrol grafiğinin oluşturulmadığı durumlarda kullanılan “U” tip kontrol grafiklerinden ve bulanık kontrol grafiklerinden faydalanarak nitel özellikler üzerinde çalışmasını yapmıştır. Bir tekstil firmasında çalışmasını gerçekleştiren Aslangiray, 01.10.2010 – 30.11.2011 tarihleri arasında 6 ayı kumaş üzerinde gerçekleştirdiği ölçümlerinde bulanık kontrol grafiklerinden faydalanmış ve karşılaşılan hataların büyük bir kısmının iplik hatasından olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca U kontrol grafiklerinde dikkate alınmayan hata ağırlıklarının hesaba katılmamasından dolayı ortaya çıkan farkın bulanık kontrol grafiklerinde nasıl ortaya çıktığını da uygulamasında ortaya koymuştur. [2]

Bostan (2010), askeri bir tesiste yenileştirme çalışması en fazla yapılan bir motor üzerinde istatistiksel süreç kontrol çalışmasını yapmıştır. Motor üretimi sırasında oluşan hataları sınıflandırarak pareto analizi yöntemini kullandığı çalışmada 681 adet motor incelenerek gruplandırılmıştır. Çalışmada 224 motorda 331 adet arıza tespit edilmiştir. Bu arızaların giderilmesi için harcanan süre 732 saattir. Hataların çoğunlukla tam montaj ve mazot pompasında olduğu tespit edilmiştir. Pareto analizi sonucunda yapılan iyileştirmelerde 635 motorda 134 adedinde 156 adet arıza tespit edilmiştir. Bu arızaların giderilmesi için 204 saat harcanmıştır. Bostan çalışmasında pareto analizi yardımıyla yaptığı önceliklendirme ile kayıp zamanlardaki azalışı sağlayarak süreç performans verimliliğinin arttığını göstermiştir. [3]

Yıldız (2009), Üretim iyileştirme çalışmaları kapsamında gerçekleştirdiği tezinde kalite bölümü içinde gerçekleştirdiği anket sonucuna göre iyileştirme sürecini planlamış ve IPK araçlarından faydalanmıştır. Savunma sanayinde balık kılıcı, pareto analizi, kontrol kartları, Matris diyagramlarından faydalanan Yıldız, kalitenin kontrol edilerek değil ancak imalat sürecinde tespit edildiğini çalışmasında görerek iyileştirme önerilerini tezinde paylaşmıştır. [4]

Durkee (2008), İSK metotlarını kullanmanın süreç yönetimine olan faydası vurgulanmıştır. Kullanılabilen İSK metotlarının başlıca histogram, hata yoğunluk

grafığı, veri tablosu, pareto analizi, sebep-sonuç grafığı, serpilme grafığı, cusum kontrol grafığı olduğu gösterilmiştir. [5]

Selalmaz (2008), zincir üretimi gerçekleştiren bir işletmede çalışmasını gerçekleştirmiştir. ISK araçlarını yoğun bir şekilde kullanmıştır. Başlıca pareto analizi ve histogramdan çalışmasında faydalanmış ve X-R / X-S kontrol grafikleri ve süreç yeterlilik analizlerini kullanmıştır. SAE 1008 zincirin yakma alın kaynağı sonrası kontrol dışı noktaların tespiti için kullanan Selalmaz, üç aylık ISK çalışması sonunda üretim kaybında % 2-3, üretim maliyet kaybında 16,80 – 25,20 TL ve üretim süre kaybında 0,25 – 1 saatlik iyileştirme gerçekleştirmiştir. Bu çalışma ile zincir üretimi yapılan bir işletme de İPK'nın uygulanabildiğı göstermiştir. [6]

Kayaalp (2007), bir konfeksiyon işletmesinde kalite iyileştirme çalışması yapmıştır. İstatistiksel kalite kontrol yöntemlerini giriş, süreç ve final kontrolleri olarak üç aşamada kullanmıştır. Kaliteyi önlemenin yolunun kalitesizliği önlemek olduğunu vurgulayan Kayaalp, girişte kabul örnekleme, üretimde İPK araçlarını kullanmış ve final kontrolünde kabul örnekleme metodunu kullanmıştır. Yaptığı çalışması ile orta büyüklükte bir işletmede İPK araçlarının çok kolay bir şekilde uygulanabildiğini göstermiştir. [7]

Baykal (2007), otomotiv sektöründe hizmet veren bir firmanın giriş kontrol sürecinde yaptığı çalışmaların üzerinde durmuştur. Baykal pareto analizi yönteminden faydalanarak hata sınıflandırması yapmıştır. Hata sınıflandırması sonucunda oluşturduğu histogram üzerinden iyileştirmelerini yapan Baykal regresyon analizi yönteminden de faydalanmıştır. Pareto, Varyans ve Regresyon analizi sonucu elde ettiği verileri yağ, un, şekere benzeten Baykal bunlardan faydalanarak ideal bir pasta yapılabileceğı sonucuna ulaşmıştır. Eğer istatistik olmazsa lezzetsiz bir pastaya ulaşılacağını güzel bir benzetme ile vurgulamıştır. [8]

Çolak (2007), tez çalışmasında elyaf üretimi gerçekleştiren bir firmada, elyafın istenilen seviyeye ulaşip ulaşmadığını tespit etmek için istatistiksel süreç kontrolünden faydalanmıştır. On beş günlük viskozite değerlerinin X ve R kontrol tabloları ile kayıt altına alarak sürecinin kontrol dışı olup olmama durumu incelenmiştir ve herhangi bir kontrol dışı olma durumu gözlenmemiştir.

Diğer bir çalışmasını ise polimer sanayinde yapmıştır. Yanmazlık özelliği önemli olan poliolefinler üzerinde bir istatistiksel süreç kontrol çalışması yapmıştır. Bu çalışmada yaptığı on sekiz günlük ölçümlerini X ve R kontrol tabloları yardımıyla analiz etmiştir. Kontrol dışı olan noktaların olduğu tespit edilerek, bu kontrol dışı noktanın özel nedeni incelendiğinde voltaj dalgalanması sonucu magnezyum pompasının durduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle magnezyum pompası beslenemediğinden dolayı kontrol dışı verileri oluşmuştur.

Çolak, tez çalışmasında İPK'nın kimya sektörü içinde kullanılabileceğini gösteren bir çalışma yaparak X-R grafiğinin bu sektörde etkin bir şekilde kullanılabileceğini uygulamalarında göstermiştir. [9]

Benk (2007), istatistiksel süreç kontrolünü küçük bir işletme de uygulanabileceğini göstermek amacıyla yaptığı tez çalışmasında sac şekillendirme, kaynaklı birleştirmeler ve kalıp imalatı üzerine çalışmakta olan bir işletmede çalışmasını yapmıştır. Kontrol kartlarına dayalı bir süreç kontrol sistemi kurulan bu çalışmada, TRM su borusu üzerinde 1 Ekim 2005 tarihinde, gündüz vardiyasında her yarım saatte 5 adet numune olmak üzere toplam 100 adet ölçüm üzerinde çalışma yapılmıştır. İPK sonucunda elde edilen veriler doğru kullanılırsa kalite maliyetlerinde düşüğe katkı sağlayacağı ve daha kaliteli ürünün elde edileceğini göstermiştir. [10]

Sever (2007), çalışmasında istatistiksel süreç kontrol kartlarını talaşlı imalat sektöründe kullanılabileceğini örnek uygulaması ile göstermiştir. Faz elektrik motor sanayisinde yaptığı çalışmada üretilen millerde belirli bir kalite seviyesine ulaşıldığını göstermiştir. Sever ayrıca çalışmasında kontrol ölçümlerinin üretici operatör tarafından yapılarak sürece anında müdahale edilmesinin önemi üzerinde durmuştur. [11]

Örümlü (2006), bir gıda işletmesinde İPK tekniğini uygulamıştır. Tam zamanında üretim metoduna göre üretim gerçekleştiren bir işletmede salça dolmuş tesisinde ortaya çıkan hataları değerlendirmek üzere bu çalışmasını yapmıştır. Yaptığı çalışmada öncelikle akış şemasından faydalanan Örümlü, salça kutusunun fazla dolmuşu üzerine İPK araçlarını kullanmış ve kontrol grafiklerinden faydalanmıştır.

2003 ve 2004 fazla dolun verilerini karşılaştıran Örümlü, İPK metotlarını kullanarak hataların tespit edilebildiği ve rekabetin yoğun yaşandığı gıda sektöründe maliyeti düşürmeye yönelik fayda sağladığı göstermiştir. [12]

De Magalhaes, M.S, Costa A.F.B and Moura Neto F.D (2006)'nin yapmış oldukları çalışmada, süreçte ortaya çıkan küçük - orta boyutlu değişimleri tespit etmede uyarlamalı X-R kontrol grafiklerinin, geleneksel X-R kontrol grafiklerine göre daha hızlı olduğunu göstermiştir. [13]

Dudek ve Burlikowska (2005), Polonya'daki tesislerde kalite kontrol uygulamalarına yönelik sorunları ortaya koyarak, kalitenin tahmin edilmesi noktasında istatistiksel tekniklerin uygulanıp uygulanamayacağı ile ilgili çalışmışlardır. Yapılan bu çalışma, PN-79/H-74244 standardına göre G335 çelikten üretilen borunun (65 x 3,1 x 1056), Ø 65 dış çapı için oluşturulan X-R kontrol grafiği ve süreç yeterlilik analizi üzerine çalışarak kalitenin tahmin edilmesi üzerine olmuştur. [14]

Kapıcı (2005), yapmış olduğu çalışmada, İstanbul Tersanesi Komutanlığı'nda İSK metodundan C kontrol grafiği, histogram, pareto analizi ve sebep sonuç grafiğini gemi inşa ve onarım projelerinde kaynak sürecine uygulanabilirliğini incelemiştir. [15]

Bircan ve Gedik (2003), Sivas dikimevinde üretim hatalarının sebepleri ile ilgili yaptıkları çalışmalarında istatistiksel süreç kontrol araçların detaylı olarak kullanmışlardır. 01.01.2001 – 30.06.2001 tarihleri arasında toplanan, 1800 adet rüzgar ceketini kontrol edilerek n ve p kontrol kartları düzenlenmiştir. Bu çalışmanın sonucunda % 1,5 hata oranı olduğu tespit edilerek sistemin kontrol altında olduğu görülmüştür. [16]

Gedik (2003), kamuya ait olan Sivas dikimevinde üretim hatalarının sebeplerinin araştırıldığı çalışmada süreç kontrolün yedi tekniği olan histogram, pareto, sebep-sonuç diyagramı kontrol tablosu, hata yoğunluk diyagramı, dağılım diyagramı ve kontrol grafikleri ayrıntılı olarak incelemiştir. 2001 senesinde ocak – haziran ayları içerisinde ayda 300 toplamda 1800 örneklem kümesi içinden yaptığı çalışmada hata türlerini sınıflandırarak öncelikle pareto analizi yapmış akabinde yukarıda bahsedilen

İPK'nın 7 tekniğini uygulamıştır. Çalışmasında fazla rekabet olmayan kamu sektöründe de İPK'nın uygulanabileceğini göstermiştir. [17]

Callao ve Rius (2003)'un yapmış oldukları çalışmada, sudaki sülfatı belirlemek için kullanılan UV / görünür tespiti ile sıralı enjeksiyon analiz (SIA) sistemini takip etmek için X - R kontrol grafikleri ve bununla birlikte tamamlayıcısı olarak zaman serisi metodu kullanarak süreci kontrol altında tutmaya çalışmıştır. [18]

Özcan (2001), çalışmasında istatistiksel süreç kontrolü araçlarından pareto analizini kullanarak Sivas çimento fabrikasında kalite iyileştirme çalışması gerçekleştirmiştir. Sivas çimento fabrikasında yaşanan çok yoğun duruş problemlerinin ele alındığı çalışmada hatalar sınıflandırılmıştır. Ağırlığı yüksek olan satış azlığından kaynaklı kesikli çalışma ve bant arızasına bağlı mekanik arızaların en yüksek etkiye sahip olduğu pareto analizi sonucunda tespit edilmiştir. Pareto analizi yardımı ile tespit edilen hatalar giderilerek 1 numaralı fırında 1530 ton üretim kaybı 2 numaralı fırında 2492 ton üretim kaybı azaltılarak sürece olan katkısı gözler önüne serilmiştir. [19]

Schippers (2001)'in yapmış olduğu çalışma sonucunda üretimin kontrolü ve otomatik süreç kontrolü ile birlikte imalat süreçlerinin teknik kontrolünde İPK metodolojisinin kullanımının doğru bir yaklaşım olduğunu vurgulamıştır. [20]

Zhang ve Igel (2001)'nin yapmış oldukları çalışmada, Çin'deki İPK sürecinin gelişimini, bir anahtar üreticisi olan CoPS firmasındaki uygulamalarla sunmuşlardır. [21]

3. KALİTENİN TANIMI VE ÖNEMİ

Kalite, Latince "nasıl oluştuğu" anlamına gelen "qualis" kelimesinden gelmektedir. Buna göre kalite hangi ürün veya hizmet için kullanılıyorsa, onun ne olduğunu ifade etmeğe yöneliktir. Günümüzde kalite, daha çok üstünlüğü ve iyi oluşu ifade etmek için kullanılır. [22]

Kalite kavramı için tek ve global bir tanıma ulaşabilmek mümkün olmamaktadır. Bunun sebebi, kalitenin çok boyutlu ve sübjektif bir kavram olmasından ileri gelmektedir. Belli başlı kalite gurularının ve kuruluşlarının kalite ile ilgili verdiği tanımlarda da kalite, farklı noktalardan ele alınmaktadır.

ISO 8402'ye göre kalite; bir ürün veya hizmetin belirlenen ya da olabilecek ihtiyaçları karşılama yeterliliğine dayanan özelliklerin toplamıdır.

Amerikan Kalite Derneği - ASQ tanımı da bu paralelde, bir mal veya hizmetin belirli bir gerekliliği karşılayabilme yeteneklerini ortaya koyan karakteristiklerin tümüdür.

Avrupa Kalite Organizasyonu – EQO bir mal ya da hizmetin tüketicinin isteklerine uygunluk derecesidir.

P. Crosby'ye göre kalite, ürünün gerekliliklerine uygunluk derecesidir. Juran'a göre ise kullanıma uygunluk derecesidir. Taguchi, ürün sevk edildikten sonra daha genel bir bakışla toplumda neden olduğu minimal zarar olarak ifade etmiştir.

Kaliteyi genel olarak müşteri isteklerini ve beklentilerini karşılayabilme derecesi olarak tanımlarsak kalitenin göreceli ve çok boyutlu bir kavram olduğu görülecektir. Üreticiler müşterilerine sağladığı ürünlerde benzer seviyede ürünü üretmiş olsalar dahi, benzer ürün için aldıkları yorumlar, müşteri şikâyetleri ve beklentileri aynı olmamaktadır. Bir müşteri aynı ürünün montaj şeklini yeterli bulmazken diğer bir müşteri görsel kozmetiğini yetersiz bulabilir, üçüncü bir müşteri ise her şeyi yeterli

görürken zamanında teslimat performansını yetersiz bulabilir, bir diğeri de her şey uygunken fiyatı pahalı bulabilir. Bu örnekleri artırmak mümkündür. Dolayısıyla kaliteyi bir bütün olarak ele alarak sadece ürünün, performans olarak müşterinin isteklerini karşılama değil, zamanında teslim edilmesi ve fiyat performansı da kalite boyutlarının içinde değerlendirilmesi gereken unsurlar olarak ortaya çıkmaktadır. Özellikle günümüz rekabet şartlarını ele aldığımızda ürün performansının, zamanında sevkiyat ile desteklenmesi ile beraber, uygun fiyatla sağlanmış olması ürünün müşteri tarafında, kalitesi olarak değerlendirilmektedir. Günümüz satın almaları kaliteli ürünü ve hizmeti dünyanın neresinde olursa olsun arayıp bulurlarken kalite kavramını temelde bu üç unsura önem vererek değerlendirirler. Fonksiyonel açıdan uygun olan bir ürünün zamanında teslimat ve fiyat açısından uygun olmadığında müşteri isteklerinin karşılanmadığı düşünüldüğünde kalite kavramı olarak karşılanmamış olacaktır. Kaliteyi; müşteri isteklerini, ürün performansı ile birlikte hızlı ve uygun fiyata sağlamak günümüz şartlarını karşılayarak uygun bir kalite tanımı olacaktır. Garvin'e göre kaliteye etki eden 8 unsur aşağıda daha detaylı verilmiştir.

Türkiye endüstrisinde görülen kalite tanımları ve uygulamaları firmaların büyüklüğü ve vizyonuna göre değişmektedir. Yazarın bu konudaki deneyimlerine göre, çok uluslu firmalar ve ISO 500 içinde yer alan yerli firmalar çok ciddi kalite, yalın üretim, 6 sigma, JIT vb. sistemseller uygulamalara sahipken, KOBİ olarak tanımladığımız yerli firmalarımızda da genellikle sözde kalite uygulamaları gözlenmektedir. Bu firmalarımız genellikle müşteri isteklerini zamanında ve uygun fiyata karşılama noktasında kaliteyi yakalayabiliyorlarken, ürün performansı, dayanımı ve firma içi kalite sisteminin uygulanması noktalarında eksik kalabilmektedirler.

3.1 Kaliteye Etki Eden Unsurlar

Çok boyutlu olan ve temelde müşteri isteklerine uygunluk olarak tanımladığımız kalite; ürünün tasarımından müşteriye ulaşana kadar olan bütün süreçlerin planlanması gereken bir kavramdır. Bir malın üreticisi hangi tasarımı (malzeme, şekil, görünüş, fonksiyon vs.) potansiyel müşterilerine nasıl götürüleceğini, kendisine

kaça mal olacağını ve müşterilerinin bu mala ne kadar ödemeyi kabul edeceklerine karar vermek zorundadırlar. Bu nedenle tasarım kalitesi, kalitenin önemli bir yanısıdır ve ürünün tasarımının planlanmasında, imalatında ve pazarlanmasında dikkatlice düşünülmelidir. [23] Bu planlamada dikkat edilmesi gereken unsurlar Garvin'e göre şunlardır [24, s-16]:

- **Performans:** Üründen beklenen temel faaliyetlerin yerine getirebilmesi
- **Özellikler:** Tüketiciyi ürüne yönlendiren ilave fonksiyonlar
- **Ürünün Güvenilirliği:** Ürünün belli bir garanti süresi olması ve bu süre içerisinde performansında kayıplar olmaması
- **Uygunluk:** Ürünün veya servisin belirlenen standartları karşılaması. Klasik yönetim yaklaşımı “uygunluğu” önceden tespit edilen toleransları karşılaması olarak tanımlamıştır.
- **Dayanıklılık:** Ürün ömrünün ölçümüdür.
- **Servis:** Ürün arıza yaptığı dönemde, tamir edilinceye kadar geçen süreci ve servis personelinin yeterliliğini kapsar.
- **Estetik:** Subjektif bir bakış açısıyla kullanıcılarının ürüne gösterdiği tepkidir.
- **Algılanan Kalite:** Estetik gibi subjektif bir boyuttur ve marka bilinciyle birlikte gelişir.

Garvin'in sunduğu unsurlara ek olarak günümüz rekabet koşullarını da değerlendirildiğinde aşağıdaki unsurları da kalite kavramına dahil etmek yanlış olmayacaktır.

Zamanında Teslimat: Talep edilen ürün ve hizmetin talep edilen zamanda karşılanabilmesidir.

Fiyat: Ürünün kabul edilebilir bir fiyatla pazara sunulmasıdır.

3.2 Kalitenin Tarihsel Gelişimi

Kalite ile ilgili ilk kayıtlar M.Ö. 2150 yılına kadar uzanır. Ünlü Hamurabi Kanunları'nın 229. maddesinde şu ifadeler yer alır; ‘eğer bir inşaat ustası bir adama ev yapar ve yapılan ev yeterince sağlam olmayıp sahibinin üstüne çökerek ölümüne sebep olursa o inşaat ustasının başı uçurulur’. [25, s-15]

20. yüzyılın başlarında Henry Ford, Ford Motor şirketinde hareketli montaj hattını kurarak, düşük maliyetle yüksek kaliteli ürünler üretmeye başlamıştır. İmalatın sonunda kalitesiz ürünler ayıklanırdı. Üretim sorumluları önceliği ürün kalitesine değil, üretim miktarına verirlerdi. Bunun sebebi üretim sorumluları, adet olarak ihtiyacı karşılamadıkları zaman işlerinden olabiliyorlardı. Kalitesiz üretimin geri dönüşü sadece uyarı olarak gerçekleşiyordu. Zamanla bu gelişmenin kaliteye zarar verdiği görülünce firma yöneticileri muayene şefliği kadrosunu oluşturarak önlem almaya başlamışlardır. Ayrıca Bell System ve Western Electric firmaları da 1920-1940 yılları arasında teknolojinin hızla gelişmesiyle bölümler arası koordinasyon bozuklukları ortaya çıkmış ve bunu ortadan kaldırmak için Muayene bölümünü kurarak ilk kalite kontrol uygulamalarına başlamışlardır. [26]

1924 yılında matematikçi Walter Shewhart seri üretim yapan işletmelerde kalitenin ekonomik olarak kontrol edilebilmesi için ilk defa istatistiksel süreç kontrolü yaklaşımını ileri sürmüştür.

İkinci Dünya Savaşı sonrasında kalite anlayışı iyiden iyiye değişmeye başlamıştır. Savaş sonrası ürettiğini satan bir ABD karşısında kıt kaynaklarla üretim gerçekleştirmeye çalışan bir Japonya vardı. Kalitenin devrim niteliğindeki gelişimi de bu tarihten itibaren Japon bilim adamları ve mühendisleri derneğinden E.Deming'in Japonya'ya davet etmesiyle başlamış ve tüm dünyaya buradan etkin olarak yayılmıştır. Deming'in verdiği seminerler sayesinde Japon, iş adamlarını kalite devrimi yapabileceklerine inandırmıştır. Deming'in bu çalışmaları Japon imparatoru tarafından da takdirle karşılanarak ikinci derecede kutsal hazine madalyası ile ödüllendirilmiştir.

Armand V. Feigenbaum 1951 yılında Toplam Kalite Kontrol adlı kitabını yayımlayarak kalite kontrolü işletmenin tasarımından satış sonrasına kadar işletmenin her kademesine yaymıştır. O zamana kadarki çalışmalar hataları önlemeye değil, düzeltmeye yönelik çalışmalardı.

1960 yılların sonlarına doğru Amerika'daki otellerde, bankalarda ve kamu kuruluşlarında 'Hizmet Sektöründe Kalite Güvencesi' uygulamaları başlatılmıştır.

Savaş sonrası Avrupa ve Japonya toparlanırken, Amerika Dünya pazarlarındaki liderliğini koruyordu. Amerikan şirketlerinin bu Pazar üstünlükleri 1970’li yıllara kadar sürdü. Kaliteye yatırım yapan Japon şirketleri, özellikle otomotiv ve beyaz eşya sektöründe rekabet gücünü ele geçirdi. Tüketiciler bilinçlenerek, satın alma kararında kalite ve fiyatı bir arada bulundurmaya başladılar. Amerikan şirketleri de bu paralelde Japon şirketleri ile rekabet edebilmek için daha fazla kaliteye önem vermeye başladılar. Bu rekabet ortamının rüzgârları ülkemizi 1990’lı yıllarda etkisi altına almaya başlamıştır.

3.3 Kalite Kontrol Kavramı

Üretim sistemi içinde yer alan kalite konusu sürekli kontrole dayanan bir olgudur. Bu kontroller belirlenen kalite planlarına göre kalite kontrol ekibi ve/veya süreç operatörleri tarafından gerçekleştirilir. Tasarımı yapılan ürünün, üretim sürecinde ve sonrasında, tasarım değerleri ve üretim değerleri arasındaki farkı kalite kontrol muayeneleri ile yakalama esasına dayanan yoğun ve maliyetli bir uygulamadır. Bu kontrol, ürünün miktarına ve kritiklik düzeyine göre rasgele örnekleme miktarına göre yapılır. Kalite kontrol, rasgele örnekler aracılığı ile sürekli teste dayanarak denetleme yapan ve çıktıların kalitesini tüm üretim işlevi boyunca sürdüren ve geliştiren ekonomik ve etkili sistemdir.

ISO “kalite kontrolü” şöyle tarif etmektedir: Geniş anlamda kalite kontrol; kaliteyi korumak, geliştirmek ve üretimi alıcının tatmin olacağı en ekonomik seviyede devam ettirmek için uygulanan işlemler dizisidir. Dar anlamda kalite kontrol ise, bir malın spesifikasyonlarına uygunluğunu denetleme ve doğrulama işlemidir. Kalitenin gerçekleştiği her noktada kontrol gereklidir. Kalite kontrol, işletmenin tüm bölümlerini ilgilendiren bir işletme fonksiyonudur. Genel müdürden makine başındaki operatöre kadar her bir personelin sorumluluk ile hareket ederek üretimin her sürecinde gerçekleştirdiği işlemler kümesidir. Bir işletme organizasyonunda kalite kontrolüne, müşteriyi her bakımdan tatmin edecek üretimi sağlamak için çeşitli gruplar tarafından kalitenin devam ve gelişimi konusunda harcanan çabaları koordine eden bir sistem olarak bakılabilir. [27]

Kalite kontrolün ülkemizdeki uygulaması dar anlamda kalmaktadır. Tasarımı yapılan ürüne ait parçaların spesifikasyonlarının kontrolü, giriş kontrol; üretim içinde üretilen yarı mamuller ve mamullerin spesifikasyonlarının kontrolü, süreç kontrol; montaj ya da final hattında üretilen ürünlerin kontrolü ve/veya muayenesi; final kontrol olarak %100 ya da rastgele örnekleme miktarına bağlı olarak sağlamak şeklindedir.

3.4 İstatistiksel Süreç Kontrolün Kalitedeki Yeri

İstatistiksel Süreç Kontrol sözlük anlamı ile değerlendirildiğinde içeriğini algılayabilmek çok zor olmayacaktır. İstatistik, verilerin belirli bir düzen dahilinde kayıt altına alınması, analiz edilmesi, düzenlenmesi, karşılaştırılması gibi fonksiyonları içermektedir. Süreç, girdilerin çıktıya dönüştüğü, diğer bir deyişle hammadde, yarı mamul ve ara ürünlerin bitmiş ürün haline dönüşüm olayına “süreç” denir. Genel olarak girdilerin çıktılara dönüştüğü döngü, süreç olarak adlandırılır. Kontrol ise bu döngü sırasında tasarlanan ürün ile üretilen ürün arasındaki farkın tolerans sınırları dâhilinde olup olmadığını diğer bir deyişle planlanan ile gerçekleşen ürün arasındaki farkın tolerans limitleri dahilinde olup olmadığının irdelenmesidir. Özetle istatistiksel kalite kontrol, istatistiksel araçlar kullanarak, ürünün tasarım aşamasında planlanan tolerans bandı içinde kalmasını sağlayacak sistem bütünüdür. Sürekli iyileştirmeye gidecek yolda atılacak ilk adımdır.

İstatistiksel kalite kontrolü, basit bir kalite muayenesi değildir. Kalite kontrol, üretimin normal koşullar altında tesis ve yürütülmesini sağlamada çok önemli rol oynayan, işin içine bir aksaklık sebebi veya özel sebep karışıp üretimin kontrol dışına çıkması halinde bu durumu hemen göz önüne sererek, gerekli tedbirlerin zamanında alınmasına imkan veren bir metottur. [28, s-16] İstatistiksel kalite kontrolün amacı, üretim sürecini kontrol altında tutarak kusurlu malların oranının olasılığını en düşük düzeye getirmek olarak özetlenebilir. [29, s-35]

Üretim sisteminde istatistiksel kalite kontrolün kullanımı 3 biçimde olmaktadır. Satın alınan ham madde ve materyalin muayenesi yapılır. Burada kullanılan istatistiksel kalite kontrol tekniği, numune örneklemesidir. Üretim hatlarındaki üretim sürecinde yapılan kalite kontrol çalışmalarında, makine, insan, metot, hammadde vb.

performansından dolayı ortaya çıkabilecek problemleri belirlemek amacıyla süreç sürekli olarak kontrol edilmektedir. Burada istatistiksel süreç kontrol tekniklerinden kontrol grafikleri kullanılmaktadır. Ürün tamamlandıktan sonra ürünün istenen özelliklere ve standartlara uygunluğunun belirlenmesi için muayene yapılmaktadır. Burada da çeşitli örnekleme tekniklerinden yararlanılmaktadır. [30, s-31]

Genel yaklaşım ile sadece üretimde kullanıldığı düşünülen istatistiksel süreç kontrolü diğer bölümlerde de gelişme/geliştirme aracı olarak kullanılabilir. İstatistiksel kalite kontrol uygulamalarının başlıca faydaları aşağıdaki gibi sıralanır:

- Kalite seviyesinin artırılması;
- Verimliliğin artırılması;
- Tamir ve firelerinin azaltılması;
- Maliyetlerin düşürülmesi;
- Kontrol kriterlerinizin açık ve basit olarak belirlenmesi;
- Standartların geliştirilmesi;
- Azalan problemler sebebiyle çalışanlar arası ve/veya yöneticilerle olan ilişkilerin geliştirilmesi ve diğer sayılamayan. [27]

3.5 İstatistiksel Süreç Kontrol ve İstatistiksel Kavramlar

İstatistiksel süreç kontrol (İPK)'de kullanılan temel kavramlar ve hesaplamalar şunlardır [31, s-1]:

1. On-Line IPK: Süreç içerisinde genellikle kalite kontrol personeli ya da operatör tarafından gerçekleştirilen kontrol planlarına bağlı olarak yapılan kontroller On - Line IPK olarak adlandırılırlar.
2. Off-Line IPK: IPK tasarım sürecinde ürünün tüm süreçlerinin kontrol noktaları dahil belirlenerek tanımlanmasıdır.
3. Ana kütle: İncelenecek grubun (evren) tamamını ifade eder.
4. Örnekleme: Bir ana kütlede rassal olarak seçilmiş ve daha az sayıda birimden oluşan örneği inceleyerek, ana kütlede çeşitli karakteristik değerleri hakkında bilgi sahibi olma ve böylece genel yargılara ulaşma

çabalarına örnekleme denir. Ana kütlede eleman sayısı (N), örneklemede ise (n) harfiyle gösterilmektedir.

5. Merkezi Eğilim Ölçümleri: Elimizde bulunan verilerin merkezinin neresi olduğunu ifade etmeye yarayan ölçümlerdir. Merkezi eğilimin mod, medyan, aritmetik ortalama adında üç ana ölçüsü vardır.
 - a. Mod (Tepe Değeri): Bir sayı grubunda en çok tekrar edilen sayıdır.
 - b. Medyan (Ortanca): Bir sayı grubunu küçükten büyüğe sıraladığımızda tam ortadaki sayıdır. Sayı grubu adedi çift sayı ise ortada yer alan iki sayının ortalamasıdır.
 - c. Aritmetik Ortalama: Sayı grubunun tüm rakamlarının aritmetiksel toplamının seri içindeki sayı adedine bölünmesiyle Aritmetik ortalama bulunur. Aritmetik ortalama ana kütle için "μ", örneklem için ise "x" harfiyle gösterilir.
6. Dağılım Ölçüleri: İstatistiksel kalite kontrolde iki ana dağılım ölçüsü vardır
 - a. Standart Sapma: Bir veri grubunda ortalamadan bireysel verilerin sapması üzerine dayalı dağılım veya yayılım ölçüsü olarak "varyans" veya onun karekökü olan "standart sapma" ifadesi kullanılır. [32]

$$\text{Ana Kütleinin varyansı} = \sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \mu)^2}{N} \quad (3.1)$$

$$\text{Örneklemin varyansı} = S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (3.2)$$

$$\text{Ana Kütleinin standart sapması} = \sigma = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \mu)^2}{N} \quad (3.3)$$

$$\text{Örneklemin standart sapması} = S = \frac{\sum_{i=1}^n (x - \bar{x})^2}{n-1} \quad (3.4)$$

- b. Dağılıma Aralığı: R ile ifade edilir. Bir örnek grubunda dağılıma aralığı, en büyük ile en küçük değer arasındaki farktır.

$$R=X_{\max}-X_{\min} \quad (3.5)$$

3.6 Olasılık ve Olasılık Dağılımları

“Olasılık, olaylar topluluğu içinde belirli özelliklere sahip olayların meydana gelme veya gelmeme durumunu belirten bir değer olarak tanımlanabilir”. [31, s-22] Olasılıkların oluşturduğuna kütleler farklı dağılım şekilleri gösterirler. İPK’de kullanılan en önemli dağılımlar şunlardır:

- Bernoulli - Binom Dağılımı
- Poisson Dağılımı
- Normal Dağılım

3.6.1 Bernoulli – Binom dağılımı

İPK’de niteliksel kontrol grafiklerinin çiziminde faydalanılan bir dağılımdır. Bunun yanında binom dağılımının önemli bir uygulama alanı kabul örneklemesidir. Bir örnek olarak başarının olasılığına p dersek, başarısızlığın olasılığı (1-p) olur. Deneme başarıyla sonuçlanırsa 1, aksi halde 0 değerini alan bir x rassal değişkeni tanımlarsak, bu rassal değişkenin olasılık fonksiyonu şu şekildedir:

$$P_x(0) = (1-p) \quad P_x(1) = p \quad (3.6)$$

Bu dağılım Bernoulli dağılımı diye adlandırılır ve aşağıdaki özelliklere sahiptir: [33, s-170]

- Tüm denemeler birbirinden bağımsızdır.
- Her denemede ya geçer (başarılı) ya da geçemez (başarısız) sonuç ile karşılaşılır.
- Denemelerdeki geçme (başarılı olma) durumu p’dir. Başarısız olma durumu ise q yani (1-p)’dir.
- Başarılı olma olasılığı sabittir.

Bernoulli dağılımının beklenen değeri (ortalaması):

$$\mu_x = E(x) = \sum x P_x(x) = (0)(1-p) + (1)(p) = p \quad (3.7)$$

Bernoulli dağılımının varyansı ise:

$$\begin{aligned} \sigma^2_x &= E[(X - \mu_x)^2] = \sum x (x - \mu_x)^2 P_x(x) \\ \sigma^2_x &= (0-p)^2 (1-p) + (1-p)^2 p = p(1-p) \end{aligned} \quad (3.8)$$

Eğer birbirinden bağımsız n tane deneme yapılırsa, ortaya çıkan başarı sayısı Binom dağılımı olarak adlandırılır.

3.6.2 Poisson dağılımı

Bir hizmetin veya ürünün kalitesi ile ilgili olan araştırmalar dahil olmak üzere bir çok araştırma, örnek başına hata sayısı ya da bir “fırsat alanı” ile ilgilidir. Bir fırsat alanı içerisinde birden fazla olayın olması ihtimalinin olduğu bir alan, zaman aralığı veya hacimdir. Poisson dağılımı bu tip olasılıkları hesaplamamanın temelini oluşturmaktadır. Bir Poisson sürecinin var olduğundan bahsedebilmek için, aşağıdaki durumlar gözlenebilmelidir.

- Herhangi bir alt olasılık sahasında sadece bir başarı gözleme ihtimali sabit olmalıdır.
- Herhangi bir alt olasılık sahasında iki veya daha çok başarı gözleme ihtimali sıfır olmalıdır.
- Herhangi bir alt olasılık sahasında başarının meydana gelme olasılığı istatistiki olarak diğer alt sahalardan bağımsız olmalıdır.

Poisson dağılımına uygun olabilecek örnekler şunlardır:

- Saat başına bir polis karakoluna bildirilen ihbar sayısı
- Ay başına bir hastanede tespit edilen AIDS vakası
- 10 mt.lik bir boru da karşılaşılan hatalı kaynak sayısı [32, s-167]

3.6.3 Normal dağılım

İstatistik biliminde çok önemli bir yeri olan sürekli bir dağılımdır. Rassal değişken X'in olasılık yoğunluk fonksiyonu;

$$f_X(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2} \quad -\infty < x < \infty \quad (3.9)$$

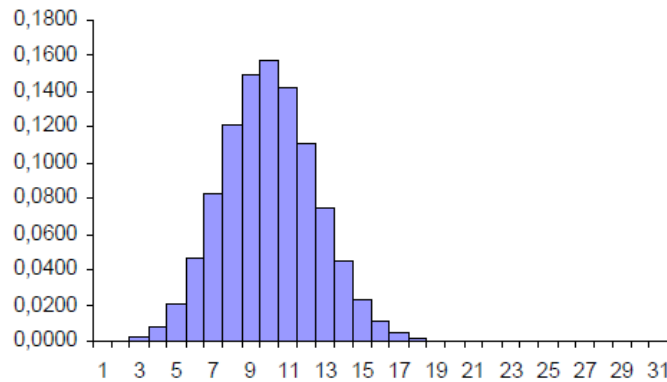
ise, X'in normal dağılıma uyduğu söylenir. Burada μ 'nün değer aralığı, $-\infty < \mu < \infty$, σ^2 'nin değer aralığı ise $0 < \sigma^2 < \infty$ biçimindedir. e ve π ise iki sabit olup değerleri $e = 2,71823\dots$, ve $\pi = 3,1415\dots$ şeklindedir. Normal dağılımın ortalaması μ , varyansı ise σ^2 dir. [33, s-211]

3.6.4 Merkezi limit teoremi

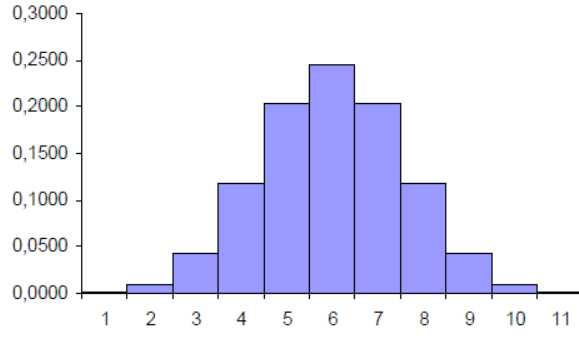
Bağımsız rassal değişkenler kümesinin ortak dağılımı ne olursa olsun, varyansları sonlu olduğu sürece, makul sayıda böyle değişkenin toplamı ya da ortalaması, normale yakın dağılmış bir rassal değişken olur. [33, s-227] Buna göre eğer x_1, x_2, \dots, x_n , ortalaması μ_x ve varyansı σ^2_x olan X rastgele değişkenin n bağımsız denemesinin sonuçları ise, x_i 'lerin toplamı veya aynı şekilde x_i 'lerin ortalaması, ortalaması μ_x ve varyansı $\sigma^2_x = \sigma^2_x / n$ olan bir normal dağılıma yakınsar. Yakınsama n sayısı büyüdükçe artacaktır. Yani örneklem ortalamalarının normal dağılması için örneklemelerin alındığı kütlelerin normal dağılıma uymasına gerek yoktur". [34, s-81]

3.6.5 Binom dağılımının normal dağılıma yakınsaması

"n" yeteri kadar büyük olması durumunda ($n > 30$), binom kesikli rassal değişkeni x'in dağılımı, yaklaşık olarak ortalaması np, varyansın pq olan bir normal dağılıma yaklaşır. Ayrıca p olasılık değerinin 0.5'ye yaklaştığı bütün durumlarda da, binom dağılımı yerine normal dağılım kullanılabilir. [33]



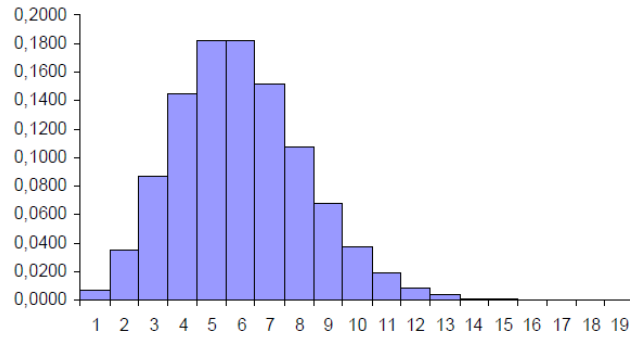
Şekil 3.1 n=30 , p=0,3 için Binom Dağılımı



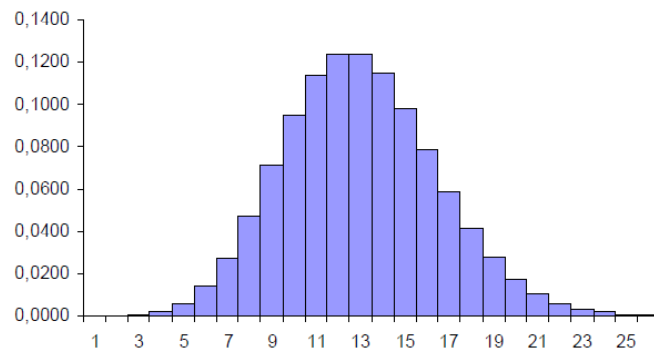
Şekil 3.2 n=10 , p=0,5 için Binom Dağılımı

3.6.6 Poisson dağılımının normal dağılıma yakınsaması

Poisson dağılımında λ parametresinin, $\lambda = np > 10$ eşitliğine uygun olması durumunda, poisson dağılımı normal dağılıma yaklaşmaktadır. [33]



Şekil 3.3 $\lambda=5$ için Poisson Dağılımı



Şekil 3.4 $\lambda=12$ için Poisson Dağılımı

Poisson dağılımı yukarıdaki şekillerde de görüldüğü üzere ortalama (λ değeri) arttıkça daha simetrik olmaktadır.

3.7 İstatistiksel Süreç Kontrol Teknikleri

Başlıca istatistiksel süreç kontrol araçları olarak aşağıda belirtilen araçlar kullanılmaktadır. Bu tez çalışmasında kalite kontrol grafikleri istatistiksel süreç kontrolünde temel ölçüm metodu olarak kullanıldığından daha detaylı sunulmuştur.

- Çetele Diyagramları
- Histogram
- Pareto Analizi
- Sebep - Sonuç Diyagramı (Balık Kılıcı)
- Akış Şeması
- Saçılma Diyagramı
- Gruplandırma
- Kontrol Grafikleri

3.7.1 Çetele diyagramları

Verilerin kayıt edilmesi için kullanılan belirli bir zaman aralığında oluşan hataların kayıt altına alındığı bir kalite kontrol aracıdır. Çetele diyagramları vasıtasıyla hatanın tipi ve ortaya çıkma sıklıkları belirlenebilir. Çetele diyagramları sorunların tipini ve ortaya çıkma sıklığını gösterir ancak nedenini ve kaynağını göstermez. [35, s-140] Aşağıdaki örnekte basit bir çetele diyagramı görülmektedir.

Tablo 3.1 Yüzey Kontrolleri Çetelesi

Ürün Adı :		Tarih / Saat :
Verileri Toplayan :		Verileri Toplayan :
Hatalar	Çetele	Hata Miktarları
A Tipi Hata	IIII IIII IIII IIII III	23
B Tipi Hata	IIII IIII IIII	15
C Tipi Hata	IIII IIII IIII IIII	19
D Tipi Hata	IIII IIII	10
TOPLAM HATA		67

Çeteledeki hata miktarları incelendiğinde hataların büyük çoğunluğunu A tipi ve C tipi hataların oluşturduğu görülmektedir. Bu veriler yönetime iyileştirmede yoğunlaşılacak konular olarak sunulacaktır. Yönetimde bu verileri iyileştirme girdisi olarak kullanarak sürekli iyileştirme kapsamında bu konuların üzerinde duracaktır.

3.7.2 Histogram

Histogramlar en basit istatistiksel analiz araçlarından biridir. Veri sıklıklarının grafiksel olarak ortaya konmasını sağlar. Histogramda yer alan veriler ne kadar çok olursa, elde edilen histogram o derece gerçeğe yakındır. Histogramlar nitel ve nicel verilerin belirli bir zaman dilimindeki gözlem dağılımının değişkenliğini grafiksel olarak yansıtır. İlgili kişiler konu ile ilgili analizler yaparak sürecin iyileştirilmesine katkıda bulunurlar. Histogramlar 30 ya da daha fazla gözlem değerine göre oluşturulursa daha faydalı olur. Uygun sınıf sayısı belirlenerek sınıf aralıkları bulunur. Çetele diyagramları ile elde edilen çetelelerden her sınıf için frekans değerlerine ulaşılır. Frekans değerleri için çubuk diyagramlar yatay eksene yerleştirilir. Histogramlarda her çubuk için taban uzunluğu birbirine eşittir ve çubuğun orta noktasını gösterir. Frekans değerlerinin büyüklüğüne göre çubukların dikey uzunlukları ortaya çıkar. [35, s-141]

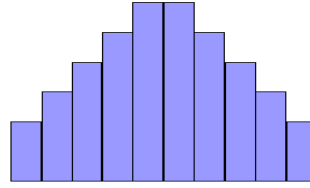
Histogramları çizebilmek için yatay eksene toplanan değerler sınıflandırılarak yazılır. Her sınıfa düşen frekans sayısı da düşey eksende gösterilmelidir. Bu şekilde çizilen histogramlar dağılımın büyüklüğünü, simetri ve asimetri durumunu ve şeklini ortaya koyarlar. Böylece mevcut veya olası sorunların yapısıyla ilgili önemli veriler elde edilebilir. Ayrıca histogramlar; spesifikasyon ile sonuç arasındaki ilişkilerin araştırılmasında, normal olmayan verilerin belirlenmesinde, malzeme ve değişik verileri (adet, vb.) sınıflandırarak üretim süreci içerisinde değişikliklere neden olan faktörlerin gözden geçirilmesinde kullanılmaktadır. [36, s-418]

Histogramlarda sınıf sayılarının belirlenmesi ve sınıf serilerinin oluşturulmasında izlenen klasik yöntem önce toplanan verileri küçükten büyüğe doğru bir düzene koymak, sonra en büyük değer ile en küçük değer arasındaki farkı bulmak (range) ve sınıf aralığını bulmak için bu farkı (range), sınıf sayısına bölmek şeklindedir. Sınıf sayısı da pratik olarak verilerin sayısının karekökü alınarak bulunabilir. [36, s-419]

Histogramlar görünüş şekillerine bağlı olarak yorumlanabilirler. Histogramın şekline bakarak ana kütle hakkında yararlı bilgiler elde etmek mümkündür. Karşılaşılan histogram tipleri ve yapılabilecek yorumlar aşağıda olduğu gibidir. [37, s – 48,51]

3.7.2.1 Genel tip (Simetrik veya çan şeklinde)

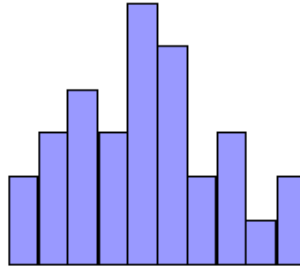
Veriler ortalamadan sağa veya sola doğru yumuşak bir şekilde azalma gösterir. Normal tip histogramdır. [37]



Şekil 3.5 Genel Tip Histogram

3.7.2.2 Tarak tip (Çok modlu tip)

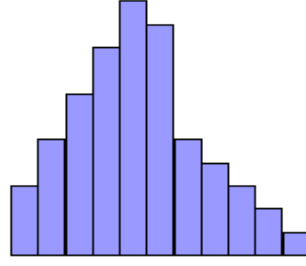
Azalıp yükselen farklı frekanslara sahip bir dağılımdır. Veriler elde edilirken yuvarlatma eğiliminden veya ölçüm hatalarından veya her sınırdaki veri adedinin çok farklılık göstermesinden kaynaklanır. [37]



Şekil 3.6 Tarak Tip Histogram

3.7.2.3 Pozitif/Negatif eğimli tip

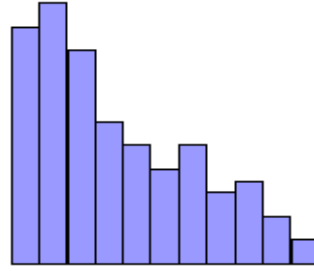
Histogramda ortalama değer, dağılım aralığı merkezinin solunda veya sağında bulunur. Frekans sağa veya sola aniden azalır. Bir spesifikasyon sınırı tarafından kontrol edilen veya belirli bir değerden daha düşük veya yüksek değerlerin olmayacağı durumlarda görülebilir. [37]



Şekil 3.7 Negatif Eğimli Histogram

3.7.2.4 Soldan/Sağdan ani azalan tip

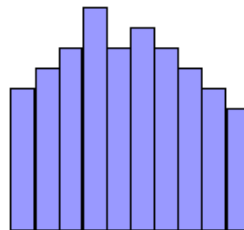
Histogramlarda ortalama değer, dağılma aralığı merkezinden sola veya sağa doğru çok uzaktadır. Frekans aniden azalma gösterir. Pozitif veya negatif eğrilerin çok fazla olduğu süreç yeterliliğinin düşük çıkmasından dolayı %100 kontrolün yapıldığı durumlarda veya tek bir spesifikasyon sınırının olduğu durumlarda görülebilir. [37]



Şekil 3.8 Soldan Ani Azalan Tip Histogram

3.7.2.5 Plato tip

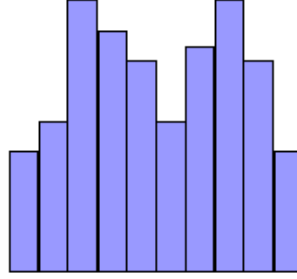
Her sınıftaki frekans, uçlardakiler hariç birbirleriyle yaklaşık aynıdır. Farklı ortalamalara sahip birkaç dağılımın karışımından veya belli değer altında ve üstünde olan bazı değerlerin dikkate alınmayışından kaynaklanabilir. [37]



Şekil 3.9 Plato Tip Histogram

3.7.2.6 İki tepeli tip (iki modlu)

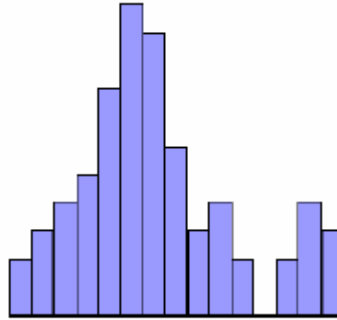
Frekans, dağılma aralığı merkezinde azdır ve her iki tarafta tepe vardır. Çok farklı ortalama değere sahip iki dağılımın karışmasından kaynaklanır. [37]



Şekil 3.10 İki Tepeli Histogram

3.7.2.7 Ayır tepeli tip

Genel bir histograma ilave edilmiş küçük bir tepe şeklindedir. Süreçte bir problem olduğunda veya farklı bir süreçten karışan veri olduğunda veya ölçme hatalarından kaynaklanabilir. [37]



Şekil 3.11 Ayır Tepeli Tip Histogram

3.7.3 Pareto Analizi

Pareto analizi verileri sınıflandırarak önceliklerin belirlenmesini kolaylaştıran bir teknik olup, Vilfredo Pareto (1848 – 1923) tarafından geliştirilmiştir. [36, s-421] Bu diyagram, her bir unsurun, önem derecesine göre toplam sonuca katkısını göstermek ve önceliklendirme amacıyla kullanılmaktadır.

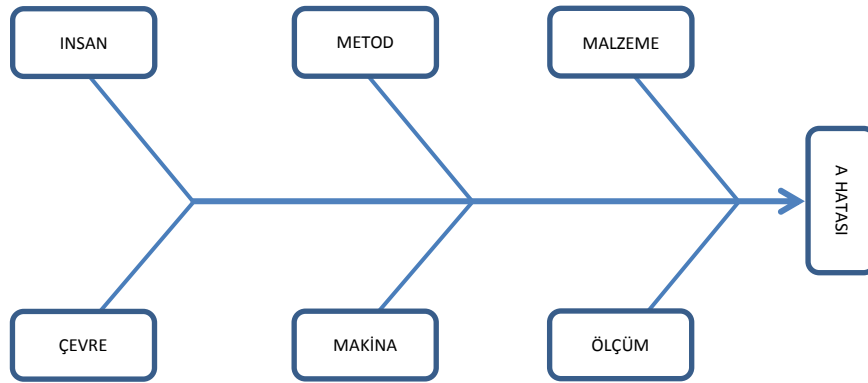
Sebeplerin en önemli %20'si, sonuçların %80'ini; sonra gelen %30'u, sonuçların %15'ini ve geri kalan %50'si ise sonuçların sadece %5'ini oluşturmaktadır. Buradan

yola çıkarak maliyetin yaklaşık %80'ninin elemanların sadece %20'sinden kaynaklandığı sonucuna ulaşabiliriz. Bu oranlar sebebiyle Pareto prensibine literatürde “80-20” kuralı da denilmektedir. [36]

Pareto grafikleri üç noktadan oluşmaktadır. Birincisi sol koordinatta bulunan hata sayıları; ikincisi sağ koordinatta bulunan ve kümülatif olarak hesaplanmış olan hata yüzdeleri; üçüncüsü ise yatay eksende bulunan hata türleridir. [36] Bu grafikler en önemli hatayı ortaya çıkarmak için kullanılırlar. Özellikle kalite kontrol ve geliştirme çalışmalarında problemin sebepleri araştırılırken hangi hataların daha yüksek bir orana sahip olduğunu anlamak için bu teknik kullanılmaktadır. Pareto grafiğinin amacı, hatalı parçaların ve hata tiplerinin incelenmesinde kalite kontrol personeline yol göstererek daha doğru noktalar üzerinde çalışmaya yönlendirmektir.

3.7.4 Sebep-Sonuç Diyagramı (Balık Kılıcı Diyagramı)

Süreçte meydana gelen değişkenliklerin potansiyel kaynaklarını belirlemek amacıyla sürecin elemanlarını grafiksel olarak gösteren bir araçtır. [38, s143] Diyagrama görüntüsü nedeniyle “Balık Kılıcı” adı da verilmektedir. Diyagramda problemin ana nedenleri, yatay bir çizgi üzerine yerleştirilerek kategorize edilerek potansiyel nedenlerin tamamına dikkat çekilmesi ve olanaklı çözüm yollarının bulunması kolaylaşır. Aşağıdaki şekilde pareto analizi sonucu en yüksek hata tipi olarak tespit ettiğimiz “A Tipi Hata” ya ait çok genel bir sebep sonuç diyagramı görünmektedir.

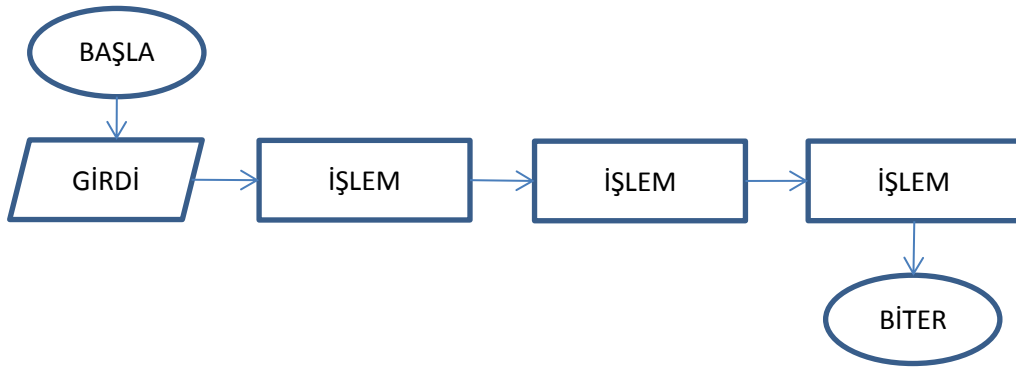


Şekil 3.12 Sebep – Sonuç Diyagramı

Sebeup sonuç diyagramları diğer araçlar gibi takım ruhunun gelişmesine yardımcı olmaktadır. Oluşturulması için geniş katımlı, toplantıların yapılması ve personelin fikirlerinin alınması gerekmektedir. Veri toplama, verileri sınıflama, verileri geniş bir perspektifte değerlendirebilme konusunda yönlendiricidir. Diyagramın etkili bir yönetim aracı olarak kullanılabilmesi sebep-sonuç ilişkisinin doğru kurulmasına bağlıdır. [38, s-144]

3.7.5 Akış Şeması

Nedenlerin belirlenmesini kolaylaştıran araçlardan biri de süreç akış diyagramlarıdır. Süreç akış seması bir mal veya hizmet üretimindeki adımları, bunların birbirleriyle ilişkilerini grafiksel olarak göstermek için kullanılır. [38, s-140] İnsan veya materyalin fiili ve potansiyel hareketlerinin basit, anlaşılır ve doğru biçimde birbirine eklediğinden son derece yararlı bir araçtır. Akış diyagramlarında ayrıntıları içeren açık ifadeler bulunduğunda yapılan işin anlaşılması ve tanımlanması kolaylaşır.



Şekil 3.13 Akış Diyagramı

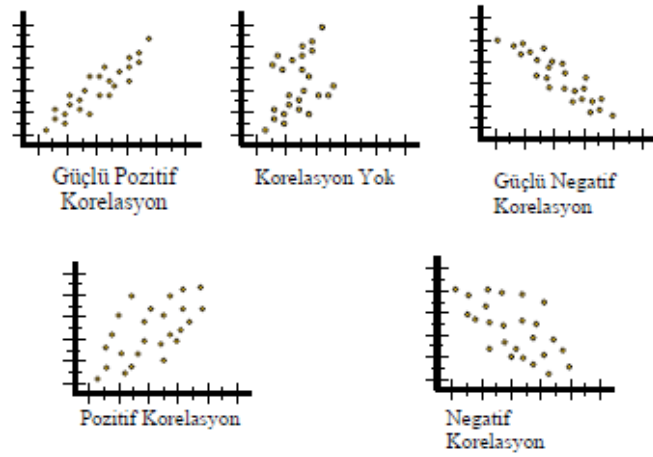
Akış diyagramının hazırlanmasında konuyla ilgili kişilerin olması son derece önemlidir. Bu kişilerin görevleri şunlardır;

- Akış süreci ile ilgili tüm islemelerin belirlemesi,
- İşlemler, alınan kararlar ve ilgili veriler arasındaki ilişkilerin belirlenmesi,
- İş yeri düzeninin uygunluğu gözden geçirilmesi,
- Müşteri ve tedarikçi ilişkileri dikkate almak,
- Süreçle ilgili kişilerin görev tanımlarını ve sorumluluklarını belirlemek,

- Her aşamanın maliyetleri ve eklediği değerleri belirlemek,
- Eldeki verileri belirlemek,
- İyileştirme çalışmaları için gerekli verileri belirlemek,
- Geliştirme olanakları saptanmak. [35, s-141]

3.7.6 Saçılma Diyagramı

Karşılıklı ilişkide olduğu düşünülen iki veri setinin birbiri ile olan ilişkilerinin düzeyinin incelendiği diyagramlardır. [35, s-144] Değişkenlerden biri yatay eksen üzerinde diğeri dikey eksen üzerinde yer alır. Yatay eksen üzerindeki değişkenin belirli bir değerine karşılık, dikey eksen üzerindeki değişkenin aldığı değerlerin kesişme noktaları belirlenerek bir noktalar kümesi elde edilir.



Şekil 3.14 Saçılma Diyagramları

Saçılma diyagramında herhangi bir sorun ile nedeni arasındaki ilişki x-y eksenini aracılığı ile belirlenir. Noktalar kümesinin eğimi negatif ya da pozitif ilişkiyi gösterir. Bu ilişki birinci dereceden bir fonksiyonla ya da bir eğriyle ifade edilebilir. [35, s-144]

3.7.7 Gruplandırma

Gruplandırma sorunların tümüne bakmak yerine onları alt kümelerine ayırarak daha küçük olan bu kümelerde problemlerin nedenlerini araştırmak, olarak tanımlanabilir. Verilen tamamına bakıldığında sorun açılmış gibi görünür, fakat veriler daha küçük

parçalara ayrılmadıkça güçlüğün ne olduğunu belirlemek oldukça zordur. Gruplandırma yöntemiyle bilgiler belirli sınıflara ayrılarak, daha kolay karşılaştırılabilmekte ve değerlendirilebilmektedir. [36, s-427]

3.7.8 Kontrol Grafikleri

1924 yılında Shewhart tarafından uygulanmaya başlanan kontrol grafikleri ürünlerin belirlenen limitler dahilinde üretilip üretilmediğini takip etmek amacıyla kullanılan grafiklerdir. [38] Bu grafiklere ayrıca Shewhart grafiği denmesinin sebebi ilk uygulayıcısından dolayıdır. Kontrol grafikleri bir sürece ne zaman müdahale edileceği ya da ne zaman kendi haline bırakılacağı noktasında operatörü yönlendirir.

Üretimi gerçekleştirilecek olan ürün; tasarım aşamasında, makine, insan, ekipman vb. şartlardaki doğal değişkenlerden dolayı belirlenen belirli tolerans aralıklarında üretilebilmek için sınırlandırılırlar. Ağırlık, boyut, şekil, renk, performans vb. spesifikasyonların, bu belirlenen limitler dâhilinde hareket etmesi olağandır. Bu değişimler limitlerin dışında gerçekleşirse bu noktada müdahale etmek ve iyileştirmek gerekmektedir.

Üretilen her ürün kalite özellikleri bakımından farklılık gösterebilir. Bu farklılıklara sebep olan temel unsurlar aşağıda açıklandığı gibi beş başlık halinde ifade edilebilir. [38] Bunlar;

- Süreçler: aletin yıpranması, makinanın titremesi, çalışma pozisyonu, elektrik dalgalanmaları gibi
- Malzemeler: kullanılan malzemenin yapısı, ölçüsü ve sertliği gibi
- Çevre şartları: sıcaklık, voltaj farklılıkları gibi
- Operatör: tezgah ayarı, konumlama hassasiyeti, kullanım talimatına uyma derecesi, yöntem, beceri, fiziksel ve ruhsal durumu gibi
- Muayene: hatalı muayene ekipmanı, kalite standardının yanlış uygulanması, farklılıkların hatalı şekilde rapor edilmesi.

Kontrol grafikleri kontrol edilecek karakteristik sayısına göre ikiye ayrılır. Bunlar tek değişkenli kontrol grafiği ve çok değişkenli kontrol grafiğidir. Tek değişkenli kontrol grafiğinde üzerinde ölçüm yapılan kalite karakteristiği tekdir. Çok değişkenli kontrol

grafikleri ise birden fazla karakteristiğın temsil edildiğı grafiklerdir. Tablo 3.2 de bu ayırım özet olarak verilmeye çalışılmıştır.

Tablo 3.2 Kontrol Grafikleri [39, s-170]

Kontrol Grafikleri	Tek Değişkenli Kontrol Grafikleri	Değişkenler İçin kontrol Grafikleri: Bu grafikler, ağırlık, yükseklik, uzunluk gibi ölçülebilir kalite karakteristiklerinin kontrolü için kullanılırlar.	<ul style="list-style-type: none"> • Shewhart Kontrol Grafikleri • Birikimli Toplam (CUSUM) Kontrol Grafikleri • Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalama (EWMA) Kontrol Grafikleri • Üstel Ağırlıklandırılmış Hareketli Sapmalar (EWMD) • Hareketli Ortalama (MA) Kontrol Grafikleri
		Özellikler İçin Kontrol Grafikleri: Bu grafikler iyi-kötü, kusurlu - kusursuz gibi ölçülemeyen kalite karakteristikleri için kullanılırlar.	<ul style="list-style-type: none"> • Kusurlu Oranı (p) Kontrol Grafiğı • Kusurlu Sayısı (np) Kontrol grafiğı • Kusur Sayısı c) Kontrol Grafiğı • Birim başına Kusur Sayısı (u) Kontrol Grafiğı
	Çok Değişkenli kontrol grafikleri	Hotelling T ² Kontrol Grafiğı Çok Değişkenli EWMA Kontrol Grafikleri Çok Değişkenli CUSUM Kontrol grafikleri	

3.7.8.1 Değişkenler için kontrol grafikleri

Uzunluk, ağırlık, yoğunluk, zaman, ısı, hacim, kütle gibi bir alet veya makine yardımıyla ölçülebilen ve rakamlarla ifade edilebilen nümerik özelliklerdir. Kontrol grafikleri, yapılan ölçümlerin, merkez noktasına olan mesafelerini ortaya çıkarmak için kullanılmaktadır.

Ortalama (\bar{X}), standart sapma (σ) ve değişim aralığı (R) grafikleri uygulamada en sık kullanılan kontrol grafikleridir. Ortalama grafiğı; ortalamadan sapmaları, değişim aralığı ve standart sapma grafikleri ise homojenlikten sapmaları gösterir. Ortalama ile birlikte standart sapma ($\bar{X} - \sigma$) ya da ortalama ile dağılım aralığı ($\bar{X} - R$) çiftleri şeklinde uygulanan kontrol grafikleri işlemin hem ortalama hem de değişkenlik bakımından kontrol altında olup olmadığını göstermektedir.

R tipi kontrol grafikleri, standart sapma “ σ ” tipi kontrol grafiklerine göre dağılım aralığının hesaplanması ve yorumlanması bakımından daha kolay olduğu için tercih edilmektedir. [39, s-171]

X-R grafikleri;

Örneklem büyüklüğü 10'dan küçük olduğunda bu kontrol grafiği tercih edilir. Süreç kontrol altında olduğunda X , μ ortalamalı ve σ^2 varyanslı normal dağılıma sahiptir. \bar{X} , n hacimli bir örneklemin ortalamasını göstermek üzere, süreç kontrol altındayken, μ ortalamalı σ^2/n varyanslı normal dağılıma sahip olur. \bar{X} grafiği için 3σ sınırları, $\mu \pm 3\sigma/\sqrt{n}$ olur. [40]

μ ve σ değerleri biliniyorsa bu limitler belirlenebilir. Genelde bu parametrelerin kesin değerleri bilinmediği için, değerler tahmin edilmelidir. Böylelikle süreçten n hacimli N tane örneklem seçilir. Her örneklem için X_i örneklem ortalaması değerleri hesaplanır. N tane örneklem ortalaması toplanarak μ için;

$$\bar{\mu} = \sum \frac{\bar{x}_i}{N} = \bar{\bar{X}} \quad (3.10)$$

bulunur.

Değişim aralıkları R_i , σ' yı tahmin etmek için kullanılır. Değişkenler için örneklem değişim aralığı R' nin beklenen değerinin standart sapmaya oranı, örneklem hacmine bağlı olan bir sabite eşittir. Bu sabitse d_2 olarak adlandırılır. $d_2 = E(R)/\sigma$ ile bulunur. d_2 'nin uygun değerleri hazır tablo değerlerinden elde edilebilir. R' nin beklenen değeri N tane değişim aralığının (R_1, R_2, \dots, R_N) ortalamasından tahmin edilir. Yani; $E(R) = \bar{R} = \sum R_i / N$ dir. Bu durumda $\sigma = E(R)/d_2 = \bar{R}/d_2$ elde edilir. Tüm bu bilgiler ışığında \bar{X} grafiği için tahmin edilen 3σ limitleri; $\mu \pm 3\sigma/\sqrt{n}$ iken $\mu \pm 3\bar{R}/(d_2/\sqrt{n})$ olacaktır; [39, s-210,211]

Burada $3\bar{R}/(d_2/\sqrt{n})$ ifadesine A_2 yazılırsa bu limitler elde edilir:

$$AKL_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} - A_2 R \quad (3.11)$$

$$ÜKL_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} + A_2 R \quad (3.12)$$

$$OÇ_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} \quad (3.13)$$

Değişen örnek hacimleri için $\bar{R} = d_3\sigma$ olur. Kontrol grafiği için limitler aşağıdaki gibi hesaplanır [35, s-118]:

$$AKL_R = D_3 \bar{R} \quad (3.14)$$

$$ÜKL_R = D_4 \bar{R} \quad (3.15)$$

$$O\check{C}_R = \bar{R} \quad (3.16)$$

A₂, D₃ ve D₄ değerleri ilgili tablo değerleri ekte sunulmuştur. Örnek büyüklüklerine göre bu tablolar yardımıyla değerler öğrenilebilmektedir. R için tahmin edilen alt kontrol limiti, özellikle örneklem hacmi 6 veya daha az ise, negatif olabilir. Bu durumda alt kontrol limiti sıfır alınmalıdır.

\bar{X} - S grafiği

\bar{X} - S grafiği bir \bar{X} - R grafiğinden daha doğru sonuçlar ortaya koymaktadır. Alt grup hacmi 10'dan az olduğu durumlarda her iki grafik aynı değişimi gösterecektir. Ancak alt grup hacmi 10 veya daha fazla olduğunda uç değerler R grafiği üzerinde aşırı derecede bir etkiye sahip olacaklarından dolayı alt grup hacmi büyük olan kontrollerde \bar{X} - S grafiğini tercih etmek doğru olacaktır. [41] \bar{X} ve R grafiklerinde uygulanan benzer adımlar \bar{X} ve S grafikleri içinde aynıdır. X grafiği için kontrol limitleri;

$$\text{ÜKL } \bar{X} = \bar{X} + A_3 s \quad (3.17)$$

$$O\check{C} \bar{X} = \bar{X} \quad (3.18)$$

$$\text{AKL } \bar{X} = \bar{X} - A_3 s \quad (3.19)$$

S grafiği için kontrol limitleri;

$$\text{ÜKL } s = B_4 \bar{s} \quad (3.20)$$

$$O\check{C} s = \bar{s} \quad (3.21)$$

$$\text{AKL } s = B_3 \bar{s} \quad (3.22)$$

Burada kullanılan B₄, B₃, A₃ örnek büyüklüğüne bağlı değerlerdir ve hazırlanmış tablolardan rahatlıkla bulunabilir.

Anlamlı alt gruplar oluşturabilmek istatistiksel süreç kontrolünde önemlidir. Bundan dolayı bir örneklemede bir taneden fazla örnek almanın anlamlı olmadığı durumlarda (n=1 iken); \bar{X} - MR (Hareketli değişim aralığı) grafikleri, üstel olarak ağırlıklandırılmış hareketli sapmalar (EWMD) ve üstel olarak ağırlıklandırılmış hareketli ortalama (EWMA) grafikleri veya kümülatif toplam (CuSum) grafikleri kullanılır. \bar{X} -MR ve grafikleri değişimin çok küçük olması durumunda süreç ortalaması ve varyasyonundaki değişimi belirlemekte çok etkili olmamaktadır. Bu durumda EWMA veya EWMD grafiklerinin kullanımı daha doğru olmaktadır.

CuSum grafikleri bir sürekli süreçlerin kontrolünün sağlanması amacıyla etkin bir şekilde kullanılmaktadır. CuSum grafikleri Shewhart'ın klasik grafiklerine göre daha duyarlıdır. CuSum grafikleri tek bir tip olmayıp çeşitli ölçüler için mevcuttur. [39, s-406-409]

3.7.8.2 Özellikler için kontrol grafikleri

Nitel özelliklere göre oluşturulan kontrol grafikleri bu grup içinde değerlendirilmektedir. İyi/kötü, hatalı/hatasız, geçer/geçmez, kusurluluk/kusursuzluk gibi özellikler p, np, c, u grafikleri olarak incelenmektedir. Nitelikler için kontrol grafiklerinden şu bilgiler izlenmektedir: [42, s-109-117]

p grafiği	Ünite başına kusurların oranı
np grafiği	Toplam örnekteki kusurlu sayısı
c grafiği	Ünite başına kusur sayısı
u grafiği	Ünite başına kusur oranı

3.7.8.2.1 p (kusurlu oranı) şeması

P grafiğinin amacı tespiti mümkün değişkenlerin varlığını ortaya çıkartmak ve hata kaynaklarını tanımaktır. P şeması normal dağılıma yakınsar.

$$P = np/n \quad (3.23)$$

Burada:

P = Hatalı oranı

n = Parti veya alt grup büyüklüğü

np = Hatalı sayısı

Standartlar biliniyorsa (P^1 = sürecin gerçek ortalama hatalı oranı);

$$M\check{C} = P^1 \quad (3.24)$$

$$\check{U}KL = P^1 + 3\sqrt{\frac{P^1(1-P^1)}{n}} \quad (3.25)$$

$$AKL = P^1 - 3\sqrt{\frac{P^1(1-P^1)}{n}} \quad (3.26)$$

Standartlar bilinmiyorsa;

$$M\check{C} = \bar{p} \quad (3.27)$$

$$\text{ÜKL} = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (3.28)$$

$$\text{AKL} = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (3.29)$$

$$\bar{p} = \frac{\text{Toplam Kusurlu Sayısı}}{\text{Toplam Muayene Sayısı}} \quad (3.30)$$

3.7.8.2.2 np (ortalama kusurlu sayısı) şeması

np şemasının teorik temeli p kusurlu oranı sayısının aynısıdır. Eğer kalite kontrolcü, kusurlu oranından ziyade kusurlu sayısı ile ilgileniyorsa bu taktirde, p şemasının parametrelerinin n ile çarpılması ile elde edilen değerlerden kurulu np şemasını kullanır.

Standartlar biliniyorsa;

$$M\check{C} = np \quad (3.31)$$

$$\text{ÜKL} = np + 3\sqrt{npq} \quad (3.32)$$

$$\text{AKL} = np - 3\sqrt{npq} \quad (3.33)$$

Standartlar bilinmiyorsa;

$$M\check{C} = n\bar{p} \quad (3.34)$$

$$\text{ÜKL} = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} \quad (3.35)$$

$$\text{AKL} = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} \quad (3.36)$$

Burada q=1-p' dir.

3.7.8.2.3 c (kusur sayısı) şeması

Bu şema genellikle bir ürün üzerinde rastlanan çeşitli (veya tek) kusurların sayısını kontrol etmek için kullanılır. c şeması Poisson Dağılımına yakınsar.

$$M\check{C} = \bar{c} \quad (3.37)$$

$$\text{ÜKL} = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} \quad (3.38)$$

$$\text{AKL} = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} \quad (3.39)$$

$$\bar{c} = \frac{\text{Toplam Kusur Sayısı}}{\text{Toplam Muayene Sayısı}} \quad (3.40)$$

3.7.8.2.4 u (fırsat alanı) şeması

U şeması da bir kusur sayısı şemasıdır. Temeli c kusur sayısı şemasına dayanır. Aradaki fark, muayene yapılan alanın her örnekte farklı boyutta olmasıdır. ÜKL ve AKL her örneklem için ayrı hesaplanır.

$$M\check{C}=\bar{U} \quad (3.41)$$

$$\check{U}KL=\bar{U} + 3\sqrt{\frac{\bar{U}}{a_1}} \quad (3.42)$$

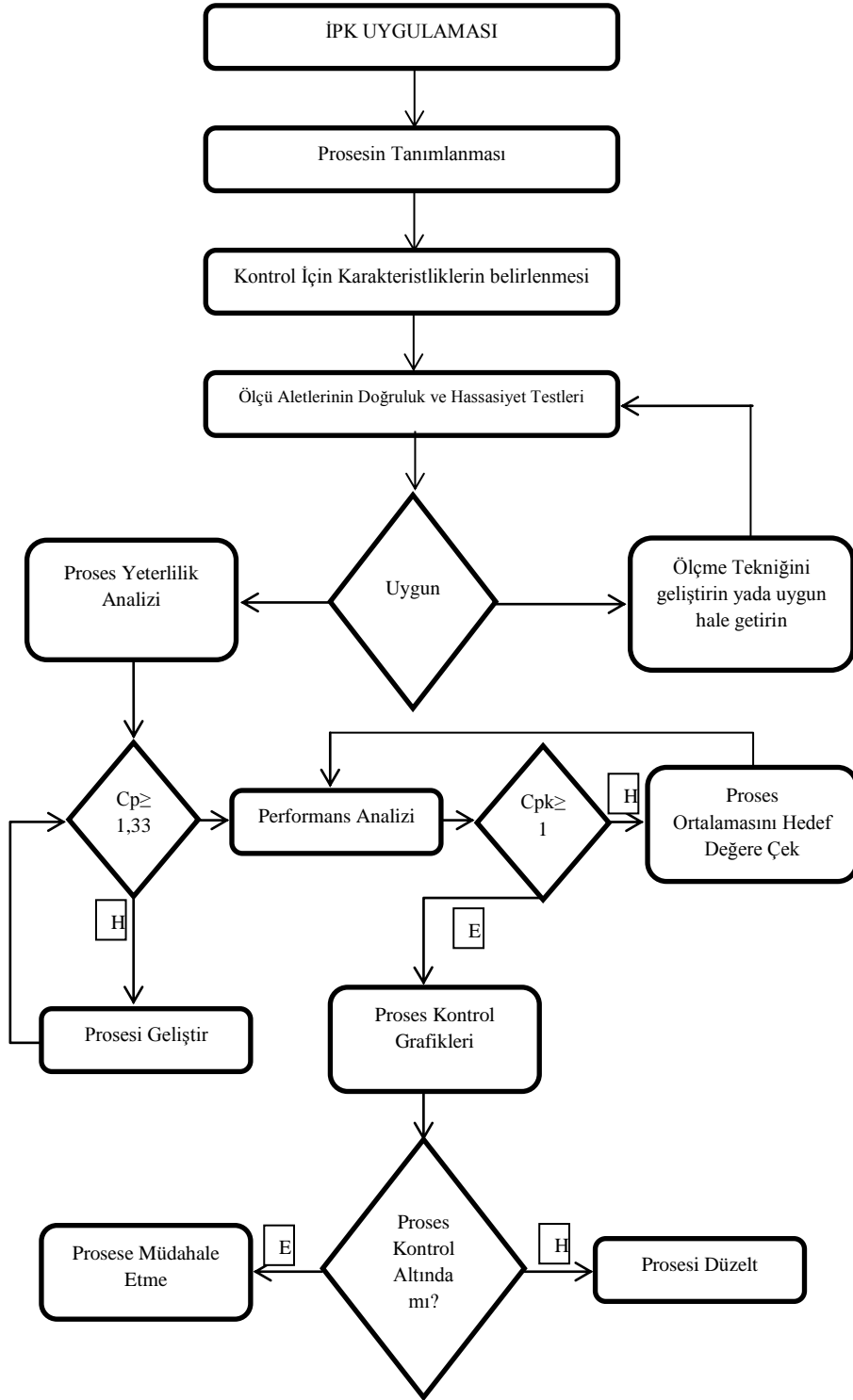
$$AKL=\bar{U} - 3\sqrt{\frac{\bar{U}}{a_1}} \quad (3.43)$$

$$\bar{U} = \frac{\text{Toplam Kusur Sayısı}}{\text{Toplam Muayene Alanı}} \quad (3.44)$$

3.8 İstatistiksel Süreç Kontrol İşlem Basamakları

İstatistiksel süreç kontrol işlemi basamakları şunlardan oluşmaktadır:

- Kontrolü yapılacak süreci belirleme,
- Belirlenen süreç içerisindeki kontrolü yapılacak ürünü belirleme (eğer aynı süreçte farklı ürünler üretiliyorsa)
- Ürün üzerinde kontrolü yapılacak kritik ölçüyü tespit etme (genellikle kritik ölçüler ve spesifikasyon limitleri tasarımcı tarafından teknik resim üzerinde belirtilir)
- Ölçüm aletlerini test etme ve kalibre etme,
- Örnekleri belirleme ve ölçümleri kayıt altına alma
 - Rasyonel alt örneklem grupları oluşturma (bir numune alma sürecinde kaç adet alınacağı ve kaç kez numune alınacağı belirlenir).
 - Numune alma zamanı belirleme
 - Alınan numunelerde belirlenen kritik ölçüleri kayıt etme
- Örneklerle uygulanacak kontrol grafiğini belirleme (X-R, X-S, P, Np, C, U vb. grafikler olabilir).
- Süreç yeterlilik ve performans analizi yapma
- Kontrol grafiğini yorumlanma ve süreç mühendisliğine verileri sunma



Şekil 3.15 İstatistiksel Proses Kontrol Akış Diyagramı [27, s-240]

3.9 Kontrol Grafiklerinin Yorumlanması

Kontrol grafiklerinde ölçüm değerlerinin limit değerlerinin tolerans bandı içinde kalması sürecin doğal faktörlerin etkisi altında olduğu şeklinde yorumlanır. Böyle durumlarda genellikle süreç kontrol altındadır. Bazı durumlarda ölçümler limitler dahilinde olsa bile ardı ardına yapılan ölçümlerin değerleri süreçte bir şeylerin yolunda gitmediği anlamına gelebilir. Kontrol limitleri dışında yapılan ölçümlerde, süreçte özel nedenlerin var olduğu belirtir. Aşağıdaki durumlar kontrol limitleri içinde kalan sürecin gerçekte kontrol altında olmadığını göstermektedir [43]:

- Aşağıda belirtilen adette ardışık ölçümün sürekli merkez çizgisinin alt ya da üst tarafında yer alması;
 - 7 veya daha fazla ardışık ölçüm,
 - 11 ardışık ölçümden en az 10 ölçüm,
 - 14 ardışık ölçümden 12 veya daha fazla ölçüm,
 - 17 ardışık ölçümden 14 veya daha fazla ölçüm,
 - 20 ardışık ölçümden 16 veya daha fazla ölçüm,
- 3 ardışık ölçümden en az 2 ölçümün veya 7 ardışık ölçümden 3 veya daha fazla ölçümün $\pm 2\sigma$ ile $\pm 3\sigma$ alanı içinde kalması,
- En az 7 ardışık ölçümün sürekli azalma veya artma göstermesi,
- Periyodik dalgalar halinde yükselen veya alçalan tesadüfi olmayan noktaların bulunması.

3.10 Süreç Yeterlilik Analizi

Süreç yeterliliği, üretilen parçanın belirtilen spesifikasyonlara göre üretilip üretilmeyeceği ile ilgili yeteneğini ifade etmektedir. Süreç yeterliliği belirlenmeden önce süreç varyasyonlarının kararlı olması gerekir. Bu sürecin kontrol altında olması gerektiğini ifade etmektedir. Diğer bir deyişle süreçte özel bir değişken olmamalıdır. Süreç yeterlilik analizi yardımıyla süreçte var olan doğal değişkenlerin üretilen parçanın tolerans bandı içinde kalmasını sağlayacak ve sürecin kontrol altında olup olmadığı görülecektir. Eğer süreç yeterliliği ($C_p \geq 1,33$) uygun değilse süreçte özel

değişken varlığı gözden geçirilmeli ve / veya tolerans bandı gözden geçirilmelidir. [43]

3.10.1 Süreç yeterlilik indeksi (Cp)

Ölçümü yapılması kararlaştırılan kritik noktaların, üretiminin gerçekleştirileceği süreçte ortaya çıkacak değerlerinin kabul edilebilir sınırlar dahilinde olup olmadığını gösteren süreç kapasite indeksidir. Kapasite indeksi formülü aşağıdadır.

$$Cp = \frac{USL-ASL}{6\sigma} \quad (3.45)$$

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d2} \quad (3.46)$$

\bar{R} = Alt grup aralıklarının ortalaması

d2 = alt grup örnek büyüklüğüne göre tablo değerleri

Tablo 3.3 Cp indeksinin yorumlanması [27, s-142]

Cp	Değerlendirme	Yorum
$Cp \leq 1$	Yetersiz	Süreç yetersiz. İyileştirmeler yapılmalıdır
$1 < Cp \leq 1,33$	Kabul Edilebilir	Süreç spesifikasyonları karşılamaz. Süreç kontrolü sürdürülmelidir
$Cp \geq 1,33$	Yeterli	Süreç spesifikasyonları karşılar

3.10.2 Süreç performansı (Cpk)

Süreç ortalamasının üst ve alt spesifikasyon sınırlarından olan uzaklığını tespit etmekte kullanılır.

$$Cpk = \text{Min} \left(\frac{USL-\mu}{3\sigma} \text{ veya } \frac{\mu-ASL}{3\sigma} \right) \quad (3.47)$$

C_{pk} indeksi çoğu işletmede yeterlilik indeksi olarak algılanmaktadır. Bu değer sadece süreç ortalamasını ölçmenin yanında süreç ortalamasının pozisyonu ile ilgili bilgi vermektedir.

Tablo 3.4 Cpk indeksinin yorumlanması [27, s-136]

Cpk	Değerlendirme
Cpk=1	Verilerin bir kısmı spesifikasyonları karşılar
Cpk> 1	Verilerin tamamı spesifikasyon limitleri içine düşer
0 <Cpk< 1	Süreç ortalaması spesifikasyon limitleri içindedir
Cpk = 0	Süreç ortalaması spesifikasyon limitlerinin birine eşittir.
Cpk< 0	Süreç ortalamasının spesifikasyon limitlerinin dışında olduğunu gösterir

3.11 Bir İPK Uygulama Örneği

Bir elektrik anahtar üretici firmanın enjeksiyon sürecinde, anahtar grubunun gövdesini oluşturan mekanizma polikarbonat malzemeden üretilmektedir. X-R kontrol grafikleri kullanılarak bu süreç tarafından üretilen gövdenin iç kontaklarının oturacağı yuvanın genişliğini konu alan bir İPK çalışması yapılacaktır. Sürecin kontrol altında olduğunu varsayarak, bu süreçten her biri 5 örneklemeden oluşan toplam 25 kere örnek alınmıştır. Bu örneklerden alınan numunelerdeki yuva genişliği aşağıdaki Tablo 3.5 'de verilmiştir. Yuvanın teknik resim ölçüsü $23 \pm 0,1$ dir.

Tablo 3.5'de verilen değerlerden \bar{R} ve \bar{X} değerleri bulunarak AKL ve UKL sınır değerlerine aşağıdaki formül yardımıyla ulaşılmaktadır.

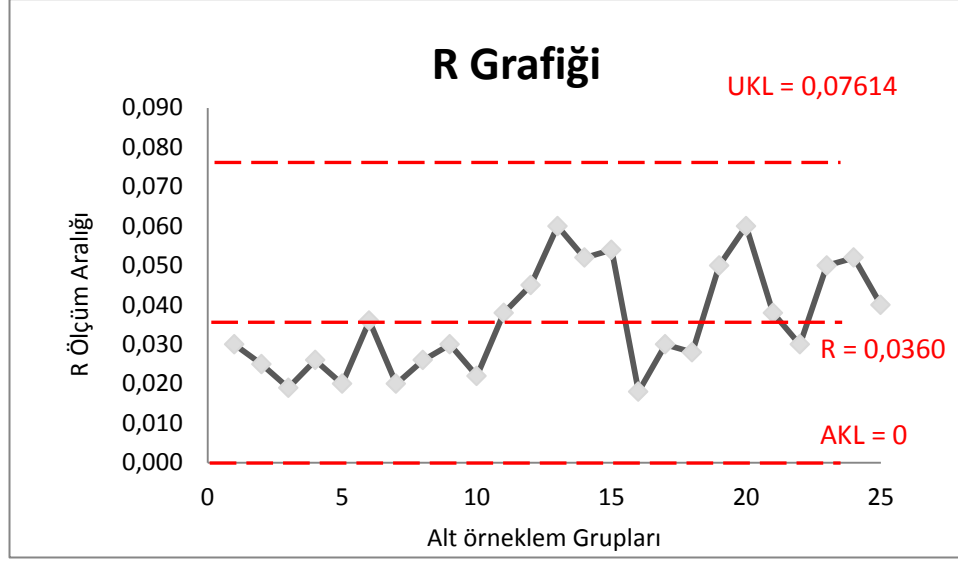
$$AKL_{R=D_3\bar{R}} = 0 \times 0,0360 = 0$$

$$ÜKL_{R=D_4\bar{R}} = 2,115 \times 0,0360 = 0,07614$$

$$OÇ_{R=\bar{R}} = 0,0360$$

Tablo 3.5 Örnek Yuva Genişlik Ölçüsü

NO	ÖLÇÜMLER					\bar{X}	\bar{R}	σ
1	23,028	23,020	23,030	23,010	23,000	23,018	0,030	0,013
2	23,010	22,997	23,015	23,022	23,014	23,012	0,025	0,009
3	23,020	23,030	23,023	23,011	23,014	23,020	0,019	0,008
4	23,005	23,004	23,009	23,020	23,030	23,014	0,026	0,011
5	23,000	23,010	23,010	23,020	23,010	23,010	0,020	0,007
6	22,995	23,016	22,980	22,998	23,000	22,998	0,036	0,013
7	23,020	23,000	23,000	23,010	23,000	23,006	0,020	0,009
8	22,976	22,970	22,990	22,982	22,996	22,983	0,026	0,010
9	22,980	22,990	23,000	22,970	23,000	22,988	0,030	0,013
10	22,990	22,996	22,980	22,976	22,998	22,988	0,022	0,010
11	23,008	22,976	22,990	22,990	22,970	22,987	0,038	0,015
12	23,015	22,970	23,010	22,990	23,000	22,997	0,045	0,018
13	23,030	22,970	23,020	23,020	23,010	23,010	0,060	0,023
14	23,022	22,970	23,015	23,022	23,015	23,009	0,052	0,022
15	23,040	22,986	23,006	23,021	23,011	23,013	0,054	0,020
16	22,982	22,992	22,980	22,993	22,998	22,989	0,018	0,008
17	22,996	22,990	22,980	23,010	22,980	22,991	0,030	0,013
18	22,990	22,970	22,980	22,998	22,986	22,985	0,028	0,011
19	23,012	22,990	23,030	23,024	23,040	23,019	0,050	0,019
20	23,030	22,970	23,020	23,030	23,010	23,012	0,060	0,025
21	22,996	22,970	22,960	22,998	22,990	22,983	0,038	0,017
22	22,970	22,996	22,985	22,988	23,000	22,988	0,030	0,012
23	23,005	22,990	23,040	23,020	23,010	23,013	0,050	0,019
24	23,020	22,990	23,026	23,042	23,010	23,018	0,052	0,019
25	22,980	22,970	22,980	23,000	23,010	22,988	0,040	0,016
Σ						575,04	0,90	0,36
\bar{X}						23,001432		
\bar{R}						0,0360		
σ						0,0014384		



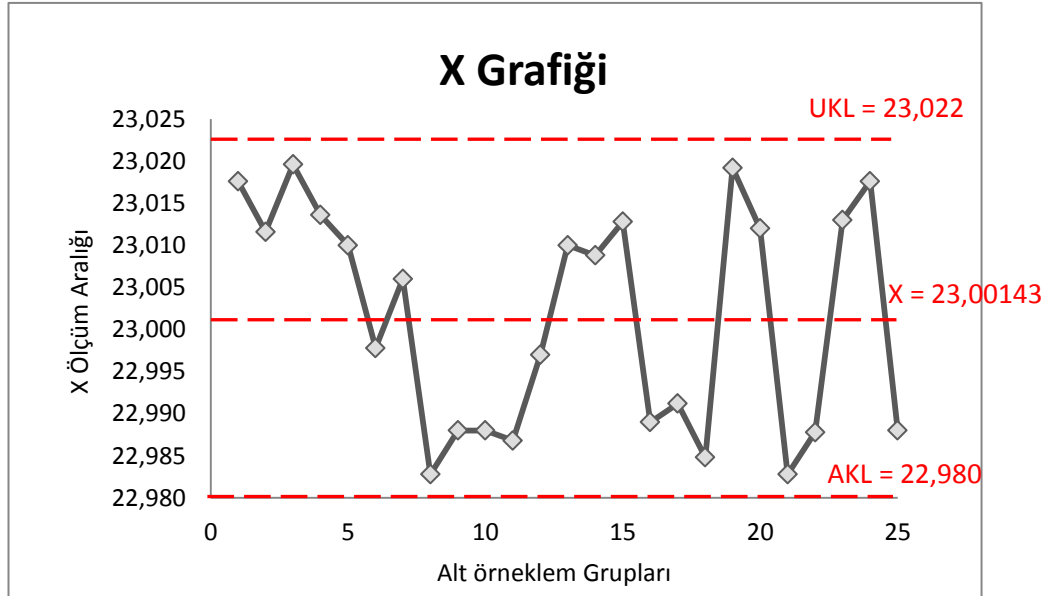
Şekil 3.16 R-Grafiği

Şekil 3.16'da ölçümlere ait R grafiği görülmektedir. Herhangi bir ölçümde kontrol dışı nokta yoktur. Bu grafikten de görüldüğü gibi süreç değişkenliğinin kontrol altında olduğunu gördükten sonra \bar{x} grafiğini aşağıdaki gibi çizebiliriz.

$$\text{AKL } \bar{x} = \bar{\bar{X}} - A2 R = 23,00143 - 0,577 \times 0,0360 = 22,980$$

$$\text{ÜKL } \bar{x} = \bar{\bar{X}} + A2 R = 23,00143 + 0,577 \times 0,0360 = 23,022$$

$$\text{OÇ } \bar{x} = \bar{\bar{X}} = 23,00143$$



Şekil 3.17 X-Grafiği

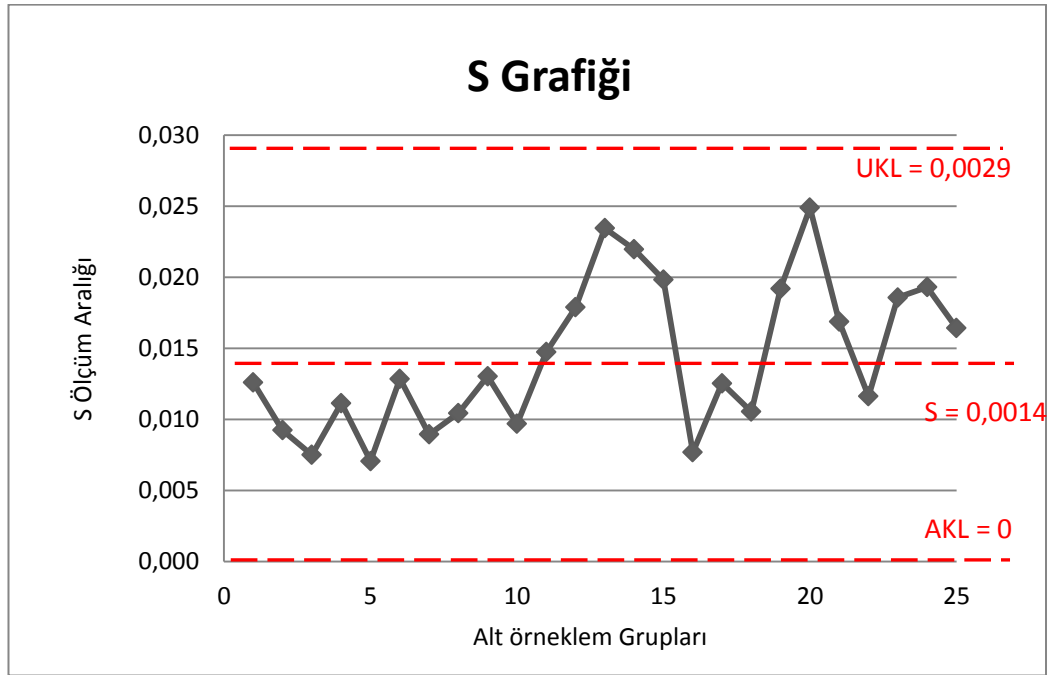
Şekil 3.17’de ölçümlere ait \bar{x} grafiği görülmektedir. Bu grafik üzerinde ilk örneklere ait ortalamalar işaretlendiğinde hiç kontrol dışı nokta görülmemektedir. Bu örnekleme belirtilen ölçülere göre sürecin kontrol altında olduğunu ve belirli bir ortalama düzeyinde hareket ettiğini söyleyebiliriz. Tablodaki ölçümlere göre çizilebilecek S grafiği de aşağıdaki Şekil 3.18’deki gibi olacaktır.

$$\text{ÜKL}_s = B_4 \bar{s} = 2,089 \times 0,0014 = 0,0029$$

$$\text{OÇ}_s = \bar{s} = 0,0014$$

$$\text{AKL}_s = B_3 \bar{s} = 0 \times 0,0014 = 0$$

Grafiklerden de görüldüğü gibi R ve S grafiği hemen hemen benzer bir eğri görüntüsü vermektedir. Kolay hesaplanmasından dolayı $n < 10$ örneklem hacmi olduğunda R kontrol grafiğinin tercih edilmesi, $n > 10$ olduğunda S kontrol grafiğinin tercih edilmesi daha doğru sonuç vermektedir.



Şekil 3.18 S-Grafiği

Proses performansını değerlendirdiğimizde; USL ve ASL toleransı $23 \pm 0,1$ olmasından dolayı

$$\text{USL} = 23,100$$

$$\text{ASL} = 22,900$$

$$C_p = \frac{23,100 - 22,900}{6 * 0,0014}$$

$$C_p = 23,80$$

$C_p > 1,33$ olduğundan dolayı sürecimizin tolerans sınırlarının alt üst spesifikasyon sınırlarının içinde olduğunu göstermektedir. Süreç Performansı ise;

$$C_{pk} = \text{Min} \left(\frac{23,100 - 23,001}{3 * 0,0014} \text{ veya } \frac{23,001 - 22,900}{3 * 0,0014} \right)$$

$$C_{pk} = 23,57$$

$C_{pk} > 1$ olduğundan dolayı süreç performansımızın yeterli olduğu şeklinde yorumlayabiliriz.

4 İSTATİSTİKSEL SÜREÇ KONTROL UYGULAMASI

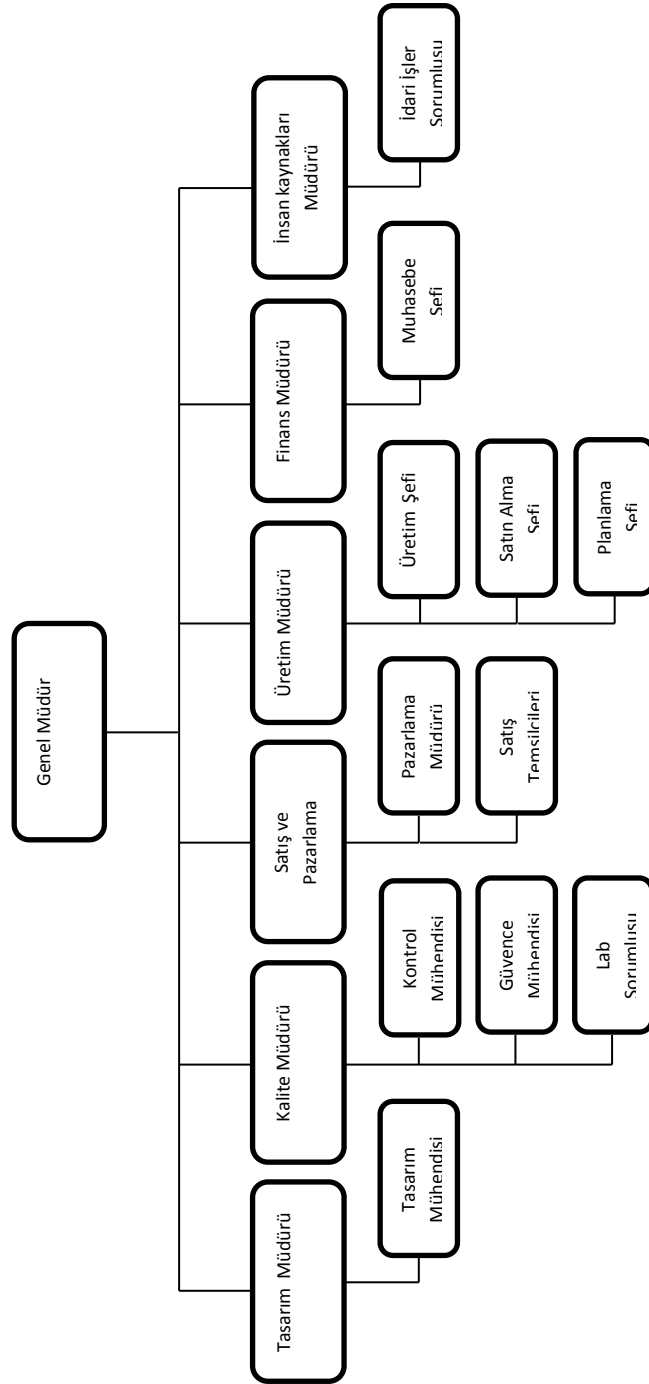
4.1 Firma Tanıtımı

Çalışma yapılan firma enerji sektöründe faaliyet gösteren uluslararası bir firmadır. Türkiye genelinde 5 farklı lokasyonda 1000, Dünya genelinde 130.000 çalışanı bulunmaktadır. Tesis, transformatör aksesuarları üretimi yapan, 10000 m² kapalı alana sahip ve toplamda 130 çalışanı olan bir işletmedir. Firma organizasyon şeması Şekil-4.1 de sunulmuştur. Üretim gamında komutatör, busıng, termometre, Bucholz ve hermetik role, yağ seviye göstergesi, nem alıcı, basınç emniyet valfi yer almaktadır. Temel müşteri grubu yurt içi ve yurtdışında bulunan transformatör üreticileridir. Toplam üretiminin % 75'ini yurtdışı pazara özellikle Ortadoğu pazarına satarken % 25'lik bir kısmını yurtiçi pazara satmaktadır.

Müşteri odaklı çalışarak sürekli kaliteyi hedefleyen firma ISO 9001 Kalite yönetim sistemi, 14001 çevre yönetim sistemi ve 18001 işçi sağlığı ve iş güvenliği yönetim sistemi belgelerine sahiptir. Bu bağlamda firma genelinde kaliteyi kontrol altına almak ve sürdürmek için giriş kalite kontrol, süreç kalite kontrol ve final kalite kontrol aşamalarına sahiptir.

Çalışmasını yaptığımız bu tezde yeniden işleme maliyeti en yüksek olan Komutatör ürün grubu incelenmiştir. Komutatör üretiminde kullanılan gezer kontak yatağının iyileştirilmesi sürecinde istatistiksel süreç kontrol araçları kullanılarak iyileştirme gerçekleştirilmiş ve veriler ilgili bölümlerde sırasıyla sunulmuştur.

Firmanın organizasyon şeması aşağıda görülmektedir:



Şekil 4.1 Organizasyon Şeması

4.2 Süreç Akış Şeması

Beş ana tesisten oluşan fabrikada 3 adet yarı mamul üretimi gerçekleştiren atölye (A1 - A2 - A3) 2 adet bitmiş ürün üretimi gerçekleştiren bölümden (montaj ve bushing) oluşmaktadır.

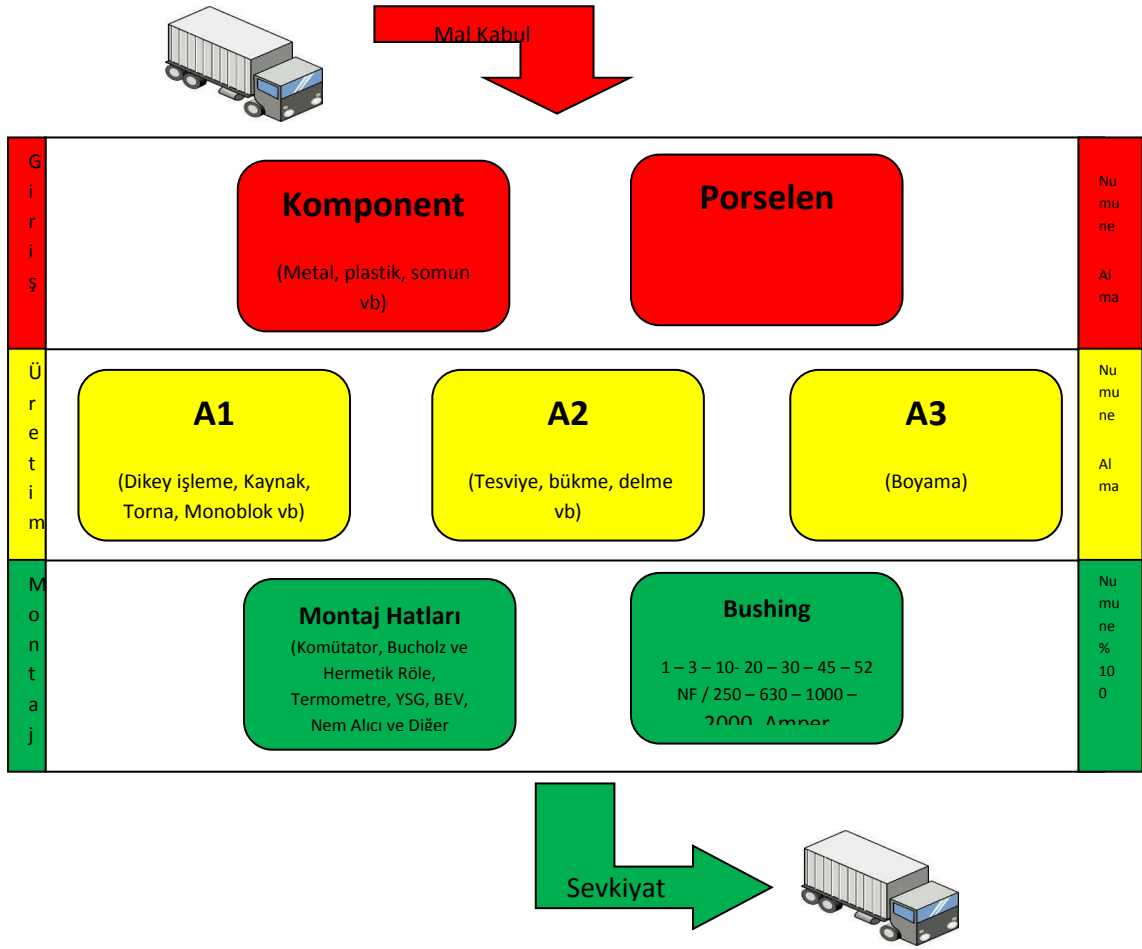
A1 atölyesinde talaşlı imalat yapılmaktadır. Bu atölyede kaynak, kumlama, CNC torna, CNC freze, CNC dik işlem, index, revolver, otomat, enjeksiyon, epoxy, CNC punch, CNC conta kesme makineleri bulunmaktadır. Ağırıklı olarak bu atölyede bushing ve komutatör malzemesi üretiminde kullanılan yarı mamullerin üretimi yapılmaktadır.

A2 atölyesinde tesviye işlemleri yapılmaktadır. Bu atölyede matkap, taşlama metal pres, makinaları bulunmaktadır. Genel olarak bu atölye de termometre, bucholz ve hermetik role, yağ seviye göstergesi, nem alıcı, basınç emniyet valfi'nin ham halde gelen malzemeleri işlenerek montaj bölümüne transfer edilmektedir.

A3 Atölyesinde yağ ve toz boya olmak üzere iki farklı boyama metodu ile üretim yapılmaktadır. Boyama işlemine tabi tutulacak bütün ürünler bu atölyede müşteri isteğine göre belirtilen renklerde boyanmaktadır.

Montaj bölümünde giriş kontrolden ve atölyelerden gelen yarı mamuller montaj talimatlarına uygun olarak toplanarak üretiminin gerçekleştirdiği bölümdür. Montaj bölümünde termometre, bucholz ve hermetik role, yağ seviye göstergesi, nem alıcı, basınç emniyet valfi, komutatör ürünlerinin üretimin gerçekleştirildi iş istasyonları vardır.

Bushing atölyesinde giriş kontrolden ve A1 atölyesinden gelen malzemeler müşteri talebine göre porselenli ya da porselensiz olarak toplanarak üretimi gerçekleştirilmektedir.



Şekil 4.2 Tesis Süreç Akış Şeması

4.3 İstatistiksel Süreç Kontrol Uygulama

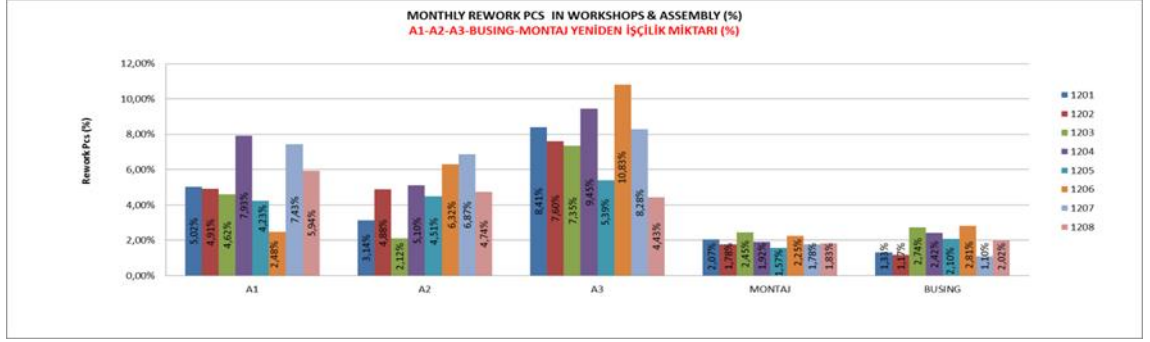
Trafo aksesuarı üretimi gerçekleştiren firmada yeniden işleme işlemleri her işletmede olduğu gibi üretim süreçlerinde ortaya çıkan bir maliyet kaynağıdır. Geleneksel yaklaşımla işlerin yoğunluğundan dolayı elle yapılan yeniden işleme işlemleri kalıp üzerinde yapılacak tadilatlar tercih edilmekte ve bu yapılan işçilikler maliyet olarak dikkate alınmadığından üst yönetimin dikkatini çekmemektedir. Bu yaklaşım esasında üst yönetimin zaten işçilerin maaşını ödüyoruz, dolayısıyla bu işlemlerinde manuel olarak yapılması maliyet unsuru değildir yaklaşımından ileri gelmektedir. Temel odak noktası ürünün zamanında teslim edilmesi olduğunda, yeniden işleme işlemleri için harcanacak süre kök nedeni ortadan kaldırmak için uzun süreceğinden

yapılan iyileştirme çalışmaları ikinci plana atılabilmektedir. Yeniden işleme yapılan ürünün sevkiyatından sonra, yapılacak iyileştirme çalışması rafa kaldırılarak bir sonraki siparişe kadar gündeme gelmemektedir. Amerika ve Japonya da, kısmen Avrupa da uygulandığı şekliyle bir kalite yönetim sistemi ülkemizde maalesef istenilen düzeyde uygulanmadığı için yeniden işleme işlemlerinin maliyetlerinin hesaplanması çoğu işletmede yapılmamaktadır. Esasında firma yöneticileri yeniden işleme işlemlerinden dolayı oluşan maliyetin boyutlarının tam olarak farkında olmadıkları için bu konulara gerekli hassasiyeti göstermemektedirler.

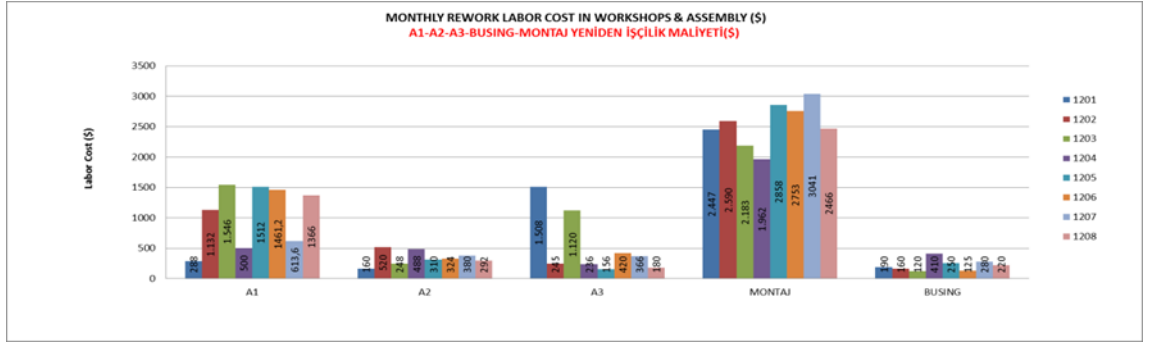
Bu tesisimizde tekrar eden yeniden işleme işlemleri ele alınmış ve İstatistiksel süreç kontrol araçları yardımıyla bir iyileştirme projesi gerçekleştirilmiştir. Bundan dolayı tutulan kayıtlardan ortaya çıkan sonuçlar aşağıda sunulmuş ve komutör üretiminde karşılaşılan gezer kontak yatağı hatası üzerinde bir uygulama yapılmasına karar verilmiştir.

Bütün atölyeler de tutulan yeniden işleme kayıtları göstermiştir ki montaj bölümü yaklaşık adet bazında % 1,97 yeniden işleme ortalaması ile üretim gerçekleştirirken, A1, A2, A3 atölyeleri ortalama % 6,04 ile yeniden işleme işlemlerini gerçekleştirmektedir. Bu oran busing atölyesinde % 1,95 civarındadır. Yeniden işleme işlemlerini maliyet bazlı ele aldığımızda sıralama tam tersine dönmekte ve montaj atölyesi aylık 2537,5 \$/ay yeniden işleme maliyeti ile işlem gerçekleştirerek en çok yeniden işleme maliyetine sahip olduğu görülmektedir. Bu rakam A1 atölyesinde 1052,3\$/ay, A2 atölyesi için 340,25 \$/ay, A3 atölyesi için 528,87 \$/ay ve busing atölyesi için 219,37 \$/ay olarak gerçekleşmektedir.

Bu veriler ışığında adetsel olarak hata oranı düşük olmasına rağmen maliyet olarak yüksek olan montaj bölümündeki yeniden işleme işlemlerine odaklanmak daha anlamlı olacaktır.

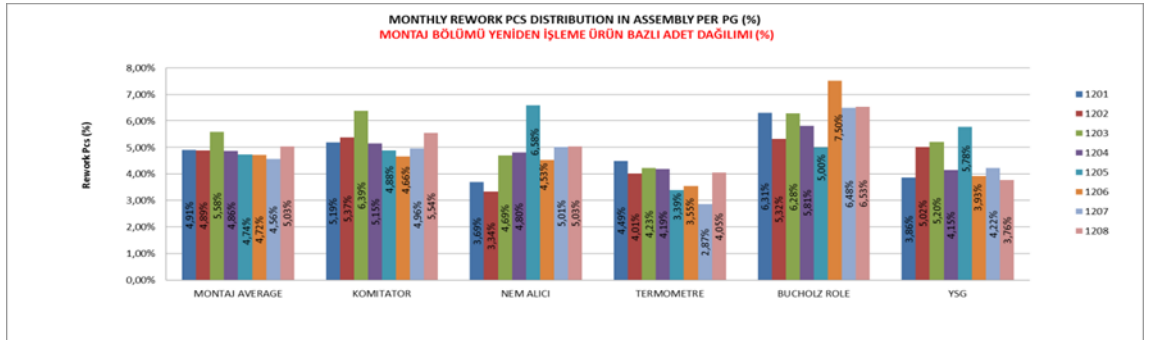


Şekil 4.3 Yeniden İşçilik Miktarı (%)

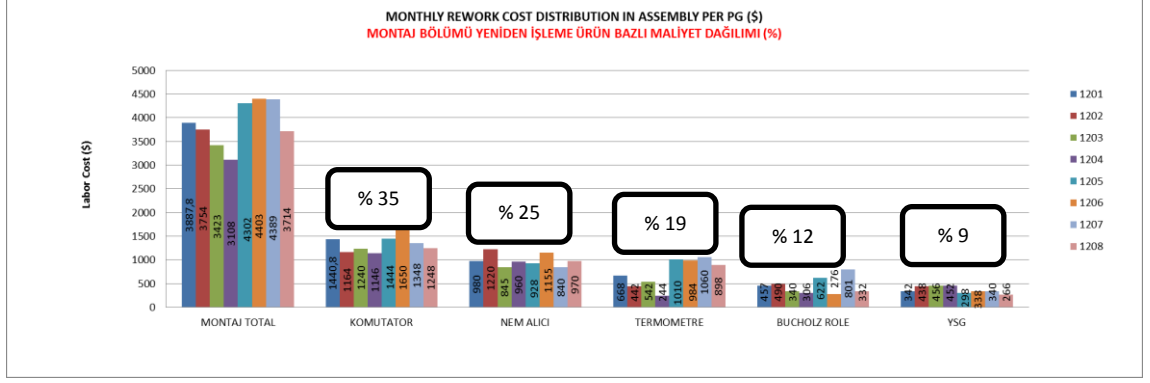


Şekil 4.4 Yeniden İşçilik Maliyeti(\$)

Montaj bölümünde üretilen ürünlerin yeniden işleme oranları incelendiğinde şekil 4.6 da görüldüğü gibi toplam maliyetin % 35 tarafından harcanmaktadır. Bundan dolayı komutator içerisindeki hata türleri incelenmiştir.



Şekil 4.5 Ürün bazlı Yeniden İşçilik Miktarı (%)



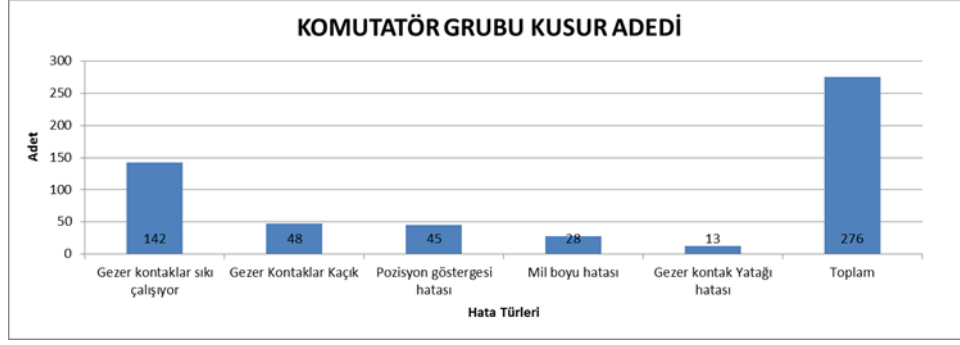
Şekil 4.6 Ürün bazlı Yeniden İşçilik Maliyeti (\$)

Komutator ürün grubu içerisinde çalışılacak yeniden işleme işlemini belirlemek için hata dağılımları sunulan pareto analizleri hazırlanmıştır. Bu hata grupları;

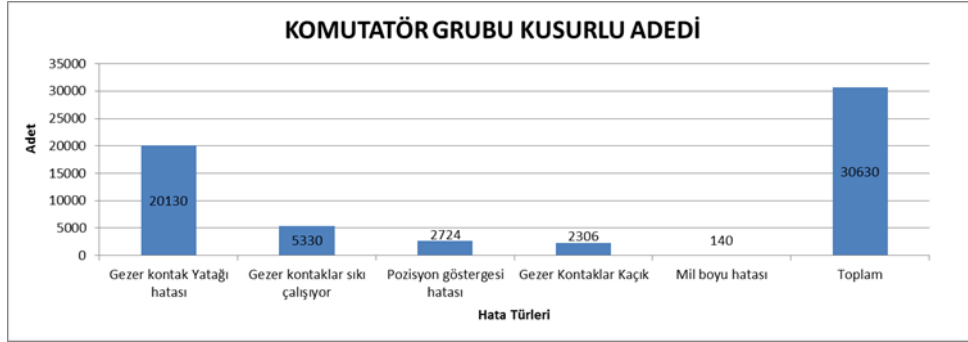
- Gezer kontaklar sıkı çalışıyor
- Gezer kontaklar kaçık
- Pozisyon göstergesi hatası
- Mil boyu hatası
- Gezer kontak yatağı hatası

olarak tespit edilmiş ve kayıt altına alınmıştır. Tutulan kayıtların sonuçları aşağıdaki grafikte sunulmuştur. Kusur adedi olarak bakıldığında gezer kontakların sıkı çalıştığı görülmekte ancak kusurlu adedi olarak baktığımızda gezer kontak yatağı hatasının daha fazla üründe meydana geldiği görülmektedir. Bu hataların yeniden işleme işlemleri sonunda harcanılan yeniden işleme maliyeti ele alındığında, değerlendirme yapılan sekiz ay boyunca gezer kontak yatağı hatasından dolayı 3326 \$ yeniden işleme maliyeti ortaya çıkmıştır. Yapılacak iyileştirme çalışması bu maliyetin düşürülmesi, başarılabilirse ortadan kaldırılması üzerine planlanmıştır.

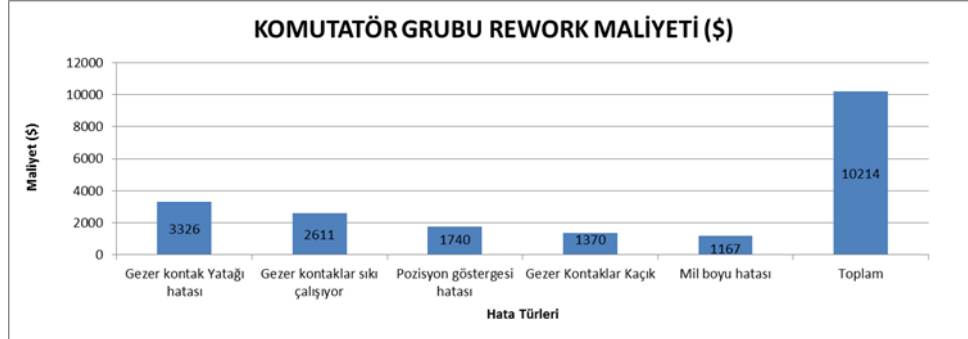
Kalite bir anlamda işletmelerin ayakta kalabilmeleri ve sürdürülebilir olabilmeleri için maliyetlerini minimize etmeyi gerektirmektedir.[44] Bu anlayış ile ayakta kalabilmek için bu maliyetleri ortadan kaldırmak pazardaki konumumuzu olumlu yönde etkileyecektir.



Şekil 4.7 Komutator Grubu Kusur Adedi (Adet)



Şekil 4.8 Komutator Grubu Kusurlu Adedi (Adet)



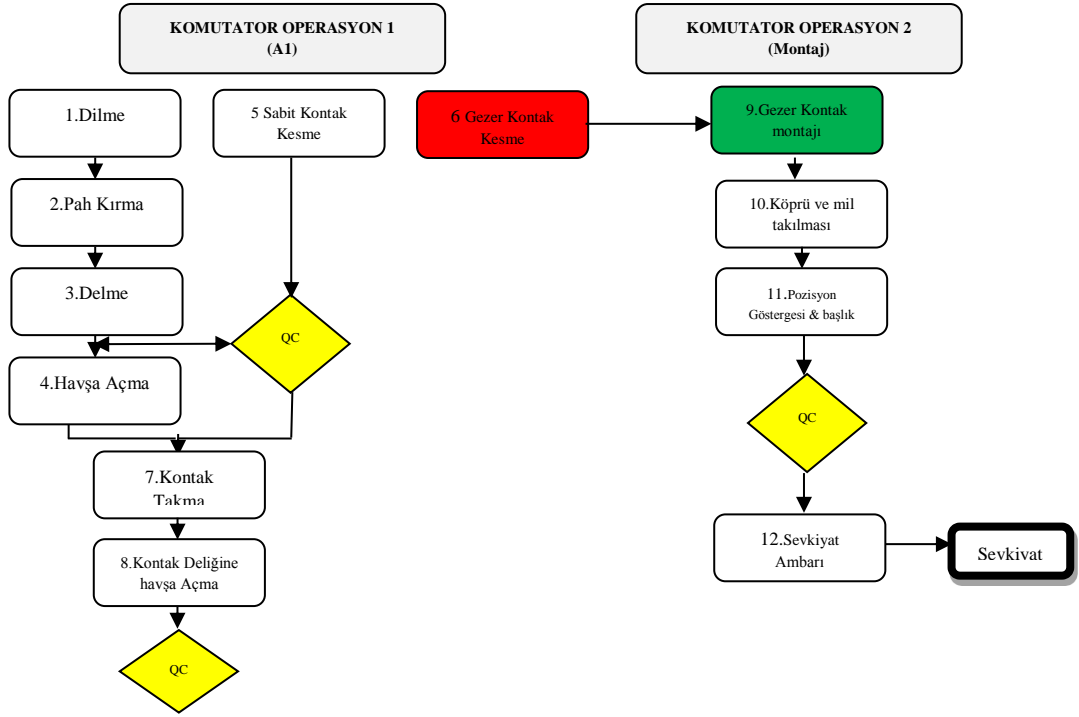
Şekil 4.9 Komutator Grubu Yeniden İşçilik Maliyeti(\$)

Uygulaması yapılan bu çalışma, Deming yaklaşımı ile sırasıyla bölüm bölüm sunulmuştur. Bu çalışma günümüzde daha yaygın kullanılan 6 Sigma-DMAIC yaklaşımı ile gerçekleştirilebilirdi ancak DMAIC metodunun da temelini oluşturan PDCA döngüsü problemin karmaşık olmamasından dolayı tercih edilmiştir.

4.3.1 Planlama Aşaması

İyileştirme yapılacak konu gezer kontak yatağı üzerine olacaktır. Bu tez çalışmasının amacı ortaya çıkan yeniden işleme işlemini ortadan kaldırarak katlanılan toplam yeniden işleme maliyetini azaltmaktır.

İyileştirme aşamalarını belirleyebilmek için komütatör iş akış şeması oluşturulmuştur. Hata 9. istasyonda ortaya çıktığı görülmektedir. Sürecin girdisi ve çıktısı incelenerek, Yeniden işleme işleminin iyileştirilmesi için istatistiksel süreç kontrol araçlarından beyin fırtınası, neden – sonuç analizi, 5 neden analiz metotlarından faydalanarak 5N1K tekniği kullanılarak aksiyon planı belirlenmiştir.



Şekil 4.10 Komütatör İş Akış Şeması

4.3.1.1 Beyin fırtınası

7 kişilik bir grup oluşturularak beyin fırtınası prensipleri uygulanarak bir toplantı organize edilmiştir. Bu toplantı da kişilere beyin fırtınası tekniğinde olması gereken kurallar aktarılarak oturuma başlanmıştır. Herkes sırasıyla teker teker önerilerini sunmuş ve öneriler bitene kadar oturum devam edilmiştir. Sonrasında katılımcılar arasında yapılan birinci ve ikinci tur oylamaya göre önerilerin önem sırası belirlenmiştir. Bu toplantıda çıkan öneriler ve aldıkları oy oranları aşağıdaki tabloda sunulmuştur.

Tablo 4.1 Beyin Fırtınası Kaydı

BEYİN FIRTINASI KAYIT FORMU			
Konu	Gezer kontak yatağı yeniden işleme düşürme projesi		
Katılımcılar	Cemil Şakar (A1 Atölye şefi), Hamit Kiremitçi (A2 Atölye ve Bakım şefi), Ayhan Açın (Montaj Şefi) Mehmet Aktulun (A1 Operatör), Serkan Oğuz (Montaj operatör), Kayhan Boyoğlu (Kalite Kontrol), Serkan Kurt (Kalite Müdürü)		
Tarih	06.09.2012		
Sıra No	Öneri	Aldığı Oy	Oran
1	Maliyetin yüksekliğinin farkında olunmaması	7	100%
2	Kalıp çakılarının deforme olması	5	71%
3	Ara kontrollerin yapılmıyor olması	5	71%
4	A1 Atölyenin yeniden işleme işlemi yapıldığının farkında olmaması	4	57%
5	Yöneticilerin bu konu üzerinde durmaması	3	43%
6	Montaj bölümü yeniden işleme yapılan adedin bu seviyede olduğunun farkında olmaması	3	43%
7	Uygun malzeme seçilmemiş	2	29%
8	Makine operatörü dikkatsiz	2	29%
9	Metal Pres bu parçayı basmaya uygun değil	1	14%
10	Kalıp çeliği bu parçayı kesmek için uygun değil	1	14%

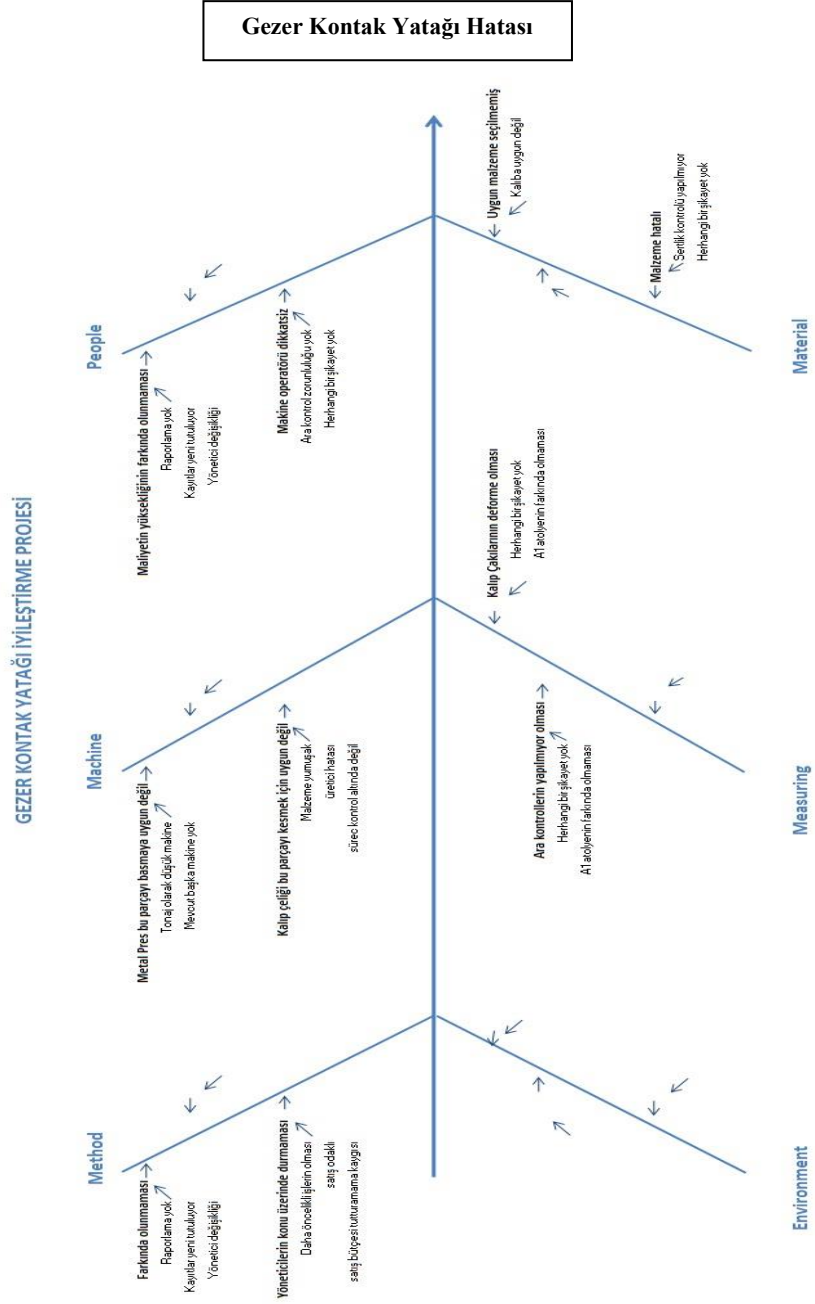
4.3.1.2 Neden – sonuç diyagramı ve 5 neden yöntemi

Oy çokluğu ile alınan karara göre 2 oy ve aşağı oy alan öneriler elenmiştir. Neden – Sonuç tekniğinde çalışırken uygulamada beyin fırtınası tekniğinde uygulandığı gibi herkesin sırayla fikrinin alındığı “Neden” sorusuna cevap verilmiştir.

Tablo 4.2 Neden Sonuç Analizi Kaydı

NEDEN – SONUÇ ANALİZİ KAYIT FORMU						
Sıra No	Ana Neden	Alt Neden 1	Alt Neden 2	Alt Neden 3	Alt Neden 4	Alt Neden 5
1	Maliyetin yüksekliğinin farkında olunmaması	Raporlama yok	Kayıtlar yeni tutuluyor	Yönetici değişikliği		
2	Kalıp çakılarının Deforme olması	Herhangi bir şikayet yok.	A1 Atölyenin farkında olmaması			
3	Ara kontrollerin yapılmıyor olması	Herhangi bir şikayet yok	A1 Atölyenin farkında olmaması			
4	A1 Atölyenin yeniden işleme işlemi yapıldığının farkında olmaması	Raporlama yok	Kayıtlar yeni tutuluyor	Yönetici değişikliği		
5	Yöneticilerin bu konu üzerinde durmaması	Daha öncelikli işlerinin olması	Satış odaklı	Satış bütçesi tutturamama kaygısı		
6	Montaj bölümü yeniden işleme yapılan adedin bu seviyede olduğunun farkında olmaması	Raporlama yok	Kayıtlar yeni tutuluyor	Yönetici değişikliği		

Bu öneriler balık kılıcı olarak da bilinen diyagrama yerleştirilmiş ve 5 neden analizi yardımıyla kök nedene ulaşmak için alt kollar aşağıdaki Şekil 4.11 ortaya çıkarılmış ve balık kılıcında yerleştirilmiştir.



Şekil 4.11 Balık Kılıçığı Diyagramı

Yukarıda yapılan analizlerden görüldüğü gibi 1, 4 ve 6. sıradaki nedenlerin kök nedeninin yönetici değişikliği, 2 ve 3. sıradaki nedenlerin ise herhangi bir müşteri

şikâyeti gelmediği için farkında olunmadığı ve 5. sıradaki nedenin de yöneticilerin daha önceliği olan satış bütçesini tutturma kaygısından dolayı ikinci planda kaldığına yönelik tespitler yapılmıştır. Bu yapılan tespitlere göre oluşturulan aksiyon planı detaylı olarak Tablo 4.3’de verilmiştir. Bu aksiyon planı oluşturulurken 5N1K tekniğinden faydalanılmıştır.

Tablo 4.3 5N1K Formu Kaydı

No	Ne	Nasıl	Niçin	Ne Zaman	Nerede	Kim
1	Bütün bölümlerde kalite performans panoları oluşturulacak ve yeniden işleme maliyetleri asılacak	Takip Listesi oluşturulacak	NSA Madde 1,4,6	12.09.20 12	Atölyeler	Kalite Müdürü
2	Montaj bölümüne ve diğer bölümlere yeniden işleme işlemlerinde geri bildirim için eğitim verilecek	Eğitim	NSA Madde 1,4,6	12.09.20 12	Eğitim Salonu	Kalite Müdürü
3	Ara kontrolü yapılmayan gezer kontak üretiminde X-R / X-S kontrol grafiği oluşturularak sürecin kontrol altında olup olmadığı takip edilecek	X-R / X-S Kontrol Grafiği	NSA Madde 3	17.09.20 12	Metal pres	Operatör
4	Oluşturulacak kontrol grafiği değerlendirmesine göre kalıp çakıları tadilata gönderilecek	Tedarikçi	NSA Madde 2	20.09.20 12	Tedarikçi	Tedarikçi

Planlama aşaması; ortada var olan bir yeniden işleme işleminin bölümler arası işbirliği ve mevcut iletişim araçlarındaki yetersizlikten dolayı ortaya çıkmadığı ve dolayısıyla iyileştirme çalışmasına başlanmadığını göstermiştir. Bir bölümün yaptığı yeniden işleme işlemi diğer bölüm tarafından bilinmediğinden süreç iyileştirilememiştir. Ayrıca bu konu ile ilgili bir müşteri şikâyeti ya da geri bildirim söz konusu olmadığından bölüm yöneticilerinin sürece müdahale etmemeleri, sürecin alışıldığı haliyle yapılması bu yeniden işleme işlemine yıllardır neye sebebiyet verdiği bilinmeden katlanılmaktadır.

Yapılan aksiyon planının ilk iki aksiyonunda şirket içi iletişime yönelik bir çalışma planlanmış, üçüncü aksiyonda mevcut durum analizi yapılmış ve dördüncü aksiyon gerçekleştirilerek, sürecin içinde var olduğu düşünülen özel nedenin kaldırılması planlanmıştır.

Esasında bu tip yeniden işleme işlemleri, işletmelerde çok fazla ortaya çıkmaktadır ancak iyileştirme amaçlı üzerine gidilmediğinden işletmelerin yaşayan efsaneleri olarak var olmaya devam etmektedirler. Bu tip hatalar genel anlamda firmaların karlılıklarını ve verimliliklerini çok fazla etkilemektedir. Bu tip görünmeyen maliyetlerin sistematik olarak ele alınması ve iyileştirilmesi gerekmektedir.

Planlama aşamasında yapılan maliyet çalışması aşağıda sunulmuştur. Bu adım için harcanan maliyet ilk etapta yüksek gibi görünse de toplam maliyet le karşılaştırıldığında % 25'i seviyesinde kalmaktadır. Bu aşama da uygulanan yöntemler ve kazanımlarda bunun dışında yapılan yeniden işleme işlemleri için referans oluşturarak çalışanlara farklı bakış açıları kazandırdığı düşünüldüğünde yeni projelerin gerçekleştirilmesiyle bu maliyet daha düşecektir.

Tablo 4.4 Planlama Süreci Maliyet Takip Kaydı

Komutatör iş akış şeması hazırlama (Dak) x Kişi	120x1=120
Beyin Fırtınası (Dak) x Katılımcı (Kişi)	120 x 7= 840
Neden & Sonuç, 5 Neden Analizi (Dak) x Katılımcı (Kişi)	60 x 7= 420
5N1K (Dak) x Katılımcı (Kişi)	30 x 7=210
Toplam İşçilik Maliyeti (\$)*	636 \$
*İşçilik Maliyeti = 24\$ / Saat	

4.3.2 Uygulama Aşaması

No	Ne	Nasıl	Niçin	Ne Zaman	Nerede	Kim
1	Bütün bölümlerde kalite performans panoları oluşturulacak ve yeniden işleme maliyetleri asılacak	Takip Listesi oluşturulacak	NSA Madde 1,4,6	12.09.2012	Atölyeler	Kalite Müdürü

2012 Ocak ayı başından itibaren toplanan ve yukarıda sunulan veriler bölüm müdürleri seviyesinde paylaşılmakta ancak bölüm çalışanlarına aktarılmamaktadır. Bu yapılan çalışmalar her bir atölyeye asılarak çalışanlar yeniden işleme işlemleri ile ilgili bilgilendirmeye başlanmıştır. Bu sayede bir farkındalık yaratılmıştır.



Şekil 4.12 Kalite Performans Verileri

Tablo 4.5 Uygulama Süreci 1. Aksiyon Maliyet Takip Kaydı

Toplam Oluşturulan Pano Adedi	9
Pano birim maliyeti (\$)	15
Aylık Rapor Hazırlama süresi ve Dağıtım (Dak)	300
Toplam İşçilik + pano maliyeti (\$)	255 \$

No	Ne	Nasıl	Niçin	Ne Zaman	Nerede	Kim
2	Montaj bölümüne ve diğer bölümlere yeniden işleme işlemlerinde geri bildirim için eğitim verilecek	Eğitim	NSA Madde 1,4,6	12.09.2012	Eğitim Salonu	Kalite Müdürü

Bölümlere asılan kalite performansları ile birlikte çalışanlara eğitim organize edilerek sunulan verilerin anlamları çalışanlara aktarılmıştır. Bu eğitimde gösterdi ki çalışanların konu ile ilgili bilgisinin olmaması, yeniden işleme işlemlerinde çalışanları çözümün dışında bırakmış ve kalitesizlik maliyetlerine bir önlem almadan tekrarlamasına sebebiyet vermiştir. Deming bahsettiği gibi temelde sorunların % 94 ünün sistem hatasından ortaya çıktığı, ona göre değişmesi gerekenin yönetim anlayışının olması söylemi burada karşımıza çıkmış verilerin çalışanlara aktarılmayarak üzerinde çalışılmaması ve bilgilendirilmemenin maliyetine katlanılmıştır. Juran 'da aynı paralelde bir söylemle 80/20 kuralını savunarak problemlerin temelinde % 80 yöneticilerin konuyu ele alması ile ilgili olduğunu vurgulamaktadır.[1]

Tablo 4.6 Uygulama Süreci 2.Aksiyon Maliyet Takip Kaydı

Eğitim Süresi (Dak)	120
Katılımcı Sayısı (Kişi)	15
Toplam eğitim maliyeti	720 \$

Ölçüm Sonuçları
Measurement Results

AB-C016-K
12-50039
11-12

Metkal No : 78970120046 **Envanter No** : KD 1018
Metkal Number : 78970120046 **Inventory Number** :
Ölçme Sahası/Çözünürlük : 200 mm **Sertifika Tipi** :
Range/Resolution : 0,01 mm **Certificate Type** :

Metkal No : 78970126046

Tolerans (DIN 862)	Dış/Kademe (mm)	İç/Derinlik (mm)
0-100 mm	± 0,02	± 0,04
100-200 mm	± 0,03	± 0,05

DIŞ ÇAP ÖLÇÜMLERİ					
Master Ölçüsü mm	Ölçülen			Ortalama mm	Sapma mm
	Uç mm	Orta mm	Arka mm		
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
41,3	41,30	41,30	41,30	41,30	0,00
75	75,00	75,00	75,00	75,00	0,00
131,4	131,40	131,41	131,41	131,41	0,01

Ölçme Belirsizliği : ± 14 µm

İÇ ÇAP ÖLÇÜMLERİ					
Master Ölçüsü mm	Ölçülen			Ortalama mm	Sapma mm
	1. Ölçüm mm	2. Ölçüm mm	3. Ölçüm mm		
4	3,92	3,92	3,92	3,92	-0,08
50	Uç	Orta	Arka		
	49,94	49,94	49,94	49,94	-0,06

Ölçme Belirsizliği : ± 12 µm

DERİNLİK DİLİ ÖLÇÜMLERİ					
Master Ölçüsü mm	Ölçülen			Ortalama mm	Sapma mm
	1. Ölçüm mm	2. Ölçüm mm	3. Ölçüm mm		
41,3	41,30	41,30	41,30	41,30	0,00

Ölçme Belirsizliği : ± 11 µm

KADEME ÖLÇÜMLERİ					
Master Ölçüsü mm	Ölçülen			Ortalama mm	Sapma mm
	1. Ölçüm mm	2. Ölçüm mm	3. Ölçüm mm		
41,3	41,30	41,30	41,30	41,30	0,00

Ölçme Belirsizliği : ± 11 µm

Bu ölçüm sonuçları 78970126046 numaralı aliğa aittir.

KD : Kapsam Dışı / Out of Scope

Tolerans / Tolerance

✓ : İçinde / In

X : Dışında / Out

* : Arızalı / Out Of Order

- : Test Edilmedi / Not Tested

Şekil 4.14 Ölçüm Aleti Kalibrasyon Kaydı

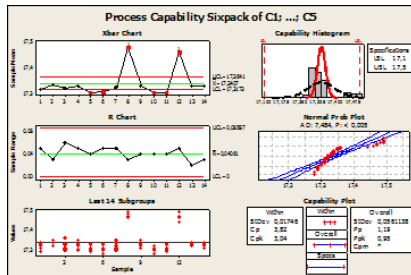
Çalışmanın başında kontrol grafiği oluştururken yarım saat aralıklarla n=5 numune seçilerek ölçüm yapmaya karar verilmiştir. Tutulan veriler aşağıdaki tablolarda sunulmuştur.

Günlük tutulan bu veriler minitab programı ile analiz edilmiş ve aşağıdaki tablolar ortaya çıkmıştır. Verilerden de görüldüğü gibi ranj değerleri tolerans bandı içinde olduğu görünürken bazı ölçümlerin üst tolerans limitine yaklaştığı ve kontrol limitleri dışına çıktığı görülmektedir. Yapılan süreç yeterlilik analizleri $Cpk_1=3,04$,

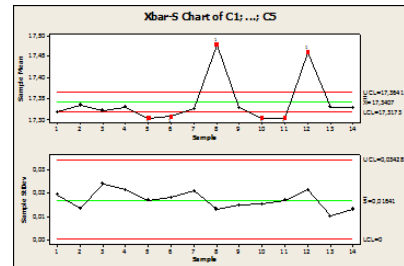
$Cpk_2=2,45$, $Cpk_3=2,35 > 1,66$ olarak yeterli görünmesine rağmen, çıkan değerler göstermektedir ki, süreç istatistiksel olarak kontrol dışıdır. Süreci kontrol grafikleri ile yönetebilmek için süreçteki özel nedenlerden arındırmak gerekmektedir.

Tablo 4.7a Aksiyon 3.1.1 ölçüm kayıtları

Tarih	17.09.2012								
Ölçümü Yapan	Mehmet Aktulun								
Kumpas No	78970126046								
Saat	1. Ölçüm	2. Ölçüm	3. Ölçüm	4. Ölçüm	5. Ölçüm	X	S	R	
8:30	17,33	17,32	17,34	17,31	17,29	17,32	0,017	0,05	
9:00	17,35	17,32	17,34	17,32	17,34	17,33	0,012	0,03	
9:30	17,30	17,31	17,36	17,31	17,33	17,32	0,021	0,06	
10:00 - 10:15 Çay molası									
10:30	17,35	17,35	17,32	17,33	17,30	17,33	0,019	0,05	
11:00	17,29	17,30	17,31	17,29	17,33	17,30	0,015	0,04	
11:30	17,30	17,33	17,31	17,31	17,28	17,31	0,016	0,05	
12:00 - 13:00 Yemek Molası									
13:00	17,31	17,30	17,32	17,35	17,34	17,32	0,019	0,05	
13:30	17,49	17,46	17,48	17,49	17,47	17,48	0,012	0,03	
14:00	17,35	17,32	17,31	17,33	17,33	17,33	0,013	0,04	
14:30	17,31	17,30	17,32	17,31	17,28	17,30	0,014	0,04	
15:00 - 15:15 Çay molası									
15:30	17,29	17,30	17,31	17,29	17,33	17,30	0,015	0,04	
16:00	17,47	17,44	17,49	17,46	17,44	17,46	0,019	0,05	
16:30	17,33	17,32	17,34	17,32	17,34	17,33	0,009	0,02	
17:00	17,34	17,32	17,34	17,31	17,33	17,33	0,012	0,03	



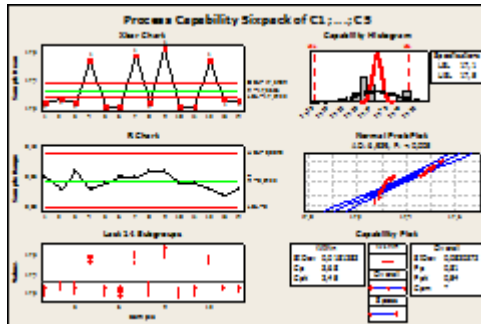
Şekil 4.15a Minitab six pack



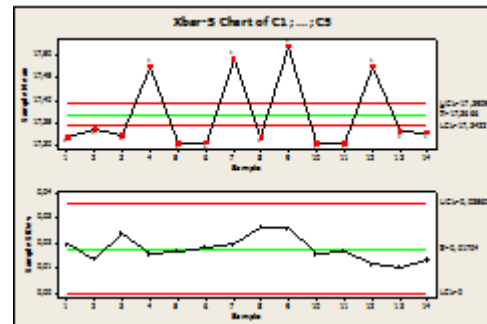
Şekil 4.15b Minitab S grafiği

Tablo 4.7b Aksiyon 3.1.2 ölçüm kayıtları

Tarih	18.09.2012							
Ölçümü Yapan	Mehmet Aktulun							
Kumpas No	78970126046							
Saat	1. Ölçüm	2. Ölçüm	3. Ölçüm	4. Ölçüm	5. Ölçüm	X	S	R
8:30	17,33	17,32	17,34	17,31	17,29	17,32	0,017	0,05
9:00	17,35	17,32	17,34	17,32	17,34	17,33	0,012	0,03
9:30	17,30	17,31	17,36	17,31	17,33	17,32	0,021	0,06
10:00 - 10:15 Çay molası								
10:30	17,46	17,46	17,48	17,49	17,49	17,48	0,014	0,03
11:00	17,29	17,30	17,31	17,29	17,33	17,30	0,015	0,04
11:30	17,30	17,33	17,31	17,31	17,28	17,31	0,016	0,05
12:00 - 13:00 Yemek Molası								
13:00	17,49	17,50	17,46	17,51	17,50	17,49	0,017	0,05
13:30	17,35	17,29	17,34	17,30	17,31	17,32	0,023	0,06
14:00	17,54	17,52	17,55	17,50	17,49	17,52	0,023	0,06
14:30	17,31	17,30	17,32	17,31	17,28	17,30	0,014	0,04
15:00 - 15:15 Çay molası								
15:30	17,29	17,30	17,31	17,29	17,33	17,30	0,015	0,04
16:00	17,48	17,47	17,48	17,49	17,46	17,48	0,010	0,03
16:30	17,33	17,32	17,34	17,32	17,34	17,33	0,009	0,02
17:00	17,34	17,32	17,34	17,31	17,33	17,33	0,012	0,03



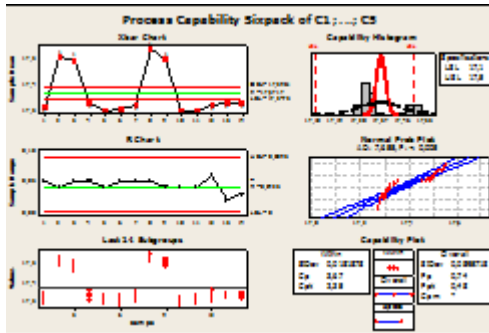
Şekil 4.16a Minitab six pack



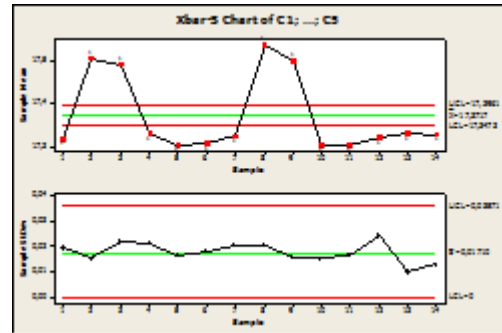
Şekil 4.16b Minitab S grafiği

Tablo 4.7c Aksiyon 3.1.3 ölçüm kayıtları

Tarih	19.09.2012							
Ölçümü Yapan	Mehmet Aktulun							
Kumpas No	78970126046							
Saat	1. Ölçüm	2. Ölçüm	3. Ölçüm	4. Ölçüm	5. Ölçüm	X	S	R
8:30	17,33	17,32	17,34	17,31	17,29	17,32	0,017	0,05
9:00	17,51	17,53	17,49	17,50	17,50	17,51	0,014	0,04
9:30	17,46	17,48	17,51	17,50	17,51	17,49	0,019	0,05
10:00 - 10:15 Çay molası								
10:30	17,35	17,35	17,32	17,33	17,30	17,33	0,019	0,05
11:00	17,29	17,30	17,31	17,29	17,33	17,30	0,015	0,04
11:30	17,30	17,33	17,31	17,31	17,28	17,31	0,016	0,05
12:00 - 13:00 Yemek Molası								
13:00	17,31	17,30	17,32	17,35	17,34	17,32	0,019	0,05
13:30	17,55	17,54	17,56	17,51	17,52	17,54	0,019	0,05
14:00	17,51	17,50	17,52	17,49	17,48	17,50	0,014	0,04
14:30	17,31	17,30	17,32	17,31	17,28	17,30	0,014	0,04
15:00 - 15:15 Çay molası								
15:30	17,29	17,30	17,31	17,29	17,33	17,30	0,015	0,04
16:00	17,30	17,31	17,36	17,31	17,33	17,32	0,021	0,06
16:30	17,33	17,32	17,34	17,32	17,34	17,33	0,009	0,02
17:00	17,34	17,32	17,34	17,31	17,33	17,33	0,012	0,03



Şekil 4.17a Minitab six pack



Şekil 4.17b Minitab S grafiği

Yukarıdaki analizlerde görüldüğü gibi süreç kontrol dışıdır. Kalıp çakılarının kesmek yerine koparması sonucunda bazı ürünlerin kenarlarında çapak kaldığı görülmüştür. Bundan dolayı ve ilk aşamada yapılan beyin fırtınası, neden-sonuç analizleri sonucunda belirtildiği gibi kalıp tadilata gönderilmiştir.

Tablo 4.8 Uygulama Süreci 3.Aksiyon Maliyet Takip Kaydı

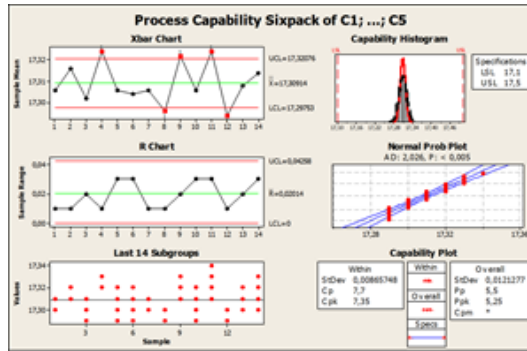
Toplam Ölçülen Numune Adedi	210
Toplam Ölçüm Süresi (Dak)*	52,5
Kayıtların Excel'e aktarımı (Dak)	30
Minitab Analizi (Dak)	60
Toplam İşçilik maliyeti (\$)	57 \$
*Ölçüm ve föye kayıt dahil (15sn/adet)	

No	Ne	Nasıl	Niçin	Ne Zaman	Nerede	Kim
4	Oluşturulacak kontrol grafiği değerlendirmesine göre kalıp çakıları tadilata gönderilecek	Tedarikçi	NSA Madde 2	20.09.2012	Tedarikçi	Tedarikçi

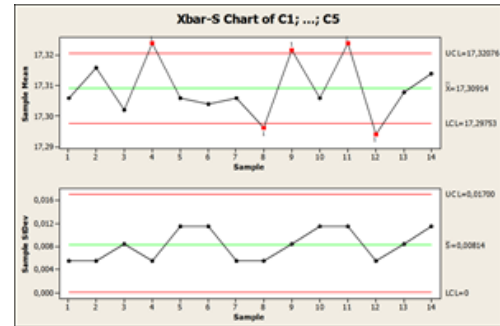
Yapılan çalışmalar sonucunda tadilata gönderilen kalıp 04.10.2012 tarihinde gelmiş ve numune baskılar alınmaya başlanmıştır. Alınan ölçümler aşağıdaki tablolarda sunulmuştur.

Tablo 4.9a Aksiyon 3.2.1 ölçüm kayıtları

Tarih	08.10.2012							
Ölçümü Yapan	Mehmet Aktulun							
Kumpas No	78970126046							
Saat	1. Ölçüm	2. Ölçüm	3. Ölçüm	4. Ölçüm	5. Ölçüm	X	S	R
8:30	17,30	17,31	17,31	17,31	17,30	17,31	0,005	0,01
9:00	17,31	17,32	17,31	17,32	17,32	17,32	0,005	0,01
9:30	17,30	17,31	17,31	17,30	17,29	17,30	0,008	0,02
10:00 - 10:15 Çay molası								
10:30	17,32	17,33	17,32	17,33	17,32	17,32	0,005	0,01
11:00	17,31	17,30	17,31	17,29	17,32	17,31	0,011	0,03
11:30	17,30	17,32	17,31	17,30	17,29	17,30	0,011	0,03
12:00 - 13:00 Yemek Molası								
13:00	17,30	17,31	17,31	17,30	17,31	17,31	0,005	0,01
13:30	17,29	17,30	17,30	17,29	17,30	17,30	0,005	0,01
14:00	17,32	17,32	17,33	17,33	17,31	17,32	0,008	0,02
14:30	17,31	17,30	17,31	17,29	17,32	17,31	0,011	0,03
15:00 - 15:15 Çay molası								
15:30	17,34	17,32	17,33	17,32	17,31	17,32	0,011	0,03
16:00	17,30	17,29	17,30	17,29	17,29	17,29	0,005	0,01
16:30	17,32	17,31	17,30	17,30	17,31	17,31	0,008	0,02
17:00	17,33	17,31	17,31	17,32	17,30	17,31	0,011	0,03



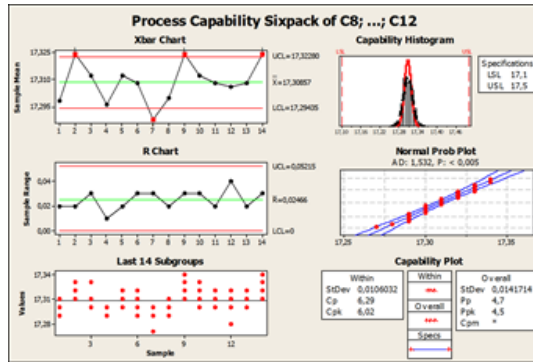
Şekil 4.18a Minitab six pack



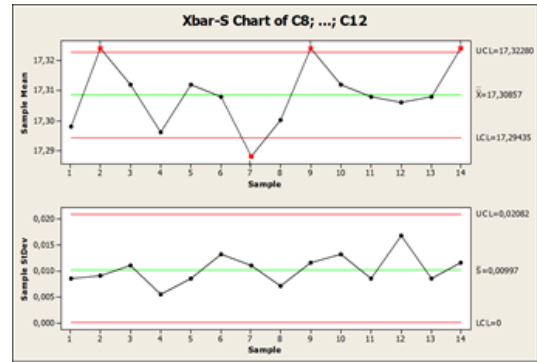
Şekil 4.18b Minitab S grafiği

Tablo 4.9b Aksiyon 3.2.2 ölçüm kayıtları

Tarih	09.10.2012							
Ölçümü Yapan	Mehmet Aktulun							
Kumpas No	78970126046							
Saat	1. Ölçüm	2. Ölçüm	3. Ölçüm	4. Ölçüm	5. Ölçüm	X	S	R
8:30	17,29	17,30	17,30	17,31	17,29	17,30	0,008	0,02
9:00	17,32	17,33	17,33	17,31	17,33	17,32	0,009	0,02
9:30	17,31	17,30	17,33	17,31	17,31	17,31	0,011	0,03
10:00 - 10:15 Çay molası								
10:30	17,29	17,30	17,29	17,30	17,30	17,30	0,005	0,01
11:00	17,31	17,31	17,32	17,30	17,32	17,31	0,008	0,02
11:30	17,29	17,32	17,30	17,32	17,31	17,31	0,013	0,03
12:00 - 13:00 Yemek Molası								
13:00	17,30	17,27	17,29	17,29	17,29	17,29	0,011	0,03
13:30	17,30	17,31	17,30	17,29	17,30	17,30	0,007	0,02
14:00	17,34	17,32	17,32	17,33	17,31	17,32	0,011	0,03
14:30	17,32	17,30	17,30	17,33	17,31	17,31	0,013	0,03
15:00 - 15:15 Çay molası								
15:30	17,31	17,31	17,32	17,30	17,30	17,31	0,008	0,02
16:00	17,32	17,31	17,28	17,30	17,32	17,31	0,017	0,04
16:30	17,31	17,31	17,32	17,30	17,30	17,31	0,008	0,02
17:00	17,32	17,34	17,31	17,33	17,32	17,32	0,011	0,03



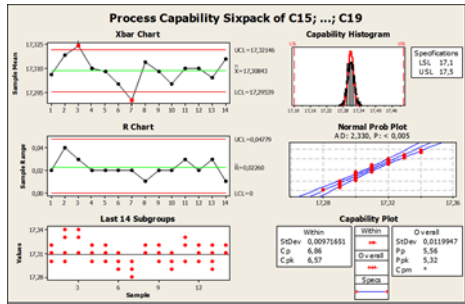
Şekil 4.19a Minitab six pack



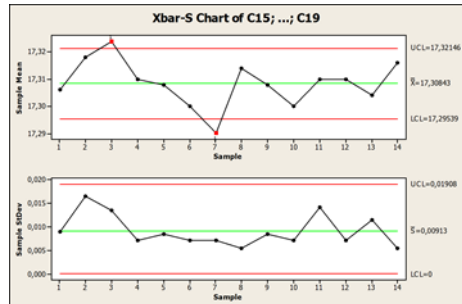
Şekil 4.19b Minitab S grafiği

Tablo 4.9c Aksiyon 3.2.3 ölçüm kayıtları

Tarih	10.10.2012							
Ölçümü Yapan	Mehmet Aktulun							
Kumpas No	78970126046							
Saat	1. Ölçüm	2. Ölçüm	3. Ölçüm	4. Ölçüm	5. Ölçüm	X	S	R
8:30	17,31	17,32	17,30	17,30	17,30	17,31	0,009	0,02
9:00	17,31	17,33	17,34	17,30	17,31	17,32	0,016	0,04
9:30	17,33	17,31	17,34	17,33	17,31	17,32	0,013	0,03
10:00 - 10:15 Çay molası								
10:30	17,31	17,31	17,32	17,31	17,30	17,31	0,007	0,02
11:00	17,31	17,32	17,30	17,31	17,30	17,31	0,008	0,02
11:30	17,30	17,29	17,30	17,30	17,31	17,30	0,007	0,02
12:00 - 13:00 Yemek Molası								
13:00	17,28	17,30	17,29	17,29	17,29	17,29	0,007	0,02
13:30	17,31	17,31	17,32	17,31	17,32	17,31	0,005	0,01
14:00	17,31	17,30	17,32	17,30	17,31	17,31	0,008	0,02
14:30	17,30	17,31	17,30	17,30	17,29	17,30	0,007	0,02
15:00 - 15:15 Çay molası								
15:30	17,33	17,30	17,32	17,30	17,30	17,31	0,014	0,03
16:00	17,31	17,30	17,32	17,31	17,31	17,31	0,007	0,02
16:30	17,32	17,31	17,30	17,29	17,30	17,30	0,011	0,03
17:00	17,32	17,31	17,32	17,31	17,32	17,32	0,005	0,01



Şekil 4.20a Minitab six pack



Şekil 4.20b Minitab S grafiği

Kalıp tadilatı yapılan ölçümlerde görülmüştür ki 8.10.2012 tarihli ölçümlerin 4,8,9,11,12 numaralı ölçümleri, 9.10.2012 tarihli ölçümlerin 2,7,9,14 numaralı ölçümleri, 10.10.2012 tarihli ölçümlerde de 3 ve 7 numaralı ölçümlerin kontrol dışında olduğu görülmektedir. Kalıp ile ilgili iyileştirmeler yapıldığından hammadde ile ilgili çalışılmış ve parçalar üzerinde yapılan incelemelerde sertlik değeri 110 gelirken, kontrol dışı gelen parçalar incelendiğinde sertlik 60 – 70 HB arasında geldiği gözlenmiştir. Bundan dolayı hammadde tedarikçisi ile toplantı organize ederek, metal sac sertliğinin spesifikasyonlara uygun gelmesi için Düzeltici & Önleyici faaliyet başlatılmasına karar verilmiştir.

İlk iyileştirme yapılmadan tutulan kayıtlardaki cpk değerleri ile kalıp revize edildikten sonraki cpk değerleri sürecin yeterliliğindeki artışına göstermektedir. Ancak süreç içerisinde hala özel neden yada nedenlerin varlığı kontrol grafiklerinde görülmektedir.

İyileştirmeden önceki CPK değerleri;

$$CPK_{1gün} = 3,04 ; CPK_{2gün} = 2,45 ; CPK_{3gün} = 2,35$$

Kalıp revizyonundan sonraki CPK değerleri

$$CPK_{1gün} = 7,35 ; CPK_{2gün} = 6,02 ; CPK_{3gün} = 6,57$$

Tablo 4.10 Uygulama Süreci 4.Aksiyon Maliyet Takip Kaydı

Toplam Ölçülen Numune Adedi	210
Toplam Ölçüm Süresi (Dak)*	52,5
Kayıtların Excel'e aktarımı (Dak)	30
Minitab Analizi (Dak)	60
Kalıp tadilatı tutarı (\$)	300
Toplam İşçilik maliyeti (\$)	457 \$
*Ölçüm ve föye kayıt dahil (15sn/adet)	

No	Ne	Nasıl	Niçin	Ne Zaman	Nerede	Kim
4.1	Kullanılan sacın sertlik kontrolü kalite kontrol planına eklenecek	Sertlik Cihazı	Kalıp çakı tadilatı sonrasında tespit edilen hammadde sertliği özel nedeni ortadan kaldırmak için	05.12.2012	Giriş kalite	Giriş Kalite Kontrol Tek.

ÖNCE

Char.	Preset	Qn	QI	Master L...	Plant	Version	R...	Short text insp.char	Lo...	To...	De...	Method	Inr...	Version	Sampln...	S...
10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	80015010	TR94	1		1,50 ±0,10				30MPAS	TR94	1	07301004	KG
20	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Y2Z02001	TR94	1		YUZEY DÜZGÜNLÜĞÜ				60Z	TR94	1	07301004	KG
30	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		TR94								TR94			KG
40	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		TR94								TR94			KG
50	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		TR94								TR94			KG
60	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		TR94								TR94			KG
70	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		TR94								TR94			KG

SONRA

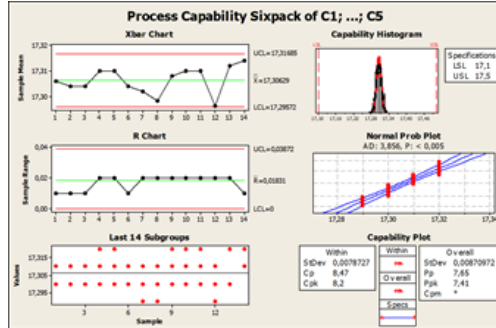
Char.	Preset	Qn	QI	Master L...	Plant	Version	R...	Short text insp.char	Lo...	To...	De...	Method	Inr...	Version	Sampln...	S...
10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	00015010	TR94	1		1,50 ±0,10				30MPAS	TR94	1	07303004	KG
20	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	A10000N1	TR94	1		SERTLIK KONTROLU 100 - 130 HB				SRTOLOCH	TR94	1	07301004	KG
30	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Y2Z02001	TR94	1		YUZEY DÜZGÜNLÜĞÜ				60Z	TR94	1	07305004	KG
40	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		TR94								TR94			KG
50	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		TR94								TR94			KG
60	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		TR94								TR94			KG
70	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		TR94								TR94			KG

Şekil 4.21 Kontrol Planı Görüntüsü

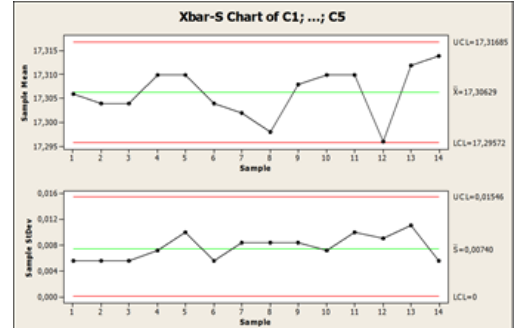
Tedarikçiden gelen uygun hammadde ile tutulan ölçüm kayıtları ve kayıtların minitab'te yapılan 6'lı analiz paketi ve X-S grafiği aşağıda sırasıyla sunulmuştur.

Tablo 4.11a Aksiyon 3.3.1 ölçüm kayıtları

Tarih	10.12.2012							
Ölçümü Yapan	Mehmet Aktulun							
Kumpas No	78970126046							
Saat	1. Ölçüm	2. Ölçüm	3. Ölçüm	4. Ölçüm	5. Ölçüm	X	S	R
8:30	17,31	17,31	17,31	17,30	17,30	17,31	0,005	0,01
9:00	17,30	17,30	17,31	17,31	17,30	17,30	0,005	0,01
9:30	17,30	17,31	17,31	17,30	17,30	17,30	0,005	0,01
10:00 - 10:15 Çay molası								
10:30	17,32	17,31	17,31	17,30	17,31	17,31	0,007	0,02
11:00	17,31	17,30	17,30	17,32	17,32	17,31	0,010	0,02
11:30	17,30	17,30	17,31	17,31	17,30	17,30	0,005	0,01
12:00 - 13:00 Yemek Molası								
13:00	17,30	17,29	17,31	17,31	17,30	17,30	0,008	0,02
13:30	17,29	17,30	17,29	17,30	17,31	17,30	0,008	0,02
14:00	17,31	17,31	17,30	17,30	17,32	17,31	0,008	0,02
14:30	17,31	17,32	17,31	17,30	17,31	17,31	0,007	0,02
15:00 - 15:15 Çay molası								
15:30	17,30	17,32	17,31	17,32	17,30	17,31	0,010	0,02
16:00	17,31	17,29	17,29	17,30	17,29	17,30	0,009	0,02
16:30	17,32	17,32	17,30	17,30	17,32	17,31	0,011	0,02
17:00	17,31	17,31	17,32	17,32	17,31	17,31	0,005	0,01



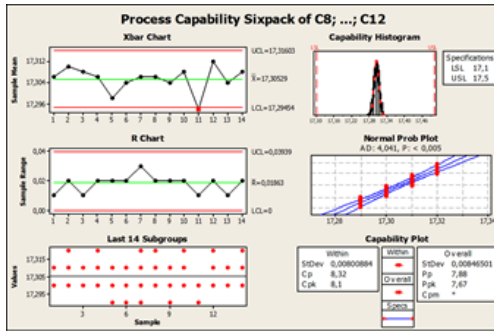
Şekil 4.22a Minitab six pack



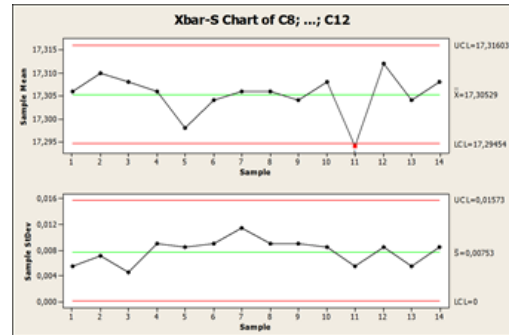
Şekil 4.22b Minitab S grafiği

Tablo 4.11b Aksiyon 3.3.2 ölçüm kayıtları

Tarih	11.12.2012							
Ölçümü Yapan	Mehmet Aktulun							
Kumpas No	78970126046							
Saat	1. Ölçüm	2. Ölçüm	3. Ölçüm	4. Ölçüm	5. Ölçüm	X	S	R
8:30	17,30	17,31	17,31	17,31	17,30	17,31	0,005	0,01
9:00	17,31	17,31	17,30	17,31	17,32	17,31	0,007	0,02
9:30	17,31	17,31	17,31	17,30	17,31	17,31	0,004	0,01
10:00 - 10:15 Çay molası								
10:30	17,30	17,30	17,31	17,30	17,32	17,31	0,009	0,02
11:00	17,31	17,29	17,30	17,29	17,30	17,30	0,008	0,02
11:30	17,29	17,31	17,30	17,31	17,31	17,30	0,009	0,02
12:00 - 13:00 Yemek Molası								
13:00	17,32	17,30	17,31	17,31	17,29	17,31	0,011	0,03
13:30	17,30	17,32	17,31	17,30	17,30	17,31	0,009	0,02
14:00	17,29	17,31	17,31	17,31	17,30	17,30	0,009	0,02
14:30	17,31	17,30	17,30	17,32	17,31	17,31	0,008	0,02
15:00 - 15:15 Çay molası								
15:30	17,29	17,29	17,30	17,29	17,30	17,29	0,005	0,01
16:00	17,32	17,32	17,31	17,30	17,31	17,31	0,008	0,02
16:30	17,30	17,30	17,30	17,31	17,31	17,30	0,005	0,01
17:00	17,30	17,31	17,30	17,32	17,31	17,31	0,008	0,02



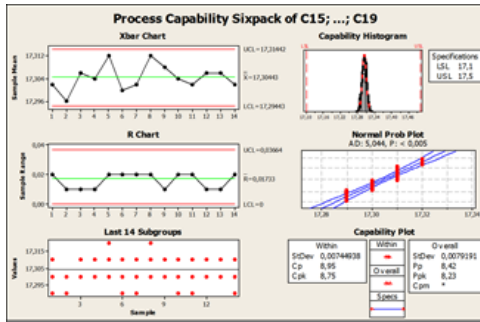
Şekil 4.23a Minitab six pack



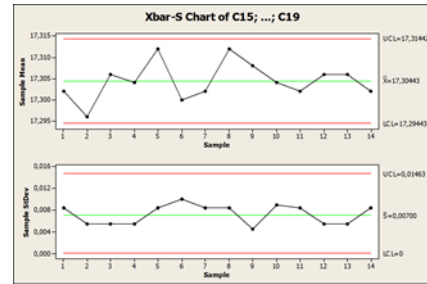
Şekil 4.23b Minitab S grafiği

Tablo 4.11c Aksiyon 3.3.3 ölçüm kayıtları

Tarih	12.12.2012							
Ölçümü Yapan	Mehmet Aktulun							
Kumpas No	78970126046							
Saat	1. Ölçüm	2. Ölçüm	3. Ölçüm	4. Ölçüm	5. Ölçüm	X	S	R
8:30	17,30	17,31	17,29	17,30	17,31	17,30	0,008	0,02
9:00	17,29	17,30	17,30	17,30	17,29	17,30	0,005	0,01
9:30	17,31	17,30	17,31	17,31	17,30	17,31	0,005	0,01
10:00 - 10:15 Çay molası								
10:30	17,31	17,30	17,30	17,30	17,31	17,30	0,005	0,01
11:00	17,32	17,32	17,31	17,30	17,31	17,31	0,008	0,02
11:30	17,31	17,29	17,29	17,31	17,30	17,30	0,010	0,02
12:00 - 13:00 Yemek Molası								
13:00	17,30	17,30	17,31	17,29	17,31	17,30	0,008	0,02
13:30	17,30	17,32	17,31	17,31	17,32	17,31	0,008	0,02
14:00	17,31	17,31	17,31	17,30	17,31	17,31	0,004	0,01
14:30	17,30	17,31	17,31	17,31	17,29	17,30	0,009	0,02
15:00 - 15:15 Çay molası								
15:30	17,29	17,30	17,31	17,30	17,31	17,30	0,008	0,02
16:00	17,31	17,31	17,31	17,30	17,30	17,31	0,005	0,01
16:30	17,30	17,31	17,31	17,30	17,31	17,31	0,005	0,01
17:00	17,31	17,30	17,31	17,30	17,29	17,30	0,008	0,02



Şekil 4.24a Minitab six pack



Şekil 4.24b Minitab S grafiği

Kontrol grafikleri sürecin normale döndüğünü herhangi bir özel nedenin süreç içinde kalmadığını göstermektedir. Aksiyon olarak planlanan kalıp-çakı tadilatı ve sonrasında karşılaşılan malzeme sertliklerinin düzeltilmesiyle süreç özel nedenlerinden arındırılmıştır.

Uygulama bölümünde gerçekleştirilen aksiyonlar göstermiştir ki sürecin sistematik olarak ele alınması esasında, etkisinin yüksek olduğu düşünülen özel nedenlerin dışında sürecin daha başka özel nedenlere de maruz kaldığını ve bundan dolayı kontrol dışına çıktığını göstermiştir.

Bu uygulama göstermiştir ki her kontrol dışına çıkma durumunun tek bir özel neden olmayabilir. Birkaç tane farklı özel neden birikerek hata şiddetini yükseltebilmektedir.

Tablo 4.12 Uygulama Süreci 5.Aksiyon Maliyet Takip Kaydı

Toplam Ölçülen Numune Adedi	210
Toplam Ölçüm Süresi (Dak)	52,5
Kayıtların Excel'e aktarımı (Dak)	30
Minitab Analizi (Dak)	60
Kontrol Planı Revizyonu(Dak)	30
Tedarikçi toplantı organizasyonu* (\$)	100
Toplam İşçilik maliyeti (\$)	169 \$
*Tedarikçi toplantı organizasyonunda günlük yapılan masraflar ve gidiş geliş dahil edilmiştir	

4.3.3 Kontrol Aşaması

Tablo 4.13 Kontrol Tablosu

N o	Ne	Nasıl	Niçin	Ne Zam an	Nere de	Kim	Durum u
1	Bütün bölümlerde kalite performans panoları oluşturulacak ve yeniden işleme maliyetleri asılacak	Takip Listesi oluşturulacak	NSA Madde 1,4,6	12.09.2 012	Atölyeler	Kalite Müdürü	Ok
2	Montaj bölümüne ve diğer bölümlere yeniden işleme işlemlerinde geri bildirim için eğitim verilecek	Eğitim	NSA Madde 1,4,6	12.09.2 012	Eğitim Salonu	Kalite Müdürü	Ok
3	Ara kontrolü yapılmayan gezer kontak üretiminde X-R / X-S kontrol grafiği oluşturularak sürecin kontrol altında olup olmadığı takip edilecek	X-R / X-S Kontrol Grafiği	NSA Madde 3	17.09.2 012	Metal pres	Operatör	Ok
4	Oluşturulacak kontrol grafiği değerlendirmesine göre kalıp çakıları tadilata gönderilecek	Tedarikçi	NSA Madde 2	20.09.2 012	Tedari kçi	Tedari kçi	Ok
4.1	Kullanılan sacın sertlik kontrolü kalite kontrol planına eklenecek	Sertlik Cihazı	Kalıp çakı tadilatı sonrasında tespit edilen hammadde sertliği özel nedeni ortadan kaldırmak için	05.12.2 012	Giriş kalite	Giriş Kalite Kontrol Tek.	Ok

İlk aksiyonun gerçekleşmesi ile bölümlere kalite performansları ile ilgili veriler asılmış ve çalışanlardaki farkındalık artmaya başlamıştır. Çalışanlar diğer hata türleri ile ilgili iyileştirme önerileri sunmaya başlamışlardır. Bir yeniden işleme işlemi yapan çalışan bunu neden yapıyorum daha önceki aşamada çözülebilir mi soruları ile sorgulamaya başlamıştır. Dolayısıyla yeniden işleme işlemleri basit bir işlem olarak değil tekrarının önlenmesine yönelik çalışmaları tetiklemiştir. Diğer bölümlerde bu konularla ilgili firma genelinde 4 farklı projeyi gerçekleştirmek için proje ekipleri oluşturmuşlardır. Bu iyileştirme projelerini sürekli kılmak için çalışanları motive edici unsurların üst yönetim tarafından sunulması verimliliği artıracığı aşikârdır.

İkinci aksiyon birinci aksiyonun tamamlayıcısı olarak gerçekleştirilmiş ve çalışanlara, üst yönetimin beklentisi açık bir şekilde ifade edildiğinde verilen istatistiksel süreç kontrol araçları ile süreci iyileştirmeye katkı verecekleri iyileştirme önerilerindeki artışla açık bir şekilde görülmüştür.

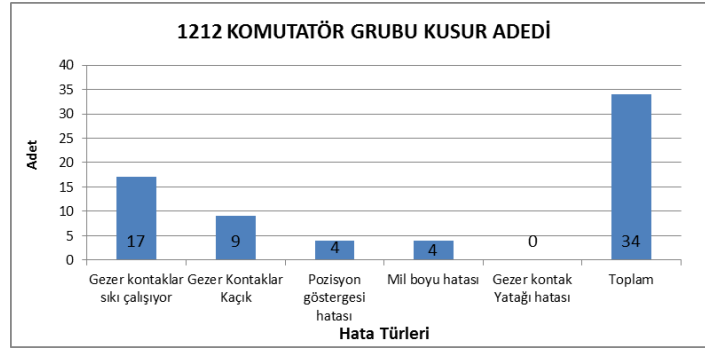
Üçüncü aksiyon olarak oluşturulan kontrol grafikleri de göstermiştir ki, süreç belirtilen tolerans değerlerinde üretim yapmak için uygundur ancak süreç içinde yer alan özel değişkenden dolayı kontrol dışı durumlar oluşmaktadır. Süreç istatistiksel olarak kontrol dışıdır.

Dördüncü aksiyonda belirlenen kontrol dışı durumun özel nedeni olarak öngörülen konu kalıp çakılarındaki deformasyon üzerine çalışılmış. Tadilat sonrasında kontrol dışı noktalarda azalma görülmesine rağmen süreç içerisinde başka bir özel değişkenin daha olduğu gözlenmiştir.

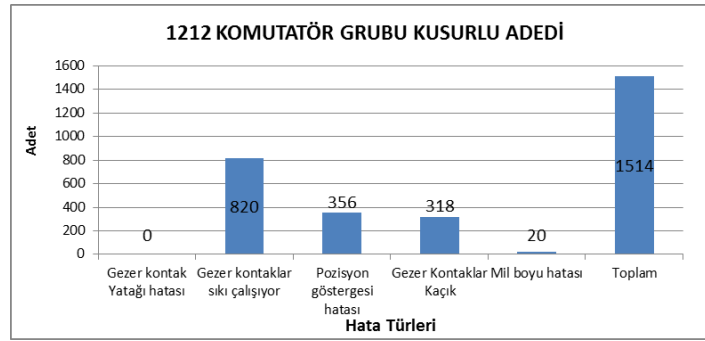
Akabinde beşinci aksiyon olarak yapılan sacın sertlik seviyesi süreç içerisinde kritiklik kazandığından önem verilmesi gereken bir pozisyona gelmiştir. Metal sac malzemesinde olan sertlik değişiminden dolayı kalıbın kesme yapması gereken çakıların, kesmeden malzemeyi koparması ve köşesinde çapak bırakması sonucunda parça ölçüsünün uygun olmadığı görülmüştür. Bu da kontrolsüz bir şekilde belirsiz aralıklarla sürecin kontrol dışına çıkmasına sebep olmuştur. Tespit edilen sertlik değerlerinde malzeme tedarik edebilmek için tedarikçi ile bir toplantı organize edilerek sürecin kontrol içine alınması için düzeltici & önleyici faaliyet başlatması talep edilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda 05.12.2012 tarihinde gelen mamul istenilen sertlik değerlerinde gelmiş ve yapılan kontrol grafiklerinde sürecin kontrol içinde olduğu tablo 4.11a-b-c de sunulmuştur.

Sacın sertlik kontrolü ile ilgili veriler tedarikçiden talep edilerek kontrol yapılmaya başlanmıştır. Tedarikçinin belirttiği sertlik değer aralığı 100-130 HB aralığında olması gerekirken normal ölçümlerde 100 - 110 HB aralığında olan sertlik bazı bölümlerde 60-70 HB değerine kadar düşmektedir. Bu da kalıp çakılarının malzemeyi kesmek yerine kopartmasına ve kenarlarında çapağa sebebiyet vermektedir. Giriş kontrollerde ve süreç kontrollerde sertlik değeri yüksekliği

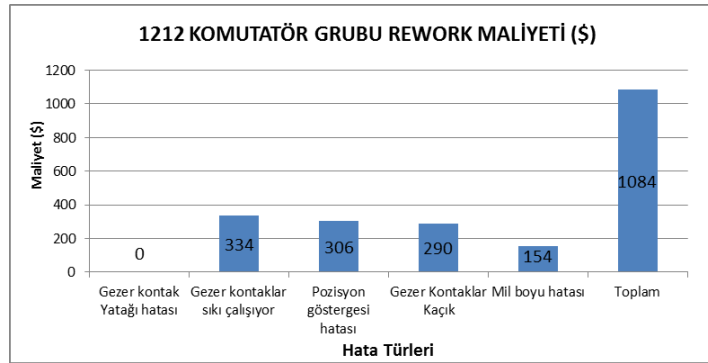
gözlenmemiştir. Ayrıca aralık ayında yapılan pareto analizlerinde gezer kontak yatağı hatası ile karşılaşılmamıştır.



Şekil 4.25 Komutatör grubu Kusur Adedi



Şekil 4.26 Komutatör grubu Kusurlu Adedi



Şekil 4.27 Komutatör grubu Yeniden işleme Adedi

Tablo 4.14 Kontrol Süreci Maliyet Takip Kaydı

Kontrol Süresi (Dak) x Kişi	60 x 2 = 120
Toplam İşçilik + pano maliyeti (\$)	48 \$

4.3.4 Önlem Alma Aşaması

Alınan aksiyonlarla süreci kontrol dışına iten özel neden tespit edilmiş ve son uygulama aksiyon 4.1 ile tespit edilen uygunsuzluk ortadan kaldırıldığında sürecin kontrol içi olduğu görülmüştür. Tablo 4.15 te belirtilen önlemler alınarak gezer kontak yatağı hatasının tekrar etmesine yönelik tedbirler alınarak sürece dahil edilmiştir.

Tablo 4.15 Önlem Alma Kontrol Tablosu

No	Ne	Nasıl	Niçin	Ne Zaman	Nerede	Kim	Duru mu	Önlem Al
1	Bütün bölümlerde kalite performans panoları oluşturulacak ve yeniden işleme maliyetleri asılacak	Takip Listesi oluşturulacak	Madde 1,4,6	12.09.2012	Atölyeler	Kalite Müdürü	Ok	Her ayın 2. haftasında bölümlere veriler asılacak PR.004 Uygunsuzluk takip prosedürü revize edildi
2	Montaj bölümüne ve diğer bölümlere yeniden işleme işlemlerinde geri bildirim için eğitim verilecek	Eğitim	Madde 1,4,6	12.09.2012	Eğitim Salonu	Kalite Müdürü	Ok	Senede bir konu ile ilgili eğitim verilecek. PR.009 Eğitim prosedürü revize edildi.
3	Ara kontrolü yapılmayan gezer kontak üretiminde X-R / X-S kontrol grafiği oluşturularak sürecin kontrol altında olup olmadığı takip edilecek	X-R / X-S Kontrol Grafiği	Madde 3	17.09.2012	Metal pres	Operatör	Ok	İyileştirme süreçlerinde gerekiyorsa kontrol grafikleri kullanılacak. PR.02Uygun olmayan ürün revize edildi.
4	Oluşturulacak kontrol grafiği değerlendirmesine göre kalıp çakıları tadilata gönderilecek	Tedarikçi	NSA Madde 2	20.09.2012	Tedarikçi	Tedarikçi	Ok	Malzemenin sertliği diğer bir özel neden olarak ortaya çıkmıştır.
4.1	Kullanılan sacın sertlik kontrolü kalite kontrol planına eklenecek	Sertlik Cihazı	Madde 5	15.12.2012	Giriş kalite	Giriş Kalite Kontrol Tek.	Ok	Giriş kontrolde sertlik kontrolü yapılacak. KP.094 revize edildi

Tablo 4.16 Önlem Alma Süreci Maliyet Takip Kaydı

Dokümantasyon Süresi (Dak)	120
Katılımcı Sayısı (Kişi)	1
Toplam eğitim maliyeti (\$)	48 \$

5. SONUÇLAR

Bu alanda yapılan çalışmalar incelendiğinde, istatistiksel süreç kontrol araçları kullanılarak yapılan çalışmalarda Deming döngüsü ile yeniden işleme faaliyetleri ve bunun maliyeti üzerine bir çalışma yapılmıştır. Bu türde bir çalışmaya literatürde rastlanmamıştır.

İstatistiksel süreç kontrol araçlarını Deming döngüsü ile proje kapsamında değerlendirmek ve bunu uygulamak uzmanlık gerektiren bir konu olmakla beraber bir projenin çerçevesini çizmesi ve başlangıç ile bitiş noktalarının belirlenmesi açısından çok önemli araçlar olduklarını günümüzde de görülmektedir.

İlk uygulamaları 100 yıl öncelere dayanan istatistiksel süreç kontrol araçları etkin olarak kullanılabilir. İstatistiksel süreç kontrol araçları kullanarak yeniden işleme faaliyetleri iyileştirmek, yeniden işleme maliyetinden daha düşük olacağı bir örnek uygulama ile açıklanmış ve trafo aksesuarları üretimi gerçekleştiren bir firmada uygulanmıştır.

Sekiz aylık dönemde 3326\$'lık işçilik maliyetine sahip gezer kontak yatağı yeniden işleme hatası, 2390\$'lık maliyeti olan proje çalışması ile sonuçlandırılmıştır. Türkiye genelinde sözde kalite anlayışı ile ezber bozmadan yapılan yaklaşımlarla, esasında maliyeti daha yüksek olan bir yeniden işleme sürecinin daha düşük bir maliyetle ortadan kaldırıldığı gösterilmiştir. Bunun sebebi hata ilk oluştuğunda çalışanlarının, bu yapılan yeniden işleme maliyetinin toplanarak bu kadar artacağını tahmin etmemiş olmalarından ileri gelmektedir. Parça parça yeniden işlemler küçük maliyetler oluştursalar da, zamanla birikerek o hatayı iyileştirecek iyileştirme maliyetinin üzerine çıktığı görülmüştür.

Ayrıca bu yapılan çalışma ile iyileştirmenin dışında herhangi bir yan etki gözlenmemiş yeni bir yeniden işleme kaynağı ortaya çıkmamıştır.

Global rekabet şartlarının en üst düzeyde yaşandığı günümüzde kar oranlarının minimum düzeyde olduğu gerçeği tüm sektörlerin ortak bir durumdur. Bunun için kalite detaylarda gizlidir sözüne paralel maliyet ve satış fiyatı arasındaki farkı büyütme için istatistiksel süreç kontrol araçlarını kullanmak rakipler arasında öne geçiren bir unsurda olacaktır.

Çalışanların ve bölümler arası iletişimin eksikliği, farkında olunmayan gizli maliyetlerin ve işçiliklerin göz ardı edilemeyecek kadar küçük olmadığı bu çalışmada gösterilmiştir. Tespit edilenlerin yeniden işleme maliyetlerinin, tespit edilemeyenlerden daha fazla olacağını düşündüğümüzde karlılığın minimum düzeye geldiği günümüzde işletmelere ciddi fırsatlar sunan bir nokta olarak göze çarpmaktadır.

Kontrol grafikleri yardımıyla yapılan çalışmalarda genel uygulamada fazlaca karıştırılan CP ve CPK süreç performans verileri ile kontrol grafiklerinin kontrol dışı olma durumlarıdır. Her ne kadar süreci yeterli olarak göstermiş olsalar dahi süreç özel nedene sahip olduğunda kontrol grafiklerinde süreç kontrol dışı noktalar olduğu görülmüştür.

Süreçler bazen tek bir özel neden sahip olmayabilir. Süreç kendi içinde doğal nedenlerinin dışında 2-3 ya da daha fazla özel nedene sahip olabilmektedir. Bu durum proje başlangıç aşamasında yapılan beyin fırtınası ve neden-sonuç analizlerinde tespit edilemeyebileceği ve gerçekleştirilen aksiyonların tetiklediği farklı bir aksiyonla projeye devam edilebileceği görülmüştür.

Minitab gibi paket programların geliştirilmesiyle, istatistiksel araçların uygulamaları, yeniden işleme faaliyetlerinin iyileştirilmesi ve diğer süreçlerin analizleri sürecinde de çok büyük kolaylık sağladığı bu çalışmada da görülmüştür.

EKLER

Ek 1: Değişken Nicelik Kontrol Grafiklerini Düzenlemede Kullanılan Faktörler

Değişken Nicelik Kontrol Grafiklerini Düzenlemede Kullanılan Faktörler

Örnekteki Müşahede Sayısı, n	Ortalamalar için Kontrol Grafiği			Standart Sapmalar için Kontrol Grafiği						Ranjlar için Kontrol Grafiği						
	Kontrol Sınırları için Faktörler			Orta Çizgi için Faktörler		Kontrol Sınırları için Faktörler				Orta Çizgi için Faktörler		Kontrol Sınırları için Faktörler				
	A	A ₂	A ₃	c ₄	1/c ₄	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	d ₂	1/d ₂	d ₃	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
2	2.121	1.880	2.659	0.7979	1.2533	0	3.267	0	2.606	1.128	0.8865	0.853	0	3.686	0	3.267
3	1.732	1.023	1.954	0.8862	1.1284	0	2.568	0	2.276	1.693	0.5907	0.888	0	4.358	0	2.575
4	1.500	0.729	1.628	0.9213	1.0854	0	2.266	0	2.088	2.059	0.4857	0.880	0	4.698	0	2.282
5	1.342	0.577	1.427	0.9400	1.0638	0	2.089	0	1.964	2.326	0.4299	0.864	0	4.918	0	2.115
6	1.225	0.483	1.287	0.9515	1.0510	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0.3946	0.848	0	5.078	0	2.004
7	1.134	0.419	1.182	0.9594	1.0423	0.118	1.882	0.113	1.806	2.704	0.3698	0.833	0.204	5.204	0.076	1.924
8	1.061	0.373	1.099	0.9650	1.0363	0.185	1.815	0.179	1.751	2.847	0.3512	0.820	0.388	5.306	0.136	1.864
9	1.000	0.337	1.032	0.9693	1.0317	0.239	1.761	0.232	1.707	2.970	0.3367	0.808	0.547	5.393	0.184	1.816
10	0.949	0.308	0.975	0.9727	1.0281	0.284	1.716	0.276	1.669	3.078	0.3249	0.797	0.687	5.469	0.223	1.777
11	0.905	0.285	0.927	0.9754	1.0252	0.321	1.679	0.313	1.637	3.173	0.3152	0.787	0.811	5.535	0.256	1.744
12	0.866	0.266	0.886	0.9776	1.0229	0.354	1.646	0.346	1.610	3.258	0.3069	0.778	0.922	5.594	0.283	1.717
13	0.832	0.249	0.850	0.9794	1.0210	0.382	1.618	0.374	1.585	3.336	0.2998	0.770	1.025	5.647	0.307	1.693
14	0.802	0.235	0.817	0.9810	1.0194	0.406	1.594	0.399	1.563	3.407	0.2935	0.763	1.118	5.696	0.328	1.672
15	0.775	0.223	0.789	0.9823	1.0180	0.428	1.572	0.421	1.544	3.472	0.2880	0.756	1.203	5.741	0.347	1.653
16	0.750	0.212	0.763	0.9835	1.0168	0.448	1.552	0.440	1.526	3.532	0.2831	0.750	1.282	5.782	0.363	1.637
17	0.728	0.203	0.739	0.9845	1.0157	0.466	1.534	0.458	1.511	3.588	0.2787	0.744	1.356	5.820	0.378	1.622
18	0.707	0.194	0.718	0.9854	1.0148	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	0.2747	0.739	1.424	5.856	0.391	1.608
19	0.688	0.187	0.698	0.9862	1.0140	0.497	1.503	0.490	1.483	3.689	0.2711	0.734	1.487	5.891	0.403	1.597
20	0.671	0.180	0.680	0.9869	1.0133	0.510	1.490	0.504	1.470	3.735	0.2677	0.729	1.549	5.921	0.415	1.585
21	0.655	0.173	0.663	0.9876	1.0126	0.523	1.477	0.516	1.459	3.778	0.2647	0.724	1.605	5.951	0.425	1.575
22	0.640	0.167	0.647	0.9882	1.0119	0.534	1.466	0.528	1.448	3.819	0.2618	0.720	1.659	5.979	0.434	1.566
23	0.626	0.162	0.633	0.9887	1.0114	0.545	1.455	0.539	1.438	3.858	0.2592	0.716	1.710	6.006	0.443	1.557
24	0.612	0.157	0.619	0.9892	1.0109	0.555	1.445	0.549	1.429	3.895	0.2567	0.712	1.759	6.031	0.451	1.548
25	0.600	0.153	0.606	0.9896	1.0105	0.565	1.435	0.559	1.420	3.931	0.2544	0.708	1.806	6.056	0.459	1.541

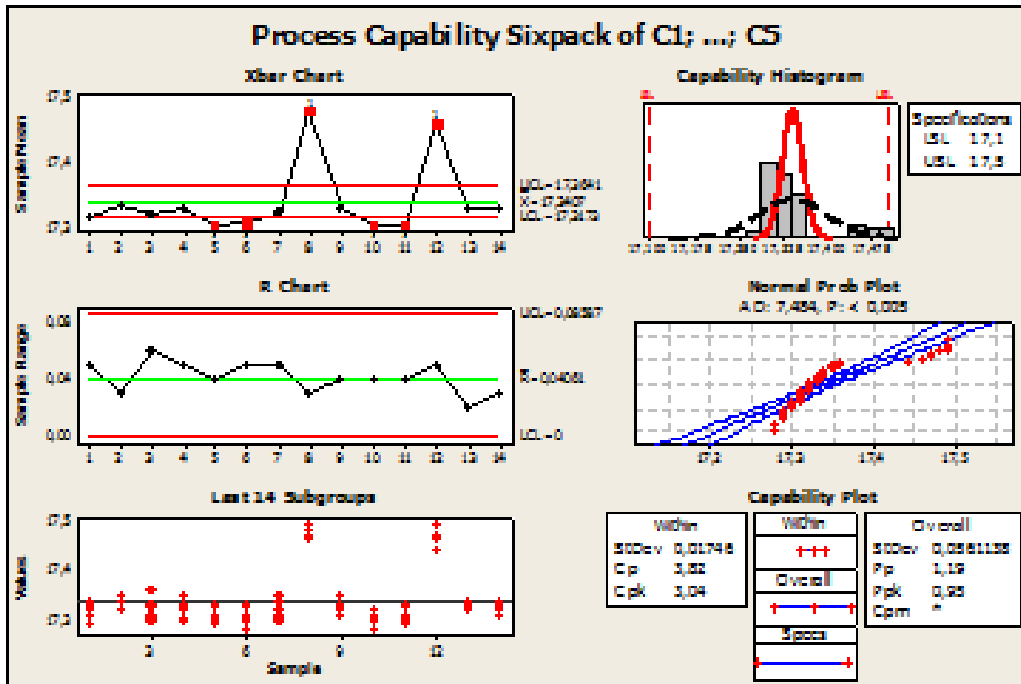
n>25 için

$$A = \frac{3}{\sqrt{n}}, \quad A_3 = \frac{3}{c_4 \sqrt{n}}, \quad c_4 = \frac{4(n-1)}{4n-3}, \quad B_3 = 1 - \frac{3}{c_4 \sqrt{2(n-1)}}$$

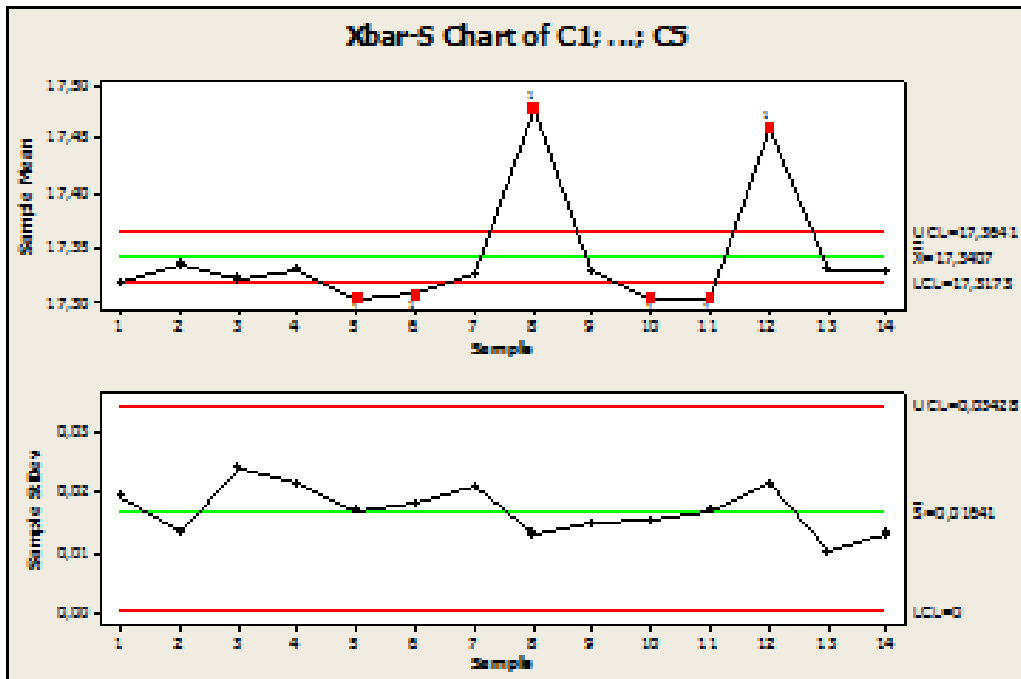
$$B_4 = 1 + \frac{3}{c_4 \sqrt{2(n-1)}}, \quad B_5 = c_4 - \frac{3}{\sqrt{2(n-1)}}, \quad B_6 = c_4 + \frac{3}{\sqrt{2(n-1)}}$$

Ek 2: Minitab Analiz Kayıtları Büyütülmüş Görüntüleri

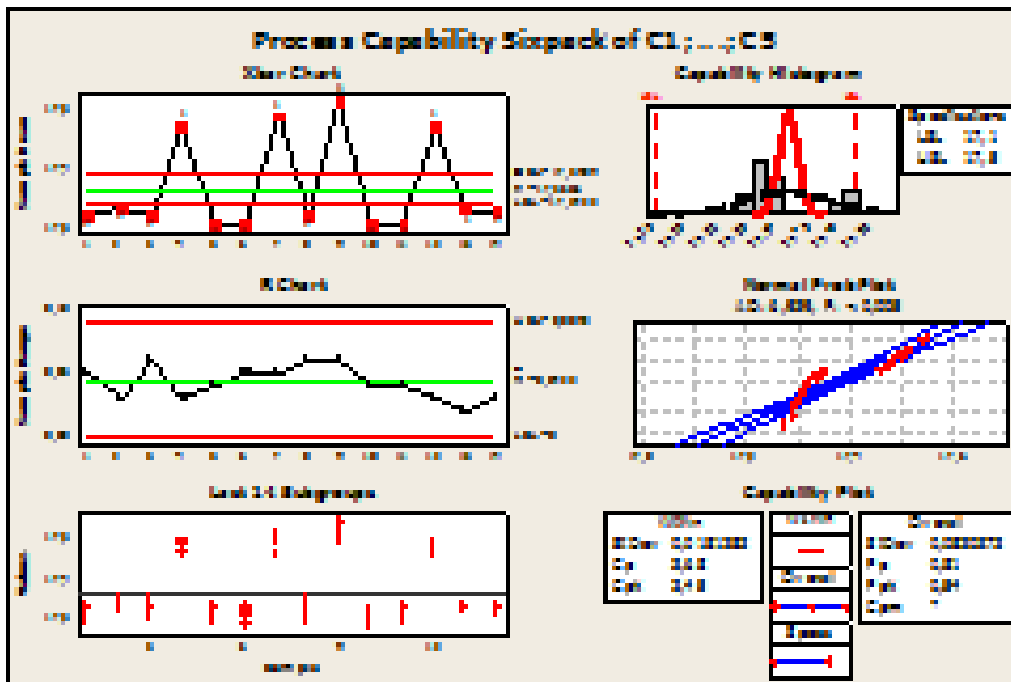
Şekil 4.15.a büyük görüntüsü (Sayfa 66)



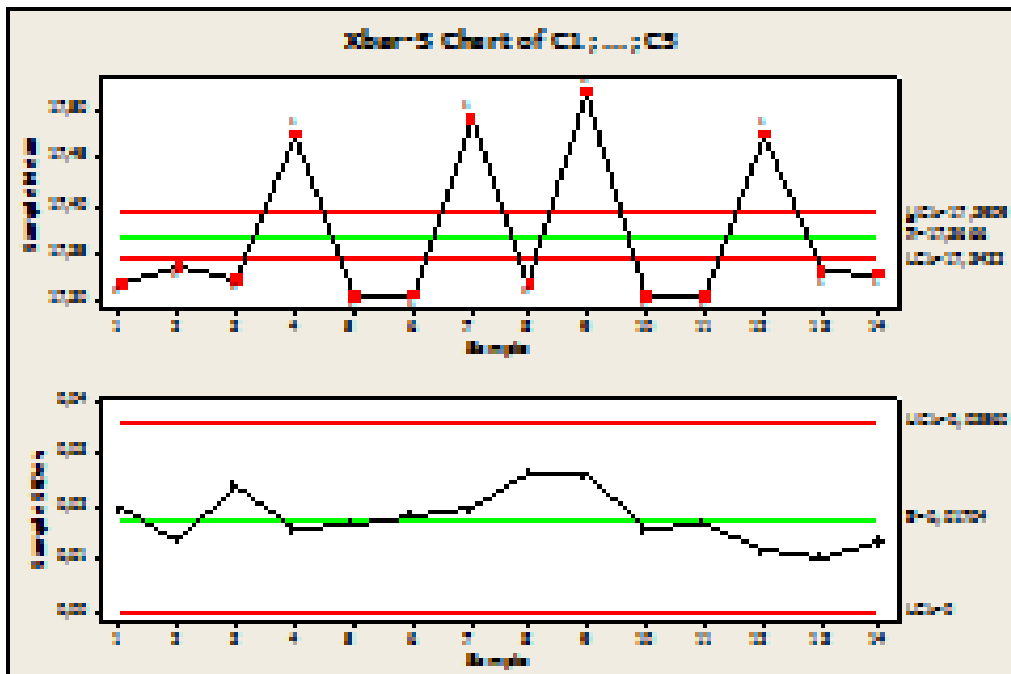
Şekil 4.15.b büyük görüntüsü (Sayfa 66)



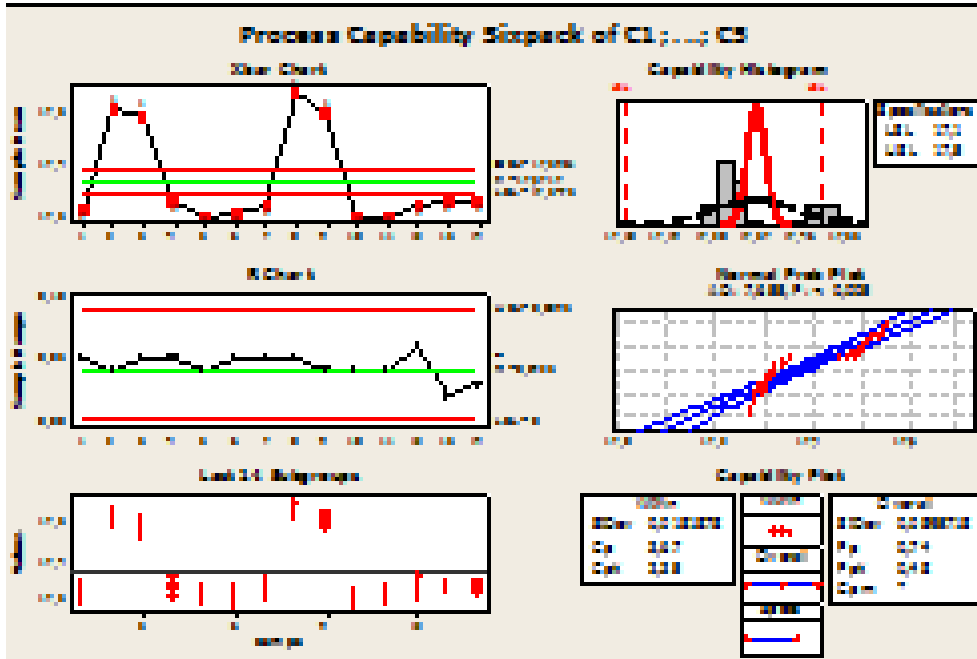
Şekil 4.16.a büyük görüntüsü (Sayfa 67)



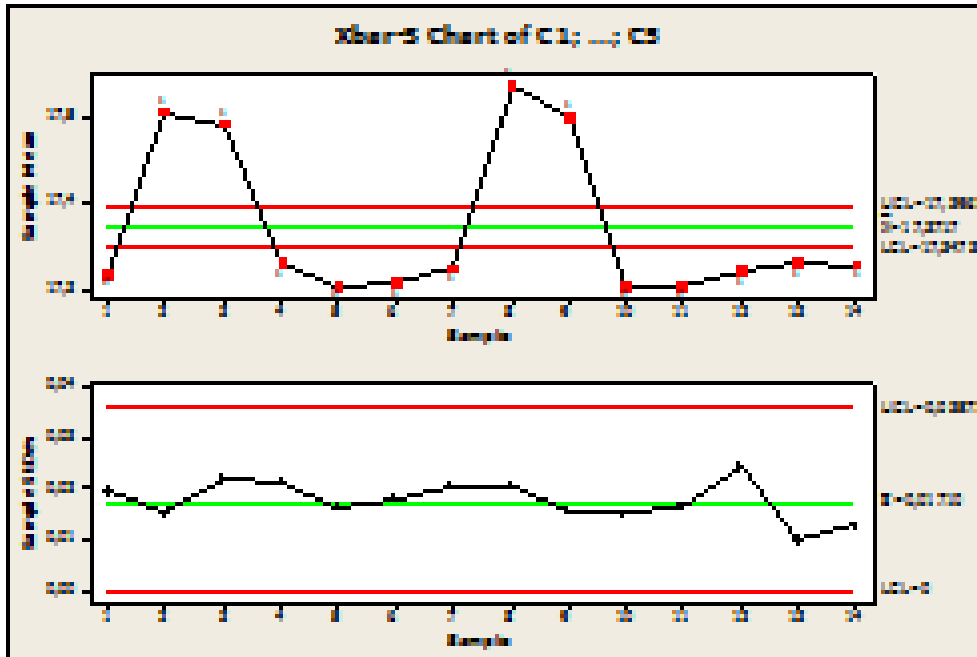
Şekil 4.16.b büyük görüntüsü (Sayfa 67)



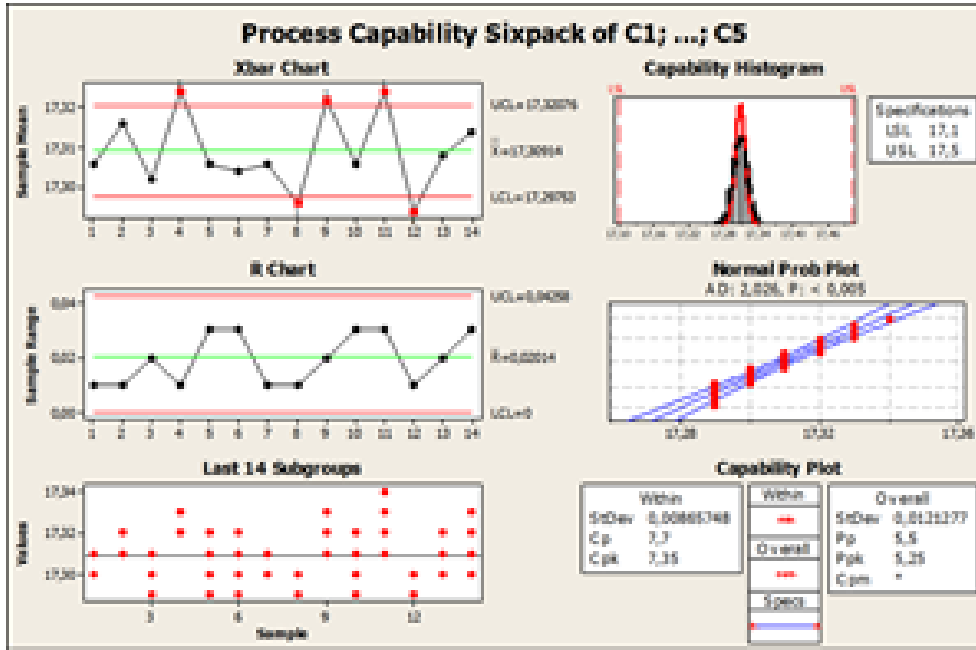
Şekil 4.17.a büyük görüntüsü (Sayfa 68)



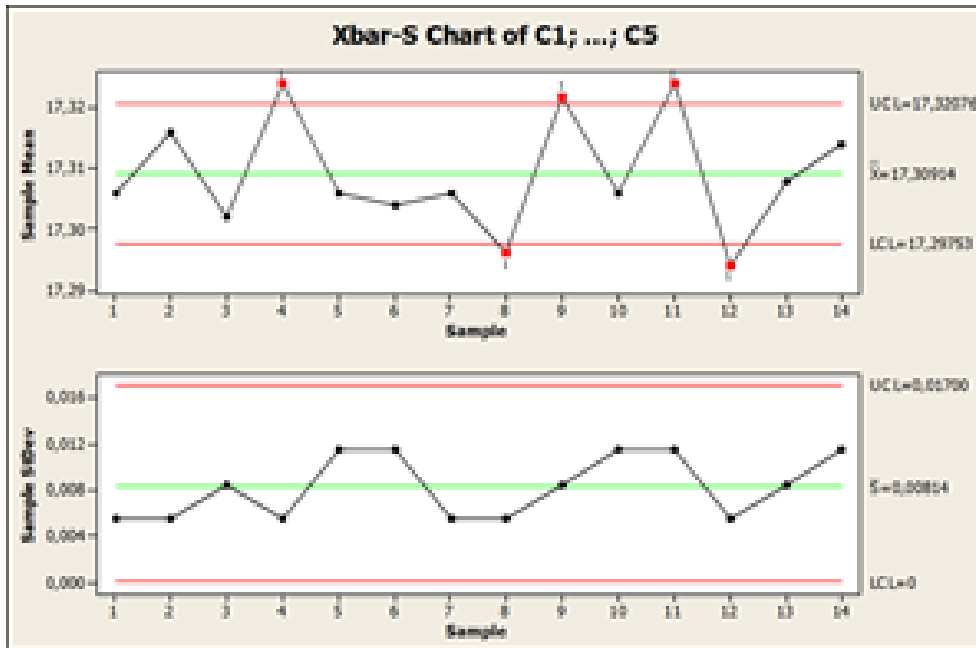
Şekil 4.17.b büyük görüntüsü (Sayfa 68)



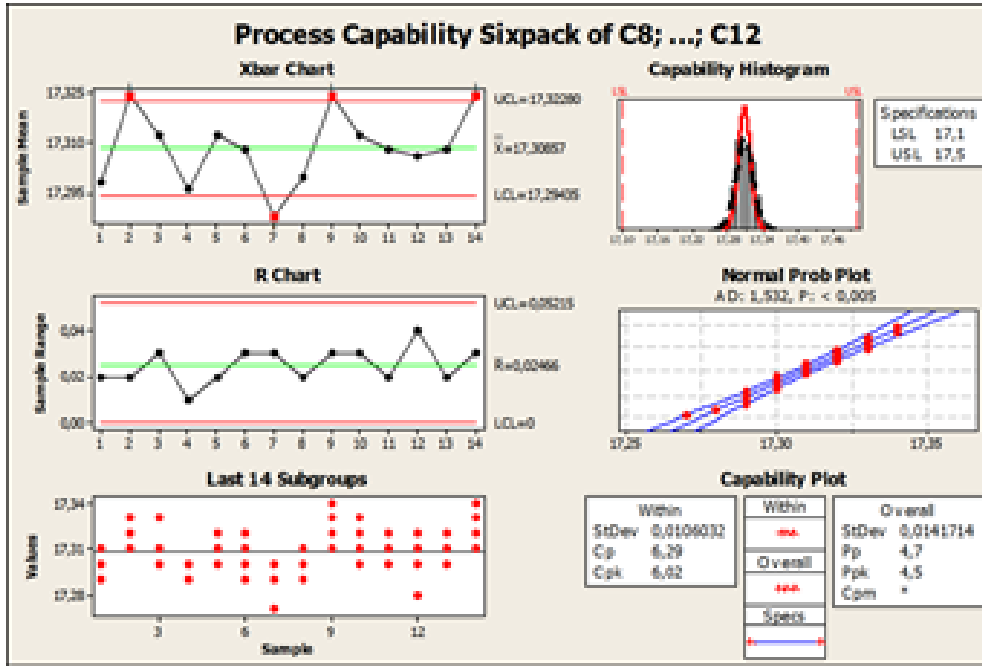
Şekil 4.18.a büyük görüntüsü (Sayfa 71)



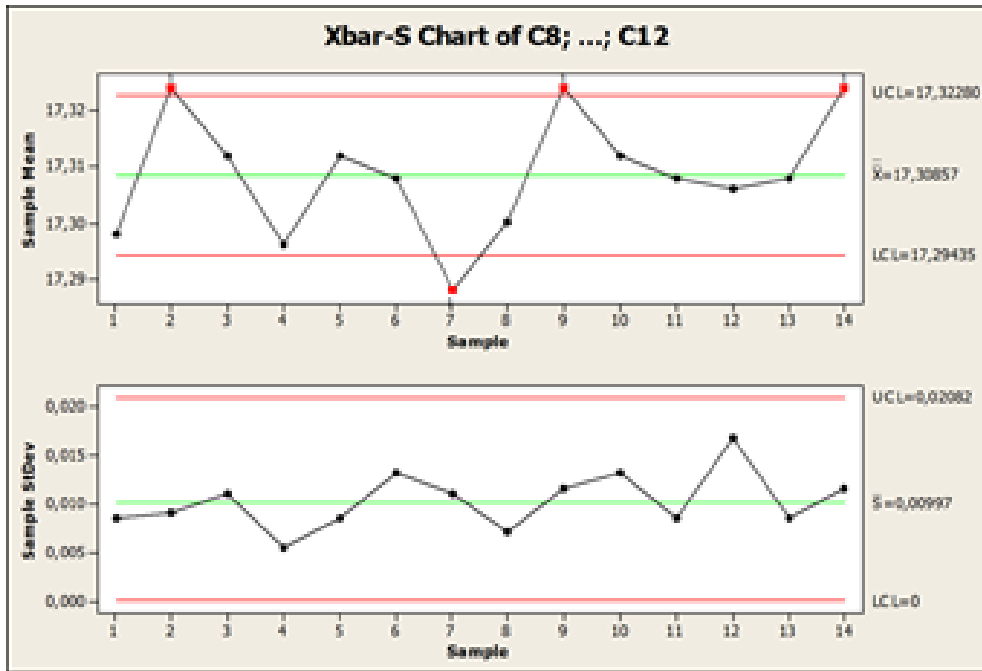
Şekil 4.18.b büyük görüntüsü (Sayfa 71)



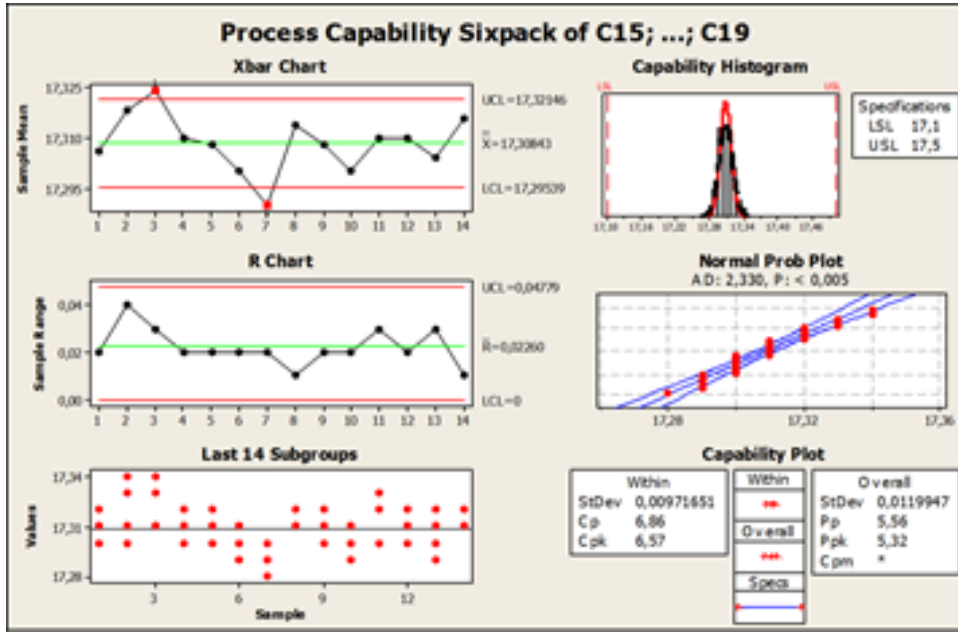
Şekil 4.19.a büyük görüntüsü (Sayfa 72)



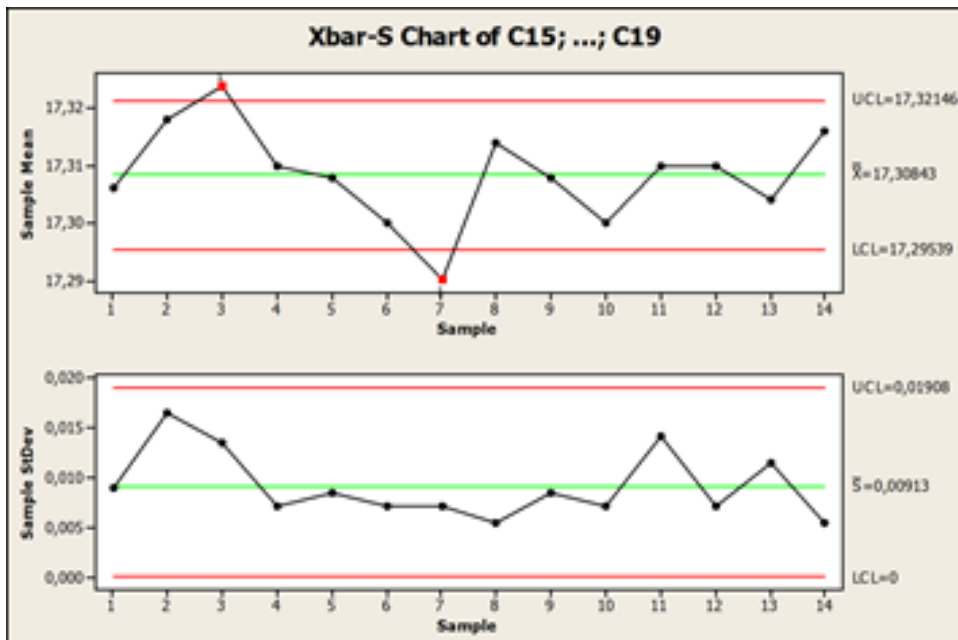
Şekil 4.19.b büyük görüntüsü (Sayfa 72)



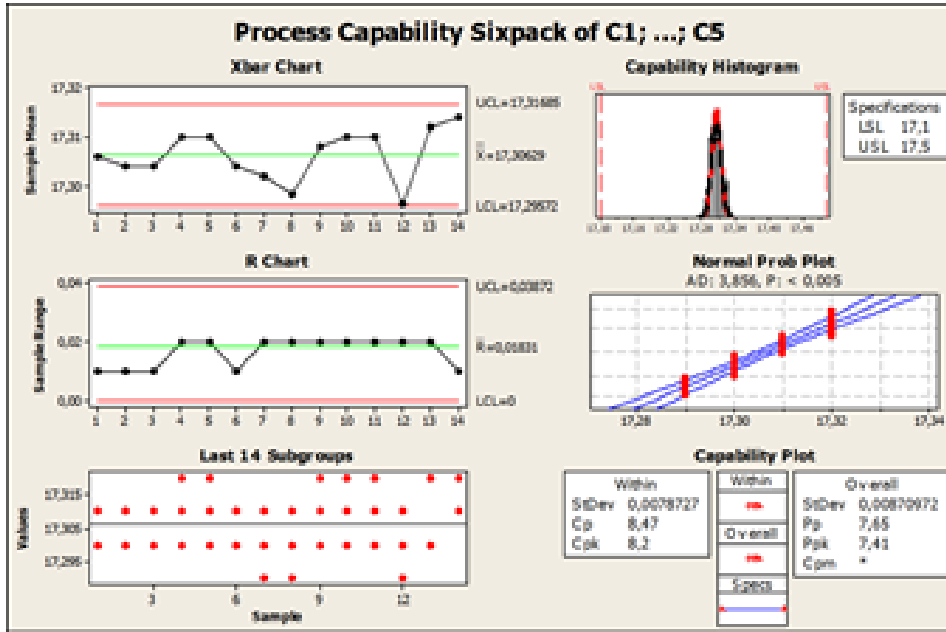
Şekil 4.20.a büyük görüntüsü (Sayfa 73)



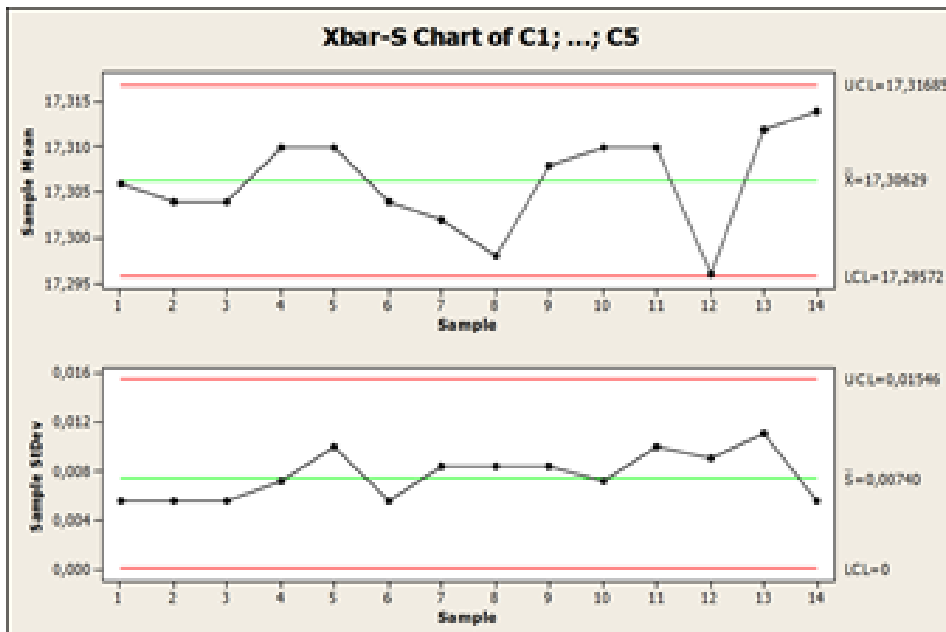
Şekil 4.20.b büyük görüntüsü (Sayfa 73)



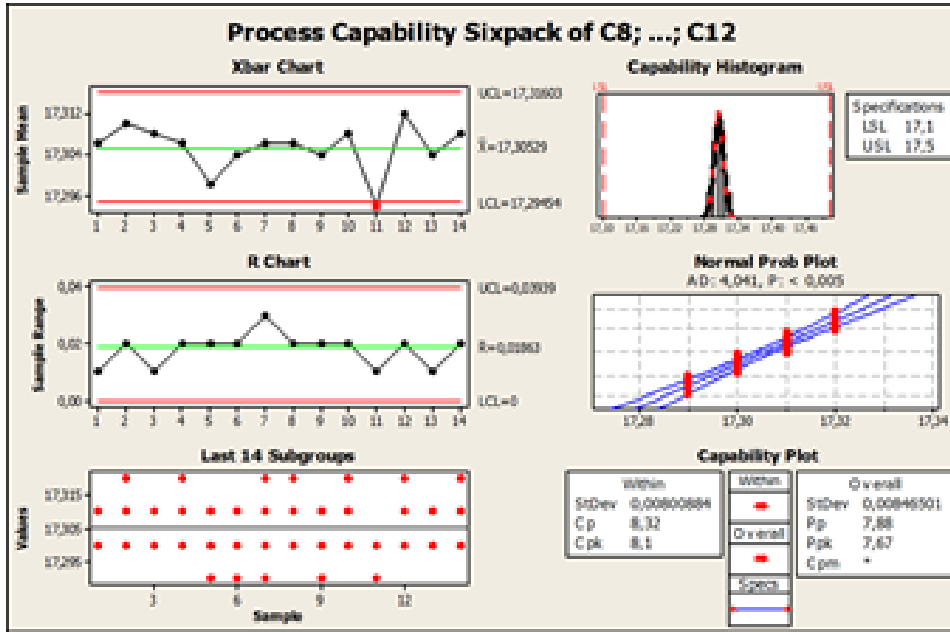
Şekil 4.22.a büyük görüntüsü (Sayfa 76)



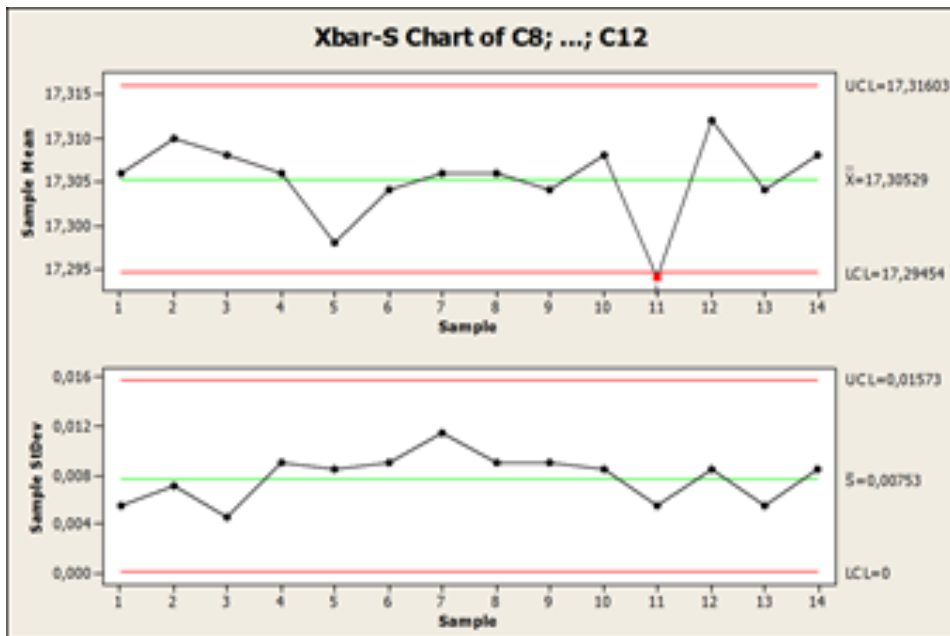
Şekil 4.22.b büyük görüntüsü (Sayfa 76)



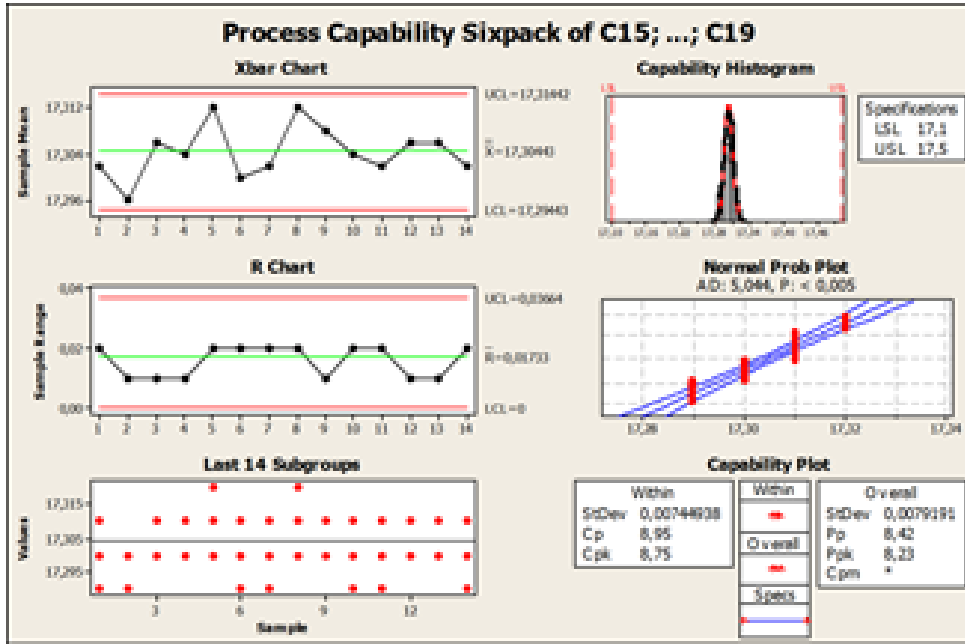
Şekil 4.23.a büyük görüntüsü (Sayfa 77)



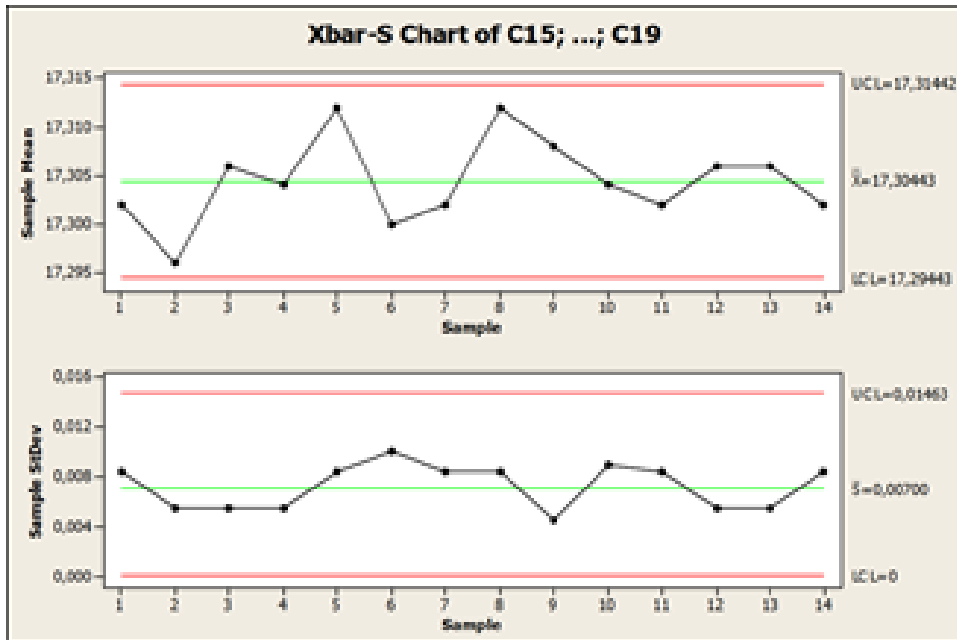
Şekil 4.23.b büyük görüntüsü (Sayfa 77)



Şekil 4.24.a büyük görüntüsü (Sayfa 78)



Şekil 4.24.b büyük görüntüsü (Sayfa 78)



KAYNAKLAR

- [1] Mildred Golden Pryor, Quality Gurus,
<http://www.referenceforbusiness.com/management/Pr-Sa/Quality-Gurus.html#b>
(18.09.2012)
- [2] Aslangiray, A (2011) “İstatistiksel Süreç kontrolünde Bulanık mantık yaklaşımı ve Bir uygulama "Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Antalya, 160 s.
- [3] Bostan, H (2011) “İstatistiksel Proses Kontrol Tekniklerinin Motor Yenileştirme Sürecinde Kullanımı”, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Balıkesir, 82 s.
- [4] Yıldız, N.G (2009) “İstatistiksel Proses Kontrol Teknikleri ve FNSS Savunma Sitemleri Firmasında Uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Kocaeli, 113 s.
- [5] Durkee J.B (2008) "Magnificent Seven" Techniques Enhance Statistical Process Control, www.metalfinishing.com (18.09.2012)
- [6] Selalamaz, E (2008) “İstatistiksel Süreç Kontrol metodunun Zincir Üretiminde Uygulanması”, Bilim Uzmanlığı Tezi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Karabük, 170 s.
- [7] Kayaalp, İ.D (2007) “Konfeksiyon İşletmelerinde Kalitenin iyileştirilmesi Amacıyla İstatistiksel Kalite Kontrol Yöntemlerinin Kullanılması üzerine Bir Araştırma”, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, 243 s.
- [8] Baykal, A (2007) “Kalite Çalışmalarında İstatistiksel Süreç kontrol Tekniklerinin İncelenmesi ve örnek Uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 64 s.

- [9] Çolak, T (2007) “ İstatistiksel Süreç Kontrolü ve uygulamalar”, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik Anabilim Dalı, Adana, 109 s.
- [10] Benk, Ç (2007) “İstatistiksel Süreç Kontrolü Sisteminin Küçük ölçekli Bir İşletmede Geliştirilmesi ve uygulanması”, Yüksek Lisans Tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Bolu, 164 s.
- [11] Sever, N (2007) “Talaşlı Üretimde SPC Uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Afyon, 95 s.
- [12] Örümlü, M (2006) “Üretim Sürecinde İstatistiksel Proses Kontrol ve İşletme Uygulamaları” , Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Manisa, 165 s.
- [13] De Magalhaes M. S, Costa A. F. B and Moura Neto, F. D (2006) Adaptive control charts: A Markovian approach for processes subject to independent disturbances, *Int. J. Production Economics* 99: 236–246
- [14] Dubek M, Burlikowska (2005) Quality estimation of process with usage control charts type X-R and quality capability of process C_p , C_{pk} , *Journal of Materials Processing Technology*, 162–163: 736–743.
- [15] Kapıcı, T (2005) İstatistiksel Proses Kontrol Teknikleri ve Tersanelerde Kaynak Prosesine Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Deniz Harp Okulu Deniz Bilimleri ve Mühendisliği Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 148 s.
- [16] Bircan H, Gedik H (2003) Tekstil Sektöründe İstatistiksel Proses Kontrol Teknikleri Uygulaması Üzerine Bir Deneme. *C.Ü. İktisadi Ve İdari Bilimler Dergisi*, 4 (2): 69-79.
- [17] Gedik, H (2003) “İstatistiksel Proses Kontrol Teknikleri ve Sivas Dikimevinde Bir Uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Sivas, 106 s.

- [18] Callao M.P, Rius A (2003) Time series: a complementary technique to control charts for monitoring analytical systems, *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*66: 79– 87
- [19] Özcan, S (2001) İstatistiksel Proses Kontrol Tekniklerinden Pareto Analizi Ve Çimento Sanayiinde Bir Uygulama. *C.Ü. İktisadi Ve İdari Bilimler Dergisi*, 2 (2): 151- 174.
- [20] Schippers, W. A. J. (2001) “An Integrated Approach to Process Control”, *International Journal of Production Economics*, 69: 93-105
- [21] Zhang W, Igel B (2001) “Managing The Product Development Of China's SPC Switch Industry as an Example of Cops”, *Technovation*, 21: 361-368
- [22] Zehir, C. "Kalitenin Tarihçesi ve Tanımları", n.d., URL erişim: 26 Ağustos 2012<http://www.maxihaber.net/yazarlar/konukyazar/ky_czehir_temmuz2004.htm
- [23] Toraman, A. Kalitenin Ülke ve İşletme Ekonomisi Açısından Önemi, Kalite Kontrolünde Modern yaklaşımlar Semineri, Gebze, 3 Nisan – 1 Mayıs 1987
- [24] Montgomery, D.C., Design and analysis of experiements, John Wiley & Sons Inc., New York, (1991), s.16
- [25] Şimşek, M, "Toplam Kalite Yönetimi", 2001, s:15
- [26] Zehir, C., "Kalitenin Tarihçesi ve Tanımları", n.d., URL erişim: 26 Ağustos 2012<http://www.maxihaber.net/yazarlar/konukyazar/ky_czehir_temmuz2004.htm
- [27] Bircan, H., Özcan, S., Excel Uygulamalı Kalite Kontrol, Sivas: Yargı Yayınevi, 2003
- [28] İşçil N., İstatistiksel Kalite Kontrolü Ders Notları, Ankara: Ankara İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi Yayınları, 1971, s.16.
- [29] Ünver, Ö., İstatistiksel Kalite Kontrolüne Giriş, Ankara: Ankara İktisadi ve Ticari Bilimler Akademisi Yayınları, s.35.
- [30] A Gabor, “The Man Who Discovered Quality” In The United States of America, 1990, s. 31.

- [31] Akın Besim, Örneklem ve Numune Alma Teknikleri, Bilim Teknik Yayınları, İstanbul,1997
- [32] Levine, David, RAMSEY, Patricia, SMIDT, Robert, Applied Statistics, Prentice Hall, New Jersey, 2001
- [33] Newbol, Paul, İşletme ve İktisat için İstatistik, Çeviri İTÜ, 2000
- [34] DEVOR, Richard, TSONG-how, Chang, SUTHERLAND, John, Statistical Quality Design and Control,s, Prentice Hall Inc., USA, 1992, s.81
- [35] Gümüšođlu, Şevkinaz, İstatistiksel Kalite Kontrolü ve TKY Araçları, s, Betaş, İstanbul, 2000
- [36] Çetin, Canan, Akın Besim, Erol, Vedat, Toplam Kalite Yönetimi ve Kalite Güvence Sistemi, Betaş, İstanbul, 2001
- [37] Ustaoglu, Çetin, İstatistiksel Proses Kontrolü, I.D.E.A. A.S. KOÇ, s.48-51
- [38] TSE, “İstatistiksel Proses Kontrol Eğitim Notları”, İstanbul Bölge Müdürlüğü, İstanbul, 1996
- [39] MONTGOMERY, D., C., Introduction To Statistical Quality Control, Arizona State University, Fourth Edition, 2001
- [40] KARTAL, M., İstatistiksel Kalite Kontrolü, Kariyer Matbaacılık, Ankara,1999, s.61
- [41] BESTERFIELD, D., H., Quality Control, Upper Saddle River, NJ : Pearson Prentice Hall, 2004, s.195
- [42] Bozkurt, Rıdvan, Kalite İyileştirme Araç ve Yöntemleri (İstatistiksel Teknikler), MPM Yayınları, Ankara, 2001, s.109 – 117
- [43] KISA OGLU, ÖZLEM, Orta Büyüklükte Bir Dokuma İşletmesinde İstatistiksel Kalite Kontrol Sisteminin Kurulması, 2002, s. 18

[44] Akdağ, Mustafa; Arklan, Ümit, Toplam Kalite Yönetimi, e-Journal of New World Sciences Academy, Volume: 4, Number: 2, March 2009, s.179

ÖZGEÇMİŞ

GENEL

Adı Soyadı: Serkan KURT

Doğum Yeri ve Yılı: TEKİRDAĞ / 16.04.1978

Yabancı Dili: İngilizce

EĞİTİM

Lise: Aslan Çimento E.M.L / KOCAELİ

Bölüm: Elektronik

Ön Lisans: Trakya Üniversitesi Tekirdağ M.Y.O / TEKİRDAĞ

Bölüm Endüstriyel Elektronik

Lisans: Anadolu Üniversitesi İşletme Fakültesi / ESKİŞEHİR

Bölüm: İşletme

Yüksek Lisans 1: Sabancı Üniversitesi / İSTANBUL

Bölüm: Avrupa Çalışmaları

Yüksek Lisans 2: Maltepe Üniversitesi / İSTANBUL

Bölüm: Endüstri Mühendisliği

İŞ TECRÜBELERİ

MTM Hologram ve Güvenlik Sistemleri A.Ş	1997-2007
Federal-Simon Elektromekanik Sanayi ve Ticaret A.Ş	2007-2010
Omsan Asansör Sanayi ve Ticaret A.Ş	2010-2011
Trafo Aksesuarları Üreten Firma A.Ş	2011-