

T.C.  
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
TOPLAM KALİTE YÖNETİMİ ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ALTI SİGMA YAKLAŞIMI KULLANILARAK  
DİFERANSİYEL KOVAN ÜRETİMİ SÜRECİNİN  
İYİLEŞTİRİLMESİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

**Nevin CAN**

Danışman  
**Yrd. Doç. Dr. Cenk ÖZLER**

2006

## **Yemin Metni**

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Altı Sigma Yaklaşımı Kullanılarak Diferansiyel Kovan Üretimi Sürecinin İyileştirilmesi Üzerine Bir Araştırma” adlı çalışmanın, tarafımdan, bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin bibliyografyada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

Tarih

.../.../.....

Adı SOYADI

İmza

**YÜKSEK LİSANS TEZ SINAV TUTANAĞI / TEZSİZ YÜKSEK LİSANS  
PROJE SINAV TUTANAĞI**

**Öğrencinin**

**Adı ve Soyadı** :  
**Anabilim Dalı** :  
**Programı** :  
**Tez/Proje Konusu** :  
**Sınav Tarihi ve Saati** :

Yukarıda kimlik bilgileri belirtilen öğrenci Sosyal Bilimler Enstitüsü'nün ..... tarih ve ..... Sayılı toplantısında oluşturulan jürimiz tarafından Lisansüstü Yönetmeliğinin 18.maddesi gereğince yüksek lisans tez/proje sınavına alınmıştır.

Adayın kişisel çalışmaya dayanan tezini/projesini ..... dakikalık süre içinde savunmasından sonra jüri üyelerince gerek tez/proje konusu gerekse tezin/projenin dayanağı olan Anabilim dallarından sorulan sorulara verdiği cevaplar değerlendirilerek tezin,

BAŞARILI O OY BİRLİĞİ ile O  
DÜZELTME O\* OY ÇOKLUĞU O  
RED edilmesine O\*\* ile karar verilmiştir.

Jüri teşkil edilmediği için sınav yapılamamıştır. O\*\*\*  
Öğrenci sınava gelmemiştir. O\*\*

\* Bu halde adaya 3 ay süre verilir.  
\*\* Bu halde adayın kaydı silinir.  
\*\*\* Bu halde sınav için yeni bir tarih belirlenir.

Tez/Proje, burs, ödül veya teşvik programlarına (Tüba, Fullbright vb.) aday olabilir. Evet O  
Tez/Proje, mevcut hali ile basılabilir. O  
Tez/Proje, gözden geçirildikten sonra basılabilir. O  
Tezin/Projenin, basımı gerekliliği yoktur. O

**JÜRİ ÜYELERİ**

**İMZA**

.....  Başarılı  Düzeltme  Red .....

.....  Başarılı  Düzeltme  Red .....

.....  Başarılı  Düzeltme  Red .....

## YÜKSEKÖĞRETİM KURULU DOKÜMANTASYON MERKEZİ

### TEZ/PROJE VERİ FORMU

Tez/Proje No:                      Konu Kodu:                      Üniv. Kodu

- Not: Bu bölüm merkezimiz tarafından doldurulacaktır.

Tez Yazarının

Soyadı: CAN

Adı: Nevin

Tezin Türkçe Adı: Altı Sigma Yaklaşımı Kullanılarak Diferansiyel Kovan Üretimi Sürecinin İyileştirilmesi Üzerine Bir Araştırma

Tezin Yabancı Dildeki Adı: A Research On Improving Differential Axle Housing Production Process By Using Six Sigma Approach

Tezin Yapıldığı

Üniversitesi: Dokuz Eylül Üniversitesi

Enstitü: Sosyal Bilimler

Yıl:2006

Diğer Kuruluşlar:

Tezin/Projenin Türü:

Yüksek Lisans

:

Dili:

Tezsiz Yüksek Lisans

:

Sayfa Sayısı:

Doktora

:

Referans Sayısı:

Tez Danışmanlarının

Ünvanı: Yrd. Doç. Dr.

Adı: Cenk

Soyadı: ÖZLER

Türkçe Anahtar Kelimeler:

1-Altı Sigma

2-Süreç Yürüyüşleri

3- TÖAİK

4-

5-

İngilizce Anahtar Kelimeler:

1- Six Sigma

2- Process Walkthrough

3- DMAIC

4-

5-

Tarih:

İmza:

Tezimin Erişim Sayfasında Yayınlanmasını İstiyorum

Evet

Hayır

## ÖZET

Müşteri beklentilerinin günden güne artması ve rekabet koşullarının sürekli değişmesi nedeniyle firmaların hayatta kalabilmeleri için kalite kavramı uzun yıllardır organizasyonların vazgeçilmez bir unsuru olmuştur. Şirketler, hem kendilerinin hem de müşterilerinin kalite ve verimlilik performansını rakiplerine oranla daha hızlı arttırmak için geçmişten günümüze kadar birçok kalite yaklaşımını benimsemiştir.

Bu yaklaşımlardan biri olan Altı Sigma kaliteyi iyileştirme gerekliliğinden doğmuştur. Kalite problemlerinin ana nedeninin değişkenlik olması sebebiyle kaliteyi iyileştirmek için süreçteki değişkenliğin azaltılması ve önlenmesi Altı Sigma'nın ana hedeflerinden biridir. Altı Sigma, müşteri ihtiyaç ve beklentilerini temel alarak tüm işletme süreçlerinde yüksek kalite seviyesi ve düşük kusur oranına ulaşmak için tüm organizasyon seviyelerinde süreç yönetiminin uygulanmasına dayanır. Altı Sigma'nın en görünür yararı ise firmalar üzerinde yarattığı pozitif finansal etkidir. Altı Sigma'nın yoğun veri analizini şart koşması ve performans gelişimini takip edebilmek için ölçülebilir bir yol olması onu diğer yaklaşımlardan ayıran alternatif özelliklerdir.

Bu çalışma, Altı Sigma yaklaşımını detaylı bir şekilde açıklamak ve Altı Sigma araçlarını kullanarak endüstriyel bir kuruluştaki kovan üretim sürecinin sigma seviyesini yükseltmek, diğer bir deyişle hatalı parça miktarını azaltmak amacıyla yapılmıştır.

Birinci bölümde Altı Sigma'nın ne olduğu, ilk olarak nerede ve ne zaman başladığı, TKY, Kalite Yönetim Sistemleri ve Altı Sigma arasındaki benzerlikler ve farklılıklar ve KOBİ'lerde Altı Sigma'nın uygulanabilirliği anlatılmıştır. İkinci bölümde, DMAIC metodolojisi ve kullanılan araçlar detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Üçüncü ve son bölümde ise Altı Sigma metodolojisinin otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir firmada uygulanması incelenmiştir.

## **ABSTRACT**

Due to the fact that customer expectations increases day after day and competition conditions changes continuously, quality concept has been an indispensable element of organizations for their survival for many years. Firms have adopted many quality approaches in order to increase their customers' and also their own quality and productivity performance faster in proportion to their rivals from the past to the present day.

One of these quality approaches, Six Sigma, arises from the requirement of quality improvement. The main cause of quality problems is variation. Therefore, one of the basic purposes of Six Sigma is to reduce and prevent process variation for improving quality. Customer requirements and expectations compose the basis of Six Sigma. So, in all organization steps process management is put into practice in order to reach high quality level and low defect rate in all operation processes. The most visible benefit of Six Sigma is the creation of positive financial effect on firms. Providing hard data analysis and being a measurable way to monitor performance improvement are alternative features of Six Sigma which differentiates it from other approaches.

This study has been performed for the purpose of explaining Six Sigma approach in details, increasing Sigma level of axle housing process in an industrial corporation by using Six Sigma tools, in other words reducing defective items.

In the first part, the meaning of Six Sigma, where and when it began for the first time, differences and similarities among Total Quality Management, Quality Management Systems and Six Sigma and practicability of Six Sigma in Small and Medium-sized Enterprises has been explained. In the second part, DMAIC methodology and used tools has been discussed in details. In the third and last part, implementation of Six Sigma methodology in a firm which operates in automotive sector has been analyzed.

# ALTI SİGMA YAKLAŞIMI KULLANILARAK DİFERANSİYEL KOVAN ÜRETİMİ SÜRECİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

YEMİN METNİ	II
TUTANAK	III
Y.Ö.K.DOKÜMANTASYON MERKEZİ TEZ VERİ FORMU	IV
ÖZET	V
ABSTRACT	VI
İÇİNDEKİLER	VII
KISALTMALAR	X
TABLolar LİSTESİ	XI
ŞEKİLLER LİSTESİ	XIII
GİRİŞ	XVII

## BİRİNCİ BÖLÜM ALTI SİGMA SÜRECİ

1.1. ALTI SİGMA NEDİR?	1
1.2. ALTI SİGMA’NIN TARİHÇESİ	2
1.3. ALTI SİGMA MANTIĞI	4
1.4. ALTI SİGMA TERMİNOLOJİSİ	5
1.5. ALTI SİGMA PROJELERİNİN BAŞARILI UYGULAMALARI İÇİN GEREKLİ KRİTİK BAŞARI FAKTÖRLERİ	6
1.6.TKY, KALİTE YÖNETİM SİSTEMLERİ VE ALTI SİGMA ARASINDAKİ BENZERLİKLER VE FAKLILIKLAR	21
1.7. ALTI SİGMA’NIN GERÇEK YARARLARI	33
1.8.KÜÇÜK VE ORTA ÖLÇEKLİ İŞLETMELER (KOBİ) İÇİN ALTI SİGMA	34
1.8.1. KOBİ Gereklilikleri, Kısıtlamaları ve Koşulları	36
1.8.2. Genel bir KOBİ Altı Sigma Kavramı ile İlgili 10 Şart	38

## İKİNCİ BÖLÜM

### DMAIC METODOLOJİSİ

2.1. HEDEFLER VE METODUN GÖZDEN GEÇİRİLMESİ	41
2.1.1. Neden Bir İyileştirme Metodu Kullanılıyor?	41
2.1.2. Metodun Gözden Geçirilmesi	41
2.2. DMAIC REHBERİ VE KULLANILAN ARAÇLAR	43
2.2.1. Tanımlama Adımı	43
2.2.1.1. Proje Beyanı	44
2.2.1.2. SIPOC	47
2.2.1.3. Süreç Yürüyüşleri	49
2.2.1.4. Müşterinin Sesi	56
2.3.1. Ölçme Adımı	64
2.3.1.1. Veri Toplama	66
2.3.1.2. Koşu (Run) Kartı	101
2.3.1.3. Kontrol Kartları	105
2.3.1.4. Pareto Kartı	114
2.3.1.5. Süreç Yeteneği	115
2.3.1.6. Histogram	125
2.3.1.7. Süreç Sigma	130
2.3.1.8. Akış Şeması	130
2.4.1. Analiz Adımı	132
2.4.1.1. Beyin Fırtınası	133
2.4.1.2. Neden Sonuç (Balık Kılçığı) Analizi	134
2.4.1.3. Hipotez Testleri	138
2.4.1.4. Regresyon Analizi	141
2.5.1. İyileştirme Adımı	143
2.5.1.1. Deney Tasarımı	144
2.6.1. Kontrol Adımı	148



**ÜÇÜNCÜ BÖLÜM**  
**ALTI SİGMA ARAÇLARININ BİR OTOMOTİV YAN SANAYİ**  
**FİRMASININ DİFERANSİYEL KOVAN ÜRETİM SÜRECİNDE**  
**UYGULANMASI**

3.1. İŞLETME İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER	149
3.2. İŞLETMEDE ALTI SİGMA’NIN UYGULANMA SÜRECİ	149
3.2.1. İşletmede Altı Sigma’nın Tanımlama Adımının Uygulanması	151
3.2.1.1. Tanımlama Adımında Kullanılan Araçlar	154
3.2.2. İşletmede Altı Sigma’nın Ölçme Adımının Uygulanması	176
3.2.2.1. Ölçme Adımında Kullanılan Araçlar	179
3.2.3. İşletmede Altı Sigma’nın Analiz Adımının Uygulanması	202
3.2.3.1. Analiz Adımında Kullanılan Araçlar	203
3.2.4. İşletmede Altı Sigma’nın İyileştirme Adımının Uygulanması	205
3.2.4.1. İyileştirme Adımında Kullanılan Araçlar	206
3.2.5. İşletmede Altı Sigma’nın Kontrol Adımının Uygulanması	209
3.2.5.1. Kontrol Adımında Kullanılan Araçlar	211
SONUÇ	217
KAYNAKLAR	223
EKLER	226

## KISALTMALAR

AKL	Alt kontrol limiti
ASL	Alt spesifikasyon limiti
CEO	Chief of executive
CTQ	Critical to quality- Kritik kalite karakteristiği
DMADV	Altı sigma için tasarım
DMAIC	Define, measure, analyze, improve, control
DPMO	Defect per million opportunities
DPO	Toplamdaki kusur oranı
EFQM	European Foundation of Quality Management- Mükemmellik modeli
GAO	Genel muhasebe ofisi
GE	General Electric
HMEA	Hata modu ve etkileri analizi
ISO	International Organization for Standardization
KBF	Kritik başarı faktörleri
KOBİ	Küçük ve orta ölçekli işletmeler
KYS	Kalite yönetim sistemleri
PDCA	Plan, do, control, act- Planla, yap, kontrol et, harekete geç
Rev.	Revizyon
R&R	Repeatability and reproductibility
SDCA	Standardize, do, control, act- standartlaştır, yap, kontrol et, uygula
SIPOC	Supplier, input, process, output, customer
SİT	Süreç iyileştirme takımı
SYT	Süreç yürüyüş takımı
TKY	Toplam kalite yönetimi
ÜKL	Üst kontrol limiti
ÜSL	Üst spesifikasyon limiti
VOC	Voice of Customer- Müştrinin Sesi

## TABLolar LİSTESİ

<b>Tablo 1:</b> Süreç Sigma Değerleri	4
<b>Tablo 2.</b> Rol, Profil Ve Eğitimin Altı Sigma Kuşak Sisteminde Karşılaştırılması	14
<b>Tablo 3.</b> Altı Sigma ve TKY'nin Karşılaştırılması	28
<b>Tablo 4.</b> Altı Sigma ve Kalite Yönetim Sistemlerinin Karşılaştırılması	29
<b>Tablo 5.</b> Ara Sıra Oluşan Problemlerle Kronik Problemlerin Karşılaştırılması	54
<b>Tablo 6.</b> Otel Odası İçin Müşteri Beklentileri	62
<b>Tablo 7.</b> Veri Karakteristikleri	67
<b>Tablo 8.</b> Şiddet (Hatanın Etkisi)	76
<b>Tablo 9.</b> Oluşma Sıklığı	76
<b>Tablo 10.</b> Keşfedilebilirlik	77
<b>Tablo 11.</b> Doğrusallık Örneği	83
<b>Tablo 12.</b> Aralık Metodu Örneği	90
<b>Tablo 13.</b> R&R Veri Sayfası	92
<b>Tablo 14.</b> Ölçüm R&R Çalışması Verileri	95
<b>Tablo 15.</b> Ölçüm R&R Çalışmasının Minitab Çıktısı	97
<b>Tablo 16.</b> Nitelik Veri Tablosu	110
<b>Tablo 17.</b> Değişken Veri Tablosu	111
<b>Tablo 18.</b> Süreç Yeteneği	116
<b>Tablo 19.</b> Veri Tipine Göre Kullanılabilecek Testler	139
<b>Tablo 20.</b> Regresyon Örneği	142
<b>Tablo 21.</b> Tahminlenen Parametreler	143
<b>Tablo 22.</b> Deney Tasarımı İçin Gerekli Veriler	147
<b>Tablo 23.</b> Süreç Yürüyüşü Anketi	155
<b>Tablo 24.</b> Genel Süreç Yürüyüş Bulguları (Gruplandırılmış)	160
<b>Tablo 25.</b> Süreç Yürüyüş Bulguları (Potansiyel İyileştirmeler)	162
<b>Tablo 26.</b> Kritik Kalite Karakteristikleri	167
<b>Tablo 27.</b> Küçük Rulman Çapı için Ölçüm Aleti Tekrarlanabilirlik ve Tekrar Yapılabilirlik Veri Sayfası	179

<b>Tablo 28.</b> Küçük Rulman Çapı için Ölçüm Aleti Tekrarlanabilirlik ve Tekrar Yapılabilirlik Raporu	180
<b>Tablo 29.</b> Küçük Rulman Çapı İçin Kontrol Kartı Metodu Ölçüm Sonuçları	182
<b>Tablo 30.</b> Büyük Rulman Çapı için Ölçüm Aleti Tekrarlanabilirlik ve Tekrar Yapılabilirlik Veri Sayfası	183
<b>Tablo 31.</b> Büyük Rulman Çapı için Ölçüm Aleti Tekrarlanabilirlik ve Tekrar Yapılabilirlik Raporu	184
<b>Tablo 32.</b> Büyük Rulman Çapı İçin Kontrol Kartı Metodu Ölçüm Sonuçları	186
<b>Tablo 33.</b> Rulman Dip Radyus İçin Nitelik Ölçüm R&R Çalışması	187
<b>Tablo 34.</b> Çember Alt Çap İçin Nitelik Ölçüm R&R Çalışması	191

## ŞEKİLLER LİSTESİ

<b>Şekil 1.</b> Altı Sigma ve Kalite Yönetim Sisteminin Entegrasyonu	30
<b>Şekil 2.</b> DMAIC Adımları	42
<b>Şekil 3.</b> Tanımla Adımı Süreç Akışı	44
<b>Şekil 4.</b> Proje Beyanı Örneği	47
<b>Şekil 5.</b> SIPOC Süreci	47
<b>Şekil 6.</b> SIPOC Örneği	49
<b>Şekil 7.</b> Müşterinin Sesi Süreci	57
<b>Şekil 8.</b> Eğlenceli Bir Aile Tatilindeki Önemli Noktalar Nelerdir?	60
<b>Şekil 9.</b> Kano Modeli	61
<b>Şekil 10.</b> Kritik Kalite Karakteristikleri Ağacı	64
<b>Şekil 11.</b> Ölçme Adımı Süreç Akışı	65
<b>Şekil 12.</b> Veri Toplama Planı Örneği 1	68
<b>Şekil 13.</b> Veri Toplama Planı Örneği 2	69
<b>Şekil 14.</b> Veri Toplama Sürecinin Adımları	70
<b>Şekil 15.</b> Önceliklendirme Matrisi Oluşturulmasının İlk İki Basamağı	72
<b>Şekil 16.</b> Önceliklendirme Matrisi Oluşturulmasının İlk Üç Basamağı	73
<b>Şekil 17.</b> Önceliklendirme Matrisi Oluşturulmasının İlk Dört Basamağı	73
<b>Şekil 18.</b> Önceliklendirme Matrisi Oluşturulmasının Tüm Basamakları	74
<b>Şekil 19.</b> HMEA Formu Örneği	78
<b>Şekil 20.</b> Sapma	81
<b>Şekil 21.</b> Durağanlık	82
<b>Şekil 22.</b> Tekrarlanabilirlik	84
<b>Şekil 23.</b> Tekrar Yapılabilirlik	85
<b>Şekil 24.</b> Kesikli Verilere Karşı Sürekli Veriler	87
<b>Şekil 25.</b> Ölçüm Koşu Kartı	96
<b>Şekil 26.</b> Ölçüm R&R Çalışmasının Grafiks Çıktısı	99
<b>Şekil 27.</b> Koşu Kartı Örneği	102
<b>Şekil 28.</b> Çok Az Koşu Olan Bir Koşu Kartı Örneği	103
<b>Şekil 29.</b> Çok Fazla Koşu Olan Bir Koşu Kartı Örneği	103

<b>Şekil 30.</b> Altı ya da Daha Fazla Sayıda Noktanın Sürekli Arttığı veya Azaldığı Koşu Kartı Örnekleri	104
<b>Şekil 31.</b> Bir Sırada Sekiz ya da Daha Fazla Noktanın Medyanın Aynı Tarafında Bulunduğu Koşu Kartı Örneği	104
<b>Şekil 32.</b> On Dört ya da Daha Fazla Noktanın Medyanın Altında ya da Üstünde Yer Aldığı Koşu Kartı Örneği	105
<b>Şekil 33.</b> Koşu Kartı'nın Minitab Çıktısı	105
<b>Şekil 34.</b> Motor Milinin Dış Çap Ölçüm Sonuçlarının $\bar{X} - R$ Kartı	113
<b>Şekil 35.</b> Makine Duruşlarının Pareto Grafiği	115
<b>Şekil 36.</b> Değişkenliğin Azaltılması	117
<b>Şekil 37.</b> Süreç Yetenek İndisinin Grafikselsel Yorumu	118
<b>Şekil 38.</b> Normal Dağılım Eğrisinin Altında Kalan Alanların Yüzdeleri	118
<b>Şekil 39.</b> Normal Dağılım Gösteren, Kararlı Bir Süreç	119
<b>Şekil 40.</b> $C_p$ İndisi	120
<b>Şekil 41.</b> $C_{pk}$ İndisi	121
<b>Şekil 42.</b> Yetenek İndislerinin Minitab Çıktısı	125
<b>Şekil 43.</b> Normal Dağılım Eğrisi	125
<b>Şekil 44.</b> Çelik Çubuk Çaplarının Frekans Dağılımı	127
<b>Şekil 45.</b> İki Tepeli (Modlu) Dağılım	128
<b>Şekil 46.</b> Az Değişkenliğin Olduğu Dağılım	129
<b>Şekil 47.</b> Çok Değişkenliğin Olduğu Dağılım	129
<b>Şekil 48.</b> Fotokopi Çekme Süreci Fırsat Akış Şeması	132
<b>Şekil 49.</b> Analiz Adımı Süreç Akışı	133
<b>Şekil 50.</b> Neden Sonuç Diyagramı Oluşturma Sürecinin Birinci Aşaması	136
<b>Şekil 51.</b> Neden Sonuç Diyagramı Oluşturma Sürecinin İkinci Aşaması	136
<b>Şekil 52.</b> Hipotez Testi Veri Haritası	138
<b>Şekil 53.</b> Veri Tipine Göre Kullanılabilecek Testlerin Akış Şeması	140
<b>Şekil 54.</b> Sertlik ve Aşınma Kaybı Arasındaki İlişki	143
<b>Şekil 55.</b> İyileştirme Adımı Süreç Akışı	144
<b>Şekil 56.</b> Üç Faktörün Kombinasyonları	147
<b>Şekil 57.</b> Kontrol Adımı Süreç Akışı	148
<b>Şekil 58.</b> Proje Beyanı	154

<b>Şekil 59.</b> 13.05.2005 Proses Yürüyüş Bulguları	157
<b>Şekil 60.</b> 23.05.2005 Proses Yürüyüş Bulguları	157
<b>Şekil 61.</b> 24.05.2005 Proses Yürüyüş Bulguları	158
<b>Şekil 62.</b> SIPOC Süreci	159
<b>Şekil 63.</b> Proses Yürüyüşlerinde Elde Edilen Uygunsuzlukların Sebeplerinin İlişkilendirilmesi	163
<b>Şekil 64.</b> Proses Yürüyüşlerinde Elde Edilen Uygunsuzlukların Matris Diyagramı	164
<b>Şekil 65.</b> Müşteri Şikâyetine Neden Olan Konular	165
<b>Şekil 66.</b> Müşteri Şikâyetlerine Neden Olan Hata Grupları	165
<b>Şekil 67.</b> Kritik Kalite Karakteristikleri Ağacı	166
<b>Şekil 68.</b> Press Hattı Akış Diyagramı	168
<b>Şekil 69.</b> Kaynak Hattı Akış Diyagramı	169
<b>Şekil 70.</b> Test Hattı Akış Diyagramı	170
<b>Şekil 71.</b> İşleme Hattı Akış Diyagramı	171
<b>Şekil 72.</b> Boya Ambar Hattı Akış Diyagramı	172
<b>Şekil 73.</b> Başlangıç Durumu Sigma ve DPMO Seviyesi	173
<b>Şekil 74.</b> Diferansiyel Kovan Birinci Ölçüm Sonuçlarının Pareto Analizi	174
<b>Şekil 75.</b> Faaliyet Planı Rev. 0	175
<b>Şekil 76.</b> Küçük Rulman Çapı Karakteristiği Ölçüm Sonuçlarının Ortalama ve Aralık Kartları	181
<b>Şekil 77.</b> Büyük Rulman Çapı Karakteristiği Ölçüm Sonuçlarının Ortalama ve Aralık Kartları	185
<b>Şekil 78.</b> İkinci Ölçüm Sigma ve DPMO Seviyesi	195
<b>Şekil 79.</b> Diferansiyel Kovan İkinci Ölçüm Sonuçlarının Pareto Analizi	196
<b>Şekil 80.</b> Üçüncü Ölçüm Sigma ve DPMO Seviyesi	197
<b>Şekil 81.</b> Diferansiyel Kovan Üçüncü Ölçüm Sonuçlarının Pareto Analizi	198
<b>Şekil 82.</b> Faaliyet Planı Rev. 1	199
<b>Şekil 83.</b> Dördüncü Ölçüm Sigma ve DPMO Seviyesi	200
<b>Şekil 84.</b> Diferansiyel Kovan Dördüncü Ölçüm Sonuçlarının Pareto Analizi	201
<b>Şekil 85.</b> Proses Yürüyüşleri ve Ölçüm Sonuçlarının Sebeplerinin Analizi	203
<b>Şekil 86.</b> Faaliyet Planı Rev. 2	204

<b>Şekil 87.</b> Faaliyet Planı Rev. 3	206
<b>Şekil 88.</b> Faaliyet Planı Rev. 4	207
<b>Şekil 89.</b> Faaliyet Planı Rev. 5	208
<b>Şekil 90.</b> Beşinci Ölçüm Sigma ve DPMO Seviyesi	211
<b>Şekil 91.</b> Diferansiyel Kovan Beşinci Ölçüm Sonuçlarının Pareto Analizi	212
<b>Şekil 92.</b> Beş Ölçümün DPMO ve Sigma Seviyeleri	213
<b>Şekil 93.</b> Ölçüm Sonuçlarına Göre Hesaplanan Sigma Seviyeleri	214
<b>Şekil 94.</b> Ölçüm Sonuçlarına Göre Hesaplanan DPMO 'lar	214
<b>Şekil 95.</b> Faaliyet Planı Rev. 6	215
<b>Şekil 96.</b> Faaliyet Planı Rev. 7	216



## GİRİŞ

Günümüzde şirketler işletme performanslarını arttırmak ve rekabet üstünlüğü elde etmek için belirledikleri zorlayıcı hedeflere ulaşmanın tek yolunun değişim olduğunu fark etmişlerdir. Sürekli gelişmenin anahtarı daha hızlı, daha kaliteli ve daha ucuz ürünler üretebilmektir. Bu sayede, sürekliliği sağlanmış müşteri, paydaş ve çalışan mutluluğu ile organizasyonların bir adım öne geçmeleri mümkün olur. Dünyadaki en tanınmış şirketler örgüt çapında kültürel değişimi ve müşteriler için farklı değerler yaratmayı amaçlayan Altı Sigma felsefesini benimseyerek başarılarını sürdürmektedirler.

Altı Sigma güçlü istatistiksel araçlar ve teknikler kullanarak bütün kritik süreçlerdeki değişkenliği ortaya çıkarmayı ve bu sayede süreçteki hataların kaynağını tespit etmeyi ve onları yok etmeyi amaçlayan popüler bir yaklaşımdır. Altı Sigma diğer kalite yaklaşımlardan farklı olarak organizasyondaki finansal dönüşüm üzerinde durur. Motorola, Allied Signal, General Electric, Black&Decker'in gibi dünyadaki önemli şirketler Altı Sigma uygulamaları ile kazançlı sonuçlara ulaşmıştır. Bunun yanında müşteri memnuniyetini, taahhüdünü ve bağlılığını arttırarak sürekli ve büyük iyileşmeler sağlayan ve stratejik işletme hedeflerine ulaştıran bir yönetim felsefesidir.

Dünya şirketlerinin Altı Sigma metodolojisini uygulayarak elde ettikleri başarılar Türkiye'de önemli bir yere sahip birçok şirketi Altı Sigma'yı uygulama konusunda motive etmiştir. Bu çalışma, Türkiye'nin bütün ticari araç üreticilerine hizmet sunmasının yanında, başta Amerika, Avrupa ve Ortadoğu olmak üzere toplam 14 ülkeye ihracat yapmakta olan bir otomotiv yan sanayi kuruluşunda Altı Sigma'nın uygulanma süreci ve şirkete kazandırdıklarını ortaya koymak ve bu alana katkıda bulunmak amacıyla hazırlanmıştır.

Çalışmanın birinci bölümünde, farklı yazarlar tarafından savunulan çeşitli Altı Sigma tanımları, Altı Sigma'yı dünyada ve Türkiye'de uygulayan şirketler ve

Altı Sigma'nın mantığı ve terminolojisi ele alınmıştır. Ayrıca, birçok organizasyonun başarı ve başarısızlık hikâyesi analiz edilerek tespit edilen kritik başarı faktörleri incelenmiştir. Toplam Kalite Yönetimi, Kalite Yönetim Sistemleri ve Altı Sigma'nın güçlü ve zayıf yönleri ele alınarak, bu kalite yaklaşımlarının benzerlikleri ve farklılıkları ortaya konulmuştur. Bunun yanında, Motorola, Allied Signal, General Electric, Black&Decker gibi tanınmış şirketlerin Altı Sigma uygulamalarından elde ettikleri gerçek faydalara yer verilmiştir. KOBİ'lerin gereklilikleri, kısıtları ve koşulları göz önünde bulundurularak KOBİ'lerde Altı Sigma'nın uygulanabilirliği araştırılmıştır.

İkinci bölümde, DMAIC metodolojisinin tanımlama, ölçme, analiz, iyileştirme ve analiz adımları ve her bir adımda kullanılan araçlar detaylı bir şekilde incelenmiştir. Ayrıca, Altı Sigma projelerinin başarısında önemli bir yere sahip olan süreç yürüyüşlerinin neden gerekli olduğu ve uygulama adımları açıklanmıştır.

Üçüncü bölümde ise otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir firmada Altı Sigma'nın uygulanma süreci incelenmiştir. Bu süreç içerisinde, Altı Sigma projesine başlamadan önceki hazırlık dönemi, proje süresince DMAIC adımlarının nasıl takip edildiği ve kullanılan Altı Sigma araçları ele alınmıştır.

# BİRİNCİ BÖLÜM

## ALTI SİGMA SÜRECİ

### 1.1. Altı Sigma Nedir?

Altı Sigma güçlü istatistiksel araçlar ve teknikler kullanarak süreçlerdeki değişkenliği ortaya çıkarmayı amaçlayan popüler bir yaklaşımdır. Altı Sigma değişkenliği ölçen istatistiksel bir terim olmasının yanında müşteri memnuniyetini, taahhüdünü ve bağlılığını arttıran, sürekli ve büyük iyileşmeler sağlamak ve stratejik işletme hedeflerine ulaşmak için bütün kritik süreçlerdeki değişkenliği azaltmayı hedefleyen bir yönetim felsefesidir. Bununla beraber Altı Sigma bir organizasyonun anahtar süreçlerinin gelişimini garantiye almak için kullandığı bir metodolojidir.

Son 15 yıldır, “Altı Sigma” kalite iyileştirme için bir çerçeve ve daha yaygın olarak iş mükemmelliği olarak bilinmektedir. Popüler istatistiksel analiz programları satan Minitab Inc., Altı Sigma’yı “ finansal ölçülebilir sonuçlara odaklanarak israfı azaltmak, müşteri memnuniyetini arttırmak ve süreçleri iyileştirmek için kullanılan bilgi temelli bir metodoloji” olarak tanımlamaktadır (Goh ve Xie, 2004).

İşletme terimleriyle ise Altı Sigma şu şekilde açıklanır: “İşletmenin karlılığını iyileştirmek, israfı ortaya çıkarmak, düşük kalitenin yol açtığı maliyetleri azaltmak ve tüm operasyonların etkinliğini ve verimliliğini iyileştirerek müşteri ihtiyaç ve beklentilerini karşılamak ve hatta aşmak için kullanılan bir işletme iyileştirme stratejisidir” ( Banuelas ve Antony, 2002).

Altı Sigma’nın istatistiksel doğası Harry ve Schroeder (2000)’in şu ifadesinde dile getirilmektedir (Goh ve Xie, 2004): “Altı Sigma, hataların kaynağını tespit etmek ve onları yok etmek için oldukça özenli veri toplama ve istatistiksel analizlerin kullanıldığı bilgiye dayalı bir metottur.”

Bütün bu tanımlar Altı Sigma’nın önemli bölümlerine odaklanmıştır. Belki de Altı Sigma’yı bir cümleyle ifade etmek mümkün değildir. Belki de Altı Sigma’yı

tanımlamanın en iyi yolu, Altı Sigma stratejisini kullanarak, başarılı olmuş şirketlerin ortak karakteristiklerini listelemektir (Caulcutt, 2001). Bu elemanlar şunlardır:

- a) Süreç odaklılık, bunun sonucunda, müşteri odaklılık
- b) Her seviyedeki süreç performansı ile ilgilenmek ve süreç yeteneği ölçümünün şirket çapında benimsenmesi
- c) Kara kuşak, uzman kara kuşak, yeşil kuşak rolleri
- d) Kusurlu sayısını ve aynı zamanda değişkenliği de azaltmaya odaklanan kara kuşak projeleri
- e) Yönetimin doğrunun yanında olması
- f) Kara kuşak projelerinin işletme hedefleriyle bağlantılı olması
- g) Üst yönetimin açık vizyonu, değerleri ve hedefleri olması
- h) Üst yönetimin belirlediği hedeflerin, işletmedeki en alt seviyeye ve hatta müşterilere kadar yayılması

## **1.2. Altı Sigma'nın Tarihçesi**

Ölçüm standardı olarak sigma'nın kökleri normal dağılım konseptini bulan Carl Fredrick Gauss'a dayanmaktadır ( 1777 – 1855 ). 1922 yılında Walter Shewart çıktı değişkenlerinin ölçümlerinde üç sigmayı ortaya çıkarmış ve eğer çıktılar bu limitler dışına çıkarsa süreç müdahalesinin gerekli olduğunu açıklamıştır (Raisinghani v.d. , 2005).

Motorola 1980 yılında işin ve üretkenliğin büyük bir kısmının kalitesizlik maliyeti olarak kaybedildiğini fark eder. Motorola'nın o zamanki başkanı Bob Galvin bu problemler için daha yoğun çabanın gerektiğine karar verir. Motorola mühendislerinden Bill Smith, Altı Sigma ölçümleri ile kalite seviyesinde hata oranını milyarda 2 olarak belirler ve bu bir standart olarak kabul edilir. Bu yüksek hedefi başarmak için Motorola'da bir program geliştirilir ve "Altı Sigma" olarak adlandırılır. Bu arada, "Altı Sigma" Motorola'nın markası olur (Raisinghani v.d. , 2005). Motorola bu tarihten sonra üretimdeki kusurları azaltmak için yeni stratejiler geliştirir ve 1998'de Malcolm Baldrige Ulusal Kalite Ödülünü kazanan ilk grubun

içinde yer alır. 1995'te Altı Sigma kavramı ve metodu, General Electric (GE) CEO'su Jack Welch sayesinde popülerite sağlar (Brassard vd., 2002). Motoralardan sonra Texas Inst., Allied Signal (şimdi Honeywell) Kodak, GE, Sony gibi şirketler Altı Sigma uygulamaları ile kazançlı sonuçlara ulaşır (Caulcutt, 2001). Bu başarılar Avrupa'da Siemens, Nokia, Volvo, Deutsche Telekom, Ford gibi birçok ünlü şirketi Altı Sigma konusunda motive eder (Pfeifer vd., 2004).

Türkiye'de ise TEI (Tusaş Uçak Motoru Fabrikası), Arçelik, Borusan, Vitra, KordSA, Dow Chemical gibi tanınmış şirketler Altı Sigma'yı uygulamaktadırlar (Altı Sigma Deneyim Paylaşım Sempozyumu, Kalder, 28 Mart 2003). Türkiye'de Altı Sigma yönetim felsefesi'ni uygulayan diğer firmalar: Vestel, Çimtaş, Ford Otosan, Bosch, Ego, Bos, Kalekim, Bsh-Profilo, Fırat Plastik Aselsan, Schneider Electric, Dupootsa ve İpek Kâğıt'tır (<http://www.altisigma.com/modules.php?name=News&file=article&sid=50>, 20.05.2006).

Arçelik'te 1998 yılının ikinci yarısında üretim sürecindeki sorunlara öncelik veren Atı Sigma projeleri tanımlanmış, 2002 yılında da üretim dışı süreçlerde mükemmelliğe ulaşılması ve Altı Sigma Metodolojisi'nin yayılmasının sağlanması amacıyla çalışmalar başlamıştır. 1998 yılından itibaren gerçekleştirilen toplam 212 proje ile yaklaşık 25 milyon € sağlanmıştır (<http://www.arcelikas.com.tr/Cultures/tr-TR/Kurumsal/ArcelikKaliteYolculugu/6SigmaMetodolojisi/?MENUID=1>, 03.06.2006).

Borusan Altı Sigma Kurumsal Yayılım Koordinatörü Sinan Yükeb Borusan'ın Altı Sigma'ya geçişini şu şekilde açıklamıştır: “2002 yılı başında önce Borusan Makina ve Borusan Güç Sistemleri'nde ve ardından kısa süre içinde tüm grup şirketlerimizde Altı Sigma metodolojisi uygulanmaya başlandı. 1 Şubat 2002'de Program Yönetim Ofisimizi kurduk. 14 Mart 2002'de grubun 150 yöneticisine iki günlük “Altı Sigma Yönetici Eğitimi” verildi. 17 Mayıs 2002'de “1. Kuşak Bağlama Töreni” gerçekleştirildi” (<http://www.insankaynaklari.com/cn/ContentBody.asp?BodyID=1901>, 15. 04. 2006).

### 1.3. Altı Sigma Mantığı

Altı Sigma kaliteyi iyileştirme gerekliliğinden doğmuştur. Kalite problemlerinin ana nedeni değişkenlik olduğundan dolayı kaliteyi iyileştirmek için değişkenlik ölçülmeli, azaltılmalı ve önlenmelidir.

Altı Sigma populasyon değerlerinin aralığını matematiksel olarak normal dağılımla göstermek ve süreçte, müşteri istek ve beklentilerinden ne kadar sapma olduğunu bulmak için kullanılır. Eğer süreç ortalaması ve spesifikasyon limitleri arasında altı sigmalı bir boşluk oluşabiliyorsa süreç “Altı Sigma” seviyesindedir denir.

**Tablo 1.** Süreç Sigma Değerleri

Yüzde	DPMO	$\sigma$
93%	66,807	3
98%	22,750	3.5
99%	6,210	4
99.87%	1,350	4.5
99.977%	233	5
99.9997%	3.4	6

(Kaynak: Rath ve Strong, 2004)

İstenmeyen performansın diğer seviyeleri Tablo 1’de gösterilmiştir. Daha ayrıntılı süreç sigma değerleri Ek A’da sunulmuştur. Buna göre, sigma seviyesi süreç performansı ile orantılı olarak değişir. Sigma metodolojisi bu noktadan yola çıkılarak Mikel Harry ve meslektaşları tarafından geliştirilmiştir (Goh ve Xie, 2004).

Gerçekte, Altı Sigma’nın gerçek değeri ile Motorola’nın Altı Sigma değeri arasında fark vardır. Altı Sigma’nın tanımını anlamak için bu ikisini ayırt etmek önemlidir. Bir sürecin sigma değeri bu sürecin kalite seviyesini tanımlar. Ölçülen

ürün karakteristiğinin yarı toleransı, K defa sürecin standart sapmasına eşit olduğu zaman K sigmalık bir kalite seviyesi mevcuttur:

$$K * \text{Süreç Standart Sapması} = \text{Spesifikasyonların Yarı Toleransı}$$

Bununla birlikte, bu tanım tek başına sürecin merkeziliğini tanımlamaz. Bir süreç,  $X=T$  olduğu zaman merkezi olur. Yani, orta nokta müşterilerin üst spesifikasyon limiti ile alt spesifikasyon limiti arasında yer alır. Burada X süreç ortalamasını, T ise hedef değeri gösterir. Eğer süreç ortalaması hedef değere eşit olmazsa süreç merkez dışı olur. Bir sürecin merkez dışı oluşu standart sapma veya sigma değerleriyle ölçülür. Sigma'nın (kalite seviyesi) gerçek değeri sürecin merkezi olduğu zamandaki kusur sayısını ifade eder ve bu değer milyonda 0.002'dir. Diğer yandan, Motorola'nın altı sigma konsepti ortalama değerinde 1.5 sigmalık kaymalara izin verir. Merkezi bir süreçte, milyonda 3.4 hata 4 ila 5 sigma arasında bir kalite seviyesi anlamına gelir. Motorola tarafından ortaya çıkarılan ve tanıtılan bu kavram "altı sigma" olarak bilinmektedir (Henderson ve Evans, 2000).

Goh ve Xie (2004)'e göre süreç performansının iç ve dış etkilerden olduğu gibi organizasyonel veya fiziksel öğelerden kaynaklanan aşamalı kötüleşmesi sebebiyle zamanla sürüklenme olur ve bu nedenle süreç ortalaması ve spesifikasyon limiti arasındaki boşluk sonunda 4.5 sigmaya kadar azalır. Bu en kötü durum senaryosuna göre, çıktı değerinin spesifikasyonlar dışında kalan veya kusurlu oranı milyonda 3.4 tür. Bu nedenle altı sigma kalite seviyesi genel olarak 3.4 ppm olarak bilinir. Burada sigma terimi sürecin ortalamasındaki değişkenliği ifade eder.

#### **1.4. Altı Sigma Terminolojisi**

Altı Sigma felsefesini ve metodolojisini benimseyen organizasyonlarda ortak ve anlaşılabilir bir alfabe kullanılır (Rath ve Strong, 2004). Bu terimlerin örnekleri aşağıdadır:

CTQ (kritik kalite karakteristiği): Müşterilerin ürün ve hizmetin kalitesi ile ilgili değerlendirmesinde esas olan kilit bir özelliktir. Ayrıca proje için ölçümler sağlar. Temel bir CTQ, müşterinin kalite algısı için kritik olmalı ve ölçülebilir olmalıdır.

Birim: Üretilen madde

Kusur: Müşteri ihtiyaç ve beklentilerini karşılamayan herhangi bir olay veya birim

Kusurlu: Bir veya daha çok kusura sahip birim

Kusur fırsatı: Kusurun oluşması için ölçülebilen değişim

Sigma: Milyon fırsattaki kusur sayısı (DPMO)

### **1.5. Altı Sigma Projelerinin Başarılı Uygulamaları İçin Gerekli Kritik Başarı Faktörleri**

Yöneticiler için gerekli bilginin belirlenmesi için kritik başarı faktörlerinin (KBF) tanımlanması fikri Rockart (1979) tarafından açıklanmıştır. KBF herhangi bir organizasyonun başarısı için kritik olan faktörlerdir, şöyle ki, eğer faktörlerle ilgili hedeflere ulaşılmazsa, organizasyon başarısız olur (Coronado ve Antony, 2002).

Altı Sigma proje uygulamalarının genel durumuna bakıldığında, KBF, projede yer almadıkları takdirde projenin başarısını negatif yönde etkileyen faktörlerin oluşturduğu başlıca bileşenleri temsil etmektedir.

Altı Sigma için gerekli KBF'ne karar verebilmek için yapılması gereken ilk adım, Pande vd., (2004), Henderson ve Evans (2000) gibi yazarlar tarafından yapılan çalışmalara benzer araştırma çalışmaları yapmaktır. Mesela, Henderson ve Evans (2000) başarılı bir Altı Sigma uygulamasının ana bileşenleri olarak, tepe yönetimin katılımını, organizasyonun altyapısını, eğitim ve istatistiksel araçları gösterir. Bu faktörlerin dışında, çalışanlarla erken iletişimin, ölçüm sisteminin ve bilgi teknolojisi altyapısının da çok önemli olduğunu savunmaktadırlar.

Altı Sigma'nın temelini oluşturan istatistiksel süreç kontrolünün başarılı uygulamaları için gerekli olan on bileşen Antony (2000) tarafından şu şekilde belirlenmiştir: yönetimin taahhüdü, eğitim, takım çalışması, sürecin tanımlanması,



süreç parametrelerinin seçimi, ölçüm sisteminin değerlendirilmesi, kontrol kartları, organizasyonun kültürel değişimi, pilot projelerin uygulanması ve Minitab, Statistica gibi bilgisayar yazılım programlarının kullanılması. Birçok organizasyonun başarı ve başarısızlık hikâyesi analiz edilerek aşağıdaki kritik başarı faktörleri tespit edilmiştir:

### Yönetimin Katılımı ve Taahhüdü

Üst yönetim Altı Sigma'nın bir parçası olmalıdır. Altı Sigma'yı uygulayan şirketlerin hepsi başarı için gerekli en önemli faktörün üst yönetimin sürekli desteği ve hevesliliği fikrinde birleşmişlerdir (Henderson ve Evans, 2000).

Organizasyonun en tepesindeki insanlar Altı Sigma'yı desteklemeli, uygun kaynak ve eğitimi sağlamalıdır. Motorola, GE ve AlliedSignal gibi başarılı Altı Sigma hikâyelerinde, başarıyı olanaklı kılan bu şirketlerin CEO'larıdır. Her biri Altı Sigma projelerini desteklemiş, projelere katılmış, aktif olarak görev almış ve şirket çapında Altı Sigma çalışmalarının başlatılmasına kendilerini adanmışlardır (Coronado ve Antony, 2002).

AlliedSignal'in CEO'su Lawrence Bossidy, Altı Sigma kalitesini uygulayarak son müşterilerini ve şirketin rekabetçiliğini korumuş ve yıldan yıla % 7 verimlilik elde etmiştir. GE'nin başarısının sırrının da üst yönetim olduğu sürpriz değildir. GE'nin CEO'su Welch, işletme organizasyonunun tekrar yapılmasına imkân vererek ve çalışanların Altı Sigma'ya karşı olan davranışlarını kısa bir uygulama periyodunda değiştirerek Altı Sigma girişimini güçlü bir şekilde etkilemiştir. Welch Altı Sigma'yı desteklemiş ve projeye katılmıştır, şöyle ki Altı Sigma eğitim programlarına katılarak soruları cevaplandırmış, haftalık ve aylık Altı Sigma gözden geçirme toplantılarını ziyaret etmiş, özet raporları inceleyerek projenin haftalık ilerlemesini izlemiş ve Altı Sigma kültürünün ne derece yerleştiğini gözlemlemek için üretim işletmesinde saha ziyaretleri yapmıştır. Buna ek olarak, Welch, her toplantıda, dönemlik ve yıllık raporlarda Altı Sigma'nın GE'deki ilerlemesini tedarikçileriyle gözden geçirmiş ve onlara sunmuştur (Coronado ve Antony, 2002).

Bazı yöneticiler Altı Sigma'ya bağlanmayı kolay bulmaktadır. Bununla beraber, bir faaliyete bağlı olmak önemli bir şeydir, fakat Altı Sigma uygulamasında başarılı olabilmek için üst yönetimin katılımı olmalıdır. Yöneticiler Altı Sigma'nın yaradılışında ve süreç yönetim sisteminin yönetiminde görev almalı ve projelere bizzat katılmalıdırlar (Coronado ve Antony, 2002).

Altı Sigma herkesin (kurum, işletme üniteleri ve hatta bölüm yöneticileri) görevi olmalı, tepe yönetimi ve kıdemli yöneticileri içermelidir. Tepe yönetimin bağlılığı ve desteği olmadan, girişimin gerçek önemi tam olarak anlaşılamayacak ve arkasındaki güç zayıflamış olacaktır (Pande v.d. , 2004).

### Kültürel Değişim

Altı Sigma yönetim stratejileri için önemli bir buluş olarak düşünülür, çünkü tanımına organizasyonun değer ve kültürünü adapte eder. Ayrıca organizasyonun yapısında ve altyapı sisteminde sağlam değişikliği gerektirir. Genellikle önemli değişiklikler olduğunda, organizasyondaki insanlar bilinmeyenden korkar ve değişimin neden gerekli olduğunu anlamazlar. “bunu denedik ama işe yaramadı” veya “ bu her zaman yaptığımız yol” gibi cümleler değişime karşı olan güçlü direncin ifadeleridir. Bazı organizasyon kültürleri korku temellidir. Hatalara yer yoktur ve çalışanlar kusurları saklamaya alışkındır. Diğer yanda Altı Sigma hataları iyileştirme fırsatı olarak gören açık ve güvenli bir çevrede gelişir (Coronado ve Antony, 2002).

GE'de altı sigma için çalışanların ilk etapta istatistik öğrenmek zorunda olduklarını kabul etmeleri zor olmuştur. Bu sorun Altı Sigma'nın istatistiksel bir araç kümesi olduğu yanlış anlamasından kaynaklanmıştır. Bugün GE de Altı Sigma, çalışanların günlük işlerini yapma şeklindedir ve çalışanların son amaçları “ilk seferde doğru şeyleri yapmak” düşüncesinden fazlası değildir. Bir organizasyonun hem iç hem de dış pazarda başarısı belirli organizasyonlardaki kültüre çok fazla bağlıdır (Antony ve Banuelas, 2002).

Eckes(2000) direncin 4 değişik faktörünü şöyle tanımlıyor (Coronado ve Antony, 2002):

- a) Teknik: İnsanlar sık sık istatistiği anlamada zorluk yaşarlar. Eğitim ve katılım gereklidir.
- b) Politik: Hayal, gerçek ya da ziyan gibi görünen çözümün araştırılmasını temeline dayanır. Bundan kaçınmak için gereken strateji değişimin gerekliliğini keşfetme ve daha sonra değişimin nasıl faydalı olduğunu göstermektir.
- c) Bireysel: Kişisel sorunlar ve şirkete uyum sağlayamama sonucu çok stresli olan çalışanlardan meydana gelir. Çözüm iş yükünü azaltarak stresi daha düşük seviyelere çekmektir.
- d) Organizasyonel: Bu tüm organizasyonun yönetim tarafından kurulan ve iletilen belirli inançlara bağlı olması durumudur. Bu girişimin faydaları yöneticilere anlatılarak değişime karşı olan bu isteksizlik azaltılabilir.

Yönetimde değişimi başarabilmiş şirketler, değişime karşı olan direnci kırmanın en iyi yolu olarak iletişim, motivasyon ve eğitimin artırılması ve güçlendirilmesi olarak tanımlıyor ( Antony ve Banuelas, 2002).

Ayrıca çalışanlardan mümkün olduğu kadar geri bildirim alınması ve altı sigma uygulaması için gerekli olan değişimin planlanması, sorumlulukların atanması ve insanların kendi kararlarını vermeleri için yüreklendirilmeleri de çok önemlidir.

### İletişim

İletişim planı, şirket personeline işleriyle Altı Sigma'nın ilişkisini ve ondan sağlanacak faydaları anlattığı ve çalışanları Altı Sigma girişimine dâhil ettiği için önemlidir. Bunu yaparak, değişime karşı olan direnç azaltılabilir. İletişim planı, Altı Sigma'nın doğurduğu gerçek bir kültürel değişimin ortaya çıkardığı değişim korkusu ve yeni standartlara uygun ölçüm yapmama korkusunu yok etmek için de kritiktir. (Henderson ve Evans, 2000).

Altı Sigma Sony Electronics'te iletişim planının bir parçası olarak başlatıldığında, çalışanlar tarafından hazırlanan dergi ve broşürlerde “bana verileri göster” gibi sloganlara sık sık rastlanmaktadır. Burada düşünülen gerçeklere ve verilere dayalı yeni yönetim biçimi olan Altı Sigma'yı yaygınlaştırmaktır (Coronado ve Antony, 2002).

Hangi bilgilerin kime ve ne sıklıkta iletilmesi gerektiğini tanımlayan bir iletişim programı hazırlamak oldukça önemlidir. Bu organizasyonların işletme stratejilerini yaymalarında, müşteri gerekliliklerini belirlemelerinde ve çalışma takımlarını oluşturmalarında yardımcı olur. Altı Sigma projelerinin uygulanmasından sonra, hem başarılı hem de başarısız uygulama sonuçlarının yayınlanması diğer projelerin de aynı hataları yapmasını engelleyecek ve hatalardan öğrenmeyi sağlayacaktır.

#### Organizasyonun Altyapısı

Herhangi bir organizasyonda Altı Sigma'yı uygulayabilmek için, o organizasyonda önceden olması gereken bazı karakteristikler vardır. Örneğin, iletişim becerileri, uzun dönemli stratejiler ve takım çalışması olması istenen karakteristiklerdir. Ayrıca Altı Sigma'ya başlayabilmesi için organizasyonun yeterli kaynak ve yatırımı olmalıdır (Coronado ve Antony, 2002).

Altı Sigma'yı uygulamayı seçen şirketlerin kalite girişimleri sadece finansal analistleri etkilemek için gerekli kazançlara odaklanmamalıdır. Bu çok kısa süreli bir odaklanma olduğu için çok tehlikelidir. Çoğu şirketin uzun dönemli hedeflere odaklanması gerekmektedir (Dale, 2000).

Motorola 1980'lerin başında endüstriyel süreçlerin çoğunun üç sigma veya 66,810 DPMO seviyesinde çalıştığını ortaya çıkarmıştır (Dale, 2000). İşletme süreçlerinde üç sigmadan dört sigmaya bir artış olabilmesi için bir yıldan fazla zaman gerekir. Altı Sigma kalite seviyesine yaklaştıkça sigma yetenek seviyesinde

bir değişiklik yapmak daha da zorlaşır. Bununla beraber, Sigma değerindeki ilk değişiklik (4.8 sigmaya kadar) çok kolaylıkla ve büyük yatırımlar olmadan yapılabilir. Şirket 4.8 sigma seviyesine ulaştığında, artık strateji, hataları yok etmek değildir, bunun yerine Altı Sigma stratejisi sistemi yenilemektir. Bu Altı Sigma için tasarım olarak bilinir (DMADV). DMADV uygulandığında, Altı Sigma'ya ulaşmak için süreç ve hizmetler tekrar tasarlanır. Her bir değişiklik hataların azaltılmasıyla orantılıdır ve sonuç olarak kötü kalitenin maliyetini ve fayda payını etkiler. Altı Sigma'nın gücünün organizasyonda takdir edilmesi için en iyisi öncelikle kısa dönemli hızlı kazançlara odaklanmaktır (Coronado ve Antony, 2002).

Altı Sigma her bir departmanın bağlılığını ve şirketteki bütün takımların aktif olarak katılımını gerektirir. Çünkü özel rol ve sorumluluklara sahip çalışanlar Altı Sigma'nın yayılması için büyük önem taşır. Altı Sigma uygulayan bir organizasyonda iyi bir şekilde eğitilirler ve yeşil kuşak, kara kuşak, uzman kara kuşak ve şampiyon olmak üzere çeşitli uzmanlık seviyelerine ayrılırlar (Henderson ve Evans, 2000).

Farklı bölümler arasındaki iletişim arttırılarak çalışanlar takım çalışmasına teşvik edilmelidir. Çapraz fonksiyonlu takımların oluşturduğu takım çalışması sahiplik duygusunu, daha iyi iletişimi, takım çalışmasının önemini ve organizasyonun genel görüşünü oluşturacaktır. Tipik bir çapraz fonksiyonlu takım, operatörlerden, onların danışmanlarından, süreç mühendisinden, kalite mühendisinden, bakım mühendisinden oluşabilir.

Altı Sigma prensiplerini benimseyen en iyi bankalardan biri olan Citibank, çapraz fonksiyonlu takımları yaygın olarak kullanmaktadır. Elle yapılan fon transferleri ile ilgili projede, 80 kişiden oluşan çapraz fonksiyonlu bir grup projede yer alan her bir fonksiyonel bölümü temsil etmiştir. Bu kadar çok sayıda insanın gerekli olmasının nedeni Citibank'ın tüm dünyada tek bir süreç standardizasyonunu oluşturmak istemesidir. Bu takım bütün fon transfer sürecini tanımlamış, kusurları çizergelemiş ve Altı Sigma araçlarını kullanarak onları analiz etmiştir. Ana kusur olarak geri arama prosedürlerini belirlemiş ve bunu çözmeye odaklanmışlardır.

Çalışma bittiğinde %73 oranında geri aramaların azalması gibi inanılmaz sonuçlar elde edilmiştir (Coronado ve Antony, 2002).

Altı Sigma'ya dâhil olan birçok organizasyon, danışman veya kişiler bu felsefeyi uygulanmanın çok büyük faydalarını görmüşlerdir. Aslında bu faydalarla ilgili birçok başarı öyküsü vardır. Başarılı olan bu organizasyonlar başlangıçta önemli bir yatırım yapmışlar ve Altı Sigma'yı başlatmak için özel bir bütçe ayırmışlardır. Bütçenin önemli bir bölümünü oluşturan unsurlar, direk ve dolaylı ücret bordroları, eğitim, danışmanlık ve iyileştirmeyi aşılama maliyetleridir. Bununla beraber Altı Sigma'yı uygulamama maliyeti uygulama maliyetinden çoktur (Pande v.d. ,2004).

### Eğitim

Eğitim Altı Sigma projelerinin başarılı bir şekilde uygulaması için önemli bir faktördür. Niçin ve nasıl sorularının her ikisini de olabildiği kadar erken açıklaması ve eğitim sınıflarında insanlara refah seviyelerini geliştirme fırsatı vermesi bakımından kritiktir (Henderson ve Evans, 2000).

Üst yönetimden başlayarak kuşak sistemi organizasyon çapında uygulanmalı ve organizasyondaki hiyerarşiye göre yayılmalıdır. Kuşak sistemi organizasyondaki herkesin aynı dilde konuşmasını sağlar. Bu sistem orgaizasyonda Altı Sigma projesinin düzenlenmesini ve uygulamasını çok daha kolay hale getirir. Bu kuşak sistemi organizasyondan organizasyona ve danışmandan danışmana değişiklik gösterir ancak Altı Sigma'yı direk uygulayan kişilerin anahtar rollerinin belirlenmesi gerekir (Antony ve Banuelas, 2002).

Altı Sigma girişimini izleme konusunda karar verebilmek için GE, Dr. Michael J. Harry'yi danışman olarak tutmuştur. Harry'nin rehberliğinde şirketin Altı Sigma eğitim içeriği ve müfredat programı belirlenmiş, organizasyonun altyapı desteği tanımlanmış ve direk olarak Dr. Harry'den eğitim alacak olan anahtar bireyler belirlenmiştir. Harry tarafından eğitilen bu uzmanlar, şampiyon, uzman kara

kuşak ve kara kuşak olarak tanımlanan kişileri eğitmekle görevlendirilmişlerdir. GE'deki 10 günlük yeşil kuşak eğitimine tüm çalışanlar katılmıştır. Tanımlama ve ölçme adımları 3 günde, analiz adımı 3 günde ve iyileştirme ve kontrol adımları da 4 günde anlatılmıştır (Henderson ve Evans, 2000).

Tablo 2, Altı Sigma eğitim ve danışmanlık grubu olan Air Academy Kurumuna göre kuşak sisteminde eğitim almış kişilerin rolleri, profilleri, eğitimi ve eğitilecek kişi sayısı karşılaştırılmaktadır (Coronado ve Antony, 2002).

Bu kişiler belirli bir eğitim almış insanlar olmalarına rağmen, bu sadece onların Altı Sigma'yla görevlendirildiği anlamına gelmez. Onlar Altı Sigma felsefesinin organizasyon çapında yayılmasında görevlidirler. Kendi süreçlerini herkesten daha iyi bilen operatörler de kalitenin ürün ve servislerde ana dağıtıcısı oldukları için onlar da Altı Sigma'ya aşina olmalıdır. Çalışanların kendilerini şirketin bir parçası olarak hissetmeleri çok önemlidir (Antony, 2000).

**Tablo 2.** Rol, Profil Ve Eğitimin Altı Sigma Kuşak Sisteminde Karşılaştırılması

	<b>Yeşil kuşak</b>	<b>Kara kuşak</b>	<b>Şampiyon</b>
<b>Profil</b>	Teknik geçmiş	Teknik derece	Kıdemli yönetici
	Akranları tarafından saygı gören	Akranları ve yönetim tarafından saygı gören	Saygı gören lider ve işletme birimlerinin akıl hocası
	Temel ve gelişmiş araçlarda yeterlilik	Temel ve gelişmiş araçlarda uzman	Doğru soruları soran Altı Sigma'nın güçlü bir yandaşı
<b>Rol</b>	Önemli süreç iyileştirme takımlarına liderlik etmek	Stratejik, yüksek etkili süreç iyileştirme projelerine liderlik etmek	Paylaşılan vizyondan esinlenen projelere güçlü liderlik etmek ve kaynak sağlamak
	Araç ve analizlere liderlik etmek	Değişim aracı	Plan kurmak ve altyapı sistemini oluşturmak
	Yardımcı kara kuşak	Çapraz fonksiyonlu takım üyelerine akıl hocalığı yapmak ve eğitmek, kazançları pound olarak gözlemek	Metrikleri geliştirmek
	Projelerde yarım zamanlı görev almak	Tam zamanlı takım lideri	Kazancı pounda dönüştürmek
<b>Eğitim</b>	Uygulama ile arasında 1 ay olan, 2 tane 3 günlük oturum	Uygulama ile arasında 3 hafta olan, 4 tane 1 haftalık oturum	Bir hafta şampiyon eğitimi
	İkinci dönemde proje gözden geçirmeleri	İkinci, üçüncü ve dördüncü dönemlerde proje gözden geçirmeleri	Altı Sigma geliştirme ve uygulama planı
<b>Sayı</b>	20 çalışana bir kişi(%5)	50 ile 100 çalışana bir kişi (%1-2)	İşletme grubunda veya ana üretim alanında bir kişi

(Kaynak: Coronado ve Antony, 2002)



### Altı Sigma ve İşletme Stratejisi Arasındaki Bağı Kurmak

Altı Sigma şimdiye kadar olanlar gibi tek başına bir aktivite olarak değerlendirilemez. Bu girişim sadece birkaç kalite geliştirme aracı ve tekniğinin kullanılmasından ziyade tam bir felsefeye bağlılığı gerektirir (Dale, 2000).

Altı Sigma projeleri finansal ve operasyonel amaçları direk olarak etkileyen süreç ve ürün iyileştirilmeleri için hedeflenmelidir. İlk çabalar oldukça dar problemlere odaklanmış olsa da, etkileri tüm işletmede açıkça görülebilmelidir. Projelerin veya diğer faaliyetlerin müşterilerle, çekirdek süreçlerle ve rekabet edilebilirlikle olan ilişkisi açık olmalıdır (Pande vd. , 2004).

Altı Sigma şirketteki tüm operasyonlara yayılmalıdır. Günümüzde ve gelecekte, her bir şirketin amacı kar elde etmek olduğu için Altı Sigma, işletme süreçlerinde yüksek hurda oranı, yüksek tekrar işleme maliyeti ve az üretkenliğe neden olan değişkenliğe etki ederek süreçleri kazançlı kılar (Antony ve Banuelas, 2002).

Her ayrı projede işletme stratejisi ile proje arasındaki ilişki tanımlanmalıdır. Bu ayrıca finansal olarak projeden elde edilen kazancı ve işletme stratejisine hangi yolla yardım edeceğini de göstermelidir.

Ford Motor Şirketi Altı Sigma metodolojisini 1999 yılından beri benimsemiştir. Ford, Altı Sigma girişiminden önce diğer toplam kalite yönetimi (TKY) girişimlerini başarıyla başlatmış ve uygulamıştır. Ford'taki Altı Sigma ve TKY arasındaki en büyük fark önceki felsefelerin problemleri düzeltmeye yönelik olmaları ve maliyet hakkında endişe etmemeleridir. Altı Sigma'nın zorunluluklarını takip ederek, Ford'taki mühendisler projeden elde edilen kazancın harcanan çabaya değip değmeyeceğine karar verebilmek için fayda maliyet analizlerine öncülük etmişlerdir. Bu çalışmalar sonucunda Ford, Altı Sigma'nın toplam kalite yönetiminden daha yapısal ve kazanca yönelik bir metot olduğunu bulmuştur. Tekrar işlemenin, hurda oranının, garanti maliyetlerinin, süreç değişkenliğinin azaltılması

gibi beklenen süreç performans iyileştirmeleri proje başına yaklaşık %70'tir ve o suretle maliyet kazancı \$ 200,000 ile \$ 250,000 aralığındadır (Coronado ve Antony, 2002).

### Altı Sigma ve Müşteriler Arasındaki Bağı Kurmak

Altı Sigma müşterilerle başlayıp müşterilerle bitmelidir. Projeler müşteri gereksinimleri belirlenerek başlatılmalıdır. Özellikle dağıtım zamanı, güvenilirlik ve müşteri memnuniyeti açısından şirket beklenen ve gerçek performans arasındaki boşluğu azaltmayı temel alarak proje amaçlarını oluşturmalıdır.

Pande vd. , (2004)'e göre müşteri ihtiyaçlarını başarıyla karşılanmadan önce organizasyonun iyi anlaşılması ve çeşitli işletme aktiviteleri ile bağlantısının kurulması gerekmektedir. Altı Sigma'nın müşteri ile bağlantı süreci iki ana adıma ayrılabilir:

- 1) Ana sürecin belirlenmesi, süreçlerin anahtar çıktılarının tanımlanması ve anahtar müşterilerin tanımlanması.
- 2) Müşteri ihtiyaç ve beklentilerinin tanımlanması ve belirlenmesi.

Altı Sigma, işletme stratejisine bağlılıkta olduğu gibi müşteriler için neyin önemli olduğuyla da ilgilenmelidir. Buradaki önemli konu kritik kalite karakteristiklerinin belirlenmesidir (CTQ). Altı Sigma, diğer TKY girişimleri gibi bütün ürünlere değil tek bir CTQ'ya uygulanan performans hedefi olduğu için farklılık gösterir. Altı Sigma metodolojisinin başlangıç aşamasında CTQ veya müşteri istekleri nicel olarak tanımlanır. Bu müşteri beklentilerini tanımlamada verileri elde etmek için çeşitli teknik (kalite fonksiyon göçerimi) ve araçların kullanıldığı aşamadır. Özellikle müşteri gereksinimlerinin belirsiz, düşsel ve eksik tanımlanmış olduğu bazı durumlarda bu o kadar kolay bir iş değildir. Bu duruma hizmet endüstrisinde imalat şirketlerine nazaran daha sık rastlanır.

### Altı Sigma ve İnsan Kaynakları Arasındaki Bağı Kurmak

Davranışların uzun bir dönemde tamamen değişmesi Altı Sigma amaçlarının bireysel seviyede içselleştirilmesini gerektirir. Bu sonuç için, istenilen davranış ve sonuçların gelişmesine yardımcı olmak için insan kaynakları temelli faaliyetlerin gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Altı Sigma, başarılı seçimler yapmaya yöreklendirdiği ve Altı Sigma projelerinin tamamlanmasında yol gösterdiği için yönetim performansı ve tazminatı için anahtar bir ölçüm oluşturmuştur. Gerçekte, GE şirketinin tümünde bir kişi tüm Altı Sigma eğitimini almadan ve bir proje tamamlamadan terfi edemez. Aynı şekilde, GE'nin genelinde tüm üst yöneticilere verilen ikramiyelerin %40'ı şimdi bu yöneticilerin Altı Sigma hedeflerine ve başarılarına bağlıdır (Henderson ve Evans, 2000).

Altı Sigma ve insan kaynakları arasındaki bağı kurulmasıyla ilgili iki önemli aksiyon şunlardır:

- (1) Yıllık performans değerlendirme formuna özel Altı Sigma bölümünün eklenmesi
- (2) Altı Sigma amaçlarının başarılmaması durumunda yöneticileri ödüllendirmek

### Altı Sigma ve Tedarikçiler Arasındaki Bağı Kurmak

Şirketlerin Altı Sigma'yı şirket duvarlarının ötesine genişletmelerinin bir yolu, Altı Sigma'yı şirketin ürün dağıtımında direk olarak yer alan tedarikçilerle paylaşmaktır. Eğer kültürel değişime tedarikçiler katılmazsa bu şirket bir Altı Sigma şirketi olamaz ( Antony ve Banuelas, 2002).

Geleneksel yaklaşım, düşük maliyetleri korumak için farklı tedarikçilere sahip olmayı destekler, bununla beraber Altı Sigma yaklaşımı, değişkenliği azaltmanın bir yolunun Altı Sigma performans seviyesinde az sayıda tedarikçiyle çalışmak olduğunu savunur (Pande vd. , 2004).

### Altı Sigma İçindeki Araç ve Teknikleri Anlama

Altı Sigma projelerini başarıyla tamamlamak için çalışanların uygun araçlarla güçlendirilmeli gerekir. Altı Sigma eğitimi sırasında, çalışanlar takım araçları, süreç araçları ve istatistiksel araçlar olarak ayrılmış araç ve tekniklerin üç ana grubunu öğrenir. Takım ve süreç araçları takımla birlikte Altı Sigma proje liderini liderlik ve projenin sürdürülmesi için gerekli diğer beceriler konusunda hazırlar. Bu araçlar ayrıca proje liderinin daha geniş bir proje takımı kurmasına da olanak sağlar. İstatistiksel araçlar ise değişkenliğin olası nedenlerinin tanımlanmasına, değişkenliğin ve kusurların azaltılmasına yardımcı olur (Henderson ve Evans, 2000).

Metodolojiler organizasyondan organizasyona farklılık gösterdiği için standart bir metodoloji yoktur ve organizasyonlar kendileri için uygulanabilir en uygun araç ve teknikleri seçebilmelidirler (Pande vd. , 2004). Altı Sigma'ya göre aşağıda listelenen iki farklı metodoloji vardır:

- a) DMAIC olarak bilinen problem çözme metodolojisi (D: tanımla, M: ölç, A: analiz et, C: kontrol et)
- b) Altı Sigma için tasarım olarak bilinen ve tanımla, ölç, analiz et, tasarla ve doğrula aşamalarından oluşan önleyici metodolojidir (DMADV).

Bu iki Altı Sigma metodolojisi güçlü istatistik temeline dayanır; bununla beraber, çoğu durumda, ileri istatistiksel tekniklere gerek duyulmaz. Birçok durumda bilinen yedi kalite aracının temel istatistiksel süreç kontrolüyle (koşu kartı, kontrol kartı vb...) ve diğer istatistiksel metotlarla (hipotez testi, ANOVA, ANOM vb...) birleşimi yeterlidir (Coronado ve Antony, 2002). Altı Sigma konusunda tecrübeli kişilerin projelerin takibi ve ilerlemesindeki yardımı çok önemlidir.

### Proje Yönetim Becerileri

Altı Sigma uygulamasının diğer bir anahtar elemanı da proje liderlerinin bazı ana proje yönetimi becerilerine sahip olmasıdır. Daha önce kara kuşak eğitiminde

bahsedildiği gibi katılımcılara proje yönetim becerilerini içeren takım araçları öğretilmelidir. Birçok proje zayıf yönetim becerileri, gündem oluşturma, temel kuralları belirleme ve sürdürme, toplantılara katılanların rollerine ve sorumluluklarına karar verme veya istenmeyen kolaylaştırıcı davranışlar nedeniyle başarısız olur (Coronado ve Antony, 2002).

Proje yöneticileri, şampiyonlar, kara ve yeşil kuşaklar proje yönetiminin, zamanın, kalite maliyetinin anahtar elemanlarını düşünmelidirler. Bunların tanımlanması takıma, kısa zamanda ilerleme kaydedebilme, en düşük maliyette ve gerekli ihtiyaçları karşılayabilme için gerekli kaynakları ve amacı sağlar.

### Proje Önceliklendirilmesi ve Seçimi

Altı Sigma proje temelli bir metodoloji olduğu için, organizasyonlara maksimum kazanç sağlayan projelerin önceliklendirmesini esas alır. Projeler seçilirken onların amacını ve kısıtlarını tanımlamak, takımın neler üzerinde çalışması veya çalışmaması gerektiğini göstermesi açısından önemlidir. Ayrıca, proje amaçları ve hedefleri müşterilerden gelen kritik kalite gereksinimlerini yansıtmalıdır. Genellikle seçilen proje tipleri kalite, işlem hacmi, çevrim zamanı ve kazanç gibi rekabet avantajı üzerinde büyük etkiler yaratacak olan projelerdir. Diğer önemli projeler geleneksel anlayışla çözülemeyen problemlerin çözümlerini içerir (Ingle ve Roe, 2001).

GE'ye göre başarılı projeler güvenilir süreçlerin temelini oluşturur. Bir kişi iki projeyi tamamlamadan kara kuşak olamaz. Projenin seçimi yukarıdan aşağı bir süreçtir. Organizasyonun işletme hedeflerine ve amaçlarına sıkıca bağlı olan projeler işletme yönetimi tarafından seçilir (Ingle ve Roe, 2001).

Harry ve Schroeder(2000)'e göre proje seçimi için birçok kriter vardır (Coronado ve Antony, 2002):

- ✓ DPMO
- ✓ Net maliyet tasarrufu
- ✓ Kapasite
- ✓ Döngü zamanı
- ✓ Müşteri memnuniyeti
- ✓ Dâhili performans

Pande vd., (2004) ise proje seçim kriteri için aşağıdaki üç genel kategoriye belirlemiştir.

(1) İşletme kazanç kriteri

- o Dış müşteri ihtiyaçlarını karşılamadaki etki
- o Finansal etki
- o İç yeterlilikteki etki

(2) Uygulanabilirlik kriteri

- o Gerekli kaynaklar
- o Karmaşıklık
- o Uzmanlık

(3) Organizasyonel etki kriteri

- o Çapraz fonksiyonel kazançlar
- o Kazançların öğrenilmesi, iş, müşteri ve süreçler hakkında yeni bilgi kazanımı

Coronado ve Antony (2002)'in belirlediği bu kritik başarı faktörlerinin üretim ve hizmet organizasyonlarındaki sırası ve önceliğini öğrenmek oldukça önemlidir. Kritik başarı faktörlerinin ilişkili ağırlıklandırmaları insanların Altı Sigma süreç başarısı için hangi bileşenlerin gerekli hangilerinin önemsiz olduğunu gösterir. Ayrıca bu organizasyondaki insanların Altı Sigma uygulaması sürecini daha iyi anlama kazancını da sağlar.

Antony ve Banuelas (2002)'ın İngiltere'de yaptığı bir pilot uygulama sonuçlarına göre Altı Sigma için yönetim taahhüdü ve katılımı en önemli bileşendir ve Altı Sigma'nın çalışanla bağlantısı (insan kaynakları) en az önemli bileşendir. Anahtar bileşenlerin önemlilik seviyelerinin azdan çoğa sıralaması aşağıdaki gibidir:

- (1) Yönetim taahhüdü ve katılımı
- (2) Altı Sigma metodolojisinin, araçların ve tekniklerin anlaşılması
- (3) Altı Sigma ve işletme stratejisi arasındaki bağı kurmak
- (4) Altı Sigma'nın ve müşteriler arasındaki bağı kurmak
- (5) Proje seçimi gözden geçirmesi ve takibi
- (6) Organizasyonun altyapısı
- (7) Kültürel değişim
- (8) Proje yönetim becerileri
- (9) Altı Sigma ile tedarikçi arasındaki bağı kurmak
- (10) Eğitim
- (11) Altı sigma ve insan kaynakları arasındaki bağı kurmak

### **1.6.TKY, Kalite Yönetim Sistemleri Ve Altı Sigma Arasındaki Benzerlikler Ve Farklılıklar**

Geçmişte, birçok girişimci süreç ve üretim kalitesini sağlamak için kalite yönetim sistemlerini ve TKY'yi uygulamışlardır. Altı Sigma yaklaşımı ile kalite yönetim sistemlerinin ve TKY arasındaki bağlantıyı göstermek için her bir yaklaşımın zayıf ve güçlü yanları gösterilmelidir. Ardından Altı Sigma, kalite yönetim sistemleri ve TKY'yle karşılaştırılmalıdır.

#### **TKY'nin Güçlü Yönleri**

TKY'nin olası kazançlarını değerlendirmek için birçok yaklaşım vardır. Tarihsel olarak, kalitenin kazançlarını ölçmek için en yaygın yollardan biri kötü kalitenin tahmin edilmesidir. Günümüzde TKY'nin amaçlarından biri olan müşteri

memnuniyeti parasal kazanç getirmesinin yanında pazar değerlerini de pozitif yönde etkiler (Anderson vd., 2006).

Genel Muhasebe Ofisi (GAO)'in yaptığı araştırma sonuçlarına göre TKY uygulamaları sonucu aşağıdaki faydalar elde edilmiştir (Anderson vd., 2006):

- o Daha iyi müşteri ilişkileri
- o İyileştirilmiş işletme prosedürleri
- o Daha çok müşteri memnuniyeti
- o Artan pazar payı ve verimlilik

### TKY'nin Zayıf Yönleri

Harari (1997) danışmanlık firmaları tarafında yürütülen bağımsız araştırma sonuçlarını incelemiş ve Amerika'daki ve Avrupa'daki sadece beşte bir veya en iyi olarak üçte bir şirketin kalitede, verimlilikte, rekabetçilikte ve finansal sonuçlarda önemli veya elle tutulur iyileştirmeler sağladığı sonucuna varmıştır (Anderson vd., 2006). Bu başarısızlıklar TKY'nin belirsiz tanımlanmasından kaynaklanmaktadır.

Pande vd. (2004) TKY'nin hataları şu şekilde açıklamıştır:

- o Kalitenin sık sık, şirket stratejisi ve performansının temel konularından farklı bir yan etkinlik gibi görülmesi
- o Toplam kalite kavramının telaffuz edilmesine karşın, çabaların yalnızca ürün ve üretim departmanlarıyla sınırlı kalması
- o Üst düzey yönetimlerin kuşkuculuğu ya da kalite fikrini geliştirme konusundaki isteksizliği
- o TKY tanımındaki kavram bulanıklığı
- o Aşırı titizlik ve teknik katılık
- o Bütün organizasyona yayılmış toplam kalite kavramının sadece lafta kalması



- o Toplam tanımlamasına karşın, kalite iyileştirme çabalarının pek çoğunun yalnızca üretim süreçlerine eğilmesi, hizmet, lojistik, pazarlama ya da eşdeğer öneme sahip diğer yaşamsal alanlara önem verilmemesi.

### Altı Sigmanın Güçlü Yönleri

Bazı Altı Sigma kavramları ve araçları sürekli kalite geliştirmede kullanılanlara benzer olsa da Altı Sigma ile aşağıdaki noktalar vurgulanıyor:

- o Müşteri ppm'leri, başarı ve performans kriterleri
- o Yönetimin, müşteri etkinliğini sağlamaya yönelik stratejik karar ve desteğinin başlangıç noktası olması
- o Yoğun veri analizini şart koşması
  - İyi istatistik bilgisi gerektirir
  - İstatistiksel tekniklerin etkili uygulanması gerekir

Altı Sigma kavramının ve ona yardımcı metotların kullanımının birçok faydası vardır(Rath ve Strong, 2004):

- o Performans gelişimini takip edebilmek için ölçülebilir yol olması
- o Tüm organizasyon seviyelerinde süreç yönetimine dikkatleri çekmesi
- o Kusurların adreslenmesi ile müşteri ilişkilerinin gelişmesi
- o Müşteri ihtiyaçları ile birlikte süreçlerin yeterliliği ve etkinliğinin geliştirilmesi

Sürecin ölçülebilir takibi ile hangi değişikliklerin işe yaradığı ve hangilerinin işe yaramadığı bilgisine ulaşılır. Bu ayrıca anlamlı gelişimleri hızlandırır. Sürece odaklanması ve kusurların tanımlanması sigma seviyesinin hesaplanmasını sağlar, süreci müşteri ihtiyaçlarına göre ele alma ise daha fazla müşteri sadakati ve müşteri tutmayı sağlar. Müşteriler ve ihtiyaçları ile yakın ilişkide olmak gelişim için ve ürün ve servisin çoğaltılması için yeni fikirlerin geliştirilmesini kolaylaştırır. Pande vd. (2004)'e göre Altı Sigma'nın başarı faktörleri ve faydaları aşağıdaki gibidir:

- o Proje seçimi için müşteri odaklılık
- o Sınırlı süre çerçevesinde projelerin fizibilitesinin yapılabilmesi
- o Karlılığın sonuçlarının değerlendirilmesi
- o Hedeflerde ve sonuçların kontrolünde anlaşma
- o Gerekli iş süreçlerine odaklanma
- o Uygun araç setlerinin uygulanması
- o Çalışan ve kaynakların sağlanması

Altı Sigma'nın en görünür yararlarından biri de firmalar üzerinde yarattığı pozitif finansal etkidir. Örneğin, Volvo, 2000-2002 döneminde Altı Sigma sayesinde 55 milyon €'luk bir kazanç sağladığını iddia etmiştir (Anderson vd., 2006).

#### Altı Sigmanın Zayıf Yönleri

Pfiefer (2004) Altı Sigma'nın şu kısıtları olduğunu savunmaktadır:

- o USA ile karşılaştırıldığında, Avrupa'daki organizasyonlar daha yüksek personel maliyeti, enerji tasarrufu yapmak zorundalar, bu yüzden süreçlerin optimizasyonu uzun yıllar sürebilir.
- o Altı Sigma projeleri doğal olarak yüksek standart ve maliyetlere ihtiyaç duyar.
- o Projelerin tanımlanması ve değerlendirilmesi için standartlar kullanılırsa ölçümlerin parasal maliyeti nedeniyle bütün projelerin değerlendirilmesi yapılamaz.
- o Altı Sigma sadece belirlenmiş kalite stratejilerine ve sürekli iyileştirme süreçlerine odaklıdır, bunu diğer tüm mevcut girişim yaklaşımlarına entegre etmek ve bunları eş zamanlı olarak uygulamak yararlı olur (hedeflerin tanımlanması için EFQM modeli ve Balanced Scorecard).

Gelecek araştırmaları için fırsatlar oluşturan Altı Sigma kısıtlarından bazıları aşağıdadır (Antony, 2004):

- o Başlamak için hiçbir verinin bulunmadığı süreçlerdeki kalite verilerini elde etme güçlüğü
- o Verilerden elde edilen çözümün çok pahalı olduğu gibi bazı durumlarda çözümün sadece küçük bir bölümünün uygulanması
- o Projelerin önceliklendirilmesi için çok az güçlü aracın mevcut olması
- o Dinamik pazar taleplerinden dolayı bugünün kritik kalite karakteristikleri gelecekte anlamlı olmayabilir
- o Kara ve yeşil kuşakların sertifikasyon sürecinde standart bir prosedürün olmaması

Altı Sigma'yı uzun dönemde kullanışlı kılmak için, işletme liderleri Altı Sigma modeline 2 ilave faktörü dâhil etmelidir. Birincisi, makro seviyedeki görüşleri ve gözden geçirmeleri sağladığı gibi, CTQ'lara karar verilmesi ve iyileştirilmesinde uygun sınırların çizilmesine ve bütünleşmiş bir yaklaşım için olası uyumsuz CTQ'ları birleştirmeye yardım eden "Sistem Bakış Açısı"dır. Örneğin, Sistem analizi, Altı Sigma projesinin belirli bir tezgâh operasyonundaki kusursuzluk ve müşteri memnuniyeti belirlemesinden önce, çeşitli tezgâh tiplerinin standart operasyonel prosedürlerini yenileme ihtiyacını açığa vurabilir.

İkincisi, dinamik pazar taleplerini yönetmek, yeni yaşam tarzlarını tahmin etmek, teknolojik yenilikleri yakalamak, hatta yaratıcılık ve girişimcilik alanlarındaki değişiklikleri senaryo planlamanın güçlü bileşeni aracılığıyla önceden sezmek için kullanılan "Stratejik Analiz"dir (Goh ve Xie, 2004).

#### *Kalite Yönetim Sistemlerinin Güçlü Yönleri*

- o Kalite yönetim sistemleri ürün kalitesinin artmasına yardımcı olur, organizasyonlara daha yüksek kalitede süreçleri başarabilme yolları sağlar. Bunun direk sonucu olarak, müşteri tatmini artar (Pfeifer vd. , 2004).
- o Kalite yönetim sistemlerinin gelişimi standartların kullanımıyla desteklenmiştir. (Pfeifer vd. , 2004).

Dünya çapında en popüler ve bilinen kalite yönetim sistemi standartları ISO 9000 ailesi standartlarıdır. 2001 yılı sonunda 161 ülkede en az 510616 ISO sertifikası verilmiştir (International Organization for Standardization, 2002). Bunun yayılmasının en önemli sebebi ISO 9000 standartlarının farklı büyüklük ve tanımlamalardaki organizasyonlar için uygulanabilir olmasıdır.

ISO 9000 ailesi standartları 1987’de yayınlanmıştır, 1994’te ve en son 2000 Aralıkta revize edilmiştir. Revize edilen ISO9000:2000 standardı müşteri odaklılık, liderlik, çalışanların bağlılığı, süreç yaklaşımı, yönetimde sistem yaklaşımı, sürekli iyileşme, karar vermede gerçeklere dayanma, ortak kazançlı tedarikçi ilişkileri olmak üzere sekiz kalite yönetim prensibine dayanır (ISO 9000,2000). ISO 9000’in yararlarını şu şekilde sıralayabiliriz (Douglas vd., 2003):

- o Müşterilerin ISO 9000’e sahip firmaları daha etkili ve daha iyi organize olmuş olarak algılamaları nedeniyle pazar fırsatlarını artırır
- o Maliyetleri azaltır
- o Tedarikçilerin gözünde firmaların ününün artmasını sağlar
- o İsrafı azaltır
- o Artan müşteri memnuniyeti sayesinde daha etkili rekabet edilmesini sağlar
- o Kazanç marjlarını artırır

#### *Kalite Yönetim Sistemlerinin Zayıf Yönleri*

Fraunhofer-Institute tarafından Üretim Teknolojileri için yapılan ve 423 Alman yatırımcı üreticinin katıldığı kaliteyle ilgili bir araştırmada kalite yönetim sistemlerinin “ dezavantajları” nın analizi aşağıdakileri göstermiştir (Pfieffer vd. , 2004):

- o Dokümantasyon ve yönetim için çok yüksek çaba
- o Maliyetler
- o Zaman

- o Sabit sistem

Sadece denetlemeyle yapılan kalite kalite değildir. Bunun yanında standart gereksiz bir evrak işini de beraberinde getirir. Ayrıca dokümante edilmiş kalite yönetim sistemlerinin uygulanması ve yürütülmesi maliyetli ve zaman alıcıdır. Bir kalite yönetim sistemini kurmak ve yürütmek için kesin ne kadar maliyet gerektiği üzerine deneysel veriler çok azdır. Bir diğer kısıtlama da standardın çok genel alınması ve endüstriye özel olmamasıdır (Douglas vd, 2003).

Sürekli süreç iyileştirmesi gereklidir ancak bu sadece iç tetkikler ile yönetilemez. Kalite yönetim sistemlerinin tetkiki ile ilgili olan ISO 19011(2002) bile geniş olarak “tetkik etkinliği” ya da “tetkik için kalite garantisi” konularından bahsetmemiştir (Beckmerhagen vd. , 2004).

**Tablo 3.** Altı Sigma ve TKY'nin Karşılaştırılması

<b>Kavramlar</b>	<b>TKY</b>	<b>Altı Sigma</b>
<b>Orijin</b>	Japonya'daki kalite evrimi	Japonya'daki ve Motorola'daki kalite evrimi
<b>Teori</b>	Müşteri odaklı	Sıfır kusur
<b>Süreç bakışı</b>	Süreçleri iyileştirme ve devamlılığını sağlama	Değişkenliği azaltma ve süreçleri iyileştirme
<b>Yaklaşım</b>	Herkesin katılımı	Proje yönetimi
<b>Metodolojiler</b>	Planla, uygula, kontrol et, önlem al	Tanımla, ölç, analiz et, iyileştir(tasarla), kontrol et(doğrula)
<b>Araçlar</b>	Analitik ve istatistiksel araçlar	İleri derecede istatistiksel ve analitik araçlar
<b>Birincil Etkiler</b>	Müşteri memnuniyetini arttırmak	Para kazanmak
<b>İkincil Etkiler</b>	Müşteri sadakatini elde etmek ve performansı iyileştirmek	İşletme hedeflerine ulaşmak ve finansal performansı iyileştirmek
<b>Eleştiriler</b>	Somut iyileştirmeler yok, belirsiz fikirler	Herkesi içermiyor, müşteri memnuniyetini iyileştirmiyor, sistem bakış açısına sahip değil

(Kaynak: Anderson vd. , 2006)

**Tablo 4.** Altı Sigma ve Kalite Yönetim Sistemlerinin Karşılaştırılması

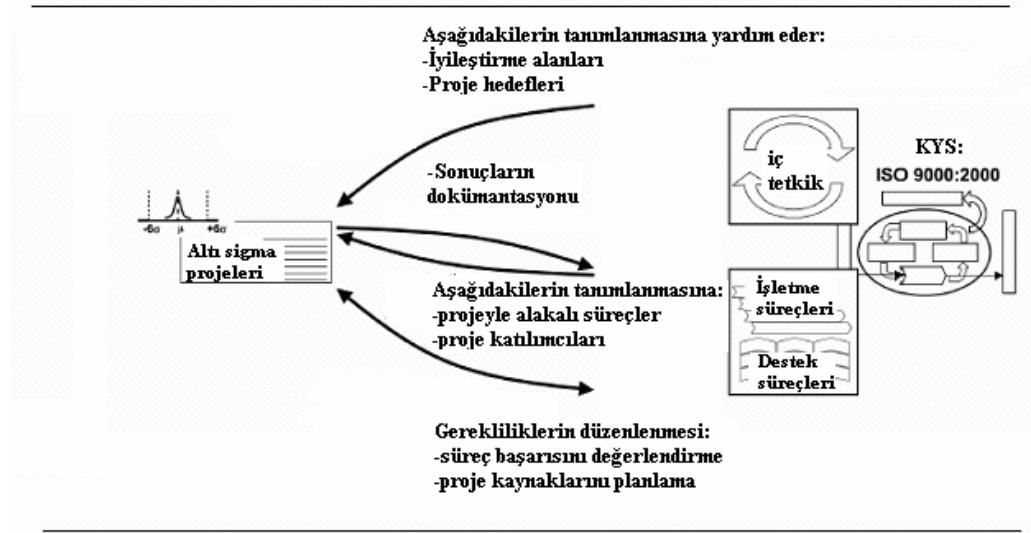
	<b>Altı Sigma</b>	<b>Kalite Yönetim Sistemleri</b>
<b>Hedef</b>	Müşteri tatmini ile parasal kazanç	Yüksek kaliteli ürünler ile müşteri tatmini
<b>Strateji</b>	Tüm işletme süreçlerinde yüksek kalite seviyesi/düşük kusur oranı	Standardın gerekliliklerine göre iş süreçlerinin düzenlenmesi
<b>Yönetim</b>	Taahhüt ve proje için açık hedefler, hedefler için organizasyonel yapının tasarımı	Yönetim sorumluluklarının listelenmesi
<b>Organizasyon</b>	Süreç sahipleri(yeşil kuşaklar); Proje yöneticileri(kara kuşaklar)	Süreç sahipleri; Yönetim temsilcisi (KYS'den sorumlu)
<b>Önemsenen kaynaklar</b>	Proje için gerekli kaynaklar (temelde insan kaynakları)	İnsan kaynakları, altyapı ve iş çevresi
<b>Eğitim</b>	Organizasyondaki tüm alanlarında	Gerekli fakat açıkça belirtilmemiş
<b>Proje yönetimi</b>	DMAIC/DMADV(sürekli iyileştirme yaklaşımı)	PDCA(sürekli iyileştirme modeli, gönüllü olarak)
<b>Süreç yaklaşımı</b>	SIPOC (tek süreçlerin tanımlanması yaklaşımı)	Süreç tabanlı KYS modeli
<b>Yöntemler</b>	Belirlenmiş araç seti	Belirli değil
<b>Dokümantasyon</b>	Belirli değil	İhtiyaçların listelenmesi

(Kaynak: Pfiefer vd. , 2004)

## Altı Sigma ve KYS'nin Sistematik Entegrasyonu

Altı Sigma ve kalite yönetim sistemi yaklaşımlarının etkin entegrasyonuna ulaşmak için (Şekil 1 ) şunlar belirlenmelidir:

- o Bilgi kaynağı olarak KYS ile hangi kazançlar sağlanır?
- o Altı sigma yaklaşımının dokümantasyonu ve sonuçlarıyla hangi kazançlar sağlanır?



**Şekil 1.** Altı Sigma ve Kalite Yönetim Sisteminin Entegrasyonu

(Kaynak: Pfiefer vd. , 2004)

### ❖ Süreç Analizi

Özellikle karmaşık projelerde, tüm ilişkili süreçler ilk önce belirlenmeli ve bunların ilişkileri analiz edilmelidir. Bu amaçla Altı Sigma SIPOC modelini talep etmektedir. KYS'inde dokümente edilmiş iş süreçleri çoğunlukla istenilen girdileri sağlar. Proses haritaları süreçlerin etkileşimlerini göstermek için analitik sistem sunar.



#### ❖ İyileştirme Alanlarının Belirlenmesi

İyileştirme alanları belirlenirken bu iki farklı yaklaşım eş zamanlı uygulanmalıdır: proje yöneticileri tarafından (kara kuşak) en kazançlı projeler için araştırmalar yapılırken, süreç sahipleri (yeşil kuşak) de iyileştirme potansiyellerini sürekli ve sistematik olarak belirlenmelidir.

#### ❖ Proje ve Süreç Hedeflerinin Uygunluğu

Süreç haritaları kullanılarak süreçler belirlendikten sonra, KYS'de belirtilen süreç hedefleri ile planlanan Altı Sigma süreç hedefleri karşılaştırılmalıdır. Mesela üretim ve lojistik gibi ilişkili süreçlerdeki modifikasyonların etkisi kolaylıkla belirlenebilir. Süreç maliyet hesaplamalarının uygulanmasıyla modifikasyonların finansal etkileri de tahmin edilebilir.

#### ❖ Proje Katılımcılarının Seçimi

Altı Sigma projesinde gerekli katılımcıların seçimi ilişkili süreçler incelenerek yapılmalıdır. Departmanlar, bunların fonksiyon ve süreçteki sorumlulukları KYS dokümantasyonunda belirlenmiş olmalıdır. Katılımcıların projenin taleplerini yerine getirmek için ihtiyaç duyduğu bilgiler spesifik proje konularındaki gibi sistemde tanımlanarak tahmin edilebilir. İhtiyaç duyulan bilgi farklı çalışanların nitelikleriyle karşılaştırılarak, proje konularının başarılması için en yetenekli katılımcılar sistematik bir şekilde elde edilir. Çalışanların çeşitliliği için nitelik matrisi gibi araçlar karar vermeye yardımcıdır.

#### ❖ Proje Kaynaklarının Planlaması

Tüm alanlardaki Altı Sigma projelerinde organizasyonel ön koşulların garantisi için kaynakların planlanmasında tutarlı işlemler tanımlanmalıdır. Bu öncelikle çalışanların seçimini ve onların gelişmiş eğitimlerini etkiler.

#### ❖ Proje Değerlendirme Ölçülerinin Standardizasyonu

Proje hedeflerinin ve kontrollerinin tanımlanması için tutarlı bir yöntem belirlenmelidir. Bu Altı Sigma projelerinin değerlendirilmesi için benzer standartların her zaman uygulanmasını sağlar. Bu bir taraftan, parasal sonuçların değerlendirilmesiyle ilgilidir. Tüm bağımlı süreçlerde finansal etkiler garantiye alınmalıdır. Diğer taraftan, müşteri tatminindeki ya da şikâyetlerin etkisindeki değişim gibi parasal ölçek ile değerlendirilemeyen sonuçların nasıl ele alınacağı tanımlanmalıdır. Operasyonel proje hedeflerinin tanımlanması için sigma seviyesinin hangi koşullar altında ve hangi süreçlerde belirlenmesinin uygun olduğuna karar verilmelidir.

#### ❖ Sonuçların Dokümantasyonu

Proje sonuçları sistematik olarak dokümente edilmelidir, böylece sonraki projeler için tüm organizasyondaki mevcudiyeti devam eder. KYS süreçle ilişkili dokümantasyon için süreç akış şemaları, sistem prosedürleri, iş talimatları gibi araç gereçler sağlar (Douglas vd., 2003).

#### ❖ Hedeflenen Nitelikler

Eğitimler, proje metodolojisine rehberlik eden uzmanların (kara kuşak) niteliklerine odaklı olmalıdır. Süreç sahiplerinin (yeşil kuşak) eğitimi mümkün olduğu kadar sürdürülmelidir. Çalışanlar, projeye katılım için temel yeteneklere sahip olmalı ve proje denetimleri sırasında iyileştirme potansiyellerini belirleyebilmelidir. Ürün ve üretim teknolojilerinin geliştirilmesi için kapsamlı istatistiksel analizlere ve deney tasarımına ihtiyaç duyulur. Bu farklı ihtiyaçlar kara ve yeşil kuşakların eğitim programlarında göz önünde bulundurulmalıdır. Altı Sigma projesinde ele alınacak konular belirlendikten sonra, KYS'de önceden dokümente edilen bu konular ilişkili süreçlerdeki fonksiyonlara atanmalıdır.

Altı Sigma ve KYS'nin sistematik entegrasyonun birçok avantajı vardır. Bunlar (Pfieffer vd. , 2004):

- o Konuyla en alakalı alanların belirlenmesinde etkin kazançlar sağlanması
- o Proje ve süreç hedeflerinin güvence altına alınması ve böylece Altı Sigma projesinin güçlendirilmesi
- o En yetenekli proje katılımcılarının seçimi ve eğitim çabasının minimize edilmesi
- o Standart ölçüm ve prosedürler kullanılarak projenin yürütülmesi için organizasyonel ihtiyaçların yerine getirilmesi
- o İyi yapılanmış dokümantasyonun kolaylaştırması ile proje deneyimlerinin artırılması
- o Altı Sigma'nın asıl güçlüklerinin desteklenmesi ve KYS'nin kazançları ve kabul edilirliliğinin artması

### **1.7. Altı Sigma'nın Gerçek Yararları**

Altı Sigma organizasyondaki finansal dönüşün üzerinde durur. Aşağıda Motorola, Allied Signal, General Electric, Black&Decker'in Altı Sigma uygulamalarından elde ettikleri gerçek faydalar görülmektedir (Caulcutt, 2001).

#### Motorola (1987 – 1994 )

- o Süreç kusur seviyesi faktör bazında 200 azaldı
- o Üretim maliyeti 1,4 milyar dolar azaldı
- o Paydaşların payı 4 kat arttı

#### Allied Signal (1992 – 1998 )

- o Yeni ürün başlangıç zamanı 16 % azaldı
- o Üretim maliyeti 1 milyar dolardan fazla azaldı

### General Electric(1995 – 1999 )

GE'nin 1998'e ait yıllık raporunda, şirket genelinde 1 milyar doların üzerinde kazanç sağlandığı açıkça görülmektedir: “ ... Altı Sigma çalışmalarına, üç yıl önce başladık. Bu çalışmaya, milyar dolardan daha fazlasını yatırdık, ama finansal geri dönüşler şimdi yatırımların birkaç katıdır. 1998'de yatırımlarımızın, bir milyar doların üç çeyreğinden fazla, 1999'da ise son on yılda elde edilen kazançtan daha fazla olan bir buçuk milyarlık bir tasarruf sağlanmıştır.”

### Black&Decker (1998-1999)

Black&Decker 'in 1999'daki yıllık raporuna göre: “1998'in sonlarında Altı Sigma strateji ve ölçümlerini dünya çapında koordine etmeye başlamamızla birlikte, deneyimlerimiz açıkça gösteriyor ki, verimlilikteki iyileştirmeler, ürün kalitesi, müşteri memnuniyeti, daha tasarruflu para harcama ve bütün birleşmiş karlar bakımından potansiyel faydalar çok büyüktür...”

“1999'da, Altı Sigma'nın sağladığı tasarruf 30 milyon dolardan fazladır; 2000'de ise bu miktarın iki katı kadar olmasını bekliyoruz ve çabalarımızı bu yönde yoğunlaştırdık.”

## **1.8. Küçük Ve Orta Ölçekli İşletmeler (KOBİ) İçin Altı Sigma**

Büyük şirketlerde ortaya çıkan Altı Sigma, şirketlerin gelişimi, ürün ve süreç performansının iyileştirilmesi için kullanılan en geniş yaklaşımlardan biri olmuştur. Günümüzün rekabetçi çevresinde, Altı Sigma KOBİ'ler için de gittikçe önemli hale gelmiştir. Çünkü büyük şirketlerin başarıları, tedarikçilerden (genellikle KOBİ) alınan yüksek kaliteli ürün ve hizmetlere bağlıdır. Bu nedenle, büyük organizasyonların, tedarikçilerini iyi kalite yönetim yaklaşımlarını kullanmaları için yöreklendirmeleri gerekmektedir.

Kalite geliştiren yaklaşımlarının KOBİ'lerde etkin bir şekilde uygulanıp uygulanamayacağı ile ilgili çok fazla tartışma vardır. Thomas ve Barton (2005)'e göre KOBİ'lerin üretim operasyonlarının karmaşıklığı ve özgünlüğü kalite sistemlerinin başlangıç sürecinin uygulanmasını engellemektedir. Avustralya'daki KOBİ'lerde yapılan çalışma sonuçları da benzer problemleri tanımlamış ve KOBİ'lerin yeteneğini etkileyen konuların tanımlanması gerektiği sonucuna varılmıştır. Altı Sigma'nın uygulanabilmesi için ana konu, KOBİ'lerin geniş bir bölümü için uygun olan fakat çok genel olmayan titiz bir modelin oluşturulmasıdır. Bu stratejik çerçevenin tanımlanması için aşağıdaki hedeflerin tanımlanması gerekmektedir (Thomas ve Barton, 2005):

- o KOBİ'lerin özel konularını sıraya koyan ve bütün KOBİ tipleriyle ilişkili olan maliyet avantajlı bir yaklaşım
- o Modelin KOBİ'lerin stratejik ve operasyonel çerçevesiyle bütünleşmesine veren bir sistem
- o KOBİ'lere en iyi uyan ve kritik kalite karakteristikleri ile ilgili problemlere direk olarak etki eden özel kalite metot ve tekniklerini adapte edebilen bir model

Ghobadian ve Gallear (1997)'a göre: “Crosby, Juran, Deming ve Feigenbaum gibi kalite gurularının yayımlanan çalışmaları onların büyük şirketlerdeki tecrübelerini yansıtır”. Ne yazık ki, KOBİ'lere odaklanan mevcut bir Altı Sigma araştırması yoktur. Altı Sigma yaklaşımı KOBİ'lerin büyük çoğunluğu tarafından bilinmemekte ya da KOBİ'ler kendi organizasyonlarının Altı Sigma'nın özel gereksinimlerini karşılamak için uygun olmadığını düşünmektedirler.

Bununla birlikte, Yusof ve Aspinwall (2000), birçok küçük şirketin, sürekli iyileşme çalışmalarını izlemek yerine kalite yolculuğunu terk ettiğini iddia ediyorlar. Onara göre: “Küçük işletmeler kalite sisteminin ötesine gitme gerekliliğini anlamalı ve toplam kalite yaklaşımı ile ilgili çalışmalıdırlar”.

### 1.8.1. KOBİ Gereklilikleri, Kısıtlamaları ve Koşulları

Avrupa Komisyonu, 1996 yılından itibaren, 10 ila 249 çalışanı olan şirketleri KOBİ'ler olarak tanımlamıştır. KOBİ sayılabilmenin ikinci kriteri ise yıllık cironun 50 milyon Euro'dan veya toplam yıllık bakiyenin 43 milyon Euro'dan az olmasıdır (Wessel ve Burcher, 2004).

KOBİ'lerin özel gereksinimlerini anlayabilmek için Ghobadian ve Gallear (1997) tarafından önemli bir çalışma yapılmıştır. Bu araştırmalarda, TKY ile ilgili avantaj ve dezavantajlarına göre, İngiltere'deki büyük şirketlerin KOBİ'lere karşı gereklilikleri ve karakteristikleri tayin edilmiştir. Ghobadian ve Gallear, etkili ve açık iletişim kanalları, üst yönetimin görülebilir olması ve böylece liderliğin örnek ile sağlanması, değişime karşı düşük direnç, çalışanların kalite için doğal bir sorumluluk taşıması, yönlendirilmiş kişiler, şirket çapında farkındalık, fonksiyonel bütünleşme ve yenilikçilik gibi faktörlerin KOBİ'lerdeki eşsiz avantajlarını görmüşlerdir. Bununla beraber, kaynak yetersizliği, zaman ve personel sıkıntısı ve KOBİ'ler arasındaki düşük etkileşim KOBİ'lerin en büyük dezavantajları arasında yer almaktadır. KOBİ'ler ayrıca işletmenin bölünmez elemanları olarak bilinen kalite, üretkenlik ve maliyet düşürme ile ilgili yapılan sürekli çalışmalarda olduğu gibi süreç yönlendirmesi, eğitim giderleri ve standart ve amaçlarla ilgili konularda da bazı dezavantajlarla karşı karşıya gelirler.

Diğer yazarlar da Ghobadian ve Gallear'ın bulgularını destekliyor. Örneğin, Thomas ve Barton (2005)'e göre, küçük şirketlerin kaynak sıkıntısı vardır. Bu nedenle, maliyetin en etkili biçimde kullanıldığı Altı Sigma projeleri seçilmeli ve proje bittikten hemen sonra başlangıçtaki proje maliyeti hemen telafi edilmelidir. Ayrıca, küçük şirketlerdeki yönetimin istatistiksel araçların kullanımı ile ilgili yeterli teorik bilgiye sahip olmaması, problemlerin çözümünde istatistiksel araçların kullanımını engellemektedir. Yusof ve Aspinwall (2000), KOBİ'lerin avantajlarını ve dezavantajlarını şu şekilde sıralıyor:

- o Avantajlar: Yönetimin liderliği, hızlı iletişim hattı, hızlı karar verme süreci, basit bir sistem, çalışanların sorumluluk sahibi olması, çalışanlar arasında iyi iletişim olması, müşteriden gelen acil geribildirimler.
- o Dezavantajlar: Değişim girişimleri için gerekli uzmanların, uygun bir sistemin, eğitim bütçesi gibi finansal desteğin, strateji ve hedeflerin eksikliği, kısa dönemli hedeflere odaklanması.

Wessel ve Burcher (2004), KOBİ'lerde strateji formulasyonunun ve stratejilerin operasyonlarla ilişkilendirilmesinin çok dinamik bir süreç olduğunu ve KOBİ'lerin TKY uygulamalarındaki potansiyel avantajın doğal görünürlük ve yöneticilerin katılımı olduğunu savunur. Onlara göre, eğer yönetim TKY'yi taahhüt ederse ve girişimi başlatırsa, çalışanların TKY'nin önemi hakkında net olması daha kolaylaşır.

KOBİ'lerin özel müşterilere olan geleneksel sadakati, müşteriler tarafından görülebilen iyileştirme çabalarını destekler. Altı Sigma, müşterinin sesi verilerini güvenilir yollarla toplamasına, bunları ürün ve hizmet gerekliliğini tespit etmek için kalite açısından kritikliğe dönüştürülmesine bağlıdır. Anahtar müşteriler ile olan bu yakın ilişki ve yüksek iletişim derecesi, büyük şirketlerin tersine, KOBİ'lere önemli avantajlar sağlar. Bununla beraber küçük şirketlerde sistematik bir eğitimin ve çalışanların geliştirilmesinin eksikliği, eğitim ihtiyacının anlaşılması, insan ve finansal kaynak sıkıntısını beraberinde getirdiği için KOBİ'lerin tipik bir zayıflığı olarak ortaya çıkar (McAdams, 2000).

Bununla beraber, inandırıcı ölçümler Altı Sigma'nın anahtar elemanlarıdır. Yusof ve Aspinwall(2000): “ müşteri veri toplama sistemi olmayan küçük şirketlerin, bilginin çoğunun yolda kaybolacağından veya şirket sahibinin kafasında kalacağından, zorluklarla karşılaşacağına dikkat çeker”.

### 1.8.2. Genel bir KOBİ Altı Sigma Kavramı ile İlgili 10 Şart

Altı Sigma'nın küçük organizasyonlarda uygulanabilmesi ve KOBİ çevrelerine yararlı olabilmesi için nasıl değiştirilmesi gerektiği incelenmiş ve Almanya'daki bir grup örnek KOBİ'ye dayanarak şu özel gereksinimler belirlenmiştir (Wessel ve Burcher, 2004):

#### ▪ Faktör 1

Her bir proje şirketin alt hattına olumlu şekilde ve direk olarak katkıda bulunmalı ve projelerdeki baştan sona tüm maliyetler hesaplanmalıdır. Bununla beraber, Altı Sigma programının kendini finanse edebilmesi için başlangıç yatırımının geri ödeme periyodu yaklaşık bir yıl gibi bir süre almaktadır.

#### ▪ Faktör 2

Büyük şirketler, alışlagelmiş olarak proje sonuçlarını 12 ay boyunca izlemektedir. Bu KOBİ çevrelerinde de devam ettirilmelidir. KOBİ'ler izleme çabalarını minimize etmeye eğilimlidirler, ancak yaklaşımın kendini finanse edebilme yeteneğini gösteren kanıtlanmış proje sonuçlarını da talep etmektedirler. Kısa izleme periyotları, ekonomik kazancın doğrulanmasının önemli ölçüde daha zor olduğu anlamına gelir. Bununla beraber, 12 ayı geçen izleme periyotları, diğer etkilerin de eklenmesi nedeniyle sonuçların görülebilirliğini azaltma riskini taşırlar. Bu nedenle, 12 aylık bir izleme periyodu kurulması, projenin izleme çabasını minimize ettiği gibi kendini finanse etmesi için yeterli zamana da sağlayarak, iki gerekliliğe de çözüm bulur.

#### ▪ Faktör 3

KOBİ'ler için hazırlanan Altı Sigma programları, şirket stratejisiyle bağlantılı olarak projelere kaynak ayrılmasını sağlamak için ilk iki faktörü yerine getiren projelere sıkıca odaklanmalıdır. Bu yönetim anlayışının birçok şirket tarafından



istenmesine rağmen yeterince anlaşılmamış olması şirket hedeflerine ulaşmak için gerekli kaynakların sağlanmamasının en önemli sebebidir.

▪ **Faktör 4**

Özel KOBİ ihtiyaçlarına göre ayarlanmış kalite yönetimi araç ve metotlarını içeren fakat büyük şirketlerdekine nazaran daha kısa bir eğitim programı düzenlenmelidir. Atanmış kalite liderleri bu eğitimi almalıdır, fakat büyük şirketlerin aksine iş gücünün kalanının Atı Sigma metot ve araçlarıyla eğitilmesine gerek yoktur. Küçük şirketlerdeki yapı ve problemlerin büyük şirketlere göre daha az karmaşık olduğu söylenebilir. Projelerdeki bu problemler bazen sadece kalite yöneticisinin kendisi veya bir iki katılımcı tarafından çözülebilmektedir.

▪ **Faktör 5**

KOBİlerde, Atı Sigma programının öğelerinden olan kültürel uygulamayı kolaylaştırmak, etkin destek ve katılımı arttırmak ve organizasyonel iyileştirmeyi gerçekleştirmek için bir günlük bilinçlendirme programı düzenlenmelidir. Yeni girişimlerin başarılı kültürel tesisi için temel değişim yönetimi prensiplerinden yararlanılır.

▪ **Faktör 6**

KOBİ organizasyonlarında Atı Sigma rolleri proje liderleriyle kısıtlanmalıdır (Örneğin, KOBİ kara kuşak). İş gücü ve yönetim personelinin geri kalanı sadece farkındalık eğitimine katılmalıdır.

▪ **Faktör 7**

Kültürel uygulamayı desteklemek için detaylı bir Atı Sigma stratejisi, kesin olarak tanımlanmış değişim yönetimi metot ve araçlarıyla birleştirilmeli ve KOBİ'lerin özel ihtiyaçlarına cevap verebilecek öğeler tasarlanmalıdır.

#### ▪ Faktör 8

Süreç yönetiminin temel öğeleri Altı Sigma programına adapte edilmeli ve hedef grubun özel ihtiyaçlarına uyarlanmalıdır. Bu büyük şirketlerde genellikle, projenin tanımlanmasında, kontrol edilmesinde ve sonuçların izlenmesinde önemli bir role sahip olan süreç iyileştirmenin bir parçasıdır.

#### ▪ Faktör 9

KOBİ'ler büyük şirketler için çalışanlardan önemli ölçüde farklı olan danışmanlık hizmetine gerek duyarlar. Araştırmaya göre, KOBİ'ler, hedef grubun başarısını riske sokmadan, elemanların eklenmesine veya çıkarılmasına izin veren modüler hizmeti sunan, danışman ve eğiticilere gerek duyarlar. Bununla birlikte, KOBİ'ler dışardan gelen danışman yardımından çok iç kaynakları kullanmayı tercih etme eğilimlidirler. Danışmanlar, kalite yönetimini başarılı bir şekilde uygulamak ve sürdürmek için müşterinin yönetim takımına kuvvet vermeli ve modüler hizmet vermeye istekli olmalıdır.

#### ▪ Faktör 10

KOBİ'lerde ISO 9000 sertifikasının alınması için genel Altı Sigma kavramının ISO 9000'in esas gerekliliklerine göre ayarlanması gerektir. KOBİ'lerdeki uygulama, büyük şirketlerdeki Altı Sigma programlarından bu yönüyle ayrılır. Literatür gözden geçirmelerinin ve araştırma sonuçlarının desteklediği gibi dokümantasyon çabaları ISO 9000'in KOBİ'ler için önemli bir dezavantajdır. ISO 9000'e sahip olan kalite sistemleri bu standardın düzenlemelerini yerine getirmelidirler. Bununla beraber, KOBİ'lerde, süreç yönetiminin öğeleri hem ISO 9000 hem de Altı Sigma'yı gerektirdiği için birleştirilmiş bir çaba önerilmektedir. Ayrıca, Altı Sigma çerçevesi içinde ayarlanmış bir dokümantasyon yaklaşımı, kazançlı çalışmanın delili olduğu gibi ISO 9000'in gerekliliklerini de yerine getirir.

## İKİNCİ BÖLÜM

### DMAIC METODOLOJİSİ

#### 2.1. Hedefler Ve Metodun Gözden Geçirilmesi

DMAIC Altı Sigma organizasyonlarında en yaygın olarak kullanılan metodolojidir. Bu metot müşterinin isteklerine odaklanmayı ve onlara yanıt vermeyi, ürün ve hizmet kalitesini geliştirmeyi, işletmenin finansal performansını ve karlılığını arttırmayı ve kalite programlarını ölçebilmeyi hedeflemektedir. DMAIC metodu kullanılarak öncelikle kritik kalite karakteristikleri belirlenir. Daha sonra iyileştirme takımı her bir karakteristik üzerinde süreç performansının başarısını etkileyen faktörleri anlamak amacıyla yoğun olarak çalışır ve bu faktörler için iyileştirme çalışmaları yürütülerek süreçte istenen Altı Sigma seviyesi elde edilir. (Brassard vd., 2002)

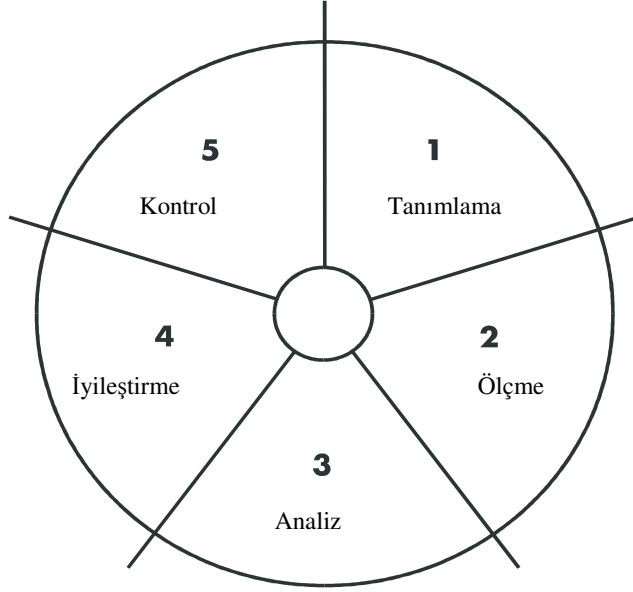
##### 2.1.1. Neden Bir İyileştirme Metodu Kullanılıyor?

Bu metot var olan sürecin mevcut yeterliliğini geliştirmek için kullanılır. Birçok organizasyon bu metodu uygulayarak başarılı iyileştirmeler yapmışlardır. DMAIC metodunu kullanarak aşağıdaki faydalar elde edilir:

- o Bir sistem oluşturur.
- o Ortak dil sağlar.
- o Süreçteki kritik basamakların atlanmasını önlemek için bir kontrol listesi oluşturulur.
- o Şirketin geliştiği yolda ilerlemesini sağlar.

##### 2.1.2. Metodun Gözden Geçirilmesi

DMAIC metodu tanımlama, ölçme, analiz, iyileştirme ve kontrol olmak üzere 5 basamağı içerir.



**Şekil 2.** DMAIC Adımları

Tanımlama adımı:

- ✓ Projelerin hedef ve amaçları belirlenir.
- ✓ İşletme hedefleri ve müşteri ihtiyaçları göz önünde bulundurularak Altı Sigma için uygun olan proje tanımlanır( Henderson ve Evans, 2000).
- ✓ Müşterinin ihtiyaç ve gereksinimleri ve süreç hakkında geçmiş bilgiler toplanır.
- ✓ Proje takımı tarafından SIPOC analizi yapılır, proje beyanı oluşturulur ve kritik kalite karakteristikleri(CTQ) belirlenir (Rasis vd. , 2002).

Ölçme adımı:

- ✓ İyileştirme hareketine daha net odaklanabilmek için mevcut durum hakkında bilgi toplanır.
- ✓ CTQ'ni etkileyen anahtar süreçler belirlenir ve bu süreçlerde ortaya çıkan hatalar ölçülür ( Henderson ve Evans, 2000).

Analiz adımı:

- ✓ Kusurların kök nedenleri tanımlanır ve analiz edilir.
- ✓ Bu kök nedenler verilerle desteklenir.
- ✓ Her bir CTQ'nun süreç yeteneği hesaplanır ve ölçüm sistemi analizi yapılır (Rasis vd. , 2002).

İyileştirme adımı:

- ✓ Kök nedenler için çözümler üretilir.
- ✓ Anahtar değişkenler proje takımı tarafından doğrulanır ve bunların CTQ'lar üzerindeki etkisi ölçülür( Henderson ve Evans, 2000).
- ✓ Çözümlerin sonuçlarını hesaplamak için veriler kullanılır ve planlar hazırlanır.

Kontrol adımı:

- ✓ Süreçlerde ya da dâhili metotlarda başarı standartlaştırılarak kazanç sürdürülür.
- ✓ Gelecekteki gelişmeler öngörülür ve şimdiki iyileştirme çabalarından öğrenilenlerle planlar oluşturulur.

## **2.2. DMAIC Rehberi Ve Kullanılan Araçlar**

DMAIC metodunda kullanılan araçların anlatımında “Six Sigma Memory Jogger II” ve “Statistical Methods for Six Sigma In R&D and Manufacturing” kitaplarından faydalanılmıştır.

### **2.2.1. Tanımlama Adımı**

Tanımlama adımının amacı projenin hedeflerini, amaçlarını tanımlamak ve süreç ve onun müşterileri hakkında geriye dönük bilgileri elde etmektir.

Tanımlama adımının sonunda aşağıdaki bilgilere ulaşılır (Rath ve Strong, 2004):

- o Planlanan iyileştirmeyi ve onun nasıl ölçüleceğinin açık bir şekilde ifade edilmesi
- o Sürecin yüksek seviyede haritalandırılması
- o Müşterinin sesinin kalite karakteristiklerine çevrilmesi



**Şekil 3.** Tanımla Adımı Süreç Akışı

(Kaynak: Brassard vd. , 2002)

### 2.2.1.1. Proje Beyanı (Project Charter)

Proje beyanı, projenin neyi başarmayı umduğunu ve grubun sahip olabileceği kaynakların neler olduğunu belirten doküman, yazılı bir belge ve önemli bir iletişim ve referans aracıdır. Proje beyanının amacı yönetim ve takım arasında bir bağ oluşturmak, takımın yapacağı işlere açıklık getirmek ve takımın organizasyonel öncelikleri düzene sokmasını sağlamaktır.

- **Nasıl yapılır?**

Bazı proje beyanları uzun ve detaylıdır; bazıları ise kısa ve özlüdür. Fakat bütün proje beyanları aşağıdaki öğeleri içermelidir:

1. Proje amacının belirlenmesi

- o Amaç proje takımının belirlediği problem veya fırsatları tanımlar ve “yanlış olan ne?” sorusuna cevap verir.
- o Takımın hedeflerine odaklanır.
- o Amaç, problemlerin nedenleri hakkındaki varsayımları içermemelidir.
- o Proje amacı belirlenirken, ek olarak “Müşteri için ürün veya servisteki önemli olan nedir?”, “Müşterinin ürün veya servisle ilgili karşılaştığı problemler nelerdir?”, “Takımın ilgilendiği problem nedir?” gibi sorular da sorulabilir.

**2. Projenin neden önemli olduğu ile ilgili bir ya da daha fazla ifade geliştirilmesi**

- o “Bu müşteri için neden önemli? Bu, işletme için neden önemli? Bu, çalışanlar için neden önemli? Bu proje üzerinde neden çalışılmalıdır?” gibi sorular sorularak proje için iş durumu tanımlanır.
- o Projenin işletme üzerinde oluşturacağı tahmini etki ya da yaratabileceği potansiyel fırsat hesaplanır.
- o Kusurların azalmasının müşteriyi, işi ve çalışanları nasıl etkileyeceği sorusuna cevap aranır.

**3. Projenin odak noktasının ya da amacının tanımlanması**

- o Takımın işinin sınırlarını belirler. Sürecin takım tarafından iyileştirilen başlangıç ve bitiş noktalarını belirler.
- o Karar verme yetkilerini açıklar.
- o Bütçe limitlerini açıklar.
- o Proje listesini ve kilometre taşlarını içerir.
- o Kontrol noktalarını tanımlayarak her bir önemli noktanın sponsor ile takımın birlikte kontrol etmesi gerektiğini hatırlatır.
- o Sorulabilecek ilave sorular şu şekildedir: “Takım işine nasıl odaklanır?” “Acil problemleri tanımlamak için hangi bilgiler toplanır?” “Süreçte odaklanılacak spesifik noktalar nelerdir?”

4. Proje süresince üretilen belirli aktarılabirlerin tanımlanması
  - o Son aktarılabir müşteriye teslim edilir.
  - o Aktarılabir ürün, servis, süreç ya da plan olabilir.
  - o Birçok proje için aktarılabir tipleri benzerdir. Süreç değişikliklerini, eğitimi, dokümantasyonu ve kazançları sürdürmek için gerekli diğer süreç ve prosedürleri içerir.
  
5. Projenin başarısını değerlendirmek ve performansı iyileştirme yollarını belirlemek için ölçümlerin veya diğer göstergelerin tanımlanması
  - o Bu ölçümler / göstergeler, performansın ana çizgisini kurmak, ilerlemeyi izlemek ve projenin başarısı hakkında bilgi sahibi olmak için kullanılır.
  - o Eğer mümkünse her bir ölçüm için hedef ve spesifikasyonları belirlenir.
  - o Bu bölümde “ne kadar iyileştirme gerekli?” “hangi kusurlar izlenecek?” gibi sorular sorulmalıdır.
  
6. Takım için uygun olan kaynakların belirlenmesi
  - o Bu kaynaklar öncelikle takıma katılıp çalışabilecek insanlardan oluşur. Onların bu projeye ne kadar zaman ayırabileceklerini içerir. Ayrıca, takımda yer alamayacak kişilerin projeye hangi şartlar altında katılabilecekleri belirlenir.
  - o Burada sorulacak örnek sorular şunlardır: “Takım kime karşı sorumlu?”, “Takımın lideri kim?”, “ Takımın koçluğunu kim yapacak?”, “Sürecin sahibi tanımlandı mı?”



<b>Proje :</b> _____	
<u>Proje Tanımı</u>	<u>Sürecin Önemi</u>
Lider _____	_____
Uzman Kara Kuşak _____	_____
Proje Başlangıcı _____	_____
Proje Sonu _____	_____
Kötü Kalite Maaliyeti _____	_____
<u>Takım Üyeleri</u>	<u>Süreç Problemi</u>
Sponsor _____	_____
Kara Kuşak _____	_____
Uzman Kara Kuşak _____	_____
Konunun Uzmanları _____	_____
_____	_____
_____	<u>Proje Hedefleri</u>
_____	_____
_____	_____
<u>Süreç Başlangıç/Bitiş</u>	<u>Süreç Ölçütleri</u>
Başlangıç Noktası _____	_____
_____	_____
Bitiş Noktası _____	_____
_____	_____
<u>Proje Zamanı - Çerçevesi</u>	
Kilometre Taşı _____	_____
Tarih _____	_____

**Şekil 4.** Proje Beyanı Örneği

(Kaynak: <http://www.isixsigma.com/library/downloads/charter.pdf>, 08.06.2006)

### 2.2.1.2.SIPOC

SIPOC (tedarikçiler, girdiler, süreç, çıktılar ve müşteriler) analizi, proje takımının ilgili süreçteki anahtar öğeleri anlamasına ve projenin amacını ve sınırlarını tanımlamasına yardım eder. Ayrıca, verilerin nereden toplanacağını, tedarikçiyi, müşteriyi, girdiyi ve çıktıyı tanımlar.

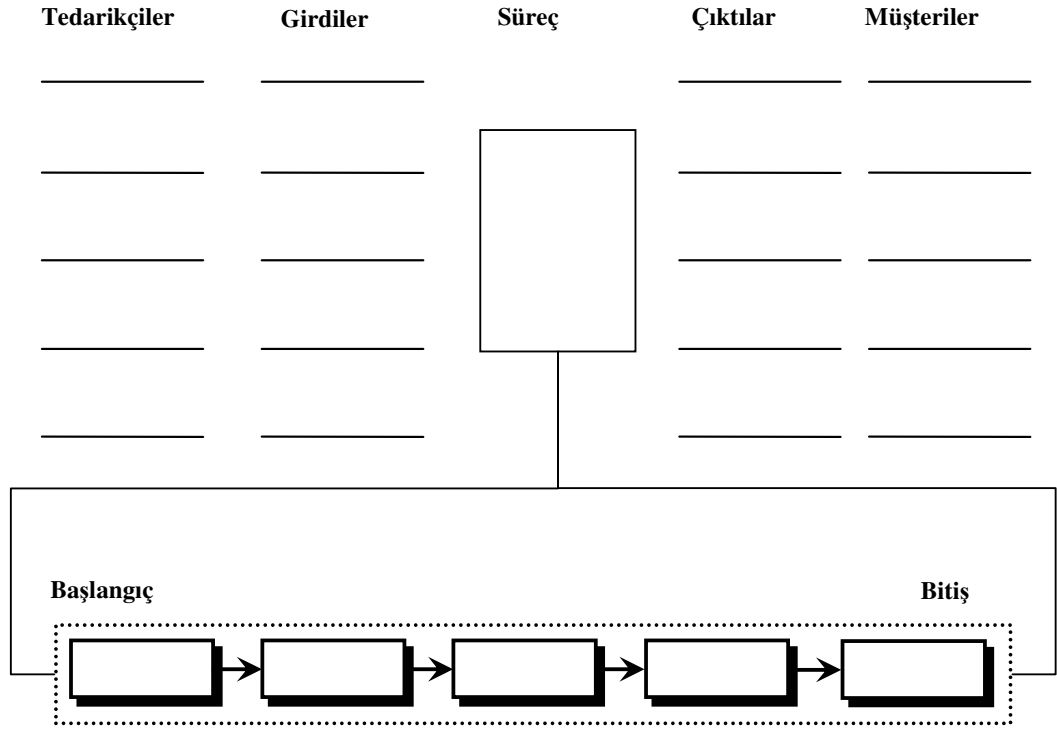


**Şekil 5.** SIPOC Süreci

- **Nasıl yapılır?**

Birçok takım SIPOC diyagramını sıra ile oluşturmakta sıkıntı çeker. Tanımlama için aşağıdaki adımları izlemek yararlıdır:

1. Üzerinde çalışılan sürecin isimi belirlenir.
2. Sürecin başlangıç ve bitiş noktaları tanımlanır.
3. Sürecin amacı oluşturulur ve “Süreç neden var?”, “Sürecin amacı nedir?” “Çıktılar nelerdir?” gibi sorular sorulur.
4. Başlangıç ve bitiş noktaları arasındaki ana süreç adımları oluşturulur. Süreçteki ana basamaklar aşağıdaki sorular sorularak tespit edilir: “Her bir girdiye ne oluyor?”, “Ne gibi değişim aktiviteleri oluyor?”. Daha sonra detaya inmeden süreçteki ana hareketler incelenir.
5. Sürecin çıktısı tanımlanır. Çıktılar fiziksel ürünler, dokümanlar, bilgi, servis ve düşünce olabilir. Çıktıları tanımlamak için şu sorular sorulabilir: “Süreç hangi çıktıları üretir?”, “Hangi noktada süreç biter?”, “Süreç hangi bilgileri üretir?”.
6. Her bir çıktı için şu sorular sorularak müşteri tanımlanır: “Süreçten elde edilen bilgi ve ürünleri kim kullanır?”, “Sürecin müşterileri kimlerdir?”.
7. Anahtar süreç girdileri tanımlanır. Süreç girdilerinin neler olduğu araştırılır. Fiziksel bir parça mı yoksa ham madde mi? Form mu? Dokümantasyon mu? Örnek mi? Birçok süreçte girdiler madde ya da bilgidir ancak düşünce, iş gücü ya da çevreyi de içerebilirler. Girdileri tanımlamak için şu soruları sorun: “Sürece neler girer?” “Sürecin başlamasını ne tetikler?”
8. Her girdi için şu soruları sorarak anahtar tedarikçiler tanımlanır: “Üzerinde çalıştığımız süreç veya iş için bilgi ya da madde nereden gelir? Tedarikçimiz kimdir? Ne tedarik ediyorlar? Tedarikçilerin sürece ve çıktılara nasıl bir etkisi vardır?”



**Şekil 6.** SIPOC Örneği

(Kaynak: Rath ve Strong, 2004)

### 2.2.1.3. Süreç Yürüyüşleri

Organizasyonlarda, bütün işletme sürecini gösteren bir akış şeması, süreç iyileştirme takımı (SİT) tarafından oluşturulur. Fakat genellikle SİT'in dokümante ettiği süreç gerçekte organizasyonda olandan farklıdır. Çünkü gerçekte çalışanların prosedürleri yanlış anlamaları, prosedürleri bilmemeleri, işlerini yapmak için daha iyi yollar bulmaları, eğitilmemiş olmaları, gerekli araçlara ve zamana sahip olmamaları, prosedürleri neden izlemeleri gerektiğini anlamamaları ve birinin onlara işleri farklı bir şekilde yapmalarını söylemesi gibi çeşitli nedenlerden dolayı çalışanlar, SİT'in dokümante ettiği süreçten saparlar.

İşletme süreçlerinde gerçekte ne olduğunu anlamının tek yolu süreçte neler olduğunu tartışarak ve gözlemleyerek iş akışını bizzat takip etmektir. Buna “süreç yürüyüşü” denir (Harrington, 1991).

Süreç yürüyüşünü yönetebilmek için, SİT akış şemasında dokümente edilen süreci başından sonuna kadar izlemeli ve görev seviyesinde gözlemlemelidir. Çünkü takımın ne yapıldığını ve neden yapıldığını bilmesi ve anlaması gerekmektedir. SİT süreç yürüyüşünü yaparken, mevcut problemler, değiştirilmesi gereken engellerle ilgili ek bilgi toplama ve iyileştirmeler için öneriler sunma imkânına da kavuşur.

Süreç yürüyüşüne hazırlanmak için, SİT genellikle iki veya üç kişiden oluşan takım üyelerini sürecin değişik bölümlerine atmalıdır. Tipik olarak, süreç yürüyüşü takım (SYT) üyelerinden biri aktivitenin yapıldığı bölümden olacaktır. Takım üç üyeden oluştuğu zaman bu bölümün müşterilerinden birini de takıma dâhil etmek iyi bir fikirdir. SYT'ye atanan kişilerin değerlendirdikleri aktivite ile ilgili bazı fikirleri olmalıdır. Bu süreç akışının gözden geçirilmesini ve doğrulanmasını kolaylaştırır. Her bir SYT aşağıdakileri bilgi ve becerilere sahip olmalıdır (Harrington, 1991):

- o Konu ile ilgili var olan süreç dokümantasyonuna aşina olmalıdır.
- o Kendi insanlarıyla tanışmak için bölüm yöneticisiyle görüşme düzenlemelidir.
- o Süreçte neler olduğunu daha iyi anlayabilmek için görevi yürüten kişilerle görüşmelidir.
- o En iyi standart operasyonu bulabilmek için aynı işi farklı yapan kişilerin gidiş yolunu karşılaştırmalıdır.

Hazırlık başarılı bir süreç yürüyüşünün anahtarıdır. SYT, gerçekte süreçte ne olması gerektiğini anlayabilmek ve aktiviteyi yapan insanlarla onların terimleriyle konuşabilmek için görüşme sürecinden önce çok fazla çalışmalıdır. Örneğin, süreç yürüyüşünden önce, SYT çalışılacak aktivite ile ilgili detaylı, dokümente edilmiş görev tanımlarını toplamalı ve her bir takım üyesinin bu görev tanımlarına aşina

olması sağlanmalıdır. Eğer görev tanımları mevcut değilse süreç yürüyüşü esnasında daha çok bilginin kaydedilmesi gerekmektedir.

Süreç yürüyüşü esnasında, SYT her bir aktiviteyi desteklemek için gerekli görevlerin listesini oluşturma imkânına sahip olacaktır. Görev analizi aktiviteyi gerçekleştiren kişiyle beraber hazırlanmalıdır. Çünkü bu aktivitenin nasıl yapıldığı ile ilgili bilgiye ulaşmanın tek yoludur. Ayrıca, görev analizi ve dokümantasyonu yapma bazen sürecin yeni tedarikçilerini ortaya çıkarır. SİT süreç hakkında daha iyi bilgi toplayabilmek için “süreç yürüyüşü anketi” hazırlanmalıdır. Ankette sorulabilecek tipik sorular şunlar olabilir (Harrington, 1991):

- o Gerekli girdiler nelerdir?
- o Nasıl eğitildiniz?
- o Neler yaptınız?
- o Çıktınızın iyi olduğunu nasıl bileceksiniz?
- o Ne gibi geribildirimler aldınız?
- o Müşterileriniz kimler?
- o Hatasız çalışmanızı ne engelliyor?
- o İşinizi kolaylaştırmak için neler yapılabilir?
- o Tedarikçilerinizin ne kadar iyi çalıştığını bilmelerine nasıl izin veriyorsunuz?
- o Çıktınız nasıl kullanılıyor?
- o İşinizi yapmasanız ne olur?
- o Görev tanımınızı gözden geçirdiniz mi?
- o Tedarikçilerinizden her biri size girdi vermeyi durdurursa ne olur?
- o Yönetici olsaydınız neleri değiştirirdiniz?

SYT'nin bir üyesi bölüm yöneticileri aracılığıyla çalışanlarla bireysel toplantılar düzenlemelidir. Toplantı esnasında iş yerinde doğru girdi çeşitlerinin olduğundan emin olmak için dikkatli olunmalıdır. Bu sayede takım aktiviteyi gerçek koşullar altında gözlemleyebilir. SYT görüşmelere başlamadan önce, her bir takım üyesinin rolleri tanımlanmalıdır. Takımın bir üyesi yazıcı olmalıdır. Genellikle

çalışma alanında görev alan üyeler en iyi tutanağı tutmaktadır. Diğer takım üyeleri da notlar almalıdır fakat onlar genellikle yazıcının notları kadar detaylı değildir, çünkü onların rolü çalışanlarla görüşme yapmaktır. Bu notlar daha sonra çok yararlı olacaktır çünkü bazen çalışma alanından olan üyeler işin yapılışı ile ilgili önyargılı fikirlere sahip olabilir. Bu önyargılı fikirler onların, sürecin içinde yer almayan kişilerin açıkça gözlemediği önemli bilgileri not almalarını engeller.

Başarının diğer bir ögesi görüşmenin nasıl yürütüldüğüdür. Birçok çalışan SİT tarafından yapılan mülakatlar esnasında tehdit edilmiş ve kendilerine gözdağı verilmiş hissedebilir. Küçük SYT'ler tarafından yapılan mülakat esnasında çalışanlar daha rahat olurlar. Fakat çalışanların fikirlerini korkmadan ve çekinmeden söyleyebilmeleri için bu yeterli değildir. Mülakatlarda SYT'lerin dikkat etmesi gereken ortama uyum sağlayacak şekilde giyinmektir. Hizmet merkezinde veya depoda yapılan görüşmeler için siyah takım elbise, beyaz gömlek ve kravat tamamıyla uygunsuzdur. Görüşmecinin rahat olması için ona zaman ayrılmalıdır. Soru sormadan önce, görüşmeciye akış şeması ve onun büyük resimdeki yeri gösterilerek onunla neden konuşulduğu açıklanmalıdır. Görüşmelerden tatmin edici sonuçlar elde etmek için SYT üyeleri mülakat eğitimi almalıdır(Harrington, 1991).

Her görüşmeden hemen sonra takım görüşmeyi gözden geçirmek ve iş akışı, gerekli girdiler, ölçümler, geri besleme sistemi, prosedürlere ve diğer çalışanlara uygunluk, ana problemler, döngü zamanı tahminleri, değer katan faaliyetler ve eğitim ihtiyaçları gibi konularda ortak bir karara varabilmek için kısa bir toplantı düzenlemelidir. Bazen görevlerin akış diyagramlarının çizilmesi daha faydalı olur. Bu sayede takım değerlendirilen aktiviteyi daha iyi anlar ve bulduğu sonuçları SİT'e daha iyi aktarır. Süreç yürüyüşlerinin çıktıları şunları içermelidir (Harrington, 1991):

- o Dokümanite edilmiş süreç ile mevcut uygulama arasındaki farklılıklar
- o Çalışanların aktiviteleri yapma yolları arasındaki farklılıklar
- o Yeniden eğitilmesi gereken çalışanların belirlenmesi
- o Süreç için süreç sahipleri tarafından önerilen iyileştirmeler
- o Süreç ölçüm noktaları ve ölçümler

- o Dokümanite edilmesi gereken aktiviteleler
- o Süreç problemleri
- o Sürecin iyileştirilmesini önleyen engeller
- o Sürece girdi sağlayan tedarikçiler
- o Dâhili süreç gereklilikleri
- o Biten döngü zamanı ve aktivite döngü zamanı
- o Mevcut süreci desteklemek için gerekli yeni eğitim programları
- o Tedarikçilerin geri bildirim verilerini nasıl alacağı
- o Görev akış şeması

Takım üyelerinin kendi düşüncelerini yanlış yorumlamadığından emin olmak için süreç yürüyüş bulgularının görüşmeler vasıtasıyla gözden geçirilmesi iyi bir uygulamadır. Bir bölümdeki tüm üyelerle olan görüşmelerin özeti SİT tarafından incelenmeden önce bölüm yöneticisiyle gözden geçirilmelidir. Bölüm yöneticisi ve SYT, çalışanlar, prosedürler veya uygulamalar arasındaki farklılıkları ortadan kaldırmak için hangi aksiyonun alınacağı konusunda fikir birliğine varmalıdır.

Mevcut uygulama ile olması tahmin edilen uygulama arasındaki farklılıklar tanımlanmalı ve bu farklılıkların niçin var olduğu araştırılmalıdır. Bunun yanında, tüm çalışanların aynı işi neden aynı yolla yapmadığı analiz edilmelidir. İyileştirmenin bir anahtarı olduğu için üstlenilen ilk görev standardizasyon olmalıdır. Aktiviteyi gerçekleştirirken en iyi sonuçların elde edilmesini sağlayan bir yol seçilmeli ve süreçte büyük bir değişiklik olana kadar o yol izlenmelidir. Çünkü herkesin aynı işi aynı yolla yapması önemlidir.

Süreç yürüyüşü tamamlandığı zaman her bir SYT kendi bulgularını SİT'e sunmalıdır. Bu tüm SİT'in süreci daha iyi anlamasını sağlar. Her tavsiye edilen prosedür için yapılmayan tüm aktivite ve görevlerin kolaylıkla tanımlanabilmesi önemlidir. Bunu yapmak için bir yöntem akış şemasındaki ilgilenilen bu alanları sarıyla daire içine almak olabilir. Prosedürdeki herhangi bir değişiklik için aksiyon planları geliştirilmelidir. Ek olarak, süreç yürüyüşleri genellikle acil aksiyonlar

gerektiren problemleri tanımlar. Tüm acil problemler için aksiyon planları yapılmalı ve bu aksiyon planları şunları içermelidir(Harrington, 1991):

- o Alınması gereken aksiyon
- o Aksiyonun ne zaman alınacağı
- o Aksiyonu alacak olan birey
- o SİT aksiyonun alındığını ve problemin yok edilmesinde ne kadar etkili olduğunu nasıl bileceği

Toplanan verilere dayanarak, SİT anahtar problemleri kolaylıkla özetleyebilir. Kalite problemlerini ara sıra meydana gelen ve kronik olanlar olmak üzere iki bölüme ayırarak inceleme önemlidir. Ara sıra olan problemler sadece tek tük olarak meydana gelir, göze çarpma eğilimindedirler ve çabucak düzeltilebilirler. Diğer yandan süreç kronik problemlere adapte olduğu için bunların tanımlanması zordur. Bu yüzden genellikle kronik problemlerin düzeltilmesi zordur.

Kronik problemler yüksek tansiyon gibidir. Vücut ona adapte olur ve ona alışır. Ara sıra oluşan problemler ise baş ağrısı gibidir. Çok kolay tanımlanabilir ve iyileştirilebilirler. İki problemin karşılaştırılması Tablo 5'te görülmektedir.

**Tablo 5.** Ara Sıra Oluşan Problemlerle Kronik Problemlerin Karşılaştırılması

	<b>Ara sıra</b>	<b>Kronik</b>
<b>Oluşma analizi</b>	Nadir	Sık
	Sınırlı veri	Sınırsız veri
	Basit nedenler	Karmaşık nedenler
	Özel nedenler	Genel nedenler
	<b>Düzeltilme</b>	Sınırlandırılmış düzeltme
	Bireysel faaliyet	Yönetim faaliyeti

(Kaynak: Harrington, 1991)



SİT üyeleri görüşme yapılan kişilerden herhangi bir problemi veya ne gibi bir aksiyon alınması gerektiğini tanımlayanlarla tekrar bir görüşme yapmalıdır. Eğer bir aksiyon alınmazsa, çalışana bunun nedenin açıklanması gerekmektedir. Bu hızlı geribildirim SİT'in güvenilirliğini sağlamak için çok önemlidir.

Problemin ifadesi, problemi tanımlayan kişi ve tarih, problemi düzelterek kişi ve belirlenen tarih, alınması gereken düzeltici faaliyet ve hedeflenen uygulama tarihi, anahtar kontrol noktaları, düzeltici faaliyetin uygulama tarihi ve düzeltici faaliyetin etkinliği gibi konu başlıklarını içeren bir problem izleme listesi bilgisayar ortamında takip edilirse takım daha iyi çalışır. Bu problem izleme listesi SİT toplantılarında proje planını yönetmek için iyi bir yoldur.

SİT, sınırların uygun olup olmadığına karar verebilmek için tüm süreci gözden geçirmelidir. Eğer sınırlar uygun değilse süreç sahibinin tavsiye edilen değişiklikleri uzman iyileştirme takımına rapor edip etmediği tespit edilmelidir. Ayrıca, SİT'in etkinliğini arttırmak için sürecin alt süreçlere bölünüp bölünmediği araştırılmalı ve eğer bölünüyorsa, süreç sahibi bu küçük süreçlere odaklanmaları için alt SİT'ler atamalıdır.

SİT yukarıda bahsedilen tüm verileri topladıktan sonra bu verileri işletme süreç proje dosyası adıyla kayıt altına almalıdır. Bu dosya tüm toplanan verileri ve aksiyon planlarını barındıracaktır. Dosyanın ilk bölümü genel bir gözden geçirme sağlamalı ve SİT'in misyonu, amaçları, başlıca ölçümleri ve planı içermelidir. İkinci bölüm tüm akış şemalarını içermelidir. Üçüncü bölüm bilinmeyen problemlerin listesini, tüm aksiyon planlarını ve her bir aksiyon planının etkinliğinin değerlendirmesini içermelidir. Proje dosyasının sonraki bölümleri her bir aktivitenin bölümlerini, tüm prosedürlerin kopyasını, kıyaslama çalışmalarının kopyasını vb. içermeli ve bu proje dosyası güncellenene kadar saklanmalıdır(Harrington, 1991).

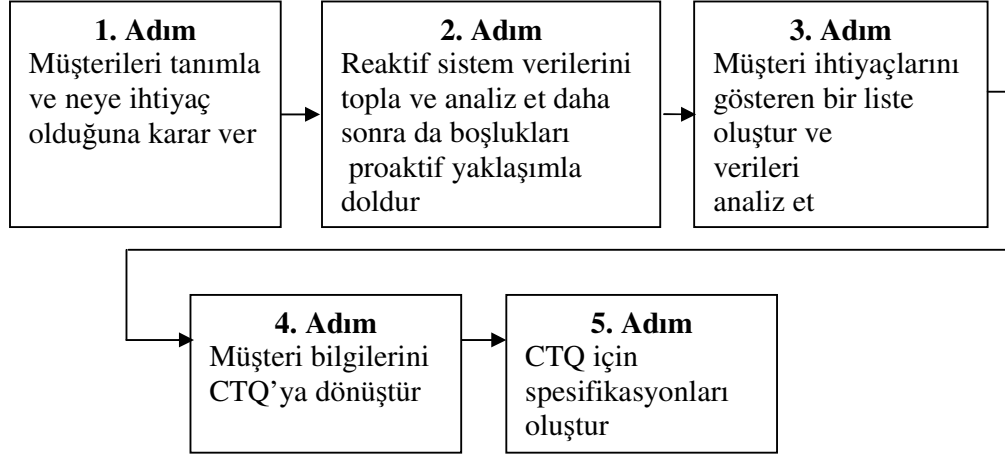
#### 2.2.1.4. Müşterinin Sesi (VOC)

Müşterinin sesi terimi müşterilerin gerekliliklerini ve ürün ve servisle ilgili algılarını tanımlamak için kullanılır. Müşterinin sesi verilerinin toplanmasının amaçları aşağıdaki gibidir:

- o Müşterinin sesinin neden kritik olduğunu anlamak
- o Müşterinin sesi bilgilerini toplamak için nasıl bir plan hazırlanması gerektiğini öğrenmek
- o Yakınlık diyagramı ve Kano modelini kullanarak verilerin nasıl analiz edilmesi gerektiğini öğrenmek
- o Müşteri gerekliliklerini tanımlamak ve kritik kalite karakteristiklerini belirlemek

Müşterinin sesi verilerinin toplanmasının bir diğer nedeni de müşteri gerekliliklerinin sürekli olarak değişmesi ve spesifikasyonların sadece teknik verilere odaklanma eğiliminde olmasıdır. Müşterinin sesi verileri bir organizasyona aşağıdaki faydaları sağlar (Rath ve Strong, 2004):

- o Hangi ürün veya hizmetlerin sunulacağına karar verme
- o Bu ürün ve hizmetler için kritik özellikleri ve spesifikasyonları tanımlama
- o İyileştirme çabalarının nerede yoğunlaşacağına karar verme
- o Müşteri memnuniyetini ölçen bir veri tabanı oluşturma
- o Müşteri memnuniyeti için anahtar güçlerin tanımlanması



**Şekil 7.** Müşterinin Sesi Süreci

(Kaynak: Rath ve Strong, 2004)

Müşterinin sesi sürecinin çıktıları aşağıdaki gibidir (Rath ve Strong, 2004):

- o Müşterilerin ve müşteri dilimlerinin listesi
- o Verilerin uygun reaktif ve proaktif kaynaklarının tanımlanması
- o Müşteri gerekliliklerini tanımlayan sözlü veya sayısal veriler
- o Tanımlanmış kritik kalite karakteristikleri (CTQ)
- o Her bir CTQ için spesifikasyonlar

### **1. Adım: Müşterileri Tanımlama ve Neye İhtiyaç Olduğuna Karar Verme**

Bu adımda müşteriler tanımlanır, onların ihtiyaçları ile ilgili nelerin bilinmesi gerektiğine ve bu bilgilere ne zaman ve nasıl ulaşılabacağına karar verilir. Ayrıca, proje beyanı gözden geçirilir, projenin amacı belirlenir ve bu amacın müşteri gereklilikleriyle nasıl ilişkili olduğu araştırılır. Proje amacının takip edildiğinden emin olmak için tanımlanan müşteri gereklilikleriyle ilgili nelerin bilinmesi gerektiği sorusuna cevap aranır. Tüm müşteriler için aşağıdakilere benzer sorular sorulmalıdır:

- o Sizin için bizim hizmet veya ürünümüzle ilgili ne önemlidir? (Bu gereklilikleri önem sırasına göre dizmeleri istenir)
- o Kusur denildiğinde ne aklınıza geliyor?
- o Sizin önemli gördüğünüz alanlardaki performansımız nasıl?
- o Bizim hizmet ve servisimizle ilgili neyi seviyorsunuz?
- o Ürün veya servisimizle ilgili neleri geliştirebiliriz?
- o Sizin işinizi kolaylaştırmak için neler yapabiliriz?
- o Bize hangi tavsiyelerde bulunursunuz?

Bazen tek bir müşterinin sesi yoktur. Müşteriler, statülerine (önceki müşteriler, mevcut müşteriler, rakiplerin müşterileri, vekil müşteriler), müşteri zincirinde nerede yer aldıklarına (iç kullanıcı, dağıtıcı, son kullanıcı), aldıkları ürün veya hizmet çeşidine, satın alma hacmine (yüksek, orta, düşük), coğrafyaya, satın alma nedenlerine, endüstri veya bölümlere, yaş ve cinsiyet gibi toplumsal istatistiklere göre farklılık gösterirler. Dolayısıyla farklı müşteriler veya müşteri tipleri genellikle farklı ihtiyaç ve önceliklere sahip olur. Bu farklı müşteri tipleri pazar bölümleri olarak bilinir.

## **2. Adım: Reaktif Sistem Verilerinin Toplanması ve Analiz Edilmesi ve Boşlukların Proaktif Yaklaşımla Doldurulması**

Reaktif ve Proaktif olmak üzere iki temel müşterinin sesi verilerini toplama sistemi vardır. Reaktif sistemlerde aksiyon alınması veya alınmaması durumlarının ikisinde de bilgi size ulaşır. Reaktif sistemler genellikle şu konularda bilgi toplar:

- o Mevcut ve önceki müşterilerin sorunları ve problemleri
- o Mevcut ve önceki müşterilerin karşılanmamış ihtiyaçları
- o Mevcut ve önceki müşterilerin belirli ürün veya hizmetlere ilgileri

Müşteri şikâyetleri (yazılı veya telefonla), teknik destek çağrıları, müşteri servisi çağrıları, şikâyetler, ödemelere itirazları, satış raporları, ürünün geri gelme bilgisi, garanti şikâyetleri ve web sayfası aktiviteleri tipik reaktif sistem örnekleridir.

Proaktif sistemlerde ise bilgiyi toplamak için çaba harcanması gerekmektedir. Görüşmeler, merkez gruplar, araştırmalar, yorum kartları, direk gözlemler, satış ziyaretleri, pazar araştırması, kıyaslama ve kalite skor kartları proaktif sistemlere örnek gösterilebilir.

### **3. Adım: Müşteri İhtiyaçlarını Gösteren Bir Liste Oluşturulması ve Verilerin Analiz Edilmesi**

Bu adımın amacı, anahtar müşterilerin ihtiyaçlarını gösteren bir liste oluşturmaktır. Yakınlık diyagramı bu bilgilerin anlamlı bir şekilde özetlenmesine yardımcı olur.

#### **a) Yakınlık Diyagramı**

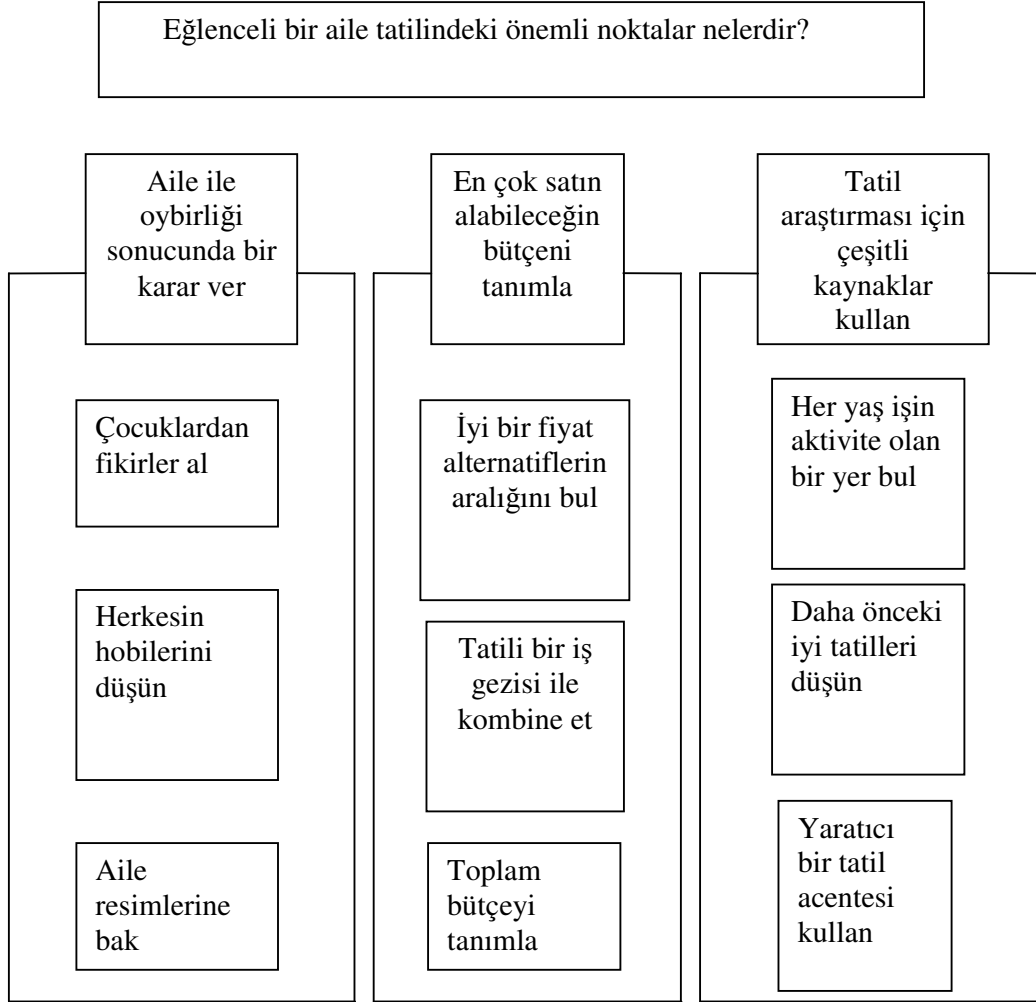
Yakınlık diyagramı, yönetim ve planlama aracı olarak karmaşık, açık, ilgisiz fikirlerin, işlerin veya bunlara ait verilerin anlamlı gruplar altına toplanmasına yönelik olarak kullanılır. Bu amaçla ilişkiler arası diyagram ve neden sonuç diyagramı gibi diğer kalite araçları da kullanılabilir.

İyileştirme fırsatlarının, hedeflerinin, çözüm yollarının belirlenmesinde, tanımlanmasında ve yorumlanmasında, kabaca konuların/alt başlıkların tespitinde, kaos olduğunda, takım birçok fikir ile karşı karşıya kaldığında ve yaratıcı aynı zamanda yapıcı düşünce gerektiğinde kullanılır.

#### **• Nasıl yapılır?**

Öncelikle üzerinde çalışılan konu açık olarak belirlenir. Daha sonra konu tarafsız terimlerle tahtaya veya duvar panolarına altı çizgili olarak yazılır ve beyin fırtınası uygulayarak katılımın en üst düzeyde olması sağlanır. Her fikir kartlara yazılarak panoya asılır.

Düşünceler ilgili, doğal veya mantıklı üst gruplar halinde toplanır ve sessizlik içinde gruplama yapılır. Gruplamanın son halini almasında katılımcılar düşünce birliğine ulaşmalı ve gerekli ek düzenlemeler burada yapılmalıdır. Daha sonra, başlık kartları yaratılır. Başlıklar kısa ve öz, tek başına bir anlam ifade eden ve bir yüklemi olan ifadeler olmalıdır. Her bir başlık ilgili düşünce grubunun başına yerleştirilir. Böylelikle tüm fikirler gruplanmış olur. Şekil 8’de bir yakınlık diyagramı örneği görülmektedir.



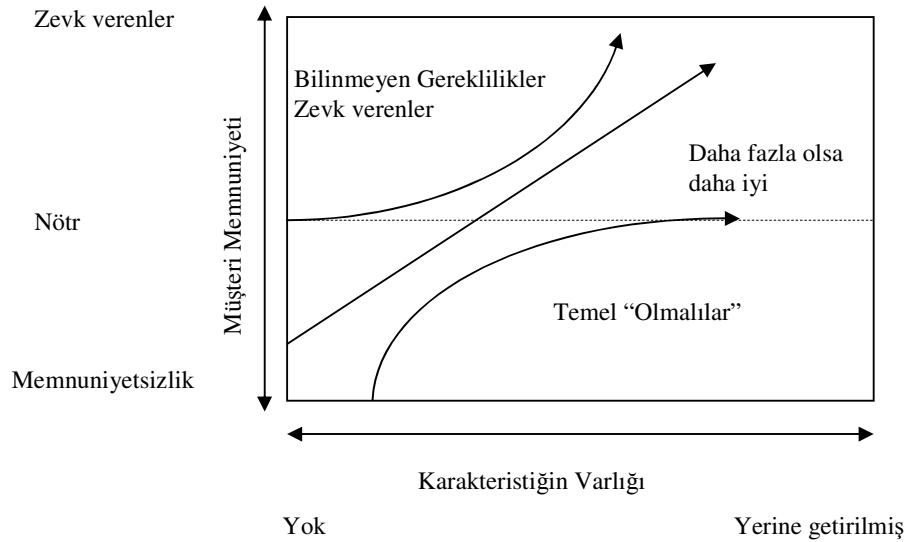
Şekil 8. Eğlenceli Bir Aile Tatilindeki Önemli Noktalar Nelerdir?

(Kaynak: Brassard vd. , 2002)

## b) Kano Modeli

Kano modeli, müşteri memnuniyetsizliğine, tarafsızlığına ya da hoşnutluğuna katkıda bulunan ihtiyaçları tanımlamaya yardımcı olur. Müşteri ihtiyaçlarını anlamak için müşteri gereksinimleriyle ilgili üç kategori tanımlanmıştır (Brassard, 2002):

- o “Olmalı” gereksinimleri müşterinin ihtiyaçlarıdır. Tam olarak karşılanmadığında müşteri memnuniyetsizliğine neden olan, tam olarak karşılandığında ise müşteriyi belli bir oranda tatmin eden özelliklerdir (hava yolu güvenliği).
- o “Daha fazla olsa daha iyi olur” gereksinimleri müşteri memnuniyetine doğrusal bir etkide bulunur. Bu gereksinimler daha fazla karşılandıkça müşteriler daha fazla tatmin olurlar (pahalı olmayan uçak biletleri).
- o “Zevk veren” gereksinimler memnuniyetsizliğe neden olmazlar ama sunulduklarında müşteriyi tatmin ederler (uçuş sırasında sıcak çikolata ve parça bisküvi ikram edilmesi).



Şekil 9. Kano Modeli

(Kaynak: <http://www.isixsigma.com/library/content/c030630a.asp>, 08.06.2006)

- **Nasıl yapılır?**
  - o Müşteri veri ilişki diyagramından müşteri gereksinimlerini toplar
  - o Yakınlık diyagramı kullanarak konular alt bölümlere ve daha sonra da kano modelindeki üç kategoriye ayrılır
  - o Bir ya da daha fazla kategoride az gereksinim varsa veya hiç yoksa müşteri verileri toplanmaya devam edilir. Müşteriler genellikle “olsa daha iyi olur” kategorisini tanımlama eğilimindedirler. Müşterilerin diğer kategoriler hakkına ne düşündüklerini öğrenmek için gözlemler yapılmalıdır.
  - o İlave veriler topladıktan sonra müşteri ihtiyaçları yeniden kategorilere ayrılır.

Tablo 6’da kano modelinin bir örneği gösterilmektedir.

**Tablo 6.** Otel Odası İçin Müşteri Beklentileri

	<b>Olmalı</b>	<b>Olsa daha iyi olur</b>	<b>Zevk veren</b>
<b>Otel odası</b>	Yatak	Havlunun sayısı	Meyve sepeti
	Temiz havlu	Odanın genişliği	Balkon
	Telefon		Ücretsiz filmler
	Kahve makinesi		

(Kaynak: Brassard vd. , 2002)

#### **4. Adım: Kritik Kalite Karakteristiklerini (CTQ) Tanımlama**

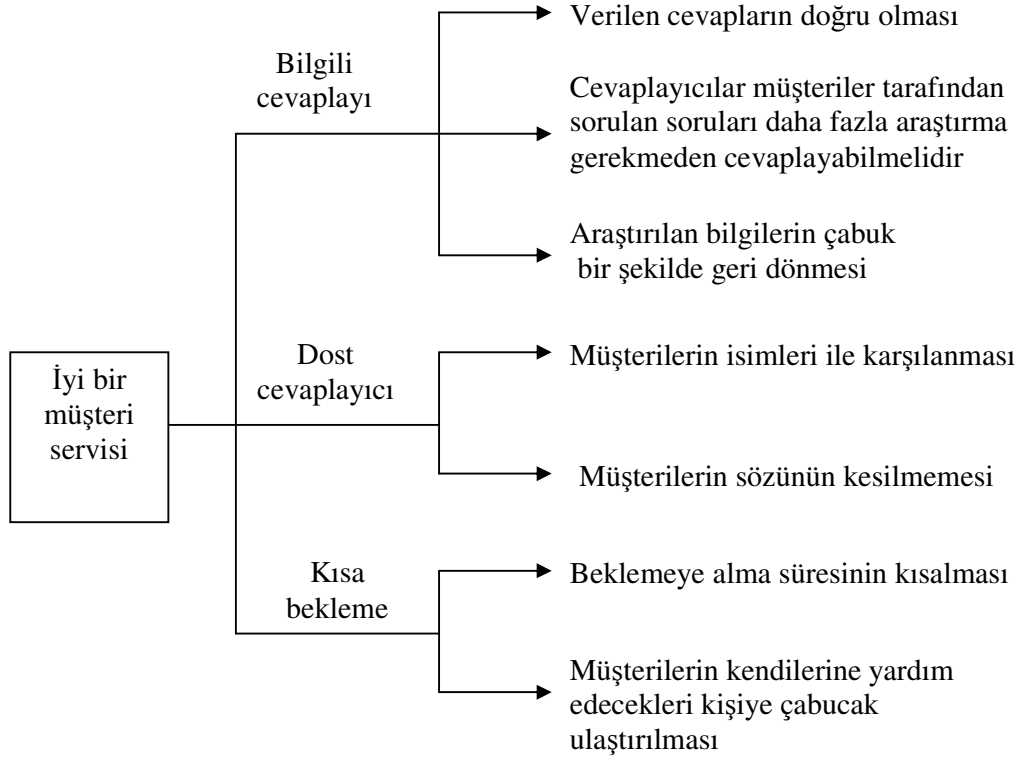
CTQ, ürün ya da servisle ilgili müşteri isteklerinin ölçülebilir gerekliliklere dönüştürülmesine yardım eder. Bu sayede, müşterinin sesi verilerini toplama çabalarından elde edilen müşteri istekleri ile özel ölçülebilir karakteristikler arasında bir bağ kurar. Proje takımının genel veriyi özel hale getirmesini sağlayarak takım için



ölçüm sürecini kolaylaştırır. Kritik kalite karakteristiğinin yararlı olabilmesi için aşağıdakileri özelliklere sahip olması gerekmektedir:

- o Kalitenin müşterinin perspektifi ile görülmesi
- o Ölçülebilir olması
- o Kritik kalite karakteristiklerine ulaşıldığını gösteren spesifikasyonlar olması
  
- **CTQ Nasıl Belirlenir?**
  - o Veri toplama sürecinden çeşitli müşteri ihtiyaçları toplanır. CTQ ağacı, müşteri verileri yakınlık diyagramındaki konu ve özel gereklilikleri içerir.
  - o CTQ ağacının sol tarafına müşteri veri yakınlık diyagramından alınan önemli müşteri veri gereksinimleri listelenir.
  - o Her bir ihtiyaca müşterinin bakış açısından bakılarak müşterinin üzerinde durduğu her nokta veya ihtiyacın ne anlama geldiği sorgulanır. Her bir cevap CTQ'nun işlemcisi olacaktır.
  - o Aşağıdakilere dayanarak projenin CTQ'ları seçilir:
    - Müşteri üzerinde en çok etkiyi ne bırakır?
    - Hangisi odaklandığımız amaç veya süreç alanındadır?
    - Kano modelinin “olmalı” karakteristiklerinden hangisi tanımlanmamıştır?
  
  - o DMAIC metodunun tanımla, ölç, analiz adımları süresince proje takımı CTQ'yu direk etkileyen süreç çıktı ölçümlerini geliştirmelidir.

Şekil 10'da iyi bir müşteri servisi için kritik kalite karakteristikleri belirlenmiştir.



**Şekil 10.** Kritik Kalite Karakteristikleri Ağacı

(Kaynak: Brassard vd. , 2002)

## 5. Adım: CTQ için Spesifikasyonların Oluşturulması

Üretimde spesifikasyonlar genellikle teknik veya mekanik gerekliliklerden meydana gelmektedir. Fakat bu tip gerekliliklerin olmadığı durumlarda spesifikasyon limitleri oluşturulurken müşteri gereklilikleri temel alınır ve müşteri memnuniyetinin azalmaya başladığı noktalar spesifikasyon limitleri olarak belirlenir.

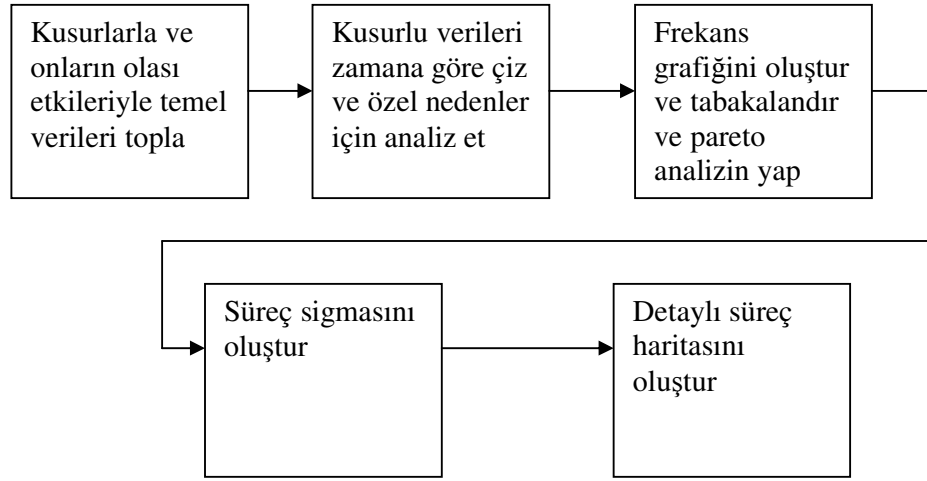
### 2.3.1. Ölçme Adımı

DMAIC metodolojisindeki ölçme adımının amacı, mevcut durum hakkında bilgi toplayarak iyileştirme çabalarına odaklanmaktır. Fakat burada önemli olan hangi verilerin toplanacağı ve bu verileri topladıktan sonra ne yapılacağı ve sonuçların nasıl yorumlanacağıdır.

Bu sorulara cevap verebilmek için veri toplama, operasyonel tanım ve prosedürler geliştirme, ölçüm R&R çalışması, koşu kartı, kontrol kartı ve pareto kartı gibi araçlar kullanılarak verilerin değişkenliğinin ortaya çıkarılması, süreç yeteneğinin hesaplanması gibi konular öğrenilmeli ve uygulanmalıdır.

Ölçme adımının sonunda aşağıdaki bilgilere ulaşılır(Rath ve Strong, 2004):

- o Problemin yerini ve sıklığını gösteren veriler
- o Sürecin müşteri ihtiyaçlarını nasıl sağladığına dair olan temel veriler (mevcut süreç sigma'yı hesaplamak için)
- o Mevcut sürecin nasıl işlediğinin anlaşılması
- o En çok odaklanılmış problemler



**Şekil 11.** Ölçme Adımı Süreç Akışı

(Kaynak: Brassard, 2002)

### 2.3.1.1. Veri Toplama

Veri toplama, sistematik olarak verilerin toplanmasına yardımcı olur. İhtiyaç duyulan doğru verilerin bulunmasını ve toplanan verilerin uygun ve anlamlı olmasını sağlar. Veri toplama adımı aşağıdakiler amaçlanır:

- o Olası ölçümleri tanımlayabilme
- o En önemli değişkenlere odaklanabilmek için önceliklendirme matrisi ve HMEA'nın nasıl kullanılacağını öğrenme
- o Bir veri toplama planının nasıl oluşturacağını öğrenme
- o Verilen bir problem için tabakalaşma faktörlerini tanımlanabilme
- o Değişik tipteki verileri tanıma
- o Operasyonel tanımlamaları oluşturma ve kullanabilme
- o Kullanışlı bir veri toplama formu oluşturabilme

Veri toplanmanın çeşitli yararları vardır. Örneğin, takımın zaman kazanmasını ve daha az çaba sarf etmesini sağlar. Ayrıca, verilerin gruplandırılmasına yardım eder ve verilerin nasıl toplanacağını planladığı için herkes hangi veriyi toplayacağını bilir. Yeterli, uygun, temsil eden, bağlamsal olmak üzere istenen dört veri karakteristiği vardır (Rath ve Strong, 2004).

**Tablo 7.** Veri Karakteristikleri

<b>Faydalı ve Anlamlı Veriler</b>	<b>Tipik Problemler</b>
<b>Yeterli</b> Yeterli veri olduğu için ortaya çıkan modeller gerçeğe çok yakındır	<b>Yetersiz</b> Güvenilir sonuçlara varmak için anlamlı veri yoktur
<b>Uygun</b> Veriler çözülmeye çalışılan problemin anlaşılmasına yardım eder	<b>Konu dışı</b> Veriler amaçladığınız problemi çözmek için yardım etmeyecek karakteristikleri açıklıyor
<b>Temsil eden</b> Verilerde tüm gerçek süreç şartları görülür	<b>Önyargılı</b> Sadece belirli süreç şartlarını temsil eder
<b>Bağlamsal</b> Süreçte baştan sona ne olduğuyula ilgili bilgilere yenilerini ekler	<b>Ayrı</b> Topladığınız veriler süreçle ilgili tek bilgidir

Şekil 12ve 13’de veri toplama formu örnekleri görülmektedir.

**Veri Toplama Planı**

Proje:

Hangi soruları cevaplandırmak istersiniz?

Veri		Operasyonel Tanım ve Prosedürler			
Ne	Ölçüm tipi/veri tipi	Nasıl ölçüldü	Verileri gruplandırığımız faktörler	Örnek notları	Nasıl / Nerede kaydedildi (Form)
Değişmezlik ve tutarlılığı nasıl sağlarsınız?		Veri toplamaya başlama ile ilgili planlarınız neler?			
		Veriler nasıl gösterilecek?			

**Şekil 12.** Veri Toplama Planı Örneği 1

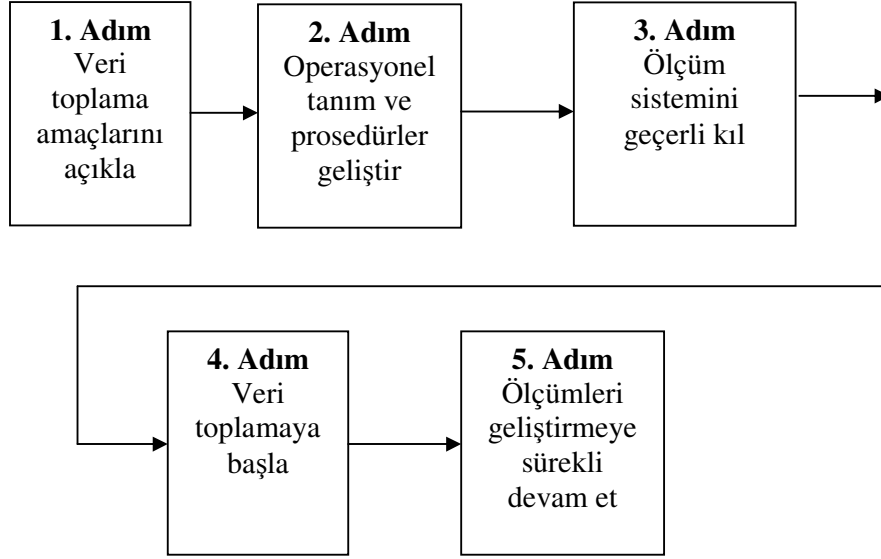
(Kaynak: Brassard vd. , 2002)

<b>Müşterinin Sesi-Veri Toplama Plan Formu</b>	
<b>Veri Toplama Planı</b>	
<b>Proje:</b>	
<b>Kim</b>	<b>Ne ve Neden</b>
Müşteri ve Bölümler	Müşteriniz hakkında ne bilmek istediğinizi detaylı bir şekilde gösterir. Yüz yüze görüşmelerde müşterilerinize sorabileceğiniz soruları ortaya çıkarır.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Sizin için önemli olan nedir?</li> <li>✓ Kusur nedir?</li> <li>✓ İhtiyacınızı karşılayabiliyor muyuz?</li> <li>✓ Neleri seversiniz? Neleri sevmezsiniz?</li> </ul>
<b>Kaynaklar</b>	
<b>Reaktif kaynaklar</b>	<b>Proaktif kaynaklar</b>
Şikâyetler	Görüşmeler
Teknik destek çağrıları	Merkez gruplar
Müşteri servisi çağrıları	Araştırmalar
Talep ve sadakat	Yorum kartları
Satış raporları	Direk gözlemler
Ürün dönüşüm bilgileri	Satış ziyaretleri
Web sayfası aktiviteleri	Pazar araştırması
	Kıyaslama
	Kalite skorkartı

**Şekil 13.** Veri Toplama Planı Örneği 2

(Kaynak: Brassard vd. , 2002)

Şekil 14'te görüldüğü gibi veri toplamanın beş adımı vardır.



**Şekil 14.** Veri Toplama Sürecinin Adımları

(Kaynak: Brassard vd. , 2002)

### 1. Adım: Veri Toplama Amaçlarını Açıklama

Birinci adımda, toplanan verilerin gerekli olacak bilgileri sağlayıp sağlamadığı araştırılmalıdır. Bunun için de veri toplama amaçlarının açıklanmasına yardımcı olacak şu sorular sorulur:

- o Neden bu verileri topluyoruz?
- o Hangi soruları cevaplamamız lazım?
- o Bu verilerle ne yapacağız?
- o Bu veriler bize nasıl yardımcı olacak?

Verileri toplama ve analiz etme çok fazla zaman gerektirir. Bu nedenle anahtar ölçümlere odaklanmak önemlidir. Buradaki anahtar ölçüm terimi, problemin ne zaman, nerede ve neden oluştuğuna dair ipucu veren veriler anlamına gelmektedir.



Detaylı bir SIPOC haritası olası ölçümlerin tanımlanması için başlangıç noktası sağlamaktadır. Çünkü olası ölçümleri tanımlamaya başlamanın en uygun noktası olası ölçümleri süreç haritasıyla sıkıca ilişkilendirmektir. Bunun için sürecin müşteri ihtiyaçlarını ne kadar iyi karşıladığını anlayabilmek için süreç çıktıları ölçülmelidir. Ayrıca, süreç performansının nasıl iyileştirilebileceğini anlamak için girdi ve süreç ölçümleri toplanmalıdır. Bunun yanında, problemin iyi anlaşılabilmesi için doğru ölçümlerin seçilmesi kritiktir. DMAIC metodolojisi kritik ölçümleri önceliklendirmek ve onlara odaklanmak için iki araç sunmaktadır. Bunlar önceliklendirme matrisi ve HMEA'dır.

Daha sonraki aşamada, anahtar karakteristiklere dayanarak verilerin nasıl gruplandırılacağı düşünülmelidir. Verilerin gruplandırılmasının amacı, oluşan problemin sıklığının zamana, mekâna ve durumlara göre neden değişiklik gösterdiğini açıklayan bir model ortaya çıkarmaktır. Tipik bölünmüş gruplar aşağıda sunulmuştur:

- o **Kim:** Hangi insanlar, gruplar, bölümler ve organizasyonlar
- o **Ne:** İlgili makineler, ekipmanlar, ürünler, servisler ve kaynaklar
- o **Nerede:** Kusur ve problemin fiziksel konumu
- o **Ne zaman:** Günün hangi saati, haftanın hangi günü veya izlenen sürecin kaçınıcı aşaması

#### a) Önceliklendirme Matrisi

Önceliklendirme matrisi, fikirlerin seçilmesi, ağırlıklandırılması ve kriterler uygulanarak karşılaştırılması için kullanılır. Ayrıca, ölçülmesi ve analiz edilmesi gereken “birkaç kritik” değişkenin tanımlanmasına, veri toplama çabalarına odaklanılmasına ve neden ve sonuçlarla ilgili teoriler geliştirmeye yardım eder.

Çok fazla değişkenin süreç çıktısı üzerinde etki ettiği, tüm olası değişkenler hakkında veri toplamanın çok fazla zaman ve maliyet gerektirdiği ve süreçte ne olduğuyula ilgili takım üyelerinin farklı teorilerinin olduğu durumlarda

önceliklendirme matrisinden faydalanılır. Bu araç temel anlaşmazlıkların önceden çözülmesini sağlar ve takımı yapabileceği her şeye değil en iyi şeye (şeylere) odaklanmaya zorlar. Böylece iyileşme başarısı için şansı artırır. Ayrıca, devam şansını artırır ve birisinin kötü projesinin seçilme olasılığını azaltır. Çünkü sürecin her adımında fikir birliği aranır.

Önceliklendirme matrisi için iki uygulama vardır. Birincisi, müşteri ihtiyaçları ve çıktı değişkenleri arasındaki ilişkinin kuvvetini incelemek için kullanılan süreç çıktılarını müşteri ihtiyaçlarıyla ilişkilendirir. İkincisi ise, çıktı değişkenleri ve girdi/süreç değişkenleri arasındaki ilişkinin kuvvetini incelemek için kullanılan girdi ve süreç değişkenlerini çıktı değişkenleriyle ilişkilendirir. Anahtar ölçümleri tanımlamak için ikinci uygulama kullanılır.

- **Girdi / Süreç Değişkenleri için Önceliklendirme Matrisi Nasıl Yapılır?**

1. Tüm çıktı değişkenleri listelenir

2.Çıktı değişkenleri sıraya konular ve ağırlıklandırılır

	Çıktı değişkenleri	Gerilme kuvveti	Yüzey kalitesi	Çap	Duruş/ Kalıp	Toplam
	Ağırlık	9	9	5	5	
Süreç değişkenleri						
Girdi değişkenleri						

**Şekil 15.** Önceliklendirme Matrisi Oluşturulmasının İlk İki Basamağı

(Kaynak: Rath ve Strong , 2004)

3. Bütün girdi ve süreç değişkenleri listelenir

	Çıktı değişkenleri	Gerilme kuvveti	Yüzey kalitesi	Çap	Durus/ Kalıp	Toplam
	Ağırlık	9	9	5	5	
Süreç değişkenleri	Hız					
	Sıcaklık					
	Basınç					
Girdi değişkenleri	Ücret ödeme					
	Yağlayıcı madde					
	Tel					

Şekil 16. Önceliklendirme Matrisi Oluşturulmasının İlk Üç Basamağı

4. Çıktı ve girdi/süreç değişkenleri arasındaki ilişkinin gücün değerlendirilir

	Çıktı değişkenleri	Gerilme kuvveti	Yüzey kalitesi	Çap	Durus/ Kalıp	Toplam
	Ağırlık	9	9	5	5	
Süreç değişkenleri	Hız	1	5	1	1	
	Sıcaklık	9	9	5	1	
	Basınç	1	9	1	1	
Girdi değişkenleri	Ücret ödeme	1	5	1	1	
	Yağlayıcı madde	1	5	5	9	
	Tel	1	5	1	1	

Şekil 17. Önceliklendirme Matrisi Oluşturulmasının İlk Dört Basamağı

5. Çoklu ağırlıklandırma ve korelasyon faktörü çaprazlanır  
6. "Birkaç Kritik" değişkenlere dikkat çekilir

	Çıktı değişkenleri	Gerilme kuvveti	Yüzey kalitesi	Çap	Durus/ Kalıp	Toplam
	Ağırlık	9	9	5	5	
Süreç değişkenleri	Hız	1	5	1	1	64
	Sıcaklık	9	9	5	1	192
	Basınç	1	9	1	1	100
Girdi değişkenleri	Ücret ödeme	1	5	1	1	64
	Yağlayıcı madde	1	5	5	9	124
	Tel	1	5	1	1	64

Şekil 18. Önceliklendirme Matrisi Oluşturulmasının Tüm Basamakları

### b) HMEA (Hata Modu ve Etkileri Analizi)

HMEA, riskleri tanımlamak, tahmin etmek, önceliklendirmek ve değerlendirmek için kullanılan yapısal bir yaklaşımdır. Başarısızlığı önlemeyi ve mevcut süreç için kritik olan girdi ve süreç değişkenleriyle ilgili veri toplama çabalarına odaklanmayı amaçlar.

HMEA ürün, süreç yada servisin başarısızlığa uğramaması ve spesifik hataların önlenmesi için iyileştirme yapılacağı özel durumların tanımlanmasında kullanılır. Ayrıca, ürün veya hizmet tasarımı, sürecin yürütülmesi ve potansiyel çalışan hatalarının analiz edilmesi için de faydalı bir araçtır. Önemli değişkenlerin neler olduğunun ve onların çıktı kalitesini nasıl etkilediğinin anlaşılamadığı durumlarda ve veri toplama çabalarını önceliklendirmek gerektiğinde hata modu ve

etkileri analizi yapılır. HMEA'nın uygulanması performansı, kaliteyi, güvenilirliği ve güvenliği artırır.

HMEA daha çok DMAIC metodunda amaçlanan çözümün etkinliğini geliştirmek için iyileştirme adımında; gelişim fırsatlarının tanımlanması için tanımlama adımında ve hangi veriyi nereden toplanacağını belirlemek için ölçme adımında kullanılır. HMEA, süreç adımlarını izleyerek hangi problemin oluşacağını tanımlar ve potansiyel problemleri oluşma sıklığı, şiddet ve keşfedilebilirlik özelliklerine göre puanlar. Bu sayede, belirtilen puanlara göre problemleri önlemek için gerekli olan sayısal ölçümlerin belirlenmesine yardımcı olur.

- **Nasıl yapılır?**

1. Potansiyel hata modları tanımlanır
2. Her bir hatanın olası etkileri ve şiddet derecesi tanımlanır
3. Etkilerin nedenleri tanımlanır ve oluşma sıklığını tahminlenir
4. Her bir hata modunun keşfedilebilirlik yeteneği tahminlenir
5. Üç sayı çarpılarak (şiddet, sıklık ve keşfedilebilirlik) her hata modunun riski belirlenir. Bu risk öncelik sayısını gösterir.
6.  $RPN = \text{Şiddet} * \text{Sıklık} * \text{Keşfedilebilirlik}$
7. Yüksek RPN'li olan riskleri ortadan kaldırmanın veya azaltmanın yolları araştırılır
8. Sayısal ölçümler uygulandıktan sonra hatalar yeniden ölçülür

Şekil 19'de HMEA formu gösterilmiştir.

**Tablo 8.** Şiddet (Hatanın Etkisi)

<b>Kötü</b>	<b>Puan</b>	<b>Kriter: bir hata...</b>
	10	Müşteri ya da çalışan yaralanabilir.
	9	Yasal değildir.
	8	Kullanıma uymayan servis yada ürünün verilmesine neden olur.
	7	Yüksek müşteri memnuniyetsizliğine neden olur.
	6	Bölümsel arızaya neden olur.
	5	Şikâyetle sonuçlanması beklenen bir performans kaybına neden olur.
	4	Küçük bir performans kaybına neden olur.
	3	Küçük bir külfet yaratır, kayıp olmadan üstesinden gelinebilir.
	2	Fark edilmez, performans üzerinde küçük etki yaratır.
<b>İyi</b>	1	Fark edilmez, performans üzerinde etki yaratmaz.

(Kaynak: Brassard vd. , 2002)

**Tablo 9.** Oluşma Sıklığı

<b>Kötü</b>	<b>Puan</b>	<b>Zaman Aralığı</b>	<b>Olasılık</b>
	10	Günde 1 Kereden Fazla	> 30%
	9	3-4 Günde Bir Kere	< 30%
	8	Haftada Bir Kere	< 5%
	7	Ayda Bir Kere	< 1%
	6	Üç Ayda Bir Kere	<0,03%
	5	Altı Ayda Bir Kere	10.000'de 1
	4	Yılda Bir Kere	100.000'de 1
	3	1-3 yılda bir	Milyonda 6
	2	3-6 Yılda Bir Kere	10 Milyonda 6
<b>İyi</b>	1	3-100 Yılda Bir Kere	Milyarda 2

(Kaynak: Brassard vd. , 2002)

**Tablo 10.** Keşfedilebilirlik

<b>Kötü</b>	<b>Puan</b>	<b>Tanım</b>
	10	Kusur fark edilemeyen bir hata yaratır.
	9	Parçalar arada sırada kusur için kontrol edilirler.
	8	Parçalardan sistematik olarak örnekleme alınır ve denetlenir.
	7	Bütün parçalar elle denetlenirler.
	6	Elle yapılan denetimler hatalara neden olur.
	5	Süreç İPK ile görüntülenir ve denetlenir.
	4	İPK kullanılır ve kontrol dışı durumlar için hızlı tepkiler verilebilir.
	3	İPK kullanılır 100% denetim ile kontrol dışı durumlar kuşatılır.
	2	Bütün parçalar otomatik olarak denetlenir.
<b>İyi</b>	1	Kusur belirgindir ve müşteriyi etkilemeden ortadan kaldırılır.

(Kaynak: Brassard vd. , 2002)

HMEA UYGULAMA FORMU				SİSTEM/PARÇA ADI:				TARİH:		HMEA NO:						
SİSTEM				EKİP LİDERİ:												
ALT SİSTEM				EKİP ÜYELERİ:												
PARÇA																
MEVCUT DURUM						İYİLEŞTİRME AŞAMASI			İYİLEŞTİRME SONRASI							
Potansiyel Hata Modu	Potansiyel Hata Ekisi	Şiddet	Sınıfı	Hatanın Potansiyel Nedenleri	Olasılık	Mevcut Süreçte Önleyici Kontrol	Mevcut Süreçte Keşfedici Kontrol	Keşfedilebilirlik	R.Ö.S.	Önerilen İyileştirmeler	Sorumlu ve Tamamlama Zamanı	Gerçekleşen Önemler ve Tamamlanma Zamanı	Şiddet	Olasılık	Keşfedilebilirlik	R.Ö.S.

**Şekil 19.** HMEA Formu Örneği

(Kaynak: Rath ve Strong, 2004)

## 2. Adım: Operasyonel Tanım Ve Prosedürler Geliştirmek

Operasyonel tanımlar, her ölçüm için anahtar karakteristiklerin neler olduğunu ve bunların nasıl ölçüleceğini tanımlamak için kullanılır. Hangi parçaların, kim tarafından, hangi ekipmanlar veya veri toplama formları kullanılarak ölçülmesi gerektiğini ortaya çıkarır. Bazen tüm verileri kullanmak yerine örnek almak yeterli olabilir.

Operasyonel tanımlamalar özel, somut, ölçülebilir, hem organizasyon için hem de müşteriler için faydalı olmalıdır. Bazen bu tanımlamaların tek bir doğru cevabı yoktur.



Operasyonel tanımlamaların yapılması sonucu veri toplayan kişiler hakkında kesin bilgiler elde edilir, belirsizlik önlenerek herkesin soruları aynı şekilde anlamasını sağlar ve ölçülen karakteristikle ilgili bir değerin nasıl elde edileceği ve ölçüleceği tanımlanır.

- **Uygulama Adımları**

1) Karakteristiği tanımlayan ve nasıl ölçüldüğünü anlatan bir karalama notu oluşturulur.

- a. Bu adımda süreç sigma'yı ölçmek için kusurlar saymalıdır. Bazı durumlarda kusurlar belirgindir, bazılarında ise kusurun tanımlanması gerekir.
- b. Farklı insanların kolaylıkla kullanabilmesi için tanımlama açık ve somut olmalıdır ve tüm veriler aynı yolla ölçülmelidir.
- c. Tanımlama ölçülebilir olmalıdır. Yani, veri noktasına bir değer verilebilmelidir.(sayı veya evet hayır)
- d. Tanımlama hem organizasyon hem de onun müşterileri için kullanışlı olmalıdır. Bunun için müşterilerin kaliteyi nasıl değerlendirdiği ve müşteri ihtiyaçlarının karşılanıp karşılanmadığı araştırılmalıdır.

2) Tanımlar küçük bir örnek üzerinde test edilmelidir.

3) Tanımlama gerektiği gibi değiştirilmelidir.

Kusursuz balık krakerler için operasyonel tanımlama şu şekildedir:

- o Kusursuz balık krakerleri, bozulmamış ve bütün balık krakerleridir.
- o Balığın bütün vücudu tam olmalı, vücudunda tasarımın dışında herhangi bir ek veya ekstra delik ve yarıklar olmamalıdır.
- o Modelin kabartması 4 feet uzaktan da kolaylıkla görülebilmelidir.

- o Krakerin rengi örneklerdeki en açık renkli krakerden açık olmamalı, en koyu renkliden de koyu olmamalıdır.

### 3. Adım: Ölçüm Sistemini Geçerli Kılmak

Ölçüm sistemi analizi ile aynı parça birkaç kez ve farklı kişiler tarafından ölçülür. Bu yolla ölçüm sisteminin kendisinden kaynaklanan değişim miktarı ölçülür ve ölçüm sisteminin nasıl iyileştirilebileceği araştırılır. Ölçüm sistemini anlayabilmek için ölçümle ilgili aşağıdaki terimlerin açıklanmasında fayda vardır (DaimlerChrysler vd., 2002)

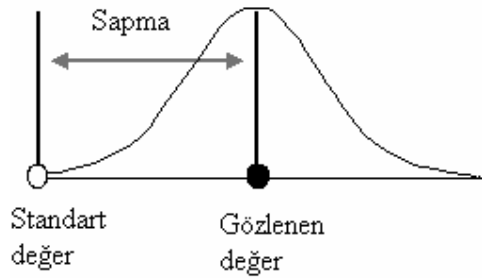
- o **Ölçüm:** “Ölçüm” terimi “ belirli bir özelliğe göre birbirleri arasındaki etkileşimi temsil etmesi için malzemelere sayılar tayin etmek” olarak tanımlanır. Bu tanım ilk olarak C.Eisenhart (1963) tarafından yapılmıştır.
- o **Ölçüm Cihazı:** Ölçümleri elde etmek için kullanılan herhangi bir cihaz; sık sık, spesifik olarak, atölye zemininde kullanılan cihazlar anlamında kullanılır.
- o **Ölçüm Sistemi:** Ölçülen karakteristiğe numara tayin eden operasyonlar, yöntemler, ölçüm cihazları ve diğer cihazlar, yazılım ve personel toplamı; ölçümleri elde etmek için kullanılan proseslerin tümü ölçüm sistemini oluşturur.
- o **Referans Değer:** Kabul edilebilir değerdir ve gerçek değer yerine kullanılır. Operasyonel bir tanımlama gerektirir.
- o **Gerçek Değer:** Bilinmeyen ve bilinmeyen, kesin değerdir. Yapılan ölçümler sonucu okunan değerlerin, gerçek değere mümkün olduğunca yakın olması arzu edilir. Maalesef gerçek değer, asla kesin olarak bilinemez. Ancak ölçülen karakteristiğin, iyi tanımlanmış bir operasyonel tanımına bağlı olan referans değer kullanılarak, gerçek değer belirsizliği minimize edilebilir.
- o **Ölçüm Aleti (Gage) R&R:** Ölçüm sistemi tekrarlanabilirliği ve tekrar yapılabilirliğinin birleştirilmiş tahminidir. Ölçüm sistemi yeteneği; kullanılan metoda göre değişir, zamanın etkisini içerebilir veya içermeyebilir.

- **Ölçüm Sistemi Yeteneği:** Ölçüm sistemi değişkenliğinin kısa dönemli tahminidir.
- **Ölçüm Sistemi Performansı:** Ölçüm sistemi değişkenliğinin uzun dönemli (mesela, uzun dönemli kontrol kartı metodu ) tahminidir.
- **Tutarlılık (Consistency):** Zaman boyunca tekrarlanabilirliğin değişim derecesidir. Tutarlı bir ölçüm süreci, yayılım değişkenliğine göre istatistiksel olarak kontrol altındadır.
- **Tekdüzelilik (Uniformity):** Normal çalışma aralığı boyunca tekrarlanabilirlikteki değişim ve tekrarlanabilirliğin homojenliğidir.

Ölçüm sistemini değerlendirmek için yer ve yayılım değişkenlikleri incelenir. Sapma, durağanlık ve doğrusallık karakteristikleri yer değişkenliğini, hassasiyet, tekrarlanabilirlik ve tekrar yapabilirlik karakteristikleri ise yayılım değişkenliğini tahminlemek için kullanılır.

#### ❖ Sapma( Bias )

Ölçülen değer gerçek değerden çok az farklılık gösterdiğinde sapma ortaya çıkar. Sapma tekrarlanan ölçümlerin gözlemlenen ortalaması ile bu parça için bilinen standart değer(referans değer) karşılaştırılarak test edilir.

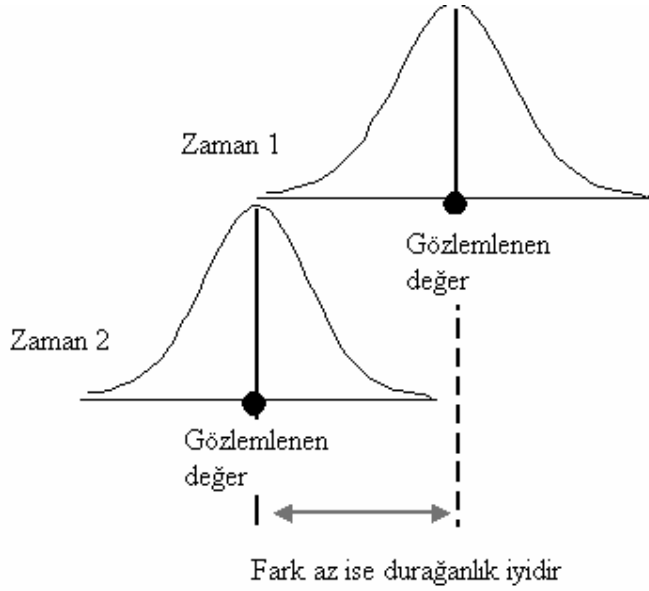


Şekil 20. Sapma

(Kaynak: DaimlerChrysler vd., 2002)

## Durağanlık

Aynı kişinin, aynı master veya parçalar üzerinde, uzun bir zaman periyodu içinde tek bir karakteristiği ölçmesinden elde edilen ölçümlerin toplam değişkenliğidir.



Şekil 21. Durağanlık

(Kaynak: DaimlerChrysler vd., 2002)

### ❖ Doğrusallık

Doğrusallık, ölçüm cihazının beklenen çalışma aralığı boyunca sapma değerleri farkıdır. Referans değer arttıkça sapmanın da onunla doğru orantılı olarak artar.

**Tablo 11.** Doğrusallık Örneği

Referans Değer (x)	Sapma (y)	xy	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>
2	0,49	0,98	4	(0,49) <sup>2</sup>
4	0,13	0,52	16	(0,13) <sup>2</sup>
6	0,03	0,18	36	(0,03) <sup>2</sup>
8	-0,29	-2,32	64	(-0,29) <sup>2</sup>
10	-0,62	-6,2	100	(-0,62) <sup>2</sup>
$\sum x = 30$	$\sum y = -0,26$	$\sum xy = -6,84$	$\sum x^2 = 220$	$\sum y^2 = 0,73$

(Kaynak: DaimlerChrysler vd., 2002)

$Sapma = b + ax$  (DaimlerChrysler vd., 2002)

$$b = \sum \frac{y}{n} - ax \left( \sum \frac{x}{n} \right)$$

$$a = \frac{\sum xy - \left( \sum x \sum \frac{y}{n} \right)}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}$$

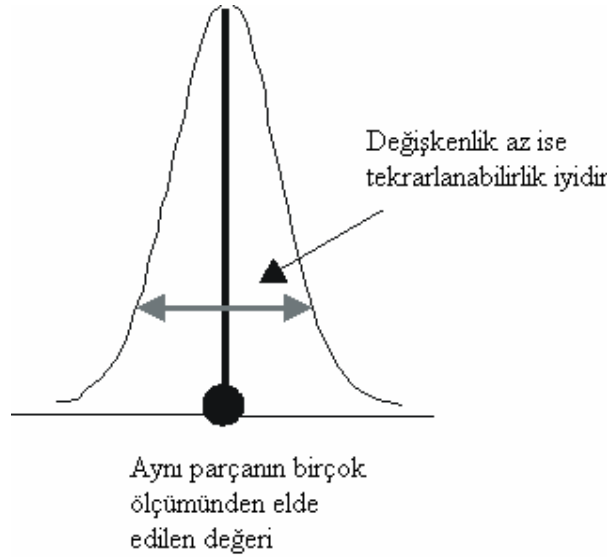
Bu denklemler kullanılarak sapma ile referans değer arasındaki ilişkinin denklemini aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$y = 0,7367 - 0,1317x$$

Ölçüm aletinin kalibrasyona ihtiyaç duyması, eskimiş ölçüm aleti, ekipman veya fikstür, bakımsızlık (hava, enerji, hidrolik, filtreler, korozyon, pas, temizlik), eskimiş veya zarar görmüş master, mastardaki hata, yanlış kalibrasyon, ölçüm aletinin kalitesinin zayıflığı ve çevre ölçüm sisteminin durağan olmamasının, aşırı eğilimin ve doğrusallık hatalarının olası sebepleridir.

## ❖ Tekrarlanabilirlik

Tekrarlanabilirlik, bir ölçüm cihazı bir ölçümcü tarafından bir çok kez kullanılarak, aynı parçanın aynı karakteristiğini ölçerken elde edilen ölçümlerin değişkenliğidir. Bu, ekipmanın doğal değişkenliği veya yeteneğidir. Tekrarlanabilirlik, genellikle ekipman değişkenliği (EV) olarak belirtilir. Ancak bu yanıltıcıdır. Tekrarlanabilirlik, genel sebep değişkenliğidir. Tekrarlanabilirliğin en iyi tanımı; tanımlanmış ve sabitlenmiş ölçüm şartlarında (Örneğin; varsayımlar, çevre, operatör, metot, standart, alet ve sabit bir parça gibi) sistem içi değişkenliktir.



**Şekil 22.** Tekrarlanabilirlik

(Kaynak: DaimlerChrysler vd., 2002)

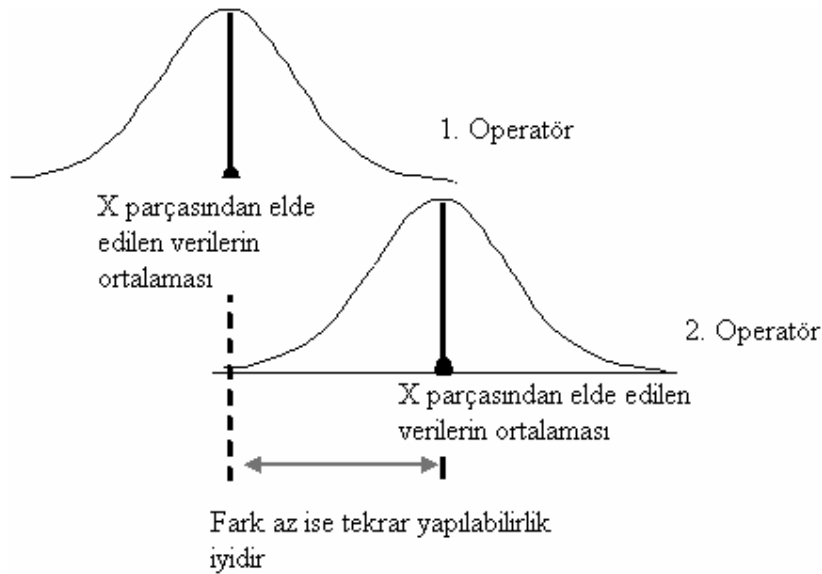
Düşük tekrarlanabilirliğin mümkün sebepleri şunlardır:

- Parça İçi ( Örnek ) : form, pozisyon, yüzey cilası, örnek uyumu
- Alet İçi: tamir; yıpranma, ekipman veya fikstür hatası, zayıf kalite veya bakım
- Standart İçi: kalite, sınıf, yıpranma

- Metot İçi: ayardaki değişkenlik, teknik, sıfırlama
- Ölçümcü İçi: teknik, pozisyon, deneyimsizlik, yorgunluk
- Çevre İçi: kısa dönemlerde sıcaklıktaki değişiklikler, rutubet, vibrasyon, ışıklandırma, temizlik
- Alet tasarımı veya dirençten yoksun metot, zayıf tekdüzelilik
- Uygulamada yanlış ölçüm aleti kullanmak
- Parçanın ya da ölçüm aletinin çarpıklığı
- Uygulama – parça büyüklüğü, pozisyon, gözlem hatası

### ❖ Tekrar Yapılabilirlik

Tekrar yapılabilirlik, değişik ölçümcülerin aynı ölçüm cihazını kullanarak, aynı parçanın aynı karakteristiğini ölçerken elde ettikleri ölçümlerin ortalamalarının değişkenliğidir. Bu ifade, operatörün ustalığının tesir ettiği el ile kullanılan aletler için doğrudur. Ancak, değişkenliğin temel kaynağının operatör olmadığı ölçüm sistemleri için ( örneğin otomatik sistemler ) bu ifade doğru değildir. Bu sebepten dolayı tekrar yapılabilirlik, ölçüm şartları arası veya sistemler arası değişkenliğin ortalaması ile ilgilidir.



**Şekil 23.** Tekrar Yapılabilirlik

(Kaynak: DaimlerChrysler vd., 2002)

Tekrar yapılabilirlik hatasının potansiyel kaynakları:

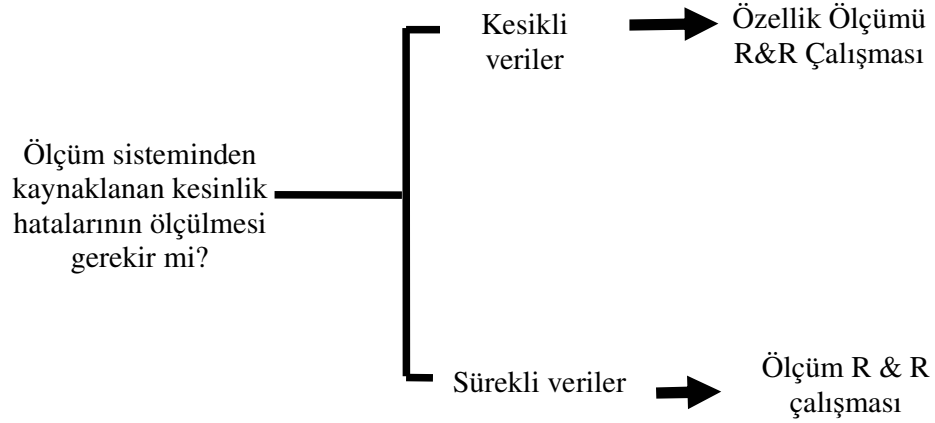
- Parçalar Arası (Örnek) : aynı alet, operatörler ve metot kullanılarak A, B, C gibi parça türlerini ölçerken ortalama fark
- Aletler Arası: aynı parçalar, operatörler ve çevre koşulları için A, B, C gibi aletleri kullanım sonucundaki ortalama fark
- Standartlar Arası: ölçüm sürecindeki farklı ayar standartlarının ortalama etkisi
- Metotlar Arası: elle idare edilen sistemlere karşılık otomatik sistemler, sıfırlama, nokta yoğunluğu ve benzerindeki değişikliklerin sebep olduğu ortalama fark
- Ölçümcüler Arası (Operatörler) : beceri, deneyim, tekniğin sebep olduğu operatörler arası ortalama fark.
- Çevre Arası: çevresel faktörlerin, zaman içerisindeki ölçümler üzerinde sebep olduğu ortalama fark.
- Çalışmadaki varsayımın bozulması
- Alet tasarımı veya dirençten yoksun metot
- Uygulama – parça büyüklüğü, pozisyon, gözlem hatası

#### ❖ Ölçüm Sistemini Geliştirme

Ölçüm sistemi ölçüm aletleri, prosedürler, tanımlamalar ve insanlardan oluşur. Ölçüm sistemini geliştirmek için aşağıdakiler göz önünde bulundurulmalıdır:

- o Verilerdeki değişkenliğin ne kadarının ölçüm sisteminden kaynaklandığı sorularak ölçüm sisteminin şu anda ne kadar iyi çalıştığı değerlendirilmelidir
- o Sonuçlar değerlendirilmeli ve iyileştirme stratejileri geliştirilmelidir.





**Şekil 24.** Kesikli Verilere Karşı Sürekli Veriler

#### a) Ölçüm R&R Çalışması

Ölçüm R&R çalışması sürekli verileri toplayarak ölçüm sistemini tayin etmek için kullanılır. Genellikle üretimde ya da sürekli olan önemli fiziksel karakteristikleri ölçmek için “ölçü aygıtı”nın kullanıldığı diğer uygulamalarda kullanılır. Kalınlık, viskozite, mukavemet, yapışkanlık fiziksel karakteristiklere örnek gösterilebilir.

Ayrıca, ölçüm R&R çalışması ölçüm sisteminin tekrarlanabilirliğini ve tekrar yapılabilirliğini tayin etmek için yürütülen denemeler setidir. Bu çalışmada birçok operatör birçok parçayı birçok defa ölçer. Örneğin 3 operatör 7 parçayı 2 şer defa ölçüyor. Ölçüm esnasında “körlük” son derece arzu edilir. Çünkü operatörün ölçülen parçanın özel bir testin parçası olduğunu bilmemesi daha iyidir. Operatörler en azından test parçalarından hangilerini ölçtüklerini bilmemelidirler.

Değişkenliğin ne kadarının operatörlerden, tekniklerden veya parçaların kendilerinden kaynaklandığını bulmak için ölçüm R&R çalışma sonuçlarına göre değişkenlik analiz edilir.

## ❖ Ölçüm R&R Çalışması Nasıl Yapılır?

Ölçüm R&R çalışması için aşağıdaki adımlar izlenir:

- o Süreçte görülen değişkenlik aralığını yansıtan parçalar seçilir. Ölçüm sistemi aralığın bazı bölümlerinde diğerlerine göre daha doğru ölçer, bu nedenle tüm aralıktaki parçaların test edilmesi gerekir.
- o Her bir operatör bu parçaları defalarca ölçer. Parçaların sırasını rasgele seçmek ve operatörün hangi parçaların ölçüldüğünü bilmesine izin vermemek arzu edilen bir durumdur.
- o Ölçülen parçalardaki toplam değişkenliğe bakmak için Minitab gibi bir bilgisayar programı kullanılabilir.
- o Bu bilgisayar programı daha sonra toplam değişkenliğin oranının aşağıdakilerden kaynaklandığını tahmin eder:

1. *Parçadan parçaya değişkenlik*: Ölçülen parçalardaki fiziksel veya gerçek farklılıklar

2. *Tekrarlanabilirlik*: Ölçümü yapan kişinin tutarsızlığı

3. *Tekrar yapabilirlik*: Farklı kişilerin ölçümlerindeki tutarsızlık

4. *Operatör parça etkileşimi*: İnsanların farklı parçaları farklı yollarla ölçmesine neden olan etkileşim (örneğin, ışıklandırılmadan dolayı kısa boylu insanların belirli parçaları ölçmekte zorluk yaşaması)

- o Eğer tekrarlanabilirlik ve tekrar yapılabilirlikte çok fazla değişkenlik varsa ölçüm sürecini düzeltmek veya iyileştirmek için aksiyonlar alınmalıdır. Buradaki amaç, gerekliliklere uygun olan ölçüm sistemini geliştirmektir.

## ❖ Ölçüm R&R Çalışmasında En Çok Kullanılan Teknikler

Değişken ölçüm cihazı çalışması, birçok sayıda değişik teknikler kullanılarak gerçekleştirilebilir. Bu tekniklerden en geçerli olan üç tanesi;

- ✓ Aralık metodu,
- ✓ Ortalama ve Aralık metodu (Kontrol Çizelgesi metodunu da içerir),
- ✓ ANOVA metodudur.

### o Ölçüm R&R Analizinde Aralık Metodunun Kullanılması

Aralık metodu, ölçüm varyansını hızlı bir şekilde tahmin etmeyi sağlayan modifiye edilmiş bir değişken ölçüm çalışmasıdır. Bu yöntem sadece, ölçüm sisteminin genel bir resminin çıkartılmasını sağlar.

Aralık metodu çalışmasında basit olarak iki ölçümcü ve beş parça kullanılır. Bu çalışmada, her iki ölçümcü her parçayı birer kere ölçer. Her parçanın aralığı, Ölçümcü A ve Ölçümcü B'nin elde ettikleri değerlerin mutlak farkıdır. Tüm aralıkların toplamından ortalama aralık( $\bar{R}$ ) değeri bulunur. Toplam ölçüm varyansı, ortalama aralık değerinin  $1/d_2^*$  ile çarpılmasıyla hesaplanır. Tablo 12'deki örnek için  $d_2^* = 1.19$ ' dur (DaimlerChrysler vd., 2002).

**Tablo 12.** Aralık Metodu Örneği

PARÇALAR	ÖLÇÜMCÜ A	ÖLÇÜMCÜ B	ÖLÇÜMCÜ C
1	0,85	0,80	0,05
2	0,75	0,70	0,05
3	1,00	0,95	0,05
4	0,45	0,55	0,10
5	0,50	0,60	0,10
Aralık Ortalaması $(\bar{R}) = \frac{\sum R_i}{5} = \frac{0,35}{5} = 0,07$			
$GRR = \left( \frac{\bar{R}}{d_2^*} \right) = \left( \frac{0,07}{1,19} \right) = 0,0588$			
Proses Standart Sapması = 0,0777			
$\%R \& R = 100 * \left( \frac{R \& R}{\text{Süreç Standart Sapması}} \right) = 75,7\%$			

(Kaynak: DaimlerChrysler vd., 2002)

Süreç standart sapmasının yüzde kaçını ölçüm varyansının oluşturduğunu belirlemek için, R&R, yüzdeye çevrilerek süreç standart sapmasına veya toleransına bölünür. Örnekte, bu karakteristik için süreç standart sapması 0.0777'tür. Tablo 12' de %R&R değeri %75.7 olarak hesaplanmış ve ölçüm sisteminin iyileştirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

o **Ölçüm R&R Analizinde Ortalama ve Aralık Metodunun Kullanılması**

Ortalama ve Aralık metodu, bir ölçüm sistemi için tekrarlanabilirlik ve tekrar yapılabilirlik değerlerinin tahmin edilmesini sağlayan matematiksel bir metottur. Aralık metodundan farklı olarak, bu metot, ölçüm sisteminin tekrarlanabilirlik ve tekrar yapılabilirlik şeklinde iki ayrı bileşene ayrışmasını sağlar, fakat birbirleriyle olan etkileşimlerini göstermez. Ortalama ve aralık kartının uygulama adımları aşağıdaki gibidir:

1. Gerçek veya beklenen süreç varyansını temsil eden  $n > 5$  parça elde edilir.
2. Ölçümcüler A, B ve C olarak adlandırılır ve parçalar 1'den  $n$ 'e kadar numaralanır, ancak bu numaralar ölçümcülere gösterilemez.
3. Eğer normal ölçüm prosedürünün bir parçasıysa, ölçüm cihazı kalibre edilir. Ölçümcü A'nın  $n$  parçayı rasgele bir sırada ölçmesi sağlanır ve başka bir gözlemci bu sonuçları Tablo 13'teki veri sayfasının 1. satırına yazar.
4. Ölçümcü B ve C'nin aynı  $n$  parçayı, birbirlerinin okumalarını göremeyecek şekilde, ölçmesi sağlanır. Bu sonuçlar sırasıyla Tablo 13'teki veri sayfasının 6. ve 11. satırına yazılır.
5. Bu ölçümler başka rasgele bir ölçüm sırası için tekrarlanır. Veriler sırasıyla Tablo 13'teki veri sayfasının 2. , 7. ve 12. satırına ve karşılık gelen kolona yazılır. Eğer 3 deneme yapmak gerekiyorsa, çevrim tekrarlanır ve verileri 3. , 8. ve 13. sıralara yazılır.

**Tablo 13. R&R Veri Sayfası**

ÖLÇÜMCÜ/ DENEME #	PARÇA										Ort.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1. A 1	0,29	-0,56	1,34	0,47	-0,80	0,02	0,59	-0,31	2,26	-1,36	
2.	2	0,41	-0,68	1,17	0,50	-0,92	-0,11	0,75	-0,20	1,99	-1,25
3.	3	0,64	-0,58	0,27	0,64	-0,84	-0,21	0,66	-0,17	2,01	-1,31
4. Ortalama											$\bar{X}_a =$
5. Aralık											$\bar{R}_a =$
6. B 1	0,08	-0,47	1,19	0,01	-0,56	-0,20	0,47	-0,63	1,80	-1,68	
7.	2	0,25	-1,22	0,94	1,03	-1,20	0,22	0,55	0,08	2,12	-1,62
8.	3	0,07	-0,68	1,34	0,20	-1,28	0,06	0,83	-0,34	2,19	-1,50
9. Ortalama											$\bar{X}_b =$
10. Aralık											$\bar{R}_b =$
11. C 1	0,04	-1,38	0,88	0,14	-1,46	-0,29	0,02	-0,46	1,77	-1,49	
12.	2	-0,11	-1,13	1,09	0,20	-1,07	-0,67	0,01	-0,56	1,45	-1,77
13.	3	-0,15	-0,96	0,67	0,11	-1,45	-1,49	0,21	-0,49	1,87	-2,16
14. Ortalama											$\bar{X}_c =$
15. Aralık											$\bar{R}_c =$
16. Parça Ortalaması											$\bar{X} =$ $R_p =$
17.	$\bar{R} = ([\bar{R}_a = ] + [\bar{R}_b = ] + [\bar{R}_c = ]) / [ \text{Ölçümcü Sayısı} = ] =$										$\bar{R} =$
18.	$\bar{X}_{DIFF} = [ \text{Max } \bar{X} = ] - [ \text{Min } \bar{X} = ] =$										
19.	$* \dot{U}KL_R = [ \bar{R} = ] \times [ D_4 = ] =$										
2 deneme için *D <sub>4</sub> =3.27 ve 3 deneme için 2.58'dir.											

(Kaynak: DaimlerChrysler vd., 2002)

Veriler toplandıktan sonra  $\bar{X}_a$ ,  $\bar{X}_b$ ,  $\bar{X}_c$ ,  $\bar{R}_a$ ,  $\bar{R}_b$ ,  $\bar{R}_c$ ,  $R_p$ ,  $\bar{R}$  ve  $\bar{ÜKL}_R$  hesaplanır. Hesaplanan  $\bar{ÜKL}_R$  değerinden daha büyük aralık oluşturan okumalar, aynı ölçümcü ve aynı örnek parça kullanılarak tekrarlanır veya bu değerler atılarak ortalama, bütün aralıkların ortalaması ve üst limit değeri tekrar hesaplanır. Tekrarlanabilirlik veya ekipman varyansı (EV) aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$EV = \bar{R} \times K_1 \quad (\text{DaimlerChrysler vd., 2002})$$

Formüldeki  $K_1$  deneme sayısına göre değişen bir sabit sayıdır.  $K_1$  değeri için Ölçüm Sistemi Analizi Referans El Kitabına bakılabilir.

Tekrar yapılabilirlik veya ölçümcü varyansı (AV) ölçümcü varyansı (AV) şöyle hesaplanır:

$$AV = \sqrt{\left[ \bar{X}_{DIFF} \times K_2 \right]^2 - \left[ \frac{(EV)^2}{(nr)} \right]} \quad (\text{DaimlerChrysler vd., 2002})$$

Denklemdaki  $n$  parça sayısını  $r$  de deneme sayısını ifade eder. Formüldeki  $K_2$  operatör sayısına göre değişen bir sabit sayıdır.  $K_2$  değeri için Ölçüm Sistemi Analizi Referans El Kitabına bakılabilir. Eğer karekök içinde negatif bir sayı hesaplanırsa, ölçümcü varyansı sıfır olarak kabul edilir. Tekrarlanabilirlik ve tekrar yapılabilirlik (R&R) aşağıdaki şekilde, ekipman varyansı ve ölçümcü varyansının karelerinin toplamının karekökü alınarak hesaplanır:

$$R\&R = \sqrt{\left[ (EV)^2 + (AV)^2 \right]} \quad (\text{DaimlerChrysler vd., 2002})$$

Parça varyansı (PV) parça ortalamalarının aralığı (R<sub>P</sub>) bir katsayıyla (K<sub>3</sub>) çarpılarak belirlenir. K<sub>3</sub>, ölçüm cihazı çalışmasında kullanılan parça sayısına bağlı olarak değişen bir sabit sayıdır.

Toplam varyans (TV), çalışmada, tekrarlanabilirlik ve tekrar yapılabilirlik (R&R) varyansı ve parça varyansının (PV) karelerinin toplamının karekökü alınarak hesaplanır.

$$TV = \sqrt{[(R \& R)^2 + (PV)^2]} \text{ (DaimlerChrysler vd., 2002)}$$

Son olarak, ekipman varyansı yüzdesi (%EV), ölçümcü varyansı yüzdesi (%AV), tekrarlanabilirlik ve tekrar yapılabilirlik yüzdesi (%R&R) ve parça varyansı yüzdesi (%PV) ve ayırt edilebilir kategori sayısı (ndc) hesaplanır. Ölçüm sisteminin kabul edilebilir olması için %R&R değeri %30'dan küçük olmalı, ayırt edilebilir kategori sayısı da 5'ten büyük olmalıdır.

#### o **Ölçüm R&R Analizinde Anova Metodunun Kullanılması**

Varyans analizi metodu (ANOVA), ölçüm sistemleri analizi çalışmalarında veri değişkenliğinin diğer kaynaklarının ve ölçüm hatalarının analizinde kullanılabilecek standart bir istatistiksel tekniktir. Varyans analizinde, varyans dört ana kategoriye ayrılabilir: parçalar, ölçümcüler, parçalar arası etkileşim ve ölçüm cihazına bağlı tekrarlama hataları. Tablo 14'te bir ölçüm R&R çalışmasında kullanılan veriler sunulmuştur.

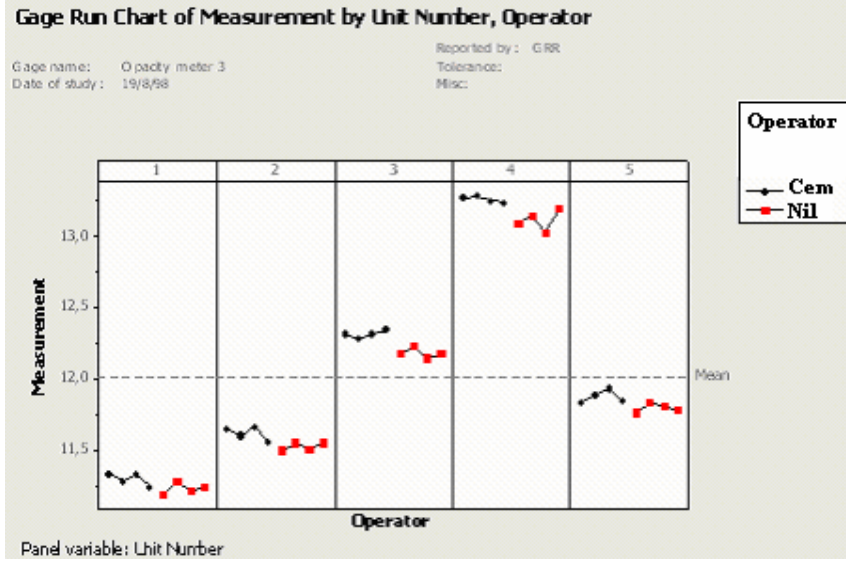


**Tablo 14.** Ölçüm R&R Çalışması Verileri

Ünite	Operatör	Ölçüm	Ünite	Operatör	Ölçüm
1	Cem	11,34	3	Nil	12,18
1	Cem	11,29	3	Nil	12,23
1	Cem	11,33	3	Nil	12,14
1	Cem	11,24	3	Nil	12,17
1	Nil	11,19	4	Cem	13,27
1	Nil	11,29	4	Cem	13,28
1	Nil	11,21	4	Cem	13,24
1	Nil	11,24	4	Cem	13,23
2	Cem	11,65	4	Nil	13,09
2	Cem	11,60	4	Nil	13,14
2	Cem	11,67	4	Nil	13,02
2	Cem	11,56	4	Nil	13,19
2	Nil	11,50	5	Cem	11,84
2	Nil	11,55	5	Cem	11,89
2	Nil	11,51	5	Cem	11,93
2	Nil	11,55	5	Cem	11,85
3	Cem	12,31	5	Nil	11,76
3	Cem	12,28	5	Nil	11,84
3	Cem	12,31	5	Nil	11,81
3	Cem	12,34	5	Nil	11,78

(Kaynak: Brassard vd., 2002)

Bu veriler kullanılarak öncelikle Şekil 25'te görüldüğü gibi ölçüm koşu kartı çizilir. Daha sonra verileri analiz edebilmek için Anova metodu kullanılır. Sonuçlar Tablo 15 ve Şekil 26'da sunulmuştur.



Şekil 25. Ölçüm Koşu Kartı

**Tablo 15. Ölçüm R&R Çalışmasının Minitab Çıktısı**

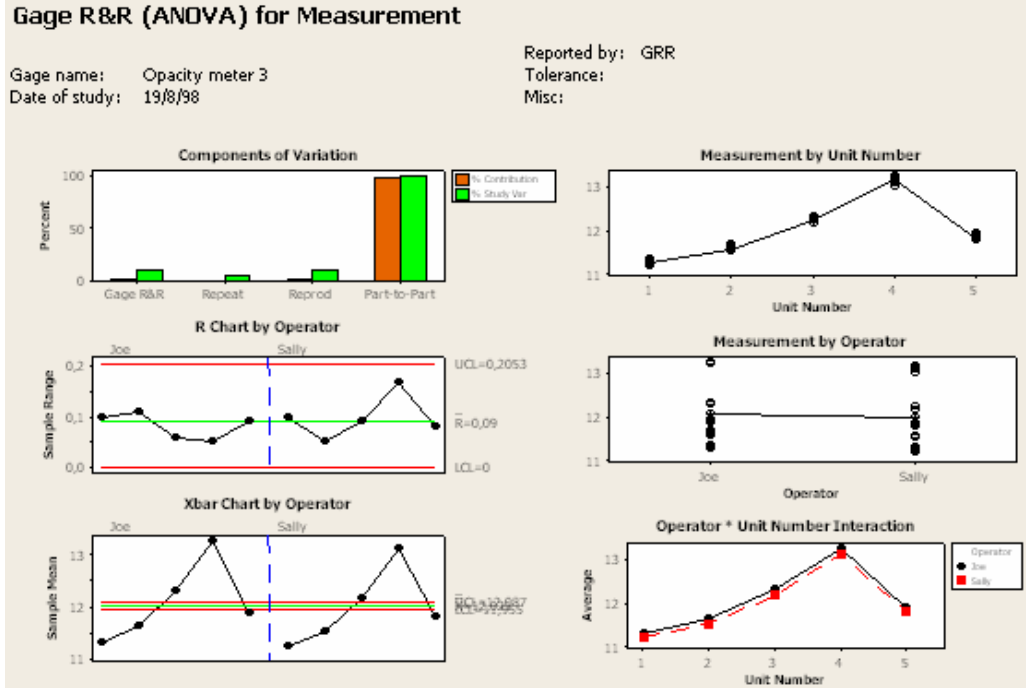
<b>Gage R&amp;R Study - ANOVA Method</b>					
<b>Gage R&amp;R for Measurement</b>					
<b>Gage name: Opacity Meter 3</b>					
<b>Date of study:</b>					
<b>Reported by:</b>					
<b>Tolerance:</b>					
<b>Misc:</b>					
<b>Two-Way ANOVA Table With Interaction</b>					
<b>Source</b>	<b>DF</b>	<b>SS</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>Unit Number</b>	4	17.6209	4.40522	2005.79	0.00000
<b>Operator</b>	1	0.1061	0.10609	48.31	0.00225
<b>Operator*</b>	4	0.0088	0.00220	1.23	0.31941
<b>Unit Number</b>					
<b>Repeatability</b>	30	0.0536	0.00179		
<b>Total</b>	39	17.7894			
<b>Two-Way ANOVA Table Without Interaction</b>					
<b>Source</b>	<b>DF</b>	<b>SS</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>Unit Number</b>	4	17.6209	4.40522	2400.86	0.00E+00
<b>Operator</b>	1	0.1061	0.10609	57.82	7.80E-09
<b>Repeatability</b>	34	0.0624	0.00183		
<b>Total</b>	39	17.7894			
<b>Number of Distinct Categories = 12</b>					

ANOVA tablosu, altı kolondan oluşmaktadır.

- ✓ Source kolonu varyansın sebebidir.
- ✓ DF kolonu; serbestlik derecesidir.
- ✓ SS ya da karelerin toplamı kolonu; kaynağın ortalama etrafındaki sapmasıdır.
- ✓ MS ya da karelerin ortalaması kolonu; karelerin toplamının serbestlik derecesine bölüdüğü kolondur.
- ✓ F oranı kolonu; kaynak değerinin istatistiksel önemini belirlemek için hesaplanır.
- ✓ P kolonunda, olasılık değerleri yer alır.

Ölçüm R&R analizinde Anova metodunu yorumlamak için aşağıdaki kurallar bilinmelidir:

- a) Operatör için  $p$  değeri 0.05'ten küçük ise bu operatörün önemli bir şekilde farklı ortalama değerleri elde ettiğini gösterir.
- b) Operatör ve parça numarası için  $p$  değeri 0.05'ten küçük ise farklı parçalar için ölçüm sonuçları operatörden operatöre tutarlı değildir.
- c) Farklı kategori sayısı 4'ten küçükse parçadan parçaya değişkenliği ayırt etmek için ölçüm değişkenliği çok büyük demektir.
- d) Operatör için  $R$  kartı durağan ise, bu sonuç ölçüm sürecinden atılması gereken özel bir neden olmadığını gösterir.



**Şekil 26.** Ölçüm R&R Çalışmasının Grafiksel Çıktısı

Tablo 15 ve Şekil 26'ya göre test edilen parça aralığı için ölçüm sistemi kabul edilebilirdir.

- Önemli bir operatör parça etkileşimi yoktur
- Ölçüm sistemi 4'ten daha fazla kategoriye ayrılabilir.
- R kartında görüldüğü gibi aynı parça için operatörden kaynaklanan özel bir neden yoktur.
- Önemli operatör farklılıkları vardır. Daha hassas bir ölçüm sistemi için bu konu araştırılabilir.

### b) Nitelik Ölçüm R&R Çalışması

Nitelik Ölçüm R&R çalışması kesikli verilerle ölçüm sistemi değerlendirilmek istendiğinde kullanılır. Genellikle, büyük miktarda kesikli verinin bulunduğu işletme süreçlerinde uygulanır ve ölçüm R&R çalışmasından daha fazla veri gerektirir.

### ❖ Nitelik Ölçüm R&R Çalışması Nasıl Yapılır?

Nitelik ölçüm R&R çalışması sadece kusurlu verilerin mevcut olduğu durumlarda kullanılır. Bu yöntem üretim kuruluşu veya işletme çevresinde hataları değerlendirmek için kullanılır. Nitelik ölçüm R&R çalışmasında, birçok farklı kişiden farklı zamanlarda birçok farklı ürün veya hizmetin kabul edilebilirliği ile ilgili karar vermeleri istenir. Ölçüm R&R gibi nitelik ölçüm R&R de araştırmacıların tekrarlanabilirliğini ve tekrar yapabilirliğini değerlendiren bir denemeler setinden oluşur. Aynı zamanda sonuçları bilinen standart bir değer veya nitelikle karşılaştırarak araştırmacının ne kadar etkili olduğunu değerlendirir.

### ❖ Nitelik Ölçüm R&R Çalışmasını Planlamak ve Yürütmek

- o Öncelikle çalışılacak süreç ve çalışmanın hangi nitelikleri kapsadığı tanımlanır.
- o Örnek büyüklüğüne karar verilir. En az 30 örnek seçilmelidir, ama daha fazlası daha iyidir. Çünkü örnek büyüklüğü ne kadar büyük olursa çalışmadaki güven aralığı da o kadar küçük olur.
- o Eşit sayıda iyi ve kötü örnek setinden oluşan ürünler veya hata tipi gibi doğrulanmak istenen nitelikler toplanır. Doğruluğu açık olmayan örnekler toplanarak araştırmacının ne kadar güçlü karar verdiği araştırılır.
- o İyi veya kötü ürünlerin seçilmesinde uzmanlardan ve müşterilerden yardım alınır.
- o En azından iki tane deneme yapılır.

## 4. Adım: Veri Toplamaya Başlamak

Veri toplayacak olan kişilerin eğitilmesi, veri toplama sürecine kılavuzluk eder ve hataların kanıtlarının bulunmasını sağlar. Ayrıca bu adımda verilerin nasıl sergileneceğine karar verir.

## 5. Adım Ölçümleri Geliştirmeye Sürekli Devam Etmek

Herkesin veri toplama prosedürünü kullandığından emin olunmalıdır. Gereken durumlarda prosedürlerde değişiklik yapılabilir. “Ölçümler tutarlı, tekrarlanabilir, tekrar yapılabilir, durağan mıdır? Bu nasıl öğrenilir? Veriler alışık olmayan özellikler gösteriyor mu?” gibi sorular sorularak ölçüm sistemi sürekli izlenmeye devam edilir.

Veri toplama sürecinde, zamanla verilerde meydana gelen değişkenliği anlamak için koşu kartı, kontrol kartı ve pareto kartı kullanılabilir. Bu yüzden, bu bölümde bu araçlar anlatılacaktır.

### 2.3.1.2. Koşu (Run) Kartı

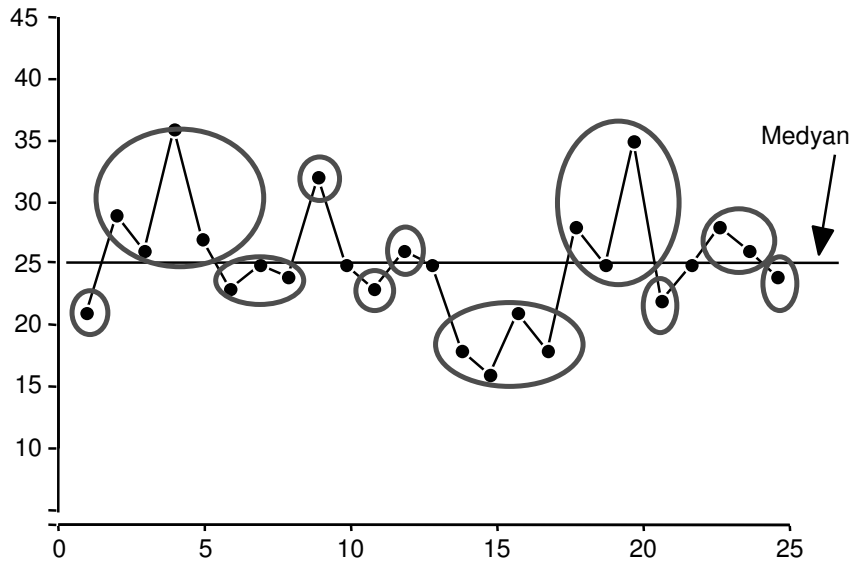
Koşu kartı, kontrol çizelgesinden ya da diğer veri toplama kaynaklarından elde edilen verilerin, belirli bir zaman periyodundaki eğiliminin analiz edilmesine yardım eder. Koşu kartları ayrıca özel nedenlerin değişkenliğin bir işareti olup olmadığını anlamak için kullanılır.

Bir ya da daha fazla sürecin zaman içindeki performansını izleyerek herhangi bir eğilim, kayma ya da döngü olup olmadığını ortaya çıkarır. Ayrıca, uygulamanın yapılmadan önce ve yapıldıktan sonraki etkisinin ölçülmesini, süreçteki can alıcı değişikliklere odaklanılmasını sağlar ve eğilimlerin tahmin edilmesi için yararlı bilgiler sunar.

- **Nasıl Yapılır?**
  - o Süreç performans ölçümü tanımlanır.
  - o Veriler toplanır.
  - o  $x$  ve  $y$  eksenlerinden oluşan bir grafik hazırlanır.  $y$  eksenine ölçülen değişken ile ilgili ölçek,  $x$  eksenine de zaman yada ardışık ölçek konur.

- o Grafik çizilir ve toplanan verilere bakılır. Eğer kesin bir eğilim yok ise ortalama veya aritmetik ortalama hesaplanır. Medyan da kullanılabilir fakat ortalama en sık kullanılan ortalama ölçüsüdür. Ortalama değerde bir yatay çizgi çizilir.
- o Ortalama çizgisinin üstündeki ve altındaki noktalar sayılır. Koşu medyanın aynı yönündeki noktalar serisidir. Bu sayı bir veya daha fazla olabilir.
- o Kart yorumlanır ve özel nedenler kontrol edilir. Eğer özel bir nedenin işareti görülürse ne olduğu incelenir ve tamamıyla kaldırmaya çalışılır. Eğer süreç durağan ise veri analizine devam edilir.

Koşu kartını kullanmadaki tehlike verideki her değişimin önemli olarak görülmesi eğilimidir. Anlamli eğilimler ve modeller için basit testler uygulanarak koşu kartının süreçteki can alıcı değişikliklere odaklanması sağlanabilir. Şekil 27’de bir koşu kartı örneği görülmektedir.

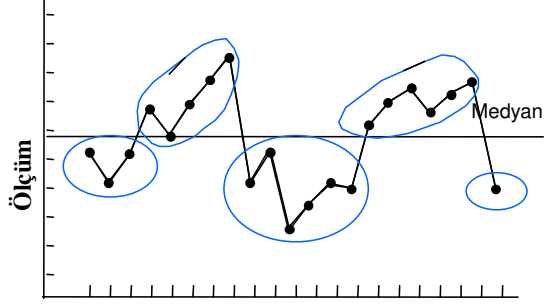


**Şekil 27.** Koşu Kartı Örneği

(Kaynak: Rath ve Strong, 2004)

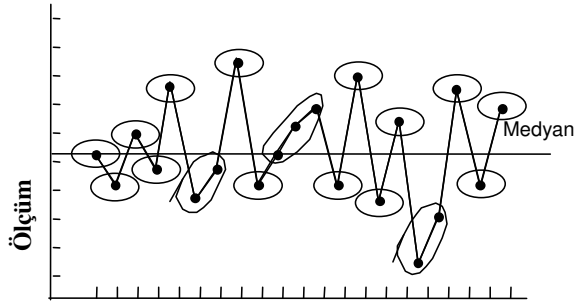


Şekil 27’de 11 tane koşu vardır. Koşu kartlarındaki özel nedenlerin işaretleri Şekil 28, 29,30, 31 ve 32’de görülmektedir. Şekil 33’te ise koşu karının Minitab çıktısı sunulmuştur.



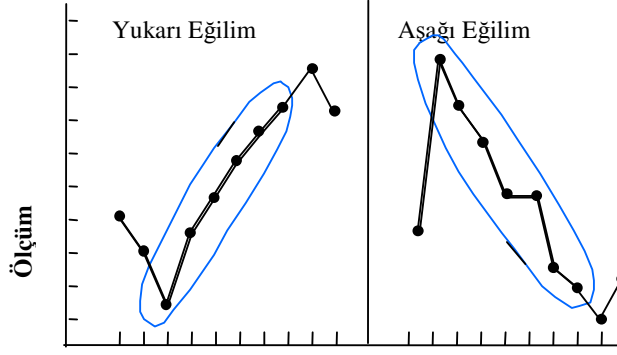
**Şekil 28.** Çok Az Koşu Olan Bir Koşu Kartı Örneği

(Kaynak: Brassard vd., 2002)



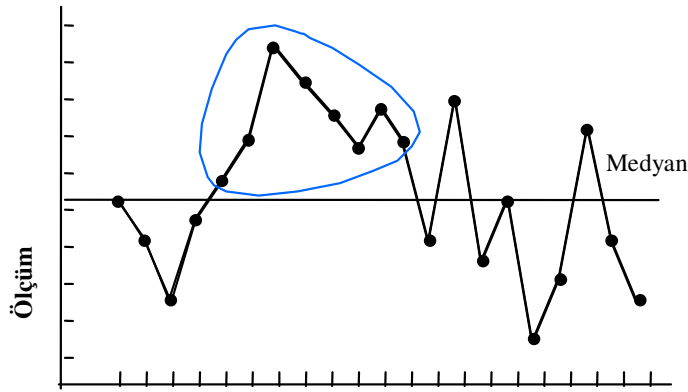
**Şekil 29.** Çok Fazla Koşu Olan Bir Koşu Kartı Örneği

(Kaynak: Brassard vd., 2002)



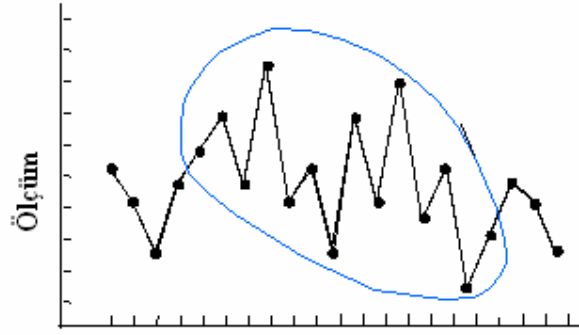
**Şekil 30.** Altı ya da Daha Fazla Sayıda Noktanın Sürekli Arttığı veya Azaldığı Koşu Kartı Örnekleri

(Kaynak: Brassard vd., 2002)



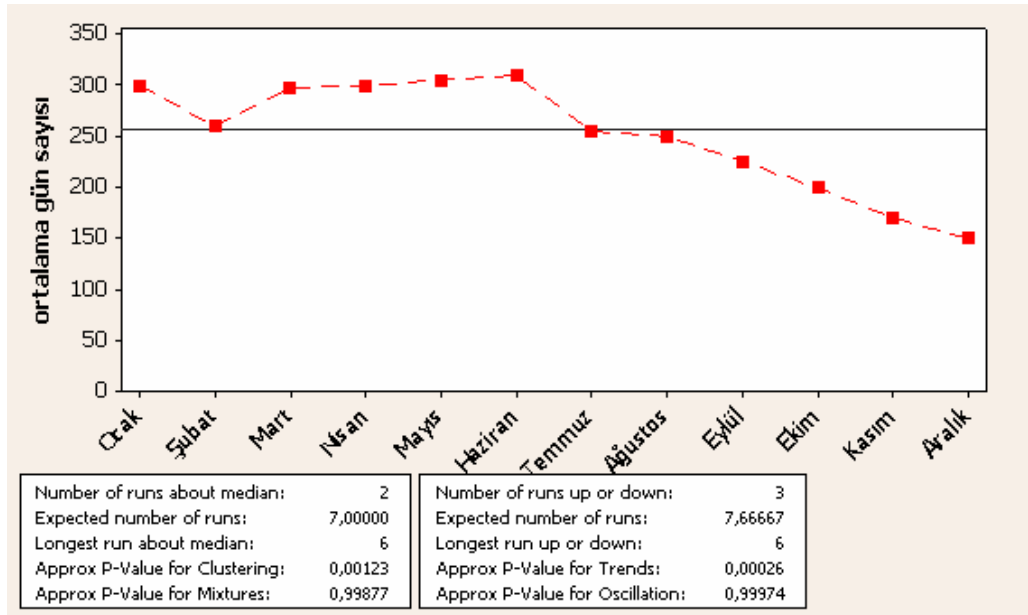
**Şekil 31.** Bir Sırada Sekiz ya da Daha Fazla Noktanın Medyanın Aynı Tarafında Bulunduğu Koşu Kartı Örneği

(Kaynak: Brassard vd., 2002)



**Şekil 32.** On Dört ya da Daha Fazla Noktanın Medyanın Altında ya da Üstünde Yer Aldığı Koşu Kartı Örneği

(Kaynak: Brassard vd., 2002)



**Şekil 33.** Koşu Kartı'nın Minitab Çıktısı

### 2.3.1.3. Kontrol Kartları

Kontrol kartları, değişkenliği ve onun nedenlerini araştırarak süreç performansını izlemek, kontrol etmek ve iyileştirmek için kullanılır. Kontrol kartları,

koşu kartlarının daha gelişmiş olanlarıdır. Koşu kartı ilgili sürecin doğası hakkında bilgi verirken kontrol kartları ise daha kapsamlı bir veri toplama ve analiz gerektirir. Bu nedenle, sadece kritik kalite karakteristikleri için önerilir. İstikrarlı, sorunsuz diğer karakteristiklerin izlenmesi için ise koşu kartları yeterlidir.

Kontrol kartları, sürecin işlerken çıkardığı ürünlerden seçilen örneklerin belli ölçümlerini belli limit değerleri ile karşılaştırır ve bu ölçümlerin eğilimlerini izler. Böylece ölçümlerdeki değişkenliğin özel nedenleri olup olmadığına karar verilir ve ileride oluşabilecek hataların önlenmesine çalışılır. Daha iyi bir kalite, düşük maliyetler ve yüksek ve etkili kapasite için süreci iyileştirmeye yardım eder ve süreç performansını incelemek için genel bir dil oluşturur.

Birçok çeşit kontrol kartı vardır. Hangi kontrol kartının kullanılması gerektiğine karar verebilmek için verilerin tipine, seçilen örnek büyüklüğüne bakılır ve en uygun kontrol kartı seçilir. Veri tipine göre değişken kontrol kartları ve nitel kontrol kartları olmak üzere ikiye ayrılır (Joglekar, 2003).

## 1. Değişken Kontrol Kartları

Değişken kontrol kartları ilgilenilen karakteristiğin sürekli ölçekle ölçüldüğü durumlarda kullanılır. Ortalama ve aralık kartları, ortalama ve standart sapma kartları ve bireysel ve hareketli aralık kartları olmak üzere üç çeşit değişken kontrol kartı mevcuttur.

### a) Ortalama Ve Aralık Kartları( $\bar{X} - R$ )

$\bar{x}$  ve R kartları, istikrarlılık ve normal dağılım ( $x \sim N(\mu, \sigma)$ ) varsayımlarını kabul eder. Normal bir dağılım için ortalama ( $\mu$ ) ve standart sapma ( $\sigma$ ) birbirinden bağımsızdır ve bu nedenle iki kart tasarlanmalıdır.  $\bar{x}$  kartı ortalamanın sürecini göstermek için R kartı da değişkenliği göstermek için çizilir.

### b) Ortalama Ve Standart Sapma Kartları( $\bar{X} - S$ )

Standart sapma, alt grup içindeki değişkenliği, aralıktan daha iyi tanımlar. Bu nedenle,  $\bar{X} - S$  kartları  $\bar{X} - R$  kartlarından daha çok tercih edilir. Fakat özellikle alt grup sayısı 5 olduğu zaman, ortalama çok tatmin edici değildir. Bu nedenle, aralığı hesaplamak daha kolay oldu için  $\bar{X} - R$  kartları, özellikle elde yapılan hesaplamalar için memnun edicidir.

### c) Bireysel ve Hareketli Aralık Kartları

Birçok durumda alt grup sayısı  $n$  bire eşittir ve bunun için kontrol kartlarının bireysel değerler temelinde tasarlanması gerekir. Bu durum genellikle, ölçümler bir günde, bir haftada, bir ayda alınan değerler olduğunda meydana gelir. Ayrıca yıkıcı testlerde olduğu gibi, ölçümlerin pahalı olduğu durumlarda, alt grup içindeki değişkenliğin çok az olduğu durumlarda ya da alt grup içindeki çoklu ölçümlerin gereksiz olduğu durumlarda kullanılır.

## 2. Nitelik Kontrol Kartları

Değişken kontrol kartları, sürekli ölçekle ölçülen karakteristiklerle ilgilendir. Veriler için ikinci bir kategori de bazı niteliklerin meydana gelme sayısını gösteren kesikli ölçektir. Bu verilere “nitelik verileri” denir. Örnek olarak, bir üründeki kusur sayısı veya bir karakteristiğin kabul edilmesi veya edilmemesi gösterilebilir. Bir ayda meydana gelen trafik kazası sayısı gibi bazı durumlarda nitelik verileri doğal olarak oluşur. Diğer durumlarda ölçümler sürekli ölçekte yapılabilir, fakat nitelik verileri kullanılır. Çünkü onların anlaşılması daha kolay ve ölçümü pahalı değildir. Bir milin çapı sürekli ölçekte ölçülebilir ama milin kabul edilebilir olup olmadığına karar vermek için daha kolay olan git gitme ölçüsü kullanılır. Nitelik verilerinin en büyük dezavantajı karakteristiklerle ilgili detaylı bilgi sağlamamalarıdır. Ürünleri ayırmada meydana gelen kayıp kontrol kartı için gerekli olan alt grup sayısını artırır ve sürekli iyileştirme yeteneğini azaltır. Örneğin eğer ürünler spesifikasyon limitleri içinde ve

dışında olarak gruplandırılırsa, limitler içinde olan verilerin hedef değerden ne kadar uzaklıkta olduğu bilinmediği için ürünleri ayırmakta güçlük çekilir. Nitelik verileri sayılabilen verilerdir. Genellikle sayılanlar kusurlar ve kusur sayısıdır. Ürün kusurludur veya değildir. Ayrıca bir üründeki kusur sayısı da sayılabilir. Burada sonuçlar tamsayılardır (0, 1, 2 gibi). Bu sayıların karşılaştırılabilmesi için, örnek büyüklüğünün sabit olması gerekir. Eğer örnek büyüklüğü değişirse bu durumda sayılar örnek büyüklüğüne bölünerek anlamlı bir karşılaştırma yapılabilir (Joglekar, 2003).

**d)  $p$  Kartı (Kusurlu Oranı)**

Belirli durumlarda kusurlu sayısı binom dağılımına sahiptir. Bu da  $p$  kartının temelini oluşturur.  $p$  kartı değişken alt grup sayısı için kullanabildiği gibi sabit alt grup sayısı için de kullanılabilir.

**e)  $np$  Kartı (Hatalı Sayısı)**

$np$  kartı sabit alt grup sayısı için kullanılabilir. Fakat  $p$  kartının hem değişken hem de sabit alt gruplar için kullanılması nedeniyle  $np$  kartına gerek kalmaz.

**f)  $u$  Kartı (Hata sayısı/birim)**

Belirli şartlar altında bir üründeki kusur sayısı poisson dağılımı gösterir. Bu da  $u$  kartının temelini oluşturur.  $u$  kartı hem sabit hem de değişken örnek büyüklüğü için kullanılır.

**g)  $c$  Kartı (Hata Sayısı)**

$c$  kartı sabit alt grup sayısı için kullanılabilir. Fakat  $u$  kartının hem değişken hem de sabit alt gruplar için kullanılması nedeniyle  $c$  kartına gerek kalmaz.

- **Kontrol Kartı Oluşturma Adımları**

1. izilecek süreç seçilir.
2. Örnekleme metodu ve planına karar verilir.
  - o “Bir rnek ne kadar büyük olmalıdır?” sorusu sorularak harcanacak zaman ve maliyetlerle elde edilecek olan bilgiler dengelenmelidir.
  - o Olabildiği kadar teknik durumları benzer örnekler seçilmelidir: aynı makine, operatör gibi.
  - o örnek alma sıklığı verilerin seyrinin anlaşılıp anlaşılmadığına göre değişebilir.
  - o Genellikle kontrol limitlerini ve istatistikleri hesaplamadan önce 20-25 örnek grubu seçilmelidir.
  - o Veri tabanı oluşturabilmek için geçmiş veriler de düşünülmelidir.
3. Veri toplamaya başlanır.
4. Uygun istatistikler hesaplanır.
  - o Eğer nitelik verileri mevcutsa, nitelik veri tablosu kullanılmalıdır.
  - o Eğer değişken veriler mevcutsa, değişken veri tablosu kullanılmalıdır.

**Tablo 16.** Nitelik Veri Tablosu

<b>Tipi</b>	<b>Örnek büyüklüğü</b>	<b>Merkez çizgisi</b>	<b>Kontrol Limitleri</b>
$p$ kartı (Hatalı oranı)	değişken, $n \geq 50$	$\bar{p} = \sum np / \sum n$	$\begin{aligned} \text{ÜKL} &= \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \\ \text{AKL} &= \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \end{aligned}$
$np$ kartı (Hatalı sayısı)	sabit $n \geq 50$	$np$ hatalı üniteler $n\bar{p} = \sum np / k$	$\begin{aligned} \text{ÜKL} &= n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} \\ \text{AKL} &= n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} \end{aligned}$
$c$ kartı (Hata sayısı)	sabit	$c$ hata sayısı $\bar{c} = \sum c / k$	$\begin{aligned} \text{ÜKL} &= \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} \\ \text{AKL} &= \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} \end{aligned}$
$u$ kartı ( Hata sayısı/birim)	değişken	$\bar{u} = \sum c / \sum n$	$\begin{aligned} \text{ÜKL} &= \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \\ \text{AKL} &= \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \end{aligned}$

(Kaynak: Brassard vd., 2002)



**Tablo 17.** Değişken Veri Tablosu

Tipi	Örnek büyüklüğü	Merkez çizgisi	Kontrol Limitleri
$\bar{X} - R$	$n < 10$ , ama genellikle 3 -5 arası	$\bar{\bar{X}} = \left( \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots \bar{X}_k}{k} \right)$	$\bar{ÜKL} = \bar{\bar{X}} + A_2 \times \bar{R}$ $\bar{AKL} = \bar{\bar{X}} - A_2 \times \bar{R}$
		$\bar{R} = \left( \frac{R_1 + R_2 + \dots R_k}{k} \right)$	$\bar{ÜKL} = D_4 \times \bar{R}$ $\bar{AKL} = D_3 \times \bar{R}$
$\bar{X} - S$	Genellikle $n \geq 10$	$\bar{\bar{X}} = \left( \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots \bar{X}_k}{k} \right)$	$\bar{ÜKL} = \bar{\bar{X}} + A_3 \times \bar{S}$ $\bar{AKL} = \bar{\bar{X}} - A_3 \times \bar{S}$
		$\bar{S} = \left( \frac{S_1 + S_2 + \dots S_k}{k} \right)$	$\bar{ÜKL} = B_4 \times \bar{S}$ $\bar{AKL} = B_3 \times \bar{S}$
$\bar{X} - \tilde{R}$	$n < 10$ , ama genellikle 3 - 5 arası	$\bar{X} = \left( \frac{\tilde{X}_1 + \tilde{X}_2 + \dots \tilde{X}_k}{k} \right)$	$\bar{ÜKL} = \bar{\bar{X}} + A_2 \times \bar{R}$ $\bar{AKL} = \bar{\bar{X}} - A_2 \times \bar{R}$
		$\bar{R} = \left( \frac{R_1 + R_2 + \dots R_k}{k} \right)$	$\bar{ÜKL} = D_4 \times \bar{R}$ $\bar{AKL} = D_3 \times \bar{R}$
$\bar{X} - MR$	$n = 1$	$\bar{\bar{X}} = \left( \frac{X_1 + X_2 + \dots X_k}{k} \right)$	$\bar{ÜKL} = \bar{\bar{X}} + E_2 \times \bar{R}_m$ $\bar{AKL} = \bar{\bar{X}} - E_2 \times \bar{R}_m$
		$R_m =  (X_{i+1} - X_i) $ $\bar{R}_m = \left( \frac{R_1 + R_2 + \dots R_{k-1}}{k-1} \right)$	$\bar{ÜKL} = D_4 \times \bar{R}_m$ $\bar{AKL} = D_3 \times \bar{R}_m$

(Kaynak: Brassard vd., 2002)

Bu denklemlerdeki sabitler tablosuna Ek B'den bakılabilir.

## 5. Kontrol limitleri hesaplanır.

Kontrol kartlarında yer alan kontrol limitleri genellikle aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$\text{Üst Kontrol Limiti (ÜKL)} = \mu + 3 \text{ sigma}$$

$$\text{Merkez Çizgi} = \mu$$

$$\text{Alt Kontrol Limiti (AKL)} = \mu - 3 \text{ sigma}$$

## 6. Kontrol kartı çizilir ve sürecin kontrol altında olup olmadığı yorumlanır.

Kontrol altındaki bir süreç kararlıdır. Kararlı bir sistemde iyileştirme, sadece, yönetim ve yetkilendirilmiş çalışanların sorumluluğunda olan sistem değişiklikleri yolu ile gerçekleştirilebilir. Kararsızlık ise belli özel bir neden yüzünden oluşur. Bu özel nedenler, süreç sonuçlarının ortalamasını veya yayılımını değiştirir. Böyle süreçlerin iyileştirilmesi, sistem düzeyini değiştirmeden de mümkündür. Bu nedenle, iyileştirme amacı ile sistemi değiştirmeden önce süreçleri kararlı hale getirmek gereklidir. Süreç kontrol kartları, örnekleme yöntemi ile oluşturulduğu için, istatistiksel hatalar ile karşı karşıyadır. Bu hatalar iki türdür:

### I. Eylem Hatası: Yanlış Alarm

Özel bir neden yok iken, eyleme geçme durumudur (önlem almak). Örneğin, bir atletin 'başla' atışı yapılmadan koşmaya başlaması. Sürece gereksiz yere müdahale etmek:

- Süreç sonuçlarını daha geniş bir aralığa yayar
- Süreç izlemeye duyulan güveni ve alarmlara duyarlılığı azaltır
- Çabaların boşa gitmesine yol açar.

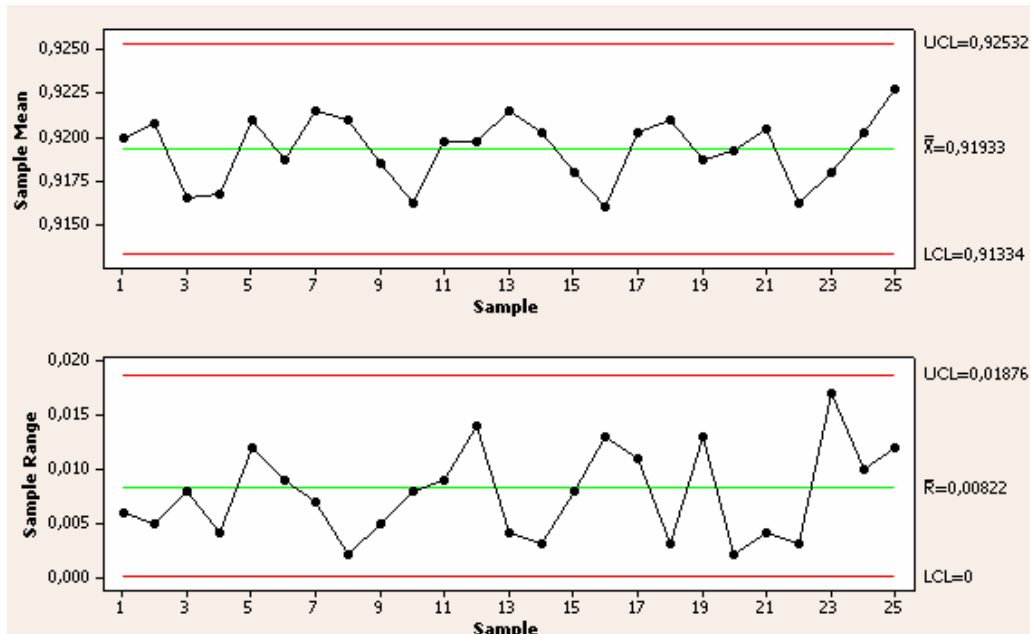
## II. İhmal Hatası: Alarm Başarısızlığı

Özel bir neden varken, hiçbir önlem alınmaması durumudur. Örneğin, acil bir mesaj vermek için telefon çalarken, sahibinin uyuması. Sürece gerektiği zaman müdahale etmemek:

- Daha kötü sonuçlar alınmasına yol açar
- Süreç sonuçlarını daha geniş bir aralığa yayar

Kontrol şemaları geliştirilirken eylem hatası maliyetleri ile ihmal hatası maliyetleri dengelenmeye çalışılır.

Şekil 34'te Minitab'ta çizilmiş bir  $\bar{X} - R$  kontrol kartı örneği görülmektedir.



Şekil 34. Motor Milinin Dış Çap Ölçüm Sonuçlarının  $\bar{X} - R$  Kartı

#### 2.3.1.4. Pareto Kartı

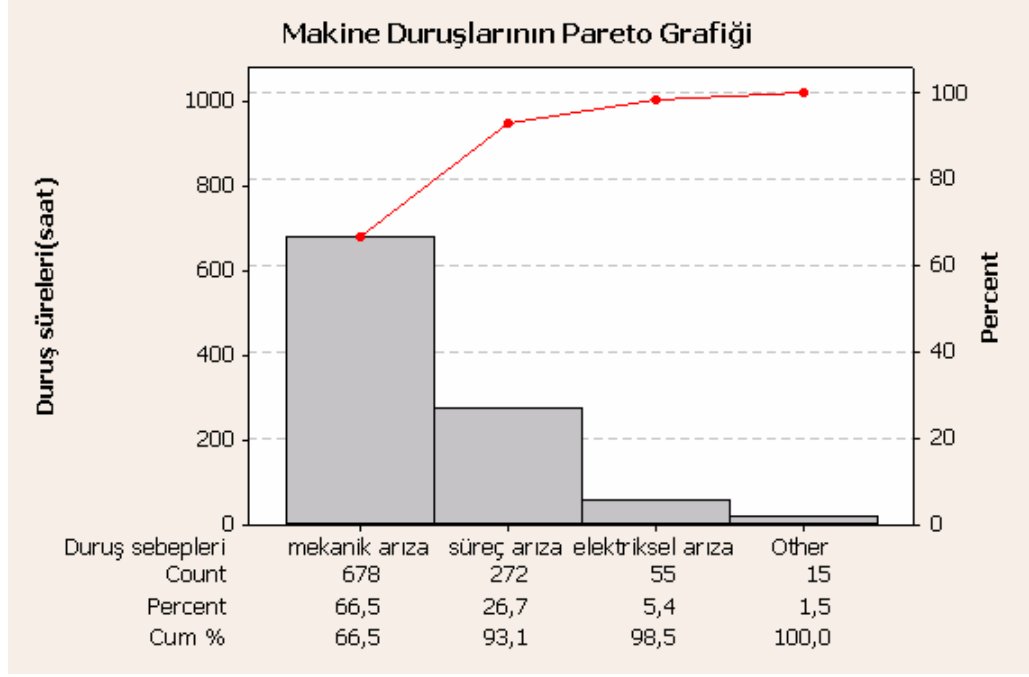
Problemleri veya meydana geliş nedenlerini önem ve sıklık sırasına göre gösteren grafiksel bir araçtır. Problemlerin (nedenlerin) gözlem sıklıkları ya da önem yüzdelerini gösteren, büyükten küçüğe dizilmiş sütunlardan oluşur. Pareto prensibine göre “sorunun % 80’i problemlerin % 20’sinden meydana gelir.” Pareto şemalarında, en önemli ya da en sık görünen probleme (nedene) ait sütun şemanın en solunda gösterilir. Amaç, kullanıcının dikkatini bu sütun üzerine çekmek ve vakit kaybını en aza indirmektir.

Pareto analizi problemlerin ya da bu problemlerin meydana geliş nedenlerinin arasında en önemlilerinin görsel olarak saptanıp değerlendirilmesi, hangi problemler üzerinde durulması gerektiği kararının verilmesi ve değişen zaman içinde performans değişimlerinin gözlenmesi amacıyla kullanılır.

- **Pareto Kartı Oluşturma Adımları**

1. Veri toplamak için bir zaman dilimi belirlenir.
2. İstenen veriler toplanır ve yoklama kâğıtlarına yazılır.
3. Bu veriler, kategorileri azalan puan sırasında sınıflandırılarak özetlenir.
4. Çıkarılan sonuçlar soldan sağa azalacak biçimde Pareto kartına yerleştirilir. Şemanın dikey eksenini yüzdeleri ya da sıklık miktarını, yatay eksenini ise oluşturulan kategorilerin (problem ya da nedenlerin) isimlerini göstermelidir.
5. Şemanın sağ dik ekseninde toplam yüzde gösterilir.
6. Her sütun bir solundaki sütunun üstüne eklenmek suretiyle, her sütunun üstündeki toplam yüzde belirlenerek, bu yüzdeler sağ ekseninde belirtilir.
7. Şemanın ismi verilir.
8. Şema zaman içinde toplanan yeni verilerle değiştirilir ve önceki şema ile farklar değerlendirilir.

Şekil 35’da bir Pareto kartı örneği sunulmuştur.



**Şekil 35.** Makine Duruşlarının Pareto Grafiği

### 2.3.1.5.Süreç Yeteneği

Süreç yeteneği hesaplamaları için önemli olan normal dağılım eğrisinin özelliklerinin ve temel metotların öğrenilmesi süreç yeteneğinin bulunmasının iki önemli amacıdır. Süreç yetenek ölçümleri müşteri spesifikasyonlarına bağlı olarak süreçte ne kadar değişkenlik olduğunu özetleyen istatistiksel ölçümlerdir. Süreç yetenek indislerinin kullanımı:

- o Yönetimin süreç performansını tayin etmesini sağlar
- o Süreçlerin karşılaştırılabileceği bir ölçek oluşturduğu için hangi sürecin daha yetenekli olduğuna karar verilebilir.
- o Zaman boyunca sürecin müşteri ihtiyaçlarını daha iyi karşılayıp karşılamadığını gösterir.

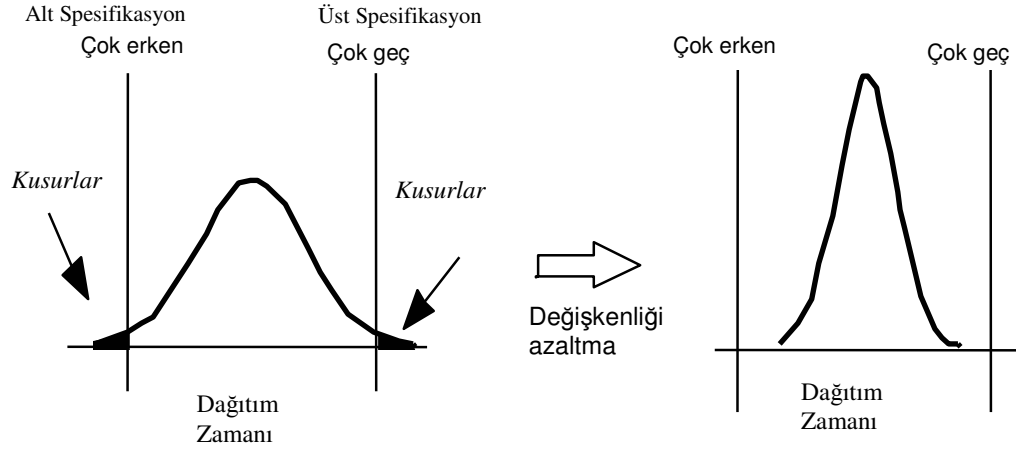
**Tablo 18.** Süreç Yeteneği

<b>Süreç Yeteneği</b>		
<b>Değişim miktarı</b>	<b>Etki</b>	<b>Sigma Değerı</b>
Çok fazla	Müşteri ihtiyaç ve beklentilerini karşılayacak çıktılar üretmek çok zor	0 - 2 düşük
Orta	Çıktıların çoğu müşteri ihtiyaçları ve beklentileri karşılamak	2 - 4.5 orta
Çok az	Tüm çıktılar müşteri ihtiyaç ve beklentilerinin karşılanması(milyonda 4'ten az)	4.5 - 6 yüksek

(Kaynak: Brassard vd., 2002)

Süreç yeteneğini arttırmak için süreç değişkenliğinin azaltılması gerekmektedir. Daha az değişkenlik aşağıdaki faydaları sağlar:

- o Süreçte daha iyi tahmin edilebilirlik
- o Maliyetleri azaltan daha az atık ve yeniden işleme
- o Daha iyi ve uzun ömürlü ürün ve servisler
- o Firmaya tedarikçileri gibi değer veren daha mutlu müşteriler



**Şekil 36.** Değişkenliğin Azaltılması

#### ❖ Normal Dağılım

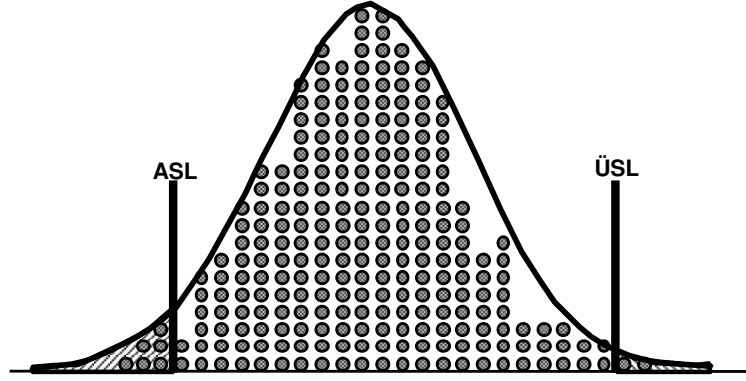
Normal dağılım süreç yeteneğinin tanımlanması için bir temel oluşturur. En sık görülen değer ortada olduğu ve diğer olasılıkların iki yöne doğru simetrik olarak azaldığı bir olasılık dağılımıdır. Bu şekle genellikle “çan eğrisi” adı verilmektedir.

#### ❖ Normal Dağılım Karakteristikleri:

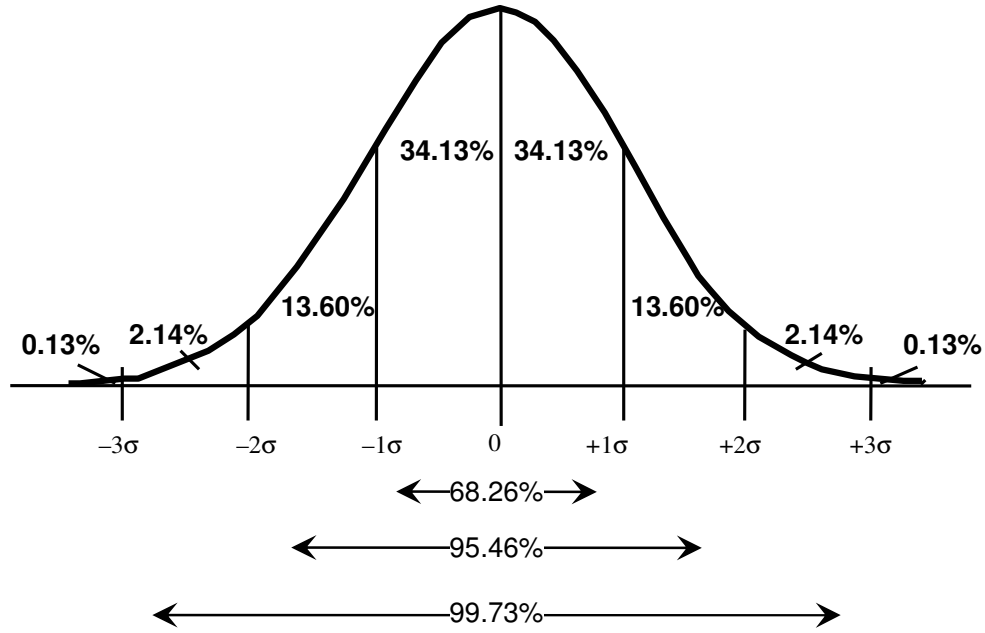
- o Eğri teorik olarak hiçbir zaman sifıra ulaşmaz; bu nedenle tüm sonlu alanların toplamı 100%'den azdır.
- o Bir normal dağılımın grafiği (olasılık yoğunluk fonksiyonu) iki yönde de sonsuza uzanan çan şeklinde ve simetrik bir eğridir.
- o Aynı değişken üzerinde farklı zamanlarda toplanan veri gruplarının aritmetik ortalamaları yaklaşık olarak normal dağılımı gösterir.
- o Eğrinin tepe noktası sürecin merkezini veya ortalamayı gösterir.
- o Normal olasılık yoğunluk fonksiyonu ve altında kalan alan pek çok istatistik kitabında tablolar halinde verilir.

### ❖ Normal Dağılım ve Süreç Yeteneği

Sürekli veriler normal dağıldığı zaman süreç yetenek indisi normal dağılım eğrisinin altındaki, spesifikasyon limitleri dışında kalan alana eşit olur.



Şekil 37. Süreç Yetenek İndisinin Grafikselsel Yorumu



Şekil 38. Normal Dağılım Eğrisinin Altında Kalan Alanların Yüzdeleri



Tüm normal dağılım eğrileri ortalama ve standart sapma olmak üzere iki karakteristikle tanımlanır:

o Ortalama: Merkez eğilim ölçüsüdür.  $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$  Formülüyle hesaplanır.

o Standart sapma: Değişkenlik ölçüsüdür.  $s = \sqrt{s^2} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$

Formülüyle hesaplanır.

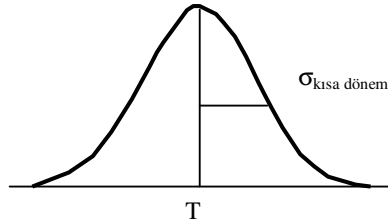
### ❖ Yetenek ve Performans İndisleri

Yetenek indisi bir sürecin istikrarlı olup olmadığı ölçer. Performans indisi ise sürecin mevcut performansını ölçerek sürecin istikrarlı olup olmadığını ölçer.  $C_p$ ,  $C_{pk}$ ,  $P_p$ ,  $P_{pk}$  olmak üzere dört tane yetenek ve performans indisi vardır.

#### a) $C_p$ (Yetenek) İndisi

$C_p$  indisi aşağıdaki varsayımları gerektirir:

1. Spesifikasyonlar iki yönlü olmalıdır.
2. Süreç spesifikasyonların ortasında mükemmel bir şekilde ilerlemelidir.
3. Süreç istikrarlı olmalıdır.
4. Süreç normal dağılım göstermelidir.

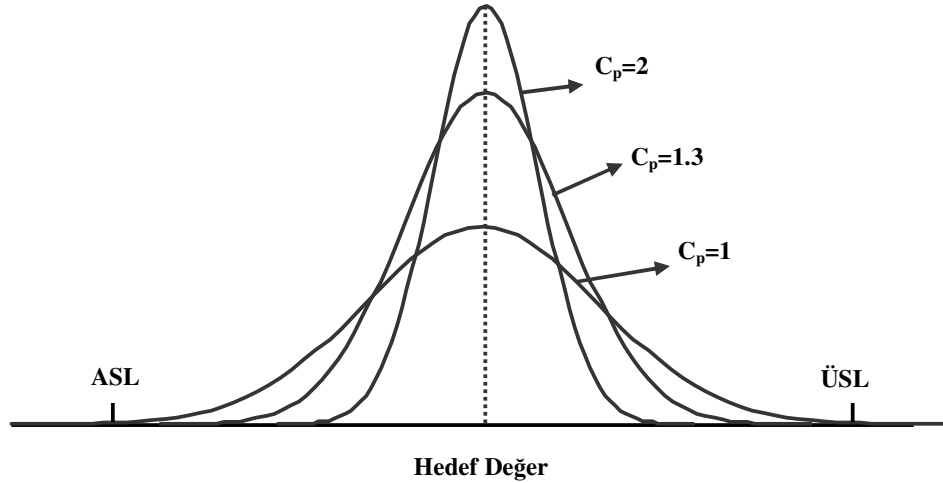


Şekil 39. Normal Dağılım Gösteren, Kararlı Bir Süreç

Şekil 39, kararlı bir süreci göstermektedir. Süreç mükemmel bir şekilde iki spesifikasyonun arasındaki T hedefinde merkezlenmiştir. Süreç istikrarlı olduğu için kısa dönem standart sapması ( $\sigma_{\text{kısa dönem}}$ ) ve uzun dönem standart sapması eşittir. Ortalama  $\mu$  etrafındaki  $\pm 3 \sigma_{\text{kısa dönem}}$  süreç genişliğidir. Böylece süreç genişliği  $6 \sigma_{\text{kısa dönem}}$  kadardır.  $C_p$  indisi aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır:

$$C_p = \frac{\text{ÜKL} - \text{AKL}}{6\sigma_{\text{kısa dönem}}} \quad (\text{Joglekar,2003})$$

Eğer süreç genişliği ve spesifikasyon genişliği eşitse  $C_p$  indisi 1 olur.  $C_p$  indisi 0'dan sonsuza kadar değerler alabilir. Şekil 40  $C_p$  indisinin 1.0, 1.33 ve 2 olduğu durumlardaki dağılımlarını gösterir. Yüksek bir  $C_p$  indisi daha az uygun olmayan ürün anlamına gelir.  $C_p$  indisi spesifikasyonlar genişletilerek ve kısa dönem değişkenlik azaltılarak geliştirilebilir.

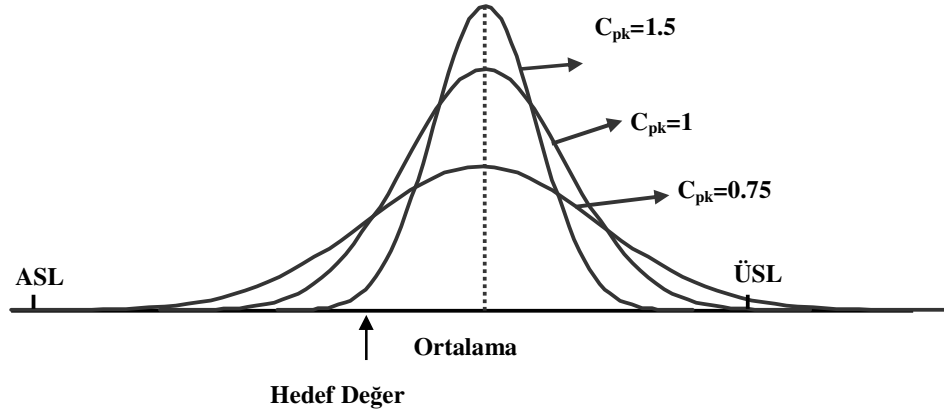


Şekil 40.  $C_p$  İndisi

## b) $C_{pk}$ (Yetenek) İndisi

Uygulama bakış açısına göre  $C_p$  indisi çok fazla gerçek olmayan varsayım içermektedir. Örneğin eğer spesifikasyonlar tek yönlü ise  $C_p$  indisi hesaplanamaz. Ayrıca, sürecin mükemmel bir şekilde iki yönlü spesifikasyonların merkezinde toplandığı varsayılmaktadır. Pratikte bu çok nadir gözlenen bir durumdur.  $C_{pk}$  indisi aşağıdaki iki varsayımı gerektirir:

1. Süreç istikrarlıdır.
2. Süreç normal dağılmıştır.



Şekil 41.  $C_{pk}$  İndisi

Şekil 41 hedeften sapan bir süreci gösterir.  $C_{pk}$  indisi aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$C_{pk} = \frac{\text{ÜKL} - \mu}{3\sigma_{\text{kusadöne}}} \quad \text{ya da} \quad C_{pk} = \frac{\mu - \text{AKL}}{3\sigma_{\text{kusadöne}}} \quad (\text{Joglekar,2003})$$

Burada küçük değer alınır. Eğer yalnızca bir spesifikasyon limiti varsa olan limitle  $C_{pk}$  hesaplanır.  $C_{pk}$  indisi  $-\infty$  ve  $\infty$  arasında değerler alır. İndis, süreç ortalaması spesifikasyon dışı olduğunda negatif değerler alır. Süreç, spesifikasyonlar

genişletilerek, kısa dönem değişkenliği azaltılarak ve süreç ortalaması değiştirilerek iyileştirilebilir. Eğer süreç mükemmel bir şekilde merkezde konumlanmış ise  $C_{pk}$  indisi  $C_p$  indisine eşittir.

### c) $P_p$ (Performans) İndisi

$P_p$  indisi sürecin istikrarlı olma varsayımı olmadan sürecin performansını ölçer. Üç varsayımda bulunur:

1. Spesifikasyonlar iki yönlüdür.
2. Süreç spesifikasyonların ortasında mükemmel bir şekilde merkezde konumlanmıştır.
3. Süreç normal dağılmıştır

$P_p$  indisi aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$P_p = \frac{ÜKL - AKL}{6\sigma_{total}} \quad (\text{Joglekar,2003})$$

$P_p$  indisi  $C_p$  indisine benzemektedir.  $C_p$  ve  $P_p$  indisleri arasındaki fark  $C_p$  'nin yalnızca kısa dönem değişkenliği kullanması  $P_p$  'nin hem genel hem de özel neden değişkenliğini içeren toplam değişkenliği ( $\sigma_{toplam}$ ) kullanmasıdır.  $\sigma_{toplam} \geq \sigma_{kısa}$  dönem olduğu için  $C_p$  indisi  $P_p$  indisinden büyük veya ona eşittir.  $P_p$  indisi spesifikasyonlar genişletilerek, özel neden değişkenliği azaltılarak ve kısa dönem (genel neden) değişkenliği azaltılarak iyileştirilebilir.

### d) $P_{pk}$ (Performans) İndisi

$P_{pk}$  indisi sürecin iki yönlü spesifikasyona sahip olduğu ya da sürecin istikrarlı olduğu ya da merkezde konumlanmış olduğu varsayımlarını yapmadan

sürecin mevcut performansını ölçer.  $P_{pk}$  indisi için tek varsayım sürecin normal dağılmasıdır.  $P_{pk}$  indisi aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$P_{pk} = \frac{\bar{ÜKL} - \mu}{3\sigma_{toplam}} \quad \text{ya da} \quad P_{pk} = \frac{\mu - AKL}{3\sigma_{toplam}} \quad (\text{Joglekar,2003})$$

Çıkan sonuçlardan küçük olan alınır.  $P_{pk}$  indisi  $C_{pk}$  indisine benzemektedir.  $P_{pk}$  ve  $C_{pk}$  arasındaki fark toplam değişkenlik ve kısa dönem değişkenliğin kullanılmasıdır.  $C_{pk}$   $\sigma_{kısa}$  dönem'i kullanırken,  $P_{pk}$  ise hem genel hem de özel neden değişkenliğini içeren  $\sigma_{toplam}$ 'i kullanır. Toplam değişkenlik kısa dönem değişkenlikten büyük veya ona eşit olduğu için  $C_{pk}$  indisi  $P_{pk}$  indisinden büyük veya ona eşittir. Eğer yalnızca bir spesifikasyon varsa yukarıdaki formüllerden uygun olanı seçilir.

$P_{pk}$  indisi  $-\infty$  ve  $\infty$  arasında değerler alır. Negatif değer alması sürecin ortalamasının spesifikasyon dışı olduğunu gösterir.  $P_{pk}$  indisi spesifikasyonlar genişletilerek, süreç ortalaması değiştirilerek, özel neden değişkenliği azaltılarak ve genel neden değişkenliği azaltılarak iyileştirilebilir.

#### ❖ $C_p$ , $C_{pk}$ , $P_p$ ve $P_{pk}$ İndisleri Arasındaki İlişki

Dört indis sürecin gerçekten varsayımları karşılayıp karşılamadığına bakmadan, süreçle ilgili çeşitli varsayımlara dayanarak hesaplanır. Tüm indisler için süreç normal dağılmalıdır. Normallik varsayımı indisi hesaplamak için bir gereklilik değildir, daha çok uygulanan kusurlu oranı açısından süreci yorumlamak için kullanılır. Normallik varsayımı istikrarsız bir süreç ile karşılaştırıldığında istikrarlı bir süreç için daha doğrudur.

$C_p$ ,  $C_{pk}$ ,  $P_p$  ve  $P_{pk}$  arasındaki ilişkiler daha çok tek yönlü spesifikasyonlar için geçerlidir. Tek yönlü spesifikasyonlar için  $C_{pk}$  ve  $P_{pk}$  hesaplanır ve  $C_{pk} = P_{pk}$  olan mükemmel istikrarlı süreç olana kadar  $C_{pk} > P_{pk}$  'dır.

Bu indisler karşılaştırıldığında aşağıdaki sonuçlar ortaya çıkar:

1.  $P_{pk}$  indisi her zaman en küçüktür ve  $C_p$  dört indis içinde en büyük olanıdır,  $C_{pk}$  ve  $P_p$  aradadır.  $P_{pk} < C_{pk} < C_p$  ve  $P_{pk} < P_p < C_p$  (Joglekar,2003).

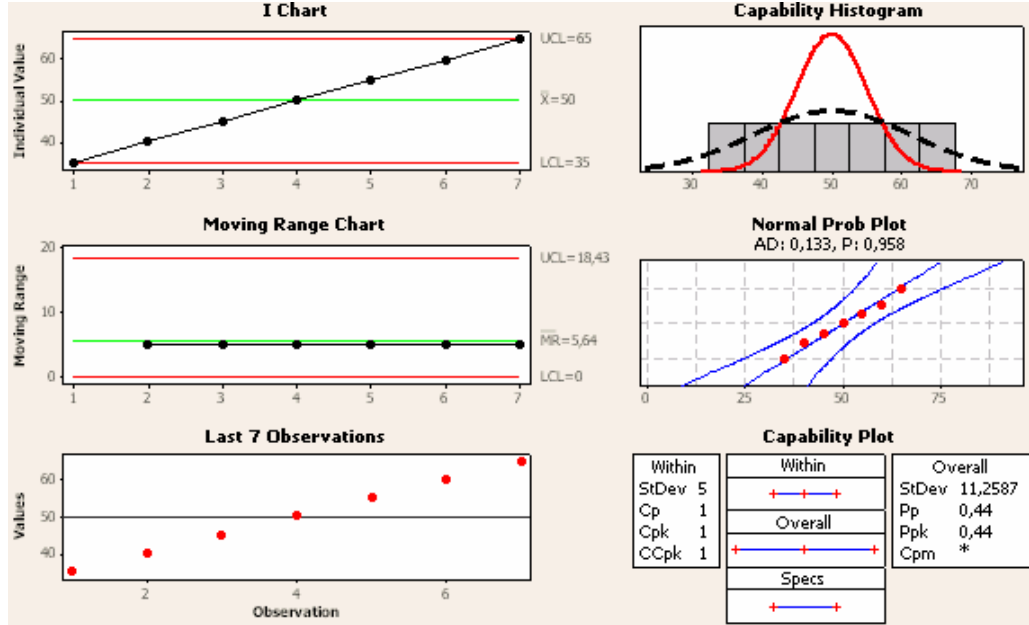
2. Dört indis aşağıdaki eşitlikte olduğu gibi ilişkilidir. Eğer dört indisten üçü biliniyorsa dördüncü hesaplanabilir.

$$P_p \times C_{pk} = C_p \times P_{pk} \text{ (Joglekar,2003)}$$

3. Merkezi olmayan süreç istikrarsız bir sürece göre daha zararlı ise,  $P_p > C_{pk}$  'dır.

4. Süreç istikrarlı olduğunda  $P_{pk} = C_{pk}$  ve  $P_p = C_p$  'dir. Eğer süreç istikrarlı ve merkezi ise bütün indisler eşittir.

Şekil 43 yetenek indislerinin Minitab çıktısını göstermektedir.

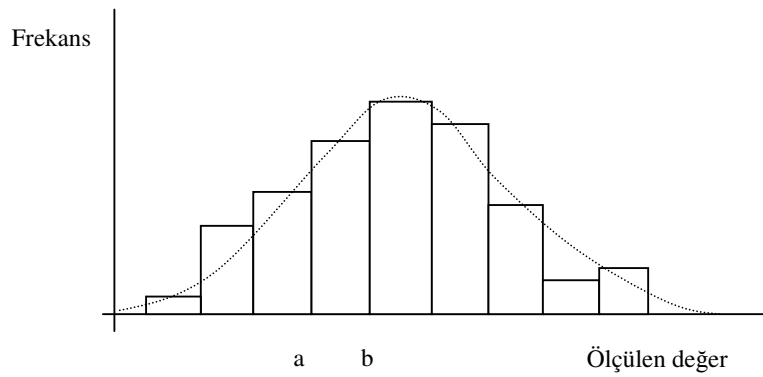


Şekil 42. Yetenek İndislerinin Minitab Çıktısı

### 2.3.1.6. Histogram

Histogram, ölçülebilir bir nitelik ile ilgili gözlem değerlerinin dağılımını gösteren bir çubuk grafiğidir.

- o Histogramlar bir eğri ile kesiksiz temsil edilebilir.



Şekil 43. Normal Dağılım Eğrisi

- o Frekans ölçeği, bu eğrinin altında kalan alan 1 olacak şekilde ayarlanırsa, bu eğriye *olasılık yoğunluk fonksiyonu* denir.
- o O zaman, ölçülen değerler a ve b gibi iki değer arasında olma olasılığı, olasılık yoğunluk fonksiyonunun altındaki, bu iki nokta arasında kalan alan kadardır.

Histogram ortalama, değişkenlik, dağılımın şekli, dağılımın şeklinde anormal bir durum olup olmadığı ve eğer spesifikasyonlar belliye, spesifikasyonlar dışında kalan yüzdeler hakkında bilgi verir. Ayrıca sorunların kaynağı hakkında teoriler geliştirmek ve bunları sınamak için de kullanılır.

Joglekar (2003)'e göre anlamlı bir histogram oluşturmak için iki tane önlem alınmalıdır. Birincisi, örnek miktarının 50 veya daha fazla olması gerekliliği, ikincisi ise alt grup sayısının ( $k$ ) keyfi olarak seçilmemesidir. Alt grup sayısı  $2^k = n$  eşitliğine uyacak şekilde seçilmelidir. Örneğin  $n = 50$  ise  $k$  5 veya 6 olmalıdır.

Dixon (1965), örnek büyüklüğünün 20 ila 300 olduğu durumlarda, alt grup sayısını bulmak için aşağıdaki formülün kullanılmasının daha iyi olacağını belirtmiştir:

$$k = [10 \times \log_{10} n] \text{ (Hoaglin vd. 1983)}$$

Velleman (1981)'e göre ise alt grup sayısı şu şekilde hesaplanmalıdır:

$$k = 2 \times \sqrt{n}$$

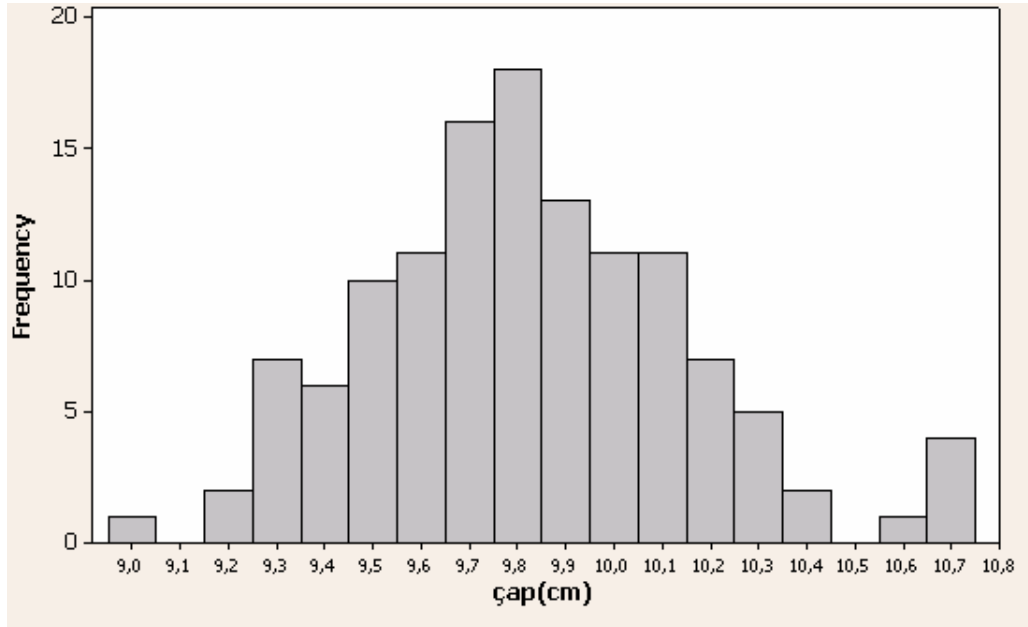
- **Histogram Nasıl Çizilir?**

- o Veriler elde edilir, toplam veri sayısı belirlenir.
- o Veriler artan sırada dizilir.



- o En küçük veri en büyük veriden çıkarılarak, elde edilen verilerin yayıldığı aralığın uzunluğu belirlenir.
- o Histogramda kullanılacak sınıf sayısı belirlenir. Yayılım aralığını bu sayıya bölerek her çubuğun (sınıfın) eni hesaplanır.
- o Yatay  $x$  eksenine üzerine veri sınıfları yazılır. Frekans ölçeği (sayılar veya yüzdelere) dikey  $y$  eksenine üzerine yazılır.
- o Her bir sınıf için, o sınıfa dâhil olan verilerin toplam sayısı veya bu sayının toplam veri sayısına yüzdesini dikey uzunluk kabul eden bir çubuk çizilir.
- o Her eksen dikkatlice isimlendirilir, histograma isim verilir, verilerin ait olduğu dönem yazılır.
- o Ortalama, değişkenlik gibi değerler hesaplanır.

Şekil 44'te Minitab'ta çizilmiş bir histogram örneği görülmektedir.

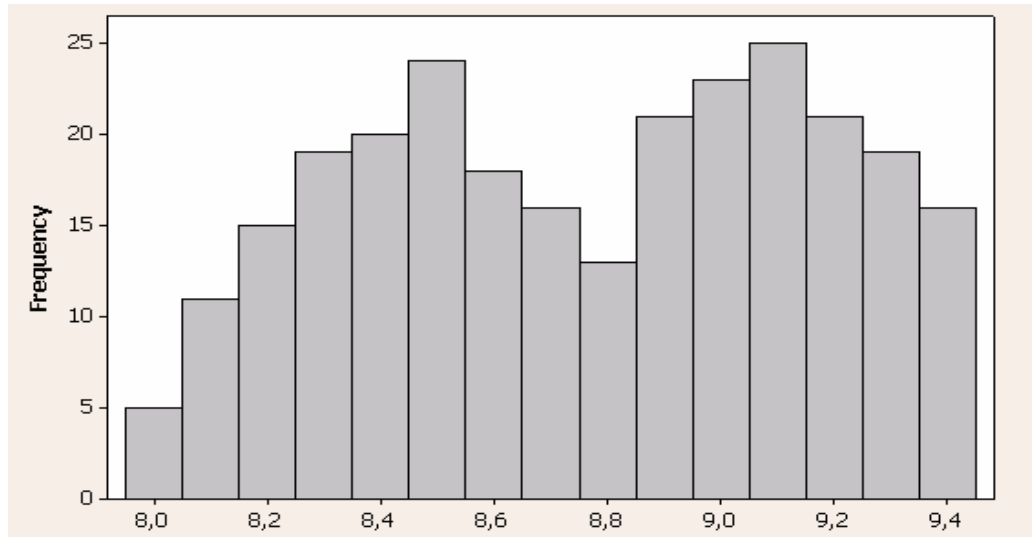


Şekil 44. Çelik Çubuk Çaplarının Frekans Dağılımı

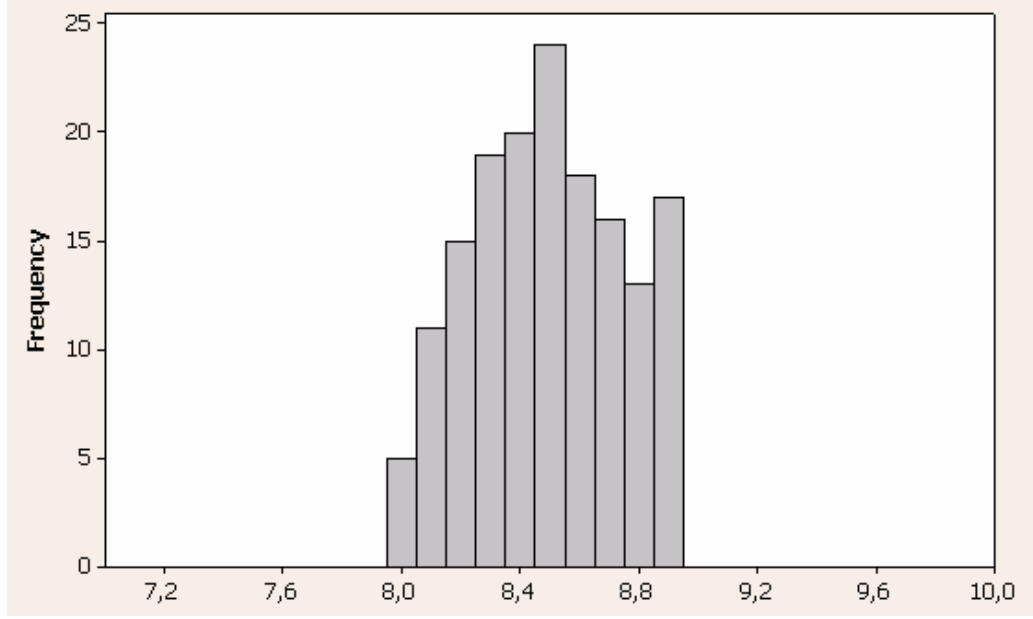
Histogram yorumlanırken aşağıdaki sorular cevaplandırılmaya çalışılmalıdır:

- o Mevcut performans (ortalama) nedir?
- o Performans ortalama değer etrafında nasıl bir değişkenlik gösteriyor?
- o Bu değişkenliğin sonuçları nelerdir?
- o Bu değişkenliğin yapısı, bize sorunun boyutu ve kaynağı hakkında ne tür ipuçları veriyor?
- o Buna göre şimdi neyi araştırmalıyız?
- o Hangi teorileri sınamalıyız?

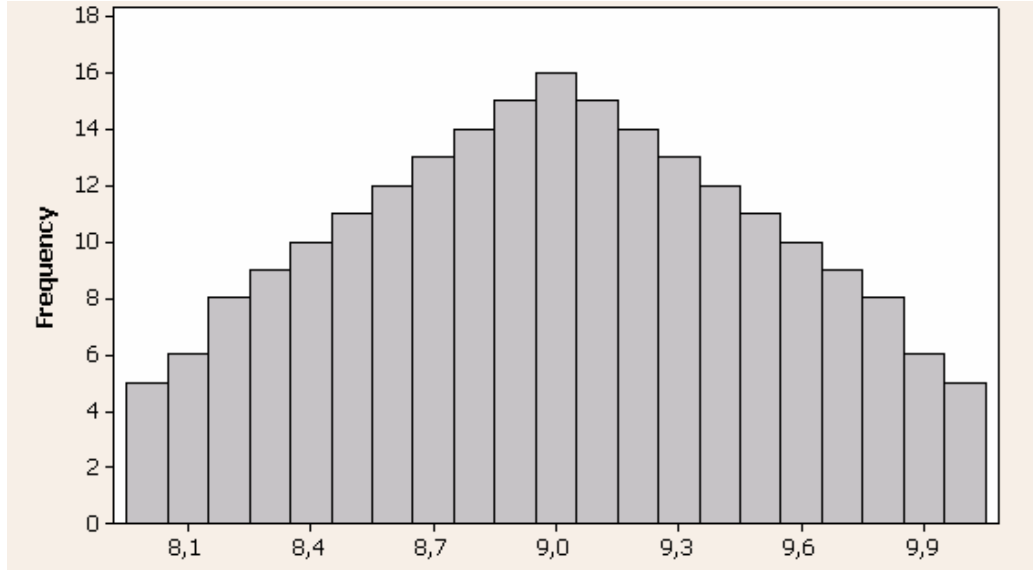
#### ❖ Farklı Histogram Dağılımları



şekil 45. İki Tepeli (Modlu) Dağılım



**Şekil 46.** Az Değişkenliğin Olduğu Dağılım



**Şekil 47.** Çok Değişkenliğin Olduğu Dağılım

### 2.3.1.7.Süreç Sigma

Süreçte, müşteri istek ve beklentilerinden ne kadar sapma olduğunu bulmak için kullanılır. Süreç sigma değeri 1 milyon fırsattaki kusur sayısını (DPMO) ifade eder. Altı Sigma'nın DPMO değeri 3.4'tür. Süreçte 3.4'ten daha fazla kusur bulunursa süreç sigma değeri düşüktür, 3.4'ten daha az kusur varsa süreç sigma değeri yüksektir.

#### ❖ Uygulama Adımları

- o Hataya neden olabilecek değişiklik sayısını bulunur.(O)
- o Ünite sayısı hesaplanır.(N)
- o Toplam kusur sayısı hesaplanır.(D)
- o Toplamdaki kusur oranı bulunur.(DPO)
- o Eğilim hesaplanır.(Yield)
- o Tablo 1'den  $\sigma$  değerini bulunur.

#### ❖ Örnek

N =100, O = 2, D=7

$$DOP = \frac{D}{N \times O} = 0.035$$

$$Yield = (1 - DPO) \times 100 = 96.5\%$$

Tablo 1'deki Süreç sigma değeri = 3.3'tür.


### 2.3.1.8. Akış Şeması

Akış şemaları, bir süreçteki bütün adımların resimsel ifadesidir. Olayların sırasının açık olarak anlaşılmasına ve iyileştirme fırsatlarının belirlenmesine yardımcı olur. Ayrıca, veri toplanacak alanları ve teknikleri tarif etmeyi kolaylaştırır. Akış şeması genellikle aşağıdaki yöntem izlenerek oluşturulur:


1. Süreçteki bütün olaylar listelenir.
2. Bu olaylar akış şeması sembolleri kullanılarak sınıflandırılır.
3. Semboller isimlendirilerek ve birleştirilerek akış şeması çizilir.


Bir süreci iyileştirmek için, akış şemasındaki her olay için performans değeri hesaplanır (bunun için veri toplamak gerekebilir). Akış şeması, iyileştirme, tutarsızlıklar, kayıplar v.b. için potansiyel alanlar belirlemek üzere gözden geçirilir. Akış şeması, veri toplanması ve incelenmesi gereken alanları daha iyi görebilmek için kullanılır.

❖ **Akış Şeması Sembolleri:**

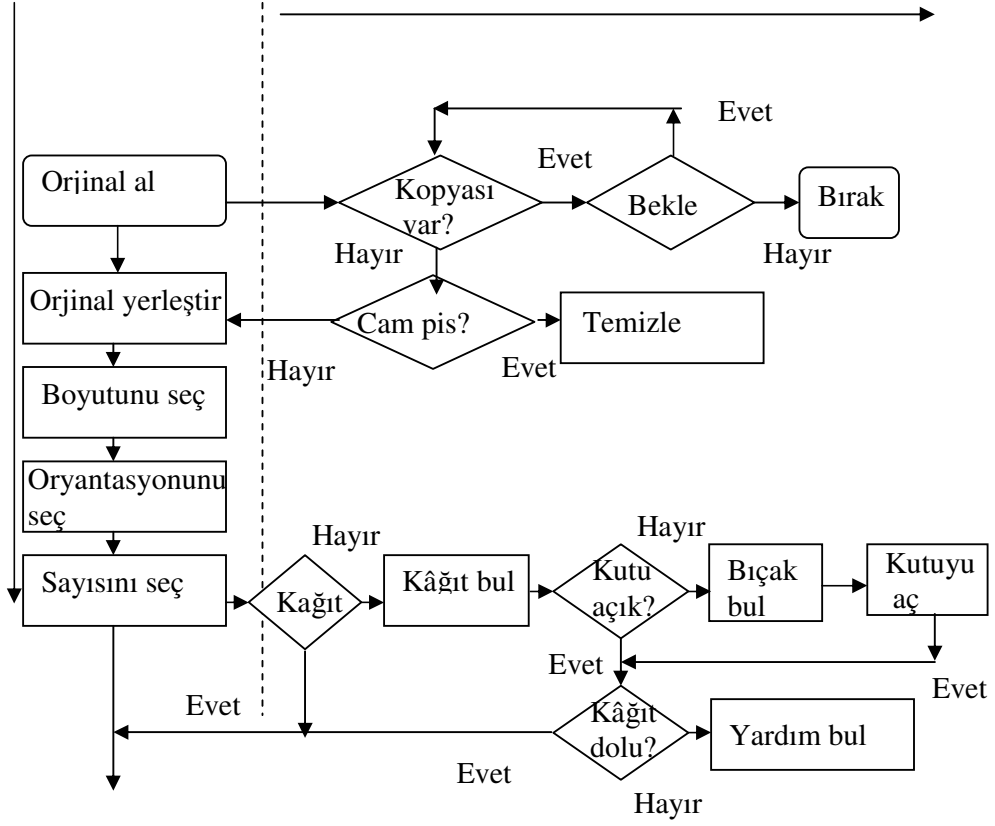
 Süreci başlatan bilgi, materyal veya hareketleri veya süreç çıktısını ifade eder.

 İşlemin gerçekleştiğini ifade eder.

 Karar sürecidir. Genellikle bu aşamada evet veya hayır sorularına cevap verilir.

 Akış şemasının kesildiğini ve diğer sayfada devam ettiğini belirtir.

Şekil 48’de akış şeması örneği görülmektedir.

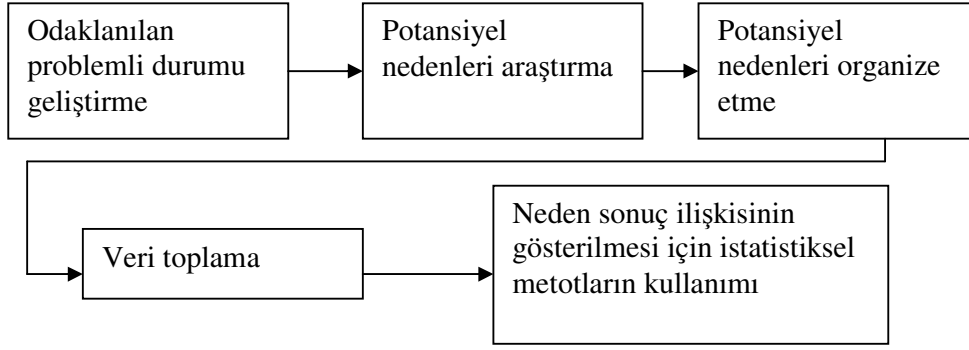


**Şekil 48.** Fotokopi Çekme Süreci Fırsat Akış Şeması

(Kaynak: Rath ve Strong, 2004)

#### 2.4.1. Analiz Adımı

Analiz adımının amacı kök nedenlerin tespit edilmesi ve veriler ile desteklenmesidir. Bu adımın çıktısı proje takımının test ettiği ve desteklediği bir teoridir.



**Şekil 49.** Analiz Adımı Süreç Akışı

(Kaynak: Brassard vd., 2002)

Beyin fırtınası, neden sonuç analizi, hipotez testleri, regresyon analizi analiz adımıda kullanılan araçlara örnek gösterilebilir.

#### 2.4.1.1.Beyin Fırtınası

Belli bir konuda çok sayıda yaratıcı ve verimli fikir yaratmak için kullanılan genel bir metodudur. Eski yollarla düşünmeye saplanan takımı özgür düşünmeye teşvik ederek takım üyelerinin coşkulu katılımını sağlar. Böylece birkaç kişinin tüm takıma baskın hale gelmesi engellenir ve takım üyelerinin diğerlerinin yaratıcılığı sırasında kendi amaçlarına odaklanmasını sağlar. Beyin fırtınası 2 şekilde kullanılabilir:

a)Yapılandırılmalı süreç: Gruptaki her kişi kendi sırası geldiğinde fikrini söyler.

b)Yapılandırılmaması süreç: Grup üyeleri akıllarına geldiğinde fikirlerini söyler.

Her iki metod da sesli ve sessiz yapılabilir.

- **Yapılandırılmalı Beyin Fırtınası Nasıl yapılır?**

1. Merkezi beyin fırtınası sorusu beyan edilir, üzerinde anlaşılır ve herkesin görebileceği bir yere asılır.

2. Her takım üyesi döngü şeklinde bir fikir verir.
3. Fikirler geliştirildikten sonra her biri büyük okunabilir harflerle tabloya ya da farklı bir yüzeye yazılır.
4. Her üye pas diyene kadar fikirler alınmaya devam eder.
5. Yazılan fikir listeleri açıklık ve tekrarlama olmaması için gözden geçirilir.

Birçok yaratıcı takım düşünme yolu vardır:

- o Görsel beyin fırtınası: bireyler (ya da takım) durumu ya da problemleri nasıl gördüğünün resmini yapar.
- o Kıyaslama / serbest kelime çağrışımı: problemleri görünüşte ilişkisizmiş gibi görünen objelerle veya kelimelerle karşılaştırarak beklenmedik bağlantılar kurulabilir.
- o 6 – 3 - 5 metodu: bu güçlü yöntem Helmut Schlicksupp'un "Creativity Workshop" kitabında belirtilmiştir. Aşağıdaki gibi yapılır:
  - a) Tek beyin fırtınası konusu ile üzerinde herkes (genellikle 6 kişi) 5'er dakikada kâğıtlara 3'er fikir yazar.
  - b) Herkes kâğıdı yanındakine verir ve herkes kâğıdın üzerinde 5 dakika daha 3 fikir üretir.
  - c) Bu işlem kişi sayısı kadar yapılır. (6 kişi için her kâğıtta toplam 18 fikir oluşur)

Bu yöntem takım elemanlarının diğerlerinin perspektifini geliştirmesini sağlar.

#### **2.4.1.2.Neden Sonuç (Balık Kılçığı) Analizi**

Problemlerle ilişkili olası tüm nedenlerin proje takımı tarafından tespit edilip, araştırılıp, grafiklerle açıklanmasını sağlar. Problemlerin nedenlerinin daha detaylı incelenmesini ve sonuçların sürekli olmasını sağlar.



Olası nedenler için beyin fırtınası süresince düşünmeyi teşvik eder ve olası nedenler arasındaki ilişkiyi anlamaya yardım eder. Ayrıca, hangi olası nedenlerin incelendiğini ve hangilerinin problemlerin çözümüne katkıda bulunduğunu kanıtlamak için kullanılır

- **Nasıl yapılır?**

1) İki ana neden sonuç formatından en uygunu seçilerek odaklanılmış problemler durumlar gözden geçirilir. Ana neden sonuç formatları şunlardır:

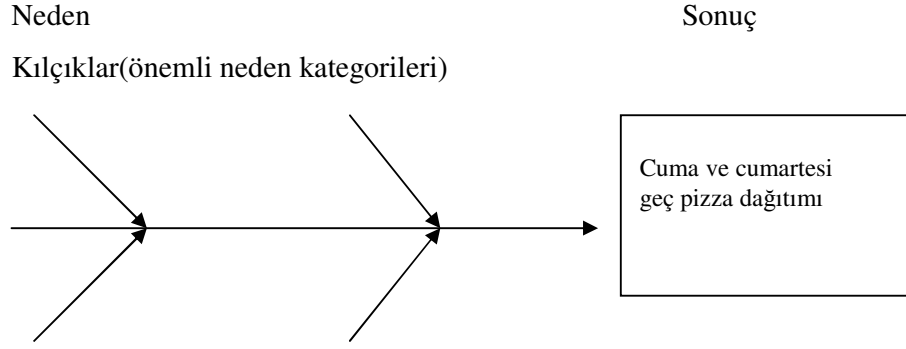
- o Dağılma (dispersion) analizi tipi: Her önemli neden için bireysel nedenler bulunur ve bu bireysel nedenler için 'niçin bu neden oluşur ?' sorusu sorulur. Nedenler bitene kadar sorular sorulmaya devam edilir.

- o Süreç sınıflama tipi: Ana neden kategorilerinin yerine sürecin ana adımlarını kullanılır. Kök neden soru süreci dağılma analizi ile aynıdır.

2) Neden sonuç diyagramı oluşturmak için nedenlere ihtiyaç vardır. Bunun için beyin fırtınası yönteminden veya takım üyeleri tarafından önceden hazırlanmış basit kontrol çizelgelerinden faydalanılarak önemli nedenler tanımlanır.

3) Neden sonuç (balık kılçığı) diyagramı oluşturulur.

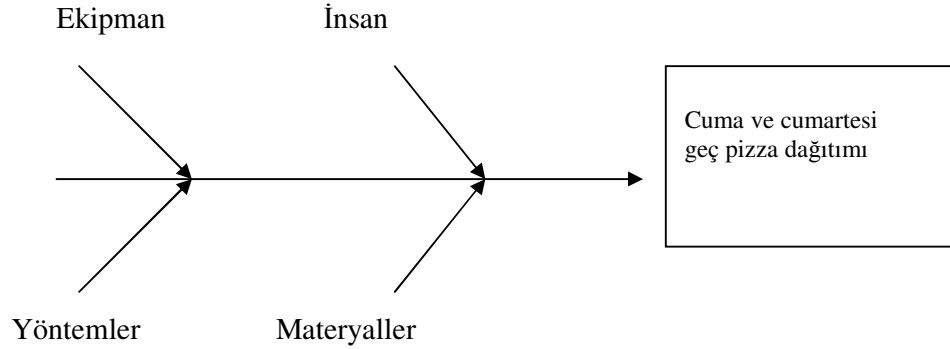
- a) Problemler durum kâğıdın sağ tarafında kutucuk içine yazılır. Bunun için farklı kâğıtlar ya da beyaz tahta kullanılabilir.



**Şekil 50.** Neden Sonuç Diyagramı Oluşturma Sürecinin Birinci Aşaması

Bu aşamada herkesin problemlili durum üzerinde anlaşmış olduğundan emin olunmalıdır. Problemin ne olduğu, nerde, ne zaman, nasıl gerçekleştiği ile ilgili tüm bilgileri içermelidir. Problemin özelleştirilmesi için tüm veriler kullanılmalıdır.

- b)** Üretim ya da servis sürecinde önemli neden kategorileri veya adımları çizilir. Bunlar temel kılıçıkta birleştirilir.



**Şekil 51.** Neden Sonuç Diyagramı Oluşturma Sürecinin İkinci Aşaması

Eğer süreç sınıflandırma yöntemi kullanılırsa ana kılıçıklar sipariş alma, hazırlama, pişirme ve dağıtım olarak değiştirilir.

Önemli nedenleri 'kılçıkları' kullanırken esnek olunmalıdır. Bir üretim sürecinde geleneksel kategoriler ekipmanlar, metotlar, materyaller ve insanlardır. Servis sürecinde ise geleneksel metotlar, politika, prosedürler, tesis ve insanlardır. Her iki süreçte de çevre (bina, lojistik, yer) ve ölçüm (kalibrasyon ve veri toplama) sıkça kullanılır.

- c) Beyin fırtınası sonucu elde edilen ya da veri tabanında yer alan nedenler uygun kategorilere yerleştirilir.

Beyin fırtınasında olası nedenler hemen veya tüm liste oluşturulduktan sonra ana neden kategorilerine yerleştirilebilir. İki yöntem de iyi çalışır ama öncelikle tüm listenin beyin fırtınasıyla incelenmesi ana neden kategorilerinden kaynaklanan kısıtlamalar olmadığı için yaratıcı bir fikir akışı sağlar. Bazı nedenler birden çok kategoride yer alıyor gibi görülebilir. İdeal olan her birinin bir kategoride yer almasıdır ama bazen iki de olabilir.

- d) Kılçıklardaki her neden tekrar tekrar sorulur.

Bu problem neden kaynaklanıyor? Örneğin, hammadde eksikliği neden kaynaklanıyor? Sorusunun cevabı (yanlış sipariş) daha temel nedenlerin anlaşılmasını sağlar.

- e) Kök nedenler aşağıdakilerden biri veya daha fazlası için test edilmeli veya yorumlanmalıdır:
- o Ana neden kategorilerinde tekrarlanan nedenler araştırılmalı
  - o Yapılandırılmamış konsensüs süreçleri yada nominal grup tekniği gibi yapılandırılmış süreçler seçilmelidir.
  - o Farklı nedenlerin ilişkili frekanslarını belirlemek için kontrol çizelgeleri ya da farklı formatlar kullanılarak veriler toplanmalıdır.

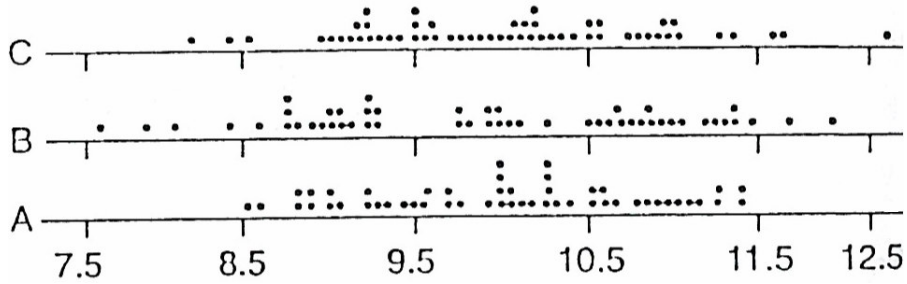
### 2.4.1.3.Hipotez Testleri

Hipotez testleri gruplar arasındaki değişimin gerçek farklılıktan mı yoksa genel neden değişkenliğinden (süreçteki doğal değişim) mi kaynaklandığına karar vermek için kullanılır. Hipotez testleri belirli kesikli  $x$ 'lerin  $y$  üzerindeki etkisini tanımlar ve farkların istatistiksel anlamlılığını kontrol eder. Başka bir deyişle, gruplar arasında gözlemlenen farkın genel neden değişkenliğinden beklenenden fazla olup olmadığına karar vermek için yardımcı eder. İki veya daha fazla veri grubunun (önce ve sonra verileri gibi) karşılaştırılmasında kullanılır.

- **Nasıl yapılır?**

- 1) Veriler toplanır ve işaretlenir

Farklı veri grupları için tabakalı histogram çizmek gerekebilir. Aşağıdaki şekilde borçların zamanında verilmesi ile ilgili veriler toplanmış ve borç tipleri belirlenmiştir. Burada hipotezler 3 farklı tip borç ödemenin aynı zamanı alıp almadığını test eder.



Şekil 52. Hipotez Testi Veri Haritası

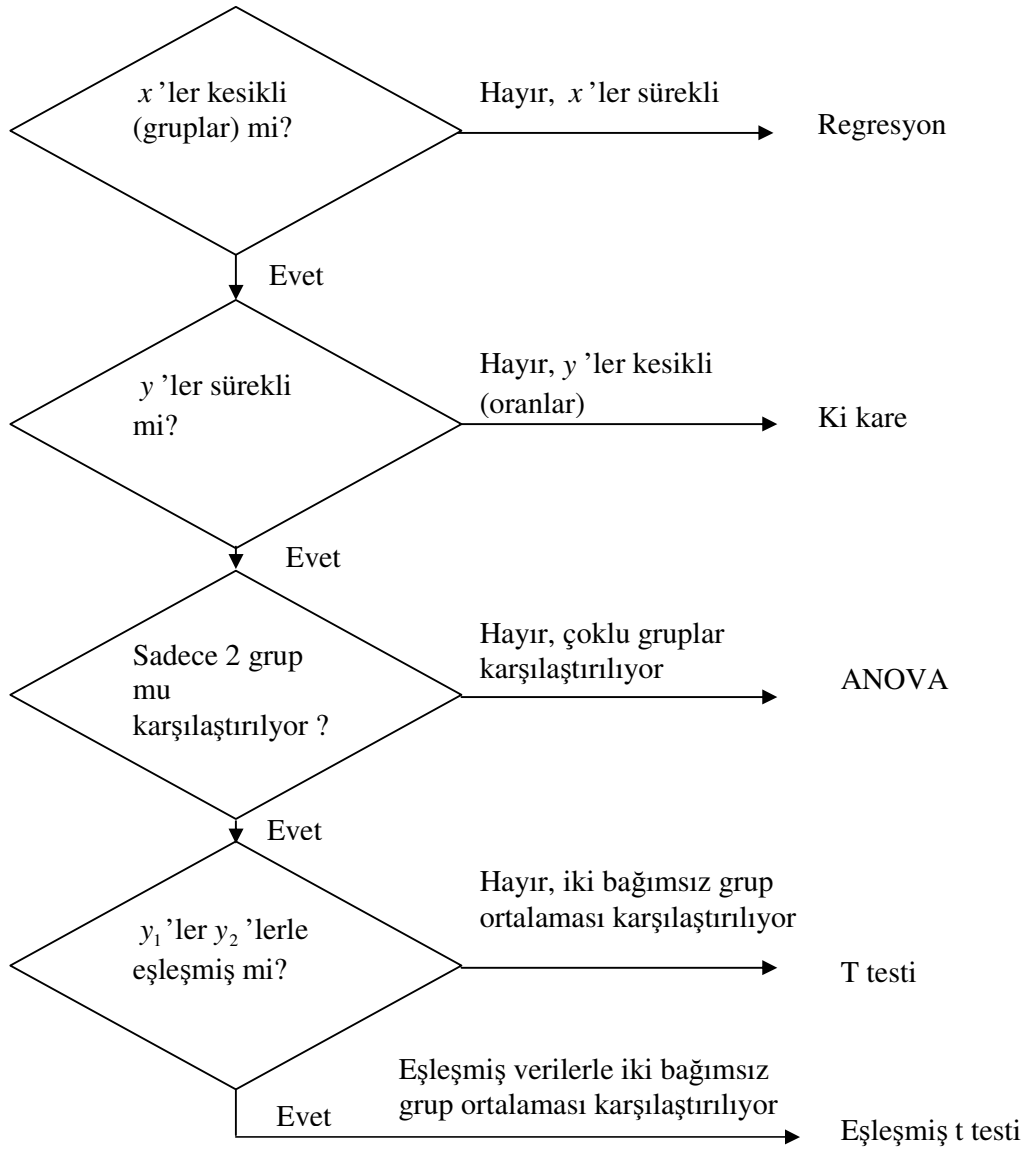
2) Uygun test seçilir

Kullanılan hipotez testi tipi verilerin tipine bağlıdır.  $x$  kesikli ise hipotez testleri kullanılır. Örnekte  $y$  (zaman) sürekli ve  $x$  (ödeme türü) kesiklidir. Bu örnek için Anova uygun test tipidir.

**Tablo 19.** Veri Tipine Göre Kullanılabilecek Testler

		X (girdi)	
		Kesikli (gruplar)	Sürekli
Y (çıktı)	Sürekli	T-testi Eşli t-testi ANOVA	Regresyon
	Kesikli (oranlar)	Ki kare	Lojistik regresyon

(Kaynak: Brassard vd., 2002)



**Şekil 53.** Veri Tipine Göre Kullanılabilecek Testlerin Akış Şeması

(Kaynak: Brassard vd., 2002)

### 3) Veriler analiz edilir

Hipotez testleri gruplar arası gözlenen farkları karşılaştırır ve  $p$  değerini verir.  $p$  değeri, gerçek farkın sıfır olduğu durumda gözlenen farkın elde edilme

olasılığına eşittir.  $p$  değeri 0 ile 1 arasında değışir.(0% dan 100%'e).  $p$  değeri 0,05'ten küçük ise fark anlamlıdır ve gerçek farkın sıfır olması ihtimali küçüktür. Eğer fark anlamlı ise veri gruplarının farklı olduğu sonucuna varılır.

Örneğin, üç grubun ortalamaları  $A=10,02$ ;  $B=9,86$ ;  $C=10,03$  ise  $p$  değeri 0,56'dır. Bu değeri 0,05'ten büyük olduğu için grup ortalamaları arasındaki farklar küçüktür sonucuna varılır. Buda ödeme türlerinin farklı zamanlara sahip olduğunu kanıtlayacak yeterli kanıtın olmadığını gösterir.

#### **2.4.1.4.Regresyon Analizi**

Regresyon analizinin bilinen amacı bir veya daha fazla girdi ( $x$ ) faktörü ile çıktı ( $y$ ) arasında bağlantı kuran denklemi oluşturmaktır.  $y$  ile  $x$  arasındaki ilişki doğrusal, polinomiyal ya da farklı çoklu genel fonksiyonlar olabilir.

Bu analiz,  $y$  değerlerindeki değışkenliği açıklar ve süreç değışkenini( $x$ ) kontrol etmenin etkisinin tahminlenmesini sağlar. Ayrıca, belirli  $x$  değerleri için gelecek süreç performansını tahminlemeyi sağlar ve istenen sonuçları elde etmek için sürecin durumunun ayarlanmasına yardım eder.

Doğrusal regresyon için regresyon denklemi şu şeklidir:

$$y = a + bx + e$$

Bu denklemde,  $a$  kesişim,  $b$  eğim ve  $e$  hataları ya da gözlemlenen verilerin beklenmeyen sapmalarını ifade eder. Regresyon analizi  $a$  ve  $b$ 'nin hata kareler toplamını ( $\sum e_i^2$ ) minimize edecek değerlerini hesaplar. Denklemdaki katsayıları tahminleyen yaklaşıma en küçük kareler yaklaşımı denir ve burada eşit değışkenlik ile gözlemlerin bağımsız olduğu en küçük değışkenliğe sahip  $a$  ve  $b$  tahmin edilir.

- **Doğrusal Regresyon Nasıl Yapılır?**

1. Veriler dağılım diyagramına çizilir
2. Noktalardan doğruya olan uzaklık ölçülür
3. Bu değerlerin karesi alınır
4. Tüm bu değerler toplanır
5. Bu toplamı minimize eden doğru bulunur

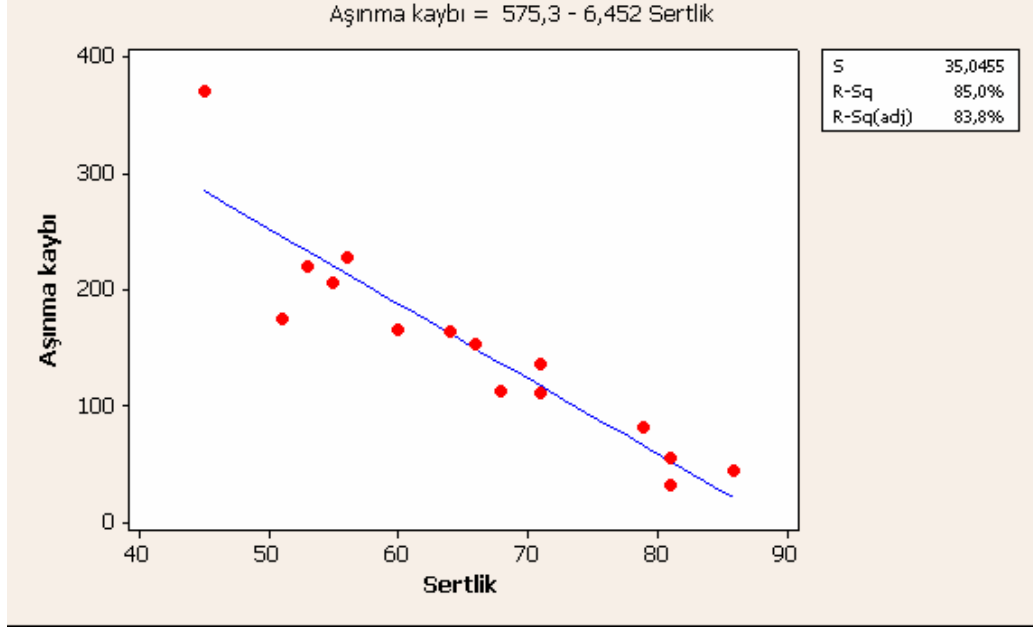
Regresyon analizini bir örnekle açıklayalım. Lastik aşınma kaybı ve lastiğin sertliği arasındaki ilişkinin belirlenmesi için 15 farklı lastik örneği belirlenmiştir. Her bir örnek için sertlik ve aşınma kaybı standart yöntemler kullanılarak belirlenir. Aşınma kaybının ayrıca gerginlik gücünden olabileceği belirlendiği için gerilme kuvveti verileri toplanır. Tablo 20’de sonuçlar özetlenmiştir.

**Tablo 20.** Regresyon Örneği

Sertlik	Gerilme kuvveti	Aşınma kaybı
45	162	372
55	233	206
51	232	175
66	231	154
71	231	136
71	237	112
81	224	55
86	219	45
53	203	221
60	189	166
64	210	164
68	210	113
79	196	82
81	180	32
56	200	228



Şekil 54'te aşınma kaybı ( $y$ ) ve sertlik ( $x$ ) arasındaki ilişkinin grafiği gösteriliyor. Aşınma kaybını ve sertlik arasında doğrusal ilişki görülüyor. Tahminlenen parametreler Tablo 21'de gösterilmiştir.



Şekil 54. Sertlik ve Aşınma Kaybı Arasındaki İlişki

Tablo 21. Tahminlenen Parametreler

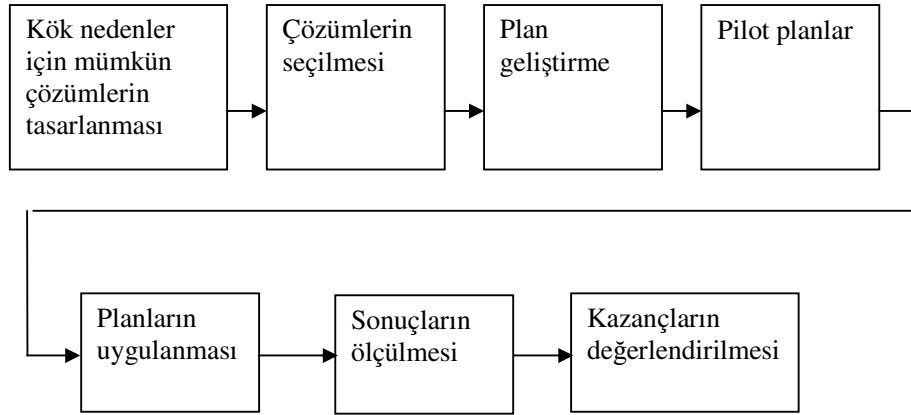
Katsayılar	Tahminlenen değer	% Güven
<b>a</b>	575,3	> 99,99
<b>b</b>	-6,452	> 99,99

### 2.5.1. İyileştirme Adımı

İyileştirme adımının amacı kök nedenlerin çözümlerini uygulama ve sonuçlarını hesaplamada verilerin kullanılmasıdır.

İyileştirme adımının sonunda aşağıdaki bilgilere ulaşılır (Brassard, 2002):

- o Problemin kök nedenlerinin etkisini azaltan ya da elimine eden planlanmış ve test edilmiş işlemler belirlenir.
- o “önce” ve “sonra” ki veri analizi ile ilk boşlukların ne kadar kapandığı gösterilir.
- o Uygulamaların planları karşılaştırılır.



**Şekil 55.** İyileştirme Adımı Süreç Akışı

(Kaynak: Brassard vd., 2002)

### 2.5.1.1. Deney Tasarımı

Birçok veri analizi yönteminde sürece müdahale edilmeden ne olduğu gözlenir. Deney tasarımında ise süreç ayarları değiştirilerek bunun süreçteki çıktılara etkisi gözlemlenir. Bu aktif yaklaşım süreç değişkenlerinin ( $x$ 'lerin), çıktılarının ya da süreç performans değişkenlerinin arasındaki ilişkiyi açıklamak için etkili ve yeterlidir. Bu araç en çok DMAIC'te değişimin anahtarını belirlemek ve ölçmek için yardımcıdır.

Bu yöntemle, değişkenliğin sonuçlar üzerinde en büyük etkisi olan “hayati birkaç”ın kaynağı belirlenir, sonuç üzerinde az etkisi olan  $x$ 'ler tanımlanır,

önemli  $x$ 'lerin etkileri ölçülür,  $x$  ve  $y$ 'ler arasındaki ilişkinin denklemi oluşturulur ve süreç koşullarındaki değişikliklerden kaynaklanan kazanç ve kayıpların ne kadar olacağı tahminlenir.

- **Nasıl yapılır?**

- 1) Problemin temelindeki bilgilere ulaşılır.

- o DMAIC metodunun D, M, A adımlarından elde edilebilir veriler incelenir.
- o Problemin çözümlerinin iç ve dış nedenleri incelenir.
- o Deneysel kısıtlar ve bütçe açıklanır.

- 2) Yanıtlar, faktörler ve faktör seviyeleri belirlenir.

- o Bir ya da daha fazla respons ( $y$ ) seçilir.
- o Her  $y$  için ölçüm prosedürü tanımlanır.
- o  $y$ 'yi etkileyebilecek tüm faktörler ( $x$ 'ler) belirlenir.
- o İlişkide olabilecek tüm faktör çiftleri düşünülür.
- o Her faktör için yüksek ve düşük deneysel seviyeler tanımlanır.
- o Potansiyel problemler için faktör seviyelerinin kombinasyonları gözden geçirilir.

- 3) Tasarım seçilir

- o İstenilen faktör sayısını sorgulamak için mevcut seviyeye göre uygun tasarım seçilir.
- o Deneme sayısına karar verilir.
- o Mümkünse son tasarımda tekrarlamalar yapılır.
- o Mümkünse deneyler rasgele sırada yapılır.
- o Bloklamaya ihtiyaç olup olmadığına karar verilir. Bloklama aynı şartlar altında hangi deneylerin birlikte yapılacağına karar verilmesidir.

#### 4) Veriler toplanır

- o İçinde ilgili uygun tüm bilgilerin yer aldığı veri toplama formu hazırlanır
- o Gerekli ekipman, insan ve materyaller belirlenir
- o Gerekliyse deneyde görev alan ölçüm yapan test yapan kişilere eğitim sağlanmalıdır
- o Tüm örneklem ve sonuçlar kaydedilir
- o Deney süreçlerinde dikkatle izlenmeli, özellikle plandan sapmalar varsa olaylar kaydedilmelidir
- o Toplanan veriler gözden geçirilir ve hatalar düzeltilir

#### 5) Veriler analiz edilir

- o Verilerin çeşitli yollarla grafiği çizilir
- o Eğer deneylerde tekrarlamalar varsa ortalamalar, standart sapmalar ve fazlalıklar her deney koşullarına göre hesaplanmalı ve farklı yollarla grafikleri çizilmelidir
- o Faktör etki ve etkileşimleri hesaplanır ve farklı yollarla grafiklendirilir
- o Gerekirse faktörlerin çıktılara etkisi için tahminleme modeli geliştirilir
- o Sonuçlar uygun istatistiksel analizler ile desteklenir

#### 6) Sonuçlar çizilir, çeşitlendirilir ve raporlanır

- o Sadece bilinen bilgileri kullanarak deney sonuçları yorumlanır
- o Sonuçlar herkesin anlayabileceği şekilde basit olarak formüle edilir
- o Sonuçlar tekrar değerlendirilir
- o Uygun olursa çalışmanın diğer iterasyonuna geçilir
- o DMAIC metodunun analiz adımını bitirmek için sonuçların ve tavsiyelerin raporu hazırlanır

#### 7) Öneriler yerine getirilir

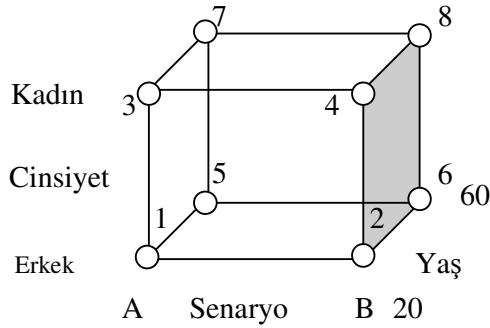
- o DMAIC metodunun I ve C adımlarını tamamlanır

Deney tasarımı bir örnekle açıklayalım. Bir takım, üç faktörün (telefonda konuşanların cinsiyeti, yaşı, kullanılan metot) telefonla satış sürecine olan üç etkisini incelemek için bir çalışmada görev alıyor.

Konuşanların nasıl konuştuğu (senaryo A ve B), cinsiyetleri erkek veya kadın, yaşları genç veya yaşlı olmak üzere bu faktörlerin tüm kombinasyonları bir küp içinde gösteriliyor. Takım üyeleri, arayanların belirli bir zaman dilimi (4 saat) içinde kaç satış yaptığını belirliyor ve sonuçları tabloya giriyorlar.

**Tablo 22.** Deney Tasarımı İçin Gerekli Veriler

Standart sıra	Senaryo	Cinsiyet	Yaş	y=satış miktarı
1	A	E	20	
2	B	E	20	
3	A	K	20	
4	B	K	20	
5	A	E	60	
6	B	E	60	
7	A	K	60	
8	B	K	60	

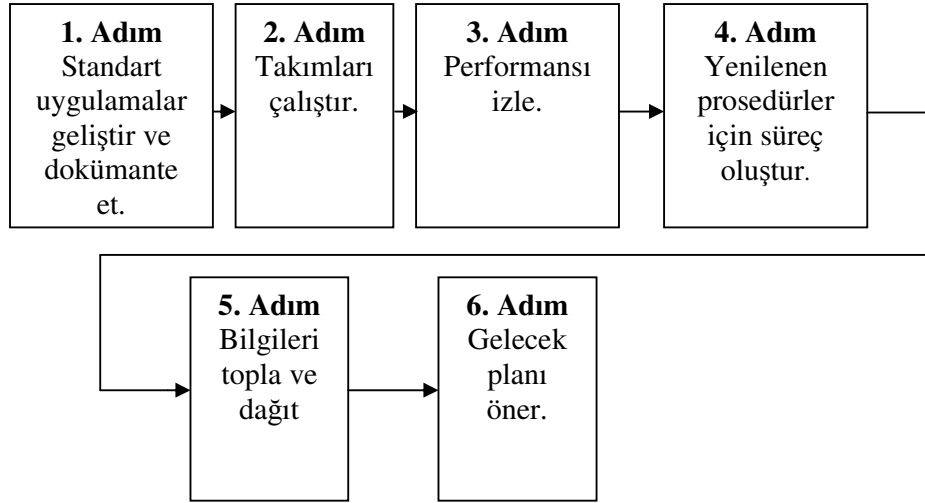


**Şekil 56.** Üç Faktörün Kombinasyonları

### 2.6.1. Kontrol Adımı

Kontrol adımının amacı, iş metotlarını ve süreçlerini standartlaştırarak, kazançları korumak ve gelecekle ilgili iyileştirmeleri tahmin etmektir. Kontrol adımının çıktıları şunlardır:

- o Yeni metodun dokümantasyonu
- o Çalışanların bu yeni metotla ilgili eğitilmesi
- o Yeni metodun kullanımını gösteren ve sonuçları kontrol eden bir sistem olması
- o Tamamlanmış dokümantasyon ve sonuçların, bilgilerin ve tavsiyelerin bağlantılarını ortaya koyması



**Şekil 57.** Kontrol Adımı Süreç Akışı

(Kaynak: Brassard vd., 2002)

Süreçlerin kontrol edilmesi ve izlenmesine yardım eden birçok araç vardır. PDCA( planla, yap, kontrol et, uygula) ve SDCA( standartlaştır, yap, kontrol et, uygula) gibi modeller uygulanırsa mevcut metotların etkinliği kontrol edebilir. Çalışanların eğitilmesi, uygulamanın tutarlılığını sağlar. Açık standartlar geliştirmek, çalışanların işlerini daha kolay yapmalarını sağlar.

## **ÜÇÜNCÜ BÖLÜM**

### **ALTI SİGMA ARAÇLARININ BİR OTOMOTİV YAN SANAYİ FİRMASINDA UYGULANMASI**

#### **3.1. İşletme İle İlgili Genel Bilgiler**

Bu araştırma dingil, dingil kovanı ve dingil parçaları üreten bir otomotiv yan sanayi kuruluşunda gerçekleştirilmiştir. İşletme, Türkiye'nin bütün ticari araç üreticilerine hizmet sunmasının yanında, başta Amerika, Avrupa ve Ortadoğu olmak üzere toplam 14 ülkeye ihracat yapmaktadır.

#### **3.2. İşletmede Altı Sigma'nın Uygulanma Süreci**

İlk olarak, üst yönetim Altı Sigma bilgilendirme eğitimine katılmış ve bu eğitimin sonunda Altı Sigma'nın uygulanmasına karar verilmiştir. Üst yönetim Altı Sigma'yı uygulamaya karar verdikten sonra kuruluş çapında üç dört tekrarı olan Altı Sigma bilinçlendirme eğitimleri verilmiştir. Daha sonra, Altı Sigma projeleri için yönetimin kaynak ayırabileceği alan ve hedefler tespit edilmiştir. Sonraki aşamada, beyaz yakalardan oluşan geniş yeşil kuşak aday kadrosu belirlenmiştir. Seçilen bu adaylar öncelikle istatistiksel teknikler konusunda 40 saatlik bir eğitim almışlardır. Bu eğitimden sonra, yeşil kuşak adaylarına süreç yönetimi ile ilgili bir eğitim daha verilmiştir.

Yakarıda açıklanan eğitim sürecinden sonra Altı Sigma proje lideri ve takım üyeleri üzerinde anlaşmaya varılmıştır. Altı kişiden oluşan takımda bir kişi planlama ve organizasyonun, diğerleri ise dokümantasyon, yetenek çalışmaları, ölçüm sisteminin analizi, ölçümlerin yapılması ve imalatın takibi işlemlerinin sorumluluğunu üstlenmiştir. Planlama ve organizasyonu yapan üye dışındaki tüm takım üyelerinin süreç yürüyüşlerine katılması kararlaştırılmıştır.

Proje takımı ile sponsorun yaptığı toplantı sonucunda, diferansiyel kovan projesi, Altı Sigma projesi olarak seçilmiştir. Türkiye'nin en büyük ticari araç

üreticisinin sürekli olarak yan sanayisi olmak, tedarik edilen ürünlerde hatasızlaştırmayı sağlamak ve kalite performansı arttırmak için bu proje Altı Sigma projesi olarak belirlenmiştir.

Bir sonraki adımda, takım üyeleri tarafından süreç yürüyüşleri gerçekleştirilmiştir. Çünkü işletme süreçlerinde gerçekte ne olduğunu anlamının tek yolu süreçte neler olduğunu tartışarak ve gözlemleyerek iş akışını bizzat takip etmektir.

Başarılı bir süreç yürüyüşünün anahtarının hazırlık olduğu bilinciyle takım, sürecin gerçekte nasıl işlediğini anlayabilmek ve aktiviteyi yapan insanlarla daha kolay iletişim kurmak için süreç yürüyüşünden önce, çalışılacak aktivite ile ilgili dokümanite edilmiş görev tanımlarını toplamıştır. Altı Sigma takımı süreç hakkında daha iyi bilgi toplayabilmek için süreç yürüyüşü anketi hazırlamıştır. Ankette yer alan sorular Tablo 23'te gösterilmiştir.

Takım görüşmelere başlamadan önce, her bir takım üyesinin süreç yürüyüşündeki rolleri tanımlanmıştır. Üyelerden biri yazıcı seçilmiş, biri de fotoğraf çekmek için görevlendirilmiştir. Yürüyüş esnasında çalışanlarla görüşme yapan diğer takım üyeleri de gerektiğinde notlar almışlardır. Çalışanların Altı Sigma takımı tarafından yapılan mülakatlar esnasında rahat olmaları ve fikirlerini korkmadan ve çekinmeden söyleyebilmeleri için takım üyeleri ortama uyum sağlayacak şekilde giyinmişlerdir. Her görüşmeden sonra takım görüşmeyi gözden geçirmek ve iş akışı, gerekli girdiler, ölçümler, prosedürlere ve operasyon talimatlarına uygunluk, ana problemler, değer katan faaliyetler ve eğitim ihtiyaçları gibi konularda ortak bir karara varabilmek için kısa toplantılar yapmıştır.

Süreç yürüyüşü sonunda, dokümanite edilmiş süreç ile mevcut uygulama arasındaki ve çalışanların aktiviteleri yapma yolları arasındaki farklılıklar süreç için potansiyel iyileştirmeler, süreç ölçüm noktaları, dokümanite edilmesi gereken aktiviteler ve süreçteki potansiyel hatalar tespit edilmiştir. Süreç yürüyüşünde çekilen fotoğraflardan oluşan bulgular Şekil 59, 60 ve 61'de sunulmuştur. Şekil 63'te



ise süreç yürüyüşlerinde elde edilen uygunsuzlukların sebep sonuç ilişkilendirmesi, Şekil 64'te ise bu verilerin matris diyagramı görülmektedir. Ayrıca, Tablo 24'te süreç yürüyüşünde ortaya çıkan potansiyel hatalar, Tablo 25'te ise potansiyel iyileştirmeler gösterilmiştir. Süreç yürüyüşleri tamamlandıktan sonra, takım üyeleri DMAIC metodolojisini oluşturan tanımlama, ölçme, analiz, iyileştirme ve kontrol adımları ve bu adımda kullanılan araçlarla ilgili eğitim almışlardır.

Bu eğitimin ardından, takım üyeleri Altı Sigma kovan projesi için tek tek DMAIC basamaklarını uygulamaya başlamıştır. Son aşamada, yeşil kuşak adayları tarafından hazırlanan Altı Sigma projesi üst yönetime sunulmuştur. Proje başarılı bulunmuş ve takım üyelerine yeşil kuşak sertifikaları verilmiştir.

### **3.2.1. İşletmede Altı Sigma'nın Tanımlama Adımının Uygulanması**

Tanımlama aşamasında, öncelikle Şekil 58'de gösterilen proje beyanı oluşturulmuştur. Bu sayede, projenin seçilme nedenleri, amacı, başlangıç ve bitiş tarihleri, süreç ölçümleri ve grubun sahip olabileceği kaynakların neler olduğu ortaya konmuş ve takımın yapacağı işlere açıklık getirilmiştir.

Daha sonra proje takımının ilgili süreçteki anahtar öğeleri anlamasına, tedarikçiyi, müşteriyi, girdiyi, çıktıyı, projenin amacını ve sınırlarını tanımlamasına yardım eden SİPOC süreci oluşturulmuştur. Şekil 62'de takımın hazırladığı SIPOC süreci görülmektedir. Bir sonraki adımda, müşterilerin gerekliliklerini ve ürün ve servisle ilgili algılarını tanımlamak için müşterilerden gelen şikâyetler incelenmiştir. Müşteri şikâyetleriyle ilgili veriler Şekil 65 ve Şekil 66'da sunulmuştur. Bu verilere göre en çok kaynak ve işleme hatlarında problemler çıkmaktadır. Süreç yürüyüşleri ve müşteri şikâyetleri sonucu ortaya çıkan ilgili müşteri isteklerinin ölçülebilir gerekliliklere dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu amaçla süreç yürüyüşlerinden elde edilen bulgular ve müşteri şikâyetleri birlikte değerlendirilerek, Şekil 67'de görülen CTQ ağacı hazırlanmıştır. Ağacın sol tarafına projenin amacı yazılmış, bu amaca nasıl ulaşılabileceği sorusu sorulmuş ve işletme, kaynak süreçleri ve yan sanayi iyileştirilerek daha az kusurlu diferansiyel kovan üretilebileceğine karar verilmiştir.

Daha sonra, bir kez daha nasıl sorusu sorumuş ve ağacın sağ kolundaki kritik kalite karakteristikleri belirlenmiştir. Tespit edilen kritik kalite karakteristikleri (CTQ) proje takımının genel veriyi özel hale getirmesini sağlayarak takım için ölçüm sürecini kolaylaştırmıştır. Kritik kalite karakteristikleri Tablo 26'da sunulmuştur. Altı Sigma takımı süreç yürüyüşlerinden elde ettiği bulguları da göz önünde bulundurarak bütün işletme sürecini gösteren bir akış şeması oluşturmuştur. Bu genel akış şeması, press hattı, kaynak hattı, test hattı, işleme hattı ve boya ambar hattı olmak üzere toplam 5 akış şemasını içermektedir. Akış şemaları 68, 69, 70, 71 ve 72 numaralı şekillerde gösterilmiştir.

Bundan sonraki bölümde, belirlenen kritik kalite karakteristikleri için birinci ölçümler yapılmıştır. Birinci ölçümde toplam 24 adet kovan ölçülmüş ve 39 ölçüm kaleminden (kritik kalite karakteristiğinden) 15 tanesinde kusurlar tespit edilmiştir. Ölçümler, DEA, pleyt, kumpas, perthometer, mikrometre gibi ölçüm aletleriyle yapılmıştır. Ölçümler tamamlandıktan sonra, süreçte, müşteri istek ve beklentilerinden ne kadar sapma olduğunu bulmak için süreç sigma değeri aşağıdaki adımlar izlenerek hesaplanmıştır:

- o Hataya neden olabilecek potansiyel kusur sayısı 141 olarak hesaplanmıştır.(O)
- o Ünite sayısı 24 olarak seçilmiştir.(N)
- o Toplam kusur sayısı 208 olarak tespit edilmiştir.(D)
- o Daha sonra, DPMO aşağıdaki formülle 61,446 olarak hesaplanmıştır:

$$DPMO = \frac{D}{N \times O} \times 1,000,000 = \frac{208}{24 \times 141} \times 1,000,000 = 61,446$$

- o Son aşamada, Tablo 1'den  $\sigma$  değeri 3 olarak bulunmuştur. Şekil 73 birinci ölçüm sigma ve DPMO sonuçlarını göstermektedir.

Altı Sigma proje takımı, ölçüm sonuçlarını daha net görebilmek için, ölçüm sonuçlarının pareto grafiğini çizmişlerdir. Çünkü pareto analizi sonucu problemlerin ya da bu problemlerin meydana geliş nedenlerinin arasında en önemlileri görsel olarak saptanıp değerlendirilebilecek, hangi problemler üzerinde durulması gerektiği

kararı daha kolay verilebilecek ve değişen zaman içinde performans değişimleri izlenebilecektir. Diferansiyel kovan birinci ölçüm sonuçlarının pareto şeması Şekil 74'te gösterilmiştir. Ölçüm sonuçlarına göre en önemli ya da en sık görünen problem olan 4. karakteristik (çember delik pozisyonu) pareto şemasının en solunda gösterilmiştir. En çok görülen diğer iki karakteristik ise 31(çember delik diş) ve 32. (muylu diş) karakteristiklerdir.

Tanımlama aşamasının son basamağında, süreç yürüyüşleri ve birinci ölçüm sonuçlarına göre acil aksiyonlar gerektiren problemler tanımlanmış ve projeye ilgili faaliyet planı (Rev. 0) oluşturulmuştur. Faaliyet planında, alınması gereken aksiyonlar, bunların ne zaman alınacağı ve aksiyonu alacak olan bireyler belirtilmiştir. Şekil 75'te sunulan faaliyet planında fren flanşı delik delme burcunun yenilenmesi, fren flanş çap ve açısının düzeltilmesi, fren flanş çap ve açısının referans ölçüm değerleri ile ilgili değişiklik yazısı, muylu kama kanalı ölçülerinin giriş kalite kontrolde frekansının artırılması, kovan resmine uygun olarak fren flanşı patterni revize resim talebinin yapılması, konektör braket mesafesi kaynak fikstürü revizyonu ve kol kesit genişlik problemi nedeniyle kalıp tashihi ve ölçümlerin yapılması, alınması gereken aksiyonlar olarak tespit edilmiştir.

Ayrıca, bu adımda kontrol planları oluşturulmuş ve FMEA analizi yapılmıştır. Fakat bu araçlarla ilgili bilgilerin yayınlanmasına firma tarafından izin verilmemiştir.

### 3.2.1.1. Tanımlama Adımında Kullanılan Araçlar

<b>Proje Adı</b>	XXXXXX XXXXXXDiferansiyel Kovan	<b>Ürün</b>	Diferansiyel Kovan
<b>Sponsor</b>	XXXXXX XXXXXX ve Ticaret A.Ş. Genel Müdürü	<b>Şirketin Adı</b>	XXXXXX ve Ticaret A. Ş.
<b>Proje Lideri</b>	XXXXXXX	<b>Telefon Numarası</b>	XXXXXX
<b>Takım Üyeleri</b>	XXXXXX: Planlama ve Organizasyon XXXXXX: Proses yürüyüşleri, dokümantasyon XXXXXX: Proses Yürüyüşleri, Yetenek çalışmaları, MSA XXXXXX: Proses Yürüyüşleri, Ölçümlerin yapılması XXXXXX: Proses yürüyüşleri, İmalatın takibi		
<b>Tanımlama</b>			
<b>Projenin Seçilme Nedenleri</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Türkiye'nin en büyük ticari araç üreticilerinden olan XXXXXX'un sürekli olarak yan sanayisi olmak.</li> <li>• XXXXXX Belgesini almak için avantaj yaratmak</li> <li>• XXXXXX'a tedarik ettiğimiz ürünlerde hatasızlaştırmayı sağlamak.</li> <li>• XXXXXX için kalite performansımızı arttırmak</li> </ul>		
<b>Proje amacı</b>	Mevcut süreçte kusur oranını azaltarak iyileştirme sağlamak. XXXXXX Diferansiyel Kovan Ürününde DPMO seviyesinin 3,4'e getirilmesidir.		
<b>Proje için gerekli kaynak ve destekler</b>	İş Etüd Bölümü, AR-GE, Üretim, Kalite Güvence, DEA, Pleyt		
<b>Ürün/Süreç Çıktılarının Karakteristiklerinin Ölçümleri:</b>	DPMO, ppm, Sigma Seviyesi		
<b>Beklenen finansal etki</b>	Hesaplanacaktır		
<b>Toplantı sıklığı</b>	Haftada bir kez		
<b>Planlama</b>	<b>Planlanan Bitiş Tarihi</b>	<b>Durum</b>	
Tanımlama	18.04.2005	22.04.2005	
Ölçme	09.05.2005	21.06.2005	
Analiz	16.05.2005	21.06.2005	
İyileştirme	10.06.2005	05.07.2005	
Kontrol	10.10.2005		

**Şekil 58.** Proje Beyanı

**Tablo 23.** Süreç Yürüyüşü Anketi

**Bölüm 1**

Sorgulamayı yapan kim?

Sorgulanan Tezgâh no/adı- Operasyon adı nedir?

Hat:

Tarih, Saat:

Sorgulananın adı-soyadı, sicil no – Görev yeri doğrulaması:

**Bölüm 2**

**Soru 1.** Operasyon talimatını irdeleyerek, yapılan ve yazan arasındaki farkları tespit et. Operasyon talimatı no., tarih ve revizyon seviyelerini kayıt ediniz.

**Soru 2.** Operasyon sırasına uyuluyor mu? Farklılıkları kayıt ediniz

**Soru 3.** Setup raporu var mı? Setup'ın nasıl yapılacağı bakım-ayar talimatında detaylandırılmış mı?

**Soru 4.** Markalama ve izlenebilirlik kodları tanımlı ve doğru uygulanıyor mu?

**Soru 5.** Kontrol edilecek özelliklerle setup raporundaki kriterler aynı mı?

**Soru 6.** Ölçüm frekanslarına uygunluk ve kayıtlandırılmaları var mı?

**Soru 7.** Belirlenmiş olan ölçüm ekipmanı mı kullanılıyor ve kalibrasyonu kontrol altında mı?

**Soru 8.** Kalıp, aparat, fikstür tanımlı ve aynı mı? Teknik resminden sapmalar mevcut ise tanımlayınız. Tasarımı geliştirilmeye açık yönlerini belirtiniz.

**Soru 9.** Tezgâh parametrelerini kontrol ederek farklılıkları kayıt altına alınız.

**Soru 10.** Zamanlar ve çevrim süreleri ile farklılıklarını not ediniz.

**Bölüm 3**

**Soru 11.** Müşterileriniz kim? Sizden sonra kimler bu çıktıyı kullanıyor?

**Soru 12.** Yapmış olduğunuz işle ilgili, müşterilerinizden nasıl ve ne tür hata bildirimleri alıyorsunuz?

**Soru 13.** Alınan hata bildirimlerine nasıl ve ne şekilde önlemler alıyorsunuz?

**Soru 14.** Çıktılarınızın doğruluğundan nasıl emin oluyorsunuz, ölçüm yöntemi ve ekipmanı operasyon talimatındaki ölçüm hassasiyetini karşılıyor mu?

**Soru 15.** Çıktılarınızın hatalı olması müşterilerinizi nasıl etkiler? Uygun olmayan bir üretim yaptıysanız, ne yapıyorsunuz? ( tanım, etiket, raporlama, vb)

**Tablo 23.** Süreç Yürüyüşü Anketi (Devamı)

**Soru 16.** Tezgâh ve fikstürler operatörlerin kolaylıkla (ergonomik) çalışmalarını sağlıyor mu?

**Soru 17.** İşinizi daha iyi yapmanın yolları nelerdir?

**Soru 18.** Hangi girdilere ihtiyacınız var? (enerji, ürün, tel, kesici takım vb.) Tezgah parametre göstergelerinin çalışmaması, çok sık arıza veren konuları, periyodik bakım yetersizliklerini kayıt altına alınız.

**Soru 19.** Bir önceki operasyona (girdi tedarikçilerinize) ne türden hata bildirimini (geri besleme) yapıyorsunuz?

**Soru 20.** İhtiyaç duyduğunuz malzeme, bilgi, ekipman vb. nasıl ve nereden temin ediyorsunuz? Vardiyaya gelip, tezgah veya işi devir aldığınızda nasıl işe başlıyorsunuz? (vardiya kontrol listesi, setup raporu, proses kontrol raporu, kalite kayıtları kontrol ediliyor mu?)

**Soru 21.** İş akışında tanımlanan ancak farklı şekilde uygulanan operasyon akışı, alternatif tezgahlar ve fikstürleri not ediniz

**Soru 22.** Görev tanımınızı gözden geçirdiniz mi? Görev tanımınızda olmayıp, haricen yaptığınız işler var mıdır?

**Soru 23.** Yaptığınız işle ilgili aldığınız eğitimler nelerdir? Kendinizi yetersiz gördüğünüz hangi konularda eğitim almak istersiniz?

**Soru 24.** Operasyon talimatlarında, uç, taş ve kesici takım değiştirme/bileme frekansına yer verilmiş mi? Operatör verilmemiş frekanslar için nasıl bir yol izliyor?

**Soru 25.** Yönetici olsaydınız, hangi değişiklikleri yapardınız?

**Soru 26.** Diğer Bulgular



Şekil 59.13.05.2005 Proses Yürüyüş Bulguları



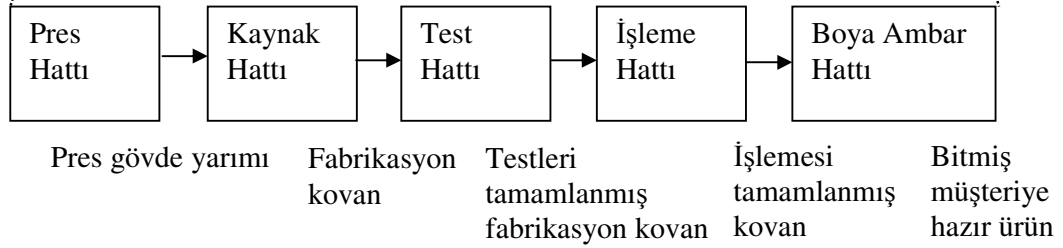
Şekil 60. 23.05.2005 Proses Yürüyüş Bulguları



**Şekil 61.** 24.05.2005 Proses Yürüyüş Bulguları



Tedarikçi	Girdi	Süreç	Çıktı	Müşteri
Ereğli	Gövde malzemesi 13,5mm B107			
Mıknatıs	Mıknatıs			
Erem Endüstri	Aks Montaj hunisi			
Dukas	ABS braketleri			
Nurçelik	Fren borusu braketleri			
Nurçelik	Üçlü dağıtıcı braketleri			
İzmac	Amortisör braketleri sağ sol			
Erem Endüstri	Yağ tutma sacı			
Kartem	Manşon yağ doldurma			
Erem Endüstri	Makas Tablası işleme			
Sarıgözoğlu	Kapak			
Nurçelik	Çember			
Dukas	Fren flanşları			
İzmac	Muylu işleme			
			OTOSAN Büyük Kovan U180	Ford OTOSAN



Şekil 62. SIPOC Süreci

**Tablo 24.** Genel Süreç Yürüyüş Bulguları (Gruplandırılmış)

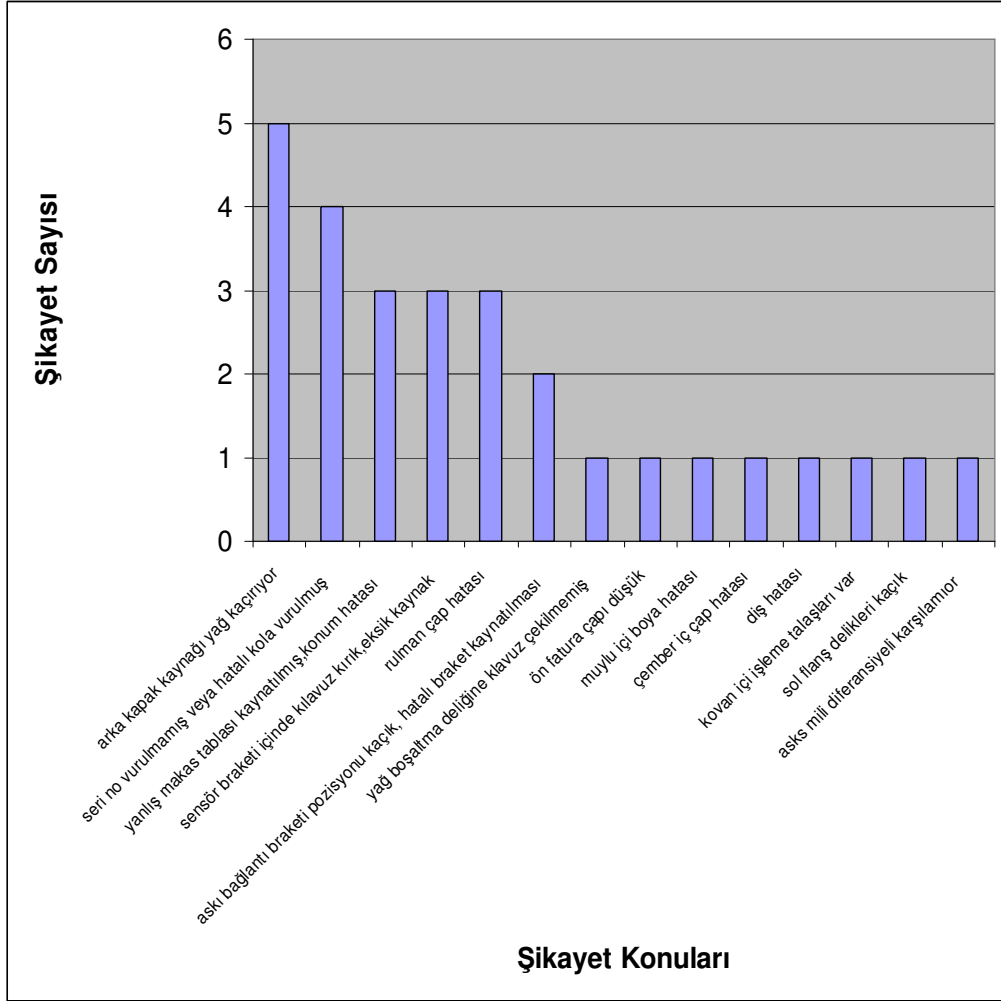
POTANSİYEL HATA SEBEPLERİ	
1	Operasyon talimatlarında aparat, fikstür, dayama, kalıp, bağlama gibi ürüne doğrudan etki edecek özellikler ve nasıl bağlanıp, söküleceği, kontrol metodunun tanımsız olması.
2	Tezgah, fikstür, aparatlar, kaynak torçları ürünü bir defada ve sürekli uygun çıkartacak özelliklere sahip olmaması, bağlama esnasında ürüne zarar verecek tasarımdaki bağlamaların olması
3	Kaynak makinelerinin parametre göstergelerinin çalışmaması, çok sık arıza veren konuları, periyodik bakım yetersizlikleri
4	Tezgâh ve fikstürlerin operatörlerin kolaylıkla çalışma ve verimli ergonomik çalışmalarına müsaade etmemesi
5	Üretimde kullanılan aparat, fikstür ve bağlamaların numaralandırılmaması, tanımlanmaması, operasyon talimatlarında bulunmaması, talimatla aparatlar arasında uyumsuzluklar
6	İş akışında tanımlanan ancak farklı şekilde uygulanan operasyon akışı, alternatif dışı tezgahlar ve PPAP harici tanımlanan yer, tezgah, fikstür vb. değişkenlikler
7	Tezgâh arızalarının özellikle dışa bağımlı olanlarında geç çözümlere ulaşılmaması, uzun süreli parça ve malzeme bekleme
8	Braket gibi ürünün kaynak süreçlerine doğrudan etki eden boyalı parçaların operasyonlara olumsuz etkileri
9	Ölçüm sonuçları, setup uygunsuzluk kayıtları ve tutulması gerekli kayıt eksiklikleri
10	Operasyon talimatındaki kriterlerle (toleranslandırma, ölçü, özellik), ürün resim arasındaki farklılıklar, eksiklikler
11	Ölçüm ve ayar ekipmanlarının operasyonda belirtilen ölçü hassasiyetlerini karşılamaması, uygun ölçüm aleti olmaması ve kalibrasyonsuz – tanımsız olmaları
12	Ölçüm ve tezgâh ayar ekipmanlarının, gerekli avadanlığın ( tornavida, alyen anahtarı vb. ) tezgâh yanında olmaması

**Tablo 24.** Genel Süreç Yürüyüş Bulguları (Gruplandırılmış)(Devamı)

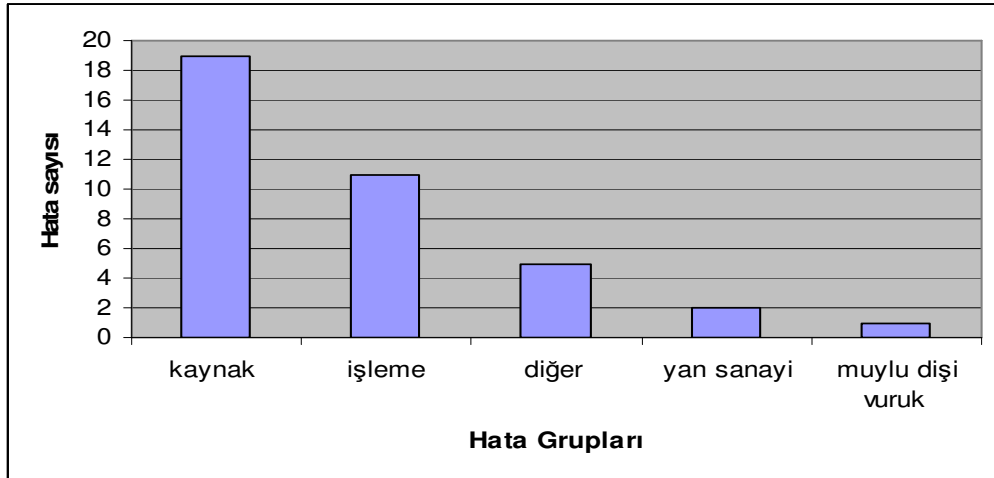
13	Norm süre, fiili operasyon süreleri ve elde edilen ürün miktarlarındaki uyumsuzluklar
14	Operasyon talimatlarındaki görevlerin dışında veya tanımsız operasyonların olması
15	Yan sanayilerden temin edilmiş parçaların GKK geçişli olmasına rağmen hatalı olmaları
16	Setup'ların uygulama, onay ve doğrulamalarında eksikliklerin olması, setup sonrası parametrelerle oynanarak, setup raporundaki ölçü ve kriterlerden uzaklaşıldığı bilincinde olunmaması
17	Vardiyalar arası değişimlerde tüm değişkenlerin gözden geçirilerek operasyonlara devam edilmemesi
18	Operatör insiyatifine bırakılmış, uç, taş ve kesici takım değiştirme/bileme frekansı, operasyon talimatlarında yer verilmemesi
19	İşbaşı ve ölçüm ekipmanları kullanım eğitimlerinin yetersiz olması, mevcut kontrol ve kayıt ekipmanlarının kullanılmaması
20	Markalama, etiketleme, tanımlama alanları operasyon talimatlarında hatalı bölgelere tanımlanıyor. Sonraki operasyonlarda kaybolma riski var.
21	Operasyonlar arası tanımsız ve etiketsiz dolaşımların olması, raporsuz, barkotsuz sevkiyatlar
22	Gereksiz taşıma, eksik malzeme ve bekleme problemleri nedeni ile tamamlama operasyonlarında atlamalar, unutmalar
23	Eski, yıpranmış ve plansız bakımlarla ayakta duran tezgâhlara ait parametrelerin değişkenlikleri, planlı bakımda ele alınamayan ve kısa sürede çözüm bekleyen faaliyetler (üretim adet baskısı, alternatifsiz oluşları)
24	Ölçüm frekanslarına uyumun kontrol edilmemesi

**Tablo 25.** Süreç Yürüyüş Bulguları (Potansiyel İyileştirmeler)

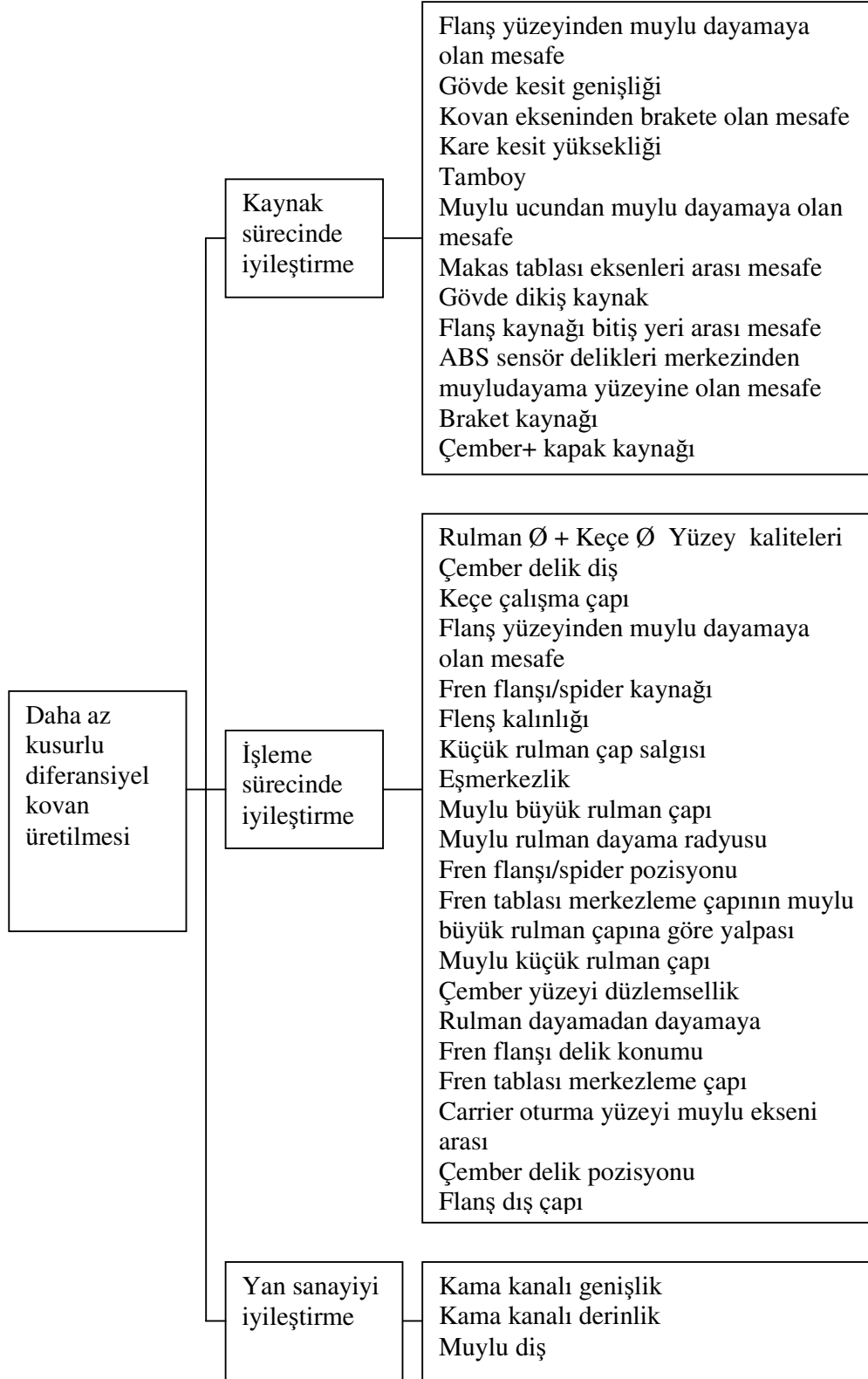
<b>Potansiyel İyileştirmeler</b>	<b>Frekans</b>
Planlanan üretim ile gerçekleşen üretim süreleri tutarlı olmalı	15
Tezgâh ve fikstürler ergonomik olmalı	12
Operasyon sırasına uyulmalı	10
Ölçüm frekanslarına uygunluk kayıtları tutulmalı	8
Operasyon talimatında uç, taş ve kesici takım değiştirme, bileme frekansına yer verilmeli	7
Markalama ve izlenebilirlik kodları tanımlı olmalı ve doğru uygulanmalı	6
kalıp, aparat, fikstür tanımlı ve aynı olmalı	2
Tezgâh parametreleri kontrol edilmeli, farklılıklar kayıt altında tutulmalı	2



Şekil 65. Müşteri Şikâyetine Neden Olan Konular



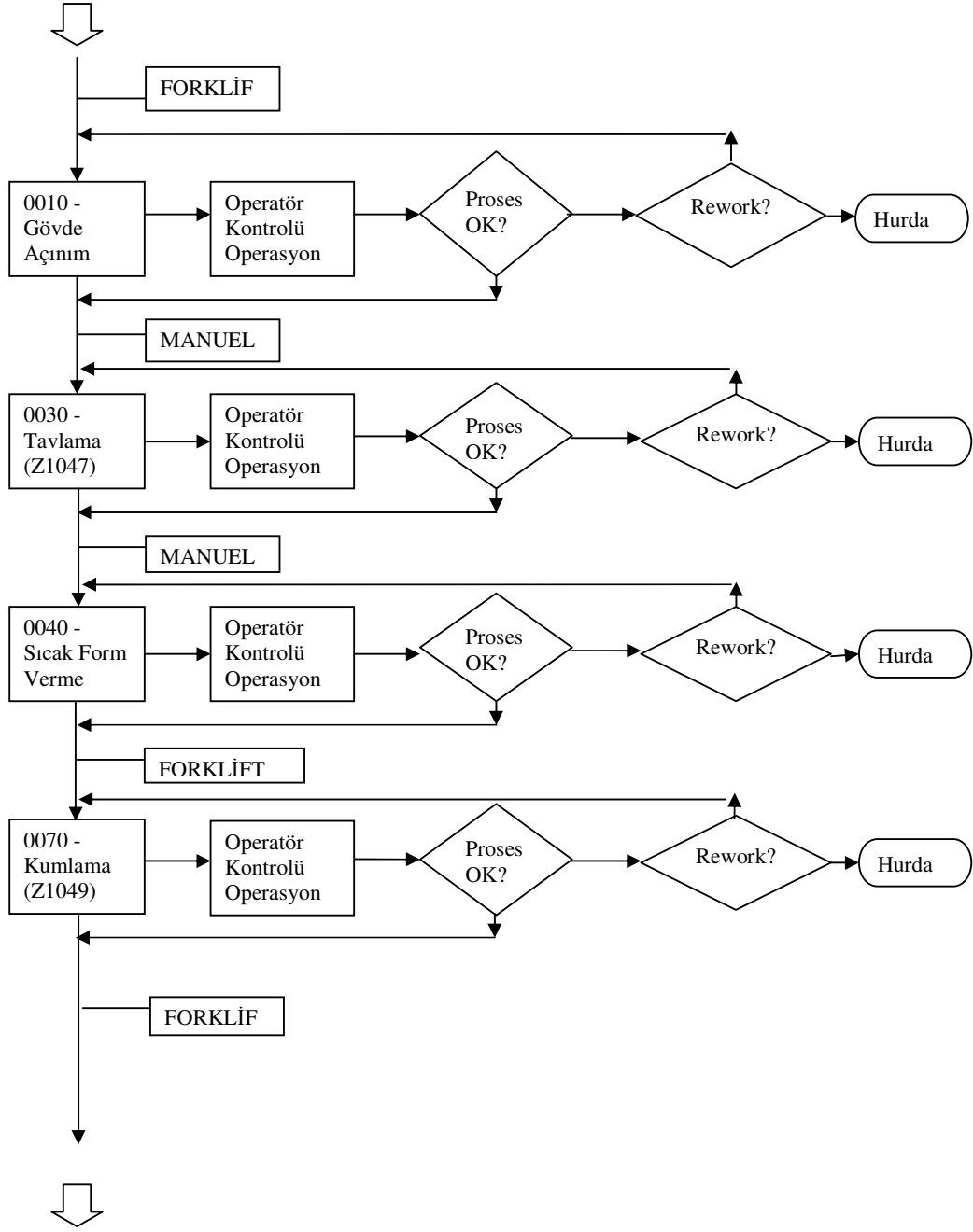
Şekil 66. Müşteri Şikâyetlerine Neden Olan Hata Grupları



Şekil 67. Kritik Kalite Karakteristikleri Ağacı

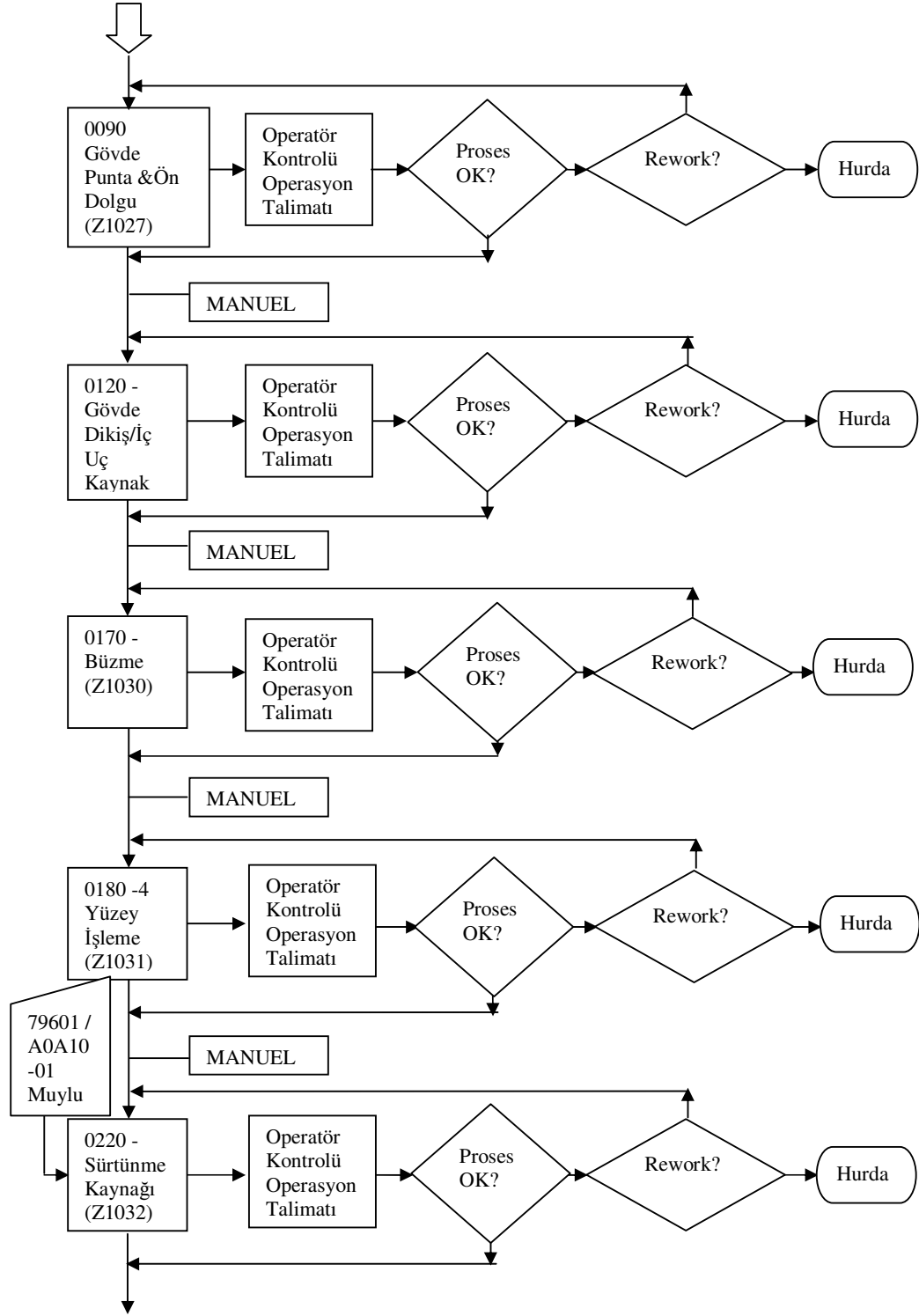
**Tablo 26.** Kritik Kalite Karakteristikleri

1	Carrier side
2	Cover side
3	Fren flanşı delik konumu
4	Çember delik pozisyonu
5	Çember yüzeyi düzlemsellik
6	Flanş yüzeyinden muylu dayamaya olan mesafe
7	Kovan ekseninden brakete olan mesafe
8	Küçük rulman çap salgısı
9	Fren tablası merkezleme çapının muylu büyük rulman çapına göre yalpası
10	Carrier oturma yüzeyi muylu eksenleri arası
11	Makas tablası eksenleri arası mesafe
12	Rulman dayamadan dayamaya
13	Tamboy
14	Muylu ucundan muylu dayamaya olan mesafe
15	ABS sensör delikleri merkezinden muyludayama yüzeyine olan mesafe
16	Flanş kaynağı bitiş yeri arası mesafe
17	Fren flanşı/spider pozisyonu
18	Fren tablası merkezleme çapı
19	Flanş dış çapı
20	Kama kanalı derinlik
21	Flenş kalınlığı
22	Kare kesit yüksekliği
23	Gövde kesit genişliği
24	Kama kanalı genişlik
25	Rulman Ø + Keçe Ø Yüzey işleme kaliteleri
26	Keçe çalışma çapı
27	Muylu büyük rulman çapı
28	Muylu küçük rulman çapı
29	Küçük rulman daireselliği
30	Fren flanşı delik çapı
31	Çember delik dış
32	Muylu dış
33	Muylu rulman dayama radyusu
34	Fren flanşı/spider kaynağı
35	Gövde dikiş kaynak
36	Braket kaynağı
37	Çember+ kapak kaynağı
38	Parçanın kir ve pastan arındırılmış olması
39	Ürün tanıtım etiketi/izlenebilirlik bilgileri

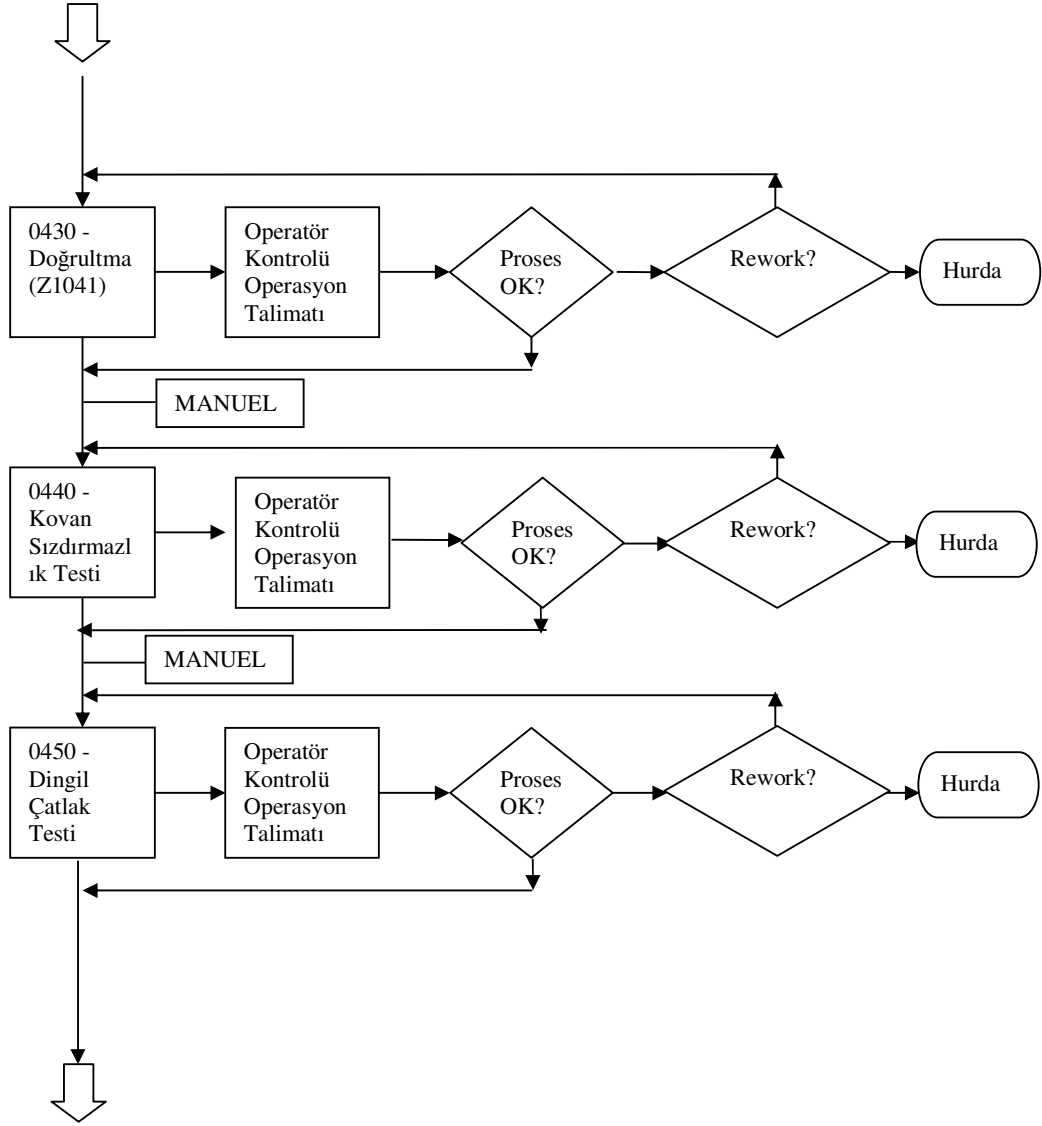


Şekil 68. Press Hattı Akış Diyagramı

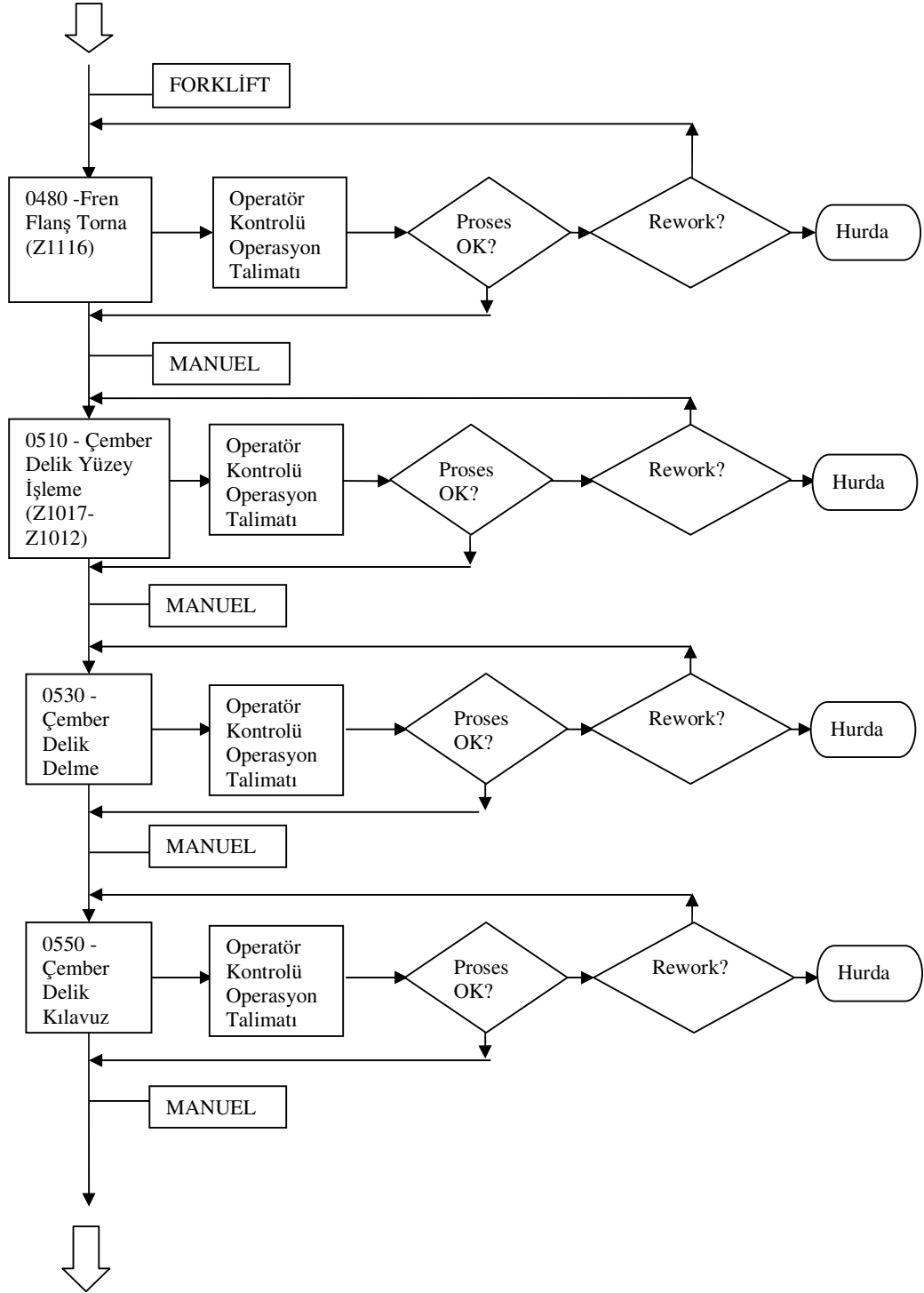




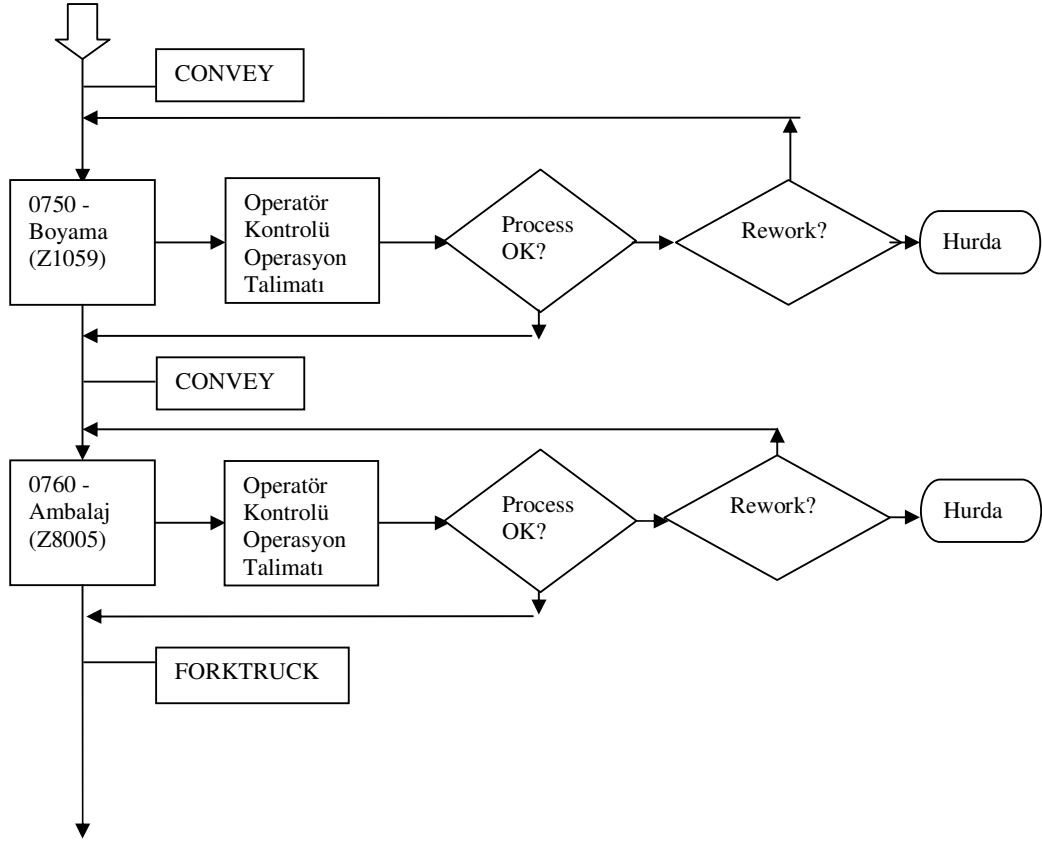
Şekil 69. Kaynak Hattı Akış Diyagramı



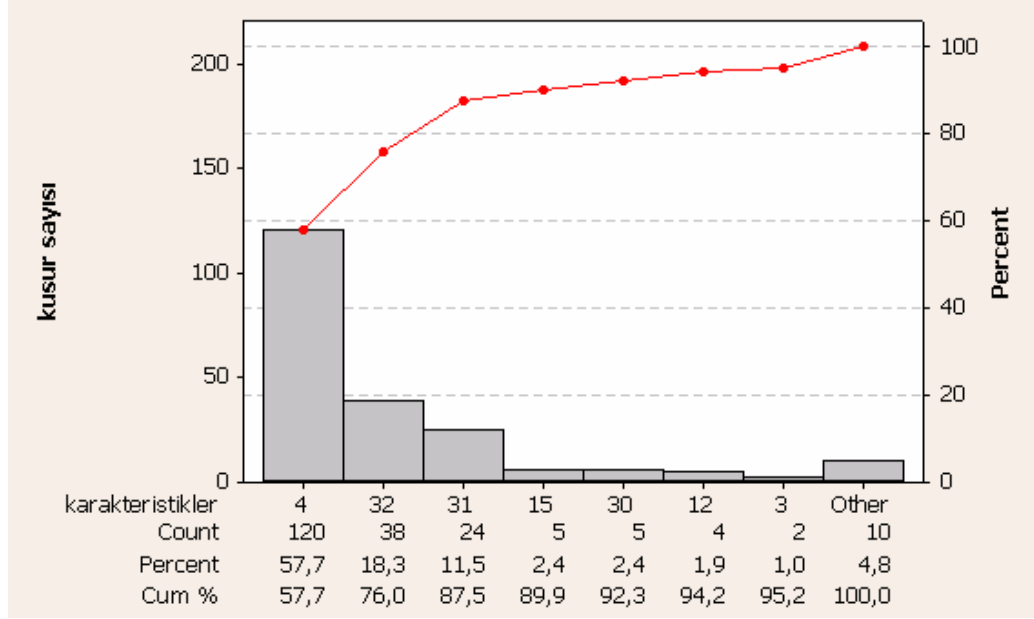
Şekil 70. Test Hatı Akış Diyagramı



Şekil 71. İşleme Hattı Akış Diyagramı



**Şekil 72.** Boya Ambar Hattı Akış Diyagramı



**Şekil 74.** Diferansiyel Kovan Birinci Ölçüm Sonuçlarının Pareto Analizi

Şekilde söz konusu olan karakteristikler Tablo 26'da sunulmuştur.

### 3.2.2. İşletmede Altı Sigma'nın Ölçme Adımının Uygulanması

Ölçme adımında ilk olarak ölçüm sisteminin kendisinden kaynaklanan değişim miktarını ölçmek için ölçüm sistemi analizi yapılmıştır. Tablo 27'de Ölçüm R&R çalışması veri sayfası gösterilmiştir. Bu çalışma için 10 tane kovan seçilmiş ve bu kovanların küçük rulman çapları üç operatör tarafından üçer defa ölçülmüştür. Ölçüm sonuçlarına göre, tekrarlanabilirlik (ekipman değişkenliği), tekrar yapılabilirlik (operatör değişkenliği), ölçüm sistemi değişkenliği (R&R), parça değişkenliği ve toplam değişkenlik hesaplanmıştır. Bu sonuçlar Tablo 28'de gösterilmiştir. Tablo 28'deki ölçüm sonuçları incelendiğinde, %R&R değeri %30'un altında olduğu için ölçüm sistemi kabul edilebilir. Ayrıca ayırt edilebilir kategori sayısı da beşten büyük olduğu için ölçüm ince farkları görebilme yeteneği kabul edilebilirdir. Şekil 76 küçük rulman çapı karakteristiği ölçüm sonuçlarının ortalama ve aralık kartlarını, Tablo 29 ise kontrol kartı metodu ölçüm sonuçlarını göstermektedir. Şekil 76'daki ortalama kartı her ölçümcünün, her parça üzerinde yaptığı okumaların ortalaması alınarak çizilir. Bu çizelge bize, ölçümcüler arasındaki tutarlılığı belirlemede yol gösterir. Şekil 76'daki aralık kontrol çizelgesi ise sürecin kontrol altında olup olmadığına karar vermek için kullanılır. Her ölçümcünün, her parça üstündeki çoklu okumalarının aralıklarını, ortalama aralıklarını ve kontrol limitlerini içeren standart aralık çizelgesine işaretlemesiyle oluşturulur. Aralık çizelgesi incelendiğinde, tüm aralıklar kontrol altında olduğu için ölçümcülerin aynı işi yaptığı sonucuna varılmıştır. Tablo 29'daki sonuçlar da ölçüm sisteminin kabul edilebilirliğini desteklemektedir. Aynı şekilde büyük rulman çapı için de ölçüm sistemi analiz edilmiş ve sonuçlar ölçüm sisteminin kabul edilebilir olduğunu göstermiştir. Büyük rulman çapı ile ilgili veriler Tablo 30, 31, 32 ve Şekil 77'de gösterilmiştir.

Proje takımı ölçüm R&R çalışmasının yanında ayrıca rulman dip radyus ve çember alt çap karakteristikleri için nitelik ölçüm R&R çalışması da yapmıştır. Bu çalışmalarda toplam 50 parça, 3'er operatör tarafından 3'er defa ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları incelendiğinde, Kapa değeri 0.75'ten büyük olduğu için her üç ölçümcü

arasında çok iyi bir uyum olduğu ortaya çıkmıştır. Sonuçlar, Tablo 33 ve 34'te gösterilmiştir.

Ölçüm sistemi analizi yapıldıktan sonra, belirlenen kritik kalite karakteristikleri için ikinci ölçümler yapılmıştır. İkinci ölçümde toplam 12 adet kovan ölçülmüş ve 39 ölçüm kaleminden (kritik kalite karakteristiğinden) 11 tanesinde kusurlar tespit edilmiştir. Ölçümler yine DEA, pleyt, kumpas, perthometer, mikrometre gibi ölçüm aletleriyle yapılmıştır. Ölçümler sonucunda süreç sigma değerini bulmak için birinci ölçümler için uygulanan prosedür aynen uygulanmış ve DPMO değeri 47,281 olarak hesaplanmış ve Tablo 1'den sigma değeri 3.2 olarak bulunmuştur. Şekil 78 ikinci ölçüm sigma ve DPMO sonuçlarını göstermektedir.

Daha sonra, takım ikinci ölçüm sonuçlarının pareto grafiğini çizmiştir. Diferansiyel kovan ikinci ölçüm sonuçlarının pareto şeması Şekil 79'da gösterilmiştir. Ölçüm sonuçlarına göre en önemli ya da en sık görünen problem olan 4. karakteristik (çember delik pozisyonu) pareto şemasının en solunda gösterilmiştir. En çok görülen diğer iki karakteristik ise 3 (fren flanşı delik konumu) ve 21. (flanş kalınlığı) karakteristiklerdir.

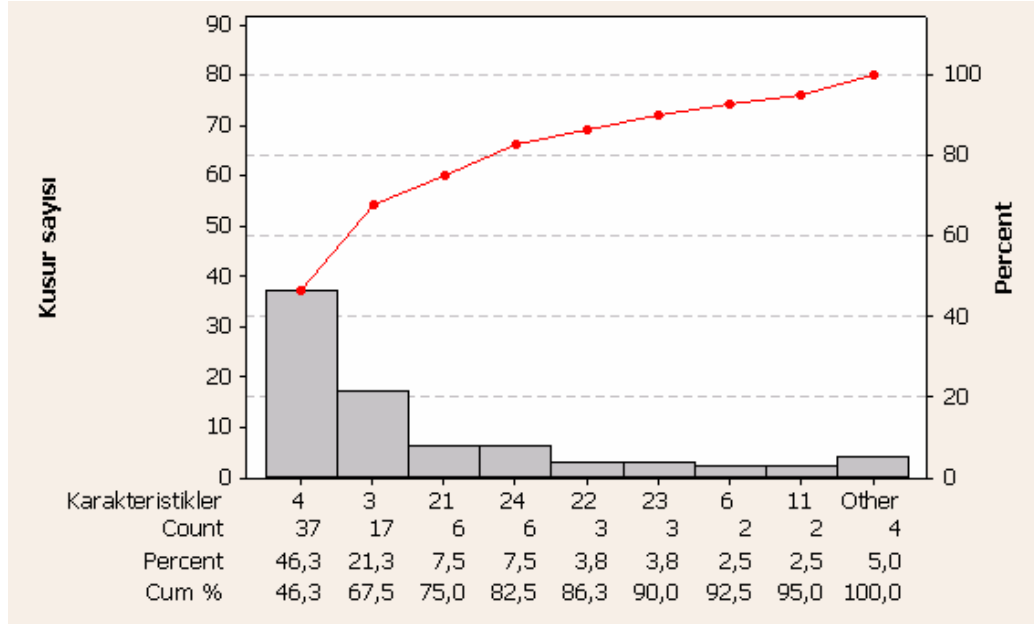
Bir sonraki adımda, üçüncü ölçüm DPMO değeri 36,643 olarak hesaplanmış ve Tablo 1'den  $\sigma$  değeri 3.3 olarak bulunmuştur. Şekil 80 üçüncü ölçüm sigma ve DPMO sonuçlarını göstermektedir. Diferansiyel kovan üçüncü ölçüm sonuçlarının pareto şeması Şekil 81'de gösterilmiştir. Ölçüm sonuçlarına göre en önemli ya da en sık görünen problem olan 31. karakteristik (çember delik dış) pareto şemasının en solunda gösterilmiştir. En çok görülen diğer karakteristik ise 30. (fren flanşı delik çapı) karakteristiklerdir.

İkinci ve üçüncü ölçüm sonuçları belli olduktan sonra aksiyon gerektiren problemler tanımlanmış ve projeye ilgili faaliyet planı (Rev. 1) oluşturulmuştur. Şekil 82'de sunulan faaliyet planı incelendiğinde bir önceki faaliyet planında yer alan fren flanşı delik delme burcunun yenilenmesi ve kovan resmine uygun olarak fren flanşı patterni revize resim talebinin yapılması aksiyonlarının yerine getirildiği

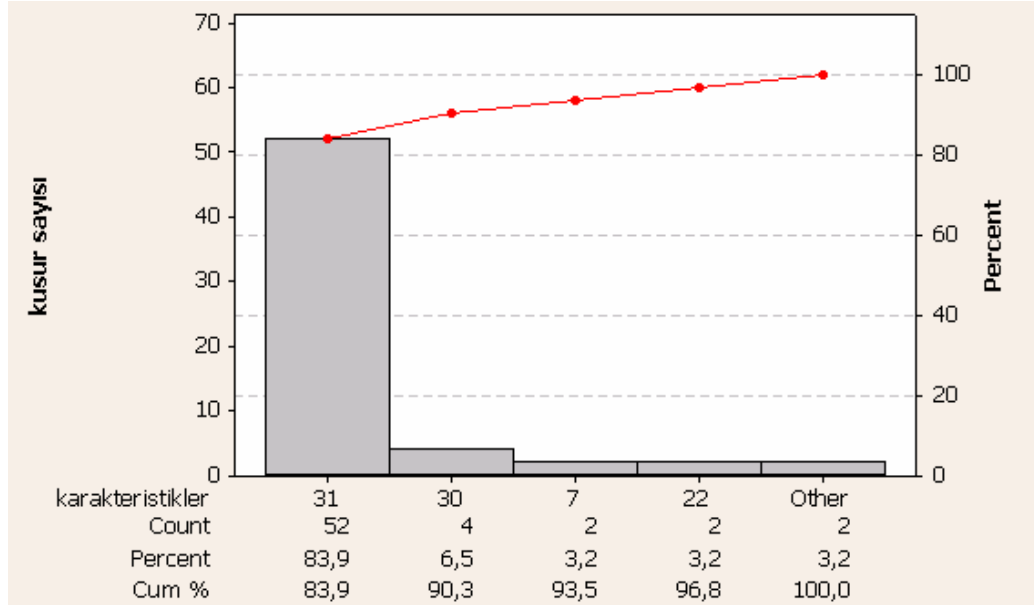
görülmektedir. Ayrıca bu planda referanslama, aparat ayar tashih, flanş oksijen kesim gibi aksiyonların alınmasına karar verilmiştir. DEA, pleyt ve manuel ölçümleri hedeflenen tarihte tamamlanmıştır.

Dördüncü ölçüm DPMO değeri 52,600 olarak hesaplanmış ve Tablo 1'den  $\sigma$  değeri 3.1 olarak bulunmuştur. Şekil 83 dördüncü ölçüm sigma ve DPMO sonuçlarını göstermektedir. Diferansiyel kovan dördüncü ölçüm sonuçlarının pareto şeması Şekil 84'te gösterilmiştir. Ölçüm sonuçlarına göre en önemli ya da en sık görünen problem olan 31. karakteristik (çember delik dış) pareto şemasının en solunda gösterilmiştir. En çok görülen diğer karakteristik ise 30. (fren flanşı delik çapı) karakteristiktir.

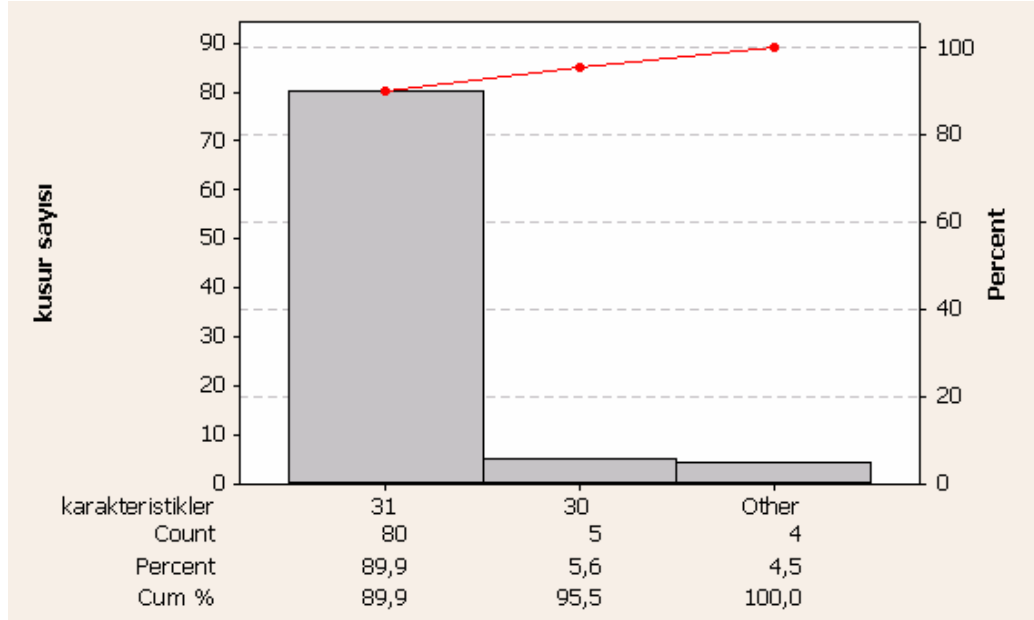




Şekil 79. Diferansiyel Kovan İkinci Ölçüm Sonuçlarının Pareto Analizi



**Şekil 81.** Diferansiyel Kovan Üçüncü Ölçüm Sonuçlarının Pareto Analizi



**Şekil 84.** Diferansiyel Kovan Dördüncü Ölçüm Sonuçlarının Pareto Analizi

### 3.2.3. İşletmede Altı Sigma'nın Analiz Adımının Uygulanması

Analiz adımı ilk olarak takım üyeleri tarafından tezgah yetenek analizleri yapılmış fakat yayınlanmasına firma tarafından izin verilmemiştir. Daha sonra, diferansiyel kovan kusurlarının nasıl minimize edilebileceğine karar verebilmek için süreç yürüyüş bulguları ve ölçüm sonuçları göz önünde bulundurularak sebep sonuç analizi yapılmıştır.

Sebep sonuç analizinin ilk adımında, problemle ilişkili olası tüm nedenlerin tespiti için beyin fırtınası yönteminden faydalanılarak önemli nedenler tanımlanmıştır. Daha sonra bütün takım üyelerinin “Diferansiyel Kovan Kusurlarının Minimize Edilmesi” problemleri durumu üzerinde konuştuğu teyit edilmiş ve problemleri durum kâğıdın sağ tarafında kutucuk içine yazılmıştır.

Bir sonraki aşamada üretim sürecinde önemli neden kategorileri çevre, insan, makine, ölçüm, malzeme ve metot olarak belirlenir ve bunlar ana kılçıklara yazılır. Beyin fırtınası sonucu elde edilen ya da veri tabanında yer alan nedenler uygun kategorilere yerleştirilir. Örneğin metot ana neden kategorisine, beyin fırtınası sonrası ortaya çıkan üretim sürelerinin uyumsuzluğu, operasyon talimatları ile uygulama arasındaki farklılıklar, genel bakım ve tezgâh yeteneksizlikleri ve kaynak çekmeleri gibi nedenler yazılmıştır. Son olarak da olası nedenler incelenmiş ve çember delik dış hataları kök neden olarak kabul edilmiştir. Şekil 85'te süreç yürüyüşleri ve ölçüm sonuçlarının sebep sonuç analizi görülmektedir.

İlk dört ölçüm sonucu belli olduktan sonra Rev. 1'de planlanan bazı aksiyonlar gerçekleştirilmiştir. Örneğin kama kanalı genişlik için master tasarlanmış, referanslama (flaş punta / kaynak) yapılmış ve flaş oksijen kesim aksiyonu yerine getirilmiştir. Projeye ilgili faaliyet planı (Rev. 2) Şekil 86'da sunulmuştur.

### 3.2.4. İşletmede Altı Sigma'nın İyileştirme Adımının Uygulanması

İlk dört ölçüm sonucuna göre, diferansiyel kovan üretim süreci için belirlenen 39 kritik kalite karakteristiğinden 31.'si olan çember delik dış, 3. ve 4. ölçümlerde kusurların en çok ortaya çıktığı karakteristik olarak tespit edilmiştir. Proje takım üyeleri tarafından yapılan beyin fırtınası ve sebep sonuç analizlerine dayanarak, bu karakteristikten kaynaklanan kusurların azatılması için aşağıdaki iki iyileştirmenin yapılmasına karar verilmiştir:

- o Çember deliklerine %100 frekansında kılavuz çekilerek dışlarda kırık veya çapak olup olmadığının kontrol edilmesi
- o Havalandırma deliğine 1/12 frekansında kılavuz çekilerek dış kontrolünün yapılması

Ayrıca FMEA çalışmaları ve kontrol planları hazırlanmış fakat yayınlanmasına firma tarafından izin verilmemiştir.

Bu adımda faaliyet planı (Rev. 3) hazırlanmıştır. Şekil 92'de sunulan faaliyet planı incelendiğinde bir önceki faaliyet planında yer alan fren flanş çap ve açısının referans ölçüm değerleri ile ilgili değişiklik yazısı yazılmış, kovan resmine uygun olarak fren flanşı patterni revize resim talebinin yapılması tamamlanmış, konektör braket mesafesi kaynak fikstürü revize edilmiş ve aparat ayar tashih aksiyonu yerine getirilmiştir. Şekil 93 ve 94'te sunulan faaliyet planları (Rev. 4 ve Rev. 5) belirlenen aksiyonların hepsinin yerine getirildiğini gösteriyor.

### 3.2.5. İşletmede Altı Sigma'nın Kontrol Adımının Uygulanması

Kontrol adımında iyileştirme faaliyetleri yerine getirildikten sonra beşinci bir ölçüm daha yapılmıştır. Beşinci ölçüm DPMO değeri 12,293 olarak hesaplanmış ve Tablo 1'den  $\sigma$  değeri 3.7 olarak bulunmuştur. Şekil 90 beşinci ölçüm sigma ve DPMO sonuçlarını göstermektedir. Diferansiyel kovan dördüncü ölçüm sonuçlarının pareto şeması da Şekil 91'de gösterilmiştir.

Ölçüm sonuçları ve pareto şeması incelendiğinde yapılan iyileştirmelerin sigma ve DPMO seviyelerine de yansıdığı görülmektedir. Dördüncü ölçümde 12 adet kovan ölçülmüş ve 89 tane kusur tespit edilmiştir. İyileştirmeden sonraki beşinci ölçümde ise 15 adet kovan ölçülmüş ve kusur sayısı 26'e düşürülmüştür. Ayrıca çember delik dış hatalarının azaltılması için çember deliklerine %100 frekansıda kılavuz çekilmesi ve havalandırma deliğine 1/12 frekansında kılavuz çekilerek dış kontrolünün yapılması sayesinde dördüncü ölçümde 80 olarak tespit edilen çember delik dış hataları beşinci ölçüm sonucunda 14'e düşmüştür.

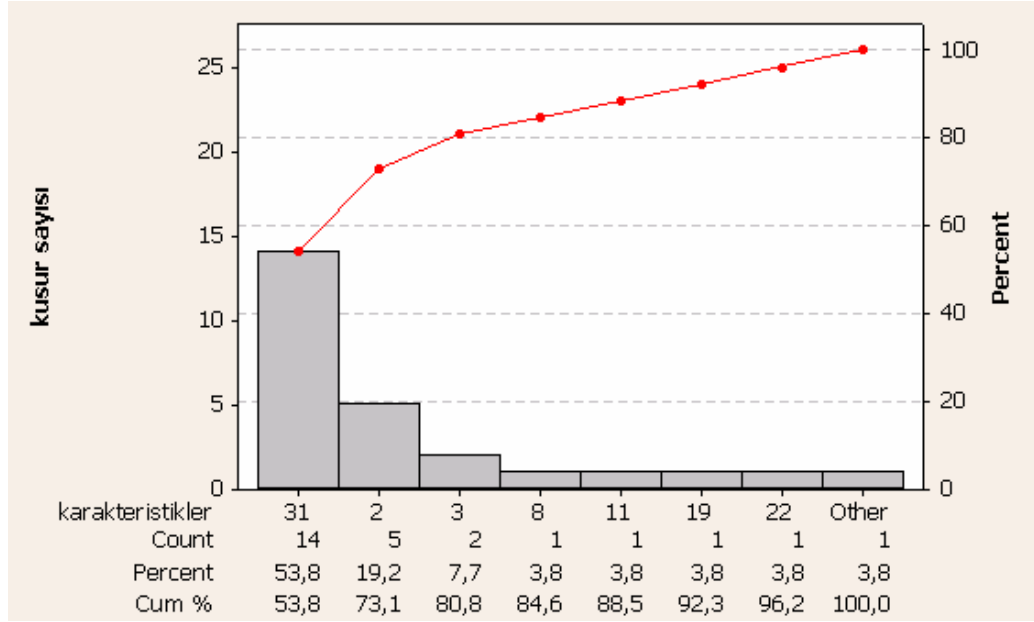
Şekil 93'te ölçümler sonucunda elde edilen sigma seviyeleri gösterilmiştir. Şekil 93'ten görüldüğü gibi başlangıç değeri 3 olan sigma seviyesi iyileştirme sonucu 3.7'ye yükselmiştir. Şekil 94'teki DPMO seviyelerine bakıldığında, DPMO'nun da 61,446'dan 12,293'e düştüğü görülmektedir.

Kontrol adımında yeni faaliyet planları (Rev. 6 ve Rev. 7) hazırlanmış ve yeni aksiyonların alınması planlanmıştır. Alınması planlanan aksiyonlar aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

- o Altı Sigma projesi üretim esnasında iş akışının takibi
- o Fren flanşı pozisyonu hatası için mevcutta kullanılan aparatın kontrolü, değişkenliğin tespit edilmesi ve operasyonun sorgulanması
- o Fren flanşı delik konumu hatasına sebep olan değişikliklerin, aparatların takibi ve kontrolü

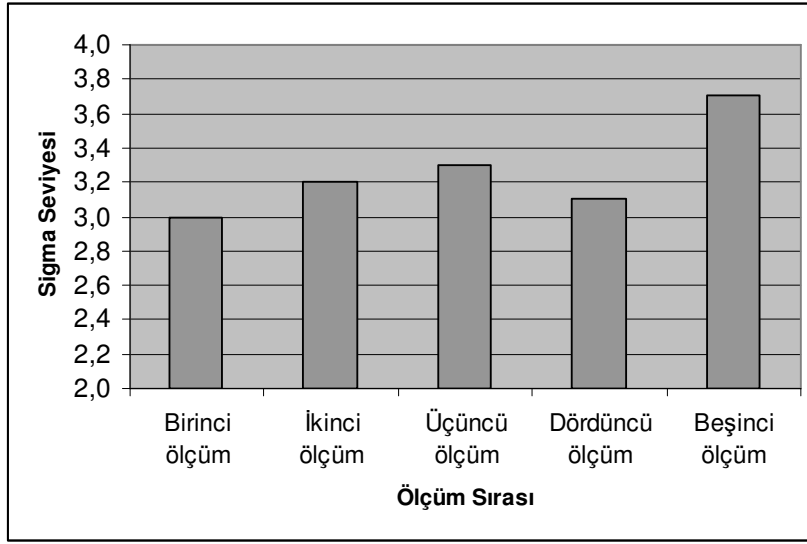
- o Konnektor bağlantı braketleri- eksen mesafesi hatasına sebep olan değişikliklerin, aparatların takibi ve kontrolü
- o Alternatif iş akışı olması durumunda her iki tezgahın da yetenek çalışmasının yapılması ve aparatların resimlerinin karşılaştırılması
- o Sorgulamalar sonucu 15 adet örneğin alınması ve ölçümlerin yapılması
- o Ölçüm sonuçlarına göre DPMO ve sigma seviyelerinin hesaplanması
- o Çıkan hataların analizi, değerlendirilmesi ve yeni aksiyonların alınması
- o Bir sonraki imalatın aksiyonlara uygun olarak takip edilmesi

Hazırlanan bu faaliyet planları Şekil 95 ve 96'de görülmektedir.

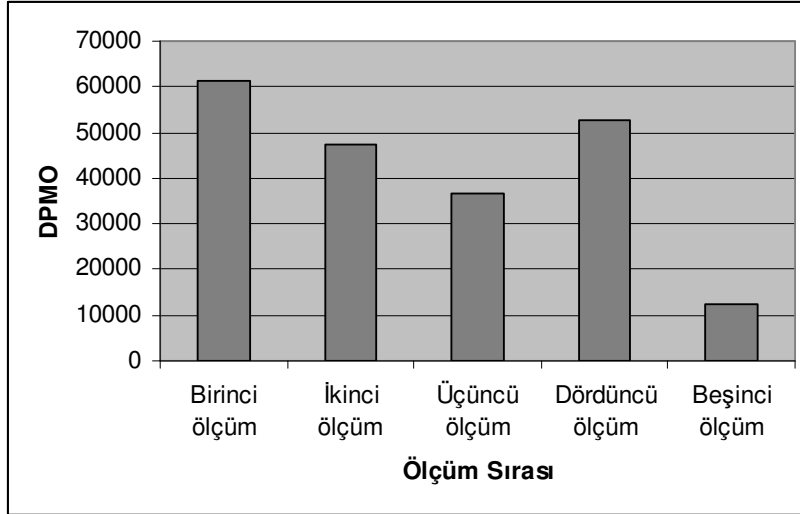


**Şekil 91.** Diferansiyel Kovan Beşinci Ölçüm Sonuçlarının Pareto Analizi





**Şekil 93.** Ölçüm Sonuçlarına Göre Hesaplanan Sigma Seviyeleri



**Şekil 94.** Ölçüm Sonuçlarına Göre Hesaplanan DPMO'lar

## SONUÇ

Yaygınlaşan yeni üretim teknolojileri ve bilgi merkezli global ekonominin varlığı müşterilerin mükemmellik arayışına girmelerini de beraberinde getirmiştir. Bu amaçla, dünyanın önde gelen şirketleri değişen pazarlara farklılaşarak uyum sağlayabilmek, yenilikler yapabilmek ve başarılarını devam ettirebilmek için Altı Sigma yaklaşımını benimsemişlerdir. Altı Sigma, israfı ortaya çıkararak düşük kalitenin yol açtığı maliyetleri azaltmak ve işletmenin karlılığını arttırmak için kullanılan bir iyileştirme stratejisidir.

Araştırmanın yapıldığı şirketin Altı Sigma ile tanışması üst yönetimin Altı Sigma projelerinin müşteri memnuniyetini arttıracığına inanması ve projeler için kaynak ayırabileceği ve destek olacağı stratejik kararını almasıyla başlamıştır. Bir sonraki aşamada Altı Sigma tüm çalışanlara tanıtılmış ve beyaz yakalardan seçilen yeşil kuşak adayları istatistiksel teknikler, süreç yönetimi ve süreç yürüyüşleri konularında eğitimlere katılmışlardır. Yeşil kuşak adaylarının yaptığı toplantı sonucu proje lideri, takım üyeleri ve onların proje süresince sorumluluğunu üstleneceği roller tespit edilmiş ve işletmenin en önemli müşterisine daha az kusurlu ve daha kaliteli ürünler tedarik edebilmesi için diferansiyel kovan projesi, proje takımı ve sponsorun ortak kararı ile Altı Sigma projesi olarak belirlenmiştir.

Bu Altı Sigma projesinin yürütülmesindeki en önemli fark takım üyelerinin süreç hakkında daha iyi bilgi toplayabilmek için süreç yürüyüşlerine katılmasıdır. Çünkü gerek şirketlerin Altı Sigma uygulama adımları gerekse bu alandaki teorik çalışmalar incelendiğinde süreç yürüyüşlerinin uygulama sürecine çok fazla dâhil edilmediği açıkça görülmektedir. Oysaki süreç yürüyüşlerinin Altı Sigma'nın başarısında çok önemli bir yeri vardır. Süreç yürüyüşleri sayesinde işletme süreçlerinin gerçekte nasıl yürütüldüğü, süreç ölçüm noktalarının neler olduğu, kusurların büyük bir kısmının hangi sebeplerden ortaya çıktığı, süreçte ne gibi potansiyel iyileştirmeler yapılabileceği ortaya çıkarılır.

Altı Sigma projelerinin amaçlarından biri süreçteki genel ve özel nedenlerden kaynaklanan varyasyonu azaltmaktır. Süreç yürüyüşleri, özel sebepli varyasyonların öncelikle yok edilmesi için operasyonların planlandığı gibi yürüyüp yürümediğini ortaya çıkarılmasında Altı Sigma proje takımına yardımcı olmaktadır. Süreç yürüyüşlerinden önce genellikle iki veya üç olan sigma seviyesi özel sebeplerden kaynaklanan varyasyon ortadan kaldırıldığında dört sigmaya kadar yükseltilebilmektedir. Bu durumda, istatistiksel tekniklere çok fazla gerek kalmadan hatalar engellenmiş ve sigma seviyesi de arttırılmış olur.

Ayrıca, süreç yürüyüşleri esnasında takım üyeleri istatistiksel altyapıyı oluşturabilmek için gerekli teknik bilgiyi öğrenmekte ve ilerleme sürecinin gelişimi ve sürdürülmesi konusunda fikir sahibi olmaktadırlar. Şirketler dört sigma seviyesine ulaştığında, Altı Sigma stratejisi, hataları yok etmek değil sistemi yenilemektir. Bu kavram Altı Sigma için tasarım (DMADV) olarak bilinir ve Altı Sigma'ya ulaşmak için süreçlerin tekrar tasarlanması anlamına gelir. Süreç yürüyüşleri esnasında, farklı teknik geçmişi, tecrübesi ve uzmanlığı olan operatörlerle yapılan mülakatlar sonucunda Altı Sigma için tasarım konusunda değer katan girdiler elde edilmekte ve operatörlerden alınan bilgiler ileride daha iyi bilginin tasarlanmasına (DMADV) yardımcı olmaktadır. Bunun yanında, süreç yürüyüşleri hataların önceden tespit edilmesini ve düzeltilmesini sağladığı için para ve zaman kazandırır.

İşletmede yapılan süreç yürüyüşü sonucunda, üretimde kullanılan aparat, fikstür ve bağlamaların numaralandırılmaması, tanımlanmaması, operasyon talimatlarında bulunmaması, talimatla aparatlar arasında uyumsuzluklar, operasyon akışının iş akışında tanımlanandan farklı olması, ölçüm ve tezgâh ayar ekipmanlarının tezgah yanında olmaması, tezgah ve fikstürlerin ergonomik olmaması, yan sanayilerden temin edilmiş parçaların giriş kalite kontrol geçişli olmasına rağmen hatalı olmaları gibi ürünlerin kusurlu üretilmesine neden olan birçok faktör tespit edilmiştir. Tüm bu uygunsuzluklar takım üyeleri tarafından süreçte neler olduğu tartışılarak ve süreç akışı bizzat gözlemlenerek kısa bir sürede ve çok fazla çaba gerektirmeden ortaya çıkarılmıştır.

Bir kısmı çevreden, iş görenlerden, yönetim ve yöntemlerden diğer bölümü de makine ve teçhizattan kaynaklanan bu uygunsuzluklar sebep sonuç analizi ve matris diyagramı kullanılarak analiz edilmiştir. İş akışında tanımlanandan farklı şekilde uygulanan operasyon akışı, yer, tezgah, fikstür değişkenliklerinin azaltılması ilk öncelikli çözülmesi gereken problem olarak belirlenmiş ve bu sorunun ortadan kaldırılması için gerekli potansiyel iyileştirmeler tanımlanmıştır.

Bir sonraki aşamada, takım üyeleri DMAIC metodolojisini oluşturan tanımlama, ölçme, analiz, iyileştirme, kontrol adımlarını ve bu adımda kullanılan araçları Altı Sigma kovan projesine uygulamışlardır.

Tanımlama aşamasında projenin seçilme nedenleri, amacı, grubun sahip olabileceği kaynaklar ortaya konmuş, SIPOC süreci oluşturulmuş ve süreç yürüyüşlerinden elde edilen bulgular ve müşteri şikâyetleri birlikte değerlendirilerek kritik kalite karakteristikleri belirlenmiştir.

Daha sonra, belirlenen kritik kalite karakteristikleri için birinci ölçümler yapılmıştır. Birinci ölçümde toplam 24 adet kovan ölçülmüş ve 39 belirlenen kritik kalite karakteristiğinden 15 tanesinde kusurlar tespit edilmiştir. Ölçümler, DEA, pleyt, kumpas, perthometer, mikrometre gibi ölçüm aletleriyle yapılmıştır. Ölçüm sonuçlarına göre süreç sigma değeri üç olarak bulunmuş ve bu sonuca göre fren flanşı delik delme burcunun yenilenmesi, fren flanş çap ve açısının düzeltilmesi fikstürü revizyonu ve kol kesit genişlik problemi nedeniyle kalıp tashihi ve ölçümlerin yapılması gibi acil aksiyon gerektiren problemler tanımlanmış ve projeye ilgili faaliyet planı oluşturulmuştur.

Ayrıca, bu adımda kontrol planları oluşturulmuş ve FMEA analizi yapılmıştır. Fakat bu araçlarla ilgili bilgilerin yayınlanmasına firma tarafından izin verilmemiştir.

Ölçme adımına gelindiğinde, ölçüm sisteminin kendisinden kaynaklanan değişim miktarını ölçmek için ölçüm sistemi analizi yapılmıştır. Ölçüm sonuçlarına göre, tekrarlanabilirlik (ekipman değişkenliği), tekrar yapılabilirlik (operatör

değişkenliği), ölçüm sistemi değişkenliği (R&R), parça değişkenliği ve toplam değişkenlik hesaplanmış ve ölçüm sonuçları incelendiğinde ölçüm sisteminin kabul edilebilir olduğu ortaya çıkmıştır.

Ölçüm sistemi analizi yapıldıktan sonra, belirlenen kritik kalite karakteristikleri için ikinci ölçümler yapılmıştır. İkinci ölçümde toplam 12 adet kovan ölçülmüş ve 39 belirlenen kritik kalite karakteristiğinden 11 tanesinde kusurlar tespit edilmiştir. Ölçümler sonucunda DPMO değeri 47,281 olarak hesaplanmış ve süreç sigma değeri 3.2 olarak bulunmuştur.

Bir sonraki adımda, üçüncü ölçüm DPMO değeri 36,643 olarak hesaplanmış ve süreç sigma değeri 3.3 olarak bulunmuştur. İlk iki ölçümden sonra süreç yürüyüşlerinde gözlemlenen hatalardan bazıları düzeltildiği için sonuçlar bu bölümden itibaren yorumlanmaya başlanmıştır. operasyon akışının iş akışında tanımlananla aynı şekilde uygulanmaya başlaması ve yer, tezgah, fikstür değişkenliklerinin azaltılması yapılan iyileştirmelerden birine örnek gösterilebilir. Süreç yürüyüşlerinde gözlemlenen uygunsuzlukların düzeltilmesi kusur sayısını azaltmış fakat tüm kritik karakteristiklerdeki hataları yok edememiştir. Ölçüm sonuçlarına göre bir önceki ölçümde hiç hataya rastlanmayan çember delik dış kritik kalite karakteristiğinde 52 adet gibi önemli bir kusur sayısına rastlanmıştır.

Bu ölçüm sonuçlarına göre aksiyon gerektiren problemler tanımlanmış ve projeye ilgili fren flanş delik delme burcunun yenilenmesi ve kovan resmine uygun olarak fren flanş patterni revize resim talebinin yapılması aksiyonları yerine getirilmiştir. Ayrıca oluşturulan yeni faaliyet planında referanslama, aparat ayar tashih, flanş oksijen kesim gibi aksiyonların alınmasına karar verilmiştir.

Dördüncü ölçüm DPMO değeri 52,600 süreç sigması ise 3.1 olarak hesaplanmıştır. Ölçüm sonuçlarına göre oluşturulan pareto şeması incelendiğinde bir önceki ölçümde ortaya çıkan çember delik dış hatalarının arttığı tespit edilmiştir. Bu artış DPMO değerinin artmasına ve süreç sigma değerinin azalmasını da beraberinde getirmiştir.

Analiz adımımda, diferansiyel kovan kusurlarının nasıl minimize edilebileceğine karar verebilmek için süreç yürüyüş bulguları ve ölçüm sonuçları göz önünde bulundurularak yapılan sebep sonuç analizi ile olası nedenler incelenmiş ve çember delik dış hataları kök neden olarak kabul edilmiştir.

Ayrıca analiz adımımda takım üyeleri tarafından tezgah yetenek analizleri yapılmış fakat yayınlanmasına firma tarafından izin verilmemiştir.

Dördüncü ölçüm sonucu belli olduktan sonra kama kanalı genişlik için master tasarlama, referanslama (flanş punta / kaynak) ve flanş oksijen kesim aksiyonları yerine getirilmiştir.

İlk dört ölçüm sonucu proje takım üyeleri tarafından beyin fırtınası ve sebep sonuç analizi yapılarak değerlendirilmiş ve belirlenen 39 kritik kalite karakteristiğinden 31.'si olan çember delik dış hatalarının azaltılması için çember deliklerine %100 frekansıda kılavuz çekilerek dişlerde kırık veya çapak olup olmadığının kontrol edilmesine ve havalandırma deliğine 1/12 frekansında kılavuz çekilerek diş kontrolünün yapılmasına karar verilmiştir. Ayrıca bu iyileştirmelere karar verebilmek için FMEA çalışmaları ve kontrol planları hazırlanmış fakat yayınlanmasına firma tarafından izin verilmemiştir.

Planlanan bu iki iyileştirmenin yanında bir önceki faaliyet planında yer alan fren flanş çap ve açısının referans ölçüm değerleri ile ilgili değişiklik yazısı yazılmış, kovan resmine uygun olarak fren flanşı patterni revize resim talebinin yapılması tamamlanmış, konektör braket mesafesi kaynak fikstürü revize edilmiş ve aparat ayar tashih aksiyonu yerine getirilmiştir.

DMAIC metodolojisinin son bölümünü oluşturan kontrol adımımda yukarıda bahsedilen iyileştirme faaliyetleri ve aksiyonlar yerine getirildikten sonra beşinci ölçüm yapılmıştır. Beşinci ölçüm DPMO değeri 12,293 olarak hesaplanmış, süreç sigması ise 3.7 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara gösteriyor ki yapılan iyileştirmeler

sigma ve DPMO seviyelerine de yansımıştır. Dördüncü ölçümde 12 adet kovan ölçülmüş ve 89 tane kusur tespit edilmiştir. İyileştirmeden sonraki beşinci ölçümde ise 15 adet kovan ölçülmüş ve kusur sayısı 26'e düşürülmüştür. Ayrıca yapılan iyileştirmeler sayesinde dördüncü ölçümde 80 olarak tespit edilen çember delik dış hataları beşinci ölçüm sonucunda 14'e düşürülmesi sağlanmıştır.

Proje başladığında 3 olan sigma seviyesi iyileştirme sonucu 3.7'ye yükselmiş, DPMO seviyesi de 61,446'dan 12293'e düştüğü görülmektedir. Bu olumlu sonuçlar takımı kontrol adımıyla yeni faaliyet planları hazırlamaya, ölçümlere sürekli devam ederek hataları tespit etmeye ve gerekli iyileştirmeler yapılarak hata oranını en aza indirmeye teşvik etmiştir.

## KAYNAKLAR

- o Anderson, R., Eriksson, H. ve Torstensson, H. (2006). Similarities and Differences between TQM, Six Sigma and Lean. *The TQM Magazine*, Vol. 18, No 3, s. 282-296.
- o Antony, J. (2000). Ten Key Ingredients For Making SPC Successful in Organizations. *Measuring Business Excellence*, Vol. 4, No 4, s. 7-10.
- o Antony, J. (2004). Some Pros and Cons of Six Sigma: An Academic Perspective. *The TQM Magazine*, Vol. 16, No 4, s. 303-306
- o Antony, J. ve Banuelas, R. (2002). Key Ingredients For the Effective Implementation of Six Sigma Program. *Measuring Business Excellence*, Vol. 6, No 4, s. 20-27.
- o Beckmerhagen, I. A., Berg, H. P. Karapetrovic, S.V. ve Willborn, W. O. (2004). On the Effectiveness of Quality Management System Audits. *The TQM Magazine*, Vol. 16, No 1, s. 14-25.
- o Brassard, M., Finn, L., Ginn, D. ve Ritter, D. (2002). *The Six Sigma Memory Jogger II*. GOAL / QPC: ABD.
- o Caulcutt, R. (2001). Why is Six Sigma so Successful? *Journal of Applied Statistics*, Vol. 28, s. 301–306.
- o Coronado, R. B. ve Antony, J. (2002). Critical Success Factors for the Successful Implementation of Six Sigma Projects in Organizations. *The TQM Magazine*, Vol. 14, No 2, s. 92-99.
- o DaimlerChrysler, Ford ve GM (2002). *Measurement System Analysis Reference Manual*. Third Edition.
- o Dale, B. (2000). Marginalisation of Quality: Is There a Case to Answer. *The TQM Magazine*, Vol. 12, No 4, s. 266-274.
- o Dixon, W.J. ve Kronmal, R.A. (1965). The Choice of Origin and Scale For Graphs. *Journal of the Association for Computing Machinery*, Vol. 12, s. 259–261.
- o Douglas, A., Coleman, S. ve Oddy, R. (2003). The Case for ISO 9000. *The TQM Magazine*, Vol. 15, No 5, s. 316-324.



- o Ghobadian, A. ve Gallear, D. (1997). TQM and Organization Size. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 17, No 2, s. 121-163.
- o Goh, T. N. ve Xie, M. (2004). Improving on the Six Sigma Paradigm. *The TQM Magazine*, Vol. 16, No 4, s. 235-240.
- o Handerson, K. ve Evans, J. (2000). Successful Implementation of Six Sigma: Benchmarking General Electric Company. *Benchmarking: An International Journal*, Vol. 7, No 4, s. 260-281.
- o Harrington, H. J. (1991), *Business Process Improvement: The Breakthrough Strategy for Total Quality, Productivity, and Competitiveness*. Mc Graw Hill: New York.
- o Hoaglin, D.C. , Mosteller, F. ve Tukey J.W. (1983). *Understanding Robust and Exploratory Data Analysis*. Wiley:New York.
- o Ingle, S. ve Roe, W. (2001). Six Sigma Black Belt Implementation. *The TQM Magazine*, Vol. 13, No 4, s. 273-280.
- o Joglekar, A.M.(2003). *Statistical Methods for Six Sigma In R&D and Manufacturing*. Wiley & Sons: Hoboken, New Jersey.
- o McAdam, R. (2000). Quality Models in an SME Context. *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 17, No 3, s. 305-323.
- o Pande, P. S. , Neuman, R. P. ve Cavanagh, R. R. (2004). *Altı Sigma Yolu: GE, Motorola ve Zirvedeki Diğer Firmaların Performanslarını Yükseltme Yöntemleri*. Klan Yayınları: İstanbul.
- o Pfiefer, T., Reissiger, W. ve Canales, C. (2004). Integrating Six Sigma With Quality Management Systems. *The TQM magazine*, Vol. 16, No 4, s. 241-249
- o Raisinghani, M. S. , Ette, H. , Pierce, R. , Cannon, G. ve Daripaly, P. (2005). Six Sigma: Concepts, Tools and Applications. *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 105, No 4, s. 491-505.
- o Rasis, D., Gitlow, H.S. ve Popovich, E. (2002-03). Paper Organizer International: A Fictitious Six Sigma Green Belt Case Study I. *Quality Engineering*, Vol. 15, No 1, s. 127-145.
- o Rath & Strong Management Consultants (2004). *Six Sigma Pocket Guide*. Lexington, Massachusetts.

- o Thomas, A. ve Barton, R. (2005). Developing an SME Based Six Sigma Strategy. *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 17, No 4, s. 417-434.
- o Velleman P.F. ve Hoaglin D.C. (1981). *Applications Basics and Computing of Exploratory Data Analysis*. Duxbury Pres: Boston, MA.
- o Yusof S. M. ve Aspinwall, E. (2000). TQM Implementation Issues: Review and Case Study. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 20, No 6, s. 634-655.
- o Wessel, G. ve Burcher, P. (2004). Six Sigma for Small and Medium- Sized Enterprises. *The TQM Magazine*, Vol. 16, No 4, s. 264-272.
- o (Erişim:20.05.2006,<http://www.kalder.org/page.asp?PageID=565&FolderPath=\Genel\download\6%20Sigma%20Sempozyumu\>)
- o (Erişim:15.04.2006,<http://www.insankaynaklari.com/cn/ContentBody.asp?BodyID=1901>).
- o (Erişim:20.05.2006,<http://www.altisigma.com/modules.php?name=News&file=article&sid=50>).
- o (Erişim:03.06.2006,<http://www.isixsigma.com/library/downloads/charter.pdf>)
- o (Erişim: 03.06.2006,<http://www.isixsigma.com/library/content/c030630a.asp>)
- o (Erişim:03.06.2006,<http://www.arcelikas.com.tr/Cultures/tr-TR/Kurumsal/ArcelikKaliteYolculugu/6SigmaMetodolojisi/?MENUID=1>).

# EKLER

## EK A. Süreç Sigma Değerleri

Sigma	DPMO	Yüzde	Sigma	DPMO	Yüzde
6	3.4	99.99966%	2.9	80,757	91.9%
5.9	5.4	99.99946%	2.8	96,801	90.3%
5.8	8.5	99.99915%	2.7	115,070	88.5%
5.7	13	99.99866%	2.6	135,666	86.4%
5.6	21	99.9979%	2.5	158,655	84.1%
5.5	32	99.9968%	2.4	184,060	81.6%
5.4	48	99.9952%	2.3	211,855	78.8%
5.3	72	99.9928%	2.2	241,964	75.8%
5.2	108	99.9892%	2.1	274,253	72.6%
5.1	159	99.984%	2	308,538	69.1%
5	233	99.977%	1.9	344,578	65.5%
4.9	337	99.966%	1.8	382,089	61.8%
4.8	483	99.952%	1.7	420,740	57.9%
4.7	687	99.931%	1.6	460,172	54.0%
4.6	968	99.90%	1.5	500,000	50.0%
4.5	1,350	99.87%	1.4	539,828	46.0%
4.4	1,866	99.81%	1.3	579,260	42.1%
4.3	2,555	99.74%	1.2	617,911	38.2%
4.2	3,467	99.65%	1.1	655,422	34.5%
4.1	4,661	99.53%	1	691,462	30.9%
4	6,210	99.38%	0.9	725,747	27.4%
3.9	8,198	99.18%	0.8	758,036	24.2%
3.8	10,724	98.9%	0.7	788,145	21.2%
3.7	13,903	98.6%	0.6	815,940	18.4%
3.6	17,864	98.2%	0.5	841,345	15.9%
3.5	22,750	97.7%	0.4	864,334	13.6%
3.4	28,716	97.1%	0.3	884,930	11.5%
3.3	35,930	96.4%	0.2	903,199	9.7%
3.2	44,565	95.5%	0.1	919,243	8.1%
3.1	54,799	94.5%			
3	66,807	93.3%			

**EK B. Sabitler Tablosu I-II**

**Sabitler Tablosu 1**

Örnek büyüklüğü ( $n$ )	$\bar{X} - R$ Kartı			$\bar{X} - s$ Kartı			
	$A_2$	$D_3$	$D_4$	$A_3$	$B_3$	$B_4$	$c_4^*$
2	1.880	0	3.267	2.659	0	3.267	0.7979
3	1.023	0	2.574	1.954	0	2.568	0.8862
4	0.729	0	2.282	1.628	0	2.266	0.9213
5	0.577	0	2.114	1.427	0	2.089	0.9400
6	0.483	0	2.004	1.287	0.030	1.970	0.9515
7	0.419	0.076	1.924	1.182	0.118	1.882	0.9594
8	0.373	0.136	1.864	1.099	0.185	1.815	0.9650
9	0.337	0.184	1.816	1.032	0.239	1.761	0.9693
10	0.308	0.223	1.777	0.975	0.284	1.716	0.9727

\* Süreç standart sapmasını( $\hat{\sigma}$ ) tahminlemek için kullanılır.

**Sabitler Tablosu 2**

Örnek büyüklüğü ( $n$ )	$\tilde{X} - R$ Kartı			$X - R_m$ Kartı			
	$\tilde{A}_2$	$D_3$	$D_4$	$E_2$	$D_3$	$D_4$	$d_2^*$
2	....	0	3.267	2.659	0	3.267	1.128
3	1.187	0	2.574	1.772	0	2.574	1.693
4	....	0	2.282	1.457	0	2.282	2.059
5	0.691	0	2.114	1.290	0	2.114	2.326
6	....	0	2.004	1.184	0	2.004	2.534
7	0.509	0.076	1.924	1.109	0.076	1.924	2.704
8	....	0.136	1.864	1.054	0.136	1.864	2.847
9	0.412	0.184	1.816	1.010	0.184	1.816	2.970
10	....	0.223	1.777	0.975	0.223	1.777	3.078

\* Süreç standart sapmasını( $\hat{\sigma}$ ) tahminlemek için kullanılır.